

UMWELTFORSCHUNGSPLAN DES
BUNDESMINISTERIUMS FÜR UMWELT,
NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT

Forschungsbericht 298 85 106
UBA-FB 000292



Umweltorientierte Bewertung von Bundeswasserstraßen- planungen

mit den Teilberichten

**(A) Ergänzende Methodenvorschläge für die Bewertung
von Vorhaben des Wasserstraßenausbaues im Rahmen
der Überarbeitung der Bundesverkehrswegeplanung 2002**

**(B) Beispielhafter Vergleich der ökonomischen und
ökologischen Wirkungen verschiedener Ausbauszenarien
für die Elbe**

**(C) Ökologische Wirkungsanalysen im Zusammenhang
mit Bundeswasserstraßenplanungen**

**(D) Schifffahrt auf deutschen Binnenwasserstraßen –
Stand, Verkehrsbedeutung, Entwicklungsbedarf,
Entwicklungspotenziale**

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Diese TEXTE-Veröffentlichung kann bezogen werden bei

Vorauszahlung von 10,00 €

durch Post- bzw. Banküberweisung,
Verrechnungsscheck oder Zahlkarte auf das

Konto Nummer 4327 65 - 104 bei der Postbank Berlin (BLZ 10010010)

Fa. Werbung und Vertrieb, Ahornstraße 1-2, 10787 Berlin

Parallel zur Überweisung richten Sie bitte eine schriftliche Bestellung mit Nennung
der **Texte-Nummer** sowie des **Namens** und der **Anschrift des Bestellers** an die Firma Werbung und
Vertrieb.

PROJEKTKOORDINATION:

PLANUNGSGRUPPE ÖKOLOGIE + UMWELT
GmbH
Dietrich Kraetzschmer

IWW – Universität Karlsruhe / Institut für
Wirtschaftspolitik und Wirtschaftsforschung:
Burkhard Schade

IMS INGENIEURGESELLSCHAFT:
Dr. Manfred Haupt

BEARBEITUNG:

(A) PLANUNGSGRUPPE ÖKOLOGIE + UMWELT
GmbH:
Dietrich Kraetzschmer

(C) BIOTA – INSTITUT FÜR ÖKOLOGISCHE
FORSCHUNG UND PLANUNG GmbH:
**Dr. Dietmar Mehl, Dr. Volker Thiele, Bodo
Degen, Anke Wolf**

(B) PLANUNGSGRUPPE ÖKOLOGIE + UMWELT
GmbH:
Dietrich Kraetzschmer

(D) ISM – TU BERLIN / INSTITUT FÜR
SCHIFFS- UND MEERESTECHNIK:
Prof. Horst Linde

BIOTA – INSTITUT FÜR ÖKOLOGISCHE
FORSCHUNG UND PLANUNG GmbH:
Dr. Dietmar Mehl

Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit
der Angaben sowie für die Beachtung privater Rechte Dritter. Die in dem Gutachten geäußerten
Ansichten und Meinungen müssen nicht mit denen des Herausgebers übereinstimmen.

Herausgeber: Umweltbundesamt
Postfach 33 00 22
14191 Berlin
Tel.: 030/8903-0
Telex: 183 756
Telefax: 030/8903 2285
Internet: <http://www.umweltbundesamt.de>

Redaktion: Fachgebiet I 3.1
Petra Röthke

Berlin, April 2002

Umweltorientierte Bewertung von Bundeswasserstraßenplanungen

(FKZ 298 85 106)

F+E-Vorhaben im Auftrag des Umweltbundesamtes

mit den Teilberichten

- (A) Ergänzende Methodenvorschläge für die Bewertung von Vorhaben des Wasserstraßenausbaues im Rahmen der Überarbeitung der Bundesverkehrswegeplanung 2002**
- (B) Beispielhafter Vergleich der ökonomischen und ökologischen Wirkungen verschiedener Ausbauszenarien für die Elbe**
- (C) Ökologische Wirkungsanalysen im Zusammenhang mit Bundeswasserstraßenplanungen**
- (D) Schifffahrt auf deutschen Binnenwasserstraßen – Stand, Verkehrsbedeutung, Entwicklungsbedarf, Entwicklungspotentiale**

KURZFASSUNG

Inhalt

1	Einführung	1
2	Methodenvorschläge für die Bewertung von Vorhaben des Wasserstraßenausbaues im Rahmen der Bundesverkehrswegeplanung	2
3	Beispielhafter Vergleich der ökonomischen und ökologischen Wirkungen verschiedener Ausbauszenarien für die Elbe	10
4	Ökologische Wirkungsanalysen im Zusammenhang mit Bundeswasserstraßenplanungen	12
5	Schifffahrt auf deutschen Binnenwasserstraßen – Stand, Verkehrsbedeutung, Entwicklungsbedarf, Entwicklungspotentiale	13

– Hannover, im Juni 2001 –



Planungsgruppe Ökologie + Umwelt GmbH

Prof. Dr. H. Langer, Dr. G. Albert, Dipl.-Ing. A. Hoppenstedt
Kronenstr. 14, 30161 Hannover, Tel.: 0511/348770, Fax: 0511/313291
Email: info@planungsgruppe-hannover.de; Internet: www.planungsgruppe-hannover.de

AUFTRAGGEBER:

UMWELTBUNDESAMT

Fachbegleitung: Petra Röthke (FG I 3.1 Umwelt und Verkehr)

PROJEKTKOORDINATION:

PLANUNGSGRUPPE ÖKOLOGIE + UMWELT GmbH

Dietrich Kraetzschmer

BEARBEITUNG:

(A) PLANUNGSGRUPPE ÖKOLOGIE + UMWELT GmbH:

Dietrich Kraetzschmer

(B) PLANUNGSGRUPPE ÖKOLOGIE + UMWELT GmbH:

Dietrich Kraetzschmer

BIOTA – INSTITUT FÜR ÖKOLOGISCHE FORSCHUNG UND PLANUNG GmbH:

Dr. Dietmar Mehl

IWW – Universität Karlsruhe / Institut für Wirtschaftspolitik und Wirtschaftsforschung:

Burkhard Schade

IMS INGENIEURGESELLSCHAFT:

Dr. Manfred Haupt

(C) BIOTA – INSTITUT FÜR ÖKOLOGISCHE FORSCHUNG UND PLANUNG GmbH:

Dr. Dietmar Mehl, Dr. Volker Thiele, Bodo Degen, Anke Wolf

(D) ISM – TU BERLIN / INSTITUT FÜR SCHIFFS- UND MEERESTECHNIK:

Prof. Horst Linde

KONTAKT:

PLANUNGSGRUPPE ÖKOLOGIE + UMWELT GmbH, Kronenstr. 14,
30161 Hannover

BIOTA, Am Augraben 2, 18273 Güstrow

IWW – Universität Karlsruhe (TH), Kollegium am Schloß, Bau IV,
76128 Karlsruhe

DR. MANFRED HAUPT, Neue Str. 4, 31675 Bückeburg

TECHNISCHE UNIVERSITÄT BERLIN, INSTITUT FÜR SCHIFFS- UND MEERESTECHNIK,
FG Seeverkehr – Sekr. SG 7, Salzuffer 17-19, 10587 Berlin

1 Einführung

Die *Bundesverkehrswegeplanung* (BVWP) bildet die Rahmenplanung für die Finanzierung von Verkehrsinfrastrukturmaßnahmen in Deutschland. Auf der Grundlage der BVWP werden die Bedarfspläne für die verschiedenen Verkehrsträger, hierunter auch die Bundeswasserstraßen, entwickelt, die per Gesetz beschlossen werden.

Im Verlauf der vorbereitenden Untersuchungen zur Fortschreibung der BVWP ist durch mehrere Arbeiten zur **umweltfachlichen Bewertung** von Ausbauvorhaben an Bundeswasserstraßen die Sonderrolle deutlich geworden, die den **Wasserstraßen** gegenüber anderen Verkehrsträgern zukommt (BfG 1997, BOSCH + PARTNER 1998, IWW et al. 1999, BfG 2000).

Vor dem Hintergrund dieser Vorarbeiten hat das Forschungsvorhaben **Umweltorientierte Bewertung von Bundeswasserstraßenplanungen** die generelle Zielsetzung verfolgt, Beiträge zur Einbeziehung der Umweltauswirkungen des Wasserstraßenausbaues in die gesamtwirtschaftliche Bewertung der BVWP zu liefern. Das Gesamtvorhaben ist in vier Teilprojekte aufgegliedert, deren Ergebnisse in separaten Berichten dokumentiert sind:

- Ergänzende Methodenvorschläge für die Bewertung von Vorhaben des Wasserstraßenausbaues im Rahmen der Überarbeitung der Bundesverkehrswegeplanung 2002 (Bearbeitung: PLANUNGSGRUPPE ÖKOLOGIE + UMWELT GmbH);
- Beispielhafter Vergleich der ökonomischen und ökologischen Wirkungen verschiedener Ausbauszenarien für die Elbe (Bearbeitung: PLANUNGSGRUPPE ÖKOLOGIE + UMWELT GmbH, BIOTA – INSTITUT FÜR ÖKOLOGISCHE FORSCHUNG UND PLANUNG GmbH, UNIVERSITÄT KARLSRUHE / INSTITUT FÜR WIRTSCHAFTSPOLITIK UND WIRTSCHAFTSFORSCHUNG, Dr. MANFRED HAUPT / IMS INGENIEURGESELLSCHAFT);
- Ökologische Wirkungsanalysen im Zusammenhang mit Bundeswasserstraßenplanungen (Bearbeitung: BIOTA – INSTITUT FÜR ÖKOLOGISCHE FORSCHUNG UND PLANUNG GmbH);
- Schifffahrt auf deutschen Binnenwasserstraßen – Stand, Verkehrsbedeutung, Entwicklungsbedarf, Entwicklungspotentiale (Bearbeitung: HORST LINDE – TU BERLIN / INSTITUT FÜR SCHIFFS- UND MEERESTECHNIK).

Wesentliche Ergebnisse der vier Vorhabensteile sind nachfolgend dargestellt. Der Schwerpunkt der Darstellung liegt auf den Methodenvorschlägen für die Bewertung von Vorhaben des Wasserstraßenausbaues im Rahmen der Bundesverkehrswegeplanung.

2 Methodenvorschläge für die Bewertung von Vorhaben des Wasserstraßenausbaues im Rahmen der Bundesverkehrswegeplanung

Es wurden drei Schwerpunkte verfolgt:

1. Von besonderer Bedeutung war die Frage, in welcher Weise eine adäquate **Einbeziehung hochrangiger Umweltziele**, insbesondere der Erhaltung und Entwicklung der Flora-Fauna-Habitat (FFH)-Gebiete bzw. des Netzes der Natura 2000 Gebiete, erfolgen kann. So wurden Hinweise zur Berücksichtigung von hochrangigen Umweltzielen mit rechtlicher Bindungswirkung im Rahmen der umweltfachlichen Bewertung von Maßnahmen des Wasserstraßenausbaues erarbeitet. Dies bildet zugleich die Schnittstelle zu dem vorlaufenden Vorhaben der Aufstellung umweltorientierter Fernverkehrskonzepte (IWW et al. 1999), das ebenfalls im Auftrag des Umweltbundesamtes durchgeführt wurde.
2. Der zweite Schwerpunkt bestand in der Entwicklung eines Methodenvorschlags zur **Integration der durch Beanspruchungen von Natur und Landschaft durch Wasserstraßenausbau zu erwartenden Kosten in die gesamtwirtschaftliche Bewertung der Bundesverkehrswegeplanung**. Das Bewertungsverfahren sollte einerseits der bei IWW et al. (1999) entwickelten Vorgehensweise für die Verkehrsträger Straße und Schiene entsprechen, andererseits eine Anwendung in Kombination mit der vorgesehenen einzelfallbezogenen und vergleichsweise detaillierten umweltfachlichen Bewertung der Ausbaumaßnahmen an Bundeswasserstraßen erlauben.
3. Schließlich wurden Hinweise zur **Bedeutung der Lärmemission** bzw. -immission für die Gesamtwirtschaftliche Bewertung von Ausbaumaßnahmen an Bundeswasserstraßen erarbeitet.

2.1 Hinweise zur Berücksichtigung hochrangiger Umweltziele

Für den Ausbau von Flusssystemen als Bundeswasserstraßen ist im Rahmen der Voruntersuchungen zur BVWP eine vergleichsweise differenzierte Betrachtung der raumbezogenen Umweltziele angebracht und auch vorgesehen (BfG 2000). Durch Ausbauvorhaben erfolgen gezielte und weitgehende Modifikationen der natürlichen Bedingungen. Entscheidend ist die grundsätzliche *Nutzungskonkurrenz* zwischen einem *Erhalt der Systemdynamik* als wesentliche und konstituierende Komponente des natürlichen Systems und der *Fahrrinnenstabilität*. Maßnahmen zur Verbesserung der Fahrrinnenstabilität als entscheidender Faktor für die Schiffbarkeit führen letztlich zu einer dauerhaften *Einschränkung der Systemdynamik*.

Natürliche bzw. naturnahe Flusssysteme sind regelmäßig von hervorragender ökologischer Bedeutung. Dies findet seinen Ausdruck auch in einschlägigen fachrechtlichen oder -planerischen Zielbestimmungen oder Schutzausweisungen. So finden sich die nach der FFH-Richtlinie vorgeschlagenen Gebiete für das euro-

Kurzfassung

päische ökologische Netz „Natura 2000“ sowie Europäische Vogelschutzgebiete gehäuft gerade im Bereich von Flüssen.

Für FFH-Gebiete werden aufgrund des geltenden Rechts erhöhte Anforderungen an die Gewährleistung der festgelegten Erhaltungsziele gestellt. Sind solche Gebiete durch eine Planung möglicherweise betroffen, so wird eine *FFH-Verträglichkeitsprüfung* gem. § 19c BNatSchG erforderlich. Eingriffe in „Natura 2000“-Gebiete stehen somit unter einem besonderen Vorbehalt. Eine wesentliche Aufgabe der FFH-Verträglichkeitsprüfung besteht darin, unnötige Beeinträchtigungen der FFH-Gebiete zu verhindern. Kann dies nicht erreicht werden, so besteht die Verpflichtung zur Alternativenprüfung im Sinne des Nachweises, dass keine FFH-verträglicheren Alternativen möglich sind. In diesem Fall ist das Vorhaben unzulässig und nur unter bestimmten, restriktiv auszulegenden Voraussetzungen und Bedingungen (Alternativenprüfung und zwingende Gründe) möglich (Art. 6 Abs. 4 FFH-Richtlinie bzw. § 19c Abs. 2 bis 5 BNatSchG). Diese Regelung gilt auch für Pläne und Entscheidungen im vorgelagerten Verfahren.

Zur Einhaltung des Umweltziels ist es daher für Vorhaben des Wasserstraßenausbaues sinnvoll, bereits auf der Ebene der BVWP eine **FFH-Ersteinschätzung im Vorfeld einer ausführlichen Verträglichkeitsprüfung** durchzuführen. Folgende Vorgehensweise wird für diese Ersteinschätzung vorgeschlagen (vgl. auch Abb. 1):

1. Überprüfung, ob FFH-Vorschlagsgebiete bzw. EU-Vogelschutzgebiete vorhanden sind.
2. Wenn ja: Auswertung der Standard-Datenbögen im Hinblick auf relevante Bestandteile und Schutzziele sowie genaue Ermittlung der räumlichen Lage.
3. Überschlägige Abschätzung, ob das Vorhaben mit den gebietsspezifisch anzulegenden Zielsetzungen voraussichtlich verträglich (Ende der Ersteinschätzung) oder unverträglich sein würde.
4. Sofern erhebliche Beeinträchtigungen erwartet werden: Beurteilung der Auswirkungen möglicher Vermeidungs- oder Minderungsmaßnahmen.

FFH-Ersteinschätzung			
Gebietsvorschlag Nr.			
Relevante Bestandteile (Lebensraumtypen, FFH-Arten)	Erhaltungsziele	Mögliche Beeinträchtigungen	Mögliche Vermeidungs- oder Verminderungsmaßnahmen

5. Sofern trotz Vermeidungsmaßnahmen erhebliche Beeinträchtigungen erwartet werden: Alternativenprüfung basierend auf diesen Maßnahmen, um der Frage nachzugehen, ob zumutbare Alternativen ohne oder mit möglicherweise geringeren Beeinträchtigungen von „Natura 2000“-Gebieten möglich sind. In diesem Fall wäre eine zumutbare Alternative in die BVWP einzustellen und der Bedarfsplanung zugrunde zu legen (Ende der FFH-Ersteinschätzung).
6. Soll ein Projekt trotz erwarteter erheblicher Beeinträchtigung von FFH-Gebieten weiterverfolgt werden, so ist die Einstufung im Rahmen der BVWP

Kurzfassung

aufgrund der für eine endgültige Einstufung der FFH-Verträglichkeit nicht ausreichenden Datenbasis mit einem generellen Vorbehalt zu versehen. In diesen Fällen soll eine Rückstellung des Projektes bis zur Durchführung einer umfassenden FFH-Verträglichkeitsprüfung erfolgen.

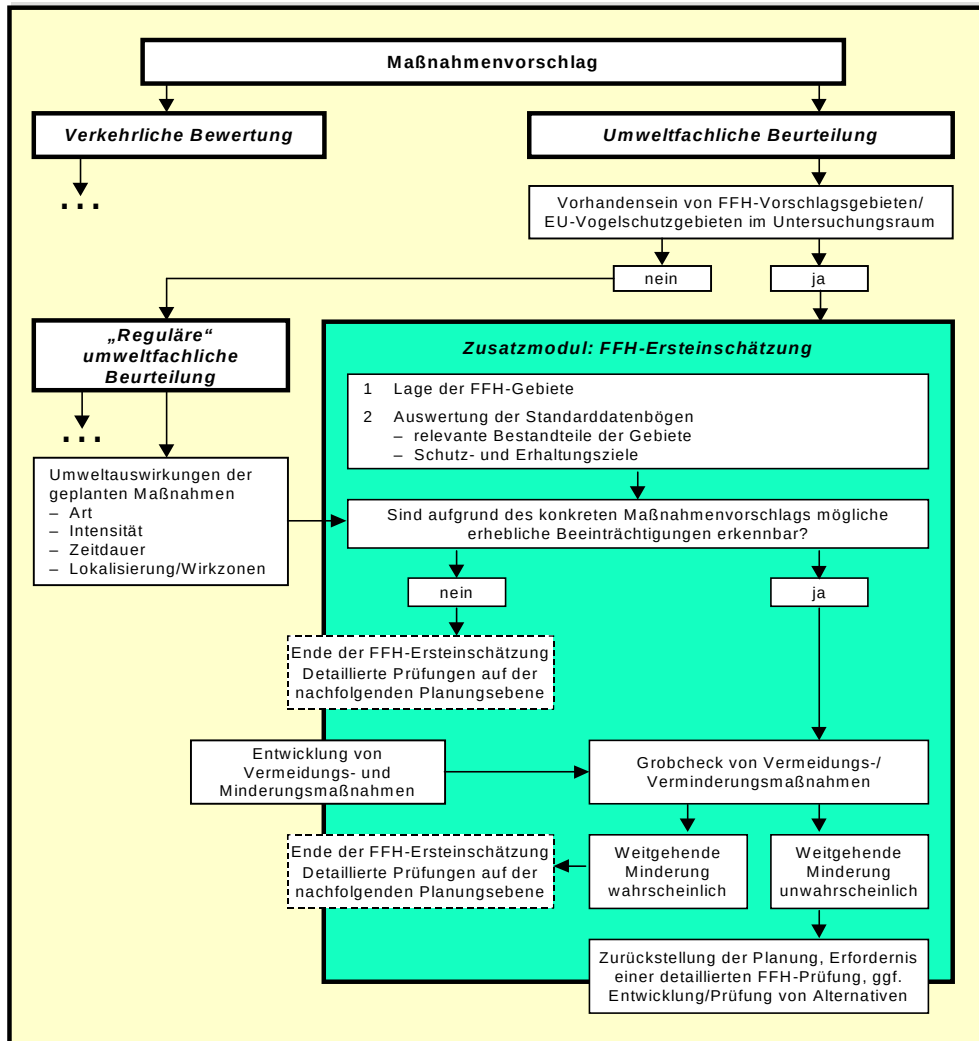


Abb. 1: Ablauf einer FFH-Ersteinschätzung für Ausbauvorhaben an Wasserstraßen im Rahmen der BVWP

2.2 Integration der raumbezogenen Umweltwirkungen des Wasserstraßenausbaues in die gesamtwirtschaftliche Bewertung des BVWP

Ziel der Methodenentwicklung ist eine monetäre Quantifizierung der Beeinträchtigungen betroffener Wertmerkmale des Fließgewässers bzw. betroffener terrestrischer Biotopstrukturen durch den Ausbau von Bundeswasserstraßen.

Die Verhältnisse beim **Neubau von Kanälen** (künstliche Wasserstraßen) können mit dem für die Verkehrsträger Schiene und Straße entwickelten Bewertungsansatz weitgehend abgebildet werden, sofern bei der Festlegung der Mindestwasserführung der für die Wasserhaltung genutzten Gewässer Umweltanforderungen berücksichtigt werden. Anderenfalls sind für hierdurch zu erwartende Beeinträchtigungen die unten erläuterten Bausteine anwendbar. Dies gilt auch für die ggf. zu berücksichtigende Restwertigkeit der entstehenden Strukturen

Daher bezieht sich der Schwerpunkt dieses Abschnittes auf **Ausbauvorhaben an Flüssen**. Die entscheidende Wirkungsdimension des Fließgewässerausbaues besteht in strukturellen bzw. qualitativen Veränderungen im Bereich des Flussschlauches mit folgender Charakteristik:

- Im Hinblick auf die *Reichweite der relevanten Wirkungen* können *lokale (direkte) Wirkungen* im eigentlichen Eingriffsbereich und über den lokalen Rahmen hinausgehende, *mindestens regionale Wirkungen* unterschieden werden.
- Im Hinblick auf den *Wirkungsort* ist es sinnvoll, Wirkungen im Bereich des *Flussschlauches* sowie der *angrenzenden Aue* separat zu betrachten.

Das entwickelte Konzept für eine monetäre Bewertung von Eingriffen durch Ausbaumaßnahmen an Bundeswasserstraßen berücksichtigt diese Unterscheidung der Wirkdimensionen. Die vorgeschlagenen Einzelbausteine (vgl. Abb. 2) verstehen sich als unabhängig voneinander einsetzbare Elemente, deren Anwendung davon abhängt, ob die zugrunde zu legende umweltfachliche Bewertung für die jeweilige Wirkdimension erhebliche Beeinträchtigungsrisiken prognostiziert.

Kurzfassung

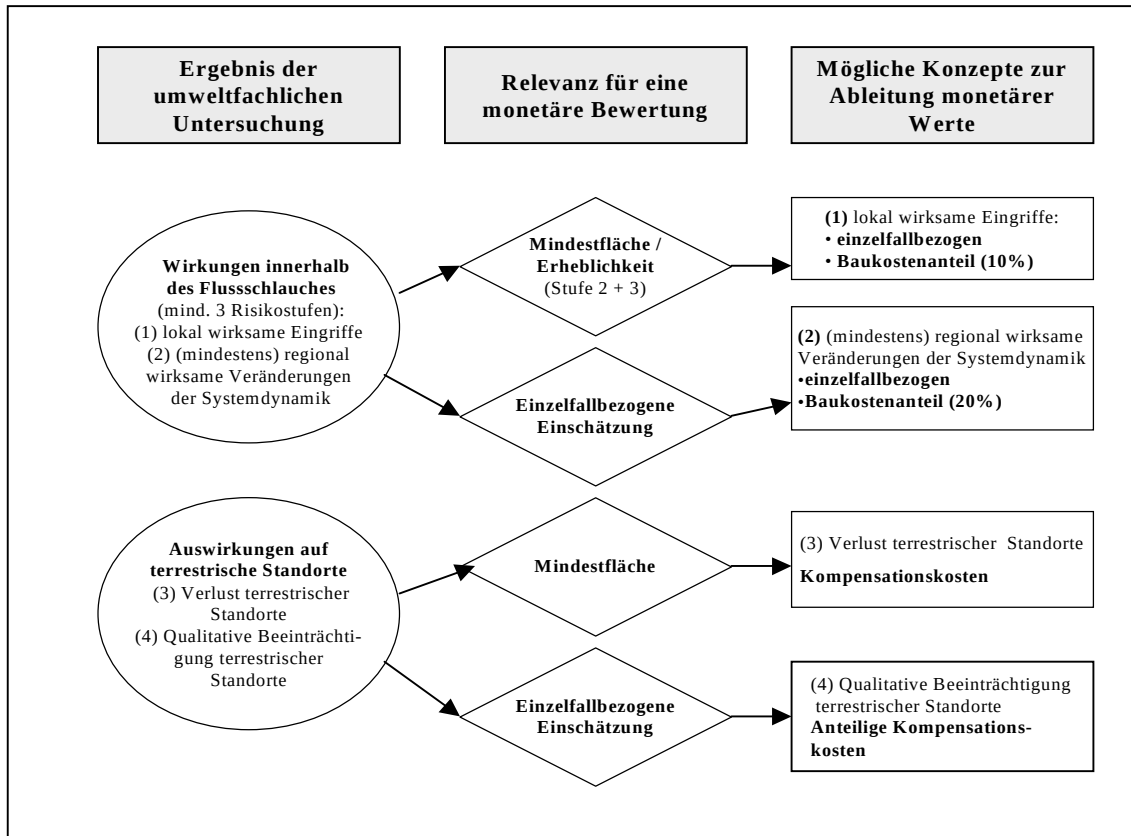


Abb. 2: Konzept und Bestandteile einer monetären Bewertung von Eingriffen durch Ausbaumaßnahmen an Bundeswasserstraßen im Rahmen der Bundesverkehrswegeplanung

(1) Lokal begrenzte Eingriffe im Bereich des Flussschlauches:

Folgewirkungen lokal begrenzter Eingriffe werden berücksichtigt, soweit im Rahmen der umweltfachlichen Bewertung erhebliche und dauerhafte, aber lokal begrenzte Veränderungen der hydro-morphologischen Verhältnisse prognostiziert werden. Auch Konsequenzen für die Lebensräume aquatischer und semiaquatischer Pflanzen und Tiere sind relevant. Ggf. zu erwartende qualitative Veränderungen des Wasserkörpers sollten erst ab einer mindestens regionalen Erheblichkeit in die Bewertung eingestellt werden. Lediglich kleinräumige Veränderungen werden aufgrund der Dynamik des Systems und der natürlichen Bandbreite des Zustands vernachlässigt. (s. u.).

Ansatz zur Kostenableitung	Grundlage	Bestimmung der Kosten
<i>Einzelfallbezogene Kompensation</i> der Wertverluste durch geeignete funktionale Aufwertung des Gewässers.	Im Rahmen oder auf der Grundlage der umweltfachlichen Untersuchung sind <i>einzelfallbezogen geeignete Kompensationsmaßnahmen</i> festzulegen, vorgesehene Minderungsmaßnahmen sind zu berücksichtigen.	Die Kosten der Aufwertungsmaßnahmen sind <i>einzelfallbezogen</i> auf Grundlage der Angaben aus der umweltfachlichen Untersuchung zu bestimmen.

Kurzfassung

(2) Großräumige Beeinträchtigungen des Gewässers

Diese repräsentieren Eingriffsfolgen auf Zustand und Systemdynamik des Gewässers, die in ihrer Ausdehnung über den Bereich einer Maßnahme und deren direktes Umfeld hinaus relevant sind. Unterschiedliche Intensitäten sowie unterschiedliche räumliche und zeitliche Dimensionen der Folgewirkungen sind zu berücksichtigen.

Ansatz zur Kostenableitung	Grundlage	Bestimmung der Kosten
<i>Kompensation der Wertverluste durch geeignete funktionale Aufwertung des Gewässers, entsprechend den lokalen Beeinträchtigungen (für kurzfristige Anwendung vorgeschlagen).</i>	Erforderlich sind Angaben aus der umweltfachlichen Untersuchung: Hinweise für geeignete Maßnahmen oder folgende Grundlagen für deren Konzeption: Maßnahmeprofil, Grobbewertung der hydro-morphologischen Situation sowie Grobprognose der Auswirkungen auf die hydro-morphologische Situation mit Erheblichkeitsstufen bzw. –schwellen und Auswirkungsbe- reich; Gefährdung der Einhaltung festgelegter Umweltziele bzw. Zielqualitäten	Die Kosten der Aufwertungsmaßnahmen sind <i>einzelfallbezogen</i> auf der Grundlage von Angaben aus der umweltfachlichen Untersuchung zu bestimmen.

3) Verlust terrestrischer Standorte

Soweit ein Ausbau zu erheblichen Verlusten terrestrischer Standorte führt – z. B. bei Uferrückverlegung –, kann der *Kompensationskostenansatz auf der Basis von Wiederherstellungskosten*, vergleichbar dem Konzept für die Verkehrsträger Straße und Schiene, angewendet werden. Allerdings ist eine kleinflächigere Betrachtung erforderlich.

Ansatz zur Kostenableitung	Grundlage	Bestimmung der Kosten
<i>Kompensationskostenansatz, monetäre Inwertsetzung der Beeinträchtigungen auf der Basis von Wiederherstellungskosten (IWW et al. 1999 auf der Grundlage von BOSCH + PARTNER 1993): Kosten für die Erstinstandsetzung der Flächen.</i>	<i>Erfassung der Biotop-Standorttypen im Umfeld der Maßnahmen im Maßstab ca. 1:25.000 erforderlich:</i> – Wenn für Planungsvorhaben bereits detailliertere Untersuchungen erfolgt sind, können die jeweiligen Unterlagen zu Grunde gelegt werden. – Anderenfalls kann der CORINE-Datensatz zur Landnutzung (M – 1:100.000) als Grundlage verwendet werden, ergänzt durch Informationen aus den Biotopkartierungen der Länder.	Vergleichbar dem Konzept für die Verkehrsträger Straße und Schiene, kleinflächigere Betrachtung: HK = F + I + P mit HK Herstellungskosten F Kosten für den Grunderwerb I Kosten der Erstinstandsetzung der Fläche P Barwert der Kosten für Pflegemaßnahmen Ausgangszustand der Wiederherstellung sind intensiv landwirtschaftlich genutzte Flächen. Für die Kosten des Grunderwerbs wird ein Durchschnittswert von 30.000 DM/ha als zu Grunde gelegt, sofern kein Einzelfallbezug möglich ist. Im Vorfeld einer Anwendung ist festzulegen, ob insbesondere für „stabile“ terrestrisch geprägte Biotope ein Funktionsverlust innerhalb der Wiederherstellungszeiträume („time-lag“) als Teil der Erstinstandsetzung in die Berechnung der Herstellungskosten einbezogen werden soll (PÖU 2001). Für die Verkehrsträger Straße / Schiene wurde ein Zeithorizont von 75 Jahren sowie ein Zinsfaktor von 3 % vorgeschlagen. Periodisch erforderliche <i>Pflegemaßnahmen</i> werden als abgezinster Barwert einbezogen.

Kurzfassung

(4) Erhebliche Veränderung terrestrischer Standorte

Erfasst werden sollen erhebliche qualitative Veränderungen, die sich in besonderen Fällen durch Eingriffsfolgen im Bereich des Flussschlauches als indirekte Folge einer erheblichen Beeinflussung der hydrologischen Dynamik in der Aue ergeben. Wesentliche Einflüsse können z. B. in einer Änderung der Überflutungsverhältnisse (Verkürzung, Veränderung der Überflutungszeiträume) oder der Grundwasserstände (Grundwasserabsenkungen, bei Stauregelungen auch Anstieg; Vergleichmäßigung der Grundwasserstände) bestehen.

Ansatz zur Kostenableitung	Grundlage	Bestimmung der Kosten
Berechnung von Kompensationskosten kann auf der Basis von prozentualen Vorabschätzungen der zu erwartenden Wertverluste erfolgen.	Grobprognose der Rückwirkungen hydro-morphologischer Veränderungen auf die Aue (Reichweite, Intensität). Besondere Bedeutung hat die Festlegung von Erheblichkeitsschwellen. Erfassung der Biotop-Standorttypen der betroffenen Bereiche; Quantifizierung der umweltfachlichen Bewertung als Hilfskonstruktion, um die umweltfachlichen, qualitativen Beurteilungen in quantitativ fassbare Wertverluste zu übersetzen.	Die (prozentualen) Wertverluste können mit dem Erfordernis einer Neuanlage von Biotopen gleichgesetzt werden. Auf dieser Grundlage kann schließlich eine Berechnung auf der Basis von <i>Kompensationskosten</i> (s. o.) erfolgen. Sofern die umweltfachliche Untersuchung Angaben über Kompensationserfordernisse enthält, ist eine direkte Ableitung von Kosten möglich.

2.3 Lärmbelastungen an Bundeswasserstraßen im Rahmen der Bundesverkehrswegeplanung

Eine gesamtwirtschaftliche Bewertung von Lärmbelastungen an Bundeswasserstraßen wurde weder im Rahmen der Bundesverkehrswegeplanung 1992 noch in den bisherigen Forschungsarbeiten jüngerer Datums (z. B. HEUSCH/BOESEFELD 1997, PLANCO 1995) einbezogen. Ursache war, dass 1992 keine maßgeblichen Differenzen im Planungsfall erwartet worden waren (BMV 1993, S. 192). Obzwar unstrittig sein dürfte, dass Lärmbelastung an Bundeswasserstraßen im Vergleich mit dem durch Straßen- und Schienenverkehr verursachten Lärm von deutlich geringerer Bedeutung ist, wird der bisherige Methodenstand der besonderen Situation an den Bundeswasserstraßen nicht in vollem Umfang gerecht. Vor diesem Hintergrund wurden die Fragen untersucht:

- Wie relevant ist die Lärmbelastung an Bundeswasserstraßen sowohl absolut (Auswertung von Fallbeispielen) als auch im Vergleich mit den Verkehrsträgern Straße und Schiene; wie sind Lärmursachen und Dimension der Emission (bau- und betriebsbedingte Emissionen) zu charakterisieren?
- Welche Orientierungswerte und Grenzwerte für Lärmemission und Immission sind relevant?
- Welche Relevanz kommt der Lärmbelastung durch Binnenschiffe vor dem Hintergrund intermodaler Ansätze zu: Beschreibung aktuell (PLANCO 1999, IWW et al. 1999; JANSEN et al. 2000) vorgeschlagener Verfahren zur Ermittlung und (gesamtwirtschaftlichen) Bewertung der Lärmemission im Rahmen der Bundesverkehrswegeplanung?

Kurzfassung

- Welche Konsequenz ergibt sich daraus für die Bundesverkehrswegeplanung?

Folgende Ergebnisse sind herauszustellen:

Im Sinne einer intermodalen Vergleichbarkeit der Verkehrsträger ist die *betriebsbedingte Lärmemission der Berufsschifffahrt* von Bedeutung. Der durch den *Sportbootverkehr* erzeugte Lärm stellt einen Sonderfall dar, der in vergleichbarer Form für die Verkehrsträger Straße bzw. Schiene nicht auftritt.

Als *schalltechnische Immissionsrichtwerte* sind vornehmlich die auf die bauliche Nutzung im Einwirkungsbereich der Schallimmission bezogenen Angaben der DIN 18005 sowie der VDI 2058 anwendbar (BfG 1995)¹.

Bezogen auf die *Lärmemission* der Schiffe legt die VERORDNUNG ZUR RHEIN-SCHIFFS-UNTERSUCHUNGSORDNUNG den Grenzwert für den maximalen Schalldruckpegel fest. Die Maximalpegel dürfen danach 75 dB(A) in einem seitlichen Abstand von 25 m von der Bordwand nicht überschreiten. Da dieser Grenzwert auch für andere Wasserstraßen genutzt wird (BfG 1995), ist eine Anwendung bezogen auf die BVWP möglich.

Die in diesem F+E-Vorhaben *augewerteten Beispiele* (Umweltverträglichkeitsuntersuchungen zur Vertiefung der Fahrrinne am Neckar und zum Wasserstraßenkreuz Magdeburg sowie Gutachten zur schiffahrtsbedingten Lärmimmission am Sacrow-Paretzer-Kanal) zeigen, dass an Wasserstraßen kaum eine erhebliche Überschreitung der von IWW et al. sowie JANSEN et al. für die Verkehrsträger Straße bzw. Schiene zugrundegelegten Zielpegel zu erwarten sein wird. Dies könnte allenfalls kleinflächig der Fall sein, wenn erhebliche Verkehrsmengen im Nachtbetrieb abgewickelt würden, soweit Raumnutzungstypen der höchsten Empfindlichkeitsstufe direkt angrenzen und die strengeren Orientierungswerte der DIN 18005 zugrundegelegt werden.

Folgende **Empfehlungen** zur Berücksichtigung der Lärmemission durch den Schiffsverkehr auf Bundeswasserstraßen im Rahmen der Bundesverkehrswegeplanung werden gegeben:

- Aufgrund der untergeordneten Bedeutung der von der Binnenschifffahrt ausgehenden Lärmemissionen im Vergleich mit den Verkehrsträgern Straße und Schiene kann die Lärmproblematik für die Wasserstraßen in der gesamtwirtschaftlichen Bewertung der Maßnahmen für den BVWP unberücksichtigt bleiben, soweit nicht im Prognosefall mit erheblicher Zunahme von Verkehren in den Nachtstunden gerechnet wird.
- Für diesen Fall wird ein Zielpegel von 45 dB(A) nachts als Richtwert für die Berücksichtigung von Lärmimmissionen an Bundeswasserstraßen vorgeschlagen. Der Vorschlag berücksichtigt die Charakteristik der Lärms durch

¹ Die Werte der VDI 2058 entsprechen weitgehend den in der TA LÄRM enthaltenen Immissionsrichtwerten.

Kurzfassung

Binnenschiffe und den bei PLANCO (1999) vorgeschlagenen Zielpegel von 37 dB(A) für Straßenverkehrslärm und 42 dB(A) für Schienenverkehrslärm.

- Sofern Nachtverkehre im Prognosefall keinen erheblichen Anteil aufweisen, wären ggf. die Zahlungsbereitschaften für wenig Lärm (tagsüber) zugrunde zu legen. Nach WEINBERGER et al. (1991), zit. in PLANCO (1999), ergibt sich für Straßenverkehrslärm ein Zielpegel von 43 dB(A). Die Festlegung eines Zielpegels für die Binnenschifffahrt würde bei einer Vorgehensweise analog zur Situation nachts zu einem Zielpegel von 51 dB(A) führen. Dies liegt im Bereich der Vorsorgewerte der DIN 18005.
- Soweit relevante Wirkungen erwartet werden, sollte aufgrund der Vorhabenscharakteristik ein Berechnungs- und Bewertungsverfahren gewählt werden, mit dem gewässerabschnittsbezogene Ergebnisse berechnet werden können. Die Ermittlung der Kosten kann auf Basis der von WEINBERGER et al. ermittelten Zahlungsbereitschaften (PLANCO 1999, S. 115 ff) erfolgen.
- Für intermodale Betrachtungen im Rahmen von Güterverkehrsprognosen kann bei Verlagerung von Verkehren von der Straße oder der Schiene auf die Wasserstraße insgesamt mit einer Entlastung bezüglich der Lärmemission gerechnet werden. Dies wird sich aufgrund des maßnahmenbezogenen Bewertungsansatzes in aller Regel nicht als erhebliche Entlastung bemerkbar machen. Gesamtnetzbezogene, intermodale Bewertungsansätze könnten diesbezüglich durchaus zu anderen Ergebnissen kommen.

3 Beispielhafter Vergleich der ökonomischen und ökologischen Wirkungen verschiedener Ausbauszenarien für die Elbe

Aufgabe des Teilgutachtens war, beispielhaft für die Elbe verschiedene Ausbauszenarien mit ihren ökonomischen und ökologischen Wirkungen mit einer an die Verfahrensweise der BVWP angelehnten Methodik durchzuspielen, um die damit verbundenen ökonomischen Kosten und Nutzen und die ökologischen Risiken eines weiteren Ausbaues der Elbe zu beleuchten und die Diskussionsbasis zu verbessern. Die Bearbeitung umfasste folgende Schwerpunkte:

- Eine beispielhafte Überprüfung der Einflüsse eines Ausbaues der unteren Mittel-elbe auf hochrangige Umweltziele, wie sie hier besonders als Vorschlagsgebiete für das EU-weite Netz Natura 2000 (FFH-Gebiete) in großer Dichte vorhanden sind. Untersucht wurde die sogenannte „Reststrecke Dömitz“, ein Teilabschnitt, der angesichts des bislang fehlenden Niedrigwasser-ausbaues einen wesentlichen Engpass für die Binnenschifffahrt zwischen Magdeburg und der Staustufe Geesthacht darstellt (BfG 1997).
- Eine Überprüfung der ökonomischen Auswirkungen eines Ausbaues der Elbe zwischen Hamburg und der Grenze zu Tschechien bzw. einer Rückstufung der unteren Mittel-elbe im Rahmen einer modellhaften gesamtwirtschaftlichen Bewertung gemäß der BVWP-Methodik.

Folgende Ergebnisse sind hervorzuheben:

1. Die Untersuchung der **Beeinträchtigung von Umweltzielen** zeigt:

- Im Falle einer strombaulichen Regelung der Reststrecke Dömitz wäre die zu erwartende erhebliche Beeinträchtigung von Umweltzielen angesichts der Bedeutung für die Kohärenz des Europäischen Netzes „Natura 2000“ nicht an anderer Stelle durch Schaffung geeigneter Naturräume kompensierbar, so dass eine Verletzung der Umweltziele nicht vermieden werden kann.
- Das Entsprechende würde aufgrund der Kumulation der Wirkungen verschiedener Eingriffsmaßnahmen um so mehr für einen Ausbau der gesamten unteren Mittelelbe zu Wasserstraße Klasse Vb gelten.
- Das Rückstufungszenario (Rückstufung der Wasserstraßenklasse für die untere Mittelelbe zwischen Magdeburg und Einmündung ESK) und das Referenzszenario (keine Veränderung / Nullvariante) führen nicht zu einer Verletzung der definierten Umweltziele.

2. Werden die Ergebnisse der **verkehrsökonomischen Betrachtung** parallel betrachtet, so zeigt sich, dass

- ein Ausbau der unteren Mittelelbe gesamtwirtschaftlich nicht sinnvoll ist, da mit der Strecke über den Mittellandkanal und den Elbe Seitenkanal eine leistungsfähige Alternativroute für die Binnenschifffahrt besteht,
- das Rückstufungszenario und das Referenzszenario gesamtwirtschaftlich sinnvolle Alternativen darstellen,
- ein Ausbau der Elbe oberhalb Magdeburgs nur einen geringen wirtschaftlichen Nutzen ergibt, der durch die Kosten deutlich übertroffen wird und daher ökonomisch nicht sinnvoll ist.

Insgesamt zeigt sich, dass sich ein **Ausbau der unteren Mittelelbe** wegen der voraussichtlich unumgänglichen Verletzung der Umweltziele und des schlechten Ergebnisses aus der BVWP-Bewertung nicht rechtfertigen lässt. Zudem ist zu erwarten, dass angesichts der vorhandenen Alternativstrecke ein Ausbau generell nicht möglich sein wird, soweit damit eine erhebliche Beeinträchtigung von Erhaltungszielen eines oder mehrerer entlang der unteren Mittelelbe vorhandenen FFH-Vorschlagsgebiete verbunden ist. Einem Ausbau der unteren Mittelelbe sind von daher enge Grenzen gesetzt.

Das **Rückstufungszenario für die untere Mittelelbe** ist wegen der Nicht-Verletzung von Umweltzielen, der Möglichkeit einer positiven Entwicklung der Umweltqualität und einer maßgeblichen günstigen Auswirkung auf die FFH-Ziele bei einer gleichzeitig im Vergleich zu einem Ausbau positiveren gesamtwirtschaftlichen Bewertung empfehlenswert, nicht zuletzt, da keine Schwerpunkte des Güterumschlags direkt betroffen wären.

Oberhalb von Magdeburg dürfte ein Ausbau der Elbe, soweit mit einer erheblichen Beeinträchtigung von Erhaltungszielen vorhandener FFH-Schutzgebietsvorschläge verbunden, nur unter Anwendung der Ausnahmeregelung (§ 19c (2-5) BNatSchG) und nach Einbeziehung einer Stellungnahme der EU-Kommission

möglich sein. Angesichts fehlender ökonomischer Kriterien für einen Ausbau wird für die obere Mittelelbe die Beibehaltung des Status-Quo empfohlen.

4 Ökologische Wirkungsanalysen im Zusammenhang mit Bundeswasserstraßenplanungen

Im Rahmen einer vertieften methodenorientierten Untersuchung mit dem Schwerpunkt auf den ökologischen Wirkungsanalysen wurden vor dem Hintergrund der vorhandenen wissenschaftlich-methodischen Erkenntnisse folgende Bearbeitungsschwerpunkte behandelt (*BIOTA*):

- Begründung wissenschaftlicher Ansätze zur (Fließgewässer-) Ökosystemanalyse mit folgenden Schwerpunkten:
 - Inhalte von Systemtheorie und -analyse
 - Forschungsmethodik: Systemhierarchien
 - Problematik der Wirk-Dimensionen (Raum-Zeit-Skalen)
 - Erfassung der Dynamik von Ökosystemen
- Aufstellung eines hierarchischen gewässerökologischen System- und Prozeßgefüges als analytisches Modellkonzept,
- Aufdeckung der ökologischen und umwelterheblichen Auswirkungen des Verkehrsweges Bundeswasserstraßen, mit Differenzierung in Vorhabens- bzw. Eingriffstypen und Unterscheidung nach Maßnahmengruppen.

Die Ergebnisse wurden in drei Komplexen zusammengefasst:

1. Vorhandene Vorschläge für die umweltfachliche Bewertung von Bundeswasserstraßenplanungen im Rahmen der Bundesverkehrswegeplanung werden vor dem Hintergrund der auf nachgeordneten Planungsstufen angewendeten Methoden (Umweltverträglichkeitsprüfung an Bundeswasserstraßen) sowie von allgemeinen Hinweisen zu naturschutzfachlichen Bewertungsverfahren aus dem Zusammenhang der Eingriffsregelung dargestellt.
2. Stand und Methoden der nationalen und internationalen Fließgewässerbewertung u. a. nach physiko-chemischen, ökomorphologischen, biotischen Kriterien, integrierte Verfahren, mit Indikatoren arbeitende Verfahren werden dargestellt; auch die sich durch Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie ergebenden Trends werden berücksichtigt.
3. Darauf aufbauend werden die Grundlagen für eine differenzierte ökologische Wirkungsanalyse von Eingriffen durch Ausbauvorhaben an Binnenwasserstraßen gelegt:
 - a) Einerseits erfolgt eine differenzierte Systembeschreibung für die großen Flüsse und Ströme, bei der das Fließgewässersystem in seiner räumlichen und zeitlichen Dimension als hierarchisches *gewässerökologisches System- und Prozessgefüge* beschrieben wird.
 - b) Zum anderen erfolgt eine Systematisierung der umweltrelevanten Auswirkungen von Bau und Betrieb der Bundeswasserstraßen.

5 Schiffahrt auf deutschen Binnenwasserstraßen – Stand, Verkehrsbedeutung, Entwicklungsbedarf, Entwicklungspotentiale

In einem weiteren Schwerpunkt des Gesamtvorhabens sind Hinweise zu Stand, Verkehrsbedeutung, Entwicklungsbedarf und -potentialen der Binnenschifffahrt zusammengetragen worden (PROF. LINDE, ISM) mit dem Ziel, erforderliche Grundlageninformationen für eine objektive Beurteilung der Binnenschifffahrt zu vermitteln und bereitzustellen. Im Einzelnen werden

- der derzeitige Stand und die absehbaren Perspektiven der Schiffbarkeit, der verkehrstechnischen Leistungsfähigkeit und der Verkehrsbelastung der deutschen *Binnenwasserstraßen* deutlich gemacht,
- die *Gütermärkte* der deutschen Binnenschifffahrt (Art, Mengen, Relationen) beleuchtet,
- das Zusammenwirken der Komponenten *Binnenwasserstraße* und *Binnenschiff* innerhalb des Gesamtsystems Binnenschifffahrt präzisiert,
- vor diesem Hintergrund die verkehrstechnische und verkehrswirtschaftliche Relevanz von Ausbau- und Weiterentwicklungsmaßnahmen der Binnenschifffahrt unter den bestehenden Rahmenbedingungen dargelegt, wobei differenziert wird in die technischen, organisatorischen, operativen, logistischen, unternehmerischen Entwicklungspotentiale.

Von besonderer Bedeutung für den Ausbaubedarf der Wasserstraßen sind die Interdependenzen zwischen Schiffstypen und Wasserstraßen. Entscheidend ist besonders der Tiefgang der eingesetzten Schiffstypen sowie deren Breite, die die Anforderungen an die nutzbare Breite und Tiefe des Fahrwassers bedingen. Die Länge der Einheiten spielt lediglich für Aufweitungen des Fahrwassers im Bereich von Kurven eine Rolle. Die Fixpunkthöhe ist nicht relevant. Allerdings spielt die Fahrgeschwindigkeit eine erhebliche Rolle.

Für die Leistungsfähigkeit des Systems Binnenschiff – Wasserstraße bilden die bislang nicht stauregulierten Abschnitte der großen Flüsse ein besonderes Problem. Angesichts der bei einem Ausbau oftmals zu erwartenden schwerwiegenden Umweltprobleme muss gerade für diese Fälle die Frage nach der Optimierbarkeit der Fahrzeuge bzw. der Betriebsbedingungen gestellt werden:

- Für die Kapazität des Systems Binnenschiff – Wasserstraße ist die durchgängige Mindesttauchtiefe entscheidend. Über die Beladung der Schiffe kann der Tiefgang dem aktuellen Wasserstand angepasst werden.
- Die Breite der Schiffe ist nicht variabel; bestehende bzw. unter Umweltgesichtspunkten erforderliche Engpässe in der Breite des Fahrwassers können aber für begrenzte Streckenabschnitte und begrenzter Auslastung durch Einrichtungsverkehre entschärft werden.
- Die Optimierbarkeit der Schiffe mit dem Ziel, den Tiefgang zu begrenzen, hängt damit zusammen, ob spezifisch schwere Güter wie Massenschüttgüter, Flüssigkeiten oder spezifisch leichte Güter (Container, Ro/Ro) transportiert

Kurzfassung

werden. Für die Letzteren ist ohnehin eher die Höhe der Ladung in Bezug zu den Durchfahrtshöhen von Brückenbauwerken der begrenzende Faktor. Aber auch für spezifisch schwere Güter besteht begrenzt die Möglichkeit, ökonomisch tragfähige Fahrzeugkonzepte über größere Breiten umzusetzen („Flachgehendes Vielzweck-Motorgüterschiff“).

- Einsatz von Schubleichtern ist aufgrund günstigerer hydrodynamischer Eigenschaften unter Flachwasserbedingungen sinnvoller als Selbstfahrer.
- Durch eine Kombination von Langsamfahrstellen und Ein – Richtungsverkehr mit modernen, satellitengestützten Navigationssystemen lässt sich der Betrieb auch unter Berücksichtigung von lokalen Engpässen optimieren.

Kurzfassung

Quellen

- BfG (1995): Schifffahrtsbedingte Lärmimmission an Bundeswasserstraßen am Beispiel des Sacrow-Paretzer Kanals. BfG - 0920
- BfG (1997): Ökologische Risikoeinschätzung zu Projekten des Bedarfsplanes „Ausbau der Bundeswasserstraßen“. Bericht Nr. 0955. I. A. d. BMV
- BfG (2000): Weiterentwicklung der Methode zur Ökologischen Risikoeinschätzung für Projekte an Bundeswasserstraßen (Arbeitspapier) sowie Ökologische Risikoeinschätzung Dortmund-Ems-Kanal km 138,3 – 212,5 (Entwurf; unveröff. Gutachten)
- BMV [Hrsg.] (1993): Gesamtwirtschaftliche Bewertung von Verkehrswegeinvestitionen – Bewertungsverfahren für den Bundesverkehrswegeplan 1992. In Schriftenreihe, H. 72. Bonn
- BOSCH + PARTNER (1993): Faktische Grundlagen für die Ausgleichsabgabenregelung. Forschungsvorhaben i. A. d. BFANL (BfN)
- BOSCH + PARTNER, ARSU, TU FREIBERG (1998): Beurteilungskriterien für die Auswirkungen des Bundeswasserstraßenausbaues auf Natur und Landschaft. - F+E-Vorhaben 809 01 001 i. A. d. BfN. Veröff. In BfN (Hrsg.): Angewandte Landschaftsökologie, H. 28. Bonn 1999
- BOSCH + PARTNER (2000): Risikoeinschätzung Dortmund-Ems-Kanal km 138,3 – 212,5 (Entwurf; unveröff. Gutachten)
- HEUSCH/BOESEFELD (1997): Ergänzung und Aktualisierung der Verfahren zur Bewertung von Fernstraßenprojekten für die Bundesverkehrswegeplanung. Schlussbericht. I.A. d. BMV. Aachen
- IWW, IFEU, KuP, PÖU, PTV (1999): Entwicklung eines Verfahrens zur Aufstellung umweltorientierter Fernverkehrskonzepte als Beitrag zur Bundesverkehrswegeplanung. In: UBA (Hrsg.): Berichte 4/99. Berlin
- JANSEN; P.; WAGNER, D.1: (2000): Lärmbewertungsverfahren für den Bundesverkehrswegeplan – Verfahrensvorschlag für die Bewertung von Geräuschen im Freiraum. Unveröff. Forschungsvorhaben i. A. d. UBA
- PLANCO (1995:) Berücksichtigung wissenschaftlicher Erkenntnisfortschritte im Umweltschutz in der Bundesverkehrswegeplanung. I. A. d. BMV. Essen
- PLANCO (1999): Modernisierung der Verfahren zur Schätzung der volkswirtschaftlichen Rentabilität von Projekten der Bundesverkehrswegeplanung. I. A. d. BMVBW (F+E Nr. 96 487/97, unveröff.)
- PLANUNGSGRUPPE ÖKOLOGIE + UMWELT – PÖU (2001): Weiterentwicklung der naturschutzfachlichen Bewertungsgrundlagen und -methoden im Rahmen der Umweltrisikoeinschätzung (URE) – Teil Kompensationskosten Straße/Schienenwege. Schlußbericht (Entwurf). I. A. d. Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen – FE-Nr. 96.498/1999

Kurzfassung

Umweltorientierte Bewertung von Bundeswasserstraßenplanungen

Forschungsvorhaben im Auftrag des Umweltbundesamtes
– FKZ 298 85 106 –



Teilbericht Bewertungsmethoden

Ergänzende Methodenvorschläge für die Bewertung von
Vorhaben des Wasserstraßenausbaues im Rahmen der
Überarbeitung der Bundesverkehrswegeplanung 2002



PLANUNGSGRUPPE ÖKOLOGIE + UMWELT GMBH

Prof. Dr. H. Langer, Dr. G. Albert, Dipl.-Ing. A. Hoppenstedt
Kronenstr. 14, D-30161 Hannover Tel.: (0511) 348770, Fax: (0511) 313291
e-mail: info@planungsgruppe.de internet: www.planungsgruppe-hannover.de

Planungsgruppe Ökologie + Umwelt

Kronenstraße 14, 30161 Hannover

Bearbeitung: Dipl. Ing. D. Kraetzschmer

Hannover, im April 2001

Inhalt

1	Aufgabenstellung	1
2	Einführung	3
2.1	Überblick über Umweltauswirkungen von Binnenwasserstraßen	3
2.2	Berücksichtigung der Umweltfolgen des Wasserstraßenausbaus im Rahmen der Bundesverkehrswegeplanung	4
2.2.1	BVWP 1992	4
2.2.2	Aktuelle Vorschläge zur Weiterentwicklung der Bewertung von Ausbaumaßnahmen des Verkehrsträgers Wasserstraße im Rahmen der BVWP	6
2.2.2.1	Umweltfachliche Bewertung	6
2.2.2.2	Einbindung der raumbezogenen Umweltwirkungen in die gesamtwirtschaftliche Bewertung	7
2.2.3	Die aktuelle Fortschreibung des Bundesverkehrswegeplans	8
3	Einbeziehung hochrangiger Umweltziele am Beispiel der FFH-Gebiete	11
3.1	Hochrangige Umweltziele im Bereich von Flüssen	11
3.1.1	Bedeutung hochrangiger Umweltziele	11
3.1.2	Rechtliche Relevanz von FFH-Gebieten als hochrangige Umweltziele	12
3.2	Mögliche Konsequenzen eines Gewässerausbaus für FFH-Gebiete	13
3.3	Verfahrensvorschlag für eine FFH-Ersteinschätzung	14
4	Integration der raumbezogenen Umweltwirkungen des Wasserstraßenausbaus in die gesamtwirtschaftliche Bewertung des BVWP	19
4.1	Kanäle	19
4.2	Fließgewässerausbau	20
4.2.1	Voraussetzungen	20
4.2.2	Lokal begrenzte Eingriffe im Bereich des Flussschlauches	23
4.2.3	Großräumige Beeinträchtigungen des Gewässers	24
4.2.4	Verlust terrestrischer Standorte	26
4.2.5	Erhebliche Veränderung terrestrischer Standorte	30

5	Lärmbelastungen an Bundeswasserstraßen im Rahmen der Bundesverkehrswegeplanung	33
5.1	Problembeschreibung und Aufgabenstellung	33
5.2	Dimension und umweltfachliche Bedeutung der Lärmimmission an Bundeswasserstraßen	35
5.2.1	Relevante Lärmursachen	35
5.2.2	Wasserstraßenspezifische Lärmgrenz- bzw. Richtwerte	36
5.3	Lärmbelastung durch Wasserstraßen im Rahmen der Bundesverkehrswegeplanung	37
5.4	Auswertung von Fallbeispielen	39
5.5	Konsequenzen für die Gesamtwirtschaftliche Bewertung der BVWP	42
	Literatur	45
	Anlage 1: Grundlagen des Kompensationskostenansatzes	49
	Anlage 2: Berücksichtigung erheblicher Auswirkungen auf konkurrierende Nutzungen	55
	Anlage 3: Hinweise zur Weiterentwicklung des Planungsverfahrens zur Einbeziehung der Wasserstraßen in die Aufstellung umweltorientierter Fernverkehrskonzepte	57

Tabellen

Tab. 1:	Anwendung des Kompensationskostenansatzes für künstliche Wasserstraßen im Rahmen der Konzeption umweltorientierter Fernverkehrssysteme	20
Tab. 2:	Zusammenstellung der auf Landesebene verfügbaren Biotopkartierungen	28
Tab. 3:	Ziel-Schallpegelzuordnung für die raumbezogene Bewertung der Lärmimmission bei IWW et al.	38
Tab. 4:	Zielpegel nach Gebietskategorien bei JANSEN et al.	39
Tab. 5:	Individuelle Zahlungsbereitschaften, Lautheitsgewichte und Zahlungsbereitschaften je Lärm-Einwohner-Gleichwert	44

Abbildungen

Abb. 1:	Ablauf einer FFH – Ersteinschätzung für Ausbauvorhaben an Wasserstraßen im Rahmen der BVWP	18
Abb. 2:	Konzept einer monetären Bewertung von Eingriffen durch Bundeswasserstraßen im Rahmen der Bundesverkehrswegeplanung	20
Abb. 3:	Bildung und Umsetzung biotoptypbezogener Wiederherstellungskosten für eine monetäre Bewertung von Maßnahmen des BVWP (IWW u. a. 1999, S. 116, verändert)	29

1 Aufgabenstellung

Die *Bundesverkehrswegeplanung* (BVWP) stellt die Grundlage der Investitionsrahmenplanung zur Verkehrsinfrastruktur in Deutschland dar (Rahmenplan für die Finanzierung von Verkehrsinfrastrukturmaßnahmen). Auf der Grundlage der BVWP werden die Bedarfspläne für die verschiedenen Verkehrsträger entwickelt, die per Gesetz beschlossen werden. Neben den Straßen und den Schienenwegen in Bundeszuständigkeit sind dies die Bundeswasserstraßen. Wesentliche Bestandteile der Bewertungsmethodik waren die *gesamtwirtschaftliche Nutzen-Kosten-Analyse* der gemeldeten Vorhaben sowie die projektbezogene *Umweltrisikoeinschätzung* (URE).

Bundeswasserstraßen sind gemäß § 1 WaStrG¹ die Binnenwasserstraßen des Bundes, die dem allgemeinen Verkehr dienen, sowie die Seewasserstraßen. Die unter die Kategorie Binnenwasserstraßen fallenden Gewässer bzw. Wasserstraßen sind im einzelnen in der Anlage zu § 1 Abs. 1 Nr. 1 WaStrG aufgeführt. Ausgangspunkt für den im Folgenden vorgestellten Methodenvorschlag sind die derzeit erfolgenden Arbeiten zur Fortschreibung des Bundesverkehrswegeplanes vor dem Hintergrund der im Rahmen des letzten BVWP für die Bundeswasserstraßen festgestellten problematischen Vorgehensweise

- im Rahmen der *gesamtwirtschaftlichen Bewertung*, indem eine Übertragung von Bewertungsansätzen, die für den Verkehrsträger Straße entwickelt worden waren, auf den Verkehrsträger Wasserstraße erfolgte,
- im Rahmen der *Umweltrisikoeinschätzung*, die für Vorhaben im Bereich Wasserstraße fehlte.

Bezogen auf die ***gesamtwirtschaftliche Bewertung*** sind die Ergebnisse des Forschungsvorhabens 105 06 001: *Entwicklung eines Verfahrens zur Aufstellung umweltorientierter Fernverkehrskonzepte als Beitrag zur Bundesverkehrswegeplanung* (IWW et al. 1999) für die Bundeswasserstraßen von großer Bedeutung gewesen. Dieses Vorhaben hat zwei verschiedene Ansätze verfolgt:

1. Erarbeitung von Vorschlägen zur Modifikation der gesamtwirtschaftlichen Bewertung aus dem BVWP 1992
2. Entwicklung eines Verfahrens zur umweltorientierten Bewertung von Fernverkehrskonzepten als innovative Alternative zu dem bisherigen Verfahren.

Zielsetzung des Bearbeitungsschwerpunktes *Natur und Landschaft im unbesiedelten Bereich* war es, Grundlagen für eine differenzierte Einbeziehung des Strukturzieles „*Schonung von Natur und Landschaft*“ in eine monetäre Bewertung im Rahmen der Bundesverkehrswegeplanung zur Verfügung zu stellen, um die bisher fehlende oder stark pauschalisierte Einbeziehung der Kosten für Natur-

¹ Bundeswasserstraßengesetz (WaStrG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 23. August 1990 (BGBl. I S. 1818)

schutz und Landschaftspflege bei der monetären Bewertung von Infrastruktur- neu- bzw. -ausbaumaßnahmen zu verbessern.

Darüber hinaus ist im Verlauf der vorbereitenden Untersuchungen zur Fortschreibung des BVWP durch mehrere Arbeiten zur umweltfachlichen Bewertung von Ausbauvorhaben an Bundeswasserstraßen (BfG 1997, BOSCH + PARTNER 1999, BfG 2000) bereits die Sonderrolle klar geworden, die den Wasserstraßen bezüglich der **umweltfachlichen Bewertung** zukommt (Kap. 2).

Vor dem Hintergrund dieser Vorarbeiten verfolgte der Aufgabenschwerpunkt „**Methodenentwicklung**“ des Forschungsvorhabens **Umweltorientierte Bewertung von Bundeswasserstraßenplanungen** die generelle Zielsetzung, Beiträge zur Verbesserung der Einbeziehung von Umweltauswirkungen des Wasserstraßenbaus in die gesamtwirtschaftliche Bewertung der BVWP zu liefern.

Dabei wurden unterschiedliche Schwerpunkte verfolgt:

1. Von besonderer Bedeutung war die Frage, in welcher Weise eine adäquate Einbeziehung hochrangiger Umweltziele, insbesondere im Hinblick auf FFH-Gebiete bzw. das Netz der Natura 2000 Gebiete, erfolgen kann bzw. soll. So wurden Hinweise zur Berücksichtigung von hochrangigen Umweltzielen mit rechtlicher Bindungswirkung im Rahmen des Gesamtverfahrens erarbeitet (Kap. 3).
2. Entwicklung eines Verfahrens zur Berücksichtigung der raumbezogenen Umweltauswirkungen des Wasserstraßenbaus in die gesamtwirtschaftliche Bewertung der BVWP; es ist ein Ansatz zur Integration der durch Beanspruchungen von Natur und Landschaft entstehenden bzw. zu erwartenden Kosten in die gesamtwirtschaftliche Bewertung der Bundesverkehrswegeplanung konzipiert worden (Kap. 4). Das Bewertungsverfahren sollte einerseits der Vorgehensweise für die Verkehrsträger Straße und Schiene entsprechen, andererseits eine Anwendung in Kombination mit der vorgesehenen einzelfallbezogenen und vergleichsweise detaillierten umweltfachlichen Bewertung der Ausbaumaßnahmen an Bundeswasserstraßen erlauben. Zusätzlich ist eine beispielhafte Anwendung des Bewertungsmethodik an einem hypothetischen Fallbeispiel erfolgt, deren Ergebnisse bei den entwickelten Vorschlägen berücksichtigt wurden.
3. Ergänzend wurden Hinweise zur Bedeutung der Lärmemission bzw. -immission für die Gesamtwirtschaftliche Bewertung von Ausbaumaßnahmen an Bundeswasserstraßen erarbeitet; auch hier ist generell auf die erforderliche Vergleichbarkeit des Ansatzes im Hinblick auf die Verkehrsträger Straße und Schiene zu verweisen (Kap. 5).

2 Einführung

2.1 Überblick über Umweltauswirkungen von Binnenwasserstraßen

Die Binnenschifffahrt gilt allgemein als umweltfreundlichste Möglichkeit des Gütertransportes insbesondere im Fernverkehr für Massengüter. Dies gilt aber vor allem dann, wenn die durch den Betrieb – d. h. den Transportvorgang – bedingten Umweltauswirkungen, wie Energieverbrauch und Emission von Lärm und Schadstoffen betrachtet und mit den Effekten der Verkehrsträger Straße bzw. Schiene verglichen werden (vgl. KRAUSE 1995). Sollen verschiedene Verkehrsträger im Hinblick auf ihre Umweltwirkungen verglichen werden, so dürfen jedoch die durch die Anlage und Unterhaltung der Transportwege – hier also der Bundeswasserstraßen – bedingten Umweltauswirkungen nicht außer Acht gelassen werden. Gerade die anlagebedingten Umweltauswirkungen sind für die Beurteilung der Binnenschifffahrt von entscheidender Bedeutung.

Bei den Binnenwasserstraßen kann man zwischen künstlich angelegten Kanälen und natürlichen Fließgewässern unterscheiden. Daneben zählen zu den Binnenwasserstraßen auch Bereiche natürlicher Standgewässer (z. B. mecklenburgische Großseen). Diese Unterscheidung ist für die Beurteilung der Umweltauswirkungen von Bundeswasserstraßen, insbesondere im Hinblick auf anlagebedingte Wirkungen, maßgeblich.

Durch **Nutzung von Flusssystemen als Binnenwasserstraßen** erfolgt ein verändernder Eingriff in bestehende, hochdynamische natürliche Fließgewässer-Auen-Systeme. Die **Neuanlage bzw. der Ausbau von Kanälen** führt demgegenüber überwiegend zu Eingriffen in terrestrische Ökosysteme.

Fluss- und Auenlandschaft sind unter natürlichen Verhältnissen einerseits als Gesamtökosystem äußerst stabil, weisen aber andererseits im Kleineräumigen eine extreme Dynamik auf. Flussbett und Aue unterliegen den ständig wechselnden Einwirkungen durch die Dynamik des frei fließenden Flusses in Form von Erosion, Sedimentation und stark schwankendem Wasser- und Grundwasserstand.

Durch Bau, Anlage und Betrieb von Wasserstraßen werden vielfältige ökologische Konflikte verursacht. Durch eine Kombination einmaliger und unregelmäßig wiederkehrender Eingriffe im Rahmen baulicher Maßnahmen sowie auch der Unterhaltung von Binnenwasserstraßen (Baggerarbeiten, Geschiebeausgleich) und die gemeinsame Richtung ihres Zusammenwirkens wird die *Dynamik* der hydrologischen und morphologischen Verhältnisse dauerhaft und u. U. großräumig eingeschränkt. Dies resultiert aus dem *grundsätzlichen Gegensatz* zwischen der *Systemdynamik* als konstituierende Komponente des natürlichen Systems und einem *Erhalt der Fahrrinnenstabilität* als entscheidender Faktor der Schiffbarkeit.

Als wesentliche Wirkung des Ausbaus ist somit der *Dynamikverlust* anzusehen. Potentieller Wirkraum ist das Fließgewässer mit seiner Aue als Gesamtsystem.

Großräumige Wirkungen beziehen sich dabei auf oberhalb und unterhalb gelegene Flussabschnitte und deren Auen. Dies ist deshalb als besonders schwerwiegend anzusehen, weil die Binnenwasserstraßen an den großen Flusssystemen zusammen mit der Wasserkraftnutzung sowie der Eindeichung neben der Landwirtschaft und der Rohstoffgewinnung in der Aue einen entscheidenden Belastungsfaktor bilden (ARGE Weser 1996). Zudem sind die Möglichkeiten der Vermeidung von Beeinträchtigungen, die für den Straßenbau und, eingeschränkt auch für Schienenwege, in einer räumlichen Flexibilität der Trassierung liegen, bei Bindung an den Verlauf der Flüsse für Binnenwasserstraßen nicht gegeben.

Diese Beeinträchtigungen von natürlichen Funktionen haben auch Konsequenzen für bestimmte Nutzungsmöglichkeiten. So führt die bestehende *Konkurrenz* der Binnenschifffahrt zu den anderen Nutzungen von Fluss und Aue wie Fischereiwesen, Erholungsnutzung, Wassergewinnung, Land- und Forstwirtschaft dazu, dass der Ausbau eines Fließgewässers sich auf diese auswirken kann. Veränderungen der Systemeigenschaften können erhebliche und nachhaltige negative oder positive Folgewirkungen mit sich bringen.

Völlig anders ist die Situation, soweit ein **Neu- oder Ausbau von künstlichen Schifffahrtskanälen** (ohne Nutzung von Flusssystemen) erfolgen soll. Durch künstliche Wasserstraßen (Kanäle) sind *terrestrische Systeme* betroffen, die komplett durch technogene *ersetzt* werden. Die Inanspruchnahme terrestrischer Systeme durch den Kanalbau wird nicht generell vergleichbar schwerwiegend und durchgängig belastend angesehen wie ein Fließgewässerausbau, da dort im Vergleich zu Flusssystemen im Allgemeinen nicht durchgängig hoch bedeutsame Umweltbestandteile betroffen sind. Zudem ist i. d. R. zumindest in gewissen Grenzen eine Optimierung durch Wahl der Trassenlage möglich. Aufgrund dessen sind großräumige kumulative und sekundäre Effekte, Wechselwirkungen und Nutzungskonkurrenzen i. d. R. bei weitem nicht in dem für Flusssysteme zu besorgenden Ausmaß zu erwarten.

Allerdings ist derzeit davon auszugehen, dass ein Neubau von Kanälen aufgrund der damit verbundenen sehr hohen Kosten nur im Ausnahmefall geplant wird. Weitaus wahrscheinlicher ist der Eingriffsfall des Ausbaus vorhandener Kanäle.

2.2 Berücksichtigung der Umweltfolgen des Wasserstraßenausbaus im Rahmen der Bundesverkehrswegeplanung

2.2.1 BVWP 1992

Der *Aus- und Neubau von Bundeswasserstraßen* als Teilbereich verkehrlicher Infrastruktur folgt, ähnlich wie dies für die Verkehrsträger Straße bzw. Schiene der Fall ist, einem hierarchisch gestuften Planungsprozess, der die Ebenen der

Teilbericht Bewertungsmethoden

Bedarfsplanung, der Linienbestimmung (vielfach vorbereitet durch ein Raumordnungsverfahren) sowie der Planfeststellung umfasst. Die Linienbestimmung und die Planfeststellung sind durch die §§ 13 und 14 WaStrG gesetzlich geregelt, während die Bedarfsplanung fachplanungsrechtlich nicht abgesichert ist.

Die Entscheidung über den *verkehrlichen Bedarf* und die notwendigen Investitionen wird als oberste Planungsstufe verkehrsträgerübergreifend durch die *Bundesverkehrswegeplanung* (BVWP) vorbereitet. Die BVWP steckt vor allem den finanziellen Rahmen ab, befasst sich aber auch bereits mit groben Linienführungen und Zeithorizonten, bestimmt Dringlichkeitsstufen und Prioritäten und versucht, konkurrierende Belange oder Nutzungen grob auszutarieren.

Auswirkungen auf Natur und Landschaft wurden in der *Bundesverkehrswegeplanung 1992* für die Verkehrsträger Straße und Schiene bzw. Wasserstraße in unterschiedlicher Weise berücksichtigt. Zum einen erfolgte eine *Umweltrisikoeinschätzung* (URE), die für die Verkehrsträger *Straße und Schiene* eine dem Planungsmaßstab angemessene maßnahmenbezogene umweltfachliche Einschätzung der Auswirkungen auf Natur und Landschaft darstellt.

Für die Abschätzung der Folgewirkungen des *Bundeswasserstraßenausbaus* auf Natur und Landschaft gab es 1992 keine der Aussageschärfe für die Verkehrsträger Straße und Schiene vergleichbare Bewertung (vgl. PÖU 1996). Um so weniger wurde der oben angesprochene wasserstraßenspezifische Wirkungskomplex ausreichend berücksichtigt.

Darüber hinaus wurden innerhalb der *gesamtwirtschaftlichen Kosten-Nutzen-Rechnung* Lärm, Schadstoffemission sowie Trennwirkung (innerorts) als Umweltaspekte einbezogen (BMV 1993). Deren Beurteilung erfolgte – auch für die Wasserstraßen – über monetäre Wertansätze innerhalb einer Kosten-Nutzen-Analyse. Aufgrund der Unterschiede in den Wirkungsspektren zwischen Straßen und Wasserstraßen führt eine Anwendung dieser Ansätze für Binnenwasserstraßen nicht zu sinnvollen Ergebnissen. Die Einbeziehung von außerörtlichen Effekten auf Natur und Landschaft bestand für alle Verkehrsträger darin, dass Kosten für erforderlich werdende Ausgleichsmaßnahmen („*Maßnahmen für Natur und Landschaft*“) bereits in pauschaler Form in den berechneten Investitionskosten berücksichtigt waren.

Angesichts der geschilderten Eigenschaften der Flusssysteme einerseits sowie der Eingriffscharakteristik andererseits wird deutlich, dass die für Straßen bzw. Schienenwege angewendete Vorgehensweise nicht ohne erhebliche Modifikationen auf Wasserstraßen übertragbar ist. Von besonderer Bedeutung für eine Bewertung sind die Wechsel- und Folgewirkungen teilweise großräumigen und langfristigen Charakters innerhalb des Fluss-Aue-Gesamtsystems sowie die Nutzungskonkurrenzen und daraus resultierenden kumulativen Auswirkungen auf das Gesamtsystem Fluss-Aue. Eine sowohl räumlich als auch sachlich auf Teilaspekte begrenzte Herangehensweise wird diesen Verhältnissen nicht gerecht und kann zu schwerwiegenden Fehleinschätzungen führen.

2.2.2 Aktuelle Vorschläge zur Weiterentwicklung der Bewertung von Ausbaumaßnahmen des Verkehrsträgers Wasserstraße im Rahmen der BVWP

2.2.2.1 Umweltfachliche Bewertung

In den Jahren 1995/96 ist für die Binnenwasserstraßenprojekte der BVWP 92 eine formalisierte ökologische Risikoeinschätzung durch die Bundesanstalt für Gewässerkunde erfolgt, deren wesentliches Ziel es war, mittels einer groben Plausibilitätskontrolle Abwägungsprobleme bei widerstrebenden ökologischen Belangen erkennen zu können und ggf. in diesem Sinne konfliktträchtige Projekte bereits frühzeitig zu identifizieren (BfG 1997)¹. Die Beurteilung ist für 26 Ausbauprojekte erfolgt und steht im Zusammenhang mit dem seinerzeit geplanten Ausbaugesetz für die Bundeswasserstraßen. Sie ist in Anlehnung an die für den Verkehrsträger Straße im Zuge der BVWP 1992 durchgeführten *Umweltrisikoeinschätzung* (URE) sowie die einschlägigen Vorschriften der Wasserstraßenverwaltung zur UVS bei Ausbaumaßnahmen von Wasserstraßen erfolgt und wurde als *Ökologische Risikoeinschätzung* bezeichnet.

Darauf folgend ist zwischen der Bundesanstalt für Gewässerkunde und dem Bundesamt für Naturschutz ein umfassender Abstimmungsprozess zur methodischen Herangehensweise für die umweltfachliche Beurteilung der Bundeswasserstraßenprojekte erfolgt, in dessen Verlauf zunächst eine gemeinsame Stellungnahme beider Institutionen zu Projekten des Bedarfsplanentwurfes für den Ausbau von Bundeswasserstraßen erarbeitet wurde (BfG, BfN 1997). Im Weiteren wurden verschiedene, der Methodenentwicklung bzw. -evaluation dienende Arbeiten durchgeführt bzw. in Auftrag gegeben:

- Im Auftrag des Bundesamtes für Naturschutz wurde ein Verfahren entwickelt und getestet, mit der Zielsetzung, neue und erweiterte Kriterien für die umweltfachliche Beurteilung der Auswirkungen des Neu- und Ausbaus von Bundeswasserstraßen auf der Planungsebene des Bundesverkehrswegeplans zu erarbeiten (*Beurteilungskriterien für die Auswirkungen des Bundeswasserstraßenbaus auf Natur und Landschaft*, BfN / AG BOSCH + PARTNER 1999). Dabei wurde ein Ansatz verfolgt, der die Elemente der Systemdynamik in den Mittelpunkt der Betrachtung rückt. Das Verfahren wurde zwischenzeitlich am Beispiel der (hypothetischen) Ausbaus des Dortmund-Ems-Kanals (Nordstrecke) getestet (BOSCH + PARTNER 2000).
- Weiterhin sind in diesem Zusammenhang die aktuellen Untersuchungen der Bundesanstalt für Gewässerkunde zur Entwicklung einer Methode für die Bewertung der Umweltfolgen für den Verkehrsträger Binnenschifffahrt im Rahmen der BVWP relevant. Ein methodischer Vorschlag wurde entwickelt und an einem Fallbeispiel (*hypothetischer Ausbau der Nordstrecke des Dortmund-Ems-Kanals*) getestet (BfG 2000).

¹ Das Bundesamt für Naturschutz sah hierin eine zu starke Vereinfachung. Die Bewertung ökologischer Verhältnisse sollte seiner Auffassung nach stark einzelfallbezogen durchgeführt werden (BfN & BfG 1997).

Inzwischen haben beide Institutionen einen gemeinsamen Vorschlag für die Vorgehensweise einer „Ökologischen Risikoeinschätzung“ entwickelt. Dieser Vorschlag wurde hinsichtlich genereller methodischer Fragen (Begrifflichkeiten, Bewertungsablauf, Wertstufen) mit der Vorgehensweise für die Verkehrsträger Straße und Schiene abgestimmt:

- Die Bewertung erfolgt in einem modifizierten schutzgutbezogenen Verfahren für die Aspekte Hydrologie, Wasserbeschaffenheit und Stoffhaushalt, Gewässermorphologie, Grundwasser, Boden, Sedimente, Vegetation, Fauna und Landschaft (bzw. Landschaftsbild).
- Wesentliche methodische Schritte sind die allgemeine Beschreibung des betroffenen Raumes, des Ist-Zustandes der jeweils bewerteten Aspekte, der Raumempfindlichkeit, der Auswirkungen des Vorhabens, des Konfliktpotentials, ergänzt um Hinweise für die weitere Planung und schließlich der Gesamteinstufung.

Darüber hinaus sind unterschiedliche Materialien zur Durchführung von Umweltverträglichkeitsuntersuchungen an Bundeswasserstraßen zu nennen, die sich zwar auf nachgeordnete Planungsstufen beziehen, dennoch aufgrund der Beziehungen und Rückkopplungen innerhalb des Planungsprozesses auch für methodische Entwicklungen auf der BVWP-Ebene nicht außer acht gelassen werden sollten (z. B. BfG 1996 und 2000 (b), DVWK (1996)).

2.2.2.2 Einbindung der raumbezogenen Umweltwirkungen in die gesamtwirtschaftliche Bewertung

Von besonderer Bedeutung für dieses Vorhaben waren die Ergebnisse bzw. Defizite des UBA-Forschungsvorhabens 105 06 001: *Entwicklung eines Verfahrens zur Aufstellung umweltorientierter Fernverkehrskonzepte als Beitrag zur Bundesverkehrswegeplanung* (IWW 1999). Zielsetzung des Bearbeitungsschwerpunktes *Natur und Landschaft im unbesiedelten Bereich* war es, Grundlagen für eine differenzierte Einbeziehung des *umweltfachlichen Strukturzieles* „Schonung von Natur und Landschaft“ zu erarbeiten und für die monetäre Bewertung der Bundesverkehrswegeplanung zur Verfügung zu stellen.

Die bei IWW et al. (1999) vorgeschlagene Konzeption einer verkehrsträgerübergreifenden vergleichbaren Einbeziehung dieses Strukturzieles ist in der Anlage zu diesem Bericht dargestellt. Die Konzeption wurde für die Bewertung von Einzelvorhaben der Verkehrsträger *Straße und Schiene* sowie die Beurteilung *künstlicher Wasserstraßen* detailliert. Die zugrundeliegende umweltfachliche Bewertung dieser Infrastrukturvorhaben ist auf den Übersichtsmaßstab von ca. 1:100.000 ausgerichtet. Nähere Erläuterungen dazu sind in Kapitel 4.1 enthalten. Eine aus diesem Ansatz abgeleitete Vorgehensweise wurde mittlerweile vom BMVBW für die Verkehrsträger Straße und Schiene konkretisiert (PÖU 2001).

Für die Wasserstraßen insgesamt stellt sich die Situation damit folgendermaßen dar:

- Für den **Neu- oder Ausbau von künstlichen Schifffahrtskanälen** konnte im Prinzip bereits eine anwendbare Vorgehensweise für die Einbeziehung in die Gesamtwirtschaftliche Bewertung entwickelt werden, vergleichbar dem Ansatz für Neubauvorhaben von Straßen und Schienenwegen.
- Für die **Nutzung von Flusssystemen als Bundeswasserstraßen** ergaben sich zwar erste Ansätze einer Ableitung von monetären Werten zur Berücksichtigung von Natur und Landschaft, ohne dass jedoch die Anwendbarkeit und Plausibilität der Vorschläge getestet werden konnte. Unter anderem wurde eine im Vergleich zum Verkehrsträger Straße und Schiene detailliertere umweltfachliche Datenbasis gefordert.
- Für beide Vorhabentypen ist dabei auf die für Wasserstraßen vorgesehene stärker einzelfallbezogene Ausrichtung der umweltfachlichen Untersuchungen im Rahmen des BVWP zu verweisen. Die Ergebnisse der parallel laufenden diesbezüglichen Arbeiten und Abstimmungen von BfG und BfN konnten jedoch noch nicht in die Bearbeitung einbezogen werden.
- Darüber hinaus sind grundlegende Überlegungen zur **Einbeziehung der Wasserstraßen in die Aufstellung umweltorientierter Fernverkehrskonzepte** erfolgt.

2.2.3 Die aktuelle Fortschreibung des Bundesverkehrswegeplans

Die derzeit erfolgende Überarbeitung des BVWP berücksichtigt die Rahmenziele einer integrierten Verkehrspolitik deutlicher und betont damit auch die Bedeutung des Schutzes der Umwelt mehr, als dies noch 1992 der Fall war.

Als Grundlage für die verkehrliche Entwicklungsprognose wird neben einem *Trend-Szenario „Laisser-faire“* und einem sogenannten *„Überforderungsszenario“*, bei dem die (Nutzer)-Kosten von Straße und Luftverkehr relativ stark erhöht sind, ein Entwicklungsszenario *„Integrierte Verkehrspolitik“* definiert. Zu den Rahmenzielen des Integrationsszenarios gehören z. B. die Verlagerung des Verkehrs auf Schiene und Wasserstraße, die Reduktion des Energieverbrauches, damit verbunden auch die Einhaltung von Zielen des auf internationalen Vereinbarungen beruhenden Klimaschutzes (CO₂-Reduktion usw.; vgl. BMVBW 2000)

Das Projektbewertungsverfahren der Bundesverkehrswegeplanung 1992 wird insgesamt überarbeitet und modernisiert. Bezogen auf die umweltrelevanten Beiträge bedeutet dies:

- Die gesamtwirtschaftliche Nutzen-Kosten-Analyse wird umweltseitig z. B. bei der Quantifizierung der nutzenbeeinträchtigenden Immissionen, der Berücksichtigung von Klimagasemissionen und der Einbeziehung der außerörtlichen raumbezogenen Umweltwirkungen erweitert.
- Die projektbezogene Umweltrisikoeinschätzung (URE), die das Projektbewertungsverfahren des BVWP um die qualitative Beurteilung raumbezogener Umweltrisiken und -konflikte ergänzt, wird nunmehr für alle Verkehrsträger

Teilbericht Bewertungsmethoden

durchgeführt und erfolgt für die Verkehrsträger Straße und Schiene auf einer vereinheitlichten raumbezogenen Datenbasis unter weitgehender Verwendung EDV-gestützter Datenverarbeitung (GIS). Für die Wasserstraßen ist bei einer vergleichbaren Methodik eine stärker detaillierte und stärker am Einzelfall orientierte Vorgehensweise vorgesehen (BfG 2000).

3 Einbeziehung hochrangiger Umweltziele am Beispiel der FFH-Gebiete

3.1 Hochrangige Umweltziele im Bereich von Flüssen

3.1.1 Bedeutung hochrangiger Umweltziele

Für die Nutzung *bzw. den Ausbau von Flusssystemen* als Bundeswasserstraßen ist im Rahmen der Voruntersuchungen zur BVWP eine vergleichsweise differenzierte Betrachtung der vorhandenen raumbezogenen Umweltziele angebracht und auch vorgesehen. Dies resultiert aus der grundsätzlichen *Nutzungskonkurrenz* zwischen einem *Erhalt der Systemdynamik* als wesentliche und konstituierende Komponente des natürlichen Systems und der *Fahrrinnenstabilität* – d. h. *Einschränkung der Systemdynamik* als entscheidender Faktor der Schiffbarkeit. In diesem Zusammenhang ist die Frage zu stellen, ob und inwieweit hochrangige Umweltziele angemessen berücksichtigt werden können bzw. zu berücksichtigen sind.

Natürliche bzw. naturnahe Flusssysteme sind regelmäßig von hervorragender ökologischer Bedeutung. Dies findet seinen Ausdruck auch in einschlägigen fachrechtlichen oder -planerischen Zielbestimmungen oder Schutzausweisungen. Viele Lebensräume und Arten, die z. B. in Anhang I und II der FFH-Richtlinie genannt sind, sind häufig in natürlichen bzw. naturnahen Flusssystemen anzutreffen (z. B. Auen- und Hartholzauenwälder, Flüsse der planaren Stufe mit bestimmten Vegetationsformen oder mit Schlammbänken, Wasserpflanzen wie der Schierlingswasserfenchel, Tierarten, insbesondere Fische, Amphibien, Käfer, Weichtiere). Aufgrund solcher Vorkommen begründen sich im Bereich von Flüssen die nach der FFH-Richtlinie vorgeschlagenen Gebiete für das europäische ökologische Netz „Natura 2000“. Zu diesem Netz gehören auch die Europäischen Vogelschutzgebiete, die sich ebenfalls häufig im Bereich der Flüsse befinden.

Rechtliche Relevanz

Um derartige Fragen, bezogen auf die Nutzung und den Ausbau von Flusssystemen als Wasserstraßen, einer angemessen differenzierten Betrachtung auf der Ebene der BVWP zu unterziehen, ist eine Übersicht über die unterschiedlichen raumbezogenen Schutzgebietsausweisungen erforderlich. Entscheidend ist die *reale rechtliche Relevanz* der betroffenen Gebietskategorien; naturgemäß kommt Ausweisungen mit internationalem bzw. nationalem Charakter¹ eine besondere Bedeutung zu.

¹ Neben FFH- und IBA-Gebieten sind Nationalparks und Naturschutzgebiete als nationale Gebietskategorie sowie Biosphärenreservate als internationale Gebietskategorie von besonderer Bedeutung.

Fachliche Relevanz

Auf der anderen Seite sind fachwissenschaftlich begründete Vorstellungen zum Leitbild der Gewässerentwicklung für die jeweils betroffenen Flüsse von großer Bedeutung. Diese Leitbilder werden im Rahmen von umfassenden fachlichen und interdisziplinären Diskussionen und Abstimmungen, teils auch in den relevanten internationalen Kommissionen, entwickelt. Da sich hierin nicht nur der derzeitige Zustand des Gewässers, sondern auch das vorhandene Entwicklungspotential widerspiegelt, können die Leitbilder jeweils als Hintergrund nicht nur für die eigentliche umweltfachliche Bewertung, sondern auch für die Beurteilung der Relevanz hochrangiger Umweltziele verwendet werden. Dies umso mehr nach den infolge der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie erfolgenden Änderungen des Wasserrechts.

3.1.2 Rechtliche Relevanz von FFH-Gebieten als hochrangige Umweltziele

Als hochrangige Umweltziele sind insbesondere die FFH-Gebiete hervorzuheben. Für diese Gebiete werden aufgrund des geltenden Rechts erhöhte Anforderungen an die Gewährleistung der festgelegten Erhaltungsziele gestellt (FFH-Verträglichkeitsprüfung gem. § 19c BNatSchG). Dem Schutz der Gebiete für das Netz „Natura 2000“ kommt nicht nur in gemeinschaftsrechtlicher Hinsicht, sondern auch aus nationaler Sicht eine herausragende Bedeutung zu. Anders als bundes- oder landesrechtlich begründete Schutzgebietsausweisungen stehen Eingriffe in „Natura 2000“-Gebiete unter einem besonderen Vorbehalt.

Die mögliche Beeinträchtigung eines „Natura 2000“-Gebietes erfordert eine spezielle Prüfung, die FFH-Verträglichkeitsprüfung nach Art. 6 Abs. 3 FFH-Richtlinie bzw. § 19c Abs. 1 BNatSchG. Können erhebliche Beeinträchtigungen nicht vermieden werden, ist das Vorhaben unzulässig und nur unter bestimmten, restriktiv auszulegenden Voraussetzungen und Bedingungen (insbes. Alternativenprüfung und zwingende Gründe) möglich (Art. 6 Abs. 4 FFH-Richtlinie bzw. § 19c Abs. 2 bis 5 BNatSchG). Die Prüfung nach § 19c BNatSchG zielt damit vor allem darauf ab, „Natura 2000“-Gebiete vor möglichen Beeinträchtigungen bestmöglich zu schützen und den Zusammenhang des ökologischen Netzes „Natura 2000“ durch geeignete Maßnahmen sicherzustellen.

Ein z. B. beim Ausbau eines bestehenden Gewässers entstehender Konflikt mit den Erhaltungszielen eines „Natura 2000“-Gebietes und die damit verbundenen Rechtsfolgen sind bereits auf der Ebene der BVWP zu erkennen. Die Beeinträchtigungen der Erhaltungsziele des „Natura 2000“-Gebiet können sich im späteren Zulassungsverfahren als entscheidender Versagungsgrund erweisen. Die frühzeitige Feststellung und Bewertung des Konflikts auf der Ebene der BVWP ist daher sinnvoll (vgl. BVerwG, NuR 1997, S. 441, 444).

Darüber hinaus sind die Festlegungen zum Geltungsbereich in § 19a BNatSchG anzuführen. Demnach ist eine FFH-Verträglichkeitsprüfung erforderlich für „*Pläne und Entscheidungen im vorgelagerten Verfahren, die bei behördlichen Entschei-*

dungen zu beachten oder zu berücksichtigen sind, soweit sie (...) geeignet sind, ein Gebiet von gemeinschaftlicher Bedeutung oder ein europäisches Vogelschutzgebiet erheblich zu beeinträchtigen (...)“.

3.2 Mögliche Konsequenzen eines Gewässerausbaus für FFH-Gebiete

Auswirkungen

Aufgrund des variablen Eingriffscharakters eines Wasserstraßenausbaus ist die Lage einer vorgesehenen Ausbaumaßnahme innerhalb eines FFH-Gebietes nicht generell als erhebliche Beeinträchtigung der Schutzziele zu werten.

Die Frage, ob und inwieweit der jeweilige Schutzzweck durch eine vorgesehene Maßnahme tangiert, beeinträchtigt bzw. in Frage gestellt wird, kann jedoch nur auf der Grundlage umweltfachlicher Prognosen über die voraussichtlichen Auswirkungen möglicher Vorhabensvarianten auf das Fließgewässersystem beantwortet werden, sofern durch einen (weiteren) Ausbau im jeweiligen Abschnitt die Erhaltungsziele bzw. die spezifische Empfindlichkeit beeinträchtigt werden können. Unterscheidbar sind folgende Fälle:

- Anwendung der FFH-Verträglichkeitsprüfung, wenn im Bereich des Flusses bzw. seiner Aue vorhandene nationale oder internationale Schutzgebietsausweisungen den Erhalt des Flusses bzw. seiner Auenlandschaft in ihrer natürlichen Dynamik fordern (als *prioritäre Umweltziele* sind besonders die Schutzziele von FFH-Gebieten anzusehen) Es bestehen praktisch keine Möglichkeiten, diese Gebiete (großräumig) zu umgehen. Eine Prüfung von Alternativen wird sich, soweit räumliche Alternativen nicht in Betracht kommen, auf baulich-technische Alternativen bzw. weitgehende Vermeidung baulicher Maßnahmen beziehen müssen.
- Gebietsausweisungen, deren Schutzzweck einschränkend auf Lage bzw. Intensität möglicher Ausbaumaßnahmen wirkt, aber keinen generell ausschließenden Charakter für einen weiteren Ausbau im jeweiligen Abschnitt bedingt, soweit mit hinreichender Wahrscheinlichkeit Auswirkungen auf den Schutzzweck nicht auftreten oder durch geeignete Maßnahmen vermieden werden können.
- Gebietsausweisungen, deren Schutzzweck sich nicht einschränkend auf Lage bzw. Intensität möglicher Ausbaumaßnahmen auswirkt.

Die Frage, inwieweit relevante Auswirkungen auf Gebiete, die im Zusammenhang des Flusssystems unterhalb bzw. oberhalb des Eingriffes gelegen sind (großräumige Wirkungsverlagerungen), verursacht werden, darf nicht vernachlässigt werden.

Rechtliche Konsequenzen

Ist *absehbar*, dass trotz Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen Beeinträchtigungen auch bei detaillierterer Prüfung in nachfolgenden Verfahren nicht vollständig vermieden werden können, so ist eine Alternativenprüfung entsprechend § 19c Abs. 3 Nr. 2 BNatSchG angebracht. Nur auf der Ebene der BVWP ist das Spektrum möglicher alternativer Lösungen noch uneingeschränkt verfügbar. So ordnen auch SIEBER und WILDENHAHN (2000) die konzeptionellen Alternativen zum Vorhaben selbst, also beispielsweise Verlagerung auf ein anderes Verkehrsmittel, der Bedarfsplanung zu.

Die Bandbreite der möglichen Wirkungen, zusammen mit den daraus besonders im Fall der FFH-Gebiete erwachsenden rechtlichen Konsequenzen, lässt es sinnvoll erscheinen, diesem Bereich bereits auf der Planungsstufe der BVWP erhöhte Aufmerksamkeit zu widmen.

Die aktuelle Praxis der FFH-Prüfung auch auf nachfolgenden Ebenen zeigt jedoch, dass ohne Vor-Ort-Untersuchungen zur Lokalisierung der für die Erhaltungsziele maßgeblichen Bestandteile keine sicheren Aussagen getroffen werden können. Daher kann eine Berücksichtigung lediglich den Charakter einer Vorprüfung bzw. Ersteinschätzung, nicht bereits den einer umfassenden FFH-Verträglichkeitsprüfung tragen. Eine solche Ersteinschätzung wird nachfolgend dargestellt.

3.3 Verfahrensvorschlag für eine FFH-Ersteinschätzung

FFH-Ersteinschätzung

Eine wesentliche Aufgabe der *Verträglichkeitsprüfung nach FFH-Richtlinie* besteht darin, unnötige Beeinträchtigungen der FFH-Gebiete zu verhindern. Kann dies nicht erreicht werden, besteht die Verpflichtung zur Alternativenprüfung im Sinne des Nachweises, dass keine FFH-verträglicheren Alternativen möglich sind. Um das in der FFH-Verträglichkeitsprüfung verankerte Vermeidungsprinzip und die Pflicht zum Nachweis der Unvermeidbarkeit von Beeinträchtigungen optimal umzusetzen, ist es für Vorhaben des Wasserstraßenausbaus sinnvoll, bereits auf der Ebene der BVWP einen *Grobcheck im Vorfeld einer ausführlichen Verträglichkeitsprüfung*, wie sie für die Wasserstraßen z. B. PFLUME, P. et al. (2000) beschreiben, durchzuführen. Eine derartige Ersteinschätzung (vgl. Abb. 1) kann mit vertretbarem Aufwand erfolgen, da für die umweltbezogene Beurteilung der Maßnahmen des Verkehrsträgers Wasserstraße vergleichsweise detaillierte Planungsgrundlagen verfügbar sind (vgl. BfG 2000).

Aufgrund der einheitlichen Informationserfassung zu den „Natura 2000“-Gebieten für die Ausweisung bzw. Meldung in Form der Standarddatenbögen, aus denen

Teilbericht Bewertungsmethoden

zumindest die der Gebietsauswahl zugrunde gelegten wertbestimmenden Lebensräume und Arten hervorgehen, und der im Vormarsch begriffenen Formulierung von gebietsbezogenen Zielsetzungen (Erhaltungsziele i. S. d. § 19a Abs. 2 Nr. 7 BNatSchG), liegen auch auf der Seite der gegebenenfalls betroffenen Gebiete relativ gute und im Hinblick auf eine generelle Berücksichtigung hochrangiger Umweltziele detaillierte Grundlagen vor. Damit kann zugleich ein einheitliches Vorgehen bei der Beurteilung gewährleistet werden. Folgende Schwerpunkte ergeben sich (Abb. 1):

1. Vor dem Beginn der eigentlichen Ersteinschätzung steht die Überprüfung, ob in dem relevanten Untersuchungsraum FFH – Vorschlagsgebiete bzw. EU – Vogelschutzgebiete vorhanden sind. Ist dies der Fall, so ist als erster Schritt die räumliche Lage der Gebiete festzustellen und eine Auswertung der Standard- Datenbögen im Hinblick auf relevante Bestandteile und Schutzziele der Gebiete durchzuführen.
2. In Abhängigkeit der jeweils vorgesehenen Planung, insbesondere der Art des Ausbaus und der damit prinzipiell verbundenen Wirkungen, ist sich im Rahmen einer überschlägigen Abschätzung zu beurteilen, ob das Vorhaben mit den gebietsspezifisch anzulegenden Zielsetzungen voraussichtlich verträglich oder unverträglich sein würde, ob also erhebliche Beeinträchtigungen eines Gebietes in seinen für die Erhaltungsziele maßgeblichen Bestandteilen wahrscheinlich oder möglich sind, oder als wenig wahrscheinlich angesehen werden können. Im letzteren Fall kann die Ersteinschätzung beendet werden. Eine detaillierte Prüfung kann und soll dann ggf. im Rahmen der nachfolgenden Planung erfolgen
3. Werden erhebliche Beeinträchtigungen erwartet, so wird zusätzlich eine hierauf bezogene Beurteilung der Auswirkungen möglicher Vermeidungs- oder Minderungsmaßnahmen vorgeschlagen. Aufgrund der vergleichsweise detaillierten Planungsgrundlagen werden sich in diesem Zusammenhang auch Aussagen treffen lassen, ob bestimmte Vermeidungs- oder Verminderungsmaßnahmen grundsätzlich möglich sind oder nicht in Frage kommen.

Gebietsvorschlag Nr.			
Relevante Bestandteile (Lebensraumtypen, FFH-Arten)	Erhaltungsziele	Mögliche Beeinträchtigungen	Mögliche Vermeidungs- oder Verminderungsmaßnahmen

4. Basierend auf den möglichen Maßnahmen sollte eine Alternativenprüfung erfolgen, um der Frage nachzugehen, ob zumutbare Alternativen ohne oder mit möglicherweise geringen Beeinträchtigungen von „Natura 2000“-Gebieten möglich sind. In diesem Fall wäre eine zumutbare Alternative in die BVWP einzustellen und der Bedarfsplanung zugrunde zu legen. Dabei könnte es möglicherweise notwendig sein, dass die ursprünglichen Planungsziele und Eckwerte der Planung modifiziert bzw. angepasst werden¹. In diesem Fall wä-

¹ Insoweit darf der Begriff des gemäß § 19c Abs. 2 Nr. 2 BNatSchG „mit dem Projekt verfolgten Zwecks“ nicht zu eng ausgelegt werden (vgl. BECKMANN/LAMBRECHT 2000, S. 7).

re die FFH – Ersteinschätzung beendet. Eine detaillierte FFH – Verträglichkeitsprüfung wäre auch in diesem Fall auf der nachfolgenden Planungsebene erforderlich.

Auch bei möglicherweise zu erwartender indirekter Betroffenheit von FFH-Gebieten sollte hinsichtlich einer umfassenden FFH - Verträglichkeitsprüfung auf die nachfolgenden Planungsstufen abgestellt werden.

5. Soll ein Projekt trotz einer auch bei Einbeziehung von Vermeidungsmaßnahmen absehbaren erheblichen Beeinträchtigung weiterverfolgt werden, so ist die Einstufung im Rahmen der BVWP aufgrund der für eine endgültige Entscheidung nicht ausreichenden Datenbasis bezüglich der FFH-Problematik mit einem generellen Vorbehalt zu versehen.

In diesem Fall ist der Nachweis erforderlich, dass keine FFH-verträgliche Alternative möglich ist. Diese Verpflichtung erfordert auf der Ebene der BVWP möglicherweise eine verkehrsträgerübergreifende Betrachtung von Alternativen. Kann dieser Nachweis erbracht werden, so ist der Frage nachzugehen, ob zwingende Gründe des überwiegenden öffentlichen Interesses aus dem Katalog in § 19c Abs. 3 und 4 BNatSchG vorgebracht werden können. Hier ließe sich allenfalls klären, ob derartige Gründe vorhanden sind¹.

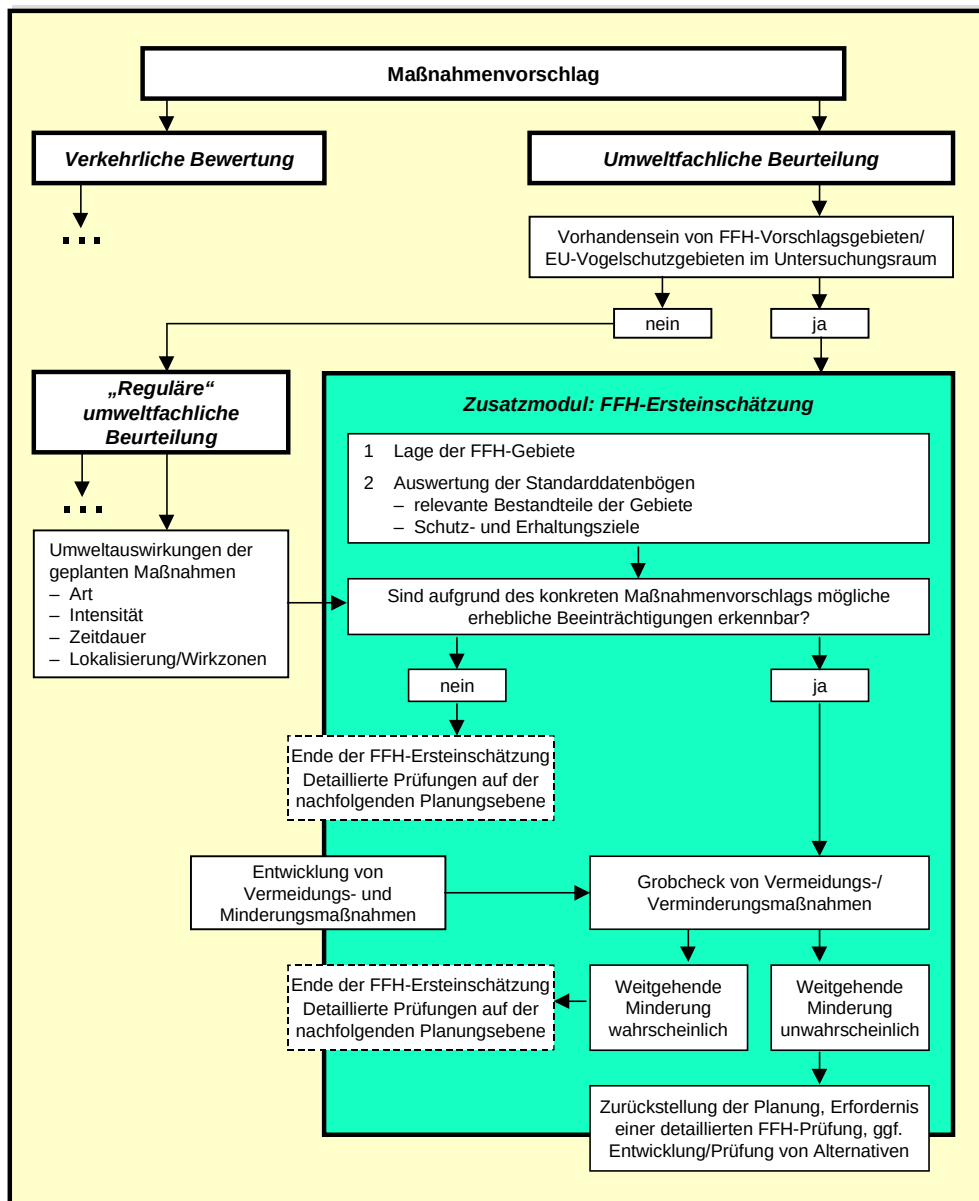
Beide Fragen sind, weil vom Umfang der nicht endgültig feststellbaren unvermeidbaren Beeinträchtigungen abhängig², ohne eine detaillierte FFH – Verträglichkeitsprüfung auf der Basis einer ebenfalls detaillierten Planung nicht endgültig zu beantworten.

Daher wird empfohlen, in diesen Fällen eine Rückstellung des Projektes bis zur Durchführung einer umfassenden FFH - Verträglichkeitsprüfung vorzunehmen.

¹ Das im Rahmen des Ausnahmeverfahrens zu berücksichtigende öffentliche Interesse an einem Verkehrsprojekt spiegelt sich wider in seinem Nutzen. Dessen Höhe wird im Rahmen der BVWP bezogen auf den ökonomischen Nutzen innerhalb der Kosten-Nutzen-Analyse (KNA) monetär bewertet, so dass das ermittelte Nutzen-Kosten-Verhältnis als Indikator für eine Beurteilung des „öffentlichen Interesses“ herangezogen werden könnte (vgl. TU BERLIN - INSTITUT FÜR MANAGEMENT IN DER UMWELTPLANUNG, 2000). Ergänzend dazu sind ggf. die innerhalb der KNA nicht berücksichtigten Belange heranzuziehen.

² Die Art der anzuerkennenden Ausnahmegründe für die Genehmigung eines Plans hängt z. B. davon ab, ob in den betroffenen NATURA 2000-Gebieten prioritäre Arten oder Lebensgemeinschaften vorkommen.

Abb. 1: Ablauf einer FFH – Ersteinschätzung für Ausbauvorhaben an Wasserstraßen im Rahmen der BVWP



Andere Schutzziele

Darüber hinaus wäre aus fachlicher Sicht gleichfalls zu prüfen, inwieweit die Planung eine Beeinträchtigung für andere festgelegte Umweltqualitätsziele mit sich bringen könnte, auch wenn diese nicht die rechtliche Wirkungen der Natura 2000 Gebiete haben.

Bei Schutzgebietsausweisungen oder umwelt- bzw. naturschutzfachlichen Planungen von ähnlicher Bedeutung (z. B. Gebiete von gesamtstaatlich-repräsentativer Bedeutung, IBA-Gebiete, Nationalparke) ließe sich eine Beurteilung der Verträglichkeit mit den jeweiligen Zielsetzungen für solche Gebiete in ähnlicher Weise und Beurteilungstiefe wie vorstehend für die „Natura 2000“-Gebiete skizziert vornehmen. Die rechtlichen Anforderungen an die Berücksichtigung in der Planungsentscheidung bzw. Bedarfsfeststellung sind allerdings nicht in einer strikten Weise wie bei der Betroffenheit von „Natura 2000“-Gebieten zu sehen, sondern lediglich in einer dem Gewicht des betroffenen Belangs angemessenen Form. Bei sehr schwerwiegenden Konflikten in empfindlichen Gebieten sollte dies aber vergleichbare Konsequenzen bezüglich der Prüfung und Berücksichtigung von Alternativen ohne oder mit geringeren Beeinträchtigungen bedeuten.

Aus Aufwandsgründen wird hier für die aktuelle Fortschreibung der Bundesverkehrswegeplanung zunächst eine Beschränkung auf die FFH-Schutzziele vorgeschlagen.

4 Integration der raumbezogenen Umweltwirkungen des Wasserstraßenausbaus in die gesamtwirtschaftliche Bewertung des BVWP

4.1 Kanäle

Beim Neu- oder Ausbau einer künstlichen Wasserstraße (Kanal) werden in aller Regel terrestrische Standorte in Anspruch genommen und überformt. Im Ergebnis entstehen die Wasserflächen des eigentlichen Schifffahrtsweges mit den dazugehörigen baulichen Maßnahmen zur Sicherung des Untergrundes, technisch gestaltete Ufer und sonstige Nebenanlagen, sowie Böschungen und Einschnitte.

Aufgrund dieser spezifischen Eingriffscharakteristik kann die Vorgehensweise, wie sie für die Verkehrsträger Straße/Schiene vorgeschlagen wurde, für die terrestrischen Flächen generell übernommen werden. Die Ermittlung von Kompensationskosten muss im Detail jedoch modifiziert werden. Sowohl die Wasserflächen als auch Böschungen und damit bis auf die versiegelten Nebenanlagen alle Teile des Verkehrsweges entwickeln nach Fertigstellung wieder eine gewisse Funktion. Vielfach wird dadurch der Kompensationsbedarf vermindert werden. Soweit intensiv landwirtschaftliche genutzte Flächen betroffen sind, ist davon auszugehen, dass Böschungsbewuchs und Wasserflächen eine Aufwertung der Qualität für Natur und Landschaft mit sich bringen. Dies muss bei der Ableitung von Kostenwerten durch eine modifizierte Anwendung des Kompensationskostenansatzes berücksichtigt werden. In Tabelle 1 sind entsprechende Hinweise zusammengestellt.

Diese Vorgehensweise bedingt, dass eine stärker detaillierte Datenbasis gegenüber der vorgeschlagenen Konzeption für Schiene/Straße erforderlich wird. Dies kann dadurch gewährleistet werden, dass die landesweiten Biotopkartierungen ergänzend zu der flächendeckenden Datenbasis der CORINE-Landnutzung einbezogen werden sollen (vgl. Anlage 1).

Soweit bei Ausbauvorhaben vorhandene Wasserflächen betroffen sind, hängt die Einschätzung maßgeblich von den Details der baulichen Konstruktion und der dadurch bedingten langfristig wirksamen Veränderungen des Zustands von Wasserkörper und Kanalsohle ab.

Tab. 1: Anwendung des Kompensationskostenansatzes für künstliche Wasserstraßen im Rahmen der Konzeption umweltorientierter Fernverkehrssysteme

Eingriffsbestandteil	Betroffene Biotop-Standortgruppen	Einschätzung der Erheblichkeit/Kompensationsbedarf	Vorgehen bei der Ableitung monetärer Werte
Wasserfläche	Alle terrestrischen Biotope	Funktionsverlust; jedoch kann den entstehenden Wasserflächen eine, wenn auch andersartige, Funktion zugemessen werden. Eingeschränkter Kompensationsbedarf	Ableitung von Kostenwerten ohne Anrechnung von Grunderwerbskosten
	Wasserfläche	Einzelfallbezogene Bewertung abhängig von wesentlichen konstruktiven Merkmalen, aufbauend auf umweltfachliche Bewertung	einzelfallbezogen auf der Basis der umweltfachlichen Untersuchung
Nebenflächen	Alle	Funktionsverlust	Ableitung von Kostenwerten wie bei Schiene/Straße
Böschungsf Flächen	Trockenbiotope (extensiv genutzt)	Funktionsverlust, aber gute Voraussetzungen für eine zumindest teilweise Kompensation auf der Fläche, hohes Entwicklungspotential. Eingeschränkter Kompensationsbedarf	Ableitung von Kostenwerten ohne Anrechnung von Grunderwerbs- und Nutzungsausfallkosten
	Feuchtbiotop (extensiv genutzt), Extensivgrünland sowie extensive Sonderkulturen	Funktionsverlust. Entwicklungspotential nicht gegeben, weil Dammlage Regelfall ist; jedoch Potential für andersartige Funktion gegeben. Eingeschränkter Kompensationsbedarf	Ableitung von Kostenwerten ohne Anrechnung von Grunderwerbskosten
	Wälder	Funktionsverlust. Entwicklungspotential im Allgemeinen gut, für naturnahe Wälder begrenzt gegeben. Eingeschränkter Kompensationsbedarf	Ableitung von Kostenwerten ohne Anrechnung von Grunderwerbs- und Nutzungsausfallkosten
	Extensivacker, intensive Sonderkulturen	kein relevanter Funktionsverlust, bedingt durch kurze Regenerationzeiten und extensive Nutzung der Böschungsf Flächen	keine Anrechnung von Kompensationskosten
	Intensivgrünland, Intensivacker	kein relevanter Funktionsverlust; bedingt durch extensive Nutzung der Böschungsf Flächen ist eine <i>Aufwertung</i> zu erwarten	Anteilige Minderung des Kompensationsbedarfes für andere Eingriffsbestandteile

4.2 Fließgewässerausbau

4.2.1 Voraussetzungen

Eine monetäre Quantifizierung kann auf der Basis von Wiederherstellungskosten betroffener Wertmerkmale der betroffenen Fließgewässerelemente bzw. Biotopstrukturen erfolgen. Auf Kompensationskosten basierende Verfahren sind mit

den übrigen Bewertungsverfahren der Bundesverkehrswegeplanung konsistent. Sie bringen die Werte der benötigten Ressourcen entweder durch Unterstellung der Erzeugung ähnlicher Werte an anderer Stelle oder durch Rücknahme von Nutzenminderungen an anderer Stelle zum Ausdruck und lassen sich somit selbst mit direkten, also schadensbezogenen Kostenansätzen gut kombinieren.

Eine monetäre Inwertsetzung der Beeinträchtigungen durch den Ausbau von Bundeswasserstraßen allein durch Kosten für *Kompensationsmaßnahmen* auf der Grundlage von *Wiederherstellungskosten für Biotope*, wie dies im vorlaufenden Vorhaben für Straße/Schienenwege/Kanäle vorgeschlagen wurde und für Straßen und Schienenwege vom BMVBW diskutiert wird, ist für Maßnahmen an Fließgewässern aus verschiedenen Gründen nicht unproblematisch.

Die entscheidende Wirkungsdimension des Fließgewässerausbaus besteht nicht in Verlust bestimmter (terrestrischer) Strukturelemente, sondern zunächst in strukturellen bzw. qualitativen Veränderungen im Bereich des Flussschlauches mit folgender Charakteristik:

- Im Hinblick auf die **Reichweite der relevanten Wirkungen** können *lokale (direkte) Wirkungen* im eigentlichen Eingriffsbereich und über den lokalen Rahmen hinausgehende, *mindestens regionale Wirkungen* unterschieden werden.
- Im Hinblick auf den **Wirkungsort** ist es sinnvoll, Wirkungen im Bereich des *Flussschlauches* sowie der *angrenzenden Aue* separat zu betrachten.

Darüber hinaus sind folgende Besonderheiten des Fließgewässerausbaus zu berücksichtigen:

- Ein funktionaler *Ausgleich* für Eingriffe an Flüssen wird für Wirkungen im Bereich des Flussschlauches oftmals nicht möglich sein. Real werden aufgrund des Fehlens der funktionalen Voraussetzungen und/oder geeigneter Flächen auch für terrestrische Standorte oftmals lediglich *Ersatzmaßnahmen* mit *gelockertem funktionalen Bezug* möglich sein.
- Es zeigt sich, dass die *Kosten* für fachlich als gleichwertig anzusehende Maßnahmen teilweise *extrem differieren* (vgl. IWW et al. 1999) und sich damit nicht eindeutig als Basis für eine Ableitung einer vergleichbaren Kostenbasis eignen. Dies macht eine einzelfallbezogene Herangehensweise erforderlich.
- Schließlich ist zu berücksichtigen, dass es beim Ausbau von Flüssen, bedingt durch die hervorgerufenen Systemveränderungen, auch zu indirekten Auswirkungen auf konkurrierende Nutzungen kommen kann (z. B. Ertragseinbußen in der Landwirtschaft aufgrund veränderter hydrologischer Verhältnisse), die u. U. nicht innerhalb der monetären Kosten-Nutzen-Analyse erfasst werden. Aufgrund der spezifischen Rahmenbedingungen muss auch hier ggf. ein einzelfallbezogener Ansatz zur Anwendung kommen. Der Versuch der Quantifizierung der indirekten Auswirkungen auf konkurrierende Nutzungen wird aufgrund des starken Einzelfallbezugs derartiger Wirkungen hier nicht weiter verfolgt. Hierzu müssen im konkreten Einzelfall spätestens im Rahmen des Raumordnungsverfahrens geeignete Lösungen entwickelt werden. Qualifizie-

rende Hinweise auf entsprechende Risiken sind ggf. bereits im Rahmen der umweltfachlichen Bewertung zur BVWP sinnvoll.

Vor diesem Hintergrund wird vorgeschlagen, eine monetäre Inwertsetzung der Beeinträchtigungen durch den Ausbau von Bundeswasserstraßen im Rahmen der BVWP als ergänzenden Baustein, aufbauend auf die für die Vorhabensbewertung der BVWP erfolgende umweltfachliche Bewertung anzulegen. Damit ist eine vergleichsweise detaillierte und auf den konkreten Einzelfall ausgerichtete Vorgehensweise zu entwickeln.

Nachfolgend werden die Einzelbausteine erläutert, die, zur monetären Abbildung der verschiedenen Wirkungsdimensionen (vgl. Abb. 2) vorgeschlagen werden. Die Bausteine verstehen sich als unabhängig voneinander einsetzbare Elemente. Deren Anwendung hängt davon ab, ob im Rahmen der umweltfachlichen Bewertung für die durch den Einzelbaustein jeweils abgedeckte Wirkdimension erhebliche und nachhaltige Beeinträchtigungsrisiken prognostiziert wurden.

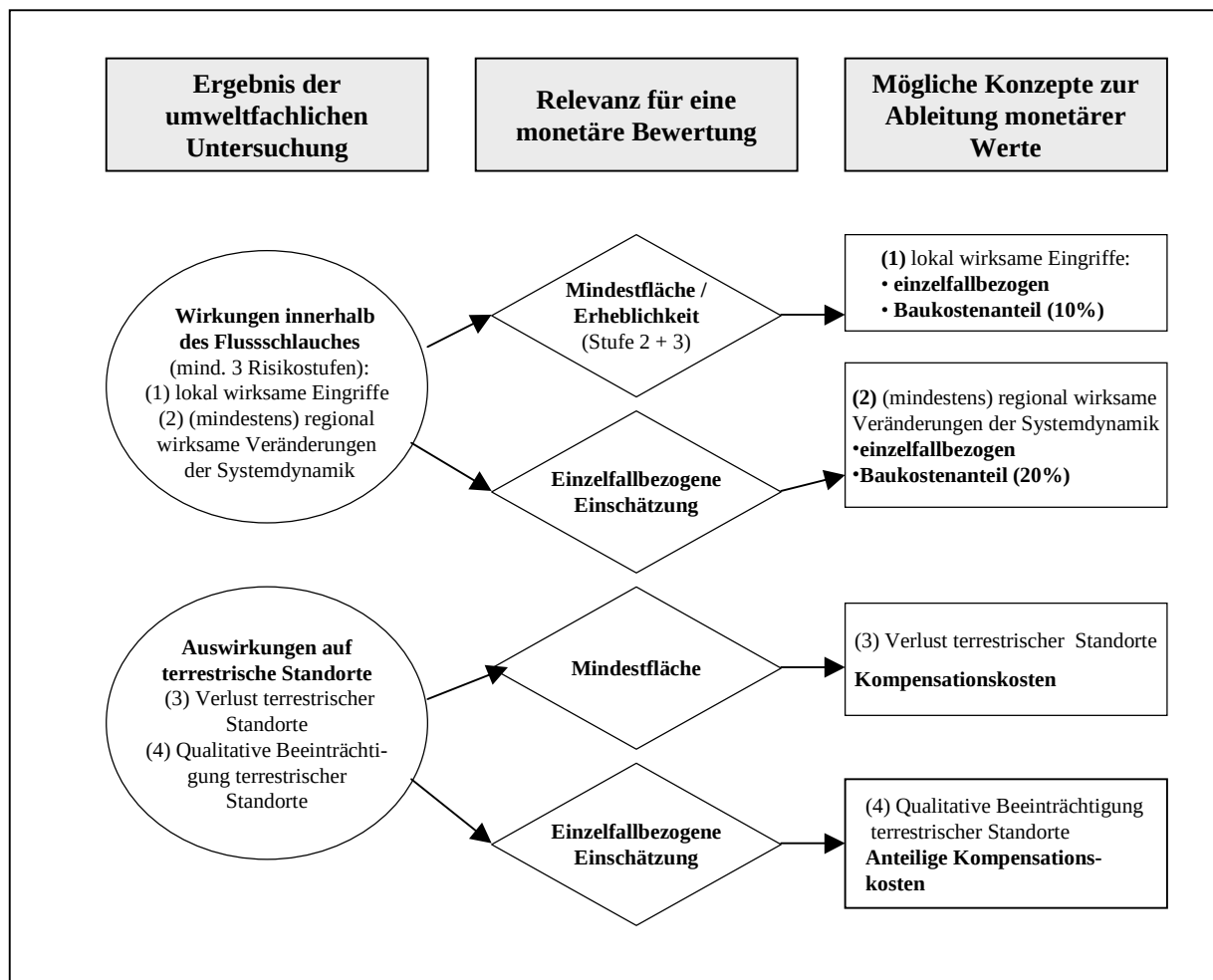


Abb. 2: Konzept einer monetären Bewertung von Eingriffen durch Bundeswasserstraßen im Rahmen der Bundesverkehrswegeplanung

4.2.2 Lokal begrenzte Eingriffe im Bereich des Flussschlau- ches

Grundsätze

Folgewirkungen lokal begrenzter Eingriffe werden berücksichtigt, soweit im Rahmen der umweltfachlichen Bewertung erhebliche und dauerhafte, aber lokal begrenzte Veränderungen der hydro-morphologischen Verhältnisse prognostiziert werden. Auch Konsequenzen für die Lebensräume aquatischer und semiaquatischer Pflanzen und Tiere sind relevant. Ggf. zu erwartende qualitative Veränderungen des Wasserkörpers sollten erst ab einer mindestens regionalen Erheblichkeit in die Bewertung eingestellt werden.

Unterhalb eines im Rahmen dieser Bewertung festzulegenden Schwellenwertes der Intensität sowie der zeitlichen Dauer und räumlichen Ausdehnung können die resultierenden Veränderungen als nicht relevant für eine monetäre Bewertung angesehen werden. Hierzu sind aufgrund der angestrebten Vergleichbarkeit der Verkehrsträger im Wesentlichen auch baubedingte Wirkungen zu zählen, sofern diese keine nachhaltigen bzw. großräumigen Folgewirkungen bedingen

Soweit im Ergebnis der umweltfachlichen Bewertung erwartet wird bzw. werden kann, dass im Zuge der Detailplanung die zunächst festgestellten Risiken vermieden bzw. gemindert werden können, ist für die Ableitung von Kosten der optimierte Zustand zugrunde zu legen. Mehrkosten im Zuge einer Optimierung sind dementsprechend als Erhöhung der vorhabensbezogenen Investitions- bzw. Baukosten in die gesamtwirtschaftliche Bewertung einzustellen und nicht als Kompensationskosten zu berücksichtigen, wenn die Kostenermittlung in Übereinstimmung mit der Vorgehensweise für die Verkehrsträger Straße bzw. Schiene stehen soll.

Datenbasis – Anforderungen an die Umweltfachliche Untersuchung

Der Bewertungsbaustein soll auf der Grundlage der im Rahmen der BVWP für den Verkehrsträger Binnenwasserstraße erfolgenden **umweltfachlichen Bewertung** (vgl. BfG 2000) durchgeführt werden. Als Voraussetzung sind im Rahmen oder auf der Grundlage der umweltfachlichen Untersuchung **einzelfallbezogen geeignete Kompensationsmaßnahmen** festzulegen.

Ausführungen zu einer möglichen Optimierung der Planung und deren Auswirkungen auf den Bedarf nach Durchführung entsprechender Kompensationsmaßnahmen sind zu berücksichtigen.

Für die Ableitung von Kostenwerten wird es erforderlich sein, die relevanten Dimensionen bzw. Mengengerüste der in Frage kommenden Kompensationsmaßnahmen zumindest abzuschätzen. Dies erfordert eine – im Vergleich mit den Verkehrsträgern Straße und Schiene – kleinräumigere umweltfachliche Datenbasis und Prognostik.

Bewertungsansatz

Vorgeschlagen wird ein Ansatz über **Kompensation der Wertverluste durch geeignete funktionale Aufwertung des Gewässers**. Die relevanten Kosten sind **einzelfallbezogen** auf der Grundlage der diesbezüglichen Angaben aus der umweltfachlichen Untersuchung zu bestimmen.

Sofern keine ausreichend detaillierte umweltfachliche Untersuchung zugrunde liegt, ist nach BOSCH + PARTNER (1998) ersatzweise eine **pauschale Anrechnung der Baukosten** mit 8 bis 10 % denkbar. Zumindest soweit besondere Gegebenheiten betroffen sind (z. B. Einmaligkeit, Seltenheit, fehlende Regenerierbarkeit), erscheint ein derartiger pauschale Ansatz jedoch nicht sachgerecht. Hier wäre im Einzelfall mit deutlich höheren anteiligen Kosten zu rechnen, so dass einzelfallbezogene Vermeidungsmaßnahmen zugrunde zu legen wären. Darüber hinaus ist anzumerken, dass der Kompensationsbedarf im Wasserstraßenausbau generell keine signifikante Korrelation mit den Baukosten aufweist. Dies lässt einen derartigen pauschalen Ansatz, der bereits für den Verkehrsträger Straße kritisch zu sehen ist, für die Wasserstraßen als wenig geeignet erscheinen.

4.2.3 Großräumige Beeinträchtigungen des Gewässers

Grundsätze

Diese repräsentieren Eingriffsfolgen **auf Zustand und Systemdynamik des Flusssystems** für den Bereich des Flussschlauches, die in ihrer Ausdehnung über den Bereich einer Maßnahme und deren direktes Umfeld hinaus relevant sind. Dabei sind unterschiedliche Intensitäten sowie unterschiedliche räumliche und zeitliche Dimensionen der Folgewirkungen zu berücksichtigen.

Für die Festsetzung von Erheblichkeitsgrenzen ist insbesondere zu berücksichtigen, inwieweit eine erwartete Veränderung die Einhaltung festgelegter Umweltziele bzw. Zielqualitäten gefährdet bzw. gefährden kann (hierzu vgl. Kap. 3). Soweit im Ergebnis der umweltfachlichen Bewertung erwartet wird bzw. werden kann, dass im Zuge der Detailplanung die zunächst erwarteten Risiken durch eine Vorhabensoptimierung und/oder durch Maßnahmen zum Ausgleich bezogen auf die unter Kapitel 4.2.2 behandelten lokalen Auswirkungen vermieden bzw. gemindert werden können, ist für die Ableitung von Kosten der optimierte Zustand zugrunde zu legen. Im besten Falle kann dann eine zusätzliche Ermittlung von Kosten zum Ausgleich großräumiger Beeinträchtigungen des Gewässers entfallen.

Datenbasis

Für die Bearbeitung ist wesentlich, dass in der zugrundeliegenden umweltfachlichen Bewertung Hinweise auf geeignete und generell mögliche Maßnahmen gegeben werden (z. B. Reaktivierung von Flutrinnen, Geschiebezugabe usw.). Hierzu werden mindestens Angaben zum Maßnahmeprofil, eine Grobbewertung der hydro-morphologischen Situation sowie eine Grobprognose der Auswirkungen

Teilbericht Bewertungsmethoden

auf die hydro-morphologische Situation mit Erheblichkeitsstufen bzw. -schwellen und Auswirkungsbereich erforderlich sein.

In einem ersten Schritt sollte für die großräumigen Wirkungen geklärt werden, ob die umweltfachliche Bewertung der Ausbauvorhaben in der vorgesehenen Form eine separate Einbeziehung der diesbezüglich zu erwartenden Kosten ermöglicht.

- Ist dies der Fall, so wird es, entsprechend den Anforderungen bei lokalen Auswirkungen für die Ableitung von Kostenwerten erforderlich sein, die relevanten Dimensionen bzw. Mengengerüste der in Frage kommenden Kompensationsmaßnahmen zumindest abzuschätzen.
- Sofern dies nicht zu gewährleisten ist, bestehen unterschiedliche Optionen. Es gibt generell die Möglichkeit auf einen pauschalen Ansatz auszuweichen (s. u.) oder aber auf eine Einbeziehung dieser Effekte in die monetäre Bewertung zu verzichten. Als dritte Möglichkeit ergibt sich die Forderung, die Datenbasis entsprechend zu verbessern, so dass eine ausreichend abgesicherte umweltfachliche Prognose dieser Wirkungen ermöglicht wird, die dann auch zu einer Prognose der damit verbundenen Kosten genutzt werden kann.

Bewertungsansätze

Für eine kurzfristige Anwendung, sofern die Überprüfung der umweltfachlichen Untersuchung die generelle Machbarkeit zeigt, wird ein Ansatz über **Kompensation bzw. Vermeidung der Wertverluste durch geeignete funktionale Aufwertung des Gewässers**, entsprechend den lokalen Beeinträchtigungen (Kap. 4.2.2) vorgeschlagen. Die relevanten Kosten sind **einzelfallbezogen** auf der Grundlage von Angaben aus der umweltfachlichen Untersuchung zu bestimmen. Geeignete Maßnahmen können z. B. in zusätzlich vorzusehenden Bestandteilen, wie Geschiebezugabe, aber auch in Modifikationen der Maßnahme bestehen.

Für den Fall einer weitergehend modifizierten, umweltorientierten Bewertung im Rahmen der BVWP wäre der nachfolgend umrissene Bewertungsansatz denkbar:

- Soweit eine regional erhebliche Beeinträchtigung *keine prioritären Erhaltungsziele* gefährdet, können **Kompensationsmaßnahmen** als Grundlage für die Ableitung von Kostenwerten verwendet werden. Für die Ableitung von Kompensationskosten für Beeinträchtigungen der hydro-morphologischen Verhältnisse ist auf *Maßnahmen* mit morphologischem Schwerpunkt zurückzugreifen.
- Die Anwendung auf der Basis von **Vermeidungsmaßnahmen** wird erforderlich, soweit durch das Vorhaben in *erheblicher Weise prioritäre Erhaltungsziele beeinträchtigt* werden (vgl. auch Kap. 3). Auch sofern Ausbaumaßnahmen *langfristig* zu (irreversiblen) Systemveränderungen führen können (z. B. Sohlintiefung), wäre der Vermeidungskostenansatz anzuwenden. Derartige Folgewirkungen sind in jedem Fall als erheblich anzusehen.

- Sofern in diesen Fällen **keine geeignete Maßnahmeoptimierung** möglich scheint, muss eine veränderte Maßnahmeoption in die Bewertung eingestellt werden. Im Extremfall ist bei weitestgehendem Erhalt des natürlichen Flussabschnittes eine *parallele Kanalführung* anzunehmen¹. So wäre auch denkbar, die Neuanlage eines Fließgewässers mit naturnaher Charakteristik entsprechend der Länge des erheblich beeinträchtigten Fließgewässerabschnittes zugrunde zu legen.

Als **alternativer Ansatz** könnten (nach BOSCH + PARTNER 1998) **pauschal 20 % der Baukosten** für den von der Maßnahme betroffenen Bereich insgesamt eingestellt werden, wobei Auswirkungen, die über den betroffenen Gesamtbereich hinausreichen, nicht einbezogen werden. Dieser pauschale Ansatz entspricht im Prinzip dem im BVWP 1992 für die Straßen angewendeten Modell.²

4.2.4 Verlust terrestrischer Standorte

Grundsätze

Soweit ein Ausbau zum Verlust terrestrischer Standorte führt – z. B. bei Uferrückverlegung –, kann der **Kompensationskostenansatz**, vergleichbar dem Konzept für die Verkehrsträger Straße und Schiene, angewendet werden. Allerdings ist eine kleinflächigere Betrachtung erforderlich. Folgende Besonderheiten sind zu berücksichtigen:

- Die entstehenden Standorte können abhängig von der Ausführung gewisse Restwertigkeiten aufweisen.
- Aufgrund der Fluss-/Auendynamik als entscheidendes Merkmal der Auenstandorte sind die Vorgaben zur Berücksichtigung der Regenerationszeiträume von Lebensräumen („Time-Lag- Effekt“, vgl. IWW 1999) im Einzelfall insoweit zu überprüfen, als sich entscheidende Funktionen im Auenbereich nicht primär an Strukturen, sondern an Prozesse knüpfen und eine Regeneration aufgrund der dynamischen Verhältnisse vergleichsweise kurzfristig, u. U. auch sofort wirksam werden kann (vgl. auch Anhang).
- Aus dem selben Grund gibt es in der Aue (anders als für die übrigen terrestrischen Großlandschaften bzw. Biotope) auch keine *Ausschlussbiotope* aufgrund langer Entwicklungszeiten (vgl. IWW 1999). Hingegen können die Vorhabenswirkungen auf *wertbestimmende Prozesse* für die Gesamtbeurteilung von erheblich größerer Bedeutung sein.

¹ Eine Quantifizierung von Vermeidungskosten über alternative Führungen des Projektes oder Parallelmaßnahmen ist logisch zulässig, da sie zu zusätzlichen Projektkosten führt, die als Index für die Stärke der Umweltbeeinflussung benutzt werden kann

² Er ist nicht zu dem mittlerweile für Straßen und Schienenwege vorgeschlagenen Ansatz kompatibel. Besonderes Problem ist, dass die ökologischen Folgewirkungen keine Funktion der Baukosten darstellen (vgl. PÖU 2001). Die durchgeführte Fallbeispieluntersuchung hat gezeigt, dass die zu erwartenden Kosten im Einzelfall **erheblich** höher als 20 % der Baukosten sein können.

- Generell ist der Fall denkbar, dass eine Beanspruchung bestimmter Teilräume aufgrund fehlender Flächenverfügbarkeit (z. B. angesichts erfolgter Eindeichungen) für einen fachlich definierten Ausgleich auszuschließen ist soweit Ersatzmaßnahmen im naturschutzrechtlichen Sinne als nicht adäquat anzusehen sind.

Datenbasis

Als **Datenbasis** ist, abhängig von der Art und dem Detaillierungsgrad einer etwaigen kartographischen Darstellung der terrestrischen Biotopstrukturen in der Umgebung des Projektes u. U. auch hier die **umweltfachliche Bewertung** der Maßnahme (vgl. BfG 2000) geeignet.

Es wird davon ausgegangen, dass die vorgesehenen Eingriffsmaßnahmen in terrestrische Standorte im Rahmen der Planungsunterlagen räumlich festgelegt werden und vom Umfang her grob bestimmt werden.

Ergänzend ist eine, **GIS-gestützte Erfassung der Biotop-Standorttypen** im Umfeld der Maßnahmen im Maßstab ca. 1:25.000 sowie der betroffenen Biotopstrukturen erforderlich. Als flächendeckende Grundlage hierfür kann der CORINE-Datensatz zur Landnutzung (M – 1:100.000) verwendet werden, wie dies auch für die Verkehrsträger Straße und Schiene vorgesehen ist. Auf Grund des hohen inhaltlichen, vor allem aber auch räumlichen Generalisierungsgrades der Darstellung (untere Flächengröße: 25 ha, Mindestbreite: 100 m) ist der CORINE-Datensatz für Fließgewässerbetrachtungen als alleinige Datenbasis nicht ausreichend.

Daher sind die CORINE-Daten durch Informationen aus den Biotopkartierungen der Länder (aus Luftbildbefliegungen) zu ergänzen und zu differenzieren. Dies erlaubt eine sowohl räumlich als auch inhaltlich wesentlich stärkere Differenzierung für die Biotoptypen der Aue. Aufgrund der überwiegend gegebenen digitalen Verfügbarkeit können entsprechende Auswertungen mittels eines Geographischen Informationssystems (GIS) erfolgen. Auch wenn nicht auf digitale Daten zurückgegriffen werden kann, ist der zusätzliche Aufwand für die Digitalisierung bei Bewertung der direkt betroffenen Standorte begrenzt,

Allerdings müssten die bundeslandspezifisch differenzierten Biotoptypen (vgl. Tab. 2; nach BfN 1996, BfN 1999) für eine generelle Anwendung an Bundeswasserstraßen übergreifend angepasst bzw. vereinheitlicht werden, wobei eine Informations-Generalisierung für eine Anwendung im Maßstab 1:25.000 zu empfehlen ist. Eine sinnvolle Flächengröße für Biotoptypen könnte damit bei etwa 1 ha liegen.

Tab. 2: Zusammenstellung der auf Landesebene verfügbaren Biotopkartierungen

Bundesland	Maßstab der landesweiten Kartierung	Stand	CIR-Luftbilder (1:10.000 Digitalisierung zu prüfen)
Brandenburg	1:25.000	seit 1992, nicht komplett verfügbar	1992
Berlin	1:5.000	1991	
Baden-Württemberg	1:25.000	1981-89, flächendeckend	
Bayern	1:5.000	1985-95	
Bremen	1:5.000	1992 - 98	
Hessen	1:25.000	1992-98	
Hamburg	1:5.000	seit 1995 fortlaufend	1991
Mecklenburg-Vorpommern	1:10.000	seit 1994, flächendeckend	1991
Niedersachsen	1:50.000	seit 1984 – 99 aktualisiert; selektiv	nur Landkreise, bedarfsweise
Nordrhein-Westfalen	1:10.000	1980 – 85, zweite Kartierung läuft	
Rheinland-Pfalz	1:25.000	1992 - 97	
Schleswig-Holstein	1:25.000	o. A.	
Sachsen-Anhalt	1:10.000	seit 1995, selektiv	1993
Sachsen	1:25.000	1995, flächendeckend	vor 1996

Alternativ dazu kann u. U. zumindest für Planungsvorhaben, für die bereits detailliertere Untersuchungen erfolgt sind, ein **einzelfallbezogener Ansatz** angewendet werden, bei dem auf die entsprechenden Unterlagen aus diesen Untersuchungen zurückgegriffen wird.

Bewertungsansatz

Die Ableitung von Kostenwerten erfolgt über **Kompensationskosten** (Herstellungskosten für Biotope bzw. Renaturierung von Gewässerufern). Generell sind für den Verlust bzw. die Beeinträchtigung terrestrischer Standorte der Auen die Kostensätze verwendbar, die für die Verkehrsträger Straße und Schiene, bezogen auf die terrestrischen *Biotop-Standortgruppen*, gebildet worden sind (IWW et al. 1999, vgl. auch Anlage 1). Bestimmte Biotop-Standortgruppen sind angesichts des fehlenden naturräumlichen Bezuges in den Flussauen nicht relevant. Andererseits lassen die spezifische Fragestellung und der kleinräumigere Betrachtungsmaßstab eine differenziertere Betrachtung von Standorttypen der Aue sinnvoll erscheinen, sofern die umweltfachliche Datenbasis eine derartige Differenzierung erlaubt. Entsprechend differenzierte Kostensätze liegen vor (z. B. BOSCH + PARTNER 1993). Einschränkend ist anzumerken, dass sich dies nicht auf Maßnahmen zur (Wieder-)Herstellung geeigneter Standortverhältnisse bezieht.

Teilbericht Bewertungsmethoden

Dem Ansatz liegt die Annahme eines flächenmäßigen 1:1-Ausgleichs entsprechend des zu erwartenden Flächenbedarfs der Verkehrswege zugrunde. Dabei sollen verbleibende Restwertigkeiten berücksichtigt werden (vgl. 4.2.5). Die in Abbildung 2 dargestellten Komponenten werden in die Berechnung der Herstellungskosten eingestellt.

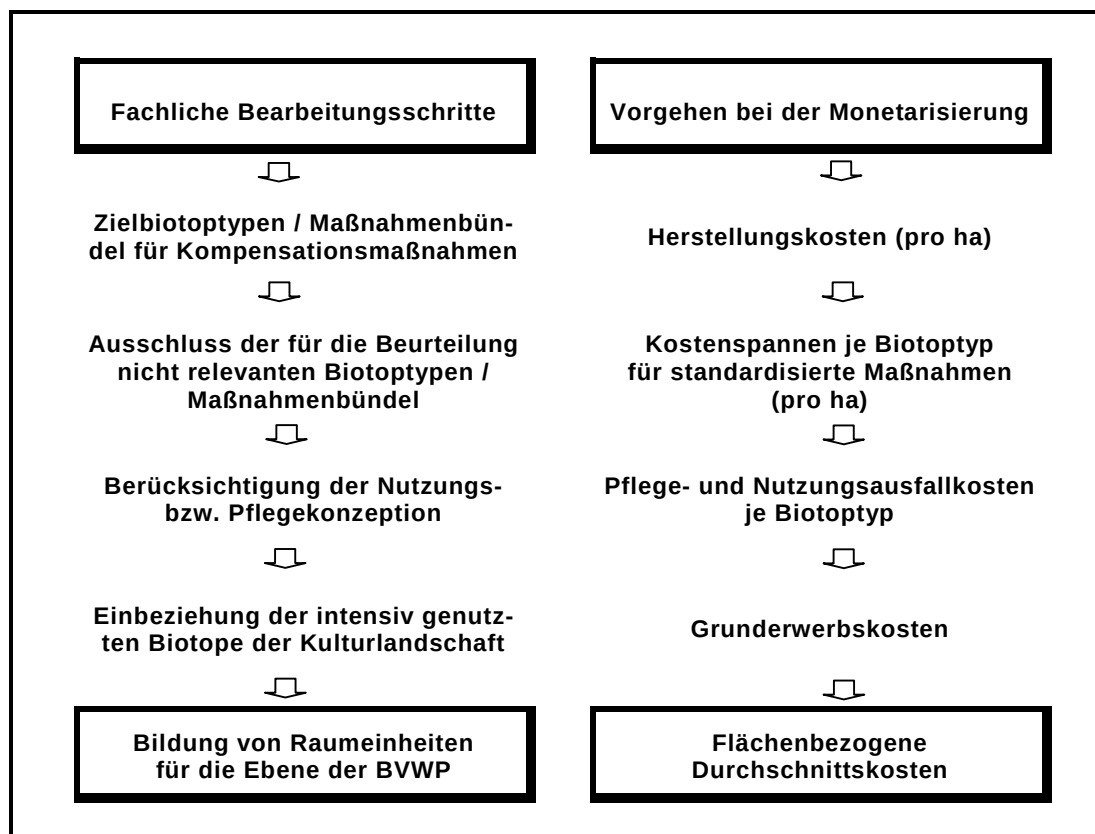


Abb. 2: Bildung und Umsetzung biotoptypbezogener Wiederherstellungskosten für eine monetäre Bewertung von Maßnahmen des BVWP (IWW u. a. 1999, S. 116, verändert)

Zugrunde gelegt werden die bei IWW et al. (1999) auf der Grundlage von BOSCH + PARTNER (1993) angegebenen Kosten für die *Erstinstandsetzung* der Flächen (vgl. Anhang). Ausgangszustand der Erstinstandsetzung sind intensiv landwirtschaftlich genutzte Flächen sowie für (periodisch) erforderliche *Pflegemaßnahmen* als Barwert (ebenso PLANCO 1999). Die Herstellungskosten für Ausgleichsbiotope (in Übereinstimmung mit dem von PLANCO 1999 vorgeschlagenen Ansatz) werden somit berechnet als

$$HK = F + I + P$$

mit	HK	- Herstellungskosten
	F	- Kosten für den Grunderwerb
	I	- Kosten der Erstinstandsetzung der Fläche
	P	- Barwert der Kosten für Pflegemaßnahmen

Grunderwerbskosten

Es wird vorgeschlagen, entsprechend der Konzeption für die Verkehrsträger Straße/Schiene mit einem Durchschnittswert für alle Vorhaben zu rechnen, der entsprechend der Rahmenbedingungen anzusetzen ist (vgl. auch den entsprechenden Vorschlag in PLANCO 1999). Als Ansatz für die Inwertsetzung des Grunderwerbs wird ein Wert von 30.000 DM/ha vorgeschlagen.

Regionale Unterschiede bleiben damit unberücksichtigt. Eine regionale Differenzierung ist für die Anwendung bei Wasserstraßen wegen der geringen Vorhabenszahl aber denkbar.

Wiederherstellungskosten:

In der Anlage ist eine tabellarische Zusammenstellung der Wiederherstellungskosten für die relevanten Zielbiotoptypen auf der Basis des Corine-Datensatzes unter Einbeziehung der einmaligen Kosten, der Grunderwerbskosten sowie der Pflegekosten erfolgt. Diese Kostensätze liegen auch dem Vorschlag für die Verkehrsträger Schiene/Straße zugrunde¹. Die angegebenen Kostenwerte bilden die Grundlage für die Ermittlung der Wiederherstellungskosten für die terrestrischen Biotope. Sie sind, wenn dies im Zuge der Anwendung erforderlich wird, für die Biotoptypen der Auen zu differenzieren.

Time - lag

Im Vorfeld einer ist Anwendung festzulegen, ob in bestimmten Fällen ein Funktionsverlust innerhalb von Wiederherstellungszeiträumen („Time-Lag“, vgl. S. 24) in die Berechnung der Herstellungskosten als Teil der Erstinstandsetzung einbezogen werden soll, ähnlich wie dies für die Verkehrsträger Straße/Schiene vorgeschlagen wurde (PÖU 2001), und wie dieser Faktor berechnet werden soll. Dies kann insbesondere für „stabile“ terrestrisch geprägte Biotope relevant sein.

4.2.5 Erhebliche Veränderung terrestrischer Standorte

Grundsätze

Hierbei geht es um qualitative Veränderungen, die sich aufgrund regional wirksamer Eingriffsfolgen im Bereich des Flussschlauches indirekt als Folge einer erheblichen Beeinflussung der hydrologischen Dynamik in der Aue ergeben. Derartige Folgen können z. B. in einer Änderung der Überflutungsverhältnisse (Verkürzung, Veränderung der Überflutungszeiträume) und/oder der Grundwasserstände (besonders relevant: Grundwasserabsenkungen, bei Stauregelungen auch Anstieg; Vergleichmäßigung der Grundwasserstände) bestehen.

¹ Dort allerdings ergänzt um den „time-lag Faktor“

Die Relevanz dieser Wirkungsdimension ist im Einzelfall auf der Grundlage der umweltfachlichen Untersuchung zu prüfen. Indirekt wirksame erhebliche Veränderungen terrestrischer Standorte werden vor allem dann bewertungsrelevant sein, wenn eine geplante Maßnahme mit starken Eingriffen in die Hydrodynamik des Flusses einher geht. Eine Berechnung von Kompensationskosten kann auf der Basis von Vorabschätzungen der zu erwartenden Wertverluste erfolgen.

Dieses Verfahren ist aus bewertungsmethodischer Sicht (Art der Quantifizierung, s. u.) problematisch. Auch aus fachlicher Sicht ist die Annahme von Ausgleichsmaßnahmen für die hier betrachteten Wirkungen problematisch, denn es wird angesichts der durch den Eingriff veränderten Grundbedingungen in der Regel kaum möglich sein, real einen funktionalen Ausgleich zu erreichen. Insofern sollte eine Anwendung nur erfolgen, wenn es aufgrund der Zielsetzung des Vorhabens nicht möglich ist, diese Wirkungsdimension durch geeignete Modifikation der Planung zu vermeiden.

Datenbasis

Als Datenbasis dient einerseits eine entsprechende Prognose möglicher Veränderungen aus der umweltfachlichen Untersuchung mit Grobprognose der Rückwirkungen hydro-morphologischer Veränderungen auf die Aue (Reichweite, Intensität). Besondere Bedeutung kommt auch hier der Festlegung von Erheblichkeitsschwellen zu. Da die Bewertung auf die im Einzelfall jeweils gegebenen hydrodynamischen Bedingungen sowie die Ausprägung und das Arteninventar der davon abhängigen terrestrischen Standorte Bezug nehmen muss, werden keine allgemein anwendbaren Schwellenwerte einer erheblichen Veränderung angegeben werden können. Im Ergebnis der umweltfachlichen Bewertung sollen Beeinträchtigungszonen festgelegt werden.

Zum anderen ist eine Erfassung der Biotop-Standorttypen der betroffenen Bereiche erforderlich, wie in Kapitel 4.2.4 beschrieben.

Bewertungsansatz

Quantifizierung der umweltfachlichen Bewertung: Dieser Schritt ist als Hilfskonstruktion zu verstehen, um die umweltfachlichen, qualitativen Beurteilungen in quantitativ fassbare Wertverluste zu übersetzen. Dies kann erfolgen, indem die Beeinträchtigungsintensität in den ermittelten Beeinträchtigungszonen mit prozentualen Wertverlusten gleichgesetzt wird. Die Abstufung des Wertverlustes hängt daher von den methodischen Vorgaben der umweltfachlichen Bewertung ab. Der Bewertungsansatz verfolgt einen gesamthafte Konzept und fasst ggf. verschiedene Beeinträchtigungsdimensionen (z. B. bezogen auf floristische und faunistische Aspekte) der umweltfachlichen Bewertung flächenhaft zusammen, sofern dies nicht ohnehin bereits im Rahmen der umweltfachlichen Bewertung erfolgt. Eine sinnvolle Stufung des prognostizierten Wertverlustes bei Anwendung einer dreistufigen ordinalen Skala in der umweltfachlichen Bewertung könnte z. B. bei 25 % für erhebliche Beeinträchtigungen und 50 % für schwerwiegende Beeinträchtigungen liegen.

Berechnung von Kostenwerten: Die prozentualen Wertverluste können dann mit dem Erfordernis einer entsprechenden Neuanlage von Biotopen gleichgesetzt werden. Auf dieser Grundlage kann schließlich eine Berechnung auf der Basis von *Kompensationskosten* entsprechend dem Ansatz in Kapitel 4.2.3 erfolgen;

5 Lärmbelastungen an Bundeswasserstraßen im Rahmen der Bundesverkehrswegeplanung

5.1 Problembeschreibung und Aufgabenstellung

Der folgende Abschnitt zum Problemfeld der durch Bundeswasserstraßen verursachten Lärmemission bzw. der belastenden Lärmimmissionen ergänzt das F+E-Vorhaben Nr. 105 06 001 „Umweltorientierte Fernverkehrskonzepte“ (IWW et al. 1999), in dessen Rahmen ein allgemein verwendbare Methodik für die gesamtwirtschaftliche Bewertung von Lärmimmissionen im Rahmen der Bundesverkehrswegeplanung (BVWP) entwickelt wurde, die auch auf Wasserstraßen anwendbar ist.

Eine separate umweltfachliche Bewertung der (außerörtlichen) Lärmimmission an Bundeswasserstraßen ist in IWW et al. 1999 nicht erfolgt. Andere aktuelle Arbeiten zur Methodik der Wasserstraßenbewertung im Rahmen der BVWP betrachten die Lärmproblematik gleichfalls nicht (BfG 1997; AG BOSCH + PARTNER 1998).

Eine gesamtwirtschaftliche Bewertung von Lärmbelastungen an Bundeswasserstraßen wurde weder im Rahmen der Bundesverkehrswegeplanung 1992 noch in den bisherigen Forschungsarbeiten jüngeren Datums (z. B. HEUSCH/BOESEFELD 1997, PLANCO 1995) ausführlich einbezogen bzw. explizit beachtet. Ursache hierfür war im Rahmen der BVWP 1992, dass keine maßgeblichen Differenzen für den Planungsfall erwartet worden waren (BMV 1993, S. 192).

Obzwar unstrittig sein dürfte, dass die Lärmbelastung an den Bundeswasserstraßen im Vergleich mit dem durch Straßen- und Schienenverkehr verursachten Lärm von deutlich geringerer Bedeutung ist, wird der bisherige Methodenstand der besonderen Situation an den Bundeswasserstraßen somit nicht in vollem Umfang gerecht.

Die Berücksichtigung der Geräuschbelastungen im Rahmen der gesamtwirtschaftlichen Bewertung der BVWP 1992 bildete einen Bestandteil des *Nutzenkomplexes Umwelt* (NU) und ist wie folgt zu charakterisieren:

- Geräuschbelastungen als Bestandteil von NU wurden im BVWP 1992 primär innerorts betrachtet. Bezogen auf Straßen wurde für Außerortsstrecken generell bei einer Zielpegelüberschreitung von 5 dB(A) eine Betroffenheit von 50 Einwohnern je Streckenkilometer angenommen.
- Bewertungsgrundlage war für Straßenverkehrslärm die Ermittlung der vom Verkehrslärm betroffenen Einwohner nach Pegelhöhen, basierend auf Verkehrsprognosen. Für den Schienenverkehr wurde die Zahl der betroffenen Einwohner abhängig vom Fahrwegstyp sowie ggf. vorgesehenen Lärmschutzeinrichtungen ermittelt. HEUSCH/BOESEFELD (1997) schlägt hier bereits eine Aktualisierung der Berechnungsmethodik auf der Grundlage der RLS 90 vor.

Teilbericht Bewertungsmethoden

- Der Wertansatz für die Monetarisierung wurde aus den Kosten für den Einbau von Schallschutzfenstern abgeleitet.¹
- Sowohl das Verfahren nach BVWP 1992 als auch die erfolgten Aktualisierungen beziehen sich lediglich auf Straßen- und Schienenverkehrslärm. Bundeswasserstraßen werden nicht berücksichtigt.

Ziel dieser Untersuchung ist es vor diesem Hintergrund, folgende Fragen zu beantworten:

- Wie relevant ist die Lärmbelastung an Bundeswasserstraßen sowohl absolut als auch im Vergleich mit den Verkehrsträgern Straße und Schiene?
- Welche Relevanz kommt der Lärmbelastung durch Binnenschiffe vor dem Hintergrund intermodaler Ansätze zu?
- Welche Konsequenz ergibt sich daraus vor dem Hintergrund der vorhandenen Vorschläge zur Bewertung von Lärmbelastungen für die Maßnahmenbewertung im Rahmen der Bundesverkehrswegeplanung?

Um den Mangel der bisherigen Untersuchungen für die Binnenschifffahrt zu beheben, werden nachfolgend zur Lärmbewertung für Bundeswasserstraßen im Rahmen der BVWP folgende Schwerpunkte dargestellt:

- Bedeutung der Lärmimmissionen (Kap. 5.2)
 - Lärmursachen und Dimension der Emission (bau- und betriebsbedingte Emissionen)
 - Orientierungswerte und Grenzwerte für Emission und Immission
- Kurzbeschreibung aktuell (IWW et al. 1999; JANSEN et al. 2000) vorgeschlagener Verfahrensweisen zur Ermittlung und (gesamtwirtschaftlichen) Bewertung der Lärmemission im Rahmen der Bundesverkehrswegeplanung (Kap. 5.3)
- Auswertung von Fallbeispielen (Kap. 5.4)
- Konsequenzen für die Lärmbewertung bei Bundeswasserstraßen innerhalb der BVWP (Kap. 5.5).

¹ PLANCO (1995) schlägt als Aktualisierung einen innerorts wie auch außerorts verwendbaren Zahlungsbereitschaftsansatz vor.

5.2 Dimension und umweltfachliche Bedeutung der Lärmimmission an Bundeswasserstraßen

5.2.1 Relevante Lärmursachen

Generell sind Lärmemissionen zu unterscheiden, die durch den *Bau bzw. den Ausbau der verkehrlichen Anlagen* entstehen, Lärmemissionen durch den *Betrieb der Wasserstraße*, sowie sonstiger Verkehrs- und Gewerbelärm, der mit dem (Aus-) Bau einer Bundeswasserstraße in Zusammenhang stehen kann (BfG 1994).

Bezogen auf die generell einzubeziehenden Lärmarten ist für eine Bewertung auf der Ebene der Bundesverkehrswegeplanung zunächst von entscheidender Bedeutung, dass die Umweltbeurteilung in diesem Rahmen generell nicht den Vorgaben des UVPG unterliegt. Wegen des entsprechenden Vorgehens der BVWP-Methoden für die Verkehrsträger Straße und Schiene sind sekundäre Wirkungen, wie in diesem Fall durch Verkehrs- und Gewerbelärm, nicht beurteilungsrelevant.

Baubedingte Lärmemissionen sowie punktuelle Lärmbelastungen durch betriebliche Anlagen wie Schleusen und andere Betriebseinrichtungen werden ebenso wie Gewerbe- und Verkehrslärmemissionen, die durch eine Veränderung an einem Bundesverkehrsweg verursacht werden können, für die Verkehrsträger Straße und Schiene im Zuge der Bundesverkehrswegeplanung nicht berücksichtigt. Dementsprechend werden diese Lärmursachen im Folgenden für die Bundeswasserstraßen gleichfalls nicht vertieft betrachtet.

Andererseits sind die Verkehrslärmemissionen der Berufsschifffahrt und der Verkehrslärm des Sportbootverkehrs zu unterscheiden. Dabei umfasst die Berufsschifffahrt Aktivitäten im Gütertransport, Fahrgastschiffe sowie den für den Betrieb der Wasserstraße erforderlichen Schiffsbetrieb u. a. der WSD.

Von diesen lärmverursachenden Tätigkeiten ist für die Beurteilungsebene BVWP im Sinne einer intermodalen Vergleichbarkeit der Verkehrsträger insbesondere die **Berufsschifffahrt** von Bedeutung. Der durch den **Sportbootverkehr** erzeugte Lärm stellt einen Sonderfall dar, der in vergleichbarer Form für die Verkehrsträger Straße bzw. Schiene nicht auftritt:

- Die durch den Sportbootverkehr erzeugten Lärmemissionen überlagern sich räumlich mit den durch die Berufsschifffahrt bedingten Belastungen.
- Es gibt bei den täglichen Verkehrsstärken der Sportschifffahrt – im Gegensatz zur Berufsschifffahrt – deutliche Unterschiede sowohl im Jahresverlauf als auch bezogen auf Wochenenden und Ferienzeiten. Auch weisen die verkehrlichen Schwerpunkte des Freizeitverkehrs und der Berufsschifffahrt teilweise deutliche geographische Unterschiede auf. Für die Maxima der Lärmemission an Bundeswasserstraßen sind daher i. d. R. Zeitpunkt und Verkehrsstärke des relevanten Freizeitverkehrs maßgeblich.

- Es kann nicht davon ausgegangen werden, dass im Rahmen der BVWP für das Aufkommen der Sportschifffahrt brauchbare Prognosen zur Verfügung stehen.
- Das Verkehrsaufkommen der Sportschifffahrt ist weitgehend unabhängig vom Ausbaustand einer Bundeswasserstraße. Allein das Vorhandensein der Wasserstraße als solche hat hierauf einen Einfluss. So bildet die Sportschifffahrt in aller Regel auch kein Argument für einen etwaigen Ausbau von Bundeswasserstraßen.

Die Einbeziehung des Freizeitverkehrs für die Ermittlung des Beurteilungspegels für die Beurteilung von Ausbauvorhaben im Rahmen von *Genehmigungsverfahren*¹ wird aber von unterschiedlichen Seiten gefordert (u. a. dem Umweltbundesamt, dem Deutschen Institut für Normung, der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung, bezogen auf die Landesebene, aber auch z. B. dem Land Brandenburg (BfG 1995) und ist nicht zuletzt in den Richtlinien für das Planfeststellungsverfahren zum Ausbau oder Neubau von Bundeswasserstraßen (VV-WSV 1401, Teil B; BfG 1994) festgelegt.

5.2.2 Wasserstraßenspezifische Lärmgrenz- bzw. Richtwerte

Immissionswerte

Für die Beurteilungen von Lärmwirkungen durch den Schiffsverkehr gelten generell nicht die gleichen Regelungen wie für andere Verkehrslärmquellen. Insbesondere sind aber die Immissionsgrenzwerte der 16. BImSchV nicht für die Beurteilung von Schiffsverkehrslärm anwendbar. Daher sind vornehmlich die auf die bauliche Nutzung im Einwirkungsbereich der Schallimmission bezogenen schalltechnischen Orientierungswerte der DIN 18005 sowie die Immissionsrichtwerte der VDI 2058 anwendbar (BfG, 1995)². Auch für die Schallimmission des Sportbootsverkehrs kann aus der DIN 18005 ein Abschätzungsverfahren aus der Anzahl Boote pro Flächeneinheit abgeleitet werden (BfG 1994).

Die genannten Orientierungswerte besitzen zunächst lediglich empfehlenden Charakter. Sie können aber auf *Landesebene* durch weitergehende Regelungen verbindlich gemacht werden, wie dies z. B. für das Land Brandenburg in Bezug auf die Orientierungswerte der DIN 18005 für schifffahrtsbedingte Lärmbeeinträchtigung erfolgt ist (AMTSBLATT FÜR BRANDENBURG).

Emissionswerte

Bezogen auf die maximale *Lärmemission* der Schiffe legt die VERORDNUNG ZUR RHEINSCHIFFS-UNTERSUCHUNGSORDNUNG den Grenzwert für den maximalen

¹ ist keineswegs durchgängige Praxis

² Die Werte der VDI 2058 entsprechen weitgehend den in der TA LÄRM enthaltenen Immissionsrichtwerten.

Schalldruckpegel fest. Die Maximalpegel für das Wasserfahrzeug in einem seitlichen Abstand von 25 m von der Bordwand dürfen danach 75 dB(A) nicht überschreiten. Da dieser Grenzwert auch für andere Wasserstraßen genutzt wird (vgl. BfG 1995), ist eine Anwendung auch bezogen auf die BVWP möglich.

5.3 Lärmbelastung durch Wasserstraßen im Rahmen der Bundesverkehrswegeplanung

Die zugrundezulegenden Umweltqualitätsziele für die Lärmbelastung an Bundeswasserstraßen, soweit diesbezüglich explizit festgelegte Werte existieren, müssen in ihrem Aussagegehalt den im Bezugsrahmen der BVWP für die Verkehrsträger Straße und Schiene verwendeten Emissions- bzw. Immissionsgrenz- bzw. Richtwerten entsprechen, um eine Vergleichbarkeit der Verkehrsträger sowie ein vergleichbares Niveau der jeweiligen Bewertungen sicherzustellen. Darüber hinaus können für den Straßen- bzw. Schienenverkehr angewendete städtebauliche Immissionsgrenz- bzw. Richtwerte Anwendung finden. Um diesbezüglich die aktuelle Situation wiederzugeben, werden im Folgenden die bei IWW et al. (1999) sowie die von JANSEN et al. (2000) für die Lärmbewertung im Rahmen der BVWP verwendeten Grenz- bzw. Richtwerte dargestellt.

BVWP 1992

Im Rahmen der BVWP 1992 wurden Geräuschbelastungen dann einbezogen, wenn im Planungsfall ein vorgegebener Immissionszielpiegel überschritten wurde und die Pegeldifferenz bei ≥ 2 dB(A) lag. Für die monetäre Bewertung wurden die Höhe der Überschreitung, Zahl und Beeinträchtigungsgrad der betroffenen Personen herangezogen.

Als Zielpiegel innerorts wurde eine Geräuschbelastung von 40 dB(A)/nachts für Straßen und 42 dB(A)/nachts für Schienenwege zugrundegelegt. Die Immission am Tage wurde nicht einbezogen (BMV 1993).

Aktualisierung der Methode (PLANCO 1999)

Folgende Modifikationen werden vorgeschlagen, die hier von Bedeutung sind:

- ergänzende Einbeziehung der Lärmkosten tagsüber,
- Bestimmung der Kostensätze über Zahlungsbereitschaftsangaben (anstelle von Vermeidungskosten/Schallschutzverglasung) für „wenig Lärm“,
- Bestimmung der Zeitpegel für Straßenverkehrslärm bei ≥ 37 dB(A) und für Schienenverkehr von ≥ 42 dB(A),
- keine Bestimmung von Zielpiegeln für die Binnenschifffahrt,

Teilbericht Bewertungsmethoden

- keine Berücksichtigung von intermodalen Verlagerungswirkungen aufgrund der erforderlichen Minderung der Verkehrsmenge um 40 % bzw. Zunahme von 60 % für hörbare Veränderungen der Lärmbelastung.

Zielpegel nach IWW et al. 1999

Der neu entwickelte Bewertungsansatz bewertet Zielpegelüberschreitungen differenziert nach *Lärm-Raumtypen*. Diese werden anhand sozio-geographischer und sozio-demographischer Raumcharakteristik gebildet. Einzuhaltende Ziel- Schallpegel als Grundlage der monetären Bewertung der Lärmimmission werden für Straße und Schiene aus den **Orientierungswerten der DIN 18005** abgeleitet. Die Zuordnung ist in Tabelle 3 dargestellt. Unter Zugrundelegung dieser Orientierungswerte wird die Betroffenheit bebauter Gebiete ermittelt.

Tab. 3: Ziel-Schallpegelzuordnung für die raumbezogene Bewertung der Lärmimmission bei IWW et al.

Grad der Sensibilität	Ziel-Schallpegel (dB(A))	
	Tag	Nacht
Keine oder geringe	60	50
mittlere	55	45
hohe	50	40
höchste	50	40

Aus Informationen zur Raumnutzung und Bevölkerungsdichte, die rasterbezogen ausgewertet werden, wird der *Lärm-Raumtyp* bestimmt. Je Raster können einerseits Ziel-Schallpegel der Tag- bzw. Nachtimmission bestimmt werden. Andererseits kann ein als Zahlenwert ausgedrückter Betroffenheitsgrad ermittelt werden. Die Vorgehensweise wird explizit für die Verkehrsträger Schiene und Straße (Wasserstraße nicht erwähnt) dargestellt. Auf dieser Basis erfolgt eine Monetarisierung der zu erwartenden Lärmkosten. Dabei wird davon ausgegangen, dass dieser Ansatz für alle Verkehrsarten, Verkehrsträger (bis auf den Luftverkehr) und Wegetypen angewendet werden kann und soll, also auch auf Wasserstraßen bzw. Binnenschiffe.

Zielpegel nach JANSEN et al. (2000)

Demgegenüber geht JANSEN mit seinem auf die Bewertung von Lärm tagsüber im Freiraum zentrierten Ansatz von folgenden Zielpegeln aus, die sich aber, da primär auf die Erholungsnutzung bezogen, nicht auf die Nacht beziehen:

Tab. 4: Zielpegel nach Gebietskategorien bei JANSEN et al.

Bestehende / geplante Gebietskategorien	Zielpegel tags (6-22.00 Uhr) (dB(A))
Krankenhäuser, Schulen, Kur- und Altenheime	57
Reine und allgemeine Wohngebiete, Kleinsiedlungsgebiete, besondere Wohngebiete	59
Kern-, Dorfmisch- und Mischgebiete	64
Kleingärten	64
Wochenendhaus-, Ferienggebiete, Campingplätze	59
Gewerbegebiete	69
Flächen für den Gemeinbedarf, Sport- und Spielanlagen	64
Erholungsflächen und Schutzgebiete	59
Sonstige Freiflächen	64

Der Einstufung liegen überwiegend die Werte der 16. BImSchV zugrunde, die hinsichtlich der Gebietskategorien differenziert wurden. Diesem Ansatz liegen vergleichsweise weniger strenge Zielpegel zugrunde.

5.4 Auswertung von Fallbeispielen

Um die zu erwartende Dimension des Problems abschätzen zu können, wurden vor dem Hintergrund der dargestellten Zielpegel verschiedene Fallbeispiele ausgewertet (UVU zur Vertiefung der Fahrrinne am Neckar (BfG 1993), Planfeststellungsunterlagen für das Wasserstraßenkreuz Magdeburg (PÖU 1995), Lärmgutachten zum Sacrow-Paretzer Kanal (BfG 1995)). Die detaillierten Ergebnisse sind nachfolgend dokumentiert.

UVU zur Vertiefung der Fahrrinne am Neckar, Stauhaltung Pleidelsheim – Aldingen (BfG 1993):

Die maximale Lärmbelastung entsteht während des Bauzeitraums, da die Baggerungen zusätzlich zum laufenden Verkehr erfolgen. Richtwertüberschreitungen bezogen auf den Pegel von 55 dB(A) für allgemeine Wohngebiete entstehen in Entfernungen bis zu 110 m von der Schallquelle, wobei pro Tag mit 15 bis 20 Güterschiffen gerechnet wird. Als Höchstabstand für die Anordnung ergänzender Maßnahmen ergibt sich daraus eine Distanz von 60 m (BfG 1993). Bezüglich der betriebsbedingten Lärmemission vgl. BfG 1995, s. u.).

UVU zur Planfeststellung für das Wasserstraßenkreuz Magdeburg (VDE Nr. 17) und für die Kreisstraße K 215 neu (PÖU 1995):

Die Besonderheit dieses Vorhabens ist eine Kumulation der Lärmbelastung aus unterschiedlichen Quellen. Im Untersuchungsraum ist neben den Wasserstraßen die von der BAB A2 ausgehende Lärmbelastung relevant. Zudem gehen von der geplanten Kreisstraße K 215 erhebliche Lärmemissionen aus. Wesentlich sind die Verhältnisse tagsüber.

Im Hinblick auf die Wasserstraßen sind der Mittellandkanal mit Elbüberquerung zum Elbe-Havel Kanal, die Elbe, sowie die Abstiegsanlagen vom Kanal zur Elbe relevant. Die maximal relevante Lärmimmission durch den Schiffsverkehr liegt bei 50 dB(A).

- Für den Mittellandkanal bzw. den Elbe-Havel-Kanal tritt eine Überschreitung des Zielpegels für Wohngebiete von 50 dB(A) tagsüber durch den Schiffsverkehr entsprechend der erfolgten Lärmprognosen in Bereichen bis ca. 100 m von der Schallquelle auf¹. Ausgehend von einer durchschnittlichen Breite der Anlage von 100 m erfolgt die Überschreitung zu einem großen Teil im Bereich des Kanals selber und den dazugehörigen Böschungen.
- Bezogen auf die Elbe liegt die 50 dB(A) Isophone aufgrund der geringeren Verkehrsmengen in einer Entfernung von ca. 50 m von der Schallquelle und damit noch im Bereich des Stromes.

Insgesamt werden im gesamten Untersuchungsraum die Bereiche mit Lärmimmissionen < 50 dB(A) maßgeblich von dem durch die BAB A 2 verursachten Lärmband bestimmt (Ausbreitungszonen 50 dB(A): 1.200 m, 48 dB(A) tagsüber: ca. 1.500 m, 45 dB(A): 1.800 m). Auch die Lärmbelastung durch die K 215 übersteigt bei ca. 200 m Distanz der 50 dB(A) Isophone noch die durch die Wasserstraßen hervorgerufene Belastung, deren 50 dB(A) Isophone bei maximal 100 m Distanz liegt.

Schifffahrtsbedingte Lärmimmission an Bundeswasserstraßen am Beispiel des Sacrow-Paretzer Kanals (BfG 1995):

In diesem Gutachten erfolgte eine Immissionsprognose unter Einbeziehung des Sportbootsverkehrs. Dabei wird aus Zählungen in vergleichbarer Situation innerhalb der Region ein Anteil der Sportschifffahrt von 40 % angenommen. Folgende Ergebnisse sind hervorzuheben:

Ist-Zustand (tags)

- Für die Tages-Zeit (6 bis 22 Uhr) liegt die Gesamtzahl der Vorbeifahrten werktags im Sommerhalbjahr bei 98. Eine Überschreitung eines Richtwertes

¹ Dabei wurde hier auf der Grundlage der verfügbaren Verkehrsprognosen lediglich der Güterverkehr zugrundegelegt.

Teilbericht Bewertungsmethoden

von 50 dB(A) tritt nur in einer Entfernung von weniger als 30 m von der Bordwand auf.¹

- An Sonn- und Feiertagen wird mit einer Verdoppelung des Sportbootsverkehrs gerechnet bei verringertem Aufkommen der Berufsschifffahrt. Aus 139 täglichen Vorbeifahrten ergeben sich Richtwertüberschreitungen im Ist-Zustand in Entfernungen bis zu 35 m von der Bordwand

Prognosezustand (tags)

- Es ergibt sich bei einer Gesamtzahl von 138 Vorbeifahrten eine Überschreitung von 50 dB(A) in Entfernungen bis zu 40 m von der Bordwand, Sonn- und Feiertags bei 195 Vorbeifahrten in bis zu 50 m Entfernung von der Lärmquelle.

Nachtzeit - Ist-Zustand

- Im Ist-Zustand sind keine Verkehre zu verzeichnen.

Nachtzeit - Prognose

- Im Prognosezustand ergibt sich aus einem geschätzten Anteil von 5 bis 7 % Nachtfahrten der Berufsschifffahrt (5 Vorbeifahrten im Zeitraum zwischen 22 und 6 Uhr) eine Pegelüberschreitung bei Immissionswerten > 40 dB(A) für reine Wohngebiete in bis zu 40 m Entfernung. Eine Überschreitung von 45 dB(A) tritt in bis zu 10 m Entfernung von der Bordwand auf.

Weiterhin sind prognostische Angaben zur Lärmausbreitung für unterschiedliche absolute Verkehrsbelastungen enthalten. Eine Vorbeifahrt von 20 Schiffen am Tag (s. o.) würde demnach beispielsweise nicht zu einer Überschreitung von 50 dB(A) in mehr als 10 m Entfernung von der Bordwand führen. Bei einer Verkehrsstärke von etwa 250 Vorbeifahrten (Wochenende) würde die 50 dB(A) Iso-phonie in 80 m Entfernung von der Quelle verlaufen.

Im Hinblick auf die Entfernung der lärmempfindlichen Gebiete von der Lärmquelle wird davon ausgegangen, dass

- die Emissionsquelle mindestens 10 m Entfernung von der Uferlinie aufweist,
- Gebäude usw. in der Regel eine Mindestentfernung von der Uferlinie von 20 m aufweisen, woraus sich ein Mindestabstand von der Quelle von 30 m ergibt.

Das Gutachten kommt zu dem Schluss, dass für den Ist-Zustand, aber auch den Prognosezustand keine Richtwertüberschreitungen zu erwarten sind. Wird allerdings der strengere 40 dB(A)-Wert zugrundegelegt (nach AMTSBLATT FÜR BRANDENBURG), so werden bei Überschreitung in bis zu 45 m Entfernung von der

¹ Nachts findet kein Verkehr statt.

Bordwand Beeinträchtigungen nicht mehr generell ausgeschlossen (5 Vorbeifahrten in 8 Stunden).

5.5 Konsequenzen für die Gesamtwirtschaftliche Bewertung der BVWP

Insgesamt zeigt sich, dass die von den Bundeswasserstraßen ausgehende Lärmemission im Vergleich mit den Verkehrsträgern Straße und Schiene von untergeordneter Bedeutung ist. Hierfür sind folgende Faktoren relevant:

- Geringe Mittelungspegel der Lärmimmission aufgrund der geringen Verkehrsdichte und vergleichsweise geringen absoluten Werten der Lärmemission.
- Aus den vergleichsweise großen Breiten der Wasserstraßen ergibt sich, dass der im Hinblick auf die Verlärmung möglicherweise noch relevante Bereich überwiegend im Bereich der Wasserstraße selber mit ihren Uferanlagen und Böschungen liegt. So kann eine Beeinträchtigung empfindlicher Siedlungsbereiche, insbesondere von reinen Wohngebieten, weitestgehend ausgeschlossen werden, wenn vergleichbare Maßstäbe zu den Verkehrsträgern Straße/Schiene angelegt werden.
- Darüber hinaus zeigt sich, dass durch Wasserstraßen relevante Emissionen von Freizeitlärm, insbesondere durch Sportbootsverkehr, hervorgerufen werden können. Diese Emissionen überlagern die durch den Güterverkehr verursachten und können u. U. für die Höhe der Gesamtemission bestimmend sein. Im Sinne einer vergleichbaren Bewertung der Verkehrsträger ist zu diskutieren, ob derartige Lärmquellen nicht unberücksichtigt bleiben sollten bzw. müssen. So wird Freizeitlärm, der durch die Erschließungswirkung von Straßen bedingt ist, gleichfalls nicht konsequent in die gesamtwirtschaftliche Bewertung im Rahmen der BVWP einbezogen. Dies ist aber letztlich eine Frage der einheitlichen Definition der Systemgrenzen.
- Die rechnerische Ermittlung von Mittelungspegeln stellt sich besonders bei geringeren Verkehrsstärken als problematisch dar. Es stellt sich die Frage, ob eine Überschreitung dieses Mittelungspegels von 40 dB(A) in einer Distanz von bis zu 40 m durch fünf Vorbeifahrten innerhalb von acht Stunden noch ein realistisches Abbild der realen Belastung darstellt (wie in BfG 1995 ermittelt). So zeigt sich im Hinblick auf die zugrundezulegenden Richtwerte/Zielpegel, dass sowohl auf die Binnenschifffahrt bezogen als auch im intermodalen Vergleich bislang keine einheitlichen und abgestimmten Immissionszielpegel für die Binnenschifffahrt bestehen. Hier zeigt sich weiterer Forschungsbedarf. Dabei sollte die unterschiedliche Charakteristik der verschiedenen Verkehrsträger gleichfalls berücksichtigt werden (Frequenzzusammensetzung, Impulshaltigkeit und Charakteristik der Einzelergebnisse als Indikatoren für Lästigkeit).

Die untersuchten Beispiele zeigen, dass kaum eine erhebliche Überschreitung der in den aktuellen Methodenvorschlägen von IWW et al. sowie von JANSEN et al. für die Verkehrsträger Straße bzw. Schiene zugrundegelegten Zielpegel zu erwarten sein wird. Dies könnte allenfalls dann der Fall sein, wenn auf einer Wasserstraße mit direkt angrenzenden Raumnutzungstypen der höchsten Empfindlichkeitsstufe eine erhebliche Verkehrsmenge im Nachtbetrieb abgewickelt werden würde, sofern die vorsorgeorientierten Orientierungswerte der DIN 18005 zugrundegelegt werden.

Empfehlungen

Angesichts dieser Situation werden folgende Empfehlungen zur Berücksichtigung der Lärmemission durch den Schiffsverkehr auf Bundeswasserstraßen im Rahmen der Bundesverkehrswegeplanung gegeben:

- Aufgrund der untergeordneten Bedeutung der von der Binnenschifffahrt ausgehenden Lärmemissionen sowohl im Vergleich mit den Verkehrsträgern Straße und Schiene (im Rahmen der Bundesverkehrswege) als auch im Vergleich mit anderen Lärmquellen (z. B. nachgeordnetes Straßennetz) wird empfohlen, in der gesamtwirtschaftlichen Bewertung der Maßnahmen für den BVWP die Lärmproblematik für die Wasserstraßen außer acht zu lassen, soweit nicht im Prognosefall in erheblichem Umfang mit der Zunahme von Verkehren in den Nachtstunden gerechnet wird.
- Bei erheblichem Anteil von Verfahren in den Nachtstunden sollte ein Berechnungs- und Bewertungsverfahren für die Wasserstraßen gewählt werden, mit dem entsprechend der Ausbauvorhaben für Straßen und Schienenwege trassenbezogene Ergebnisse berechnet werden können. Flächenbezogene Verfahren, wie von JANSEN et al. (2000) vorgeschlagen, sind nicht geeignet.
- Bei erheblichem Anteil von Verkehren während der Nachtstunden wird unter Berücksichtigung der bei PLANCO (1999) vorgeschlagenen Zielpegel von 37 dB(A) für Straßenverkehrslärm und 42 dB(A) für Schienenverkehrslärm und unter Einbeziehung der spezifischen Charakteristik der Schallimmissionen durch Binnenschiffe als Richtwert für die Berücksichtigung von Lärmimmissionen an Bundeswasserstraßen einstweilen ein Zielpegel von ≥ 45 dB(A)/nachts vorgeschlagen. Bei der Berechnung von Mittelungspegeln ist die geringe Verkehrsbelastung zu berücksichtigen (s. o.).
- Sofern Nachtverkehre im Prognosefall keinen erheblichen Anteil aufweisen, kann der Nachtverkehr für die Binnenschifffahrt nicht, wie bei PLANCO für Straßen/Schienenwege vorgeschlagen, als Referenz für die Situation tagsüber herangezogen werden. Es müssen dann die entsprechenden Zahlungsbereitschaften für wenig Lärm (tagsüber) zugrundegelegt werden. Nach WEINBERGER et al. (1991), zit. in PLANCO (1999), ergibt sich für Straßenverkehrslärm ein Zielpegel von 43 dB(A). Die Festlegung eines Zielpegels für die Binnenschifffahrt führt bei einer Vorgehensweise analog zur Situation nachts zu einem Zielpegel von ≥ 51 dB(A). Dies entspricht zugleich den strengen Vorsorgewerten der DIN 18005. Die Ermittlung der Kosten kann dann ent-

Teilbericht Bewertungsmethoden

sprechend auf der Basis der von WEINBERGER et al. ermittelten Zahlungsbereitschaften, wie in PLANCO (1999, S. 115 ff, vgl. auch Tab. 5) erläutert, erfolgen.

- Für intermodale Betrachtungen im Rahmen von Güterverkehrsprognosen ergibt sich daraus, dass bei Verlagerung von Verkehren von der Straße oder der Schiene auf die Wasserstraße insgesamt mit einer entsprechenden Entlastung bezüglich der Lärmemission gerechnet werden kann. Dies wird sich aufgrund des maßnahmenbezogenen Bewertungsansatzes und angesichts der angewendeten Mittelungsverfahren in aller Regel aber nicht oder allenfalls marginal als Entlastungswirkung bemerkbar machen, und vor allem dann, wenn ein maßgeblicher Anteil der Güterverkehre verlagert werden kann und diese gleichzeitig einen wesentlichen Anteil am Gesamtverkehr auf der jeweiligen Relation ausmachen.

Tab. 5: Individuelle Zahlungsbereitschaften, Lautheitsgewichte und Zahlungsbereitschaften je Lärm-Einwohner-Gleichwert p. a., Preisstand 1989

Geräuschpegel in dB(A)	Wenig Lärm tags, Zielpegel: $L_z = 51$ dB(A)		
	Zahlungsbereitschaft p. a.	Lautheitsgewicht	Zahlungsbereitschaft je Lärm-Einwohner- Gleichwert
48 - 53	24 DM	0	0 DM
53 - 58	96 DM	15,83	72,75 DM
58 - 63	96 DM	22,39	51,45 DM

Quelle: PLANCO (1999), veränderte Geräuschpegel

Literatur

- ARGE WESER (1996): Ökologische Gesamtplanung Weser. Grundlagen, Leitbilder und Entwicklungsziele für Weser, Werra und Fulda. Hildesheim
- BECKMANN, M.; LAMBRECHT, H. (2000): Verträglichkeitsprüfung und Ausnahmeregelung nach § 19c BNatSchG. – In: Zeitschrift für Umweltrecht, Heft 1, S. 1-8
- BfG (1993): Umweltverträglichkeitsuntersuchung zur Vertiefung der Fahrrinne am Neckar
- BfG (1994): Abschätzung der schiffahrtsbedingten Geräuschemissionssituation im Nahbereich der Schleuse Spandau, BfG 0867
- BfG (1995): Schifffahrtsbedingte Lärmimmission an Bundeswasserstraßen am Beispiel des Sacrow-Paretzer Kanals. BfG - 0920
- BfG (1996): Umweltverträglichkeitsuntersuchungen an Bundeswasserstraßen – Materialien zur Bewertung von Umweltwirkungen. Mitteilung Nr. 9. Koblenz
- BfG (1997): Ökologische Risikoeinschätzung zu Projekten des Bedarfsplanes „Ausbau der Bundeswasserstraßen. Bericht Nr. 0955. I. A. d. BMV
- BfG (2000): Weiterentwicklung der Methode zur Ökologischen Risikoeinschätzung für Projekte an Bundeswasserstraßen (Arbeitspapier) sowie Ökologische Risikoeinschätzung Dortmund-Ems-Kanal km 138,3 - 212,5 (Entwurf; unveröff. Gutachten)
- BfG (2000 b): Umweltverträglichkeitsuntersuchungen an Bundeswasserstraßen. Materialien zur Behandlung von Alternativen und Wechselwirkungen sowie zur Durchführung der Verträglichkeitsprüfung nach FFH-Richtlinie. Koblenz, Berlin
- BfG/BfN (1997): Gemeinsame Stellungnahme von BfG und BfN zu Projekten des Bedarfsplanentwurfes für den Ausbau von Bundeswasserstraßen. Arbeitspapier
- BfN (1996): Daten zur Natur 1996. Bonn
- BfN (1999): Daten zur Natur 1999. Bonn
- BMELF (1996): Agrarbericht der Bundesregierung 1996. BTDrS. 13/ 3680
- BMV (BUNDESMINISTER FÜR VERKEHR) [Hrsg.] (1993): Gesamtwirtschaftliche Bewertung von Verkehrswegeinvestitionen – Bewertungsverfahren für den Bundesverkehrswegeplan 1992. In Schriftenreihe, H. 72. Bonn
- BMV (1998): So plant der Bund seine Verkehrswege. Investitionspolitische Ziele des Bundesverkehrswegeplans 1992. - Bonn, Februar 1998
- BMVBW (2000): Verkehrsbericht 2000. Integrierte Verkehrspolitik: Unser Konzept für eine mobile Zukunft. Berlin

Teilbericht Bewertungsmethoden

- BOSCH + PARTNER (1993): Faktische Grundlagen für die Ausgleichsabgabenregelung. Forschungsvorhaben i. A. d. BFANL (BfN)
- BOSCH + PARTNER, ARSU, TU FREIBERG (1998): Beurteilungskriterien für die Auswirkungen des Bundeswasserstraßenausbaus auf Natur und Landschaft. - F+E-Vorhaben 809 01 001 i. A. d. BfN. Veröff. In BfN (Hrsg.): Angewandte Landschaftsökologie, H. 28. Bonn 1999
- BOSCH + PARTNER (2000): Risikoeinschätzung Dortmund-Ems-Kanal km 138,3 – 212,5 (Entwurf; unveröff. Gutachten)
- Bundeswasserstraßengesetz (WaStrG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 23. August 1990 (BGBl. I S. 1818)
- BVerwG, Urteil v. 10.04.1997 - 4 C 5.96 - NuR 1997, S. 441
- DIN 18005, Beiblatt 1, Teil 1 (1987): Schallschutz im Städtebau – Schalltechnische Orientierungswerte für die städtebauliche Planung
- DVWK (1996): Maßnahmen an Fließgewässern – umweltverträglich planen. DVWK-Merkblatt, Entwurf
- FFH-RL (1992): Richtlinie 92/43/EWG des Rates vom 21. Mai 1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Pflanzen und Tiere (Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie). - Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, Nr. L 206/7 vom 22.07.1992, Teil II: Nicht veröffentlichungsbedürftige Rechtsakte
- HEUSCH/BOESEFELD (1997): Ergänzung und Aktualisierung der Verfahren zur Bewertung von Fernstraßenprojekten für die Bundesverkehrswegeplanung. Schlussbericht. I. A. d. BMV. Aachen
- IWW, IFEU, KuP, PÖU, PTV (1999): Entwicklung eines Verfahrens zur Aufstellung umweltorientierter Fernverkehrskonzepte als Beitrag zur Bundesverkehrswegeplanung. In: UBA (Hg.): Berichte 4/99. Berlin
- JANSEN; P.; WAGNER, D. (2000): Lärmbewertungsverfahren für den Bundesverkehrswegeplan – Verfahrensvorschlag für die Bewertung von Geräuschen im Freiraum. Unveröff. Forschungsvorhaben i. A. d. UBA
- KRAUSE, N. (1995): Wasserstraßenausbau – Ökonomische und ökologische Aspekte. In: BfG (Hg.): Wasserstraßen und Umwelt. Beiträge zum HTG-Sprechtage am 15. Juni 1994 in Koblenz
- LAMBRECHT, H. (1998): Der Vollzug des Vermeidungsgebots der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung – Grundlagen, offene Fragen und Perspektiven am Beispiel des Straßenbaus – In: Zeitschrift für Angewandte Umweltforschung, Jg. 11, H. 2, S. 167-185
- LAMBRECHT, H. (2001): FFH-Verträglichkeitsprüfung für Pläne: Ein Erfordernis auch für den Bundesverkehrswegeplan und die Bedarfspläne ? – Ein Diskussionsbeitrag – Mskr., Hannover, Stand: 28.März 2001
- PFLUME, P.; SALM, P.; STELZIG, V. (2000): Erläuterungen zur Durchführung der Verträglichkeitsprüfung nach FFH-Richtlinie an Bundeswasserstraßen. In: BfG 2000 (b), S. 37 - 64

Teilbericht Bewertungsmethoden

- PLANCO (1995): Berücksichtigung wissenschaftlicher Erkenntnisfortschritte im Umweltschutz in der Bundesverkehrswegeplanung. I. A. d. BMV. Essen
- PLANCO (1999): Modernisierung der Verfahren zur Schätzung der volkswirtschaftlichen Rentabilität von Projekten der Bundesverkehrswegeplanung. I. A. d. BMVBW (F+E Nr. 96 487/97, unveröff.)
- PLANUNGSGRUPPE ÖKOLOGIE + UMWELT (PÖU 1995):– Umweltverträglichkeitsstudie für den Ausbau des Wasserstraßenkreuz Magdeburg. Planfeststellungsunterlagen für das Wasserstraßenkreuz Magdeburg, Anlage 10
- PÖU (1996): Umweltwirksamkeit von Maßnahmen der Bundesverkehrswegeplanung. Fallstudien. I. A. d. UBA (unveröff.)
- PÖU (2000): Weiterentwicklung der naturschutzfachlichen Bewertungsgrundlagen und -methoden im Rahmen der Umweltrisikoeinschätzung (URE) – Teil Umweltrisikoeinschätzung. Schlussbericht. I. A. d. Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen - FE-Nr. 96.498/1999
- PÖU (2001): Weiterentwicklung der naturschutzfachlichen Bewertungsgrundlagen und -methoden im Rahmen der Umweltrisikoeinschätzung (URE) – Teil Kompensationskosten Straße/Schienenwege. Schlussbericht (Entwurf). I. A. d. Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen - FE-Nr. 96.498/1999
- QUADE, J. (1993): Faustzahlen für die Landwirtschaft. Bochum
- SCHWABG (Gesetz über den Ausbau der Schienenwege des Bundes – Bundes-schienenwegeausbaugesetz). Vom 15. November 1993 (BGBl. I S. 1874), geändert durch Gesetz vom 27. Dezember 1993 (BGBl. I S. 2378)
- SIEBER, G.; WILDENHAHN, E. (2000): Die Alternativenuntersuchung in der Umweltverträglichkeitsprüfung. In: BfG 2000 (b), S. 9 - 26
- STATISTISCHES BUNDESAMT: CORINE-Datensatz zur Landnutzung (CD-ROM)
- TU BERLIN - INSTITUT FÜR MANAGEMENT IN DER UMWELTPLANUNG (2000): Forum VP; Ist der Bundesverkehrswegeplan ein prüfpflichtiger Plan im Sinne der FFH-Richtlinie (Mskr.)
- UBA (1995, 1997) Maßnahmenplan Umwelt und Verkehr – Ein Konzept für eine nachhaltig umweltverträgliche Verkehrsentwicklung in der Bundesrepublik Deutschland. Berlin
- UBA (1996): Umweltqualitäts- und Umwelthandlungsziele im Gewässerschutz. Texte 63/96; Berlin
- VERORDNUNG ZUR RHEINSCHIFFS-UNTERSUCHUNGSORDNUNG vom 26.03.1976, Teil 1 (BGBl 1976, Teil 1, Nr. 35, S. 796)
- VDI 2058, Blatt 1: Beurteilung von Arbeitslärm in der Nachbarschaft

Teilbericht Bewertungsmethoden

VV-WSV 1401: Richtlinien für das Planfeststellungsverfahren zum Ausbau oder Neubau von Bundeswasserstraßen, Teil 3: Bewertungsverfahren in der Umweltverträglichkeitsuntersuchung

WASTRG (Bundeswasserstraßengesetz). In der Fassung vom 23. August 1990 (BGBl. I S. 1818), zuletzt geändert durch Gesetz vom 25. August 1998 (BGBl. I S. 2489)

ZUNDEL, R. (1990): Einführung in die Forstwirtschaft. Stuttgart

Anlage 1:

Grundlagen des Kompensationskostenansatzes

1 Gesamtkonzept

Der Methodenvorschlag basiert auf dem Konzept zur Berücksichtigung der Kosten für die Beanspruchung von Natur und Landschaft im Rahmen der BVWP, wie es in dem zugrunde liegenden F+E-Vorhaben (UBA, 105 06 001): *Entwicklung eines Verfahrens zur Aufstellung umweltorientierter Fernverkehrskonzepte als Beitrag zur Bundesverkehrswegeplanung* (IWW et al. 1999) abgeleitet aus den Vorgaben des § 2 UVPG auf der Grundlage des BNatSchG entwickelt wurde.

Die Konzeption geht von der Prämisse aus, dass eine monetäre Bewertung immer nur auf der Grundlage und als Ergänzung einer dem Maßstab (hier: der BVWP) entsprechend differenzierten ökologisch-fachlichen Bewertung Anwendung finden soll. Sie ist für die Bewertung von Einzelvorhaben der Verkehrsträger Straße und Schiene sowie die Beurteilung künstlicher Wasserstraßen auf eine zugrundeliegende umweltfachliche Bewertung auf einer Maßstabsebene von ca. 1:100.000 ausgerichtet.

Der Bearbeitung wurden drei unterschiedliche, sich ergänzende *Umweltziele für Natur und Landschaft im unbesiedelten Bereich* zugrundegelegt:

- Die **Vermeidung** von Beeinträchtigungen besonders wertvoller Bereiche (naturschutzrechtliches Vermeidungsgebot, BNatSchG, § 8). Fachliche Basis soll die *Definition von Ausschlussräumen* sein, die aufgrund von *prioritären Umweltzielen* künftig von jeglichem Verkehrswegebau bzw. zusätzlichen Beeinträchtigungen freigehalten werden sollen (Diskussionsentwurf einer Konvention, UMWELTBUNDESAMT, 1997)
- **Kompensation** (Ausgleich) für Gegebenheiten und Funktionen, die durch die Anlage und den Betrieb von Verkehrswegen verloren gehen (naturschutzrechtliches Ausgleichsgebot, BNatSchG, § 8). Grundlage soll eine flächendeckende umweltfachliche Untersuchung sein (s. o.). Einbezogen wird *anlagebedingte Flächenbeanspruchung, betriebsbedingte randliche (lokale) Beeinträchtigungen durch Schadstoffe und Lärm* sowie *Beeinflussung der Standortverhältnisse* durch sich ergebende Folgeeffekte der Flächenbeanspruchung auf angrenzenden Flächen.
- Die Forderung, künftig **keine zusätzlichen Flächen** durch den Bau von Verkehrswegen **zu versiegeln** (Diskussionsentwurf einer Konvention, UMWELTBUNDESAMT, 1997). Durch die sich damit ergebende Erfordernis einer gleichzeitigen Flächenentsiegelung bei Neubau von Verkehrswegen werden Grundfunktionen der Schutzgüter Boden, Grundwasser und Klima berücksichtigt.

Darauf aufbauend wurden drei *monetär-quantifizierende Ansätze* vorgeschlagen und in einer dem Maßstab entsprechenden Form entwickelt:

Teilbericht Bewertungsmethoden

1. **Vermeidungskostenansatz:** monetäre Quantifizierung auf der Basis von Kosten für *Maßnahmenalternativen, -varianten bzw. technische Vermeidungs- bzw. Minimierungsmaßnahmen*.
2. **Kompensationskostenansatz:** monetäre Quantifizierung auf der Basis von *Wiederherstellungskosten betroffener Wertmerkmale der Biotopstrukturen*.
3. **Entsiegelungskostenansatz:** monetäre Quantifizierung auf der Grundlage einer Abschätzung der Neuversiegelung über die *Kosten entsprechender Entsiegelungsmaßnahmen* erfolgen.

Durch Kombination dieser Ansätze können Funktionsverluste für das Schutzgut Arten und Biotope sowie der Schutzgüter Boden, Grundwasser und Klima im Rahmen gewisser Standardausprägungen in monetären Dimensionen erfasst werden.

Besondere Werte und Funktionen bezüglich der Schutzgüter Arten und Biotope sowie Landschaft können im Rahmen einer Definition von Ausschlussräumen über Vermeidungskosten einfließen.

Tab.: Ansatz für eine verkehrsträgerübergreifende Einbeziehung außer-örtlicher Umweltauswirkungen unterschiedlicher Verkehrsträger in die gesamtwirtschaftliche Bewertung der BVWP

Zugrundeliegende Konvention	Kosten-ermittlung	Straße	Schiene	Binnenwasserstraße	
				Kanäle	Flusssysteme
Eingriffsregelung – Vermeidung bzw. Minderung von Beeinträchtigungen (§ 8 BNatSchG); ergänzend § 1a WHG	Vermeidungskosten Basis: Ausschlussräume für Verkehrswegebau, (UBA 1995)	Anwendung für <i>Neubaumaßnahmen</i> bei Umgehung bzw. Untertunnelung von Ausschlussräumen möglich Anwendung für <i>Ausbaumaßnahmen</i> bei Beeinträchtigung von Ausschlussräumen möglich, soweit Verkehrsprojekt vorrangig			Soweit prioritäre Umweltziele betroffen sind, auch bei großräumiger Beeinträchtigung der Dynamik des Flusssystems
Eingriffsregelung – Ausgleich bzw. Ersatz von Beeinträchtigungen (§ 8 BNatSchG)	Kompensationskosten Basis: umweltfachliche Bewertung	Flächenbeanspruchung bei Neu- und Ausbau Randliche Beeinträchtigung bei Neubaumaßnahmen	Flächenbeanspruchung bei Neu- und Ausbau randliche Beeinträchtigung bei Neubaumaßnahmen	Flächenbeanspruchung und Wertverlust bei Neu- und Ausbau	Flächenbeanspruchung terrestrischer Biotope durch Ausbaumaßnahmen; Ausgleich lokaler Beeinträchtigungen des Flussschlauchs
Keine zusätzliche Versiegelung durch Fernstraßen (UBA 1995)	Entsiegelungskosten Basis: Neuversiegelung	Flächenversiegelung bei Neu- und Ausbau	Die zugrundeliegende Konvention wird nicht oder nur eingeschränkt auf den Bau von Schienenwegen und Wasserstraßen bezogen.		

aus: IWW 1999, verändert

2 Erläuterungen zum Kompensationskostenansatz

Der Ansatz für die Verkehrsträger Schiene/Straße geht davon aus, dass die Vorabschätzung von Kosten ausgehend von einer typisierten Eingriffsintensität hilfsweise und vereinfachend anhand der Auswirkungen auf die vorhandenen Biotopstrukturen erfolgen kann. Die Biotopstrukturen werden also als Indikatoren für die Beeinträchtigung der im außerörtlichen Bereich insgesamt zu berücksichtigenden Schutzgüter des UVPG (die im Übrigen auch für die umweltfachliche Bewertung zugrundegelegt werden) verwendet.

Ausgangspunkt für die Ableitung monetärer Werte sind *naturschutzfachliche Anforderungen an die Dimensionierung von Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen* (IFL 1996) hinsichtlich *funktionaler* sowie *zeitlicher* Anforderungen an eine Wiederherstellung des Ausgangsbiotops. Als Datenbasis ist eine dem Maßstab entsprechende umweltfachliche Untersuchung von Natur und Landschaft erforderlich.

Für die Ableitung von Kosten wird von einer flächenmäßigen 1:1-Kompensation ausgegangen. Ausgehend von den Vorschlägen des IFL (1996) sind bei der Bemessung von biotoptypbezogenen Geldleistungen zur Kompensation von Eingriffsfolgen folgende Bestandteile der *Herstellungskosten* zu berücksichtigen:

- Kosten für die Flächenbeschaffung von Ausgleichsflächen (Grunderwerb).
- Kosten der Erstinstandsetzung einer Fläche für standardisierte Ausgangsfälle (als Kostenspannen).
- Kosten für jährlich bzw. in bestimmten Abständen erforderliche Pflegemaßnahmen sowie für jährliche Ertragsausfallzahlungen an land- und forstwirtschaftliche Nutzer.

Als Grundlage für die Ableitung von Kosten können Kostendateien verwendet werden, wie sie z. B. von BOSCH + PARTNER (1993) bezogen auf die konkrete Durchführung von Maßnahmen, zusammengestellt wurden. Um den Bezug der raumbezogenen Informationen auf die Ebene der Bundesverkehrswegeplanung sicherzustellen, wurden mehrere Generalisierungsschritte vorgeschlagen:

- **Festlegung relevanter Zieltypen:** Zieltypen mit in der Regel kleinräumiger bzw. ausschließlich linearer Ausprägung werden ausgeklammert. Die Zieltypen werden um die intensiv genutzten Biotop-Standorte des *Grünlandes*, des *Ackerlandes* sowie der *Sonderkulturen* ergänzt
- **Generalisierung der Ausgangssituationen und Maßnahmenbündel:** Als Ausgangsbiotop einer Regeneration wird in der Regel von intensiv genutzten Acker-, Grünland- oder Waldstandorten ausgegangen. Die sogenannte „Vorwertigkeit“ dieser Flächen fließt im Zusammenhang mit dem Entsiegelungskostenansatz ein.
- **Raumbezogene Generalisierung:** Erst für auch räumlich generalisierte Informationen ist eine Bearbeitung auf der Maßstabsebene der BVWP machbar. Die *Biotoptypen* werden daher in *Biotop-Standortgruppen* zusammengefasst, die unter Einbeziehung insbesondere der abiotischen Standortverhältnisse entstehen.

Auf diese Weise werden biotoptypspezifische, aber vom konkreten räumlichen Zusammenhang losgelöste durchschnittliche Kostenspannen für eine Wiederherstellung, bezogen auf 1 ha Eingriffsfläche, ermittelt.

3 Hinweise für die Berücksichtigung des *Time Lags* bei Eingriffen durch Wasserstraßenausbau

Den **zweiten Hauptbestandteil** bilden Kosten zur Berücksichtigung erheblicher, zeitlich befristeter Funktionsverluste („*Time-Lag-Effekt*“) bei Regenerationszeiträumen von mehr als fünf Jahren. Als Grenze des Betrachtungszeitraumes wird von 150 Jahren ausgegangen. Diese Zeitspanne kann als obere Grenze einer Wiederherstellbarkeit angesehen werden (z. B. BOSCH + PARTNER 1993). Der Aufschlag berechnet sich aus den 1:1 Wiederherstellungskosten und dem Zinssatz einer langfristigen Kreditaufnahme, multipliziert mit der Entwicklungszeit des jeweiligen Biotopes in Anlehnung an SCHWEPPE-KRAFT (1992) bzw. SCHEMEL et al. (1993)¹. Damit wird dem Problem Rechnung getragen, dass die Kompensationsmaßnahmen, um einen funktionalen Ausgleich im Sinne des Gesetzes zu erreichen, bereits in der Vergangenheit hätten durchgeführt werden müssen.

In der nachfolgenden Tabelle sind diejenigen Biotop-Strukturtypen markiert, die bei Eingriffen durch den Ausbau von Bundeswasserstraßen vordringlich für eine Anwendung des *Time – Lags* in Frage kommen. Aufgrund der Dynamik des Fließgewässer – Aue Komplexes kann in den meisten Fällen erwartet werden, dass die jeweiligen Strukturtypen ihre wesentlichen Funktionen bereits in vergleichsweise kurzer Zeit erreichen werden. Beispielsweise kann von kurzen bis sehr kurzen Wiederbesiedlungszeiträumen durch die Fauna ausgegangen werden. Daher sind die diesbezüglichen Angaben aus der Literatur für diese Fälle nicht ohne weiteres anwendbar.

Als generelle Regel kann zugrundegelegt werden, dass v. a. für Wälder wegen der langen Lebensdauer der Bäume und der hiervon abhängigen Strukturen (Totholz) eine uneingeschränkte Verwendung des *Time – Lags* in Frage kommt. Für alle anderen Biotopstrukturtypen, soweit sie für die Flussauen relevant sind, kommt wegen verkürzter Regenerationszeiträume eine Anwendung des *Time – Lags* in eingeschränkter Form in Frage. Teilweise kann dessen Einbeziehung auch vernachlässigt werden.

¹ Die Formel wurde bezogen auf das Konzept einer vorsorgenden Biotopneuschaffung entwickelt. Sie wird hier auf eine im Grundsatz ähnliche Problematik angewendet.

Teilbericht Bewertungsmethoden

Durchschnittliche Wiederherstellungskosten für unterschiedliche Biotopstrukturtypen bei Eingriffen durch Wasserstraßen-ausbau (nach BOSCH + PARTNER 1993)

Auswahl relevanter Biotopstrukturtypen (Zieltypen)	Herstellungskosten pro ha (min)	Herstellungskosten pro ha (max)	Kosten der Entwicklungspflege (Mittelwert)	Grund-erwerbskosten pro ha	Gesamtkosten pro ha (min)	Gesamtkosten pro ha (max)	Gesamtkosten pro ha (Mittelwert)	Hinweise zur Berücksichtigung des Time Lags
Quellfluren	152.000 DM	384.000 DM	0 DM	30.000 DM	182.000 DM	414.000 DM	298.000 DM	15 Jahre
unregulierte Fließgewässer	456.800 DM	765.500 DM	20.000 DM	30.000 DM	506.800 DM	815.500 DM	661.150 DM	nicht relevant
mesotrophe Stillgewässer	117.000 DM	181.000 DM	5.000 DM	30.000 DM	152.000 DM	216.000 DM	184.000 DM	nicht relevant
temporäre Stillgewässer	225.000 DM	225.000 DM	0 DM	30.000 DM	255.000 DM	255.000 DM	255.000 DM	nicht relevant
Trockenrasen	75.000 DM	79.000 DM	17.000 DM	30.000 DM	122.000 DM	126.000 DM	124.000 DM	eingeschränkt
Niedermoore/Sümpfe	188.000 DM	208.000 DM	96.000 DM	30.000 DM	314.000 DM	334.000 DM	324.000 DM	eingeschränkt
Großseggenried	171.000 DM	233.000 DM	37.000 DM	30.000 DM	238.000 DM	300.000 DM	269.000 DM	Eingeschränkt
Röhricht	167.000 DM	384.000 DM	0 DM	30.000 DM	197.000 DM	414.000 DM	305.500 DM	Nicht relevant
Feldgehölze u.a.	159.000 DM	159.000 DM	53.500 DM	30.000 DM	242.500 DM	242.500 DM	242.500 DM	Nicht relevant
Weichholz - Auwälder	86.000 DM	86.000 DM	0 DM	30.000 DM	116.000 DM	116.000 DM	116.000 DM	Eingeschränkt
Hartholz - Auwälder, Bruchwälder	86.000 DM	86.000 DM	0 DM	30.000 DM	116.000 DM	116.000 DM	116.000 DM	>75 Jahre
Naturnaher Laubmischwald	52.000 DM	86.000 DM	0 DM	30.000 DM	82.000 DM	116.000 DM	99.000 DM	>75 Jahre
Ackerbrache	- DM	- DM	0 DM	30.000 DM	30.000 DM	30.000 DM	30.000 DM	Nicht relevant
Halbtrockenrasen	56.000 DM	77.000 DM	23.500 DM	30.000 DM	109.500 DM	130.500 DM	120.000 DM	Eingeschränkt
Borstgrasrasen	59.000 DM	77.000 DM	14.000 DM	30.000 DM	103.000 DM	121.000 DM	112.000 DM	eingeschränkt
Extensivgrünland, frisch	54.000 DM	75.000 DM	11.500 DM	30.000 DM	95.500 DM	116.500 DM	106.000 DM	nicht relevant
Extensivgrünland, nass-feucht	59.000 DM	79.000 DM	24.500 DM	30.000 DM	113.500 DM	133.500 DM	123.500 DM	nicht relevant
Acker, extensiv genutzt	- DM	- DM	0 DM	30.000 DM	30.000 DM	30.000 DM	30.000 DM	nicht relevant
Streuobst	33.000 DM	45.000 DM	44.000 DM	30.000 DM	107.000 DM	119.000 DM	113.000 DM	eingeschränkt
Kiefernwälder	26.000 DM	26.000 DM	0 DM	30.000 DM	56.000 DM	56.000 DM	56.000 DM	>75 Jahre
Laub/Mischforst	51.000 DM	51.000 DM	0 DM	30.000 DM	81.000 DM	81.000 DM	81.000 DM	45 Jahre
Nadelforst	31.000 DM	31.000 DM	0 DM	30.000 DM	61.000 DM	61.000 DM	61.000 DM	nicht relevant
Wald-Strauch-Übergangsstadien	51.000 DM	51.000	0	30.000 DM	81.000	81.000	81.000 DM	nicht relevant

Anlage 2:

Berücksichtigung erheblicher Auswirkungen auf konkurrierende Nutzungen

Nachfolgend wird diskutiert, ob und in welcher Weise Folgewirkungen der Auswirkungen von Eingriffen in das Gewässer (d. h. sekundäre Wirkungen) auf konkurrierende Umweltnutzungen in die Bewertung einfließen können. Es wird davon ausgegangen, dass direkte Folgewirkungen des Wasserstraßenausbaus, wie Wechselwirkungen mit terrestrischen **Verkehrswegen** (Brücken, Fähren, Kosten baulicher Maßnahmen, von Umwegfahrten) sowie mögliche städtebauliche Wirkungen bereits an anderen Stellen der volkswirtschaftlichen Bewertung berücksichtigt werden.

Für wirtschaftlich genutzte Flächen ist in der Regel eine Bewertung auf Grundlage der geschätzten Ertragsausfälle vorzunehmen. Dies betrifft landwirtschaftliche und forstwirtschaftliche Flächen ebenso wie touristisch oder für Freizeit Zwecke genutzte Naturräume. Treten über die reine Veränderung der Flächennutzung Sekundäreffekte auf, wie z. B. Absenkung des Grundwasserpegels, so sind die daraus folgenden Konsequenzen einzubeziehen. Dies betrifft

- Folgen für die landwirtschaftliche und forstwirtschaftliche Produktion und
- Folgen für die Wasserversorgung der Bevölkerung (auch zusätzliche Aufwendungen zur Frischwasserversorgung der Bevölkerung, z. B. durch Ferntransport von Wasser).

Auf der anderen Seite ist zu sehen, dass Eingriffe in Flussläufe für die menschliche Nutzung nicht nur auf der Seite des Transports positive Effekte haben können, die den negativen gegenzurechnen sind. So können weitere positive Effekte durch eine Nutzung des Flusses für die Energiegewinnung und ggf. die Nutzung von gewonnenen Flächen für wirtschaftliche Zwecke erzielt werden.

Diese verschiedenen direkten und indirekten, negativen wie positiven Effekte sind mit einer insgesamt vergleichbaren Genauigkeit im Rahmen der gesamtwirtschaftlichen Bewertung zu berücksichtigen. Folgende Nutzungen können generell relevant sein:

- **land- und forstwirtschaftlichen Flächennutzung:** Relevant sind Wirkungen, die auf eine Veränderung der standörtlichen Verhältnisse zurückzuführen sind. Da sich Land- und Forstwirtschaft generell auf die gesamte Landesfläche beziehen, stellen diese Nutzungen keine konkurrierenden Nutzungen im engeren Sinne dar (d. h. es sind ausreichend Flächen vorhanden). Für land- und Forstwirtschaft können sich bewertungsrelevante Ertragsausfälle aus Veränderungen der Grundwasserstände (Absenkung/Anstieg) durch erhebliche Eingriffe am Gewässer (sekundär) bzw. langfristige Folgewirkungen von Ausbaumaßnahmen (sekundär, kumulativ) ergeben. Eine Prognose bzw. Quantifizierung ist jedoch problematisch.
- **Wasserwirtschaft** (Wassergewinnung): Wesentliche Beeinträchtigung der Wassergewinnung ist insbesondere dann zu erwarten, wenn eine aktuelle

Wassergewinnungsanlage bei Nutzung von Uferfiltrat durch Ausbaumaßnahmen tangiert ist. Die Frage, ob bzw. inwieweit eine Uferrückverlegung in diesem Fall zu einer auch monetär wirksam werdenden Beeinträchtigung führt, lässt sich nur abhängig von den im Einzelfall gegebenen Bedingungen beantworten. Soweit aufgrund der Qualität des Flusswassers eine Filterung erforderlich ist, muss hierfür zusätzlicher technischer Aufwand betrieben werden. Entsprechende Kosten können in pauschalisierter Form dann abhängig vom Nutzungsumfang in die Berechnung eingestellt werden.

Auch die Bedeutung der rezenten Flussniederungen für den Hochwasserschutz ist zu berücksichtigen. Der Hochwasserschutz stellt, weil gleichfalls auf Fluss und Aue bezogen, eine im engeren Sinne konkurrierende Nutzung dar. Belange des Hochwasserschutzes finden aufgrund ihres Gewichtes bereits bei allen planerischen Vorbereitungen im Zuge der Bedarfsplanung Berücksichtigung.

- **Flussfischerei:** relevanter Ertragsausfall (bzw. u. U. auch Mehrertrag) ist über Minderfang, höheren Aufwand operationalisierbar, wird aber auf der Bedarfsplanebene zunächst als kaum relevant angesehen. Sind im Ergebnis der umweltfachlichen Untersuchung entsprechende Folgen zu ermitteln, so ist ggf. im Einzelfall hierauf einzugehen. Der Ertragsausfall für die Flussfischerei ist in der Regel ökonomisch von geringer Bedeutung. Dagegen spielt in praktischen Fällen häufig eine Rolle, ob ein Eingriff in Natur und Landschaft, der mit Ertragsausfällen für die Fischerei verbunden ist, verteilungspolitisch gerechtfertigt ist oder ob das Interesse der Allgemeinheit an leistungsfähigen Verkehrsverbindungen hinreicht, um Erwerbspotentiale einzelner Gruppen zu vermindern. Dieser Aspekt gehört in die qualitative Beurteilung des Projektes und lässt sich nicht für die standardisierte Bewertung geeignet aufarbeiten.
- **Energiegewinnung:** Generell relevant sind z. B. folgende Möglichkeiten der Energiegewinnung: Koppelung mit Stauregelung, Wehren, Flussmühlen. Diesbezüglich kann eine Bewertung aber nur bei Vorliegen eines entsprechenden Konzeptes der Energiegewinnung und auf der Grundlage einer Interdependenzanalyse zur Nutzung als Wasserstraße erfolgen. Mögliche Wirkungen können dann jedoch direkt einbezogen werden. Sekundärwirkungen von Veränderungen der Flussmorphologie dürften vernachlässigbar sein.
- **Freizeitnutzung:** Dagegen ist die Veränderung der Potentiale für die Freizeitnutzung teilweise von erheblicher Bedeutung. Die Quantifizierung der Nutzenänderungen kann durch Erhebung der Freizeitaktivitäten und Befragung der Freizeitwünsche fundiert werden (Willingness-to-pay-Verfahren). Dabei ist zu beachten, dass unbedingt eine Verminderung der Freizeitnutzung die Folge ist. Es kann auch zu einer Veränderung der Struktur der Freizeitnutzung kommen, so dass die ökonomische Bedeutung der Freizeitnutzung insgesamt ansteigt. Hier ist auf Untersuchungen für die Bundesnebenwasserstraßen von PLANCO (1999 (b)) zu verweisen, die das Potential der Nebenwasserstraßen für die Freizeitnutzung beleuchten und ökonomisch operationalisieren. Auch hier handelt es sich um direkte Folgen der Infrastrukturmaßnahme, die direkt in die gesamtwirtschaftliche Bewertung einzustellen sind.

Anlage 3

Hinweise zur Weiterentwicklung des Planungsverfahrens zur Einbeziehung der Wasserstraßen in die Aufstellung umweltorientierter Fernverkehrskonzepte

Für die **Nutzung von Flusssystemen als Bundeswasserstraßen** ergaben sich folgende grundlegende Überlegungen zur Einbeziehung der Wasserstraßen in die Aufstellung umweltorientierter Fernverkehrskonzepte. Die Vorschläge berücksichtigen, dass es sich generell um strategische Entscheidungen handelt. Absehbare Entwicklungen im Zusammenhang mit der Umsetzung der EU-Richtlinie zur Umweltprüfung für Pläne und Programme (SUP-RL) werden einbezogen. Auf der anderen Seite werden Überlegungen zur Notwendigkeit der gesamthaften Bewertung und Planung, wie sie für die Flusssysteme in der Wissenschaft und auch in der Planung (zumindest teils) bereits jetzt, in Folge der Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie künftig noch verstärkt, umgesetzt werden, einbezogen :

- Entscheidend für die Konzeption ist die besondere Situation der Nutzungskonkurrenz an den großen Flüssen in Zusammenhang mit der Intensität und der Großräumigkeit der durch den Wasserstraßen(aus)bau bedingten Umweltauswirkungen. Dies bedeutet für eine Aufstellung umweltorientierter Fernverkehrskonzepte, dass eine umwelt-/naturschutzfachliche Bewertung der ökologischen Tragfähigkeit von Flusssystemen für einen möglichen Ausbau als Wasserstraße insgesamt in einem *vorgeschalteten Schritt* erfolgen soll. Dabei werden künftig die gemäß der EU-Wasserrahmenrichtlinie zu erarbeitenden Bewirtschaftungspläne eine wesentliche Grundlage bilden.
- Folgende Schwerpunkte sind gemäß der WRRL zu erwarten:
 - Gemäß Anhang II Nr. 1.4 der WRRL ist eine Ermittlung der signifikanten anthropogenen Belastung durch Abflussregulierungen auf die Fließeigenschaften und die Wasserbilanz, sowie der signifikanten anthropogenen Belastungen durch morphologische Veränderung von Wasserkörpern gefordert. Hierzu werden derzeit von der LAWA erste Arbeitspapiere erstellt. Betriebsbedingte Auswirkungen der Binnenschifffahrt sind als „andere signifikante anthropogene Auswirkungen auf den Zustand der Oberflächengewässer“ gleichfalls zu erfassen.
 - Gemäß Anhang II Nr. 1.5 der WRRL ist eine Abschätzung vorzunehmen, wie sich die ermittelten Belastungen auf das Gewässer auswirken können. Zu diesem Thema wird im Laufe des Jahres 2001 ein übergreifendes UFO-PLAN-Vorhaben beginnen.
 - Gemäß Art. 4 (Absätze 2 a iii und 3) ist ggfs. eine Ausweisung künstlicher Gewässer erforderlich (u. a. Schifffahrtskanäle). Ausweisung erheblich veränderter Gewässer kann erfolgen, wenn Maßnahmen zur Herstellung eines guten Zustands durch Verbesserung der hydromorphologischen Bedingungen signifikant negative Veränderungen auf Nutzungen, wie Schifffahrt, Hochwasserschutz hätten.

Teilbericht Bewertungsmethoden

- Im Rahmen der Aufstellung umweltorientierter Verkehrssysteme ist von entscheidender Bedeutung, in welchem Umfang ein vorhandener Ausbau als Binnenwasserstraße bereits zu einer Ausweisung als erheblich verändertes Gewässer führen wird.

Daraus ergeben sich folgende Hinweise für die Einbeziehung des Ausbaus von Wasserstraßen an Flüssen in die Aufstellung umweltorientierter Fernverkehrskonzepte

- Die Konzeption und Bewertung möglicher Ausbaumaßnahmen soll vor dem Hintergrund des derzeitigen Zustands des betroffenen Flusssystems erfolgen und das Leitbild¹ und die daraus abgeleiteten Ziele für die zukünftige Entwicklung (vgl. z. B. ARGE WESER 1996, S. 57 ff.) einbeziehen. Darüber hinaus sollte auch der gemäß einer leitbildentsprechenden künftigen Modifikation des Flusssystems zu erwartende Zustand zu Grunde gelegt werden.
- Zunächst ist die spezifische Empfindlichkeit des Fließgewässersystems insgesamt bzw. seiner Bestandteile gegenüber den Auswirkungen eines möglichen Wasserstraßenausbaues zu ermitteln, ohne bereits konkrete Ausbaupläne zugrunde zu legen. Dies muß sich auf den gesamten Wirkraum des Fließgewässers mit seiner Aue beziehen. Dieser Schritt ist als Bestandteil der gesamthaften Untersuchungen anzusehen, wie sie nach nationaler Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie noch stärker als schon bislang erforderlich werden. Insofern sollten die diesbezüglichen Ergebnisse für die fachliche Planung und Beurteilung von Konzeptionen zur Wasserstraßennutzung an sich bereits voraussetzen sein.
- Im *Ergebnis* sind *Vorgaben für den Ausbau und die Unterhaltung der Wasserstraßen* festzulegen. Eine derartige Vorgehensweise liefert geeignete Eckwerte für die Aufstellung eines umweltorientierten Fernverkehrskonzeptes und entspricht andererseits der generellen Planungssystematik der Bundesrepublik Deutschland.
- Damit ist eine umfassende Gesamtplanung mit dem Ziel einer räumlich wie sachlich umfassenden nachhaltigen Entwicklung der Fließgewässer- und Auenutzung (*Sustainable Development*) als *entscheidende Voraussetzung* anzusprechen. Die Ergebnisse dieser Grundlagenplanung – hier insbesondere Vorgaben für den Ausbau und die Nutzung als Wasserstraße – können, abhängig von ihrer politischen Verbindlichkeit bzw. Konsensfähigkeit, den Ausgangspunkt einer Konkretisierung von Vorgaben für die Wasserstraßenplanung im Rahmen der Entwicklung unterschiedlicher Ausbauszenarien bilden.

¹ Unter dem Begriff Leitbild wird hier der unter realistischer Einbeziehung der relevanten anthropogenen Nutzungen erreichbare bzw. anzustrebende Zustand verstanden, nicht, wie in ARGE WESER, ein utopisches Entwicklungsziel einer vom Menschen gänzlich unbeeinflussten Entwicklung unter Ausblendung sämtlicher umweltbeeinflussender menschlicher Aktivitäten.

Teilbericht Bewertungsmethoden

- *Konkrete Ausbauvorschläge* würden sich aus einem – beispielsweise im Rahmen der Aufstellung umweltorientierter Fernverkehrskonzepte – prognostizierten Transportbedarf für einzelne Gewässerabschnitte ergeben.
- Diejenigen Systembestandteile mit der höchsten Sensibilität gegenüber Veränderungen haben für die Gesamtbewertung entscheidende Bedeutung und eignen sich in besonderem Maße als Kriterien zur Wirkungsabschätzung. Bei der Prognose der umweltrelevanten Auswirkungen sind daher vornehmlich die Systembestandteile mit der höchsten Sensibilität gegenüber Veränderungen als *inhaltliche Schwerpunkte* zu berücksichtigen. Soweit auch stärker auf lokale Wirkungen gerichtete Untersuchungen mit dem Ziel einer Optimierung von Maßnahmen erfolgen, wird eine umfassendere Berücksichtigung der betroffenen Systembestandteile erforderlich.
- Neben den direkten, lokalen Wirkungen sind auch die möglichen großräumigen, kumulative sowie sekundäre Auswirkungen auf Natur und Landschaft zu bearbeiten. Die Untersuchung muß Grundlagen zu den übrigen relevanten Nutzungen des Wirkraumes des Fließgewässer-Aue Systems (als Vorbelastung) einbeziehen.
- Auswirkungen von Ausbaumaßnahmen auf den Schutzzweck von Gebieten mit prioritären Umweltzielen, die im Zusammenhang des Flusssystems unterhalb bzw. oberhalb des Eingriffes gelegen sind, müssen aufgrund großräumiger Wirkungsverlagerungen ggf. einbezogen werden.



Beispielhafter Vergleich
der ökonomischen und
ökologischen Wirkungen
verschiedener
Ausbauszenarien
für die Elbe



**Forschungsvorhaben im Auftrag
des Umweltbundesamtes
- FKZ 298 85 106 -:**

**Umweltorientierte
Bewertung von
Bundeswasser-
straßenplanungen**

Endbericht

Koordination:

Planungsgruppe Ökologie
+ Umwelt (PÖU)
Kronenstraße 14,
30161 Hannover

Projektpartner:

biota - Gesellschaft für
ökologische Forschung,
Planung und Beratung
Am Augraben 2,
18262 Güstrow

Universität Karlsruhe
Institut für Wirtschaftspolitik und
Wirtschaftsforschung (IWW)
Kollegium Am Schloß,
76128 Karlsruhe

IMS Ingenieurgesellschaft
Hamburger Allee 12 - 16,
30161 Hannover

Technische Universität Berlin
Institut für Schiffs- und
Meerestechnik
Salzufer 17 - 19,
10587 Berlin

Fachbetreuung:

Petra Röthke
FG I 3.3

Bearbeitung:

Dietrich Kraetzschmer
(Planungsgruppe Ökologie
+ Umwelt)

Dietmar Mehl
(biota)

Burkhard Schade
(Universität Karlsruhe,
Institut für Wirtschaftspolitik und
Wirtschaftsforschung)

Dr. Manfred Haupt
(IMS Ingenieurgesellschaft)

Hannover, im April 2001

Inhalt

1	Einführung	1
1.1	Rahmenbedingungen	1
1.2	Problemstellung	2
1.3	Ziele und Arbeitsschwerpunkte	3
2	Großräumige Güterverkehrsszenarien für den Elbekorridor auf der Basis von Opportunitätskosten	7
2.1	Methodische Grundlagen	7
2.1.1	Prognose des Basisszenarios	7
2.1.2	Prognose des Ausbau- und Rückbauszenarios	8
2.1.3	Bewertung	9
2.2	Datenbasis	10
2.3	Analyse der Infrastruktur	11
2.3.1	Wasserstraßenklasse	12
2.3.2	Schleusen	13
2.3.3	Kapazitäten	14
2.3.4	Fahrzeiten	15
2.3.5	Fazit	16
2.4	Güterverkehrsanalyse	17
2.4.1	Güterverkehr	17
2.4.2	Containerverkehr	18
2.5	Güterverkehrsprognose	20
2.5.1	Güterverkehr	20
2.5.2	Containerverkehr	21
2.6	Ergebnisse	23
2.6.1	Ergebnisse der BVWP für das Ausbauszenario	23
2.6.2	Bewertung des Rückstufungsszenario	26

3	Auswirkungen eines Ausbaues der unteren Mittelelbe auf FFH-Gebiete	27
3.1	Auswahl des Fallbeispiels	27
3.2	Konzeption von Ausbaumaßnahmen	29
3.2.1	Begründung eines Ausbaubedarfs	29
3.2.2	Hypothetischer Eingriffsfall 1: Strombauliche Regelungen	31
3.2.3	Hypothetischer Eingriffsfall 2: Uferrückverlegung	32
3.3	Umweltfachliche Zustandsanalyse	34
3.3.1	Beschreibung des Untersuchungsraumes	34
3.3.2	Gewässermorphologie und Auenstruktur	36
3.3.3	Biotop- und Nutzungstypen	39
3.3.4	Vegetation	42
3.3.5	Fauna	45
3.3.6	Schutzgebiete nach Naturschutzrecht	47
3.4	Prognose und Bewertung zu erwartender Eingriffswirkungen	50
3.4.1	Eingriffsfall Strombauliche Regelung	50
3.4.1.1	Charakterisierung des Eingriffs	50
3.4.1.2	Lokale Eingriffe im Bereich des Flussschlauches	52
3.4.1.3	Rückwirkungen auf terrestrische Standorte	57
3.4.1.4	Regionale Wirkungen auf die Systemdynamik	58
3.4.2	Eingriffsfall Uferrückverlegung	59
3.4.2.1	Lokale Eingriffe im Bereich des Flussschlauches	59
3.4.2.2	Lokale Wirkungen auf terrestrische Standorte	62
3.4.2.3	Regionale Wirkungen auf die Systemdynamik	63
3.4.2.4	Rückwirkungen auf terrestrische Standorte	64
3.4.3	Fazit	64
3.5	Grobprüfung der Auswirkungen eines Ausbaues der Reststrecke Dömitz auf FFH-Gebiete	65
3.5.1	Ziele und Vorgehensweise	65
3.5.2	FFH-Gebiete im Untersuchungsgebiet und mögliche Beeinträchtigung von Erhaltungszielen	66
3.5.3	Grobprüfung der FFH-Relevanz	72

4	Fazit	77
4.1	Erfordernis und Konsequenzen eines weiteren Ausbaues der Elbe als Bundeswasserstraße	77
4.2	Auswirkungen eines Ausbaues der unteren Mittelelbe auf FFH-Gebiete	79
4.3	Gesamtfazit	80
	Literatur	81
	Anhang	

Abbildungen

Abb. 1:	Struktur der Wasserwege im Elbegebiet	11
Abb. 2:	Transportierte Gütermengen auf zentralen Relationen	19
Abb. 3:	Prognostizierte Gütermengen auf zentralen Relationen	20
Abb. 4:	Projekt Nr. 19 – Übersicht über die vorgesehenen Maßnahmen an der Elbe (BfG 1997)	28
Abb. 5:	Untersuchungsraum Elbe/Elbaue (ca. zwischen Elbe km 508 bis Elbe km 521)	34
Abb. 6:	Elbe im Bereich Fluss-km 511 (Luftbildausschnitt WSD Ost 1992); reich strukturierte Bühnenfelder	35
Abb. 7:	Altarme und Flutrinnensysteme sind vielfach in der rezenten Aue des Untersuchungsraumes verbreitet (Luftbild WSD Ost 1992)	36
Abb. 8:	Geringe Breitenvarianz der Elbe durch die Kanalisierung; sandbankgeprägte und flache Ufer (Luftbild WSD Ost 1992)	36
Abb. 9:	Deutlich ausgebildete Bühnenfeldstrukturen in Abhängigkeit von Luv- und Leeseite (Luftbildausschnitt WSD Ost 1992)	37
Abb. 10:	Deutlich ausgeprägter Gleithangbereich (Luftbildausschnitt WSD Ost 1992)	37
Abb. 11:	Sandbankbildung im Freiwasser	38
Abb. 12:	Leitbodenassoziationen im weiteren Untersuchungsraum Elbe bei Dömitz/-Hitzacker	39
Abb. 13:	Biotop- und Nutzungstypen im Untersuchungsraum	41
Abb. 14:	Ausschnitt aus dem Untersuchungsraum mit Maßnahmen des Eingriffsfalls 1	50
Abb. 15:	Einteilung des Untersuchungsraumes in gewässermorphologische Abschnitte	51
Abb. 16:	ArcView-Ansicht – Untersuchungsraum Eingriffsfall 2 (Elbbogen bei Damnitz) mit Biotop- und Nutzungstypen und Maßnahmenkonzept	62
Abb. 17:	Europäische Schutzgebiete im Untersuchungsraum	67

Tabellen

Tab. 1:	Jährliche Zuwachsraten beim Containerwachstum	10
Tab. 2:	Wasserstraßenklassen und maximal zulässige Schiffstypen auf den Elbe-Wasserwegen	12
Tab. 3:	Zukünftige Wasserstraßenklassen und maximal zulässige Schiffstypen auf den Elbe-Wasserwegen	13
Tab. 4:	Schleusen auf Elbe und Elbe-Seiten-Kanal	14
Tab. 5:	Fahrtgeschwindigkeiten auf Flüssen und Kanälen	15
Tab. 6:	Fahrtzeiten für wichtig Binnenschiffahrtsrelationen der Elbe	15
Tab. 7:	Güterumschlag an Häfen und Gebieten der Elbe	17
Tab. 8:	Containertransport 1997, 2010 und 2015 an zentralen Umschlaghäfen in beförderten Containern	21
Tab. 9:	Containertransport an zentralen Umschlaghäfen in 1000 Tonnen	22
Tab. 10:	Wirkungen des Ausbaus der Elbe	23
Tab. 11:	Kostenminderung der Binnenschiffahrt und Güterverlagerung	24
Tab. 12:	Regionale Nutzen und Kosten	24
Tab. 13:	Änderung der Umweltbelastungen	25
Tab. 14:	Gesamtnutzen	25
Tab. 15:	Baukosten für eine Niedrigwasserregelung (erster Eingriffsfall)	32
Tab. 16:	Bemessungsparameter für die Wasserstraßenklasse V	33
Tab. 17:	Baukosten für eine lokale Uferrückverlegung	33
Tab. 18:	Naturparke und -schutzgebiete Mecklenburg-Vorpommerns und Niedersachsens im Untersuchungsraum	49
Tab. 19:	Unterteilung des Untersuchungsraumes in grobe gewässer-morphologische Abschnitte bezüglich der Krümmungserosion	51
Tab. 20:	Buhnenverlängerung/-neubau/-rückbau	52

Tab. 21:	Bilanzierung der Flächenveränderungen durch Bühnenverlängerung/-neubau/-rückbau	53
Tab. 22:	Flächenermittlung der freifließenden Elbe (zwischen den Streichlinien)	54
Tab. 23:	Ermittlung der Wasserfläche und der Flachwasserzonen zwischen Ufer und Ist-Streichlinie sowie der Differenzflächen	54
Tab. 24:	Ermittlung der Wasserfläche und der Flachwasserzonen zwischen Ufer und Soll-Streichlinie	55
Tab. 25:	Zunahme Freiwasserfläche in Bühnenfeldern	55
Tab. 26:	Prognostizierbare Flächen- und Biotopwertänderungen im Bereich des Flusslauches	56
Tab. 27:	Rückwirkungen auf terrestrische Standorte und Flächengrößen betroffener Gewässer-/Talboden-Elemente (Ekm 516 - 517, linksseitig)	58
Tab. 28:	Prognostizierbare Flächen- und Biotopwertänderungen im terrestrischen Bereich	58
Tab. 29:	Prognostizierbare Flächen- und Biotopwertänderungen im Flusslauch	61
Tab. 30:	Prognostizierbare Flächen- und Biotopwertänderungen im terrestrischen Bereich	63
Tab. 31:	Wesentliche Beeinträchtigungsrisiken durch die untersuchten Planfälle	68
Tab. 32:	FFH-Gebietsvorschlag Niedersachsen Nr. 74	69
Tab. 33:	FFH-Gebietsvorschlag Mecklenburg-Vorpommern Nr. 13	70
Tab. 34:	FFH-Gebietsvorschlag Mecklenburg-Vorpommern Nr. 27	70
Tab. 35:	FFH-Gebietsvorschlag Mecklenburg-Vorpommern Nr. 117	71
Tab. 36:	FFH-Gebietsvorschlag Mecklenburg-Vorpommern Nr. 118	72

1 Einführung

1.1 Rahmenbedingungen

Der vorliegende Bericht **Beispielhafter Vergleich der ökonomischen und ökologischen Wirkungen verschiedener Ausbauszenarien für die Elbe** wurde im Rahmen des Forschungsvorhabens „Umweltorientierte Bewertung von Bundeswasserstraßenplanungen“ (FKZ 298 85 106) i. A. d. Umweltbundesamtes erarbeitet. Weitere, in separaten Ergebnisberichten dokumentierte Schwerpunkte dieses Vorhabens waren

- Ergänzende Methodenvorschläge für die Bewertung von Vorhaben des Wasserstraßenausbaues im Rahmen der Überarbeitung der Bundesverkehrswegeplanung 2002;
- Ökologische Wirkungsanalysen im Zusammenhang mit Bundeswasserstraßenplanungen;
- Schifffahrt auf deutschen Binnenwasserstraßen – Stand, Verkehrsbedeutung, Entwicklungsbedarf, Entwicklungspotentiale.

Der Teilbericht ist inhaltlich eng verbunden mit dem Forschungsvorhaben 105 06 001 „**Entwicklung eines Verfahrens zur Aufstellung umweltorientierter Fernverkehrskonzepte als Beitrag zur Bundesverkehrswegeplanung**“ (IWW 1999), welches zwei Ansätze verfolgt hatte:

- Erarbeitung von Vorschlägen zur Modifikation der gesamtwirtschaftlichen Bewertung aus dem BVWP 92.
- Entwicklung eines Verfahrens zur umweltorientierten Bewertung von Fernverkehrskonzepten als innovative Alternative zu dem bisherigen Verfahren.

Zentrales Ergebnis dieser Arbeit ist der Vorschlag, Natur- und Umweltbelange nicht innerhalb des BVWP-Verfahrens gegeneinander abzuwägen, sondern bestimmte Natur- und Umweltbelange vorrangig zu betrachten. Dies gilt für die Gefährdung der menschlichen Gesundheit und für die unwiederbringliche und nicht kompensierbare Zerstörung von Naturräumen. Das Verfahren zur Aufstellung umweltorientierter Fernverkehrskonzepte geht nach folgendem schematischen Ablauf vor: Zunächst werden Umweltziele und -standards vorgegeben. Basierend auf diesen Zielen werden verschiedene Maßnahmenzenarien daraufhin untersucht, ob die gesteckten Zielwerte eingehalten werden. Falls mehrere Maßnahmenzenarien das Gültigkeitskriterium erfüllen, kann über eine Bewertung der wirtschaftlichen Konsequenzen das ökonomisch effizientere Maßnahmenzenario abgeleitet werden, welches das vorgegebene Umweltzielsystem erfüllt und eine monetär definierte Wohlfahrtsfunktion maximiert.

Die *Bundesverkehrswegeplanung* (BVWP) stellt die Grundlage der Investitionsrahmenplanung zur Verkehrsinfrastruktur in Deutschland dar (Rahmenplan für die Finanzierung von Verkehrsinfrastrukturmaßnahmen). Auf der Grundlage der BVWP werden die Bedarfspläne für die verschiedenen Verkehrsträger entwickelt, die per Gesetz beschlossen werden. Neben den Straßen und den Schienenwegen in Bundeszuständigkeit sind dies die

Bundeswasserstraßen. *Bundeswasserstraßen* sind gemäß § 1 WaStrG¹ die Binnenwasserstraßen des Bundes, die dem allgemeinen Verkehr dienen, sowie die Seewasserstraßen. Die unter die Kategorie Binnenwasserstraßen fallenden Gewässer bzw. Wasserstraßen sind im einzelnen in der Anlage zu § 1 Abs. 1 Nr. 1 WaStrG aufgeführt.

1.2 Problemstellung

Ausgangspunkt für die im Folgenden vorgestellte Untersuchung an der Elbe sind die derzeit erfolgenden Arbeiten zur Fortschreibung des Bundesverkehrswegeplanes vor dem Hintergrund der im Rahmen des letzten BVWP für die Bundeswasserstraßen festgestellten problematischen Vorgehensweise im Rahmen der *Umweltrisikoeinschätzung*, die für Vorhaben im Bereich der Wasserstraßen fehlte.

Natürliche bzw. naturnahe Flusssysteme sind regelmäßig von hervorragender ökologischer Bedeutung. Dies findet seinen Ausdruck auch in einschlägigen fachrechtlichen oder -planerischen Zielbestimmungen sowie Schutzausweisungen. Viele Lebensräume und Arten, die z. B. in Anhang I und II der FFH-Richtlinie genannt sind, sind häufig in natürlichen bzw. naturnahen Flusssystemen anzutreffen. Aufgrund solcher Vorkommen begründen sich die nach der FFH-Richtlinie im Bereich von Flüssen vorgeschlagenen Gebiete für das europäische ökologische Netz „Natura 2000“.

Im Zusammenhang damit hat die Elbe, insbesondere die untere Mittelelbe die aufgrund ihrer Grenzlage in den letzten Jahrzehnten vergleichsweise wenig von Ausbaumaßnahmen betroffen war, besondere Bedeutung. Dies fand in der Vergangenheit seinen Ausdruck u. a. in den Gesprächen zwischen dem BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR (BMV) und verschiedenen Umweltverbänden über die künftige Behandlung der Elbe im Zusammenhang mit der künftigen Funktion als Wasserstraße. Nachdem ein Kompromiss gefunden worden war, der mit der Verabschiedung der sog. Elbeerklärung (BMV, div. UMWELTVERBÄNDE, 1996) auch dokumentiert wurde, gab es in der Folge aber weitere Konflikte z. B. über die Frage, welche Maßnahmen als Unterhaltungsmaßnahmen anzusehen sind und ob bestimmte Maßnahmen nicht eher als Ausbaumaßnahmen einzustufen seien.

Aufgrund dieser Situation war die Aufgabe des hier dokumentierten Teilgutachtens, beispielhaft für die Elbe verschiedene Ausbauszenarien mit ihren ökonomischen und ökologischen Wirkungen mit einer an die Verfahrensweise der BVWP angelehnten Methodik durchzuspielen, um die damit verbundenen ökonomischen Kosten und Nutzen und die ökologischen Chancen und Risiken im Zusammenhang zu beleuchten und die Diskussionsbasis zu verbessern.

¹ Bundeswasserstraßengesetz (WaStrG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 23. August 1990 (BGBl. I S. 1818)

1.3 Ziele und Arbeitsschwerpunkte

Die Bearbeitung umfasste folgende Schwerpunkte:

1. **Eine Überprüfung der ökonomischen Auswirkungen eines Ausbaues bzw. einer Rückstufung der Elbe zwischen Hamburg und der Grenze zu Tschechien im Rahmen einer modellhaften gesamtwirtschaftlichen Bewertung gemäß der BVWP-Methodik (IWW) (Kap. 2)**

Die Bestimmung der Güterverkehrsszenarien dient zum einen der Vervollständigung der Fallbeispielbearbeitung, zum anderen ist eine Optimierung der Einbindung der Wasserstraßen in die Verfahrensweise zur Aufstellung umweltorientierter Fernverkehrskonzepte sinnvoll¹. Es wurde neben dem Referenzszenario ein Ausbau- und ein Rückbauszenario erstellt und bewertet.

Wegen der Struktur der Verkehrsbeziehungen bleibt der Untersuchungsraum nicht nur auf die Elbe selbst beschränkt, sondern er wird großräumiger abgegrenzt. Grundlage sind die Verkehrsbeziehungen auf der Elbe zwischen Hamburg und der tschechischen Grenze bzw. auf dem parallel dazu verlaufenden Elbe-Seiten-Kanal sowie der Anbindung von Berlin.

Für das **Ausbauszenario** wird die bereits von der BUNDESANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE (BfG, 1997) untersuchte Optimierung der Tauchtiefen durch strombauliche Maßnahmen vorgeschlagen. Ziel ist die Vertiefung der Fahrrinne auf 2.60 m bei Normalwasser und auf 1.60 m bei Niedrigwasser (weniger als 20 Tage im Jahr) unter Beibehaltung der gegenwärtigen Wasserstraßenklasse Va. Diese Maßnahmen können nach BfG bei geeigneter Optimierung sowie Realisierung umfangreicher Ausgleichsmaßnahmen unter Inkaufnahme streckenweiser Engpässe für den Begegnungsverkehr zu einer Erhöhung der Kapazität der Wasserstraße führen, ohne eine schwerwiegende zusätzliche Beeinträchtigung von schutzwürdigen Verhältnissen mit sich zu bringen (Einhaltung eines Nichtverschlechterungsgebotes).

Eine weitere sich aus dem Vorhandensein des parallelen Elbe-Seiten-Kanals ergebende Option besteht in einem **Rückbau bzw. Rückstufung** der unteren Elbe als Binnenwasserstraße und Abwicklung des entsprechenden Verkehrs über den Elbe-Seiten-Kanal. Hiermit könnte zumindest für einen Teilabschnitt der Elbe der hohen ökologischen Wertigkeit und dem entsprechenden Entwicklungspotential sowie der zunehmenden Bedeutung Rechnung getragen werden, die in den letzten Jahren der Renaturierung von Fließgewässern zugemessen wird, angesichts des in der Vergangenheit durchweg erfolgten überzogenen Ausbaues der Fließgewässer. Demzufolge wären Unterhaltungsmaßnahmen auf die aus wasserbaulichen und hochwasserschutztechnischen Gründen ohnehin erforderlichen Arbeiten zu beschränken. Dieses setzt erhebliche, teils auch kurzfristige Entwicklungspotentiale insbesondere im Bereich des Flussschlauches und der Ufer frei.

Für beide Szenarien wurden die verkehrlichen und ökonomischen Wirkungen auf Grundlage der BVWP berechnet.

¹ IWW et al. (1998)

2. Beispielhafte Überprüfung der Einflüsse einer Ausbauplanung im Bereich der unteren Mittelelbe auf hochrangige Umweltziele (biota, IMS, PÖU) (Kap. 3)

Ausgewählt wurde ein Teilabschnitt der unteren Mittelelbe, die sogenannte „**Reststrecke Dömitz**“, die angesichts des bislang fehlenden Niedrigwasserausbau eines wesentlichen Engpass für die Abladetiefe auf der unteren Mittelelbe zwischen Magdeburg und der Staustufe Geesthacht darstellt (BfG 1997). Dieser Schwerpunkt dient dem Zweck, beispielhaft an typischen verkehrswasserbaulichen Maßnahmen die Konsequenzen von Ausbaumaßnahmen für die Umwelt aufzuzeigen. Es wurden Maßnahmen gewählt, wie sie sich aus einer Umwandlung der unteren Mittelelbe in eine Wasserstraße der Klasse Vb ergäben und dem unter (1) betrachteten Ausbauszenario zugrunde liegen müssten.

Ein besonderes Augenmerk wurde auf hochrangige Umweltziele gelegt, wie sie im Bereich der unteren Mittelelbe in Form von Naturschutzgebieten, besonders aber auch als Vorschlagsgebiete für das EU-weite Netz Natura 2000 (FFH-Gebiete) in großer Dichte vorhanden sind. Für die FFH-Gebiete werden aufgrund des geltenden Rechts erhöhte Anforderungen an die Gewährleistung der festgelegten Erhaltungsziele gestellt (FFH-Verträglichkeitsprüfung gem. § 19c BNatSchG). Dem Schutz der Gebiete für das Netz „Natura 2000“ kommt nicht nur in gemeinschaftsrechtlicher Hinsicht, sondern auch aus nationaler Sicht eine herausragende Bedeutung zu. Anders als bundes- oder landesrechtlich begründete Schutzgebietsausweisungen stehen Eingriffe in „Natura 2000“-Gebiete unter einem besonderen Vorbehalt.

Maßnahmenplanung (IMS)

Folgende Szenarien werden betrachtet (Kap. 3.2):

- Niedrigwasserregelung der gesamten „Reststrecke Dömitz“ (Kap. 3.2.2),
- isolierte Uferrückverlegung innerhalb dieses Raumes (Kap. 3.2.2).

Trotz der Bezugnahme auf die Untersuchungen in BfG 1997 handelt es sich um fiktive Planungsvorschläge, da die dort vorgeschlagene Planung zwischenzeitlich – u. a. auf Grund der *Elbeerklärung* (BMV, div. UMWELTVERBÄNDE, 1996) – nicht weiter verfolgt wurde. Aufgrund dessen konnte weder auf eine vorhandene Maßnahmenplanung noch auf detailliertere hydraulische und gewässermorphologische Datenerhebungen und Berechnungen zurückgegriffen werden.

Umweltfachliche Bewertung (biota):

Als Grundlage der umweltfachlichen Bewertung ist eine selektive **Erfassung und Bewertung der entscheidenden Zustandsmerkmale** des Untersuchungsraumes erfolgt (Kap. 3.3).

Die **Bewertung des Zustands** bzw. der **Eingriffsfolgen** (Kap. 3.4) ist selektiv und *einzelfallbezogen* erfolgt. Demzufolge stellt die umweltfachliche Bewertung eine gezielte Schwerpunktauswertung (ohne Anspruch auf Übertragbarkeit) dar. Es *erfolgt keine sämtliche umweltrelevanten Fragen umfassende umweltfachliche Beurteilung*, wie sie gemäß UVPG angebracht wäre und wie sie z. B. auch von BfG (2000) für die umweltfachliche Beurteilung von Ausbaumaßnahmen im Rahmen der BVWP vorgeschlagen wird.

- Für den **Flussschlauch** wurde geprüft, welche lokalen Konsequenzen (direkte Wirkungen) die Maßnahmen insbesondere für die Morphologie (und daraus resultierend für die Veränderung des Lebensraumes) mit sich bringen und ob darüber hinaus mit den verfügbaren Unterlagen (erhebliche) großräumige Wirkungen im Bereich des Flussschlauches bzw. Folgewirkungen im Bereich der Aue prognostiziert werden können.
- Für die **terrestrischen Standorte** war insbesondere die Erheblichkeit und Nachhaltigkeit des (direkten) Eingriffs einzuschätzen. Darüber hinaus können sich indirekte Konsequenzen aus Veränderungen im Bereich des Flusses sowie aus den lokalen Verhältnissen ergeben.

Beeinträchtigung von FFH-Schutzzielen (PÖU)

Auf der Grundlage dieser Auswertung wurde der Frage nachgegangen, inwieweit durch die Maßnahmenplanung für betroffene FFH-Gebietvorschläge mit dem Risiko einer **Beeinträchtigung von FFH-Schutzzielen** zu rechnen ist (Kap. 3.5). Somit ist insgesamt eine Grobprüfung erfolgt, wie sie auf der Planungsebene der BVWP denkbar ist, um einen Überblick über die Bedeutung der FFH-Problematik für die vorgesehenen Planungen zu erhalten. Die Untersuchung stellt demnach keine umfassende FFH-Verträglichkeitsprüfung dar.

Dass sich beide Untersuchungsschwerpunkte auf das gleiche Flusssystem bzw. den gleichen Verkehrsweg beziehen, eröffnet die zusätzliche Möglichkeit, weitergehende Folgerungen aus den Untersuchungsergebnissen zu ziehen (Kap. 4, PÖU / IWW).

2 Großräumige Güterverkehrsszenarien für den Elbekorridor auf der Basis von Opportunitätskosten

2.1 Methodische Grundlagen

Die Vorgehensweise für die verkehrliche Untersuchung im Bereich der Elbe beruht auf drei Stufen, beginnend mit der Prognose des Basisszenarios, der Prognose der zu vergleichenden Szenarien und der Bewertung der resultierenden Verkehrsprognosen:

1. Prognose des Basisszenarios
 - Strukturdaten
 - Infrastrukturanalyse, Prognosenetze, Regionale Abbildung
 - Güterverkehrsanalyse
 - Güterverkehrsprognose
2. Prognose des Ausbau- und des Rückstufungsszenarios
 - Kostenminderungen durch Änderung der
 - Zeiten
 - Kapazitäten
 - Schiffsgrößen
 - Modal Split zwischen Bahn und Schiff
3. Szenarien-Bewertung auf der Basis der BVWP

2.1.1 Prognose des Basisszenarios

Im ersten Schritt erfolgt eine Betrachtung der **Strukturdaten** wie Bevölkerung, Bruttoinlandsprodukt. Da die Erstellung der Basisszenarien weitestgehend auf vorhandenen Verkehrsprognosen beruht, wird hier nur eine Einschätzung der zugrundeliegenden Strukturdaten der verwendeten Verkehrsprognosen gegeben.

Im nächsten Schritt wird zunächst die vorhandene und zukünftige Infrastruktur bestimmt und dann auf den vorhandenen Verkehrsnetzen eine **Regionalisierung** durchgeführt, um den zu betrachtenden Untersuchungsraum abzugrenzen.

Die Vorgehensweise für die Bestimmung des **Basisszenarios** im Jahr 2015 gliedert sich wie folgt:

- **Erstellung der Güterverkehrsdaten für das Ausgangsjahr 1997.** Ziel dieses Teilschrittes ist die Bestimmung des Güterverkehrsaufkommens separiert nach Gütergruppen und Verkehrsträger zwischen Quell- und Zielregionen im Jahr 1997. Als zentrale Datenquelle verwendet man Matrizen für das Jahr 1997 auf NUTS-2 Ebene, die

aus dem Projekt Euromatrix resultieren. Für diese Erstellung finden auch detaillierte Daten aus WESKA (1992 - 2000) über die aktuellen umgeschlagenen Gütermengen ihre Berücksichtigung.

- **Güterverkehrsprognose für das Jahr 2015.** Für die Prognose können ebenfalls als Rahmendaten auf Ergebnisse des Euromatrix-Projektes zurückgegriffen werden, die die Güteraufkommen per Verkehrsträger für das Jahr 2015 prognostizieren. Die resultierenden Grobdaten können mit anderen Quellen vor allem 'Umweltorientierte Bewertung von Bundeswasserstraßenplanungen' TU Berlin und 'Verminderung der Luft- und Lärmbelastung für Güterfernverkehre' Umweltbundesamt verglichen werden.
- Die Bestimmung des **Containerverkehrs** erfolgt gesondert, da sich hier von den traditionell der Binnenschifffahrt zugeordneten Gütern andere Entwicklungen abzeichnen. Hier findet speziell die Prognose von PLANCO (1998) für das Jahr 2010 ihre Berücksichtigung, auf deren Basis der Containerverkehr für das Jahr 2015 geschätzt werden kann.

2.1.2 Prognose des Ausbau- und des Rückstufungsszenarios

Für das **Ausbau- und Rückstufungsszenario** werden im wesentlichen Veränderung im Modal Split und in der Routenwahl betrachtet. Der **Modal Split** hängt zentral von Zeiten und Kosten der Verkehrsträger ab, die zwischen den verschiedenen Verkehrsträgern variieren. Die Vertiefung führt in der Hauptsache zu einer möglichen höheren Beladung der Schiffe und zu einer Sicherstellung der benötigten Tauchtiefe für den Verkehr mit Containerschiffen mit drei Lagen. Dadurch wird auf der Elbe die Schifffahrt für größere Schiffsklassen und Schiffe mit höherer Beladung (höherer Tiefgang durch größere Wassertiefe) ermöglicht. Diese beiden Faktoren führen zu einer Senkung der relativen Kosten für die Binnenschifffahrt. Der Unterschied zwischen den Szenarien besteht daher in einer Veränderung der Flottenstruktur, die sich im Endeffekt in den Zeiten und Kosten der Verkehrsträger widerspiegeln.

Die Bewertung der Kostenänderung zwischen Quelle und Ziel muss verschiedene für einen Schiffstyp vergleichbare Routen umfassen. Konkret bedeutet dies, dass z. B. die Kosten für eine Relation zwischen Hamburg und Magdeburg nicht nur von einer Verbesserung der Elbe abhängt, sondern ebenfalls vom Ausbauzustand des Elbe-Seiten-Kanals und des Mittellandkanals als Alternativstrecke, sofern ein bestimmter Schiffstyp beide Wasserwege benutzen kann. Der Ausbauzustand der Alternativstrecke bestimmt ebenfalls die Kosten für den Güterverkehr zwischen Hamburg und Magdeburg und muss daher angemessen berücksichtigt werden. Daher fließen in die Berechnung der Kosten Informationen, wie Streckenlänge, Schleusenanzahl, Schleusenzeiten und Wasserstraßenklassen, der Wasserwege Elbe, Elbe-Seiten-Kanal, Mittellandkanal und der Wasserwege nach Berlin ein.

Bei den Veränderungen im Modal Split wird angenommen, dass für die Massengüter keine Substitution zwischen dem Straßengüterverkehr und der Binnenschifffahrt stattfindet. Insofern muss für die Prognose des Modal Split für den Güterverkehr nur Eisenbahn und Binnenschifffahrt berücksichtigt werden.

2.1.3 Bewertung

Generelles Ziel ist es, das Infrastrukturangebot im Rahmen eines Maßnahmen szenarios so zu konzipieren, dass die vorher bestimmten Umweltziele eingehalten werden. Unter diesen möglichen Szenarien wird das ökonomisch sinnvollste gewählt.

Die ökonomische Bewertung der Szenarien stimmt mit den Methoden der BVWP überein. Zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit werden folgende Punkte herangezogen:

- Minderung der Vorhaltungskosten
- Minderung der Betriebsführungskosten
- Güterverlagerung
- Erneuerung der Verkehrswege
- Instandhaltung der Verkehrswege
- Beschäftigung während der Bauphase
- Beschäftigung während der Betriebsphase
- Raumordnerische Vorteile
- Förderung internationaler Beziehungen
- Minderung der Geräuschbelastung
- Minderung der Abgasbelastung

Unsere Berechnungen weichen von der BVWP 1992 bei der Bestimmung der raumordnerischen Vorteile ab. Zum Einen hat die neue BVWP ein exakteres Verfahren zur Kalkulation dieser Vorteile entwickelt, zum Anderen wird davon ausgegangen, dass der Ausbau der Elbe und die Verbesserung der Schifffahrtsmöglichkeiten nicht zu weiteren raumordnerischen Vorteilen der Regionen Magdeburg und Dresden führt, da es sich bei den Änderungen durch den Ausbau in erster Linie um Verlagerungen von Bahn auf Schiff handelt. Positive raumordnerische Vorteile müssten dann korrekterweise mit negativen Folgen durch den Rückgang des Gütertransports auf der Bahn gegengerechnet werden.

Ein weitere Unterschied besteht in der Bewertung der Geräuschbelastung. Nutzen und Kosten aus Änderungen der Geräuschbelastungen werden innerhalb der BVWP aus Mangel an entsprechenden Lärmkostensätzen meist nicht betrachtet. Für die Bewertung der Geräuschbelastung können wir auf Lärmkostensätze, die für Deutschland bestimmt worden sind¹ und daher aufgrund niedrigerer Besiedlung im Osten eher zu hoch angesetzt sind, zurückgreifen.

¹ UIC (2000)

2.2 Datenbasis

Die **Strukturdaten** der in der Güterverkehrsprognose prognostizierten Euromatrix-Zahlen beruhen auf folgenden Annahmen:

- Das Wirtschaftswachstum in Westeuropa liegt 1996-2010 bei 2.3 % p.a. und 2010 bis 2015 bei 2.0 % p.a.
- Das Wirtschaftswachstum in Osteuropa liegt im betrachteten Zeitraum bei 4.6 % p.a.
- Die Wohnbevölkerung bleibt stabil, allerdings mit Verschiebungen innerhalb der Altersstruktur.¹

Die Datenbasis in der von PLANCO (1998) erstellten Prognose beruhen auf einer modifizierten BVWP-1992 Prognose für das Jahr 2010. Durch aktualisierte Annahmen über die Wohnbevölkerung, die Entwicklung des Dienstleistungsbereiches liegt die Prognose im Binnenverkehr um 8.9 % und im grenzüberschreitenden Verkehr um 11 % niedriger als die BVWP-1992 Prognose. Für die Bahnverkehre vermindert sich die Prognose mit 35 % drastisch, für die im Containerverkehr von uns betrachteten Verkehrsträger, Straße und Binnenschifffahrt, liegen die Veränderungen moderat bei +1.5 %.

Die PLANCO-Studie zum Containerverkehr wurde bis zum Jahr 2010 prognostiziert mit Wachstumsraten von:

Tab. 1: Jährliche Zuwachsraten beim Containerwachstum

Jährliche Zuwachsraten [%]	
1990-1995	7.4
1995-2000	4.7
2000-2005	3.7
2005-2010	3.3
1990-2010	3.9

Zusätzlich wurden für den Zeitraum von 2010 bis 2015 ein weiteres Containerverkehrswachstum von 3.1 % p.a. geschätzt. Die PLANCO-Studie kommt in den Anfangsjahren ihrer Prognose zu etwas überhöhten Ergebnissen im Vergleich zu den gemessenen Containerumsatzzahlen. Daher kann hier davon ausgegangen werden, dass die prognostizierten Umsätze im Jahr 2015 ebenfalls eher überschätzt als unterschätzt werden.

Das Zahlenmaterial über Güterumsätze und Güterströme aus WESKA entspricht den tatsächlich gemeldeten Umsatzzahlen der genannten Häfen, Umschlagplätze und Schleusen.

¹ siehe Anhang

2.3 Analyse der Infrastruktur

Betrachtet man den Güterverkehr sind für die Elbe die Relationen Hamburg – Magdeburg – Berlin oder Prag, und sowie deren Teilrelationen von besonderer Bedeutung. Für die Teilrelation Hamburg – Magdeburg besteht für den Schiffsverkehr neben der Elbe auch als Alternative zunächst der Elbe-Seiten-Kanal (ESK) und im Anschluss daran der Mittel-landkanal (MLK). Die Alternative wird im folgenden als Kanalstrecke bezeichnet.

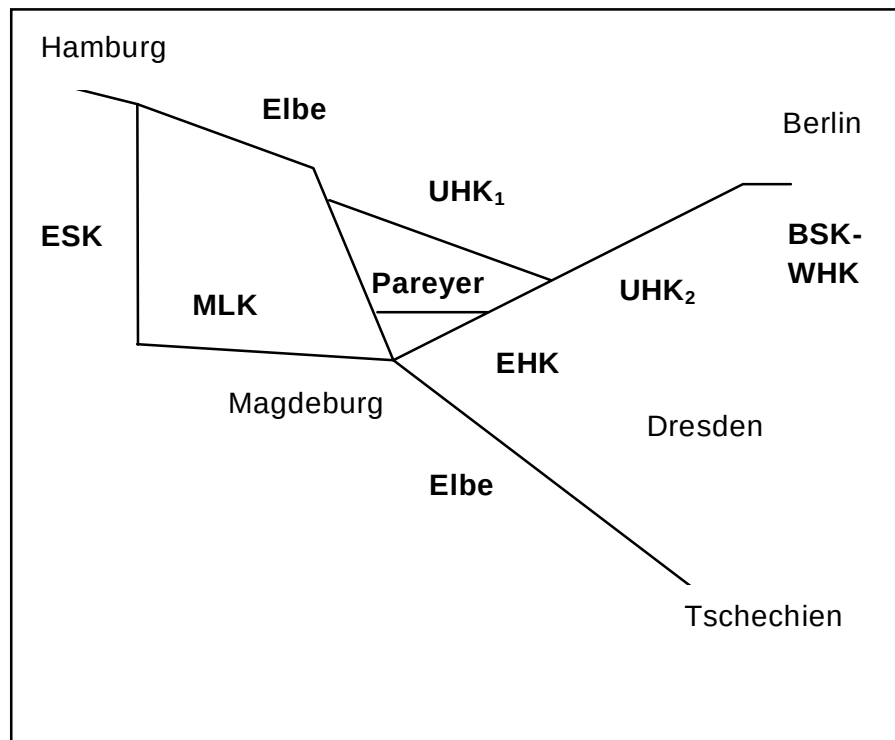


Abb. 1: Struktur der Wasserwege im Elbegebiet

Aus verkehrstechnischer Sicht muss auf der Elbe zunächst die Schleuse Geesthacht passiert werden. Dort müssen aufgrund der niedrigen Schleusenlänge Schubverbände entkoppelt werden. Danach erfolgt der Güterverkehr schleusenfrei über Magdeburg hinaus bis zur tschechischen Grenzen. Prinzipiell ist auf der Elbe Containerverkehr mit drei Lagen möglich, der allerdings durch das Niedrigwasser, etwa 75 Tage im Jahr unter 1.50 m Tauchtiefe, oft nicht realisierbar ist. Daher muss hier mit einem niedrigeren Wert gerechnet werden¹.

¹ PLANCO rechnet mit 2.4 Lagen pro Containerschiff

2.3.1 Wasserstraßenklasse

Die Einordnung der relevanten Flüsse und Kanäle in die Wasserstraßenklassen gliedert sich wie folgt:

Tab. 2: Wasserstraßenklassen und maximal zulässige Schiffstypen auf den Elbe-Wasserwegen

Wasserweg	WK ¹	Maximal zulässige Schiffstypen	Tonnage [t]
Elbe	Va	Einzelfahrer, Großes Rheinschiff ² (GMS)	1500-3000
Elbe-Seiten-Kanal (ESK)	Vb	Schubverband, GMS	3200-6000
Mittellandkanal (MLK bis Magdeburg)	V	Einzelfahrer, Europa-Schiff (Johann Welker)	1000-1500
Elbe-Havel-Kanal (EHK)	IV	Einzelfahrer, Europa-Schiff	1000-1500
Pareyer-Verbindungskanal	III	Einzelfahrer, BM 50	470- 700
Untere-Havel-Kanal (UHK ₁ 148-68km) UHK ₂ (68-0km))	III IV	Einzelfahrer, BM 50 Einzelfahrer, Europa-Schiff	470- 700 1000-1500
Westhafen-Verbindungskanal (BSK-WHK)	IV	Einzelfahrer, Europa-Schiff	1000-1500

Über die Elbe ist die Relation Hamburg – Magdeburg – Berlin für größere Schiffe nur über den Elbe-Havel-Kanal und daran anschließende Kanäle zu bedienen. Die beiden Alternativen, die Durchquerung des Untere-Havel-Kanals und des Pareyer-Verbindungskanals, sind aufgrund der gegenwärtigen und zukünftigen geringen Wasserstraßenklasse nicht für größere Schiffe geeignet und werden daher in der folgenden Analyse auch nicht berücksichtigt.

Durch die Verwirklichung des Projekt 17 ist vom Ausbau des Mittellandkanals bis Magdeburg und dem Ausbau des Elbe-Havel-Kanals und den folgenden nach Berlin führenden Kanälen auf Wasserstraßenklasse Vb bis zum Jahr 2010 auszugehen.

Dies bedeutet, dass zukünftig generell Schubverbände auf der Kanalstrecke Hamburg – Magdeburg – Berlin ermöglicht werden, was auf der Elbe durch die Wasserstände nicht oder nur eingeschränkt möglich ist (szenarienabhängig).

¹ Zum Teil werden die der Wasserstraßenklasse erforderlichen Tauchtiefe oder Brückendurchfahrtshöhen nicht erreicht, gilt für Elbe, EHK, BSK-WHK, UHK, MLK.

² Zeitweise durch bessere Wasserverhältnisse größere Schiffe bzw. Schubverbände zugelassen.

Tab. 3: Zukünftige Wasserstraßenklassen und maximal zulässige Schiffstypen auf den Elbe-Wasserwegen

Wasserweg		WK 2015	Maximal zulässige Schiffstypen	Tonnage [t]
Elbe	Referenzszenario	Va ¹	Einzelfahrer, GMS	1500-3000
	Ausbauszenario	Va ²	Einzelfahrer, GMS	1500-3000
	Rückbauszenario	–	–	–
Elbe-Seiten-Kanal (ESK)		Vb	Schubverband, GMS	3200-6000
Mittellandkanal (MLK bis Magdeburg)		Vb	Schubverband, GMS	3200-6000
Elbe-Havel-Kanal (EHK)		Vb	Schubverband, GMS	3200-6000
Pareyer-Verbindungskanal		III	Einzelfahrer, BM 50	470- 700
Untere-Havel-Kanal (UHK ₁ 148-68km) UHK ₂ (68-0km))		III Vb	Einzelfahrer, BM 50 Schubverband, GMS	470- 700 3200-6000
Westhafen-Verbindungskanal (BSK-WHK)		Vb	Schubverband, GMS	3200-6000

Der Güterverkehr mit Einzelfahrern und Schubverbänden hängt jedoch nicht nur von der Wasserstraßenklasse ab, sondern wird auch durch die Schleusen beeinflusst, vor allem wenn dort die Schubverbände entkoppelt werden müssen.

2.3.2 Schleusen

Auf der Elbe und der Kanalstrecke müssen zwischen Hamburg und Magdeburg die in Tabelle 27 aufgeführten Schiffshebewerke und Schleusen überwunden werden:

Die Schleuse Geesthacht befindet sich noch vor dem Abzweig in den Elbe-Seiten-Kanal, so dass sie für Binnentransporte in jedem Fall passiert werden muss. Die anderen vier Schleusen sind nur für den Schiffsverkehr über die Kanalstrecke relevant.

¹ Eingeschränkt durch etwa 75 Tage mit einer Tauchtiefe geringer als 1.60 m

² Etwa 20 Tage mit einer Tauchtiefe kleiner als 1.60 m

Tab. 4: Schleusen auf Elbe und Elbe-Seiten-Kanal

Schleuse bzw. Schiffshebewerk	W.-Weg	Aktuelle Länge ¹	Mögliche Schiffstypen	Bemerkung für das Jahr 2015
Schleuse Geesthacht	Elbe	230 m	Schubverband, GMS	
Schiffshebewerk Lüneburg	ESK	100 m	Verbreitertes Europa-Schiff (GMS vergleichbar)	Verlängerung, so dass GMS möglich
Schleuse Uelzen	ESK	185 m	Schubverband, GMS	
Schleuse Sülfeld	ESK	224 m	Schubverband, GMS	
Schiffshebewerk Rothensee	ESK	82 m	Europa-Schiff (kleinere GMS möglich ²)	GMS möglich

Zwischen Magdeburg und Dresden kann der Schiffsverkehr schleusenfrei erfolgen. Erst auf dem tschechischen Elbeverlauf befinden sich eine Reihe von Schleusen, deren Kammerlänge meist bei 85 m liegt, und daher ebenso wie das Schiffshebewerk Rothensee nur von Europa-Schiffen oder kleineren GMS passierbar sind.

Eine ähnliche eingeschränkte Situation ergibt sich auch für die Verbindung Magdeburg – Berlin, die jedoch im Zuge der Ausbaupläne Projekt 17 insofern behoben wird, dass mit Realisierung der Ausbaupläne die Schleusen für GMS passierbar gemacht werden.

2.3.3 Kapazitäten

Daneben sind auch die Kapazitäten auf der Elbe und der Kanalstrecke zu betrachten. Bei der Elbe lässt sich eine Kapazität nur schwer bestimmen, da die Kapazität meist über Engpässe und Schleusen berechnet wird. Die Schleuse Geesthacht, deren Auslastung als gering eingestuft wird, liegt jedoch vor dem Abzweig von Elbe und Elbe-Seiten-Kanal. Generell kann von einem sehr hohen, wenn auch zeitweise durch niedrige Wasserständen eingeschränkten Kapazität gesprochen werden.³

Die Kapazitätsauslastung des Elbe-Seitenkanals befindet sich z. Z. auf einem mittleren Niveau. Einen Engpass stellt bisher die Schleuse Uelzen dar. Gegenwärtig ließe sich dennoch die derzeitige Verkehrsbelastung noch annähernd verdoppeln. Der Bau einer zweiten Schleusenkammer für die Schleuse Uelzen (geplant im Investitionsprogramm 1999 - 2002) führt nochmals zu einer Steigerung der Kapazität um etwa 100 %.⁴

¹ Es wird für alle Schleusen und Schiffshebewerke eine Breite von 12 m

² Die Länge der größten GMS beträgt 105 m

³ LINDE, HORST (1999):

⁴ LINDE, HORST (1999)

Die Kapazitäten auf der Strecke Magdeburg – Berlin lassen sich gegenwärtig noch auf das Zwei- bis Dreifache steigern. Nach Beendigung des Projekts 17 ergibt sich nochmals eine Verdopplung der Kapazitäten.¹

Insgesamt stellt gegenwärtig nur die Elbe durch ihr Niedrigwasser einen kapazitätskritischen Engpass dar, während auf der Alternativstrecke keine Kapazitätsprobleme zu erkennen sind. Für das Jahr 2015 muss dennoch geprüft werden, ob die Kapazitäten eine Einschränkung für das Güterverkehrswachstum auf der Elbe darstellen.

2.3.4 Fahrzeiten

Zur Berechnung der Fahrtzeiten werden folgende Geschwindigkeiten angenommen:

Tab. 5: Fahrgeschwindigkeiten auf Flüssen und Kanälen

Fahrgeschwindigkeiten auf den Flüssen und Kanälen	Bergwärts		Talwärts	
	Fluss	Kanal	Fluss	Kanal
Geschwindigkeiten [km/h]	8	10	14	12

Des weiteren wird davon ausgegangen, dass an Schleusen eine Schleusenzeit von einer Stunde benötigt wird, zusätzlich wird für Schubverbände eine Stunde angesetzt, sofern an einer Schleuse der Schubverband entkoppelt werden muss. Die im vorigen Kapitel beschriebenen Veränderungen und Ausbaupläne an Wasserstraßen und Schleusen führen für das Basisszenario für die zentralen Relationen der Elbschifffahrt zu folgenden Ergebnissen:

Tab. 6: Fahrtzeiten für wichtig Binnenschifffahrtsrelationen der Elbe

Relation	Strecke	Min. WK	Strecken- länge [km]	Schleusen (Entkoppeln für Schub- verbände)	Fahrt- und Schleusenzei- ten (Schubverbände)		Umlaufdauer [h] nach Aus- bau (Schub- verbände)
					Bergwärts[h]	Talwärts [h]	
Hamburg – Magdeburg	Elbe	Va	296	1 (0)	38 (38)	22 (22)	100 (108)
	ESK	Vb	264	5 (2)	33 (35)	26 (28)	104 (114)
Hamburg – Magdeburg – Berlin	Elbe	Va	416	5 (1)	54 (55)	36 (37)	122 (131)
	ESK	Vb	404	9 (3)	51 (54)	42 (45)	128 (139)
Hamburg – Magdeburg – Dresden	Elbe	Va	564	1 (0)	72 (72)	41 (41)	164 (174)
	ESK	Va	532	5 (2)	66 (68)	45 (47)	168 (178)
Hamburg – Magdeburg – Prag (Melnik)	Elbe	Va	625	7 (6)	85 (91)	51 (57)	131 (145)
	ESK	Va	593	11 (8)	80 (88)	56 (64)	136 (152)

¹ LINDE, HORST (1999)

Durch die höhere Wasserstraßenklasse der Kanalstrecke können nur dort Schubverbände und Containerschiffe mit drei Lagen regelmäßig fahren. Dies wirkt sich auf den Relationen von Hamburg nach Magdeburg und Berlin aus. Für die Relationen Hamburg nach Dresden und Prag wirkt sich die höhere Wasserstraßenklasse des Elbe-Seiten-Kanals nicht aus. Hier können Schubverbände auf dem Teilstück Magdeburg – Dresden nur bei günstigen Wasserstandsbedingungen auf der Elbe fahren, so dass diese Verkehrsbeziehungen daher von Ausbau- und Rückbaumaßnahmen unmittelbar betroffen sind.

Die berechneten Fahrzeiten zeigen, dass bergwärts in allen Fällen der Elbe-Seiten-Kanal die günstigere Alternative darstellt, talwärts (also meist die Leerfahrten betreffend) ist die Elbe der zeitgünstigere Wasserweg. Die Zeiteinsparungen liegen bei vier bis acht Stunden (4 bis 7 % der Umlaufdauer) und haben für die kürzeren Distanzen ein größeres Gewicht, als auf den langen Strecken, wie z. B. Prag – Hamburg.

2.3.5 Fazit

Betrachtet man gegenwärtig die Alternative zwischen Elbe und der Kanalstrecke, so zeigt sich, dass die Elbe vor allem dadurch einen Vorteil hat, weil sie in einer höheren Wasserstraßenklasse eingestuft ist, und – unter günstigen Wasserstandsbedingungen – damit für größere Schiffe besser geeignet ist. Dieser Vorteil wird sich im Jahr 2015 gewendet haben, da durch das Projekt 17 nun der Weg über die Kanäle höher eingestuft und damit auch für größere Schiffe eher geeignet ist als die Elbe. Da die Auslastungen der Wasserwege noch weit von kapazitätskritischen Zuständen entfernt sind, sind die Eigenschaften wie Streckenlänge, Schleusenzahl und Fahrtzeiten von größerer Wichtigkeit. Der Weg über die Kanalstrecke ist für die Zielhäfen entlang der Strecke Magdeburg – Prag 32 km kürzer als der Weg über die Elbe. In Richtung Magdeburg ergibt sich durch das ruhende Wasser für die Kanalstrecke ein zusätzlicher Zeitgewinn. Dagegen wirken sich auf der Kanalstrecke die Zeiten für die Durchquerung der Schleusen und für das Entkoppeln von Schubverbänden negativ aus. Insgesamt zeigt sich, dass bergwärts in allen Fällen der Elbe-Seiten-Kanal die günstigere Alternative darstellt, talwärts, also meist die Leerfahrten betreffend, ist die Elbe der zeitgünstigere Wasserweg. Die Zeiteinsparungen liegen bei vier bis acht Stunden und haben für die kürzeren Distanzen ein größeres Gewicht als auf den langen Strecken wie z. B. Prag – Hamburg.

2.4 Güterverkehrsanalyse

2.4.1 Güterverkehr

Zentrale Häfen auf dem deutschen Gebiet sind Hamburg, Magdeburg, Dresden und Berlin. Sie umfassen 92 % des gesamten Güterumschlags auf dem deutschen Elbegebiet. Die anderen Umschlagzahlen in Häfen des Elbegebietes ergeben sich, wie in Tabelle 7 dargestellt¹.

Tab. 7: Güterumschlag an Häfen und Gebieten der Elbe

Güterumschlag der Binnenschifffahrt	Umschlag 1997 [Mill. t]
Hamburg	8.800²
Wittenberge	0.054
Tangermünde	0.024
Magdeburg	3.053
Elbe ab Hamburg bis Magdeburg	3.131
Schönebeck	0.069 ³
Barby	0.040
Aken	0.159
Roßlau	0.280
Torgau	0.066 ⁴
Riesa	0.418
Dresden	1.296
Elbe ab Magdeburg bis Dresden	2.262
Tschechien	1.388⁵
Wittingen	0.096
Uelzen	0.151
Lüneburg	0.135
Elbe-Seiten-Kanal	0.382
Wolfsburg-Fallersleben	0.110
Mittellandkanal (km 233,65-319,89)	0.110
Berlin-Spandau	1.208
Berlin-Westhafen	3.240
Berlin	4.448
Elbegebiet Hamburg – Tschechien + Berlin	20.587

¹ WESKA (1992-2000)

² Internetpräsentation des Hamburger-Hafens

³ Jahr 1996

⁴ Jahr 1995

⁵ Güterstrom aus Tschechien nach Deutschland per Binnenschifffahrt aus Euromatrix

Daher sind für die weitere Analyse der Güterverkehre die Relationen zwischen diesen Häfen von hoher Bedeutung. Das zeigt sich auch an der folgenden Graphik, die die Gütermengen für die entsprechenden Relationen ausweist. Die Relationen Hamburg – Magdeburg, Magdeburg – Hamburg und Hamburg – Berlin sind mengenmäßig am stärksten ausgeprägt, gefolgt von dem Verkehr zwischen Hamburg und Prag. Die im weiteren unter Prag dargestellten Gütermengen entsprechen immer dem Großraum Prag, der die tschechischen Regionen Praha, Stredocesky, Jihocesky, Severocesky und Vychodocesky umfasst.

In Richtung Hamburg ist der Leerfahrten-Anteil mit Ausnahme von der Relation aus Magdeburg sehr gering. Der Vergleich mit der Bahn zeigt jedoch, dass das geringe Transportauskommen mit den geringen Güteraufkommen zwischen den Relationen zusammenhängt. Für den Modal Split ergibt sich ein differenziertes Bild. Nur auf der Relation Hamburg – Magdeburg liegt der Modal Split des Binnenschiffs über dem der Bahn, was zu begründen ist mit der direkten Verbindung zwischen Hamburg und Magdeburg, und dem geringen Umschlagsaufwand der für von der Seeschifffahrt kommenden Güter herührt. Im Gegensatz zu den Relationen zwischen Hamburg und Dresden kann sich das Binnenschiff auf den Relationen Hamburg – Berlin, Magdeburg – Hamburg und zwischen Hamburg und Prag mit einem geringeren Modal Split als die Bahn behaupten.

2.4.2 Containerverkehr

Der Containerverkehr konzentriert sich bisher auf den Rhein und die vom Rhein abzweigenden Neckar und Main. Im Elbegebiet ist der Umfang des Containerverkehrs bisher verschwindend gering. Im Jahr 1997 wurden von Hamburg etwa 2400t nach Wittenberg und 4000t nach Tschechien (nach Hamburg 1800t/2800t).

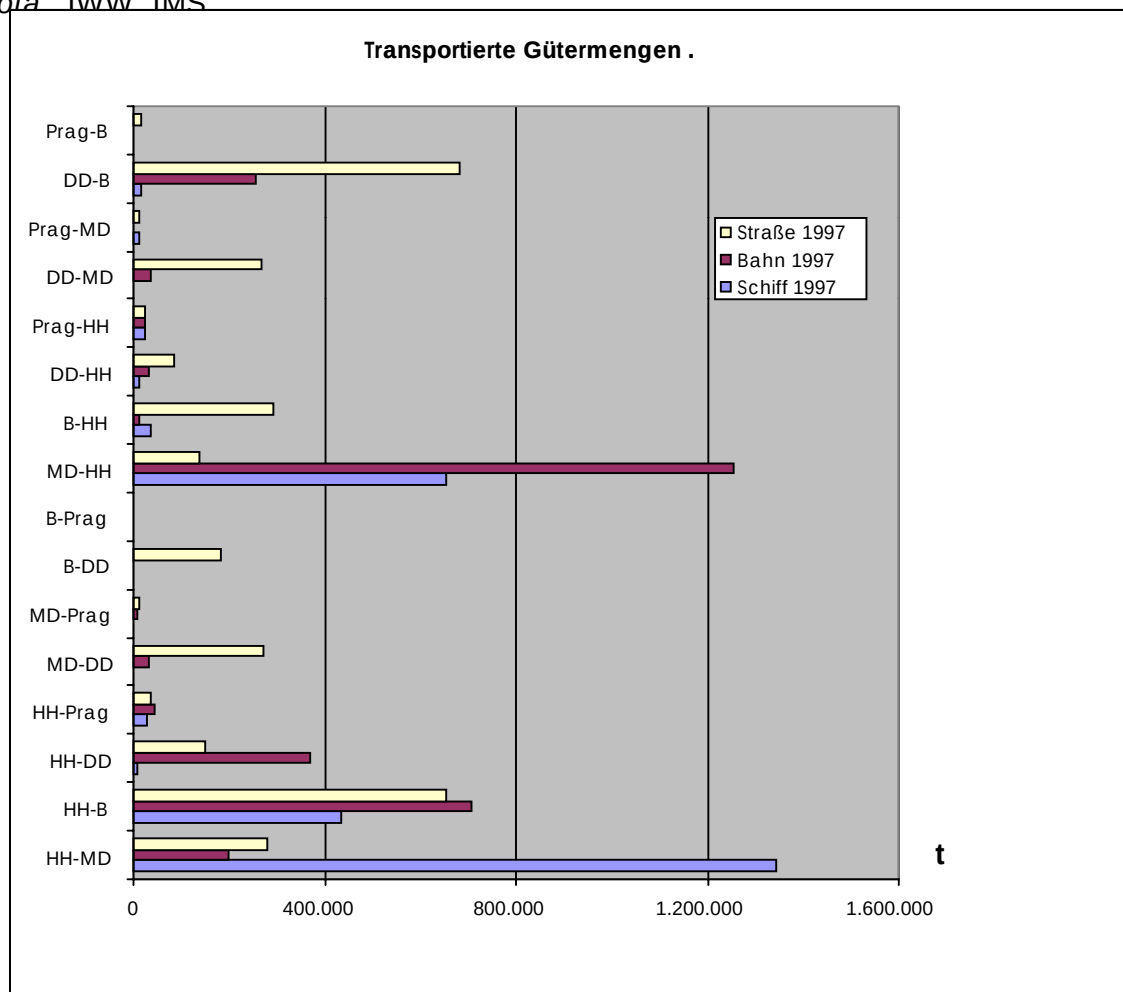


Abb. 2: Transportierte Gütermengen auf zentralen Relationen

2.5 Güterverkehrsprognose

2.5.1 Güterverkehr

Die Prognose der Güterverkehrsströme für 2015 zeigt das maximale Wachstum für die Relation Hamburg – Berlin mit 70 %, gefolgt von Hamburg – Magdeburg mit 64 %. Das Wachstum der anderen Relationen liegt unter 40 %. Auch das Wachstum der Güterverkehrsströme in Richtung Hamburg steigt ausgehend vom Jahr 1997 nur in der Bandbreite zwischen 20 und 30 % an.

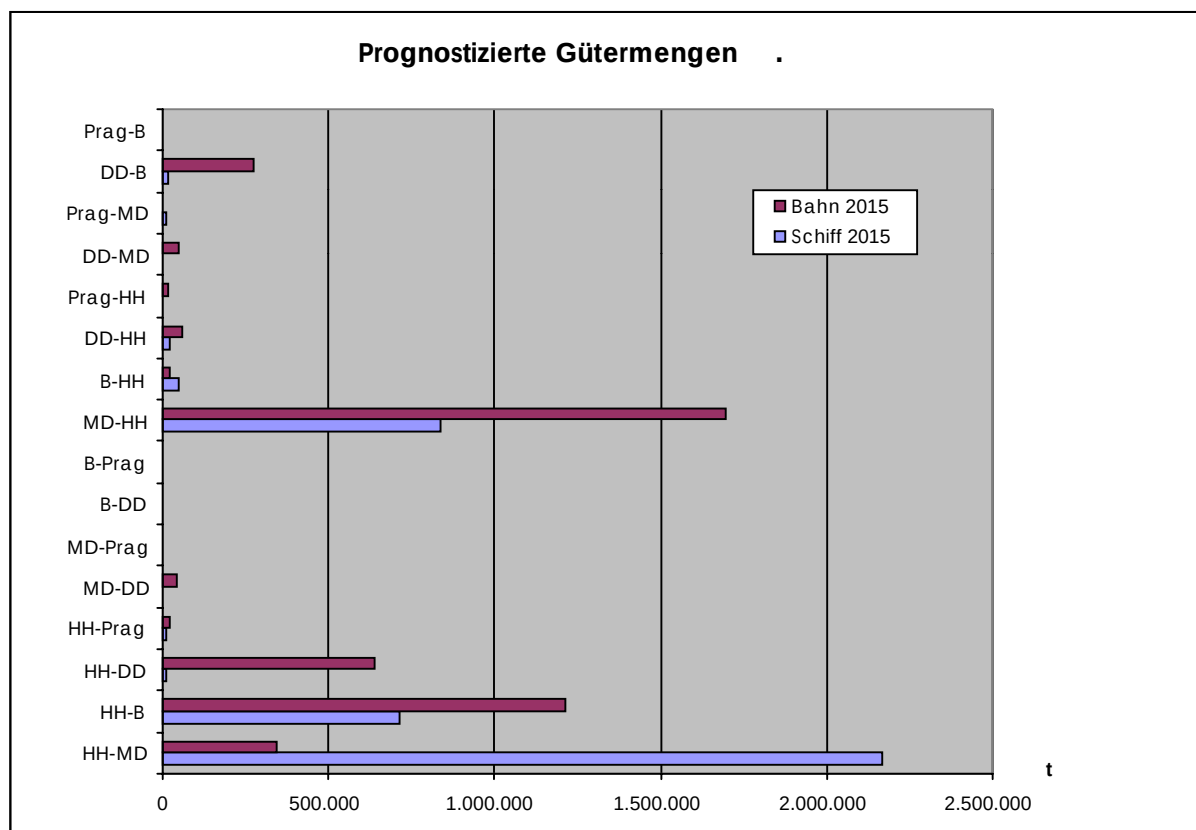


Abb. 3: Prognostizierte Gütermengen auf zentralen Relationen

Die Änderungen bezüglich des Modal Splits sind gering. Eine leichte Verbesserung der Bahn gegenüber dem Binnenschiff ist an den Modal Splits zu erkennen. Strukturell ergibt sich keine Änderung an dem Modal Split. Nur auf der Relation Hamburg – Magdeburg dominiert das Binnenschiff, auf den Relationen Hamburg-Berlin und Magdeburg-Hamburg hat das Binnenschiff zwar einen hohen Anteil, liegt aber dennoch hinter dem Anteil am Güterverkehr der Bahn.

Ein wichtiger Punkt in der Betrachtung über die Notwendigkeit eines Infrastrukturausbaus für die Elbe, ist die Frage, ob ein Ausbau der Elbe aus Kapazitätsgründen erforderlich ist. Da in den vorherigen Kapitel auf den Elbe-Wasserwegen eine geringe Auslastung festgestellt wurde und es erst oberhalb einer Verdoppelung der gegenwärtigen Güterverkehrsströmen zu Engpässen käme, ist man auch 2015 noch von kapazitätskritischen Zuständen entfernt.

2.5.2 Containerverkehr

Die Bestimmung der zukünftigen Containerverkehr erfolgt stufenweise. Im ersten Schritt werden die gegenwärtigen Containerverkehrsrelationen betrachtet und durch geeignete Faktoren auf die zukünftigen Jahre extrapoliert. Geht man davon aus, dass die relativen Preise zwischen Binnenschiff und Straße sich nicht verändern, so erhält man den Containerverkehr für das Jahr 2010 in Spalte 2 der Tabelle. Diese werden durch ein angenommenes Wachstum von 3.1 % pro Jahr auf das Jahr 2015 extrapoliert.

Tab. 8: Containertransport 1997, 2010 und 2015 an zentralen Umschlaghäfen in beförderten Containern

Containerverkehr [TEU]	1997	2010 ohne Änderung der relativen Preis Schiff/Bahn	2010 mit Verlagerung durch niedrigere Preise bei Containerverkehr mit 3 Lagen	2015 mit Verlagerung durch niedrigere Preise bei Containerverkehr mit 3 Lagen
Von Hamburg nach				
Magdeburg	0	0	5.545	6.459
Berlin	0	0	44.483	51.819
Dresden	0	0	0	0
Tschechien	499	774	774	902
Nach Hamburg von				
Magdeburg	0	0	7.709	8.980
Berlin	0	0	30.209	35.191
Dresden	0	0	0	0
Tschechien	545	967	967	1.127

Im zweiten Schritt wird versucht, anhand von möglichen Güteraufkommen, einer theoretischen Bedienfrequenz einer Relation und deren Kostenstruktur neue Relationen zu bestimmen, für die ein Containerverkehr rentabel ist. Da die Relationen Hamburg – Magdeburg/Berlin über die Kanalstrecke von Containerschiffen mit die drei Lagen bedient werden kann, wird diesen Relationen für den Containerverkehr eine hohe Bedeutung zugewiesen. Im Endeffekt ist nur auf diesen Relationen Containerverkehr profitabel, unter der Annahme, dass dort Containerverkehr mit einer Bedienfrequenz von viermal die Woche und 3-lagigen Containerschiffen durchgeführt wird.

Das Gesamtergebnis (vgl. Tab. 8, 9) zeigt, dass der Containerverkehr zwischen Hamburg und Berlin die größte Bedeutung hat. Auf dieser Relation können Transporte von der Straße auf das Binnenschiff verlagert werden. Als zweitstärkste Relation wird sich der Containerverkehr auf der Verbindung Hamburg – Magdeburg durchsetzen. Die Relationen nach Aken, Dresden und Prag besitzen nach PLANCO nicht genügend wirtschaftliches Potential um hier regelmäßigen und rentablen Containerverkehr zu etablieren.

Vergleicht man die Ergebnisse des Containerverkehrs mit dem gesamten Güterverkehr, so zeigt sich, dass die Relation Hamburg – Magdeburg bei den traditionell binnenschiff-fahrtsaffinen Gütern das größte und bei den Containerverkehren ebenfalls ein bedeutendes Gewicht hat. Die Relation Hamburg – Berlin dagegen hat bei den Containerverkehren einen hohen Anteil, der bezogen auf die gesamte per Schiff transportierte Menge etwa ein Drittel ausmacht.

Die Relation Hamburg – Dresden bleibt weiterhin sowohl für binnenschifffahrtsaffine Güter als auch für Containerverkehr unbedeutend. Ein etwas stärkeres Gewicht für diese beiden Bereiche hat die Relation von Hamburg nach Tschechien inne.

Tab. 9: Containertransport an zentralen Umschlaghäfen in 1000 Tonnen

Containerverkehr [1000 t]	1997	2010 ohne Änderung der relativen Preis Schiff/ Bahn	2010 mit Verlagerung durch niedrigere Preise bei Containerverkehr mit 3 Lagen	2015 mit Verlagerung durch niedrigere Preise bei Containerverkehr mit 3 Lagen
Von Hamburg nach				
Magdeburg	0	0	12.0	14.0
Berlin	0	0	213.0	248.1
Dresden	0	0	0	0.0
Tschechien	4.0	7.0	7.0	8.2
Nach Hamburg von				
Magdeburg	0	0	13.0	15.1
Berlin	0	0	211.0	245.8
Dresden	0	0	0	0.0
Tschechien	2.8	5.0	5.0	5.8

2.6 Ergebnisse

Die Veränderung der **Kosten** durch eine Verbesserung der Wasserverhältnisse sind auf der Relation Hamburg – Magdeburg/Berlin marginal, da auf der Kanalstrecke bergwärts geringere Fahrzeiten zu realisieren sind und zugleich der Kanal für eine höhere Wasserstraßenklasse konzipiert ist als die Elbe. In Richtung Hamburg hat die Strecke über die Elbe einen Zeitvorteil von vier bis acht Stunden. Diese Zeitdifferenz wirkt sich für die Häfen Magdeburg bis Dresden und Berlin am stärksten aus, während die Schiffe von Prag kommend aufgrund ihrer ohnehin sehr hohen Fahrzeiten von der Fahrzeitverkürzung kaum profitieren.

Die Fahrzeugflotten der Relation Hamburg – Magdeburg – Berlin bleiben von den Ausbaumaßnahmen der Elbe unberührt, da die Kanalstrecke ohnehin größere Schiffe bzw. Schubverbände zulässt als die Elbe. Auf der Relation Hamburg – Dresden – Prag wirkt sich die Sicherstellung einer größeren Tauchtiefe aus. Hier wird die Tendenz zu größeren Schiffen, höherer Beladung und zu Schubverbänden zunehmen.

Tab. 10: Wirkungen des Ausbaus der Elbe

Relation	Flottenveränderung bzw. Beladungsänderung	Zeitverkürzung	
		bergwärts	talwärts
Hamburg – Magdeburg	Nein	Nein	Ja
Hamburg – Berlin	Nein	Nein	Ja
Hamburg – Dresden	Ja	Nein	Ja
Hamburg – Prag	Ja	Nein	Ja

Bezogen auf den Containerverkehr ergeben sich aufgrund fehlender Flotten- und Beladungsänderung für die Relationen Hamburg – Magdeburg und Hamburg – Berlin keine Änderung vom Referenzszenario. Auf den Containerverkehr wirken sich lediglich die Verbesserungen auf den Relationen Hamburg – Dresden und Hamburg – Prag aus. Da aber auf der Relation Hamburg – Dresden keine und auf der Relation Hamburg – Tschechien nur marginale Containerverkehre prognostiziert werden, brauchen Containerverkehre wegen ihrer geringen Auswirkung nicht für die BVWP-Bewertung berücksichtigt werden.

In der BVWP-Bewertung wird aus diesen Gründen nur der Güterverkehr ohne separate Betrachtung des Containerverkehrs berücksichtigt. Daher werden auch nur die Verkehrsträger Schiene und Wasserweg in die Berechnung speziell der Güterverlagerung miteinbezogen.

2.6.1 Ergebnisse der BVWP für das Ausbauszenario

Der verkehrliche Nutzen aus dem Ausbau der Elbe berechnet sich durch die Senkung der Vorhaltungskosten, der Betriebsführungskosten und der Kostenminderung durch die Verkehrsverlagerung.

Tab. 11: Kostenminderung der Binnenschifffahrt und Güterverlagerung

Nutzennummer	Nutzenbenennung	Nutzenwert in Mio. DM pro Jahr
NB1	Minderung der Vorhaltungskosten	0.18
NB2	Minderung der Betriebsführungskosten	0.18
NB3	Güterverlagerung	2.84

Die Vorhaltungskosten sind für das Ausbauszenario niedriger, da die transportierte Gütermenge durch die höhere Tonnage von einer geringeren Anzahl von Schiffen befördert werden kann. Dieser Kapazitätseffekt ist auch für eine Senkung der Betriebsführungskosten verantwortlich. Durch die Güterverlagerung von Bahn auf Schiff entsteht ein höherer Nutzen. Hier machen sich die geringeren Transportkosten der Binnenschifffahrt bemerkbar. Der höchste Nutzen aus Verlagerung wird auf der Relation Hamburg – Dresden erzielt, während die Relationen Berlin – Dresden und Berlin – Prag nach wie vor mit der Bahn günstiger zu bedienen sind.

Betrachtet man die Erneuerung und Instandhaltung der Verkehrswege, so wird angenommen, dass durch den Ausbau keine Erneuerungen des Verkehrsweges Elbe vermieden werden, sondern sich nur die Instandhaltungskosten sich ändern. Durch den Ausbau der Mittel- und Oberelbe fallen Investitionskosten in Höhe von 202 Mio. DM an bei einem geschätzten Abschreibungszeitraum von 80 Jahren (sonstige Anlagen der Binnenschifffahrt wie Düker etc.). Die jährlichen Mehrkosten werden auf 0.8 v. H. der Investitionsausgaben angenommen, was einer Summe von 1.616 Mio. DM entspricht.

Positive Beschäftigungseffekte entstehen sowohl in der Bau- als auch in der Betriebsphase:

Tab. 12: Regionale Nutzen und Kosten

Nutzennummer	Nutzenbenennung	Nutzenwert in Mio. DM pro Jahr
NR1	Beschäftigung während der Bauphase	0.68
NR2	Beschäftigung während der Betriebsphase	0.64
NR3	Raumordnerische Vorteile	0.00
NR4	Förderung internationaler Beziehungen	0.04

Es wird davon ausgegangen, dass der Ausbau der Elbe und die Verbesserung der Schifffahrtsmöglichkeiten nicht zu weiteren raumordnerischen Vorteilen der Regionen Magdeburg und Dresden führt. Dies begründet sich damit, dass nur vorhandene Güterverkehre, die bisher mit der Bahn transportiert worden sind, auf die Binnenschifffahrt verlagert werden. Daraus lässt sich keine zusätzliche Attraktivitätssteigerung der betroffenen Regionen herleiten. Die Förderung von internationalen Beziehungen durch die Binnenschifffahrt lässt sich mit der verbesserten Anbindung des Seehafens Hamburg an das Hinterland begründen, der Effekt ist jedoch marginal.

Differenzen zwischen Geräuschbelastungen werden innerhalb der BVWP aus Mangel an entsprechenden Lärmkostensätzen nicht betrachtet. Für die Bewertung der Geräuschbelastung können wir auf Lärmkostensätze, die für Deutschland bestimmt worden sind¹ und daher aufgrund niedrigerer Besiedlung im Osten eher zu hoch angesetzt sind, zurückgreifen. Im Ergebnis liegen Kosten für Lärm für das Ausbauszenario um 2.34 Mio DM unter dem Referenzsszenario.

Die Höhe der Abgasbelastung weicht im Ausbauszenario durch zwei Effekte von dem Referenzszenario ab: die Verkehrsleistung steigt im Ausbauszenario durch die größere Länge der Elbe im Vergleich zu der Alternative über den Kanal an und durch die Verlagerungen von Bahn auf Schiff verändern sich die Abgasmengen.

Ein Vergleich der Emissionsbewertung zeigt deutlich höhere Emissionen für CO₂ und NO_x. Die Kosten dieser erhöhten Emissionen übertreffen den Nutzen, der aus einer reduzierten Emissionsmenge für VOC und Partikel resultiert. Insgesamt entstehen daher im Ausbauszenario zusätzliche Kosten für die Emissionen. Sie werden durch den Nutzen aus Minderung der Geräuschbelastung überkompensiert.

Tab. 13: Änderung der Umweltbelastungen

Nutzennummer	Nutzenbenennung	Nutzenwert in Mio. DM pro Jahr
NU1	Minderung der Geräuschbelastung	2.34
NU2	Minderung der Abgasbelastung	-1.32

Die Übersicht über die Nutzen ergibt einen jährlichen Gesamtnutzen von 3.9 Mio. DM zum Jahr 2000:

Tab. 14: Gesamtnutzen

Nutzennummer	Nutzenbenennung	Nutzenwert in Mio. DM pro Jahr
NB1	Minderung der Vorhaltekosten	0.18
NB2	Minderung der Betriebsführungskosten	0.18
NB3	Güterverlagerung	2.84
NW1	Erneuerung der Verkehrswege	0.00
NW2	Instandhaltung der Verkehrswege	-1.62
NR1	Beschäftigung während der Bauphase	0.68
NR2	Beschäftigung während der Betriebsphase	0.64
NR3	Raumordnerische Vorteile	0.00
NR4	Förderung internationaler Beziehungen	0.04
NU1	Minderung der Geräuschbelastung	2.34
NU2	Minderung der Abgasbelastung	-1.32
Summe	Gesamtnutzen im Jahr 2000	3.92

¹ UIC (2000)

Berechnet man aus dem jährlich anfallenden Nutzen mit Hilfe von Barwertfaktoren den Gesamtnutzen der Investition, so entsteht in der Summe ein Nutzen von 185 Mio DM.

Die Investitionskosten der Maßnahmen betragen im Zeitraum 1999 bis 2002 123 Mio. DM und nach 2002 79 Mio. DM. Die Bauzeit für den ersten Teilschritt wird daher mit 4 Jahren angesetzt, für den zweiten Schritt werden 8 Jahre angesetzt. Die gesamten Kosten bestimmen sich aus den jeweiligen Investitionskosten, der Differenz zwischen Baubeginn und Bezugszeitpunkt und dem Barwertfaktor bezogen auf die Bauzeit. In der Summe ergibt sich aus der Kostenanalyse, die ebenfalls für das Bezugsjahr 2015 berechnet wird, der Wert 271 Mio DM.

Das Nutzen/Kostenverhältnis bestimmt sich aus dem Quotienten der Nutzen zu den Kosten. Es beträgt:

$$\text{NKV} = \text{Nb/Kb} = 185 \text{ Mio. DM} / 271 \text{ Mio. DM} = 0.68$$

Aus der Tatsache, dass der Quotient aus Nutzen und Kosten kleiner als 1 ist, lässt sich schließen, dass die Investition in den Ausbau der Elbe zu geringen Nutzen bewirkt.

2.6.2 Bewertung des Rückstufungsszenario

Auf der Teilstrecke Magdeburg – Hamburg sind keine Kostenvorteile, keine Kapazitätsvorteile und nur marginale Zeitvorteile der Elbe gegenüber der Kanalstrecke zu berücksichtigen. Diese Zeitvorteile, die im Bereich zwischen 4 bis 8 Stunden (4 bis 7 % der Umlaufdauer) liegen und nur talwärts, also meist die Leerfahrten betreffend, realisiert werden können, haben keine nennenswerte Auswirkung auf die Binnenschifffahrt.

Damit verändern sich die beim Ausbauszenario in die Bewertung miteinbezogenen Vorhaltungskosten, Betriebsführungskosten und Kostenminderungen durch Güterverlagerung im Rückbauszenario nicht. Ebenso wenig lassen sich bei den regionalen und räumlichen Aspekten nennenswerte Effekte begründen.

So würde als positiver Effekt eine Minderung der Kosten für den Erhalt des Elbabschnittes Hamburg – Magdeburg entstehen. Diesem gegenübergestellt werden müssten allerdings mögliche Investitionskosten für den Rückbau, die bisher nicht genauer spezifiziert sind.

3 Auswirkungen eines Ausbaues der unteren Mittelelbe auf FFH-Gebiete

3.1 Auswahl des Fallbeispiels

Im Rahmen der Vorgespräche wurde die Festlegung getroffen, die Methodenanwendung am Beispiel von Ausbaumaßnahmen an der Mittelelbe zu testen. Der Ausbau der oberen bzw. der unteren Mittelelbe war als Projekt Nr. 19 bereits Bestandteil der Bedarfsplanung 1992 (s. Abb. 4). Die von den Maßnahmen betroffene Gesamtstrecke zwischen der deutsch-tschechischen Grenze und Lauenburg umfasst 569,3 Stromkilometer. Einen Überblick über das Projekt Nr. 19 und die vorgesehenen Maßnahmen vermittelt die nachfolgende Abbildung. Als Ziele der Maßnahme sind angegeben (BfG 1997):

- Fahrrinntiefen von mindestens 1,6 m bei Niedrigwasser und mindestens 2,6 m bei Mittelwasser; gleichzeitig Maßnahmen zur Begegnung der Sohlerosion;
- Fahrrinnenbreiten von ca. 50 m bei Niedrigwasser für den zweischiffigen Verkehr (bis auf explizit genannte Ausnahmen mit einschiffigem Verkehr);
- Brückendurchfahrtshöhen von mindestens 7 m bezogen auf einen Bemessungswasserstand.

Zur Erreichung dieser Ziele sind ausschließlich Strombaumaßnahmen vorgesehen. Neben verschiedenen strombaulichen Maßnahmen in Teilabschnitten, u. a. im Bereich der Erosionsstrecke Torgau und der sogenannten Reststrecke Dömitz, sind hier besonders die Maßnahmen im Bereich der Stadtstrecke Magdeburg (Beseitigung des Domfelsens) herauszustellen¹.

Aufgrund von Problemen bei der Datenbeschaffung stand eine Bearbeitung des Fallbeispiels Elbe lange in Frage. Der wesentliche Grund für diese Probleme ist darin zu sehen, dass die beschriebenen Planungen an der Elbe, insbesondere der für die Fallbeispielbearbeitung vorgesehenen unteren Mittelelbe, nicht zuletzt aufgrund der für diesen Abschnitt mit der Elbe-Erklärung erfolgten politischen Einigung von BMV, BUND, NABU, STIFTUNG EUROPÄISCHES NATURERBE, WWF (1996) nicht weiterverfolgt worden sind bzw. werden sollen. Insoweit stehen für den vorgeschlagenen Untersuchungsraum der „Reststrecke Dömitz“ keine detaillierten hydromorphologischen Analysen bzw. Berechnungen zur Verfügung. Mögliche Konsequenz wäre die Auswahl eines anderen Beispielraumes gewesen. Diskutiert wurden die Mittelweser sowie der nördliche Abschnitt des Dortmund-Ems-Kanals.

Nachdem schließlich zumindest grundlegende Daten beschafft werden konnten (Dokumentation im Anlagenband), wurde beschlossen, den Bereich der sogenannten Reststrecke Dömitz der unteren Mittelelbe zwischen Besandten (oberhalb von Dömitz) und Hitzacker (Fluss km 508 – 521) für den raumbezogenen Teil der Fallbeispieluntersuchung heranzuziehen. Die genaue Abgrenzung des Untersuchungsraumes geht aus Abbildung 5 hervor. Die Abgrenzung beruht im Wesentlichen auf den Festlegungen in BfG 1997.

¹ Inwieweit hierbei die Festlegungen zu Brückendurchfahrtshöhen inbegriffen sind, bleibt offen.

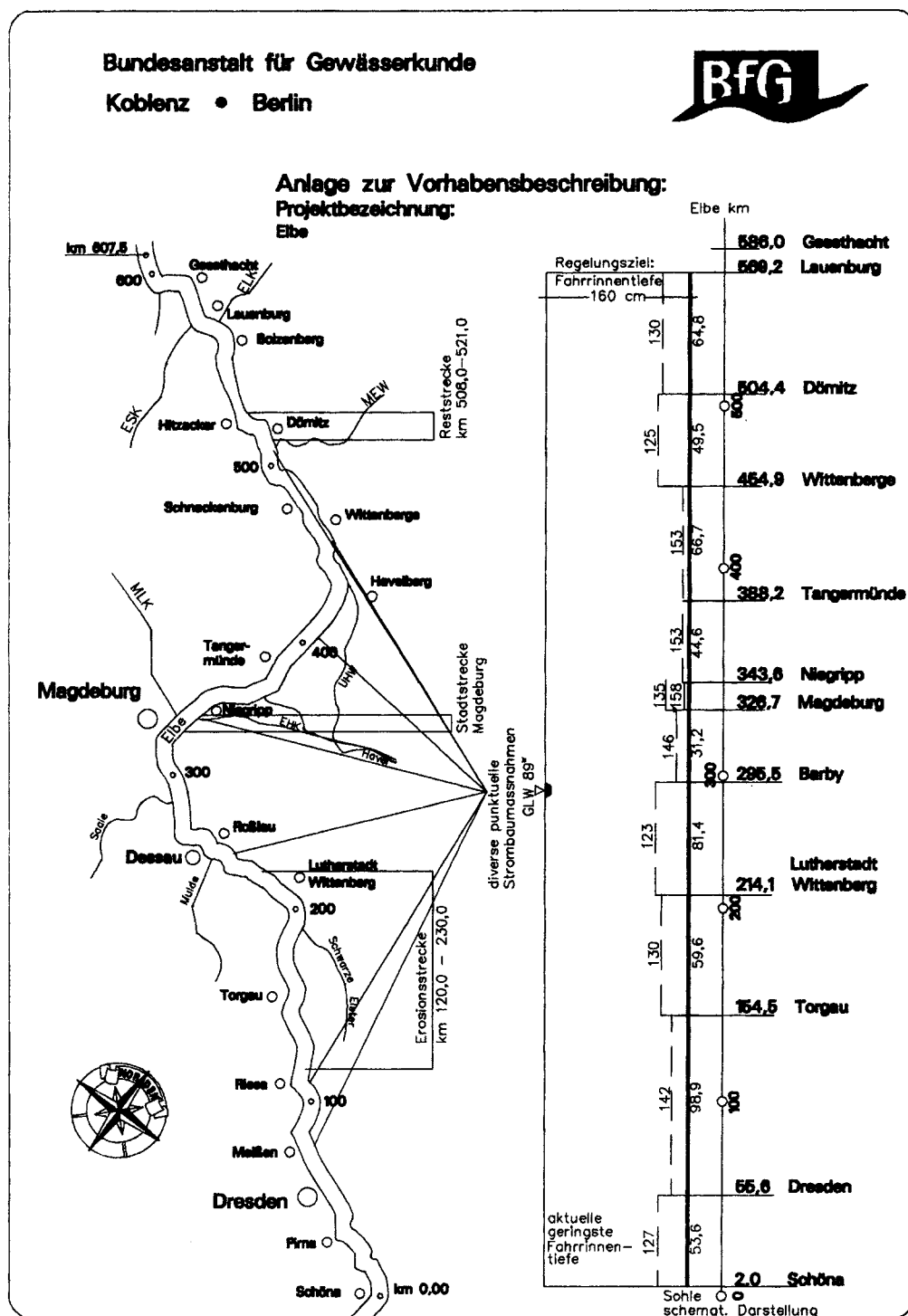


Abb. 4: Projekt Nr. 19 – Übersicht über die vorgesehenen Maßnahmen an der Elbe (BfG 1997)

3.2 Konzeption von Ausbaumaßnahmen

3.2.1 Begründung eines Ausbaubedarfs

Bei dem dem Fallbeispiel zugrundezulegenden Bereich der Elbe zwischen Elbe-km 508 und km 521 handelt es sich um die sogenannte Reststrecke, „die in den dreißiger Jahren nicht wie ober- und unterhalb niedrigwasserreguliert wurde und daher mit 50 m Überbreite zwischen den Buhnen ganz besonders zu wandernden Sandbänken und Untiefenbildung neigt“ (ANONYMUS 1999). Der Streichlinienabstand (Mittelwasserbreite) in der Reststrecke liegt bei ca. 250 bis 265 m, er sollte lediglich ca. 207 bis 212 m betragen. Die bis zu 800 m langen Sand- und Kiesbänke können bis zu 10 m pro Tag wandern. Sie kreuzen die Fahrrinne, beschränken die Fahrrinntiefe und stellen erhebliche Behinderungen für die Schifffahrt dar. „Auch mit umfangreichen Unterhaltungsbaggerungen ist es nicht immer möglich, die erforderliche Fahrrinntiefe von 1,60 m unter dem Bezugsniedrigwasser zu gewährleisten“ (DÜNNER 2000).

Die Reststrecke stellt somit neben einigen wenigen anderen Streckenabschnitten (z. B. die sogenannte Erosionsstrecke) ein ausgesprochenes Nadelöhr für die Schifffahrt auf der Elbe zwischen der deutsch-tschechischen Grenze und Hamburg dar. Aus Sicht der Schifffahrt ist deshalb ein Ausbau geboten, um eine ganzjährige Schifffbarkeit der Elbe mit einer Fahrrinntiefe von 1,60 m zu erreichen. Diese Zielsetzung wurde auch im BVWP formuliert.

Aus diesem Grund ist u. a. die BAW seit geraumer Zeit mit detaillierten Untersuchungen der Reststrecke und anderer Problemstrecken betraut. Die BAW arbeitet zu diesem Zweck sowohl mit numerischen (eindimensional-hydroneumerisches Modell) als auch mit einem physikalischen Modell im Maßstab 1:110.

Derzeit ist die Elbe im betrachteten Bereich der Wasserstraßenklasse Va zugeordnet, allerdings wird der für diese Klasse geforderte Tiefgang nicht erreicht.

Die Buhngeometrie wurde um die Jahrhundertwende nach Gesichtspunkten festgelegt, die im Wesentlichen als empirisch begründet bezeichnet werden können.¹ An der mittleren Elbe können die geometrischen Parameter wie die Lage zum Stromstrich: 72° (inklinate Anordnung), Längsgefälle der Krone: 1:100 bis 1:200, oberstromseitige Böschung: 1:3, unterstromseitige Böschung: 1:2, Kopfneigung 1:5 sowie eine Buhnenlänge von 50 bis 70 m als typisch angesehen werden (KREBS 2000).

Die fehlende Niedrigwasserregelung führt dazu, „dass es in der Reststrecke zwischen Dömitz und Hitzacker ... zu wiederkehrenden erheblichen Behinderungen für die Schifffahrt kommt. Große alternierende Kiesbänke kreuzen hier die Fahrrinne und beschränken die Fahrrinntiefe in erheblichem Maße. Daraus ergibt sich ... ein hoher Verkehrssicherungs- und Unterhaltungsaufwand Auch mit umfangreichen Unterhaltungsbaggerungen ist es nicht immer möglich, die erforderliche Fahrrinntiefe von 1,60 m unter dem

¹ Interessant ist auch der Vergleich mit anderen deutschen Strömen. Es zeigt sich, dass der Buhnenbau von Fluss zu Fluss individuell verschieden ist und den jeweiligen Verhältnissen (z. B. Strömung, Abflusscharakteristik, Baumaterial, ...) Rechnung trägt.

Bezugsniedrigwasser zu gewährleisten.“ „Im Streckenabschnitt zwischen Elbe-km 507,400 und 521,000 wurde bis heute kein „Niedrigwasserausbau“ durchgeführt. ... Die Soll-Streichlinienbreite beträgt hier zwischen 207 bis 212 m, während der Ist-Streichlinienabstand in der „Reststrecke“ zwischen 250 und 265 m liegt.“ Streichlinienabstand = Mittelwasserbreite. Ziel der Untersuchungen der BAW ist u. a.: Gewährleistung einer durchgängigen Fahrrinntiefe von $\geq 1,60$ m bei einer Fahrrinnenbreite von ≥ 50 m unter GIW¹ 1989 (20 d) (Statistisches Niedrigwasser, welches im langjährigen Mittel an höchstens 20 eisfreien Tagen unterschritten wird) (HENTSCHEL 1999).

So hat die Bundesregierung im Bundesverkehrswegeplan 1992 die Beseitigung der Schifffahrtshindernisse auf der gesamten Strecke zwischen der deutsch-tschechischen Grenze und Hamburg durch Wiederherstellung der Wasserbauwerke an Elbe und Saale festgeschrieben. Durch diese Ausbaumaßnahmen soll erreicht werden, dass die Elbe nahezu ganzjährig mit einer Fahrrinntiefe von mindestens 1,60 m schiffbar ist. „Wichtige Voraussetzung der Wettbewerbsfähigkeit der Binnenschifffahrt ... ist die Aufrechterhaltung der Befahrbarkeit der Mittelelbe zwischen Magdeburg und Lauenburg. Auf dieser Strecke können Schubverbände mit bis zu zehn Schubleichtern schieben, die beispielsweise im Containerverkehr den Transport von 240 TEU im zweilagigen Verkehr und 360 TEU im dreilagigen Verkehr ermöglichen“ (DÜNNER 2000).

Vorgesehen ist, „die beschädigten Regelungsbauwerke (das sind im Wesentlichen die Buhnen) instandzusetzen, um damit im kritischen Niedrigwasserbereich Fahrrinntiefenverbesserungen um mindestens 20 cm zu erreichen. ... Das hieße, eine Fahrrinntiefe von 1,60 m und eine Fahrrinnenbreite von 50 m ... zu schaffen, die zu 95 % des Jahres garantiert werden sollte. Bei Mittelwasser würden somit Fahrrinntiefen von mindestens 2,60 m, in einigen Strecken sogar 3,20 m über die Hälfte des Jahres genutzt werden können.“ (KNOLL 1999)

Für die Zustandsanalyse kann zusätzlich zu den kartographischen Datengrundlagen auf die Darstellungen in BfG (1997) - Anlage 19 - bzw. von LINDE (separater Bericht zum vorliegenden Vorhaben, S. 32, zurückgegriffen werden.

Aufbauend auf den genannten Unterlagen bieten sich vor dem Hintergrund der zu testenden Methodik folgende Planungen als Grundlage für die Beurteilung von zwei unterschiedlichen **hypothetischen Eingriffsfällen** an. Dabei soll eine Orientierung an der von der BfG (2000) für die umweltfachliche Beispielsuntersuchung zugrundegelegten Planung erfolgen (z. B. hinsichtlich Aussagen zum Baggergut). Im Hinblick auf die Zielsetzung der Untersuchung ist auch eine Vorabschätzung der Baukosten erforderlich.

1. Vorhabensbeschreibung gemäß BfG (1997) Anl. 19: Strombauliche Maßnahmen zur Gewährleistung von 1,6 m Abtauchtiefe bis auf 20 Niedrigwassertage (bezogen auf die eisfreie Periode) sowie von 2,6 m bei Mittelwasserbedingungen (nach LINDE etwa an 115 Tagen im Jahr); Fahrrinnenbreite bei 50 m. Erforderliche Maßnahmen sollen für den Abschnitt zwischen Fluss km 510 und km 521 konzipiert werden. Eine detaillierte Prognose der hydrologischen Konsequenzen soll und kann nicht erfolgen.

¹ GIW (Gleichwertige Wasserstände): einander entsprechende Wasserstände in verschiedenen Abflussquerschnitten eines Fließgewässers bei gleicher Unter- oder Überschreitungsdauer

2. Vorhabensbeschreibung: Vorschlag gemäß ISM/LINDE, S. 32: Zusätzlicher Ausbau im Untersuchungsraum von Wasserstraßenklasse Va nach Vb mit Ermöglichung maximaler Schubverbandslängen. Hierzu ist zu prüfen, ob innerhalb des vorgesehenen Fallbeispielabschnittes Maßnahmen erforderlich werden. Insbesondere geht es dabei um die Frage von Uferrückverlegungen. Dies soll an einem Teilabschnitt geprüft werden. Ergibt sich aus einem Ausbau nach Vb kein Erfordernis für entsprechende Maßnahmen, so ist eine Uferrückverlegung davon unabhängig zu konzipieren.

Zu beiden Vorschlägen ist anzumerken, dass eine solche Planung den Festlegungen der Elbe-Erklärung (BMV 1996) widerspräche, in der u. a. erklärt wird, dass alle Unterhaltungs-/Ausbaumaßnahmen sich auf unumgängliche reversible Eingriffe beschränken sollen und Investitionen für die Wasserstraßenverbindung zwischen Magdeburg und Hamburg künftig auf den Elbe-Seiten-Kanal sowie die Oststrecke des Mittellandkanals konzentriert werden. Auch insoweit muss hervorgehoben werden, dass beide Eingriffsfälle einen hypothetischen Charakter tragen und hier lediglich zum Zweck der Optimierung eines Bewertungsbausteins betrachtet werden.

3.2.2 Hypothetischer Eingriffsfall 1: Strombauliche Regelungen

Die oben angegebenen Vorstellungen zur Planung des ersten Eingriffsfalls können nicht erfüllt werden, da zum einen die zur Verfügung stehende Datenbasis für eine der konkreten Situation angepassten Planung zu gering ist. Zum anderen lassen sich strombauliche Maßnahmen eines nicht staugeregelten Fließgewässers sinnvoll nur mit Hilfe relativ aufwendiger hydronummerischer Berechnungen planen, die den finanziellen und zeitlichen Rahmen des Projekts weit überschreiten würden.

Um dennoch zu einigermaßen realistischen Ergebnissen zu kommen, wurde für den ersten Eingriffsfall eine relativ einfache Vorgehensweise gewählt. Die von der WSV in den digitalen Karten eingetragene Achse, nach der sich auch die Kilometrierung richtet, wurde konsequent als Soll-Fahrrinnenachse angenommen. Ausgehend von dieser Achse wurde eine zu erzielende Mittelwasserbreite von 200 m angesetzt, die ober- und unterhalb der Reststrecke bereits realisiert ist. Man erhält also das Soll-Mittelwasserbett durch Parallelverschiebung der Achse um jeweils 100 m.

Als strombauliche Maßnahmen wurden Bühnenneubau, Bühnenverlängerung, Bühnenrückbau und der Bau eines Leitwerks eingesetzt (Abb. 14). In der Realität erforderlich werdende Bühnensanierungen sowie lokale Baggerungen wurden hier vereinfachend nicht mit einbezogen.

Bühnenverlängerung und -neubau ist die umfangreichste Maßnahme. Es kann vorausgesetzt werden, dass es sich bei den Bühnen um für die mittlere Elbe typische Bühnen mit den in Kapitel 2.3.2 beschriebenen Charakteristika handelt (KREBS 2000). Wie aus der Aufstellung im Anlagenband im Detail hervorgeht, erfordert die geplante Mittelwasserregulierung im Untersuchungsbereich die Verlängerung bzw. den Neubau von 138 Bühnen mit einer Gesamt-Bühnenlänge von ca. 5.100 m.

Buhnenrückbau ist vor allem am linken Ufer zwischen ca. km 520,0 und km 521,0 geplant. Aufgrund der konsequenten Beibehaltung der eingetragenen Achse als Soll-Mittelwasserachse ist das Mittelwasserbett relativ weit gegen das linke Ufer verschoben, was auf dem gegenüberliegenden rechten Ufer den Bau langer Buhnen erforderlich macht. Diese etwas realitätsferne Maßnahme wurde auch unter dem Gesichtspunkt gewählt, für das Fallbeispiel eine größere Vielfalt strombaulicher Baumaßnahmen einzusetzen.

Letzteres ist auch der Grund für die Entscheidung, zwischen km 518,4 und km 520,0 am linken Ufer ein nahezu 1.700 m langes Leitwerk vorzusehen. Das Leitwerk ist über Buhnen mit dem Ufer verbunden. Es kann davon ausgegangen werden, dass das Leitwerk nicht durchgehend, sondern mehrfach unterbrochen ist; diese Detailplanung wurde im Rahmen dieses Projekt aber nicht vorgenommen.

Die Kosten für die beschriebenen Ausbaumaßnahmen belaufen sich gemäß Vorabschätzung auf ca. 10 Mio. DM und teilen sich, wie in Tabelle 15 dargestellt, auf die verschiedenen Maßnahmen auf.

Tab. 15: Baukosten für eine Niedrigwasserregelung (erster Eingriffsfall)

Maßnahme	Menge	Einzelpreis	Gesamtpreis
Buhnenverlängerung und -neubau	5.100 m	1.300 DM/m	6.630.000 DM
Buhnenrückbau	230 m	1.000 DM/m	230.000 DM
Leitwerk	1.700 m	1.500 DM/m	2.550.000 DM
Übrige Arbeiten, Unvorhergesehenes			590.000 DM
			10.000.000 DM

3.2.3 Hypothetischer Eingriffsfall 2: Uferrückverlegung

Der zweite Eingriffsfall sollte eine Uferrückverlegung beinhalten, deren Notwendigkeit sich z. B. aus dem Ausbau der Elbe von Wasserstraßenklasse Va nach Vb mit Ermöglichung maximaler Schubverbandslängen ergeben könnte. Der Unterschied zwischen diesen beiden Wasserstraßenklassen liegt darin, dass Wasserstraßenklasse Vb längere Schubeinheiten ermöglicht (bis zu 185 m anstatt bis zu 110 m, vgl. Tab. 16). Auf geraden Streckenabschnitten hat dies keine Konsequenzen. In Kurven sind jedoch größere Kurvenaufweitungen erforderlich. Da das Maß der Kurvenaufweitung mit geringer werdendem Kurvenradius größer wird, ist es bei sehr geringen Kurvenradien sinnvoll, den Kurvenradius zu vergrößern und gleichzeitig die Kurvenaufweitung zu minimieren.

Aufgrund der nicht verfügbaren Datenbasis ist es im vorliegenden Fall nicht möglich bzw. sinnvoll, eine optimale Trassierung einschließlich Berücksichtigung von Kurvenaufweitungen für das Niedrigwasserbett vorzunehmen. Vereinfachend wird statt dessen – wie im ersten Eingriffsfall – ausschließlich das Mittelwasserbett betrachtet.

Wie aus Tabelle 2 im Anhang hervorgeht, besteht im Bereich zwischen ca. km 508,0 und 509,0 eine sehr enge Kurve mit einem minimalen Radius von 525 m.

Tab. 16: Bemessungsparameter für die Wasserstraßenklasse V

Wasserstraßenklasse Va (vorhanden)				
	max L [m]	max B [m]	Tiefg. d [m]	Tonnage T [t]
Motorschiffe	95 - 110	11,40	2,50 - 2,80	1.500 – 3.000
Schubverbände	95 - 110	11,40	2,50 - 4,50	1.600 – 3.000
Wasserstraßenklasse Vb (angestrebt, Ermöglichung maximaler Schubverbandslängen)				
	max L [m]	max B [m]	Tiefg. d [m]	Tonnage T [t]
Motorschiffe	95 - 110	11,40	2,50 - 2,80	1.500 – 3.000
Schubverbände	172 - 185	11,40	2,50 - 4,50	3.200 – 6.000

Für das Fallbeispiel wird an dieser Stelle eine Verringerung des Kurvenradius auf 800 m vorgenommen. Die Mittelwasserbreite bleibt bei 200 m, da vorausgesetzt wird, dass mögliche Kurvenaufweitungen das Niedrigwasserbett betreffen und nicht über das Mittelwasserbett hinausreichen. Ober- und unterhalb der Kurve wird die Trasse an die vorhandene Trasse angeschlossen, infolgedessen werden in diesen Bereichen noch einige Bühnenverlängerungen, aber auch -rückbau, notwendig. Dementsprechend erstreckt sich der hier betrachtete und der Massen- und Kostenermittlung zugrunde gelegte Streckenabschnitt von km 507,7 bis km 510,0.

Die Uferrückverlegung erfordert einen Bodenaushub von ca. 550.000 m³. Am Innenufer wird eine weitgehend unbefestigte Böschung mit einer Neigung von 1:6 angelegt. Am Außenufer wird ein ca. 1.200 m langes Leitwerk hergestellt. Die Böschungsneigung beträgt hier 1:3. Außer den genannten Maßnahmen sind weitere nennenswerte Uferbefestigungen o. ä. nicht vorgesehen.

Der Abstand zwischen neuer und alter Streichlinie in der Außenkurve beträgt bis zu ca. 160 m. Dieser Raum zwischen geplantem Leitwerk und vorhandenem Ufer wird im Rahmen des Fallbeispiels bewusst nicht überplant. Aus technischer Sicht notwendige Maßnahmen lassen sich sinnvoll nur mit hydronummerischen Modellberechnungen oder mit Hilfe physikalischer Modelle erarbeiten. Denkbar wären hier, ähnlich wie im ersten Eingriffsfall, Bühnen, die das Ufer mit dem Leitwerk verbinden. Ansonsten wird angenommen, dass hier im Wesentlichen offene Wasserfläche verbleibt. Die Kosten des zweiten Eingriffsfalls belaufen sich auf ca. 9,5 Mio. DM gemäß nachstehender Tabelle 17.

Tab. 17: Baukosten für eine lokale Uferrückverlegung

Maßnahme	Menge	Einzelpreis	Gesamtpreis
Bodenaushub	550.000 m ³	12,50 DM/m ³	6.875.000 DM
Bühnenverlängerung	370 m	1.300 DM/m	481.000 DM
Leitwerk	1.200 m	1.500 DM/m	1.800.000 DM
Übrige Arbeiten, Unvorhergesehenes			344.000 DM
			9.500.000 DM

3.3 Umweltfachliche Zustandsanalyse

3.3.1 Beschreibung des Untersuchungsraumes

Der Bereich der sogenannten Reststrecke Elbe erstreckt sich zwischen Elbe km 508 bis Elbe km 521 an der unteren Mittel-Elbe (oberhalb Dömitz bis unterhalb Hitzacker), vgl. Abbildung 5. Die Elbtalaue erstreckt sich hier in einer wechselnden Breite von südöstlicher in nordwestliche Richtung. Das während des Weichselglazials angelegte Urstromtal durchschneidet das Altmoränengebiet der Warthevereisung. Zum Teil reichen deren Moränenplatten direkt bis an den Strom und bilden daher landschaftlich markante Steilränder gegen die Elbtalaue. Gewässermorphologisch und -strukturell ist der hohe Sandanteil der Elbe von großer Relevanz. Generell erklärt sich die Feinkörnigkeit der Sedimente im Elbeuntergrund dadurch, dass ein hoher Anteil von Schmelzwasserablagerungen der umliegenden Hochflächen in die umgelagerten Niederterrassenschotter einging, zumal bereits die quartären Gletscher zumeist über feinkörnige tertiäre Sedimente vordrangen und diese teilweise aufgriffen (SAUCKE et al. 1999).

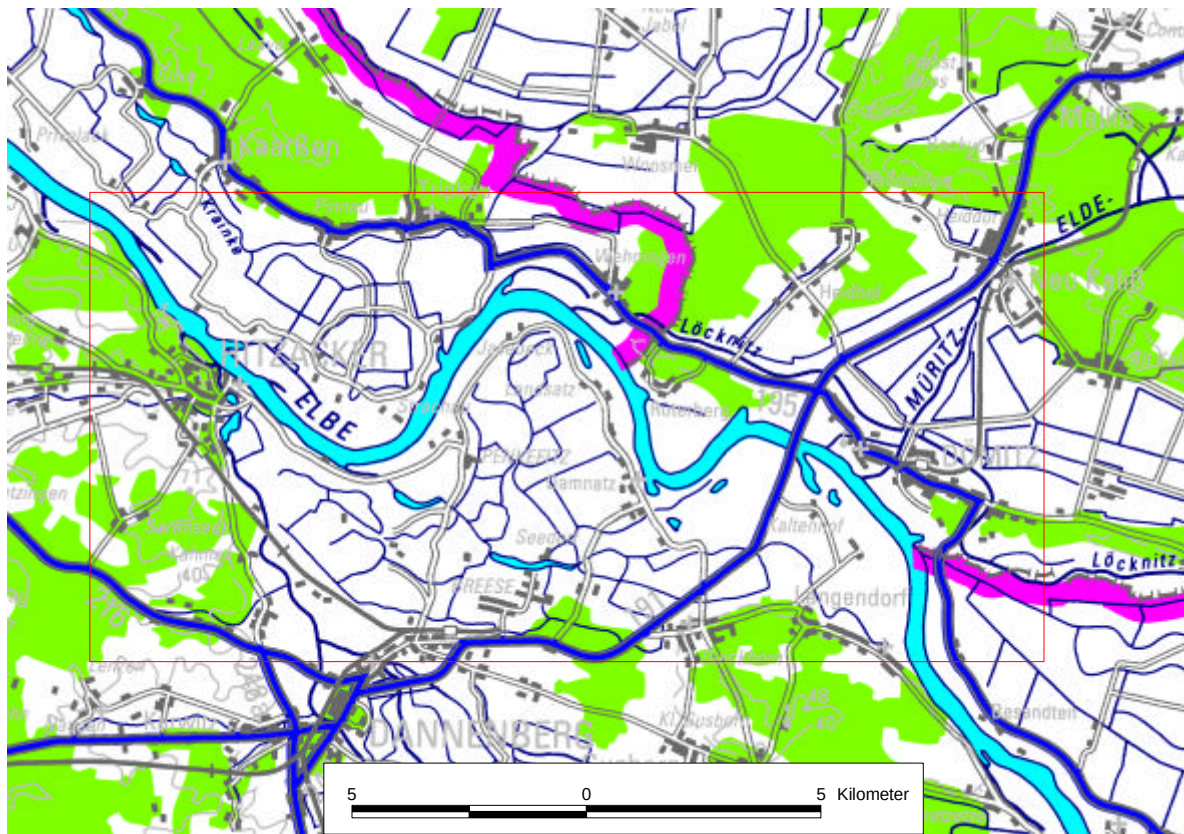


Abb. 5: Untersuchungsraum Elbe/Elbaue (ca. zwischen Elbe km 508 bis Elbe km 521)

Die Elbe ist eingedeicht, fließt aber in weiten Bögen durch das Auegebiet. Für die Sicherung der Schifffahrt ist der gesamte Elbeabschnitt durch Buhnen kanalisiert und gesichert. Die Buhnenfelder sind zumeist stark strukturiert und bilden Sandbänke und Strände aus, zum Teil bildeten sich Röhrichte (Abb. 6). Die bis zu mehreren Kilometern breiten Überflutungsflächen zwischen den Deichen werden nahezu jährlich überschwemmt.



Abb. 6: Elbe im Bereich Fluss-km 511 (Luftbild-ausschnitt WSD Ost 1992); reich strukturierte Buhnenfelder

Die Deichvorländer werden überwiegend als Grünland genutzt und weisen noch Reste von Auegehölzen auf. Die rezente Aue hat eine hohe Bedeutung als Rastplatz durchziehender Wat- und Wasservögel. Daneben weist sie vielfältige Vermehrungs- und Nah-

runghabitate häufig bestandsbedrohter Vogel-, Insekten- und Amphibienarten auf. Die hinter den Deichen liegende historische Aue ist zum Teil mehrere Kilometer breit und wird durch Niederungen und mächtige Binnendünenkomplexe gegliedert. Auf den Binnendünen finden sich unter anderem Magerrasenbestände und vegetationslose Flächen – idealer Lebensraum für seltene Reptilien, Insekten und Spinnentiere.

Als Ergebnis einer fischökologischen Bewertung auf Artniveau wurde der oberhalb liegende Flussabschnitt zwischen Elbe-km 325 und 489 in Entsprechung der 5stufigen Vorgaben der kommenden EG-Wasserrahmenrichtlinie in die ökologische Zustandsklasse 2 (gut) eingruppiert (THIEL 2000), so dass ähnliche Verhältnisse auch für den hier behandelten Untersuchungsabschnitt postuliert werden können. Bei den Reproduktionsstrategien dominieren in der Mittel-elbe die Pflanzenlaicher vor kies- und sandlaichenden Arten. Hinsichtlich der Strömungspräferenz überwiegen rheophile Fischarten deutlich. Untersuchungen zum Wanderungsverhalten ausgewählter Fischarten belegen (FREDRICH 2000a), dass eine große individuelle Vielfalt in den Wanderverhaltensmustern besteht.

Die Lebensgemeinschaft des Makrozoobenthos etabliert sich im Querprofil im wesentlichen an den großen verlagerungsstabilen Schüttsteinen der Ufer, die unter den heutigen Bedingungen einen gewissen Ersatz für ursprünglich vorhandene Hartsubstrate wie Totholz darstellen. Demgegenüber ist die Stromsohle naturgemäß nur von wenigen, spezialisierten Arten besiedelt, da die ständige Umlagerung der Sandsohle zu extremen Lebensbedingungen führt.

3.3.2 Gewässermorphologie und Auenstruktur

Der Elbaue des Untersuchungsraumes windet sich in weiten Bögen durch die Landschaft. Die Breitenvarianz ist auf Grund der Kanalisierung nur gering. Breitenentwicklung und Laufverlagerung als wichtige flussmorphologische Prozesse sind unterbunden. Die Gewässersohle ist durch hohen Sandanteil bestimmt, der zu einer hohen Beweglichkeit und Lageinstabilität der Sohle führt (Umlagerungsprozesse). Die Ufer sind flachauslaufend und mehrheitlich sandbankgeprägt (Abb. 8). Totholz in einer strukturbildenden Qualität und Quantität ist nicht vorhanden. Die Elbe ist eingedeicht, so dass rezente und historische Aue unterschieden werden müssen. In den Vorländern kommen Altwässer und Flutrinnen vor (Abb. 7), die als zumeist temporäre Gewässer spezifische Lebensräume ausbilden. Demgemäß charakteristisch ist die Pflanzen- und Tierwelt dieser Bereiche.

Dieser Elbeabschnitt ist – im Unterschied zu anderen – hinsichtlich seiner Feststofftransportsituation, durch intensive Transportkörperbewegungen gekennzeichnet, die eine quantitative Erfassung des Geschiebetriebs stark erschweren. Vermutlich liegt die mittlere jährliche Geschiebefracht in der Elbe Höhe Hitzacker bei ca. 110.000 t. Die jährlichen Schwebstofffrachten sind demgegenüber stark abhängig von den hydrologischen Konstellationen und bewegten sich Höhe Hitzacker in den Jahren 1992 bis 1997 zwischen 400.000 und fast 900.000 t (SCHMIDT & DRÖGE 1999). Grundsätzlich gilt damit, dass die Frachten des suspendierten („schwebenden“) Sandes diejenigen des Geschiebes deutlich übersteigen (SAUER & SCHMIDT 1999). Durch Buhnenfelder, Stillwasserzonen und Überschwemmungsflächen kommt es im betrachteten Elbeabschnitt tendenziell zu einer Ablagerung von Schwebstoffen und damit zu einer Reduktion im Freiwasser.



Abb. 7: Altarme und Flutrinnensysteme sind vielfach in der rezenten Aue des Untersuchungsraumes verbreitet (Luftbild WSD Ost 1992)

Abb. 8 (unten): Geringe Breitenvarianz der Elbe durch die Kanalisierung; sandbankgeprägte und flache Ufer (Luftbild WSD Ost 1992)



Der Feststofftransport ist stark abhängig vom Abflussverhalten und unterliegt ständigen Veränderungen. Durch die bettbildenden und -modifizierenden Prozesse bewirkt dieses eine Rückkopplung auf das hydraulische Verhalten und das kleinskalige Durchflussgeschehen.



Abb. 9: Deutlich ausgebildete Bühnenfeldstrukturen in Abhängigkeit von Luv- und Lee-seite (Luftbildausschnitt WSD Ost 1992)

Die Gewässersohle bzw. die Verteilung der Sedimente ist in den Bühnenfeldern sehr heterogen. In den äußeren bzw. flussseitigen Bereichen mit verhältnismäßig hohen Fließgeschwindigkeiten dominieren Mittel- und Feinkiese. In strömungsberuhigten Bereichen an den Wurzeln der stromabgelegenen Bühnen treten hingegen deutlich höhere Anteile an Sanden, Schluff, Ton und Mudde auf (WIRTZ 1999). Typisch ist vor allem eine Sandbankbildung im Leebereich der stromaufgelegenen Bühne (Abb. 9). An Prallhängen sind die Abbruchkanten zwischen Bühnenfeld und Freiwasser steiler.

Abb. 10: Deutlich ausgeprägter Gleithangbereich (Luftbildausschnitt WSD Ost 1992)



Einzelne Gleithangbereiche sind großflächig durch Sandstrandbereiche gekennzeichnet. Hier lagert sich das mitgeführte Material stetig an (Abb. 10). Die hohe Sohldynamik führt auch im Freiwasser zu Sandbankbildungen, die einer dauernden Umlagerung unterliegen (Abb. 11). Die räumlich und zeitlich sehr variablen Bankbildungsprozesse sind flussmorphologisch von hoher Bedeutung, bilden aber die Ursache für eine eingeschränkte Schiffbarkeit gerade zu Niedrigwasserzeiten.



Abb. 11: Sandbankbildung im Freiwasser

Bezüglich der hydrogeologischen Situation kann von einem guten hydraulischen Kontakt zwischen Oberflächenwasser und Grundwasser über die gut durchlässigen Sande an der Flusssohle ausgegangen werden (MONTENEGRO et al. 1999). Charakteristisch für die Aue ist die Auelehmdecke, die auf den gut durchlässigen Talfüllungen aufliegt. In Abhängigkeit von den Oberflächenwasserständen, insbesondere bei höheren Elbewasserständen, kann es zur landseitigen Ausbildung von gespanntem Grundwasser kommen. Örtlich kann das artesische Wasser durch die Lehmdecke dringen („Qualmwasser“), wobei Druckgradienten, Deckschichtdicken und das Vorhandensein von natürlichen und künstlichen Störungen die maßgeblichen Konstellationen

bestimmen. Die gesättigte hydraulische Leitfähigkeit des Grundwasserleiters kann mit ca. $3 \cdot 10^{-4}$ bis $5 \cdot 10^{-4}$ m/s abgeschätzt werden (MONTENEGRO et al. 1999). Die Elbeaue des betreffenden Untersuchungsabschnitts wird von den Bodenverhältnissen her durch Auenboden/Gley aus lehmigen bis tonigen Auensedimenten dominiert (Abb. 12).

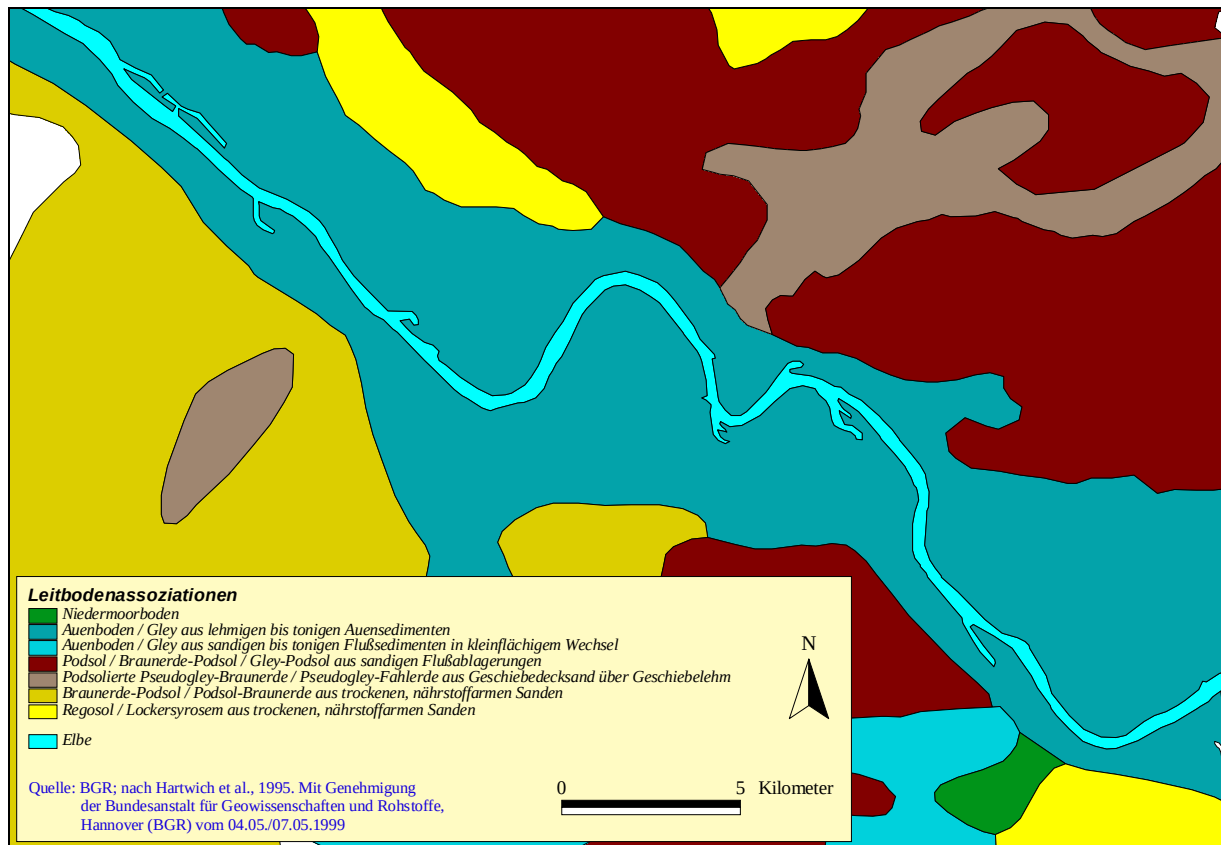


Abb. 12: Leitbodenassoziationen im weiteren Untersuchungsraum Elbe bei Dömitz/-Hitzacker (BGR, nach HARTWICH et al. 1995)

3.3.3 Biotop- und Nutzungstypen

Für die beiden Bundesländer Mecklenburg-Vorpommern und Niedersachsen stehen unterschiedliche Datengrundlagen zur Verfügung. Während für Mecklenburg-Vorpommern flächendeckend die Biotop- und Nutzungstypen digital im Maßstab 1:10.000 vorliegen, konnte für das niedersächsische Gebiet die Kartierung geschützter Biotope im Maßstab 1:50.000 berücksichtigt werden. Die digital vorhandenen Flächen der beiden Bundesländer sind hinsichtlich ihrer Aussageschärfe angeglichen und aggregiert worden (Abb. 13).

In der Elbaue und insbesondere innerhalb der Schutzgebiete wechselt die Biotopstruktur häufig kleinflächig. Neben naturnahen Röhrlichtgesellschaften, Uferstaudenfluren und Gehölzen sind dabei vielfach auch landwirtschaftlich extensiv bewirtschaftete Areale integriert worden. Anhand der nachfolgenden Beispiele (IKSE 1994) sollen typische Biotopstrukturen in den Schutzgebieten illustriert werden.

- NSG Elbvorland: Überschwemmungs- und Feuchtgrünlandbereiche mit Flutrinnen und Flutmulden, Dünen und Terrassenkanten der Geest, charakteristischen Wiesen- und Weidengesellschaften, Röhrlichten, Rieden und Hochstaudenfluren; Feuchtgebüschen und Relikten der Weich- und Hartholzaue

- NSG Elbaue zwischen Hitzacker und Drethem: Elbaue mit Altarmen, Bracks, Tümpeln, Röhrichen, Seggenrieden und Flutrasen, südlich angrenzend Hangwälder und unterschiedlich strukturierte Laubwälder

Das außerhalb von Schutzgebieten liegende Elbumland wird im mecklenburgischen und niedersächsischen Teil intensiv landwirtschaftlich genutzt. Die außendeichs liegenden Areale dienen dabei überwiegend als Grünländer (Wiesen- und Weideflächen). Einen Schwerpunkt bilden beispielsweise die ausgedehnten Nutzflächen im Südosten des Untersuchungsraumes (Bereich Penkefitz-Damnatz-Langendorf).

Waldflächen sind im Gebiet heute von geringer Bedeutung. Sie beschränken sich auf

- den Göhrde-Drawehn-Höhenrücken westlich Hitzacker
- den Raum Rüterberg-Wehningen und
- schmale Waldsäume am Nordrand der Löchnitzniederung sowie im Umfeld der Müritz-Elde-Wasserstraße östlich und nördlich von Dömitz.

Auf den genannten Standorten des Untersuchungsraumes stocken in der Regel forstlich überprägte Laub- und Mischwälder, lokal (z. B. nördlich von Rüterberg) sind auch größere Nadelwaldbereiche existent. In Teilräumen des Plangebietes werden aber nur noch diverse Splitterflächen von Waldbiotopen eingenommen (z. B. im Umfeld der niedersächsischen Gemeinden Penkefitz oder Kanhof).

Auf den ertragreichen Böden in den Randbereichen des Talraumes wird in größerem Umfang Ackerbau betrieben. Entsprechende Areale ziehen sich – lediglich von o. g. Forstflächen unterbrochen – beidseitig der Elbniederung entlang.

In Elbnähe liegen mehrere Ortschaften. Für den mecklenburgischen Teil sind die Dörfer Rüterberg, Heidhof, Groß Schmölen und die Kleinstadt Dömitz zu nennen. Auf niedersächsischen Gebiet liegen neben dem südelbischen Hitzacker mehrere sehr kleine Ortschaften beidseitig des Flusses.

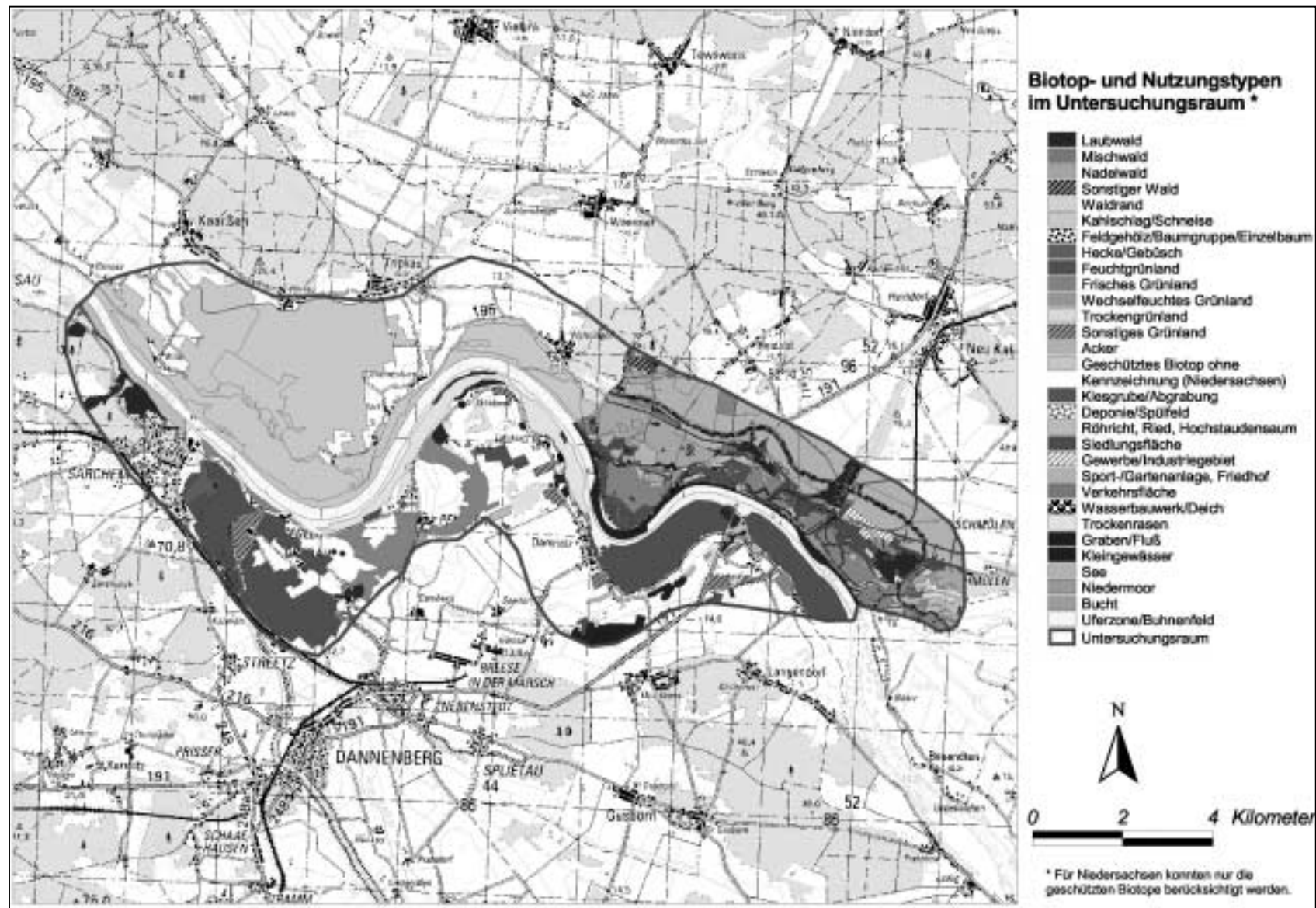


Abb. 13:
Biotop- und
Nutzungstypen im
Untersuchungsraum

3.3.4 Vegetation

Im unmittelbar angrenzenden brandenburgischen Teil wird die eigentliche Stromeibe als β - δ -mesosaprobies, eu- bis polytrophes planktondominiertes Fließgewässer eingestuft (ANONYMUS 1996). Diese Aussagen können wegen vergleichbarer Strukturen auf den flussabwärts unmittelbar angrenzenden Planungsraum übertragen werden.

Im Hauptgewässer Elbe sind nur Areale geringer Ausdehnung von Makrophyten besiedelt. Vor allem in den weniger strömungsexponierten Uferzonen (Stillwasserbereiche hinter Buhnen, etc.) treten kleinflächig Makrophytenbestände auf. Dabei handelt es sich meist um Tauch- und Schwimmblattfluren (z. B. *Potamogeton perfoliatus*, *Myriophyllum-Nupharetum*) bzw. Schwebendecken (*Hydrocharitum morsus ranae*, *Lemno-Spirodeletum* etc.). Größere Flächenausdehnungen erreichen die typischen Vergesellschaftungen langsamfließender und rückstaubeeinflusster Fließgewässer in einzelnen Fließabschnitten der einmündenden Löcknitz.

Dagegen können sich in den Tümpeln und Altwässern innerhalb der verschiedenen Schutzgebiete z. T. sehr differenzierte Wasser- und Verlandungsgesellschaften halten, deren Arteninventar auch viele hochgradig geschützte und gefährdete Arten aufweist. So kommt z. B. in den Altwässern des NSG Strachau/Herrenhof und im Laaker Brack (NSG Qualmwasserbereich zwischen Brandstade und Wilkenstorf) die in den Roten Listen Mecklenburg-Vorpommerns und Schleswig-Holsteins als vom Aussterben bedroht geführte Seekanne vor (GARVE 1993, 1994) vor. In Tümpeln und Klein Weihern des NSG Rüterberg und südlich der Schmöleener Binnendünen existieren noch einige Vorkommen des in Mecklenburg-Vorpommern als vom Aussterben bedrohten Wassersternes *Callitriche hamulata* (FUKAREK et al. 1992, BENKERT, FUKAREK & KORSCH 1996).

In den Uferzonen bilden sich charakteristische Uferstaudenfluren, Spül- und Röhrichsäume sowie Pioniervegetationsbestände aus. An unbeweideten Stellen sind Uferweidenbestände anzutreffen. Die Vegetation ist überwiegend durch verschiedene Assoziationen der Klasse *Phragmitetea australis* (Röhrichte und Großseggenrieder) charakterisiert. Abhängig von den speziellen standörtlichen Bedingungen können sich großflächige, homogene Röhricht- und Riedstrukturen bilden bzw. es entsteht ein kleinflächig wechselndes Mosaik verschiedener Arten.

Insgesamt müssen diese bundesweit in unterschiedlichen Gefährdungskategorien der Roten Liste eingestuften gefährdeten Lebensraumtypen (RIECKEN et al. 1994) als ökologisch besonders sensibel eingestuft werden. Viele dieser Biotope sind nach nationalem Recht geschützt (BNatSchG), im Gebiet kommen sogar vereinzelt über die FFH-Richtlinie europaweit geschützte Lebensraumtypen vor, wie z. B.

- Flüsse mit Schlammflächen mit Vegetation des *Chenopodium rubri* p.p. und des *Bidention* p.p. in der Elbe unterhalb von Rüterberg (LUNG 2000) oder

- Feuchte Hochstaudenfluren, die im gesamten Untersuchungsraum entlang der Elbe anzutreffen sind

Neben den direkten Uferzonen bilden auch die einer ständigen Dynamik unterworfenen weiteren Areale im Deichvorland häufig ökologisch sensible Lebensraum. Temporäre Überstauungen und die Abflussdynamik der Elbe schaffen in diesem Gebiet noch ein Mosaik unterschiedlichster, z. T. kleinflächig wechselnder Aufsiedlungsareale, an die spezifische Artenkombinationen adaptiert sind. In Räumen mit naturverträglicher oder eingestellter Nutzung (Schutzgebiete) sind häufig struktur- und artenreiche Biotopkomplexe aus Röhricht- und Riedgesellschaften, Weichholzauwäldern, Grünländern, Binnendünen und Magerrasen an den Deichböschungen erhalten, die wichtige Refugialräume für autochthone Biozöten bilden.

Als Relikte der früher natürlichen Weichholz-Auenwälder sind die im Gebiet noch relativ häufig anzutreffenden Mandelweiden-Gebüsche und Übergangsstadien bis hin zum Weiden-Auwald aufzufassen. Letzterer ist im Gebiet jedoch deutlich seltener (DIERKING 1992) und kommt z. B. noch in den NSG Elbaue zwischen Hitzacker und Drehtem und Elbvorland zwischen Vietze und Wussegel vor. Gewässerbegleitende Weidengebüschgesellschaften sind auch für diverse Altwässer und Teilareale der Elbzuflüsse charakteristisch (NSG Taube Elbe bei Penkefitz & Löcknitz-Altlauf). Reste von Auwäldern mit *Alnus glutinosa* (Schwarz-Erle) und *Fraxinus excelsior* (Gemeine Esche) – einem prioritären FFH-Lebensraumtyp – kommen z. B. im NSG Löcknitztal-Altlauf vor.

Besondere Bedeutung ist den Vordeichsgrünländern zu schenken, da deren botanische Ausstattung diverse Stromtalpflanzen und spezifische Vergesellschaftungen aufweist. Die ehemaligen Röhricht-, Ried- und Waldstandorte bieten aufgrund der meist günstigen Bodenwasser- und Nährstoffverhältnisse (z. B. überflutungsbedingte Sedimentablagerung) optimale Entwicklungsbedingungen. Im Ergebnis längerfristiger menschlicher Bewirtschaftung sind Halbkulturformationen entstanden, die sich bei Ausbleiben menschlicher Nutzung sukzessionsbedingt wieder in Richtung der Klimaxvegetation entwickeln würden.

Bereits bei Untersuchungen Anfang der 50er Jahre konnten in der Elbniederung zwischen Schnackenburg und der Sevemündung (WALTHER 1950) charakteristische Vergesellschaftungen in den grundfeuchten Talflächen kartiert werden wie die

- Sumpfplatterbsen-Wiese (*Lathyrus palustris*-*Caltha palustris*-Ass.),
- Kohldistelwiese (*Cirsium oleraceum*-Ass.),
- Wiesenknopf-Wiese (*Sanguisorba officinalis*-*Silaum silaus*-Ass.),
- Fadenbinsen-Rasen (*Juncetum filiformis*) oder
- Brenndolden-Wiese (*Cnidium venosum*-*Viola persicifolia*-Ass.).

Insbesondere die Wiesenknopf- und Brenndolden-Wiesen sind typische Assoziationen der großen Flusstäler und aus naturschutzfachlicher Sicht besonders er-

haltenswert. Wegen ihrer floristischen Spezifik und des gebietsweise drastischen Rückganges stehen viele dieser Halbkulturformationen bundes- oder sogar europaweit unter gesetzlichem Schutz (z. B. FFH-Lebensraumtyp der Brenndolden-Auenwiesen). Im Untersuchungsgebiet sind diese Biotope nach PLATTNER (1991) noch in diversen Bereichen nachweisbar (NSG Löcknitztal-Altlauf, Elbwerder bei Penkefitz sowie zwischen Hitzacker und Grabau).

Viele der in Vordeichsflächen vorkommenden Arten zeigen spezifische Adaptationen an die Standortbedingungen einer großen Flusstalaue. Ausgesprochene Stromtalpflanzen wie Wiesen-Aland (*Inula britannica*), Katzenschwanz (*Leonurus marrubiastrum*), Kanten-Lauch (*Allium uliginosum*) und Brenndolde (*Cnidium dubium*) nutzen Teilareale des Gebietes als Refugialraum. Darüber hinaus kommen weitere in den Roten Listen Deutschlands (LUDWIG & SCHNITTLER 1996), Mecklenburg-Vorpommerns (FUKAREK et al. 1992) und Niedersachsens (GARVE 1993) hochgradig gefährdete Arten in den Vordeichflächen vor (HÖLLGER 1997, AG GEOBOTANIK 2000), wodurch diese Räume eine sehr hohe ökologische Wertigkeit erhalten. Auch in anderen elbnahen Flächen wie bei Dömitz konnten einige der o. g. Arten festgestellt werden (IBS 1994).

Außerhalb der Schutzgebiete erfolgt aber oft eine intensiven Grünlandnutzung. Viele der bewirtschafteten Flächen sind durch ein typisches Arteninventar aus Nutzgräsern, einem eurytopen Restartenspektrum der früheren, artenreicheren Grünlandgesellschaften und Ruderalarten unterschiedlicher Häufigkeit zusammengesetzt. Ihre ökologische Wertigkeit ist meist gering.

Auf den stärker sandigen und etwas trockeneren Deichflanken, Uferkanten und Sandlinsen des Gebietes bieten sich Entwicklungsräume für Vergesellschaftungen der Magerrasenflächen. Entsprechende Vegetationsstrukturen sind z. B. von den Terrassenkanten der Geest zwischen Vietze und Wusegel, von den Böschungen des NSG Rüterberg oder den Deichen des Dömitzer Umfeldes bekannt (IKSE 1994, DIERKING 1992, IBS 1994).

Ausgesprochen xerothermophile Verhältnisse kennzeichnen dagegen die Lebensräume der Binnendünen. Letztere sind im Gebiet mit größeren Flächen vorhanden, als Beispiele seien nur die NSG Rüterberg und Binnendünen bei Klein Schmölen genannt.

Die Vegetation solcher Habitats besteht aus Waldgebüsch und Rasengesellschaften. Während ersteres überwiegend auf Anpflanzungen zurückführbar ist, stellen sandige Pionierfluren mit Silbergras (*Corynephorus canescens*), Drahtschmiele (*Deschampsia flexuosa*), Schaf-Schwingel (*Festuca ovina*) u. a. die charakteristische Vegetation dar. In Bereichen mit stärkstem Sandanflug und deutlicher Akkumulation treten daneben typische Vergesellschaftungen der Weißdüne wie das *Ammophiletum arenariae* (Strandhafergesellschaft) auf. Ein extrem geringes Wasserrückhaltevermögen der Dünenrohböden und die starke oberflächliche Erwärmung der Sande ermöglichen auf solchen Standorten im Gebiet selbst Vorkommen kontinentaler Sandsteppenpflanzen wie Blaugrünes Schillergras (*Koeleria glauca*), Graue Scabiose (*Scabiosa canescens*) oder *Silene otites*, das Ohrlöffel-Leimkraut (FISCHER 1997).

Kleinflächig konnten innerhalb des betrachteten Raumes auch noch Reste des Hartholzauwaldes kartiert werden. Die Vegetation der Hartholzaue bildet eine eigene pflanzensoziologische Einheit (*Alno-Ulmion*). Dabei handelt es sich in der Regel um artenreiche Laubmischwaldbestände, die einen geschützten Lebensraumtyp des Anhangs I der FFH-Richtlinie der EU darstellen.

Typische Assoziationen wie das *Querco-Ulmetum minoris* sind im Gebiet nur noch lokal vorhanden. Die von den Hauptbaumarten *Quercus robur* (Stiel-Eiche), *Ulmus laevis* bzw. *U. minor* (Flutter, Feld-Ulme) und *Fraxinus excelsior* (Esche) geprägte Assoziation bildet eine azonale Waldgesellschaft großer Flussauen und grundwasserbeeinflusster Löß-Niederungsböden (SCHUBERT, HILBIG & KLOTZ 1995). In den NSG Elbdeichvorland, Strachau/Herrenhof im Elbvorland zwischen Vietze und Wusegel kommen noch kleinere Bestände dieser und anderer Assoziationen der Hartholzaue vor.

Zwischen Hitzacker und Drehtem grenzt südlich an die Elbaue der Görde-Drawehn-Höhenrücken. Dieser fällt steil zur Elbe ab und wird von weiteren Waldgesellschaften wie Assoziationen der Buchen-, Buchen-Eichen- und Eichen-Mischwäldern eingenommen.

Aus vegetationskundlicher Sicht bleibt einzuschätzen, dass im Untersuchungsraum ausgedehnte Areale mit naturraumtypischen Pflanzenvergesellschaftungen existieren, deren Arteninventar eine größere Anzahl hochgradig gefährdeter und z. T. nur in Stromtälern auftretender Pflanzen aufweist. Insbesondere die strukturreichen Uferzonen und Vordeichsflächen fast des gesamten Raumes sowie spezifische Talrandformen (Binnendünen etc.) besitzen eine sehr hohe ökologische Wertigkeit und sind im Regelfall nach Landes-, Bundes- bzw. sogar EU-Recht gesetzlich geschützt.

3.3.5 Fauna

Bei der Fischfauna der Mittel- und Unterelbe stellen euryöke Arten den Hauptanteil. Arten der Fische und Rundmäuler mit höheren ökologischen Ansprüchen (z. B. Lachs, Barbe, Flussneunauge oder Wels) kommen in diesem Elbeabschnitt nicht oder nur in geringen Individuendichten vor (BfG 1994). Insgesamt wurden in der Mittleren Elbe 37 Fischarten nachgewiesen. Von ihnen gehören 20 Arten (= 56 %) zur Familie der Karpfenfische. Erwähnenswert, dass in jüngster Zeit vermehrt Vorkommen von Zährte, Steinbeißer und Lachs gefunden wurden (IKSE 1996). Einige Arten unternehmen große Wanderungen, so z. B. der Äland. FREDRICH (2000b) konnte nachweisen, dass sich der Lebensraum einer untersuchten Älandpopulation über mindestens 170 km von Havelberg bis nahe Hamburg erstreckte.

Bedingt durch die nachgewiesene Funktionstüchtigkeit der Fischaufstiegsanlage an der Staustufe Geesthacht (SCHUBERT et al. 2000) erlangen auch die mittlere Elbe sowie deren Zuflüsse wieder eine zunehmende Bedeutung als Lebensraum für Wanderfischarten. SCHUBERT et al. (2000) können zwar auch eine gewisse Bedeutung der Schleuse Geesthacht für den Fischaufstieg feststellen, aber auch

nachweisen, dass bestimmte Arten wie z. B. Flunder sowie Meer- und Flussneunauge offensichtlich nur über die Fischaufstiegsanlage wandern. Dies ist Indiz dafür, dass durch den Bau der Fischaufstiegsanlage und ihrer besseren Auffindbarkeit für Fische und Rundmäuler (effizientere Lockströmung, vor allem für rheophile Arten) die Lebensraumqualität für wandernde Fischarten in der Elbe deutlich verbessert werden konnte.

Auf Grund des Ausbaus der Elbe haben heute Bühnenfelder eine hohe Bedeutung für die Fischfauna, auch als Laichbiotop (SCHWEVERS et al. 1999), da sie teilweise Ersatz für den Verlust von Nebengewässern und ursprünglichen morphologischen Strukturen bieten. Die fischereiliche Produktivität der Bühnenfelder ist im Vergleich zu Untersuchungen aus den 50er Jahren aber überaus gering, was damit erklärt werden kann, dass sich das Fischnährtierangebot weitgehend auf die Hartsubstrate der Bühnen konzentriert (FLADUNG 2000). In den Sedimenten der Bühnenfelder und Altarme ist das Besiedlungspotential der Nährtiere nicht annähernd ausgeschöpft. FLADUNG (2000) sieht mögliche Ursachen in der nach wie vor vorhandenen Wirkung von Schadstoffen im Schlamm, der Sedimentbeschaffenheit und der -umlagerungsdynamik. Zudem fehlt unter den heutigen Bedingungen eine Litoralzone im unmittelbaren Strombereich.

BRUNKEN & BRÜMMER (1996) gehen nach ihren Untersuchungen bei Wittenberge davon aus, dass zwischen dem Elbehauptstrom und den verschiedenen Auegewässern komplexe funktionale Verflechtungen existieren, so dass die verschiedenen Fischartengemeinschaften in unterschiedlicher Weise räumlich miteinander interagieren.

Beim Makrozoobenthos sind in diesem Elbeabschnitt vor allem die Wasserassel (*Asselus aquaticus*) sowie der Gefleckte Flussflohkrebs (*Gammarus tigrinus*) bestandsbildend. Auf den Schüttsteinen an den Bühnenköpfen sitzen hauptsächlich sessile Arten wie z. B. der Keulenpolyp (*Cordylophora caspia*) und Arten der Moostierchen (SCHÖLL et al. 1995). Diese Organismen gehören zu den Filtrierern und leisten damit einen wichtigen Beitrag zur Selbstreinigung der Elbe. Im sandigen Substrat erreicht der zu den Oligochaeta gehörende *Proppapus volki* hohe Abundanzen, stellenweise kann der Grundwasserkrebs *Niphargus spec.* nachgewiesen werden (SCHÖLL et al. 1995). Ansonsten ist die Stromsohle nur von wenigen Arten besiedelt. Die Lebensbedingungen sind für die meisten Arten auf Grund der ständigen Sedimentumlagerungen sehr besiedlungsfeindlich. Im Bereich der Stromsohlenmitte leben aber geschieberesistente Arten, in der Regel Würmer (*Oligochaeta*) und Zuckmücken (*Chironomidae*). Diese Tiere können tiefere Schichten der Sohle besiedeln, um so der fortlaufenden Sohlbewegung zu entgehen (SCHÖLL et al. 1995).

Für die terrestrische Fauna stellen die Überschwemmungsbereiche der Elbe grundsätzlich einen Extremlebensraum dar. So kann beispielsweise von den zahlreichen Amphibienarten des Raumes eigentlich nur die Gruppe der Wasserfrösche im Vorland der Deiche einen dauerhaften Lebensraum finden. Charakteristische Brutvögel des Grünlandes sind Kiebitz (*Vanellus vanellus*), Bekassine (*Gallinago gallinago*), Brachvogel (*Numenius torquatus*), Rotschenkel (*Tringa totanus*) und Uferschnepfe (*Limosa limosa*). Charakteristischer Brutvogel ist auch

das Braunkehlchen (*Saxicola rubetra*). Seltener treten der Kampfläufer (*Phalopus pugnax*) und der Wachtelkönig (*Crex crex*) auf (WILKENS 1983). Große brutornithologische Bedeutung kommt auch den Röhrichten und Riedern zu. Hier brüten u. a. Schilfrohrsänger (*Acrocephalus schoenobaenus*), Wiesenweihe (*Circus pygargus*), Rohrweihe (*Circus aeruginosus*), Rohrdommel (*Botaurus stellaris*) und Graugans (*Anser anser*). Das gesamte Gebiet hat damit einen hohen Stellenwert als Vogelbrutgebiet. Als Durchzugs- und Rastgebiet erfährt der gesamte Raum eine hohe rastornithologische Bedeutung vor allem für Gelbschnabelschwäne (*Cygnus olor*, *Cygnus bewicki*), Gänse sowie Enten, Kornweihe, Raufußbussard und Lemikolen.

Faunistisch sehr bedeutsam sind die Qualmwasserbiotope als temporäre Lebensräume. Charakteristisch sind Krebsarten (z. B. Kiemenfuß), die Trockenphasen als Dauerei überstehen können. Die Qualmwasserbereiche sind zugleich wichtiges Laichbiotop für Amphibienarten, vor allem für den Moorfrosch (*Rana arvalis*), die Knoblauchkröte (*Pelobates fuscus*), den Laubfrosch (*Hyla arborea*) sowie für Kreuzkröte (*Bufo calamita*) und Rotbauchunke (*Bombina bombina*).

Die gesamte Mittelelbe ist im übrigen Verbreitungsschwerpunkt des Elbe-Bibers (*Castor fiber albicus*). Weitere bedeutsame Säugervorkommen bilden die bestandsgefährdeten Arten Feldspitzmaus, Brandmaus und Zwergmaus.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass der Untersuchungsraum durch das Vorkommen einer Vielzahl seltener und gefährdeter Tierarten gekennzeichnet ist. Eine große Zahl der Arten sind FFH-Arten und damit europaweit geschützt. Zudem sind eine Vielzahl von hier vorkommenden Tierarten aktuell als vom Aussterben bedroht oder in unterschiedlichem Maße als gefährdet eingestuft (Rote Listen der Bundesrepublik Deutschland, Rote Listen Niedersachsens und Mecklenburg-Vorpommerns).

3.3.6 Schutzgebiete nach Naturschutzrecht

Im Untersuchungsgebiet wurde ein Großteil des betrachteten Raumes aufgrund seiner kulturhistorischen Wertigkeit und Naturausstattung als Schutzgebiet ausgewiesen. Der Raum ist Teil des länderübergreifenden UNESCO-Biosphärenreservates „Flusslandschaft Elbe“ der Länder Niedersachsen, Sachsen-Anhalt, Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern und Schleswig-Holstein.

Der gesamte Teilabschnitt Mecklenburg-Vorpommerns gehört zum Naturpark Mecklenburgisches Elbtal, das niedersächsische Areal des Untersuchungsraumes ist überwiegend dem Naturpark Elbufer/Drawehn zuzurechnen. Innerhalb des nachfolgend näher betrachteten Raumes liegen diverse Naturschutzgebiete (Tab. 18). Viele dieser Naturschutzgebiete wurden als EU-FFH-Gebiete gemeldet (vgl. Kap. 3.5). Die Flächen beider Naturparke sind als EU-Vogelschutzgebiet ausgewiesen. Die Naturschutzgebiete auf dem niedersächsischen Gebiet sind Teil des

„Schutzgebietssystem Elbetal“, das eine Kombination mehrerer Schutzgebietskategorien darstellt.

Schutzzweck der Naturschutzgebiete im niedersächsischen „Schutzgebietssystem Elbe“ ist entsprechend der Struktur und dem Typus des jeweiligen Gebietes insbesondere (www.bezirksregierung.lueneburg.de):

1. die Erhaltung und Entwicklung

- a) naturnaher Standortverhältnisse, insbesondere in der grundwassernahen Elbmarsch und den Gewässerniederungen,
- b) naturnaher Relikte der Stromlandschaft einschließlich Altwässer, Altarme, Flutrinnen und Flutmulden, Qualmwasserbereiche sowie Sandrücken, Binnendünen und Gewässerniederungen,
- c) naturnaher Wälder, insbesondere der feuchten Laubmischwälder nährstoffreicher bis -armer Standorte einschließlich der Einleitung einer eigendynamischen natürlichen Entwicklung ausgewählter Waldflächen (Naturwald),
- d) der Grünlandkomplexe und der in sie eingelagerten Gewässer und Gehölze unter besonderer Berücksichtigung ihrer Funktion als Rast-, Brut- und Nahrungsraum für gefährdete Wasser-, Wat- und Wiesenvogelarten,
- e) naturnaher Moore, Trockenrasen und anderer nicht genutzter Flächen;

2. die Erhaltung und Entwicklung einer Struktur, die die Gebietsteile des Nationalparks „Elbtalaue“ vernetzt und ergänzende Lebensräume sichert;

3. der Schutz und die Förderung seltener bzw. stromtaltypischer wildwachsender Pflanzenarten und wildlebender Tierarten sowie deren Lebensgemeinschaften und Lebensstätten;

4. die Erhaltung und Wiederherstellung der landschaftlichen Schönheit und Eigenart sowie der Störungsfreiheit insbesondere an den Gewässern und in den großräumigen Wald- und Grünlandkomplexen.

Zweck des Naturparks „Mecklenburgisches Elbtal“ in Mecklenburg-Vorpommern ist die einheitliche Entwicklung eines Gebietes, das wegen seiner landschaftlichen Eigenart, Vielfalt und Schönheit eine besondere Eignung für die landschaftsgebundene Erholung und den Fremdenverkehr besitzt. Zur Erreichung dieses Zieles soll unter anderem die natürliche Ausstattung mit Lebensräumen für eine vielgestaltige, freilebende Tier- und Pflanzenwelt bewahrt und verbessert werden. Für die enthaltenen Naturschutzgebiete werden daher als wesentliche Schutzziele verfolgt:

- Erhaltung der Dynamik eines teilweise gehölzfreien Binnendünenkomplexes mit charakteristischen, standorttypischen Pflanzen- und Tiervergesellschaftungen (NSG Elbtaldünen bei Klein Schmölen)

- Erhaltung von struktur- und artenreichen Flussabschnitten mit teilweiser Auen-Überflutungsdynamik, Erhalt der Auenwiesen und Auenwälder, Sicherung der Habitate seltener und bestandsbedrohter Tierarten (NSG Löcknitztal-Altlauf, NSG Krainke)
- Erhaltung und Revitalisierung stromtaltypischer Lebensräume wie Schlammflächen mit Vegetation, Auenwiesen, Weichholzaunenwälder, Hartholzaunenwälder, feuchte Hochstaudenfluren sowie auf trockeneren Standorten Dünen mit offenen Grasflächen sowie trockenem, kalkreichem Sandrasen, Sicherung der Habitate seltener und bestandsbedrohter Tierarten, Sicherung der Brut-, Rast- und Schlafgewässer für eine Vielzahl von Vogelarten (NSG Elbdeichvorland sowie NSG Rüterberg)

Tab. 18: Naturparke und -schutzgebiete Mecklenburg-Vorpommerns und Niedersachsens im Untersuchungsraum (nach IKSE 1997)

Status	Bezeichnung	Lage/Größe
4 Mecklenburg-Vorpommern		
Naturpark	Mecklenburgisches Elbtal	gesamter mecklenburgischer Untersuchungsraum
Natur-schutz-gebiete	Elbtaldünen bei Klein Schmölen	Ekm 503,0/ 110 ha
	Löcknitztal-Altlauf	Ekm 502,0 - 511,5/ 219 ha,
	Elbdeichvorland	Ekm 502,0 - 511,5/ 111 ha,
	Rüterberg	Ekm 507,0 - 511,0/ 390 ha,
	Krainke/ Quelle bis Mündung in die Sude (auch Niedersachsen)	Ekm 513,0 - 545/ 22 ha,
5 Niedersachsen		
Naturpark	Elbufer/Drawehn	Ekm 472,5-562,5/ -
Natur-schutz-gebiete	Elbdeichvorland	Ekm 511,5-555,0/ 1301 ha
	Elbdeichvorland Wehningen - Bohnenburg	Ekm 512,0 - 514,4/ -
	Elbdeichvorland Bohnenburg - Strachau	Ekm 515,5 - 517,4/ -
	Penkefitzer See und Umgebung	Ekm 516,0/ 177 ha
	Taube Elbe bei Penkefitz	Ekm 517,0 - 518,0/ 157 ha
	Elbdeichvorland Strachau - Herrenhof	Ekm 519,0 - 522,8/ -
	Bracks bei Predölsau	Ekm 516,0/ 65 ha
	Qualmwasserbereiche zwischen Brandstade und Wilkendorf	Ekm 516,0 - 522,0/ 125 ha
	Grünland Pinnau/ Tripkau/ Laake	Ekm 514,5 - 522,0/ 76 ha
	Bracks bei Predölsau	Ekm 516,0/ 65 ha
	Krainke/ Quelle bis Mündung in die Sude (auch Niedersachsen)	Ekm 513 - 545/ 334 ha,
	Elbaue zwischen Hitzacker und Drethem	Ekm 523,0 - 530,5/ 295 ha
	Elbdeichvorland- Abschnitt Bitter-Rassau Elbhöhen Drawehn	Ekm 523,8 - 526,0/ - ha

3.4 Prognose und Bewertung zu erwartender Eingriffswirkungen

3.4.1 Eingriffsfall Strombauliche Regelung

3.4.1.1 Charakterisierung des Eingriffs

Als hypothetische strombauliche Maßnahmen wurden Bühnenneubau, Bühnenverlängerung, Bühnenrückbau und der Bau eines Leitwerks konzipiert (s. o., vgl. auch Abb. 14). Zur besseren Interpretation gewonnener Daten wird der Untersuchungsraum in Abhängigkeit von der Krümmungserosion in gewässermorphologisch begründete Abschnitte unterteilt (Abb. 15, Tab. 19).

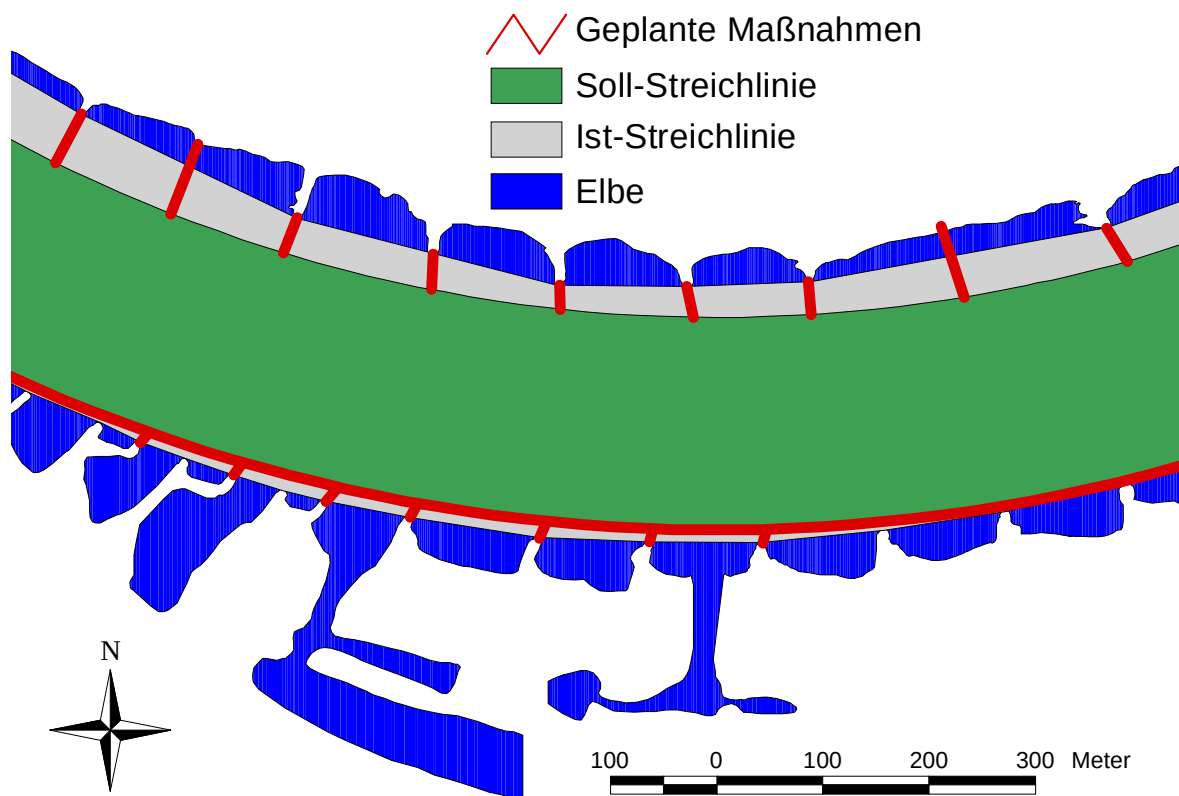


Abb. 14: Ausschnitt aus dem Untersuchungsraum mit Maßnahmen des Eingriffs-falls 1

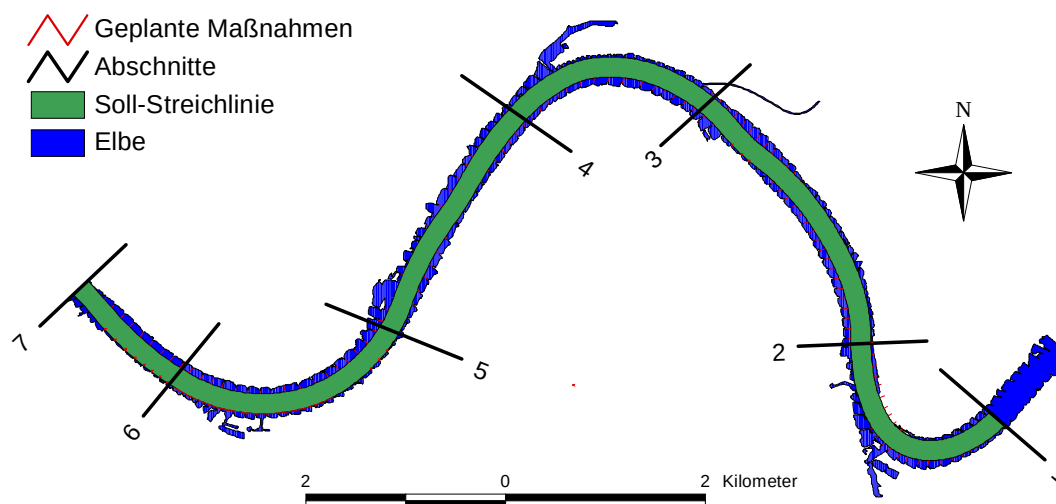


Abb. 15: Einteilung des Untersuchungsraumes in gewässermorphologische Abschnitte

Die drei gewässermorphologischen Typen Prallhang, Gleithang sowie Übergang werden insbesondere genutzt, um die Ausbildung von Flachwasserzonen errechnen zu können. Die Luftbildaufnahmen (s. o.) zeigen, dass man vereinfacht von folgenden Ansätzen ausgehen kann:

- Bühnenfeld im Prallhangbereich: keine Flachwasserzonen (0)
- Bühnenfeld im Übergangsbereich: 50 % Flachwasserzonen (0,5)
- Bühnenfeld im Gleithangbereich: 100 % Flachwasserzonen (1,0)

Tab. 19: Unterteilung des Untersuchungsraumes in grobe gewässermorphologische Abschnitte bezüglich der Krümmungserosion

Abschnitt	Schnitt	Gewässermorphologischer Typ: Krümmungserosion	
		<i>Linkes Ufer</i>	<i>Rechtes Ufer</i>
1	1-2	Prallhang	Gleithang
2	2-3	Übergang	Übergang
3	3-4	Gleithang	Prallhang
4	4-5	Übergang	Übergang
5	5-6	Prallhang	Gleithang
6	6-7	Übergang	Übergang

Für eine flächenbezogene Analyse der Gewinne, Verluste und der Betroffenheit im Untersuchungsraum kommen für den Eingriffsfall nur folgende Gewässer- und Talboden-Elemente in Frage:

- Interstitial
- Labil-dynamische Gewässersohle
- Lotische Pelagialbereiche
- Lenitische Pelagialbereiche
- Flachwasserzonen in Ufernähe
- Ufer- und Strandzonen
- Altarme, Altwasser, Kleingewässer
- Röhrichte
- Seggenriede
- Gebüsche im Feuchtgrünland

Im Eingriffsfall sind unmittelbare Gewinne und Verluste an Flächen nur für den eigentlichen Flussschlauch gegeben. Elemente des Talbodens bzw. der Aue sind jedoch in ihrer Betroffenheit (Rückwirkungen) zu analysieren. Damit können auf dieser Maßstabsebene keine lokalen Wirkungen auf terrestrische Standorte prognostiziert werden.

3.4.1.2 Lokale Eingriffe im Bereich des Flussschlauches

1) *Flächenverlust an Interstitialraum, lotischem Pelagialraum und labil-dynamischer Gewässersohle durch Überbauung*

Durch Neubau und Verlängerung von Buhnen sowie die Errichtung des Leitwerkes wird ein Teil der Gewässersohle direkt überbaut. Hiervon in Abzug zu bringen sind wiederhergestellte Sohlbereiche durch Buhnenrückbau.

Tab. 20: Buhnenverlängerung/-neubau/-rückbau

Linkes Ufer					Rechtes Ufer			
Schnitt	Rückbau	Fläche in m ²	Verlänge- rung/ Neubau	Fläche in m ²	Rückbau	Fläche in m ²	Verlänge- rung/ Neubau	Fläche in m ²
1-2	0	0	493	4187	0	0	369	3138
2-3	39	329	1290	10964	0	0	601	5106
3-4	0	0	698	5931	0	0	42	358
4-5	0	0	424	3607	0	0	319	2713
5-6	30	253	102	871	0	0	752	6389
6-7	174	1483	0	0	0	0	409	3472

(in m, Flächenermittlung durch Multiplikation mit 8,5 m angenommener mittlerer Breite)

Tab. 21: Bilanzierung der Flächenveränderungen durch Bühnenverlängerung/-neubau/-rückbau

Schnitt	Linkes Ufer	Rechtes Ufer	Gesamt	Gesamt
	Bilanz (Verlängerung/Neubau minus Rückbau) in m ²	Bilanz (Verlängerung/Neubau minus Rückbau) in m ²	in m ²	in ha (Rundungsdifferenzen!)
1-2	4187	3138	7325	0,7
2-3	10635	5106	15740	1,6
3-4	5931	358	6289	0,6
4-5	3607	2713	6320	0,6
5-6	618	6389	7007	0,7
6-7	-1483	3472	1989	0,2
Summe	23494	21176	44671	4,5

(+ Zunahme der Überbauung, - Abnahme)

Das Leitwerk soll eine Länge von 1675 m aufweisen. Bei angenommener mittlerer Breite von 10 m (Schüttsteine) ergibt sich damit eine Fläche von 16750 m² bzw. 1,7 ha, die zur überbauten effektiven Gesamtfläche durch die Bühnen (4,5 ha) hinzurechnen ist. Damit ergibt sich ein summarischer Flächenverlust sowohl für Interstitialraum, lotischem Pelagialraum als auch labil-dynamischer Gewässersohle in Höhe von 6,1 ha.

2) Flächenverlust an lotischen Pelagialbereichen, Interstitialraum und labil-dynamischer Gewässersohle durch Änderung der Linienführung/Streichlinienveränderung

Durch die Veränderungen der Linienführung sowie die Verminderung der Streichbreite der frei fließenden Elbe kommt es zu einer indirekten Verminderung von lotischen Pelagialbereichen, Interstitialraum sowie labil-dynamischer Gewässersohle und einer weiteren Beeinträchtigung ihrer ökologischen Funktionsfähigkeit. Generell soll hier vereinfachend nur der Interstitialraum der lotischen Bereiche betrachtet werden.

Die Berechnungen (Tab. 22) ergeben summarisch 56 ha Flächenverlust. Zu diesen 56 ha müssen noch die oben ermittelten 6,1 ha addiert werden, so dass sich der Gesamtflächenverlust zu 62,1 ha ergibt.

Für die verbleibenden Flächenanteil aller drei Elemente müssen nach Maßnahmen-durchführung erhebliche Beeinträchtigungen ihrer ökologischen Funktionsfähigkeit konstatiert werden, die im wesentlichen auf die beabsichtigte Sohlintiefung, die stärkere Durchflussbündelung und die erheblich verminderte Sohlendynamik rückführbar sind.

Tab. 22: Flächenermittlung der freifließenden Elbe (zwischen den Streichlinien)

Schnitt	Ist-Streichlinie in m ²	Soll-Streichlinie in m ²
1-2	528972	436281
2-3	730886	589077
3-4	520321	425627
4-5	605629	503694
5-6	589648	491997
6-7	292218	261485
Gesamt	3267674	2708162
Differenz		56 ha = 559512

3) Flächenveränderung für Flachwasserzonen in Ufernähe

Durch die tendenzielle Vergrößerung der Buhnenfelder nimmt der Flächenanteil an Flachwasserzonen zu. Deren ökologische Wertigkeit kann mit aller Vorsicht insgesamt als geringfügig schlechter angesehen werden (Auswirkungen bei Niedrigwasser). Die Berechnungen (Tab. 23 und 24) ergeben eine Flächenzunahme der Flachwasserzonen in Höhe von 13,7 ha + 17,4 ha = 31,1 ha. Dabei wurden wie bereits oben ausgeführt für die Ermittlung der Flachwasserzonen folgende Konventionen als Faktoren für die Wasserflächen vereinbart: Prallhang = 0, Übergang = 0,5, Gleithang = 1,0.

Tab. 23: Ermittlung der Wasserfläche und der Flachwasserzonen zwischen Ufer und Ist-Streichlinie sowie der Differenzflächen

Linkes Ufer				Rechtes Ufer		
Schnitt	Wasserfläche	Flachwasserzonen alt	Diff. Flachwasserzonen alt-neu	Wasserfläche	Flachwasserzonen alt	Diff. Flachwasserzonen alt-neu
1-2	162960	0	0	29201	29201	-18585
2-3	89852	44926	-40108	83075	41538	-23329
3-4	41179	41179	-79356	170867	0	0
4-5	65905	32953	-25412	158665	79333	-22450
5-6	109097	0	0	68679	68679	-86494
6-7	49337	24669	7601	20316	10158	-23204
Σ	518330	143726	-137276	530802	228907	-174061
Σ (ha)	52,8	14,4	-13,7	53,1	22,9	-17,4

in m², unter Verwendung der Werte von Tabelle 24

Tab. 24: Ermittlung der Wasserfläche und der Flachwasserzonen zwischen Ufer und Soll-Streichlinie

Linkes Ufer (in m ²)				Rechtes Ufer (in m ²)		
Schnitt	Wasserfläche	Wasserfläche minus Buhnenfläche	Flachwasserzonen neu	Wasserfläche	Wasserfläche minus Buhnenfläche	Flachwasserzonen neu
1-2	211993	207806	0	50924	47786	47786
2-3	180703	170069	85034	134838	129733	64866
3-4	126466	120535	120535	180115	179757	0
4-5	120337	116730	58365	206278	203564	101782
5-6	114460	113842	0	161561	155172	155172
6-7	32652	34135	17068	70196	66723	33362
Σ	786611	763117	281002	803912	782735	402968
Σ (ha)	78,7	76,3	28,1	80,4	78,3	40,3

4) Flächenveränderung für lenitische Pelagialbereiche durch Buhnenfeldvergrößerung und Leitwerkbau

Hier können die in den Tabellen 21 und 22 ermittelten Zahlenwerte zur Berechnung weitergenutzt werden. Im Ergebnis ist eine Zunahme der lenitischen Pelagialbereiche um ca. 18,5 ha zu konstatieren (Tab. 25).

Tab. 25: Zunahme Freiwasserfläche in Buhnenfeldern

	Neu in m ²	Alt in m ²	Differenz in m ²	Differenz in ha
Links	482115	374604	107511	10,8
Rechts	379767	301895	77872	7,8
Σ	861882	676499	185383	18,5

Die hinterm Leitwerk entstehende Wasserfläche würde mit großer Wahrscheinlichkeit über Durchbrüche an die Elbe angeschlossen, um damit einen gewissen Wasseraustausch auch bei geringeren Wasserständen zu ermöglichen. Daher wird diese Fläche (9,5 ha) vereinfachend zu den lenitischen Pelagialbereichen zugerechnet, womit sich die Gesamtsumme zu 9,5 ha + 18,5 ha = 28 ha ergibt.

Tabelle 26 stellt zusammenfassend für alle natürlichen und künstlichen Elemente die Ergebnisse der Bilanzierungen dar. Die Funktionsänderung gibt im o. g. Sinne die prognostizierte künftige Flächenwertigkeit nach der Maßnahmendurchführung an. Dabei sind die relativen Abstufungen in positiver Hinsicht (Aufwertung) bzw. negativer Hinsicht (Minderung) für die drei Kriterienkomplexe Morphologie, Flora und Fauna angegeben. Hierzu lassen sich folgende Kurzbegründungen geben:

Tab. 26: Prognostizierbare Flächen- und Biotopwertänderungen im Bereich des Flusslauches

Gewässer-/Talboden-Element	Ursprungs-Fläche in ha	Flächen-änderung in ha	Funktionsänderung	
Interstitial	332,9	- 62,1	Morphologie	mittlere Minderung
			Flora	keine
			Fauna	geringe Minderung
Labil-dynamische Gewässersohle			Morphologie	hohe Minderung
			Flora	keine
			Fauna	hohe Minderung
Lotische Pelagialbereiche			Morphologie	geringe Minderung
			Flora	keine
			Fauna	keine
Lenitische Pelagialbereiche	67,6	+ 28,0 ha	Morphologie	geringe Minderung
			Flora	keine
			Fauna	geringe Minderung
Flachwasserzonen in Ufernähe	37,3	+ 31,1 ha	Morphologie	geringe Minderung
			Flora	Aufwertung
			Fauna	geringe Minderung
Buhnen	3,1 ha	+ 4,5 ha	Verlust an natürlichen Ökosystem-elementen	
Leitwerk	0	+ 1,7 ha	Verlust an natürlichen Ökosystem-elementen	

(+ Flächenzunahme, - Abnahme, 0 – keine Veränderung)

- **Interstitial:** Durch die Einengung des Fließquerschnittes werden die bestehenden sohlmorphologischen Prozesse verändert, was zumindest geringe bis mittlere Auswirkungen auf das betroffene bzw. sich anschließende Interstitial und seine Fauna hat (u. a. Verschiebung der Flächenübergänge/Grenzschichten durch Sohleintiefung, Veränderung der Wasseraustauschbedingungen durch erhöhte sohlnahe Fließgeschwindigkeiten)
- **Labil-dynamische Gewässersohle:** Hier sind gravierende Beeinträchtigungen durch die beabsichtigte Sohleintiefung inkl. Verminderung bzw. Unterdrückung von Sand-Akkumulationsprozessen zu erwarten. Das von spezialisierten Tieren bewohnte Habitat wird qualitativ und quantitativ abnehmen.
- **Lotische Pelagialbereiche:** Die (strömenden) Freiwasserbereiche sind nur gering betroffen. Da sich aber im geänderten (schmaleren) Querschnitt die ursprünglichen hydrodynamischen Verhältnisse ändern (andere Querschnittsverteilung der Strömung - dreidimensional), wird von einer geringen morphologischen Minderung ausgegangen. Die Folgen für Flora und Fauna werden für diese Betrachtungen als unerheblich eingeschätzt.

- Lenitische Pelagialbereiche: Da diese Bereiche in ihrer flächenhaften Größe zunehmen, werden sich die Austauschbedingungen mit den lotischen Bereichen verschlechtern. Eine geringe Minderung bezüglich der Morphologie (Strömungsverteilung/-differenzierung) und damit auch der faunistischen Lebensbedingungen (chemisch-physikalisch, z.B. Sauerstoffhaushalt) kann prognostiziert werden.
- Flachwasserzonen in Ufernähe: Durch zunehmende Breite der Flachwasserzonen verringert sich der dynamische Einfluss der Strömung. In der Folge können Morphologie und Fauna als gering beeinträchtigt bewertet werden. Andererseits werden die physikalischen Aufwuchsbedingungen für standorttypische Pflanzenarten und -gemeinschaften günstiger (höhere Sohlstabilität, geringerer Strömungsdruck), so dass hier von einer Verbesserung für die Flora ausgegangen werden kann.
- Bühnen/Leitwerk: Die Überbauung mit Bühnen und Leitwerk stellt eindeutig einen flächenbezogenen Verlust an natürlichen Ökosystemelementen dar.

Zusammenfassend lässt sich darlegen, dass ca. 60 ha „freifließende“ Elbebereiche mit den o. g. strukturellen Eigenarten nach Maßnahmenabschluss ca. je zur Hälfte in Flachwasserzonen oder strömungsberuhigte Bereiche umgewandelt werden. Dass die Aufrechnung nicht völlig aufgeht, liegt an den getroffenen Annahmen (z. B. Bühnenbreiten) und damit verbundenen systematischen Fehlern, die nur durch vollständig EDV-gestützte zeichnerische Darstellung und Auswertung vermieden werden können. Der Fehler in der Größenordnung von lediglich 5% dürfte allerdings bei der gebotenen Grobanalyse und den ohnehin bestehenden Prognoseunsicherheiten vernachlässigbar sein.

3.4.1.3 Rückwirkungen auf terrestrische Standorte

Aus der Bühnenfeldverlängerung und den begleitenden Baumaßnahmen ergeben sich zwangsläufig Rückwirkungen auf terrestrische Standorte durch die angestrebte Sohleintiefung. ***Insbesondere im Niedrigwasserfall ist damit mit einer abnehmenden Bodenwasserversorgung in der Aue durch Erhöhung des Grundwasserflurabstands zu rechnen.*** Dadurch verschlechtern sich zumindest während dieser Phasen die Habitatqualitäten für hygrophile bzw. -bionte Arten und Vergesellschaftungen. Desgleichen werden sich die Bedingungen in den Altarmen, Alt- und Kleingewässern verschieben. Diese Prognose ist qualitativ schwer abzusichern und wird als „geringe Beeinträchtigung“ bewertet, weil sie nicht modelltechnisch oder anderweitig gestützt ist. Aber bereits KOTHE (1956), zitiert in PETERMEIER et al. (1996), hat das Wirkungsgefüge der historischen Strombaumaßnahmen an der Elbe dargestellt und folgende plausible Wirkungen beschrieben:

- durch Verkürzung der Abflusszeiten keine jahresperiodischen, langandauernden und großflächigen Überflutungen sowie
- verfrühtes Eintreten der sommerlichen Niedrigwasserstände
- durch Absinken des Grundwasserstandes im Stromtal Trockenfallen der Stromuferbereiche bei Niedrigwasser sowie
- Austrocknung des Vorlandes

Für die hier vorgenommene Betrachtung werden daher potentiell betroffene Flächen herangezogen. Dazu wurden an einem repräsentativen Gewässerabschnitt des Plangebietes (Ekm 516 - 517) im linksseitigen Talraum betroffene Habittattypen hinsichtlich ihrer Flächenausdehnung bis zum Auenrand hin erfasst (Tab. 27). Da für den niedersächsischen Teil keine hinreichend genaue Abgrenzbarkeit der Gewässer-/Talboden-Elemente möglich war, wurden nachfolgend Aggregationen gebildet.

Tab. 27: Rückwirkungen auf terrestrische Standorte und Flächengrößen betroffener Gewässer-/Talboden-Elemente (Ekm 516 - 517, linksseitig)

Gewässer-/Talboden-Element	Beeinträchtigung	Fläche pro Ekm in ha
Feuchte Stromtalgrünländer inkl. Gebüsche im Feuchtgrünland	verringerte Bodenwasserversorgung vor allem in Niedrigwasserzeiten	12,4
Ufer- und Strandzonen inkl. Röhrichte und Seggenriede		7,5
Altarme, Altwasser, Kleingewässer inkl. Ufergehölze und Röhricht- bzw. Riedsäume	Flächenzunahme von temporär trockenfallenden Arealen, Verschiebung des Feuchtegradienten in Richtung Sohle und zeitliche Ausdehnung der Trockenfallperioden, Verschiebung der Habitatverhältnisse	2,1

Basierend auf dieser Modellrechnung und in Ermangelung einer hinreichend genauen Datengrundlage werden diese Werte als repräsentativ für den Bereich angenommen und für den gesamten Untersuchungsraum entsprechend hochgerechnet, d.h. Multiplikation mit 2 (anderes Ufer) und mit der Länge (11 km) des Maßnahmenraumes (Tabelle 28).

Tab. 28: Prognostizierbare Flächen- und Biotopwertänderungen im terrestrischen Bereich

Gewässer-/Talboden-Element	Ursprungs-Fläche in ha	Flächen-änderung in ha	Funktionsänderung	
Feuchte Stromtalgrünländer inkl. Gebüsche im Feuchtgrünland	272,8	0	Flora	geringe Minderung
			Fauna	geringe Minderung
Ufer- und Strandzonen inkl. Röhrichte und Seggenrieder	165,0	0	Flora	geringe Minderung
			Fauna	geringe Minderung
Altarme, Altwasser, Kleingewässer inkl. Ufergehölze und Röhricht- bzw. Riedsäume	46,2	0	Flora	geringe Minderung
			Fauna	geringe Minderung

(+ Flächenzunahme, - Abnahme, 0 – keine Veränderung)

3.4.1.4 Regionale Wirkungen auf die Systemdynamik

Hypothetisch wird für den betrachteten Elbeabschnitt angenommen, dass die regionalen Wirkungen auf die Systemdynamik auf Grund von Erfahrungswerten zumindest größten-

ordnungsmäßig abgeschätzt werden können. Es wird fiktiv unterstellt, dass durch eine Anfrage bei der Bundesanstalt für Wasserbau oder einem renommierten Institut einer Universität folgende räumliche Betroffenheit abgeschätzt werden kann:

- durch die beabsichtigten Maßnahmen sind ca. 10 km Fließstrecke unterhalb der Maßnahme durch Veränderungen des Geschiebehaushalts betroffen
- ca. 500 m Auenbereich (beiderseits des Ufers bei Mittelwasser 250 m) im Bereich der Maßnahme werden voraussichtlich durch Veränderungen der Grundwasserdynamik betroffen

Insgesamt führt die Maßnahme zu einer weiteren Unterdrückung der natürlichen Gewässerbettbildungsprozesse, da Querschnittsgeometrien „erzwungen“ werden. Wasserstands- und Grundwasserdynamik werden beeinträchtigt. Insbesondere ist auf Grund der beabsichtigten Sohleintiefung mit einer Verstärkung extremer Niedrigwasserstände sowie entsprechend hoher Grundwasserflurabstände zu rechnen.

3.4.2 Eingriffsfall Uferrückverlegung

3.4.2.1 Lokale Eingriffe im Bereich des Flussschlauches

Gemäß technischer Beschreibung ist für diesen Eingriffsfall eine Uferrückverlegung und Veränderung des Kurvenradius auf 800 entsprechend Wasserstraßenklasse Vb vorgesehen. Dafür sind rechtsseitig größere Abgrabungen vonnöten (Bodenaushub ca. 500.000 m³), vorhandene Biotop des Ufer- und Flachwasserbereiches werden zerstört. Nach Neugestaltung des Gleitbereiches mit einer Böschungsneigung 1:3 ist eine Wiederausbildung von vegetationsarmen Anlandungszonen zu erwarten, deren Breitenausdehnung jedoch geringere Ausmaße erreichen wird und die – bedingt durch die eingeschränkte Abflussdynamik – ein deutlich geringeres Umlagerungspotential aufweisen.

Für den Bereich zwischen alter und neuer Streichlinie (geplantes Leitwerk) in der Außenkurve sind im aktuellen Fallbeispiel bisher keine planerischen Festlegungen getroffen. Im Hinblick auf die Praktikierbarkeit der Bewertung soll hier von der Annahme einer Bühnenverlängerung zur Verbindung mit dem geschlitzten Leitwerk ausgegangen werden. Dadurch werden die planerisch überformten ehemaligen Sohl- und Bühnenbereiche separiert und im Wasserkörper dieser Areale weitgehend Standgewässerverhältnisse indiziert.

Die Ermittlung und Verschneidung der betrachteten Teilflächen für den aquatischen Bereich wurde analog der im Fallbeispiel 1 dargestellten Methodik vorgenommen. Tabelle 29 stellt die resultierenden Flächen- und Funktionsänderungen zusammen. Die sich aus der Tabelle 29 ergebende Flächenänderung von +8,6 ha liegt in der Größenordnung des terrestrischen Flächenverbrauches (-8,1 ha). Der sich aus der Gesamtflächenbilanz ergebende Fehler von 0,5 ha ist bei der vorzunehmenden Grobanalyse tolerierbar.

Zu den in Tabelle 29 prognostizierten Funktionsänderungen lassen sich folgende Kurzbegründungen geben:

- Interstitial: Bedingt durch die Verlagerung des Fließquerschnittes werden die bestehenden sohlmorphologischen Prozesse verändert, was geringe Auswirkungen auf das

betroffene bzw. sich anschließende Interstitial und seine Fauna erwarten lässt (u.a. lagemäßige Verschiebung der Interstitialbereiche, Veränderungen der sohnnahen Strömungsbedingungen)

- Labil-dynamische Gewässersohle: Hier sind geringe Beeinträchtigungen hinsichtlich Morphologie und Fauna zu erwarten, die im wesentlichen aus dem geänderten Kurvenradius als wesentlichem hydraulischen Parameter resultieren. Andererseits führt auch die Querschnittsverschiebung zu erzwungenen Umlagerungsprozessen und veränderten hydrodynamischen Bedingungen.
- Lotische Pelagialbereiche: Die (strömenden) Freiwasserbereiche sind nur sehr gering betroffen. Die Folgen für Morphologie, Flora und Fauna werden für diese Betrachtungen als unerheblich eingeschätzt.
- Lenitische Pelagialbereiche rechtsseitig: Diese Bereiche nehmen insgesamt in ihrer flächenhaften Größe zu (zwischen den Bühnenfeldern). Ursprünglich eher eigendynamische Bereiche (Gleithang) mit bedeutsamen Sand-Akkumulations- und -Umlagerungsprozessen nehmen aber ab, so dass eine geringe Minderung bezüglich der Morphologie (Strömungsverteilung/-differenzierung durch veränderte Sohlstrukturen) und damit auch der faunistischen Lebensbedingungen nach dem Eingriff prognostiziert werden kann.
- Lenitische Pelagialbereiche linksseitig: Die Funktionsänderungen werden als insgesamt unerheblich eingestuft.
- Flachwasserzonen in Ufernähe rechtseitig: Nach Maßnahmendurchführung ist eine Wiederausbildung von Flachwasserzonen zu erwarten, deren räumliche Ausdehnung (räumliche Tiefe) jedoch geringere Ausmaße erreichen wird und die auch durch verminderte hydrologische/hydraulische Dynamik ein deutlich geringeres Umlagerungspotential aufweisen werden. Daher werden geringe bis mittlere Minderungen für Morphologie und Flora/Fauna prognostiziert.
- Flachwasserzonen in Ufernähe linksseitig: Die Flachwasserzonen linksseitig werden zunehmen, womit sich der dynamische Einfluss der Strömung verringern wird (Austauschprozesse, chemisch-physikalische Bedingungen). Folglich können Morphologie und Fauna als gering beeinträchtigt bewertet werden. Andererseits werden die Wachstumsbedingungen für standorttypische Pflanzenarten und -gemeinschaften günstiger (höhere Sohlstabilität, geringerer Strömungsdruck), so dass von einer Funktionsaufwertung für die Flora ausgegangen werden kann.
- Bühnen/Leitwerk: Die Überbauung mit Bühnen und Leitwerk stellt eindeutig einen flächenbezogenen Verlust an natürlichen Ökosystemelementen dar.

Tab. 29: Prognostizierbare Flächen- und Biotopwertänderungen im Flussschlauch

Gewässer-/Talboden-Element	Ursprungs-Fläche in ha	Flächenänderung in ha	Funktionsänderung	
Interstitial	48,9	-8,2	Morphologie	geringe Minderung
			Flora	keine
			Fauna	geringe Minderung
Labil dynamische Gewässersohle			Morphologie	geringe Minderung
			Flora	keine
			Fauna	geringe Minderung
Lotische Pelagialbereiche			Morphologie	keine
			Flora	keine
			Fauna	keine
Lenitische Pelagialbereiche rechtsseitig	0,6	+0,6	Morphologie	geringe Minderung
			Flora	geringe Minderung
			Fauna	geringe Minderung
Lenitische Pelagialbereiche linksseitig	3,3	+13,8	Morphologie	keine
			Flora	keine
			Fauna	keine
Flachwasserzonen in Ufernähe rechtsseitig	0,8	+0,6	Morphologie	mittlere Minderung
			Flora	geringe Minderung
			Fauna	geringe Minderung
Flachwasserzonen in Ufernähe linksseitig	7,8	+0,5	Morphologie	geringe Minderung
			Flora	Aufwertung
			Fauna	geringe Minderung
Buhnen	1,3	+0,3	Verlust an natürlichen Ökosystemelementen	
Leitwerk	0	+1,0	Verlust an natürlichen Ökosystemelementen	

(+ Flächenzunahme, - Abnahme, 0 – keine Veränderung)

Insgesamt resultieren aus der angenommenen Laufverlegung im Gewässerbett gravierende Umstrukturierungen. Größere Anteile der auf insgesamt 48,9 ha zu beziffernden Flussschlauchfläche werden umgestaltet bzw. entstehen in den früheren rechtsseitigen Uferzonen neu. Dabei sind naturgemäß massive Veränderungen in allen Teilbiotopen (Lückensystem der Sohle bzw. Interstitial, Sohloberfläche und darüberliegendes lotisches Pelagial) verbunden. Dies trifft in ähnlichem Maße auch für die lenitischen Pelagialbereiche und Flachwasserzonen zu, wobei für den Modellfall zwischen linker und rechter Uferseite zu differenzieren ist.

3.4.2.2 Lokale Wirkungen auf terrestrische Standorte

Letztere basieren auf dem Flächenverbrauch im rechtsseitigen Uferbereich. Vorhandene Sedimentationszonen mit Kies- und Sandbänken (Gleithangbereich), Ufer- und Strandzonen, Röhrichte, Riede und Feuchtgebüsche müssen beseitigt werden (Abb. 16).

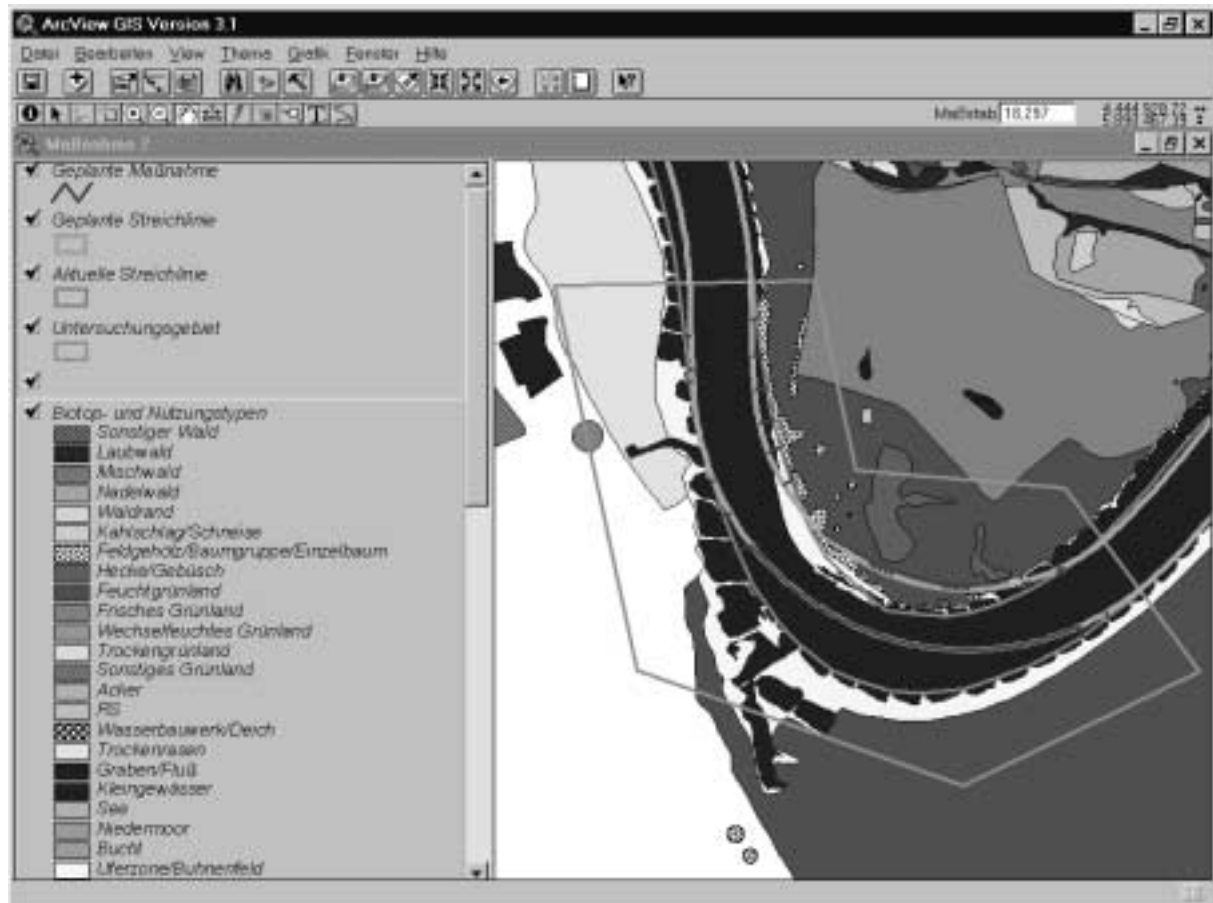


Abb. 16: ArcView-Ansicht – Untersuchungsraum Eingriffsfall 2 (Elbbogen bei Damnitz) mit Biotop- und Nutzungstypen und Maßnahmenkonzept

Im Hinblick auf eine möglichst exakte Wirkungsabschätzung beziehen sich die Angaben der Tabelle 30 ausschließlich auf betroffene Flächen. Dabei wird der Ausbau als reine Verlegung des Gewässerbettes betrachtet, mit dem keine Veränderungen der Bodenwasserversorgung im Talraum einhergehen. Bei Notwendigkeit werden gleiche Biotoptypen nach der jeweiligen Gewässerhälfte differenziert.

Insgesamt ergibt sich damit ein Flächenverbrauch von 8,1 ha. Verbleibende Restflächen beeinträchtigter Ökotope nehmen in ihrer Wertigkeit z. T. deutlich ab (Tab. 30). Hier sind als Hauptkriterien zu benennen:

- die durch die Verlegung des Hauptlaufes linksseitig abnehmende hydrologische und hydromorphologische Dynamik als wesentliche Grundlage für die Ausbildung der strukturellen Gegebenheiten

- die desgleichen abnehmende Funktion als „Ufer- und Strandzone“ und damit als spezifisches Habitat für Tiere und Pflanzen (linksseitig)
- die zunächst stark bis gänzlich abnehmenden und auch mittelfristig stark reduzierten rechtsseitigen Ufer- und Strandzonen, deren hydromorphologische Dynamik dauerhaft gestört ist
- die damit flächenhaft wesentlich kleineren spezifischen Habitate für standorttypische strand- und uferzonenbewohnende Tiere und Pflanzen

Tab. 30: Prognostizierbare Flächen- und Biotopwertänderungen im terrestrischen Bereich

Gewässer-/Talboden-Element	Ursprungs-Fläche in ha	Flächen-änderung in ha	Funktionsänderung	
Ufer- und Strandzonen rechtsseitig	6,8	-4,5	Morphologie	geringe Minderung
			Flora	hohe Minderung
			Fauna	hohe Minderung
Ufer- und Strandzonen linksseitig	34,7	0	Morphologie	mittlere Minderung
			Flora	mittlere Minderung
			Fauna	geringe Minderung
Weichholzaue/ Feuchtgebüsche	1,0	-1,0	Morphologie	-
			Flora	-
			Fauna	-
Feuchte Stromtalgrünländer	2,6	-2,6	Morphologie	-
			Flora	-
			Fauna	-

(+ Flächenzunahme, - Abnahme, 0 – keine Veränderung)

3.4.2.3 Regionale Wirkungen auf die Systemdynamik

Auch für diesen Eingriffsfall wird hypothetisch angenommen, dass die regionalen Wirkungen auf die Systemdynamik auf Grund von Erfahrungswerten der Bundesanstalt für Wasserbau oder eines renommierten Institutes einer Universität zumindest größenordnungsmäßig abgeschätzt werden können:

- durch die beabsichtigten Maßnahmen sind ca. 1 km Fließstrecke unterhalb der Maßnahme durch Veränderungen des Geschiebehaushalts und partiell der Sohlenstrukturen auf Grund von verändertem hydraulischem Verhalten (z. B. Verschiebung des Stromstrichs) betroffen, was zumindest als **geringe Beeinträchtigung** bewertet werden muss
- nennenswerte Veränderungen der Grundwasserdynamik sind nicht zu erwarten

3.4.2.4 Rückwirkungen auf terrestrische Standorte

Unter der für das Fallbeispiel angenommenen Beschränkung auf die erforderlichen Kurvenaufweitung (Wasserstraßenklasse Vb) sind keine Eintiefungen oder verstärkten sohl-erosiven Prozesse zu erwarten, so dass auch für den Sollzustand von einem unveränderten Bodenwasserregime im Talraum ausgegangen werden kann. **Unmittelbare Rückwirkungen auf terrestrische Nutzflächen (exkl. der oben diskutierten) sind somit nicht zu erwarten.**

3.4.3 Fazit

Die vorgestellte Methodik einer umweltfachlichen Eingriffsbewertung fußt auf einer Bilanzierung der Räume, deren Flächengrößen und ökologische Wertigkeit vor und nach Maßnahmendurchführung erfasst bzw. prognostiziert werden. Dafür bedarf es aus Gründen der Effektivität und Nachvollziehbarkeit nach Möglichkeit des Einsatzes computergestützter geographischer Informationssysteme (GIS). GIS-Systeme sind jedoch im Rahmen einer umweltfachlichen Grobanalyse nur dann sinnvoll einsetzbar, wenn die Verfügbarkeit und die Qualität umweltfachlicher Daten im Vorfeld abgesichert werden können. Daraus ergeben sich im Hinblick auf eine Anwendung der Methodik folgende Anforderungen:

- digitale kartographische Informationen zu folgenden Aspekten sind grundsätzlich vonnöten: Biotop- und Nutzungstypen, Geologie und Böden, Hydrogeologische Verhältnisse, Vorkommen und Verbreitung von Flora/Fauna
- alle Informationen und Daten sollten in ihrer kartographischen Detaillierung in einem Maßstab von mindestens ca. 1:25.000 bis 1:50.000 (oder größer) vorliegen
- es sollten bundeseinheitliche Nomenklaturen, Typzuordnungen und Abbildungsmaßstäbe in analogen und digitalen Karten angestrebt werden
- digitale Informationen sollten nach Möglichkeit in bundeseinheitlichen Kartenmaßstäben und Koordinatenbezügen (geographische Projektion) abgelegt sein
- die Eingriffsszenarien (Maßnahmenplanung) müssen zumindest grob digital-kartographisch erfasst werden oder vorliegen

Da die Bereitstellung allgemeiner und spezifischer umweltfachlicher Daten im Regelfall eine Angelegenheit der einzelnen Bundesländer ist, muss verstärkt auf eine länderübergreifende Zusammenarbeit im Sinne einer Vereinheitlichung methodischer Grundlagen hingewirkt werden. Es steht zu erwarten, dass auf Grund der Wasserrahmenrichtlinie der Europäischen Union eine flussgebiets- und damit regelmäßig länderübergreifende Zusammenarbeit ohnehin verstärkt wird (vgl. z. B. Anhang VII WRRL: Vorgaben/Inhalte für Bewirtschaftungspläne für Flussgebiete), so dass hier künftig indirekt auch die notwendige Datenbasis für das vorgestellte Verfahren verfügbar sein dürfte. Als gleichermaßen wichtiger Aspekt muss genannt werden, dass Digitalisierung und EDV-gestützte Bereitstellung umweltfachlicher Daten enorm voranschreitet. Einige Bundesländer wie z. B. Niedersachsen ermöglichen sogar bereits den Zugriff auf digitale umweltfachliche Themenkarten via Internet-Tendenz steigend.

3.5 Grobprüfung der Auswirkungen eines Ausbaues der Reststrecke Dömitz auf FFH-Gebiete

3.5.1 Ziele und Vorgehensweise

Im fraglichen Bereich ist eine Vielzahl von Schutzgebieten lokalisiert (vgl. Tab. 18). An dem betrachteten Abschnitt der Elbe kann beispielhaft geprüft werden, welche lokalen Umweltqualitätsziele konkret betroffen sind und in wie weit diese als prioritäre Ziele zu kennzeichnen sind. Hervorzuheben sich dabei die FFH-Gebiete (vgl. Tab. 32 bis 36). Dies erfolgt auch im Hinblick auf die Einbindung von Einzelmaßnahmen des Infrastrukturausbaus in die Gesamtmethodik der Aufstellung umweltorientierter Fernverkehrskonzepte.

Die mögliche Beeinträchtigung eines „Natura 2000“-Gebietes erfordert eine spezielle FFH-Verträglichkeitsprüfung nach Art. 6 Abs. 3 FFH-Richtlinie bzw. § 19c Abs. 1 BNatSchG. Können erhebliche Beeinträchtigungen nicht vermieden werden, ist das Vorhaben unzulässig und nur unter bestimmten, restriktiv auszulegenden Voraussetzungen und Bedingungen (insbes. Alternativenprüfung und zwingende Gründe) möglich (Art. 6 Abs. 4 FFH-Richtlinie bzw. § 19c Abs. 2 bis 5 BNatSchG).

Der hier erfolgende Grobcheck dient dazu, für die Planung deren (voraussichtliche) Konformität mit der jeweils relevanten Umweltzielen zu ermitteln bzw. potentielle Probleme zu identifizieren und den daraus ggf. erwachsenden Optimierungsbedarf (Entwicklung und Überprüfung von Alternativen) zu prognostizieren. Dies stellt einen Vorgriff auf eine zu einem späteren Zeitpunkt im Laufe der Planung erforderliche umfassende FFH-Verträglichkeitsprüfung dar.

Im Fall, dass zumutbare Alternativen zu einem Vorhaben ohne erhebliche Beeinträchtigungen der Schutzziele (z. B. durch Nutzung alternativer Transportkorridore, aber auch alternativer Verkehrsträger) nicht möglich sind, wäre in einem späteren Verfahren dann die Frage zu klären, ob die vorgesehenen Ausnahmegründe (zwingende Gründe des überwiegenden öffentlichen Interesses einschließlich solcher sozialer oder wirtschaftlicher Art) vorgebracht werden können.

Nach Art 6 (2) FFH-Richtlinie ist die Anwendbarkeit dieser Ausnahmegründe bei Vorkommen prioritärer Arten oder Lebensräume eingeschränkt, so dass ohne Weiteres nur „Erwägungen im Zusammenhang mit der Gesundheit des Menschen und der öffentlichen Sicherheit oder im Zusammenhang mit maßgeblichen günstigen Auswirkungen für die Umwelt“ geltend gemacht werden können. Sollen „andere zwingende Gründe des öffentlichen Interesses“ geltend gemacht werden, so ist die EU-Kommission zu beteiligen.

Aufgrund der besonderen Anforderungen im Zusammenhang mit den Natura 2000 Gebieten beschränkt sich die Bearbeitung nachfolgend auf diesen Schutzgebietstyp. Darüber hinaus können im Prinzip ggfs. weitere im rechtlichen Sinne abwägungsrelevante Ausweisungen hinzugezogen werden (u. a. Naturschutzgebiete, verbindlich festgelegte Leitbilder / Entwicklungsziele für das Gewässer), soweit deren Ziele nicht ohnehin durch die Natura-2000 Festlegungen mit abgedeckt sind. Aussagen mit lediglich empfehlendem Charakter können angesichts fehlender Verbindlichkeit nicht mit einfließen.

Zunächst wird geprüft, ob relevante FFH-Ausweisungen oder vergleichbare internationale Schutzgebiete (z. B. EU-Vogelschutzgebiete) betroffen sind. Für die relevanten Gebiete ist zu analysieren:

- auf welche räumlichen bzw. funktionalen Systembestandteile sich die Ausweisung jeweils bezieht;
- welches die konkreten Schutz- bzw. Erhaltungsziele sind.

Unter Bezugnahme auf die grobe umweltfachliche Auswirkungsprognose (vgl. 3.5) kann sodann geprüft werden, ob für diese Bestandteile bzw. die zugehörigen Ziele möglicherweise erhebliche Beeinträchtigungen in den untersuchten Ausbauszenarien zu erwarten sind. Dies ist angesichts des Betrachtungsmaßstabes und des eingeschränkten räumlichen Horizontes der umweltfachlichen Bewertung sowie der dafür verwendeten Datenbasis als Grobprüfung der FFH-Relevanz im Sinne einer FFH-Erheblichkeitsprüfung zu verstehen.

3.5.2 FFH-Gebiete im Untersuchungsgebiet und mögliche Beeinträchtigung von Erhaltungszielen

Es zeigt sich, dass im Untersuchungsraum mehrere, teils sehr großflächige FFH-Gebietsvorschläge lokalisiert sind (vgl. Abb. 17). Der gesamte Bereich des Flusslaufes im Untersuchungsgebiet selbst mit der angrenzenden, nicht eingedeichten Aue, wie auch die flussaufwärts und flussabwärts anschließenden Bereiche sind als FFH-Gebiet ausgewiesen. Zusätzlich sind große Teile der sich anschließenden, weiträumigen Elbtalung als FFH-Gebiete gemeldet. Die dargestellten Flächen beziehen sich auf die folgenden Einzelvorschläge:

FFH-Gebietsvorschläge Niedersachsen

- Gebietsvorschlag Nr. 74: Elbeniederung zwischen Lauenburg und Schnackenburg

FFH-Gebietsvorschläge Mecklenburg-Vorpommern

- Gebietsvorschlag Nr. 13: Binnendünen bei Klein Schmölen
- Gebietsvorschlag Nr. 27: Löcknitztal-Altlauf
- Gebietsvorschlag Nr. 117: Elbe-Sudeniederung
- Gebietsvorschlag Nr. 118: Rüterberg

Der gesamte damit erfasste Bereich auf der nördlichen (mecklenburgischen) Elbseite ist zugleich als **EU-Vogelschutzgebiet** ausgewiesen (**SPA Nr. 420, Naturpark Elbetal / Mecklenburgisches Elbtal**) (BFN 1998). Dies betrifft zusätzlich die gesamte Fläche des Untersuchungsgebietes sowie weiträumige Areale darüber hinaus. Auch auf der niedersächsischen Seite sind große Teile der als FFH-Vorschlagsgebiete ausgewiesenen Flächen zugleich EU-Vogelschutzgebiet (**SPA Nr. 011: Elbaue zwischen Schnackenburg und Lauenburg**). Allerdings ist diese Ausweisung in Niedersachsen kleinteiliger, so dass die Ausweisung nicht alle FFH-Vorschlagsflächen umfasst und zumeist auch nicht über diese Flächen hinausreicht.

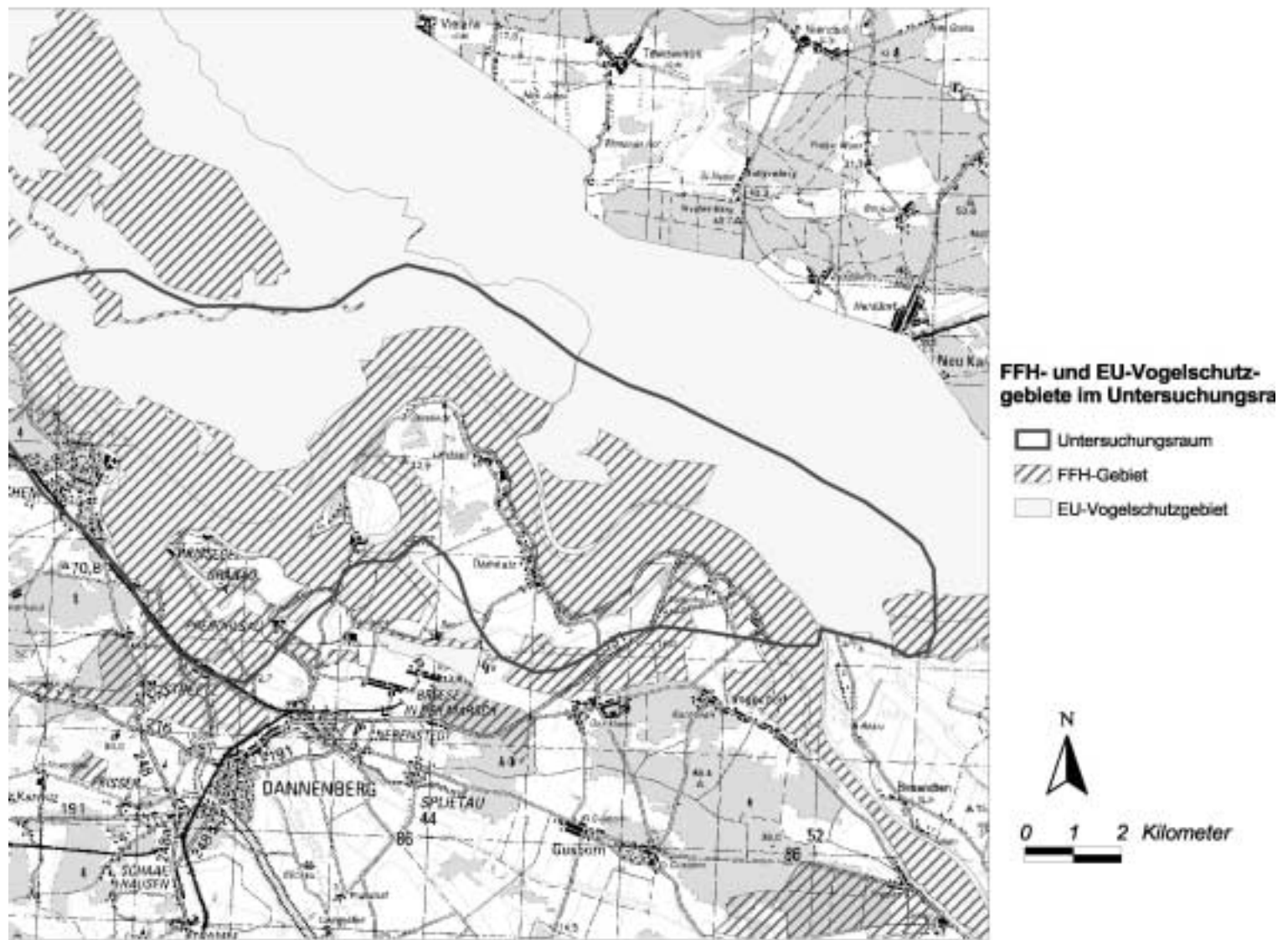


Abb. 17:
Europäische Schutzgebiete im
Untersuchungsraum

In der folgenden Tabelle sind die prognostizierten Beeinträchtigungen für beide Planfälle nochmals zusammengefasst.

Tab. 31: Wesentliche Beeinträchtigungsrisiken durch die untersuchten Planfälle

Wirkungsdimension	Planfall 1: Strombauliche Maßnahmen zwischen Fluss km 510 und km 521	Planfall 2: Uferrückverlegung zur Kurvenaufweitung im Bereich zwischen km 508,0 und 509,0
Lokale Eingriffe im Bereich des Flussschlauches	ca. 60 ha „freifließender“ Elbebereiche werden je zur Hälfte in Flachwasserzonen oder strömungsberuhigte Bereiche umgewandelt. Erhebliche Beeinträchtigungen der ökologischen Funktionsfähigkeit durch die beabsichtigte Sohleintiefung, die stärkere Durchflussbündelung und die erheblich verminderte Sohlendynamik.	Insgesamt resultieren aus der angenommenen Laufverlegung im Gewässerbett erhebliche Umstrukturierungen. Größere Anteile der auf insgesamt 48,9 ha zu beziffernden Flussschlauchfläche werden umgestaltet bzw. entstehen in früheren Uferzonen neu; Zunahme von Flachwasserzonen.
Lokale (direkte) Wirkungen auf terrestrische Standorte	keine	Sedimentationszonen mit Kies- und Sandbänken (Gleithangbereich), Ufer- und Strandzonen, Röhrichte, Riede und Feuchtgebüsche müssen beseitigt werden (Flächenverbrauch 8,1 ha)
Regionale Wirkungen auf die Systemdynamik	Insgesamt führt die Maßnahme zu einer Unterdrückung der natürlichen Gewässerbettbildungsprozesse für eine größere Fließstrecke. Wasserstands- und Grundwasserdynamik werden erheblich beeinträchtigt. Auf Grund der (beabsichtigten) Sohleintiefung ist mit einer Verstärkung extremer Niedrigwasserstände sowie entsprechend hohen Grundwasserflurabständen zu rechnen.	ca. 1 km Fließstrecke unterhalb der Maßnahme sind durch Veränderungen des Geschiebehaushalts und partiell der Sohlenstrukturen auf Grund von verändertem hydraulischem Verhalten (z. B. Verschiebung des Stromstrichs) betroffen, was zumindest als geringe Beeinträchtigung bewertet werden muss.
Rückwirkungen auf terrestrische Standorte	Insbesondere im Niedrigwasserfall ist mit einer abnehmenden Bodenwasserversorgung in der Aue durch Erhöhung des Grundwasserflurabstands zu rechnen. Dadurch verschlechtern sich die Habitatqualitäten für hygrophile bzw. -bionte Arten und Vergesellschaftungen. Desgleichen werden sich die Bedingungen in den Altarmen und Kleingewässern verschieben.	mittelbare Rückwirkungen auf terrestrische Flächen sind nicht zu erwarten

Die Auswertung der Gebietsvorschläge vor dem Hintergrund der untersuchten Planfälle (1) strombauliche Regelung der Reststrecke Dömitz (Niedrigwasserregulierung) und (2) Uferrückverlegung in einem Teilabschnitt des Gebietes ist in den nachfolgenden Tabellen zusammengestellt. Prioritäre Lebensräume und Arten sind durch Fettdruck hervorgehoben.

Tab. 32: FFH-Gebietsvorschlag Niedersachsen Nr. 74

Gebietsvorschlag Nr. 74: Elbeniederung zwischen Lauenburg und Schnackenburg			
Relevante Bestandteile (Lebensraumtypen, FFH-Arten)	Erhaltungsziele	Mögliche Beeinträchtigungen - Fall 1 (Strombauliche Maßn.)	Mögliche Beeinträchtigungen - Fall 2 (Uferrückverlegung)
3270 – Flüsse mit Schlamm-bänken	Schutz und Entwicklung naturnaher Fließgewässer	Höhere Flächenanteile von Flachwasserzonen in der Elbe durch Vergrößerung der Bühnenfelder; beeinträchtigte Abflussdynamik (am Eingriffsort und Fließstrecke unterhalb): Unterdrückung von Gewässerbettbildungsprozessen, stark veränderte Sedimentationsbedingungen	Flächenzuwächse für strömungsberuhigte Flachwasserzonen in der Elbe; beeinträchtigte Abflussdynamik (ca. 1 km Fließstrecke): veränderter Geschiebehauhalt, partielle Veränderung der Sohlenstruktur
3150 – Natürliche eutrophe Seen	Schutz und Entwicklung autotypischer Stillgewässer	Verschiebung des Feuchtegradienten in Richtung Sohle, Ausdehnung von Trockenperioden (ca. 500 m beiderseits des Elbeufers)	Keine Beeinträchtigungen zu erwarten
2330 – Dünen mit offenen Grasflächen	Schutz und Entwicklung von Sandmagerrasen	Keine Beeinträchtigungen zu erwarten	Keine Beeinträchtigungen zu erwarten
6120* – Trockene, kalkreiche Sandrasen			
6430 – Feuchte Hochstaudenfluren	Schutz und Entwicklung von feuchten Hochstaudenfluren, Auwiesen, mageren Mähwiesen und Auewäldern	Veränderung der Standortverhältnisse, Verschiebung des Artenspektrums durch beeinträchtigte Grundwas-serdynamik (Auenbereich ca. 500 m beiderseits des Elbeufers) mit durch Tiefenerosion erhöhten GW-Flurabständen und verringerter Bodenwasserversorgung insbesondere bei Niedrigwasser	Keine Beeinträchtigungen zu erwarten
6440 – Brenndolden-Auenwiesen			
6510 – Magere Flachland-Mähwiesen			
91E0* – Weichholzauenwälder			
91F0 – Hartholzauenwälder			
Arten Anh. IV: Fischotter, Biber, Kammmolch, Rotbauchunke,	Erhalt der Habitate	Beeinträchtigung von Habitatgewässern im Auenbereich ca. 500 m beiderseits des Elbeufers möglich	Keine Beeinträchtigungen zu erwarten
Arten Anh. II: Flussneunauge, Rapfen, Schlammpeitzger	Erhalt der Habitate	Beeinträchtigung der Habitate bzw. wichtiger Habitatbestandteile (Laichplätze, Rückzugsräume) möglich	Keine Beeinträchtigungen zu erwarten

Tab. 33: FFH-Gebietsvorschlag Mecklenburg-Vorpommern Nr. 13

Gebietsvorschlag Nr. 13: Binnendünen bei Klein Schmölen			
Bestandteile (Lebensraumtypen, FFH-Arten)	Erhaltungsziele	Mögliche Beeinträchtigungen - Fall 1	Mögliche Beeinträchtigungen - Fall 2
2330 – Dünen mit offenen Grasflächchen	Erhalt der Dynamik des Binnendünenkomplexes	Keine Beeinträchtigungen zu erwarten	Keine Beeinträchtigungen zu erwarten
6120* – Trockene, kalkreiche Sandrasen			
Sand-Silberscharte*	Erhalt des Vorkommens der Sand-Silberscharte	Keine Beeinträchtigungen zu erwarten	Keine Beeinträchtigungen zu erwarten

Tab. 34: FFH-Gebietsvorschlag Mecklenburg-Vorpommern Nr. 27

Gebietsvorschlag Nr. 27: Löcknitztal-Altlauf			
Bestandteile (Lebensraumtypen, FFH-Arten)	Erhaltungsziele	Mögliche Beeinträchtigungen - Fall 1	Mögliche Beeinträchtigungen - Fall 2
6430 – Feuchte Hochstaudenfluren 6440 – Brenndolden-Auenwiesen 91 E0* – Weichholzaauenwälder	Erhalt eines struktur- und artenreichen Flussabschnittes der Löcknitz mit tlw. Auen-Überflutungsdynamik; Erhalt und Entwicklung der Auenwiesen/-wälder und feuchten Hochstaudenfluren	Keine direkten Beeinträchtigungen zu erwarten; Probleme durch Veränderung / Absenkung der Wasserstände nicht ausschließbar	Keine Beeinträchtigungen zu erwarten
Anh. IV: Fischotter, Kammolch, Rotbauchunke, Anh. II: Rapfen, Steinbeißer	Sicherung der Habitate, Erhalt und Verbesserung der Durchgängigkeit zu weiteren Gebieten des Natura 2000-Netzes	Keine direkten Beeinträchtigungen zu erwarten; Probleme durch Veränderung / Absenkung der Wasserstände nicht ausschließbar	Keine Beeinträchtigungen zu erwarten

Tab. 35: FFH-Gebietsvorschlag Mecklenburg-Vorpommern Nr. 117

Gebietsvorschlag Nr. 117: Elbe-Sudeniederung			
Relevante Bestandteile (Lebensraumtypen, FFH-Arten)	Erhaltungsziele	Mögliche Beeinträchtigungen - Fall 1	Mögliche Beeinträchtigungen - Fall 2
3270 – Flüsse mit Schlamm-bänken	Erhalt und Revitalisierung des Sude-Mündungsbereiches mit stromtaltypischen Lebensräumen wie Schlamm-bänke, Aue-wiesen/-wälder, Dünen, Sandrasen	Höhere Flächenanteile von Flachwasserzonen in der Elbe durch Vergrößerung der Bühnenfelder; beeinträchtigte Abflussdynamik (am Eingriffsort und ca. 10 km Fließstrecke unterhalb): Unterdrückung von Gewässerbettbildungsprozessen, stark veränderte Sedimentationsbedingungen	Keine Beeinträchtigungen zu erwarten
2330 – Dünen mit offenen Grasflächen		Keine Beeinträchtigungen zu erwarten	Keine Beeinträchtigungen zu erwarten
6120* – Trockene, kalkreiche Sandrasen			
6430 – Feuchte Hochstaudenfluren		Veränderung der Standortverhältnisse, Verschiebung des Artenspektrums durch beeinträchtigte Grundwasserdynamik (Auenbereich ca. 500 m beiderseits des Elbeufers) mit durch Tiefenerosion erhöhten GW-Flurabständen und verringerter Bodenwasserversorgung insbesondere bei Niedrigwasser	Keine Beeinträchtigungen zu erwarten
6440 – Brenndolden-Auenwiesen			
91E0* – Weichholzauenwälder			
91F0 – Hartholzauenwälder			
Anh. IV: Fischotter, Biber, Kammolch Anh. II: Flussneunauge, Rapfen, Schlammpeitzger	Erhalt von Habitaten und Durchgängigkeit, Sicherung des Gebietes als Brut-, Rast- und Schlafgewässer für Vogelarten (Vogelschutzgebiet)	Längeres Trockenfallen von Habitatgewässern im Auenbereich ca. 500 m beiderseits des Elbeufers	Keine Beeinträchtigungen zu erwarten

Tab. 36: FFH-Gebietsvorschlag Mecklenburg-Vorpommern Nr. 118

Gebietsvorschlag Nr. 118: Rüterberg			
Relevante Bestandteile (Lebensraumtypen, FFH-Arten)	Erhaltungsziele	Mögliche Beeinträchtigungen - Fall 1	Mögliche Beeinträchtigungen - Fall 2
3270 – Flüsse mit Schlammbanken	Erhalt und Revitalisierung der stromtaltypischen Lebensräume wie Schlammbanken, Auenwiesen/-wälder, Dünen im Elbeuferbereich	Höhere Flächenanteile von Flachwasserzonen in der Elbe durch Vergrößerung der Buhnenfelder; beeinträchtigte Abflussdynamik (ca. 10 km Fließstrecke): Unterdrückung von Gewässerbettbildungsprozessen, stark veränderte Sedimentationsbedingungen	Flächenzuwächse für strömungsberuhigte Flachwasserzonen in der Elbe; beeinträchtigte Abflussdynamik (ca. 1 km Fließstrecke): veränderter Geschiebehaushalt, partielle Veränderung der Sohlenstruktur
2330 – Dünen mit offenen Grasflächen		Keine Beeinträchtigungen zu erwarten	Keine Beeinträchtigungen zu erwarten
6430 – Feuchte Hochstaudenfluren		Veränderung der Standortverhältnisse, Verschiebung des Artenspektrums durch beeinträchtigte Grundwas-serdynamik (Auenbereich ca. 500 m beiderseits des Elbeufers) mit durch Tiefenerosion erhöhten GW-Flurabständen und verringerter Bodenwasserversorgung insbesondere bei Niedrigwasser	Zerstörung/ Flächenverlust durch größere Abbaggerungen am Elbeufer
6440 – Brenndolden-Auenwiesen			
91E0* – Weichholzauenwälder			
Anh. IV: Fischotter, Biber, Kam-molch, Rotbauchunke, Anh. II: Rapfen	Erhalt der Habitate	Längeres Trockenfallen von Habitatgewässern im Auenbereich ca. 500 m beiderseits des Ufers	Keine Beeinträchtigungen zu erwarten

3.5.3 Grobprüfung der FFH-Relevanz

Planfall 1: Strombauliche Maßnahmen zwischen Fluss km 510 und km 521 zur Gewährleistung von 1,6 m Abtauchtiefe bis auf 20 Niedrigwassertage sowie von 2,6 m bei Mittelwasserbedingungen; Fahrrinnenbreite bei 50 m.

Planfall 1 repräsentiert einen Vorschlag, der eine größere Fließgewässerstrecke umfasst und auf eine generelle Veränderung der hydromorphologischen Gegebenheiten insbesondere im Niedrigwasserfall, aber auch eine generelle Veränderung der Sedimentationsbedingungen zielt.

Mit der Planungsvariante 1 „Strombauliche Regelung“ wäre im Ergebnis der Analyse möglicher Beeinträchtigungen mit *sehr hoher Wahrscheinlichkeit erhebliche Beeinträchtigungen von Schutzzielen* verbunden für die Gebietsvorschläge

- Niedersachsen Nr. 74: Elbeniederung zwischen Lauenburg und Schnackenburg
- Mecklenburg Vorpommern Nr. 117: Elbe-Sudeniederung, Nr. 118: Rüterberg und Nr. 27: Löcknitztal-Altlauf.

Für den Gebietsvorschlag Mecklenburg-Vorpommern Nr. 13, Binnendünen bei Klein Schmölen, sind erhebliche Beeinträchtigungen der Schutz- und Erhaltungsziele im Ergebnis der Grobprüfung wenig wahrscheinlich.

Es ist demnach davon auszugehen, dass im Zusammenhang mit der Planung eines solchen Eingriffs in jedem Falle eine FFH-Verträglichkeitsprüfung zu erfolgen hat.

Bereits auf der Grundlage der erfolgten Grobprüfung kann angesichts der Häufung der möglichen erheblichen Beeinträchtigungen mit begründeter Wahrscheinlichkeit davon ausgegangen werden, dass eine Verträglichkeitsprüfung für diese Maßnahme eine Unverträglichkeit mit den FFH-Schutzziele ergeben würde. Dabei ist für das Gewicht der FFH-Erhaltungsziele von besonderer Bedeutung, dass es sich bei dem betroffenen Abschnitt um den letzten Bereich der unteren Mittel Elbe handelt, der ohne Niedrigwasserregulierung geblieben ist. Somit bilden die wandernden Sand- und Kiesbänke, die für die Schifffahrt das zu beseitigende Hindernis darstellen, im Sinne der FFH-Richtlinie wesentliche und typische Bestandteile des Flusssystems und damit der Erhaltungsziele. Aufgrund dieser Gegebenheiten liegt eine entsprechende Beurteilung auch für andere mögliche Vorhabensvarianten, die eine Erhöhung der Tauchtiefe durch strombauliche Regelungen zum Ziel haben, nahe.

Insbesondere aufgrund der nicht überbrückbaren Gegensätze zwischen der im Planfall 1 angestrebten Regulierung der flussmorphologischen und der hydrologischen Verhältnisse und den Schutzziele für **Flüsse mit Schlamm-bänken** der Schutzgebietsvorschläge

- Niedersachsen Nr. 74 (*Schutz und Entwicklung naturnaher Fließgewässer*) sowie
- Mecklenburg-Vorpommern Nr. 117 (*Erhalt und Revitalisierung des Sude-Mündungsbereiches mit stromaltypischen Lebensräumen wie Schlamm-bänke, Aue-wiesen/-wälder, Dünen, Sandrasen*) und
- Mecklenburg-Vorpommern Nr. 118 (*Erhalt und Revitalisierung der stromaltypischen Lebensräume wie Schlamm-bänke, Aue-wiesen/-wälder, Dünen im Elbeuferbereich*)

muss darüber hinaus davon ausgegangen werden, dass eine Optimierung der Planung, um diese Beeinträchtigungen zu vermeiden bzw. unter die Schwelle der Erheblichkeit zu reduzieren unter Beibehaltung der dargestellten Planungsziele, nicht möglich sein wird.

Unter den tabellarisch aufgelisteten relevanten Schutzziele sind Vorkommen verschiedener Anhang IV Arten sowie prioritäre Lebensräume und als prioritäre Art zumindest die Sand-Silberschärpe hervorzuheben, für die die Maßnahme zu einer Beeinträchtigung bzw. Verschlechterung der Bedingungen führen können. Daraus resultiert, dass bei einer zu erwartenden Beeinträchtigung des Erhaltungszustandes eine eingeschränkte Anwendung der Ausnahmegründe anzunehmen wäre. Voraussichtlich würde eine Stellungnahme der EU-Kommission erforderlich werden.

Andererseits ist angesichts der fehlenden Niedrigwasserregulierung nicht davon auszugehen, dass die Ziele des Ausbaus durch eine Intensivierung der Unterhaltungsmaßnahmen

erreicht werden können, auch wenn Hindernisse für die Schifffahrt, wie Sandbänke im Fahrwasser, durch Unterhaltungsbaggerungen, (die ohne Durchführung einer FFH-Verträglichkeitsprüfung erfolgen können) minimiert werden könnten.

Fazit: Im Planfall 1 muss mit erheblichen und voraussichtlich nicht vermeidbaren Beeinträchtigungen für die Schutz- und Erhaltungsziele der vorhandenen FFH-Gebietsvorschläge gerechnet werden. Im konkreten Planungsfall würde sich daraus das Erfordernis einer Stellungnahme durch die EU-Kommission ergeben.

Planfall 2: Uferrückverlegung zur Kurvenaufweitung im Bereich zwischen km 508,0 und 509,0; betroffener Streckenabschnitt von km 507,7 bis km 510,0

Im Gegensatz zu Planfall 1 bezieht sich Planfall 2 nur auf einen kleinen Teilabschnitt der Reststrecke Dömitz. Der Vorschlag mit dem Ziel einer „Begradigung“ des Fahrwassers wurde hier als **isolierte Einzelmaßnahme** geplant und untersucht.

Im Ergebnis der Analyse möglicher Beeinträchtigungen ist zumindest nicht auszuschließen, dass folgende *erhebliche Beeinträchtigungen von Schutzzielen* auftreten für die Gebietsvorschläge:

- Niedersachsen Nr. 74: Elbeniederung zwischen Lauenburg und Schnackenburg (*Schutz und Entwicklung naturnaher Fließgewässer*). Für das Schutzziel können erhebliche Beeinträchtigungen mit lokalem Charakter resultieren aus Flächenzuwächsen für strömungsberuhigte Flachwasserzonen sowie durch die Veränderung der Abflussdynamik (Geschiebehaushalt, Sohlenstruktur; ca. 1 km Fließstrecke)
- Mecklenburg-Vorpommern Nr. 118: Rüterberg (*Erhalt und Revitalisierung der stromtaltypischen Lebensräume wie Schlammflächen, Auewiesen/-wälder, Dünen im Elbeuferbereich*). Für die Schutzziele können erhebliche Beeinträchtigungen mit lokalem Charakter resultieren durch größere Abbaggerungen am Elbeufer mit Zerstörung/Flächenverlust geschützter Lebensraumtypen, dabei betroffen sind feuchte Grünlandstandorte sowie Relikte der Weichholzaue als prioritärer Lebensraumtyp, weiterhin können Beeinträchtigungen resultieren aus der Veränderung der Abflussdynamik (Geschiebehaushalt, Sohlenstruktur auf ca. 1 km Fließstrecke).

Im Rahmen einer detaillierten Durchplanung des Vorhabens kann für diese lokal begrenzte Maßnahme mit gewisser Wahrscheinlichkeit eine Optimierung erfolgen, mit der die Konsequenzen einer Veränderung der Abflussverhältnisse sowie die Zunahme der Flachwasserbereiche im Hinblick auf die FFH-Schutzziele minimiert werden können. Besonders eine Zunahme von Flachwasserbereichen kann auch eine Entwicklung im Sinne der FFH-Ziele darstellen.

Demgegenüber ist eine Optimierung zur Vermeidung erheblicher Beeinträchtigungen für die von der Baggerung betroffenen terrestrischen Standorte schwieriger. In jedem Fall wird in diesem Fall eine Konzeption von Planungsalternativen und eine Alternativenprüfung erforderlich werden mit dem Ziel, den Flächenverlust der terrestrischen Biotope durch eine optimierte Trassierung zumindest zu minimieren.

Die Situation kann sich dann u. U. so darstellen, dass nach erfolgter Optimierung die verbleibenden Beeinträchtigungen vergleichsweise gering sind, so dass für die Gesamtbeurteilung einerseits die Frage der Erheblichkeitsschwelle und zum anderen die Beeinträchtigungsintensität während der Bauphase von großer Bedeutung ist.

Insgesamt ist also auch in diesem Fall mit einem erhöhten Planungsaufwand für eine Alternativenprüfung zu rechnen, soweit nicht von vornherein mit einer weitgehend optimierten Variante gearbeitet wird. Die Frage, ob letztlich mit verbleibenden erheblichen Beeinträchtigungen zu rechnen ist, die eine Anwendung der Ausnahmeregelung und ggfs. eine Stellungnahme der EU-Kommission erfordern würden (Art. 6 Abs. 4 FFH-Richtlinie bzw. § 19c Abs. 2 bis 5 BNatSchG), kann auf Grundlage der vorliegenden Informationen nicht eindeutig beantwortet werden.

Fazit: Auch für die Planungsvariante 2 „lokale Uferrückverlegung“ werden im Einzelfall erhebliche Beeinträchtigungen von FFH-Schutzzielen vorhergesehen. Für diesen Fall kann (vorbehaltlich einer späteren Detailuntersuchung) jedoch erwartet werden, dass durch eine Optimierung in Verbindung mit Maßnahmen zur Sicherstellung der Kohärenz, eine nachteilige Veränderung des Erhaltungszustandes vermieden werden kann.

Im Hinblick auf die in Kapitel 3.2 dargestellten Planungsziele eines Ausbaues der Elbe von Wasserstraßenklasse Va nach Vb mit Ermöglichung maximaler Schubverbandslängen (Wasserstraßenklasse Vb bis zu 185 m anstatt derzeit bis zu 110 m) ist allerdings anzumerken, dass für die Umsetzung dieses Planungsziels im Grundsatz die gesamte Strecke der Elbe zwischen Magdeburg und der Staustufe Geesthacht zu beplanen und zu untersuchen wäre. Voraussichtlich würden sich ähnliche Einzelmaßnahmen auch in anderen Abschnitten ergeben.

Dieser Planfall wäre dementsprechend bezüglich seiner Umweltfolgen allgemein und entsprechend auch seiner FFH-relevanten Umweltfolgen für den gesamten betroffenen Abschnitt der Elbe zu untersuchen und zu beurteilen. Die zu erwartende Kumulation von Eingriffsfolgen, wie z. B. die Laufverkürzung, würde zu einer Verstärkung der Wirkintensität und einer Ausdehnung der räumlichen Dimension der Wirkungen führen. Demgemäß muss, ähnlich wie im Planfall 1, mit erheblichen und voraussichtlich nicht vermeidbaren Beeinträchtigungen für die Schutz- und Erhaltungsziele der vorhandenen FFH-Gebietsvorschläge gerechnet werden. Im konkreten Planungsfall würde sich daraus das Erfordernis einer Stellungnahme durch die EU-Kommission ergeben.

4 Fazit

4.1 Erfordernis und Konsequenzen eines weiteren Ausbaues der Elbe als Bundeswasserstraße

Der Teilbericht „**Untersuchungen zu Erfordernis und Konsequenzen eines weiteren Ausbaues der Elbe als Bundeswasserstraße**“ innerhalb des Projektes „Umweltorientierte Bewertung von Bundeswasserstraßen“ verfolgt die generelle Zielsetzung, eine beispielhafte Überprüfung der ökonomischen Auswirkungen eines Ausbaues bzw. Rückbaues der Elbe gemäß der BVWP-Methodik durchzuführen.

Die Bewertung des Aus- oder Rückbaus der Elbe wurde für das Bezugsjahr 2015 erstellt. Zu diesem Zeitpunkt wird die **Infrastruktur der Wasserwege** der Region von der heutigen Situation abweichen, was die Bewertung stark beeinflusst. Die Realisierung des Projekts 17 der deutschen Einheit, der Ausbau des Elbe-Seiten-Kanals bzw. dessen Schleusen und der Kanäle zwischen Magdeburg und Berlin, führt zu einer deutlich verbesserten Infrastruktur auf der Strecke Hamburg – Magdeburg – Berlin bei Nutzung der Kanäle Elbe-Seiten-Kanal, Mittellandkanal, Elbe-Havel-Kanal und Untere-Havel-Kanal.

Betrachtet man den Aus- und Rückbau der Elbe unter diesen veränderten Bedingungen, so erscheint es zwingend notwendig, die Entwicklung im Elbbereich unterhalb Magdeburgs von der oberhalb Magdeburgs zu trennen.

Auf der **Elbe unterhalb Magdeburgs** und den Havelwasserstraßen muss zunächst berücksichtigt werden, dass als bedeutende Umschlagszentren nur Hamburg, Magdeburg und Berlin zu nennen sind. Die Infrastrukturverbesserungen durch das Projekt 17 der deutschen Einheit haben auf diesen Elbbereich einen gravierenden Einfluss. Die Strecke Elbe-Seiten-Kanal und Mittellandkanal hat dann gegenüber der Elbe eine Reihe von Vorteilen: sie ist zugelassen für Schubverbände mit einer Tonnage von 6000t, sie ist ganzjährig befahrbar und sie ist 32 km kürzer als die Elbe. Zu dem bestehen auch im Jahr 2015 keine Kapazitätsengpässe für diese Strecke.

Die Alternative über die Elbe ist auch im Ausbauszenario nur für Einzelfahrer zugelassen, sie ist im Schnitt an 20 Tagen im Jahr nicht befahrbar. Der einzige Vorteil besteht darin, dass talwärts, also meist die Leerfahrten betreffend, eine Zeiteinsparung von 4 bis 8 Stunden (4 bis 7 % der Umlaufdauer) realisiert werden kann, was für die Binnenschifffahrt nur einen geringen Vorteil darstellt. Dies führt dazu, dass im Jahr 2015 der Gütertransport zwischen Hamburg – Magdeburg – Berlin sich größtenteils auf den Elbe-Seiten-Kanal und den Mittellandkanal verlagern wird.

Konsequenterweise ergeben sich durch den Ausbau der Elbe unterhalb Magdeburgs für den Gütertransport auf den Relationen Hamburg – Magdeburg – Berlin nur marginale Minderungen bei den Vorhaltungs- und Betriebsführungskosten, die den Ausbau der Elbe in diesem Abschnitt aus ökonomischer Sicht nicht rechtfertigen lassen.

Für den **Ausbau der Elbe oberhalb Magdeburgs** müssen zusätzlich Dresden und Prag (bzw. Tschechien) als relevante Güterverkehrszentren berücksichtigt werden. Hier würde ein Ausbau zwischen Magdeburg und Dresden eine höhere Beladung der Schiffe ermög-

lichen, was zu einer Änderung der Schiffsflotte hin zu Schiffen mit größerer Kapazität führt. Der Kapazitätseffekt wirkt sich stark kostenmindernd aus und verändert den Modal Split der Verkehrsträger. Hier wird angenommen, dass Massengüter auf den betroffenen Relationen, die vorher mit der Bahn transportiert wurden, zu 50 % auf das Binnenschiff verlagert werden. Das Güteraufkommen der betroffenen Relationen, speziell auch das Containeraufkommen, ist eher gering im Verhältnis zum Güteraufkommen zwischen Hamburg – Magdeburg – Berlin.

Trotzdem entsteht durch die Verlagerung des Gütertransports der höchste Nutzenanteil bei der BVWP-Bewertung. Daneben erhöhen Beschäftigungseffekte durch den Ausbau der Infrastruktur und Minderung der Geräuschbelastung den Nutzen des Ausbaus. Nutzenmindernd wirken sich die steigenden Erhaltungskosten der Verkehrswege und die höheren Luftverschmutzungskosten aus. In der Summe liegen hier dennoch die zu erwartenden Nutzen unter den Investitionskosten, so dass der Ausbau aus ökonomischer Sicht bei einem Nutzen-Kosten-Verhältnis unter 1 nicht zu rechtfertigen ist.

Als weiteres Szenario wurde der **Rückbau der Elbe unterhalb Magdeburgs** betrachtet. Dieser Rückbau hat für den Güterverkehr nur marginale Zeiterhöhungen zur Folge, da der Elbe-Seiten-Kanal und der Mittellandkanal besser ausgebaut sind, kapazitätsmäßig nicht ausgelastet und bergwärts Zeitvorteile haben, wird sich der Güterverkehr ohnehin stark auf die Kanäle verlagern.

Daher hätte ein Rückbau unterhalb Magdeburgs auf den Güterverkehr keine nennenswerten Verschlechterungen für den Gütertransport im Hinblick auf Vorhaltungskosten, Betriebsführungskosten und Güterverlagerung zur Folge. Auch bei den Beschäftigungseffekten, den regionalen Vorteilen und den Umweltbelastungen ergeben sich keine Änderungen, sondern nur Verlagerungen von den Regionen um die Elbe zu den Regionen um den Elbe-Seiten-Kanal und den Mittellandkanal. Positiv für den Rückbau wirken jedoch die Einsparungen bei den Instandhaltungskosten der Verkehrswege.

Als **Ergebnis aus verkehrlicher und wirtschaftlicher Sicht** erscheint der **Rückstufung der Elbe unterhalb Magdeburgs ökonomisch angezeigt**, zumal sich der Güterverkehr ohnehin auf die Alternative Route über die Kanäle verlagern wird. Ein **Ausbau der Elbe oberhalb Magdeburgs** ergibt nur einen geringen wirtschaftlichen Nutzen, der durch die Kosten deutlich übertroffen wird und ist daher **ökonomisch nicht sinnvoll**.

Unterstützt wird dieses Ergebnis auch durch die geringe Wirtschaftlichkeit der Binnenschifffahrt sowie den geringen Güterverkehrsmengen. Hier stellt sich auch die Frage, ob es sinnvoll ist, zwei verlustbringende Verkehrsträger parallel zu fördern. Dies in einem Marktbereich, nämlich dem Massengüterverkehr, der in Zukunft schrumpfen wird.

4.2 Auswirkungen eines Ausbaues der unteren Mittelelbe auf FFH-Gebiete

Bei dem zugrundegelegten Abschnitt der Elbe zwischen Elbe-km 508 und km 521 handelt es sich um die sogenannte Reststrecke, die in den dreißiger Jahren nicht wie ober- und unterhalb niedrigwasserreguliert wurde und daher mit 50 m Überbreite zwischen den Buhnen ganz besonders zu wandernden Sandbänken und Untiefenbildung neigt. Die Reststrecke stellt somit neben einigen anderen Streckenabschnitten ein ausgesprochenes Nadelöhr auf der Elbe zwischen der deutsch-tschechischen Grenze und Hamburg dar. Aus Sicht der Schifffahrt ist deshalb ein Ausbau geboten, um eine ganzjährige Schiffbarkeit mit einer Fahrrinntiefe von 1,60 m zu erreichen.

Es wurden zwei (hypothetische) Planfälle ausgearbeitet und untersucht:

- Strombauliche Maßnahmen zwischen Fluss km 510 und km 521 zur Gewährleistung von 1,6 m Abtauchtiefe bis auf 20 Niedrigwassertage sowie von 2,6 m bei Mittelwasserbedingungen; Fahrrinnenbreite bei 50 m.
- Uferrückverlegung zur Kurvenaufweitung im Bereich zwischen ca. km 508,0 und 509,0; betroffener Streckenabschnitt von km 507,7 bis km 510,0.

Parallel dazu erfolgte zunächst eine umweltfachliche Zustandsanalyse inklusive vorhandener Schutzgebietsausweisungen. Darauf aufbauend ist eine umweltfachliche Prognose der zu erwartenden Eingriffswirkungen erfolgt.

Vor diesem Hintergrund wurde analysiert, welche FFH-Gebietsvorschläge im Untersuchungsraum konkret von den prognostizierten Beeinträchtigungen betroffen sein können und wie sich eine mögliche Beeinträchtigung bezüglich der jeweils vorgeschlagenen Erhaltungsziele darstellt. Als Ergebnis zeigt sich, dass sich im Untersuchungsraum mehrere, teils sehr großflächige FFH-Gebietsvorschläge befinden.

Im Planfall 1 „strombauliche Regelung der Reststrecke Dömitz“ muss mit erheblichen und voraussichtlich nicht vermeidbaren Beeinträchtigungen für maßgebliche Schutz- und Erhaltungsziele mehrerer der vorhandenen FFH-Gebietsvorschläge gerechnet werden. Im konkreten Planungsfall würde sich daraus das Erfordernis einer Stellungnahme durch die EU-Kommission ergeben.

Auch für die Planungsvariante 2 „lokale Uferrückverlegung“ werden im Einzelfall erhebliche Beeinträchtigungen von FFH-Schutzziele vorhergesehen. Für diesen Fall kann (vorbehaltlich einer späteren Detailuntersuchung) jedoch erwartet werden, dass durch eine Optimierung in Verbindung mit Maßnahmen zur Sicherstellung der Kohärenz, eine nachteilige Veränderung des Erhaltungszustandes vermieden werden kann.

Für den **Bereich zwischen Magdeburg und der Tschechischen Grenze** sind keine vertieften Umweltuntersuchungen erfolgt. Angesichts der dortigen Situation kann jedoch in vergleichbarer Weise damit gerechnet werden, dass in ähnlicher Weise, wie dies für die untere Mittelelbe belegt wurde, FFH-Gebietsvorschläge als hochrangige Umweltschutzziele vorhanden sind, die durch eine Ausbauplanung betroffen sein können.

4.3 Gesamtfazit

Bei einem **Ausbau** der unteren Mittelelbe wäre eine in jedem Fall zu erwartende Beeinträchtigung von Umweltzielen angesichts der Bedeutung für die Kohärenz des Europäischen Netzes „Natura 2000“ nicht an anderer Stelle durch Schaffung geeigneter Naturräume kompensierbar, so dass eine Verletzung der Umweltziele im Falle einer strombaulichen Regelung der Reststrecke Dömitz nicht vermieden werden kann. Das Entsprechende würde aufgrund der Kumulation der Umweltwirkungen verschiedener, für sich jeweils lokal begrenzter Eingriffsmaßnahmen, vermutlich auch für einen Ausbau der gesamten unteren Mittelelbe zu Wasserstraße Klasse Vb gelten.

Werden die Ergebnisse der verkehrsökonomischen Betrachtung parallel betrachtet, so zeigt sich, dass

- ein **Ausbau der unteren Mittelelbe gesamtwirtschaftlich nicht sinnvoll** ist,
- mit der Strecke über den Mittellandkanal und den Elbe Seitenkanal eine **leitungsfähige Alternativroute** für die Binnenschifffahrt besteht,
- das **Rückstufungsszenario** und das **Referenzszenario** nicht zu einer Verletzung der definierten Umweltziele führen.

Es zeigt sich, dass sich ein Ausbau der unteren Mittelelbe wegen der voraussichtlich unumgänglichen Verletzung der Umweltziele und des schlechten Ergebnisses aus der BVWP-Bewertung nicht rechtfertigen lässt.

Zudem ist zu erwarten, dass angesichts der vorhandenen Alternativstrecke ein Ausbau generell nicht möglich sein wird, soweit damit eine erhebliche Beeinträchtigung von Erhaltungszielen eines oder mehrerer entlang der unteren Mittelelbe vorhandenen FFH-Vorschlagsgebiete verbunden ist.

Die vorliegende Untersuchung hat deutliche Hinweise aufgezeigt, dass angesichts der festgestellten Situation einem Ausbau der unteren Mittelelbe zumindest sehr enge Grenzen gesetzt sind, wenn dies nicht sogar generell auszuschließen ist.

Demgegenüber kann das Rückstufungsszenario wegen der Nicht-Verletzung der Umweltziele und der Möglichkeit einer positiven Entwicklung der Umweltqualität und einer maßgeblichen günstigen Auswirkung auf die FFH-Ziele bei einer gleichzeitig im Vergleich zu einem Ausbau positiveren BVWP-Bewertung als sinnvoll und empfehlenswert betrachtet werden, insbesondere da entlang der betroffenen Strecke keine maßgeblichen Schwerpunkte des Güterumschlags betroffen wären.

Ein **Ausbau der Elbe oberhalb Magdeburgs** ergibt nur einen geringen wirtschaftlichen Nutzen, der durch die Kosten deutlich übertroffen wird und ist daher **ökonomisch nicht sinnvoll**. Angesichts dieser Situation dürfte ein Ausbau, der mit einer erheblichen Beeinträchtigung von Erhaltungszielen vorhandener FFH-Schutzgebietsvorschläge verbunden ist, auch in diesem Abschnitt nur unter Anwendung der Ausnahmeregelung (§ 19c (2-5) BNatSchG) und nach Einbeziehung einer Stellungnahme der EU-Kommission möglich sein.

Literatur

AG GEOBOTANIK MECKLENBURG-VORPOMMERN (2000): Unterlagen und Daten

ANONYMUS (1994): Die Elbe und ihr Schutz - eine internationale Verpflichtung. - Natur und Landschaft 69: 239-250

ANONYMUS (1996): Pflege- und Entwicklungsplan für den Naturpark Brandenburgische Elbaue – Gutachten der Arbeitsgruppe PEP-Elbtalaue im Auftrag des Nationalparkamtes Brandenburg, unveröffentlicht

ANONYMUS (1999): Strombaumaßnahmen an der Elbe – Ökonomisch sinnvoll, ökologisch verträglich. Binnenschifffahrt – Supplementum zu Nr. 10

BAUER, L. (1972): Handbuch der Naturschutzgebiete der Deutschen Demokratischen Republik. - Leipzig, Jena, Berlin (Urania-Verlag), 301 S.

BENKERT, D.; FUKAREK, F.; KORSCH, H. (1996): Verbreitungsatlas der Farn- und Blütenpflanzen Ostdeutschlands. – Jena/ Stuttgart/ Lübeck/ Ulm (Gustav Fischer), 615 S.

BfG (1994): Historische Entwicklung der aquatischen Lebensgemeinschaft (Zoobenthos und Fischfauna) im deutschen Abschnitt der Elbe. - Gutachten der Bundesanstalt für Gewässerkunde, BfG-0832

BfG (1997): Ökologische Risikoeinschätzung zu Projekten des Bedarfsplanes „Ausbau der Bundeswasserstraßen. Bericht Nr. 0955. I. A. d. BMV

BfN (1999): Daten zur Natur 1999. Bonn

BINOT, M.; BLESS, R.; BOYE, P.; GRUTKE, H.; PRETSCHER, P. [Hrsg.] (1998): Rote Liste gefährdeter Tiere Deutschlands. - Schriftenreihe für Naturschutz und Landschaftspflege 55: 434 S.

BMV [Hrsg.] (1993): Gesamtwirtschaftliche Bewertung von Verkehrswegeinvestitionen – Bewertungsverfahren für den Bundesverkehrswegeplan 1992. In Schriftenreihe, H. 72. Bonn

BMV; BUND; NABU; STIFTUNG EUROPÄISCHES NATURERBE; WWF (1996): Gemeinsame Erklärung zur weiteren Entwicklung der Elbe und des Elbe-Seitenkanals vom 5. September 1996

BÖHM, E.; BORCHARDT, D.; HENKE, S.; HILLENBRAND T.; WALZ, R. (1999): Maßnahmenplan nachhaltige Wasserwirtschaft – Handlungsschwerpunkte für einen zukunftsorientierten Umgang mit Wasser in Deutschland. In: UBA (Hrsg.): Texte 25/99

BRUNKEN, H.; BRÜMMER, I. (1996): Elbe und Auen an der unteren Mittel-elbe: Unterschiede in den Fischartengemeinschaften. - WWt 7/96: 28-32

BUCHHOLZ, H., CONRING, I., BUCHHOLZ, H. (2000): Baufortschritt des VDE Nr. 17 im Bereich des WNA Helmstedt. Binnenschifffahrt 55 Nr. 11/00

BUND (1996): "Elbe-Erklärung; wie weiter mit der Elbe-Erklärung?", BUND, Dessau

BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR (1993): Gesamtwirtschaftliche Bewertung von Verkehrswegeinvestitionen. Bewertungsverfahren für den Bundesverkehrswegeplan 1992. Bundesministerium für Verkehr, Bonn

BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR (1995): Straßen in Deutschland. Bundesministerium für Verkehr, Bonn

BUNDESVERBAND DER DEUTSCHEN BINNENSCHIFFFAHRT (1999): "Binnenschifffahrt 1998/99", Bundesverband der Deutschen Binnenschifffahrt, Duisburg

BUNDESVERBAND DER SELBSTÄNDIGEN, Abt. Binnenschifffahrt (1999): "Der Selbständige in der Binnenschifffahrt, Nr. 4/99", Bundesverband der Selbständigen, Abt. Binnenschifffahrt

BUNDESVERBAND DES DEUTSCHEN GÜTERFERNVERKEHRS (1989): Verkehrswirtschaftliche Zahlen. Bundesverband des Deutschen Güterfernverkehrs, Frankfurt

BUNDESWASSERSTRASSENGESETZ (WaStrG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 23. August 1990 (BGBl. I S. 1818)

DIERKING, H. (1992): Untere Mittelelbeniederung zwischen Quitzöbel und Sassendorf - Naturschutzfachliche Rahmenkonzeption. - Gutachten im Auftrag des Niedersächsischen Landesverwaltungsamtes, unveröffentlicht

DÜNNER, H.-W. (2000): Die Mittel- und Oberelbe. Binnenschifffahrt 55 Nr. 2

DVWK (1996a): "Elbaue und ländlicher Raum – Konfliktfelder unserer Landschaft", Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser, Bonn

DVWK (1996b): Wirkungen wasserbaulicher Maßnahmen auf abiotische und biotische Faktoren - Arbeitsmaterialien zur ökologischen Wirkungsanalyse. - DVWK-Materialien 1/1996

FFH-RL (1992): Richtlinie 92/43/EWG des Rates vom 21. Mai 1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Pflanzen und Tiere (Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie). - Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, Nr. L 206/7 vom 22.07.1992, Teil II: Nicht veröffentlichungsbedürftige Rechtsakte

FISCHER, U. (1996): Vegetation und Flora der Sandtrockenrasen von Binnendünen zwischen Dömitz und Boizenburg (Naturpark Elbetal). - Diplomarbeit der Georg-August-Universität zu Göttingen, unveröffentlicht

FISCHER, U. (1997): Briefliche Mitteilungen

FLADUNG, E. (2000): Untersuchungen zu Fischbestandsstrukturen und fischereilicher Produktivität von Buhnenfeldern der Mittelelbe. – BfG-Mitteilungen Nr. 6, Status-Seminar Elbe-Ökologie, Tagungsband, 202-203

FREDRICH, F. (2000a): Wanderungen und Habitatwahl potamodromer Fische in der Elbe. – BfG-Mitteilungen Nr. 6, Status-Seminar Elbe-Ökologie, Tagungsband, 50-53

FREDRICH, F. (2000b): Wanderverhalten und diurnale Bewegungsaktivität des Alnd (Leuciscus idus) in der Elbe. – BfG-Mitteilungen Nr. 6, Status-Seminar Elbe-Ökologie, Tagungsband, 200-201

- FUKAREK, F. und neun weitere Autoren (1992): Rote Liste der gefährdeten Höheren Pflanzen Mecklenburg-Vorpommerns. - Das Umweltministerium des Landes Mecklenburg-Vorpommern [Hrsg.], 64 S.
- GARVE, E. (1993): Rote Liste der gefährdeten Farn- und Blütenpflanzen in Niedersachsen und Bremen. - Informationsdienst Naturschutz Niedersachsen 1/93: 47 S.
- GARVE, E. (1994): Atlas der gefährdeten Farn- und Blütenpflanzen in Niedersachsen und Bremen. - Schriftenreihe Naturschutz und Landschaftspflege in Niedersachsen 30: 897 S.
- GESETZ ÜBER NATURSCHUTZ UND LANDSCHAFTSPFLEGE (Bundesnaturschutzgesetz - BNatSchG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 12.03.1987 (BGBl. I S. 889, geändert durch Gesetz vom 12.02.1990, BGBl. I S. 205)
- GESETZ ZUM SCHUTZ DER NATUR UND LANDSCHAFT IM LAND MECKLENBURG-VORPOMMERN (Landesnaturschutzgesetz - LNatG M-V) vom 21. Juli 1998. - Ministerium für Landwirtschaft und Naturschutz des Landes Mecklenburg-Vorpommern
- GINTER / SCHMUTZLER (1995): "Diskussionsschriften Nr. 223: Die Aufteilung des Güterverkehrs auf Bahn, LKW und Schiff – eine dynamische Analyse", Uni Heidelberg, Heidelberg
- GÜHNEMANN, A. (1999): Strategic Environmental Assessment. Dissertation, IWW, Universität Karlsruhe, Karlsruhe
- HARTWICH, R.; BEHRENS, J.; ECKELMANN, W.; HAASE, G.; RICHTER, A.; ROESCHMANN, G.; SCHMIDT, R. (1995): Bodenübersichtskarte der Bundesrepublik Deutschland 1:1.000.000. Karte mit Erläuterungen, Textlegende und Leitprofilen. - Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover; Legendenstatistik der Bodenflächendaten unter Verwendung der „Daten zur Bodenbedeckung für die Bundesrepublik Deutschland (1997)“ - Hrsg.: Statistisches Bundesamt (StBA) im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und der Europäischen Kommission, Wiesbaden
- HENTSCHEL, B. (1999): Morphologische Untersuchungen zur Verbesserung der Schifffahrtsverhältnisse zwischen Dömitz und Hitzacker. Häfen, Wasserstraßen, Küstenschutz - Tagungsband des HTG-Kongresses Magdeburg 1999, HTG (Hafenbautechnische Gesellschaft)
- HÖLLGER, A. (1997): Unterlagen zur Antragskonferenz nach § 5 UPVG für den Neubau des rechtsseitigen Elbdeiches Strachau-Pommu. - Staatliches Amt für Wasser und Abfall Lüneburg, unveröffentlicht
- IBS INGENIEURBÜRO SCHWERIN (1994): Umweltverträglichkeitsstudie Hochwasserschutz Dömitz. - Gutachten im Auftrag des StAUN Schwerin, unveröffentlicht
- IKSE (1994): Ökologische Studie zum Schutz und zur Gestaltung der Gewässerstrukturen und der Uferrandregionen der Elbe. - Internationale Kommission zum Schutz der Elbe (IKSE), Magdeburg (Eigenverlag)
- IKSE (1996): Die Fischfauna der Elbe. – Internationale Kommission zum Schutz der Elbe, Magdeburg

PÖU, biota, IWW, IMS, ISM

- IKSE (1997): Bericht über den Stand der Umsetzung der ökologischen Sofortmaßnahmen zum Schutz und zur Verbesserung der Biotopstrukturen der Elbe. - Internationale Kommission zum Schutz der Elbe, unveröffentlicht
- IWW, IFEU, KuP, PÖU, PTV (1999): Entwicklung eines Verfahrens zur Aufstellung umweltorientierter Fernverkehrskonzepte als Beitrag zur Bundesverkehrswegeplanung. In: UBA (Hg.): Berichte 4/99. Berlin
- KINDT, HUBERT (1990): "Die Entwicklung der Elbe als mitteleuropäische Binnenschiffahrtsstraße", Wasser- und Schiffahrtsdirektion Nord, Kiel
- KNOLL, C. (1999): Leistungsfähige Binnenschifffahrt ist auf Elbe und Saale unverzichtbar. Binnenschifffahrt 54 Nr. 8
- KNOLL, C. (2000): Der 1. Rammschlag. Binnenschifffahrt 55 Nr. 10/00
- KRAUSE, N. (1995): Wasserstraßenausbau – Ökonomische und ökologische Aspekte. In: BfG (Hg.): Wasserstraßen und Umwelt. Beiträge zum HTG-Sprechtag am 15. Juni 1994 in Koblenz
- KREBS, M. (2000): Hydrodynamische Modellierung von Buhnenfeldern an der mittleren Elbe. Veröffentlichung im Internet
- KUHN, R. (1985): Binnenverkehrswasserbau. Ernst, Verlag für Architektur u. techn. Wissen, Berlin
- LANGE, G., LECHER, K. (1993): Gewässerregelung, Gewässerpflege. 2 Auflage, Verlag Paul Parey, Hamburg, Berlin
- LATTERMANN, EBERHARD (1994): "Wasserbauliche Mitteilungen, Heft 5: Die Elbe – Wasserstraße und Auenlandschaft", TU Dresden, Dresden
- LAWA (1996a): Nationale Gewässerschutzkonzeption. Aktuelle Schwerpunkte. - Beschluß der 107. LAWA-Vollversammlung am 20.09.1996
- LAWA (1996b): Stralsunder Erklärung für den Gewässerschutz. - LAWA-Vollversammlung vom 20.09.1996
- LUDWIG, G.; SCHNITTLER, M. (1996): Rote Liste Gefährdeter Pflanzen Deutschlands. - Schriftenreihe f. Vegetationskunde 28: 744 S.
- LUNG (2000): Faunistische und floristische Daten des Landesamtes für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern
- MONTENEGRO, H.; HOLFELDER, T.; WAWRA, B. (1999): Hydraulische Verhältnisse im Untersuchungsraum Lenzen. - Tagungsband Fachtagung Elbe. Dynamik und Interaktion von Fluß und Aue, 4.-7. Mai 1999 in Wittenberge, 156-159
- NABU, WWF, EURONATUR (1996): "Die Elbe – Naturentwicklung für den Fluss, Perspektiven für die Schifffahrt", NABU, WWF, Euronatur, Bundesamt für Umweltschutz, Frankfurt/Radolfzell
- NAGEL, FRANK N. (1996): "Seewasserstraße Elbe", Geographische Gesellschaft / Franz-Steiner-Verlag, Hamburg/Stuttgart
- PETERMEIER, A., SCHÖLL, F.; TITTIZER, T. (1996): Die ökologische und biologische Entwicklung der deutschen Elbe. - Lauterbornia 24: 1-95

- PLANCO (1998): "Prognose des kombinierten Ladungsverkehrs der Binnenschifffahrt bis zum Jahre 2010", BMV, Essen
- PLANCO (1999): "Entwicklung eines Verfahrens zur Bewertung von Investitionsmaßnahmen an Bundesnebenwasserstraßen; 1. Zwischenbericht und Anhang", BMVBW, Essen/Berlin
- PLATTNER, E. (1991): Unterhaltungsprogramm für die naturnahe Ufersicherung der Mittelelbe zwischen Schnackenburg und Bleckede. - Wasser- und Schifffahrtsdirektion Nord, unveröffentlicht
- PRANGE et al. (1995): "Die gesamte Elbe auf einen Blick: Elementverteilungsmuster der Elbe von der Quelle bis zur Mündung", GKSS – Forschungszentrum Geesthacht, Geesthacht
- RIECKEN, U.; RIES, U.; SSYMANK, A. (1994): Rote Liste der gefährdeten Biotoptypen der Bundesrepublik Deutschland. - Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz 41: 5-184
- SAUCKE, U.; ROMMEL, J.; BRAUNS, J. (1999): Die Geologie der Elbe. – Tagungsband Fachtagung Elbe. Dynamik und Interaktion von Fluß und Aue, 4.-7. Mai 1999 in Wittenberge, 50-54
- SAUER, W.; SCHMIDT, A. (1999): Ermittlung des bettbildenden Anteils des suspendierten Sandes in der Elbe. - Tagungsband Fachtagung Elbe. Dynamik und Interaktion von Fluß und Aue, 4.-7. Mai 1999 in Wittenberge, 63-65
- SCHMIDT, A.; DRÖGE, B. (1999): Feststofftransport in der Elbe. - Tagungsband Fachtagung Elbe. Dynamik und Interaktion von Fluß und Aue, 4.-7. Mai 1999 in Wittenberge, 57-60
- SCHÖLL, F.; BEHRING, E.; WANITSCHKE, M. (1995): Die Elbe - ökologischer Zustand und Sanierungsmöglichkeiten. - Faunistische Bestandsaufnahme an der Elbsohle zur ökologischen Zustandsbeschreibung der Elbe und Konzeption von Sanierungsmaßnahmen. - Forschungsbericht 102 04 254, UBA-FB 95-052, UBA-Texte 64/95
- SCHUBERT, R.; HILBIG, W.; KLOTZ, S. (1995): Bestimmungsbuch der Pflanzengesellschaften Mittel- und Nordostdeutschlands. - Jena, Stuttgart (Gustav Fischer Verlag), 403 S.
- SCHUBERT, H.-J., ARZBACH, H.-H., LÜBKER, I.; KÄMMEREIT, M. (2000): Untersuchungen zum Wanderverhalten von Fischen im Bereich von Staustufen großer Flüsse am Beispiel des Elbewehres bei Geesthacht unter besonderer Berücksichtigung der Schiffsschleuse. – BfG-Mitteilungen Nr. 6, Status-Seminar Elbe-Ökologie, Tagungsband, 54-57
- SCHWEVERS, U.; ADAM, B.; GUMPINGER, C. (1999): Zur Bedeutung von Auegewässern für die Fischfauna von Bundeswasserstraßen. - Wasser & Boden 51/6:35-39
- SPOTT (1993): "Zum Einfluß wasserbaulicher Maßnahmen auf den Naturhaushalt der Elbe und ihrer Aue", GKSS- Forschungszentrum Geesthacht, Geesthacht
- THIEL, R. (2000): Aktueller Zustand der Fischgemeinschaften in der mittleren Elbe: Ergebnisse der Habitatmodellierung und fischökologischen Bewertung. – BfG-Mitteilungen Nr. 6, Status-Seminar Elbe-Ökologie, Tagungsband, 43-46

- UBA (1996): Umweltqualitäts- und Umwelthandlungsziele im Gewässerschutz. Sachstandsbericht und Ausblick. - Berlin (UBA Eigenverlag), 64 S.
- UIC (2000): External Costs of Transport. Accident, Environmental and Congestion Costs of Transport in Western Europe. Infrac/IWW, Zürich/Karlsruhe.
- VISCHER, D., HUBER, A (1982): Wasserbau. 3. Auflage, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York
- WALTHER, K. (1950): Erläuterungen zu Vegetationskarten des Elbtales zwischen Schnakenburg und Seevemündung. - Zentralstelle für Vegetationskartierung Stolzenau
- WESKA (1992-2000): "Europäischer Schifffahrts- und Hafenkalender", Binnenschifffahrtsverlag GmbH, Duisburg-Ruhrort
- WILKENS, H. (1983): Faunistisch-ökologische Analyse einer Flußmarsch der Mittleren Elbe. - Abhandlungen des Naturwissenschaftlichen Vereins in Hamburg (NF) 25. Mittel-elbe und Drawehn. Lebensräume, Flora und Fauna im Han-noverschen Wendland (Kreis Lüchow-Dannenberg), Hamburg und Berlin (Verlag Paul Parey), 151-167
- WIRTZ, C. (1999): Vergleich morphodynamischer Parameter von Bühnenfeldern mit durchbrochenen und intakten Bühnen an der mittleren Elbe. - Tagungsband Fachtagung Elbe. Dynamik und Interaktion von Fluß und Aue, 4.-7. Mai 1999 in Wittenberge, 229-230
- WWF-AUEN-INSTITUT (1999): "Kriterienkatalog zu den Strombaumaßnahmen an der El-be gemäß Elbevereinbarung vom 5.9.1996", WWF-Auen-Institut, Rastatt

ANHANG

1 BVWP-Berechnung für den Ausbau der Mittel- und Oberelbe

1.1 Grundlagen; Berechnung der Anzahl der benötigten Schiffe (AS)

Die von uns angewandte Methode orientiert sich an der Vorgehensweise im Bewertungsverfahren des BVWP '92 (S. 186-193) und der dazugehörigen Beispielrechnung (S. 269-276), aus der auch einige Werte entnommen sind. Die gezeigten Rechenbeispiele beziehen sich auf die Relation Hamburg – Dresden im Szenario ohne Ausbau (Jahr 2015).

Grundlage für die Ermittlung der Anzahl der benötigten Schiffe (AS) ist die Berechnung der Umlaufdauer eines Schiffs (UD). Diese setzt sich aus 3 Komponenten zusammen:

$$UD = Stz + Sz + Uz$$

Mit: Stz: Streckenzeit
Sz: Schleusenzeit
Uz: Umschlagszeit

Die Streckenzeit einer Relation erhält man durch die Addition der Streckenzeiten für verschiedene, nach Gewässerart differenzierte Teilstrecken, wobei auch die zu Berg und zu Tal verschiedenen durchschnittlichen Geschwindigkeiten Eingang finden:

$$Stz = \sum (d_j \cdot (V_{tj} + V_{bj}) / (V_{tj} \cdot V_{bj}))$$

Mit: dj: Distanz in km
Vtj: Durchschnittliche Geschwindigkeit zu Tal
Vbj: Durchschnittliche Geschwindigkeit zu Berg
J: Index für Streckenabschnitt

Im Beispiel: Streckenzeit HH-DD über Elbe-ESK-MLK-Elbe:

$$Stz = 207 \cdot (12 + 10) / (12 \cdot 10) + 325 \cdot (14 + 8) / (14 \cdot 8) = 101,8$$

$\uparrow \quad \uparrow \quad \uparrow \quad \quad \uparrow \quad \quad \uparrow \quad \uparrow \quad \uparrow$
 $d_{\text{Kanal}} \quad V_{t\text{Kanal}} \quad V_{b\text{Kanal}} \quad \quad d_{\text{Fluss}} \quad V_{t\text{Fluss}} \quad V_{b\text{Fluss}} \quad Stz, \text{ wird auf 102 aufgerundet.}$

Besondere Berücksichtigung findet hierbei wie auch in allen anderen Berechnungen die Tatsache, dass die Elbe im Szenario ohne Ausbau an 75 Tagen im Jahr ($\cong 0,2$ Jahre) wegen Niedrigwassers nicht befahren werden kann, und deswegen im Abschnitt Hamburg – Magdeburg der Elbe-Seiten-Kanal und der Mittellandkanal benutzt werden müssen. Damit ergibt sich z. B. die Streckenzeit talwärts Hamburg – Dresden nach der Formel.

$$Stz_{t, \text{ges}} = 0,2 \cdot Stz_{\text{ESK}, t} + 0,8 \cdot Stz_{\text{Elbe}, t}$$

Mit: Stzt, ges: Gesamte Streckenzeit talwärts
StzESK, t: Streckenzeit über Elbe-Seiten-Kanal talwärts
StzElbe, t: Streckenzeit über die Elbe talwärts

Im Beispiel: $Stz_{t, \text{ges}} = 0,2 \cdot 45 + 0,8 \cdot 41 = 41,8$

Die Schleusungszeit ergibt sich aus dem Produkt der Anzahl der Schleusen und der Aufenthaltszeit pro Schleuse. Dieses Produkt muss um den Faktor 2 erhöht werden, da es sich um einen Umlauf handelt. Pro Schiff und Schleuse wird ein Zeitaufwand von einer Stunde angenommen.

Im Beispiel: Schleusungszeit Hamburg – Dresden über ESK:

$$Sz = 2 \cdot 5 \cdot 1 = 10$$

2 * # Schleusen * 1 Stunde

Die Umschlagszeit berechnet sich aus der Umschlagszeit in der Hauptverkehrsrichtung, die nach BVWP '92 35 Stunden für Einzelfahrer und 40 Stunden für Schubverbände beträgt, sowie einer anteiligen Umschlagszeit in Nebenverkehrsrichtung. Man erhält folgende Formel:

$$Uz = Uz_1 + Uz_1 \cdot ((VN - VLH) / VH)$$

Mit: Uz: ges. Umschlagszeit
 Uz₁: Umschlagszeit in Hauptverkehrsrichtung
 VN: Gütermenge in Nebenverkehrsrichtung
 VLH: Leertonnage in Hauptverkehrsrichtung (als Wert für VLH wurden 10 % der Gütermenge in Hauptverkehrsrichtung (VH) angenommen)
 VH: Gütermenge in Hauptverkehrsrichtung

Im Beispiel:

$$Uz = 35 + 35 \cdot ((11970 - 0,1 \cdot 16823) / 16823) = 56,4$$

↑	↑	↑
Uz ₁	VN	VH

Man kann nun die Umlaufdauer HH – DD für das Szenario ohne Ausbau berechnen; man muss dabei folgende Aspekte berücksichtigen:

- Talwärts werden aufgrund Niedrigwassers 20 % aller Fahrten über den ESK abgewickelt.
- Wegen der kürzeren Gesamtfahrzeit verlaufen alle Fahrten bergwärts über den ESK.

$$UD = 0,8 \cdot (40 + 1) + 0,2 \cdot (40 + 5) + 61 + 5 + 56,4 = 165$$

↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
Stz _{t,Elbe}	Sz _{t,Elbe}	Stz _{t,ESK}	Sz _{t,ESK}	Stz _b	Sz _b	Uz

Mit Kenntnis der potentiellen jährlichen Einsatzzeit (Bh) können nun die Umläufe pro Fahrzeug und Jahr (UJ) ausgerechnet werden. Für Einzelfahrer geht man von einem Wert von 4450 Betriebsstunden im Jahr aus, bei Schubverbänden rechnet man mit 7150 Stunden. Es ergibt sich:

$$UJ = Bh \cdot NG / UD$$

Mit: Bh: potentielle jährliche Einsatzzeit
 NG: Nutzungsgrad von Bh
 UD: Umlaufdauer

Im Beispiel:

$$UJ = 4450 \cdot 0,8 / 165 = 21,6$$

↑

UD

Der Nutzungsgrad ergibt sich aus dem Umstand, dass ein Befahren der Relation Magdeburg – Dresden wegen Niedrigwassers an 75 Tagen im Jahr ($\cong 20\%$ des Jahres) nicht möglich ist.

Zur Ermittlung der Anzahl der benötigten Fahrzeuge (AS) benötigen wir noch die Umläufe beladener und leerer Fahrzeuge (F(b,l)). Diese Größe erhält man aus der Division der Gesamttonnage aller Fahrzeuge in Hauptverkehrsrichtung (transportierte Gütermenge + 10 %-Zuschlag für Leerfahrten) durch die Tonnage des Durchschnittsschiffs (to). Dieses ist in der Relation Hamburg – Dresden ein Einzelfahrer mit einer Kapazität von 1480 to; nach Ausbau der Elbe erhöht sie sich aufgrund des nunmehr möglichen größeren Tiefgangs um 20 % auf 1702 to. Für AS und F(b,l) gelten also folgende Formeln:

$$F(b,l) = VH \cdot 1,1 / to$$

Mit: F(b,l): Umläufe beladener und leerer Fahrzeuge
 VH: Gütermenge in Hauptverkehrsrichtung
 to: Tonnage des Durchschnittsschiffs

Im Beispiel:

$$F(b,l) = 16823 \cdot 1,1 / 1000 = 18,5$$

↑

Hauptverkehrsrichtung Dresden – Hamburg: 16823 to

$$AS = F(b,l) / UJ$$

Mit: F(b,l): Umläufe beladener und leerer Fahrzeuge
 UJ: Umläufe pro Fahrzeug und Jahr

Im Beispiel:

$$AS = 18,5 / 21,6 = 0,62$$

Tab. 1: Grunddaten für Schiffverkehr auf der Elbe

Relationen	Strek- ken- länge	Ton- nage	Umlauf- dauer mit Ausbau	Umlauf- dauer ohne Ausbau	Betriebs- stunden	Umläufe pro Jahr und Fahr- zeug (UJ)	Verkehr in Haupt- richtung (VH) in to	Verkehr in Ne- benrich- tung (VN) in to	TKM	Umläufe belade- ner und leerer Schiffe (F(b,l))	Anzahl der be- nötigten Fahr- zeuge (AS)
Hamburg – Dresden (EF)											
mit Elb-Ausbau	564	1702	164		4228	25.8	16823	11970	16239252	10.8727	0.42
ohne Elb-Ausbau	532	1480		165	3560	21.6			15317876	12.5036	0.58
Hamburg – Prag (EF)											
mit Elb-Ausbau	750	1702	219		4228	19.3	54581	31433	64510500	35.2756	1.83
ohne Elb-Ausbau	718	1480		220	3560	16.2			61758052	40.567	2.51
Berlin – Dresden											
mit Elb-Ausbau	416	1702	123		4228	34.4	18183	0	7564128	11.7516	0.34
ohne Elb-Ausbau	416	1480		123	3560	28.9			7564128	13.5144	0.47
Magdeburg – Dresden											
mit Elb-Ausbau	268	1702	98		4228	43.1	4935	1978	1852684	3.18948	0.07
ohne Elb-Ausbau	268	1480		98	3560	36.3			1852684	3.66791	0.10
Berlin – Prag											
mit Elb-Ausbau	602	1702	182		4228	23.2	2951	0	1776502	1.90723	0.08
ohne Elb-Ausbau	602	1480		182	3560	19.6			1776502	2.19331	0.11
Magdeburg – Prag											
mit Elb-Ausbau	454	1702	171		4228	24.7	138974	39704	81119812	89.8187	3.63
ohne Elb-Ausbau	454	1480		171	3560	20.8			81119812	103.291	4.96

1.2 Nutzen aus Ersparnissen an Fahrzeugvorhaltungskosten

Als Nutzen aus der Veränderung der Fahrzeugvorhaltungskosten NB_1 wird die Differenz zwischen Plan- und Vergleichsfall aufgefasst. Es ergibt sich die Formel:

$$NB_1 = VK^{vg} - VK^{pl}$$

Mit: NB_1 : Nutzen aus Veränderung an Vorhaltungskosten
 VK : Vorhaltungskosten
 vg : Vergleichsfall (hier: Szenario 2015 ohne Ausbau)
 pl : Planungsfall (hier: Szenario 2015 mit Ausbau)

$$NB_1 = 231147 - 161226 = 69921$$

Die Vorhaltungskosten erhält man aus dem Produkt der Anzahl der benötigten Schiffe (AS) mit dem der Größe der Schiffe entsprechenden Vorhaltungskostensatz (VKS). Diese Kostensätze liegen zum Preisstand des Jahres 1989 vor, werden aber laut BVWP "vertraulich behandelt"; den VKS für unser Durchschnittsschiff (EF, 1000 to) entnehmen wir dem Fallbeispiel des BVWP.¹ Um die Kostensätze an die Verhältnisse des Jahres 2000 anzupassen, wird eine Inflationsrate von jährlich 2 % unterstellt und der ursprüngliche VKS damit aufdiskontiert; man erhält also:

$$VK = AS \cdot VKS \cdot (1,02)^8$$

Mit: AS: Anzahl der benötigten Schiffe
VKS: Vorhaltungskostensatz

$$VK = 0.86 \cdot 230000 \cdot 1.17 = 231147 \text{ DM}$$

Tab. 2: Vorhaltekosten

Relationen	Streckenlänge	Umläufe beladener und leerer Schiffe (F(b,l))	Anzahl der benötigten Fahrzeuge (AS)	Vorhaltungskostensatz (VKS)	Vorhaltungskosten (VK)	Ersparnisse an Fahrzeugvorhaltungskosten (NB1)
Hamburg – Dresden (EF)						42508.07
mit Elb-Ausbau	564	10.8727	0.42	269500	113673	
ohne Elb-Ausbau	532	12.5036	0.58	269500	156181	
Hamburg – Prag (EF)						183136.2
mit Elb-Ausbau	750	35.2756	1.83	269500	492486	
ohne Elb-Ausbau	718	40.567	2.51	269500	675622	
Berlin – Dresden						33691.07
mit Elb-Ausbau	416	11.7516	0.34	269500	92146.5	
ohne Elb-Ausbau	416	13.5144	0.47	269500	125838	
Magdeburg – Dresden						7285.467
mit Elb-Ausbau	268	3.18948	0.07	269500	19926.1	
ohne Elb-Ausbau	268	3.66791	0.10	269500	27211.5	
Berlin–Prag						8090.675
mit Elb-Ausbau	602	1.90723	0.08	269500	22128.3	
ohne Elb-Ausbau	602	2.19331	0.11	269500	30219	
Magdeburg – Prag						357992.4
mit Elb-Ausbau	454	89.8187	3.63	269500	979125	
ohne Elb-Ausbau	454	103.291	4.96	269500	1337117	
Summe der Nutzen						632703.9

¹ Um eine konsistente Rechnung zu erreichen, setzten wir den VKS der Größenklasse 1000-1500 to an, obgleich die nutzbare Kapazität des Schiffs nach Ausbau 1702 to beträgt; der VKS erhöht sich jedoch logischerweise nicht. Dasselbe gilt implizit für die Leistung (PS) und den Betriebskostensatz 2.

1.3 Nutzen aus Ersparnissen an Betriebsführungskosten

Den Nutzen aus Ersparnissen an Betriebsführungskosten (NB₂) erhält man aus der Kostendifferenz zwischen Vergleichs- und Planfall.

$$NB_2 = BK^{vg} - BK^{pl}$$

Mit: NB₁: Nutzen aus Veränderung an Betriebsführungskosten
 BK: Betriebsführungskosten
 vg: Vergleichsfall (hier: Szenario 2015 ohne Ausbau)
 pl: Planungsfall (hier: Szenario 2015 mit Ausbau)

Die Betriebsführungskosten (BK) setzen sich dabei aus den Treibstoffkosten (BK₁), zeitabhängigen Betriebsführungskosten (BK₂) und den Kosten der Schubleichterumstellung (BK₃) zusammen. Da wir es in der Relation Hamburg – Dresden mit einem Einzelschiff zu tun haben, wird BK₃ auf 0 gesetzt. Es ergibt sich also:

$$BK = BK_1 + BK_2$$

Mit: BK₁: Treibstoffkosten
 BK₂: zeitabhängige Betriebsführungskosten

1.3.1 Treibstoffkosten

Die Treibstoffkosten (BK₁) basieren auf den Treibstoffkostensätzen (BKS₁), die sich aus dem Produkt von Treibstoffpreis (TP) und Treibstoffverbrauch (TV) ergeben. Als Treibstoffpreis für das Jahr 2015 werden auf Grundlage einer Hochrechnung 1,50 DM/l angesetzt; der Treibstoffverbrauch (TV) ergibt sich nach folgender Formel:

$$TV_g = PS \cdot NA \cdot (TV/PSh) / SG$$

Mit: TV_g: Treibstoffverbrauch, abhängig von der Art des Gewässers
 PS: Durchschnittlich installierte Motorleistung, für ein EF mit 1480 to Kapazität rechnet man mit 965 PS (entspricht 710 kW).²
 NA: Nutzungsgrad der Antriebskraft, abhängig von der Art der Wasserstraße:
 Regulierter Fluss: 0,95
 Staugeregelter Fluss: 0,63
 Kanal: 0,45
 TV/PSH: Treibstoffverbrauch je PS-Stunde: für EF 0,124 kg/PSH
 SG: spezifisches Gewicht des Treibstoffs (0,86 kg/l)

Da der Treibstoffverbrauch offensichtlich abhängig von der Art des Gewässers ist, müssen die jeweiligen Anteile an der Gesamtstrecke ebenfalls in die Berechnung des Treibstoffkostensatzes (BKS₁) eingehen. Außerdem wird ein 5 %-Zuschlag für Schmierstoffe einkalkuliert. Man erhält folgende Formel:

² Siehe IWW, Entwicklung eines Verfahrens zur Aufstellung umweltorientierter Fernverkehrskonzepte als Beitrag zur Bundesverkehrswegeplanung, S. 325.

$$BKS_1 = 1,05 \cdot TP \cdot (TV_g(f) \cdot A(f) + TV_g(sf) \cdot A(sf) + TV_g(k) \cdot A(k))$$

Mit: TP: Treibstoffpreis (1,50 DM/l)

TV_q: Treibstoffverbrauch nach Art der Wasserstraße

A: Anteil der jeweiligen Wasserstraßenart an der Gesamtstrecke

f: regulierter Fluss

sf: stauregulierter Fluss

k: Kanal

Zur Berechnung der Treibstoffkosten (BK_1) benötigt man neben dem Treibstoffkostensatz (BKS_1) noch die Umläufe beladener und leerer Fahrzeuge ($F(b,l)$) und die Streckenzeit (Stz).

$$BK_1 = Stz * F(b, l) * BKS_1$$

Mit: Stz: Streckenzeit

F(b,l): Umläufe leerer und beladener Fahrzeuge

BKS₁: Treibstoffkostensatz

1.3.2 Zeitabhängige Betriebsführungskosten

In die zeitabhängigen Betriebsführungskosten (BK_2) gehen die Personalkosten und alle weiteren Fortbewegungskosten (zeitabhängige Kosten pro Betriebsstunde) ein. Den zugehörigen Kostensatz (BKS_2) haben wir dem BVWP-Beispiel entnommen und entsprechend dem Basisjahr 1992 aufdiskontiert.

$$BK_2 = BKS_2^*AS$$

Mit: BKS₂: Betriebskostensatz 2

AS: Anzahl benötigter Fahrzeuge im Jahr.

Tab. 3: Betriebsführungskosten

Relationen	Anteil an Gesamtstrecke			Treibstoffkosten-satz (BKS1)	Strek-kenzeit (Stz)	Treibstoffkosten (BK1)	Betriebs-führungs-kostensatz (BKS2)	Zeitabhän-gige Be-triebsfüh-rungs-kosten (BK2)	Betriebs-führungs-kosten
	freiflie-ßender Fluss	stau-regulier-ter Fluss	Kanal						
Hamburg – Dresden (EF)									
mit Elb-Ausbau	1	0	0	22.0	101	24203	250700	105742.9	129945.9
ohne Elb-Ausbau	0.922	0	0.078	21.1	102	26955	250700	145285.6	172240.7
Hamburg – Prag (EF)									
mit Elb-Ausbau	0.833	0.167	0	20.8	137	100517	250700	458130.8	558648.2
ohne Elb-Ausbau	0.774	0.1684	0.057	20.1	137	111824	250700	628491.6	740315.5
Berlin – Dresden									
mit Elb-Ausbau	0.678	0	0.322	18.3	80	17209	250700	85718.5	102927.4
ohne Elb-Ausbau	0.678	0	0.322	18.3	80	19790	250700	117059.3	136849.6
Magdeburg – Dresden									
mit Elb-Ausbau	1	0	0	22.0	53	3726	250700	18536.0	22261.7
ohne Elb-Ausbau	1	0	0	22.0	53	4285	250700	25313.3	29597.8
Berlin – Prag									
mit Elb-Ausbau	0.569	0.208	0.223	17.9	115	3928	250700	20584.7	24512.4
ohne Elb-Ausbau	0.569	0.208	0.223	17.9	115	4517	250700	28111.0	32627.9
Magdeburg – Prag									
mit Elb-Ausbau	0.725	0.175	0	18.5	87	144843	250700	910822.0	1055664.5
ohne Elb-Ausbau	0.725	0.175	0	18.5	87	166569	250700	1243841.3	1410410.2
Nutzen über alle Relationen									628801

Aus den vorher bestimmten Vorhaltekosten und Betriebsführungskosten lassen mit Hilfe des Gütermengengerüsts der Betriebskostensatz berechnen:

Tab. 4: Betriebskosten der Binnenschifffahrt auf den zentralen Relationen

Relationen	Betriebsführungs-kosten	Ersparnisse an Fahrzeug-vorhaltungskosten (NB2)	Gesamter-sparnis (NB1+NB2)	Gesamte Tonnage	Vorhalte- und Betriebsführungs-kosten	Betriebs-kostensatz pro Tonne
Hamburg – Dresden (EF)		42294.8	84802.91			
mit Elb-Ausbau	129945.9			28793	243618	8.46
ohne Elb-Ausbau	172240.7			28793	328421	11.41
Hamburg – Prag (EF)		181667	364803.4			
mit Elb-Ausbau	558648.2			86014	1051134	12.22
ohne Elb-Ausbau	740315.5			86014	1415938	16.46
Berlin – Dresden		33922.2	67613.23			
mit Elb-Ausbau	102927.4			18183	195074	10.73
ohne Elb-Ausbau	136849.6			18183	262687	14.45
Magdeburg – Dresden		7336.1	14621.56			
mit Elb-Ausbau	22261.7			6913	42188	6.10
ohne Elb-Ausbau	29597.8			6913	56809	8.22
Berlin – Prag		8115.44	16206.11			
mit Elb-Ausbau	24512.4			2951	46641	15.81
ohne Elb-Ausbau	32627.9			2951	62847	21.30
Magdeburg – Prag		354746	712738.1			
mit Elb-Ausbau	1055664.5			178678	2034789	11.39
ohne Elb-Ausbau	1410410.2			178678	2747527	15.38
Alle Verbindungen		628081	1260785			
mit Elb-Ausbau	1893960.3			321532	3613444	11.24
ohne Elb-Ausbau	2522041.7			321532	4874230	15.16

1.4 Nutzen aus der Verlagerung

Für die Bestimmung der Nutzen aus Verlagerung sind die Komponenten verlagerte Gütermenge und die Differenz der Betriebskosten pro Gütermenge der verschiedenen Verkehrsträger ausschlaggebend:

$$NB3 = GV \cdot (BKS_B - BKS_S)$$

Mit: GV: Verlagerte Gütermenge
 BKS_B: Betriebskostensatz Bahn
 BKS_S: Betriebskostensatz Schiff

Für die Bestimmung der Betriebskostensätze der Bahn werden folgenden Annahmen über Kosten und Bahnindikatoren getroffen:

Tab. 5: Kostensätze

Kostensätze	Vorhaltekosten-satz	Abfertigungs-kostensatz	Zugbildungs-kostensatz	Zugförderungs-kostensatz
Wert	2.93	3.05	35.1	4.1
Einheit	DM/h	DM/t	DM/Wagen	DM/Zugkm
Wert BVWP 1992	2.5	2.6	30	3.5

Für die Bahn wird von einem Güterzug der durchschnittlichen Länge von 15 Wagen mit 40 t ausgegangen. Die Durchschnittsgeschwindigkeit beträgt 60 km/h und die Auslastung der Güterzüge wird auf 50% geschätzt.

Die Kostensätze für Vorhalte-, Abfertigungs-, Zugbildungs- und Zugförderungskosten entstammen der BVWP 1992 und werden auf das Jahr 2000 hochgerechnet.

Es wird davon ausgegangen, dass auf den Relationen, die mit der Binnenschifffahrt auf der Elbe zwischen Magdeburg und Dresden konkurrieren, eine Verkehrsverlagerung um 50 % von der Bahn zur Binnenschifffahrt stattfindet. Mit Hilfe dieser Faktoren bestimmen sich die relationenspezifischen Kosten für die Vorhalte- und die Betriebsführungskosten:

Tab. 6: Betriebskosten der Bahn auf den zentralen Relationen

Relation	Verkehrsaufkommen in t	Zugkm	Vorhaltekosten	Abfertigungskosten	Zugbildungskosten	Zugförderungskosten	Summe Kosten	Betriebskostensatz pro t
Hamburg – Dresden	303025	914978	44681	924226	1027156	3751411	5747475	18.96
Hamburg – Prag	89920	244806	11955	274256	200140	1003704	1490055	16.57
Berlin – Dresden	159345	188296	9195	486002	550765	772012	1817974	11.40
Magdeburg – Dresden	30971	25563	1248	94462	60625	104806	261141	8.432
Berlin – Prag	19910	47120	2301	60726	69884	193193	326104	16.37
Magdeburg – Prag	50344	114243	5579	153549	151509	468398	779035	15.47
Summen	653515	1535006	74959	1993221	2060079	6293525	10421784	15.94

Die Differenz der Betriebskosten zwischen Schiene und Wasserweg multipliziert mit den potentiellen Güterverlagerung bestimmt den Nutzen der Verlagerung. Aus der folgenden Tabelle sind die Nutzen der Güterverlagerung ersichtlich.

Tab. 7: Nutzen aus Verlagerungspotentialen

Relation	Verkehrsaufkommen in Hauptri. in t	Verkehrsaufkommen in Nebnri. in t	Verkehrsaufkommen in t	Betriebskostensatz Schiene pro t	Betriebskostensatz Schiff pro t	NB3
Hamburg – Dresden	292637	10388	303025	18.967	8.461	3183571
Hamburg – Prag	57020	32900	89920	16.571	12.221	391187
Berlin – Dresden	156913	2432	159345	11.409	10.728	108462
Magdeburg – Dresden	17272	13699	30971	8.432	6.103	72135
Berlin – Prag	19910	0	19910	16.379	15.805	11425
Magdeburg – Prag	43165	7179	50344	15.474	11.388	205716
Summen			653515	15.947	11.238	3972497

Es zeigt sich, dass der Gewinn aus der Güterverlagerung in der Hauptsache auf den Relationen mit Hamburg beruhen. Andere Relationen sind nur von untergeordneter Bedeutung.

1.5 Erhaltung der Verkehrswege

1.5.1 NW1 Erneuerungskosten

Durch den Ausbau fallen keine vermiedenen Erneuerungskosten an.

1.5.2 NW2 Instandhaltungskosten

Durch den Ausbau der Mittel- und Oberelbe fallen Investitionskosten in Höhe von 202 Mio DM an bei einem geschätzten Abschreibungszeitraum von 80 Jahren (sonstige Anlagen der Binnenschifffahrt wie Düker etc.). Die jährlichen Mehrkosten werden auf 0.8 v.H. der Investitionsausgaben angenommen.

$$NW2 = -0.8 \cdot 202 = -1.616 \text{ Mio DM}$$

1.6 Räumliche Vorteile

1.6.1 NR1 Beschäftigungseffekte während der Bauphase

Der jährliche Nutzen ergibt sich aus der folgenden Bewertungsvorschrift:

$$NR1 = Pa * e * K * an$$

Mit: Pa: Differenzierungsfaktor abhängig von der regionalen Arbeitslosenquote (0.8 für Dresden S.45))
 e = Nutzenrelevanter Anteil an Investitionen (0.135 Ostdeutschland S. 277)
 K: Investitionskosten
 an: Mittlerer Annuitätenfaktor (0.03311 S.12)

$$NR1 = 0.8 * 0.135 * 202 * 0.03311 = 678000 \text{ DM}$$

1.6.2 NR2 Beschäftigungseffekte während der Betriebsphase

Der jährliche Nutzen ergibt sich aus der folgenden Bewertungsvorschrift:

$$NR2 = a * Pb * k * fv * lm * an$$

Mit: a: regional differenzierter Nutzenanteil an den Investitionen (siehe folgende Formel)
 Pb: Differenzierungsfaktor abhängig von der regionalen Arbeitslosenquote und der Güte der Verkehrsinfrastruktur (0.599 für Dresden S. 45))
 k= Normierte Investitionskosten (202 Mio DM auf 30 km)
 fv = Faktor zur Berücksichtigung des Wirkungsgrades von Investitionen in den Verkehrszweigen auf die Beschäftigung (0.05 S. 41)
 lm= Länge der Maßnahme (30 km)
 an: Mittlerer Annuitätenfaktor (0.03311 S. 12)

$$NR2 = 3.4 * 0.599 * 202/30 * 0.05 * 30 * 0.03311 = 640022 \text{ DM}$$

Nebenrechnung zur Bestimmung des regional differenzierten Nutzenanteils a:

Magdeburg der Elbe-Seiten-Kanal und der Mittellandkanal benutzt werden müssen. Damit ergibt sich z. B. die Streckenzeit Hamburg – Dresden nach der Formel

$$a = Ap * Wap * bn / k$$

Mit: Ap: Arbeitsplätze je Streckenkilometer (24 für Bundesautobahn wird durch den Faktor fv an Binnenschifffahrt angepasst)
 Wap: Wertansatz Arbeitsplatz Ost (31600 DM im Jahr 2000 S.41)
 bn = Barwertfaktor bezogen auf Nutzungszeit (30.201)
 k= Normierte Investitionskosten

$$a = 24 * 31600 * 30.201 / (202 \text{ Mio} / 30) = 3.4$$

1.6.3 NR3 Raumordnerische Vorteile

Der jährliche Nutzen ergibt sich aus der folgenden Bewertungsvorschrift:

$$NR3 = b * (NB1 + NB2 + NB3 + NE + NR1 + NR2)$$

Mit: b: Faktor zur regionalen Differenzierung (0.233 für Dresden S. 45))
N: Nutzelemente

Raumordnerische Vorteile lassen sich für das Ausbauszenario nicht begründen. Die Maßnahmen in der Binnenschifffahrt verändern die Attraktivität der Region nur marginal, bzw. werden kompensiert durch ein Nachlassen touristischer Aktivitäten in der Region.

In der neuen BVWP-Vorschrift werden raumordnerische Vorteile nicht mehr innerhalb der Nutzenberechnung quantifiziert, sondern finden nur in qualitativer Form ihre Berücksichtigung.

1.6.4 NR4 Förderung internationaler Beziehungen

Der jährliche Nutzen ergibt sich aus der folgenden Bewertungsvorschrift:

$$NR4 = c * \pi * (NB1 + NB2)$$

Mit: c: Maximaler Nutzenanteil der Betriebskostenerparnisse (0.1 S. 279)
 π : Differenzierungsfaktor der Förderung internationaler Beziehungen (0.3 S. 279)
N: Nutzelemente

$$NR4 = 62664 \text{ DM}$$

1.7 Nutzen aus Verminderung von Geräusch- und Abgasbelastungen

1.7.1 NU1 Verminderung von Geräuschbelastungen

Differenzen zwischen Geräuschbelastungen werden innerhalb der BVWP aus Mangel an entsprechenden Lärmkostensätzen nicht betrachtet. Für die Bewertung der geräuschbelastung können wir auf Lärmkostensätze, die für Deutschland bestimmt worden sind³ und daher aufgrund niedrigerer Besiedlung im Osten eher zu hoch angesetzt sind, zurückgreifen.

$$NU1 = LB * VB - LS * VS$$

Mit: LB: Lärmkosten Bahn (0.009 DM/tkm)
LS: Lärmkosten Schiff (0 DM/tkm)
VB: Verkehrsleistung Bahn
VS: Verkehrsleistung Schiff

$$NU1 = 0.009 * 262 \text{ Mio} - 0 * 347 \text{ Mio} = 2.34 \text{ Mio DM}$$

³ UIC (2000)

1.7.2 NU2 Verminderung von Abgasbelastungen

Die Höhe der Abgasbelastung weicht im Ausbauszenario durch zwei Effekte von dem Referenzszenario ab: die Verkehrsleistung steigt im Ausbauszenario durch die größere Länge der Elbe im Vergleich zu der Alternative über den Kanal an und durch die Verlagerungen von Bahn auf Schiff verändern sich die Abgasmengen.

Der Anstieg der Verkehrsleistung im Ausbauszenario beträgt 3.67 Mio tkm. Als Verbrauch pro tkm werden die Verbrauchskennzahlen für die Bergfahrt 0.0064 g pro tkm und für die Talfahrt 0.0055 g pro tkm (Umweltbundesamt(1998)) gemittelt. Die Auswirkung auf den Dieselverbrauch entsprechen einem Anstieg um 20.2 t Dieseldieselkraftstoff.

Durch die Verlagerungseffekte reduziert sich die Verkehrsleistung der Bahn um 262 Mio tkm. Diese verteilen sich auf Diesel und Stromantrieb im Verhältnis 0.4 zu 0.6. Als Verbrauchsfaktoren werden für den dieseldieselbetriebenen Güterverkehr 0.0047 g pro tkm und für den strombetriebenen Güterverkehr 0.017 kWh pro tkm angesetzt. Der Verbrauch sinkt damit um 492.9 t Dieseldieselkraftstoff und 2.7 Mill kWh.

Die auf die Binnenschifffahrt verlagerten Gütermengen erhöhen die Verkehrsleistung um 347 Mill tkm, welches einer Menge an Dieseldieselkraftstoff von 1907 t Dieseldieselkraftstoff. Für Dieseldieselkraftstoff und den Stromverbrauch gelten folgende Kennziffern:

Tab. 8: Emissionsfaktoren

Emissionsfaktoren in g	CO ₂	NO _x	VOC	PM
Emissionsfaktoren g pro kWh Strom	520	9.4	27	2
Emissionsfaktoren g pro kg Dieseldieselkraftstoff	3168	46.35	4.55	1

Unter Berücksichtigung der Veränderungen im Verbrauch von Dieseldieselkraftstoff und Strom berechnen sich die Änderung der Emissionen mit Hilfe obiger Emissionsfaktoren für die jeweiligen Schadstoffe:

Tab. 9: Nutzen der Gütermengenverlagerung

Emission in kg	CO ₂	NO _x	VOC	PM
Zusatzverbrauch Schiff durch Ausbau	-64013	-937	-92	-20
Einsparung Diesel Zug	1561632	22848	2243	493
Einsparung Strom in Zug	1390718	25140	72210	5349
Zusatzverbrauch Schiff durch Verlagerung	-6042018	-88399	-8678	-1907
Differenz der Emissionen zw. Ausbau und Referenz	-3153681	-41348	65684	3914
Kosten pro kg Emission	0.4	17.85	0.525	1.75
Kosten pro Emissionsart in DM	-1261473	-738058	34484	6850
Gesamtkosten in DM				-1958196

In der Summe entstehen durch durch Ausbau und durch die verlagerten Gütermengen Mehrkosten in Höhe von 1.958 Mio DM.

1.8 Kosten/Nutzen-Analyse

Die Übersicht über die Nutzen ergibt einen jährlichen Gesamtnutzen von 4.7 Mio DM zum Jahr 2000:

Tab. 10: Gesamtnutzen

Nutzen-nummer	Nutzenbenennung	Nutzenwert in Mio DM pro Jahr
NB1	Minderung der Vorhaltekosten	0.63
NB2	Minderung der Betriebsführungskosten	0.63
NB3	Güterverlagerung	3.97
NW1	Erneuerung der Verkehrswege	0
NW2	Instandhaltung der Verkehrswege	-1.61
NR1	Beschäftigung während der Bauphase	0.67
NR2	Beschäftigung während der Betriebsphase	0.64
NR3	Raumordnerische Vorteile	0
NR4	Förderung internationaler Beziehungen	0.04
NU1	Minderung der Geräuschbelastung	2.34
NU1	Minderung der Abgasbelastung	-1.96
Summe N	Gesamtnutzen im Jahr 2000	5.35

Da für die Berechnung der Gütermengen das Bezugsjahr 2015 verwendet wurde, wird der Nutzen mit einem Faktor f , der einer jährlichen Steigerung um 3 % entspricht, multipliziert. Weiterhin werden die Nutzen mit dem Barwertfaktor multipliziert, um so einen Nutzen für den gesamten Nutzungszeitraum zu bestimmen.

$$Nb = f * B * N$$

Mit: f : $((1+0.03)^{15})$
 B : Barwertfaktor (30.201)
 N : Summe der Nutzen

$$Nb = 1.558 * 30.201 * 5.35 = 252 \text{ Mio DM}$$

Die Investitionskosten der Maßnahmen betragen im Zeitraum 1999-2002 123 Mio DM und nach 2002 79 Mio DM. Die Bauzeit für den ersten Teilschritt wird daher mit 4 Jahren angesetzt, für den zweiten Schritt werden 8 Jahre angesetzt. Die gesamten Kosten bestimmen sich aus den jeweiligen Investitionskosten, der Differenz zwischen Baubeginn und Bezugszeitpunkt und dem Barwertfaktor bezogen auf die Bauzeit.

$$Kb = \sum f_i * B_i * K_i$$

Mit: f_i : Aktualisierungsfaktor für die Differenz zwischen Bauphase und Bezugsjahr

B_i : Barwertfaktor

K_i : Investitionskosten

Die Kostenanalyse ergibt:

Tab. 11: Gesamtkosten

Investitionszeitpunkt	Investition in Mio DM	f	BK	Kosten in Mio DM
1999-2002	123	1.558	3.717	178
nach 2002	79	1.344	7.020	93
Gesamt				271

Das Nutzen/Kostenverhältnis bestimmt sich aus dem Quotienten der Nutzen zu den Kosten. Es beträgt:

$$\text{NKV} = \text{Nb/Kb} = 252 \text{ Mio DM} / 271 \text{ Mio DM} = 0.93$$

2 Materialien zur umweltfachlichen Bewertung

2.1 Datenbasis

Grundlage der umweltfachlichen Bewertung sind vorhandene Daten und Informationen. Zur kartographischen Analyse und Beurteilung wurden verfügbare digitale Karten für den Untersuchungsraum in einem ArcView-Projekt dargestellt. Auf Grund unterschiedlicher Kartenmaßstäbe und Koordinatenbezüge (geographische Projektion) der Quellen mussten Anpassungen und Transformationen (u. a. mit ArcCAD) vorgenommen werden. Alle in ArcView enthaltenen Kartendarstellungen (Geodaten) wurden bezogen auf das Bessel-Ellipsoid, als Gauß-Krüger-Abbildung (3 Grad Streifensystem) im vierten Streifen (Hauptmeridian 12 Grad) abgebildet.

Folgende Datenquellen standen für die umweltfachliche Bewertung zur Verfügung zur Verfügung (Tab. 12):

Tab. 12: Datenquellen für die umweltfachliche Bewertung

Inhalt/Art/ggf. Maßstab	Quelle
Allgemeine Kartengrundlagen	
Topographische Karten, digital, 1:100.000 und 1:25.000	Geodatenpool Mecklenburg-Vorpommern, Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern
Digitale Bundeswasserstraßenkarte, 1:2.000	Wasser- und Schiffsamt Lauenburg
Luftbilder, 1:6.500, August 1992	Wasser- und Schiffsdirektion Ost (WSD Ost)
Biotoptypen/Raum- und Flächennutzung	
Biotop- und Nutzungstypen Mecklenburg-Vorpommern, digital, 1:10.000	Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern
Schutzgebiete und FFH-Gebiete Mecklenburg-Vorpommern, digital, 1:250.000	Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern
Landnutzungsklassifikation Niedersachsen, digital, 1:50.000	Niedersächsisches Umweltministerium, Geoinformationssystem GEOSUM, www.mu.niedersachsen.de/GEOSUM
Biotopkartierung Niedersachsen, digital, 1:50.000	Niedersächsisches Umweltministerium, Geoinformationssystem GEOSUM, www.mu.niedersachsen.de/GEOSUM
FFH-Gebiete Niedersachsen, digital, 1:50.000	Niedersächsisches Umweltministerium, Geoinformationssystem GEOSUM, www.mu.niedersachsen.de/GEOSUM
Avifaunistisch wertvolle Bereiche in Niedersachsen, digital, 1:200.000	Niedersächsisches Umweltministerium, Geoinformationssystem GEOSUM, www.mu.niedersachsen.de/GEOSUM
Besondere Schutzgebiete nach EU-Vogelschutzrichtlinie in Niedersachsen, digital, 1:200.000	Niedersächsisches Umweltministerium, Geoinformationssystem GEOSUM, www.mu.niedersachsen.de/GEOSUM
CORINE-Landnutzungsdaten, Daten zur Bodenbedeckung für die neuen Länder und Berlin, digital, 1:100.000	Statistisches Bundesamt Wiesbaden/über Umweltbundesamt
Böden	
Bodenübersichtskarte der Bundesrepublik Deutschland, digital, 1:1.000.000	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR); nach HARTWICH et al. 1995
Spezifische Informationen	
Daten und Informationen zu Flora und Fauna, Gewässergüte u. ä.	vgl. Literatur
Gutachten, Regionale Pläne	vgl. Literatur

Auf Grund des weitgehenden Fehlens exakter gerinne- bzw. gewässermorphologischer basieren die konzipierten (fiktiven) Ausbaumaßnahmen wesentlich auf der digitalen Bundeswasserstraßenkarte (Abb. 1) und berücksichtigen die in der Literatur verfügbaren Informationen zur verkehrswasserbaulichen Situation (vgl. 2.3).

Auf der Basis der verkehrswasserbaulichen Maßnahmen können direkte Flächenverluste/-gewinne betroffener Fluss- und Auenbereiche berechnet werden. Die Ermittlungen/Berechnungen erfolgen aus den zeichnerischen Darstellungen bzw. kartographischen Abbildungen/Informationen computergestützt mittels AutoCAD und ArcVIEW und wurden zum Teil über eine Tabellenkalkulation mit EXCEL weiterverarbeitet.

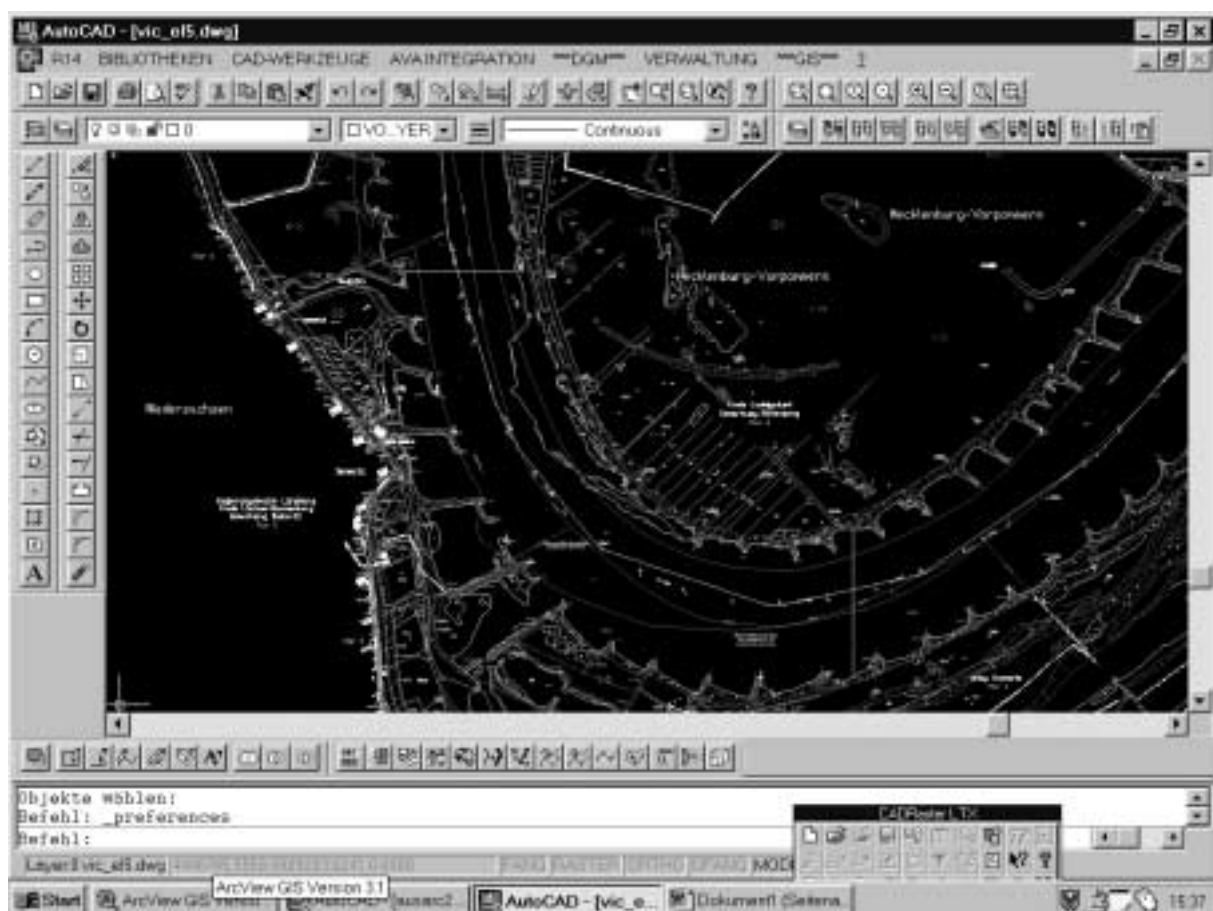


Abb. 1: Ausschnitt aus der digitalen Bundeswasserstraßenkarte unter AutoCAD im Untersuchungsraum mit wesentlichen Informationen (Anschauungsbeispiel)

Tabelle 13: Trassierungsparameter der Elbe im Bereich der Reststrecke Dömitz

km von	km bis	r [m]
506,290	507,390	-975
507,390	507,460	∞
507,460	507,840	3000
507,840	507,870	∞
507,870	208,300	1200
208,300	208,310	∞
208,310	208,590	700
208,590	208,630	∞
208,630	508,990	525
508,990	509,010	∞
509,010	509,260	625
509,260	509,300	
509,300	509,340	730
509,340	509,370	∞
509,370	509,710	1215
509,710	509,740	∞
509,740	510,070	2460
510,070	510,090	∞
510,090	510,760	-1705
510,760	510,770	∞
510,770	511,270	-2910
511,270	511,310	∞
511,310	512,180	-2600
512,180	512,200	∞
512,200	512,610	1915

km von	km bis	r [m]
513,480	514,090	-1330
514,090	514,110	∞
514,110	514,440	-825
514,440	514,60	∞
514,460	515,030	-1600
515,030	515,100	∞
515,100	515,850	-3240
515,850	515,890	∞
515,890	516,310	3735
516,310	516,350	∞
516,350	517,230	-3150
517,230	517,260	∞
517,260	518,150	1600
518,150	518,180	∞
518,180	518,760	1300
518,760	518,780	∞
518,780	519,890	1510
519,890	519,920	∞
519,920	520,940	3065
520,940	520,970	∞
520,970	522,150	-4935
512,610	512,640	∞
512,640	513,470	-1750
513,470	513,480	∞

2.2 Grundlagen für die umweltfachliche Prognose relevanter Vorhabenswirkungen

Zunächst muss bei den relevanten Eingriffen und deren umwelterheblichen Wirkungen im Kontext der Bundeswasserstraßenanlage und -nutzung nach den Ursachen differenziert werden. Hierfür wird die Unterscheidung des UVPG genutzt, das grundsätzlich in Umweltauswirkungen durch

- (1) Bau,
- (2) Anlage und
- (3) Betrieb unterteilt.

Baubedingte Auswirkungen stehen im Zusammenhang mit Aktivitäten zur Anlage von Wasserstraßen. Sie sind zeitlich auf die Herstellung oder wesentliche Änderung der Gewässer befristet. Hierzu zählen unter anderem Lagerplätze, Bau- und Zufahrtsstraßen, temporäre Wasserhaltungen oder -umleitungen, temporäre Grundwasserabsenkungen, Emissionen durch Baufahrzeuge, Schwebstofffreisetzung durch Baggereinsatz etc. Diese Umwelteingriffe und deren Auswirkungen wurden nicht explizit analysiert, da sie stark einzelfallabhängig sind und im Grunde bei fast jeder Maßnahme auftreten können.

Andererseits sind die anlagebedingten Eingriffen zu unterscheiden, die für die Dauer einer Nutzung Bestand haben. Hierzu zählen demzufolge dauerhafte Flächenversiegelungen, Deich- und Dammschüttungen, Sohlpflasterungen, Fahrwasserverbesserungen, die Anlage von Regelungsbauwerke u. v. m.

Betriebsbedingte Eingriffe und Auswirkungen sind demgegenüber alle Tätigkeiten, die im unmittelbaren Zusammenhang mit der Nutzung stehen oder die der Unterhaltung der baulichen Anlagen dienen. Zu diesen werden alle Unterhaltungsarbeiten sowie die unmittelbaren Auswirkungen der Schifffahrt (Emissionen, Wellenbewegung, Sohlzustandsveränderung durch Schiffsschrauben etc.) gerechnet. Die Gewässerunterhaltung umfasst die Erhaltung des wasserwirtschaftlich und landschaftspflegerisch ordnungsgemässen Zustandes des Gewässers. Dazu gehören die Erhaltung des Gewässerbettes für einen ordnungsgemässen Abfluss, die Erhaltung der biologischen Wirksamkeit sowie Schutz und naturnahe Gestaltung der Ufer und Erhaltung der baulichen Anlagen.

Alle Maßnahmen erfahren in Abhängigkeit von Zeithorizonten und je nach Problemlage eine spezifische Raumentfaltung, so dass eine Differenzierung in diese Wirkräume notwendig wird. Es muss davon ausgegangen werden, dass viele Eingriffe Auswirkungen auf größere Raum-Zeit-Einheiten wie Einzugsgebiete oder Gewässersysteme haben. Eine Reihe von Eingriffen bewirkt langfristige Beeinflussungen z. T. weit entfernt liegender Systeme wie den Meeren. In kritischen Fällen muss eine Vergrößerung des Untersuchungs- bzw. Betrachtungsraumes und der Zeitdimension erfolgen.

In Anlehnung an DVWK (1996) werden Eingriffe und in indirekte Wirkungen nach ihrem Wirkort in einem Fließgewässer nebst seinem Talboden unterschieden:

- oberhalb der Maßnahme,

- an der Maßnahme,
- unterhalb der Maßnahme.

Die räumlichen Wirkungen werden zudem unterschieden in die Teilbereiche (1) Gewässersohle, (2) Ufer, (3) Aue/Niederung sowie (4) Wasserkörper. Die Tabellen 1 und 2 stellen eine diesbezügliche Zusammenstellung aller Maßnahmenkomplexe an Bundeswasserstraßen und deren potentiellen räumlichen Auswirkungen dar, wobei geo- und bioökologische Faktoren Berücksichtigung fanden. Dabei zeigt sich, dass in natürlichen Fließgewässern vor allem diejenigen Maßnahmen potentielle Eingriffe mit hoher Raumwirkung entfalten, die die natürliche Dynamik der Gewässer und ihrer Auen bzw. Niederungen unterbinden oder beeinträchtigen.

DVWK (1996) unterscheidet in der Frage der zeitlichen Wirkungen zeitnahe von zeitfernen Wirkungen und gibt eine verhältnismäßig detaillierte Übersicht über die zeitlichen Wirkungen wasserbaulicher Maßnahmen unter Aufgliederung auf ökologische Funktionskomplexe.

Es ist es Sicht der Umwelterheblichkeit sinnvoll, die zeitliche Dimension der Wirkungen von Neu- und Ausbau sowie Betrieb von Binnenwasserstraßen nach dem Eintrittszeitpunkt (1) und der zeitlichen Andauer (2) zu differenzieren. KERN (1995) hält aus gewässermorphologischer Sicht im Zusammenhang mit der zeitlichen Andauer nur solche Eingriffsfolgen in Gewässersystemen als reversibel, die in einem Planungshorizont von 100-150 Jahren durch Selbstentwicklung regenerierbar sind.

Tab. 14: Räumliche Wirkungen von Maßnahmen im Zusammenhang mit Bau und Anlage von Bundeswasserstraßen

X: Eingriffe und indirekte Wirkungen x: indirekte Wirkungen ? : mögliche Eingriffe und indirekte Wirkungen

Nr.	Maßnahme	Sohle	Ufer	Aue/Niederung	Wasserkörper	Sohle	Ufer	Aue/Niederung	Wasserkörper	Sohle	Ufer	Aue/Niederung	Wasserkörper
Änderung der Linienführung													
1	Begradigung	?	?	?	?	X	X	X	x	x	x	x	x
2	Durchstich	?	?	?	?	X	X	X	x	x	x	x	x
Veränderung des Querprofils													
3	Deich/Damm			x				X				x	
4	Uferrückverlegung/Verbreiterung					X	X	X	x	x			
Regelungsbauwerke													
5	Buhne					X	X		x	x	x		?
6	Parallelwerk					X	X		x	x	x		?
7	Grundschwelle	x	x	?	x	X	X	?	x	x	x	?	x
8	Sohlschwelle					X	x		x	x	x		x
Sohlsicherungsmaßnahmen													
9	Sohlplasterung-glatte Steine					X	x		?	X	x		?
10	Sohlplasterung-rauhe Steine					X	x			X	x		
Fahrwasserverbesserung													
11	Fahrrinnenverbreiterung					X	x	x	x	X	x	?	?
12	Sohleintiefung	X	x	x	x	X	X	X	X	X	x	x	x
13	Kolkverbau					X	?			x	?		
14	Sohlbaggerung	x				X	x	?	x	x	?	?	?
15	Baggergutlagerung			?				?				?	
Ufersicherungsmaßnahmen													
16	Uferdeckwerk-glatte Steine					X	X		x	x	x		x
17	Uferdeckwerk-rauhe Steine					X	X		?	x	x		
18	Wellenbrecher					X	X			?	?		
19	Uferwand					X	X		x	x	x		x
20	Herstellung Regelprofil	?	?			X	X	X	x	x	x	x	x
Bauwerke zur Überwindung von Fallstufen													
21	Schleusen					X	X	x	x	?			?
22	Schleusenkanäle					X	X	x	x	?			?
Anlage von Häfen und sonstigen Anlagen für den ruhenden Verkehr													
23						X	X	X	X				?
Bau von Staustufen													
24	Staumauer	x	x	X	X	X	X	X	X	X	X	x	X
25	Wehr fest	x	x	X	x	X	X	X	X	X	X	x	x
	Wehr geregelt	x	x	X	X	X	X	X	X	X	X	x	x
26	Fischauftiegsanlage					X	X	?					
Neu- oder Ausbau von Schiffahrtskanälen													
27	Seitendamm/-deich						X	X					
28	Kanaldamm/-gewässer					X	X	X	X				
29	Kreuzungsbauwerk					X	X	X	X				
30	Kanalstufe					X	X	X	X				

Tab. 15: Räumliche Wirkungen von Maßnahmen im Zusammenhang mit dem Betrieb von Bundeswasserstraßen

X: Eingriffe und indirekte Wirkungen

x: indirekte Wirkungen

?: mögliche Eingriffe und indirekte Wirkungen

Nr.	Maßnahme	Eingriffe und indirekte Wirkungen											
		oberhalb der Maßnahme				an der Maßnahme				unterhalb der Maßnahme			
		Sohle	Ufer	Aue/Niederung	Wasserkörper	Sohle	Ufer	Aue/Niederung	Wasserkörper	Sohle	Ufer	Aue/Niederung	Wasserkörper
	Unterhaltungsmaßnahmen												
31	Erhaltung von Bauwerken					?	?		?				
32	Böschungspflege						X		x				?
33	Gewässerkräutung					x	x		X				x
	Schifffahrt												
34	Schiffsschraubenbewegungen					X	x		?				
35	Wellenschlag						X						
36	Schiffshavarien					?	?		?	?	?	?	?
37	Emissionen aus Anstrichstoffen								x				?
38	Emissionen von Fetten und Ölen					?	?		x	?	?	?	?
38	Abgas-Emissionen						?	?	?			?	?

Insgesamt ist die Problematik der zeitlichen Wirkungen eine Frage der prozessualen Dynamik. Grundsätzlich nur schwer abschätzbar sind die zeitfernen und langfristigen Wirkungen der Eingriffe. Die ökologischen und umwelterheblichen Auswirkungen von Aus- und Neubau sowie Betrieb von Bundeswasserstraßen sind aber regelmäßig weitreichend und unverkennbar. Zu den häufigsten Konsequenzen zählen:

- Veränderungen der natürlichen Lauf- und Breitenentwicklung
- nachhaltige Störungen der natürlichen Ufer- und Sohlendynamik
- Erhöhung des Sohlgefälles und Erzeugung lokaler Erosionsbasen
- Erhöhung der Sohlerosion, ggf. Gefahr der sekundären Sohleintiefung unterhalb
- Vergrößerung des Sohlenmaterials
- unterstromige Ablagerung von erodiertem Material
- Verschlechterung der Wasserbeschaffenheit
- Veränderung der Grundwasserdynamik in Aue oder Niederung
- Veränderung des Überschwemmungsregimes und Verlust an Hochwasser-Retentionsraum
- Veränderung der geländeklimatischen Verhältnisse in Aue/Niederung durch stärkere Kanalisierung von Luftströmungen
- ggf. Umverlegung von einmündenden Nebengewässern (Bächen)

- allgemeiner Verlust an aquatischem Lebensraum sowie Verlust an spezifischen aquatischen Habitaten im Sohlbereich und im Interstitialraum
- Verlust an spezifischen aquatischen, semiaquatischen und terrestrischen Habitaten in Gewässer nebst Uferregionen sowie im Auen-/Niederungsbereich (z. B. Fischunterstände, Standortveränderungen für die Vegetation)
- Monotonisierung der ehemals großen Strukturvielfalt der Uferlebensräume
- Verschwinden ursprünglich vorhandener Arten oder Artengruppen, die auf eine natürliche Uferentstehung und -entwicklung angewiesen sind
- Verbrauch an Fläche bei Bauwerken
- Einbringung naturfremder Strukturen und Materialien mit eingeschränkten Möglichkeiten der Lebensraumnutzung (Spundwände und andere Bauwerksteile werden häufig genutzt durch sich anheftende Muscheln, wie der Dreikantmuschel *Dreissena polymorpha*)
- Be- und Verhinderung von Aufwanderungsbewegungen aquatischer Organismen wie Fische, Rundmäuler und aquatischer Invertebraten (Zerschneidungswirkung) bei Staustufen mit der häufigen Folge, dass einzelne Gewässerabschnitte faunistisch verarmen
- Verlust von ökologisch funktionsfähigen terrestrischen Lebensräumen, u. U. aber auch spezifische Aufwertung von Lebensraum
- Schifffahrtskanäle stellen für terrestrische Artengruppen künstliche Migrationsbarrieren dar
- hydrologische Verschiebungen bei Wasserüberleitungen
- kanalkreuzende Gewässer bedürfen entsprechenden Kreuzungsbauwerken, diese können bei Fehlen entsprechender Gestaltung Wanderungshindernisse für die aquatische Fauna sein
- Beschleunigung der Neophyten und Neozoenverbreitung
- direkte Tötung von Pflanzen und Tieren bei der Gewässerunterhaltung (abhängig von der technischen Variante)
- vielschichtige Umwelteinwirkungen während Bau- und Unterhaltungsphasen (Emissionen, Schwebstofftrübung, Bauwege, Materiallagerplätze etc.)
- neben sofortigen, sehr hohes Potential zeitferner und langfristiger Wirkungen

2.3 Methodik der umweltfachlichen Bewertung

Die im folgenden vorgestellte Methodik der umweltfachlichen Bewertung geht von einer einzelfallbezogenen Betrachtung aus und ist auf den gewählten Untersuchungsraum und die einleitend dargestellte Aufgabenstellung ausgerichtet und somit ohne Anspruch auf direkte Übertragbarkeit. Auf Grund des exemplarischen Charakters wird keine umfassende umweltfachliche Bewertung durchgeführt, sondern, auch in Entsprechung der vorhabensbezogenen Datensituation, auf die drei Kriterienkomplexe Morphologie, Flora sowie Fauna beschränkt. Desgleichen wird die umweltfachliche Bewertung und Prognose ausdrücklich nicht auf größere Systemzusammenhänge ausgedehnt.

Sowohl die umweltfachliche Bewertung des Ausgangszustands als auch die Prognose für Maßnahmen des Wasserstraßenausbaus wird für geeignete abgrenzbare Raumeinheiten durchgeführt, um zu Flächen-/Raumbilanzen über die spezifischen Flächengrößen zu gelangen. Zur Raumidentifikation werden die Gewässer-/Talboden-Elemente des eigens entwickelten hierarchischen Modellkonzepts genutzt (vgl. separater Ergebnisbericht Teil 2 zu diesem Vorhaben). Diese stellen im Modell die unterste Stufe des natürlichen System- und Prozessgefüges für große Flüsse und Ströme dar (Abb. 2). Der räumliche Detaillierungsgrad des Modellkonzepts erreicht hiernach seinen höchsten Grad.

Einzugsgebiet/Gewässernetz					
Gewässer/Gewässerstrecke					
Gewässerabschnitt					
Gewässerbereich					
				Gewässer-/Talboden-Struktur	
					Gewässer-/Talboden-Element
$10^5 \dots 10^6$ m	$10^4 \dots 10^5$ m	$10^3 \dots 10^4$ m	$10^2 \dots 10^3$ m	$10^2 \dots 10^3$ m	$10^1 \dots 10^3$ m
$10^4 \dots 10^6$ Jahre	$10^3 \dots 10^5$ Jahre	$10^2 \dots 10^3$ Jahre	$10^1 \dots 10^2$ Jahre	$10^0 \dots 10^1$ Jahre	$10^{-1} \dots 10^1$ Jahre

Abb. 2: Hierarchisches gewässerökologisches System- und Prozessgefüge für große Flüsse und Ströme - zugehörige Raum-Zeit-Skalen

Die Gewässer-/Talboden-Elemente erscheinen für die Problemstellung der Abschätzung der von Bundeswasserstraßenbau und -betrieb ausgehenden umwelterheblichen Auswirkungen als am besten geeignet. Diese natürlichen Ökosystem-Elemente werden im Anlagenband in ihrer geo- und bioökologischen Bedeutung erläutert, ihre Entstehungs- und Entwicklungsvoraussetzungen benannt und ihre jeweilige Gefährdungssituation bezüglich anthropogener Beeinträchtigung gekennzeichnet. Die vorstehend genannten Elemente sind natürliche Strukturelemente auch im Sinne eines strukturbezogenen Leitbildes für große Flüsse und Ströme, so dass die für den betreffenden Elbeabschnitt infragekommenden Elemente Leitbildcharakter tragen. Zudem müssen

künstliche Elemente bzw. Strukturen Berücksichtigung finden, werden aber trotz einer u. U. heute bedeutsamen Funktion als „Ersatzlebensraum“ grundsätzlich anders behandelt (s. u.).

Folgende Räume/Bereiche der großen Flüsse und Ströme und ihrer Talböden werden auf dieser Stufe unterschieden:

– Interstitial	– Uferdämme, Uferwälle	– Trocken- und Halbtrockenrasen, Sanddeiche
– Feste Gewässersohle	– Altarme, Altwasser, Kleingewässer	– Offensandige Dünen, sandige Pionierfluren
– Stabil-dynamische Gewässersohle	– Qualmwasserbereiche, Temporärgewässer	– Trockengebüsche
– Labil-dynamische Gewässersohle	– Temporäre Überschwemmungsflächen	– Brackwasserwatten
– Kies-/Sandbänke	– Ufer- und Talrandabbrüche	– Süßwasserwatten
– Schlammabänke	– Röhrichte	– Flachwassergebiete
– Lotische Pelagialbereiche	– Seggenriede	– Brack- und Flussmarschen
– Lenitische Pelagialbereiche	– Bruchwälder	– Einmündungsbereiche von Nebengewässern
– Flachwasserzonen in Ufernähe	– Feuchte Stromtalgrünländer	– Gebüsch im Feuchtgrünland
– Ufer- und Strandzonen	– Hartholz-Auwälder, Alteichenbestände	– Weichholz-Auwälder, Weidengebüsch, Galeriewälder
– Geröll-/Schotterbänke		

Um aus vorhandenen Biotop- und Nutzungstypenkarten zur Ebene der Gewässer-/ Talbodenelemente zu gelangen, müssen die jeweiligen Biotop- und Nutzungstypen, soweit möglich, zu den entsprechenden Elementen zugeordnet werden. Dieses hat zudem den methodischen Vorteil, dass die uneinheitlichen und von Bundesland zu Bundesland differierenden Kartierschlüssel und Maßstäbe damit einer „übergeordneten“ Ebene zugeordnet werden können. Zur Identifikation von Räumen im eigentlichen Gewässer (subaquale Strukturen), für das regelmäßig keine differenzierteren Raumtypen vorliegen, müssen beispielsweise Unterlagen wie die digitale Bundeswasserstraßenkarte oder Luftbilder als ergänzende Informationsquellen genutzt werden.

Aus der Verschneidung mit der vorhandenen technischen Grobplanung der Maßnahmen kann sodann die unmittelbare Betroffenheit der Elemente in Form von Flächeninhaltsänderungen ermittelt werden. Diese Analyse beschränkt sich auf Grund der o. g. Zielstellungen bzw. Konventionen auf eine Betrachtung der natürlichen Gewässer-/Talbodenelemente. Es erscheint sinnvoll, aber nicht nur die reinen Flächenveränderungen zu prognostizieren („statische“ bzw. strukturelle Betrachtung), sondern vor allem für den Fluss-schlauch auch die im Ergebnis von Maßnahmen wahrscheinlichen ökologischen Funktionsverluste oder ggf. -aufwertungen abzuschätzen („dynamische“ bzw. funktionale Betrachtung).

Um zu einer relativen Abschätzung dieser Funktionsveränderungen zu gelangen, wird eine Prognose durchgeführt, die den Zustand nach Maßnahmendurchführung im Vergleich zum Ausgangszustand pauschal, aber bei Funktionsminderung abgestuft bewertet (prognostische Funktionsminderung/-aufwertung). Zur Erprobung dieser Methodik werden die Kriterienkomplexe Morphologie, Flora sowie Fauna behandelt. Zur Anwendung/fachlichen Begründung des Prognoseansatzes bei natürlichen Elementen gibt Tabelle 16 einen Überblick.

Neben natürlichen Elementen müssen die künstlichen erfasst werden (Buhnen, Deiche, Leitwerke etc.). Künstliche Elemente übernehmen in den ausgebauten Gewässern heute teilweise Funktionen nicht mehr existenter Strukturen, z. B. Buhnenköpfe als Ersatzlebensraum für strömungsliebende Organismen statt Totholzverkläuserungen. Wenn aber die Schifffahrt in der Vergangenheit nicht den Nutzungsdruck entfaltet hätte, gäbe es keine Buhnen. Würde heute demnach die Schifffahrt eingestellt, könnten die Buhnen rückgebaut werden. Totholz beispielsweise könnte wieder strukturbedeutsam werden. Aus diesem simplen Kausalzusammenhang heraus erscheint es berechtigt, etwaige Flächenzunahmen künstlicher Elemente stets alleinig als völligen Raumverlust der natürlichen Ökosystemelemente zu bilanzieren, d.h. eine Funktion als „Ersatzlebensraum“ (s. o.) wird damit hier vernachlässigt. Diese Vorgehensweise stellt im übrigen konsequent auf eine leitbildbezogene Bewertung ab, die als fachlich-methodische Grundlage eines modernen Gewässerschutzes ständig an Bedeutung gewinnt, vgl. LAWA (1996 a, b), WRRL (2000). Im weiteren werden folgende Eingriffs- bzw. Wirkungsebenen unterschieden:

- Lokale Eingriffe im Bereich des Flussschlauches
- Lokale Wirkungen auf terrestrische Standorte
- Regionale Wirkungen im Sinne der Beeinträchtigung der Dynamik des Flusssystems
- Rückwirkungen auf terrestrische Standorte.

Tab. 16: Abstufung einer prognostischen Funktionsminderung/-aufwertung für die Kriterienkomplexe Morphologie, Flora, Fauna

Kriterienkomplex	Geringe Funktionsminderung	Mittlere Funktionsminderung	Hohe Funktionsminderung	Funktionsaufwertung
Morphologie	Die systembezogenen morphologischen Prozesse wie z. B. Gewässerbett- und -strukturbildung sind gering oder nur sehr gering beeinträchtigt oder nur äußerst kurzfristig unterbunden, womit sich die Systemeigenschaften nur gering bzw. sehr gering ändern, natürliche Strukturen nehmen in ihrer Quantität und/oder Qualität in geringem Umfang ab	Die systembezogenen morphologischen Prozesse sind deutlich beeinträchtigt oder zeitweilig unterbunden, womit sich die Systemeigenschaften deutlich ändern, natürliche Strukturen nehmen in ihrer Quantität und/oder Qualität in deutlichem Umfang ab	Die systembezogenen morphologischen Prozesse sind stark bis sehr stark beeinträchtigt oder dauerhaft unterbunden, womit sich die Systemeigenschaften gravierend ändern, natürliche Strukturen sind in Quantität und/oder Qualität kaum oder nicht mehr vorhanden, es überwiegen künstliche Strukturen	Die systembezogenen natürlichen morphologischen Prozesse werden aktiviert bzw. befördert, womit sich die Systemeigenschaften an natürliche annähern, natürliche Strukturen nehmen in ihrer Quantität und/oder Qualität zu
Flora/Fauna	Die Lebensraumqualität weicht gering von dem Zustand ab, der ohne die Maßnahme vorhanden wäre (leichte Verschlechterung), Arten mit hohen spezifischen Umweltansprüchen verschwinden tendenziell auf Grund der leicht veränderten abiotischen Bedingungen	Die Lebensraumqualität weicht deutlich von dem Zustand ab, der ohne die Maßnahme vorhanden wäre (mittlere Verschlechterung), Arten mit hohen spezifischen Umweltansprüchen sind nicht mehr vertreten, selbst Arten mit geringeren spezifischen Ansprüchen verschwinden tendenziell auf Grund der deutlich veränderten abiotischen Bedingungen, „Allerweltsarten“ (Ubiquisten) dominieren	Die Lebensraumqualität weicht stark von dem Zustand ab, der ohne die Maßnahme vorhanden wäre (starke Verschlechterung), Arten mit spezifisch höheren Umweltansprüchen sind nicht mehr vertreten, selbst Arten mit geringen Ansprüchen verschwinden tendenziell auf Grund der deutlich veränderten abiotischen Bedingungen, vor allem Arten mit hohem Toleranzvermögen oder spezifischen Anpassungen dominieren in z. T. hohen Abundanzen und häufig artenarmen Biozönosen	Die Lebensraumqualität ist gegenüber dem Zustand verbessert, der ohne die Maßnahme vorhanden wäre, Arten mit höheren spezifischen Umweltansprüchen können auf Grund der veränderten abiotischen Bedingungen verstärkt den Lebensraum annehmen

Während für alle sonstigen Ebenen Flächenbilanzen ermittelt werden können, kommt dieses für die regionalen Wirkungen (Folgen für die Systemdynamik) nur in Frage, wenn bereits mathematisch-physikalisch begründete Szenarien berechnet wurden (z. B. hydro-nummerische, hydrogeologische Modelle oder Geschiebetransportmodelle) bzw. einschlägige Erfahrungswerte vorliegen. Insgesamt folgt die umweltfachliche Bewertung einer schrittweisen Methodik (Abb. 3).



Abb. 3: Methodik der umweltfachlichen Bewertung

Beispielhafter Vergleich der ökonomischen und ökologischen Wirkungen verschiedener Ausbauszenarien für die Elbe

Anhang

Inhalt

1	BVWP-Berechnung für den Ausbau der Mittel- und Oberelbe	1
1.1	Grundlagen; Berechnung der Anzahl der benötigten Schiffe (AS)	1
1.2	Nutzen aus Ersparnissen an Fahrzeugvorhaltungskosten	4
1.3	Nutzen aus Ersparnissen an Betriebsführungskosten	6
1.3.1	Treibstoffkosten	6
1.3.2	Zeitabhängige Betriebsführungskosten	7
1.4	Nutzen aus der Verlagerung	9
1.5	Erhaltung der Verkehrswege	10
1.5.1	NW1 Erneuerungskosten	10
1.5.2	NW2 Instandhaltungskosten	10
1.6	Räumliche Vorteile	11
1.6.1	NR1 Beschäftigungseffekte während der Bauphase	11
1.6.2	NR2 Beschäftigungseffekte während der Betriebsphase	11
1.6.3	NR3 Raumordnerische Vorteile	12
1.6.4	NR4 Förderung internationaler Beziehungen	12
1.7	Nutzen aus Verminderung von Geräusch- und Abgasbelastungen	12
1.7.1	NU1 Verminderung von Geräuschbelastungen	12
1.7.2	NU2 Verminderung von Abgasbelastungen	13
1.8	Kosten/Nutzen-Analyse	14
2	Materialien zur umweltfachlichen Bewertung	16
2.1	Datenbasis	16
2.2	Grundlagen für die umweltfachliche Prognose relevanter Vorhabenswirkungen	19
2.3	Methodik der umweltfachlichen Bewertung	24

Abbildungen

Abb. 1:	Ausschnitt aus der digitalen Bundeswasserstraßenkarte unter Auto-CAD im Untersuchungsraum mit wesentlichen Informationen	17
Abb. 2:	Hierarchisches gewässerökologisches System- und Prozessgefüge für große Flüsse und Ströme - zugehörige Raum-Zeit-Skalen	24
Abb. 3:	Methodik der umweltfachlichen Bewertung	27

Tabellen

Tab. 1:	Grunddaten für Schiffverkehr auf der Elbe	4
Tab. 2:	Vorhaltekosten	5
Tab. 3:	Betriebsführungskosten	8
Tab. 4:	Betriebskosten der Binnenschifffahrt auf den zentralen Relationen	8
Tab. 5:	Kostensätze	9
Tab. 6:	Betriebskosten der Bahn auf den zentralen Relationen	9
Tab. 7:	Nutzen aus Verlagerungspotentialen	10
Tab. 8:	Emissionsfaktoren	13
Tab. 9:	Nutzen der Gütermengenverlagerung	13
Tab. 10:	Gesamtnutzen	14
Tab. 11:	Gesamtkosten	15
Tab. 12:	Datenquellen für die umweltfachliche Bewertung	16
Tab. 13:	Trassierungsparameter der Elbe im Bereich der Reststrecke Dömitz	18
Tab. 14:	Räumliche Wirkungen von Maßnahmen im Zusammenhang mit Bau und Anlage von Bundeswasserstraßen	21
Tab. 15:	Räumliche Wirkungen von Maßnahmen im Zusammenhang mit dem Betrieb von Bundeswasserstraßen	22
Tab. 16:	Abstufung einer prognostischen Funktionsminderung/-aufwertung für die Kriterienkomplexe Morphologie, Flora, Fauna	26

Umweltorientierte Bewertung von Bundeswasserstraßenplanungen

Im Auftrag des Umweltbundesamtes
F+E-Vorhaben Nr. 298 85 106

Projektteilbericht

Ökologische Wirkungsanalysen im Zusammenhang mit Bundeswasserstraßenplanungen

von

Dietmar Mehl
Volker Thiele
Bodo Degen
Anke Wolff

biota - Institut für ökologische Forschung und Planung GmbH
18273 Güstrow, Am Augraben 2

<u>1 Einleitung</u>	4
<u>2 Stand der Bewertung von Umweltzustand und -veränderung an Bundeswasserstraßen</u>	10
<u>2.1 Bewertungsverfahren im Rahmen von Bundeswasserstraßenplanungen</u>	10
<u>2.1.1 Ökologische Risikoeinschätzung im Rahmen der Bundesverkehrswegeplanung</u> ..	10
<u>2.1.2 Beurteilungskriterien und Verfahrensvorschlag des Bundesamtes für Naturschutz für die Bundesverkehrswegeplanung</u> ..	13
<u>2.1.3 Umweltverträglichkeitsprüfung</u> ..	13
<u>2.2 Bewertungsverfahren im Rahmen der naturschutzfachlichen Praxis</u>	15
<u>2.2.1 Verfahren der naturschutzfachlichen Eingriffs-/Ausgleichsbewertung</u>	15
<u>2.2.2 Zielartensysteme und andere Bewertungsinstrumentarien in der naturschutzfachlichen Praxis (Rote Listen, BArtSchV, FFH-Richtlinie, Vogelschutzrichtlinie...)</u> ..	17
<u>2.2.3 Bewertung naturschutzfachlich „wertvoller“ Flächen oder Organismen</u> ..	18
<u>2.2.4 Landschaftsbildbewertung</u>	18
<u>3 Nationaler und internationaler Stand der Fließgewässerbewertung</u>	20
<u>3.1 Grundfragen</u>	20
<u>3.2 Bewertung und Klassifizierung von Fließgewässern nach physiko-chemischen Parametern</u>	20
<u>3.3 Ökomorphologische Bewertungs- und Klassifizierungsverfahren</u>	22
<u>3.4 Saprobielle Indikationsverfahren</u>	23
<u>3.5 Biotische Verfahren</u>	25
<u>3.5.1 Biotische Indices</u>	25
<u>3.5.2 Biotische Scores</u>	26
<u>3.6 Integrierte Verfahren</u>	26
<u>3.6.1 Grundsätze</u>	26
<u>3.6.2 Top-down-Ansatz</u>	28
<u>3.6.3 Bottom-up-Ansatz</u>	28
<u>3.7 Weitere Verfahren</u>	31
<u>3.7.1 Trophieindikation</u>	31
<u>3.7.2 Säureindikation</u>	31
<u>3.7.3 Toxizitätsindikation</u>	32
<u>3.8 Wasserrahmenrichtlinie der Europäischen Union und daraus abgeleitete europäische Normen</u>	32

<u>4 (Fließgewässer-)Ökosystemanalyse</u>	36
<u>4.1 Systemtheorie und -analyse</u>	36
<u>4.2 Systemhierarchien</u>	37
<u>4.3 Dimensionsproblematik</u>	38
<u>4.4 Dynamik von Ökosystemen</u>	38
<u>5 Hierarchisches gewässerökologisches System- und Prozeßgefüge für große Flüsse und Ströme</u>	41
<u>5.1 Grundsätze</u>	41
<u>5.2 Einzugsgebiet/Gewässernetz</u>	44
<u>5.3 Gewässer/Gewässerstrecke</u>	44
<u>5.4 Gewässerabschnitt</u>	45
<u>5.5 Gewässerbereich</u>	45
<u>5.5.1 Gewässerbett</u>	45
<u>5.5.2 Talboden</u>	45
<u>5.5.3 Sonstiger Talraum</u>	46
<u>5.6 Gewässer-/Talboden-Struktur</u>	47
<u>5.6.1 Gewässergrund</u>	47
<u>5.6.2 Freiwasser</u>	47
<u>5.6.3 Uferbereich</u>	47
<u>5.6.4 Aue</u>	47
<u>5.6.5 Niederung</u>	49
<u>5.7 Gewässer-/Talboden- Element</u>	50
<u>5.7.1 Interstitial</u>	50
<u>5.7.2 Feste Gewässersohle</u>	51
<u>5.7.3 Stabil-dynamische Gewässersohle</u>	53
<u>5.7.4 Labil-dynamische Gewässersohle</u>	54
<u>5.7.5 Kies-/Sandbänke</u>	55
<u>5.7.6 Schlamm­bänke</u>	57
<u>5.7.7 Lotische Pelagialbereiche</u>	58
<u>5.7.8 Lenitische Pelagialbereiche</u>	59
<u>5.7.9 Flachwasserzonen in Ufernähe</u>	61
<u>5.7.10 Ufer- und Strandzonen</u>	62
<u>5.7.11 Geröll-/Schotterbänke</u>	63
<u>5.7.12 Uferdämme, Uferwälle</u>	65
<u>5.7.13 Altarme, Altwasser, Kleingewässer</u>	66
<u>5.7.14 Qualmwasserbereiche, Temporärgewässer</u>	67
<u>5.7.15 Temporäre Überschwemmungsflächen</u>	68
<u>5.7.16 Ufer- und Talrandabbrüche</u>	69
<u>5.7.17 Röhrichte</u>	70

<u>5.7.18 Seggenriede</u>	73
<u>5.7.19 Bruchwälder</u>	74
<u>5.7.20 Feuchte Stromtalgrünländer</u>	75
<u>5.7.21 Gebüsche im Feuchtgrünland</u>	76
<u>5.7.22 Weichholz-Auwälder, Weidengebüsche, Galeriewälder</u>	77
<u>5.7.23 Hartholz-Auwälder, Alteichenbestände</u>	79
<u>5.7.24 Trocken- und Halbtrockenrasen, Sandeiche</u>	80
<u>5.7.25 Offensandige Dünen, sandige Pionierfluren</u>	81
<u>5.7.26 Trockengebüsche</u>	82
<u>5.7.27 Brackwasserwatten</u>	84
<u>5.7.28 Süßwasserwatten</u>	85
<u>5.7.29 Flachwassergebiete</u>	86
<u>5.7.30 Brack- und Flußmarschen</u>	87
<u>5.7.31 Einmündungsbereiche von Nebengewässern</u>	88
<u>6 Ökologische und umwelterhebliche Auswirkungen des Verkehrsweges Bundeswasserstraßen</u>	91
<u>6.1 Grundsätze</u>	91
<u>6.2 Vorhabens- bzw. Eingriffstypen</u>	91
<u>6.2.1 Kausalität (Bau-, Anlage- oder Betriebsbedingtheit)</u>	91
<u>6.2.2 Räumliche Wirkungen</u>	92
<u>6.2.3 Zeitliche Wirkungen</u>	93
<u>6.3 Ökologische und umwelterhebliche Auswirkungen durch...</u>	96
<u>6.3.1 Änderung der Linienführung</u>	96
<u>6.3.2 Veränderung des Querprofils</u>	100
<u>6.3.3 Regelungsbauwerke</u>	101
<u>6.3.4 Sohlsicherungsmaßnahmen</u>	104
<u>6.3.5 Fahrwasserverbesserung</u>	105
<u>6.3.6 Ufersicherungsmaßnahmen</u>	107
<u>6.3.7 Bauwerke zur Überwindung von Fallstufen</u>	109
<u>6.3.8 Anlage von Häfen und sonstigen Anlagen für den ruhenden Verkehr</u>	110
<u>6.3.9 Bau von Staustufen</u>	110
<u>6.3.10 Neu- oder Ausbau von Schiffahrtskanälen</u>	115
<u>6.3.11 Unterhaltungsmaßnahmen</u>	120
<u>6.3.12 Schifffahrt</u>	122
<u>6.4 Auswirkungen auf andere Umweltnutzungen</u>	124
<u>7 Quellenverzeichnis</u>	128

1 Einleitung

Bundeswasserstraßen sind gemäß § 1 WaStrG¹ die Binnenwasserstraßen des Bundes, die dem allgemeinen Verkehr dienen, sowie die Seewasserstraßen. Die unter die Kategorie Binnenwasserstraßen fallenden Gewässer bzw. Wasserstraßen sind im einzelnen in der Anlage zu § 1 Abs. 1 Nr. 1 WaStrG aufgeführt (Abb. 1).

Der Aus- und Neubau von Bundeswasserstraßen als Teilbereich verkehrlicher Infrastruktur folgt allgemein einem abgestuften (hierarchischen) Planungsverfahren, das die Ebenen der Bedarfssplanungsplanung, der Linienbestimmung nebst parallelem Raumordnungsverfahren sowie der Planfeststellung umfaßt. Die Planungsstufen der Linienbestimmung und der Planfeststellung sind durch die §§ 13 und 14 WaStrG gesetzlich geregelt, während die Bedarfsplanung fachplanungsrechtlich nicht abgesichert ist.

Der verkehrliche Bedarf als oberste Planungsstufe wird verkehrsträgerübergreifend durch den Bundesverkehrswegeplan (BVWP) festgelegt. Der BVWP befaßt sich aber auch bereits mit groben Linienführungen und Zeithorizonten, bestimmt Dringlichkeitsstufen und Prioritäten, versucht bereits, konkurrierende Belange oder Nutzungen grob auszutarieren und steckt vor allem den finanziellen Rahmen ab.

Die Verkehrsprojekte werden im Rahmen der Bundesverkehrswegeplanung innerhalb einer monetären Kosten-Nutzen-Analyse vergleichend und gesamtwirtschaftlich bewertet, um die jeweiligen Vor- und Nachteile zusammenfassend darzustellen. Die negativen Umweltauswirkungen der Fernverkehrsprojekte werden bislang im BVWP nur im Rahmen von Emissionsbetrachtungen (Lärm, Abgas) berücksichtigt. Für Binnenwasserstraßenprojekte erfolgt zusätzlich eine formalisierte ökologische Risikoeinschätzung durch die Bundesanstalt für Gewässerkunde, deren wesentliches Ziel es ist, mittels einer groben Plausibilitätskontrolle Abwägungsprobleme bei widerstreitenden ökologischen Belangen erkennen zu können und ggf. in diesem Sinne konfliktträchtige Projekte bereits frühzeitig zu identifizieren (BfG 1997a, b). Hierin wird von Seiten des Bundesamtes für Naturschutz eine zu starke Vereinfachung gesehen, da die Bewertung ökologischer Verhältnisse stark einzelfallbezogen durchgeführt werden sollte (BfN & BfG 1997). Relevant sind von daher auch die aktuellen methodischen Weiterentwicklungen der Bundesanstalt für Gewässerkunde, vor allem die Weiterentwicklung der ökologischen Risikoeinschätzung (BfG 2000) sowie deren Testung an einem Fallbeispiel (hypothetischer Ausbau der Nordstrecke des Dortmund-Ems-Kanals).

Um die im Rahmen der BVWP insgesamt sich deutlich ergebenden Defizite bezüglich der Bewertung von Umweltbeeinträchtigungen abzubauen, wurde bereits in einem abgeschlossenen Forschungsvorhaben des Umweltbundesamtes, vor allem für die Verkehrsträger Schiene und Straße, eine Erweiterung der monetären Bewertung von Umweltauswirkungen in der Kosten-Nutzen-Analyse begründet und abgeleitet (AG IWW, IFEU, KuP, PÖU, PTV 1998). In Ergänzung und Fortführung dieses Forschungsvorhabens soll im UBA-Forschungsvorhaben Nr. 298 85 106 schwerpunktmäßig eine vertiefende Betrachtung der Bundeswasserstraßen und der dabei relevanten Planungsproblematik erfolgen. Zum einen sind dafür wissenschaftlich abgesicherte Analysen ökologischer Wirkungszusammenhänge notwendig, zum anderen erfährt die Fragestellung einer monetären Bewertung von Umweltauswirkungen eine immer größere Rolle.

¹ Bundeswasserstraßengesetz (WaStrG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 23. August 1990 (BGBl. I S. 1818)



Abbildung 1: Die Bundeswasserstraßen des Bundes in der Übersicht, Quelle: BMV BW27 Bonn (1996) aus ECKOLDT (1998)

Dieser Teilansatz, umwelterhebliche Aspekte über eine Monetarisierung in gesamtwirtschaftliche Bewertungen einzubringen, entspricht im übrigen den Leitlinien umweltverträglicher und nachhaltiger Entwicklung des 1992 in Rio von mehr als 170 Staaten verabschiedeten Aktionsprogramms für das 21. Jahrhundert. Diese „AGENDA 21“ (1992) fordert die Integration von Umweltaspekten in alle anderen Politikbereiche und sieht u.a. vor, die bisherigen volkswirtschaftlichen künftig durch integrierte umweltökonomische Gesamtrechnungen abzulösen, um so im Rahmen nationaler Entwicklungsplanungen frühestmöglich Belange der Erhaltung natürlicher Ressourcen sowie der Bewahrung der natürlichen Umwelt in die Entscheidungsfindung einzubringen. Auch Art. 20 a GG² verpflichtet Gesetzgebung, Verwaltung und Rechtssprechung, im Rahmen der ihnen jeweils obliegenden Aufgaben die natürlichen Lebensgrundlagen zu schützen, so daß dieser Verfassungsgrundsatz auch bereits auf der fachplanerischen Ebene der verkehrlichen Bedarfsplanung Berücksichtigung finden muß (AG BOSCH & PARTNER, ARSU, WOLF 1998).

Von besonderer Relevanz sind für die gesamte Thematik Neu- und Ausbau sowie Betrieb von Bundeswasserstraßen die gesetzlichen Anforderungen des Gewässerschutzes. So bestimmt das Wasserhaushaltsgesetz (WHG³) in der Bundesrepublik Deutschland die rahmenrechtliche Verpflichtung zur Bewirtschaftung der Gewässer unter Wahrung ökologischer Belange (§ 1a WHG):

„Die Gewässer sind als Bestandteile des Naturhaushaltes und als Lebensraum für Tiere und Pflanzen zu sichern. Sie sind so zu bewirtschaften, daß sie dem Wohl der Allgemeinheit und im Einklang mit ihm auch dem Nutzen einzelner dienen und vermeidbare Beeinträchtigungen ihrer ökologischen Funktion unterbleiben.“

Die Bewirtschaftung der Gewässer als Bestandteil des Naturhaushalts soll sich insbesondere bei oberirdischen Gewässern auch auf die Erhaltung oder Wiederherstellung eines möglichst naturnahen Zustandes erstrecken.

Das Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG⁴) schließt in § 2 „Grundsätze des Naturschutzes und der Landschaftspflege“ unter Absatz (6) Schutz, Erhaltung, Pflege und Wiederherstellung naturnaher Fließgewässer ein. Daneben bestimmt das BNatSchG den Schutz von zahlreichen Gewässer- und Uferbiotopen und den allgemeinen Artenschutz. Das Wassergesetz der Länder und die Landesnaturschutzgesetze konkretisieren diese Bundesregelungen.

Zu den allgemein anerkannten Umweltqualitätszielen zählen:

- die Erhaltung der Leistungsfähigkeit des Naturhaushalts,
- die Sicherung der Nutzungsfähigkeit der Naturgüter,
- der Schutz und die Erhaltung der Pflanzen- und Tierwelt sowie

² Grundgesetz für die Bundesrepublik Deutschland vom 23. Mai 1949 (BGBl. S. 1), zuletzt geändert durch Gesetz zur Änderung des Grundgesetzes vom 27.10.1994 (BGBl. S. 3146)

³ Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz - WHG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 18. November 1996 (BGBl. I S. 1695, zuletzt geändert durch Gesetz vom 25.8.1998, BGBl. I S. 2455)

⁴ Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege (Bundesnaturschutzgesetz - BNatSchG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 12.03.1987 (BGBl. I S. 889, geändert durch Gesetz vom 12.02.1990, BGBl. I S. 205)

- die Bewahrung der Vielfalt, der Eigenart und der Schönheit von Natur und Landschaft.

Speziell für Fließgewässer hat die Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) als Empfehlung Ziele und Kriterien der Gewässergüte aufgestellt. Dabei ist das allgemein angestrebte Güteziel für Fließgewässer in der Bundesrepublik Deutschland die Gewässergüteklasse II.

Die heutigen Ziele des Gewässerschutzes in der Bundesrepublik Deutschland sind (LAWA 1996a):

- Erhaltung möglichst zahlreicher,
- von der Mündung bis zur Quelle durchgängiger,
- naturnaher Gewässersysteme,
- eine nachhaltige Reduzierung der Schadstoff- und Nährstoffbelastung sowie
- die Erhaltung der natürlichen Beschaffenheit des Grundwassers.

Dabei sind Belastungsfaktoren leitbildorientiert zu erfassen und darzustellen. Zudem sind die Prioritäten im Gewässerschutz insgesamt unter Berücksichtigung einer ganzheitlichen Betrachtung neu zu definieren. Eine wesentliche Neubestimmung der Aufgaben des Gewässerschutzes wurde durch die Länderarbeitsgemeinschaft Wasser von daher in der sogenannten „Stralsunder Erklärung für den Gewässerschutz“ (LAWA 1996b) vorgenommen.

Auch der Gewässerschutz in der Europäischen Union (EU) wurde aktuell auf eine neue rechtliche und fachlich weitreichende Grundlage gestellt (WRRL⁵). Strategische Hauptziele der europäischen Wasserpolitik sind damit:

- ⇒ *Schutz und Verbesserung der aquatischen Ökosysteme*
- ⇒ *Förderung einer nachhaltigen Nutzung der Wasserressourcen*
- ⇒ *Verringerung der Auswirkungen bei Dürre und Hochwasser*

Mit Hilfe der WRRL sollen ein guter ökologischer und chemischer Zustand der Oberflächengewässer sowie ein guter quantitativer und chemischer Zustand des Grundwassers erreicht werden. Damit sollen Beiträge geleistet werden zu

- einer stetigen Verringerung der Gewässerverschmutzung durch gefährliche Stoffe,
- der Verwirklichung der Ziele der internationalen Meeresschutzübereinkommen,
- einer Verminderung der Auswirkungen von Hochwasser und Dürren und
- einer Einführung des Grundsatzes der Kostendeckung bei der Wassernutzung einschließlich umwelt- und ressourcenbezogener Kosten („Integrierte umweltökonomische Gesamtrechnungen“)

Eine flusseinzugsgebietsbezogene Ausrichtung wasserwirtschaftlicher Planung und Umsetzung, d.h. die Bewirtschaftung nach Flusseinzugsgebieten, ist mit der WRRL zum zentralen Element der europäischen Gewässerschutzpolitik erhoben. Neben den Konsequenzen für die rechtliche Umsetzung der WRRL (Bundes- und Landesrecht) werden mit der Richtlinie zahlreiche fachli-

⁵ Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik, Amtsblatt der EG Nr. L 327/1 vom 22.12.2000

che Probleme aufgeworfen, die u.a. bei der Aufstellung und Durchführung von wasserwirtschaftlichen Fachplanungen zu beachten sind. Die Regelungen und Anforderungen der WRRL gelten grundsätzlich auch für die Bundeswasserstraßen. Lediglich durch eine objektiv zu begründende Ausweisung von Wasserstraßen als erheblich veränderte oder künstliche Gewässer gemäß Anhang V WRRL können geringere Anforderungen geltend gemacht werden (Artikel 4 WRRL).

Eine wesentliche und nachstehend interessierende Frage ist folglich auch die Überprüfung der derzeit an Bundeswasserstraßen angewandten Bewertungsverfahren unter ökologischen und rechtlichen Aspekten (vgl. SCHMITZ 1998) sowie unter der unbestreitbaren Maßgabe nachhaltiger Entwicklung und konsequenter Bewahrung der natürlichen Umwelt entsprechend den oben genannten gesetzlichen Anforderungen.

Vielfach stehen im Mittelpunkt der Landschaftsforschung die Folgewirkungen anthropogentechnogener Einwirkungen auf den Naturraum (HAASE 1979). Hierbei sollte nicht die Tatsache der Störung natürlicher Systeme und ihrer Funktionsfähigkeit an sich von erheblicher Bedeutung sein (da das Anthroposystem Teil des Landschaftsökosystems ist, vgl. LESER 1991). Es ist vielmehr das Maß ihrer Wirkung, also der Intensitätsgrad und die Richtungswirkung der anthropogenen Umwelteinwirkungen als ausschlaggebend anzusehen (KLOSTERMANN 1981).

Gerade die Benutzung von natürlichen Fließgewässern als Wasserstraße führt zu einem Basiskonflikt, da die natürlichen Fließgewässer zu den dynamischsten und raum-zeitlich veränderlichsten Ökosystemen überhaupt gezählt werden müssen, während andererseits die Schifffahrt möglichst gleichbleibende (statische) Verhältnisse benötigt. Dieser Antagonismus zwischen natürlich hoher Systemdynamik und der für Schifffahrt vorteilhaften Fixierung von Systemzuständen (möglichst gleichbleibende Wasserstände, Fahrwasser- und Uferstabilität etc.) bedarf im Sinne nachhaltigen Umweltschutzes ökologisch und gesamtwirtschaftlich begründeter Lösungsansätze. Zu klären sind aus dieser Verantwortung heraus vor allem solche Fragen wie die Belastbarkeit ökologischer Systeme sowie die Reversibilität und Komplexität von Eingriffen.

„Ökologische Wirkungsanalysen von Bundeswasserstraßenplanungen“ als Teilaspekt des Forschungsvorhabens „Umweltorientierte Bewertung von Bundeswasserstraßenplanungen (F+E-Vorhaben Nr. 298 85 106 im Auftrag des Umweltbundesamtes) sollen naturwissenschaftlich begründete Zusammenhänge zwischen Anlage, Bau und Betrieb von Bundeswasserstraßen und deren geo- und bioökologischen Auswirkungen zusammenfassend beschreiben und analysieren, um signifikante Ursache-Wirkung-Beziehungen herauszuarbeiten.

Die Voraussetzungen zur Lösung dieser Aufgabe sind angesichts der vorhandenen Erkenntnisse verhältnismäßig gut, auch wenn das Gros entsprechender wissenschaftlicher Arbeiten unter speziellen Aspekten erhoben wurde. Neben einer Relevanzuntersuchung muß daher auch eine Systematisierung und Verdichtung der zahlreichen Einzelarbeiten erfolgen. Hingegen existiert auch eine Anzahl von inhaltlich oder naturräumlich übergreifenden Veröffentlichungen. Gute Zusammenstellungen und Auswertungen zum Stand der Ökosystemforschung an einzelnen Strömen und Flüssen oder in besonderen Landschaftsräumen finden sich u.a. bei KINZELBACH & FRIEDRICH (1990), IKSE (1994), TITTIZER et al. (1995a), LOZAN & KAUSCH (1996), TITTIZER & KREBS (1996) und PETERMEIER et al. (1996). Eine sehr inhaltsreiche Darstellung zur Geschichte der deutschen Wasserstraßen bildet zudem die Arbeit von ECKOLDT (1998).

Zu den Randbedingungen der Themenbearbeitung müssen all jene Faktoren gezählt werden, die wesentlich die Untersuchungstiefe, die Kriterien- und Methodenwahl u.a. beeinflussen. Hierzu muß man insbesondere rechnen:

- Transparenz und Nachvollziehbarkeit (Plausibilität)
- naturwissenschaftliche Begründetheit
- Sensitivität von Kriterien und Bewertungen
- Maßstabsabhängigkeit der Untersuchungsfähigkeit (Dimensionsfrage)
- rechtliche Konformität

Zu betonen ist, daß es angesichts der komplexen ökologischen Realität und des hohen Spezialisierungsgrades der einzelnen Fachwissenschaften keine allgemein befriedigenden Unterteilungen, Unterscheidungen, Zuordnungen etc. geben kann. Man muß zudem von einer erheblichen „Relativität“ vieler Betrachtungen ausgehen und deshalb trotz vieler Gemeinsamkeiten die letztlich individuelle Ausprägung ökologischer Phänomene beachten.

Auch werden im weiteren teilweise Unterscheidungen zwischen einer „ökologischen“ und einer eher „naturschutzfachlichen“ Betrachtung bzw. Herangehensweise getroffen. Keinesfalls soll damit ein gleichsam unerwünschter umweltpolitischer Kontrast erzeugt werden, doch müssen den Erfahrungen und Zielstellungen nach trotz der großen Gemeinsamkeiten und Überschneidungen zumindest Teilfragen offensichtlich von beiden Seiten betrachtet werden. In praxi werden beispielsweise Fragestellungen des naturschutzfachlichen Artenschutzes teilweise völlig losgelöst von ökosystemaren Wirkungsbeziehungen behandelt, so daß ökologisch befriedigende Lösungen im Hinblick auf Landschaftsentwicklungen verhindert werden. Hierbei ist nicht unwesentlich, daß viele heute seltene und bestandsbedrohte Pflanzen- und Tierarten im engeren Sinne Kulturfolger darstellen, also keineswegs durch ihr Vorkommen „automatisch“ eine intakte natürliche Umwelt anzeigen.

Eine ökologische Herangehensweise orientiert ausschließlich auf ökosystemare Kriterien wie Funktionsfähigkeit, dynamische Stabilität, abiotisches und biotisches Faktorengefüge etc., betont damit sowohl naturwissenschaftlich als auch in der praktischen Anwendung die räumlich-funktionalen Aspekte natürlicher oder weitestgehend natürlicher Geobiozöten. LESER (1991) definiert denn auch treffend die Ökologie als die Wissenschaft von den Wechselbeziehungen zwischen den Organismen untereinander, zu ihrer Umwelt und deren Geoökofaktoren. Organismengemeinschaften und ihre unbelebte Umwelt sind in der Natur durch vielfache Wechselbeziehungen strukturell und funktionell verflochten (LARCHER 1984). Dieses ganzheitliche Wirkungsgefüge von Lebewesen und deren anorganischer Umwelt ist bis zu einem gewissen Grade zur Selbstregulation fähig (ELLENBERG 1973, zit. nach LARCHER 1984). Diese Selbstregulationsfähigkeit bildet einen zentralen Punkt bei der Untersuchung ökologischer Wirkungszusammenhänge und ist untrennbar verbunden mit der Frage nach Raum-Zeit-Skalen ökologischer Prozesse.

2 Stand der Bewertung von Umweltzustand und -veränderung an Bundeswasserstraßen

2.1 Bewertungsverfahren im Rahmen von Bundeswasserstraßenplanungen

2.1.1 Ökologische Risikoeinschätzung im Rahmen der Bundesverkehrswegeplanung

Da beabsichtigt ist, den Ausbaubedarf des Bundeswasserstraßennetzes künftig analog zu den Straßen- und Schienenbauprojekten durch Gesetz zu beschließen, hat die Bundesanstalt für Gewässerkunde methodisch eine ökologische Risikoeinschätzung entwickelt, die auf die jeweiligen Projekte angewandt wird (BfG 1997b). Ziel dieser Risikoeinschätzung ist es, auf der Grundlage von Erkenntnissen über Art und Umfang der Maßnahme und möglicher Auswirkungen des jeweiligen BVWP-Vorhabens, eine Abschätzung der Raumbedeutung, der Empfindlichkeit betroffener Bereiche sowie des voraussichtlichen Konfliktpotentials zu geben. Konzipiert ist die ökologische Risikoeinschätzung als eine Form grober Plausibilitätskontrolle. Damit sollen Abwägungsprobleme bei gegensätzlichen ökologischen Belangen frühzeitig erkannt werden und in diesem Sinne kritische Projekte herausgefiltert werden. Die ökologische Risikoeinschätzung entspricht methodisch in etwa dem Vorgehen, das in der ökologischen Risikoanalyse bei Umweltverträglichkeitsprüfungen vorgenommen wird (s.u.) oder auch bereits seit Jahren in entsprechender Form als Instrumentarium in der Landschaftsplanung eingesetzt wird (z.B. BACH-FISCHER et al. 1977).

BfG (1997b) stellt für die ökologische Risikoeinschätzung für Bundeswasserstraßenprojekte auf der Ebene der Bedarfsplanung folgende Aspekte heraus:

- die ökologische Risikoeinschätzung geht von einer großräumigen und damit entsprechend groben Betrachtungsweise der Maßnahmen an den Wasserstraßen aus
- die ökologische Beurteilung der Vorhaben, die sich hinsichtlich der konkreten Gestaltungsform noch im Planungsstadium befinden, wird gestützt von den Erkenntnissen aus vergleichbaren durchgeführten Maßnahmen an Bundeswasserstraßen
- es handelt sich um eine grobe Plausibilitätskontrolle, insbesondere um widerstreitende Belange des Naturschutzes und der Wasserwirtschaft
- die eigentliche Abwägung widerstreitender Belange nach der Eingriffsregelung gemäß § 8 BNatSchG⁶ erfolgt erst im Planfeststellungsverfahren
- die Einordnung bestimmter Baumaßnahmen in verschiedene Bewertungskategorien ist lediglich ein Hilfsmittel und stellt keine abschließende Bewertung dar, damit wird demnach keine Vorentscheidung über die endgültige Umweltverträglichkeit des Vorhabens gefällt, noch stellt dieses eine Vorwegnahme von Entscheidungen der nachfolgenden Planungen und Verfahren dar

Grundlage der ökologischen Risikoeinschätzung bilden jeweils Vorhabensbeschreibungen des Bundesverkehrsministeriums, Abteilung Binnenschifffahrt und Wasserstraßen, mit den technischen Angaben zum Projekt (u.a. Kartenwerk mit den zu planenden Gewässerstecken). Zur

⁶ Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege (Bundesnaturschutzgesetz - BNatSchG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 12. März 1987 (BGBl. I S. 889, zuletzt geändert durch Gesetz vom 30.4.1998, BGBl. I S. 823)

2 Stand der Bewertung von Umweltzustand und -veränderung an Bundeswasserstraßen

Beurteilung werden alle wichtigen Informationen zu Schutzgebieten, Ressourcen, Umweltnutzungen etc. sowie alle verfügbaren Daten (Gutachten, Studien...) beschafft und ausgewertet.

Tabelle 1: Arbeitshilfe zur Einschätzung von Art und Umfang der Maßnahmen (BfG 1997b)

Art und Umfang der Maßnahme	Teilmaßnahmen	
	Fließgewässer	Kanal
I „gering“	vereinzelt, lokale Vertiefung der Fahrrinne, keine oder sehr geringe Beanspruchung von Flachwasserzonen, keine oder geringe ausbaubedingte Änderung der Wasserspiegellagen, geringer Verbrauch an terrestrischer Fläche, Ersatz, Neubau von Bauwerken an gleicher Stelle, anfallendes Baggergut kann weitestgehend im Wirtschaftskreislauf verwendet werden	Vertiefung der Kanalsohle und/oder Profilerweiterung mit geringem Verbrauch an terrestrischer Fläche, geringe Änderung der Wasserspiegellage, problemlose Unterbringung des Bagger- und Abtragsmaterials in Bezug auf Menge und Beschaffenheit
II „mittel bis hoch“	streckenweise Vertiefung und Verbreiterung der Fahrrinne, Querschnittsaufweitung in engen Krümmungen, teilweise Abgrabung von Flachwasserbereichen und Uferrückverlegungen mit geringem Flächenverbrauch, streckenweise Neubau von Ufersicherungen, vereinzelt Neubau von Quer- und Längsbauwerken (z.B. Buhnen, Leitwerke), ausbaubedingte Änderung der Wasserspiegellagen unter weitgehender Beibehaltung der bestehenden Abflußdynamik, z.B. Stauerhöhung an vorhandenem Wehr, Einbau von Sohl-schwellen, mittlerer terrestrischer Flächenverbrauch durch Bauwerke, Ausbau eines Schleusenkanals, umfangreiche Baggerungen mit Unterbringungskonzept erforderlich	Vertiefung und Profilerweiterung mit großem Flächenverbrauch, in der Regel einseitiger Ausbau, meist deutliche Änderung der Wasserspiegellage, zusätzlicher Flächenverbrauch durch Schleusenneubau oder Erweiterung bestehender Anlagen, Unterbringungskonzept für große Mengen anfallenden Baggergutes
III „sehr hoch“	umfangreiche flächenhafte Vertiefungen, Abgrabungen, vielfache Uferrückverlegungen, an vielen Stellen Neubau verschiedener, ausgedehnter Stromregulierungsmaßnahmen (Buhnen, Leitwerke), durchgängige Ufersicherungen, hoher Flächenverbrauch für Bauwerke, Durchstiche, Seitenkanäle, deutliche Veränderung der Wasserspiegellage durch Stauerrichtung, Unterbringungskonzept für große Mengen anfallendes oder stark belastetes Baggergut	Anlage neuer Kanalabschnitte oder Neutrassierung von Kanälen mit sehr hohem Flächenverbrauch

Da beim Wasserstraßenausbau die Linie bzw. Trasse im allgemeinen feststehend ist (z.B. Fließgewässer), müssen die in der Trasse vorhandenen Konfliktbereiche jeweils mit ihrer individuellen Problemlage bewertet werden. Bewertungsgrundlagen sind dabei

- Art und Umfang von Maßnahmen (s. Tab. 1),

2 Stand der Bewertung von Umweltzustand und -veränderung an Bundeswasserstraßen

- Empfindlichkeit des Raumes gegenüber Eingriffen bzw. Auswirkungen sowie
- Raumbedeutung und Konfliktbereiche.

Für die vorhabensspezifische Bewertung wurde eine dreistufige Matrix entwickelt, deren Ergebnisse sich letztlich in aggregierter Form in einer zusammenfassenden Matrix widerspiegeln (Tab. 2) und die EndEinstufung ermöglichen (Tab. 3).

Tabelle 2: Wirkungszusammenhang zwischen Raumempfindlichkeit und Art/Umfang der Maßnahme als formalisiertes Verfahren (BfG 1997b)

Empfindlichkeit des Raumes und Konfliktpotential		Art und Umfang der Maßnahme		
		I	II	III
		gering	mittel	stark
A	Bereiche mit geringer bis mittlerer Empfindlichkeit und geringem bis mittlerem Konfliktpotential	A I	A II	A III
B	Bereiche mit hoher Empfindlichkeit und besonderem Konfliktpotential 1)	B I	B II	B III
C	Bereiche mit sehr hoher Empfindlichkeit und besonders hohem Konfliktpotential 2)	C I	C II	C III
1, 2) z.B. ökologisch hochwertige Lebensräume, Schutzgebiete werden berührt, in besonderen Konfliktsituationen auch Schutzgebiete in unmittelbarer Nachbarschaft oder anthropogene Vorbelastung				

EndEinstufung in Gruppe 1

EndEinstufung in Gruppe 2

EndEinstufung in Gruppe 3

Tabelle 3: Bewertungsmatrix zur Ermittlung der EndEinstufung (BfG 1997b)

Bewertung der Matrixfelder		
Gruppe	Zuordnung	Bewertung
G1	A I, A II, A III, B I, C I	Es kann eine ökologisch tragbare und relativ konfliktarme Realisierung mit entsprechenden Ausgleichsmaßnahmen erwartet werden.
G2	B II, B III, C II	Planung mit erkennbaren erheblichen Problemhäufungen, Planung verlangt Überarbeitung und/oder Realisierung umfangreicher Ausgleichsmaßnahmen
G3	C III	Aus Umwelt- und Naturschutzgesichtspunkten nicht vertretbar

2 Stand der Bewertung von Umweltzustand und -veränderung an Bundeswasserstraßen

Derzeit ist die Bundesanstalt für Gewässerkunde dabei, die ökologische Risikoeinschätzung methodisch weiterzuentwickeln (BfG 2000), wobei bereits eine Testung an einem Fallbeispiel stattgefunden hat (hypothetischer Ausbau der Nordstrecke des Dortmund-Ems-Kanals zwischen km 138,3 und km 212,5). Im wesentlichen erscheint bei dieser „neuen“ Form der ökologischen Risikoeinschätzung vor allem die Datenbasis breiter und objekt konkreter. Zudem wird die Risikoeinschätzung zunächst in die Fachbeiträge Hydrologie, Wasserbeschaffenheit und Stoffhaushalt, Gewässermorphologie, Grundwasser, Böden und Sedimente, Vegetation und Landschaftsbild sowie Fauna aufgliedert und erst abschließend zusammengefaßt.

2.1.2 Beurteilungskriterien und Verfahrensvorschlag des Bundesamtes für Naturschutz für die Bundesverkehrswegeplanung

Gegenüber der oben geschilderten Verfahrensweise geht das Bundesamt für Naturschutz davon aus, daß eine Raumeinschätzung für von Wasserstraßenausbaumaßnahmen betroffene Bereiche ohne die Einwirkungen Dritter vorgenommen werden sollte, d.h. nur auf den Ist-Zustand und das Entwicklungspotential bezogen (BfN & BfG 1997). Dabei wird dem funktionalen Zusammenhang mit den Verhältnissen des Talbodens (Aue, Niederung) eine hohe Bedeutung zuteil (Tab. 4).

Tabelle 4: Arbeitshilfe zur Einschätzung des Raumes (BfN & BfG 1997)

Funktionale Raumeinschätzung (BfN):	Kategorie	Raumempfindlichkeit (BfG):
Keine oder geringe Abhängigkeit der grund- und oberflächenwasserbestimmten Standorte von der Auendynamik	A	Bereiche geringer bis mittlerer Empfindlichkeit und geringem bis mittlerem Konfliktpotential
Mittlere Abhängigkeit der grund- und oberflächenwasserbestimmten Standorte von der Auendynamik	B	Bereiche mit hoher Empfindlichkeit und besonderem Konfliktpotential
Hohe bis sehr hohe Abhängigkeit der grund- und oberflächenwasserbestimmten Standorte von der Auendynamik	C	Bereiche mit sehr hoher Empfindlichkeit und besonderes hohem Konfliktpotential

Zudem hat das Bundesamt für Naturschutz Beurteilungskriterien und methodische Ansätze für die Auswirkungen des Neu- und Ausbaus von Bundeswasserstraßen auf Natur und Landschaft erarbeiten lassen (AG BOSCH & PARTNER, ARSU, WOLF 1998). Hierbei werden matrixgestützt relevante Auswirkungen des Neu- und Ausbaus von Bundeswasserstraßen hinsichtlich der Einwirkungsintensität auf sogenannte „gewässer-auenökologische Funktionskomplexe“ (Hydrologie, Morphologie, Gewässer-Aue sowie Stoffhaushalt und biotische Ausstattung) bewertet und in eine anschließende monetäre Bewertung implimentiert.

2.1.3 Umweltverträglichkeitsprüfung

Für den Bereich der Bundeswasserstraßen hat das Bundesministerium für Verkehr (BMV) im Jahre 1994 eine Richtlinie zur Durchführung von Umweltverträglichkeitsprüfungen an Bundeswasserstraßen erlassen (BfG 1996). Diese Richtlinie, an deren Erarbeitung die Bundesanstalt

2 Stand der Bewertung von Umweltzustand und -veränderung an Bundeswasserstraßen

für Gewässerkunde wesentlich beteiligt war, entspricht den gesetzlichen Bestimmungen des UVPG⁷. Das UVPG setzt von seiner Intention her die gemäß Richtlinie des Rates der Europäischen Gemeinschaften (UVP-EG-Richtlinie⁸) geforderte Prüfung von umwelterheblichen Auswirkungen bei öffentlichen und privaten Projekten in bundesdeutsches Recht um. Dabei richtet sich das UVPG nach den durch die UVP-EG-Richtlinie vorgegebenen Hauptcharakteristika der Umweltverträglichkeitsprüfung:

- ⇒ Durchführung der UVP innerhalb eines behördlichen (Zulassungs-)Verfahrens
- ⇒ Ermittlung, Beschreibung und Bewertung der unmittelbaren und mittelbaren umwelterheblichen Auswirkungen eines Projektes auf bestimmte Umweltgüter und deren Wechselwirkungen
- ⇒ Mindestanforderungen an die vom Vorhabensträger vorzulegenden Unterlagen (unter Berücksichtigung von Erfordernis und Zumutbarkeit)
- ⇒ Einbeziehung der Öffentlichkeit
- ⇒ Information über das Verfahrensergebnis

In der Anlage zu § 3 UVPG werden alle Vorhaben aufgeführt, die in Deutschland einer UVP unterzogen werden müssen. Die Bundesländer können weitere Vorhaben dieser UVP-Verpflichtung unterwerfen. Zur Ausführung des UVPG wurde die UVP-Verwaltungsvorschrift (UVPVwV⁹) erlassen, die Verfahrensschritte für die Verwaltungen von Bund und Länder bestimmt. Diese Vorschriften umfassen

- Kriterien und Verfahren zur Ermittlung, Beschreibung und Bewertung von Umweltauswirkungen gemäß § 2 UVPG,
- Grundsätze für die Unterrichtung über den voraussichtlichen Untersuchungsrahmen gemäß § 5 UVPG und
- Grundsätze für die zusammenfassende Darstellung der Umweltauswirkungen gemäß § 11 UVPG sowie die abschließende Bewertung gemäß § 12 UVPG.

In der UVPVwV wird unter 0. „Allgemeine Regelungen“, 0.3 „Auswirkungen auf die Umwelt“ eine Begriffsbestimmung der umwelterheblichen Auswirkungen vorgenommen:

„Auswirkungen auf die Umwelt im Sinne des § 2 Abs. 1 Satz 2 UVPG sind Veränderungen der menschlichen Gesundheit oder der physikalischen, chemischen oder biologischen Beschaffenheit einzelner Bestandteile der Umwelt oder der Umwelt insgesamt, die von einem Vorhaben im Sinne der Anlage zu § 3 UVPG verursacht werden. Auswirkungen auf die Umwelt können je nach den Umständen des Einzelfalles

⁷ Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG) in der Fassung vom 12. Februar 1990 (BGBl. I S. 205, zuletzt geändert durch Gesetz vom 18. August 1997, BGBl. I S. 2081)

⁸ Richtlinie des Rates vom 27. Juni 1985 über die Umweltverträglichkeitsprüfung bei bestimmten öffentlichen und privaten Projekten (85/337/EWG), (ABl. EG Nr. L 175/40)

⁹ Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Ausführung des Gesetzes über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPVwV) vom 18. September 1995, GMBI 1995 Nr. 32, S. 671 ff.

- a) *durch Einzelursachen, Ursachenketten oder durch das Zusammenwirken mehrerer Ursachen herbeigeführt werden,*
- b) *Folgen insbesondere der Errichtung oder des bestimmungsgemäßen Betriebes eines Vorhabens sein, ferner Folgen von Betriebsstörungen oder von Störungen oder Unfällen, soweit eine Anlage hierfür auszulegen ist oder hierfür vorsorglich Schutzvorkehrungen vorzusehen sind,*
- c) *kurz-, mittel- und langfristig auftreten,*
- d) *ständig oder nur vorübergehend vorhanden sein,*
- e) *aufhebbar (reversibel) oder nicht aufhebbar (irreversibel) sein und*
- f) *positiv oder negativ - das heißt systemfördernd (funktional) oder systembeeinträchtigend (disfunktional) - sein.“*

BfG (1996) stellt alle rechtlichen und methodischen Informationen zur Durchführung von Umweltverträglichkeitsprüfungen an Bundeswasserstraßen zusammen. Im Rahmen der durchzuführenden Umweltverträglichkeitsuntersuchungen (UVU) bzw. der Erarbeitung von Umweltverträglichkeitsstudien (UVS) werden die verbal-argumentative Methode, die ökologische Risikoanalyse oder Mischformen zur Bewertung der Umweltauswirkungen bevorzugt. Des weiteren werden inhaltlich umfassend methodische Grundlagen, Arbeitsschritte, relevante Vorschriften und Bestimmungen, gesicherte Prüfungs- und Beurteilungsmethoden u.v.m. dargestellt.

2.2 Bewertungsverfahren im Rahmen der naturschutzfachlichen Praxis

2.2.1 Verfahren der naturschutzfachlichen Eingriffs-/Ausgleichsbewertung

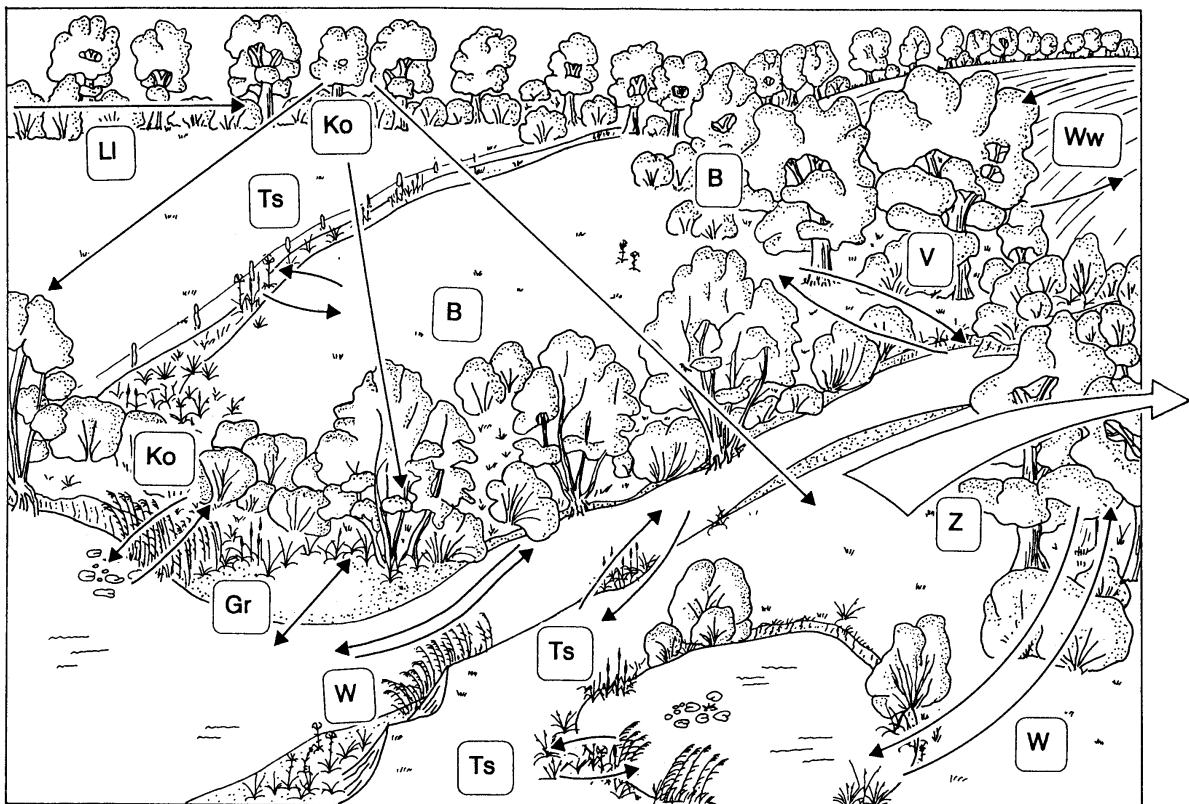
Eingriffe in Natur und Landschaft sind Veränderungen der Gestalt oder Nutzung von Grundflächen, die die Leistungsfähigkeit des Naturhaushalts oder das Landschaftsbild erheblich oder nachhaltig beeinträchtigen können (§ 8 BNatSchG). Im BNatSchG schreibt der Gesetzgeber vor, daß vermeidbare Beeinträchtigungen zu unterlassen sind und unvermeidbare innerhalb einer bestimmten Frist durch Maßnahmen des Naturschutzes und der Landschaftspflege auszugleichen sind. Eingriffe können zum einen Vorhaben sein, die nach § 3 UVPG einer Umweltverträglichkeitsprüfung unterliegen und damit den Anforderungen des UVPG entsprechen müssen. Andererseits sind Eingriffe, die aufgrund eines nach öffentlichem Recht vorgesehenen Fachplanes vorgenommen werden, im einzelnen im Fachplan oder in einem landschaftspflegerischen Begleitplan darzustellen. Dieses gilt auch für die Eingriffe, die sich im Zusammenhang mit dem Neu- und Ausbau von Bundeswasserstraßen ergeben (vgl. u.a. LIEBENSTEIN et al. 1995 zur Feststellung von Kompensationsbedarf und -maßnahmen für den Saarausbau in Rheinland-Pfalz).

Geeignete Modelle sollen die Schwere und das Ausmaß eines Eingriffes ermitteln und darauf aufbauend sinnvolle Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen zur Kompensation der Eingriffsfolgen ausweisen. Solche Bewertungsmodelle (z.B. Hamburger Modell 1991, vgl. ANONYMUS 1991, LANA-Modell 1994, 1996a, b, Hessisches Modell 1995, vgl. ANONYMUS 1995, Mecklenburg-Vorpommern Modell 1998) sind im wesentlichen Score-Verfahren und mittlerweile zentrale Instrumentarien der Eingriffs- und Ausgleichsregelung gemäß Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG). Die Verfahren gehen überwiegend vom „Wert“ einzelner flächenmäßig erfaßter

2 Stand der Bewertung von Umweltzustand und -veränderung an Bundeswasserstraßen

Biotop- und Nutzungstypen aus, wobei sie häufig Gehölzstrukturen mit in die Bewertung einbeziehen, und kommen zu monetären Gesamtaussagen.

Die Hauptproblematik der Eingriffs-/Ausgleichsbilanzierung besteht in der überwiegenden statischen Fixierung auf die Veränderung „der Gestalt oder Nutzung von Grundflächen“ (§ 8 BNatSchG), so daß das ökosystemare Beziehungsgeflecht weitgehend unberücksichtigt bleiben muß (Abb. 3).



Es bedeuten:

B = Biotopbesiedelnde Arten; räumliche Verknüpfung zu benachbarten Biotopen durch Nahrungsbeziehung, hier Funktion als Beute

Gr = Biotopwechsel in einem sich jahres- oder tageszeitlich verändernden Gradienten (z.B. bestimmtes Mikroklima: Laufkäfer)

Ko = Komplexbesiedler (z.B. Greifvögel, Fledermäuse, Fischotter)

LI = Leitliniennutzung durch wandernde Arten

Ts = Teilsiedler (z.B. Libellen, Eintagsfliegen, Köcherfliegen, blütenbesuchende Hautflügler und Schmetterlinge)

V = Vermeidung pessimaler Situationen (z.B. Uferlaufkäfer, Spinnen)

W = Wanderstrecke (z.B. Aal, Bachneunauge, Amphibien)

Ww = Biotopwechsel aufgrund eines Wirtswechsels (z.B. Blattlausarten)

Z = Zugstrecke/Rastgebiet (z.B. Zugvögel, wandernde Schwebfliegen und Schmetterlinge)

Abbildung 3: Auswahl von durch Tierarten bzw. -gruppen repräsentierten räumlich-funktionalen Beziehungen in einem Landschaftsausschnitt (Modell, nach RIECKEN 1992, aus RIECKEN 1994)

2.2.2 Zielartensysteme und andere Bewertungsinstrumentarien in der naturschutzfachlichen Praxis (*Rote Listen, BArtSchV, FFH-Richtlinie, Vogelschutzrichtlinie...*)

Sowohl Zielartenmodelle als auch in Gesetzen und Empfehlungen formulierte Einordnungen von Arten in Schutz- und Gefährdungskategorien basieren auf regionalen Verbreitungsmustern der Taxa. Ziel ist in beiden Fällen der Schutz seltener und gefährdeter Arten. Für Räume mit entsprechend seltenen Arten werden besondere Maßnahmen des Naturschutzes und der Landschaftspflege abgeleitet. Im Regelfall werden solche Landschaftsräume damit in entsprechende „Sensibilitätskategorien“ eingeordnet. Der Artenschutz wird zum bestimmenden Faktor eines Nicht-Veränderungsgebotes.

Bei Zielartensystemen (z.B. für Fischotter, Biber, Laufkäfer) soll der Zustand der Tier- oder Pflanzenpopulation bewertet werden, um später über Langzeitmonitorings ihre Entwicklung abschätzen und darauf basierend eine Erfolgskontrolle vornehmen zu können. Zur Auswahl solcher Arten oder -kollektive und deren Zuordnung zu Prioritätsstufen dienen dabei in erster Linie Kriterien wie

- die Zeigerfunktion für wichtige Biotop- bzw. Raumqualitäten,
- der Bindungsgrad an (naturraum)spezifische Lebensraumtypen oder
- aber die „Schlüsselfunktion“ für die Existenz anderer Arten (TRAUTNER 1994).

Die Zielarten werden in diesem Fall häufig zum integralen naturschutzfachlichen Bewertungskriterium. Auf der anderen Seite stellen FFH-RICHTLINIE (1992)¹⁰ und EG-VOGELSCHUTZ-RICHTLINIE (1994)¹¹, Bundesartenschutzverordnung (BArtSchV¹²) sowie auch die im engeren Sinne rechtlich unverbindlichen „Roten Listen“ (BLAB et al. 1984, NOWAK et al. 1994, SCHNITTLER et al. 1994, JEDICKE 1997) eine Zusammenschau seltener und gefährdeter Pflanzen- und Tierarten sowie Biotoptypen dar. Im Rahmen der naturschutzfachlichen Praxis erwachsen hieraus besondere Zielkonflikte, wenn von potentiellen Eingriffen in Natur und Landschaft Lebensräume derartig geschützter oder „wertvoller“ Arten betroffen sind. Dieses erfährt im Rahmen von Bundeswasserstraßenplanungen eine entsprechende Beachtung.

Im Einzelfall ist eine einseitige Ausrichtung gerade auf bestimmte Arten von sehr hoher Subjektivität bis hin zur Emotionalität geprägt. Mitunter wird das regionale Auftreten nicht-standorttypischer Arten oder eine unverhältnismäßig hohe Populationsdichte allgemein seltener Arten sogar durch direkte oder indirekte Naturschutzmaßnahmen gefördert. Dies kann sich ggf. auch zum ernsthaften Hindernis einer nachhaltigen ökologischen Gebietsentwicklung entwickeln oder zum anderen durchaus sinnvolle Formen der Umweltnutzung erschweren. Die grundsätzliche umweltpolitische Bedeutung des Zielartenschutzes bleibt davon unberührt.

¹⁰ FFH-RICHTLINIE (1992): Richtlinie 92/42/EWG des Rates vom 21. Mai 1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen (Abl EG Nr. L 206 S. 7)

¹¹ EG-VOGELSCHUTZRICHTLINIE (1994): Richtlinie 79/409/EWG des Rates vom 02. April 1979 über die Erhaltung der wildlebenden Vogelarten ABl. EG Nr. L 164 S. 9 (zuletzt geändert am 30.06.1994)

¹² Verordnung zum Schutz wildlebender Tier- und Pflanzenarten (Bundesartenschutzverordnung - BArtSchV) vom 18. September 1989 (BGBl. I S. 1677, ber. BGBl. I S. 2011)

2.2.3 Bewertung naturschutzfachlich „wertvoller“ Flächen oder Organismen

Den ökologischen Wert von Flächen oder Organismen zu ermitteln, erscheint als eine schier unlösbare Aufgabe, stellt sich doch immer die Frage, worin der Wert einer Fläche oder eines Organismus zu suchen ist und an welchen Parametern man ihn festmachen kann (SCHERNER 1994). NITSCHKE & PLACHTER (1987) verweisen darauf, daß man der einzelnen Art immer nur im Sinne der Arten-Areal-Beziehungen einen „Wert“ zuordnen könne und sich dieser in der heutigen, anthropogen überformten Landschaft Mitteleuropas vielfach nur noch schwer ermitteln lasse. Über die Bedeutung einer Fläche für die „Lebenserwartung“ von regionalen Populationen entscheidet wesentlich die Vernetzung mit funktional ähnlichen Bereichen (SCHERNER 1994), so daß eine räumlich-funktionale Betrachtung erforderlich ist. Diesem Gebot kommen die wenigsten in der naturschutzfachlichen Praxis angewandten Bewertungssysteme nach. Vielmehr wird häufig versucht, unter Nutzung von Arten- und Individuenzahlen, Seltenheits- und Gefährdungsgraden sowie nachgeschalteten komplizierten mathematischen Operationen eine scheinbare Objektivität zu erreichen (vgl. SCHLÜPMANN 1988). SCHERNER (1994) und SCHREINER (1994) geben eine ausführliche Übersicht über solche Verfahren und vergleichen ihre Aussageschärfe hinsichtlich einer ökosystemar angelegten, räumlich-funktionalen Betrachtungsweise. Naturschutzfachlich begründete wertvolle Flächen und Räume werden derzeit im Rahmen der Bundeswasserstraßenplanungen entsprechend gewertet.

2.2.4 Landschaftsbildbewertung

Die Landschaftsbildbewertung versucht mittels des Leitbildgedankens und ästhetischer Gesichtspunkte im wesentlichen die Aspekte Schönheit, Einmaligkeit, Eigenart, Vielfalt und Ursprünglichkeit der Landschaft zu beurteilen (JESSEL 1994, KRAUSE & KLÖPPEL 1996). Während die Landschaft in den Geowissenschaften als beliebig großer Ausschnitt der Geosphäre definiert wird, der durch einheitliche Struktur und gleiches Wirkungsgefüge (Substanz- und Prozeßgefüge) seiner Komponenten bestimmt ist (BARSCH 1975), und damit einer räumlich-funktionalen Betrachtung unterliegt, steht bei der Landschaftsbildbewertung der visuelle Eindruck einer Landschaft auf den Betrachter im Vordergrund.

Die räumliche Anordnung der Landschaftskomponenten führt zur Entstehung von sogenannten Makro-, Meso- und Mikrostrukturen. Der komplexe Zusammenhang zwischen Elementen, ihrer Anordnung und den Strukturebenen bildet als Ganzes das Landschaftsbild. Auf Basis der zentralen Kategorien (s.o.) wird in den meisten Landschaftsbildbewertungsverfahren eine aggregierte Bewertung vorgenommen. Dabei werden überwiegend Teil-Parameter verwendet wie:

- (1) Harmonie
- (2) Kontrast
- (3) Sichtbeziehungen
- (4) Naturnähe
- (5) Ursprünglichkeit
- (6) Einzigartigkeit
- (7) Typik

Über die ersten fünf Kriterien wird der Eigenwert des Landschaftsbildes bestimmt, sie ermöglichen eine Beurteilung von Vielfalt, Schönheit und Naturnähe. In den Kriterien Einzigartigkeit

2 Stand der Bewertung von Umweltzustand und -veränderung an Bundeswasserstraßen

und Typik spiegelt sich der besondere Charakter einer Landschaft, sozusagen ihre Eigenart wider.

Die Einzelbewertungen der Kriterien erfolgen beispielsweise nach mehrstufigenstufigen Bewertungsskalen.

Beispiel: 3-Punkt-System:

Es können bei den o.g. 7 Teil-Parametern minimal 1 und maximal 3 Punkte vergeben werden. Aus den addierten Werten der einzelnen Kriterien ergibt sich eine Gesamtsumme, die wiederum einem dreistufigen Wertesystem zugeordnet wird.

Gesamtklassifizierung:

Das Landschaftsbild ist gering schutzwürdig	7-11 Punkte
Das Landschaftsbild ist schutzwürdig	12-16 Punkte
Das Landschaftsbild ist sehr schutzwürdig	17-21 Punkte

Trotz des hier exemplarisch beschriebenen Rechenmodus bleibt die Bewertung des Landschaftsbildes immer ein teilweise subjektiver Vorgang, da verschiedene individuelle und externe Einflüsse auf den Betrachter einwirken, die die Bewertung beeinflussen. Es kann aber davon ausgegangen werden, daß wesentliche Grundzüge des Landschaftsbildes über die visuelle Analyse nachvollziehbar ermittelt werden können. Insgesamt hat die Landschaftsbildbewertung vor allem bei der Landschaftsplanung (Landschaftsprogramme, Landschaftsrahmenpläne, Landschaftspläne) sowie bei der Umweltverträglichkeitsprüfung von Vorhaben (Schutzgut Landschaft) und der Eingriffsbewertung, damit auch im Falle von Neu- und Ausbau von Bundeswasserstraßen, eine praktische Bedeutung.

3 Nationaler und internationaler Stand der Fließgewässerbewertung

3.1 Grundfragen

In der angewandten Limnologie hat bereits seit längerer Zeit eine verstärkte Tendenz zur Entwicklung von Verfahren eingesetzt, die von integrativen Ansätzen ausgehen (ARMITAGE et al. 1983, KONOLD 1992, BRAUKMANN 1992, ARMITAGE et al. 1990, HIGLER & VERDON-SCHOT 1992, FRUTIGER 1992, WRIGHT 1995, THIELE et al. 1994a, b, c, 1996, MEHL & THIELE 1998). Galten in der klassischen Fließgewässerbewertung bisher insbesondere m.o.w. komplexe physiko-chemische Analysen von Wasserqualitätsparametern (Nähr- und Schadstoffe, toxische Belastungen, Sauerstoffhaushalt, Versauerung etc.) neben der saprobiellen Indikation als Standard (LAWA 1998a, b), so gewinnen in den letzten Jahren Verfahren zur Gewässerstrukturgütebeurteilung und Bewertung biozönotischer Aspekte immer mehr an Bedeutung. Ziel der Entwicklung und Anwendung solcher Methoden sind

- einerseits die Bestimmung des aktuellen ökologischen Zustandes von Gewässer und Talräumen und
- andererseits die Durchführung eines Langzeitmonitorings zur Kontrolle der Einhaltung von Umweltqualitätszielen.

In Sinne einer gesamteuropäischen Entwicklung sollten nationale Bewertungssysteme harmonisierbar sein. Dazu gibt es bereits eine Reihe von Ansätzen, die eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse verschiedener ökologischer Bewertungsverfahren ermöglichen (z.B. TITTIZER 1976, CORING & KÜCHENHOFF 1995, JUST et al. 1998a, b).

Im Rahmen der Bundeswasserstraßenplanungen werden die Ergebnisse vorhandener Gewässerbewertungen, vor allem der betroffenen Bundesländer, problemadäquat berücksichtigt.

3.2 Bewertung und Klassifizierung von Fließgewässern nach physiko-chemischen Parametern

Die Untersuchung und Bewertung der physikalisch-chemischen Gewässergüteparameter ist ein Standardverfahren der Gewässerüberwachung, wobei regelmäßige Routinemessungen von Einzel- und Sondermessungen unterschieden werden müssen. Die in Deutschland nach einheitlichen DIN-Verfahren erhobene Wasserqualität ermöglicht unter Beachtung geogener Hintergrundwerte einen Aufschluß über die stoffliche Belastung der Gewässer und besitzt demgemäß einen hohen Stellenwert im praktischen Gewässerschutz.

Mittels definierter (Klassen-)Grenzwerte von Mittelwerten oder Werten mit einer bestimmten Über- oder Unterschreitungswahrscheinlichkeit findet eine Einordnung der untersuchten Gewässer in Güteklassen statt. Im europäischen Vergleich zeigen sich dabei gewisse Unterschiede (Tab. 5). In Deutschland werden die Klassen von der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA 1998a, 1998b) vorgegeben (vgl. Tab. 6).

Grundsätzlich sollen die physiko-chemischen Verfahren der Einhaltung von Qualitätszielen für bestimmte Nutzungsformen dienen (IRMER et al. 1997) und existieren demgemäß in den mei-

3 Nationaler und internationaler Stand der Fließgewässerbewertung

sten hochindustrialisierten Staaten der Erde. Zusammenstellungen dazu finden sich bei NEWMAN (1988) sowie NEWMAN et al. (1994).

Tabelle 5: Vergleich von Güteklassifizierungen in Deutschland (Länderarbeitsgemeinschaft Wasser), Frankreich (Agences de Bassin) und Großbritannien (speziell England, National Rivers Authority) nach physiko-chemischen Parametern (geändert nach CORING & KÜCHENHOFF 1995)

Meßparameter								
Güteklassen			BSB ₅ [mg/l]			NH ₄ [mg/l]		
D	F	GB	D	F	GB	D	F	GB
I	1A	A	1	< 3	< 3	Spuren	< 0,1	< 0,3
I-II			1-2			0,1		
II	1B	B	2-6	3-5	< 5	< 0,4	0,1-0,5	< 0,7
II-III	2	C	5-10	5-10	< 9	< 1,3	0,5-2,0	< 3,0
III			7-13			0,6 - ?		
III-IV	3	D	10-20	10-25	< 17	mehre-re	2,0-8,0	-
IV		E	> 15		> 17	mg/l		-

Alle Bewertungsverfahren, die auf der Analyse physiko-chemischer Parameter beruhen, dokumentieren nur einen „Momentan“-Zustand des Wasserkörpers, wie er zu Zeiten der Probenahme geherrscht hat. Bei den meisten Gewässern entspricht der Probennahmerhythmus nicht einer prozeßgerechten „Abtastzeit“ der Einzugsgebiete (BILLWITZ 1991), so daß kurzfristige Stoffschübe häufig nicht oder nur ungenügend erfaßt werden. Eine weitergehende Interpretation der gemessenen Konzentrationen setzt in Fließgewässern zudem die Kenntnis der zeitparallelen Durchflüsse voraus, um auf Stofffrachten schließen zu können.

Tabelle 6: Gütegliederung der Fließgewässer nach chemischen Parameter (LAWA 1976 zit. bei FRIEDRICH 1990)

Güteklasse	Grad der organischen Belastung	Chemische Parameter		
		BSB ₅ [mg/l]	NH ₄ -N [mg/l]	O ₂ -Minima [mg/l]
I	unbelastet bis sehr gering belastet	1	höchstens Spuren	> 8
I-II	gering belastet	1 - 2	um 0,1	> 8
II	mäßig belastet	2 - 6	< 0,3	> 6
II-III	kritisch belastet	5 - 10	< 1	> 4
III	stark verschmutzt	7 - 13	0,5 bis mehrere mg/l	> 2
III-IV	sehr stark verschmutzt	10 - 20	mehrere mg/l	< 2
IV	übermäßig verschmutzt	> 15	mehrere mg/l	< 2

3.3 Ökomorphologische Bewertungs- und Klassifizierungsverfahren

Diese Verfahren nutzen ökomorphologische und vegetationsstrukturelle Merkmale von Gewässer und ggf. Ufer zur Bewertung, wobei der Maßstab der Bewertung vielfach der heutige potentiell natürliche Zustand ist (Leitbildorientierung). Unter Gewässerstruktur werden dabei „alle räumlichen und materiellen Differenzierungen des Gewässerbettes und seines Umfeldes verstanden, soweit sie hydraulisch, gewässermorphologisch und hydrobiologisch wirksam und für die ökologische Funktion des Gewässers und der Aue von Bedeutung sind“ (LAWA 1998c). Die Gewässergüte wird als Maß der ökologischen Qualität der Gewässerstrukturen und der durch diese Strukturen angezeigten dynamischen Prozesse definiert und beruht nach der LAWA-Vorschrift (1998c) auf einer quasi-objektiven Erhebung von 25 Einzelparametern. Je nach Ausmaß der Strukturdefizite werden die Gewässerabschnitte einer Strukturgüteklasse zugeordnet. Abb. 4 stellt eine mögliche Vorgehensweise bei der ökomorphologischen Bewertung dar.

Ökomorphologische Bewertungsverfahren existieren ebenso wie physiko-chemische Methoden in vielen Ländern der Erde. Sie werden meist ergänzend zueinander angewandt. Als Beispiele sollen an dieser Stelle nur Verfahren aus Großbritannien und den USA (River Corridor Survey, Habitat Evaluation Procedure, vgl. NATIONAL RIVERS AUTHORITY 1992) genannt werden. Neue Verfahren oder Verfahrensanpassungen werden ständig neu entwickelt. So paßt die Bundesanstalt für Gewässerkunde derzeit das LAWA-Verfahren auf große deutsche Flüsse und Ströme an (SOMMER 1999) an.

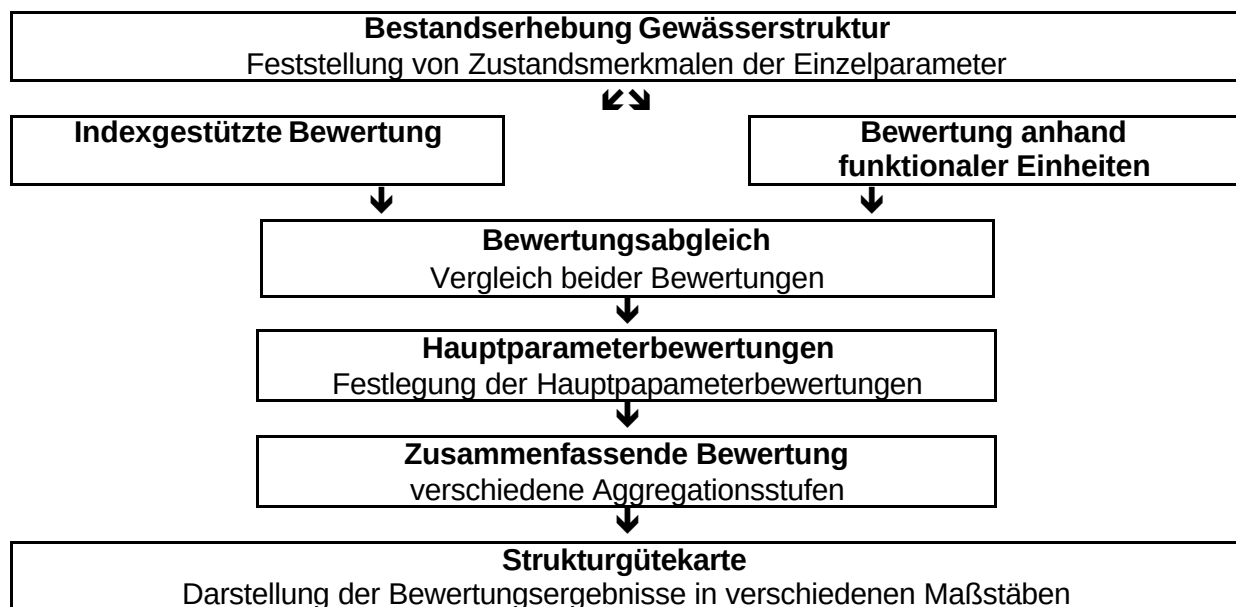


Abbildung 4: Verfahrensübersicht zur ökomorphologischen Gewässergütekartierung (geändert nach LAWA 1998b)

3.4 Saprobielle Indikationsverfahren

Das Prinzip der saprobiellen Indikation ist verfahrenstechnisch relativ einheitlich umgesetzt worden. Wesentliche Grundlagen wurden bereits von KOLKWITZ & MARSSON (1902, 1908, 1909) gelegt. Deren ursprüngliches Saprobien-System ist bis heute vielfach revidiert und weiterentwickelt, aber auch kritisiert worden (LIEBMANN 1947, PANTLE & BUCK 1955, SRAMEKHUSEK 1956, ZELINKA & MARVAN 1961, SLADECEK 1961, 1962, 1973, ELSTER 1982, MAUCH et al. 1990, MARTEN & REUSCH 1992, MEHL & THIELE 1995b, THIELE et al. 1996, KRIEG 1997). Das "Saprobien-System" basiert auf der grundlegenden Erkenntnis, daß die Belastung eines Gewässers mit organischen, biologisch abbaubaren Stoffen zu charakteristischen Veränderungen in der aquatischen Biozönose führt.

Häufig werden Makrozoobenthos (Makroindex nach SLADECEK 1973), seltener Diatomeen (Mikroindex nach SLADECEK 1986) als Saprobien genutzt. Für die Auswahl der Saprobien sind drei Kriterien entscheidend: enge saprobielle Valenz, weite Verbreitung und gute Determinierbarkeit (FRIEDRICH 1990). Es wird davon ausgegangen, daß es eine starke Abhängigkeit der Abundanzen vieler Indikatorarten von der Belastung des Wassers mit organischen, leicht abbaubaren Substanzen (meist Abwasser) bzw. von deren Folgeerscheinungen gibt. Den Arten wird ein empirisch ermittelter Saprobienwert zugeordnet, aus deren abundanzgewichtetem Mittel der Grad an Belastung für den jeweiligen Gewässerabschnitt hervorgeht (BÖHMER et al. 1997). Berechnet wird der Saprobienindex gemäß DIN 38410 nach folgender Gleichung:

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n s_i \cdot A_i \cdot G_i}{\sum_{i=1}^n A_i \cdot G_i}$$

S = Saprobienindex

i = i-tes Taxon

s_i = Saprobienwert des i-ten Taxons

A_i = Abundanzziffer des i-ten Taxons (von 1=Einzelfund bis 7=Massenfund)

G_i = Indikationsgewicht des i-ten Taxons

n = Anzahl der Taxa

Das Streuungsmaß SM ergibt sich aus:

$$SM = + / - \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (s_i - S)^2 \cdot A_i \cdot G_i}{(n-1) \cdot \sum_{i=1}^n A_i \cdot G_i}}$$

Bei einem Streuungsmaß größer als 0,2 wird die Belastung mit abbaubarer Substanz durch den Saprobienindex nicht hinreichend widerspiegelt. Für die eindeutige Beurteilung des Probeor-

tes sind in diesem Falle weitergehende Untersuchungen notwendig. Gleiches gilt, wenn die Summe der Abundanzziffern $\sum_{i=1}^n A_i$ geringer als 15 ist.

Den Saprobitätsstufen ist in Deutschland eine Gütegliederung der Fließgewässer nach Klassen zugeordnet (Tab. 7). Der jeweilige Grad an organischer Belastung kann als Interpretation der jeweiligen Stufe abgelesen werden.

Tabelle 7: Gütegliederung der Fließgewässer nach Saprobitätsstufen (verändert nach LAWA 1976, zit. bei FRIEDRICH 1990)

Güte- klasse	Saprobität	Saprobien- index	Grad der organischen Belastung
I	Oligosaprobie	1,0 -< 1,5	unbelastet bis gering belastet
I-II	Oligo- bis β-Mesosaprobie	1,5 -< 1,8	gering belastet
II	β-Mesosaprobie	1,8 -< 2,3	mäßig belastet
II-III	β- bis α-Mesosaprobie	2,3 -< 2,7	kritisch belastet
III	α-Mesosaprobie	2,7 -< 3,2	stark verschmutzt
III-IV	α-Meso- bis Polysaprobie	3,2 -< 3,5	sehr stark verschmutzt
IV	Polysaprobie	3,5 - 4,0	übermäßig verschmutzt

Europaweit haben sich zwei Methoden etablieren können - der Saprobienindex im Sinne der DIN 38410 und der K-Index (MOLLER-PILLOT 1971, GARDENIER & TOLKAMP 1976). Beide Methoden sind hinreichend im wasserwirtschaftlichen Routinebetrieb getestet, wobei der K-Index bisher nur auf das Tiefland (Niederlande) bezogen wurde. Der Saprobienindex ist in Form der DIN 38410 in ganz Deutschland oder m.o.w. stark abgewandelt auch in anderen europäischen Staaten (z.B. Dänemark, Ungarn, Slowenien, Österreich, Ungarn) in die wasserwirtschaftliche Praxis eingeführt worden.

So sehr wie sich die saprobielle Indikation auch bewährt hat (FRIEDRICH 1992, SCHÖNBORN 1992, KLEE 1993, SCHWOERBEL 1993 etc.), es gibt beim heutigen Kenntnisstand im wesentlichen drei Gründe, die zukünftig erweiterte Bioindikationsverfahren erfordern:

- die Belastung des Wasserkörpers von Flüssen mit organischen, leicht abbaubaren Substanzen spielt nach der fast flächendeckenden Errichtung von Kläranlagen keine gravierende Rolle mehr, vielmehr sind es morphologisch-strukturelle Degradationen der Gewässerökosysteme, die Probleme bereiten
- allgemein ist bekannt, daß der Saprobienindex nicht allein die Verschmutzung mit organisch abbaubaren Substanzen anzeigt, sondern auch mit "sachfremden" Parametern wie z.B. Strömungsgeschwindigkeit und Substratkörnung korreliert ist (BRAUKMANN 1987)
- in vielen langsam fließenden und/oder natürlich rückgestauten sowie von durchflossenen Seen geprägten Gewässern überwiegt die Autosaprobie die zu indizierenden allosaprobiel-

len Prozesse (BÖRNER et al. 1994), womit die Frage nach naturraumspezifischen Indikatoren in den Mittelpunkt rückt

In Erkenntnis der letztgenannten Phänomene hat FRIEDRICH (1986) gefordert, daß aufgrund der individuellen Ausprägung eines Gewässers die Indices bei der Feststellung der Gewässergüte nicht unreflektiert angewandt werden dürfen. Vielmehr sollten in jedem Fall das ganze Gewässer bzw. das -umfeld in die Interpretation einbezogen werden. BUCK (1985, 1986) hat dahingehend versucht, mittels einer Kopplungsanalyse den Saprobienindex zu spezifizieren und in gewisser Weise auch zu regionalisieren. Sein Verfahren konnte aber in Deutschland keine flächendeckende Verbreitung finden.

Derzeitig wird der Saprobienindex revidiert (DIN-NAW AA1 UA9 2001). Dazu wurde im ersten Schritt die Liste der Saprobier stark erweitert, wobei insbesondere Taxa des Tieflandbereiches mit Berücksichtigung fanden. Die Leitbildbezogenheit des Verfahrens soll durch eine grobe Abstufung der Gewässer in Typen gewährleistet werden. Um eine Übereinstimmung mit den Anforderungen der WRRL (siehe unten) zu erzielen, wurde die Klassifizierungsskala auf Fünfstufigkeit umgestellt.

3.5 Biotische Verfahren

Die Bewertungsgrundlagen für biotische Verfahren sind bereits von WOODIWISS (1964) gelegt worden und finden heute in Form verschiedenster nationaler Verfahren Anwendung. Sie kombinieren zur Bewertung der Gewässer die Diversität der Zönose mit den Indikatoreigenschaften der nachgewiesenen Taxa (METCALFE-SMITH 1989). Es gibt prinzipiell zwei Untergruppen dieser Verfahrensklasse - die „Biotischen Indices“ und die „Biotischen Scores“.

3.5.1 Biotische Indices

CORING & KÜCHENHOFF (1995) beschreiben zwei etablierte nationale Verfahren, die eine relativ einheitliche Grundlage haben. Zum einen ist das der Belgian Biotic Index (BBI), der wesentlich auf DE PAUW & VANHOOREN (1988) und DE PAUW et al. (1992) zurückgeht. Zum anderen soll in diesem Zusammenhang der französische Indice Biologique Global Normalise (IBGN) genannt werden. Diese Methode ist von VERNEAUX & TUFFERY (1967) erarbeitet und 1992 in die französische Norm AFNOR T 90-350 überführt worden.

Die Bioindikation ist in beiden Verfahren auf die Gewässerbelastung mit organischen Stoffen ausgerichtet und nutzt Zeigerorganismen auf unterschiedlichem taxonomischen Niveau. Das Prinzip entspricht genau dem oben beschriebenen und geht somit auf WOODIWISS (1964) zurück. Die Effekte in der Biozönose werden in Form einer Matrix ausgewertet, die von „artenarm/belastungstolerant“ bis „artenreich/belastungssensibel“ reicht. Für die Bewertung wird nicht die Gesamtbiozönose genutzt, sondern nur das gegenüber Verschmutzung sensibelste Taxon. Da die taxonomischen Niveaus beider Verfahren sehr hoch sind (Ordnung bzw. Familie) kann es bei genauerer Betrachtung sehr schnell zu Fehleinschätzungen kommen (CORING & KÜCHENHOFF 1995).

3.5.2 Biotische Scores

Bei den Scoreverfahren findet eine Kopplung von Diversität mit den Indikatoreigenschaften der einzelnen Arten statt, wobei die Gewässergüte als Summenparameter bestimmt wird, in den die bioindikativen Aussagen aller Zeigerarten einfließen (CORING & KÜCHENHOFF 1995).

Besonders in England sind solche Verfahren zur Indikation der organischen Belastung in Gewässern entwickelt worden (Biotic Score nach CHANDLER 1970, BMWP nach CHESTER 1980 und ARMITAGE et al. 1983). Grundlage dieser Verfahren ist eine Matrix, die es gestattet, den nachgewiesenen Arten Indikatorwerte zuzuordnen (Beispiel: Biotic Score, ASPT). Die Abundanzen werden mit in die Bewertung durch Wichtung der Punktzahlen einbezogen. Bei Gütezeigern führt eine erhöhte Abundanz zur Steigerung des Indikationswertes, bei Belastungszeigern ist es umgekehrt. Für die Ermittlung der Gewässergüte werden alle Punktzahlen aufaddiert und ergeben der Gesamtindex. Der Scorewert kann durch die Gesamtartenzahl dividiert werden, so daß der ASPT (Average Score per Taxon) gebildet wird (BALLOCH et al. 1976).

JUST et al. (1998a, b) führten für die ungarische Donau einen Methodenvergleich zwischen dem Saprobienindex nach DIN 38410 sowie einem von CSÁNY abgewandelten SCORE-Verfahren (ASPT-Verfahren) und kommen zu dem Schluß, daß das Saprobien-System zuverlässiger und reproduzierbarer ist. Besonders der BMWP ist mehrfach regionalisiert worden, um den unterschiedlichen Indikatorenvergesellschaftungen und gewässerspezifischen Indikationswerten gerecht zu werden (z.B. ALBA-TERCEDOR & SANCHEZ-ORTEGA 1988 für Spanien).

Fazit: Alle Score-Verfahren sind im Grundsatz auf die Indikation von organischen Belastungen im Wasserkörper ausgerichtet und in natürlich artenarmen Gewässern teilweise recht artefaktanfällig. Eine typbezogene Bewertung ist eher die Ausnahme.

3.6 Integrierte Verfahren

3.6.1 Grundsätze

Integrierte Verfahren sind an biozönotischen Leitbildern (vgl. Tab. 8, FRIEDRICH 1998a, b) orientiert. Sie gehen davon aus, daß es für den naturnahen Zustand unterschiedlicher Gewässertypen quasi stabil zusammengesetzte Referenzbiozönoson gibt, die bei verschiedenen Belastungsgraden abgestuft in adäquater Art und Weise reagieren (z.B. Reduzierung der Artenzahlen, Verschiebung im Verhältnis belastungstoleranter zu belastungssensiblen Arten). Teilweise integrieren sie unterschiedliche gewässerökologische Kenngrößen (z.B. hydrologische, physikochemische, biologische Parameterbündel), die als Komplex die Biologische Integrität des Gewässers bestimmen (vgl. Abb. 5). Die Abweichungen zwischen Ist-Zustand und biozönotischem Leitbild werden entweder mit Indices oder statistischen Verfahren (TWINSPAN, CANOCO) ermittelt.

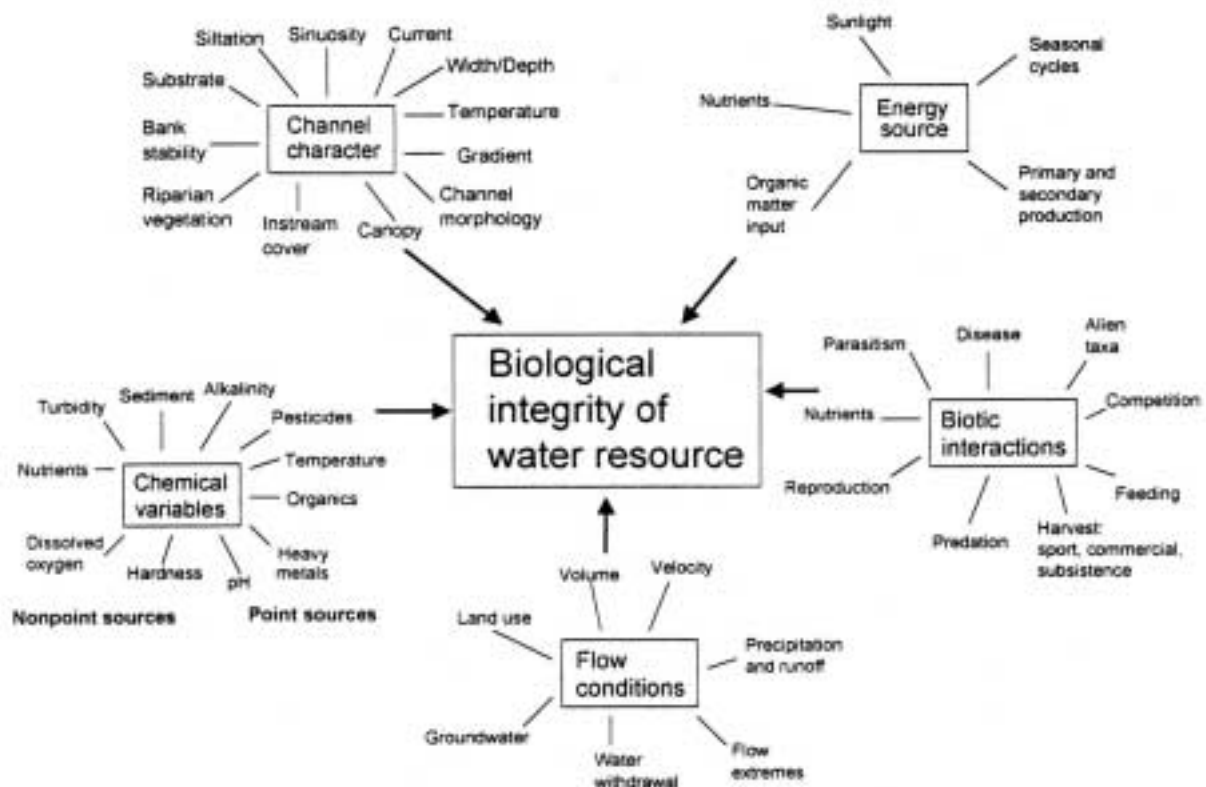


Abbildung 5: Die fünf Faktorenkomplexe (inkl. ausgewählter Parameter), die durch menschliche Einflüsse besonders beeinträchtigt werden und die Biologische Integrität eines Gewässers bestimmen (nach KARR & CHU 2000)

Tabelle 8: LAWA-Definition der Begriffe „Ist-Zustand“ und „Leitbild“ (FRIEDRICH 1998b)

Ist-Zustand	Der Ist-Zustand ist der nach einem definierten Bewertungsverfahren beschriebene aktuelle Zustand des Ökosystems Gewässer. Aus der Differenz des Ist-Zustandes zum Entwicklungsziel ergibt sich der aktuelle Sanierungsbedarf. Die Klassifizierung des Ist-Zustandes erfolgt in 4 Haupt- und 3 Unterklassen, so daß ein 7-stufiges Bewertungssystem entsteht.
Leitbild	Das Leitbild definiert den Zustand eines Gewässers anhand des heutigen Naturpotentials des Gewässerökosystems auf der Grundlage des Kenntnisstandes über dessen natürliche Funktionen. Das Leitbild schließt insofern nur irreversible anthropogene Einflüsse auf das Gewässerökosystem ein. Das Leitbild beschreibt kein konkretes Sanierungsziel sondern dient in erster Linie als Grundlage für die Bewertung des Gewässerökosystems (Gewässergüteklasse I). Es kann lediglich als das aus rein fachlicher Sicht maximal mögliche Sanierungsziel verstanden werden, wenn es keine sozio-ökonomischen Beschränkungen gäbe. Kosten-Nutzen-Betrachtungen fließen daher in die Ableitung des Leitbildes nicht ein.

Eine integrierte Bewertung kann prinzipiell auf zwei Wegen erreicht werden: bottom up oder top down (FRIEDRICH 1998b).

3.6.2 Top-down-Ansatz

Dieser Ansatz geht von der Klassifikation hochintegrierender Elemente des Gewässers aus. Ein solches Element stellen Referenzbiozönosen dar. Die auf diesem Ansatz basierenden Verfahren orientieren sich demgemäß vorwiegend am biozönotischen Leitbild von Referenzbereichen und nutzen die Abweichungen davon für die Bewertung hemerober Abschnitte. Die Verfahren arbeiten weitestgehend diagnostisch, so daß nicht genau auf die Ursachen der Belastungen geschlußfolgert werden kann.

Das RIVPACS-Verfahren (ARMITAGE et al. 1990, WRIGHT 1995, JOHNSON & LAW 1995) nutzt diesen Ansatz und hat eine weite Verbreitung in der wasserwirtschaftlichen Praxis gefunden. Es wird u.a. in Spanien, Kanada und Australien angewandt. Sein Prinzip beruht auf einem Vergleich von typbezogenem und dem jeweilig zu bewertenden aktuellen Referenzzustand. Ein statistisches Verfahren erlaubt die Kopplung von zentralen abiotischen Parametern an typische Biozönosen des jeweiligen Fließgewässers. Können für einen zu bewertenden Bach oder Fluß diese physiko-chemischen Parameter spezifiziert werden, so ist es möglich, ihm eine adäquate Referenzbiozönose zuzuordnen. Diese wird rechnerisch mit der real ermittelten Artenvergesellschaftung verglichen und der Ecological Quality Index (EQI) abgeleitet. Das Verfahren arbeitet rein qualitativ (Artbasis) und indiziert die Gesamthemerobie des Fließgewässers.

Ein ähnliches Verfahren wurde für deutsche Fließgewässer mit dem Standorttypieindex entwickelt (THIELE et al. 1994a, b, c, 1996, THIELE 1994, 1995, MEHL & THIELE 1998). Es ist auf die Gebietsindikation (PLACHTER 1990) ausgerichtet, funktioniert ebenfalls qualitativ und bewertet im Sinne einer integralen Herangehensweise (vgl. FRIEDRICH 1998b) die Merkmalskomplexe „Gewässer“, „Ufer“ und „Niederung“. Dazu wird die Referenzbiozönose typbezogen ökologischen Kategorien (eurytope ... stenotope Arten) zugeordnet und zu einem Indexwert verrechnet, der auf unterschiedlichen Klassifikationsskalen die 100%-Marke (naturnahes Ökosystem) darstellt. Unter Berücksichtigung der Artenvergesellschaftungen unterschiedlicher Hemerobiezustände werden EU-konform (vgl. ISO 2000 a, b) insgesamt 5 Güteklassen definiert. Der Standorttypieindex ist auch in Nordrhein-Westfalen und Brandenburg erfolgreich getestet worden (ALECKE 1998, ALECKE & MEYER 1998, BLECHSCHMIDT 1999). Eine modifizierte Variante des Standorttypieindex, den Potamon-Typie-Index, hat SCHÖLL (1999) auf Bundeswasserstraßen angewandt. BRAUKMANN (2000) arbeitet an einem Einheitsverfahren für die integrierte Fließgewässerbewertung in Deutschland, wobei aber nur die stark aggregierten Gewässertypen in Entsprechung der Gewässerlandschaften nach BRIEM Berücksichtigung finden können. Ähnliche Verfahren sind beispielsweise aus den Niederlanden bekannt (STORA-Konzept AMOEBE nach TOLKAMP 1985, TOLKAMP et al. 1992, PEETERS et al. 1994).

3.6.3 Bottom-up-Ansatz

Beim Bottom-up-Ansatz werden einzelne Kenngrößen oder entsprechende Gruppen gewichtet oder ungewichtet auf einfachem Wege oder stufenweise zu einer einheitlichen Aussage (Klasse oder Index) aggregiert (FRIEDRICH 1998b). Dazu sind biotische und abiotische Komponenten nutzbar. Als Grundprinzipien vieler in Europa angewandter Methoden stellen BÖHMER et al. (1997) nachfolgend genannte Kriterien heraus:

- das Gewässer wird in seiner Einheit von Wasserkörper, Ufer, Aue/Niederung bewertet
- der Referenzzustand dient als primäres Bewertungskriterium (100%-Marke)
- die Untersuchungsintensität ist im Gewässer am höchsten

3 Nationaler und internationaler Stand der Fließgewässerbewertung

- die Biologie steht im Vordergrund der Untersuchungen, Wasserchemie und Ökomorphologie wirken flankierend
- oftmals findet nur eine deskriptive Bewertung und Zusammenfassung der Einzelparameter statt

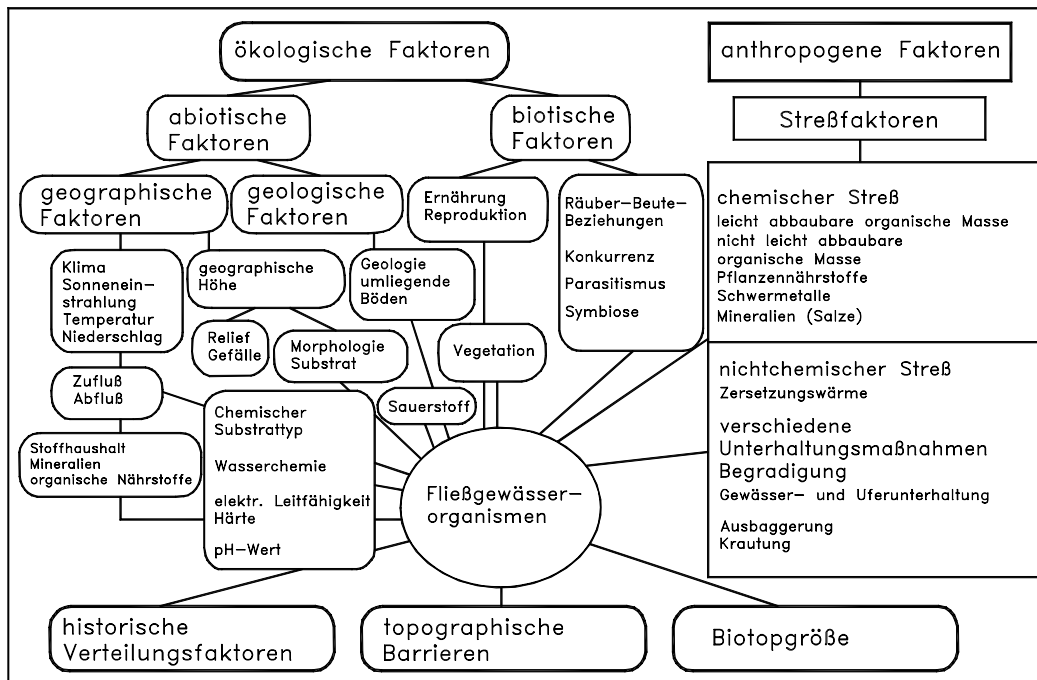


Abbildung 6: Natürliche und anthropogene Ökosystemfaktoren, die auf Fließgewässerorganismen wirken und ihre Verbreitung bedingen (nach BRAUKMANN & PINTER 1997)

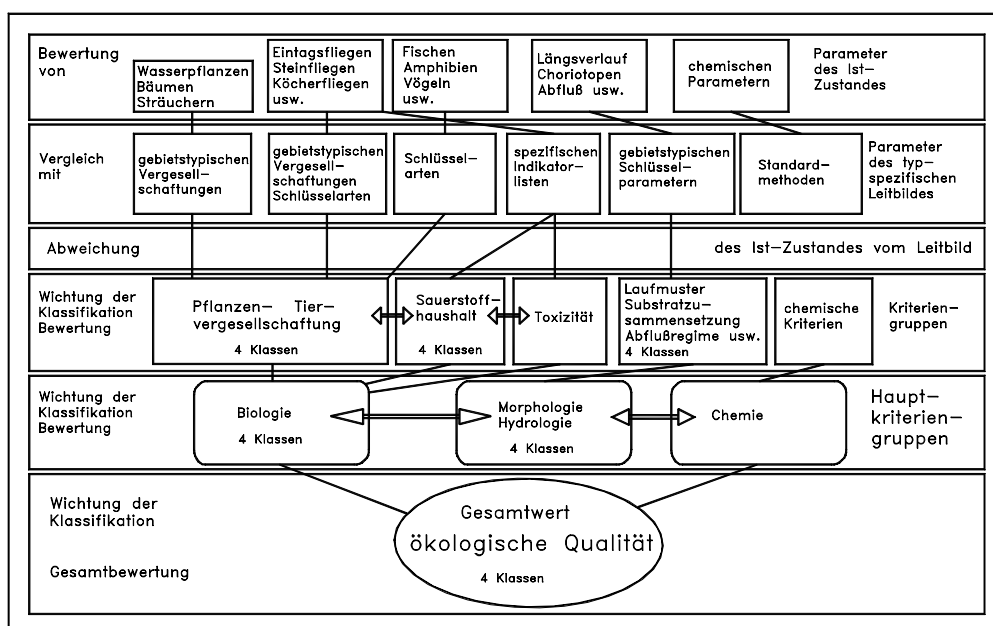


Abbildung 7: Vorschlag für die Vorgehensweise bei der integrierten Bewertung von kleinen und mittelgroßen Fließgewässern (nach BRAUKMANN & PINTER 1997)

In Deutschland haben MAUCH (1992) und BRAUKMANN & PINTER (1997) Konzepte für integrierte ökologische Bewertungen vorgelegt, wovon letztgenanntes nachfolgend näher kommentiert werden soll. Es geht von einer umfassenden Parameteranalyse des Ökosystems (geologische, morphologisch/hydrologische, chemische und biozönotische Komponenten) und der anthropogenen Einflüsse auf wesentliche Stellglieder aus (Abb. 6). Diese Parameter werden typspezifisch für den Referenzzustand definiert und später bei den unterschiedlich degradierten Gewässern separat erfaßt. Die Bewertungen der Parameterkomplexe werden zu einem Gesamtergebnis, der ökologischen Qualität, zusammengefaßt. Auf diesem Prinzip aufbauend wurden zwei Bewertungsvarianten entwickelt. Bei kleinen und mittelgroßen Fließgewässern findet eine Bewertung aller Parameter statt (Abb. 7), wohingegen bei großen Flüssen und Strömen schwerpunktmäßig die chemischen Kenngrößen herangezogen werden (Abb. 8).

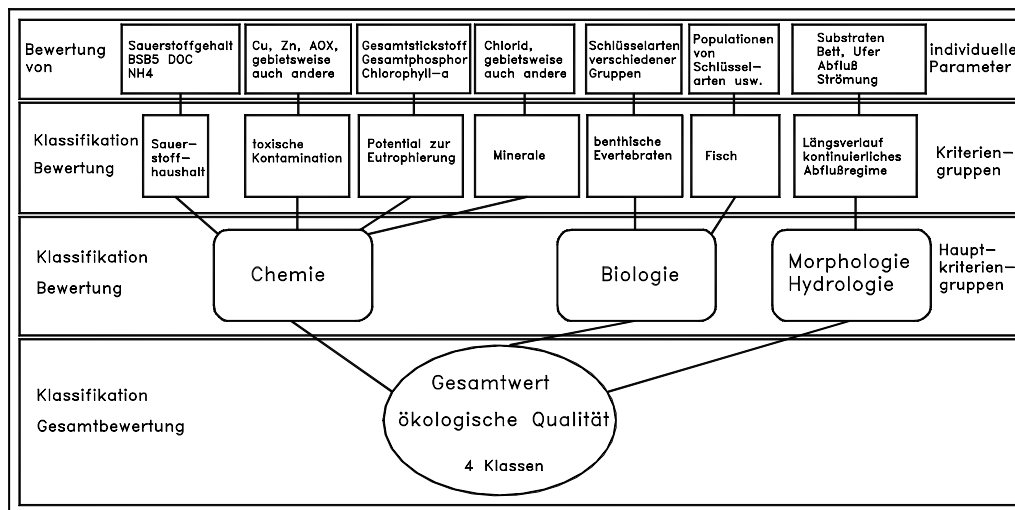


Abbildung 8: Vorschlag für die Vorgehensweise bei der integrierten Bewertung von großen Flüssen und Strömen (nach BRAUKMANN & PINTER 1997)

FRIEDRICH (1998b) führt in seiner Arbeit zur integrierten Bewertung von Fließgewässern Vor- und Nachteile dieser beiden Ansätze auf. Vorteile sieht er insbesondere in der einfachen und plakativen Darstellungsmöglichkeit der Bewertungsergebnisse, was insbesondere strategisch wichtig ist. Die Klarheit der Aussage zu hinsichtlich ihrer natürlichen Ausstattung defizitären oder hochwertigen Bereichen ist beispielsweise von großer Bedeutung für ökologische Sanierungsprojekte. Er führt aber auch eine Reihe von Nachteilen auf, die insbesondere auf folgende Problemkreise zielen:

- Details lassen sich nur schwer aus der verdichteten Information herausfiltern
- die Information ist nicht operationalisierbar (nicht kausalanalytisch anwendbar)
- durch die Auswahl der bewerteten Elemente kann das Ergebnis subjektiv verschieden ausgelegt werden

- Extreme können betont oder nivelliert werden

Es steht aufgrund der internationalen Entwicklung im Fließgewässerschutz zu erwarten, daß die integrierten Bewertungsverfahren in den nächsten Jahren eine starke Entwicklung erfahren werden. Neuere Ansätze sind u.a. bereits aus Österreich bekannt (MOOG & CHOVANEC 1998).

3.7 Weitere Verfahren

Es gibt eine Reihe von Bewertungsverfahren, die auf Indikationen weitestgehend singulärer Umweltparameter ausgerichtet sind. Sie werden vorwiegend bei spezifischen Fragestellungen angewandt und stellen demgemäß einen wenig integrativen Ansatz dar. Nachfolgend sollen beispielhaft Trophie-, Säure- und Toxizitätsindikationsverfahren diskutiert werden.

3.7.1 Trophieindikation

Mit dem forcierten Bau von Kläranlagen gingen die saprobiellen Belastungen der mitteleuropäischen Fließgewässer stark zurück. Nach wie vor werden aber erhöhte Mengen Pflanzennährstoffe aus vielfältigen Quellen in die Fließgewässer eingetragen. In ländlichen Bereichen treten immer dann punktuelle Einträge von Nitrat, Ammonium und Phosphat, wenn Kleinkläranlagen die Phosphatfällung und Denitrifikation fehlt (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT 1998). Die Gesamtheit der Einträge verstärkt wesentlich die Intensität der photoautotrophen Primärproduktion (Trophie, CASPERS & KARBE 1966) im Gewässer, was auch sekundär wieder nach Absterben der Biomasse zu saprobiellen Belastungen führen kann. Deshalb wurden neben den bereits diskutierten Verfahren zur Bewertung der Saprobie gerade in den letzten Jahren solche zur Trophieindikation entwickelt. Diese nutzen häufig sowohl benthische Algen als auch Makrophyten als Bioindikatoren (WIEGLEB 1981, KOHLER 1982, CARBINIER et al. 1990, BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT 1998). Über einen Vergleich mit bestimmten Gewässerparametern (z.B. Nährstofffrachten) und den Verbreitungsmustern bestimmter Arten(-gruppen) werden verschieden kategorisierte Vergesellschaftungen differenziert, die signifikante Trophiestufen indizieren (BÖHMER et al. 1997). Oftmals werden diese Untersuchungen noch durch chemische Analysen gestützt (z.B. Chlorophyll-a-Gehalt), teilweise wird bereits typbezogen gearbeitet (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT 1998). Bei natürlich beschatteten Gewässern erreicht die Trophieindikation rasch die Grenzen der Aussagefähigkeit.

3.7.2 Säureindikation

Säurebildende Schadstoffemissionen (NO_x und SO_x) führen besonders in kalkarmen Regionen zur Versauerung der Gewässer. Die Wirkungen hoher Säurekonzentrationen auf die Organismen sind hinreichend untersucht, so daß eine Reihe von Bioindikationsverfahren dazu existieren (BÖHMER & RAHMANN 1992, BÖHMER et al. 1997). Bedeutsam sind in diesem Zusammenhang Verfahren, die auf der Basis „des empfindlichsten Taxons“ (vgl. u.a. TREMP & KOHLER 1991a, b, BRAUKMANN 1992, BRAKKE et al. 1994) beruhen und vor allem in Skandinavien, Amerika, Deutschland und Großbritannien angewandt werden. Das methodische Indikationsprinzip ist, daß die Säurebelastung eines Gewässers nicht höher sein kann, als das empfindlichste Stadium einer dagegen sensiblen Art (z.B. Makroinvertebraten, Fische, Wassermoose) es zuläßt (BÖHMER et al. 1997). Nachteile dieser Methodik sind insbesondere darin zu suchen, daß

- die Säureindikation nicht von der Aluminium-Ionenwirkung getrennt unterschieden und
- natürlich saures Wasser nicht von anthropogen versauertem unterschieden werden kann.

Zusätzlich kommen die Indikatororganismen u.U. nur lokal vor. Mit dem Verfahren kann nur ein spezifischer Bereich potentieller anthropogener Belastungsfaktoren bewertet werden.

3.7.3 Toxizitätsindikation

Ökotoxikologische Verfahren werden meist über Biotests realisiert. ARNDT et al. (1987), GUNKEL 1994, SCHWAIGER et al. (1998) geben zum Stand der aktiven und passiven Bioindikation auf diesem Gebiet einen ausführlichen Überblick. Die Toxizitätsindikation ist in den meisten hochindustrialisierten Ländern der Erde eingeführt und nutzt ein breites Spektrum an Bioindikatoren (physiologische Vorgänge, Enzyme, Zellen, Gewebe, niedere und höhere Pflanzen und Tiere). Wirkungen von Schadstoffen auf die Biozönosen werden häufig über Verschiebungen in den Abundanzen der Arten oder über Differenzen in den Artzusammensetzungen von Referenz- und belasteten Abschnitten indiziert (NUSCH 1986, LISS 1998, KALBFUS & KOPF 1998). Die Verfahren haben den Nachteil, daß es schwer ist, den einzelnen Toxizitätsfaktor von anderen die Biozönose beeinflussenden Größen abzugrenzen, solange er nicht letal wirkt. Auch diese Methoden sind nur auf die Indikation eines oder weniger Parameter ausgerichtet.

3.8 Wasserrahmenrichtlinie der Europäischen Union und daraus abgeleitete europäische Normen

Die nationale und internationale Fließgewässerbewertung wird derzeit stark von den Anforderungen der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie bestimmt. Mit dieser Richtlinie werden bezüglich der Bewirtschaftung, Bewertung und Sanierung von Gewässern neue, rechtlich verbindliche Maßstäbe gesetzt. Die nachhaltige Nutzung und der Schutz von Menge, Güte, Struktur und Ökologie der Gewässer stehen im Vordergrund einer harmonisierten Wasserpolitik. Grundsätzlich sind bei allen Betrachtungen auch die großen Flüsse und Ströme betroffen, die bekanntlich das Gros der Binnenwasserstraßen stellen.

Die WRRL unterscheidet die Gewässerarten Flüsse, Seen, Übergangsgewässer und Küstengewässer. Zusätzlich sind die künstlichen Gewässer zu benennen. Auch können Oberflächengewässer als erheblich verändert ausgewiesen werden. Nach Anhang II WRRL ist eine Typisierung der Oberflächengewässer (Kartierung der Ökoregionen und Oberflächengewässertypen,) sowie eine Festlegung der Referenzbedingungen für diese Typen (Ermittlung der Bezugsbedingungen) als Grundlage für die typspezifische Zustandsbewertung entsprechend Anhang V WRRL erforderlich. Für die Einstufung der Gewässertypen wird in Deutschland das System „B“ der WRRL unter Hinzuziehung biologischer Befunde angewandt (vgl. LAWA-Arbeitshilfe). Diese „Leitbildorientierung“ entspricht den ohnehin seit geraumer Zeit in Deutschland vertretenen wasserwirtschaftlichen Ansichten (LAWA 1996a, b).

Ziel der WRRL ist für alle natürlichen Gewässer die Erreichung eines guten Zustandes, der sich als jeweils schlechterer Wert des ökologischen und des chemischen Zustandes ableitet. Der chemische Zustand ist bei Einhaltung der europäischen Richtlinien bezüglich chemisch-physikalischer Eigenschaften gut, bei Nichteinhaltung schlecht. Der ökologische Zustand wird dagegen in fünf Stufen bzw. Klassen bewertet (Tab. 9), wobei neben biologischen Qualitätskomponenten des weiteren hydromorphologische und chemisch-physikalische Qualitätskompo-

nenten bewertet werden. Allerdings dienen die hydromorphologischen und chemisch-physikalischen Komponenten nur zur Definition eines Referenzzustandes, der dem sehr guten ökologischen Zustand entspricht. Konkrete Gewässerbewertungen ergeben sich durch gewässertypspezifischen Vergleich mit der Referenz, aber konsequent basierend auf biologischen Bewertungen bzw. Bewertungsverfahren.

Bei den künstlichen oder erheblich veränderten Fließgewässern (durch menschliche Nutzung irreversibel verändert oder weitestgehend unveränderliche Gewässern) wird eine gleichsam abgestufte Bewertung des ökologischen Potentials mit eigenen Kriterien nötig werden.

Tabelle 9: Allgemeine Begriffsbestimmungen für den „Ökologischen Zustand“ von Flüssen, Seen, Übergangs- und Küstengewässern gemäß WRRL

Zustandsklasse/ Farbzuordnung	Begriffsbestimmung
1 = sehr guter Zustand	Es sind bei dem jeweiligen Oberflächengewässertyp keine oder nur geringfügige anthropogene Änderungen der Werte für die physikalisch-chemischen und hydromorphologischen Qualitätskomponenten gegenüber den Werten zu verzeichnen, die normalerweise bei Abwesenheit störender Einflüsse mit diesem Typ einhergehen. Die Werte für die biologischen Qualitätskomponenten des Oberflächengewässers entsprechen denen, die normalerweise bei Abwesenheit störender Einflüsse mit dem betreffenden Typ einhergehen, und zeigen keine oder nur geringfügige Verzerrungen an. Die typspezifischen Bedingungen und Gemeinschaften sind damit gegeben.
2 = guter Zustand	Die Werte für die biologischen Qualitätskomponenten des Oberflächengewässers zeigen geringe, anthropogen bedingte Verzerrungen an, weichen aber nur geringfügig von den Werten ab, die normalerweise bei Abwesenheit störender Einflüsse mit dem betreffenden Oberflächengewässertyp einhergehen.
3 = mäßiger Zustand	Die Werte für die biologischen Qualitätskomponenten des Oberflächengewässers weichen mäßig von den Werten ab, die normalerweise bei Abwesenheit störender Einflüsse mit dem betreffenden Oberflächengewässertyp einhergehen. Die Werte geben Hinweise auf mäßige, anthropogen bedingte Verzerrungen und weisen signifikant stärkere Störungen auf, als dies unter den Bedingungen des guten Falls ist.
4 = unbefriedigender Zustand	Gewässer, bei denen die Werte für die biologischen Qualitätskomponenten des betreffenden Oberflächengewässertyps stärkere Veränderungen aufweisen und die Biozönosen erheblich von denen abweichen, die normalerweise bei Abwesenheit störender Einflüsse mit dem betreffenden Oberflächengewässertyp einhergehen, werden als unbefriedigend eingestuft.
5 = schlechter Zustand	Gewässer, bei denen die Werte für die biologischen Qualitätskomponenten des betreffenden Oberflächengewässertyps erhebliche Veränderungen aufweisen und große Teile der Biozönosen, die normalerweise bei Abwesenheit störender Einflüsse mit dem betreffenden Oberflächengewässertyp einhergehen, fehlen, werden als schlecht eingestuft.

Als wichtige Aufgabenstellung wird somit die Erarbeitung von Spezifikationen für einheitlich ausgerichtete und harmonisierbare Gewässergütebewertungssysteme bestimmt. Hiermit wird die perspektivische Bedeutung der grundsätzlich auf europäischer Ebene aktuell existierenden oder in Entwicklung befindlichen Bewertungsverfahren hervorgehoben. Es soll erreicht werden, daß die Gewässer der Gemeinschaft mittels vergleichbarer Kriterien umfassend bewertet werden, degradierte Gewässer saniert und die Nutzungsstrategien (insbesondere der Gewässer, aber auch des Gewässerumlandes) auf Nachhaltigkeit im Sinne der Umweltvorsorge ausgerichtet werden.

Zeitparallel zur Wasserrahmenrichtlinie setzen die ISO und die CEN (internationale und europäische Normungsbehörden) bestimmte Teile der Richtlinie bereits in Form von Standards um. Damit soll der Prozeß der Harmonisierung des Monitorings und der Klassifikation der ökologischen Qualität von Oberflächengewässern vorangetrieben werden.

Mit den ISO/CEN-Normen

- Water Quality-Biological classification of rivers- Part 1: Guidance on the interpretation of biological quality data from surveys of benthic macroinvertebrates
- Water Quality-Biological classification of rivers- Part 2: Guidance of the presentation of biological quality data from surveys of benthic macroinvertebrates

(ISO/FDIS 8689-1/2, 2000 a, b) wird der Weg für eine vereinheitlichte und typbezogene Fließgewässerbewertung frei.

Hauptkriterium der Bewertung nach ISO/CEN sind nach wie vor definierte Grade an Abweichungen von standorttypischen Biozönosen durch „man-made-stress“. Damit steht eine Summenindikation im Zentrum der Betrachtungen, die nicht nach einzelnen Faktoren unterscheidet, sondern eine Gebietsindikation favorisiert. Das erscheint auch sinnvoll, müssen doch moderne Verfahren in der Lage sein, die sehr verschiedenartigen Gewässer Europas holistisch zu bewerten. Zusätzlich bestätigt sich zunehmend die Einsicht, daß Indikatororganismen nur sehr unvollkommen zur Indikation eines Faktors geeignet sind, da sie immer von einer Gesamtheit der Faktorenbündel ihrer natürlichen Umwelt beeinflusst werden. Die daraus resultierende natürliche Schwankungsbreite in den Indikationsaussagen wird in der Norm ausdrücklich erwähnt und berücksichtigt. Auf diesen Erkenntnissen fußt auch die Klassifikationseinteilung in der ISO-Norm (ISO/FDIS 8689-1), die die Klassen wie in Tabelle 10 beschrieben definiert. In Annex B werden statistische Methoden empfohlen, mit denen die einzelnen Verfahren in ihren Aussagen verglichen werden können.

Tabelle 10: Klassifikationsskala laut ISO/FDIS 8689-1 und Definition der Klassen

Benthic macroinvertebrate quality classifications	Comments
High	The observed community corresponds totally or nearly totally to conditions where man-made-stress is absent or considered insignificant (undisturbed).
Good	There are slight changes in the observed community compared with the reference community.
Moderate	The composition of the observed community differs moderately from the reference community. Major taxonomic groups of the reference community are absent.
Poor	The composition of the observed community differs significantly from the reference community. Many of the taxonomic groups of the reference community are absent.
Bad	The observed community is severely impaired compared with the reference community. Only taxonomic groups capable of living in extremely disturbed conditions are present.

Die Klassifikationsskala ist in 5 Stufen eingeteilt. Bei biologisch „toten“ Gewässer (keine Indikatororganismen) zeigt die Farbe Schwarz extreme Toxizität an. Diese Farbe wird nicht als Güteklasse, sondern nur als Zusatzinformation zu „Rot“ geführt. Damit ergibt sich die in Tabelle 11 dargestellte Präsentationsskala.

Tabelle 11: Farbgebung und Klassenbeschreibung zur Präsentation der Fließgewässerbewertung gemäß ISO/FDIS 8689-2

Colour	Benthic macroinvertebrate quality classification
Blue	High
Green	Good
Yellow	Moderate
Orange	Poor
Red	Bad

4 (Fließgewässer-)Ökosystemanalyse

4.1 Systemtheorie und -analyse

Die Realität an landschafts- und gewässerökologischen Erscheinungen kann nicht in allen Einzelheiten erfaßt werden, so daß nur Vereinfachungen zur Aufhellung der komplexen Zusammenhänge führen können. Hier bietet die Systemtheorie einen effektiven Weg an, die realen Prozesse zu beschreiben.

Unter einem Prozeß verstehen wir qualitative und/oder quantitative Veränderungen mit der Zeit. Ökologische Prozesse sind stets komplexen Charakters, so daß sie sich in physikalische, chemische und biologische Teilprozesse aufgliedern lassen. Prozesse laufen stets in Systemen ab, die raum-zeitlich abgegrenzte Einheiten von Elementen, Strukturen etc. darstellen und auf Systemeingänge bzw. -impulse mit einer entsprechenden Ausgabe (Systemantwort) reagieren. Ökosysteme bilden als selbstregulative Funktionseinheiten abiotischer und biotischer Faktoren des Geo- und des Biosystems adäquate Modelle der hochkomplexen realen Umwelt. Sie bilden stets offene stoffliche und energetische Systeme, die sich in einem dynamischen Gleichgewicht befinden. Gerade für Gewässer und deren Einzugsgebiete gilt, daß über die Systemgrenzen (z.B. Einzugsgebietsgrenzen) hinaus Energie- und Stoffflüsse zu konstatieren sind. Systeme tragen forschungspraktisch Modellcharakter, indem Sie hochkomplexe reale Zusammenhänge vereinfacht abbilden, um sie einer analytischen Klärung bzw. Untersuchung zuzuführen.

Die Systemanalyse versucht allgemein, den Zustand interessierender Systeme zu beschreiben, die dem System innewohnenden Prozesse zu analysieren und die Verhaltensweisen und Zustandsänderungen zu erfassen. Sie zielt damit in den Umweltwissenschaften praktisch immer auf den dynamischen Charakter der Umweltsysteme ab (LESER 1991) und soll beitragen, die anthropogenen Beeinflussungen und Störungen im Naturhaushalt zu erkennen und letztlich zu steuern. Das „Denken“ in Systemen ermöglicht in besonderer Weise, daß verschiedene Umweltwissenschaften an gleichen Untersuchungsobjekten arbeiten und damit nicht „aneinander vorbeigeforscht“ wird.

Die Geowissenschaften betrachten Fließgewässer als Leitbahnen gerichteten Energie- und Stofftransportes in der Landschaft. Damit verbunden ist eine hohe System- und Prozeßbezogenheit der Forschungsansätze z.B. in der Hydrometeorologie, der Hydrologie oder der Bodenkunde (z.B. HAASE 1973, DYCK & PESCHKE 1983, STÜDEMANN 1984, RAWAT 1987).

Demgegenüber erschwert die hohe bioökologische Komplexität der Gewässer eine systembezogene Betrachtungsweise, insbesondere da biologische Systeme nur unvollständig aus abiotischen Milieubedingungen erklärt werden können. Wesentliche biotische Faktoren sind zwar autökologischer Natur, aber die syn- und demökologischen Beziehungen der Lebewesen erschweren kausalanalytische Betrachtungen (vgl. SCHWERDTFEGGER 1975, 1977, 1979). Die Herausarbeitung der auch für Fließgewässer wesentlichen ökologischen Grundgesetze, die die Existenz und Verbreitung der Lebewesen regeln, geht maßgeblich auf THIENEMANN (1939) zurück.

In der Limnologie erkannte man die Bedeutung von Gewässerstrukturen und besonderer Lebensrauminteraktionen (z.B. „Hyporheischer Biotop“ vgl. ORGHIDAN 1959) oder die Abfolge der ursprünglich aus fischereilicher Sicht definierten biozönotischen Regionen vieler Fließge-

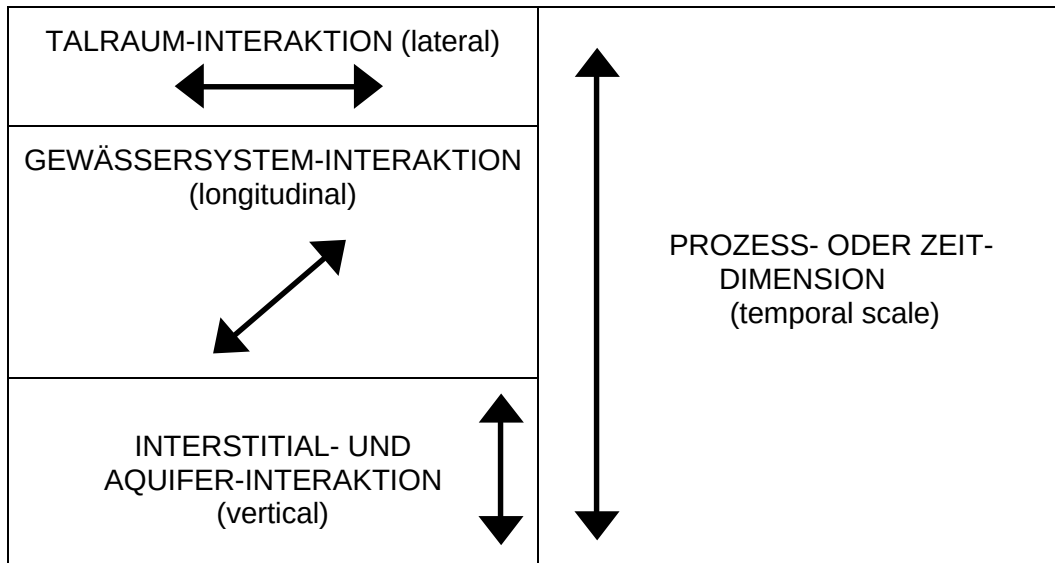


Abbildung 9: Der 4dimensionale Charakter der Fließgewässerökosysteme (aus MEHL 1998, in Klammern Bezeichnungen nach WARD 1989, 1997)

wässer („Rhitron-Potamon-Konzept“ vgl. ILLIES 1961). Zudem ist eine Vielzahl gewässerökologisch-theoretischer Vorstellungen entwickelt worden, die wesentliche System- und Prozeßgedanken integrieren. Hierzu zählen u.a.

- das River Continuum Concept (VANNOTE et al. 1980), das mittels Verhältnis von Primärproduktion zu Respiration sowie Struktur und Funktion von Organismengemeinschaften die gerichtete Kontinuität, aber sich gradientenhaft ändernde Qualität biotischer Energie- und Stoffflüsse in Fließgewässern kennzeichnet,
- die Herausarbeitung der Bedeutung dynamischer abiotischer Bedingungen für die Lebewelt (z.B. „hydraulischer Streß“ vgl. STATZNER & HIGLER 1986),
- die Erkennung des prozessualen Grundcharakters der Gewässerökosysteme und der Notwendigkeit eines systemhierarchischen Forschungsansatzes (WARD 1997, vgl. Abb. 9) sowie
- die Bedeutung von Raum- und Zeitmaßstäben, z.B. bei gewässermorphologischen Prozeßabläufen (FRISSEL et al. 1986, KERN 1994).

4.2 Systemhierarchien

Systeme von der Qualität eines Ökosystems (Landschaftsökosysteme, Gewässerökosysteme) können in der wirklichen Komplexität kaum betrachtet werden. Sie müssen zerlegt und zergliedert werden, um sie methodisch bearbeiten zu können. Die Ausgliederung von Subsystemen folgt dabei dem Prinzip der Systemhierarchie (LESER 1991), so daß mehrere Systeme einer Ordnung zu einem System höherer Ordnung aggregiert sind. Die einzelnen Hierarchiestufen wirken jeweils als eigenständige Funktionsgefüge, ohne daß sie damit die Beziehung zum Ge-

samtsystem verlieren. Mit dem Wechsel von einer zur nächsten Hierarchiestufe ist stets eine adäquate Änderung der Raum- und Zeitbezüge verbunden.

Der forschungspraktische Vorteil der Ausgliederung von Systemstufen nach zu bestimmenden Kriterien liegt darin begründet, daß gerade in der hochkomplexen Ökosystemforschung eine der jeweiligen Fragestellung zugehörige Hierarchiestufe zugeordnet werden kann. Damit bedingen Faktoren wie die Datenlage nach Qualität und Quantität, der Forschungsmaßstab u.a. die zu wählende Systemstufe. Trotz der zweckgerichteten Willkürlichkeit einer Systemabgrenzung verfügt man damit über ein probates Mittel, die „passende“ Systemstufe zu bestimmen. Hierauf sind sowohl das wissenschaftliche Hypothesengerüst als auch die wissenschaftliche Methodik abzustimmen. In praxi sind folglich solche Problemkreise berührt wie Mittelungszeiträume bei Vorliegen von Daten, Zeittaktung bei Messungen, Aufnahmegenaugigkeit bei Flächenanalysen, Fragen der Generalisierung etc.

4.3 Dimensionsproblematik

Systemhierarchien weisen einen unmittelbaren Bezug zu Maßstabs- und Dimensionsfragen auf. Grundlegende Vorstellungen zu Maßstabs- und Dimensionsbezügen allgemeiner landschaftlicher Untersuchung wurden in der Geographie entwickelt (z.B. NEEF 1963, 1967, HAASE 1964, 1976, HERZ 1973, MOSIMANN 1984, NEUMEISTER 1979, 1981, LESER 1978, 1985). NEEF (1967) weist zurecht auf die Folgen des Maßstabsbereiches für die „Untersuchungsfähigkeit“ von Elementen und Zusammenhängen hin und schlägt daher vor, Maßstabsbereiche in der Forschung, die die gleiche inhaltliche Aussagekraft haben und gleiche Zielsetzungen und Methoden ermöglichen, als Dimension zu bezeichnen. Während demnach bei einem großen Maßstab viele Details betrachtet werden können, aber die großräumigen Zusammenhänge häufig im Dunkeln bleiben, erschließen sich bei kleinmaßstäbigen Analysen keine Details mehr. Fazit: Die hierarchische Struktur der Landschaft muß sich in einer gleicherart hierarchischen Theorie und Struktur der Landschaftsforschung widerspiegeln (HAIGH 1987), wobei zugleich die Maßstabsabhängigkeit der Bedeutung von Raum und Zeit Beachtung finden muß (GOLLEY 1983).

4.4 Dynamik von Ökosystemen

Folglich ist es unumgänglich, die Dynamik von Ökosystemen jeweils in Abhängigkeit von der betrachteten Hierarchiestufe zu analysieren. Die Dynamik drückt sich in Prozessen aus, die eine raum-zeitliche Änderung von Stoff- und Energiehaushaltsgrößen bewirken. Die quantitative Kennzeichnung dieser Haushaltsgrößen entspricht auf jeder Hierarchiestufe einer adäquaten Komplexität, d.h. daß die jeweiligen Größen auch nur innerhalb einer Dimensionsstufe eine Aussagerrelevanz besitzen. Die Daten müssen für die einzelnen Stufen bzw. Systemhierarchien gesondert erhoben werden (LESER 1991), wobei im o.g. Sinne ein Absinken des Maßstabes grundsätzlich mit einer „Vergrößerung“ des Raum- und Zeitbezuges einhergeht (GOLLEY 1983).

Die natürliche Dynamik von Ökosystemen wird durch anthropogene Einflußnahme regelmäßig gestört, so daß sich Art und Intensität der Prozesse ändern. AURADA (1982) unterscheidet deshalb beispielsweise:

- (1) Vollständig natürlich ablaufende Prozesse
- (2) Anthropogen beschleunigte natürliche Prozesse

- (3) Anthropogen unterbundene natürliche Prozesse
- (4) Anthropogen gehemmte natürliche Prozesse
- (5) Vollständig anthropogen verursachte Prozesse

Wie sich die singulären oder komplexen Prozesse in der Realität ändern, hängt wesentlich vom vorhandenen Wirkungsgefüge und den jeweiligen Eigenschaften der betroffenen System ab. Diesbezüglich wesentliche Systemeigenschaften sind u.a. (in Anlehnung an HAASE 1979):

- die Persistenz (Pufferungsvermögen der Systeme)
- die Diversität (stoffliche und funktionale Mannigfaltigkeit)
- die Invarianz (Maß für die Konstanz bestimmter Strukturen oder stofflich-energetischer Bestandteile und Prozesse)
- die Variabilität (= ökologische Varianz, Eigenschaftswandel unter dem Einfluß wechselnder Einflüsse, insbesondere Wettergeschehen, ggf. Unterscheidung von periodischer und episodischer Variabilität)
- die Rhythmizität (jahreszeitlich oder durch Jahresgänge bedingte Zustandsänderungen, überwiegend meteorologisch determiniert)

Alle Prozesse wirken in Systemen und damit in Raum und Zeit. Eine effektive Möglichkeit, sich der Aufhellung komplexer ökologischer Sachverhalte zu nähern, kann deshalb in der Aufstellung adäquater hierarchischer Hypothesensysteme gesehen werden. Die ökologischen Phänomene entstehen durch hierarchisch geordnete Prozesse unterschiedlicher Raum-Zeit-Skalen (ECKERT & STÜDEMANN 1997), deren Kennzeichen wie Prozeßpotentiale, Steuergrößen oder beispielsweise Prozeßauslösern mittels Hypothesengewinnung und methodischer Annäherung an die Realität ermittelt werden können (vgl. auch VETTER et al. 1986). OPP (1970) sieht drei Ansätze zur Überprüfung des Wahrheitsgehaltes entsprechender Hypothesen:

1. die Konfrontation mit alternativen Hypothesen
2. die Suche nach hypothesenimmanenten Widersprüchen
3. die Konfrontation mit der Realität

Allerdings erschwert die hohe bioökologische Komplexität der Ökosysteme eine system- und hypothesenbezogene Betrachtungsweise, insbesondere da biologische Systeme nur unvollständig aus abiotischen Milieubedingungen erklärt werden können. Wesentliche biotische Faktoren sind zwar autökologischer Natur, aber die syn- und demökologischen Beziehungen der Lebewesen erschweren kausalanalytische Betrachtungen (vgl. SCHWERDTFEGGER 1975, 1977, 1979).

Die Herausarbeitung diesbezüglich wesentlicher ökologischer Grundgesetze, die demnach Existenz und Verbreitung der Lebewesen regeln, geht maßgeblich auf THIENEMANN (1939) zurück. Gegenstand der (Bio-)Ökologie sind deshalb Systeme oder Gefüge bzw. Beziehungsgefüge, deren Komponenten Organismen und Kollektive von Organismen sowie Außenbedingungen und Komplexe derartiger Bedingungen sind (SCHWERDTFEGGER 1977). Untersuchungsobjekte sind primär die Ökosysteme, die sich räumlich in den Ökotope oder in anderen ökolo-

gischen Raumeinheiten repräsentieren. Der Lebensraum der Organismen vereint die auf sie wirkenden ökologischen Faktoren, die sich in abiotische, biotische und trophische Faktoren differenzieren lassen. Grundsätzlich wird die Verbreitung von Arten u.a. durch die ökologische Potenz der Organismen und den Konkurrenzdruck durch andere Arten bestimmt. Die ökologische Potenz ist Ausdruck der Toleranzspanne der Organismen für die Veränderung abiotischer und biotischer Umweltparameter. Pflanzen- oder Tierarten mit einer geringen ökologischen Potenz gegenüber einem Umweltfaktor gelten als stenök gegenüber diesem Faktor, solche mit einer großen ökologischen Potenz als euryök.

Im Rahmen substantieller Ökosystemanalysen kommt man deshalb nicht umhin, Geos und Bios in ihrem gegenseitigen Wirkungs- und Beziehungsgefüge zu erhellen. Auf die Notwendigkeit eines integrativen ökologischen Ansatzes bei der Untersuchung abiotischer und biotischer Faktoren eines Raumes hat deshalb u.a. LESER (1991) verwiesen, wobei er zum Fazit kommt, daß gemeinsame ökosystemare Forschungsansätze der Bio- und der Geowissenschaften nach wie vor eine Ausnahme bilden. Raumfunktionale und dimensionsbehaftete Denkansätze fehlen in der Bioökologie allzu oft, obwohl seit langem fundierte theoretische bioökologische Darstellungen existieren. So ist nach wie vor feststellbar, daß in biologischen und bioökologischen Arbeiten häufig abiotische Größen einen eher deskriptiven Charakter tragen, während andererseits geoökologische Arbeiten sich ebenso häufig den biologischen Angaben lediglich zur „inhaltlichen Auffrischung“ bedienen. Dieser offenkundliche Mangel an interdisziplinärem Herangehen muß in der Zukunft durch die fachübergreifende Übereinkunft einheitlicher Dimensions- (Maßstabs-) und Zeitbezüge überwunden werden (MEHL & THIELE 1998).

5 Hierarchisches gewässerökologisches System- und Prozeßgefüge für große Flüsse und Ströme

5.1 Grundsätze

Um demnach die Dynamik der Fließgewässerökosysteme gerade unter dem Aspekt ihrer „ökologischen Funktionsfähigkeit“ (MOOG & CHOVANEC 1998) problemgerecht zu betrachten, ist es erforderlich, ein gewässerökologisches System- und Prozeßgefüge abzuleiten. Dieses soll die raum-zeitlichen Zusammenhänge als hierarchisches Modellkonzept widerspiegeln. Jede Raum-Zeit-Skala stellt im o.g. Sinne ein räumliches System mit eigenständigen Funktions- und Prozeßabläufen dar und wird bestimmt durch spezifische Raumgrößen und zeitliche Bezüge der ablaufenden Prozesse.

Skalenübergreifend ergibt sich für die Thematik der ökologischen Zusammenhänge an großen Flüssen und Strömen quasi ein problemadäquates ökologisches Gesamtmodell. Besonders relevant ist für das System- und Prozeßgefüge neben dem Bezug des Gewässers zum Einzugsgebiet die untrennbare ökologische Einheit von Fluß und Aue/Niederung bzw. Talraum (FRIEDRICH 1992, TITTIZER et al. 1995a, MEHL & THIELE 1995a, b). TITTIZER et al. (1995a) heben hier vor allen Dingen die trophischen Interaktionen und damit die Nahrungsnetzbeziehungen hervor, wobei die biotische Interaktion auch eine wesentliche Folge der im Komplex zu betrachtenden physiographischen Entstehungs- und Entwicklungsgeschichte von Fließgewässer und Talraum sein dürfte. Überhaupt ist die geomorphologische Entwicklung der Gewässer untrennbar mit der Talraumgenese und -veränderung verknüpft (vgl. u.a. MANGELSDORF & SCHEURMANN 1980, KERN 1994, MEHL 1998, SCHERLE 1999).

Bezüglich morphologischer Gewässerentwicklung existieren bereits hierarchische Raum-Zeit-Modelle (u.a. FRISSELL et al. 1986). In Deutschland ist die Arbeit von KERN (1994) zur morphologischen Entwicklung von Flüssen und kleinen Fließgewässern hervorzuheben. Hierauf wird im folgenden bei der Abgrenzung von Raum- und Zeitbezügen der einzelnen Systeme des hierarchischen gewässerökologischen System- und Prozeßgefüges teilweise Bezug genommen.

Das Systemgefüge folgt dem Grundsatz, daß zu jeder Raumeinheit (räumlicher Geltungsbereich) eine adäquate Entwicklungszeit bis zur „Reife“ bzw. eine typische, zeitabhängige Dynamik der inhärenten natürlichen Prozesse gegeben ist (Tab. 11, Abb. 9). Die Prozesse einer Systemstufe bestimmen zugleich die Prozeßpotentiale des nachgeordneten Systems („äußere Einwirkungen bezüglich der nachgeordneten Ebene“, vgl. KERN 1994). Desgleichen führen anthropogene qualitative Änderungen auf einer Systemstufe bei ausreichender Quantität „summarisch“ zu einer Veränderung der höheren Systemstufe und ihrer Kennzeichen (Umschlagen quantitativer in qualitative Veränderungen).

Raum- und Zeitgrößen von Systemstufen lassen sich naturgemäß nicht exakt festlegen, so daß die Angaben lediglich Anhaltspunkte darstellen. Im Grundsatz ist aber beim Wechsel von einer höheren zu einer niedrigeren Systemstufe ein Absinken der Raumgröße sowie eine kürzere Zeitbasis der Systementwicklung und -dynamik gegeben. Bioökologisch sind die definierten Raum-Zeit-Strukturen in unterschiedlicher Weise relevant. Systeme mit großem Raum- und Zeitbezug sind für die Lebewelt häufig von biogeographischer oder sogar evolutionärer Bedeutung. Für Organismen mit hohen Raumansprüchen können sie aber auch Lebensraum oder

5 Hierarchisches gewässerökologisches System- und Prozeßgefüge für große Flüsse und Ströme

Teillebensraum darstellen. Die einzelnen Systemstufen werden im folgenden in ihren geo- und bioökologischen Charakteristika beschrieben.

Tabelle 11: Hierarchisches gewässerökologisches System- und Prozeßgefüge für große Flüsse und Ströme - zugehörige Raum-Zeit-Skalen

Einzugsgebiet/Gewässernetz					
	Gewässer/- Gewässer- strecke				
		Gewässer- abschnitt			
			Gewässer- bereich		
				Gewässer/- Talboden- Struktur	
					Gewässer/- Talboden- Element
$10^5 \dots 10^6$ m	$10^4 \dots 10^5$ m	$10^3 \dots 10^4$ m	$10^2 \dots 10^3$ m	$10^2 \dots 10^3$ m	$10^1 \dots 10^3$ m
$10^4 \dots 10^6$ Jahre	$10^3 \dots 10^5$ Jahre	$10^2 \dots 10^3$ Jahre	$10^1 \dots 10^2$ Jahre	$10^0 \dots 10^1$ Jahre	$10^{-1} \dots 10^1$ Jahre

5 Hierarchisches gewässerökologisches System- und Prozeßgefüge für große Flüsse und Ströme

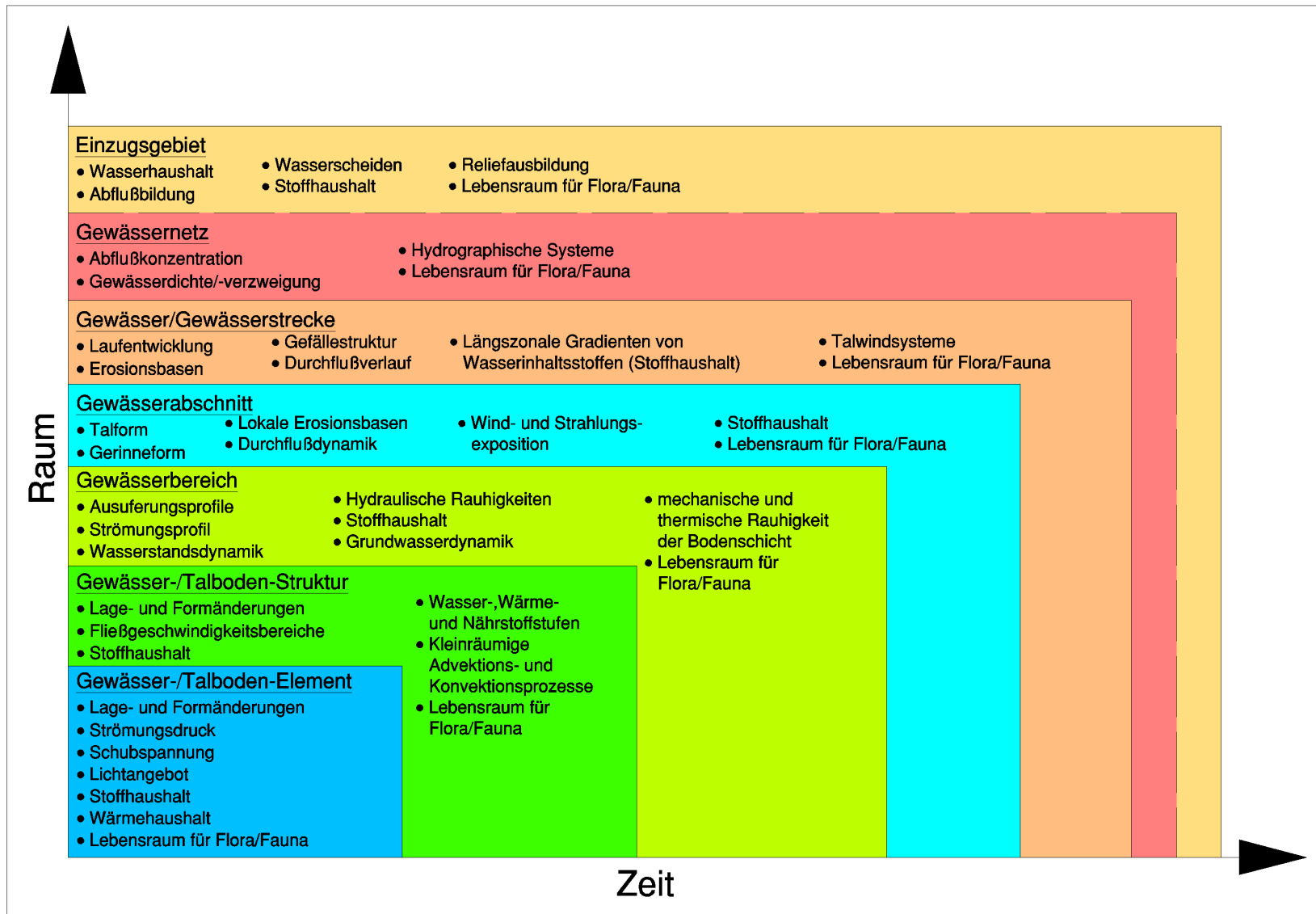


Abbildung 9: Hierarchisches gewässerökologisches System- und Prozeßgefüge für große Flüsse und Ströme und systemstufenbezogene inhärente Prozesse

5.2 Einzugsgebiet/Gewässernetz

Jedes Gewässer verfügt über ein hydrologisches Einzugsgebiet. Das ist dasjenige Gebiet, von dem das Wasser des Gewässers stammt. Es wird definiert als „in der Horizontalprojektion gemessenes Gebiet, aus dem Wasser einem bestimmten Ort zufließt“ (DIN 4049 Teil 1). Man unterscheidet das oberirdische Einzugsgebiet, das gemeinhin durch morphologisch in Erscheinung tretende (oberirdische) Wasserscheiden begrenzt wird, von dem unterirdischen, das durch unterirdische Wasserscheiden bestimmt ist. Bei einfachen Verhältnissen sind ober- und unterirdische Wasserscheiden annähernd lagekongruent. Gerade bei kleinen Gebieten können aber auch beachtliche Unterschiede gerade durch komplizierte hydrogeologische Verhältnisse auftreten. Bei den Einzugsgebietsverhältnissen der großen Flüsse und Strömen sind die Differenzen meist vernachlässigbar.

Eine Besonderheit stellen die vor allem im jungglazialen Norddeutschland zahlreich vorhandenen Binnenentwässerungsgebiete dar. SCHUMANN (1968) definiert ein Binnenentwässerungsgebiet „...als das aus einer oder mehreren Hohlformen bestehende, von einer Wasserscheide allseitig begrenzte oberirdische Einzugsgebiet, in dem Niederschlag nur verdunstet und versickern kann oder auf einem der beiden Wege weggeführt wird“.

Die hydrographische Entwicklung der Einzugsgebiete ist durch die geologische und geomorphologische Ausgangssituation, die Abtragungsvorgänge und die erosive Kraft des fließenden Wassers bestimmt. Das heutige Gewässernetz als „verästeltes“ Fließgewässersystem ist Ausdruck der Abflusssituation und der historischen Landschaftsentwicklung (Verwitterung, Abtrag und Transport, Flußanzapfung etc.), wobei auch der Mensch vielerorts aktiv in die natürlichen hydrologischen (Abflußbildung, Abflußkonzentration) und hydrographischen (Wasserscheiden, Laufverlegungen und -kürzungen etc.) Verhältnisse eingegriffen hat.

Einzugsgebiet und Gewässernetz bestimmen qualitativ und quantitativ über die Wassermenge und die Wasserinhaltsstoffe. Damit kommt den Nutzungsverhältnissen eines Einzugsgebietes eine überragende landschafts- und gewässerökologische Bedeutung zu.

5.3 Gewässer/Gewässerstrecke

An großen Flüssen und Strömen stellen einzelne Gewässer oder längere Gewässerstrecken eine nachgeordnete Systemstufe dar. Die räumliche Abgrenzung erfolgt hier vor allem nach dem Prinzip eines relativ einheitlich vorhandenen Charakters. Damit werden solche Gewässer oder Gewässerstrecken abgegrenzt, die durch annähernd gleiche mittlere Gefälleverhältnisse oder durch Grenzen von Landschaftseinheiten geprägt sind (z.B. Alpenrhein, Ober-, Mittel-, Niederrhein).

Der Charakter solcher Teilbereiche kann sich u.a. durch hydroklimatische Wandlungen ändern, z.B. durch Änderung des Erosions-, Akkumulations- und Transportregimes. Relevante morphologische Prozesse betreffen damit u.a. die Laufentwicklung, die Gefällestruktur oder die Veränderung von Erosionsbasen.

5.4 Gewässerabschnitt

Ein Gewässerabschnitt weist eine quasi-homogene Raumausstattung auf, die in einem Gewässerabschnitt ablaufenden Prozesse führen zu einer grundlegenden Talform, zu vergleichbaren Erosions-, Akkumulations und Transportvorgängen, zu ähnlichen Gefälle-, Substrat- und Strömungsverhältnissen, vergleichbaren Auen- oder Niederungsregimen oder dem Fehlen desselben usw. (vgl. „Gewässerabschnitt/Talboden“ nach KERN 1994).

Gewässerabschnitte sind daher häufig durch größere Zuflüsse begrenzt, deren zusätzliche Wasser- und Geschiebemenge oftmals auch morphologische Änderungen im Gewässerbett bewirken (KERN 1994), oder durch den Wechsel des geologischen Untergrundes, des Gefälles u.a. bestimmt. Man kann dann auch von einem Gewässer-Typwechsel ausgehen („Fließgewässer-Abschnittstyp“ nach MEHL 1998, MEHL & THIELE 1998).

5.5 Gewässerbereich

Der Gewässerabschnitt zerfällt in Teilräume, die Gewässerbereiche. Hierunter sollen das Gewässerbett mit dem eigentlichen Fließgewässer, der Talboden als Hauptinteraktionsraum Gewässer-Umland sowie der weitere Talraum gefaßt werden.

5.5.1 Gewässerbett

Das engere Gewässerbett besteht aus der Gewässersohle und den links- und rechtsseitigen Uferbereichen. Das Wasser unterliegt der Schwerkraft, so daß die Sohle natürlicher Fließgewässer die tiefsten Punkte des durchflossenen Talbodens verbindet. Das Gewässerbett vermag eine bestimmte Wassermenge aufzunehmen. Bei Überschreiten des sogenannten bordvollen Abflusses (Erreichen des oberen Gewässerbettrandes) uferf das Gewässer aus und ergießt sich in die Aue oder die Niederung.

Neben der Bedeutung des Gewässerbettes als Lebensraum (s.u.) muß auch die Beschaffenheit im Hinblick auf hydraulische Parameter beachtet werden. Fragen wie die Querschnittsform (Fläche und Umfang oder hydraulischer Radius, einfache oder gegliederte Querschnitte) oder die Wandungseigenschaften (Rauhigkeit, kritische Wandschubspannung etc.) sind Steuergrößen hydrologischer und hydraulischer Gerinneprozesse. In morphodynamischer Hinsicht ist das Sohlgefälle im wesentlichen prozeßbestimmt durch das Abflußregime, die Untergrundverhältnisse, den Feststofftransport sowie die stromabwärts nächstgelegene Erosionsbasis.

5.5.2 Talboden

Unter Talboden soll hier summarisch der Talgrund und die Talfußbereiche als unmittelbarem Übergangsbereich zu rein terrestrischen Strukturen definiert werden (vgl. Abb. 11). Dieser Teil des Talraumes weist die höchsten Grade an ökologischer Interaktion mit dem Gewässer auf.

FOECKLER & BOHLE (1991) fassen unter Bezug auf zahlreiche Autoren die wichtigsten Kennzeichen und Funktionen natürlicher Auen (Anm.: synonym für Talboden bzw. Auen oder Niederungen) im Naturhaushalt wie folgt zusammen:

5 Hierarchisches gewässerökologisches System- und Prozeßgefüge für große Flüsse und Ströme

- a) Artenreichtum: mit ca. 12.000 Tier- und Pflanzenarten als regelmäßige Auenbewohner stellen naturgemäße Auen der Unterlaufregion die artenreichsten Ökosysteme Europas dar
- b) Ausbreitungswege für Pflanzen, Tiere und den Mensch
- c) Laich-, Brut-, Rückzugs-, Nahrungs-, Rast- und Schlafplätze für Fische, Amphibien, Wasserinsekten, Vögel u.a. Artengruppen
- d) Grundwasseranreicherung mit natürlicher Filterwirkung, natürliche Selbstreinigungsstrecke, Hochwasserretention
- e) strukturbeliebendes Landschaftselement
- f) Rückzugsgebiet und Artenreservoir
- g) Erlebnis- und Erholungsgebiete für den Menschen

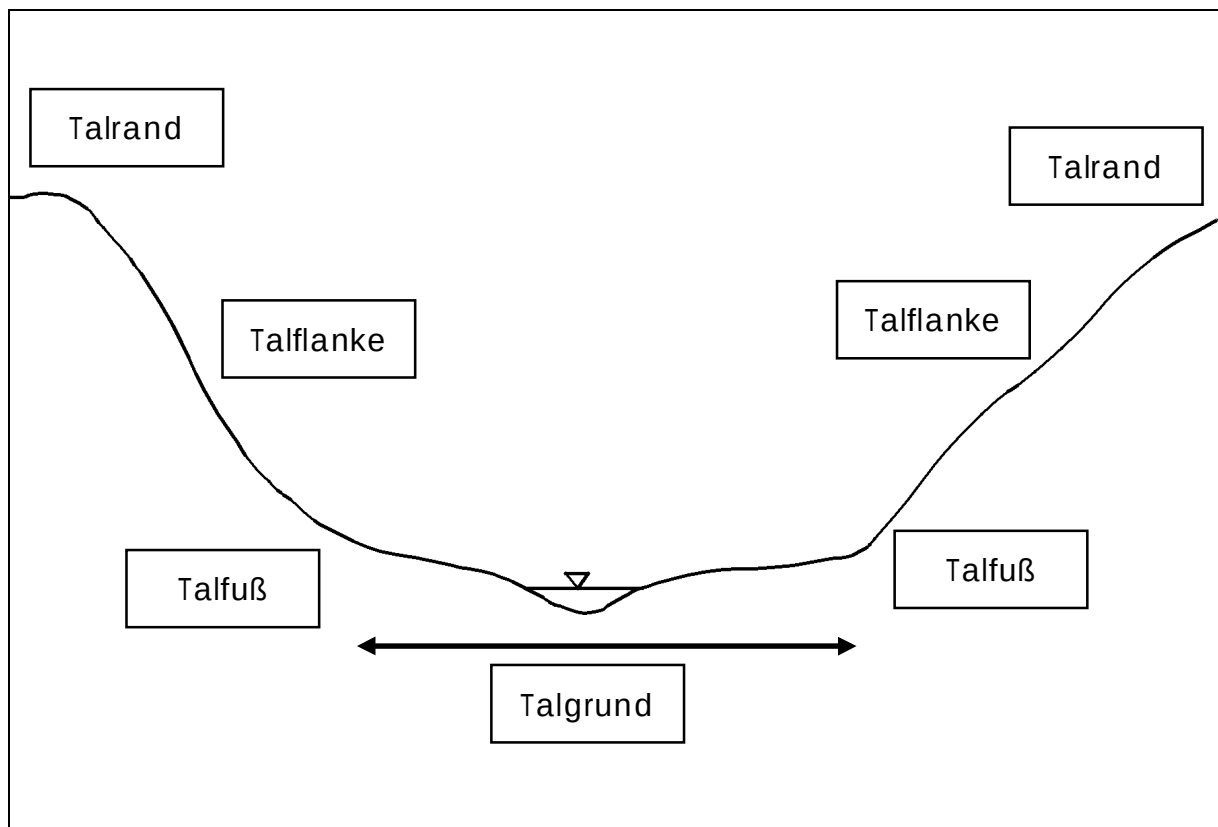


Abbildung 11: Räumliche Teilbereiche eines typischen Fließgewässers, aus MEHL & THIELE (1998)

5.5.3 Sonstiger Talraum

In den Bereichen der Talflanken und des Talrandes als dem sonstigen Talraum überwiegen andere Einwirkungen als die der Schifffahrt (z.B. Land- und Forstwirtschaft, Siedlungen, Infrastruktur). Es kommen aber auch teilweise infrastrukturelle Einrichtungen im Zusammenhang mit der Schifffahrt vor (Hafenzuwegungen etc.). Dieses soll aber nicht gesondert betrachtet werden

und wird unten ggf. im entsprechenden Kontext mitbehandelt. Ökologisch relevante Elemente des sonstigen Talraumes werden jedoch in den nachfolgenden Systemstufen hervorgehoben (z.B. Talrandabbrüche). Ansonsten wird eher der durch die Binnenschifffahrt direkt oder indirekt durch Maßnahmen deutlicher betroffene Raum bis zu den Talflanken betrachtet.

5.6 Gewässer-/Talboden-Struktur

Die nachgeordnete Systemstufe ist die Gewässer-/Talbodenstruktur, die sich in die Kompartimente

- Gewässergrund
- Freiwasser
- Uferbereich
- Aue oder
- Niederung

untergliedern läßt.

5.6.1 Gewässergrund

Der Gewässergrund wird durch die Gewässersohle und den Interstitialraum gebildet und kann je nach geologischem Untergrund und der Transportkraft des Wassers verschiedener Art sein (vgl. Kapitel 4.2). Der Gewässergrund ist im Gewässer regelmäßig der Hauptraum der Besiedlung durch aquatische Invertebraten und stellt einen vielschichtigen Lebensraum dar.

5.6.2 Freiwasser

Im Freiwasser der großen Flüsse und Ströme ist das Phytoplankton der Hauptträger der Primärproduktion. Bedingt durch die Nährstoffbelastung und in staugeregelten Flüssen durch die verlängerten Verweilzeiten läßt sich heute vielerorts eine Verschiebung zu typischen Formen eutropher Gewässer konstatieren. So dominiert heute beispielsweise im Besiedlungsbild des Rheins die Kieselalge *Stephanodiscus* (TITTIZER et al. 1995a). Daneben ist das Freiwasser wichtiger Lebensraum für die Fischfauna.

5.6.3 Uferbereich

Uferbereiche stellen den Übergangsbereich vom Wasser zum Land dar, so daß an die hier lebenden Organismen und -gemeinschaften erhöhte Anforderungen gestellt werden. Für die mineralischen und häufigen Veränderungen unterworfenen Ufer vieler Flüsse und Ströme waren ursprünglich charakteristische Käfergemeinschaften sowie zahlreiche Amphibien und Kleinsäuger typisch.

5.6.4 Aue

Genau wie die Niederung bildet die Aue den tiefsten, ebenen Teil des Talbodens. Sie ist aber aus minerogenen Fluvialsedimenten gebildet und wird bei Hochwasser überflutet. Ebenso unterscheidet sie sich von der Niederung dadurch, daß sie grundwasserbeeinflusst sein kann, aber nicht sein muß. Gerade an den großen Strömen und Flüssen muß regelmäßig zwischen der

5 Hierarchisches gewässerökologisches System- und Prozeßgefüge für große Flüsse und Ströme

historischen und der rezenten Aue unterschieden werden. Eine historische Aue ist gemeinhin Beleg für Bildungsprozesse früherer Klimaepochen oder ist bereits Ergebnis der anthropogenen Auenveränderungen. Nur die rezente Aue verfügt über aktuelle Merkmale natürlicher Auendynamik, nur hier sind die Arten und Lebensgemeinschaften den vielfältigen Anpassungs-, Selektions- und Isolationsmechanismen (FOECKLER & BOHLE 1991) unterworfen, die vor allem der geoökologischen Dynamik natürlicher Auenverhältnisse geschuldet sind. Zu diesen dynamischen Kriterien muß man insbesondere Zeitpunkt, Dauer und Häufigkeit von Überflutung, desgleichen des Trockenfallens, das Ausmaß von Wasserstandsschwankungen, Art und Charakter der Grundwasserverhältnisse sowie die stoffliche Dynamik (Ablagerungen, Ausräumungen), d.h. Ausmaß und Kennzeichen, zählen. Während für die Vegetationsausprägungen der Aue eher die mittel- bis langfristige hydrologische Dynamik bedeutsam ist, spielt für viele Tiere eher die kurz- bis mittelfristige eine bestimmende Rolle.

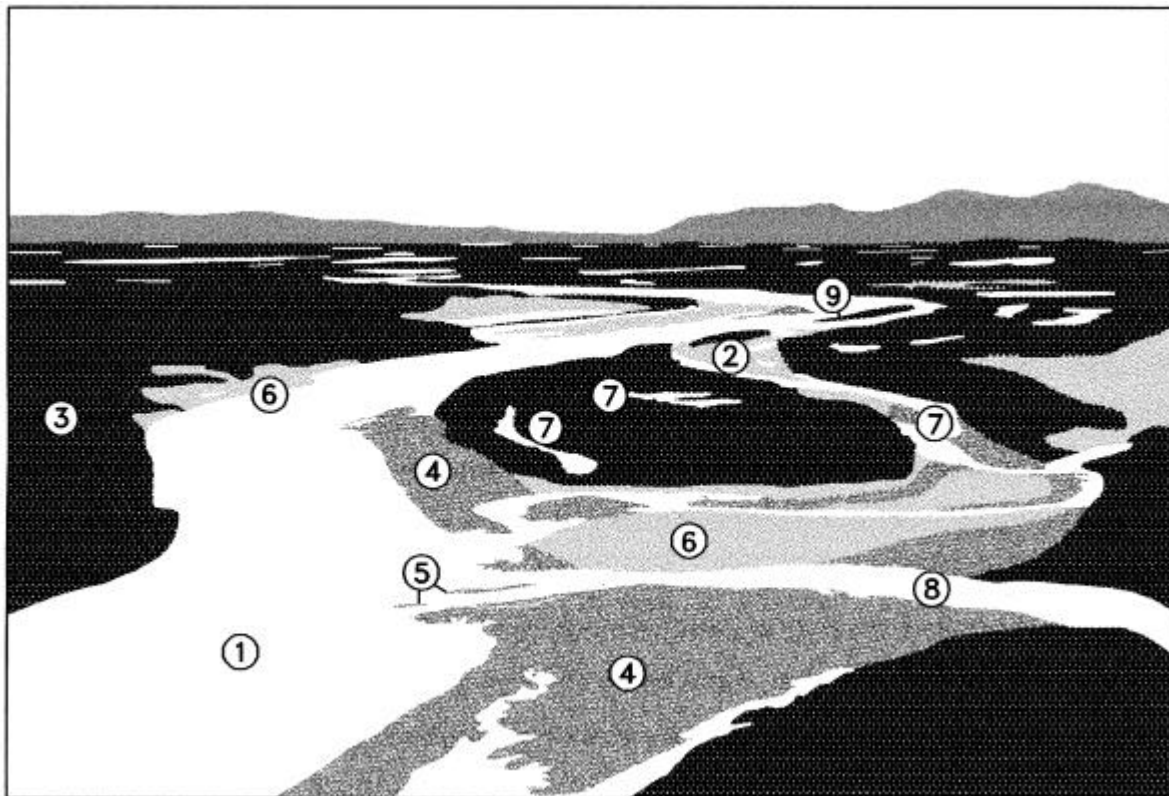


Abbildung 12: Natürliche Auendynamik - Zeichnerische Darstellung einer Flußauenlandschaft auf der ortsibirischen Halbinsel Kamtschatka (Fotovorlage: Dr. H. Winkler, Rostock, 1994)

① Hauptfluß	② Hochflutrinne/Altarm
③ Gehölzbestandene Auenbereiche	④ Ufer-Sandbänke
⑤ Sandbank-Inseln	⑥ Gehölzfreie Auenbereiche
⑦ Altwasser/Temporärgewässer	⑧ Einmündender Nebenfluß
⑨ Gehölzbestandene Insel	

Die Dynamik der Auenentwicklung wird maßgeblich durch die Durchflußdynamik des zentralen Fließgewässers und damit insbesondere durch die Abflußdynamik des hydrologischen Einzugsgebietes bestimmt. Natürliche Auensysteme weisen eine Vielzahl spezifischer und häufig temporärer Strukturelemente auf (Abb. 12), die u.a. ökologische Nischen für hochspezialisierte Floren- und Faunenelemente darstellen. Nicht selten handelt es sich dabei um sogenannte Pionierformen (Erstbesiedler), die zwingend auf spezifische Entwicklungsstadien derartiger Lebensräume angewiesen sind.

Die gemeinhin als „klassische“ Auenbildungen angesehenen Auenlehmablagerungen können als anthropogen verstärkt, wenn nicht verursacht angesehen werden (KERN 1995). STEINMÜLLER (1987) sieht allgemein bei bestimmten fluviatilen Phänomenen zeitliche und daher naheliegende genetische Beziehungen zu relevanten siedlungs- und wirtschaftsgeschichtlichen Vorgängen, in Deutschland insbesondere in dem hochmittelalterlichen Landesausbau über die Altsiedelräume hinaus. Dieser umfaßte planmäßige und in einer erstaunlich kurzen Zeit erfolgte Rodungen der bis dahin von geschlossenen Wäldern eingenommenen Mittelgebirgsschwelle genauso, wie die Waldzerstörungen in Teilen der höheren Mittelgebirge. Letzteres nahm besonders im späten Mittelalter und in der beginnenden Neuzeit wegen des großen Holzbedarfes für Bergbau sowie Schmelz- und Glashütten oftmals katastrophale Ausmaße an. Die ursprünglich unter der Waldbedeckung stark gehemmten Abtragungsvorgänge erwuchsen damit qualitativ und quantitativ zu einer vielhundertfach beschleunigten Denudation. Die Veränderung der Abflußbildung und –konzentrationsprozesse führten ebenso zu einer drastischen Änderung der hydrologischen Situation, damit des Gebietswasserhaushaltes und vor allem der natürlichen Abflußdynamik. Klimatische Ursachen können nach heutigem Kenntnisstand für diese Milieuveränderungen ausgeschlossen werden.

An Elbe, Weser, Werra und Leine wurden bronze- bzw. eisenzeitliche Hochflutsedimente rekonstruiert und in einen engen Zusammenhang mit den damaligen Rodungen gesetzt (MENSCHING 1958, LÜTTIG 1960, JÄGER 1962, STRAUTZ 1962, WILDHAGEN & MEYER 1972). Allgemein besteht die Auffassung, daß es die größten Auenlehmauflandungen zur Zeit der geringsten anthropogen verursachten Waldbedeckung im Mittelalter gab (KERN 1995). Allerdings sieht STEINMÜLLER (1987) entgegen dieser Lehrmeinung beim größeren Teil der Täler der Mittelgebirgsschwelle keinen unmittelbaren zeitlichen Zusammenhang zwischen mittelalterlichem Landesausbau und dem allgemeinen Beginn der Auelehmbildung. Der phasenhaft verstärkte Abfluß bewirkte hier eine erhöhte fluviatile Tiefen- und sekundäre Seitenerosion mit starker Veränderung des Erosions- und Sedimentationsgeschehens. Auenlehmdecken konnten so erst dann entstehen, nachdem die Flüsse durch eine erhöhte Ablagerung von Kiesen und Sanden die Talsohlen erhöht und aus einem Stadium der Verwilderung und Aufspaltung in Mäanderflüsse übergingen.

5.6.5 Niederung

Die Niederung ist der tiefste, ebene Teil des Talbodens, der aber im Gegensatz zur Aue aus organogenen Sedimenten gebildet und durchweg grundwasserbeeinflusst ist. Charakteristisch sind Moorniederungen. Es erscheint sinnvoll zu den Niederungen auch diejenigen Talböden zu zählen, die minerogenen, nicht-alluvialen Ursprungs sind (z.B. Geschiebelehm- oder Sanderbe-

reiche im Jungglazial) und deren Charakter niederungstypisch ist, d.h. ohne klar ausgeprägte Talform.

Gerade die Talniederungen des nordöstlichen Tieflandes sind häufig flächenhaft, d.h. die gesamte Talniederung ausfüllend, mit Talmooren durchzogen, die überwiegend dem hydrologischen Moortypus Durchströmungsmoor angehören. Durchströmungsmoore entstehen sekundär auf Verlandungs-, Versumpfungs-, Hang- oder Quellmooren und sind an einen Mineralbodenwasserstrom gebunden, der durch den Torfkörper strömt und aufgrund von Eigenstau den Torfkörper ständig weiter aufbaut. Das Moorwachstum hängt davon ab, wieviel Nährstoffe im zu strömenden Grundwasser enthalten sind. Die günstigsten Wachstumsbedingungen sind daher für die Moorvegetation im Regelfall am Talrand gegeben. Hier ist demnach auch der stärkste Torfwachstum zu verzeichnen. Die typische Neigung der Mooroberfläche von Talrand zum Gewässer ist die Folge. Charakteristisch ist das Auftreten der Durchströmungsmoore im Komplex mit anderen hydrologischen Moortypen. Für die Flußtalmoore ist besonders die in Beziehung stehende Vergesellschaftung mit randlichen Quellmooren sowie schmalen Überflutungsmooren längs der Fließgewässer kennzeichnend (SUCCOW 1988a, b).

5.7 Gewässer-/Talboden- Element

Gewässer-/Talboden-Elemente werden im Rahmen dieses Modellkonzeptes als unterste Systemstufe ausgewiesen. Der räumliche Detaillierungsgrad erreicht hier seinen höchsten Grad. Andererseits erscheint die Größenordnung für die Problemstellung der Abschätzung der von Bundeswasserstraßenbau- und -betrieb ausgehenden umwelterheblichen Auswirkungen als am besten geeignet.

5.7.1 *Interstitial*

Der Raum unterhalb der Oberflächensedimente der Flußbetten, der sich teilweise auch noch über das Ufer hinaus fortsetzen kann, wird als hyporheisches Interstitial oder Hyporheal bezeichnet (SCHWOERBEL 1964, 1967, SCHÖNBORN 1992). ORGHIDAN (1959), auf den der Begriff „Hyporheischer Biotop“ zurückgeht, erkannte als erster wesentliche Merkmale dieses zwischen ober- und unterirdischen Gewässern befindlichen Übergangs- bzw. Grenzraumes. Dieser Zwischencharakter weist dem Interstitial die ökologische Bedeutung eines Ökotons (Übergangsbiotop, vgl. KLOFT & GRUSCHWITZ 1988) zu.

Art und Charakter des Interstitials hängen von folgenden Einflußfaktoren ab: Korngröße des Sedimentes und hydraulische Leitfähigkeit, Wasserführung und Schwebstoffhaushalt des Gewässers. Eine hohe Schwebstoffführung kann selbst bei Vorhandensein eines ausreichenden Porenraumes eine Interstitialausbildung verhindern. Das hyporheische Porenwasser ist versickertes Oberflächenwasser und unterscheidet sich vom Grundwasser durch die größeren Schwankungen im Chemismus und der Temperatur. Neben der erheblich geringeren Fließgeschwindigkeit ist eine nur sehr geringe Temperaturamplitude des hyporheischen Wassers zu verzeichnen (SCHWOERBEL 1961), so daß für viele Interstitialbewohner neben die Bedeutung des Strömungsrefugiums auch die des Temperaturrefugiums tritt (SCHWOERBEL 1964). Nahrungsgrundlage der hyporheischen Fauna ist aufgrund der vollkommenen Dunkelheit (keine Primärproduktion möglich) zum einen der eingeströmte Detritus, zum anderen zeigen neuere Ergebnisse die Bedeutung der durch das Grundwasser eingetragenen gelösten organischen Substanzen (SCHWOERBEL 1994). Die Detritusablagerungen sind damit naturgemäß reich an Bakterien und Pilzen.

In vielen Fließgewässern leben nur etwa 20% der benthischen Invertebraten an der Oberfläche der Gewässersohle, während man die höchsten Dichten in 10-40 cm Tiefe findet (SCHÖNBORN 1992). Die Bevorzugung des Interstitials durch die einzelnen Arten und Artengruppen ist wesentlich verknüpft mit bestimmten Entwicklungs- und physiologischen Stadien. Viele Tiere nutzen das hyporheische Lückensystem als temporären Ausweichraum bei Störungen wie z.B. zu hohem Strömungsdruck auf der Gewässersohle oder kritische chemisch-physikalische Wasserbeschaffenheit. In einigen Gewässern ist im Sinne des o.g. Ökotoncharakters eine deutliche Überlappung von Interstitial- und Grundwasserlebensgemeinschaft vorhanden (PENNAK & WARD 1986):

→ **Zusammenfassende ökologische Bedeutung:**

- spezifischer, eigenständiger Lebensraum mit Ökotoncharakter
- wichtiges Habitat für Entwicklungs- und physiologische Stadien zahlreicher aquatischer Invertebraten
- „Fluchtraum“ für aquatische Invertebraten
- erhebliches Selbstreinigungspotential hinsichtlich organischer Gewässerbelastungen

→ **Entstehungs- und Entwicklungsvoraussetzungen:**

- Vorhandensein einer durchlässigen Gewässersohle (Kiese, Sande etc.)
- geringe Schwebstoffführung des Gewässers
- natürliche Sohlendynamik, damit sich Kolmations- und andere gegenläufige Prozesse raumzeitlich mit natürlichen Sukzessionsstadien und -prozessen ausgleichen

→ **Gefährdung:**

- Sohlenverbau, insbesondere mit glatten und fugenlosen Materialien
- Stauregulierung, da Überdeckung mit Fest- und Schwebstoffen
- Einschränkung oder Verhinderung der natürlichen Sohlendynamik
- über die Sohlenoberfläche hinausgehende Flußbettumlagerungen z.B. durch Schiffsschraubenbewegungen
- Sedimententnahme durch Baggerung
- erhöhte Schwebstoffführung mit Kolmationserscheinungen
- künstlich induzierte Grundwasserströmungen, z.B. bei Uferfiltration zur Wassergewinnung
- Eintrag von Schad- und Giftstoffen

5.7.2 Feste Gewässersohle

Eine feste Gewässersohle als Zeichen der fluvialen Erosion in Festgesteinsbereichen ist eine Existenzform nichtalluvialer Gewässer, vgl. Kapitel 4.2. Das im Regelfall nur abschnittsweise

Auftreten fester Sohlbereiche an großen Flüssen und Strömen ist ein Indiz für an gleicher Stelle liegende lokale Gefällebrüche bzw. Erosionsbasen (z.B. Durchbruchstäler). Im allgemeinen sind es feste Felsgesteine, die eine feste Gewässersohle bilden. MANGELSDORF & SCHEURMANN (1980) bezeichnen als Festgesteine alle Gesteine, für die das Kriterium Dauerfestigkeit gilt (kaum oder keine Wasseraufnahmemöglichkeit, dichtes Gefüge etc.). Dazu zählen vor allem Magmatite, einige Metamorphite, aber auch harte Sedimentite. Das wesentliche Kennzeichen der festen Gewässersohle besteht damit in der grundsätzlichen Nichtumlagerbarkeit/Nichtbewegbarkeit der Sohle unter den heutigen hydroklimatischen und hydrologischen Bedingungen. Allerdings wirken die exogenen Kräfte des fließenden Wassers auf die Sohle ein, so daß diese allmählich erodiert wird. Eine große Bedeutung kommt hierbei neben der Schleppkraft des Wassers auch den mitgeführten Feststoffen des Gewässers zu, da diese zu einer mechanischen Beanspruchung der Sohle führen („Sandstrahl- und Schleifeffekte“). Festgesteins-Sohlbereiche sind regelmäßig an steilen Ufern und Talformen (Klamm, Schlucht, Kantental etc.) des Fließgewässers erkennbar.

Im allgemeinen weisen feste Gewässersohlen, abgesehen von ggf. vorhandenen Klüften und Spalten, kein Interstitial auf (vgl. oben), so daß für die aquatische Lebewelt nur die mehr oder minder rauhe Oberfläche als Lebensraum in Frage kommt. Der hier verhältnismäßig große Strömungsdruck auf die Organismen, die mechanische Belastung durch den sohlnahen Feststofftransport sowie die nur ungenügend vorhandenen Rückzugsräume bedingen, daß eine feste Gewässersohle zum bevorzugten Habitat für rheophile und rheobionte aquatische Makroinvertebraten wird. So beschreiben SCHÖLL et al. (1995a, b) auf dem bekannten Domfelsen bei Magdeburg gute Lebensbedingungen für sessile und halbsessile Makroinvertebraten und fanden mit über 5.000 Individuen/m² der Großen Langfühlerschnecke (*Bithynia tentaculata*) und mit bis zu 40 Individuen/m² der Dreikantmuschel (*Dreissena polymorpha*) sehr hohe Abundanzen von typischen Filtrierern und Weidegängern. Grundsätzlich ist mikrobieller heterotropher Aufwuchs nicht so strömungsabhängig wie der autotrophe. Auch die Mikrofauna kann in Bereichen mit fester Sohle als besser geschützt gelten als die Makrofauna, da die kleineren Tiere die hydraulischen Vorteile der Oberflächenrauigkeit (Prandtlsche Grenzschicht) besser ausnutzen können (SCHÖNBORN 1992).

→ **Zusammenfassende ökologische Bedeutung:**

- spezifischer Lebensraum für strömungsliebende und -angepaßte Arten
- wichtiges Habitat für spezialisierte aquatische Invertebraten
- deutliches Selbstreinigungspotential hinsichtlich organischer Gewässerbelastungen

→ **Entstehungs- und Entwicklungsvoraussetzungen:**

- Festgesteinsuntergrund und Gefällebruch des Gewässers
- ungestörte Fest- und Schwebstoffführung des Gewässers

→ **Gefährdung:**

- Sohlenabtrag, insbesondere durch Fräsen und andere mechanische Methoden
- Überstauung im Zuge von Stauregulierungen, da Überdeckung mit Fest- und Schwebstoffen

- Eintrag von Schad- und Giftstoffen, da kurzfristig keine oder nur geringe Rückzugs- und Fluchräume

5.7.3 Stabil-dynamische Gewässersohle

Alluviale Fließgewässer weisen als eine mögliche Form der Gewässersohle eine stabil-dynamische Ausbildung auf. Mit dynamischer Stabilität soll das relative Beharrungsvermögen bzw. die große Umlagerungsstabilität der Sedimente bei niedriger, mittlerer und selbst erhöhter Wasserführung des Gewässers gekennzeichnet werden („Hartböden“ nach UHLMANN 1988). Folglich müssen wesentliche Elemente der Gewässersohle aus verhältnismäßig schweren und großen Sedimentkörpern bestehen (Blöcke, grober Schotter etc.), die erst bei starken Hochwassern und dem damit verbundenen starken Anwachsen der Sohlschubspannung bzw. Schleppspannung in Bewegung geraten (die Sohlschubspannung wächst bei turbulenter Strömung - der Voraussetzung für Feststoffbewegung - mit dem Quadrat der mittleren Fließgeschwindigkeit). Das Vorkommen einer stabil-dynamischen Gewässersohle erstreckt sich regelmäßig auf Fließgewässerbereiche unterhalb von Erosionsstrecken, damit im Vorland des Hoch- und Mittelgebirgsraumes. Zudem treten in solchen Gewässerabschnitten durch die hochwasserursachten schubweisen Sedimentablagerungen häufig Geröll- und Schotterbänke (vgl. unten) auf, die bei Mittel- und Niedrigwasser ufer- oder inselbildend sein können.

Die stabil-dynamische Gewässersohle weist ein ausgeprägtes Lücken- bzw. Interstitialsystem auf (vgl. oben), wobei die relative Stabilität der Blöcke und Steine eine gleichfalls längerwährende organismische Besiedlung ermöglicht. Für die Tiere bietet das grobe Lückensystem im Falle der Verlagerung gute Ausweichmöglichkeiten in das tiefere Interstitial. Blöcke und Steine sind zugleich wichtige Besiedlungssubstrate. Die Oberflächen dieser Sedimente variieren in ihrer Rauigkeit und ihrem Algenbewuchs, wobei Moose in großen Flüssen und Strömen eine geringere Bedeutung haben. Eine Detritusbedeckung ist möglich. Während Bakterien flächendeckend auf den Blöcken und Steinen vorkommen können, benötigen photosynthetisch lebende Algen und Pflanzen aufgrund ihrer Lichtabhängigkeit im wesentlichen die Oberseiten der Blöcke und Steine. Gerade Diatomeen bevorzugen teilweise in hoher Artenvielfalt und Dichte diese Haftsubstrate. Rauhe und zerklüftete Sedimentgesteine werden als Folge der hydraulischen Rauigkeit und des größeren Habitatangebotes im allgemeinen stärker tierisch besiedelt als glatte und runde. Die Besiedlung ändert sich sowohl quantitativ als auch qualitativ mit dem Bewuchs (WILLIAMS & MOORE 1985). Viele Insektenlarven leben versteckt unter Blöcken und Steinen, einige kommen aber gerade nachts zum Nahrungserwerb auf die Oberseiten oder nutzen sogar größere Bereiche der Flußsohle (SCHÖNBORN 1992). Auch für viele Klein- und Jungfische bilden die groben Steine und Blöcke wichtige Aufenthalts und Nahrungsreviere. Zum Teil dringen sie auf Nahrungssuche tief in das Lückensystem ein.

→ Zusammenfassende ökologische Bedeutung:

- spezifischer Lebensraum für lithophile Tierarten
- wichtiges Aufsiedlungssubstrat für Algen, teilweise Moose
- wichtiges Habitat für spezialisierte aquatische Invertebraten sowie Klein- und Jungfische
- deutliches Selbstreinigungspotential hinsichtlich organischer Gewässerbelastungen (größere biologisch aktive Sohloberfläche durch Blöcke und Steine)

→ **Entstehungs- und Entwicklungsvoraussetzungen:**

- oberhalb liegende Geschiebeherde
- ungestörte hydrologische Dynamik und morphodynamische Entwicklung des Gewässers

→ **Gefährdung:**

- Überstauung im Zuge von Stauregulierungen, da Überdeckung mit Fest- und Schwebstoffen
- Veränderungen der hydrologischen und Morphodynamik (bei geringerem Auftreten von Hochwassern und Durchflußvergleichmäßigung Gefahr des „Zusandens“, d.h. Eintrag feineren Materials und Verstopfung des groben Lückensystems)
- Sohlverbau mit glatten, fugenarmen oder -losen Materialien
- Eintrag von Schad- und Giftstoffen, da kurzfristig nur geringe Rückzugs- und Fluchräume

5.7.4 Labil-dynamische Gewässersohle

Sohlbereiche aus relativ festen Sedimentiten wie Ton oder Lehm nehmen eine Mittelstellung zwischen Hart- und Weichböden ein. Sie können länger der erosiven Kraft des Wassers widerstehen als sandige Substrate. In strömungsexponierten Bereichen erfolgt jedoch abhängig von der Substratbeschaffenheit und dem Durchflußregime ein unterschiedlich starker Sedimentabtrag. Bei nachlassender Schleppkraft des Wassers überwiegen dagegen Akkumulationsprozesse. Dichte und Dynamik der Sohlsedimente können eine Besiedlung durch sessile Tier- und Pflanzenarten u.U. verhindern oder erschweren. So weisen feste Sedimentite wie Lehm bzw. Ton kaum makrophytische Besiedlung auf. Auch für tierische Interstitialbewohner sind aufgrund des fehlenden Lückensystems nur eingeschränkte Besiedlungsmöglichkeiten gegeben. Demgegenüber stellen die klassischen „Weichböden“ nach UHLMANN (1988) einen vor allem für Unterlaufregionen typischen Lebensraum dar, der durch kiesig-sandige Sedimente gekennzeichnet ist. Abhängig von der Intensität ihrer Umlagerung und weiteren abiotischen Faktoren (Durchlichtung, Sauerstoffgehalt etc.) ist eine unterschiedlich ausgeprägte makrophytische Besiedlung gegeben. In der Stromrinne mit stärkerer Geschiebeführung fehlt sie meist, dagegen bilden sich in flachen, durchlichteten Abschnitten mit geringerem Sohlgefälle lokal ausgedehnte Bestände.

Auch für die Biozönose der labil-dynamischen Gewässersohle besitzt der mikrobielle Aufwuchs auf mineralischen und organischen Substraten eine große Bedeutung. Die durch Bakterien, verschiedene Algen und Pilze gebildete Biomasse bildet eine der Hauptnahrungsquellen für tierische Konsumenten. Die hohe Vermehrungsrate einzelliger Organismen ermöglicht eine Besiedlung der obersten Sohlbereiche trotz häufiger Sedimentumlagerung.

Die Zoozönose ist weiterhin durch Besiedler des Phytals (z.B. diverse Wassermollusken) und eine Vielzahl von Interstitialbewohnern gekennzeichnet. Diese haben im Laufe der Evolution spezielle Anpassungen in Morphologie und Verhalten entwickelt, um auch unter den spezifischen Bedingungen feinkörniger Sedimentsohlen ihre Lebensprozesse realisieren zu können (UHLMANN 1988). Insbesondere psammophile Makrozoobenther nutzen die Sedimentschichten permanent als Aufenthaltsort (partiell eingegrabene Großmuscheln) oder ziehen sich temporär dorthin zurück (z.B. Überwinterung von Trichopterenlarven). Daneben sind eine Reihe

spezieller Anpassungen bekannt (z.B. Atemrohr bei eingegrabenen Libellenlarven, Bau von Röhren mit Siebfiltern durch Chironomidenlarven etc.).

→ **Zusammenfassende ökologische Bedeutung:**

- Aufsiedlungsfläche für auto- und heterotrophe Mikroorganismen
- spezifischer Lebensraum für psammophile Tierarten
- Teillebensraum für Interstitialbewohner

→ **Entstehungs- und Entwicklungsvoraussetzungen:**

- unverfestigte, d.h. nicht dauerfeste, mineralische Sedimentite
- natürliche Sohldynamik des Gewässers
- Transport von Material aus oberhalb liegenden Erosionsstrecken
- Korngröße des Sedimentes abhängig von der Schleppkraft des Wassers und der diesbezüglichen Morphodynamik

→ **Gefährdung:**

- Ufer- und Sohlsicherungsmaßnahmen
- Ausbaggern von Fahrrinnen
- künstlich induzierte Tiefenerosion z.B. durch Anlage von Buhnen
- Festlegung der Gewässersohle durch Regelungsbauwerke oder Staustufen (Wehre, Sohl-schwellen); Herabsetzung der Schleppkraft des Wassers führt zu verstärkter Sedimentation
- Übersichtung der Sohle in eu- bis hypertrophen Potamalbereichen durch Sapropelablagerungen

5.7.5 Kies-/Sandbänke

In Bereichen mit labil-dynamischer Gewässersohle (z.B. unterhalb von Gefällestrecken) kommt es mit abnehmender Schleppkraft des Wassers zur fraktionierten Ablagerung des mitgeführten mineralischen Materials. Temporäre Erhöhungen der Fließgeschwindigkeit führen dagegen zu Abtrag oder Umlagerung der Sedimente. Insbesondere während der Hochwasserperioden bedingt die hydromorphologische Dynamik eine ständige Umschichtung transportierter Feststoffe. Vor allem in Ufernähe kommt es zur Ausbildung meist vegetationsarmer kiesig-sandiger Bankbildungen. Während in gefällearmen Fließabschnitten auch ständig überflutete Bankbildungen auftreten (nachfolgend nicht näher betrachtet), sind die meisten nicht ganzjährig überstaut. Diese durch einen Wechsel von temporärer Überflutung und Trockenfallen charakterisierten Habitate stellen typische Pionierbiotope des Überschwemmungsbereiches dar und sind Siedlungsraum spezifischer Tier- und Pflanzenarten.

Die natürliche Dynamik der Wasserstandsänderungen bewirkt für solche Lebensräume periodische Ablagerungen von Sediment, Treibgut und verdrifteten Organismen. Infolge des Wechsels

abiotischer Bedingungen innerhalb eines Jahres (Wasserstand bzw. Bodenfeuchte, Fließgeschwindigkeit bzw. Windexposition, Sedimentation bzw. Erosion) sind die Flächen zumindest zeitweilig vegetationsfrei. Die Vegetation setzt sich neben euryöken amphibischen Pflanzen überwiegend aus temporär aufwachsenden Pioniergesellschaften zusammen. So entwickeln sich bei niedrigen Wasserständen im Ufer-/Wechselwasserbereich während der Vegetationsperiode annuelle Pionierkrautfluren (DISTER 1980, ANONYMUS 1994, TITIZER & KREBS 1996 u.a.) mit jährweise differierender Artausstattung der krautigen Vegetation. Diese leiten zu den Spülsäumen und den landseitig anschließenden Uferstaudenfluren über.

Wechselnde Wasserstände, Sedimentan- und -umlagerungen schaffen auf Sandbänken ein Mikrorelief, dessen lokal und temporär variierende Faktorenkombinationen essentiell für viele stenotope Uferbewohner sind. Auch wenn der jeweilige Kleinlebensraum als solcher in kurzer Zeit wieder „zerstört“ wird, können sich konkurrenzschwache Arten halten, da zur gleichen Zeit in benachbarten Bereichen wieder ähnliche Kleinhabitate entstehen (ständiger Lebensraumwechsel).

TRAUTNER (1994) weist die Bedeutung vegetationsfreier bzw. -armer Uferbereiche für stenotope Wirbellose am Beispiel der Laufkäfer nach. So zählen Ufer- und Rohbodenbewohner aufgrund der weitgehenden Zerstörung natürlicher Auen zu den am stärksten gefährdeten Carabidenarten. An ausgebauten Donauabschnitten zwischen Siegmaringen und Riedlingen konnten beispielsweise nur noch ca. 40 % des charakteristischen Carabidenspektrums nachgewiesen werden, wobei fast alle schutzrelevanten Arten fehlten. Innerhalb eines nahegelegenen Refugialraumes, eines Donauzuflusses mit benachbarten Kiesgruben waren dagegen noch 80% des potentiellen Spektrums inklusive der sensiblen Arten (z.B. *Omophron limbatum*, *Bembidion fluviatile*, *Bembidion lunatum*, *Dyschirius laeviusculus* etc.) vertreten. In dem von TRAUTNER (1994) vorgestellten Zielartensystem werden für Uferbereiche, Bänke und Aufschwemmungen allein 23 Arten der Prioritätsstufe 1 (herausragende Bedeutung auf Landesebene; Baden-Württemberg) und weitere 31 Arten der Stufen II bis IV aufgelistet. Ähnliche Verhältnisse lassen sich für andere epigäische Gruppen formulieren (z.B. Coleoptera -Staphylinidae, Araneae -Lycosidae).

Auch einige Vogelarten wie die Flußseeschwalbe nutzten ursprünglich solche Lebensräume. So wurden an naturnahen Flußläufen Polens (Weichsel, Warthe) noch größere Brutkolonien auf Sand- und Kiesbänken mit benachbarten nahrungsreichen Flächen (Schlammflächen) vorgefunden. Aus Deutschland sind solche Brutplätze mit weniger als 15 Brutpaaren lediglich noch vom Deichvorland des Niederrheins und von der Weser bei Bremen bekannt (FLADE 1994).

→ Zusammenfassende ökologische Bedeutung:

- Aufsiedlungsfläche für annuelle Gesellschaften mit vielen konkurrenzschwachen Pioniersiedlern
- essentieller Lebensraum mit Ökotoncharakter für stenotope wirbellose Niederungsarten
- Entwicklungshabitat fließgewässertypischer Vogelarten

→ Entstehungs- und Entwicklungsvoraussetzungen:

- fließgewässertypspezifische Morphodynamik (Profilquerschnitte mit Flachwasserbereichen)

- Umlagerungsfähigkeit der Sedimente
- lokal differierende Strömungs- und Breitenvarianz (nachlassende Schleppkraft des Wassers)
- weitgehend ungestörte annuelle Wasserstandsdynamik mit Hoch- und Niedrigwasserständen

→ **Gefährdung:**

- Beseitigung der natürlichen Abflußdynamik und Gewässermorphologie durch Überstauung und Wasserstandsregulierung
- Gewässerausbau, z.B. Anlage von Regelprofilen und Staustufen
- Baggern von Fahrrinnen
- Festlegung der Sohle durch Regelungsbauwerke oder Sohlsicherungsmaßnahmen.

5.7.6 Schlamm­bänke

Im Mittel- und Unterlauf der Flüsse nimmt mit allgemein sinkender mittlerer Fließgeschwindigkeit die Akkumulation transportierter Partikel zu. Untersuchungen am Rhein ergaben eine Abnahme der Körnchengrößen carbonatischen Gesteins um 70%, wovon 20% auf den reibungsbedingten Abrieb des Geschiebes zurückführbar sind (GÖLZ & TIPPNER 1985). Bei sehr geringer Schleppkraft des Wassers sedimentieren auch Partikel mit kleinen Korngrößen. Dieser Effekt tritt vor allem im Unterlauf sowie in strömungsberuhigten Zonen statt (z.B. an Gleithängen naturnaher Flüsse). Die u.U. auch im Ergebnis temporärer Überschwemmungen gebildeten Pionierlebensräume unterliegen einer hohen Dynamik, da bereits bei geringer Schleppkraft erosive Prozesse einsetzen. Das abgelagerte Material verfügt daneben meist über einen hohen Anteil organischen Detritus und damit über physiologisch nutzbare Kohlenstoff- und Stickstoffverbindungen. Unter aeroben Verhältnissen erfolgt deshalb ein intensiver Abbau durch Destruenten, die entsprechende Habitate häufig in hohen Individuenzahlen besiedeln.

Während der Niedrigwasserstände trockenfallende oder flach überstaute Schlamm­bänke sind ein wichtiger Entwicklungsraum vieler Insekten. Insbesondere Dipterenlarven, die sich vom abgelagerten Detritus ernähren, treten hier oft massenhaft auf. Das reiche Nahrungsangebot prädestiniert diese Lebensräume als Jagdrevier für Kleintierfresser. So nutzen die durch spezifische morphologische Strukturen (Schnabelform etc.) eng an solche und ähnliche Lebensräume angepassten Limikolen artspezifisch bestimmte Ufer oder Flachwasserbereiche zum Nahrungserwerb.

Ein mikrobieller Abbau von Detritus kann bei Überflutungen unter bestimmten Bedingungen zur Entwicklung anaerober Verhältnisse und damit zur Entstehung von Faulschlammschichten führen. Während das periodisch schwankende Wasserstands- und Durchflußregime naturnaher Fließgewässer eine ständige Um- und Neugestaltung nach sich zieht, können großflächig entwickelte Schlamm­bänke in saprobiell bzw. trophisch belasteten gefällearmen Gewässern naturraumtypische Lebensräume überlagern und das dortige ökologische Nischengefüge völlig verändern.

→ **Zusammenfassende ökologische Bedeutung:**

- Aufsiedlungsfläche für meist konkurrenzschwache Pionierbesiedler
- Lebensraum für Destruenten und Nahrungshabitat diverser Prädatoren
- Depotflächen für sedimentierendes Material

→ **Entstehungs- und Entwicklungsvoraussetzungen:**

- Mittel- oder Unterlaufstrecken geringen Gefälles
- krümmungsreicher Lauf mit Prall- und Gleithangbereichen
- lokal differierende Strömungs- und Breitenvarianz
- ungestörte Schwebstoffführung des Gewässers

→ **Gefährdung:**

- Beseitigung der natürlichen Abflußdynamik und Gewässermorphologie durch Überstauung und Wasserstandsregulierung
- Gewässeraubau und -unterhaltung, da ständige „Homogenisierung“ von Ufern und Flachwasserzonen
- Eintrag von Nähr- und Schadstoffen

5.7.7 Lotische Pelagialbereiche

Der biogene Stoffumsatz verlagert sich in größeren Fließgewässern vom Benthos/Interstitial in das fließende Pelagial (SCHWOERBEL 1994). Die enorme Transportrate von Flüssen ermöglicht die Existenz einer extrem individuenreichen mikrobiellen Lebewelt. So sind bei Untersuchungen des Oochee River in den USA für Bakterien etwa 100.000.000 Ind./l ermittelt worden. Die von diesen lebenden Protozoen wie Ciliaten (10.000-100.000 Ind./l) und Flagellaten (100.000-1.000.000 Ind./l) stellten zusammen mit Bakterien 42% des Seston-Kohlenstoffes des untersuchten Flusses (CARLOUGH & MEYER 1990, zitiert nach SCHWOERBEL 1994). Damit spielen die heterotrophen Mikroorganismen des Pelagials eine enorme Rolle für das Gesamtökosystem. In einigen Flüssen tritt sogar makroskopisches Zooplankton in relevanter Größenordnung auf, wie z.B. MEISTER (1994) für den tschechischen Bereich der Elbe nachweist.

Auch das Phytoplankton ist für den Stoffhaushalt der großen Flüsse von enormer Bedeutung. Viele autotrophe Plankter entwickeln eine jahreszeitlichen Schwankungen unterworfenen Dynamik, die sie temporär zu prägenden Elementen der Biozönose macht. Vor allem in breiteren Flüssen ermöglichen die Durchlichtung des Wasserkörpers und ein häufig gutes Nährstoffangebot eine autotrophe Primärproduktion in Größenordnungen (SCHWOERBEL 1994). Über die qualitative Zusammensetzung des Phytoplanktons verschiedener Fließgewässersysteme liegen eine Vielzahl, z.T. auch älterer Daten vor, u.a. JÜRGENSEN (1935) SEELER (1935), MÖLLER & PANKOW (1981), SCHMIDT (1990) und STEFKOVA (1998). Langzeituntersuchungen der Phytoplanktonentwicklung zeigen jedoch häufig eine deutliche Veränderung von Artenspektrum und Abundanz einzelner Arten. So stellten KISS & SCHMIDT (1998) bei Untersuchungen an der Donau eine signifikante Verschiebung gegenüber den Daten von 1961 fest („much more

euplanktonic species instead of tychoplanktonic ones“), die die Autoren vor allem auf den Gewässerausbau zurückführen (Regelungsbauwerke, Stauhaltung etc.). Auch KÖHLER & KÖPKE (1996) weisen an Beispielen von Rhein, Elbe, Donau oder Weser drastische Veränderungen des Flußplanktons innerhalb der letzten Jahrzehnte nach.

→ **Zusammenfassende ökologische Bedeutung:**

- Wanderungskorridor aquatischer Tierarten (aktive Gegenstromwanderung, strömungsbedingte Verdriftung)
- Lebensraum für die Ichthyofauna
- Umwandlungszone verfrachteter gelöster organischer Substanzen durch mikrobiellen Abbau
- Hauptverbreitungsraum des autotrophen Phyto- und des Zooplanktons

→ **Entstehungs- und Entwicklungsvoraussetzungen:**

- Gewährleistung eines Mindestabflusses (permanente Wasserführung)

→ **Gefährdung:**

- Schädigung der Biozönose insbesondere durch Gewässerverschmutzung
- Gewässereutrophierung
- Beseitigung des Fließgewässercharakters (z.B. Aufstau)
- Einleitung von Schadstoffen, z.B. Versalzung durch Industrieabwässer
- Erhöhung der Trübstofffrachten (Gewässerbegradigung, Ausbau von Fahrrinnen)

5.7.8 Lenitische Pelagialbereiche

Die Strömung als wesentliches Charakteristikum von Flüssen besitzt im lenitischen Pelagial (Freiwasser von gestauten Strecken, ruhige Buchten) nur eine untergeordnete Bedeutung. Eine geringe bzw. fehlende Strömungsgeschwindigkeit führt zu veränderten abiotischen Verhältnissen (Ausbildung eines vertikalen Temperaturgradienten, schwächere Durchmischung, kaum Sedimenttransport u.a.), die denen von Standgewässern ähneln. Lenitische Bezirke weisen meist höhere Sedimentationsraten auf, ein mikrobieller Abbau z.B. von akkumulierten Schlammablagerungen führt häufig zur Freisetzung von niedrigmolekularen Verbindungen wie Methan, Schwefelwasserstoff aus der darunter liegenden Gewässersohle (UHLMANN 1988).

Im Vergleich zu stärker durchströmten Pelagialbereichen bieten sich in lenitischen Bezirken mit bestimmten Einschränkungen (Beschattung, Substratbeschaffenheit u.a.) geeignete Entwicklungsbedingungen für sessile makrophytische Algen und Wasserpflanzen. Diese wachsen in das Pelagial hinein und dienen ihrerseits anderen Organismen als Aufsiedlungssubstrat, Lebens- oder Entwicklungsraum.

Lenitische Lebensgemeinschaften weisen unterschiedlich hohe Anteile typischer Stillgewässerarten auf, deren Verbreitung durch strömendes Wasser Grenzen gesetzt sind. Vor allem in gro-

5 Hierarchisches gewässerökologisches System- und Prozeßgefüge für große Flüsse und Ströme

Ben Fließgewässern sind signifikante Unterschiede im Besiedlungsspektrum über den Flußquerschnitt feststellbar (Abb. 13):

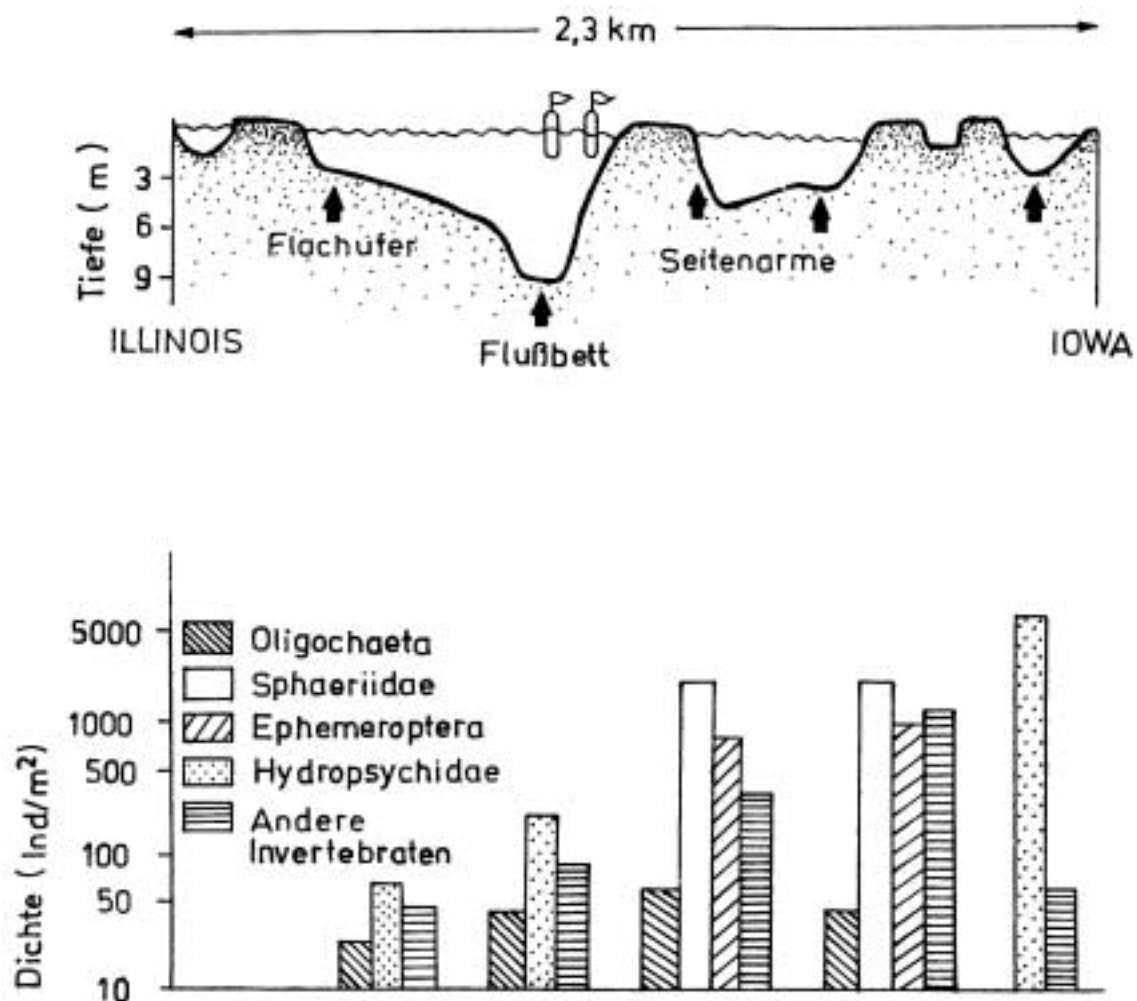


Abbildung 13: Besiedlungsdichten eines Querprofils im Gebiet des oberen Mississippi (aus SCHÖNBORN 1992)

Mehr als 75% der aquatischen Coleopteren (Gyrinidae, Dytiscidae, Hydrophilidae u.a.) halten sich überwiegend in pflanzenreicheren, ufernahen Fließabschnitten mit geringer Durchströmung auf. Auch andere Invertebraten wie die überwiegend stenotopen Trichoptera zeigen spezifische Präferenzen. Viele Fischarten nutzen lenitische Bereiche als Brutrevier.

→ Zusammenfassende ökologische Bedeutung:

- wichtiges Habitat für diverse Arten der Fließgewässerfauna
- Lebens- Entwicklungs- und Ruheraum aquatischer Wirbelloser und Wirbeltiere
- Sedimentationszone für transportiertes Material

→ **Entstehungs- und Entwicklungsvoraussetzungen:**

- natürliche Ufermorphodynamik
- Entstehen von Stillwasser- bzw. strömungsberuhigten Bereichen
- lokal differierende Strömungs- und Breiten- und Tiefenvarianz

→ **Gefährdung:**

- Störung der natürlichen Abflußdynamik
- Beeinträchtigung der natürlichen Morphodynamik durch Überstauung und Wasserstandsregulierung
- Gewässerausbau mit Uferbefestigung, Anlage von Regelprofilen, Begradigung und Laufverkürzung
- unsachgemäße Gewässerunterhaltung
- Wellenschlag durch Schifffahrt, Bootsverkehr

5.7.9 Flachwasserzonen in Ufernähe

Die ufernahen Flachwasserzonen bilden den Übergangsbereich zwischen Pelagial und amphibischen Lebensräumen. Während diese in gefällereichen Oberläufen oder Festgesteinsbereichen weitgehend fehlen bzw. nur kleinflächig entwickelt sind, weisen gefällearme Potamalbereiche mit naturnaher Morphologie großflächig solche Habitate auf. Abhängig von den jeweiligen Wasserständen können auch überschwemmte Niederungsflächen oder bei Niedrigwasser tieferliegende Sohlbereiche temporär zu solchen Biotopen werden.

Die eigentlichen Flachwasserzonen sind im Normalfall (ausreichende Durchlichtung und meso- bis eutrophe Verhältnisse) durch eine intensive makrophytische Besiedlung charakterisiert, die sich aus verschiedenen Pflanzengesellschaften zusammensetzt. Rein aquatische Gesellschaften sind dabei überwiegend den Wurzelnden Wasserpflanzengesellschaften (*Potamogetonetea pectinati*) zuzuordnen, die neben vollständig submers auftretenden Assoziationen auch die Schwimmblattfluren umfaßt. In ruhigeren Fließabschnitten treten auch Wasserscheiber-Gesellschaften (*Lemnetea minoris*) hinzu, bei geringen Wassertiefen erfolgt ein Übergang zu den Röhrichten und Großseggenriedern (*Phragmitetea australis*). In den Ufer- und Flachwasserzonen naturnaher Gewässerabschnitte sind eine Vielzahl naturschutzfachlich bedeutsamer gefährdeter und geschützter Pflanzenarten und Gesellschaften zu finden. So nennt TÄUSCHER (1996) für die Brandenburgische Elbtalaue zwischen Elbe-km 431 und 502 mehr als 20 gefährdete Wasser- und Sumpfpflanzengesellschaften. Dagegen fand SCHÜTZ (1993) in der badi-schen Oberrheinaue viele der einstmals vorhandenen aquatisch/amphibischen Gesellschaften nach dem Bau des Rheinseitenkanals nicht mehr vor.

Die aquatische und amphibische Vegetation beeinflusst in Abhängigkeit von ihrer Ausprägung sowohl biotische (Bereitstellung von Kleinhabitaten, Fraßpflanzen etc.) als auch abiotische Parameter (Sauerstoffverhältnisse, Fließgeschwindigkeit, Strömungsdiversität, Windexposition u.a.). Daneben sind für ufernahe Flachwasserzonen gewässerabhängig weitere Spezifika zu nennen. Beispielsweise beeinflussen Talform und Struktur der Ufervegetation Lichtklima und

Temperaturregime der Flachwasserzonen. Punktuelle und diffuse Stoffeinträge aus dem Talraum bauen sich über ein Konzentrationsgefälle vom amphibischen Bereich zum Pelagial hin ab. Gerade in strömungsberuhigten Flachwasserzonen ist häufig ein deutlicher Einfluß von anthropogenen Einträgen feststellbar.

Die Zoozönosen dieser Bereiche sind neben einer Vielzahl von Detritusfressern von häufig hochgradig adaptierten Phytophagen besiedelt. Als Beispiele seien nur einige mono- oder oligophage Chrysomelidae (Blattkäfer) und Curculionidae (Rüsselkäfer) genannt, die an verschiedene Wasserpflanzen gebunden sind: *Donacia crassipes* und *Galeruca nymphaeae* an *Nymphaea alba* und *Nuphar entea*, *Donacia versicolorea* an *Potamogeton natans*, *Donacia sparganii* an *Sparganium emersum* und *Tanysphyrus lemnae* an *Lemna minor* (KOCH 1992). Mit den Phytophagen stehen eine Vielzahl von Räubern in direkter Verbindung, deren Spektrum vom Schwimmkäfer bis zum Fischotter reicht.

→ **Zusammenfassende ökologische Bedeutung:**

- Hauptentwicklungsraum aquatisch/amphibischer Pflanzenarten
- Lebens- und Entwicklungshabitat für eine Vielzahl gewässergebundener Wirbellosengruppen, insbesondere phytophile und merolimnische Invertebraten
- Laichablage- und Brutbereich von Lurchen, wichtiges Habitat für Kleinfische

→ **Entstehungs- und Entwicklungsvoraussetzungen:**

- gefälleärmere Mittel- oder Unterläufe mit mineralischem oder organischem Substrat
- geringe Wassertiefe des Fließgewässers
- naturnahe Längsentwicklung und Ufermorphologie

→ **Gefährdung:**

- Eintiefung des Gewässers, Anlage von Regelprofilen
- Ufersicherungsmaßnahmen
- Regelungsbauwerke
- Punktuelle und diffuse Schadstoffeinträge aus dem Talraum
- Schiffs- und Bootsverkehr (mechanische Beschädigungen, Ablagerung von Öl- und Schmierstofffilmen)

5.7.10 Ufer- und Strandzonen

Ufer- und Strandzonen charakterisieren, bezogen auf MNQ- bis MQ-Verhältnisse die Wasserwechselzone (amphibisch). Sie sind durch ein durchflußabhängiges Überfluten oder Trockenfallen im kurzfristigen Wechsel gekennzeichnet. Während bei Hochwasserführung die Uferlinie weit in den Talraum hineinverschoben sein kann und bei HQ-Verhältnissen inmitten von terrestrischen Vegetationsstrukturen (z.B. Hartholzauwald) liegt, ist die eigentliche Mittelwasserlinie (MWL) durch amphibische Phytozönosen gekennzeichnet. Deren Arten sind an die spezifischen

Bedingungen der Wechselwasserzone adaptiert, und somit am ehesten in der Lage, sowohl periodischen Überflutungen (z.B. durch Ausbildung flutender Formen) als auch das Trockenfallen bei Niedrigwasserständen zu überstehen. Auch weitere lebensraumtypische Beanspruchungen wie die Auswirkungen des Wellenschlages müssen toleriert werden. Bei stärkeren Einflüssen (starkes Schwanken der Wasserstände, massiver Sedimenttransport bei Hochwasser, anthropogene Einflüsse, ständiges Bewegen der Sedimente durch Wellenschlag) können die Uferbereiche auch temporär oder ständig vegetationslos sein (Strandzonen).

Die Vegetation ist überwiegend durch die Klasse der Phragmitetea australis (Röhrichte und Großseggenrieder) charakterisiert. Abhängig von den speziellen standörtlichen Bedingungen können sich großflächige, homogene Röhricht- und Riedstrukturen bilden bzw. es entsteht ein kleinflächig wechselndes Mosaik verschiedener Arten. Abhängig von der Vegetationsstruktur enthält die Zoozönose neben eurytopen Arten Besiedler von Rohböden, Niedermoor-, Röhricht-, Ried- bzw. Bruchwaldbewohner. Weitere Aussagen zur Zoozönose der entsprechenden Biotope (Röhrichte, Riede etc.) finden sich bei deren Diskussion (siehe unten).

→ **Zusammenfassende ökologische Bedeutung:**

- Refugialraum ökologisch bedeutsamer Pflanzenarten
- Lebens- und Entwicklungshabitat spezialisierter Wirbelloser (vor allem phytophage Arten) und diverser Wirbeltiere
- bedeutsam für Selbstreinigungskapazität des Gewässers (mechanischer Filter, Aufsiedlungssubstrat)

→ **Entstehungs- und Entwicklungsvoraussetzungen:**

- gefällearme Mittel- und Unterläufe mit organischen oder mineralischen Weichböden
- zumindest temporär nasse Standorte (Grund- oder Oberflächenwasser)

→ **Gefährdung:**

- Veränderung der naturraumtypischen Gewässer- und Ufermorphologie, Gewässerausbau
- mechanische oder chemische Belastungen (Schiffsverkehr mit Wellenschlag und Freisetzung von Schadstoffen, Einträge aus dem Talraum)
- Änderung der hydrologischen Verhältnisse des Talraums bzw. Absenkung des Wasserspiegels durch Ausbau von Fahrrinnen
- Eutrophierung und massive Akkumulation von Detritus

5.7.11 Geröll-/Schotterbänke

Entwicklungsvoraussetzung dieser Elemente sind oberhalb liegende Gewässerabschnitte mit hohem Festgesteinstransport. In den Bereichen mit geringerem Gefälle bzw. nachlassender Transportkraft lagern sich nur die großen und schweren Fraktionen zu Geröll- und Schotterbänken ab, während die feinen Bestandteile weitertransportiert werden. Die Verfrachtung dieser Grobsedimente erfolgt nur bei deutlichem Anstieg der Sohlschubspannung (z.B. während der Hochwasserphasen). Dann „rollen“ auch gröbere Sedimente flußabwärts und bleiben z.B. im

5 Hierarchisches gewässerökologisches System- und Prozeßgefüge für große Flüsse und Ströme

Bereich von Gefällebrüchen liegen. Die abiotischen Bedingungen innerhalb der Bänke weisen z.T. kleinflächig extreme Unterschiede auf. Strömungsexponierte Aufsiedlungsflächen werden meist nur von epilithischen Mikroorganismen (Diatomeen, Chloro-, Cyanophyceen u.a.) besiedelt, deren Größe die Breite der Prandtl'schen Grenzschicht kaum übersteigt. Wegen der Verdriftungsgefahr nutzen rheophile Wirbellose meist die strömungsabgewandte Seite oder das Lückensystem zwischen den Steinen als Lebensraum, oder sie sind als rheophile Organismen spezifisch an die Strömungsbedingungen angepaßt (UHLMANN 1988), u.a. durch:

- Abflachung des Körpers, guter Randschluß (z.B. Ephemeropteren-, Plecopterenlarven)
- Ausbildung von Gehäusen (Larven der Kriebelmückengattung *Simulium*), Beschwerung der Gehäuse mit Steinchen (z.B. Larven der Trichopterengattung *Silo*)
- Ausbildung von Haftorganen (z.B. Saugnäpfe bei Larven der Lidmückengattung *Blepharocera*)

Teile von Schotterbänken fallen in Perioden mit Niedrigwasserführung trocken. Während die aquatische Lebewelt überwiegend abstirbt oder sich aktiv zurückzieht, bilden sich vor allem für Uferarten zusätzlich nutzbare Strukturen, die zumindest von terrestrischen Arten als Lebens- und Entwicklungsraum genutzt werden.

Strukturell ähnlich können sich die anthropogen geschaffenen Sekundärhabitats der Buhnenfelder darstellen. Sie liegen jedoch im Gegensatz zu den für Gefällestrrecken typischen Geröllbänken meist im Potamalbereich von Flüssen und weisen demgemäß ein verändertes Bedingungsgefüge auf (meist geringere Fließgeschwindigkeit, höherer Anteil feinerer Substrate, höheres Nährstoffangebot etc.).

→ **Zusammenfassende ökologische Bedeutung:**

- spezifischer Lebensraum rheophiler aquatischer und merolimnischer wirbelloser Tiere
- Aufsiedlungssubstrat rheotoleranter Moose und Algen
- temporär Lebensraum für landbewohnende Uferbesiedler

→ **Entstehungs- und Entwicklungsvoraussetzungen:**

- naturgemäß in Ober- und Mittellaufabschnitten mit mineralischen Fein- und Grobsubstraten
- naturnahes Erosions-/Akkumulations- und Transportregime einschließlich des hydrologischen Regimes

→ **Gefährdung:**

- Sohl- und Uferausbau
- Änderungen des Gefälleregimes und Stauhaltung von Gewässerabschnitten
- Veränderung der hydrologischen Dynamik
- künstlicher Geschieberückhalt

5.7.12 Uferdämme, Uferwälle

Zu den bereits o.g. Formen der Ablagerung von Sediment in der Aue zählen zum einen die Uferdämme, zum anderen die Uferwälle. Die Uferdammentstehung führt DISTER (1980) am Beispiel der hessischen Rheinaue auf eine Fraktionierung der Sedimentablagerung bei Hochwasser zurück, bei der tief in die Aue nur noch verhältnismäßig wenig Fest- und Schwebstoffe verfrachtet werden, während in Ufernähe deutlich erhöhte Sedimentationsraten zu verzeichnen sind. Die so entstandenen Uferdämme fallen zur Aue hin sanft ab, während sie zum Fluß hin steil abfallen. Dagegen basieren Uferwälle auf einer anderen Entstehungsgeschichte (DISTER 1980). Sie sind Ergebnis der Mäanderentwicklung, bei der das an den Prallhängen erodierte Material an den Gleithängen abgelagert wird (vgl. auch Abb. 14). Große Hochwasser lagern dabei erheblich mehr Material an, als bei geringerer Wasserführung, so daß im Ergebnis der wechselnden Sedimentationstätigkeit z.T. verhältnismäßig hohe Uferwälle gebildet werden können. Ältere Formen können heute mit einer, meist aber nur geringen Auenlehmdecke überzogen sein. Ökologisch bedeutsam ist sowohl bei den Uferdämmen als auch bei den Uferwällen ihr wechseltrockener Charakter.

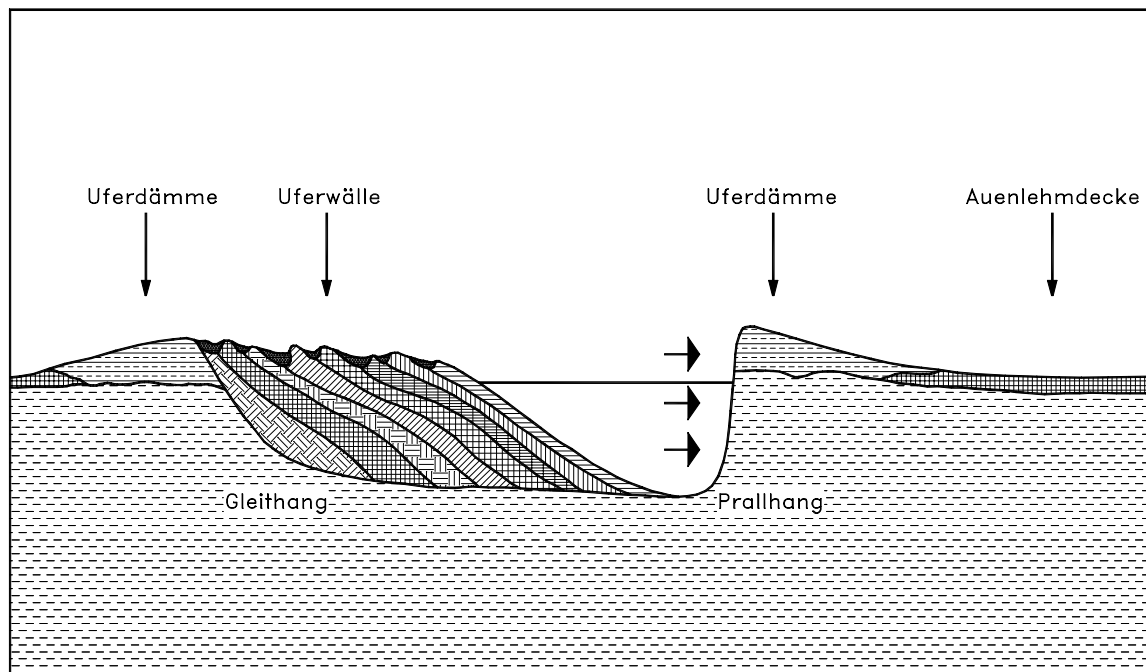


Abbildung 14: Formen der Ablagerung in der Aue (nach DISTER 1980)

→ Zusammenfassende ökologische Bedeutung:

- spezifischer Lebensraum für Pflanzen- und Tierarten wechseltrockener Bereiche
- wichtiges Habitat für xerothermophile terrestrische Invertebraten
- Element einer reichhaltigeren ökologischen Strukturierung der Aue (Lebensraumkontrast und -interaktion)

→ **Entstehungs- und Entwicklungsvoraussetzungen:**

- an natürliche Dynamik der Laufentwicklung gebunden, insbesondere an Folgewirkungen von Krümmungs- und Breitenerosion
- ungestörte Fest- und Schwebstoffführung des Gewässers
- die Gewässer müssen bei Hochwasser ausufern können, um eine diesbezügliche Sedimentablagerung zu induzieren

→ **Gefährdung:**

- Unterbrechung der natürlichen Fest- und Schwebstoffdynamik des Gewässers
- Unterbindung oder Verringerung der natürlichen Hochwasser-Ausuferungsdynamik durch Begradigung, Eindämmung und Eindeichung etc. (insbesondere fehlende Häufigkeit von Außenüberschwemmungen)
- landwirtschaftliche Nutzung der Aue
- direkter Flächenverlust durch Dämme, Deiche, Verkehrsanlagen, Ufermauern etc.

5.7.13 Altarme, Altwasser, Kleingewässer

Altarme, auch Altwässer, entstehen durch natürliche oder künstliche Laufverkürzung. Im Regelfall kommen sie an Fließgewässern vor, die aufgrund geringen Gefälles stark zum Mäandrieren neigen - eine Folge des Überwiegens von Seitenerosion. Im allgemeinen müssen für die Mäanderbildung von Flüssen folgende Voraussetzungen erfüllt sein: (1) große Wassertiefe, (2) kleine Fließgeschwindigkeit, (3) geringe Turbulenz (MANGELSDORF & SCHEURMANN 1980). Unter natürlichen Verhältnissen sind es insbesondere auftretende Hochwasser, die zu einer schlagartigen Veränderung der örtlichen Laufentwicklung führen können und dabei Mäanderschleifen an Engstellen durchbrechen. Dabei bleiben Altwässer zurück, die zunächst noch eine gewisse Zeit mit geringerer Fließgeschwindigkeit durchflossen werden, aber aufgrund der damit bedingten erhöhten Sedimentation allmählich verlanden. Als Teil der dynamischen Gewässertalraum-Interaktion sind an natürlichen Gewässerabschnitten regelmäßig alle Stadien einer Altarmmentstehung und -entwicklung neben der Neuanlage von Mäanderschleifen vorzufinden.

Aber auch im Rahmen von künstlichen Durchstichen (Verkürzung der Lauflänge) und anderen wasserbaulichen Maßnahmen entstehen Altarme, zugleich wird aber die natürliche Laufentwicklung unterbunden oder gehemmt. Künstliche Altarme werden meistens oberwasserseitig vom Hauptstrom getrennt, so daß sie nicht mehr durchflossen werden. Teilweise werden sie von Beginn an völlig vom Hauptgewässer abgetrennt. In diesen Fällen verlaufen alle Entwicklungsprozesse gegenüber den natürlichen z.T. deutlich verändert.

Die Altarmentwicklung vollzieht sich gemeinhin in folgenden Etappen:

- (1) Aus einem ursprünglichen Fließgewässerökosystem entwickelt sich sukzessive ein eher standgewässerartiges Ökosystem.
- (2) Das Gewässer verlandet und vermoort.

- (3) Der Altarm hat sich nun zu einem Niedermoorstandort a) innerhalb einer Aue entwickelt oder ist b) Teil einer Niederung (Talmoor).

Die Sukzessionsgeschwindigkeit einer Altarmentwicklung hängt von den jeweiligen Konstellationen ab (Entfernung zum Hauptgewässer, Wassertiefe- und -breite, Stoffhaushalt etc.).

Kleingewässer sind in der Regel durch anthropogene Abgrabungen in der Aue oder Niederung entstanden, z.B. als Restlöcher nach einer Kiesgewinnung oder als Torfstich, die sich mit Wasser gefüllt haben. Diese Kleingewässer entsprechen ökologisch überwiegend einem bereits vollständig entkoppelten Altarm, der sich in der Verlandungsphase befindet.

→ **Zusammenfassende ökologische Bedeutung:**

- hohe ökologische Bedeutung als m.o.w. temporärer Lebensraum mit Entwicklungsstadien bzw. Sukzessionsfolgen

→ **Entstehungs- und Entwicklungsvoraussetzungen:**

- Altarme sind in ihrer Entstehung und ihrer Entwicklung an Gewässerabschnitte gebunden, deren Talboden durch eine ausgeprägte Verlagerung des Gewässerlaufes gekennzeichnet ist (Migration von Mäandern und Gewässerschleifen)
- im allgemeinen müssen für die Mäanderbildung von Flüssen folgende Voraussetzungen erfüllt sein: (1) große Wassertiefe, (2) kleine Fließgeschwindigkeit, (3) geringe Turbulenz

→ **Gefährdung:**

- wasserbauliche Maßnahmen zur Laufverkürzung, wie z.B. Mäander-Durchstiche
- Unterdrückung natürlicher Hochwasserdynamik, z.B. durch Gewässerbegradigung
- Unterdrückung oder Unterbindung einer natürlichen Auenentwicklung (z.B. durch Eindeichung und Eindämmung), damit Unterbindung des natürlichen „Werden und Vergehens“ von Altarmen
- anthropogen verursachter Nährstoffeintrag, z.B. durch landwirtschaftliche Nutzung

5.7.14 Qualmwasserbereiche, Temporärgewässer

Qualmwasserbereiche entstehen in den Auen insbesondere durch hochwasserverursachten Rückstau des Grundwassers. Bedingt durch die geohydraulische Verbindung des Flußwassers zum Grundwasserleiter ist bei Ansteigen des Flußwasserspiegels ein zeitlich-räumlich versetztes Ansteigen des Grundwassers zu verzeichnen, wobei zunächst die flußnahen Auenbereiche betroffen sind und die gewässerfernen langsamer und träger reagieren. Übersteigt der Grundwasserdruck das Bezugsniveau des Talbodens, tritt bei hydraulisch durchlässigen Deckschichten das Grundwasser zutage. Ökologisch hat das nährstoffarme Qualmwasser aber nur dort Bedeutung, wo keine Überflutung durch relativ nährstoffreiches Flußwasser stattfindet. Damit ist in einer natürlichen Aue das Auftreten von Qualmwasserbereichen, die stets temporären Charakter tragen, an das Vorhandensein höhergelegener Auenbereiche mit innerer Mulden- oder Wannenform gebunden. In den heutigen Kultur-Auen kommen Qualmwasserbereiche in den Altauen vor, die gegen häufige Hochwasser durch Dämme und Deiche geschützt sind.

→ **Zusammenfassende ökologische Bedeutung:**

- hohe ökologische Bedeutung als temporärer und nährstoffarmer aquatischer Lebensraum

→ **Entstehungs- und Entwicklungsvoraussetzungen:**

- unter natürlichen Bedingungen an das Vorkommen höhergelegener Auenbereiche mit innerer Mulden- oder Wannenform gebunden, in die bei höheren Flußwasserständen druckabhängig Grundwasser eintritt
- in eingedämmten oder -gedeichten Auen tiefergelegene Auenbereiche mit temporärer Grundwasseranreicherung bei höheren Außenwasserständen

→ **Gefährdung:**

- Gewässereintiefung über das natürliche Maß hinaus, d.h. beschleunigt durch Laufbegradigungen, Profileinengungen etc.
- direkte Flächenverluste durch landwirtschaftliche Nutzung, auch durch Einebnung des Auebodens
- anthropogen verursachter Nährstoffeintrag, z.B. durch landwirtschaftliche Nutzung

5.7.15 Temporäre Überschwemmungsflächen

Während der Hochwasserperioden bedingen die kurzfristig angestiegenen Durchflußmengen eine Überflutung von großen Teilen des Talbodens, insbesondere in den Auen. Temporäre Überschwemmungsflächen treten vor allem in den gefälleärmeren Unterlaufstrecken in Erscheinung. Ihre Biotopstruktur kann, abhängig vom Wasserstand sehr differenziert sein. Während für einige Lebensräume die ein oder mehrmals jährlich erfolgende Überflutung charakteristisch ist (Auwälder, Sand- und Kiesbänke), tritt diese in höherliegenden Talraumbereichen nur aperiodisch bei Extremhochwassern auf.

In den unterschiedlich lange überstauten Lebensräumen kommt es je nach Wasserstand und Dauer zum Absterben der terrestrischen Vegetation. Größere Mengen transportierter Feststoffe (mineralische Substrate, Detritus) und mit ihnen Nähr- und Schadstoffe werden durch Hochwasser in Aue oder Niederung eingetragen und akkumuliert. Bei Rückgang des Hochwassers bleiben dann häufig ausgedehnte vegetationsarme Aufsiedlungsflächen, deren feuchte bis nasse, nährstoffreiche Böden u.a. auch von konkurrenzschwachen Arten nutzbar sind.

Eine wichtige ökologische Funktion temporärer Überschwemmungen liegt in der Ausbreitung niederungstypischer Arten. Mit dem Hochwasser werden Pflanzensamen, Jungpflanzen und Wassertiere innerhalb des überfluteten Talraumes verfrachtet. Damit ist ein periodisches Vordringen neuer Individuen auch in isoliertere Habitate (z.B. Altwässer) möglich. Auch ein Ausweichen von Fisch- und Invertebratenarten aus der bei Hochwasser stark durchflossenen Strömungsrinne kann konstatiert werden.

Zurückbleibende Flachwasserzonen, feuchte Schlammflächen und temporär vernäßte Senken werden von verschiedenen Tierarten zusätzlich als Laich- (viele Insektenarten, Amphibien) und Nahrungshabitat genutzt (z.B. Schwimmkäfer, Grünfrösche, Limikolen, Fischotter).

→ **Zusammenfassende ökologische Bedeutung:**

- Verdriftung und aktive Ausbreitung von Tier- und Pflanzenarten im Niederungsbereich, „Auffrischung“ des Genpools aquatisch/ amphibischer Populationen
- Entwicklungs- und Nahrungshabitat niederungstypischer Invertebraten- und Wirbeltierarten
- temporäre Bildung von Entwicklungsflächen für Pioniergesellschaften
- Nährstoffeintrag in die Böden des Talraumes

→ **Entstehungs- und Entwicklungsvoraussetzungen:**

- natürliches hydrologisches Durchflußregime mit Hochwassererscheinungen
- niedrig liegende, d.h. überschwemmbar Talbodenbereiche

→ **Gefährdung:**

- Eintiefung und Begradigung von Fließabschnitten
- Eindeichung und Aufschüttung von Teilen des Talbodens
- Veränderung des natürlichen hydrologischen Durchflußregimes

5.7.16 Ufer- und Talrandabbrüche

Uferabbrüche sind charakteristisch für Fließgewässer mit mineralischen Lockersedimenten und Krümmungserosion. Durch Unterspülungen im Prallhangbereich kommt es zeitweilig zum Abreißen überhängender Erdschichten. Dies ist einerseits mit zusätzlichem Substrateintrag in das Gewässer verbunden (Erdmassen, Steine, Totholz, Wurzelballen), die zumindest lokal und temporär eine Änderung des abiotischen Faktorengefüges der Sohlbereiche bedingen (Strömungs-, Tiefenvarianz, u.U. Gewässerquerschnitt). Im Abbruchbereich bilden sich mehr oder weniger senkrechte Rohbodenflächen, die durch witterungsbedingte Erosion bzw. fortlaufende Abbruchprozesse ständig umgeformt werden.

Diese Erscheinung ist gleichfalls charakteristisch für die z.B. an der Elbe auftretenden Erdabbrüche an Geesthängen und Talrändern (ANONYMUS 1994). Erosion durch Wind und Niederschläge dürfte hier die Hauptursache für das aperiodische „Abgehen“ von Hangbereichen darstellen. Am Hangfuß lagern sich die Sedimente ab und bilden potentielle Aufsiedlungsflächen. Im Vergleich zu den Uferabbrüchen sind die Flächen jedoch weniger von mikroklimatischen Auswirkungen des Fließgewässers beeinflusst.

Die Ansiedlungsmöglichkeiten für die Vegetation hängen an den Abbruchkanten in starkem Maße von Hangneigung und Substratbeschaffenheit ab. Pflanzliche Pionierbesiedler finden vor allem in weniger geneigten Teilflächen geeignete Entwicklungsbedingungen. Sukzessive werden sie durch konkurrenzstärkere Pflanzenarten verdrängt, wenn dieser Prozeß nicht durch erneute Überschichtungen „neu gestartet“ wird.

Die häufig vegetationslosen Bereiche sind Lebensraum spezieller Tierarten. Als klassisches Beispiel sei der fließgewässertypische Eisvogel (*Alcedo atthis*) genannt, der seine Brutröhren in senkrechten Flußufern anlegt. Die höchsten Individuendichten werden an naturnahen, mäan-

drierenden Flußufern mit sandigen bis lehmigen Uferabbrüchen erreicht (FLADE 1994). Ganz ähnliche Ansprüche hat die Uferschwalbe. Auch sie brütete im Binnenland ursprünglich in den Prallufern vor allem der Mittelläufe von Fließgewässern. Die wenigen, heute noch vorhandenen Populationen sind, bedingt durch eine Zerstörung ihrer Lebensräume (Gewässerausbau) fast überwiegend in Sekundärhabitaten zu finden.

Insbesondere sonnenexponierte Abbruchkanten werden auch von diversen Insektenarten als Habitat angenommen. Ökologisch bedeutsam sind dabei z.B. thermophile Hymenopterenarten wie Vertreter der Andraenidae (Sandbienen) oder der bei ihnen parasitierenden Chrysididae (Goldwespen).

→ **Zusammenfassende ökologische Bedeutung:**

- dynamischer Kleinlebensraum mit spezifischem Faktorengefüge
- Refugialraum für konkurrenzschwache pflanzliche Pionierbesiedler
- Lebens- und Entwicklungshabitat stenotoper Insekten- und Vogelarten

→ **Entstehungs- und Entwicklungsvoraussetzungen:**

- fast ausschließlich in Mittel- und Unterläufen von Flüssen mit Lockersediment
- Sohlgefälle und Wasserführung müssen Sedimenttransport ermöglichen
- relativ naturnahe Gewässermorphologie mit durch Krümmungserosion gebildeten Prall- und Gleithängen

→ **Gefährdung:**

- Gewässerausbau mit Begradigung
- Ufersicherungsmaßnahmen
- Stauhaltung und Verringerung der Fließgeschwindigkeit

5.7.17 Röhrichte

Röhrichte entwickeln sich an naturnahen Fließgewässern vor allem im langsamfließenden Hypopotamalbereich der Flüsse. Die meist breiten Gewässer führen nur noch feinsandiges bis schlackiges Sediment mit sich und. Ausgeprägte Röhrichtbereiche finden sich besonders an den bereits durch den Meeresrückstau geprägten Flußunterläufen des Ostseeraumes. Nacheiszeitlich wurden die Unterläufe vieler Flüsse mit Eindringen des Ostseewassers zu Förden, in denen alsbald „üppiges Planktonleben“ (STAHL 1913) einsetzte und die damit rasch verlandeten und vermoorten.

Eine Gehölzbesiedlung findet in den betreffenden Niedermoorbereichen wegen der extrem hohen Bodenfeuchtigkeit nicht mehr statt. Die Niederungsflächen solcher Gewässerabschnitte sind durch ausgedehnte Röhrichtgesellschaften gekennzeichnet. Hauptbestandsbildner sind meist *Phragmites australis* (Gemeines Schilf) und *Glyceria maxima* (Wasser-Schwaden), daneben aber auch *Schoenoplectus lacustris* (Gemeine Teich-Simse), *Typha latifolia* (Breitblättriger Rohrkolben) und andere. Röhrichtbestände können aber auch kleinflächig bestandsbildend sein

(z.B. Altarme, Ufersäume). Uferröhrichte treten bei ausreichender Durchlichtung flußbegleitend auch in den amphibischen Zonen oberhalb des Hypopotamals auf. Als Sukzessionsstadium aufgelassener Feuchtgrünländer markieren sie den Übergang zu Vorwaldgesellschaften.

Entsprechende Untersuchungen zur Röhrichtvegetation und Ursachen ihres Rückganges liegen u.a. für die Berliner Havel vor (SUKOPP & MARKSTEIN 1989). DISTER (1980) bearbeitete die Röhrichtvegetation der hessischen Rheinaue., während TITTIZER & KREBS (1996) Angaben zur Struktur der Röhrichte des Rheins machen.

Großflächige Röhrichtgesellschaften bilden einen Lebensraum von besonderer Spezifik. Die Pflanzen der meist eutrophen Standorte binden während der Vegetationsperiode große Mengen verfügbarer Nährstoffe in pflanzlicher Biomasse. Halme und Wurzelsystem von Röhrichten bilden ein wichtiges Aufsiedlungssubstrat für Destruenten und wirken zusätzlich als mechanischer Filter (Ablagerung von Sediment und Schwebstoffen).

Innerhalb größerer Röhrichtflächen kann sich eine artenreiche Zoozönose etablieren. Die Grundlage bilden dabei phytophage Wirbellose, die z.T. monophag an bestimmte Pflanzenarten gebunden sind und häufig spezielle Anpassungen an das Habitat zeigen. So leben die „Rohrkäfer“ *Donacia clavipes* an Schilf und *D. maxima* ausschließlich an Wasser-Schwaden, ihre Larven entwickeln sich submers an Sproß- und Wurzelteilen der Fraßpflanze und versorgen sich über das Anstechen des Interzellularsystems mit Sauerstoff (KLAUSNITZER 1984).

Charakteristisch sind auch röhrichtbewohnende Vogelarten (Rohrdommel, Rohrsänger, Bartmeisen, Weihen, Wasserrallen, Bekassinen). Bei den Schmetterlingen haben insbesondere die Wurzelbohrer- und Schilfeulenarten einen ausreichenden Lebensraum und Vermehrungsstätten (THIELE et al. 1994a, b, THIELE & CÖSTER 1999 vgl. auch Abb. 15). Grabwespen (z.B. Schwarze Keulengrabwespe, Blattlaus-Grabwespe), Schilfgallenfliegen und Stechbienen ziehen in offenen vorjährigen Schilfhalmern ihre Brut auf (PREUSS 1980).

→ **Zusammenfassende ökologische Bedeutung:**

- naturnahe Ausprägungen meist als großflächig unzerschnittener Lebensraum mit gefährdeten und geschützten Pflanzenarten
- beherbergt eine Vielzahl speziell angepaßter Wirbelloser (vor allem phytophage Arten)
- Lebens- und Entwicklungshabitat diverser Wirbeltierarten (Ringelnatter, Fischotter, Rohrdommel, Braunkehlchen u.a.)
- bedeutsam für Selbstreinigungskapazität des Gewässers (mechanischer Filter , Aufsiedlungssubstrat)
- Torfbildner

→ **Entstehungs- und Entwicklungsvoraussetzungen:**

- Flachwasserzonen mit organischen oder mineralischen Weichböden bzw. nasse Niedermoorböden, als Sukzessionsstadium auch aufgelassenes Feuchtgrünland
- ausreichende Bodenwasserversorgung terrestrischer Standorte

5 Hierarchisches gewässerökologisches System- und Prozeßgefüge für große Flüsse und Ströme

- kein langanhaltendes Trockenfallen der Standorte

→ **Gefährdung:**

- Veränderung oder Ausfall niederungstypischer Gesellschaften durch Eutrophierung, Schadstoffeintrag
- Veränderung der naturraumtypischen Gewässer- und Ufermorphologie, Gewässerausbau
- mechanische oder chemische Belastungen durch die Schifffahrt
- Änderung der hydrologischen Verhältnisse des Talraums (z.B. Entwässerung von flußbegleitenden Niedermooen)

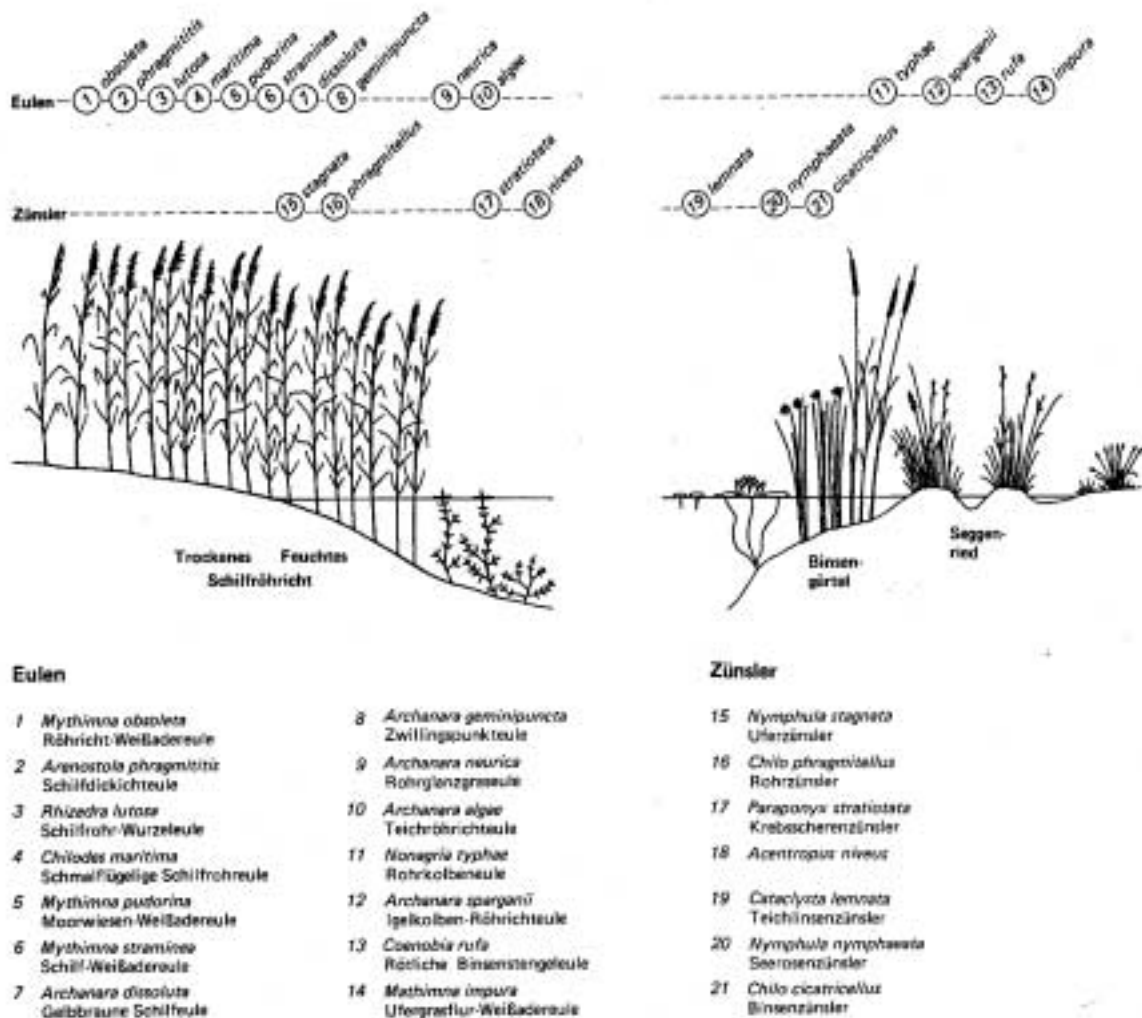


Abbildung 15: Beispiele für Eulen und Zünslerarten, die mit naturnahen Röhrichten und Riedern bestandene Wasser- und Verlandungsbereiche besiedeln (aus BLAB 1993)

5.7.18 Seggenriede

Großseggenrieder schließen in der Abfolge der Verlandungsgesellschaften eines Fließgewässers in der Regel landseitig an Röhrichtsäume an und sind mit ersteren häufig durch zahlreiche Begleitarten verbunden. Seggenriede überwiegen auf Standorten, die in Bezug auf Wasserstandshöhe und Überstauungsdauer in geringerem Maße betroffen sind. Da hier bereits häufig ein Gehölzaufwuchs möglich ist, treten sie meist in Kombination mit Gebüschgesellschaften oder im Klimaxstadium der Waldentwicklung als Unterwuchs von Feuchtwäldern auf. Während rasige Seggenriede ähnliche strukturelle Eigenschaften wie Röhrichte zeigen, entwickeln horstig wachsende Seggen vertikal anwachsende Bulte, die einen Kleinlebensraum mit spezifischer Faktorenausprägung darstellen.

Pflanzensoziologisch werden sie verschiedenen Klassen zugeordnet. Die häufig auch als Großseggenriede benannten Gesellschaften der Klasse Phragmitetea, Ordnung Magnocaricetalia sind typische Vertreter der Uferbereiche von Fließgewässern. Demgegenüber stellen Kleinseggenriede typische Gesellschaften der Nieder- und Zwischenmoore (Klasse Scheuchzerio-Caricetea nigrae) dar, die in vielen Fällen stenök an spezifische Habitatbedingungen gebunden sind (SCHUBERT et al. 1995, OBERDORFER 1992). So beschreibt SUCCOW (1988a, b) für die Peene und verschiedene andere nordostdeutsche Flußtalmoore eine Vielzahl typischer Vegetationsausprägungen von hoher ökologischer Bedeutung.

Für die autochthone Tierwelt bieten Seggenriede ebenso wie die Röhrichtgesellschaften häufig essentielle Habitatstrukturen. Während viele Vogel- und Insektenarten strukturelle und mikroklimatische Eigenschaften dieser Biotope präferieren, sind phytophage Invertebraten häufig an bestimmte Cyperaceen gebunden. So nutzen die über die FFH-Richtlinie (1992) europaweit geschützte Windelschnecken *Vertigo moulinsiana* und *V. antivertigo* überwiegend Großseggen der Gattung *Carex* als Fraßpflanze, der deutschlandweit als gefährdet eingestufte *Rohrkäfer Donacia obscura* (BINOT et al. 1998) lebt ausschließlich monophag an *Carex rostrata* (Schnabel-Segge) (KOCH 1992).

→ Zusammenfassende ökologische Bedeutung:

- Gesellschaften der Kleinseggenriede mit einer Vielzahl ökologisch sensibler Pflanzenarten der Nieder- und Zwischenmoore und entsprechend angepaßter Fauna
- Großseggenriede sind essentielles Entwicklungs- und Nahrungshabitat für die spezifische Niederungsf fauna
- wie Röhrichte schirmen Seggenriede das Fließgewässer gegenüber Einträgen aus den Niederungsbereichen ab (Filterwirkung)
- abgestorbene Biomasse bildet Grundlage des Seggentorfes

→ Entstehungs- und Entwicklungsvoraussetzungen:

- wie Röhrichte, aber weniger vernäßte Standorte, keine langandauernden Überflutungen

→ Gefährdung:

- Entwässerung und Eutrophierung von Nieder- und Zwischenmoorstandorten
- Aufschüttung und Versiegelung im Uferbereich
- Beseitigung naturraumtypischer Ufermorphologie, Anlage von Regelprofilen
- intensive landwirtschaftliche Nutzung von Feuchtgrünländern

5.7.19 Bruchwälder

Auf organischen Böden kann als Klimaxstadium der Waldentwicklung ein Bruchwald entstehen, sobald die Sauerstoffverhältnisse eine Ansiedlung von Bäumen ermöglichen. Bruchwälder weisen im Vergleich zu gehölzfreien Bereichen ein ausgeglicheneres Ökoklima auf. Charakteristisch ist die hohe Luftfeuchtigkeit am Boden bzw. im Stammraum. Tages- und Jahrestemperaturen sind durch deutlich geringere Amplituden gekennzeichnet als in Offenlandbiotopen. Im Vergleich zu anderen Waldbiotopen erreicht in Bruchwäldern eine größere Lichtmenge den Waldboden, damit sind günstige Bedingungen für eine starke Entwicklung der krautigen Vegetation gegeben (TISCHLER 1990).

Wenige, aber bestandsbildende Baumarten sind charakteristisch für Bruchwälder. In Mitteleuropa sind dies vor allem Schwarz-Erle, Moor-Birke und verschiedene Weidenarten (z.B. Bruch-, Lorbeer- und Silberweide). In Abhängigkeit von konkreten standörtlichen Bedingungen können weitere Arten hinzutreten.

Stärkere Schwankungen der Grundwasserstände führen zur Ausbildung eines stelzenartig wachsenden Wurzelwerkes, wie es in vielen Bruchwäldern zu beobachten ist. Stehen Erlen jedoch längere Zeit unter Wasser, so sterben sie ab. Demgegenüber sind viele Weidenarten in der Lage, entsprechende Streßsituationen durch die Ausbildung von Adventivwurzeln in das sauerstoffversorgte Oberflächenwasser zu kompensieren.

Durch Symbiose mit *Actinomyces alni* sind Erlen in der Lage, Luftstickstoff zu gewinnen. Beim Laubfall ziehen die Erlenarten den kaum gebundenen Stickstoff aus den Blättern zurück, womit eine leichte Zersetzbarkeit des Fallaubes verbunden ist (ZIMKA & STACHURSKI 1976). Damit werden den obersten Bodenschichten auch regelmäßig Stickstoffverbindungen zugeführt, die für den biozönotischen Stoffkreislauf wieder zur Verfügung stehen.

Spezifische ökoklimatische Bedingungen und ein reiches Nährstoffangebot lassen eine speziell an hohe Feuchtigkeit, Beschattung und geringe mittlere Temperaturen angepasste Waldfauna zu. In der Vegetationsschicht treten eine Vielzahl phytotropher Wirbelloser auf. Neben verschiedenen Molluskenarten handelt es sich vor allem um Milben und Insekten (Coleopteren, Dipteren etc.). Neben der krautigen Vegetation dienen vor allem die Gehölze einer Vielzahl wirbelloser Tiere als Lebens- und Entwicklungsraum. Schwarz-Erle, Moor-Birke und Esche als Hauptbaumarten sind Lebensraum einer Vielzahl von Insektenarten, wie bereits DAHL (1921) feststellte.

Die Bodenfauna wird von Detritusfressern dominiert, die einer Vielzahl systematischer Gruppen angehören (Milben, Collembolen, Asseln, Diplopoden, verschiedene Insekten, Schnecken und Regenwürmer). Sie bieten wiederum Nahrung für eine sehr artenreiche Prädatorengemeinschaft. Insbesondere einige Insekten (z.B. Lauf- oder Kurzflügelkäfer) und Spinnentiere (Jagdspinnen) treten z.T. in großen Abundanzen auf.

→ **Zusammenfassende ökologische Bedeutung:**

- Standort spezifischer Pflanzengesellschaften
- Lebensraum mit reichhaltigem Nischengefüge für niederungstypische Tierarten

→ **Entstehungs- und Entwicklungsvoraussetzungen:**

- Potamalbereiche mit postglazialer Niedermoorentwicklung oder adäquate Standorte (z.B. Altarme)
- ausreichende Bodenwasserversorgung
- keine langanhaltenden Überstauungen

→ **Gefährdung:**

- Entwässerung organischer Böden
- Gewässerbegradigung und -eintiefung
- Umwandlung in Intensivforste

5.7.20 Feuchte Stromtalgrünländer

Vor allem im Mittel- und Unterlauf der größeren Flüsse werden die im Jahresverlauf nassen bis feuchten Flächen im Regelfall einer landwirtschaftlichen Nutzung unterzogen. Die ehemaligen Röhricht-, Ried- und Waldstandorte bieten aufgrund der meist günstigen Bodenwasser- und Nährstoffverhältnisse (z.B. überflutungsbedingte Sedimentablagerung) optimale Entwicklungsbedingungen. Im Ergebnis längerfristiger menschlicher Bewirtschaftung sind Halbkulturformationen entstanden, die sich bei Ausbleiben menschlicher Nutzung sukzessionsbedingt wieder in Richtung der Klimaxvegetation entwickeln.

DISTER (1980) wies für den Rhein nach, daß auch bei längeren Überflutungsphasen das Gesellschaftsspektrum der Pflanzen in seiner räumlichen Lage erhalten bleibt, jedoch stärkere Schwankungen der Artenzusammensetzung feststellbar waren. Abhängig von den Witterungsbedingungen und Wasserstandsganglinien der einzelnen Jahre unterliegen die Artenareale offensichtlich einer starken Dynamik. Diese wird durch die Verdriftung von Samen und anderen Pflanzenteilen unterstützt.

Die abhängig von der Überflutungsdauer entwickelten, häufig artenreichen Gesellschaften sind mit Vertretern anderer nährstoff- und feuchtigkeitsliebender Syntaxa durchsetzt. Pflanzensoziologisch bilden sie z.T. eigene Grünlandgesellschaften, die ausschließlich in großen Stromtälern auftreten. So beschreibt DISTER (1980) für die hessische Rheinaue Vergesellschaftungen wie die Kantenlauch-Fuchsschwanz-Auenwiese und die Ampfer-Sumpfrispen-Auenwiese, die lediglich dort noch auftreten. Die Donauwiesen zwischen Regensburg und Passau vor Beginn des Staustufenbaus stellten „das größte bayrische Feuchtwiesengebiet mit Pfeifengraswiesen (*Molinio Arrhenateretea*) und Wiesenknopf-Silgenwiesen (*Sanguisorbo-Silaetum*) dar“ (WEIGER 1993).

Offenlandschaften wie die Feuchtgrünländer weisen gleichfalls eine sehr artenreiche Zoozönose auf, wie das Beispiel der Donau zeigt: So sind beispielsweise die genannten Auwiesen im

ostbayrischen Donautal das bedeutendste Brutgebiet im westdeutschen Binnenland. Besondere Bedeutung besitzen die Feuchtgrünländer der Stromtäler auch als Rast- und Überwinterungsraum für Zugvögel. Im ostbayrischen Donautal wurden bisher 221 Arten mit maximalen Individuenzahlen von bis zu 30.000 Tieren beobachtet. Von den 18 in Bayern vorkommenden Amphibienarten konnten dort 15 beobachtet werden, darunter auch die einzige überlebensfähige Population des Moorfrosches (*Rana arvalis*) Südbayerns (SCHALLER 1992, zitiert nach WEIGER 1993).

→ **Zusammenfassende ökologische Bedeutung:**

- anthropogen geschaffener Lebensraum mit besonders hoher Artenvielfalt
- Standort spezifischer Pflanzenvergesellschaftungen sowie seltener Pflanzenarten
- ausgezeichnet durch eine artenreiche, spezifisch adaptierte Tierwelt

→ **Entstehungs- und Entwicklungsvoraussetzungen:**

- Vorhandensein ebener Talbodenbereiche mit ausreichender Bodenwasserversorgung
- extensive landwirtschaftliche Nutzung
- Überflutung in jährlichen Zyklen

→ **Gefährdung:**

- Einstellen jeglicher landwirtschaftlicher Nutzung
- Ausdeichung und Umwandlung in Intensivgrünländer bzw. Ackerflächen
- Bau von Staustufen und Beseitigung des Überflutungsregimes
- Veränderung der Bodenwasserverhältnisse durch direkte und indirekte Entwässerung (z.B. Sohlvertiefung)

5.7.21 Gebüsche im Feuchtgrünland

Aufgelassene Bereiche der Feuchtgrünländer gehen binnen kurzer Zeit in meist artenärmere Röhricht- bzw. Riedgesellschaften über. Erfolgt auch weiterhin keine Nutzung, ist mit dem sukzessiven Aufkommen von Gehölzen zu rechnen. Lediglich auf sehr nassen, organischen Standorten sterben diese bei unzureichender Wurzeldurchlüftung rasch ab.

Unter geeigneten Bedingungen entwickeln sich typische Vergesellschaftungen der Feuchtgebüsche. Die überwiegend den Ausprägungen der *Carici-Salicetanea cinerea* (Strauchweiden-Brüche) und der *Salicetea purpurea* (Ufer-Weidengebüsche und Weidengehölze) zuzuordnenden Vergesellschaftungen weisen naturgemäß höhere Anteile von Pflanzen der Wirtschaftsgrünländer auf und stellen meist Pionierstadien von Au- und Bruchwäldern dar. Die natürlichen Ausprägungen sind dagegen als Dauergesellschaften in den Hochwasserbereichen der Fließgewässer entwickelt (SCHUBERT et al. 1995).

Der Übergangscharakter spiegelt sich auch in der Zoozönose dieser Biotope wider. Diese setzt sich neben typischen Bewohnern der Weichholzaue aus Röhricht- und Riedarten und Tieren des Grünlandes zusammen.

→ **Zusammenfassende ökologische Bedeutung:**

- Kleinhabitate mit Ökotoncharakter
- nach Nutzungsauffassung durch den Menschen entstandener Übergangsbiotop

→ **Entstehungs- und Entwicklungsvoraussetzungen:**

- mineralische oder organische Böden mit ausreichender Bodenwasserversorgung
- Umgestaltung der natürlichen Vegetation, Nutzungsauffassung nach erfolgter wirtschaftlicher Nutzung

→ **Gefährdung:**

- Rodung bei Wiederaufnahme der wirtschaftlichen Nutzung
- Absterben der Gehölze bei langanhaltender Überflutung (z.B. durch Anstau)
- ggf. unter speziellen Naturschutzaspekten die natürliche Sukzession

5.7.22 Weichholz-Auenwälder, Weidengebüsche, Galeriewälder

Die Weichholz-Auenwälder können sich dauerhaft nur in den Gewässerabschnitten halten und entwickeln, die aufgrund der Hochwasserdynamik zeitweise überspülte Standorte aufweisen (Abb. 16). Auf den bei Hochwasserständen angehäuften Sedimenten wachsen die besonders überflutungstoleranten Weidenarten (Ausbildung von Adventivwurzeln in das Oberflächenwasser) weiter bzw. es siedeln sich einzelne Pioniergehölze (Treibgut oder angespülte Samen) und krautige Vegetation an (u.a. *Polygonum spec.*, *Bidens spec.* etc.). Die temporären Überflutungen führen häufig zum Absterben eines Teils der Vegetation.

Typisch ist, daß die Vegetation von Röhricht- und Riedbeständen in den Weichholzgürtel mit Erlen und diversen Weiden- und Pappelarten über. Ausgangsbedingungen für das Aufkommen der charakteristischen Gehölze (vor allem diverse Weiden) sind daher trockenfallende Böden und entsprechende Keimungsmöglichkeiten (keine Flächenüberstauung durch höhere Wasserstände insbesondere im Zeitraum Mai/Juni).

DISTER (1980) unterscheidet dabei zwei Typen der Weichholz-Auenwälder: (1) den Typus, der durch die Dynamik des Standortes bedingt ist und überwiegend auf mittel- bis grobsandigen, vom Fluß immer wieder aufgehöhten oder erodierten Böden stockt und (2) den Typus, der hauptsächlich von der Dauer der Überflutungen abhängt.

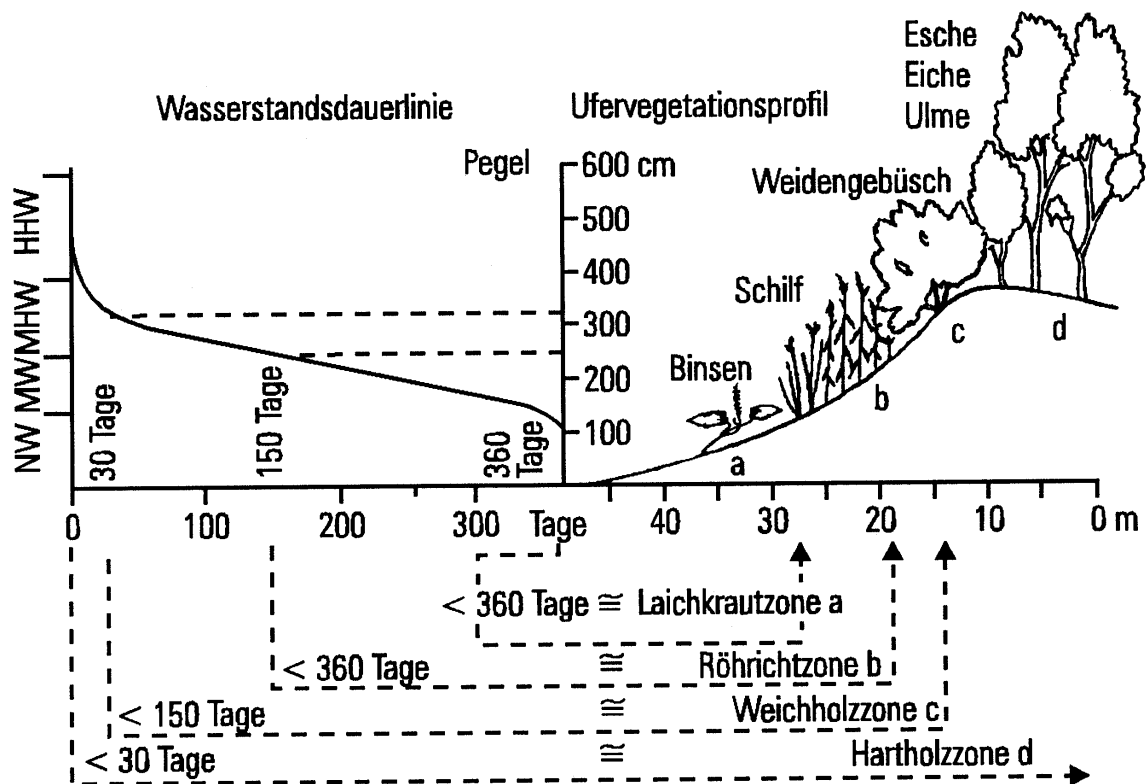


Abbildung 16: Überflutungstoleranzen und Zonation der Ufervegetation (nach GERKEN 1988, aus TITTIZER & KREBS 1996)

Durch die temporären Überschwemmungen und hohen Grundwasserstände kann sich der Auelehm zu einem Boden „von hoher biotischer Aktivität entwickeln“ (TISCHLER 1990). Von der faunistischen Ausstattung her wird die Tierwelt der Weichholzaue präferentiell durch Coleopteren, merolimnische Invertebraten, Arachniden, Orthopteren und Dipteren bestimmt. Deren naturschutzfachliche Bedeutung soll am Beispiel der Carabiden gezeigt werden. Nach TRAUTNER (1994) sind 10 Zielarten Baden-Württembergs, darunter 6 in der höchsten Kategorie I (wie z.B. *Elaphrus aureus*, *Agonum livens* oder *Platynus longiventris*) Besiedler von Weichholzaunen. Auch viele gefährdete und geschützte Vögel (Flußregenpfeifer, Flußseeschwalbe, Uferschwalbe, Graureiher, Blaukehlchen, Sumpfohreule) brüten hier oder nutzen die Weichholzaue als Nahrungshabitat. Fischotter (*Lutra lutra*) und Elbe-Biber (*Castor fiber*) sind zwei typische Arten im Übergangsbereich vom Ufer zur Weichholzaue. Der Otter benötigt unverbaute, deckungsreiche (Gehölze, Schilf) Fließ- und Standgewässer. Sein Minimum-Kernrevier (REUTHER 1980) ist an Seeufern etwa 2...3 Kilometer lang bzw. erstreckt sich an Flußufern auf etwa 5 Kilometer. Der Biber lebt in Fließ- und Standgewässern mit ufernahen Weichholzbeständen. Eine überlebensfähige Population dieser Art benötigt mehrere Kilometer lange, z.T. gehölzbestandene und unverbaute Uferpartien. Nach REICHHOLF (1976) brauchen 10...20 Biberpaare etwa 20 ha Weidenaue mit einer effektiven Länge von 2...5 Kilometern.

→ **Zusammenfassende ökologische Bedeutung:**

- ökologisch hochgradig sensibler Refugialraum mit einer Vielzahl stenotoper Arten
- Bereich mit ausgeprägtem Nischengefüge und permanenter Dynamik

→ **Entstehungs- und Entwicklungsvoraussetzungen:**

- Mittel- oder Unterläufe mit geringem Gefälle und naturnaher Gewässermorphologie
- natürliches Durchflußregime, insbesondere Hochwasserdynamik
- Auenbereiche mit mindestens 100...150 Tage Überflutungsdauer

→ **Gefährdung:**

- Beeinträchtigung von Überflutungshäufigkeit und Dauer (Ausdeichung, Tiefenerosion etc.)
- Rodungen, Flächenumwandlung
- Laufverkürzungen, Ausbau und Eintiefung des Gewässers
- Veränderung des hydrologischen Regimes bzw. Abflußgeschehens

5.7.23 Hartholz-Auwälder, Alteichenbestände

Hartholz-Auwälder unterscheiden sich in ihrer Vegetationsdynamik gravierend von den Weichholz-Auenwäldern. Ihre Entwicklung hängt in wesentlich geringerem Umfang von eher kurzfristigen gewässer- und auendynamischen Vorgängen ab, so daß hier mehr standörtliche Faktoren wie Bodensubstratverhältnisse, Höhenlage zum Mittelwasser und zum mittleren Hochwasser, Entfernung vom Gewässer, Grundwasserstandsdynamik und Bodenwasserhaushalt eine Rolle spielen (siehe auch Abb. 15).

Die Vegetation der Hartholzaue bildet eine eigene pflanzensoziologische Einheit (Alno-Ulmion). Dabei handelt es sich in der Regel um artenreiche Laubmischwaldbestände auf lehmig-anmoorigen Gleyböden. Die gute Nährstoffversorgung der temporär überfluteten Böden macht sie zu produktivkräftigen Standorten, die häufig einer forstlichen Nutzung unterliegen.

Eine typische Assoziation bildet das *Quercus-Ulmetum minoris*. Die von den Hauptbaumarten *Quercus robur* (Stiel-Eiche), *Ulmus laevis* bzw. *U. minor* (Flatter-, Feld-Ulme) und *Fraxinus excelsior* (Esche) geprägte Assoziation bildet eine azonale Waldgesellschaft großer Flußauen und grundwasserbeeinflusster Löß-Niederungsböden mit einer ausgeprägten Strauchschicht (SCHUBERT et al. 1995). Insbesondere die Hauptbaumarten Esche und Eiche sind Lebens- und Entwicklungsraum einer Vielzahl speziell adaptierter Tierarten. DAHL (1921) nennt allein für die einheimischen Eichen 100 ausgewählte Schmetterlings-, Käfer- und Dipterenarten, die speziell auf die Gattung *Quercus* angewiesen sind. Neben der großen Gruppe häufig mono- oder oligophager Pflanzenfresser gehören auch die durch anthropogene Einflüsse vielfach stark zurückgedrängten Totholzbewohner zum charakteristischen Artenspektrum. Viele Arten sind auf alte, anbrüchige Bäume angewiesen und heutzutage bereits stark gefährdet (Hirschkäfer, Eremit). Der Käfer Eremit genießt als prioritäre Art des Anhanges II der FFH-Richtlinie (1992) sogar den höchsten europäischen Schutzstatus. Auch die jahreszeitlich wechselnde, artenreiche

Krautschicht ist üppig entwickelt und bietet damit einer Vielzahl phytophager Tierarten geeignete ökologische Nischen.

Gegen Ende der Vegetationsperiode fallen nach der intensiven Biomasseproduktion große Mengen pflanzlicher Substrate (Fallaub etc.) an. Geeignete abiotische Bedingungen (z.B. hohe Luftfeuchtigkeit) und ein reiches Angebot an Grobdetritus bilden die Entwicklungsgrundlage einer sehr reichen Destruentenvergesellschaftung.

→ **Zusammenfassende ökologische Bedeutung:**

- Lebensraum autotypischer Pflanzenvergesellschaftungen
- Entwicklungshabitat einer Vielzahl von Wirbellosen- und Wirbeltierarten
- Refugialraum stenotoper Nischenspezialisten

→ **Entstehungs- und Entwicklungsvoraussetzungen:**

- Ausbildung echter Auen
- Lage der Standorte oberhalb des Mittelhochwassers, d.h. weniger als 100...150 Tage im Jahr mittlere Überflutungsdauer
- temporäre Überstauung bei Spitzenhochwasser

→ **Gefährdung:**

- Veränderung des natürlichen Überflutungsregimes
- Gewässerausbau
- Tiefenerosion des Gewässers durch Begradigung, Einengung durch Buhnen und Uferbauwerke, Geschiebedefizit
- intensive forstliche Nutzung mit Kahlschlägen, artenarmen Aufforstungen oder dem Ausräumen von Totholz
- Parzellierung unzerschnittener Auwälder

5.7.24 Trocken- und Halbtrockenrasen, Sanddeiche

Sowohl über natürliche Prozesse (z.B. Bildung von Uferwällen) als auch durch menschliches Eingreifen kann es zur Entstehung von Mager- und Trockenstandorten kommen. Bedingt durch ein geringes Wasserrückhaltevermögen der mineralischen Böden sowie eine häufig fehlende Humusbildung weisen solche Lebensräume spezifische abiotische Bedingungen auf. Dementsprechend finden xero- und thermophile Arten hier geeignete Lebensbedingungen. Bereits für höher gelegene Auegrünländer (oberhalb der Überflutungsbereiche) sind höhere Anteile von Trockenheitszeigern feststellbar. So fand DISTER (1980) auf stärker sandhaltigen Uferdämmen des Rheins Ausprägungen der Trespen-Glatthaferwiese vor. Diese weisen hohe Abundanzen von trockenheitsertragenden, wärmeliebenden Arten auf: Aufrechte Trespe (*Bromus erectus*), Sand-Thymian (*Thymus serpyllum*), Feld-Klee (*Trifolium campestre*) u.a. Für die Elbe konnte eine Einwanderung wärmeliebender Arten entlang des Stromverlaufes beobachtet werden. In

der Dresdener Elbtalweitung sind z.B. die dunkle Unterart der Wiesen-Küchenschelle (*Pulsatilla pratensis* ssp. *nigricans*), Gelbe Scabiose (*Scabiosa ocroleuca*) und Knotiger Beinwell (*Symphytum tuberosum*) auf Trocken- und Magerstandorten anzutreffen (ANONYMUS 1994).

Trotz ihrer häufig geringeren Flächenausdehnung bieten die Trockengrünländer einer typischen Fauna Lebensraum. Neben Tierarten mit breiter ökologischer Amplitude handelt es sich vor allem um Bewohner von steppenartigen Biotopen und Küstendünen, die an xero- bzw. thermophile Verhältnisse angepaßt sind. Unter den Insekten dominieren Pflanzenfresser, wie Untersuchungen von Steppenrasen im Urstromtal der Oder belegen (ZUMPT 1931, zitiert nach TISCHLER 1990). An den Oderhängen wurden bei entomologischen Untersuchungen allein 390 Käferspezies festgestellt, wovon 78% phytophag leben, 19% als Räuber und Parasiten und nur 3% als saprotroph einzustufen waren. Auch Insektenordnungen wie die Heteroptera (Wanzen), Diptera (Zweiflügler), Hymenoptera (Hautflügler) oder Lepidoptera (Schmetterlinge) sind häufig artenreich vertreten. Damit besitzen solche Standorte gerade für die Insektenfauna eine enorme ökologische Bedeutung.

→ **Zusammenfassende ökologische Bedeutung:**

- Lebensraum mit vielen stenöken Pflanzenarten
- Refugialraum für konkurrenzschwache Arten trockener Standorte
- Lebens- und Entwicklungsraum trockenheits- und wärmeliebender Insekten

→ **Entstehungs- und Entwicklungsvoraussetzungen:**

- mineralische Böden mit geringem Wasserrückhaltevermögen
- großer Grundwasserflurabstand und geringe Überflutungswahrscheinlichkeit
- anthropogene Grünlandnutzung (Beweidung bzw. Mahd)

→ **Gefährdung:**

- Nutzungsauffassung mit anschließender Sukzession
- massive Düngung und Umwandlung in ertragskräftiges Wirtschaftsgrünland (insbesondere Halbtrockenrasen)
- starke mechanische Beanspruchung (Überweidung, Befahren mit Kraftfahrzeugen etc.)

5.7.25 Offensandige Dünen, sandige Pionierfluren

Binnendünen entstanden meist aus aufgewehten Sanden pleistozäner Urstromtäler. Ständige äolische Umlagerungen der Flugsande bedingen eine stärkere Oberflächendynamik. So zeigten Untersuchungen eines der letzten Binnendünenkomplexe mit annähernd natürlicher Dynamik, der Elbtaldünen bei Klein Schmölen, mehrere von Sanden überlagerte Humushorizonte (BAUER 1972.). Durch den kleinräumigen Wechsel von Akkumulation und Erosion ist ein sich ständig änderndes Mosaik verschiedener Sukzessionsstadien anzutreffen.

Die Vegetation solcher Binnendünen besteht aus Waldgebüsch und Rasengesellschaften. Während ersteres überwiegend auf Anpflanzungen zurückführbar ist, stellen sandige Pionierfluren

mit Silbergras (*Corynephorus canescens*), Drahtschmiele (*Deschampsia flexuosa*), Schaf-Schwingel (*Festuca ovina*) u.a. die charakteristische Vegetation dar. Typische Begleitarten der Silbergras-Fluren und Blauschillergras-Schafschwingel-Rasen sind auch trockenheitstolerante Moose (*Dicranum spec.*) und Flechtenarten (*Cladonia*, *Peltigera spec.*). In Bereichen mit stärkstem Sandanflug und deutlicher Akkumulation treten daneben typische Vergesellschaftungen der Weißdüne wie das Ammophiletum *arenariae* (Strandhafergesellschaft) auf. Ein extrem geringes Wasserrückhaltevermögen der Dünenrohböden und die starke oberflächliche Erwärmung der Sande ermöglichen auf solchen Standorten selbst Vorkommen kontinentaler Sandstepppflanzen wie Blaugrünes Schillergras (*Koeleria glauca*), Graue Scabiose (*Scabiosa canescens*) oder *Silene otites*, das Ohrlöffel-Leimkraut (FISCHER 1997).

Xerothermophile Verhältnisse während der Sommermonate und Nährstoffarmut bedingen eine spezifisch adaptierte Zoozönose. Insbesondere psammobionte Insektenarten wie Sandbienen treten in hohen Individuenzahlen auf. Die Imagines dieser wegen des zunehmenden Fehlens geeigneter Entwicklungshabitate bundesweit stark rückläufigen Hymenopterengruppe (PREUSS 1980, BINOT et al. 1998) entwickeln sich in Erdhöhlen. In Ihren Nestern oder an den Imagines parasitieren wiederum andere Gruppen wie verschiedene Goldwespenarten oder Ölkäferlarven der Gattung *Meloe*. Naturschutzfachlich bedeutsame Invertebratenarten sind die für diese Extremstandorte charakteristischen Ödlandschrecken oder der in Deutschland nur noch in Restpopulationen auftretende Walker (Coleoptera, Scarabaeidae).

→ Zusammenfassende ökologische Bedeutung:

- Refugialraum stenöker Pionierbesiedler oligotropher Xerothermstandorte, häufig mit Restpopulationen kontinentaler Stepppflanzen
- Habitat xerothermophiler Tierarten

→ Entstehungs- und Entwicklungsvoraussetzungen:

- Vorhandensein von Flugsandböden
- Talform muß äolische Umlagerungsprozesse ermöglichen

→ Gefährdung:

- Aufforstung
- Nährstoffeintrag
- wirtschaftliche Nutzung des Substrates (Sand-, Kiesabbau)

5.7.26 Trockengebüsche

Sonnenexponierte, kaum grundwasserbeeinflusste Talränder tragen im Gegensatz zu überschwemmungsbeeinflussten Niederungs- und Auebereichen häufig trockenwarmen Charakter. Ähnliche Bedingungen können kleinflächig im Kuppenbereich von Aufwallungen etc. auftreten. Überwiegen xerothermophile Verhältnisse über einen längeren Zeitraum des Jahres, kommt es zur Entwicklung von Trockenwäldern bzw. Trockengebüschen.

Pflanzensoziologisch sind dazu einige Syntaxa der bodensauren Laubholzgebüsche (Rubo-Franguleta) zu rechnen. So besiedeln das Calluno-Sarothamnetum (Besenginster-Gebüsch) oder das Dicrano-Juniperetum communis (Gabelzahnmoos-Wacholder-Gebüsch) als Ersatzgesellschaften bodensaurer Laubwälder mineralische Böden geringerer Nährkraft (SCHUBERT et al. 1995).

Dagegen sind die Assoziationen des Rhamno-Prunetea spinosae (Kreuzdorn-Schlehen-Gebüsche) thermo- und mesophile Gebüsch- und Waldmantelgesellschaften oligo- bis mesotropher Standorte. An extremen Trocken- und Felsflächen stellen sie die potentiell natürliche Vegetation, sonst bilden sie Sukzessionsstadien im Übergang zu Trockenwäldern. Viele dieser Gesellschaften sind aktuell deutlich rückläufig. Naturschutzfachliche Bedeutsamkeit erlangen die Trockengebüsche auch durch den hohen Anteil gefährdeter und geschützter Kräuter wie z.B. Aufrechte Waldrebe, Reichenbachs Segge, Nickendes Leimkraut, Berg-Harrstrang, Wiesen- und Gewöhnliche Kuhschelle, Kamm-Wachtelweizen u.a. (ANONYMUS 1994).

Die typische Zoozönose besteht zum großen Teil aus phytophagen Arten, die häufig spezielle Bindungen an Nährpflanze und Habitat aufweisen. Insektengruppen wie die Schmetterlinge weisen dabei z.T. hohe Artenzahlen auf. So gibt BERGMANN (1951) z.B. für das Schlehengebüsch mehr als 60 Großschmetterlinge an, deren Raupen oder Imagines an den typischen Sträuchern vorkommen. Ähnliche Aussagen werden für die Schmetterlingsfauna der Trockengebüsche von Oberem Werra- und Mittlerem Saaletal getroffen. Die reiche Invertebratenfauna schafft ein günstiges Nahrungsspektrum für Prädatoren. Beispielsweise sind Vogelarten wie Sperbergrasmücke und Neuntöter typische Besiedler der Trockengebüsche von Geesthängen und Talrändern der Mittelbe. Im süddeutschen Raum besiedelt die Sperbergrasmücke sogar fast ausschließlich Trockengebüsche an südexponierten Hängen (FLADE 1994).

→ **Zusammenfassende ökologische Bedeutung:**

- Lebensraum spezifischer Pflanzengesellschaften und Arten der Trockenstandorte
- Refugialraum phytobionter Insekten der Trockenstandorte
- Habitat wärmeliebender Wirbeltiere von Offen- und Halboffenstandorten

→ **Entstehungs- und Entwicklungsvoraussetzungen:**

- mineralische Hangbereiche und Kuppen mit trockenwarmen Verhältnissen
- auf Extremstandorten die natürliche Vegetation, sonst meist auf anthropogenen Eingriffen beruhende Sukzessionsstadien

→ **Gefährdung:**

- Rodung, Umwandlung in Grünland, Aufforstung
- Ersatzgesellschaften gefährdet durch Nutzungsauffassung
- Veränderung der Artenzusammensetzung durch Nährstoffeintrag (indirekte Förderung konkurrenzstarker Stauden)

5.7.27 Brackwasserwatten

Brackwasserwatten treten innerhalb Deutschlands nur im Mündungsbereich tidebeeinflusster Fließgewässer auf (Elbe, Ems, Weser, Eider, Rhein). Diese Nordseemündungsbereiche sind durch eine besonders enge Vernetzung terrestrischer und aquatischer Lebensräume gekennzeichnet. Während niederschlagsreicher Perioden führt der massive Süßwasserzustrom aus dem oberhalb liegenden Einzugsgebiet u.U. zu langandauernden Überflutungen. Von See aus können stärkere auflandige Winde oder Sturmfluten ebenfalls zu Überflutungen der Niederungsflächen führen. Kennzeichnendes Kriterium der Brackwasserwatten sind aber die circadianen Wasserstandsschwankungen von Ebbe und Flut. Dies führt im Naturzustand zu einer starken Aufgliederung des Flußbettes in Abflußrinnen, Sande und Schlickzonen. Durch den Gezeitenwechsel bedingt fallen Watten periodisch trocken und tragen damit Extrembiotopcharakter. Die Abgrenzung von Brackwasser- zu seeseitig angrenzenden marinen Watten erfolgt über den Salinitätsgrad (HAGGE & GREISER 1996).

Die Biozönose dieser Biotope ist durch Artenarmut gekennzeichnet. Sie setzt sich aus süßwassertoleranten marinen Arten und halotoleranten Binnengewässerarten zusammen.

Untersuchungen zur Vegetationsstruktur des Elbe-Ästuars liegen u.a. von KÖTTER (1961) und für die Nebenflüsse von SCHUMACHER (1961) vor. Tieferer Bereiche der Brackwasserwatten sind danach meist vegetationsarm, neben Algen (*Fucus platycarpus*, *Vaucheria spec.*, *Enteromorpha spec.*) konnte nur sporadisch makrophytische Vegetation (z.B. *Zostera marina* und *Z. nana*) festgestellt werden. Etwa ab 1,20 m unter dem mittleren Tidehochwasser (MThw) treten großflächig Brackwasserröhrichte des Scirpetum maritimi in Erscheinung, die abhängig vom Substrat und menschlicher Nutzung unterschiedliche Ausprägungen zeigen bzw. in andere Assoziationen übergehen. Oberhalb des MThw-Spiegels schließen in der Regel halophile Grünlandgesellschaften mit vegetationsfreien Bereichen an (KÖTTER 1961).

Die makrozoobenthale Besiedlung wird z.B. im Elbe-Ästuar von Polychaeten wie dem Wattwurm *Nereis diversicolor*, den zu den Oligochaeten gehörenden Schlammröhrenwürmern (Tubificidae) und Kleinkrebsen (z.B. Gattung *Corophium*) bestimmt (CASPER 1948). In den Röhrichtbereichen kommen phytobionte Insekten dazu. Ökologisch bedeutsam sind die Brackwasserwatten vor allem für die Vogelfauna als Nahrungshabitat. So nutzen z.B. Limikolen diese Bereiche zur Nahrungssuche.

→ Zusammenfassende ökologische Bedeutung:

- spezifischer Lebensraum mit hoher morphologischer Dynamik der Sohlbereiche
- Nahrungshabitat für Wirbeltiere, insbesondere Vögel

→ Entstehungs- und Entwicklungsvoraussetzungen:

- tidebeeinflusste, brackige Mündungsbereiche von Fließgewässern
- periodisches Trockenfallen während der Ebbe

→ Gefährdung:

- Zerstörung der Brackwasserröhrichte durch Viehhaltung (Vertritt)

- Uferbefestigung und Ausdeichung von Flächen
- Konzentration der Wasserführung auf die Fahrrinne (z.B. durch Ausbaggern, Regelungsbauwerke)
- Einspülung und Sedimentation von Schadstoffen

5.7.28 Süßwasserwatten

Landeinwärts schließen an die Brackwasser- beidseitig Süßwasserwatten an. Bedingt durch den Rückstau der Flut führen die im Gezeitenrhythmus schwankenden Wasserstände zu periodisch überfluteten Uferbereichen, die einem ständigen Wechsel von Überflutung und Trockenfallen unterliegen.

Die Lebensgemeinschaften dieser Gebiete bestehen „überwiegend aus kurzlebigen, wenig spezialisierten Opportunisten mit hoher Vermehrungsrate, die sich aus anpassungsfähigen und weit verbreiteten Süßwasserorganismen rekrutieren“ (HAGGE & GREISER 1996). Vor allem in den höhergelegenen Schlickwatten konzentrieren sich die wenigen Arten, während die im Bereich des mittleren Tideniedrigwassers (MThn) liegenden Sandwatten deutlich besiedlungsärmer sind. Viele dieser Arten treten jedoch in den organischen Schlickflächen mit hohen Individuenzahlen auf. Die Wirbellosen stellen deshalb eine wichtige Nahrungsquelle für Fische und Vögel dar. Gleichzeitig tragen sie durch ihre Aktivität zur Belüftung der Sedimente und zum Abbau organischer Substanz bei.

Besonders bedeutsam für den Stoff- und Energieumsatz des Ökosystems sind Mikroorganismen. Über die von verschiedenen Bakteriengruppen vorgenommenen Oxidation (Nitrifikation) und nachfolgende Reduktion organischer Stickstoffverbindungen (Denitrifikation) erfolgt in den Wattsedimenten eine massive Nitratreduktion ($\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NO}_3 \rightarrow \text{N}_2$).

Untersuchungen von KIES et al. (1992) belegen, daß durch autotrophe Algen in den obersten 1-2 mm des Sedimentes der Gezeitenzone eine doppelt so hohe Biomasseproduktion erzeugt wird, wie in der gesamten euphotischen Zone der Stromelbe. Das photosynthetische Abprodukt O_2 besitzt enorme Bedeutung für die Sauerstoffverhältnisse der Flachwasserzonen.

→ **Zusammenfassende ökologische Bedeutung:**

- Bereiche mit intensiver Biomasseproduktion, Bildung des photosynthetischen Nebenproduktes Sauerstoff in Größenordnungen
- Abbaubereiche organischer Verbindungen und Orte der Nitratreduktion
- Nahrungshabitat und Rastplatz für Vögel

→ **Entstehungs- und Entwicklungsvoraussetzungen:**

- tidebeeinflusste Mündungsbereiche von Nordseezuflüssen
- flacher Talraum mit kaum eingetieftem Gewässer

→ **Gefährdung:**

- Ausbaggerung der Fahrrinne, Anlage von Strömungsleitwerken

- Ausdeichen und Auffüllung von Wattflächen
- landwirtschaftliche Nutzung angrenzender Flächen mit diffusen Stoffausträgen

5.7.29 Flachwassergebiete

Tidebeeinflusste Flachwassergebiete stellen den Übergang zwischen den Watten und dem eigentlichen Hauptstrom dar. Trotz circadianer Schwankungen der Wassertiefe fallen sie nur noch bei Extremereignissen trocken und bilden damit einen aquatischen Lebensraum. Wasserstandsabhängige Umweltfaktoren (Durchlichtung des Wasserkörpers, Strömungsverhältnisse) ändern permanent ihre Ausprägung. Dementsprechend setzt sich die Biozönose überwiegend aus Arten mit breiter ökologischer Amplitude zusammen. Über deren naturnahe Ausprägung können heute jedoch nur unzureichende Aussagen getroffen werden, da seit langem wirksame anthropogene Einflüsse offensichtlich stärkere Veränderungen hervorriefen. So wird noch in der ersten Hälfte unseres Jahrhunderts von Massenvorkommen verschiedener Kleinmuscheln in der Tideelbe berichtet, die gegenwärtig bereits in vielen Ästuarbereichen fehlen (ROHDE 1982, SÖFFKER 1982).

Die besondere ökologische Bedeutung der Flachwasserzonen besteht u.a. in der Nutzung als Laich- und Entwicklungsbiotop für Fische. So tritt der Stint (*Osmerus eperlanus*) in hohen Individuenzahlen auf, dessen Hauptnahrung der ebenfalls dort seine Reproduktionsräume aufweisende Planktonkrebis *Eurytemora affinis* ist. Der Verbreitungsschwerpunkt adulter Stinte in der Grenzregion liegt zwischen Salz- und Süßwasser des Flußästuars bzw. der Küstenwatten (DIERKING & WEHRMANN 1991).

Auch die Avifauna nutzt Wattflächen und Flachwasserzonen als Rast- und Nahrungshabitat. Diese stellen vor allem während des Vogelzuges bedeutsame Sammelpunkte dar (HAGGE & GREISER 1996).

→ **Zusammenfassende ökologische Bedeutung:**

- Reproduktionsraum für Fisch- und Invertebratenarten
- Rast-, Nahrungs-, und Entwicklungshabitat, bedeutsam auch für den Vogelzug

→ **Entstehungs- und Entwicklungsvoraussetzungen:**

- Mündungsbereiche von Fließgewässern in die Nordsee
- Gezeiteneinfluß
- naturraumtypische Gewässermorphologie

→ **Gefährdung:**

- Ufersicherungsmaßnahmen
- Veränderung des Gezeiteneinflusses durch Sperrwerke
- massiver Eintrag und Ablagerung von Gift- und Schadstoffen
- Verbreiterung oder Eintiefung der Fahrrinne

5.7.30 Brack- und Flußmarschen

Die Aue im eigentlichen Sinn gibt es in Ästuaren nicht mehr. Bereits bei Flut bewirkt der entstehende Wasserstau im Hypopotamal eine periodische Überflutung mit anschließender Sedimentation des mitgeführten limnischen und marinen Feinsubstrates (Schlick). Bei Sturmfluten finden auch in den über dem mittleren Hochwasserniveau liegenden Bereichen Ablagerungen statt. Über einen längeren Zeitraum bildeten sich so landseitig der Watten Aufhöhlungen, die meist aus einem sandigen Strandwall in Ufernähe und dem dahinterliegenden moorigen Sietland bestehen. Allerdings löst bereits seit längerer Zeit der Mensch gezielt solche Prozesse zur künstlichen Umwandlung von Wattflächen in fruchtbare Marschen aus (LOZAN & KAUSCH 1996).

Marschgebiete bieten günstige Entwicklungsbedingungen (Nährstoffangebot, Vielfalt unterschiedlichster Standortsbedingungen) für die Vegetation. Sowohl die Phytozönose als auch die an sie adaptierte Zoozönose weisen in der Regel eine hohe Artenvielfalt auf. So wurden bei Untersuchungen zwischen den beiden nördlichen Nebenflüssen der Unterelbe von insgesamt 1.049 nachgewiesenen Arten nur 379 in außendeichs liegenden Watt- und Marschflächen gefunden, der Rest trat noch in der bereits ausgedeichten eigentlichen Marschfläche auf (HAGGE & GREISER 1996).

Obwohl viele der typischen Marschbewohner in ausgedeichten Bereichen bereits fehlen, sind auch heute noch Arten mit hoher Raumbedeutsamkeit vorhanden, für deren Erhalt Deutschland alleinige Verantwortung besitzt. Dabei handelt es sich um die endemischen Stromtalpflanzen *Oenanthe conoides* (Schierlings-Pferdesaat) und *Deschampsia wibeliana* (Elb-Schmiele) (HECKMANN 1986). Selbst in den Entwässerungsgräben der Flußmarschen konnten an Elbe, Weser und Ems u.a. gefährdete Wasserpflanzengesellschaften wie das Potametum trichoides, die Potamogeton alpinus- und P. compressus-Gesellschaft oder das Stratiotetum aloides festgestellt werden (BLUM 1994).

Auch die Zoozönose weist viele ökologisch und naturschutzfachlich bedeutsame Elemente auf. Allein die Wirbellosenfauna im Bereich der Elbmarschen ist durch 200-300 Arten gekennzeichnet, die nur im Bereich der Überschwemmungsgebiete vorkommen und im übrigen Teil des nordwestdeutschen Flachlandes nicht mehr auftreten (ANONYMUS 1994). Dazu gehören neben zahlreichen Käfer- und Schmetterlingsarten u.a. auch verschiedene Hymenopteren (z.B. *Colletes cunicularius*, *Sphecodes albilabris*).

→ Zusammenfassende ökologische Bedeutung:

- Areal mit kleinflächig wechselnden Biotopausprägungen und hohem Artenreichtum
- Siedlungsraum vieler Arten mit kleinem Verbreitungsareal
- Lebensraum endemischer, weltweit nur hier auftretender Arten

→ Entstehungs- und Entwicklungsvoraussetzungen:

- über MHn gelegene Ablagerungsbereiche der Niederung
- aperiodische, temporäre Überflutung mit Sedimentablagerung

→ **Gefährdung:**

- Eindeichung und Verhinderung aperiodischer Überstauungen
- Entwässerung und intensive landwirtschaftliche Nutzung
- Eintrag von Nähr- und Schadstoffen

5.7.31 Einmündungsbereiche von Nebengewässern

Die Gesamtheit der Nebengewässer eines Einzugsgebietes erreichen in Fließgewässersystemen regelmäßig eine das Hauptgewässer deutlich übertreffende Längenausdehnung. Die Zuflüsse zeigen häufig eine im Längsverlauf oder zu anderen Nebenflüssen variierende Biotop- oder Biozönosenausstattung. Auch anthropogene Einflußfaktoren und Degradationsstufen sind häufig nicht mit denen des Hauptgewässers identisch (SCHOLLE & SCHUCHARDT 1996).

Im Einmündungsbereich von Nebengewässern in ein Hauptgewässer kommt es zu einer Durchmischung der Wasserkörper, die abhängig vom Durchflußverhältnis Veränderungen von Strömungsrichtung und -geschwindigkeit bewirkt (Drehströmungen, Wirbel, Rückstau). Dies kann sowohl zu morphologischen (Auskolkungen) als auch gewässerchemischen Veränderungen führen (Sauerstoffgehalt, Konzentration von Schadstoffen, Gewässertrübung durch Schwebstoffeintrag). Selbst kleine Zuflüsse können z.B. durch Verdriftung eine permanente Verfrachtung von Organismen in den Hauptstrom bewirken.

Bei der Einmündung von Nebengewässern kann man grob zwei Situationen unterscheiden:

- (1) Haupt- und Nebengewässer sind von der Größenordnung annähernd vergleichbar, d.h. das einmündende Gewässer führt durch die bedeutsame Wassermenge zu einer starken Überlagerung der hydrologischen, morphologischen, stofflichen und biologischen Prozesse des Hauptgewässers; es kann beispielsweise zur Superposition von Hochwassern (Wellenüberlagerung) kommen, sehr bekannt ist z.B. die kritische Hochwassersituation in Koblenz, wo Lahn und Mosel in den Rhein münden
- (2) das Nebengewässer ist bedeutend kleiner als der Hauptfluß; hier kommt es zum starken Kontrast von Gewässertypen; der Nebenfluß kann im Regelfall die morphologische Grundstruktur des Talraumes nur kleinräumig beeinflussen; die Beeinflussung der hydrologischen, morphologischen, stofflichen und biologischen Prozesse des Hauptgewässers ist gering

Unter naturnahen Verhältnissen stellen Einlaufbereiche von Nebengewässern deshalb meist Lebensräume mit reicher Nischenvielfalt und entsprechendem Artenspektrum dar. Ihre heutige Bedeutung liegt vor allem in der Verbindung mehr oder weniger unterschiedlich strukturierter oder degradierter aquatischer Biozönosen. Ein Vorhandensein regenerationsfähiger Restpopulationen in Nebengewässern ermöglicht bei gegebener linearer Durchgängigkeit die Wiederbesiedlung ehemals verödeter Abschnitte, wenn die Ursachen für die dortigen Defizite beseitigt sind.

Viele sich aktiv fortbewegende Tierarten weichen bei Streß- und Letalzuständen entlang des „Streßgefälles“ ab, bzw. verlagern bestimmte Lebensprozesse aus degradierten Abschnitten. So sind z.B. Vorkommen rheophiler Kieslaicher trotz des Fehlens geeigneter Laichgruben möglich, wenn in einmündenden Fließstrecken geeignete Fischlaichplätze vorhanden sind.

5 Hierarchisches gewässerökologisches System- und Prozeßgefüge für große Flüsse und Ströme

Ufer- und Niederungsteile von Nebengewässern mit Resten naturraumtypischer Vegetation sind bedeutsam als Verbindungskorridore und Rückzugsräume auch für amphibische und terrestrische Tier- und Pflanzenarten. So konnte in Untersuchungen zum Gegenstromwanderungsverhalten merolimnischer Fließgewässer-Invertebraten (THIELE et al. 1998) gezeigt werden, daß verschiedene niederungstypische Insektengruppen bestimmte Kleinlebensräume mit definierten Mikroklimaten und Strukturen deutlich präferieren (Tabelle 12).

Tabelle 12: Präferierte Habitatstrukturen merolimnischer Insektengruppen, gewichtetes Mittel von etwa 50 Beobachtungstagen (THIELE et al. 1998)

Insektengruppe	präferierte Habitatstruktur (in Prozent)			
	Gräser/Kräuter	Bäume/ Sträucher	Wasser- oberfläche	Totholz
Odonata	68	16	15	1
Trichoptera	67	31	2	-
Ephemeroptera	22	69	9	-

Ähnliche Aussagen lassen sich für die autochthonen Insekten des Talraumes postulieren, deren Habitatbindung z.B. aufgrund ihrer oligophagen Ernährung von bestimmten Fraßpflanzen z.T. noch enger ist. Beispielsweise bieten Arten wie Schwarz-Erle, Esche oder Silber- und Grau-Weide allein bei den Chrysomeliden (Blattkäfern) weit über 30 autochthonen Arten Entwicklungs- und Nahrungshabitate, über 40% davon nutzen sogar ausschließlich diese Gehölzarten (KOCH 1992). Auch für die Familien der Rüssel- oder Bockkäfer lassen sich derartige Aussagen treffen. Das Vorhandensein entsprechender Refugialräume kann demgemäß das Aussterben einer Art bei lokal auftretenden, temporären Letalfaktoren verhindern und eine schrittweise Wiederbesiedlung ermöglichen.

→ **Zusammenfassende ökologische Bedeutung:**

- Verbindung zu Laichgründen für die aquatische Fauna
- Rückzugsgebiete mit vorhandenem Wiederbesiedlungspotential

→ **Entstehungs- und Entwicklungsvoraussetzungen:**

- Vorhandensein eines naturnahen hydrographischen Netzes

→ **Gefährdung:**

- Unterbrechung der ökologischen Durchgängigkeit durch Querbauwerke
- Laufverlegung und Begradigung von Nebengewässern

5 Hierarchisches gewässerökologisches System- und Prozeßgefüge für große Flüsse und Ströme

- Verrohrungen des Einlaufbereiches kleinerer Zuflüsse
- verstärkter Feststofftransport (z.B. nach Laufverkürzung mit nachfolgender Veränderung der Strömungsdynamik des Nebengewässers)
- Eintrag von Nähr- und Schadstoffen (z.B. Grob- und Feindetritus nach Krautungen)

6 Ökologische und umwelterhebliche Auswirkungen des Verkehrsweges Bundeswasserstraßen

6.1 Grundsätze

Die im Zusammenhang mit der Verkehrswegenutzung der Gewässer auftretenden ökologischen und umwelterheblichen Auswirkungen sind vielschichtiger Natur. Viele sich daraus ergebende Umwelteffekte sind allerdings nicht primär auf die Bundeswasserstraßenproblematik rückführbar. Häufig kommt es durch Neu- und Ausbau oder Betrieb von Wasserstraßen erst zum „Sichtbarwerden“ von Umweltschäden, die ursächlich mit anderen Nutzungen oder anthropogenen Beeinflussungen zusammenhängen. Hierbei können die Auswirkungen der Wasserstraßenanlage oder -nutzung sowohl „Auslöser“ von Prozessen sein, deren Prozeßpotential anderweitig determiniert ist, oder selber Prozesse bewirken, die erst in der „Überlagerung“ mit anderen Prozessen sekundär negative Umweltauswirkungen zeigen. Zahlreiche Umweltschäden entstehen jedoch auch direkt und unmittelbar durch die Verkehrswegenutzung der Binnengewässer. In jedem Fall aber ändern sich Art und Intensität der natürlichen Prozesse.

Die Auswirkungen des Verkehrsweges Binnenwasserstraßen des Bundes sollen im folgenden analysiert werden. Dafür ist es notwendig

- Vorhabens- bzw. Eingriffstypen nach der Ursache sowie in ihren räumlichen und zeitlichen Wirkungen zu differenzieren,
- die räumlich-funktionalen geo- und bioökologischen Auswirkungen sowie
- ebenso die Auswirkungen auf andere Umweltauswirkungen, gestützt auf eine Literaturauswertung, zu beschreiben.

Die nachfolgend verwendeten Begriffe und Definitionen zu wasserbaulichen bzw. verkehrswasserbaulichen Vorhaben und Eingriffen nehmen zum überwiegenden Teil Bezug auf die einschlägigen Normen, u.a. DIN 4047, DIN 4048, DIN 4049 und DIN 4054, um begriffliche und definitorische Klarheit zu gewährleisten. Hinsichtlich der zusammenfassend oder z.T. pauschalgrundsätzlich erfolgten Postulate zu Umweltauswirkungen sei darauf verwiesen, daß hier keine Einzelfallbetrachtungen durchgeführt werden können. Somit werden wahrscheinliche und überwiegend zu erwartende Auswirkungen beschrieben. Die Aspekte der Gewässertypspezifik (vgl. Kapitel 4) können angesichts der noch fehlenden Systematisierung und Typisierung nur bedingt eingebracht werden.

6.2 Vorhabens- bzw. Eingriffstypen

6.2.1 Kausalität (Bau-, Anlage- oder Betriebsbedingtheit)

Zunächst muß bei den potentiellen Eingriffen im Kontext der Bundeswasserstraßenanlage und -nutzung nach den Ursachen differenziert werden. Hierfür wird die Unterscheidung des UVPG genutzt, das grundsätzlich in Umweltauswirkungen durch

- Bau,
- Anlage und

- Betrieb unterteilt.

Baubedingte Auswirkungen stehen im Zusammenhang mit Aktivitäten zur Anlage von Wasserstraßen. Sie sind zeitlich auf die Herstellung oder wesentliche Änderung der Gewässer befristet. Es sind dies alle Eingriffe, die für einen Bauablauf erforderlich sind. Hierzu zählen unter anderem Lagerplätze, Bau- und Zufahrtsstraßen, temporäre Wasserhaltungen oder -umleitungen, temporäre Grundwasserabsenkungen, Emissionen durch Baufahrzeuge, Schwebstofffreisetzung durch Baggereinsatz etc. Diese Umwelteingriffe und deren Auswirkungen sind vielschichtiger Natur und sollen nachfolgend nicht explizit analysiert werden, da sie stark einzelfallabhängig sind und im Grunde bei fast jeder Maßnahme auftreten können.

Die gerade beschriebenen baubedingten Eingriffe und deren Auswirkungen sind zu unterscheiden von den anlagebedingten Eingriffen, die für die Dauer einer Nutzung Bestand haben. Hierzu zählen demzufolge dauerhafte Flächenversiegelungen, Deich- und Dammschüttungen, Sohlpflasterungen, Fahrwasserverbesserungen, die Anlage von Regelungsbauwerke u.v.m.

Betriebsbedingte Eingriffe und Auswirkungen sind demgegenüber alle Tätigkeiten, die im unmittelbaren Zusammenhang mit der Nutzung stehen oder die der Unterhaltung der baulichen Anlagen dienen. Zu diesen werden alle Unterhaltungsarbeiten sowie die unmittelbaren Auswirkungen der Schifffahrt (Emissionen, Wellenbewegung, Sohlzustandsveränderung durch Schiffschrauben etc.) gerechnet. Die Gewässerunterhaltung umfaßt die Erhaltung des wasserwirtschaftlich und landschaftspflegerisch ordnungsgemäßen Zustandes des Gewässers. Dazu gehören die Erhaltung des Gewässerbettes für einen ordnungsgemäßen Abfluß, die Erhaltung der biologischen Wirksamkeit sowie Schutz und naturnahe Gestaltung der Ufer und Erhaltung der baulichen Anlagen.

6.2.2 Räumliche Wirkungen

Alle Maßnahmen erfahren in Abhängigkeit von Zeithorizonten (vgl. Kapitel 5.2.3) und je nach Problemlage eine spezifische Raumentfaltung, so daß eine Differenzierung in diese Wirkräume notwendig wird. Gemäß dem hierarchischen gewässerökologischen System- und Prozeßgefüge (vgl. Kapitel 3.5) muß davon ausgegangen werden, daß viele Eingriffe Auswirkungen auf größere Raum-Zeit-Einheiten wie Einzugsgebiete oder Gewässersysteme haben. Eine Reihe von Eingriffen bewirkt langfristige Beeinflussungen z.T. weit entfernt liegender Systeme wie den Meeren. Im Rahmen dieser Ausführungen sollen die eher in räumlicher Nähe liegenden betroffenen Raumeinheiten beleuchtet werden, da die anderen Auswirkungen sehr stark einzelfallabhängig sind und zudem kausalanalytische Schlüsse aufgrund von Komplexität und Langfristigkeit sehr erschwert werden. Trotzdem muß in kritischen Fällen auch diesbezüglich eine Vergrößerung des Untersuchungs- bzw. Betrachtungsraumes und der Zeitdimension erfolgen.

In Anlehnung an DVWK (1996b) werden hier Eingriffe und in indirekte Wirkungen nach ihrem Wirkort in einem Fließgewässer nebst seinem Talboden unterschieden:

- (1) oberhalb der Maßnahme
- (2) an der Maßnahme
- (3) unterhalb der Maßnahme

Die räumlichen Wirkungen werden zudem unterschieden in die Teilbereiche

- Gewässersohle
- Ufer
- Aue/Niederung
- Wasserkörper

Die Tabellen 13 und 14 stellen eine diesbezügliche Zusammenstellung aller Maßnahmenkomplexe an Bundeswasserstraßen (Erläuterung der Maßnahmen in Kapitel 5.3.1) und deren potentiellen räumlichen Auswirkungen dar, wobei geo- und bioökologische Faktoren Berücksichtigung fanden. Dabei zeigt sich, daß in natürlichen Fließgewässern vor allem diejenigen Maßnahmen potentielle Eingriffe mit hoher Raumwirkung entfalten, die die natürliche Dynamik der Gewässer und ihrer Auen bzw. Niederungen unterbinden oder beeinträchtigen.

6.2.3 Zeitliche Wirkungen

Die Problematik der zeitlichen Wirkungen der Eingriffe ist bereits mehrfach angesprochen worden. DVWK (1996b) unterscheidet diesbezüglich zeitnahen von zeitfernen Wirkungen und gibt eine verhältnismäßig detaillierte Übersicht über die zeitlichen Wirkungen wasserbaulicher Maßnahmen unter Aufgliederung auf ökologische Funktionskomplexe.

Als zeitnah muß eine Wirkung angesehen werden, wenn unmittelbar bei oder nach der Maßnahmendurchführung entsprechende Effekte zu verzeichnen sind. Dies gilt naturgemäß insbesondere für die direkte Betroffenheit von Flächen oder Arealeinheiten. Zeitferne Wirkungen entfalten sich dagegen häufig erst nach Durchlaufen komplexer prozessualer Abläufe. Raumzeitlich-konkrete Wirkungsabschätzungen sind daher oftmals nicht möglich, weil eine Reihe von Prozeßeinflußgrößen (Prozeßauslöser, -steuergrößen, Schwellenwerte etc.) einen stochastischen Grundcharakter aufweisen. Hier sei beispielsweise an die hydrometeorologischen und hydrologischen Größen erinnert. Am schwierigsten gestaltet sich aber aus den bereits genannten Gründen die Abschätzung bioökologischer Systemveränderungen.

Es wird vorgeschlagen, die zeitlichen Wirkungen von Neu- und Ausbau sowie Betrieb von Binnenwasserstraßen nach dem Eintrittszeitpunkt (1) und der zeitlichen Andauer (2) zu differenzieren.

(1) Nach dem Eintrittszeitpunkt lassen sich unterscheiden:

- A) Sofortige Wirkungen: Wirkungen, die unmittelbar durch die Maßnahme bedingt sofort einsetzen
- B) Zeitnahe Wirkungen: Wirkungen, die in einem engen zeitlichen Zusammenhang mit einer Maßnahme feststellbar sind und sich relativ rasch einstellen
- C) Zeitferne Wirkungen: Wirkungen, die in einem nur sehr entfernten zeitlichen Zusammenhang mit der Maßnahme stehen und häufig erst durch allmählich fortschreitende quantitative Merkmalsänderungen oder durch Überlagerungserscheinungen zu einer qualitativ detektierbaren Zustandsänderung führen

(2) Die zeitliche Andauer kann wie folgt abgestuft werden.

- A) Aktuelle Wirkungen: Wirkungen, die im Grunde nur bei Maßnahmendurchführung auftreten und unmittelbar danach nicht mehr nachweisbar sind
- B) Kurzfristige Wirkungen: Wirkungen, die einen kurzen Zeitraum andauern, der aber über das Maßnahmenende hinausreichen kann
- C) Mittelfristige Wirkungen: Wirkungen, die bereits einen mittleren Zeitraum andauern und deren Effekte sich häufig nur langsam abschwächen
- D) Langfristige Wirkungen: Wirkungen, die große Zeiträume umfassen und die in ihren Merkmalen nur einer äußerst langsamen Abminderung unterliegen oder die im engeren Sinne irreversibel sind

KERN (1995) hält in diesem letztgenannten Zusammenhang aus gewässermorphologischer Sicht nur solche Eingriffsfolgen in Gewässersystemen als reversibel, die in einem Planungshorizont von 100-150 Jahren durch Selbstentwicklung regenerierbar sind.

Insgesamt ist die Problematik der zeitlichen Wirkungen eine Frage der prozessualen Dynamik. Grundsätzlich nur schwer abschätzbar sind die zeitfernen und langfristigen Wirkungen der Eingriffe, auch wenn heute viele kausale Zusammenhänge besser bekannt sind.

6 Ökologische und umwelterhebliche Auswirkungen des Verkehrsweges Bundeswasserstraßen

Tabelle 13: Räumliche Wirkungen von Maßnahmen im Zusammenhang mit Bau und Anlage von Bundeswasserstraßen

X: Eingriffe und indirekte Wirkungen x: indirekte Wirkungen ?: mögliche Eingriffe und indirekte Wirkungen

Nr.	Maßnahme	Eingriffe und indirekte Wirkungen											
		oberhalb der Maßnahme				an der Maßnahme				unterhalb der Maßnahme			
		Sohle	Ufer	Aue/Niederung	Wasserkörper	Sohle	Ufer	Aue/Niederung	Wasserkörper	Sohle	Ufer	Aue/Niederung	Wasserkörper
Änderung der Linienführung													
1	Begradigung	?	?	?	?	X	X	X	x	x	x	x	x
2	Durchstich	?	?	?	?	X	X	X	x	x	x	x	x
Veränderung des Querprofils													
3	Deich/Damm			x				X				x	
4	Uferrückverlegung/Verbreiterung					X	X	X	x	x			
Regelungsbauwerke													
5	Buhne					X	X		x	x	x		?
6	Parallelwerk					X	X		x	x	x		?
7	Grundschwelle	x	x	?	x	X	X	?	x	x	x	?	x
8	Sohlschwelle					X	x		x	x	x		x
Sohlsicherungsmaßnahmen													
9	Sohlpflasterung-glatte Steine					X	x		?	X	x		?
10	Sohlpflasterung-rauhe Steine					X	x			X	x		
Fahrwasserverbesserung													
11	Fahrrinnenverbreiterung					X	x	x	x	X	x	?	?
12	Sohleintiefung	X	x	x	x	X	X	X	X	X	x	x	x
13	Kolkverbau					X	?			x	?		
14	Sohlbaggerung	x				X	x	?	x	x	?	?	?
15	Baggergutlagerung			?				?				?	
Ufersicherungsmaßnahmen													
16	Uferdeckwerk-glatte Steine					X	X		x	x	x		x
17	Uferdeckwerk-rauhe Steine					X	X		?	x	x		
18	Wellenbrecher					X	X			?	?		
19	Uferwand					X	X		x	x	x		x
20	Herstellung Regelprofil	?	?			X	X	X	x	x	x	x	x
Bauwerke zur Überwindung von Fallstufen													
21	Schleusen					X	X	x	x	?			?
22	Schleusenkanäle					X	X	x	x	?			?
Anlage von Häfen und sonstigen Anlagen für den ruhenden Verkehr													
23						X	X	X	X				?
Bau von Staustufen													
24	Staumauer	x	x	X	X	X	X	X	X	X	X	x	X
25	Wehr fest	x	x	X	x	X	X	X	X	X	X	x	x
	Wehr geregelt	x	x	X	X	X	X	X	X	X	X	x	x
26	Fischaufstiegsanlage					X	X	?					
Neu- oder Ausbau von Schifffahrtskanälen													
27	Seitendamm/-deich						X	X					
28	Kanaldamm/-gewässer					X	X	X	X				
29	Kreuzungsbauwerk					X	X	X	X				
30	Kanalstufe					X	X	X	X				

6 Ökologische und umwelterhebliche Auswirkungen des Verkehrsweges Bundeswasserstraßen

Tabelle 14: Räumliche Wirkungen von Maßnahmen im Zusammenhang mit dem Betrieb von Bundeswasserstraßen

X: Eingriffe und indirekte Wirkungen x: indirekte Wirkungen ?: mögliche Eingriffe und indirekte Wirkungen

Nr.	Maßnahme	Eingriffe und indirekte Wirkungen											
		oberhalb der Maßnahme				an der Maßnahme				unterhalb der Maßnahme			
		Sohle	Ufer	Aue/Niederung	Wasserkörper	Sohle	Ufer	Aue/Niederung	Wasserkörper	Sohle	Ufer	Aue/Niederung	Wasserkörper
Unterhaltungsmaßnahmen													
31	Erhaltung von Bauwerken					?	?		?				
32	Böschungspflege						X		x				?
33	Gewässerkrautung					x	x		X				x
Schifffahrt													
34	Schiffsschraubenbewegungen					X	x		?				
35	Wellenschlag						X						
36	Schiffshavarien					?	?		?	?	?	?	?
37	Emissionen aus Anstrichstoffen								x				?
38	Emissionen von Fetten und Ölen					?	?		x	?	?	?	?
38	Abgas-Emissionen						?	?	?			?	?

6.3 Ökologische und umwelterhebliche Auswirkungen durch...

6.3.1 Änderung der Linienführung

Durch die Gewässerausbaumaßnahme einer Änderung der Linienführung wird eine Verbesserung der Schiffbarkeit angestrebt, da geringerer Flächenbedarf des Gewässers und kürzere Lauflänge zu einer kürzeren Fahrstrecke und -zeit führen. Begradigungen sind Verkürzungen der Lauflänge durch Herstellen eines neuen und geradlinigen Bettes. Im Normalfall wird das neue Gewässerbett mit nahezu gleicher Querschnittsfläche, aber dem hydraulisch günstigeren Regel- bzw. Trapezprofil hergestellt. Dieses weist gegenüber den bei natürlichen Gewässern häufig breiten und flachen Querprofilen eine größere Wassertiefe auf, was der Schifffahrt zugute kommt. Durchstiche sind dagegen Gewässerausbaumaßnahmen, durch die die Krümmungen eines Fließgewässers beseitigt werden. Es entsteht eine kurze Flußstrecke mit künstlichem Gewässerbett, durch die eine oder mehrere hintereinanderliegende Kurven eines Flusses abgeschnitten werden. Die alten Flußschlingen werden stillgelegt (Altarme) oder verfüllt.

Eine künstliche Veränderung der Linienführung von Fließgewässern ist grundsätzlich wider die natürliche Flußentwicklung (MANGELSDORF & SCHEURMANN 1980). Der Einfluß auf die Geschiebeverhältnisse durch Begradigungen und Flußkorrekturen ist beträchtlich (BAUER 1965, WEISS 1988), so daß eine Verminderung der Substratdiversität und der Furt-, Bank- und Kolkbildungsprozesse der natürlichen Sohlen- und Uferdynamik im Bereich der Maßnahmen sowie zum Teil bis weit gewässerunterhalb zuwiderläuft. CZESIENSKI (1964) beschreibt zum Beispiel die erhebliche Beseitigung von Mäandern und von Flußschlingen durch den Bau der

Müritz-Elde-Wasserstraße sowie beim Ausbau der Havel, die zu einer vollständigen Änderung des Gewässercharakters geführt haben. Am Oberrhein beispielsweise betragen die Laufverkürzungen ca. 82 km, am Unterrhein ca. 23 km. Den Gewässerausbaumaßnahmen sind auch ca. 2.000 Rheininseln zum Opfer gefallen (TITTIZER et al. 1995a). MUSENBROCK (1995) kann die negativen Folgen der Flußbegradigungen und Eindeichungen für die ökologischen Verhältnisse der Altarme der niedersächsischen Hunte nachweisen. Einen hervorragenden Überblick für alle relevanten deutschen Wasserstraßen und deren morphologische Änderungen durch Begradigungen und Durchstiche gibt zudem ECKHOLDT (1996).

Eine veränderte Linienführung bringt hydrologische und flußmorphologische Veränderungen mit sich. DOHMS et al. (1990) haben sich mit den Veränderungen an der Elbe beschäftigt und kommen zum Schluß, daß sich zwar die Niedrigwasserdurchflüsse seit 1959 nicht verringert haben, im Ober- und Mittelauf sind sie sogar geringfügig erhöht, was mit der Speicherbewirtschaftung in der CSFR in Zusammenhang gebracht wird. In den Jahren von 1959 bis 1990 (30 Jahre) hat sich die Elbe aber in einigen Flußabschnitten weiter eingetieft (Torgau-Aken), an anderen geringfügig erhöht (Parey, Tangermünde). Die Autoren nennen u.a. als Ursachen für Sohlabsenkungen:

- das Vorhandensein einer natürlichen Erosion, die stark durch den geologischen Untergrund bestimmt wird,
- die Begünstigung einer weiteren Erosion durch Stromausbau (Breiteneinschränkung, Laufverkürzung, Gefälleerhöhung) sowie
- die Wirkung der Felsenstrecke in Torgau wie ein Wehr mit einem Erosionsbeitrag unterhalb.

Die Sohleintiefungen führen zu einem deutlichen Absinken der Grundwasserstände und zu einer abgeminderten Grundwasserdynamik in den betroffenen Auen mit unübersehbaren Folgen für die Situation der Auenökosysteme. Zudem wird die Überschwemmungshäufigkeit der Aue stark herabgesetzt. Wie wichtig diese ist, kann u.a. HÜGIN (1981) am Beispiel der Oberrheinaue nachweisen, indem er jeder Pflanzengesellschaft oder Untergesellschaft eine für sie kennzeichnende mittlere Wasserstandsganglinie zuordnen kann. Auch viele Arten der Laufkäfer sind an die natürliche Dynamik von Erosion und Sedimentation (Kiesufer, Sandbänke etc.) gebunden. So finden z.B. 80% der charakteristischen Uferfauna der baden-württembergischen Donau aufgrund der verbauten und strukturarmen Ufer nur noch in Kiesgrubengebieten eines Donau-Zuflusses geeignete Habitatstrukturen, im wesentlichen da hier Teilprozesse der natürlichen Auendynamik durch Abgrabungs- und Sortiervorgänge initiiert werden (TRAUTNER 1994). ZEIDLER et al. (1998) fanden bei der Untersuchung von 60 bayerischen Augewässern verschiedener Naturräume von abiotischen Konstellationen abhängige faunistische Differenzen (fließende oder stehende Gewässer, Phytalanteil, chemische Bedingungen etc.) und kommen zum Schluß, daß eine Schädigung der natürlichen Auendynamik spezifische Lebensräume und stenotope Arten verschwinden läßt. Die endgültige Abtrennung von Altarmen führt auch zum Verlust wichtiger Laichgebiete von krautlaichenden Fischarten. Hinzu kommt der Verlust an Refugial-, Ruhe- und Aufwuchsräumen (TITTIZER et al. 1995a). Auch die räumlich-funktionale Interaktion von aquatischen Lebensgemeinschaften wird unterbrochen (vgl. u.a. BRUNKEN & BRÜMMER 1996 zur Interaktion der Fischartengemeinschaften von Haupt- und Aue- sowie Nebengewässern).

Verkürzungen der Lauflänge gerade bei Durchstichen bringen auch geländeklimatische Änderungen in Aue/Niederung mit sich. So können Talwinde in ihrer Stärke zunehmen, was eine Erhöhung des aerodynamischen Druckes auf viele Organismen bewirken kann. Die Windkanalisierungswirkung des verkürzten und gefällereicheren Gewässerlaufes kann u.a. die Wirkung der fließgewässernahen Mitführungsschicht verstärken, so daß es bei einer durch höhere Fließgeschwindigkeiten verursachten höheren Abdrift der aquatischen Lebensstadien merolimnischer Insekten zusätzlich auch durch die Erhöhung des stromabwärts gerichteten Windes zu einer Behinderung des Kompensationsfluges und folglich stärkeren Schwankungen der Populationsdichte kommen kann (MEHL et al. 1995, MEHL & THIELE 1998).

BRETTAR et al. (1998) weisen die enorme Stickstoffretention in naturnahen Auenwäldern des Oberrheins nach, wobei eine besonders hohe Denitrifikation in den Auenböden bei hohen Temperaturen und Überschwemmungen zu verzeichnen ist. Damit leisten naturnahe Auen einen gewichtigen Beitrag zur chemisch-physikalischen Wassergüte der Gewässer. Der Einfluß von Flußkorrekturen und Begradigungen führt aber auch direkt zu einer Verschlechterung der Wasserbeschaffenheit (BOES 1977), da eine Verminderung biologisch aktiver Oberfläche und der Verweilzeiten des Wasserkörpers die natürlichen Umsetzungsvorgänge verlangsamt.

In moorerfüllten Niederungen können Tiefenerosion, Grundwasserspiegelabsenkungen und die Veränderung der Überschwemmungsdynamik ohne Gegenmaßnahmen (z.B. Stauhaltung) zur Moordegradation führen. Zunächst bewirkt fehlendes Wasser eine Volumenkontraktion des Torfes und damit Moorsackungserscheinungen. In dem Maße, wie Wasser durch Entwässerung aus den oberen Moorbodenschichten abgeführt wird, dringt Luft in die Grobporen ein. Durch die Belüftung werden sekundäre Bodenbildungsprozesse ausgelöst. Die Belüftung führt zum bodenbiologischen Prozeß der Mineralisierung, wobei leicht abbaubare Torfsubstanzen unter Stickstofffreisetzung zerlegt und schwer abbaubare Torfsubstanzen in höhermolekulare Huminstoffe umgewandelt werden. Die freigesetzten Stickstoffmengen können bis $500 \text{ kg ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ erreichen und damit ein erhebliches Eutrophierungspotential für Moor und Gewässer entwickeln (SUCCOW 1988a, b, MEHL et al. 1995). Mineralisierung und Humifizierung der Niedermoore können über die Vererdungsstufe bis hin zur Vermulmung führen, einem sehr ungünstigen bodenökologischen Zustand, der fast einer Devastierung gleichzusetzen ist.

In Bezug auf direkte Veränderungen von aquatischen Lebensräumen vergleichen z.B. SHIELDS et al. (1994) bei der hydrologischen Situation Basisabfluß 3 begradigte Flüsse mit einem naturnahen Referenz-Fluß in Nordwest-Mississippi. Sie können belegen, daß die Artendiversität der Fische direkt proportional zur hydraulischen Diversität ist (bezogen auf die lokale FROUDE-Zahl = hydraulisches Maß für Strömen oder Fließen), somit die begradigten Strecken ungleich artenärmer sind, als ein naturnaher Fluß. SCHLEUTER & TITTIZER (1988) fanden Präferenzbereiche der Makrozoobenthos des Mains in Bezug auf Substratbeschaffenheit und Gewässertiefe. Große und verlagerungsstabile Steine weisen demnach die höchsten Besiedlungsdichten auf, während die Artenvielfalt mit abnehmender Korngröße zunächst zunimmt, unterhalb von 30% feinkörnigen Materials wirkt aber der hohe Feinsandanteil besiedlungshemmend.

Ähnliche Ergebnisse und weitergehende Untersuchungen zur Habitatqualität liegen auch von anderen Fließgewässern und für andere aquatische Artengruppen vor (z.B. CULP 1983, WILLIAMS & MOORE 1985, GREGG & ROSE 1985, ELLIOTT 1986, TITTIZER & SCHLEUTER 1986, HERING & REICH 1997, BERLIN & MEHL 1997, MEHL 1998). So führt die Zunahme der Fließgeschwindigkeit durch die Gefälleerhöhung zu erhöhter Sohlschubspannung, folglich stär-

kerer Erosion, zur Materialvergrößerung auf der Sohle und letztlich auch zur Verschiebung der Art und Zusammensetzung von betroffenen aquatischen Benthosgemeinschaften. Unterhalb begradigter Strecken oder von Durchstichen werden die erodierten Materialien bei Unterschreiten der fließgeschwindigkeitsabhängigen Transportkapazität wieder abgelagert, so daß sich in entsprechenden Sedimentationsräumen, beispielsweise besonders durch feine Ablagerungen, die Verhältnisse für Interstitialbewohner verschlechtern können.

Um Sohleintiefungen zu verhindern, müssen Regelungsbauwerke (Sohlschwellen, Grundschwellen) in das Gewässer eingebaut werden oder hydraulisch wirksame Sohlsicherungsmaßnahmen ergriffen werden, womit andere oder komplexere ökologische Folgewirkungen eintreten (siehe unten).

Fazit: Änderungen der Linienführung bringen weitreichende ökologische Konsequenzen mit sich. Zu diesen zählen gemeinhin:

- ⇒ Veränderungen der natürlichen Laufentwicklung
- ⇒ nachhaltige Störung der natürlichen Ufer- und Sohlendynamik
- ⇒ Erhöhung des Sohlgefälles und Erzeugung lokaler Erosionsbasen
- ⇒ Erhöhung der Sohlerosion
- ⇒ Vergrößerung des Sohlenmaterials
- ⇒ unterstromige Ablagerung von erodiertem Material
- ⇒ Verschlechterung der Wasserbeschaffenheit
- ⇒ Veränderung der Grundwasserdynamik in Aue oder Niederung
- ⇒ Veränderung des Überschwemmungsregimes
- ⇒ Verlust an Hochwasser-Retentionsraum
- ⇒ Veränderung der geländeklimatischen Verhältnisse in Aue/Niederung durch stärkere Kanalisierung von Luftströmungen
- ⇒ ggf. Umverlegung von einmündenden Nebengewässern (Bächen)
- ⇒ allgemeiner Verlust an aquatischem Lebensraum
- ⇒ Verlust an spezifischen aquatischen, semiaquatischen und terrestrischen Habitaten in Gewässer nebst Uferregionen sowie im Auen-/Niederungsbereich
- ⇒ vielschichtige Umwelteinwirkungen während der Bauphase (Emissionen, Schwebstofftrübung, Bauwege, Materiallagerplätze etc.)
- ⇒ neben sofortigen, sehr hohes Potential zeitferner und langfristiger Wirkungen

6.3.2 Veränderung des Querprofils

Querprofiländerungen sind Ausbaumaßnahmen, die im Rahmen wasserstraßenverkehrlicher Veranlassung im Regelfall folgenden Zielstellungen dienen:

- Herstellen des Regelprofils (Erreichung einer bestimmten Ausbautiefe für Schiffstypen mit größerem Tiefgang und gleichzeitige Stabilisierung der Ufer)
- Anlage von Deichen (Dämme aus Erdbaustoffen zum Schutz gegen Hochwasser und/oder Sturmfluten)
- Uferrückverlegung oder Gewässerverbreiterung (Verlegung des seitlichen Teiles des Gewässerquerschnittes in die Aue/Niederung und damit einhergehende Verbreiterung des Gewässerquerschnittes)

Bei stärker organisch belasteten Gewässern führt eine Verringerung der Flußbreite und die damit verbundene Vergrößerung der Wassertiefe zu einer Beeinträchtigung der Sauerstoffversorgung, so daß die Sauerstoffkonzentration zum stabilitätsbestimmenden Kriterium der Wasserbeschaffenheit wird (BOES 1977). Dieses kann zum kritischen Faktor für die faunistische Besiedlung werden, gerade für die benthischen und Interstitialbewohner.

DOHMS et al. (1990) beschreiben die flußmorphologischen Wechselwirkungen zwischen zu hoch liegenden Vorländern, späten Ausuferungen und großer Schleppspannung auf der Flußsohle für den Fall der Tiefenerosion der Elbe im Abschnitt Torgau-Aken. Hoch liegende Vorländer als Folge von Querprofiländerungen können demnach zu sekundären Folgen für die Fest- und Schwebstoffdynamik des Fließgewässers führen. Genau wie im Falle der Änderung der Linienführung ist der Verlust an speziellen aquatischen Lebensräumen gerade durch einen Regelprofilausbau enorm, da eine Herabsetzung von Tiefen- und Breitenvarianz, eine Vergleichmäßigung der hydraulischen Verhältnisse u.v.m. die abiotische Qualität der Habitate ändert (Strömung, Substrat, Belichtung etc.). In der Folge werden spezialisierte (stenotope) Organismen mit engen Ansprüchen durch weniger spezialisierte (eurytope, häufig Ubiquisten) verdrängt. Veränderungen der Ufermorphologie ziehen Verschiebungen in den Pflanzengemeinschaften nach sich (z.B. Verlust von Flachwasser- und Strandzonen).

Faunistische Effekte sind direkt oder indirekt in zahlreichen Arbeiten belegt (vgl. u.a. für die Ichthyofauna: ANGERMEIER & KARR 1984, WALLACE & BENKE 1984, für das Makrozoobenthos: ZIMMERMANN 1961, STATZNER & HIGLER 1986, BOURNAUD & COGERINO 1986, PECKARSKY et al. 1990, SCHÖNBORN 1992, COGERINO et al. 1995). Viele aquatische Tiere wechseln im Laufe ihrer Individualentwicklung oder jahreszeitlich ihre Habitate (LAVANDIER & DUMAS 1971, WRIGHT 1978), zum Teil auch aus Prädatorendruck oder Ernährungsgründen, so daß für solche Arten spezifische Habitatmosaik bzw. -gefüge essentiell sind. Eine Nivellierung der abiotischen Verhältnisse wirkt in diesen Fällen häufig bei einem spezifischen Lebensstadium, das zur kritischen Lebensphase wird (THIENEMANN 1939).

Sowohl Tiefenerosion als auch Maßnahmen der Querprofiländerung bewirken regelmäßig eine Änderung des natürlichen Überschwemmungsregimes der Auen oder Niederungen, führen damit zu ähnlichen Folgen wie bereits für die Änderungen der Linienführung geschildert. In dieser Hinsicht haben SCHAGERL & RIEDLER (1998) die Bedeutung natürlicher hydrologischer Dynamik und hydrologischer Extreme (Niedrig- und Hochwasser) für die Phytoplanktonentwicklung

und Primärproduktion in Augewässern am Beispiel des Donauaueensystems herausgearbeitet. Zu ähnlichen Ergebnissen gelangt KASTEN (1998) für Altarme im Unteren Odertal.

FOECKLER et al. (1994) können anhand von Weichtierlebensgemeinschaften die ökologischen Unterschiede zwischen rezenter und fossiler Aue belegen. In der fossilen Aue fehlt die hydrologische Dynamik, so daß spezialisierte Artengemeinschaften nicht vorkommen. In der rezenten Aue der Donau bei Straubing wurde durch FOECKLER et al. (1994) an temporären und an flachen Altwasserufern eine speziell an starke Wasserstandsschwankungen und periodisches Trockenfallen angepaßte Gemeinschaft gefunden, die hochgefährdete *Valvata macrostoma-Aplexa hypnorum*-Gemeinschaft.

Fazit: Änderungen des Querprofils bringen deutliche ökologische Konsequenzen mit sich. Zu diesen zählen gemeinhin:

- ⇒ Veränderungen der natürlichen Breitenentwicklung
- ⇒ nachhaltige Störung der natürlichen Ufer- und Sohlendynamik
- ⇒ Gefahr der Sohleintiefung
- ⇒ Verschlechterung der Wasserbeschaffenheit
- ⇒ Gefahr der Veränderung der Grundwasserdynamik in Aue oder Niederung
- ⇒ Veränderung des Überschwemmungsregimes
- ⇒ Verlust an Hochwasser-Retentionsraum bei Eindämmung/Eindeichung (mitunter Polderanlagen mit künstlichen Flutmöglichkeiten)
- ⇒ Verlust an spezifischen aquatischen, semiaquatischen und terrestrischen Habitaten in Gewässer nebst Uferregionen sowie im Auen-/Niederungsbereich (z.B. Fischunterstände, Standortveränderungen für die Vegetation)
- ⇒ unmittelbarer Flächenverlust in Auen-/Niederungsbereichen durch Damm-/Deichbauten
- ⇒ vielschichtige Umwelteinwirkungen während der Bauphase (Emissionen, Schwebstofftrübung, Bauwege, Materiallagerplätze etc.)
- ⇒ neben sofortigen und zeitnahen, mittleres bis hohes Potential zeitferner und langfristiger Wirkungen, je nach Bauausführung Wirkungsdauer von mittel- bis langfristig

6.3.3 Regelungsbauwerke

Regelungsbauwerke sind Bauwerke zur Veränderung der Wasserstands- und Strömungsverhältnisse. Hierunter fallen nicht die Staustufen (s.u.). Man unterscheidet

- a) Buhnen, die als quer zum Ufer liegende Bauwerke zur seitlichen Begrenzung des Abflußquerschnitts dienen und/oder sich zum Schutz des Ufers als Regelungsbauwerk im Fluß befinden,
- b) Parallelwerke, die in Fließrichtung liegende Regelungsbauwerke zur seitlichen Begrenzung des Abflußquerschnittes sind,

6 Ökologische und umwelterhebliche Auswirkungen des Verkehrsweges Bundeswasserstraßen

- c) Grundswellen, die als quer zur Fließrichtung liegende Regelungsbauwerke in der Gewässersohle eine Sohlstabilisierung erbringen sowie durch ihr, wenn auch nur geringes Herausragen aus der Sohle eine Wasserstandserhöhung im Oberwasser bewirken sowie
- d) Sohlswellen, die sich ebenfalls als quer zur Fließrichtung liegende Regelungsbauwerke sohlengleich in der Gewässersohle befinden und alleinig eine punktuelle Sohlstabilisierung bewirken.

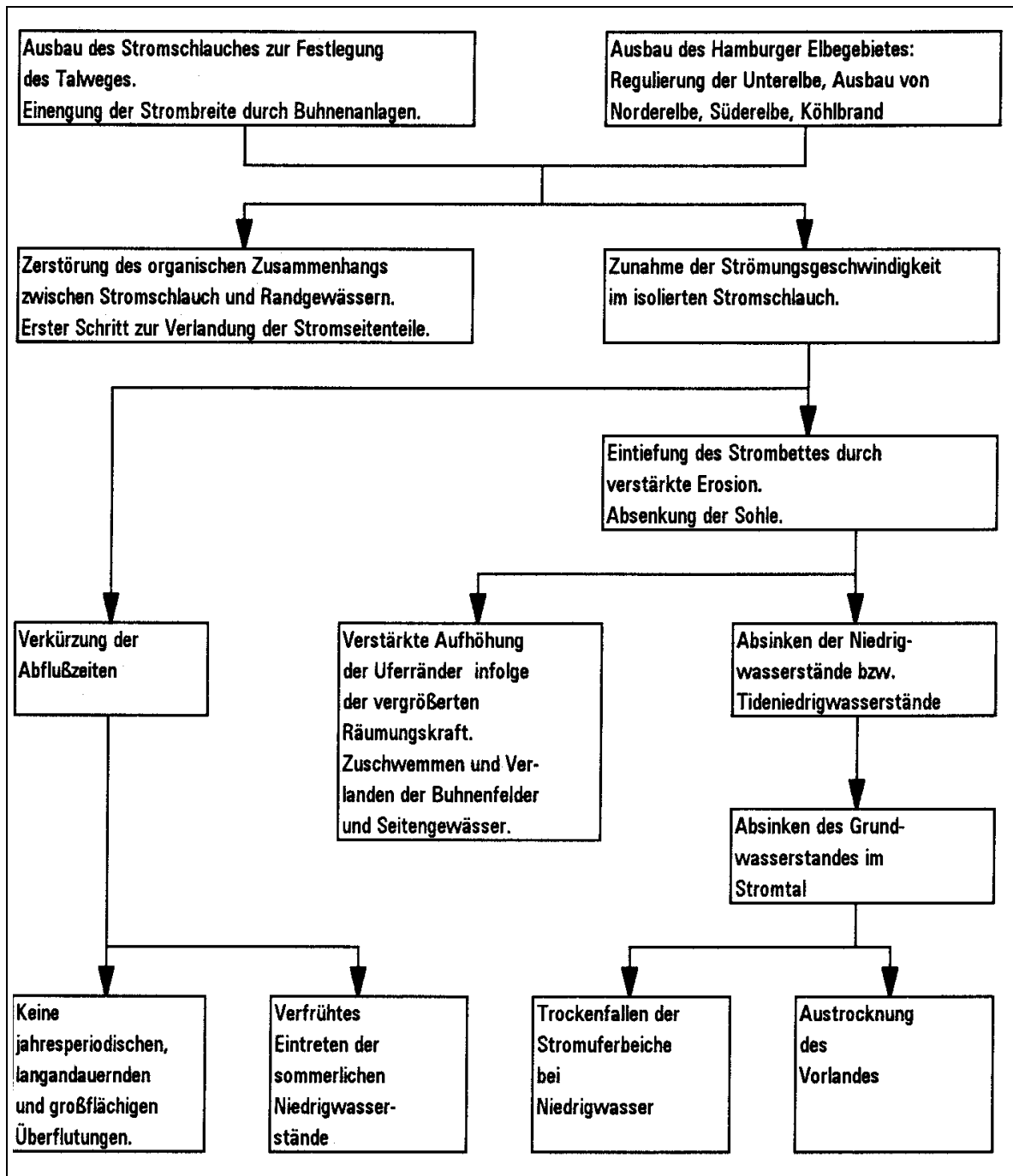


Abbildung 17: Wirkungsgefüge der Strombaumaßnahmen an der Elbe nach KOTHÉ (1956) aus PETERMEIER et al. (1996)

Regelungsbauwerke greifen gezielt in die natürliche Gewässerbettentwicklung ein und reduzieren bzw. unterbinden die natürliche Morphodynamik der Sohlen- und Uferprozesse. Während vor allem der Buhnenbau im Vergleich zum Staustufenbau als verträglichere Variante zur Erzielung größerer Wassertiefen gilt (Verbesserung der Schifffahrtsverhältnisse vor allem im Niedrigwasserbereich, vgl. Ausführungen zu Stromregelungsmaßnahmen an der Elbe bei FAIST & TRABANDT 1996), hat die Errichtung von Sohl- oder Grundschrwellen das Ziel der Sohlstabilisierung. Letzteres wird häufig bereits als Folge vorhergehender Änderungen der Linienführung oder unterhalb von Staustufen notwendig, da hier regelmäßig künstlich induzierte oder verstärkte Sohleintiefungen auftreten.

Zu hoch liegende Regelungsbauwerke (Buhnen, Deckwerke) können eine Verstärkung der Sohlenerosion bewirken, da immer größere Durchflüsse im eigentlichen Flußbett zusammengefaßt werden. Ein Beispiel dafür ist die Tiefenerosion der Elbe im Abschnitt Torgau-Aken (DOHMS et al. 1990). Abbildung 17 verdeutlicht das Wirkgefüge der Strombaumaßnahmen an der Elbe.

Den sich zwischen den Buhnen ausbildenden Buhnenfeldern wird unter den Bedingungen ausgebauter Ströme und Flüsse heute eine große ökologische Bedeutung beigemessen. So können Buhnenfelder bei entsprechender Gestaltung (vor allem langsame und kontinuierliche Wasserströmung) artenreiche Mischsubstrate aufweisen und einer vielfältigen Invertebraten-Lebensgemeinschaft Raum bieten (TITTIZER & SCHLEUTER 1991). Die entstehenden Flachwasserbereiche sind für viele andere Tierarten von Bedeutung (z.B. Nahrungshabitat für die Avifauna).

Grund- und Sohlschrwellen können zu einer Unterbrechung oder Behinderung der ökologischen Durchgängigkeit der Gewässersohle vor allem für Interstitialbewohner, benthisches Makrozoobenthos und Grundfische führen (Gegenstromwanderungen). Die Eingriffsschwere ist jedoch stark von der Bauart und dem verwendeten Material sowie den räumlichen Dimensionen abhängig.

Fazit: Regelungsbauwerke bringen deutliche ökologische Konsequenzen mit sich. Hierzu zählen je nachdem, ob es sich um Maßnahmen der Sohlenstabilisierung oder Abflußquerschnittsveränderung handelt:

- ⇒ Veränderungen der natürlichen Breitenentwicklung
- ⇒ nachhaltige Störung der natürlichen Uferdynamik
- ⇒ Störung der natürlichen Sohlendynamik
- ⇒ Gefahr der sekundären Sohleintiefung
- ⇒ Gefahr der nachfolgenden Veränderung der Grundwasserdynamik in Aue oder Niederung
- ⇒ Gefahr der nachfolgenden Veränderung des Überschwemmungsregimes

- ⇒ Verlust an spezifischen aquatischen, semiaquatischen und terrestrischen Habitaten in Gewässer nebst Uferregionen sowie potentiell im Auen-/Niederungsbereich (z.B. Fischunterstände, Standortveränderungen für die Vegetation)
- ⇒ vielschichtige Umwelteinwirkungen während der Bauphase (Emissionen, Schwebstofftrübung, Bauwege, Materiallagerplätze etc.)
- ⇒ unter den Bedingungen ausgebauter Gewässer können Buhnenfelder auch positive ökologische Wirkungen entfalten
- ⇒ neben sofortigen und zeitnahen, mittleres bis hohes Potential zeitferner und langfristiger Wirkungen, je nach Bauausführung Wirkungsdauer von mittel- bis langfristig

6.3.4 Sohlsicherungsmaßnahmen

Unter Sohlsicherungsmaßnahmen kann man alle Maßnahmen zusammenfassen, die in Form flächenhaften Einbaus von Material die Sohlbereiche des Gewässerbettes gegen Erosion sichern sollen. Dabei werden im Regelfall Blöcke und große Steine verwendet. Unterscheiden lassen sich dabei grob

- Sohlpflasterungsmaßnahmen mit glatten Blöcken und Steinen und
- Sohlpflasterungsmaßnahmen mit rauhen Blöcken und Steinen.

Während eine Sohlbefestigung mit glattem Material eine demgemäß glatte Sohloberfläche mit geringem Lückensystem (schmale Fugen) bewirkt, kann eine Pflasterung mit rauhen Blöcken und Steinen eine hydraulisch wirksame raue Grenzschicht ausbilden, die Kleinlebensräume enthalten kann, und über ein entsprechendes Lückensystem verfügen. Der potentielle Zugang zum/Austausch mit dem Interstitial ist bei der rauhen Ausführung erheblich besser. Bei entsprechend tiefem Einbau kann sich sogar noch eine Sediment- bzw. Substratschicht darüberlagern.

Auf jeden Fall unterbinden Sohlsicherungsmaßnahmen die natürliche Sohlentwicklung und die natürliche Dynamik von Erosion, Akkumulation und Transport und wirken damit auch flußabwärts. Damit werden gerade an den Maßnahmenstandorten die Lebensbedingungen für viele benthische Lebewesen verschlechtert (insbesondere für psammophile Sand- und Kiesbewohner). Bei rauher Abflasterung können lithophile Makrozoobenthosarten u.U. gefördert werden. Für Arten des Interstitials verschlechtern sich die Lebensbedingungen in Abhängigkeit von der konkreten Bauausführung. Auf die Bedeutung des hyporheischen Interstitials wurde schon oben verwiesen. An der Elbe bei Magdeburg wiesen PETERMEIER & SCHÖLL (1998) ausschließlich epigäische Organismen im Interstitialraum nach (besiedeln flußwasserdominierte Sedimentbereiche), was für die guten Austauschbedingungen mit dem Pelagial spricht. Bei gleicher Untersuchung fanden FISCHER & PUSCH (1998) eine Bergbächen vergleichbare abundanzbezogene bakterielle Besiedlung. Sie folgern, daß auch bei Tieflandflüssen die benthische Respiration einen Großteil der Gesamtrespiration ausmacht, so daß im Falle von Sohlsicherungsmaßnahmen ein Verlust der natürlichen Selbstreinigungskraft der Fließgewässer vermutet werden kann.

Fazit: Sohlsicherungsmaßnahmen bringen deutliche ökologische Konsequenzen mit sich, u.a.:

- ⇒ Veränderungen der natürlichen Sohlentwicklung
- ⇒ nachhaltige Störung der natürlichen Sohlendynamik

- ⇒ Gefahr der sekundären Sohleintiefung unterhalb
- ⇒ Verlust an spezifischen aquatischen Habitaten im Sohlbereich und im Interstitialraum
- ⇒ vielschichtige Umwelteinwirkungen während der Bauphase (Emissionen, Schwebstofftrübung, Bauwege, Materiallagerplätze etc.)
- ⇒ neben sofortigen und zeitnahen, mittleres Potential zeitferner und mittelfristiger Wirkungen

6.3.5 Fahrwasserverbesserung

Die Maßnahmen der Fahrwasserverbesserung lassen sich untergliedern in folgende Komplexe:

- Fahrrinnenverbreiterung (die Fahrrinne ist der Teil des Fahrwassers, in dem für den durchgehenden Schiffsverkehr bestimmte Breiten und Tiefen vorhanden sind, deren Erhaltung bzw. Veränderung angestrebt wird)
- Sohleintiefung (zur Erreichung einer ausreichenden Fahrwassertiefe)
- Kolkverbau (konstruktive Maßnahme zur Vermeidung eines Kolkes; Kolk: örtlich begrenzte, durch Strömungsvorgänge hervorgerufene Vertiefung im Gewässerbett)
- Sohlbaggerung (Beseitigung von lokalen Sedimentationen bzw. Sohlaufhöhungen)

Durch Fahrrinnenverbreiterung und Sohleintiefung werden die Schifffahrtsverhältnisse auf Kosten der natürlichen Entwicklung des Gewässerbettes verbessert. Der Sohlbaggerung kommt mehr die Funktion eines Erhaltungseingriffes zu, der aber dazu führt, daß die natürliche Sohlen- und Uferdynamik wiederkehrend gestört wird.

Im Rahmen der Fahrrinnenverbreiterung ist auch die Mehrzahl der natürlichen Inseln und Kiesbänke aus dem Erscheinungsbild der großen Flüsse und Ströme verschwunden. Dies führte neben den direkten und indirekten morphologischen Auswirkungen auch zum unmittelbaren Verlust von Lebensraum. Derartige Lebensräume besitzen gerade für viele Vogelarten aufgrund der relativen Geschütztheit vor Räubern (z.B. Fuchs) eine hohe Bedeutung als Brutplätze (z.B. Seeschwalben, Flußuferläufer).

Durch Fahrrinnenverbreiterung und Sohleintiefung verändern sich die hydraulischen Verhältnisse, so daß der Wellenablauf bei Hochwasserereignissen beeinflusst ist. Eine veränderte Flußsohlenmorphodynamik kann damit das Auftreten von Hochwassern verstärken. Die durch Ausbau bewirkte „Verrauhung“ der Gewässersohle kann trotz heute tiefer liegendem Sohlenniveau bei gleichen Durchflüssen zu höheren Wasserständen führen (NESTMANN 1996), so daß die ausbaubedingten Risiken und Kosten daher auch im Hinblick auf die Hochwassergefährdung betrachtet werden müssen. Bei Einhaltung strikter Bewirtschaftungsweisen hinsichtlich der Wassermengenverhältnisse erwartet die BfG (1997a) aber keine erheblichen negativen Auswirkungen auf den Hochwasserablauf, beispielsweise im Bereich des teilstaugeregelten Mains zwischen Bamberg und Würzburg trotz Vertiefung und stellenweise Verbreiterung der Fahrrinne.

Bei der Untersuchung der faunistischen Wiederbesiedlung vertiefter Sohlenbereiche des Mains fanden TITTIZER et al. (1989) bereits nach zwei Jahren 92% der Referenzbiozönose, in einigen Bereichen sogar 148% und führen dieses auf die inselförmige Abgrabung des Gewässerbodens

zurück, so daß die neu geschaffenen Sohlbereiche von den Rändern her verhältnismäßig schnell wiederbesiedelt werden konnten. Demnach ist auch die Frage der Bauausführung von großer ökologischer Bedeutung.

Die Fahrwasservertiefung und ihre weitergehenden ökologischen Folgen sollen am Beispiel der Ästuare beschrieben werden. Die Ästuare der großen Flüsse und Ströme an der Nordsee stehen in starker ökologischer Wechselbeziehung zum Wattenmeer (SCHIRMER 1994). Bei intakten ökologischen Verhältnissen übernehmen die Ästuarbereiche gerade in stoffhaushaltsicher Hinsicht eine Art Pufferfunktion gegenüber dem Wattenmeer. Ist diese gestört, gelangen größere Mengen Nährstoffe und unter den heutigen Bedingungen Gift- und Schadstoffe in das Wattenmeer.

Für die Ästuarbereiche der großen Flüssen und Ströme kann man eine stetige Vertiefung des Fahrwassers konstatieren, um dem immer größeren Tiefgang der Schiffe Rechnung zu tragen. Eine Fahrwasservertiefung führt zum Habitatverlust für zahlreiche Fischarten, zur Veränderung des Tidehubes und sie bedeutet eine Zunahme an Ufersicherung und Buhnen (HÖPNER 1994). SCHIRMER (1994) beklagt für die Ästuarbereiche den Verlust flußtypischer Morphodynamik, so daß eine räumliche Strukturvielfalt und natürliche Umlagerungsprozesse der Sedimente nicht mehr stattfinden können. Mit dem anfallenden Baggergut werden ehemalige Untiefen und Flachwasserzonen verfüllt, so daß hier ein dramatischer Rückgang erreicht wurde (Tab. 15) und z.B. in der Unterweser heute folglich keine Wasserpflanzen mehr auftreten. Zudem führt die Profilvergrößerung und die Einschränkung der natürlichen Dynamik aufgrund des abnehmenden Transportvermögens der Gewässer zu erhöhten Schlickablagerungen, insbesondere in noch verbliebenen Nebenarmen, und extrem vergrößerten Verweilzeiten des Wassers (SCHIRMER 1994), was wiederum zu Sauerstoffzehrung, Anreicherung von Nähr- und Schadstoffen etc. beiträgt.

Flachwasserzonen	1887 [ha]	1988 [ha]	Abnahme [%]
Insgesamt	2412	523	- 78
Limnischer Bereich	1722	266	- 85
Brackiger Bereich	690	257	- 63

Tabelle 15: Rückgang der Flachwasserzonen (0...2 m bei mittlerem Tide-niedrigwasser - MTnw) an der Unterweser zwischen 1887 und 1988 (nach CLAUS et al. 1994, zit. bei SCHIRMER 1994)

MICHAELIS (1994) analysierte den Rückgang echter Brackwasserarten in den Ästuaren und sieht als eine gravierende Ursache die wasserbaulichen Veränderungen (Verbau, Baggerbetrieb, erhöhte Schwebstofffrachten etc.). Durch die bisherigen Fahrwasservertiefungen ist z.B. für die Ems u.a. ein erheblicher Rückgang folgender Biotoptypen oberhalb von Emden zu verzeichnen: Flußwatt, Marschpriel, Röhrichte (Brack- und Flußwasser), Großseggenriede und Salzwiesen, zudem der völlige Schwund von Wasserpflanzen (HÖPNER 1994). Die deutliche Erhöhung des Baggergutvolumens hat außerdem zu einer Verdopplung der Schwebfracht in der Ems von 1954 bis 1980 geführt (DE JONGE 1983, zit. bei HÖPNER 1994). Untersuchungen von LEUCHS & NEHRING (1996) zeigen, daß auch die seit Eröffnung des Nord-Ostsee-Kanals fast täglich erforderlichen Schlickbaggerungen und ihre nachfolgende Verklappung im Elbe-

ästuar negative Auswirkungen auf die Makrozoobenthosbesiedlung zeitigt. Dabei sind in beide Strömungsrichtungen auf ca. 1000 m Länge offensichtlich Beeinträchtigungen der Nahrungsaufnahme und des Wachstums bei filtrierenden Organismen, z.B. Muscheln, als Ursache dafür anzusehen, daß im Einflußbereich der Verklappungen fast nur raschwüchsige und vermehrungsfreudige Arten vorkommen.

Kolke zählen zum Formenspektrum der natürlichen Sohlendynamik der Fließgewässer und werden u.a. von einer Reihe von Fischarten als Refugial-, Ruhe- oder Aufenthaltsraum genutzt (TITTIZER et al. 1995b). Der Kolkverbau dient der Verfüllung von Gewässerübertiefen, die für die Schifffahrt ungünstige hydraulische Verhältnisse bewirken, und beseitigt daher den spezifischen Lebensraum Kolk.

Eine kostengünstige und daher präferierte Möglichkeit des Kolkverbaus stellt die Verwendung von Bergematerial dar (BERTSCH & TITTIZER 1995). Bergematerial fällt bei der Kohleförderung an und kann grundsätzlich die traditionell verwendeten Materialien wie beispielsweise Basalt, Granit, Diabas oder Grauwacke ersetzen. BERTSCH & TITTIZER (1995) halten trotz der Bedenken hinsichtlich potentieller Gewässerverunreinigung (z.B. Freisetzung von Säuren oder Schwermetallen) oder Sohlenverdichtung durch Abrieb und Zerfall einen Ansatz unter bestimmten Randbedingungen für vertretbar (u.a. kein Einsatz in Wasserschutzgebieten, grobkörnige, möglichst ältere Berge u.ä.). Für besonders unproblematisch wird demnach der Einsatz in freifließenden Flüssen gehalten. Allerdings fanden die Autoren auf den verklappten Waschbergen erst nach 7 bis 9 Jahren eine den natürlichen Sohl-Referenzbereichen vergleichbare Makrozoobenthosbesiedlung.

Fazit: Maßnahmen zur Fahrwasserverbesserung bringen deutliche, z.T. gravierende ökologische Konsequenzen mit sich, insbesondere:

- ⇒ Veränderungen der natürlichen Sohlentwicklung
- ⇒ nachhaltige Störung der natürlichen Sohlen- und Uferdynamik
- ⇒ Verlust an spezifischen aquatischen Habitaten im Sohl- und Uferbereich und z.T. im Interstitialraum
- ⇒ potentielle Verstärkung der Hochwassergefahr bei Sohlverrauhung
- ⇒ vielschichtige Umwelteinwirkungen während der Bauphase (Emissionen, Schwebstofftrübung, Bauwege, Materiallagerplätze etc.)
- ⇒ neben sofortigen und zeitnahen, mittleres Potential zeitferner und mittelfristiger Wirkungen

6.3.6 Ufersicherungsmaßnahmen

Ufersicherungsmaßnahmen sind bautechnische und/oder ingenieurbioologische Maßnahmen gegen Beschädigungen oder Zerstörung eines Ufers. Zu ihnen zählen:

- a) Uferdeckwerk, ausgeführt mit glatten Steinen (Bauwerk zur Befestigung eines geböschten Ufers, auch kombiniert mit ingenieurbioologischen Mitteln)
- b) Uferdeckwerk, ausgeführt mit rauen Steinen

- c) Wellenbrecher (Bauwerk zum Schutz gegen Wellen, ohne Verbindung mit dem Ufer)
- d) Uferwand (Bauwerk zur Befestigung eines senkrechten oder nahezu senkrechten Ufers, z.B. Spundwand, Pfahlwand, Bohlwand, massive Konstruktion)
- e) Herstellung Regelprofil (hydraulisch günstigstes Profil als „Trapezprofil“)

Ufersicherungsmaßnahmen unterbinden oder behindern die natürliche Uferdynamik. Sie führen zu einer Monotonisierung der Uferstrukturen, damit zu einer Nivellierung der ehemals vielfältigen Uferlebensräume. Das Verschwinden ursprünglich vorhandener Arten oder Artengruppen, die auf eine natürliche Uferentstehung und -entwicklung angewiesen sind, ist zwangsläufig. Am Rhein sind beispielsweise nur ca. 28% der Flußufer natürlich oder naturnah, davon etwa zwei Drittel am Niederrhein (TITTIZER et al. 1995a).

Die Uferdynamik kann nur im Zusammenhang mit der Sohldynamik betrachtet werden, so daß Ufersicherungsmaßnahmen regelmäßig zu einer Veränderung der natürlichen Erosions-, Transport- und Akkumulationsprozesse führen (s.o.).

Durch Steinschüttungen an den Gewässeruferräumen werden lithophile Tiere begünstigt, während Arten, die andere Ufersubstrate präferieren z.T. völlig aus dem Besiedlungsbild verschwanden (TITTIZER & SCHÖLL 1993). Glatte und wellenexponierte Besiedlungssubstrate wie Stahlspundwände und Betonmauern sind deutlich geringer besiedelt als Bruchsteinschüttungen, vor allem wegen des hier vorhandenen Hohlraum- und Lückensystems (TITTIZER & BANNING 1992).

SCHLEUTER (1996) hat die ökologische Situation der Mosel und ihrer Uferbereiche an Hand des Makrozoobenthos untersucht und sieht trotz Ausbaumaßnahmen aufgrund der abnehmenden stofflichen Belastung eine relativ positive Entwicklung, allerdings stellen in seiner Untersuchung die Neozoen *Corophium curvispinum*, *Dreissena polymorpha* und *Gammarus tigrinus* 95% der Individuen, was für eine überaus gestörte Lebensgemeinschaft spricht.

Für viele Uferdeckwerke ist aus Standsicherheitsgründen das Einbringen von Verklammerungssubstanzen notwendig, was aber durch das Schwinden des Lückensystems der Schüttsteinböschung sehr nachteilige ökologische Folgen nach sich zieht. Die zwischen den Steinen vergossenen Materialien unterscheiden sich jedoch neben den bauphysikalischen Eigenschaften (Elastizität) auch hinsichtlich des Besiedlungsverhaltens. So fanden TITTIZER & KOTHÉ (1983), daß Zement schneller und von einer größeren Organismenmenge (Biomasse) besiedelt wird als Bitumen.

Fazit: Regelungsbauwerke bringen deutliche ökologische Konsequenzen mit sich. Hierzu zählen je nachdem, ob es sich um Maßnahmen der Sohlenstabilisierung oder Abflußquerschnittsveränderung handelt:

- ⇒ Veränderungen der natürlichen Breitenentwicklung
- ⇒ nachhaltige Störung der natürlichen Uferdynamik
- ⇒ sekundäre Störung der natürlichen Sohldynamik
- ⇒ Gefahr der sekundären Sohleintiefung unterhalb

- ⇒ Gefahr der nachfolgenden Veränderung der Grundwasserdynamik in Aue oder Niederung unterhalb
- ⇒ Verlust an spezifischen aquatischen, semiaquatischen und z.T. terrestrischen Habitaten in den Uferregionen
- ⇒ Monotonisierung der ehemals großen Strukturvielfalt der Uferlebensräume
- ⇒ Verschwinden ursprünglich vorhandener Arten oder Artengruppen, die auf eine natürliche Uferentstehung und -entwicklung angewiesen sind
- ⇒ vielschichtige Umwelteinwirkungen während der Bauphase (Emissionen, Schwebstofftrübung, Bauwege, Materiallagerplätze etc.)
- ⇒ neben sofortigen und zeitnahen, mittleres bis hohes Potential zeitferner und mittel- bis langfristiger Wirkungen

6.3.7 Bauwerke zur Überwindung von Fallstufen

Bauwerke zur Überwindung von Fallstufen sind in ihrer ökologischen Bedeutung grundsätzlich nur im Zusammenhang mit Staustufen zu betrachten (s.u.). Man unterscheidet dabei

- Schleusen (Bauwerke zum Überwinden einer Fallstufe, bei dem durch Füllen oder Leeren der Schleusenammer Wasserfahrzeuge gehoben oder gesenkt werden) und
- Schleusenkanäle (Teil einer Wasserstraße, der als Zufahrt zur Schiffsschleuse vom Fluß abzweigt).

Der Bau von derartigen Bauwerken führt zu einem Verbrauch an aquatischem oder terrestrischem Lebensraum. In manchen Fällen tragen Schleusen dazu bei, daß die Durchgängigkeit der Staustufe für die Fischfauna gemildert wird (Mitschleusen von Fischen), was gerade im Falle des Fehlens von Fischaufstiegsanlagen (vgl. unten) durchaus ein positiver Nebeneffekt sein kann.

Fazit: Der Bau von Bauwerken zur Überwindung von Fallstufen kann grundsätzlich nur im Zusammenhang mit der Anlage der Staustufen in seinen ökologischen Konsequenzen betrachtet werden. Zu einigen ökologischen Folgen und Aspekten zählen:

- ⇒ Verbrauch an Fläche
- ⇒ naturfremde Strukturen und Materialien mit eingeschränkten Möglichkeiten der Lebensraumnutzung (Spundwände und andere Bauwerksteile werden häufig genutzt durch sich anheftende Muscheln, wie der Dreikantmuschel *Dreissena polymorpha*)
- ⇒ u.U. passives Bewirken einer Teildurchgängigkeit der Staustufe für Fischarten
- ⇒ vielschichtige Umwelteinwirkungen während der Bauphase (Emissionen, Schwebstofftrübung, Bauwege, Materiallagerplätze etc.)

6.3.8 Anlage von Häfen und sonstigen Anlagen für den ruhenden Verkehr

Häfen sind Wasser- und Landflächen mit einem festgelegten Gebiet mit Anlagen für das Liegen von Wasserfahrzeugen, Laden, Löschen usw. Nach der Lage kann man Flußmündungshäfen, Flußhäfen, Kanalhäfen usw. unterscheiden. Nach der Verbindung zum Gewässer unterteilt man in offene Häfen, geschlossene Häfen (z.B. Schleusenhafen) usw. Genauso wird auch nach der Lage zu einer Schleuse oder einem Dockhaupt unterschieden in Außenhäfen, Innenhäfen und Binnenhäfen. Nach der Verkehrsart differenziert man in See- und Binnenhäfen usw.

Durch die Anlage von Häfen oder anderen Anlagen für den ruhenden Verkehr werden entweder natürliche Teile von Gewässern von diesen abgetrennt oder Gewässerteile künstlich geschaffen. Dabei werden regelmäßig massive Uferbefestigungen vorgenommen sowie verkehrliche und technische Infrastruktur errichtet, was zu eindeutig bilanzierbaren Flächenverlusten in Aue oder Niederung durch Flächenversiegelung führt. Durch parallelen Bau von Molen, Regelungsbauwerken und sonstigen Ufersicherungsmaßnahmen sind direkt aquatische Räume oder semiaquatische Flächen betroffen.

Fazit: Die Anlage von Häfen und sonstigen Anlagen für den ruhenden Verkehr bringt ökologische Konsequenzen mit sich, insbesondere:

- ⇒ Verlust an aquatischen, semiaquatischen oder terrestrischen Lebensräumen im Sohl- und Uferbereich sowie im Talraum
- ⇒ Schaffung künstlicher monotoner aquatischer Lebensräume, die häufig Anreicherungsstätten für Schadstoffe aus dem Hafenbetrieb sind (Schadstoffanreicherung in Hafenschlick)
- ⇒ vielschichtige Umwelteinwirkungen während der Bauphase (Emissionen, Schwebstofftrübung, Bauwege, Materiallagerplätze etc.) sowie durch anlage- und betriebsbedingte Auswirkungen (Straßen und Zuwegungen, Schienenanbindungen, Lärm- und Schadstoffemissionen, Havarien etc.)
- ⇒ neben sofortigen und zeitnahen Wirkungen, Wirkungen solange die Hafenanlage o.ä. existiert, d.h. überwiegend langfristig

6.3.9 Bau von Staustufen

Durch den Bau von Staustufen wird das Ziel verfolgt, eine Vergrößerung der Fahrwassertiefe zu erreichen (Stauregelung). Der Bau von Staustufen an Wasserstraßen ist stets gekoppelt mit dem Bau von Bauwerken zur Überwindung der Staustufen. Beim Staustufenbau werden gemeinhin errichtet:

- Staumauer (Bauwerk aus Mauerwerk oder Beton zur Erzeugung eines Staus)
- Wehr (Stauanlage, die im wesentlichen nur den Fluß und nicht die ganze Talbreite absperrt, Wehr als Absperrbauwerk und Stauhaltung; ein Wehr ist ein Absperrbauwerk, das der Hebung des Wasserstandes und meist auch der Regelung des Abflusses dient, Ausführung als festes, bewegliches oder kombiniertes Wehr)
- Fischaufstiegsanlage (Anlage, die Fischen und Rundmäulern das Überwinden einer Sohlstufe ermöglicht)

Durch Staustufen wird gravierend in die natürliche hydrologische, morphologische und ökologische Dynamik der Fließgewässer eingegriffen. Zu den negativen Folgen von Staustufen zählt damit die punktuelle Umwandlung der Energie, die zur Unterbrechung der natürlichen Bettbildungsprozesse führt (Fließgewässer versuchen, den Verlust an potentieller Energie möglichst gleichmäßig auf ihren Lauf zu verteilen, vgl. DYCK & PESCHKE 1983). Es kommt zu einer Störung des natürlichen Feststoffregimes bzw. des Stoffhaushalts- und Transportregimes (MEHL 1998). So kommt in den Stauräumen der Geschiebetransport fast vollständig zum Erliegen. Der Schwebstofftransport wird je nach Konfiguration und Bewirtschaftung des Stauraumes beeinflusst. Die Stauraumsedimentation führt zu einem Geschiebedefizit in der Unterlaufstrecke. Der Fluß muß das Material aus seiner eigenen Sohle aufnehmen. Noch verstärkt durch Ufersicherungsmaßnahmen, die eine kompensierende Seitenerosion verhindern, kommt es damit zur Tiefenerosion. Werden nach Abräumen der alluvialen Decksichten weniger erosionsbeständige Unterschichten freigelegt, spricht man vom „Sohlendurchschlag“, der meist sprunghaft vor sich geht und sich einer Vorhersage entzieht (WEISS 1988). Um der Erosion im Unterwasser von Staustufen zu begegnen, wird zum Teil in erheblichem Umfang Geschiebe künstlich zugeführt. So im Falle der untersten Oberrhein-Staustufe Iffezheim. Seit Inbetriebnahme 1978 werden hier im Mittel jährlich 170.000 m³ Kies aus dem Vorland entnommen und auf einem 760 m langen Einbauabschnitt aus talwärts fahrenden Klappschuten teppichförmig auf die Gewässersohle geschüttet (ECKOLDT 1998).

Nach Auswertung umfangreicher Unterlagen zieht BAUER (1965) das Fazit einer nachhaltigen Störung des Geschiebehauhalts auch an der bayerischen Donau, kann aber auch die Überlagerung mit nicht-wasserbaulichen Prozessen wie Geschiebesperren im alpinen Raum, Kraftwerkseinbauten, Mühlenwehre, Kiesentnahmen usw. aufzeigen.

In Stauräumen kommt es auch zu einer Beeinflussung der Wassertemperatur. Bei hohen Wassertemperaturen kann der Sauerstoff bei paralleler organischer Belastung aufgezehrt werden, so daß instabile Wasserbeschaffenheitsverhältnisse die Folge sind (BOES 1977). DÖNNI (1993) untersuchte Staustufen als sekundärem Lebensraum für Fische am Beispiel einer Staustufe des Hochrheins und stellt fest, daß das Fehlen von kleinräumigen Habitatstruktur-Differenzierungen verantwortlich ist für das Fehlen der ursprünglichen Ichthyofauna. Die Natur- und Blockwurfufer sind heute eher von anspruchslosen, rheophilen Fischen bewohnt. ZEH (1993) hält die Tendenz zur fortschreitenden Kolmation der Flußsohle in der Staustufe sowie fehlenden Geschiebetrieb für Hauptursachen des Fehlens von Laichhabitaten. Desgleichen hatte er kritische Sauerstoffkonzentrationen im Interstitial gemessen ($< 4 \text{ mg/l O}_2$). Negative Effekte durch Gewässeraufstauungen wie extreme Sauerstoffdefizite, ausschließlich limnophile Organismen etc. bestätigen auch NERSTHEIMER et. al. (1998). Eine Kolmation des Interstitials führt zur Schädigung oder Beeinflussung des hyporheischen Interstitials (BRUNKE & GONSER 1997) und wirkt sich durch erhöhten Schweb- und Feststofftransport negativ auf diverse Populationen aus. Es kommt insbesondere zu einem Rückgang der Reproduktion (z.B. für Bivalvia, vgl. BUDDENSIEK et al. 1993a, b; für Fische, vgl. ALTMÜLLER & DETTMER 1996, INGENDAHL & NEUMANN 1998, MÖRTL & ULRICH 1998).

Aufstaumaßnahmen im Zusammenhang mit der Schaffung einer 3,10 m tiefen und 40 m breiten Fahrrinne an der Donau zum möglichst reibungslosen Verkehr mit Euro-II-Leichtern (L = 180 m, B = 11 m) zwischen km 2414 und km 2202 führten zu einer Umstrukturierung des Makrozoobenthos, indem die ursprünglich rheophile Fauna in den aufgestauten Bereichen durch limnophile Arten verdrängt wurde (vgl. auch TITTIZER 1990, TITTIZER et al. 1990). In der Stauhal-

tung Geisling wurde dabei eine Massenvermehrung der zwei Zuckmückenlarven *Chironomus plumosus*-Gruppe und *Glyptotendipes paripes* festgestellt. (LEUCHS et al. 1994). Diese Verschiebung des Artenspektrums von rheophil zu limnophil durch Staustufen wird auch durch Rheo-Index-Auswertungen von BANNING (1990) an der Donau bestätigt. Die Autorin gibt an, daß unter ca. 0,4 m/s Strömungsgeschwindigkeit sich keine intakte Fließgewässerbiozönose mehr in der Donau ausbilden kann. Die deutlich abnehmenden Fließgeschwindigkeiten in der Donau nach dem Staustufenbau und die begleitenden Veränderungen in der Struktur der Stromsohle belegen auch TITTIZER et al. (1995b). PALL & JANAUER (1998) fanden in den untersuchten freifließenden Strecken der österreichischen Donau nur 8 Arten der aquatischen Vegetation, während in den untersuchten Stauräumen durchschnittlich 17 Arten vorkamen (höchster Wert = 21 Arten). Gestaute Flüsse begünstigen daher Krautlaicher (LEMCKE 1995).

Die Fließgewässer stellen gerichtete physikalische Transportsysteme dar und bilden damit einen „quasi-linearen“ Lebensraum für alle aquatischen Organismen. Die aquatischen Tiere unterliegen der steten physikalischen Kraft Strömung und haben demzufolge vielfältige Anpassungen entwickelt, um die gegebene Lebensraum- und -funktionsfülle artspezifisch auszunutzen (ökologische Nischen). Die Gewässerfauna verändert zum großen Teil aktiv (Nahrungserwerb, Habitatwechsel, Laichwanderung etc.) oder passiv (Abdriftung) ihre Ortslage. Dieses für Fische seit alters her bekannte Phänomen (besonders markant bei anadromen und katadromen Wanderfischen) gilt ebenso für viele andere Tiergruppen. Damit ist die ökologische Durchgängigkeit von Fließgewässern, die grundsätzlich durch den Bau von Staustufen unterbunden oder gefährdet wird, eine wesentliche Voraussetzung für die ökologische Funktionsfähigkeit der Gewässerökosysteme. LEMCKE (1995) betrachtet in diesem Zusammenhang gekoppelte Stau- und Schleusenanlagen nicht so negativ wie isolierte Staustufen, da die Schleusen von den Fisch durchaus für Wanderungen genutzt werden können.

Die Fischereigesetze der Länder beinhalten die gesetzliche Forderung der ökologischen Durchgängigkeit, was auf jeden Fall für Neubauten von Staustufen gilt, teilweise ist auch ein nachträgliches Nachrüsten der Staustufen mit Fischaufstiegsanlagen vorgeschrieben (z.B. brandenburgisches Fischereigesetz). Ehemals wurden viele Fischarten durch Abwasser verdrängt. Heute finden sie wieder in den Oberläufen geeignete Lebensräume, so daß die Schaffung der Durchgängigkeit für Fische ein Gebot von Gewässer- sowie Arten- und Biotopschutz ist.

Daß die ökologische Durchgängigkeit der Fließgewässer auch für die wirbellosen Tiere große Bedeutung besitzt, wurde in der Vergangenheit häufig stark unterschätzt. PECHLANER (1986) weist ausdrücklich auf die Bedeutung der Ortsveränderungen der Wirbellosen als Komponente der ökologischen Funktionsweise der Fließgewässer hin. Es "... läßt sich zeigen, daß Drift und Aufwärtswanderung in gesetzmäßiger Weise in den Entwicklungsablauf des Fließgewässermakrozoobenthos integriert sind, diesbezügliche Verhaltensmuster und Milieuanprüche daher als ökologische Sachzwänge in wasserwirtschaftliche Planungen einzubeziehen sind." (PECHLANER 1986).

Verhältnismäßig viel ist mittlerweile zur Problematik der Makrozoobenthosdrift in Fließgewässern bekannt. Gute Übersichten der speziellen Fachliteratur und des bis dato jeweils erreichten Kenntnisstandes zu diesem bioökologischen Mechanismus geben u.a. WATERS (1972), BOURNAUD & THIBAUT (1973), MÜLLER (1974), STATZNER (1979), PECHLANER (1986) und HALLE (1993). Die Verdriftung von Organismen führt in jedem Fall zu einem lokalen Organismenverlust und würde ohne Kompensationsmechanismen zu einer Ausdünnung, Verarmung oder dem Totalschwund einzelner Arten in den betreffenden Gewässerabschnitten führen. Das

fände auch dann statt, wenn abschnittsbezogen durch Einwanderung von Tieren aus tieferen Sedimentschichten sowie durch Zudrift aus Nebengewässern oder den oberhalb liegenden Gewässerstrecken ein Ausgleich zu verzeichnen wäre. Segmentierend wirken natürlicherweise in den Fließverlauf eingeschaltete Seen (z.B. Fließgewässer-Seen-Systeme in den jungglazialen Landschaften Mecklenburgs und Brandenburgs, vgl. MEHL et al. 1994). STATZNER (1979) beschäftigte sich unter dieser Teilfragestellung mit dem in Seen eingedrifteten Makrozoobenthos und kam zum Ergebnis, daß vor allem in einen See eingedriftete rheophile Arten rasch aufgrund von Sauerstoffmangel und fehlendem Sauerstoffaufnahmevermögen (kaum oder nicht ausgebildete Kiemen) in den Standgewässern zugrundegehen.

Die Kompensation der Verdriftung des Makrozoobenthos, insbesondere der aquatischen Invertebraten, kann im Grundsatz nur über zwei Strategien erreicht werden:

- (1) bei aquatischen Organismen über die aktive „Gegenstromwanderung“ im Gewässer sowie
- (2) bei merolimnischen Insekten über den aktiven „Gegenstromflug“, der einen Gewässeraufwärtsflug geschlechtsreifer Imagoalstadien darstellt.

MÜLLER (1954 a, b) brachte als einer der ersten den gewässeraufwärtsgerichteten Flug von merolimnischen Insektenarten in einen ursächlichen Zusammenhang mit der Drift. Allerdings muß wohl angesichts der Ergebnisse von KELLER (1975), MADSEN et al. (1973, 1977), STATZNER (1979) sowie MÜLLER (1982) davon ausgegangen werden, daß der Gegenstromflug gegenüber der aquatischen Gegenstromwanderung in seiner Bedeutung für das Makrozoobenthos insgesamt zurücktritt. PECHLANER (1986) führt dies unter anderem auf die eingeschränkte zeitliche Möglichkeit vieler Arten zum Gegenstromflug (z.B. typische Frühjahrs- und Sommerflieger) sowie den Artenreichtum des Makrozoobenthos (viele rein aquatische Lebensstadien durchlaufende Arten) zurück. Dies schließt aber nicht aus, daß der Gegenstromflug art- und milieuspezifisch eine große Bedeutung haben kann (z.B. bei künstlichen Sperrbauwerken im Gewässer oder den bereits erwähnten Fließgewässer-Seen-Systemen).

Fischaufstiegsanlagen (auch Fisch- und Invertebratenaufstiegsanlagen), sind eine Möglichkeit, die zweifelsohne vorhandenen negativen ökologischen Auswirkungen von „nichtbeseitigbaren“ Querbauwerken verträglicher zu gestalten. Sie können bei entsprechender Bemessung und Gestaltung und in Abhängigkeit des Gewässertyps (z.B. Durchflußverhalten) permanent oder periodisch Aufwanderungen der aquatischen Fauna ermöglichen (Tab. 16).

Tabelle 16: Gestaltungsempfehlungen für Fischaufstiegsanlagen an kleinen Fließgewässern in naturnaher Bauweise; Grundkriterium: geeignete Gestaltung der Strömungssituation (nach QUAST et al. 1997)

Parameter	Ausprägung	Bezug
Einstieg	im Unterwasser eindeutig wahrnehmbare gerichtete Leitströmung, möglichst parallel zur Hauptströmung prallhangseitig einmündend	leichte und sichere Auffindbarkeit der Anlage, insbesondere für Fische
Gefälle	naturnahe Anlagen: $\leq 1:20$	sichere Beherrschung der Strömungssituation, Passierbarkeit
Fließgeschwindigkeit	$\ll 2$ m/s	Fischleistungsfähigkeit, Passierbarkeit

6 Ökologische und umwelterhebliche Auswirkungen des Verkehrsweges Bundeswasserstraßen

Fließtiefe	≥ 20 cm	genug Bewegungsmedium, Passierbarkeit
Strömungsbild	Zerstreuung der Fließenergie durch Einbauten	gute Schwimmbedingungen, Passierbarkeit
Sohlsubstrat	Grobkies Ø 150 mm	Standicherheit, sohlnahe Strömungsvielfalt, Passierbarkeit
Stauteichanlage	Gleithangseitig peripher zum Fließgewässer	weitgehender Erhalt von Fließgewässerbedingungen

Für die Gestaltung von Aufstiegsanlagen für die Fischfauna liegen mittlerweile viele Erkenntnisse, Beispiele und Empfehlungen vor (u.a. PELZ 1985, GEBLER 1990, 1991, PORCHER & TRAVADE 1992, LARINIER 1992 a, b, c, d, e, f, LARINIER & TRAVADE 1992, TRAVADE & LARINIER 1992 a, b, c, PORCHER 1992, PORCHER & LARINIER 1992, KRÜGER et al. 1993, DVWK 1996a, JUNGWIRTH 1996). Dagegen ist die Passierbarkeit von Fischaufstiegsanlagen für das Makrozoobenthos erst seit kurzem Gegenstand der diesbezüglichen gewässerökologischen und ingenieurtechnischen Untersuchungen. So belegen beispielsweise RAWER-JOST et al. (1995) in umfangreichen Untersuchungen, daß bei der oberwasserseitiger Einbindung von Fischaufstiegsanlagen in vertiefte bzw. gestaute Gewässerbereiche Makroinvertebraten und bodenorientierte Fische aufgrund mangelnden Sauerstoffes und fehlenden Substratanschlusses im Oberwasser kaum eine Möglichkeit eines erfolgreichen Aufstieges haben. Für einzelne Arten ist die grundsätzliche Passierbarkeit von Fischaufstiegsanlagen nachgewiesen (z.B. für Gammariden, vgl. BÖHMER et al. 1995). Umfangreiche Untersuchungen zum Gegenstromwanderungsverhalten und zum Gegenstromflug merolimnischer Invertebraten nahmen THIELE et al. (1998) vor. So werden u.a. an einem Fallbeispiel die Substratpräferenzen und die z.T. enormen Wanderungsleistungen aquatischer Makroinvertebraten im Gegenstrom nachgewiesen.

Fazit: Grundsätzlich sind die errichteten Staustufen-Bauwerke in einem Fließgewässer mit negativen ökologischen Faktoren gekoppelt. Zu diesen zählen insbesondere:

- ⇒ die Veränderung der hydraulischen Bedingungen (Rückstaubereiche, Veränderung von Sedimentation und Erosion)
- ⇒ Störung der natürlichen Uferdynamik
- ⇒ Störung der natürlichen Sohlendynamik
- ⇒ Gefahr der sekundären Sohleintiefung unterhalb
- ⇒ eine mögliche gewässeroberseitige Verschlechterung der Wassergüte durch Faulschlammabbildung mit Schwefelwasserstofffreisetzung etc.
- ⇒ Veränderungen der Wassertemperaturen und der Sauerstoffverhältnisse durch einen häufig resultierenden Standgewässercharakter im Oberwasser
- ⇒ die Be- und Verhinderung von Aufwanderungsbewegungen aquatischer Organismen wie Fische, Rundmäuler und aquatischer Invertebraten (Zerschneidungswirkung) mit der häufigen Folge, daß einzelne Gewässerabschnitte faunistisch verarmen
- ⇒ Vergleichmäßigung der Grundwasserdynamik in Aue oder Niederung oberhalb durch Stauwasserlinie und fehlende Wasserstandsdynamik

- ⇒ Verlust an spezifischen aquatischen, semiaquatischen und z.T. terrestrischen Habitaten in den Aufstaubereichen
- ⇒ vielschichtige Umwelteinwirkungen während der Bauphase (Emissionen, Schwebstofftrübung, Bauwege, Materiallagerplätze etc.)
- ⇒ neben sofortigen und zeitnahen, hohes Potential zeitferner und langfristiger Wirkungen

6.3.10 Neu- oder Ausbau von Schiffahrtskanälen

Schiffahrtskanäle verbinden als künstliche lineare Gewässer natürliche Gewässer oder Gewässerteile untereinander und sorgen so für die Etablierung eines schiffbaren Gewässernetzes und die Verbindung von Gewässersystemen über Wasserscheiden hinweg. Die Anlage von Schiffahrtskanälen parallel zu einem vorhandenen Fließgewässer gilt auch als Alternative zum schiffahrtsbedingten Ausbau des natürlichen Gewässers. Schiffahrtskanäle weisen folgende Teilbauwerke auf:

- Seitendamm/-deich (seitliche Begrenzung des Abflußquerschnitts)
- Kanaldamm (Erdbauwerk als Träger eines Schiffahrts- oder Schleusenkanals, dessen Sohle höher als das Gelände liegt)
- Kanalgewässer (Wasserstraße mit überwiegend künstlich hergestelltem Gewässerbett)
- Kreuzungsbauwerk (Bauwerk zur Kreuzung eines Gewässers mit einer baulichen Anlage oder mit einem anderen Gewässer; erfordert eine besondere konstruktive Durchbildung, z.B. Brücke, Durchlaß, Düker, Überleitung)
- Kanalstufe (Gesamtheit der Anlagen an einer Fallstufe [Unterbrechung des Wasserspiegels durch eine natürliche oder künstliche Stufe] eines Schiffahrtskanals)

Kanäle sind neugeschaffene Wasserflächen, die letztlich primär zu einem Verbrauch von Landfläche führen, wobei die ökologische Bedeutung des Flächenverlustes von der Art und Beschaffenheit der Landflächen vor der Maßnahme abhängt (u.a. Verweis auf Eingriffs-/Ausgleichsbilanzierung gemäß § 8 BNatSchG). TITTIZER & BANNING (1992) sprechen sich dagegen aus, beim Bau von künstlichen Wasserstraßen den Flächenverlust vereinfacht negativ zu bilanzieren und verweisen explizit auf Aspekte wie Schaffung von neuem Lebensraum für Pflanzen und Tiere, Erhöhung der Strukturvielfalt der Landschaft, Vergrößerung des Selbstreinigungsvermögens u.v.m. Auf jeden Fall haben Kanäle für terrestrische Artengruppen eine landschaftszerschneidende Wirkung, was im Einzelfall berücksichtigt werden muß.

Wenn Kanäle parallel zu einem Fließgewässer gebaut werden und auch große Teile der natürlichen Wassermenge abführen, kommt es zu hydrologischen Veränderungen in den natürlichen Fließgewässern durch den Wasserentzug. SCHÜTZ (1996) detektierte deutliche Veränderungen der makrophytischen aquatischen Vegetation der badischen Oberrheinaue nach dem Bau des Rheinseitenkanals. Insbesondere kam es zur Verschiebung in Richtung eutropher Vegetationstypen, zur Vergleichmäßigung der Standortbedingungen, zu langsam fließenden Strecken sowie zur Verbindung von Altrheinsystemen zu zusammenhängenden und gleichmäßig mit Restwasser beschickten Gewässerzügen (Haltung eines stabilen Wasserstandes in der Aue). Ein weitestgehender Verlust der kalt-stenothermen, oligotrophen und -saproben Grundwasserbäche („Gießen“) ist die Folge.

Jährlich 25 Mio. m³ Wasser werden aus der Oberen Altmühl über den Altmühlsee, Brombachsee, die Schwäbische Rezat, Rednitz und Regnitz in den Main sowie weitere 125 Mio m³ Wasser werden pro Jahr aus der Donau und der Unteren Altmühl über den Main-Donau-Kanal, Rothsee, Roth, die Rednitz und Regnitz in den Main übergeleitet (alles zur Kompensation des Abflußdefizites des Mains). Hierdurch konnten die Schiffsverkehrsverhältnisse spürbar verbessert werden (TITTIZER 1996), aber man muß eine hydrologisch signifikante Veränderung der Abflußverhältnisse zwischen Hauptwasserscheiden konstatieren (Überleitung aus dem Einzugsgebiet des Schwarzmeereszuflusses Donau zum Nordseezufluß Rhein).

REINHOLD & TITTIZER (1996) ermittelten am Beispiel von 4 kanalkreuzenden Fließgewässern im südöstlichen Niedersachsen einen deutlichen Einfluß der Bauwerke auf das Makrozoobenthos:

- Trennwirkung in Bezug auf die Gegenstromwanderungen
- damit fraglich ob, Kompensationsflüge über die Kanäle erfolgen können
- für abwärts migrierende Tier im Regelfall passierbar

Sie führen daher Gestaltungsforderungen an, u.a. Erhöhung der Sohlrauigkeit, keine Verengung, Ausbildung einer gewässertypischen Sohlaufage, keine Abstürze, Einhaltung von Grenzgeschwindigkeiten, Richtwert: 0,7 m/s.

Dagegen haben TITTIZER & BANNING (1992) den ökologischen Wert von Schiffsverkehrskanälen über vergleichende Analysen des Makrozoobenthos sowie unter Bezug auf bekannte ökologische Bewertungskriterien ermittelt. In einem 5stufigen System (1 = geringste Wertigkeit, 5 = höchste Wertigkeit) wurden Kanalabschnitte mit vergossenem Deckwerk in die Wertkategorie 1-2 und solche mit offenem Deckwerk in die Wertkategorie 2-3 eingestuft. Fließgewässerstraßen stellen gegenüber den Schiffsverkehrskanälen einen reicher strukturierten und damit auch höher zu bewertenden Lebensraum dar.

Ein wichtiger ökologischer Aspekt ist die nachweisbare Funktion der Schiffsverkehrskanäle als Ausbreitungswege für Neophyten und vor allem Neozoen. Hier sind beispielsweise zu nennen die Einwanderung von Arten aus der Pontokaspis, der Austausch von Faunenelementen zwischen der Donau und dem Rhein über den 1992 eröffneten Main-Donau-Kanal (TITTIZER 1996, REINHOLD & TITTIZER 1997, vgl. auch Tab. 17). HAAS & STREIT (1998) beschreiben die 1993 bereits nachweisbare Einwanderung der Flohkrebsgattung *Dikerogammarus* mit den zwei Arten *D. haemobaphes fluviatilis* und *D. villosus* über die Passage des MDK in den Rhein. Der Anteil von Crustaceen bei den Neozoen im Rhein ist besonders hoch, was mit dem eiszeitlichen Crustaceen-Defizit zusammenhängt, das jetzt durch Neueinwanderer wieder ausgeglichen wird (THIENEMANN 1950, SCHÖLL et al. 1995a). DREYER (1998) vermutet eine Weiterverbreitung des mittlerweile in der Mittelelbe verbreiteten und ursprünglich aus Nordamerika stammenden Flohkrebsses *Gammarus tigrinus* über das System Mittellandkanal und Elbe-Seitenkanal. Allerdings ist die Ausbreitung von Neozoen zwar durch Bundeswasserstraßen und Kanäle verstärkt, aber es erfolgt für viele Arten der Amphipoden auch eine Einwanderung in die Binnengewässer aus Richtung der Nord- und Ostsee (Häfen) (ZETTLER 1995, 1996).

HAAS & STREIT (1998) betrachten die ökologischen Wechselbeziehungen der augenscheinlich sehr konkurrenzstarken Art *D. villosus* im Rhein und fanden einen starken Rückgang der Individuenzahlen bei den bereits früher eingewanderten Flohkrebssarten *Gammarus tigrinus* und

Chaetogammarus ischnus, außerdem Abundanzverschiebungen bei *Corophium curvispinum* (*D. villosus* z.T. *carnivor*). die Autoren weisen darauf hin, daß bereits um 1950 der autochthone *Gammarus roeseli* von Dikerogammarus-Arten am ungarischen Balatonsee verdrängt wurde, was für die Konkurrenzstärke der Dikerogammarus-Arten spricht.

Die Neozoen sind auch für die ökologischen Verhältnisse der Auengewässer relevant. So kommt es zum massenhaften Einwandern von aquatischen Neozoen (*Gammarus tigrinus* und *Corophium curvispinum*) in die Auengewässer durch Hochwasser-Verdriftung (SCHWARZ 1996).

TITTIZER (1996) gibt folgende Ursachen für die Ausbreitung der Neozoen an:

a) menschliche Aktivitäten

b) einige besondere Eigenschaften dieser Tiere

c) Naturereignisse

- zu den anthropogen bedingten Ursachen zählen: der Bau von Kanälen, der Ausbau und Aufstau der Flüsse, die Schifffahrt, die Verschmutzung, Erwärmung und Aufsalzung der Gewässer sowie die beabsichtigte und unbeabsichtigte Aussetzung der Tiere durch die Menschen in der Natur (KINZELBACH 1982, TITTIZER et al. 1991)
- nicht-anthropogene Ursachen sind insbesondere einige charakteristische Eigenschaften der Tiere, z.B. breite Toleranz der Umweltqualität (euryöke, eurytherme, euryhaline Arten), Präferenz für eine bestimmte Umweltqualität (thermophile, halophile, lithophile, pelophile Arten), hohe Mobilität, besondere Fortpflanzung (hohe Fortpflanzungsraten etc. = r-Strategen)
- Naturereignisse sind z.B. Vereisung, Erdbeben, Vulkantätigkeit, Orogenese, Hochwasser, Niedrigwasser etc.

TITTIZER (1996), vgl. auch TITTIZER (1997), zieht folgende Schlußfolgerungen:

- a) durch Naturereignisse und/oder menschliche Aktivitäten werden Flußökosysteme stark verändert, viele einheimische Arten verschwinden und werden in der Regel durch Neueinwanderer ersetzt, Einwanderung ist also ein natürlicher Prozeß
- b) Flüsse sind dynamische Systeme, die den Pionierarten stets neue Möglichkeiten zur Ansiedlung und Ausbreitung bieten
- c) fehlende Konkurrenz (Nahrungs- und Platzkonkurrenz) und fehlende Feinde ermöglichen fremden, euryöken (resistenten, weniger anspruchsvollen Arten) eine Etablierung und rasche Ausbreitung in neuen Lebensräumen
- d) nach einer anfänglichen explosionsartigen Ausbreitung und Vermehrung der Art im neuen Lebensraum ist eine Abnahme der Populationsdichte und ein Einpendeln auf ein niedrigeres Niveau zu beobachten (Konsumenten und Parasiten „reagieren“, Selbstregulation der Art)
- e) explosionsartige Vermehrung und Verbreitung wird von den Menschen als Plage empfunden und wirkt oft beängstigend, da Folgen unklar

- f) die einwandernde Art etabliert sich in der Lebensgemeinschaft, diese Strukturveränderung wird als Faunenverfälschung oder Überformung/Überfremdung der Biozönose bezeichnet; bis heute kein einziges Beispiel, daß Neueinwanderer einheimische Makroinvertebraten verdrängt haben
- g) ob die Veränderung in der Biozönose einen Verlust oder eine Bereicherung darstellt, hängt vom Blickwinkel des Betrachters ab

Fazit: Durch Bau und Betrieb von Schifffahrtskanälen kommt es zu ökologischen Folgewirkungen. Hierzu können rechnen:

- ⇒ Verlust von ökologisch funktionsfähigen terrestrischen Lebensräumen, u.U. aber auch Aufwertung von Lebensraum
- ⇒ Schifffahrtskanäle stellen für terrestrische Artengruppen künstliche Migrationsbarrieren dar
- ⇒ hydrologische Verschiebungen bei Wasserüberleitungen
- ⇒ kanalkreuzende Gewässer bedürfen entsprechenden Kreuzungsbauwerken, diese können bei Fehlen entsprechender Gestaltung Wanderungshindernisse für die aquatische Fauna sein
- ⇒ Beschleunigung der Neophyten und Neozoenverbreitung
- ⇒ Schifffahrtskanäle können eine Alternative zum schifffahrtsbedingten Ausbau natürlicher Fließgewässer darstellen

6 Ökologische und umwelterhebliche Auswirkungen des Verkehrsweges Bundeswasserstraßen

Tabelle 17: Vorkommen von Neozoen in Rhein, Main, Main-Donau-Kanal und Donau (aus TIT-TIZER 1996)

Taxa	Rhein	Main	MDK	Donau	Mittel d. Verbreitung	Herkunft	Besonderheit
Coelenterata							
<i>Cordylophora caspia</i>	xx	xx →		← xx	S, K	Pontocasp.	st
<i>Craspedacusta sowerbyi</i>	x	xx →	x (95)		V, Aq	O-Asien	tt
Turbellaria							
<i>Dugesia tigrina</i>	x	x →	x (93)	← x	Aq	N-Amerika	eö
<i>Annelida</i>					S		
<i>Branchiura sowerbyi</i>	x	x →		x (93)	Aq, S	S-Asien	tt
<i>Hypania invaiida</i>				← xx	S	Pontocasp.	st
Gastropoda							
<i>Ferrisia wautieri</i>	xx	xx →		← x	S, V	SO-Europa	
<i>Lithoglyphus naticoides</i>	x	x →		← x	S, K, V	Pontocasp.	pe
<i>Physella acuta</i>	x	x →	x (93)	← x	S, Aq, V	SO-Europa	eö
<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	xx	xx →	xx (93)	← xx	S, V	Neuseel.	st
<i>Theodoxus danubialis</i>				← x	S, V	Pontocasp.	
<i>Theodoxus transversalis</i>				← x	S, V	SO-Europa	
<i>Valvata naticina</i>				← x	S, V	Pontocasp.	li
<i>Viviparus acerosus</i>				← x	S, V	SO-Europa	pe
<i>Viviparus contectus</i>				← x	S, V	O-Europa	pe
<i>Viviparus viviparus</i>	x	xx →			S, K	O-Europa	pe
Bivalvia							
<i>Corbicula fluminea/fluminalis</i>	xxxx	xxx →			S, K	N-Amerika	ha
<i>Dreissena polymorpha</i>	xxx	xxxx →	xxx (93)	← xxx	S, K	Pontocasp.	st
Crustacea							
<i>Athyaephyra desmarestii</i>	x	x →	x (94)		K, W	Mediterran	ph, et
<i>Chaetogammarus ischnus</i>	xx	xx →		← x	S, K, W	Pontocasp.	st, et
<i>Corophium curvispinum</i>	xxxx	xxx →	xxx (93)	← xxxx	S, K	Pontocasp.	st
<i>Dikerogammarus haemobaphes</i>	x (94)	xx (93)	xx (93)	← xx	S, K, W	Pontocasp.	
<i>Dikerogammarus villosus</i>	xx (94)	xx (94)	x (93)	← xx		Pontocasp.	
<i>Echinogammarus berilloni</i>	x	x →			K, W	Mediterran	st, et
<i>Eriocheir sinensis</i>	x	x →			S, W	O-Asien	st, et
<i>Gammarus tigrinus</i>	xx	xx →			A, W	N-Amerika	st
<i>Jaera istri</i>		x (95)	xx (93)	← xxx	S, W	Pontocasp.	
<i>Orchestia cavimana</i>	xx	xx →			K, W	Pontocasp.	st
<i>Orconectes limosus</i>	xx	xx →		← xx	K, A, W	N-Amerika	eö
<i>Proasellus coxalis</i>	x →				S, K, W	Mediterran	
<i>Proasellus meridianus</i>	x	x →		← x	S, K, W	Mediterran	st
<i>Rhithropanopeus harrisi</i>	x →				S, W	N-Amerika	ha

Legende:

x = nur vereinzelter Vorkommen
xx = mittleres Vorkommen
xxx = häufiges Vorkommen
xxxx = massenhaftes Auftreten

A = Aussetzung
Aq = Aquarien
K = Kanäle
S = Schiffe
V = Vögel
W = Wanderung

eö = euryök
et = eurytherm
ha = halophil
li = lithorheophil
pe = pelophil
ph = phytophil
st = salztolerant
tt = temperaturtolerant

6.3.11 Unterhaltungsmaßnahmen

Unterhaltungsmaßnahmen dienen der Erhaltung des wasserwirtschaftlich und landschaftspflegerisch ordnungsgemäßen Zustandes des Gewässers. Dazu gehören die Erhaltung des Gewässerbettes für einen ordnungsgemäßen Abfluß genauso wie die Erhaltung der biologischen Wirksamkeit oder der Schutz und die naturnahe Gestaltung der Ufer. Des weiteren zählt hierzu die Erhaltung der baulichen Anlagen.

An den Bundeswasserstraßen hängen die o.g. Unterhaltungsarbeiten in Art und Umfang neben den verkehrlichen Aspekten wesentlich von den landschaftlich bestimmten Gewässertypen ab. So ist beispielsweise die Gewässerkräutung als Maßnahme zur Entfernung massenhaft aufwachsender aquatischer Makrophyten besonders in langsamfließenden Flüssen oder Kanälen mit verhältnismäßig geringer Wassertiefe notwendig (verbreitet in Norddeutschland). Um neben den verkehrlichen auch den Belangen der Landschaftspflege und des Naturschutzes Rechnung zu tragen, werden für die Bundeswasserstraßen Gewässerunterhaltungspläne erarbeitet. Hierzu werden, soweit die Erfordernisse der vorrangigen Schifffahrtsnutzung es zulassen, Leitbilder eines naturnahen Zustandes der betreffenden Wasserstraße entwickelt. So sollen nach Möglichkeit Entwicklungen zu größerer Naturnähe angeregt bzw. nicht unterbunden werden (KOLB 1992).

Arbeiten, die der baulichen Erhaltung des Gewässerbettes und des Ufers dienen, entfalten sofortige und kurzfristige Wirkungen und sind diesbezüglich mit baubedingten Eingriffen vergleichbar (s.o.). Als zeitlich nachrangiger Aspekt von Gewässerausbaumaßnahmen ordnen sich die geo- und bioökologischen Folgen der anlagebedingten Folgen in die o.g. Wirkungszusammenhänge ein.

Viele Uferböschungsbereiche sowie Dämme und Deiche sind vegetationsbedeckt (Böschungsrasen), so daß eine regelmäßige Pflege in Form von Böschungsmahden zur Erhaltung optimaler Durchwurzelung und Standfestigkeit notwendig ist. DVWK (1987) gibt für die Böschungsmahd eine Reihe von ökologischen Auswirkungen an. Hierzu zählen:

- Negative Veränderungen des Kleinklimas,
- Nivellierung der Strukturvielfalt,
- Unterdrückung von spätblühenden und langsam speichernden Pflanzenarten,
- Unterdrückung der Entwicklung der Böschungsvegetation zu Weidengebüsch bzw. Erlen-
saumgesellschaften
- Selektionsdruck auf Tiere (nur Tiere, die den Mahdrhythmus und die schlagartigen Habita-
tänderungen ertragen, können dem Selektionsdruck widerstehen)
- mit Zunahme der jährlichen Mahdhäufigkeit mehr oder minder stark ausgeprägte Lebensge-
meinschaften von Ubiquisten mit hoher Reproduktionsrate mit weitestgehender Verdrängung
aller mahdempfindlichen Tierarten (z.B. netzbauende Spinnen, samenessende Arten, Blü-
tenbesucher)

Unterschiedliche Varianten der Böschungsmahd und ihre ökologischen Folgen wurden auch beispielsweise am Güstrow-Bützow-Kanal untersucht (BIOTA 1994). Dabei wurden innerhalb des Beobachtungszeitraumes 15.07. bis 25.08.1994 bei anhaltend trockener und hochsommer-

lich-heißer Witterung die unterschiedlichen Techniken Handmahd, Häcksler, Rotationsmäherwerk und Messerschneidwerk auf gleichartigen und benachbarten Probeflächen der Kanalböschung untersucht. Es zeigte sich, daß bei den Pflanzen die Mahd mit Häcksler und Rotationsmähern zu einer signifikanten Förderung der Zweikeimblättrler führt, wohingegen einkeimblättrige Pflanzen im Wachstum behindert werden. Umgekehrt werden die Einkeimblättrler bei Hand- und Messermahd in ihrer Regeneration gefördert. In faunistischer Hinsicht wurden die Wirbellosen-Gruppen der Schnecken (Gastropoda), Spinnen (Arachnida), Wanzen (Heteroptera), Marienkäfer (Coccinellata), Weichkäfer (Cantharidae), Heuschrecken (Orthopteroidae) und Zikaden (Cicadina) untersucht. Hier zeigte sich, daß die Varianten Messermäherwerk und Handmahd die geringsten negativen Auswirkungen auf die Struktur der Zoozönosen und die Wiederbesiedlung haben. Offensichtlich ist dieses der Schneidtechnik sowie der mikroklimatisch günstigen Mähgutablage zu verdanken. Beim Einsatz des Rotationsmäherwerkes resultieren aus der Sogwirkung und der Ablageform des Mähgutes bereits negativere Folgen für die Fauna. Am kritischsten ist der Einsatz des Häckslers zu sehen, der einen großen Teile der Tier bereits bei der Mahd tötet und Habitatstrukturen und Mikroklima nachhaltig schädigt.

Maßnahmen zur Gewässerkrautung, d.h. Entfernung der aquatischen Makrophyten, führen zur Nivellierung der Strömungs-, Licht- und Strukturverhältnisse im Wasserkörper (DVWK 1987) und dabei zur Entfernung wichtiger Kleinhabitate und des Habitatmosaiks der aquatischen Tiere (z.B. Krautlaicher bei den Fischen, Weidegänger wie Schnecken bei den aquatischen Invertebraten, Fluchräume für Friedfische). Die Entkrautung führt darüber hinaus zur Veränderung der Sedimentationsverhältnisse und des vertikalen Wassertemperaturgradienten. Für viele fliegende Insektenarten fehlen nach einer Krautung Rast- und Ruhebiotope (aus dem Wasser ragende Pflanzenteile).

Zum anderen ist regelmäßig eine folgende Verschlechterung der Wasserbeschaffenheit zu konstatieren, da verkrautete Gewässer durch die enorme Vergrößerung biologisch aktiver Oberflächen durch die Blattflächen eine stark erhöhte Selbstreinigungskraft besitzen und teilweise auch dadurch, daß abgeerntete Biomassen zu spät aus dem Wasser entnommen oder Schlamm aufgewirbelt wird (Sauerstoffzehrung, erhöhter biologischer Sauerstoffbedarf)). Durch Krautung werden tendenziell Pflanzenarten bzw. -gesellschaften gefördert, die einen gewissen Pioniercharakter und Erstbesiedlungsstrategien oder eine hohe Regenerationsfähigkeit aufweisen. Vor allem Tiere, die an das Vorhandensein von Wasserpflanzen aus den unterschiedlichsten Gründen gebunden sind, werden stark in ihren Entwicklungsmöglichkeiten eingeschränkt oder sterben lokal aus.

Fazit: Gewässerunterhaltungsarbeiten können je nach Art und Intensität z.T. gravierende ökologische Konsequenzen mit sich bringen. Zu diesen zählen u.a.:

- ⇒ direkte Tötung von Pflanzen und Tieren (abhängig von der technischen Variante)
- ⇒ negative Beeinflussungen des Kleinklimas
- ⇒ Vernichtung spezifischer Habitatstrukturen und Habitatmosaike
- ⇒ Veränderung der physikalischen Verhältnisse (Strömung, Stoffhaushalt, Sedimentation, Licht, Temperatur, Sauerstoff)
- ⇒ Beeinträchtigung mahdempfindlicher Pflanzen und Tiere

- ⇒ Nivellierung der Strukturvielfalt und Begünstigung von Ubiquisten
- ⇒ qualitative und quantitative Verschiebungen der Lebensgemeinschaften, z.T. mittelfristig andauernd
- ⇒ Verlust an Rast- und Ruhebiotopen für fliegende Insekten
- ⇒ sofortige bis zeitnahe Verschlechterungen der Wasserbeschaffenheit
- ⇒ aktuelle Lärm- und Abgasemissionen
- ⇒ bei baulichen Unterhaltungsarbeiten den baubedingten Eingriffen vergleichbare Auswirkungen
- ⇒ Verhinderung eigendynamischer Gewässerentwicklung, damit längerfristige Fixierung von Ausbauzuständen

6.3.12 Schiffahrt

Die (direkten) umwelterheblichen Auswirkungen der Schiffahrt lassen sich im wesentlichen auf folgende Ursachen zurückführen:

- Schiffsschraubenbewegungen/Propellerstrahl
- Wellenschlag, Sog- und Schwallbildung
- Schiffshavarien/-unfälle mit Emissionen von Stoffen
- Emissionen aus Anstrichstoffen
- Emissionen von Fetten und Ölen
- Abgas-Emissionen
- Lärmemissionen
- Schaffen von Navigationsfreiheit/Erkennbarkeit von Schiffsfahrtszeichen

Auch hinsichtlich der Sohlenerosion an vielen Flüssen hat die Schiffahrt direkt einen Anteil, da durch den Einfluß der Schiffsschrauben die Feinanteile des Sohlmaterials aufgewirbelt und forttransportiert werden (ECKOLDT 1998). Die Schiffahrt trägt neben Verdriftung und aktiver stromaufwärtsgerichteter Wanderung der Organismen zudem passiv zur Verbreitung allochthoner Arten bei (vgl. oben) (DREYER 1998). Hierunter fällt die nachweisbare Einwanderung über die Passage des Main-Donau-Kanals in den Rhein, wobei der Hauptpfad der Einwanderung passiver Transport durch Schiffe (Anheften an Außenwand, Kühl- und Ballastwasser) ist (TITTIZER 1996, REINHOLD & TITTIZER 1997).

TITTIZER & BANNING (1992) fanden signifikante Unterschiede in der Makrozoobenthosbesiedlungsdichte von Steinschüttungen und insbesondere schluffigem Substrat zwischen Gewässern mit oder ohne Schiffsverkehr. Die Untersuchungen zeigten, daß der Schiffsverkehr deutlich geringere Besiedlungsdichten erlaubt. Ursachen sind vor allem:

6 Ökologische und umwelterhebliche Auswirkungen des Verkehrsweges Bundeswasserstraßen

- direkte hydraulische Belastung („hydraulischer Streß“ vgl. STATZNER & HIGLER 1986, STATZNER et al. 1988, STATZNER & MÜLLER 1989, STATZNER et al. 1991)
- hydraulisch bedingte Lageinstabilität vieler Substrate (TITTIZER & SCHLEUTER 1986) mit den Folgen einer Lebensraumextremität (episodische künstlich induzierte Wellenbewegung sowie desgleichen Strömungsinduktion durch Antriebsaggregate und Schiffsschrauben)

Die negativen Auswirkungen des Wellenschlages auf die Uferzoozönosen bestätigen auch TITTIZER & SCHÖLL (1993). RÜTTEN (1994) sieht nach Untersuchungen im Dortmund-Ems-Kanal die größte mechanische Beanspruchung durch die Schifffahrt im Bereich der Ufer, während der Propellerstrahl gemeinhin nicht die Sohle direkt schädigt, sondern Feinsedimente aufwirbelt. Der Wellenschlag führt nicht nur zu einer direkten mechanischen Beanspruchung der Uferfauna, sondern auch zu einer Verhinderung der Ansiedlung von Wasserpflanzen, denen als Lebensraum große Bedeutung zukommt. SUKOPP & MARKSTEIN (1989) untersuchten die Veränderungen der Vegetation an der Berliner Havel und können vor allem den Schaden an Röhrichtbeständen und die zunehmende Uferabrasion eindeutig auf die Schifffahrt zurückführen, deren Tonnage- und Tiefgangvergrößerung Wellenamplituden und -form nachhaltig veränderten. Im Komplex mit Uferverbau u.a. Maßnahmen ergeben sich daraus erhöhte Streßfaktoren für die aquatische und semiaquatische Flora. Der Einfluß von schifffahrtsinduziertem Wellenschlag und der Sohlbeanspruchung nimmt allgemein mit zunehmender Gewässerbite bzw. -tiefe ab.

Buhnenfelder können bei entsprechender Gestaltung (langsame und kontinuierliche Wasserströmung) artenreiche Mischsubstrate aufweisen und einer artenreichen Lebensgemeinschaft Raum bieten und damit den durch die Schifffahrt erzeugten Selektierungsdruck (Sog und Schwall) minimieren (TITTIZER & SCHLEUTER 1991).

Fazit: Die Schifffahrt bringt z.T. gravierende ökologische Konsequenzen mit sich, u.a.:

- ⇒ aktuelle Lärm- und Abgasemissionen
- ⇒ Sohlsubstratumlagerungen durch Schiffsschraubenbewegungen/Propellerstrahl
- ⇒ Schäden an den Uferbiozönosen durch Wellenschlag, Sog- und Schwallbildung
- ⇒ Emissionen von gefährlichen Stoffen bei Schiffshavarien/-unfällen
- ⇒ Emissionen aus Anstrichstoffen
- ⇒ Emissionen von Fetten und Ölen
- ⇒ Veränderungen des Landschaftsbildes sowie Entfernung von Gehölzvegetation im Talraum aufgrund des Schaffens von Navigationsfreiheit / zur Erkennbarkeit von Schifffahrtszeichen
- ⇒ es überwiegen aktuelle und zeitnahe Wirkungen, die aber eine Mittelfristigkeit in der Wirkdauer erreichen können

6.4 Auswirkungen auf andere Umweltnutzungen

Die Auswirkungen auf andere bzw. konkurrierende Umweltnutzungen umfassen insbesondere alle Nutzungen, die mehr oder weniger eng mit den Gewässern oder deren Talräumen zusammenhängen. Hierzu zählen vor allem Fischerei, Wasserwirtschaft, Land- und Forstwirtschaft, Erholungswesen, aber auch Infrastruktur und die spezifischen Aspekte der Siedlungsräume, was grundsätzlich vielfältige Nutzungen umfaßt.

Fischerei

TITTIZER & KREBS (1996) geben beispielsweise einen guten Überblick über die historische Entwicklung der Rheinfischerei. Vor allem in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts war demnach ein verstärkter Rückgang der Fischbestände im Rhein zu verzeichnen. Als Ursachen von Bestandsrückgang und struktureller Umwandlung der Ichthyozönosen führen die Autoren neben Gewässerverschmutzung, Überfischung und negative Bewirtschaftungsmaßnahmen vor allem den Ausbau des Rheins und seiner Nebenflüsse sowie die Schifffahrt an. Besonders die Zunahme der Motorschifffahrt führte durch den Wellenschlag zu Schäden an der Fischbrut in Ufernähe. Heute spielt die Rheinfischerei keine Rolle mehr. Unter natürlichen fischereilichen Verhältnissen könnte am Rhein ca. das 60fache des Fangertrages erwartet werden (TITTIZER & KREBS 1996), womit die aktuellen Produktivitätseinbußen der Rheinfischerei deutlich werden.

Auch die Ausbauten der Ästuarbereiche von Elbe und Weser führten zum faktischen Zusammenbruch der ortsansässigen Flußfischerei. Hier nennt SCHIRMER (1994) folgende Ursachen:

- bereits vor dem Ausbau Rückgang wirtschaftlich wertvoller Fischarten aufgrund des Baues von Wehren und Staustufen in Kombination mit der Überfischung (z.B. Stör, Lachs, Meerforelle, Aelse, Meer- und Flußneunauge)
- Verlust von Fangplätzen und Einsatzorten für traditionelle Fanggeräte
- Verlust von Laichhabitaten
- indirekte Wirkung durch Vermarktungsprobleme, Gewässerverschmutzung etc.

Land- und Forstwirtschaft

Ändert sich die natürliche Auedynamik aufgrund wasserbaulicher Maßnahmen, kommt es zu einem Rückgang der periodisch hohen und zum Ausbleiben der regelmäßig tiefen Wasserstände in der Aue, was sich neben den bereits geschilderten ökologischen Auswirkungen auch in einer Verringerung des Holzzuwachses der Auenwälder zeigt (HÜGIN 1981). Damit geht ein forstwirtschaftlicher Ertragsausfall einher. Bei stärker sinkenden Grundwasserständen aufgrund von Tiefenerosion kann es sowohl in den Auen als auch in Niederungen zu starken landwirtschaftlichen Ertragsausfällen kommen, so daß u.a. künstlich bewässert werden muß. Auch die Entfernung von Gehölzvegetation im Talraum aufgrund des Schaffens von Navigationsfreiheit bzw. zur Erkennbarkeit von Schiffsfahrtszeichen führt zu forstlichen Ertragseinbußen. Vergrößert sich aufgrund von Ausbaumaßnahmen die Hochwassergefährdung, können länger anhaltende oder höhere Überflutungen ebenfalls zu Ertragseinbrüchen führen.

Kanäle werden heute z.T. für die Brauchwassergewinnung genutzt, z.B. an der Müritz-Elde-Wasserstraße, wo die Fischteiche in der Lewitz gespeist werden. Andererseits dient der Kanal als Vorfluter für die landwirtschaftliche Entwässerung der Niederungsbereiche (CZESIENSKI 1964).

Naherholung und Tourismus

Naherholung und Tourismus profitieren in vielen Fällen von den Möglichkeiten der Schifffahrt (Dampferfahrten, Schiffsreisen u.a.). CZESIENSKI (1964) beschreibt u.a. für die Müritz-Elde-Wasserstraße und die obere Havel die Wichtigkeit für Freizeitnutzung und Sportbootverkehr. An beiden Gewässern existiert heute keine nennenswerte Frachtschifffahrt mehr, zumal die Gewässerstrecken durch ingenieurbioologische Bauweisen sehr landschaftsangepaßt, beinahe naturnah erscheinen.

Anders verhält es sich im Falle starker Frachtschifffahrt und der damit verbundenen Maßnahmen an den Bundeswasserstraßen. Hier muß man auf jeden Fall den Grundkonflikt zwischen Natururlaub, den besonderen Möglichkeiten des Naturerlebens in den naturschutzgesetzlich geschützten Landschaften und der Binnenschifffahrt aufzeigen (z.B. untere Mittelelbe).

Abwasserreinigung

Soll ein bestimmter Wasserbeschaffenheitszustand des Gewässers erhalten werden, muß bei Ausbaumaßnahmen alternativ die Schmutzstoffbelastung gesenkt werden (BOES 1977), was sekundär hohe Kosten der Abwasserreinigung nach sich ziehen kann. Gerade die Stauregelung von Flüssen kann Folgen für die Abwasserreinigung haben. Unter dieser Fragestellung beschäftigte sich MÜLLER (1993) mit den Bundeswasserstraßen und kam zu folgenden Schlußfolgerungen:

1. Der Stoffhaushalt der abflußreichen Flüsse Rhein und Donau wird durch die in Deutschland realisierten Stauhaltungen nur geringfügig verändert. Die Anforderungen an die Abwasserreinigung sind von daher unabhängig von der Stauregelung zu sehen.
2. Bei der Elbe sind wegen der ungünstigen Abflußverteilung innerhalb des Jahres nachteiligere Verhältnisse gegeben, so daß bei eventuellen Staumaßnahmen auf jeden Fall konsequente Abwasserreinigungsmaßnahmen durchzuführen sind.
3. Ähnlich wie bei der Elbe liegen die Verhältnisse an Mosel, Main und Weser. Wegen der großen Bedeutung des Algenwachstums innerhalb des Stoffhaushaltes der Gewässer sollte auf konsequente Nährstoffreduzierung geachtet werden.
4. Bei den abflußarmen Flüssen mit MNQ-Werten unter 30 m³/s wie Saar, mittlerer Neckar, Fulda und Altmühl ist auf eine optimale Entfernung der sauerstoffzehrenden Stoffe und eine gründliche Nährstoffreduktion zu achten. Ggf. sind hier weitergehende Anforderungen an die Abwasserreinigung zu stellen.

Wasserversorgung

In Deutschland gibt es nur einen Fall, wo Wasser in großem Umfang für die Trinkwasserversorgung direkt aus einem Fluß entnommen wird. Die über 200.000 Einwohner zählende Stadt Rostock nimmt ihr Wasser mittels eines Stichkanals aus der fließenden Welle der ehemaligen

6 Ökologische und umwelterhebliche Auswirkungen des Verkehrsweges Bundeswasserstraßen

Wasserstraße Warnow, da hier aufgrund der Talmoorsituation eine Uferfiltration unmöglich ist. Die Warnow wird derzeit nicht schiffsverkehrlich genutzt, da Trinkwasserschutzzonenverordnungen und Festsetzungen von Naturschutzgebieten dem entgegenstehen. Hier wäre eine gleichzeitige Nutzung der Warnow als Trinkwasserressource, Naturschutzgebiet sowie als Wasserstraße umwelt- und gesundheitspolitisch unvereinbar.

Aber auch in den zahlreichen Fällen, in denen über Uferfiltrat oder künstliche Grundwasseranreicherung Wasser aus Bundeswasserstraßen für die Trinkwasserversorgung genutzt werden, ist eine potentielle Gefährdung durch Gift- und Schadstoffe infolge Schiffshavarien nicht grundsätzlich ausschließbar. Auch die Frage einer ausbaubedingten Kolmation, d.h. Abdichtung der Flußsohle, kann negative Folgen für die Gewinnung von Uferfiltrat haben.

Siedlungsräume, Infrastruktur, Wirtschaft

Nutzungsbedingte Änderungen ökologischer Zustände in den Gewässern können zu sekundären Belästigungen in Siedlungsräumen führen (z.B. Geruchsbelästigungen aus Stauhaltungen bei Faulgasbildung). Wie bereits oben beschrieben, kam es beispielsweise in der Donau (Stauhaltung Geisling) zur Massenvermehrung von Zuckmücken, die aufgrund der hohen Dichten in den angrenzenden Ortschaften als regelrechte Plage empfunden wurde (LEUCHS et al. 1994).

Änderungen der Linienführung von natürlichen Fließgewässern, die Neuanlage von Kanälen sowie andere flächenverbrauchende Maßnahmen erfordern es regelmäßig, verkehrliche und technische Infrastruktureinrichtungen umzuverlegen und entsprechende Funktionszusammenhänge neu zu organisieren (Straßen, Schienenverbindungen, Brücken, leitungsgebundene Versorgungseinrichtungen etc.).

Für Siedlungsräume an großen Flüssen und Strömen kann man von einer potentiellen Erhöhung der Hochwassergefahr durch die vielfältigen flußbaulichen Maßnahmen ausgehen (s.o.). Hierzu zählen insbesondere der Verlust an Retentionsraum durch Eindämmung oder Eindeichung, die Gefälleerhöhung durch Flußbegradigungen und Durchstiche, die Sohlverrauhung durch Gewässerausbau u.v.m.

Im Zusammenhang mit dem Bau von Staustufen kann hydroelektrische Energie gewonnen werden. Die durch Turbinen erzeugte Wasserkraftenergie ist unter dem Aspekt der Emissionen als sehr umweltfreundlich einzustufen und zählt vom Kosten-Nutzen-Verhältnis zu den rentabelsten und damit wirtschaftlich vorteilhaften Stromerzeugungsverfahren.

Kulturgüter

Flußbauliche Maßnahmen können zu einer Schädigung des historisch gewachsenen Landschaftsbildes führen und so im weitesten Sinne kulturellen Schaden anrichten. Auch durch Änderungen der Linienführung, die Neuanlage von Kanälen sowie andere flächenverbrauchende Maßnahmen können potentiell Kulturgüter gefährdet sein (bodenarchäologische Denkmäler, Verdachtsflächen etc.), was auch nach entsprechenden Vorerkundungen (bodenarchäologische Prospektion) nicht ausgeschlossen werden kann.

Fazit: Maßnahmen durch Bau und Betrieb von Bundeswasserstraßen haben Auswirkungen auf andere Umweltnutzungen. Hierunter fallen vor allem

⇒ gravierende Beeinträchtigung der Fischerei

6 Ökologische und umwelterhebliche Auswirkungen des Verkehrsweges Bundeswasserstraßen

- ⇒ Beeinträchtigung von spezifischen Formen von Naherholung und Tourismus (Natururlaub, Urlaub in National- und Naturparks etc.)
- ⇒ Verminderung des forstlichen Ertrages bei Änderungen der natürlichen Auendynamik
- ⇒ Verminderung des landwirtschaftlichen Ertrages bei Absinken der Grundwasserstände in Aue oder Niederung
- ⇒ unter bestimmten Voraussetzungen Notwendigkeit einer stärkeren und kostenintensiveren Abwasserreinigung (vor allem bei Stauregelung)
- ⇒ potentieller Verlust an bodenarchäologischen Denkmälern bei Flächenverbrauch durch Kanäle, Laufverkürzungen u.a.
- ⇒ Notwendigkeit der Umverlegung von verkehrlicher oder technischer Infrastruktur bei bestimmten Baumaßnahmen (Kanalneubau, Änderungen der Linienführung)
- ⇒ Verschärfung der Hochwassergefahr durch vielfältige Flußbaumaßnahmen (Verlust an Retentionsräumen, Gefälleerhöhung, Sohlverrauhung etc.)

7 Quellenverzeichnis

- (1) AFNOR (1992): Essais des eaux. Determination de l'indice biologique global (IBGN). - NFT: 90-350.
- (2) AG BOSCH UND PARTNER, ARSU, WOLF (1998): Ermittlung von Beurteilungskriterien für die Auswirkungen des Neu- und Ausbaus von Bundeswasserstraßen auf Natur und Landschaft. - F+E-Vorhaben 809 01 001 im Auftrag des Bundesamtes für Naturschutz. Schlußbericht.
- (3) AG IWW, IFEU, KuP, PÖU, PTV (1998): Entwicklung eines Verfahrens zur Aufstellung umweltorientierter Fernverkehrskonzepte als Beitrag zur Bundesverkehrswegeplanung. - F+E-Vorhaben 105 06 001 im Auftrag des Umweltbundesamtes. Schlußbericht.
- (4) AGENDA 21 (1992): Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung im Juni 1992 in Rio de Janeiro. Dokumente in deutscher Übersetzung.
- (5) ALBA-TERCEDOR, J. & SANCHEZ-ORTEGA, A (1988): Spanish experience in the use of macroinvertebrates as biological pollution indicators, in: NEWMAN, P. J., PIAVAUX, M. A. & SWEETING, R. A. [Hrsg.]: River water quality, ecological assessment and control. - Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- (6) ALECKE, CH. & MEYER, E.I. (1998): Ökologische Bewertung naturnaher und anthropogen überformter Fließgewässer der Westfälischen Tieflandbucht auf Basis der Standorttypie von Trichopterenbiozönosen. – Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Limnologie e.V., Klaggenfurt, September/Oktober 1998
- (7) ALECKE, CH. (1998): Ökologie und Habitatbindung von Tinodes unicolor und T. pallidulus (Trichoptera, Insecta). Ein Beitrag zur Typisierung und Bewertung von Tieflandbächen. – Diss. Univ. Münster, 184 S.
- (8) ALTMÜLLER, R. & DETTMER, R. (1996): Unnatürliche Sandfracht in Geestbächen - Ursachen, Probleme und Ansätze für Lösungsmöglichkeiten - am Beispiel der Lutter. - Inform. d. Naturschutz Niedersachs. 16 (5): 222-237.
- (9) ANGERMEIER, P. L. & KARR, J. R. (1984): Relationship between wood debris and fish habitat in a small warmwater stream. - Am. Midl. Nat. 114: 342–359.
- (10) ANONYMUS (1991): Naturschutzfachliche Eingriffreglung der Freien und Hansestadt Hamburg. - Umweltbehörde, Amt für Naturschutz und Landschaftspflege, 28. Mai 1991
- (11) ANONYMUS (1994): Die Elbe und ihr Schutz - eine internationale Verpflichtung. - Natur und Landschaft 69: 239-250.
- (12) ANONYMUS (1995): Ausgleichsabgabenverordnung (AAV). - GVBl für das Land Hessen II 881-41 vom 03. März. 1995
- (13) ARMITAGE, P. D., MOSS, D., WRIGHT, J. F. & FURSE, M. T. (1983): The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-water sites. - Water Res. 17: 333–347.
- (14) ARMITAGE, P. D., PARDO, I., FURSE, M. T. & WRIGHT, J. F. (1990): Assessment and prediction of biological quality. A demonstration of a British macroinvertebrate-based method in two Spanish rivers. - Limnetica 6: 147-156.
- (15) ARNDT, U., NOBEL, W. & SCHWEIZER, B. (1987): Bioindikatoren. Möglichkeiten, Grenzen und neue Erkenntnisse. - Stuttgart (Ulmer).
- (16) AURADA, K. D. (1982): Zur Anwendung des systemtheoretischen Kalküls in der Geographie. - PGM 4: 241-249.

- (17) BACHFISCHER, R., DAVID, J., KIEMSTEDT, H. & AULIG, G. (1977): Die ökologische Risikoanalyse als regionalplanerisches Entscheidungsinstrument in der Industrieregion Mittelfranken. - *Landschaft + Stadt* 9 (4): 145-1161.
- (18) BALLOCH, D., DAVIS, C. & JONES, F.H. (1976): Biological assessment of water quality in three British rivers, the North Esk (Scotland), the Ivel (England) and the Taff (Wales). - *Water Poll. Control* 75: 92-100.
- (19) BANNING, M. (1990): Der Rheo-Index - eine Möglichkeit zur Berechnung der Auswirkungen des Flußstaus auf die benthische Lebensgemeinschaft. - *Erweiterte Zusammenfassungen der Jahrestagung 1990 der Deutschen Gesellschaft für Limnologie e.V. (DGL)*, 186-190.
- (20) BARSCH, H. (1975): Zur Kennzeichnung der Erdhülle in der landschaftskundlichen Terminologie. - *PGM* 2: 81-88.
- (21) BAUER, F. (1965): Der Geschiebehaushalt der bayerischen Donau im Wandel wasserbaulicher Maßnahmen. - *Die Wasserwirtschaft* 55 (5): 106-112.
- (22) BAUER, L. (1972): *Handbuch der Naturschutzgebiete der Deutschen Demokratischen Republik*. - Leipzig, Jena, Berlin (Urania-Verlag).
- (23) BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (1998): Trophiekartierung von aufwuchs- und makrophytendominierten Fließgewässern. - *Informationsberichte des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft* 4.
- (24) BERGMANN, A. (1951): *Die Großschmetterlinge Mitteldeutschlands*. - Jena (Urania-Verlag).
- (25) BERLIN, A. & MEHL, D. (1997): Die Trichoptera der Nebel in Mecklenburg-Vorpommern. - *Lauterbornia* 31: 83–97.
- (26) BERTSCH, W. & TITTIZER, T. (1995): Verwendung von Bergematerial im Wasserbau. - *Bundesanstalt für Gewässerkunde Koblenz, Jahresbericht 1994*, 87-88.
- (27) BfG (1996): Umweltverträglichkeitsuntersuchungen an Bundeswasserstraßen. Materialien zur Bewertung von Umweltauswirkungen. - *Mitteilung Nr. 9 der Bundesanstalt für Gewässerkunde*.
- (28) BfG (1997a): *Jahresbericht 1996*. - Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz (Eigenverlag).
- (29) BfG (1997b): Ökologische Risikoeinschätzung zu Projekten des Bedarfsplanes „Ausbau der Bundeswasserstraßen“. - Bundesanstalt für Gewässerkunde Koblenz im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr.
- (30) BfG (2000): Weiterentwicklung der Methode zur Ökologischen Risikoeinschätzung für Projekte an Bundeswasserstraßen (Arbeitspapier) sowie Ökologische Risikoeinschätzung Dortmund-Ems-Kanal km 138,3 – 212,5 (Entwurf) - unveröff. Gutachten.
- (31) BfN & BfG (1997): Gemeinsame Stellungnahme von Bundesanstalt für Gewässerkunde und Bundesamt für Naturschutz zu Projekten des Bedarfsplanentwurfes für den Ausbau von Bundeswasserstraßen. - BfN, AS Leipzig, II.5.2-6.0.5 (W); BfG, U 1/430/744 vom 06. Februar 1997.
- (32) BILLWITZ, K. (1991): Raumordnung und Flächennutzungsplanung für Gewässereinzugsgebiete. - *Z. geol. Wiss.* 19 (1): 21-29.
- (33) BINOT, M., BLESS, R., BOYE, P., GRUTTKE, H. & PRETSCHER, P. [Hrsg.] (1998): *Rote Liste gefährdeter Tiere Deutschlands*. - Schriftenreihe für Naturschutz und Landschaftspflege 55.
- (34) BIOTA (1994): Vergleich verschiedener Techniken der Böschungsmahd - Empfehlungen für eine ökologisch orientierte Gewässerunterhaltung. - biota - Gesellschaft für ökologische Forschung, Planung und Beratung mbH im Auftrage des Umweltministeriums Mecklenburg-Vorpommern/des Staatlichen Amtes für Umwelt und Natur Rostock.

- (35) BLAB, J. (1993): Grundlagen des Biotopschutzes für Tiere.- Schriftenreihe für Landschaftspflege und Naturschutz 24.
- (36) BLAB, J., NOWAK, E., TRAUTMANN, W. & SUKOPP, H. (1984): Rote Liste der gefährdeten Tiere und Pflanzen in der Bundesrepublik Deutschland. - Naturschutz aktuell 1, Greven (Kilda Verlag), 4. Auflage.
- (37) BLECHSCHMIDT, S. (2000): Die Bewertung ausgewählter Fließgewässerabschnitte mit dem Standort-Typie-Index im Vergleich mit dem Brandenburger Fließgewässerschutzsystem. – Diplomarbeit Fachhochschule Eberswalde, 77 S.
- (38) BLUM, M. (1994): Typisierung und Bewertung der Grabenvegetation in Flußmarschen. - Initiativen zum Umweltschutz 1: 207-219.
- (39) BOES, M. (1977): Gewässerausbau und Gütezustand - Ergebnisse von Modelluntersuchungen. - Wasser + Boden 3: 69-73.
- (40) BÖHMER, J. & RAHMANN H. (1992): Literaturstudie zur Erarbeitung von Bioindikationsverfahren zur Gewässerversauerung. - Veröffentlichungen der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg 3.
- (41) BÖHMER, J., JANSEN, W., KAPPUS, B., NILL, A., RAWER-JOST, C., HOCK, C., BREITINGER, B. & RAHMANN, H. (1995): Wanderungsbewegungen von Gammariden in einer experimentellen Fließwasserrinne und an naturnahen Fischaufstiegshilfen. - Extended Abstracts der DGL 1995: 408-412.
- (42) BÖHMER, J., KAPPUS, B., RAWER-JOST, C. & BRATRICH, T. (1997): Ökologische Bewertung von Fließgewässern in der Europäischen Union und anderen Ländern.- Zentraler Fachdienst Wasser-Boden-Abfall-Altlasten bei der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg.
- (43) BÖRNER, R., BÖNSCH, R., FADSCHILD, K., GOSSELCK, F. UND 10 WEITERE AUTOREN (1994): Ein Beitrag zur Biologie der Warnow, eines norddeutschen nacheiszeitlichen Tieflandflusses. - Schriftenr. LAUN M-V 2: 56–92.
- (44) BOURNAUD, M. & COGERINO, L. (1986): Les microhabitats aquatiques des rives d'un grand cours d'eau: approche faunistique. - Annls. Limnol. 22 (3): 285–294.
- (45) BOURNAUD, M. & THIBAUT, M. (1973): La dérive des organismes dans les eaux courantes. - Ann. Hydrobiol. 4: 11-49.
- (46) BRAKKE, D. F., BÖHMER, J. P., HARTMANN, A., HAVAS, M., JENKINS, A., KELLEY, C., ORMEROD, S. J., PACES, T., PUTZ, R., ROSSELAND, B. O., SCHINDLER, D. W. & SEGNER, H. (1994): Physiological and ecological effects of acidification on aquatic biota, in: STEINBERG, C. E. W. & WRIGHT, R. F. [Hrsg.]: Acidification of freshwater ecosystems: Implications for the future. - London (John Wiley & Sons), 275-312.
- (47) BRAUKMANN, U. & PINTER, I. (1997): Concept for an Integrated Ecological Evaluation of Running Waters. - Acta hydrochemica et hydrobiologia 25 (3): 113-127.
- (48) BRAUKMANN, U. (1987): Zooökologische und saprobiologische Beiträge zu einer allgemeinen regionalen Bachtypologie. - Arch. Hydrobiol. Beitr. 26: 1–355.
- (49) BRAUKMANN, U. (1992): Typologischer Ansatz zur ökologischen Bewertung von Fließgewässern, in: Friedrich, G. & Lacombe, J. [Hrsg.]: Ökologische Bewertung von Fließgewässern. - Limnologie aktuell. - Stuttgart, New York (Gustav Fischer Verlag).
- (50) BRAUKMANN, U. (2000): mdl. Mitteilung
- (51) BRETTAR, I., SANCHEZ-PEREZ, J. M., KERN, J. TREMOLIERES, M. & RENNENBERG, H. (1998): Stickstoffretention in Auenwäldern des Oberrheins. - DGL-Tagungsbericht 1997 (Frankfurt/M.), Band II: 647-651.

- (52) BRUNKE, M. & GONSER, T. (1997): The ecological significance of exchange processes between rivers and groundwater. - *Freshwater Biology* 37: 1-33.
- (53) BRUNKEN, H. & BRÜMMER, I. (1996): Elbe und Auen an der unteren Mittelbe: Unterschiede in den Fischartengemeinschaften. - *WWt* 7/96: 28-32.
- (54) BUCK, H. (1985): Die Gewässergüte der unteren Murr. - in: *Ökologische Untersuchungen an der ausgebauten unteren Murr*. Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg: 61-74.
- (55) BUCK, H. (1986): Vergleichende Gewässergütebeurteilung mit Hilfe der Kopplungsanalyse unter Verwendung statistischer Parameter, in: *Bewertung der Gewässerqualität und Gewässergüteanforderungen*. - München (R. Oldenbourg Verlag), 117-134.
- (56) BUDDENSIEK, V., ENGEL, H., FLEISCHHAUER-RÖSSING, S. & WÄCHTLER, K. (1993a): Studies on the chemistry of interstitial water taken from defined horizons in the fine sediments of bivalve habitats in several northern German lowlands waters. II: Microhabitats of *Margaritifera margaritifera*, *Unio crassus* and *Unio tumidus*. - *Archiv Hydrobiol.* 127(2): 151-166.
- (57) BUDDENSIEK, V., RATZBOR, G. & WÄCHTLER, K. (1993b): Auswirkungen von Sandeintrag auf das Interstitial kleiner Fließgewässer im Bereich der Lüneburger Heide. - *Natur und Landschaft* 68 (2): 47-51.
- (58) CARBIENER, R., TREMOLIERIS, M., MERCIER, J. L. & ORTSCHKEIT, A. (1990): Aquatic macrophyte communities as bioindicators of eutrophication in calcareous oligosaprobe stream waters (Upper Rhine plain, Alsace). - *Vegetatio* 86: 71-88.
- (59) CASPERS, H. & KARBE, L. (1966): Trophie und Saprobie als stoffwechseldynamischer Komplex. Gesichtspunkte für die Definition der Saprobitätsstufen. - *Arch. Hydrobiol.* 61: 453-470.
- (60) CASPERS, H. (1948): Ökologische Untersuchungen über die Wattentierwelt im Elbe-Ästuar. - *Verh. Deutsch. Zoolog. Ges.*: 350-359.
- (61) CHANDLER, J. R. (1970): A biological approach to water quality management. - *Water Pollut. Control* 69: 415-422.
- (62) CHESTER, R. K. (1980): Biological Monitoring Working Party. The 1978 national testing exercise. - *Technical Memorandum* 19: 1-37.
- (63) COGERINO, L., CELLOT, B. & BOURNAUD, M. (1995): Microhabitat diversity and associated macroinvertebrates in aquatic banks of a large European river. - *Hydrobiologia* 304: 103-115.
- (64) CORING, E. & KÜCHENHOFF, B. (1995): Vergleich verschiedener Untersuchungs- und Bewertungsmethoden für Fließgewässer. - *Materialien des LUA Nordrhein-Westfalen* 18: 1-140.
- (65) CULP, J. M., WALDE, S. J. & DAVIES, R. W. (1983): Relative importance of substrate particle size and detritus to stream benthic macroinvertebrate microdistribution. - *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 40: 1568-1574.
- (66) CZESIENSKI, H. (1964): Die wichtigsten Probleme der Müritz-Elde-Wasserstraße und der oberen Havel. - *Mitteilungen der Geographischen Gesellschaft der DDR. Geographische Berichte* 9: 219-225.
- (67) DAHL, F. (1921): Grundlagen einer ökologischen Tiergeographie. Allgemeiner Teil. - Jena (Gustav Fischer Verlag).
- (68) DAHL, F. (1923): Grundlagen einer ökologischen Tiergeographie. Zweiter, spezieller Teil. - Jena (Gustav Fischer Verlag).
- (69) DE PAUW, N. & GHETTI, P. F., MANZINI, P., SPAGGIARI, R. (1992): Biological assessment methods for running water, in: *River Water Quality - Ecological Assessment and Control*. - Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

- (70) DE PAUW, N. & VANHOOREN, G. (1988): Methods for biological quality assessment of water-courses in Belgium. - *Hydrobiologia* 100: 153-168.
- (71) DIERKING R. & WEHRMANN L. (1991): Artenschutzprogramm Fische und Rundmäuler in Hamburg. - Umweltbehörde Hamburg [Hrsg.].
- (72) DIN 38410 Teil 2 (1989): Deutsches Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Biologisch-ökologische Gewässeruntersuchung (Gruppe M); Verfahren zur Bestimmung des Saprobienindex (M2). - Berlin, Köln (Beuth-Verlag).
- (73) DIN 4047 T 2: Landwirtschaftlicher Wasserbau; Begriffe; Hochwasserschutz, Küstenschutz, Schöpfwerke. - November 1988.
- (74) DIN 4047 T 5: Landwirtschaftlicher Wasserbau; Begriffe; Ausbau und Unterhaltung von Fließgewässern. - März 1989.
- (75) DIN 4048 T 1: Wasserbau; Begriffe; Stauanlagen. - Januar 1987.
- (76) DIN 4049 T 1: Hydrologie; Begriffe, quantitativ. - September 1979.
- (77) DIN 4054: Verkehrswasserbau; Begriffe. - September 1977.
- (78) DIN E 4047 T 7: Landwirtschaftlicher Wasserbau; Begriffe, Erosionsschutz. - März 1991.
- (79) DIN NAW AA1 UA9 (2001): Revision des Saprobienindex. – mdl. Mitt.
- (80) DISTER, E. (1980): Geobotanische Untersuchungen in der Hessischen Rheinaue als Grundlage für die Naturschutzarbeit. - Diss., Universität Göttingen, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät.
- (81) DOHMS, A., FRÖHLICH, J. und FAIST, H. (1990): Hydrologische und flußmorphologische Veränderungen der Elbe in den vergangenen drei Jahrzehnten. - *DGM* 34 (4): 105-110.
- (82) DÖNNI, W. (1993): Verteilungsdynamik der Fische in einer Staustufe des Hochrheins mit besonderer Berücksichtigung der Ökologie des Aals (*Anguilla anguilla* L.). - Dissertation, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich.
- (83) DREYER, U. (1998): Ausbreitung von *Gammarus tigrinus* in der Mittelelbe. - DGL-Tagungsbericht 1997 (Frankfurt/M.), Band I: 144-148.
- (84) DVWK (1987): Erfahrungen bei Ausbau und Unterhaltung von Fließgewässern. - Schriftenreihe des Deutschen Verbandes für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. (DVWK) 79, Hamburg, Berlin (Verlag Paul Parey).
- (85) DVWK (1996a): Fischeaufstiegsanlagen: Bemessung, Gestaltung, Funktionskontrolle. - DVWK-Merkblätter 232.
- (86) DVWK (1996b): Wirkungen wasserbaulicher Maßnahmen auf abiotische und biotische Faktoren - Arbeitsmaterialien zur ökologischen Wirkungsanalyse. - DVWK-Materialien 1/1996.
- (87) DYCK, S. & PESCHKE, G. (1983): Grundlagen der Hydrologie. - Berlin (Verlag für Bauwesen).
- (88) ECKERT, S. & STÜDEMANN, O. (1997): Arbeitsgruppe Angewandte Meteorologie und Klimatologie. - Jubiläumsheft 5 Jahre Lehre und Forschung, Universität Rostock, Fachbereich Landeskultur und Umweltschutz, Institut für Landschaftsplanung und Landschaftsökologie.
- (89) ECKOLDT, M. [Hrsg.] (1998): Flüsse und Kanäle. Die Geschichte der deutschen Wasserstraßen. - Hamburg (DSV-Verlag).
- (90) ELLIOT, S. T. (1986): Reduction of a dolly varden population and macrobenthos after removal of logging debris. - *Trans. Am. Fish. Soc.* 115: 392-400.

- (91) ELSTER, H. J. (1982): Zur Definition der "Gewässer" - bzw. "Wassergüte" und über die limnologischen Grundlagen ihrer Beurteilung in Vergangenheit und Zukunft, in: Aurand, K. & Leschber, R. [Hrsg.]: Limnologische Beurteilungsgrundlagen der Wassergüte (Kolkwitz-Symposium 1981), 21–37.
- (92) FAIST, H. & TRABANDT, W. (1996): Stromregelungen und Ausbau der Elbe. - WWt 7/96: 22-27.
- (93) FISCHER, H. & PUSCH, M. (1998): Organisches Material und Bakterien im hyporheischen Interstitial der Elbe bei Magdeburg. - DGL-Tagungsbericht 1997 (Frankfurt/M.), Band II: 615-618.
- (94) FISCHER, U. (1997): Briefliche Mitteilungen.
- (95) FLADE, M. (1994): Die Brutvogelgemeinschaften Mittel- und Norddeutschlands.- Eching (IHW-Verlag).
- (96) FOECKLER, F. & BOHLE, W. (1991): Fließgewässer und ihre Auen - prädestinierte Standorte ökologischer und naturschutzfachlicher Grundlagenforschung. - Artenschutzforschung und Biotopschutzforschung für Deutschland, Jülich, 236-266.
- (97) FOECKLER, F., ORENDT, C., KRETSCHMER, W. & SCHMIDT, H. (1994): Gewässertypisierung und -bewertung im Bereich der Donauaue bei Straubing (Bayern) anhand von Weichtiergemeinschaften. - Wiss. Mitt. Niederösterreich. Landesmuseum 8: 119-125.
- (98) FRIEDRICH, G. (1986): Stand der Gütebewertung und nutzungsbezogene Qualitätsanforderungen an Fließgewässer in der Bundesrepublik Deutschland. - Münchener Beitr. zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie 40: 9-33.
- (99) FRIEDRICH, G. (1990): Eine Revision des Saprobien-systems. - Z. Wasser-Abwasser-Forsch. 23: 141-152.
- (100) FRIEDRICH, G. (1992): Ökologische Bewertung von Fließgewässern - eine unlösbare Aufgabe?, in: Friedrich, G. & Lacombe, J. [Hrsg.]: Ökologische Bewertung von Fließgewässern. - Limnologie aktuell. - Stuttgart, New York (Gustav Fischer Verlag), 1–7.
- (101) FRIEDRICH, G. (1998): Integrierte Bewertung der Fließgewässer - Möglichkeiten und Grenzen. - in: Integrierte ökologische Gewässerbewertung: Inhalte und Möglichkeiten. Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft [Hrsg.]. - München, Wien (Oldenbourg), 35-56
- (102) FRIEDRICH, G. (1998a): Gewässerbewertung als Aufgabe beim Schutz der Fließgewässer. - DGL-Tagungsbericht 1997 (Frankfurt/M.), Band I: 101-117.
- (103) FRIEDRICH, G. (1998b): Integrierte Bewertung der Fließgewässer - Möglichkeiten und Grenzen, in: Integrierte ökologische Gewässerbewertung: Inhalte und Möglichkeiten. - Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft [Hrsg.]. - München, Wien (Oldenbourg): 35-56.
- (104) FRISSEL, C. A., LISS, W. J., WARREN, C. E. & HURLEY, M. D. (1986): A hierarchical framework for stream habitat classification: viewing streams in a watershed context. - Environmental Management 10: 199–214.
- (105) FRUTIGER, A. (1992): Ökologische Bewertung von Fließgewässern in der Schweiz, in Friedrich, G. & Lacombe, J. [Hrsg.]: Ökologische Bewertung von Fließgewässern. - Limnologie aktuell 3. - Stuttgart, New York (Gustav Fischer Verlag), 111-128.
- (106) GARDENIER, J. & TOLKAMP, H. (1976): Hydrobiologische kartering, waarderling en schade aan de beekfauna in Achterhoekse beken. - Comm. Best. Waterhuish. Gld: 26-29.
- (107) GEBLER, R.-J. (1990): Naturgemäße Bauweisen von Sohlenstufen, in: Handbuch Wasserbau 3, Min. f. Umwelt Stuttgart.
- (108) GEBLER, R.-J. (1991): Naturgemäße Bauweisen von Sohlenbauwerken und Fischaufstiegen zur Vernetzung der Fließgewässer. - Diss. Univ. Karlsruhe, Mitt. Inst. für Wasserbau und Kulturtechnik 181.

- (109) GOLLEY, F. B. (1983): Application of ecosystem theory to the landscape. - Ecology (CSSR) 2 (3): 327-333.
- (110) GÖLZ, E. & TIPPNER M. (1985): Korngrößen, Abrieb und Erosion am Oberrhein. - DGM 29: 115-121.
- (111) GREGG, W. W. & ROSE, F. L. (1985): Influences of aquatic macrophytes on invertebrate community structure, guild structure, and microdistribution in streams. - Hydrobiologia 136: 101-112.
- (112) GUNKEL, G. (1994): Bioindikatoren in aquatischen Ökosystemen. - Jena, Stuttgart (Gustav Fischer Verlag).
- (113) HAAS, G. & STREIT, B. (1998): Die Einwanderung von *Dikerogammarus* sp. in den Rhein. - DGL-Tagungsbericht 1997 (Frankfurt/M.), Band I: 154-158.
- (114) HAASE, G. (1964): Landschaftsökologische Detailuntersuchung und naturräumliche Gliederung. - PGM 1/2: 8-30.
- (115) HAASE, G. (1973): Zur Ausgliederung von Raumeinheiten der chorischen und der regionischen Dimension - dargestellt an Beispielen aus der Bodengeographie. - PGM 2: 81-90.
- (116) HAASE, G. (1976): Die Arealstruktur chorischer Naturräume. - PGM 2: 130-135.
- (117) HAASE, G. (1979): Entwicklungstendenzen in der geotopologischen und geochorologischen Naturraumerkundung. - PGM 1: 7-18.
- (118) HAGGE, A. & GREISER, N. (1996): Bedeutung und Gefährdung der Flachwassergebiete, Brack- und Süßwasserwatten, in LOZAN J. L. & KAUSCH, H. [Hrsg.]: Warnsignale aus Flüssen und Ästuaren. - Berlin (Parey Buchverlag), 267-273.
- (119) HAIGH, M. J. (1987): The Holon: Hierarchy theorie and landscape research. - Catena Supplement 10: 181-192.
- (120) HALLE, M. (1993): Beeinträchtigung von Drift und Gegenstromwanderungen des Makrozoobenthos durch wasserbauliche Anlagen - Studie zur Bewertung technischer Ein- und Ausbauten von Fließgewässern bezüglich ihrer Längsdurchgängigkeit. - unveröffentlichte Studie im Auftrag des Landesamtes für Wasser und Abfall Nordrhein-Westfalen.
- (121) HECKMANN, C. W. (1986): Tidal influence on the wetland community structure behind the dike along the Elbe estuary. - Arch. Hydrobiol., Supplement 75: 1-117.
- (122) HERING, D. & REICH, M. (1997): Die Bedeutung von Totholz für Morphologie, Besiedlung und Renaturierung mitteleuropäischer Fließgewässer. - Natur und Landschaft 72(9): 383-389.
- (123) HERZ, K. (1973): Beitrag zur Theorie der landschaftsanalytischen Maßstabsbereiche. - PGM 2: 91-96.
- (124) HIGLER, L. W. G. & VERDONSCHOT, P. F. M. (1992): Ökologische Bewertung von Fließgewässern in den Niederlanden, in: Friedrich, G. & Lacombe, J. [Hrsg.]: Ökologische Bewertung von Fließgewässern. - Limnologie aktuell. - Stuttgart, New York (Gustav Fischer Verlag), 97-110.
- (125) HÖPNER, T. (1994): Auswirkungen der Ästuarvertiefung in der Emsmündung, in LOZAN, J. L., RACHOR, E., REISE, K., VON WESTERNHAGEN, H. & LENZ, W. [Hrsg.]: Warnsignale aus dem Wattenmeer. - Berlin (Blackwell Wissenschafts-Verlag), 171-175.
- (126) HÜGIN, G. (1981): Die Auenwälder des südlichen Oberrheintals - Ihre Veränderung und Gefährdung durch den Rheinausbau. - Landschaft + Stadt 13 (2): 78-91.
- (127) IKSE (1994): Ökologische Studie zum Schutz und zur Gestaltung der Gewässerstrukturen und der Uferandregionen der Elbe. - Internationale Kommission zum Schutz der Elbe (IKSE), Magdeburg (Eigenverlag).

- (128) ILLIES, J. (1961): Versuch einer allgemeinen biozönotischen Gliederung der Fließgewässer. - *Int. Rev. ges. Hydrobiol.* 69: 205–213.
- (129) INGENDAHL, V. & NEUMANN, D. (1998): Possibilities for successful reproduction of reintroduced salmon in tributaries of the River Rhine. - *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 113 (Large Rivers 10): 333-337.
- (130) IRMER, U, ROCKER, W. & BLONDZIK, K. (1997): Qualitätsanforderungen an Oberflächengewässer: Zielvorgaben, Qualitätsziele und chemische Gewässergüteklassifizierung. - *Acta hydrochim. hydrobiol.* 25: 62-70.
- (131) ISO (2000 a): Water Quality-Biological classification of rivers - Part 1: Guidance on the interpretation of biological quality data from surveys of benthic macroinvertebrates. - ISO/FDIS 8686-1
- (132) ISO (2000 b): Water Quality-Biological classification of rivers - Part 2: Guidance of the presentation of biological quality data from surveys of benthic macroinvertebrates. - ISO/FDIS 8686-2
- (133) JÄGER, K.-D. (1962): Über Alter und Ursachen der Auelehmlagerung Thüringer Flüsse. - *Praehist. Z.* 40.
- (134) JEDICKE, E. (1997): Die Roten Listen. Gefährdete Pflanzen, Tiere, Pflanzengesellschaften und Biotope in Bund und Ländern. - Stuttgart (Eugen Ulmer Verlag).
- (135) JESSEL, B. (1994): Vielfalt, Eigenart und Schönheit von Natur und Landschaft als Objekte der naturschutzfachlichen Bewertung. - *NNA-Berichte* 1/94: 76-89.
- (136) JOHNSON I. W. & LAW, F. M. (1995): Computer models for quantifying the hydro-ecology of British rivers. - *J. Institution Water & Environm. Management* 9: 290-297.
- (137) JUNGWIRTH, M. (1996): Bypass channels at weirs as appropriate aids for fish migration in rhithral rivers. - *Regulated Rivers. Research & Management* 12: 483-492.
- (138) JÜRGENSEN, C. (1935): Die Mainalgen bei Würzburg. Vergleichende Phytoplankton- und Benthosuntersuchungen des Mains und seines Bühnenfeldes bei Würzburg. - *Archiv für Hydrobiologie* 28: 362-414.
- (139) JUST, I., SCHÖLL, F. & TITTIZER, T. (1998a): Versuch einer Harmonisierung nationaler Methoden zur Bewertung der Gewässergüte im Donauraum am Beispiel der Abwässer der Stadt Budapest. - *DGL-Tagungsbericht 1997 (Frankfurt/M.)*, Band II: 686-690.
- (140) JUST, I., SCHÖLL, F., TITTIZER, T., CSANYI, B. & GULYAS, P. (1998b): Versuch einer Harmonisierung nationaler Methoden zur Bewertung der Gewässergüte im Donauraum am Beispiel der Abwässer der Stadt Budapest. - *Umweltbundesamt Berlin (Eigenverlag)*.
- (141) KALBFUS, W. & KOPF, W. (1998): Erste Ansätze zur ökologischen Bewertung von Pharmaka in Oberflächengewässern, in: *Integrierte ökologische Gewässerbewertung: Inhalte und Möglichkeiten*. - Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft [Hrsg.]. - München, Wien (Oldenbourg), 628-674.
- (142) KARR, J.R. & CHU, E.W. (2000): Sustaining living rivers. – *Hydrobiologia* 422/423, 1-14.
- (143) KASTEN, J. (1998): Divergierende Entwicklung des Phytoplanktons entlang eines Altarmes in Abhängigkeit vom Überschwemmungszeitpunkt und der Entfernung zum Hauptstrom - Unteres Odertal (Brandenburg) -. - *DGL-Tagungsbericht 1997 (Frankfurt/M.)*, Band II: 549-553.
- (144) KELLER, A. (1975): Die Drift und ihre ökologische Bedeutung. Experimentelle Untersuchung an *Ecdyonurus venosus* (FABR.) in einem Fließwassermodell. - *Schweiz. Z. Hydrol.* Vol. 37: 294-331.
- (145) KERN, K. (1994): Grundlagen naturnaher Gewässergestaltung. Geomorphologische Entwicklung von Fließgewässern. - Berlin, Heidelberg, New York (Springer Verlag).

- (146) KERN, K. (1995): Die geomorphologische Entwicklung und nachhaltige Bewirtschaftung von Fließgewässern. - Zbl. Geol. Paläont. Teil I, 10: 929-944.
- (147) KIES, L., NEGEBOHRN, L., BRAKER, H., FAST, T., GÄTJE, C. & SEELIG, A. (1992): Primärproduzenten und Primärproduktion im Elbe-Ästuar, in KAUSCH, H. [Hrsg.]: Die Unterelbe. Natürlicher Zustand und Veränderungen durch den Menschen. - Bericht ZMK Univ. Hamburg, 137-168.
- (148) KINZELBACH, R. & FRIEDRICH, G. [Hrsg.] (1990): Biologie des Rheins. - Limnologie Aktuell, Bd. 1, Stuttgart, New York (Gustav Fischer Verlag).
- (149) KINZELBACH, R. (1982): Veränderungen der Fauna im Oberrhein. - Pfälz. Ges. z. Förd. d. Wiss., Speyer: 66-84.
- (150) KISS, K. T. & SCHMIDT, A. (1998): Changes of Chlorophyta species in the phytoplankton of the Hungarian section of the Danube river during the last decades (1961-1997). - Biologia 53 (4): 509-518.
- (151) KLAUSNITZER, B. (1984): Käfer im und am Wasser. - Wittenberg Lutherstadt (A. Ziemsen Verlag).
- (152) KLEE, O. (1993): Wasser untersuchen. Einfache Analysenmethoden und Beurteilungskriterien. - Heidelberg, Wiesbaden (Quelle und Meyer).
- (153) KLOFT, W. & GRUSCHWITZ, M. (1988): Ökologie der Tiere. - Stuttgart (Eugen Ulmer Verlag).
- (154) KLOSTERMANN, H. (1981): Zur Untersuchung anthropogener Eingriffe in den Wasserkreislauf der Flußgebiete im Tiefland der DDR. - Wiss. Abh. d. Geogr. Ges. d. DDR 15: 117-132.
- (155) KOCH, K. (1992): Die Käfer Mitteleuropas – Ökologie. - Band III, Krefeld (Goecke & Evers Verlag).
- (156) KOHLER, A. (1982): Wasserpflanzen als Belastungsindikatoren. - Decheniana 26: 31-42.
- (157) KÖHLER, J. & KÖPKE B. (1996): Veränderungen des Flußplanktons, in LOZAN J. L. & KAUSCH, H. [Hrsg.]: Warnsignale aus Flüssen und Ästuaren. - Berlin (Parey Buchverlag), 197-201.
- (158) KOLB, S. (1992): Gewässerunterhaltungspläne für Bundeswasserstraßen. - Bundesanstalt für Gewässerkunde Koblenz, Berlin, Information 2/92.
- (159) KOLKWITZ, R. & MARSSON, M. (1902): Grundsätzliches für die biologische Beurteilung des Wassers nach seiner Flora und Fauna. - Mitt. K. Prüfanst. Wasservers. Abwasserbes. Berlin-Dahlem 1: 33–72.
- (160) KOLKWITZ, R. & MARSSON, M. (1908): Ökologie der pflanzlichen Saprobien. - Ber. Bot. Ges. 26a: 505–519.
- (161) KOLKWITZ, R. & MARSSON, M. (1909): Ökologie der tierischen Saprobien. - Int. Rev. ges. Hydrobiol. 2: 126–152.
- (162) KONOLD, W. (1992): Zur Bewertung von Fließgewässern auf ökologischer Grundlage, in: Friedrich, G. & Lacombe, J. [Hrsg.]: Ökologische Bewertung von Fließgewässern. - Limnologie aktuell. - Stuttgart, New York (Gustav Fischer Verlag), 19-34.
- (163) KÖTTER, F. (1961): Die Pflanzengesellschaften im Tidegebiet der Unterelbe. - Archiv für Hydrobiologie, Supplement 26 (1): 106-184.
- (164) KRAUSE, C. L. & KLÖPPEL, D. (1996): Landschaftsbild in der Eingriffsregelung. - Angewandte Landschaftsökologie 8: 1-180.

- (165) KRIEG, H.-J. (1997): Die Revision des Saprobiensystems. Kritische Bemerkungen zur DIN 38410 - Teil 2 (M2) im allgemeinen sowie zur Liste der Makroorganismen im besonderen. - Wasser-Abwasser 138/1: 22–27.
- (166) KRÜGER, F., LABATZKI, P. & STEIDL, J. (1993): Naturnahe Gestaltung von Fischaufstiegsanlagen. Beispiele in Brandenburg. - WWT 1/93: 27-33.
- (167) LANA (1994): Methodik der Eingriffsregelung. Gutachten zur Methodik der Ermittlung, Beschreibung und Bewertung von Eingriffen in Natur und Landschaft, zur Bemessung von Eingriffs- und Ausgleichsmaßnahmen sowie Ausgleichszahlungen. Teil 1: Synopse. - Schriftenreihe des Umweltministeriums Baden-Württemberg 4: 1-90.
- (168) LANA (1996a): Methodik der Eingriffsregelung. Gutachten zur Methodik der Ermittlung, Beschreibung und Bewertung von Eingriffen in Natur und Landschaft, zur Bemessung von Eingriffs- und Ausgleichsmaßnahmen sowie Ausgleichszahlungen. Teil 2: Analyse. - Schriftenreihe des Umweltministeriums Baden-Württemberg 5: 1-113.
- (169) LANA (1996b): Methodik der Eingriffsregelung. Gutachten zur Methodik der Ermittlung, Beschreibung und Bewertung von Eingriffen in Natur und Landschaft, zur Bemessung von Eingriffs- und Ausgleichsmaßnahmen sowie Ausgleichszahlungen. Teil 1: Vorschläge zur bundeseinheitlichen Anwendung der Eingriffsregelung nach § 8 Bundesnaturschutzgesetz. - Schriftenreihe des Umweltministeriums Baden-Württemberg 6: 1-146.
- (170) LARCHER, W. (1984): Ökologie der Pflanzen auf physiologischer Grundlage. - UTB für Wissenschaft, Stuttgart (Eugen Ulmer Verlag)
- (171) LARINIER, M. & TRAVADE, F. (1992): La conception des dispositifs de franchissement pour les aloses. - Bull. Fr. Pêche Piscic 326-327: 125-133.
- (172) LARINIER, M. (1992a): Facteurs biologiques a prendre en compte dans la conception des ouvrages de franchissement, notions d'obstacles a la migration. - Bull. Fr. Pêche Piscic 326-327: 20-29.
- (173) LARINIER, M. (1992b): Généralités sur les dispositifs de franchissement. - Bull. Fr. Pêche Piscic 326-327: 15-19.
- (174) LARINIER, M. (1992c): Implantation des passes a poissons. - Bull. Fr. Pêche Piscic 326-327: 30-44.
- (175) LARINIER, M. (1992d): Le franchissement des buses, des seuils en enrochements et des ouvrages estuariens. - Bull. Fr. Pêche Piscic 326-327: 111-124.
- (176) LARINIER, M. (1992e): Les passes a ralentisseurs. - Bull. Fr. Pêche Piscic 326-327: 73-94.
- (177) LARINIER, M. (1992f): Passes a bassins successifs, prébarrages et rivières artificielles. - Bull. Fr. Pêche Piscic 326-327: 45-72.
- (178) LAVANDIER, P. & DUMAS, J. (1971): Microrépartition de quelques espèces d'invertébrés benthique dans des ruisseaux des Pyrénées Centrales. - Annls. Limnol. 7: 7–23.
- (179) LAWA (1996a): Nationale Gewässerschutzkonzeption. Aktuelle Schwerpunkte. - Beschluß der 107. LAWA-Vollversammlung am 20.09.1996.
- (180) LAWA (1996b): Stralsunder Erklärung für den Gewässerschutz. - LAWA-Vollversammlung vom 20.09.1996.
- (181) LAWA (1997): Elemente einer Richtlinie des Rates für den Schutz und die Bewirtschaftung der Gewässer der Gemeinschaft. - Länderarbeitsgemeinschaft Wasser, Senatsverwaltung Berlin, Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg [Hrsg.].

- (182) LAWA (1998a): Zielvorgaben zum Schutz oberirdischer Binnengewässer. Ableitung und Erprobung von Zielvorgaben zum Schutz oberirdischer Binnengewässer für die Schwermetalle Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel, Quecksilber und Zink. - Berlin (LAWA Eigenverlag).
- (183) LAWA (1998b): Konzeption zur Ableitung von Zielvorgaben zum Schutz oberirdischer Binnengewässer vor gefährlichen Stoffen und Erprobung der Zielvorgaben für Wirkstoffe in Bioziden und Pflanzenbehandlungsmitteln für trinkwasserrelevante oberirdische Binnengewässer. - Berlin (LAWA Eigenverlag).
- (184) LAWA (1998c): Gewässerstrukturgütekartierung in der Bundesrepublik Deutschland. Verfahren für kleine und mittelgroße Fließgewässer. - Essen (LAWA Eigenverlag).
- (185) LEMCKE, R. (1995): Fischgemeinschaften nordostdeutscher Fließgewässer und der Einfluß von Querverbauungen auf deren Zustand. - Diplomarbeit Universität Rostock, Wissenschaftsbereich Meeresbiologie, Arbeitsgruppe Fischereibiologie.
- (186) LESER, H. (1978): Quantifizierungsprobleme der Landschaft und der landschaftlichen Ökosysteme. - *Landschaft + Stadt* 10 (3): 107-114.
- (187) LESER, H. (1985): Ernst Neef und die landschaftsökologische Forschung. Gedanken zum wissenschaftlichen Wirken eines großen deutschen Landschaftsforschers. - *Die Erde* 116: 1-6.
- (188) LESER, H. (1991): *Landschaftsökologie*. - Stuttgart (Eugen Ulmer Verlag).
- (189) LEUCHS, H. & NEHRING, S. (1996): Auswirkungen von Baggern und Verklappen auf das Makrozoobenthos im Küstenbereich - Dargestellt an einem Beispiel aus dem Elbeästuar. - *Deutsche Hydrographische Zeitschrift, Supplement* 6: 177-187.
- (190) LEUCHS, H., TITTIZER, T. & BANNING, M. (1994): Aufstaubedingte Veränderungen des Makrozoobenthos der Donau zwischen km 2414 und km 2202. - *Wiss. Mitt. Niederösterreich. Landesmuseum* 8: 233-242.
- (191) LIEBENSTEIN, H., SCHNEIDER, P. & KOLB, S. (1995): Bilanzierung von Strukturtypen zur Ermittlung einer flächenhaften Kompensation von Eingriffen - Dargestellt am Ausbau der Saar im Bereich Rheinland-Pfalz. - Bundesanstalt für Gewässerkunde Koblenz, Berlin, Information 2/95.
- (192) LIEBMANN, H. (1947): Die Notwendigkeit einer Revision des Saprobien-systems und deren Bedeutung für die Wasserbeurteilung. - *Ges.-Ing.* 68: 33-37.
- (193) LISS, M. (1998): Biozönotische Ansätze in der aquatischen Ökotoxikologie, in: *Integrierte ökologische Gewässerbewertung: Inhalte und Möglichkeiten*. - Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft [Hrsg.]. - München, Wien (Oldenbourg), 592-616.
- (194) LOZAN, J. L. & KAUSCH, H. [Hrsg.] (1996): *Warnsignale aus Flüssen und Ästuaren. Wissenschaftliche Fakten*. - Berlin (Paul Parey Buchverlag).
- (195) LÜTTIG, G. (1960): Zur Gliederung des Auelehms im Flußgebiet der Weser. - *Eiszeitalter und Gegenwart* 11: 39-63.
- (196) MADSEN, B. L., BENGSTON, J. & BUTZ, I. (1973): Observations on upstream migration by imagoes of some Plecoptera and Ephemeroptera. - *Limnol. Oceanogr.* 18: 678-681.
- (197) MADSEN, B. L., BENGSTON, J. & BUTZ, I. (1977): Upstream movements by some Ephemeroptera species. - *Arch. Hydrobiol.* 81: 119-127.
- (198) MANGELSDORF, J. & SCHEURMANN, K. (1980): *Flußmorphologie. Ein Leitfaden für Naturwissenschaftler und Ingenieure*. - München, Wien (Oldenbourg).
- (199) MARTEN, M. & REUSCH, H. (1992): Anmerkungen zur DIN "Saprobienindex" (38410, Teil 2) und Forderung alternativer Verfahren. - *Natur und Landschaft* 67: 544-547.

- (200) MAUCH, E. (1992): Ein Verfahren zur gesamtökologischen Bewertung der Gewässer, in: Friedrich, G. & Lacombe, J. [Hrsg.] (1992): Ökologische Bewertung von Fließgewässern. - Limnologie aktuell. - Stuttgart, New York (Gustav Fischer Verlag), 205-217.
- (201) MAUCH, R., SANZIN, W. & KOHMANN, F. (1990): Biologische Gewässeranalyse in Bayern - Taxaliste der Gewässerorganismen. - Informationsberichte Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft 4/90, München.
- (202) MEHL, D. & THIELE, V. (1995a): Die ökologische Bewertung von Fließgewässern auf der Basis der Standorttypie - eine Einführung, in: MEHL, D. & THIELE, V. [Hrsg.]: Ein Verfahren zur Bewertung nordostdeutscher Fließgewässer und deren Niederungen unter besonderer Berücksichtigung der Entomofauna. - Nachr. entomol. Ver. Apollo (Frankfurt/Main), Suppl. 15: 9-18.
- (203) MEHL, D. & THIELE, V. (1998): Fließgewässer- und Talraumtypen des Norddeutschen Tieflandes. - Berlin, Wien (Paul Parey Verlag).
- (204) MEHL, D. & THIELE, V. [Hrsg.] (1995b): Ein Verfahren zur Bewertung nordostdeutscher Fließgewässer und deren Niederungen unter besonderer Berücksichtigung der Entomofauna. - Nachrichten des entomologischen Vereins Apollo (Frankfurt/Main), Supplement 15.
- (205) MEHL, D. (1998): Die Fließgewässertypen der jungglazialen Naturräume Mecklenburg-Vorpommerns. Ein landschafts- und gewässerökologischer Beitrag. - Dissertation, Universität Rostock, Agrarwissenschaftliche Fakultät.
- (206) MEHL, D., HELLMUTH, O. & KÖNKER, H. (1995): Die Modellabschnitte an der Nebel in ihrer abiotischen Ausprägung, in: MEHL, D. & THIELE, V. [Hrsg.]: Ein Verfahren zur Bewertung nordostdeutscher Fließgewässer und deren Niederungen unter besonderer Berücksichtigung der Entomofauna. - Nachr. entomol. Ver. Apollo (Frankfurt/Main), Suppl. 15: 41-100.
- (207) MEHL, D., THIELE, V. & BERLIN, A. (1994): Das Warnowgebiet - ein physiographischer und landschaftshistorischer Abriß. - Schriftenr. LAUN M-V 2: 3-32.
- (208) MEISTER, A. (1994): Untersuchung zum Plankton der Elbe und ihrer größeren Nebenflüsse. - Limnologica 24 (2): 153-171.
- (209) MENSCHING, H. (1958): Bodenerosion und Auelehmbildung in Deutschland. - Gewässerkundl. Mitt. 1/2: 110-114.
- (210) METCALFE-SMITH, J. L. (1994): Biological water quality assessment of rivers: Use of macroinvertebrate communities, in: CALOW, P. & PETTS, G. E. [Hrsg.]: The river Handbook: Hydrological and ecological principles. Vol. 2, Blackwell Scientific Ltd. Oxford..
- (211) MICHAELIS, H. (1994): Der Schwund echter Brackwasserarten in Ästuaren und kleinen Mündungsgewässern, in: LOZAN, J. L., RACHOR, E., REISE, K., VON WESTERNHAGEN, H. & LENZ, W. [Hrsg.]: Warnsignale aus dem Wattenmeer. - Berlin (Blackwell Wissenschafts-Verlag), 178-181.
- (212) MÖLLER, B. & PANKOW, H. (1981): Algensoziologische und saprobiologische Untersuchungen an Vorflutern der Elbe. - Limnologica 13(2): 291-350.
- (213) MOLLER-PILLOT, H. K. M. (1971): Faunistische beoordeling van de verontreiniging in laaglandbeken. - Tilburg.
- (214) MOOG, O. & CHOVANEC, A. (1998): Die „ökologische Funktionsfähigkeit“ - ein Ansatz der integrierten Gewässerbewertung in Österreich, in: Integrierte ökologische Gewässerbewertung: Inhalte und Möglichkeiten. - Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft [Hrsg.]. - München, Wien (Oldenbourg).
- (215) MÖRTL, M. & ULRICH, K.-U. (1998): Veränderung des hyporheischen Interstitials eines Mittelgebirgsbaches infolge einer Talsperrenentleerung. - DGL-Tagungsbericht 1997 (Frankfurt/M.), Band II: 628-632.

- (216) MOSIMANN, T. (1984): Landschaftsökologische Komplexanalyse. - Wiesbaden.
- (217) MÜLLER, D. (1993): Besondere Anforderungen an die Abwasserreinigung bei gestauten Flüssen, in: Bayerische Landesanstalt für Wasserforschung München [Hrsg.]: Auswirkungen von Abwasserreinleitungen auf die Gewässerökologie. - Münchener Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie 47: 173-184.
- (218) MÜLLER, K. (1954a): Die Drift in fließenden Gewässern. - Arch. Hydrobiol. 49: 539-545.
- (219) MÜLLER, K. (1954b): Investigations on the Organic Drift in North Swedish Streams. - Report Institute of Freshwater Research, Drottningholm 35: 133-148.
- (220) MÜLLER, K. (1974): Stream drift as a chronobiological phenomenon in running water ecosystems. - Ann. Rev. Ecol. System. 5: 309-323.
- (221) MÜLLER, K. (1982): The colonization cycle of freshwater insects. - Oecologia 52: 202-207.
- (222) MUSENBROCK, I. (1995): Altarme als Regenerationszellen einer biologisch verarmten Flußlandschaft. - Biologische Schutzgemeinschaft Hunte Weser-Ems, natur spezial Report 20: 161-186.
- (223) NATIONAL RIVERS AUTHORITY (1992): River Corridore Surveys. Methods and Procedures. - Conservation Technical Handbook No. 1, Bristol (National Rivers Authority).
- (224) NEEF, E. (1963): Topologische und chorologische Arbeitsweisen in der Landschaftsforschung. - PGM 4: 249-259.
- (225) NEEF, E. (1967): Die theoretischen Grundlagen der Landschaftslehre. - Gotha, Leipzig (Hermann Haack, Geographisch-Kartographische Anstalt).
- (226) NERSTHEIMER, S., RUSTIGE, K. H. & MANNESMANN, R. (1998): Auswirkungen von Aufstauungen auf die Makroinvertebratenfauna eines Fließgewässers. - DGL-Tagungsbericht 1997 (Frankfurt/M.), Band II: 833-837.
- (227) NESTMANN, F. (1996): Mündliche Mitteilungen.
- (228) NEUMEISTER, H. (1979): Das „Schichtkonzept“ und einfache Algorithmen zur Vertikalverknüpfung von „Schichten“ in der physischen Geographie. - PGM 1: 19-23.
- (229) NEUMEISTER, H. (1981): Schichten als Strukturelemente und das zeitliche Verhalten von Geosystemen. - PGM 4: 231-238.
- (230) NEWMAN, P. J. (1988): Classification of surface water quality: Review of schemes used in EC member states. - Oxford (Heinemann Professional Publishing).
- (231) NEWMAN, P.J., NIXON, S.C. & REES, Y.J. (1994): Surface water monitoring, classification, biological assessment and standards. - Water Science and Technology 30: 1-10.
- (232) NITSCHKE, G. & PLACHTER, H. (1987): Atlas der Brutvögel Bayerns. - München (Landesamt für Umweltschutz).
- (233) NIXON, S. C., MAINSTONE, C. P., MOTH-IVERSEN, T. KRISTENSEN, P., JEPPESEN, E., FRIBERG, N., PAPATHANASSIOU, E., JENSEN, A. & PEDERSEN, F. (1996): The harmonised monitoring and classification of ecological quality of surface waters in the European Union. - Final Report of the European Commission, Directorate General XI.
- (234) NOWAK, E., BLAB, J. & BLESS, R. (1994): Rote Liste der gefährdeten Wirbeltiere in Deutschland. - Schriftenr. Landschaftspfl. Naturschutz 42.
- (235) NUSCH, E. (1986): Möglichkeiten und Grenzen der Aussagekraft ökotoxikologischer Tests. - Vom Wasser 67: 213-220.

- (236) OBERDORFER, E. (1992): Süddeutsche Pflanzengesellschaften, Teil I: Fels- und Mauergesellschaften, alpine Fluren, Wasser-, Verlandungs- und Moorgesellschaften. - Jena (Gustav Fischer Verlag).
- (237) OPP, K.-D. (1970): Methodologie in den Sozialwissenschaften. - Hamburg.
- (238) ORGHIDAN, T. (1959): Ein neuer Lebensraum des unterirdischen Wassers: der hyporheische Biotop. - Arch. Hydrobiol. 55: 392-414.
- (239) PALL, K. & JANAUER, G. A. (1998): Total-Inventarisierung der Makrophythenvegetation der österreichischen Donau. - DGL-Tagungsbericht 1997 (Frankfurt/M.), Band I: 411-415.
- (240) PANTLE, R. & BUCK, H. (1955): Die biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse. - GWF Gas- und Wasserfach 96.
- (241) PECHLANER, R. (1986): "Driftfallen" und Hindernisse für die Aufwärtswanderung von wirbellosen Tieren in rhithralen Fließgewässern. - Wasser und Abwasser 30: 431 - 463.
- (242) PECKARSKY, B. L., HORN, S. C. & STATZNER, B. (1990): Stonefly predation along a hydraulic gradient: a field test of the harsh-benign hypothesis. - Freshwater Biology 24: 181-191.
- (243) PEETERS, E. T. H. M., GARDENIERS, J. J. P. & TOLKAMP, H. H. (1994): New methods to assess the ecological status of surface waters in the Netherlands, Part 1: running Waters. - Verh. Intern. Verein. Limnol. 25: 1914-1916.
- (244) PELZ, G. R. (1985): Fischbewegungen über verschiedenartige Fischpässe am Beispiel der Mosel. - Courier Forschungsinstitut Senckenberg 76: 1-190.
- (245) PENNAK, R. W. & WARD, J. V. (1986): Interstitial faunal communities of the hyporheic and adjacent ground water biotopes of a Colorado mountain stream. - Arch. Hydrobiol. Suppl. 74 (Mongr. Beitr. 3): 356-398.
- (246) PETERMEIER, A. & SCHÖLL, F. (1998): Das hyporheische Interstitial der Elbe bei Magdeburg. - DGL-Tagungsbericht 1997 (Frankfurt/M.), Band II: 633-637.
- (247) PETERMEIER, A., SCHÖLL, F. & TITTIZER, T. (1996): Die ökologische und biologische Entwicklung der deutschen Elbe. - Lauterbornia 24: 1-95.
- (248) PLACHTER, H. (1991): Naturschutz (Korrigierter Nachdruck der 1. Auflage). - UTB für Wissenschaft, Stuttgart (Gustav Fischer Verlag).
- (249) PORCHER, J. P. & LARINIER, M. (1992): Conception des projets des passes, suivi des chantiers, coûts, études sur modèles réduits. - Bull. Fr. Pêche Piscic 326-327: 143-150.
- (250) PORCHER, J. P. & TRAVADE, F. (1992): Les dispositifs de franchissement: bases biologiques, limites et rappels réglementaire. - Bull. Fr. Pêche Piscic 326-327: 5-14.
- (251) PORCHER, J. P. (1992): Les passes a anguilles. - Bull. Fr. Pêche Piscic 326-327: 134-142.
- (252) PREUSS, G. (1980): Voraussetzungen und Möglichkeiten für Hilfsmaßnahmen zur Erhaltung und Förderung von Stechimmen in der Bundesrepublik Deutschland. - Natur und Landschaft 55: 20-26.
- (253) QUAST, J., RITZMANN, A., THIELE, V. & TRÄBING, K. unter Mitarbeit von ADAM, B., BERLIN, A., KRÜGER, F., LABATZKI, P., LACHMUND, C., MEHL, D., MITTELSTÄDT, P., SCHWEWERS, U., STEIDL, J. & TROST, G. (1997): Ökologische Durchgängigkeit kleiner Fließgewässer - Biologische und ingenieurwissenschaftliche Grundlagen für nachhaltig wirkende Fischaufstiegsanlagen. - Handbuch Angewandte Limnologie - 4. Erg.Lfg. 11/97, Landsberg (ecomod): 1-58.
- (254) RAWAT, J. S. (1987): Modelling of water and sediment budget: concepts and strategies. - Catena Supplement 10: 147-159.

- (255) RAWER-JOST, C., MÜLLER, A., BÖHMER, J., KAPPUS, B., JANSEN, W. & RAHMANN, H. (1995): Untersuchungen zur Durchgängigkeit von Aufstiegshilfen für Wirbellose und Fische (Erste Ergebnisse). - DGL Deutsche Gesellschaft für Limnologie: Erweiterte Zusammenfassung der Jahrestagung 1994 in Hamburg, Band II: 457-461.
- (256) REICHHOLF, J. (1976): Zur Wiedereinbürgerung des Bibers (*Castor fiber* L.). - *Natur und Landschaft* 51: 41-44.
- (257) REINHOLD, M. & TITTIZER, T. (1996): Der Einfluß von Düchern und Durchlässen auf das Makrozoobenthos kanalkreuzender Fließgewässer. - DGL-Tagungsbericht 1995 (Berlin), Band II: 602-603.
- (258) REINHOLD, M. & TITTIZER, T. (1997): Zur Rolle von Schiffen als Vektoren beim Faunenaustausch Rhein/Main/Main-Donau-Kanal/Donau. - *DGM* 41 (5): 199-205.
- (259) REUTHER, C. (1980): Der Fischotter *Lutra lutra* L. in Niedersachsen. Historische Entwicklung und derzeitige Situation der Verbreitung und des Bestandes, Rückgangsursachen und Schutzmöglichkeiten. - *Naturschutz und Landschaftspflege in Niedersachsen* 11.
- (260) RHODE, B. (1982): Die Bodenfauna der Watten in der Emsmündung von Papenburg bis Emden. - *Veröffentlichungen der Forschungsstelle für Insel- und Küstenschutz* 32: 99-118.
- (261) RIECKEN, U. & BLAB, J. (1989): Biotope der Tiere in Mitteleuropa. - *Naturschutz aktuell* 7.- Greven (Kilda-Verlag).
- (262) RIECKEN, U. (1994): Stellenwert und Bedeutung biologischer Beiträge in der Landschaftsplanung. - *NNA-Berichte* 1/94: 4-11.
- (263) RÜTTEN, M. (1994): Der Einfluß der Schifffahrt auf das Makrozoobenthos - vergleichende Betrachtung der Uferbiozönosen des Dortmund-Ems-Kanals in Abschnitten mit und ohne Schifffahrt. - *Wiss. Mitt. Niederösterreich. Landesmuseum* 8: 243-255.
- (264) SCHAGERL, M. & RIEDLER, P. (1998): Phytoplanktonentwicklung und Primärproduktion im Donauauensystem Regelsbrunn (Österreich). - DGL-Tagungsbericht 1997 (Frankfurt/M.), Band II: 564-568.
- (265) SCHERLE, J. (1999): Entwicklung naturnaher Gewässerstrukturen - Grundlagen, Leitbilder, Planung. - *Mitteilungen des Institutes für Wasserwirtschaft und Kulturtechnik der Universität Karlsruhe (TH)* H. 199
- (266) SCHERNER, E. R. (1994): Realität oder Realsatire der „Bewertung“ von Organismen und Flächen. - *NNA-Berichte* 1/94: 50-67.
- (267) SCHIRMER, M. (1994): Ökologische Konsequenzen des Ausbaus der Ästuarie von Elbe und Weser, in LOZAN, J. L., RACHOR, E., REISE, K., VON WESTERNHAGEN, H. & LENZ, W. [Hrsg.]: *Warnsignale aus dem Wattenmeer*. - Berlin (Blackwell Wissenschafts-Verlag), 164-171.
- (268) SCHLEUTER, A. & TITTIZER, T. (1988): Die Makroinvertebratenbesiedlung des Mains in Abhängigkeit von der Gewässertiefe und der Korngröße des Substrates. - *Arch. Hydrobiol.* 113 (1): 133-151.
- (269) SCHLEUTER, M. (1996): Das Makrozoobenthos der Mosel als Indikator für die ökologische Situation. - DGL-Tagungsbericht 1995 (Berlin), Band II: 612-616.
- (270) SCHLÜPMANN, M. (1988): Bioökologische Bewertungskriterien für die Landschaftsplanung. - *Natur und Landschaft* 63: 155-159.
- (271) SCHMIDT, I. (1990): Untersuchungen über das Phytoplankton der Unterwarnow 1979/1980. - *Limnologica* 20 (1): 165-182.

- (272) SCHMITZ, E. (1998): Bericht des Umweltbundesamtes zum Sachstand der Bewertungsverfahren im Gewässerbereich. - Internes Arbeitspapier 3. Arbeitsgruppensitzung BMU/BfN/UBA am 18.5.1998.
- (273) SCHNITTLER, M., LUDWIG, G., PRETSCHER, P. & BOYE, P. (1994): Konzeption der Roten Listen der in Deutschland gefährdeten Tier- und Pflanzenarten - unter Berücksichtigung der neuen internationalen Kategorien. - *Natur und Landschaft* 69 (10): 451-459.
- (274) SCHÖLL, F. & HAYBACH, A. (2000): Der Potamon-Typie-Index – ein indikatives Verfahren zur ökologischen Bewertung großer Fließgewässer. – *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung* 44 (in Druck)
- (275) SCHÖLL, F., BECKER, C. & TITTIZER, T. (1995a): Das Makrozoobenthos des schiffbaren Rheins von Basel bis Emmerich 1986-1995. - *Lauterbornia* 21: 115-137.
- (276) SCHÖLL, F., BEHRING, E. & WANITSCHKE, M. (1995b): Die Elbe - ökologischer Zustand und Sanierungsmöglichkeiten. - Faunistische Bestandsaufnahme an der Elbsohle zur ökologischen Zustandsbeschreibung der Elbe und Konzeption von Sanierungsmaßnahmen. - Forschungsbericht 102 04 254, UBA-FB 95-052, UBA-Texte 64/95.
- (277) SCHOLLE, J. & SCHUCHARDT, B. (1996): Nebenflüsse - ihre Bedeutung für die Regeneration der Biozönose des Hauptgewässers, in LOZAN J. L. & KAUSCH, H. [Hrsg.]: Warnsignale aus Flüssen und Ästuaren. - Berlin (Paul Parey Buchverlag), 267-273.
- (278) SCHÖNBORN, W. (1992): Fließgewässerbiologie. - Stuttgart (Gustav Fischer Verlag).
- (279) SCHREINER, J. (1994): Die Flächenbewertung im Naturschutz auf der Basis von Bestandsaufnahmen von Pflanzen und Tieren und ihrer Lebensräume. - *NNA-Berichte* 1/94: 90-105.
- (280) SCHUBERT, R., HILBIG, W. & KLOTZ, S. (1995): Bestimmungsbuch der Pflanzengesellschaften Mittel- und Nordostdeutschlands. - Jena, Stuttgart (Gustav Fischer Verlag).
- (281) SCHUHMACHER, A. (1961): Die biologischen Verhältnisse in Nebenflüssen der Unterelbe. - *Archiv für Hydrobiologie, Supplement* 26 (1): 185-219.
- (282) SCHUMANN, D. (1968): Zur Definition, Verbreitung und Entstehung der Binnenentwässerungsgebiete. - *Geograph. Ber.* 46/1: 22–32.
- (283) SCHÜTZ, W. (1993): Verbreitung und floristisch-ökologische Zonierung der Wasserpflanzen in der badischen Oberrheinaue nach dem Bau des Rheinseitenkanals. - *Berichte des Instituts für Landschafts- und Pflanzenökologie der Universität Hohenheim* 2: 139-158.
- (284) SCHÜTZ, W. (1996): Veränderungen der makrophytischen Vegetation der badischen Oberrheinaue nach dem Bau des Rheinseitenkanals. - *DGL-Tagungsbericht 1995 (Berlin), Band II*: 699-703.
- (285) SCHWAIGER, J., KÖHLER, H.-R., TRIEBSKORN, R. & NEGELE, R. D. (1998): Möglichkeiten der ökotoxikologischen Diagnostik, in: *Integrierte ökologische Gewässerbewertung: Inhalte und Möglichkeiten*. - Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft [Hrsg.]. - München, Wien (Oldenbourg), 586-591.
- (286) SCHWARZ, U. (1996): Abundanzdynamik von *Gammarus tigrinus* und *Corophium curvisinuum* (Crustacea, Amphipoda) in der Flußaue des Unteren Odertales. - *DGL-Tagungsbericht 1995 (Berlin), Band II*: 704-708.
- (287) SCHWERDTFEGGER, F. (1975): *Synökologie. Struktur, Funktion und Produktivität mehrartiger Tiergemeinschaften mit einem Anhang: Mensch und Tiergemeinschaft*. - Hamburg, Berlin (Paul Parey Verlag).
- (288) SCHWERDTFEGGER, F. (1977): *Autökologie. Die Beziehungen zwischen Tier und Umwelt*. - Hamburg, Berlin (Paul Parey Verlag).

- (289) SCHWERDTFEGER, F. (1979): Demökologie. Struktur und Dynamik tierischer Populationen. - Hamburg, Berlin (Paul Parey Verlag).
- (290) SCHWOERBEL, J. (1961): Über die Lebensbedingungen und die Besiedlung des hyporheischen Lebensraumes. - Arch. Hydrobiol. Suppl. 25: 182-214.
- (291) SCHWOERBEL, J. (1964). Die Bedeutung des Hyporheals für die benthische Lebensgemeinschaft der Fließgewässer. - Verh. Internat. Verein. Limnol. XV: 215-226.
- (292) SCHWOERBEL, J. (1967): Das hyporheische Interstitial als Grenzbiotop zwischen oberirdischem und subterranem Ökosystem und seine Bedeutung für die Primär-Evolution von Kleinsthöhlenbewohnern. - Archiv für Hydrobiologie (Suppl.) 33: 1-62.
- (293) SCHWOERBEL, J. (1993): Einführung in die Limnologie. - Stuttgart, Jena (Gustav Fischer Verlag).
- (294) SCHWOERBEL, J. (1994): Trophische Interaktionen in Fließgewässern. - Limnologica 24 (3): 185-194.
- (295) SEELER, T. (1935): Über eine qualitative Untersuchung der deutschen Ströme unter besonderer Berücksichtigung der Einwirkung von Abwässern und der Vorgänge der biologischen Selbstreinigung. - Archiv für Hydrobiologie 28: 323-356.
- (296) SHIELDS, F. D., Jr., KNIGHT, S. S. & COOPER, C. M. (1994): Effects of Channel Incision on Base Flow Stream Habitats and Fishes. - Environmental Management 18 (1): 43-57.
- (297) SLADECEK, V. (1961): Zur biologischen Gliederung der höheren Saprobitätsstufen. - Arch. Hydrobiol. 58: 103-121.
- (298) SLADECEK, V. (1962): Classification of waste waters from the biological point of view. - Vodni hospodarstvi 12: 197-199.
- (299) SLADECEK, V. (1973): System of water quality from the biological point of view. - Arch. Hydrobiol., Beih. Erg. Limnol. 7: 1-218.
- (300) SLADECEK, V. (1986): Diatoms as indicators of organic pollution. - Acta Hydrochim. Hydrobiol. 14: 555-566.
- (301) SÖFFKER, K. (1982): Die eulitorale Bodenfauna der Unterweser zwischen Bremerhaven und Bremen. - Veröffentlichungen der Forschungsstelle für Insel- und Küstenschutz 33: 105-138.
- (302) SOMMER, M. (1999): Strukturgütekartierung großer Flüsse und Ströme. - BfG Koblenz, mdl. Mitteilung.
- (303) SRAMEK-HUSEK, R. (1956): Zur biologischen Charakteristik der höheren Saprobitätsstufen. - Arch. Hydrobiol. 51: 376-390.
- (304) STAHL, R. (1913): Aufbau, Entstehung und Geschichte mecklenburgischer Torfmoore. - Mitteilungen aus der Großherzoglich-Mecklenburgischen Geologischen Landesanstalt XXIV: 6-16.
- (305) STATZNER, B. & HIGLER, B. (1986): Stream hydraulics as a major determinant of benthic invertebrate zonation patterns. - Freshwater Biology 16: 127-139.
- (306) STATZNER, B. & MÜLLER, R. (1989): Standard hemispheres as indicators of flow characteristics in lotic benthos research. - Freshwater Biology 21: 445-459.
- (307) STATZNER, B. (1979): Der Obere und Untere Schierenseebach (Schleswig-Holstein). Strukturen und Funktionen in zwei norddeutschen See-Ausfluß-Systemen, unter besonderer Berücksichtigung der Makroinvertebraten. - Diss. Universität Kiel.
- (308) STATZNER, B., GORE, J. A. & RESH, V. H. (1988): Hydraulic stream ecology: observed patterns and potential applications. - Journal of the North American Benthological Society 7: 307-360.

- (309) STATZNER, B., KOHMANN, F. & HILDREW, A. G. (1991): Calibration of FST-hemispheres against bottom shear stress in a laboratory flume. - *Freshwater Biology* 26: 227-231.
- (310) STEFKOVA, E. (1998): Chlorophytes and the chlorophyll-a content in some side arms of the Danube river in Slovakia. - *Biologia* 53 (4): 503-508.
- (311) STEINMÜLLER, A. (1987): Zu den vom Menschen beeinflussten junghistorischen fluviatilen Vorgängen unter besonderer Berücksichtigung des Flußgebietes der Saale. - *PGM* 2/87: 125-131.
- (312) STRAUTZ, W. (1962): Auelehmbildung und -gliederung im Weser- und Leinetal mit vergleichenden Zeitbestimmungen aus dem Flußgebiet der Elbe - ein Beitrag zur Landschaftsgeschichte der nordwestdeutschen Flußauen. - *Beitr. z. Landespflege*, 1 (Festschr. WIEPKING): 273-314.
- (313) SUCCOW, M. (1988a): Landschaftsökologische Moorkunde. - Berlin, Stuttgart (Gebrüder Borntraeger).
- (314) SUCCOW, M. (1988b): Landschaftsökologische Moorkunde. - Jena (Gustav Fischer Verlag).
- (315) SUKOPP, H. & MARKSTEIN, B. (1989): Die Vegetation der Berliner Havel. Bestandsveränderungen 1962-1987. - *Landschaftsentwicklung und Umweltforschung, Schriftenreihe des Fachbereichs Landschaftsentwicklung der TU Berlin* 64.
- (316) TÄUSCHER, L. (1996): Hydrobotanische Untersuchungen an und in Gewässern von Berlin und Brandenburg. Seltene und gefährdete Wasser- und Sumpfpflanzengesellschaften der Brandenburgischen Elbtalau. - *Verhandlungen des Botanischen Vereins Berlin Brandenburg* 129: 141-149.
- (317) THIELE, V. & CÖSTER, I. (1999): Zur Kenntnis der Schmetterlingsfauna verschiedener Flußaltypen in Mecklenburg-Vorpommern (Lepidoptera). I. Untersuchungsräume und ihr Artenspektrum. - *Entomol. Nachr. Ber.* 43/2: 87-99.
- (318) THIELE, V. (1994): Ein Verfahren für die ökologische Bewertung nordostdeutscher Fließgewässer und deren Niederungsbereiche unter besonderer Berücksichtigung der Entomofauna. - *Tagungsband: Auenkonzepte und Fließgewässerrenaturierung in Europa*, Bad Blankenberg, 23.-25. März 1994.
- (319) THIELE, V. (1995): Ökologische Bewertung von Niederungsbereichen an der Nebel mit unterschiedlicher naturräumlicher Ausprägung unter Nutzung von Schmetterlingen als Bioindikatoren (Lepidoptera), in: Mehl, D. & Thiele, V. [Hrsg.]: Ein Verfahren zur Bewertung nordostdeutscher Fließgewässer und deren Niederungen unter besonderer Berücksichtigung der Entomofauna. - *Nachrichten des entomologischen Vereins Apollo (Frankfurt/Main)*, Supplement 15: 101-122.
- (320) THIELE, V., BERLIN, A., THAMM, U., MEHL, D. & ROLLWITZ, W. (1994a): Die Bedeutung von ausgewählten Insektengruppen für die ökologische Bewertung von nordostdeutschen Fließgewässern und deren Niederungsbereichen (Lepidoptera, Odonata, Trichoptera). - *Nachr. entmol. Ver. Apollo (Frankfurt/M.)* 14: 385 - 406.
- (321) THIELE, V., MEHL, D. & BERLIN, A. (1994b): Ansätze für ein Bewertungsverfahren für die Fließgewässer und Niederungen im Einzugsgebiet der Warnow unter besonderer Berücksichtigung der Entomofauna. - *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 101: 599 - 614.
- (322) THIELE, V., MEHL, D., BERLIN, A. & HUIJSSOON, L. (1998): Untersuchungen zum Gegenstromwanderungsverhalten aquatischer und zum Gegenstromflug merolimnischer Evertabraten im Bereich von Fischaufstiegsanlagen in Mecklenburg-Vorpommern. - *Limnologica* 28 (2): 167-182.
- (323) THIELE, V., MEHL, D., BERLIN, A. & THAMM, U. (1994c): Schmetterlinge, Köcherfliegen und Libellen - Bioindikatoren für den ökologischen Zustand von Niederungsbereichen der Nebel - Kreis Güstrow, Mecklenburg-Vorpommern - (Lepidoptera, Trichoptera, Odonata). - *Mitt. Dtsch. Ges. Allg. Angew. Ent.* 9: 1-4.

- (324) THIELE, V., MEHL, D., BERLIN, A., VON WEBER, M. & BÖRNER, R. (1996): Ein Verfahren zur ökologischen Bewertung von rückgestauten Fließgewässerbereichen und deren Niederungen im nordostdeutschen Tiefland. - *Limnologica* 26 (4): 361 - 374.
- (325) THIENEMANN, A. (1939): Grundzüge einer allgemeinen Ökologie. - *Arch. f. Hydrobiol.* 35: 267–285.
- (326) THIENEMANN, A. (1950): Verbreitungsgeschichte der Süßwassertierwelt Europas. Versuch einer historischen Tiergeographie der europäischen Binnengewässer. - *Die Binnengewässer XVIII*, Stuttgart (E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung).
- (327) TISCHLER, W. (1990): Ökologie der Lebensräume. - Stuttgart (Gustav Fischer Verlag).
- (328) TITTIZER, T. & BANNING, M. (1992): Über den ökologischen Wert von Schiffahrtskanälen, erläutert am Beispiel des Main-Donau-Kanals?, in: FRIEDRICH, G. & LACOMBE, J. [Hrsg.]: Ökologische Bewertung von Fließgewässern. - *Limnologie aktuell* 3, Stuttgart, New York (Fischer), 379-392.
- (329) TITTIZER, T. & KOTHÉ, P. (1983): Zum Besiedlungsverhalten von im Wasserbau verwendeten Verklammerungssubstanzen. - *DGM* 27 (4): 110-113.
- (330) TITTIZER, T. & KREBS, F. [Hrsg.] (1996): Ökosystemforschung: Der Rhein und seine Auen. - Berlin, Heidelberg (Springer Verlag).
- (331) TITTIZER, T. & SCHÖLL, F. (1993): Leben an der Stromsohle des Rheins. - *Biologie in unserer Zeit* 23 (4): 248-253.
- (332) TITTIZER, T. (1976): Comparison of biological-ecological procedures for assessment of water quality, in: *Principals and methods for determining ecological criteria on hydrobiocenoses*. - Oxford, New York, Paris, Frankfurt/M. (Pergamon Press): 402-463.
- (333) TITTIZER, T. (1990): Über den Einfluß hydrodynamischer und gewässermorphologischer Faktoren auf das Makrozoobenthos der Donau und ihrer Nebenflüsse. - *Limnologische Berichte der 28. Tagung der IAD*, Sofia, 79-89.
- (334) TITTIZER, T. (1996): Faunenaustausch zwischen Main und Donau über den Main-Donau-Kanal mit besonderer Berücksichtigung der Neozoen, in: *Faunen- und Florenveränderungen durch Gewässerausbau - Neozoen und Neophyten*. - UBA-Texte 74/96: 67-75.
- (335) TITTIZER, T. (1997): Ausbreitung aquatischer Neozoen (Makrozoobenthos) in den europäischen Wasserstraßen, erläutert am Beispiel des Main-Donau-Kanals. - *Schriftenreihe des Bundesamtes für Wasserwirtschaft* 4: 113-134.
- (336) TITTIZER, T., KREBS, F., ZIMMER, M., DOMMERMUTH, M. & BÄTKE, J. (1995a): Erarbeitung einer Konzeption für ein langfristiges ökologisches Beobachtungssystem des Rheins. 1. Literaturstudie. Zusammenfassung der Ergebnisse und Schlußfolgerungen. - *Forschungsbericht* 109 02 041, UBA-Texte 30/95.
- (337) TITTIZER, T., LEUCHS, H. & BANNING, M. (1990): Einfluß der Mindestströmgeschwindigkeit auf das Makrozoobenthos der Donau. - *Limnologische Berichte der 28. Tagung der IAD*, Sofia, 140-144.
- (338) TITTIZER, T., LEUCHS, H. & BANNING, M. (1995b): The consequences of river impoundments for the macrozoobenthos - demonstrated at the example of the River Danube in Germany. - *Miscnea zool. hung.* 10: 73-84.
- (339) TITTIZER, T., SCHLEUTER, A. & SCHLEUTER, M. (1989): Untersuchung zur Wiederbesiedlung vertiefter Sohlenbereiche des Mains. - *Mitteilungen I/98 sowie Erweiterte Zusammenfassungen der Jahrestagung 1988 der Deutschen Gesellschaft für Limnologie e.V. (DGL)*, 165-172.

- (340) TITTIZER, T., SCHÖLL, F., DOMMERMUTH, M., BÄTKE, J. & ZIMMER, M. (1991): Zur Bestandsentwicklung des Zoobenthos des Rheins im Verlauf der letzten 9 Jahrzehnte. - Wasser und Abwasser 35: 125-166.
- (341) TITTIZIER, T. & SCHLEUTER, A. (1986): Eine neue Technik zur Entnahme quantitativer Makrozoobenthos-Proben aus Sedimenten größerer Flüsse und Ströme. - Erläutert am Beispiel einer faunistischen Bestandsaufnahme am Main. - DGM 30: 147-149.
- (342) TITTIZIER, T. & SCHLEUTER, M. (1991): Über die Auswirkung der Schifffahrt auf die biologischen Verhältnisse in den Buhnenfeldern. - Limnologische Berichte der 29. Tagung der IAD, Kiew 1991.
- (343) TOLKAMP, H. H. (1985): Using several indices for biological assessment of water quality in running water. - Verh. Intern. Verein. Limnol. 22: 2281-2286.
- (344) TOLKAMP, H. H., GERDENIERS, J. J. P. & PEETERS, T. H. M. (1992): Entwicklung der ökologischen Gütebeurteilung aus der biologischen Gewässergütebeurteilung in den Niederlanden, in: FRIEDRICH, G. & LACOMBE, J. [Hrsg.]: Ökologische Bewertung von Fließgewässern. - Limnologie aktuell 3, Stuttgart, New York (Gustav Fischer Verlag), 79-96.
- (345) TRAUTNER, J. (1994): Zielformulierung und Erfolgskontrolle für die Belange des Artenschutzes bei Planungen in Auen - am Beispiel der Laufkäfer (Col.; Carabidae), in BERNHARDT, K.-G. [Hrsg.]: Revitalisierung einer Flußlandschaft. - Initiativen zum Umweltschutz 1, Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Osnabrück (Zeller Verlag), 289-303.
- (346) TRAVADE, F. & LARINIER, M. (1992a): Ecluses et ascenseurs a poissons. - Bull. Fr. Pêche Piscic 326-327: 95-110.
- (347) TRAVADE, F. & LARINIER, M. (1992b): La migration de dévalaison: problèmes et dispositifs. - Bull. Fr. Pêche Piscic 326-327: 165-176.
- (348) TRAVADE, F. & LARINIER, M. (1992c): Les techniques de contrôle des passes a poissons. - Bull. Fr. Pêche Piscic 326-327: 151-164.
- (349) TREMP, H. & KOHLER, A. (1991a): Passives Monitoring mit Wassermoosen zur Überwachung der Versauerungsdynamik in pufferschwachen Fließgewässern - erste Ergebnisse. - Verh. Ges. Ökol. 20: 529-535.
- (350) TREMP, H. & KOHLER, A. (1991b): Die Auswirkungen von Säure- und Aluminiumbelastungen auf submerse Makrophyten. - Verh. Ges. Ökol. 20: 569-573.
- (351) UHLMANN, D. (1988): Hydrobiologie. Ein Grundriß für Ingenieure und Naturwissenschaftler. - Jena (Gustav Fischer Verlag).
- (352) VANNOTE, R. L., MINSHALL, G. W., CUMMINS, K. W., SEDELL, J. R. & CUSHING, E. (1980): The River Continuum Concept. - Can. J. Fish. Aquat. Sci. 37: 130-137.
- (353) VERNEAUX, J. & TUFFERY, G. (1967): Une méthode zoologique pratique de détermination de la qualité biologique des eaux courantes - Indices biotiques. - Ann. Sci. Univ. Besancon 3: 79-90.
- (354) VETTER, L., SCHRÖDER, W. & FRÄNZLE, O. (1986): Wissenschaftliche Aspekte der Hypothesengewinnung und -operationalisierung in der Geographie. - Kieler Geographische Schriften 64: 1-18.
- (355) WALLACE, J. B. & BENKE, A. C. (1984): Quantification of wood habitat in subtropical coastal plain stream. - Can. J. Fish. Aquat. Sci. 41: 1643-1652.
- (356) WARD, J. V. (1989): The four-dimensional nature of lotic ecosystems. J. N. Am. Benthol. Soc. 8: 2-8.
- (357) WARD, J. V. (1997): An Expansive Perspective of Riverine Landscapes: Pattern and Process Across Scales. - GAIA 6/1: 52-60.

- (358) WATERS, T. F. (1972): The drift of stream insects. - *Ann. Rev. Ent.* 17: 253-272.
- (359) WEIGER, H. (1993): Zum geplanten Ausbau der unteren deutschen Donau. - *Natur und Landschaft* 68: 165-173.
- (360) WEISS, F. H. (1988): Flußbetteintiefungen unterhalb von Stauanlagen - Untersuchungsmethoden und Möglichkeiten der Sanierung. - *Wasser + Boden* 3: 136-142.
- (361) WIEGLEB, G. (1981): Application of multiple discriminant analysis on the analysis of the correlation between macrophyte vegetation and water quality in running waters of central Europe. - *Hydrobiologia* 79: 91-100.
- (362) WILDHAGEN, H. & MEYER, B. (1972): Holozäne Boden-Entwicklung, Sediment-Bildung und Geomorphogenese im Flußauenbereich des Göttinger Leinetal-Grabens - Teil 1: Spätglazial und Holozän bis zum Beginn der eisenzeitlichen Auenlehmlagerungen - Teil 2: Die Auenlehmdicken des Subatlantikums. - *Gött. Bodenkundl. Ber.* 21: 1-75 u. 77-158.
- (363) WILLIAMS, D. D. & MOORE, K. A. (1985): The role of epilithon in substrate selection by stream invertebrates. - *Arch. Hydrobiol.* 105: 105-115.
- (364) WOODIWISS, F. S. (1964): The biological system of stream classification used by the Trent River Board. - *Chemistry and Industry* 14: 443-477.
- (365) WRIGHT, J. F. (1978): Seasonal and between year variation in the chironomid larvae of a chalk stream. - *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 20: 2647-2651.
- (366) WRIGHT, J. F. (1995): Development and use of a system for predicting the macroinvertebrate fauna in flowing waters. - *Aust. J. Ecol.* 20: 181-197.
- (367) WRRL (2000): Richtlinie 86/280/EWG des Rates zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik. - *Vordokument 6173/99 ENV 50 PRO-COOP* 31.
- (368) ZEH, M. (1993): Reproduktion und Bewegungen einiger ausgewählter Fischarten in einer Staustufe des Hochrheins. - *Diss., Eidgenössische Technische Hochschule Zürich.*
- (369) ZEIDLER, A., COLLING, M. & BURKL, G. (1998): Indikator-Parameter zur integrierten Augewässerbewertung: Ergebnisse der faunistischen Erhebungen. - *DGL-Tagungsbericht 1997 (Frankfurt/M.), Band II: 739-743.*
- (370) ZELINKA, M. & MARVAN, P. (1961): Zur Präzisierung der biologischen Klassifikation der Reinheit fließender Gewässer. - *Arch. Hydrobiol.* 57: 389-407.
- (371) ZETTLER, M. (1995): Erstnachweis von *Gammarus tigrinus* Sexton, 1939 (Crustacea: Amphipoda) in der Darß-Zingster-Boddenkette und seine derzeitige Verbreitung an der deutschen Ostseeküste. - *Arch. Freunde Naturg. Mecklenburg.* XXXIV: 137-140.
- (372) ZETTLER, M. (1996): Untersuchungen zur Verbreitung der Amphipoden (Crustacea) in Fließgewässern Mecklenburg-Vorpommerns. - *Arch. Freunde Naturg. Mecklenburg.* XXXV: 70-77.
- (373) ZIMKA, J. & STACHURSKI, A. (1976): Vegetation as modifier of carbon and nitrogen transfer to soil in various types of forest ecosystems. - *Ecol. pol.* 24: 493-514.
- (374) ZIMMERMANN, P. (1961): Experimentelle Untersuchungen über den Einfluß der Strömungsgeschwindigkeit auf die Fließwasserbiozönosen. - *Verh. int. Ver. Limnol.* 14: 396-399.



SCHIFFFAHRT

AUF DEUTSCHEN BINNENWASSERSTRASSEN

**- STAND, VERKEHRSBEDeutung,
ENTWICKLUNGSBEDARF, ENTWICKLUNGSPOTENTIAL -**

HORST LINDE – TU BERLIN / INSTITUT FÜR SCHIFFS- UND MEERESTECHNIK

Beitrag zum F+E-Vorhaben
im Auftrag des Umweltbundesamtes
- FKZ 298 85 106 -

UMWELTORIENTIERTE BEWERTUNG VON BUNDESWASSERSTRASSENPLANUNGEN

ABSCHLUSSBERICHT

BERLIN, DEZEMBER 1999



1 EINFÜHRUNG

1.1 VORBEMERKUNG / AUFGABESTELLUNG

Heutige und zukünftige Planungen zum Ausbau schiffbarer Binnenwasserstraßen - mit dem Ziel weiter gesteigerter Leistungsfähigkeit und Effizienz des Verkehrsträgers Binnenschifffahrt - sind zweifellos immer auch unter dem Blickwinkel möglicher Umweltauswirkungen zu sehen. Eine umweltorientierte Bewertung derartiger Planungen ist daher im Prinzip notwendig. Sofern quantitativ aussagefähige, objektive Methoden hierfür noch nicht in hinreichendem Ausmaß vorliegen, sind Aktivitäten zur gezielten Verbesserung methodischer Grundlagen grundsätzlich zu begrüßen. Die Binnenschifffahrt, ungeachtet ihres Anspruches, als ein umweltfreundliches Verkehrsmittel gelten zu können, sollte sich dem nicht verschließen und steht für eine auch umweltorientierte Erörterung aktueller Verkehrsprobleme zur Verfügung.

Ausgehend von der Grundposition, dass auf natürlichen Binnenwasserstraßen hinreichender Größe Schifffahrt in der Regel möglich ist und dass, abgesehen von extrem ungünstigen geographischen Bedingungen, künstliche Wasserstraßen für Schifffahrtzwecke angelegt werden können, und begleitend zur beabsichtigten, vom Umweltbundesamt initiierten Weiterentwicklung von Methoden zur umweltorientierten Bewertung von Ausbaumaßnahmen im Bereich der deutschen Bundeswasserstraßen, ist es Ziel der hier folgenden Ausführungen:

- die gesamtwirtschaftliche und gesellschaftliche Relevanz des Verkehrsträgers *Binnenschifffahrt* in Deutschland, in europäischem Kontext, in Umrissen darzustellen,
- den derzeitigen Stand und die absehbaren Perspektiven der Schiffbarkeit, der verkehrstechnischen Leistungsfähigkeit und der Verkehrsbelastung der deutschen *Binnenwasserstraßen* deutlich zu machen,
- das Zusammenwirken der Komponenten *Binnenwasserstraße* und *Binnenschiff* innerhalb des Gesamtsystems Binnenschifffahrt, die Abhängigkeit des Binnenschiffs von der Binnenwasserstraße, in wichtigen Grundzügen zu präzisieren,
- vor diesem Hintergrund die verkehrstechnische und verkehrswirtschaftliche Relevanz von Ausbau- und Weiterentwicklungsmaßnahmen darzulegen,
- ebenso die technischen, organisatorischen, operativen, logistischen, unternehmerischen Entwicklungspotentiale der Binnenschifffahrt aus sich selbst heraus, auch unter beschränkten, nicht beliebig erweiterbaren Wasserstraßenbedingungen, herauszustellen,
- somit den mit der Fortentwicklung von Bewertungsmethoden Befassten entsprechende Vorstellungen für eine objektive und unvoreingenommene Beurteilung der Binnenschifffahrt zu vermitteln und erforderliche Grundlageninformationen bereitzustellen.

Die vorgelegte Arbeit ist somit ein Votum für Binnenschifffahrt; sie versucht deutlich zu machen, dass Binnenschifffahrt aus gesamtgesellschaftlicher Sicht positiv zu bewerten ist und dass eine sinnvolle Nutzung und ein maßvoller Ausbau von Binnenwasserstraßen mit Gesichtspunkten des Umweltschutzes in Einklang gebracht werden sollten und können.

1.2 BINNENSCHIFFFAHRT IN DEUTSCHLAND - EINE EINFÜHRENDE ÜBERSICHT

(Historie) Im Zuge einer fortschreitenden, teils auch schubweisen Entwicklung von Wirtschaft, Kultur, Handel und Verkehr wurden in europäischen Ländern wie Deutschland, Frankreich, den Niederlanden, England, Norditalien, Polen, Russland die dort vorhandenen natürlichen Wasserwege relativ früh für Güter- und Personentransporte genutzt; es entstand in diesen Ländern, begünstigt durch natürliche Gegebenheiten, eine Binnenschifffahrt, die früh eine erhebliche Verkehrsbedeutung erlangte. „*Relativ früh*“ meint in diesem Fall die Neuzeit vom 16. bis zum 19. Jahrhundert, einen Zeitraum, in dem brauchbare Landverkehrswege im heutigen Sinn noch nicht oder nur in Anfängen existierten und Berichte über die Mühsal des Reisens über Land - nachzulesen etwa bei Goethe auf dem Weg nach Italien - immer noch weit verbreitet waren. Erste Anfänge der Binnenschifffahrt in Europa und in Asien gehen weit zurück in das Mittelalter, die Frühzeit und die Vor- und Frühgeschichte. Frühe Kulturen an Nil, Euphrat und Tigris oder den großen chinesischen Strömen verstanden die Kunst des Schiffbaus und der Schifffahrt weit vor unserer Zeitrechnung. Jäger und Fischer befuhren den Rhein in der späten Eiszeit, um 10 000 v.Chr., die Römer transportierten hier gewaltige Baumaterialien, von den Nibelungen sagt man, dass sie, vom Niederrhein kommend, den Rhein und die Donau aufwärts zum Land des Königs Etzel reisten, Karl der Große wollte als erster Main und Donau verbinden, im Römischen Reich waren Rhone, Rhein und Donau, ferner auch Seine, Loire und Mosel Hauptstraßen des Verkehrs, und Köln war im Jahr 50 n.Chr. das Zentrum eines bedeutenden Rheinverkehrs. Die große Mengenleistungsfähigkeit des Binnenschiffs - ein Pferd konnte auf der Straße 17 - 20 Zentner bewegen, durch Ziehen eines Binnenschiffs auf einem Kanal aber 600 - 1.500 Zentner - und ebenso die günstigen Transportkosten der Binnenschifffahrt - bei ECKOLDT [1] lässt sich nachlesen, dass sich in der Römerzeit die Kosten für See-, Fluss- und Straßentransport wie 1 : 6 : 70 verhielten - waren offenbar schon in der Frühzeit wichtige Argumente. Dies können hier nur einige kurze historische Anmerkungen zum Entstehen und zur frühen Bedeutung der Binnenschifffahrt sein; ausführliche, äußerst interessante Hinweise finden sich z.B. bei ECKOLDT [1] und SCHÖNKNECHT-GEWIESE [2].

Früh genutzte natürliche Wasserwege in Deutschland und Westeuropa waren zum Teil große Ströme, zu einem erheblichen Teil aber kleinere, bis zum Jahr 1000, bedingt durch günstigere Wasserführung, sogar sehr kleine Flüsse, mit entsprechend geringerer Schiffbarkeit. Schwankende Wasserstände und die Überwindung stärkerer Strömungen, auch die Überwindung künstlich oder auch politisch geschaffener Hindernisse, wie z.B. Mühlenwehre, Zollstellen oder das von Städten ausgeübte Stapelrecht, waren sicher auch in jenen frühen Zeiten Schwierigkeiten. Außerdem waren Wasserstraßennetze lückenhaft, bedingt z.B. durch Wasserscheiden zwischen Flusssystemen (obwohl die oft kritisierte mangelnde Netzbildung von Binnenwasserstraßen oder die effektive regionale Erschließungsfähigkeit z.B. in Deutschland, genauer betrachtet, relativ gut sind, da die Menschen zu allen Zeiten, auch schon sehr früh, dazu neigten, am Wasser zu siedeln, um die Verkehrsmöglichkeiten des Wassers zu nutzen, siehe z.B. die Ursprünge von Städten wie Berlin, Hamburg oder Paris).

So gewann der Bau auch künstlicher Wasserstraßen, in Gestalt von Kanälen, früh an Bedeutung, anscheinend ganz besonders in den Ländern - wie z.B. den oben genannten -, in

denen sich aufgrund vorhandener schiffbarer natürlicher Wasserwege eine positive Einstellung zur Binnenschifffahrt entwickelt hatte (in manchen Fällen, z.B. England, entstanden schließlich mehr künstliche als ursprünglich vorhandene natürliche Wasserwege). Ziel war hierbei zunächst häufig die Verbindung vorhandener natürlicher Wasserwege, u.U. auch unter Überwindung von Höhenunterschieden. Entscheidende Voraussetzung hierfür war die Erfindung des Prinzips der „*Schleuse*“, genauer der nach jeder Seite durch Tore abgesperrten Kammerschleuse (1438, Norditalien). Erste Kanäle, oder z.T. auch „*Kanalisationen*“ von Flüssen, entstanden weit vor Beginn unserer Zeitrechnung im Umfeld von Euphrat, Tigris und Nil sowie in China und entwickelten in den jeweiligen Regionen eine große Bedeutung für den Verkehr von Menschen und Gütern (eine Art Vorläufer des Suez-Kanal soll am Nil zur Zeit Nebudnezars, im 6. Jahrhundert v.Chr., entstanden sein) [1] [2]. Erste Ansätze zur Regulierung von Flüssen, mit dem Ziel der Verbesserung der Schiffbarkeit, z.B. in der Region Euphrat/Tigris, datieren in ähnlich frühe Zeiten.

Als erste mit Schleusen versehene Kanalstrecke in Deutschland wurde schon 1398 die Verbindung Lübeck - Elbe fertiggestellt (Lübeck war im Mittelalter und zur Zeit der Hanse ein bedeutender Ostseehafen). Im besonderen ist es dann die Region Berlin -Brandenburg, in der eine progressive Wasserverkehrspolitik betrieben wird und in der früh Kanäle gebaut werden, als Verbindung und Ergänzung vorhandener natürlicher Wasserwege. Interessant ist auch, dass erste Ansätze zur Stauregulierung der unteren Havel - Schleusen Rathenow und Brandenburg 1548, Spandau 1572 - schon auf das 16. Jahrh. zurückgehen. Zu Fertigstellungsdaten von Kanälen in Berlin und Brandenburg folgende Übersicht (WSA EBERSWALDE [3], siehe auch **Abb. 1**):

- 1555 (ca.) Notte-Kanal (Verbindung Sperenberg - Dahme, erster Kanal in der Mark zur Belieferung Berlins mit Gips)
- 1620 Erster Finowkanal (Verbindung Havel-Oder)
- 1669 Friedrich-Wilhelm-Kanal (Verbindung Spree-Oder)
- 1745 Plauer Kanal (Verbindung Havel-Elbe)
- 1746 Finowkanal
- 1746 Storkower Kanal (Verbindung Dahme-Scharmützelsee)
- 1765 Werbellin-Kanal (Verbindung Finowkanal-Werbellinsee)
- 1788 Ruppiner Kanal
- 1837 Oranienburger Kanal
- 1850 Landwehrkanal
- 1852 Luisenstädtischer Kanal
- 1859 Berlin-Spandauer Schifffahrtskanal
- 1875 Charlottenburger Verbindungskanal
- 1875 Sacrow-Paretzer Kanal
- 1891 Oder-Spree-Kanal
- 1894 Großschifffahrtsweg durch Berlin
- 1906 Teltowkanal
- 1914 Großschifffahrtsweg Berlin-Stettin
- 1936 Durchgehender Großschifffahrtsweg Berlin - Westdeutschland (einschl. Mittellandkanal)

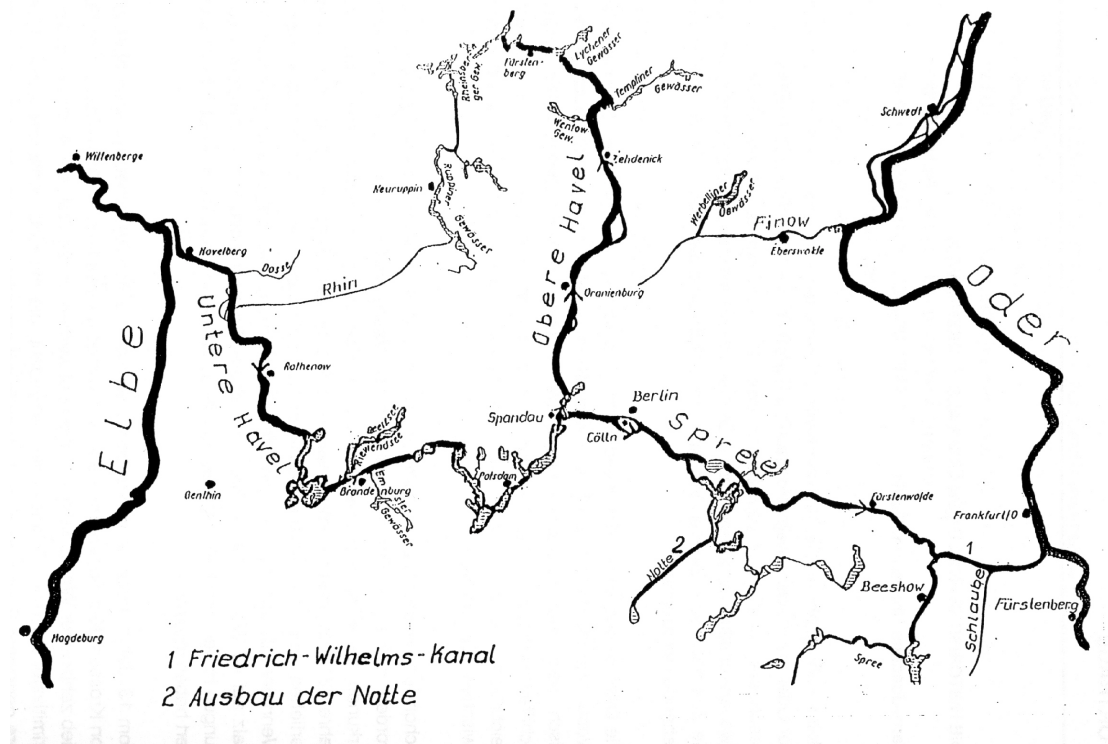


Abb. 1: Historische Wasserstraßen im Raum Berlin / Brandenburg (ca. 1700)

Es sind Beispiele bekannt - z.B. an der Ostküste der USA im Raum Washington, dort wurde im 18. Jahrh. die Überquerung des Randgebirges der Alleghenies versucht -, wo mit sehr klein bemessenen Kanälen geradezu abenteuerliche Höhenunterschiede überbrückt werden sollten.

Letzteres Beispiel macht in extremer Weise deutlich, dass frühe Entwicklungsphasen der Binnenschifffahrt begünstigt wurden durch stark zunehmende Verkehrsbedürfnisse, die von Landverkehrsmitteln nicht, oder noch nicht, bewältigt werden konnten. **Abb. 2** gibt eine Übersicht über die gesamte auf deutschen Binnenwasserstraßen im Jahr 1875 erbrachte Verkehrsleistung [t km]. Es ist erkennbar, dass alle größeren und mittleren Flüsse sowie die inzwischen vorhandenen Kanäle für die Binnenschifffahrt genutzt werden, dass die Dominanz des Rheins zu diesem Zeitpunkt bei weitem noch nicht so gravierend ist, wie dies heute der Fall ist, und dass die Elbe, die Region Berlin/Brandenburg, auch die Wasserwege nach Osten bis zur Weichsel, relativ stark in Erscheinung treten.

Berlin war im späten 19. Und frühen 20. Jahrh. ein Zentrum der deutschen Binnenschifffahrt. Berlin wurde, wie man sagt, „aus dem Kahn erbaut“, d.h. um die Jahrhundertwende, zur Zeit des größten Wachstums der Stadt, wurden riesige Mengen von Ziegeln und anderen Baustoffen per Schiff sehr kostengünstig aus dem Umland in die Stadt gebracht (hier sind schon frühe, durchaus beachtliche schiffstechnische Innovationen zu beobachten, so z.B. über Batterien elektrisch angetriebene Fahrzeuge). Auch die Versorgung der sich rasch vergrößernden Stadt mit Rohstoffen und Produkten des täglichen Bedarfs aus umliegenden Agrarregionen (z.B. Havelland, Spreewald, Oderland, Hinterpommern) erfolgte in



Abb. 2: Verkehrsleistung [t km] auf deutschen Binnenwasserstraßen im Jahr 1875

sehr zuverlässiger und flexibler Weise per Schiff (**Abb. 3**). Auch in der wesentlich älteren und größeren Seine-Metropole Paris spielte in der Vergangenheit die Binnenschifffahrt bei der Versorgung der Bevölkerung eine wichtige Rolle. Ein anderes erwähnenswertes Beispiel ist die oberschlesische Kohle, die gegen Ende des 19. Jahrh., in gesteigertem Ausmaß nach Fertigstellung der Stauregelung der oberen Oder zwischen Gleiwitz / Oberschlesien und Breslau im Jahr 1897, über die Oder und die in Richtung Berlin anschließenden Wasserwege nach Berlin und Ostdeutschland verschifft wurde (1938: 3,9 Mio t). Nicht nur der Rhein, auch die Oder, wie z.B. bei Fontane in seinen *Wanderungen* nachzulesen, ist ein frühes Beispiel für eine hochentwickelte Personenschifffahrt, in Gestalt von auf festen Linien fahrplanmäßig betriebenen Eildampfern.

Die Einführung des Dampfantriebs - nach jahrtausendlang praktizierten Vortriebstechniken wie Staken, Rudern, Treideln, Segeln - war generell ein starker Impuls für die Weiterentwicklung der Binnenschifffahrt in der Neuzeit (1816 erstes Dampfschiff auf dem Rhein). Ein zunächst eher negativer Impuls für die traditionelle Fluss- und Kanalschifffahrt, dann aber auch ein Anreiz für Verbesserungen war das Aufkommen der dampfgetriebenen Eisenbahn (1839 erste größere Strecke in Deutschland: Dresden - Leipzig). Das immer



Abb. 3: Berlin / Friedrich-Karl-Ufer 1905

dichter werdende Bahnnetz zog einen großen Teil des Verkehrs auf kleineren Flüssen und Kanälen an sich. Wie in [1] ausgeführt wird, konnte sich die Schifffahrt dort halten, wo sie mit größeren Schiffen und Einsatz der Schleppschifffahrt seit etwa 1840 ihre Leistungsfähigkeit steigern konnte.

(Status quo) Dies mag zu der grundsätzlicheren Frage führen: Wie stellt sich das Bild des Verkehrsträgers Binnenschifffahrt aus heutiger Sicht, in der Konkurrenz zu real existierenden Landverkehrsträgern, dar: Ist sie ein überkommenes, nicht mehr ganz zeitgemäßes Relikt vergangener Tage, als hinreichend leistungsfähige verkehrstechnische Alternativen noch nicht zur Verfügung standen, oder hat sie eine legitime, wettbewerbsfähige, gesamtwirtschaftlich relevante Position im heutigen Modal Split der Verkehrsträger, und hat sie somit eine Zukunft, über deren Gestaltung man sich noch Gedanken machen sollte?

Die öffentliche Meinung über Binnenschifffahrt in Deutschland - in einem maritimen Fragen gegenüber allgemein eher wenig aufgeschlossenen Land - ist heute indifferent bis negativ („Im Sommer zu wenig Wasser, im Winter zuviel Eis“ - „Zu langsam, terminlich zu unzuverlässig, technologisch zu wenig leistungsfähig, allenfalls für anspruchslose Massengüter geeignet, diese gehören aber auf die Bahn“ - „Durch Ausbau von Binnenwasserstraßen Schädigung von Umwelt und Kulturgütern“). Die Realität entspricht diesen sinngemäß wiedergegebenen Zitaten, diesem pauschalen Negativ-Image aber keinesfalls, sondern erweist sich als weitaus differenzierter, wie im folgenden kurz skizziert werden soll (Zahlenangaben aus BDG / BINNENSCHIFFFAHRT [4]).

**Tab. 1: Gütermengen und Transportleistungen der Verkehrsträger in Deutschland
1995 – 1998 – Quelle: BDB [4]**

	1995	1996	1997	1998	97/98
Gütermenge [Mio t]					
Binnenschifffahrt	237,9	227,0	233,2	234,5	+ 0,5
Bahn	326,6	309,3	316,8	321,3	+ 1,4
Straßenfernverkehr	761,2	813,9	872,3	918,6	+ 5,3
Öl-Pipelines	87,2	89,4	87,4	92,1	+ 5,4
+ <i>Binnenschifffahrt Inland</i>	72,3	66,7	65,0	63,9	- 1,7
+ <i>Binnenschifffahrt grenzüberschreitend</i>	165,6	160,3	168,4	172,4	+ 2,4
- <i>Versand</i>	45,0	48,8	44,7	42,7	- 4,4
- <i>Empfang</i>	101,5	98,3	104,4	108,7	+ 4,1
- <i>Durchgang</i>	19,1	18,3	19,3	21,0	+ 8,8
+ <i>Binnenschifffahrt deutsche Schiffe ges.</i>	99,9	92,7	94,1	95,7	+ 1,8
Transportleistung [Mrd t km]					
Binnenschifffahrt	64,0	61,3	63,0	63,9	+ 1,4
Bahn	69,9	67,7	72,8	75,5	+ 3,7
Straßenfernverkehr	200,3	214,5	232,5	248,0	+ 6,7
Öl-Pipelines	14,9	14,2	13,3	14,2	+ 6,7
+ <i>Binnenschifffahrt Inland</i>	17,2	15,4	14,5	14,4	- 0,5
+ <i>Binnenschifffahrt grenzüberschreitend</i>	46,9	45,9	47,2	49,8	+ 4,6
- <i>Versand</i>	11,4	11,1	11,4	11,2	- 1,9
- <i>Empfang</i>	23,7	23,4	24,3	25,5	+ 4,9
- <i>Durchgang</i>	11,8	11,4	11,9	13,1	+10,2
+ <i>Binnenschifffahrt deutsche Schiffe ges.</i>	25,1	23,1	23,1	24,0	+ 3,7
Transport gesamt	1.412,9	1.439,6	1.509,7	1.566,5	+ 3,8
Transportleistung gesamt	349,1	357,7	381,6	401,6	+ 5,2

In den Jahren 1995 -1998 (**Tab. 1**) wurden in der Bundesrepublik Deutschland, d.h. auf deutschen Binnenwasserstraßen, jeweils zwischen ca. 227 und 238 Mio t Güter transportiert, davon grenzüberschreitend (1995 – 1997) zwischen ca. 160 und 168 Mio t, insgesamt über eine mittlere Transportdistanz von ca. 270 km. Etwa 40 % hiervon (1996, 1997) entfielen auf deutsche Schiffe. In denselben Jahren hatte der gesamte deutsche Güterfernverkehr (ohne internationalen Seeverkehr) Volumina zwischen 1.410 und 1.570 Mio t, dies über eine mittlere Distanz zwischen 247 und 256 km. Dies entspricht einem Mengenanteil zwischen ca. 15 und 17 % bzw. einem Transportleistungsanteil zwischen ca. 16 und 18 % (Anteil

Bahn zwischen ca. 20 und 23 % bzw. zwischen ca. 16 und 18 %; Anteil Straße zwischen ca. 54 und 59 % bzw. zwischen ca. 57 und 62 %).

Die kurzfristige Tendenz der absoluten Mengen und Leistungen der Binnenschifffahrt ist leicht ansteigend (in den jüngsten Eiswintern waren Einbrüche zu verzeichnen; 1995 war in dieser Hinsicht ein vergleichsweise günstiges Jahr), diejenige der Anteile am Modal Split ist eher nur stagnierend oder sogar leicht rückläufig (Tendenz Bahn: absolut inzwischen leicht steigend, relativ aber unverändert rückläufig; Tendenz Straße: Mengen und Leistung absolut weiter stark steigend, auch relativ deutlich steigend). Die längerfristige Tendenz (1950 – 1998) zeigt für die Binnenschifffahrt einen deutlicheren Zuwachs an Verkehrsleistung als für die Bahn, einen allerdings noch weitaus dramatischeren für die Straße. Der relative Marktanteil hat sich bei der Binnenschifffahrt leicht, bei der Bahn drastisch vermindert und bei der Straße wiederum enorm erhöht (**Abb. 4**).

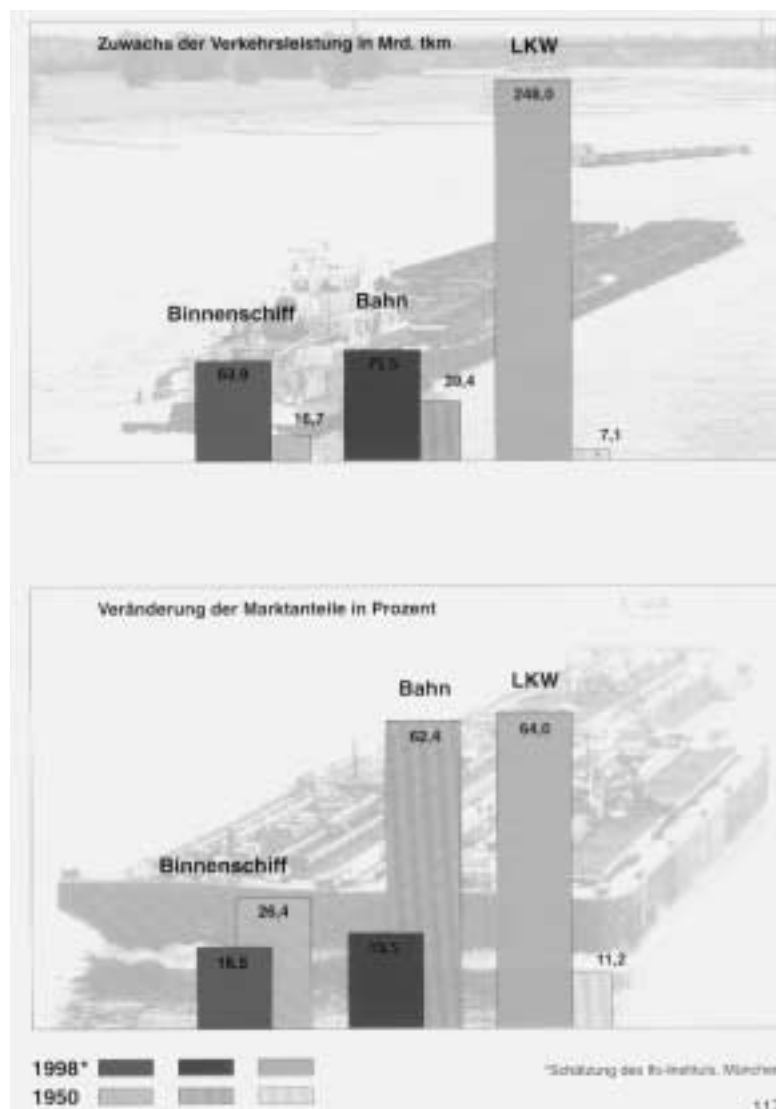


Abb. 4 : Leistungsvergleich im Güterfernverkehr 1950 - 1998

Die anteilige Bedeutung der Binnengüterschifffahrt - diese hier zunächst im Vordergrund der Betrachtung - beläuft sich z.Zt. somit auf die Größenordnung von 20 % (Bahn: gleiche

Größenordnung; Straße: Größenordnung 60 %). Ein absolutes und relatives Wachstum ist erkennbar, bleibt aber (1997, 1998) hinter dem der Bahn noch leicht zurück. Beide werden von dem dreimal so stark anwachsenden Straßenverkehr bei weitem übertroffen. Einem Marktanteil von jeweils 20 % bei zwei Verkehrsträgern muss sicherlich eine erhebliche, weit mehr als marginale gesamtwirtschaftliche Relevanz zugesprochen werden, dies insbesondere aufgrund der dringenden Erwartung, dass das Wachstum des Straßenverkehrs aus vielen Gründen in absehbarer Zeit zurückgedrängt werden müsste, andererseits aber nicht erwartet werden kann, dass dies allein durch Verkehrsvermeidung geschehen wird, sondern dass sich die Frage nach Alternativen zur Straße zunehmend stellt. Die wenigen skizzierten Zahlen zum Status quo des deutschen Güterfernverkehrs lassen unschwer erkennen, dass Bahn und Binnenschifffahrt, mit ihren jeweiligen systemspezifischen Vorteilen und Möglichkeiten, hierfür gleichermaßen benötigt werden (20 %, im Vergleich zu 60 %, sind zuviel, um als marginale Größe abgetan zu werden, und zu wenig, um als substantieller, stabiler, zukunftsfähiger Beitrag gelten zu können; d.h. es müsste etwas zur Steigerung unternommen werden).

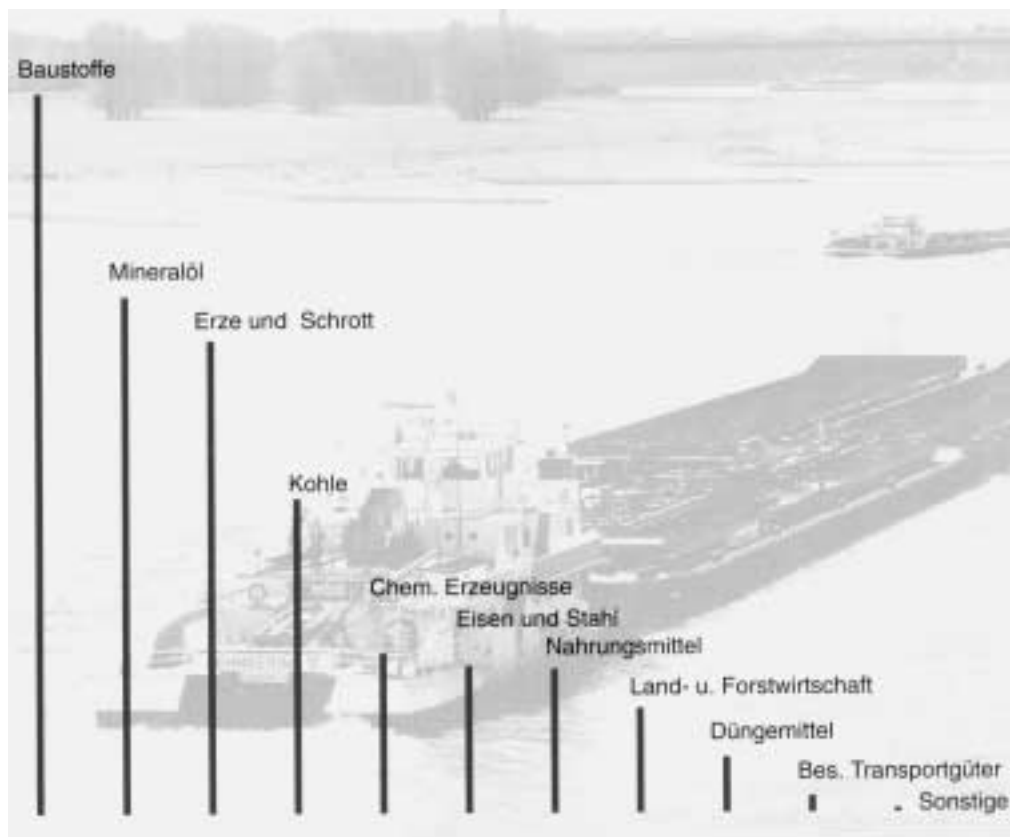


Abb. 5: Die Hauptverkehrsgüter der Binnenschifffahrt in der Bundesrepublik Deutschland

Im Zusammenhang mit der Frage nach dem heutigen Stellenwert von Binnenschifffahrt in Deutschland ist es von Interesse, auch schon kurz auf den Stand binnenschiffsaffiner Hauptgüterarten einzugehen. Nach anfänglich beliebig kleinteiligen, heterogenen Güterstrukturen tendierte die Binnenschifffahrt im frühen und mittleren 20. Jahrh. zunehmend zu homogenen Verschiffungen massenhafter Güter – Rohstoffe und wenig verarbeitete Grundstoffe –, deren Handel sich stark expansiv entwickelte. Sie nahm – gewollt oder ungewollt – die Rolle des Transporteurs *niedrigwertiger*, transporttechnisch eher *anspruchloser* Massengüter an.

Dies ist ohne Zweifel insoweit auch legitim, als die sog. „Massenleistungsfähigkeit“ der Schifffahrt, auch der Binnenschifffahrt, von keinem anderen Verkehrsträger erreicht wird. So sind die heute von der deutschen Binnenschifffahrt transportierten Güter - gerechnet in Gütermasse [t] - zu ca. 80 % dem Massengutbereich zuzurechnen (**Abb. 5**). Auch in absehbarer Zukunft wird die Binnenschifffahrt für Massengutverkehre, insbesondere auch einschließlich der zur Kategorie der Gefahrgüter zu rechnenden Massengüter, zur Verfügung stehen und in hervorragender Weise in Frage kommen; allerdings wird mit einem graduellen Rückgang herkömmlicher Rohstofftransporte, zugunsten weiterverarbeiteter Stoffe, auch z.B. massenhafter Stückgüter anstelle von Massenschüttgütern, gerechnet.



Abb. 6: Containertransport auf deutschen Binnenwasserstraßen

Damit gewinnt die Frage weitergehender transporttechnologischer Leistungsfähigkeit wieder zunehmend an Bedeutung. Historisch, in zeitbezogener Einschätzung, war diese Leistungsfähigkeit, wie schon am Beispiel der Versorgung Berlins festgestellt, zweifellos gegeben. Es wird gezeigt werden können, dass sich die heutige Binnenschifffahrt auf einem interessanten und aussichtsreichen Weg hin zu einer modernen, erhöhten und verbreiterten technologischen Leistungsfähigkeit und Flexibilität befindet. So sind wichtige, schon erfolgreiche Ansätze für den Binnenschiffstransport von Containern (**Abb. 6**), rollenden Gütern, großvolumigen und Schwergütern vorhanden, die, wie näher auszuführen sein wird, nach verbreiteter Einschätzung geeignet sein werden, Verkehrsverlagerungen von der Straße auf das Wasser zu begünstigen und der Binnenschifffahrt zu weiter steigenden Marktanteilen zu verhelfen.

In diesem Zusammenhang ist darauf hinzuweisen, dass ein z.Zt. vorhandener Anteil „besonderer Transportgüter“ (**Abb. 5**) von nicht mehr als 6 % der tatsächlich schon erreichten Bedeutung dieser sich entwickelnden Marktsegmente auch deshalb nicht gerecht wird, da

– die Gütermasse, ausgedrückt in [t], hier nicht die primär relevante Dimension darstellt, sondern dass Volumen - [m³], [TEU] u.ä. - und andererseits der Wert der Güter die transportwirtschaftlich wesentlich aussagefähigeren Messgrößen darstellen.

Die hier einleitend gestellte Frage nach der gesamtwirtschaftlichen Relevanz der heutigen Binnenschifffahrt berührt auch die nicht selten vertretene Auffassung, die deutsche Binnenschifffahrt konzentriere sich im wesentlichen auf den *Rhein*, und alle andere deutschen Binnenwasserstraßen seien von nur marginaler, nicht wirklich entwicklungsfähiger und entwicklungswürdiger Verkehrsbedeutung, d.h. die tendentiell schon schwache Netzbildung und regionale Erschließungsfähigkeit der Binnenschifffahrt seien insoweit faktisch noch niedriger einzustufen.

Tatsache ist, dass im deutschen Rheingebiet (1997; auf Einzelheiten der regionalen Abgrenzung hier verzichtet) ca. 64 % aller über deutsche Binnenhäfen laufenden Güter umgeschlagen wurden und ca. 79 % der auf deutschen Binnenwasserstraßen von Binnenschiffen generierten Transportleistung erbracht wurden (Westdeutsches Kanalgebiet, einschließlich Mittellandkanal: ca. 18 % bzw. ca. 11 %; Elbegebiet: ca. 8 % bzw. ca. 4 %; vorgenannte zusammen ca. 90 % bzw. ca. 94 %).

Der Rhein ist hiernach und aufgrund seiner topologischen Merkmale einer der weltweit großen Ströme; er bietet sehr weitgehende, auch das kleinere Seeschiff einschließende, Möglichkeiten der Schiffbarkeit und ist insoweit, zumindest aus westeuropäischer Sicht, ein Ausnahmefall. Die übrigen größeren deutschen Wasserstraßen haben, so wie im einzelnen darzustellen sein wird, aus westeuropäischer Sicht eine mehr oder weniger „normale“ Größe, auf denen „normale“ Binnenschiffe – die allerdings bis an das traditionelle „große Rheinschiff“ heranreichen können – eingesetzt werden und die, absolut betrachtet oder auch im westeuropäischen Vergleich, „normale“ oder angemessene (wenn auch im Einzelfall steigerungsfähige) Verkehrsleistungen erbringen und eine erhebliche regionale und überregionale Bedeutung erlangt haben. Insoweit erscheint eine einseitige Relativierung, eine totale Reduzierung auf den Rhein in gewisser Weise irreführend und wird der Realität der Binnenwasserstraßennutzung in Deutschland und Mitteleuropa nicht wirklich gerecht.

Bisher ist hier von Binnengüterschifffahrt, als dem wirtschaftlich weitaus bedeutenderen, aber gleichzeitig auch problematischeren Zweig der kommerziellen Binnenschifffahrt, die Rede. Zum Erscheinungsbild der Binnenschifffahrt gehört sehr wohl auch die Binnenfahrgastschifffahrt, die regional seit langer Zeit, und in Ansätzen inzwischen auch überregional, eine nicht unbeträchtliche wirtschaftliche und soziale Bedeutung erlangt hat (in der Nutzung der Wasserstraßen spielt schließlich auch die nicht-kommerzielle Schifffahrt, die Sportschifffahrt im weitesten Sinne, eine nicht zu übersehende Rolle, ohne dass dieser Schifffahrtsweg hier weiter vertieft werden soll). Binnenfahrgastschifffahrt, in Gestalt diverser regionaler, z.T. linienartig, z.T. bedarfsorientiert operierender „weißer Flotten“, dient zu einem erheblichen Teil touristischen Zwecken, zum anderen Teil aber auch regulären Nahverkehrsbedürfnissen, auch im Zusammenwirken mit anderen, landgebundenen Verkehrssystemen (ÖPNV). Einem starken öffentlichen Verkehrsbedürfnis kommen u.a. auch Kurzstreckenverbindungen (Fäherschifffahrt) zur Querung von Gewässern nach. Dem wassergebundenen Personenverkehr werden nicht zuletzt auch in urbanen Ballungszentren mit guter Wasseranbindung, als Alternative oder in Ergänzung zu Landverkehrsträgern, Entwicklungs-

chancen eingeräumt (CATRIV [5]). Ähnliches gilt für interregionale Touristik auf naturnahen Binnenwasserwegen (**Abb. 7**).

In der Regel kann man annehmen, dass sich die Binnenfahrgastschifffahrt an den lokalen Möglichkeiten der Wasserstraßen orientiert und, im Gegensatz zur Binnengüterschifffahrt, nicht Ursache für den Ausbau von Wasserstraßen war und vermutlich sein wird. Bei der örtlichen Verkehrsbelastung von Wasserstraßen spielt sie aber eine u.U. bedeutende Rolle.

Die Bedeutung von Binnenschifffahrt in Deutschland - auch von Personen-, insbesondere aber von Güterschifffahrt - ist nicht zuletzt wesentlich geprägt durch die Tatsache, dass, wie schon aus historischer Sicht kurz angesprochen, auch in angrenzenden west- und mitteleuropäischen Ländern - insbesondere in den Niederlanden, in Belgien, Frankreich, in der Schweiz, in Polen, Tschechien, Österreich - Netze schiffbarer Binnenwasserstraßen verfügbar sind, die ähnlichem Ausmaß für kommerzielle Binnenschifffahrt genutzt werden. Im folgenden eine kurze Übersicht über in der EU und in ausgewählten europäischen Ländern vorhandenen Streckenlängen, auch im Vergleich zum Schienennetz, und auf dortigen Binnenwasserstraßen transportierte Gütermengen und erbrachte Verkehrsleistungen (BMV [6]; **Tab. 2, 3**):



Abb. 7: Binnen-Kreuzfahrtschiff auf dem Rhein

Tab. 2: Länge von Binnenwasserstraßen und Bahnstrecken in der EU und in ausgewählten EU-Ländern - Stand 1995 [km] - Quelle: BMV [6]

	Wasser	Schiene
EU	30.200	48.800
Deutschland	7.340	14.300
Niederlande	5.050	1.700
Frankreich	6.000	11.900
Belgien	1.510	2.200
Italien	1.470	5.900
UK	2.350	4.900
Finnland	6.120	500

Tab. 3: Gütermengen [t] und Transportleistungen [t km] der Binnenschifffahrt in der EU und in ausgewählten EU-Ländern - Stand 1994 - Quelle BMV [6]

	[t]	[t km]
EU	643,3	109,3
Deutschland	235,0	61,8
Niederlande	245,0	36,0
Frankreich	62,5	5,6
Belgien	90,0	5,6
Luxemburg	10,1	0,3
Österreich	7,7	5,6

Die, im Vergleich zu Deutschland, noch weit höhere, durch die besondere geographische Situation ohne weiteres erklärbare relative Bedeutung der Binnenschifffahrt für die Niederlande wird hiermit unterstrichen.

Aus dieser europäischen Geographie folgt natürlicherweise grenzüberschreitender Güterverkehr in, wie schon festgestellt, erheblichem Ausmaß; d.h. die gesamtwirtschaftliche Relevanz von Binnenschifffahrt muss ganz wesentlich in multinationaler, hier insbesondere in EU- Dimension (unter Einschluss von „Beitrittsländern“, d.h. von potentiellen zukünftigen Mitgliedsländern) gesehen werden. Ein naheliegender Teilaspekt hiervon ist die grenzüberschreitende Betätigung nationaler Binnenschifffahrtsunternehmen, wie sie insbesondere im Zuge des freien Binnenmarktes innerhalb der EU möglich ist und darüber hinaus auf der Basis von bilateralen Abkommen, z.B. mit Polen, geregelt wird. Auf deutschen Binnenwasserstraßen sind also in erheblichem Ausmaß andere europäische Flotten tätig (**Abb. 8**). Eine Besonderheit ist hier wiederum der Rhein, der aufgrund seiner Größenordnung und Grenzlage zu einer „Internationalen Wasserstraße“ erklärt wurde („Mannheimer Akte“ 1868 ;

ECKOLDT [1]) und auf dem eine internationale Rheinflotte tätig ist, die aus den Flaggen Deutschlands, der Niederlande, Belgiens, Frankreichs und der Schweiz besteht (**Abb. 9**). Diese so beschaffene Wettbewerbssituation kann je nach partieller Interessenlage vermutlich eher positiv oder negativ gewertet werden. In übernationaler gesamtwirtschaftlicher Sicht und mit Blick auf Bedeutung und Potentiale eines Verkehrsträgers muss sie jedoch sicherlich als positiver Faktor gesehen werden.

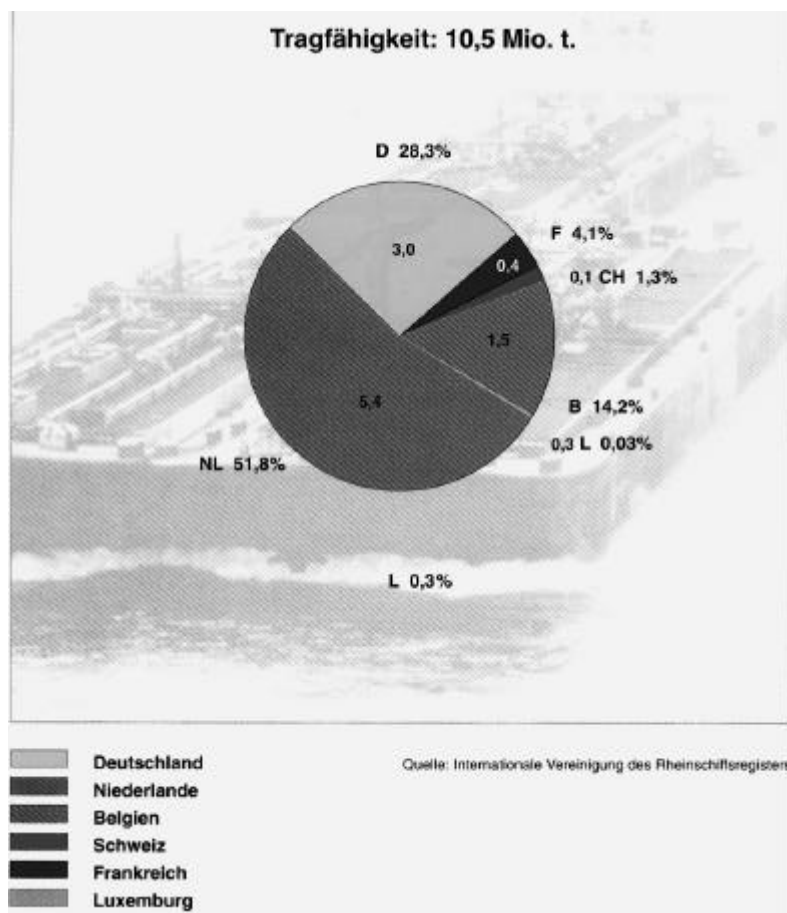


Abb. 8: Aufteilung der internationalen Rheinflotte nach Flaggen 1998

Um diese einleitenden Anmerkungen insoweit zusammenzufassen: Binnenschifffahrt in Deutschland, im europäischen Kontext gesehen, vermittelt heute ein in mancher Hinsicht ambivalentes Bild. Auf der einen Seite ist nicht zu übersehen, dass die Marktbeteiligung zwar deutlich mehr als marginal, aber dennoch unbefriedigend ist, dass Wettbewerbs- und verkehrspolitische Rahmenbedingungen schwierig, z.T. problematisch sind, dass der „große Durchbruch“ bisher nicht geschafft wurde. Auf der anderen Seite kann auf sie ganz sicher nicht verzichtet werden; zusammen mit der Bahn ist sie ein zunehmend notwendiges Korrektiv zur Straße. Wenn eine weitere exorbitante Steigerung des Straßenverkehrs vermieden werden soll, ist dies nur gemeinsam mit Schiene und Wasserstraße möglich. Es müsste also erwartet werden können, dass vorhandene Potentiale in absehbarer Zukunft verstärkt genutzt werden, wenn auch das verkehrstechnische und verkehrswirtschaftliche Angebot in sinnvoller Weise weiter entwickelt werden wird.

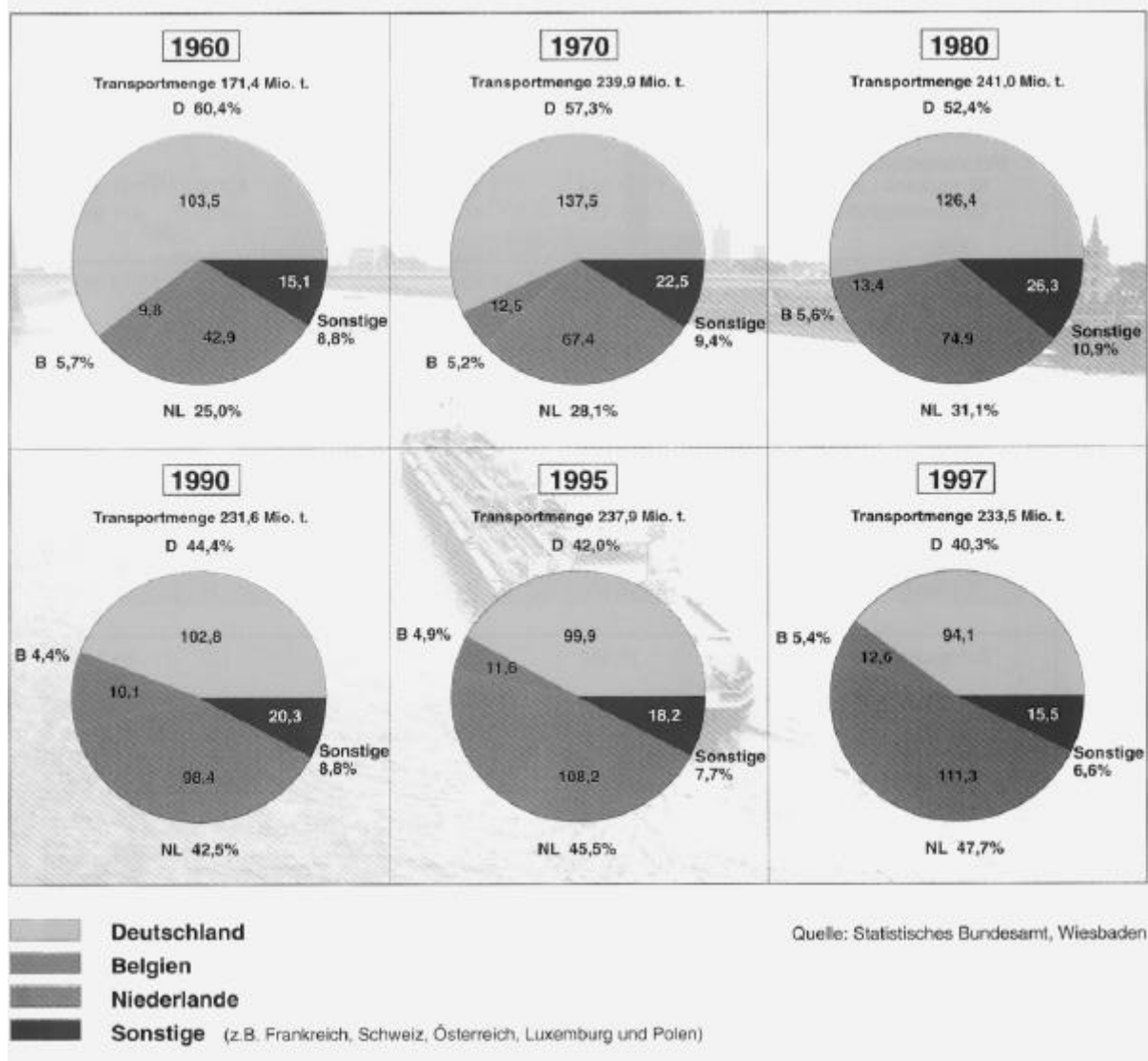


Abb. 9: Marktanteile und transportierte Gütermengen der europäischen Flotten auf den deutschen Wasserstraßen

2 STATUS, TYPOLOGIE, VERKEHRSBEDEUTUNG DER DEUTSCHEN BINNENWASSERSTRASSEN

2.1 GEOGRAPHISCHE UND TYPOLOGISCHE ÜBERSICHT

Schiffbare Binnenwasserstraßen in Deutschland, soweit von mehr als nur untergeordneter lokaler Bedeutung, sind in der Regie der Bundeswasserstraßenverwaltung befindliche „*Bundeswasserstraßen*“ (gegliedert nach regionalen Wasser- und Schifffahrtsdirektionen: Mitte, Ost, Nord, Nordwest, West, Südwest, Süd; Einzelheiten der regionalen Abgrenzung hier nicht vertieft). Daneben existieren in begrenztem Umfang den Bundesländern zugeordnete schiffbare „*Landeswasserstraßen*“, die wegen ihrer durchweg geringen, regional eng begrenzten Bedeutung hier außer Betracht bleiben können (Beispiele in Berlin und Brandenburg: Neuköllner Schifffahrtskanal, verschiedene Brandenburger Binnenseen; in anderen Bundesländern größere Anzahl kleinerer Flüsse und Binnenseen; Nutzung für untergeordnete lokale Zwecke, insbesondere für Fahrgast- und Sportschifffahrt).

Bundeswasserstraßen (Übersicht: **Abb. 10**) lassen sich zweckmäßigerweise nach Gebieten gliedern, die den großen deutschen Flüssen zugeordnet sind (**Tab. 4**). Nutzbare Längen - ein für die verkehrswirtschaftliche Bedeutung naturgemäß primär wichtiger Indikator - verteilen sich, wie angegeben, in ähnlichen Größenordnungen auf das Rheingebiet, die Wasserstraßen zwischen Rhein und Elbe, das Elbegebiet, die Wasserstraßen zwischen Elbe und Oder sowie weitere Wasserstraßen (Oder, Ostseeküstenbereich, Donau, sonstige). Es ergibt sich die schon genannte Gesamtlänge von ca. 7.400 km (**Tab. 3**).

Basis und „*Rückgrat*“ des deutschen Binnenwasserstraßennetzes sind die in der Generalrichtung Süd / Nord verlaufenden großen Flüsse Rhein, Ems, Weser, Elbe, Oder. Eine natürliche Ost / West- bzw. West / Ost - Achse bietet sich nur südlich der großen, westlich vom Rhein tangierten mitteldeutschen Wasserscheide in Gestalt von Main und Donau. Wichtige regionale Erweiterungen sind Flüsse wie Mosel, Saar, Neckar, Saale und Havel. Grenzüberschreitende Dimension haben Rhein, Mosel, Saar, Donau, Elbe und Oder.

Vorhandene natürliche Wasserstraßen werden in ihrer Flächenerschließungsfähigkeit ergänzt und erweitert durch künstliche Wasserstraßen in Gestalt von Kanälen. Im nördlichen Deutschland bilden Kanäle - Kanäle im Rhein/Ruhr-Raum, Mittellandkanal, Küstenkanal, Elbe-Havel-Kanal, Havel-Oder-Kanal, Oder-Spree-Kanal - zunächst vor allem die Verbindung zwischen den Süd/Nord verlaufenden Flusssystemen. Der Elbe-Seitenkanal hat die besondere Funktion einer partiellen Alternative zur Elbe. Mit dem Main-Donau-Kanal ist das alte Ziel einer Verbindung von Rhein/Main und Donau verwirklicht worden. Der, heute allerdings unterentwickelte, Elbe-Lübeck-Kanal stellt den ebenfalls sehr alten Versuch dar, den Ostseeraum und den Seehafen Lübeck mit dem Elbe-Gebiet zu verbinden. Der Nord-Ostsee-Kanal, primär ein Seekanal zur direkteren Verbindung von Ostsee und Nordsee, mit angrenzenden Seegebieten, bietet auch für die Binnenschifffahrt eine weitere Verbindung der Elbe mit der westlichen Ostsee (in diesem Zusammenhang stellt sich die Frage nach den Möglichkeiten, mit den Mitteln der Binnenschifffahrt auch angrenzende Küstengebiete

– zu erschließen; hierauf wird noch gesondert einzugehen sein). Weitere kleinere Kanäle von eher nur begrenzter lokaler Bedeutung müssen hier nicht weiter vertieft werden.

Tab. 4: Übersicht über Gebiete und Längen der Bundeswasserstraßen - Quelle BDB [4]

Rhein und Nebenflüsse	1.719 km
Rhein (Rheinfelden – niederländische Grenze)	618 km
Neckar (Mündung Rhein – Plochingen)	201 km
Main (Mündung Rhein – Moenns)	384 km
Main-Donau-Kanal (Mündung Main – Mündung Donau)	171 km
Mosel (französische Grenze – Mündung Rhein)	242 km
Saar (französische Grenze – Ensdorf, Völklingen – Mündung Mosel)	103 km
Wasserstraßen zwischen Rhein und Elbe	1.437 km
Ruhr (Mündung Rhein – Mülheim)	12 km
Rhein-Herne-Kanal (Duisburg – Mündung Dortmund-Ems-Kanal)	49 km
Wesel-Datten-Kanal (Wesel – Mündung Dortmund-Ems-Kanal)	60 km
Datteln-Hamm-Kanal (Mündung Dortmund-Ems-Kanal – Schmehausen)	47 km
Dortmund-Ems-Kanal und Unterems (Dortmund – Seegrenze)	304 km
Küstenkanal und Untere Hunte (Mündung Dortmunds-Ems-Kanal – Seegrenze)	95 km
Mittellandkanal (Mündung Dortmund-Ems-Kanal – Mündung Elbe)	325 km
Weser und Unterweser (Hannoversch-Münden – Seegrenze)	430 km
Elbe-Seitenkanal (Mündung Mittellandkanal – Mündung Elbe)	115 km
Elbegebiet	1.049 km
Nord-Ostsee-Kanal (Mündung Elbe – Kieler Förder)	109 km
Elbe-Lübeck-Kanal und Kanaltrave (Mündung Elbe – Seegrenze)	88 km
Elbe und Unterelbe (tschechische Grenze – Seegrenze)	728 km
Saale (Leuna-Kreypau – Mündung Elbe)	124 km
Wasserstraßen zwischen Elbe und Oder	1.494 km
Berliner Haupt- und Nebenwasserstraßen	184 km
Havel-Oder-Wasserstraße und Nebengewässer	488 km
Spree-Oder-Wasserstraße und Nebengewässer	252 km
Sonstige Teilstrecken	570 km
Oder (polnische Grenze – Abzweigung Westoder)	162 km
Gewässer an der Ostseeküste	539 km
Donau (Kelheim – österreichische Grenze)	210 km
Sonstige Bundeswasserstraßen	757 km
Bundeswasserstraßen gesamt	7.367 km



Abb. 10: Bundeswasserstraßen

– Zum überwiegenden Teil - insgesamt ca. 4.000 km - sind Bundeswasserstraßen natürliche Wasserwege, d.h. Flüsse, Flussmündungen, Küstengewässer und, zu einem geringen Teil (Bodensee, Müritz), Binnenseen. Der verbleibende Teil – insgesamt ca. 3.400 km - sind künstliche Wasserstraßen, d.h. Kanäle.

Große Flüsse und Unterläufe kleinerer Flüsse sind (ganz oder überwiegend) frei fließende Flüsse (Größenordnung insgesamt ca. 2.000 km):

- Rhein (Iffezheim - niederländische Grenze)
- Ems (untere Ems: Herbrum - Seegrenze)
- Weser (obere Weser: Hannoversch-Münden - Hameln; untere Weser: Bremen - Seegrenze)
- Elbe (tschechische Grenze - Seegrenze; abgesehen 1 Staustufe Geesthacht)
- Trave (Lübeck - Seegrenze)
- Warnow (Rostock - Seegrenze)
- Peene (Anklam - Seegrenze)
- Oder (mittlere Oder: Ratzdorf - Hohensaathen; Ost-Oder, West-Oder - Mescherin)
- Donau (Teilstrecken im Bereich Kelheim - Passau)

Andere Flüsse und Teile der oben genannten großen Flüsse - insgesamt ca. 2.000 km - sind staugeregelt (mittels Stauwehren und Schleusen):

- Rhein (Oberrhein: Basel - Iffezheim)
- Ems (Lingen - Herbrum)
- Weser (Hameln - Bremen)
- Elbe (örtlich im Bereich Geesthacht)
- Donau (Kelheim - Passau)
- Mosel, Saar, Neckar, Main, Lahn, Fulda, Werra, Aller, Saale / Unstrut, Havel, Spree (je-weils auf gesamter schiffbarer Länge)

Frei fließende schiffbare Flüsse sind in aller Regel nicht mehr in einem völlig „naturnahen“ Zustand, sondern sind zum Zweck der Verbesserung und Vergleichmäßigung der Schiffbarkeitsbedingungen, je nach Größenordnung, Querschnitt, Abflussmenge, Gefälle, sonstiger Topologie in mehr oder weniger weitreichendem Umfang, mit konventionellen strombaulichen Mitteln, insbesondere Buhnen, Leitwerken u.ä., reguliert worden. Der heutige Zustand ist das vorläufige Endergebnis eines langen, bis ins 19. Jahrhundert und weiter zurück reichenden Entwicklungsprozesses, zuletzt mit abnehmender Tendenz, d.h. in der Zeit nach dem 2. Weltkrieg sind nur wenige neue Regulierungsmaßnahmen vorgenommen worden, und erforderliche Instandsetzungen, z.B. im östlichen Deutschland, sind z.T. unterblieben.

Weitergehende Regulierungsmaßnahmen - abgesehen von Stauregulierung -, wie z.B. örtliche Begradigungen und Vertiefungen, sind eher nur in Einzelfällen und in begrenztem Ausmaß vorgenommen worden, so z.B. bei Teilen des oberen und mittleren Rheins und bei der Oder im Bereich des Oderbruchs. Ziel war hier nicht unbedingt nur die Verbesserung der Schiffbarkeit, sondern z.B. Stabilisierung des Flusslaufs zum Zweck von Ansiedlungen oder Verbesserung des Ablaufs von Hochwasser (**Abb. 11**).

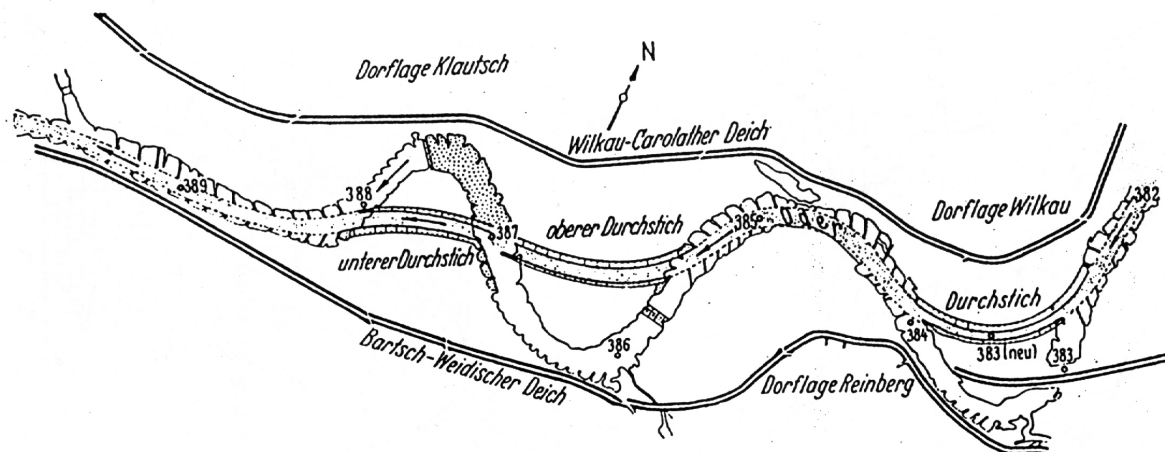


Abb. 11: Oderdurchstich bei Klautsch und Reinberg (ca. 1930)

Stauregulierung - d.h. Errichtung von Stauwehren in Verbindung mit Kammerschleusen - ist das klassische, in Deutschland etwa seit dem 16. Jahrhundert praktizierte Mittel, bei unzureichender, zu ungleichmäßiger Wasserführung den Wasserstand zu erhöhen und zu vergleichmäßigen und so zu einer nachhaltigen Verbesserung der Schiffbarkeit, insbesondere Steigerung der Abladetiefen von Schiffen, zu gelangen. Es ist aber festzuhalten, dass mit dem Zurückhalten von abfließendem Wasser in sehr vielen Fällen auch andere Zwecke verfolgt wurden und werden, wie z.B. Bewässerung von landwirtschaftlich genutzten Ländereien oder Energiegewinnung durch Wasserkraftwerke. Ein typischer Effekt von Stauregulierung, neben der Anhebung und Vergleichmäßigung des Wasserstandes, ist die Herabsetzung der Fließgeschwindigkeit proportional zur Querschnittsvergrößerung.

Ausmaß von Stauregulierung, Anzahl / Höhe von Staustufen, Längen der stauregulierten Strecken richten sich naturgemäß nach Gefälle, Wasserführung und sonstiger Topologie sowie andererseits nach dem Grad der gewünschten Schiffbarkeit. Von durchgängiger Stauregulierung, mit einer, je nach Gegebenheiten, mehr oder weniger engen Folge von Staustufen und Schleusen, kann gesprochen werden bei Main (34 Staustufen), Mosel (12), Saar (5), Neckar (27), Havel (18) und Spree (4). Eine partielle Stauregulierung liegt vor bei Rhein (Oberlauf; 10 Staustufen), in Verbindung mit Rhein-Seitenkanal Straßburg - Basel), Ems (ohne Unterlauf; 8), Weser (ohne Unter- und Oberlauf; 8), Elbe (1 Staustufe Geesthacht), Saale/Unstrut (ohne Mündung; 28), Donau (örtliche Regulierungslücken; 6).

Im Falle des Rheins (2 Staustufen bis Rheinfelden, auf Schiffbarmachung des Hochrheins bis zum Bodensee verzichtet), der Mosel (10, Ziel Elsaß-Lothringen), der Elbe (ca. 18; Anschluss Moldau, ca. 10, Ziel Prag) und der Oder (ca. 22, Ziel oberschlesisches Kohle- und Industriegebiet) befinden sich stauregulierte Oberläufe ganz oder teilweise auf ausländischem Territorium (Schweiz, Tschechien, Polen, Frankreich).

Stauregulierung von Flüssen ist in einer Anzahl von Fällen mit örtlichen Begradigungen verbunden. Ursprünglich stark mäandrierende Flüsse wie Havel und Spree wurden schon in früheren Jahrhunderten stellenweise stark begradigt, und dort wurde in diesem Zusammen-

hang auch schon früh mit der Stauregulierung begonnen (siehe z.B. untere Havel). Teile des mittleren und oberen Rheins wurden teils, wie schon erwähnt, im freifließenden Teil, teils auch im Zusammenhang mit der Errichtung von Staustufen örtlich begradigt. In jüngerer Zeit vorgenommene Stauregulierungen waren dagegen in wesentlich geringerem, örtlich eng begrenztem Ausmaß oder auch gar nicht mit Begradigungen verbunden. Dies ist der Fall bei Main, Donau, Mosel, Saar, Weser, Elbe (Oberlauf), Saale, Oder (Oberlauf) (z.B. bei Mosel, Saar, Oder nur geringe Anzahl örtlicher Durchstiche). Es erscheint daher in diesen Fällen nicht angemessen, wie es häufig geschieht, von „kanalisierten“ Flüssen zu sprechen. Dasselbe trifft zu für die Havel, wo, ungeachtet einer größeren Zahl seit langer Zeit bestehender Durchstiche, alle Wasserläufe noch in Gestalt von Altwässern vorhanden sind.

Die Linienführung von Kanälen ist in aller Regel mit der Überwindung von mehr oder weniger großen Höhenunterschieden, d.h. mit der Errichtung von Schleusen oder Schiffshebwerke, letzteres im Falle großer, mit Schleusen nicht oder nicht sinnvoll überwindbarer Höhen, verbunden (sonstige traditionelle Techniken zur Überwindung von Höhenunterschieden, wie z.B. Schiffsschleppen u.dergl., können hier außer Betracht bleiben). Als Mittel zur Überwindung einer Wasserscheide (Höhenunterschied max. 175 m) ist der Main-Donau-Kanal, als jüngster Kanalbau in Deutschland, von herausragender Bedeutung (gesamt 16 Schleusen im Kanalbereich). Erwähnenswert, wenn auch aus heutiger Sicht von nur noch sehr geringer quantitativer Größenordnung, sind Müritz-Havel- und Müritz-Elde-Wasserstraße (gesamt 29 Schleusen). Der Havel-Oder-Kanal, als Verbindung der Berliner Gewässer mit der Oder, bewerkstelligt den Abstieg zur Oder über ein Schiffshebwerk (Hubhöhe 36 m). Der Spree-Oder-Kanal ist dagegen über eine Schleuse (Hubhöhe 14 m) mit der Oder verbunden. Kanäle, wie festgestellt, verbinden Flusssysteme miteinander, überqueren hierbei gegebenenfalls auch schiffbare Flüsse (z.B. Weser / Minden; Elbe / Magdeburg im Bau; Verbindung durch Schleusen oder Schiffshebwerke) und dienen typischerweise auch als Seitenkanäle zu nicht oder nicht immer hinreichend schiffbaren Flüssen (z.B. Elbe-Seitenkanal, mit Schiffshebwerk, Dortmund-Ems-Kanal mit 11 Schleusen, Grand Canal d'Alsace, auf französischem Territorium, als Oberrhein-Seitenkanal mit 8 Schleusen, kombinierte Linienführung teils über den Kanal, teils über den Flusslauf; Hohensaaten-Friedrichsthaler Wasserstraße als kanalisierte West-Oder und Seitenkanal zur freifließenden Ost-Oder).

So wie große schiffbare Flüsse häufig grenzüberschreitende Verkehrsbedeutung haben, fügen sich auch die deutschen Kanalsysteme in ein gesamteuropäisches Wasserstraßen-Netzwerk ein (z.B. westdeutsche Kanäle in Richtung Benelux, Küstenkanal Richtung Niederlande, Oberrhein-Seitenkanal Richtung Südost-/Süd-Frankreich, Havel-Oder-Kanal und Oder-Spree-Kanal Richtung Polen, Main-Donau-Kanal Richtung Südosteuropa / Schwarzes Meer; **Abb. 12**).

Ein vervollständigender Aspekt einer derartigen geographischen Gesamtübersicht kann es bei genauer Betrachtung auch sein, quasi „Fehlannonce“ zu konstatieren, d.h. auf Defizite oder Schwachstellen an Binnenwasserstraßen hinzuweisen, die weithin als solche empfunden werden, und entsprechende Planungen, Ideen oder Wunschvorstellungen zu erwähnen. Hierzu folgende kurze, später gegebenenfalls zu vertiefende Anmerkungen:

- Die alte Wunschvorstellung einer durchgehenden Wasserwegverbindung Rhein / Main / Donau wurde mit dem Main-Donau-Kanal verwirklicht. Mit dem Prinzip der Stauregelung wurde ein hinreichend gleichmäßiger Wasserstand sichergestellt; dies gilt für einen bestimmten Teil der oberen Donau bisher allerdings nur mit Einschränkungen; eine sinnvolle Vervollständigung der durchgehenden Stauregulierung ist somit dringend wünschenswert.
- Eine ebenso alte Idee ist die Verbindung des Rheins und seines angrenzenden Wasserstraßengebietes mit der für die französischen Binnenschifffahrt sehr bedeutenden Rhone und damit mit dem südfranzösischen Fluss- und Kanalsystem und mit dem Mittelmeer. Eine Kanalverbindung vom Rhein zur Rhone (Canal du Rhone au Rhin) existiert seit langem in Ansätzen, wenn auch, angesichts der großen zu überwindenden Höhenunterschiede, mit geringer verkehrstechnischer Leistungsfähigkeit. Eine Fertigstellung dieser Verbindung wird jetzt offenbar angestrebt, wobei sich als Alternative zur bisherigen Streckenführung eine Anbindung über die Mosel als praktikabler darstellt.
- Angeregt durch die Main-Donau-Verbindung, bestehen seit geraumer Zeit in Polen, Tschechien und Österreich Überlegungen, die Elbe und die Oder in einer gegabelten Kanalführung mit der Donau zu verbinden, z.T. unter Ausnutzung vorhandener, z.T. bereits schiffbarer Flussläufe (**Abb. 13**). Es wären ähnliche Höhen zu überwinden wie in dem vorgenannten Fall. Die ökonomische und ökologische Sinnhaftigkeit einer derartigen Verbindung wird z.Zt. aber überwiegend kritisch gesehen.
- Deutsche und europäische Seehäfen - Hamburg, Bremen / Bremerhaven (letztere noch nicht sehr leistungsfähig), Emden, Kiel, Lübeck (letzteres ebenfalls wenig leistungsfähig), Rotterdam, Antwerpen, Stettin - sind an das europäische Binnenwasserstraßennetz angebunden. Dies gilt bisher nicht für den zu DDR-Zeiten ausgebauten Seehafen Rostock, der als Hafen im verkehrswirtschaftlich heute sehr bedeutenden Ostseebereich, d.h. nicht mehr als Übersee-, sondern eher als Küsten-Hafen, ähnlich wie Lübeck, auf eine neue starke Marktposition hinarbeitet. Ein Anschluss an die Müritz-Havel- oder Müritz-Elde-Wasserstraße erscheint ökologisch abwegig; eine Binnenschifffahrtsverbindung zur Oder und dortigen Hinterlandpotentialen, über hinreichend geschützte Boddengewässer und einen kurzen Küstenkanal, könnte jedoch von Interesse sein.
- Die Schiffbarkeit der sonst stauregulierten Saale wird behindert durch eine im Mündungsbereich noch nicht hinreichende Regulierung; es wird hier eine weitere Staustufe gefordert. Eine alte, bisher nicht verwirklichte Wunschvorstellung innerhalb dieser Region ist der Anschluss Leipzigs, als bedeutendem urbanen Ballungszentrum, an die Saale-Wasserstraße.

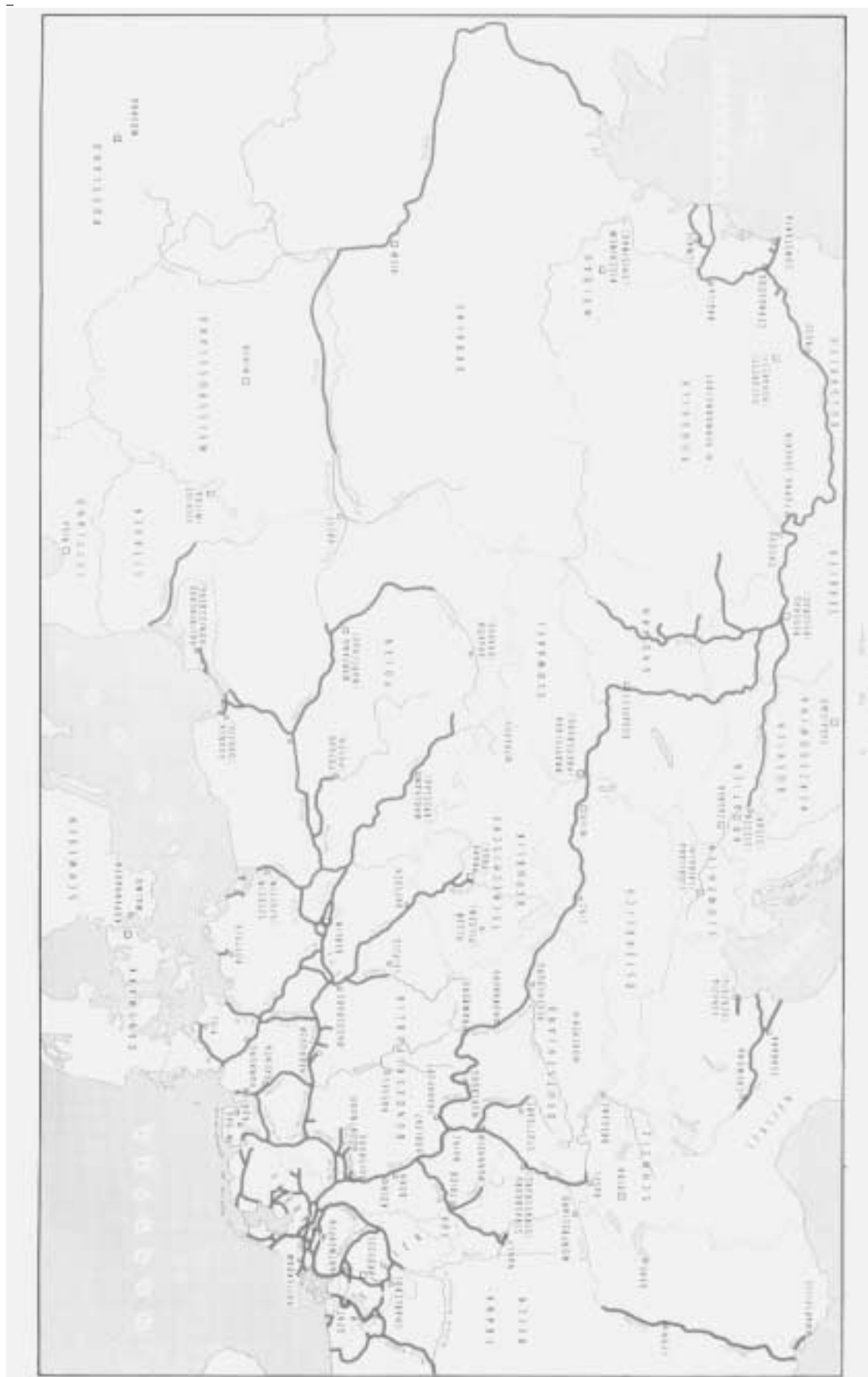


Abb. 12: Bedeutende europäische Wasserstraßen

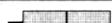
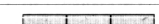
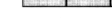


Unmittelbar anknüpfend an obige eher qualitative Übersicht, geht es darum, den heutigen Stand quantitativer Merkmale deutscher Binnenwasserstraßen darzustellen. Schifffahrtsrelevante Dimensionen und verkehrstechnische Nutzbarkeit schiffbarer Binnenwasserstraßen sind naturgemäß ungleich und variieren in einem nicht geringen Bereich. Eine Standardisierung der Wasserstraßen-Abmessungen innerhalb einer verkehrswirtschaftlich zusammenhängenden Region erscheint grundsätzlich wünschenswert und im Hinblick auf Nutzung und Weiterentwicklung vorteilhaft. Eine Standardisierung oder Klassifizierung in westeuropäischem Rahmen, mit dem Ziel der Definition von „Wasserstraßenklassen“, wurde schon 1954 von der Europäischen Verkehrsministerkonferenz (CEMT) initiiert; BMV-HANDBUCH [7]. Das vorgeschlagene System wurde 1992 unter ECE-Mitwirkung (*Economic Commission for Europe*, Gremium der UN) erweitert und gilt seit 1993 in der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes für deutsche Bundeswasserstraßen.

24

je nach verfügbarem Wasserstand variieren. Aus Schiffstyp, Länge, Breite und Tiefgang ergeben sich Richtwerte oder Richtwertbereiche möglicher Schiffstragfähigkeiten. Auch Brückendurchfahrtshöhen sind als weiterer Richtwert einer Wasserstraßenklasse fixiert.

Tab. 5: Klassifizierungssystem der europäischen Binnenwasserstraßen – Quelle: BMV/ HB [7]

Typ der Binnen- wasser- straße	Klasse der Binnen- wasser- straße	MOTORSCHIFFE UND SCHLEPPKÄHNE					SCHUBVERBÄNDE					Brücken- durch- fahrts- höhe	
		Typ des Schiffes: Allgemeine Merkmale					Art des Schubverbandes: Allgemeine Merkmale						
		Bezeichnung	maxim. Länge L (m)	maxim. Breite B (m)	Tiefgang d (m) ⁷⁾	Tonnage T (t)	Formation	Länge L (m)	Breite B (m)	Tiefgang d (m) ⁷⁾	Tonnage T (t)		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
VON REGIONALER BEDEUTUNG	WESTLICH DER ELBE	I	Penische	38,5	5,05	1,8-2,2	250-400						4,0
		II	Kempenaar	50-55	6,6	2,5	400-650						4,0-5,0
		III	Gustav Koenigs	67-80	8,2	2,5	650-1 000						4,0-5,0
	ÖSTLICH DER ELBE	I	Gross Finow	41	4,7	1,4	180						3,0
		II	BM-500	57	7,5-9,0	1,6	500-630						3,0
		III	⁶⁾	67-70	8,2-9,0	1,6-2,0	470-700		118-132 ¹⁾	8,2-9,0 ¹⁾	1 000-1 200	4,0	
VON INTERNATIONALER BEDEUTUNG	IV	Johann Welker	80-85	9,50	2,50	1 000-1 500		85	9,50 ⁵⁾	2,50-2,80	1 250-1 450	5,25 od. 7,00 ⁴⁾	
	V a	Große Rheinschiffe	95-110	11,40	2,50-2,80	1 500-3 000		95-110 ¹⁾	11,40	2,50-4,50	1 600-3 000	5,25 od. 7,00 od.	
	V b							172-185 ¹⁾	11,40	2,50-4,50	3 200-6 000	9,10 ⁴⁾	
	VI a							95-110 ¹⁾	22,80	2,50-4,50	3 200-6 000	7,00 od. 9,10 ⁴⁾	
	VI b	³⁾	140	15,00	3,90			185-195 ¹⁾	22,80	2,50-4,50	6 400-12 000	7,00 od. 9,10 ⁴⁾	
	VI c						 	270-280 ¹⁾ 195-200 ¹⁾	22,80 33,00-34,20 ¹⁾	2,50-4,50	9 600-18 000 9 600-18 000	9,10 ⁴⁾	
	VII						 	285 ⁸⁾	33,00-34,20 ¹⁾	2,50-4,50	14 500-27 000	9,10 ⁴⁾	

Das so strukturierte Wasserstraßen-Klassifizierungssystem ist in **Tab. 5)** wiedergegeben. Hiernach sind 7 Klassen definiert, mit einer regionalen Differenzierung bei den Klassen I - III und einer Unterteilung in 2 bzw. 3 Unterklassen bei den Klassen V und VI. Die Klassen I - III haben engere regionale Bedeutung; nur den Klassen IV - VII ist europaweite Bedeutung zuzusprechen. Die Klassen I - III beziehen sich insbesondere auf den Einsatz von selbstangetriebenen Motorschiffen und Schleppkähnen; die Klassen Vb - VII betreffen den Einsatz von Schubverbänden mit mehr als einer Schubeinheit (die in der Literatur schon genannte Klasse VII, Schubverbände mit 3 x 3 Einheiten, käme, wenn überhaupt, nur für den unteren Rhein in Frage und wird auch dort noch nicht regulär praktiziert; dasselbe gilt für die bei VIb auch genannte Maximal-Größe von Motorschiffen).

Die Zuordnung der deutschen Binnenwasserstraßen zu den so definierten Wasserstraßenklassen ist **Abb. 14** zu entnehmen (dort Stand 1995 sowie Ausbauplanungen 2010 angegeben; zu letzteren noch weitere Ausführungen in 2.3). Wenn man die Frage nach der Größe der auf bestimmten Wasserstraßenklassen einsetzbaren Binnenschiffe zunächst „von oben her“ angeht, so ist festzustellen, dass das größte existierende Standard-Motorschiff, mit einer Länge von maximal 110 m (Bereich 95 - 110 m), einer Breite von 11,40 m, einem

– Entwurfs-Maximaltieftgang von 2,80 m (Tragfähigkeitsbereich ca. 2.500 - 3.000 t), das sog. „*Große Rheinschiff*“ (d.h. zunächst für den Rhein konzipiert), im Prinzip auf dem Rhein, der Mosel, der Saar, dem Neckar, dem Main, dem Main-Donau-Kanal, der Donau, den großen Kanälen im Ruhrgebiet (außer oberer Teil des Dortmund-Ems-Kanals, d.h. Verbindung zum Mittellandkanal), dem Mittellandkanal bis Magdeburg (noch mit örtlichen Engpässen, z.B. im Raum Hannover), dem Elbe-Seitenkanal, der Elbe, dem Nord-Ostsee-Kanal (sowie der Unter-Ems und Unter-Weser) einsetzbar ist (und auf dem freifließenden Teil der Oder eingesetzt werden könnte). Dies schließt Schubverbände derselben Breite und Länge ein. Schubverbände mit darüber hinausgehender Länge (bis maximal 185 m; d.h. Zweier-Verbände eines sog. *Europa-II-Standard-Leichters* mit einer Länge von 76,5 m) sind auf dem oberen Teil des Mains, auf dem Neckar und der Elbe (oberhalb Geesthacht) ausgeschlossen, auf den übrigen genannten Wasserstraßen aber möglich. Auf jeweils bestehende Tieftgangseinschränkungen gegenüber Klasse- Richtwerten ist noch einzugehen.

Ein hieran nach unten anschließendes Standard-Motorschiff, mit einem Längenbereich von 80 - 85 m, einer Breite von 9,50 m, einem Maximaltieftgang von 2,50 m (Tragfähigkeitsbereich ca. 1.000 - 1.500 t) (Typschiff „JOHANN WELKER“; dann auch als „*Europa-Schiff*“ bezeichnet) kann über die oben genannten Wasserstraßen hinaus auf der Ems, dem Dortmund-Ems-Kanal, der Weser, dem Elbe-Lübeck-Kanal, den Wasserwegen nach Berlin und im Berliner Raum, dem Oder-Havel-Kanal und der Oder eingesetzt werden, auch hier allerdings mit z.T. erheblichen Einschränkungen gegenüber Tieftgangs-Standardwerten.

Ein im ostdeutschen Raum wichtiges Beispiel für die Einsetzbarkeit eines Standard-Motorschiffes mit einer Länge von 67 - 70 m, einer Breite von 8,20 - 9,00 m und einem Maximaltieftgang von 2,00 - 2,30 m (Tragfähigkeitsbereich ca. 500 - 700 t) (Typschiff „GUSTAV KÖNIGS“ bis 80 m, Maximaltieftgang bis 2,50 m, Tragfähigkeit bis ca. 1.000 t, östlich der Elbe aber weniger einsetzbar) ist der Oder-Spree-Kanal zwischen Berlin und der Oder.

Zusammenfassend lässt sich schon an dieser Stelle festhalten, dass die deutschen Binnenwasserstraßen, soweit dies zunächst Länge und Breite einsetzbarer Schiffe und Verbände betrifft, zu einem nicht unerheblichen Teil einem hohen, europaweit relevanten Standard angehören (wobei ergänzend darauf hinzuweisen ist, dass für definierte Schiffsbreiten im Regelfall Begegnungsverkehr, oder sog. „*zweischiffiger*“ Verkehr, im Ausnahmefall u.U. auch Einrichtungsverkehr, sog. „*einschiffiger*“ Verkehr, zugrunde zu legen ist). Regional erhebliche Defizite sind hierbei jedoch erkennbar (insbesondere die Erreichbarkeit des Berliner Raums und der Oder betreffend) und dass verfügbare Schiffstieftgänge auch darüber hinaus häufig noch nicht den gesetzten Standards entsprechen (oder auch zulässige Breiten, in Abhängigkeit vom jeweiligen Tieftgang, u.U. von Standard-Breiten abweichen, so dass definierte Wasserstraßenklassen nur eine erste Näherung, aber noch keine vollständig hinreichende Beschreibung der realen verkehrstechnischen Leistungsfähigkeit von Wasserstraßen darstellen, was anschließend zu präzisieren sein wird).



Abb. 14: Wasserstraßenklassen der deutschen Binnenwasserstraßen

2.3 AUSBAUZUSTAND / AUSBAUPLANUNGEN DER DEUTSCHEN BINNENWASSERSTRASSEN

Ausgehend von einer allgemeinen Einordnung der Binnenschifffahrt in die deutsche Verkehrswirtschaft, einer geographisch-hydrologischen Typologie verfügbarer Binnenwasserstraßen und einer Klassifizierung dieser Wasserstraßen nach dem geltenden europaweiten Standardisierungssystem, ist es Gegenstand der folgenden Ausführungen, die wichtigsten deutschen Wasserstraßen im Hinblick auf den derzeitigen Stand ihres Ausbaus und ihrer Schifffbarkeit, hierbei erkennbare Defizite sowie Stand und Perspektiven von Planungen zur Behebung dieser Defizite in kurzgefassten Grundzügen darzustellen (Schwerpunkt der Darstellung bei strukturellen Veränderungen, nicht so sehr bei routinemäßiger Instandhaltung); BDB [4], WSD [8], [9], DEHN / BMVBW [36]. Soweit dies nach Art, Volumen, Tragweite grundsätzlich vorgesehen ist, sind geplante Ausbaumaßnahmen von einem bestimmten Stand ihrer Konkretisierung an Bestandteil des jeweils geltenden Bundesverkehrswegeplans; BVWP 92 [33].

2.3.01 Rhein

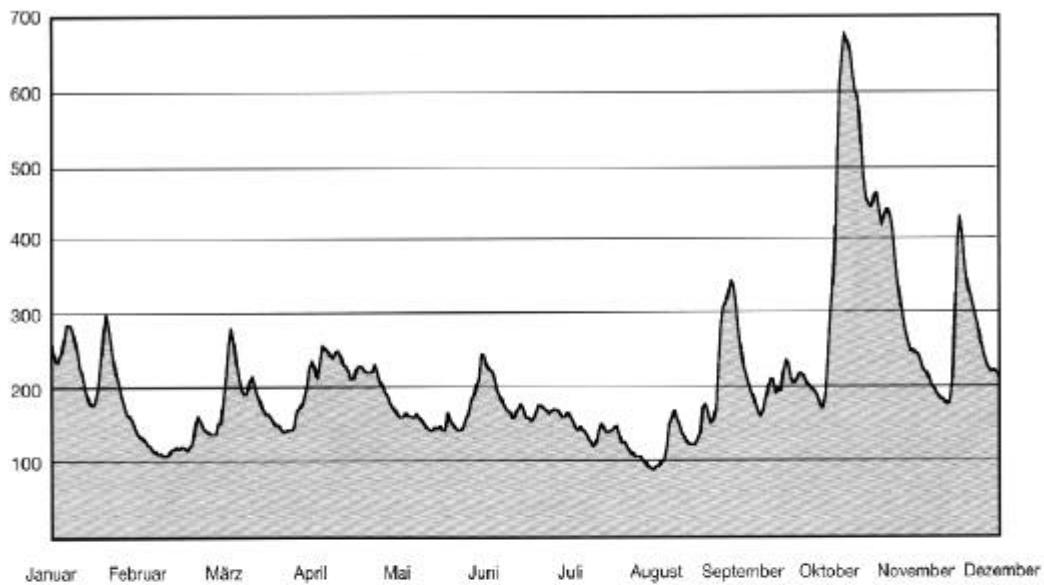
Das Ausbaukonzept des Rheins - Stauregelung des Oberlaufs in Verbindung mit Seitenkanal, Regulierung durch Strombaumaßnahmen im Mittel- und Unterlauf - ist vollständig ausgeführt, wird allgemein als erfolgreich angesehen und steht im Grundsätzlichen nicht zur Disposition. So sind z.B. keine weiteren Staustufen in der Diskussion. Im Detail wird durch örtlich begrenzte, eher konventionelle Strombau- und Instandhaltungsmaßnahmen angestrebt, örtliche Schwachstellen und schifffahrtstechnisch ungünstige Veränderungen zu beseitigen oder in Grenzen zu halten; hierzu folgende Beispiele:

- Laufende Geschiebezugabe, örtliche abflussregulierende Maßnahmen zur Verhinderung von Sohlenerosion im Bereich der (untersten) Staustufe Iffezheim;
- Laufende Geschiebeentnahme an bestimmten Stellen des Mittelrheins zur Vermeidung von Dünenbildung und Stabilisierung der Sohle, d.h. örtliche Wassertiefenverbesserung bei Niedrigwasser;
- Sohlenregulierung, Vermeidung von Sohlenerosion durch Baggergutzugabe im Bereich der Moselmündung;
- Zur vollen Nutzung der Fahrwassertiefe der Mosel und Verbesserung der Fahrwasserverhältnisse auf dem Rhein Vertiefung der Fahrrinne zwischen Koblenz und Köln durch örtlich begrenzte Baggerungen;
- Strombaumaßnahmen (Anpassung von Buhnen und Parallelwerken) am Niederrhein zur Bekämpfung von Sohlenerosion und Wasserspiegelabsenkung;
- Von Fall zu Fall örtliche Ausbaggerungen zur Sohlenregulierung und Vermeidung örtlich ungünstiger Wassertiefen.

Der obere Bereich der gemäß Wasserstraßenklasse VI vorgesehenen Tiefgangs-Richtwerte - zulässige Tiefgänge um 3,50 - 4,50 m - ist bei mittleren Wasserständen auf dem unteren Rhein, zumindest etwa bis Duisburg, bei höheren Wasserständen auch noch darüber hinaus, z.B. bis Düsseldorf und Köln, verfügbar (der Unterrhein wird daher regelmäßig auch

von binnengängigen Seeschiffen mit entsprechenden Tiefgängen angelaufen). Im mittleren Teil, z.B. repräsentiert durch den Pegel Kaub (Binger Loch), war z.B. im Jahr 1996 (1995, 1994 überwiegend besser, 1993 ähnlich) eine Fahrwassertiefe von mindestens 2,00 m an ca. 160 Tagen, eine Tiefe von mindestens 2,50 m aber nur an ca. 70 Tagen verfügbar (**Abb. 15**). Im Bereich des staugeregelten Oberrheins steht normalerweise ein Tiefgang von mindestens ca. 2,50 m zur Verfügung.

Im Jahre 1998



Im Jahre 1997

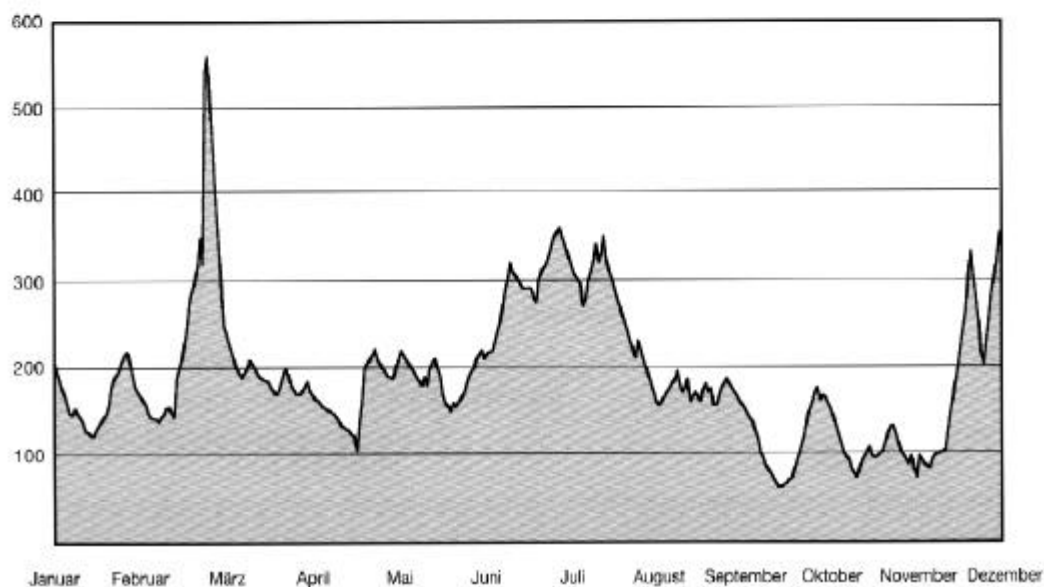


Abb. 15: Wasserstandslinien des Pegels Kaub

2.3.02 Mosel

Aufgrund steigenden Bedarfs wird die Fahrrinne der Mosel in den Stauhaltungen durch Ausbaggerung von 2,70 m auf 3,00 m vertieft; die Maßnahme ist inzwischen weitgehend abgeschlossen.

2.3.03 Saar

Es ist geplant, die Stauregulierung der Saar bis Saarbrücken fortzusetzen, um dort angesiedelte potentielle Binnenschifffahrtsnutzer zu erreichen; hierzu sind der Bau einer weiteren Staustufe und ein entsprechender Streckenausbau im Stadtbereich vorgesehen. Der nach Wasserstraßenklasse V vorgesehene Richttiefgang von 2,50 - 2,80 m steht auf der Saar im übrigen überwiegend zur Verfügung.

2.3.04 Neckar

Die Fahrrinne des Neckar (Stauregulierung schon seit ca. 70 Jahren) wird bis in den Raum Stuttgart wegen dort bestehender Nachfrage nach tiefer abladbaren Schiffen auf 2,80 m vertieft; die Arbeiten dauern noch an.

2.3.05 Main, Main-Donau-Kanal

Eine durchgängige Befahrbarkeit des Mains (wie im unteren Teil und auf dem Main-Donau-Kanal bereits gegeben) mit Schubverbänden von max. 185 m Länge wird angestrebt (d.h. Anhebung der Wasserstraßenklasse von Va auf Vb; jedoch kein Neubau von Schleusen vorgesehen, wohl aber umfangreiche Instandhaltungsmaßnahmen). In diesem Zusammenhang wird der Main schrittweise von 2,50 m auf 2,90 m vertieft, und Regulierungen werden örtlich angepasst (örtliche Verbreiterungen, jedoch jedoch keine weitergehenden Begradigungen).

Der Main-Donau-Kanal entspricht ohne Einschränkung der seinem Ausbau zugrunde gelegten Wasserstraßenklasse Vb als der, abgesehen vom Rhein, höchsten deutschen Wasserstraßenklasse. Weitere Ausbaumaßnahmen, außer örtlichen Verbesserungen im Detail (Liegeplätze u.dergl.) sind nicht vorgesehen.

2.3.06 Donau

Die Donau ist auf der Strecke Kelheim - Passau bis auf ein Teilstück von ca. 70 km Länge (Straubing – Vilshoven) staugeregt (4 Staustufen unterhalb Kelheim, 2 Staustufen oberhalb Passau, dazwischen freifließend). Die durchgängige Nutzbarkeit der Rhein-Main-Donau-Verbindung entsprechend Klasse Vb, mit angemessenen Schiffstiefgängen, wird durch die noch unvollständige Stauregulierung behindert (1,80 m Fahrrinntentiefe bei Niedrigwasser gegenüber mindestens 2,80 m im staugeregelten Teil; volle Abladung nur während 5 Monaten pro Jahr möglich). Ein Konzept für den Bau von maximal drei weiteren Staustufen ist derzeit in Untersuchung; ein Ergebnis wird für das Jahr 2000 erwartet; eine Ausbauentcheidung ist solange noch offen. Als Zwischenschritt, mit dem beabsichtigte Effekte einer

–
rationelleren Schiffsabladung schon zu ca. 50 % erreicht werden, ist in dem Engpassbereich Straubing – Vilshofen eine Vertiefung um 0,30 m durch Baggerung vorgesehen; WSD OST [8], DEHN / BMV [9].

2.3.07 Westdeutsche Kanäle

Der Ausbau des südlichen Teils des Dortmund-Ems-Kanals als außerordentlich wichtiger Verbindung zwischen Rhein und Mittellandkanal, mit anschließender Weiterführung in den Raum Berlin, gemäß Klasse Vb, für einen uneingeschränkten Schiffstiefgang von 2,80 m, ist zu einem Teil bereits fertiggestellt und wird weiter fortgeführt (in zeitlicher Koordination mit einem entsprechenden Ausbau der noch nicht der Klasse Vb entsprechenden Teile des Mittellandkanals).

2.3.08 Mittellandkanal

Die durchgehende Herrichtung des Mittellandkanals (hier bis zur Einmündung des Elbe-Seitenkanals; Weiterführung bis Magdeburg siehe „Projekt 17“) entsprechend Klasse Vb, mit uneingeschränktem Begegnungsverkehr und vollem Schiffstiefgang von 2,80 m, ist in Arbeit und befindet sich in einem fortgeschrittenen Stadium. Dies schließt die teilweise Erneuerung von Schleusen, ferner, gerade auch in diesem Fall, den Neubau oder Umbau einer großen Zahl von Brücken ein, die auf eine Standard-Durchfahrtshöhe von 5,25 m zu bringen sind, um so eine zweilagige Stauung von Containern auf entsprechenden Schiffen zu ermöglichen. Ein Abstieg zur Weser bei Minden (Schleusenneubau) ist vorgesehen.

2.3.09 Weser

Ein Ausbau der (staugeregelten) mittleren Weser zwischen Mittellandkanal und Bremen von Klasse IV nach Va (Tiefgangsbeschränkung 2,50 m), u.a. mit dem Ziel einer verbesserten Anbindung der Bremer Seehäfen, z.B. der dortigen Containerhäfen, an das west- und mitteldeutsche Kanalsystem, wird diskutiert und befindet sich in einer frühen Planungsphase (Verbindung zum Mittellandkanal siehe dort).

2.3.10 Elbe

Der laut Klasse IV vorgesehene Tiefgangs-Richtwert von 2,50 - 2,80 m ist auf der Elbe in der Regel nicht realisierbar. Vielmehr hängen verfügbare Wassertiefen stark von Jahreszeit und Witterungsbedingungen ab und variieren mittel- und längerfristig in einem weiten Bereich. So waren z.B. 1994 etwa auf der Strecke Dresden - Wittenberge an ca. 150 Tagen nur Fahrwassertiefen von weniger als 1,60 m vorhanden. Nach einer anderen Auswertung von Jahresmittelwerten des Zeitraums 1976/85 (**Abb. 16**) waren auf der gesamten Elbe z.B. an 202 Tagen des Jahres Tiefgänge von mindestens 2,00 m (d.h. Schifffahrt unter guten bis befriedigenden Bedingungen), an 75 Tagen aber Tiefgänge unter 1,50 m (d.h. Schifffahrt unter nicht mehr befriedigenden Bedingungen) möglich.

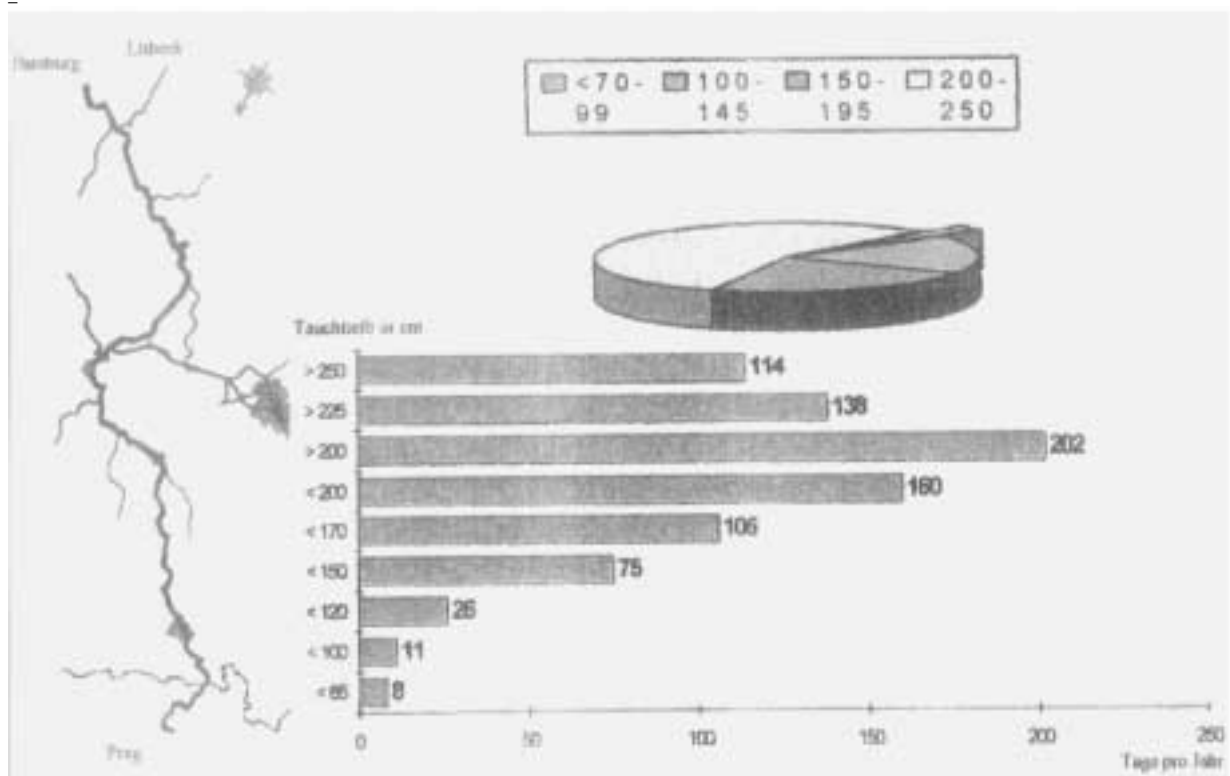


Abb. 16: Tauchtiefen der Elbe (Jahresmittelwerte 1976 – 1985)

Eine Ausweitung der auf der gesamten Elbe oberhalb Geesthacht vorliegenden Klasse Va auf Vb, d.h. Ermöglichung maximaler Schubverbandslängen, wird aufgrund Einschätzung der Bedarfsentwicklung im Prinzip angestrebt. Hiervon wäre die Schleuse Geesthacht betroffen, falls ein Entkoppeln von Verbänden entfallen soll. Da eine weitere Stauregelung der Elbe (Geesthacht bis tschechische Grenze) und andere weitergehende Regulierungsmaßnahmen, z.B. Begradigungen aus ökonomischen und ökologischen Gründen allgemein ausgeschlossen werden, kann dies nur bedeuten, mit begrenzten, eher konservativen strombaulichen Maßnahmen - optimal angepasste Buhnen, Deck- und Leitwerke, Sohlschwellen - eine sinnvolle Kombination von Tiefe, Breite und Linienführung der Fahrrinne und eine Vergleichmäßigung des Gefälleverlaufs zu erreichen und örtliche Sonderprobleme zu beseitigen oder zu vermindern. Das dringende Bedürfnis nach verbesserten Wassertiefenbedingungen, insbesondere bei Niedrigwasser, gilt auch bei derzeitiger Klassifizierung, unabhängig von der angestrebten Klassenanhebung. Konkret ist das Ziel formuliert worden, eine Fahrrinntiefe von 1,60 m bei definierten Niedrigwasserbedingungen und von mindestens 2,60 m bei definierten Mittelwasserbedingungen zu erreichen; BDB [4], WSD [9].

Örtliche, unter Niedrigwasserbedingungen kritische Sonderprobleme betreffen eine besonders erosionsgefährdete Strecke im Raum Wittenberg - Torgau (ca. 110 km; geeignete Maßnahmen verfügbar), eine noch nicht nach Niedrigwasserbedingungen regulierte kleinere Reststrecke unterhalb von Wittenberge (ca. 13 km) sowie insbesondere die Magdeburger Felsen (Domfelsen, Strombrückenfelsen, Herrenkrugfelsen) und den Torgauer Felsen, mit hierdurch bedingten Untiefen, Stromspaltungen und Stromschnellen. Da eine Beseitigung durch Sprengung oder dergl. aus verschiedenen Gründen nicht in Frage kommt, ist nach neuesten Erwägungen eine graduelle mechanische Abarbeitung vorgesehen.

Als Brückendurchfahrtshöhe ist ein Standardwert von 7,00 m bei definierten Wasserstandsbedingungen vorgesehen, somit eine dreilagige Beladung von Containerschiffen.

2.3.11 Elbe-Seitenkanal

Angesichts der schon hohen Klassifizierung des Elbe-Seitenkanals bestehen für den Kanal selbst z.Zt. keine konkreten Ausbaupläne. Es ist damit zu rechnen, dass sich die Verkehrsbedeutung dieser Kanalverbindung im Zusammenhang mit dem Ausbau der Ost / West-Trasse Berlin / Westdeutschland und einer Intensivierung der Verbindung Berlins mit dem Seehafen Hamburg noch erheblich steigern wird. Der Bau einer zweiten Kammer für die Schleuse Uelzen ist daher vorgesehen, und die Verlängerung eines der Tröge des Schiffshebewerks Scharnebeck (bei Lüneburg) ist in Arbeit.

2.3.12 Elbe-Lübeck-Kanal

Aufgrund seiner Klasse IV, allerdings mit eingeschränktem Tiefgang und stark erneuerungsbedürftigen Schleusen, verfügt der Elbe-Lübeck-Kanal über eine aus heutiger Sicht mittlere Leistungsfähigkeit; längerfristig würde eine vollwertige Anbindung der Lübecker Häfen an die Elbe und angrenzende Wasserwege die Klasse V, d.h. das Großmotorschiff erfordern. Dies wird beim vorgesehenen Neubau einer ersten Schleuse (Lauenburg) bereits berücksichtigt.

2.3.13 Elbe-Havel-Kanal / Untere Havel-Wasserstraße / Berliner Wasserstraßen (Projekt 17 der Verkehrsprojekte Deutsche Einheit)

Der Ausbau der Ost / West - Verbindung zwischen Westdeutschland und den Berliner Stadthäfen ist Gegenstand des Projektes Nr. 17 der „Verkehrsprojekte zur deutschen Einheit“ (**Abb. 17**). Ziel ist die Angleichung an den bei großen westdeutschen und westeuropäischen Binnenwasserstraßen erreichten Standard, die Beseitigung von Schwachstellen - wie z.B. der Elbe-Überquerung -, somit Aufhebung eines der gravierendsten Defizite des westeuropäischen Wasserstraßennetzes. Hierbei ist davon auszugehen, dass die Wirtschaft des urbanen Ballungszentrums Berlin von einer Reaktivierung der Binnenschifffahrt sehr stark profitieren wird und zu einer Entlastung der erheblich überlasteten Landverkehrswege von und nach Berlin beigetragen werden kann.

Ziel der Ausbaumaßnahmen ist durchgehend Klasse Vb, bei uneingeschränktem Schiffstiefgang von 2,80 m (dies zunächst bis Magdeburg, darüber hinaus bis Berlin zunächst 2,20 m, längerfristig ebenfalls 2,80 m), und eine Standard-Brückendurchfahrtshöhe von 5,25 m. Im einzelnen beinhaltet das Vorhaben im wesentlichen folgende Ausbaumaßnahmen oder Maßnahmenbündel; WSD Ost [10] (**Abb. 18**):

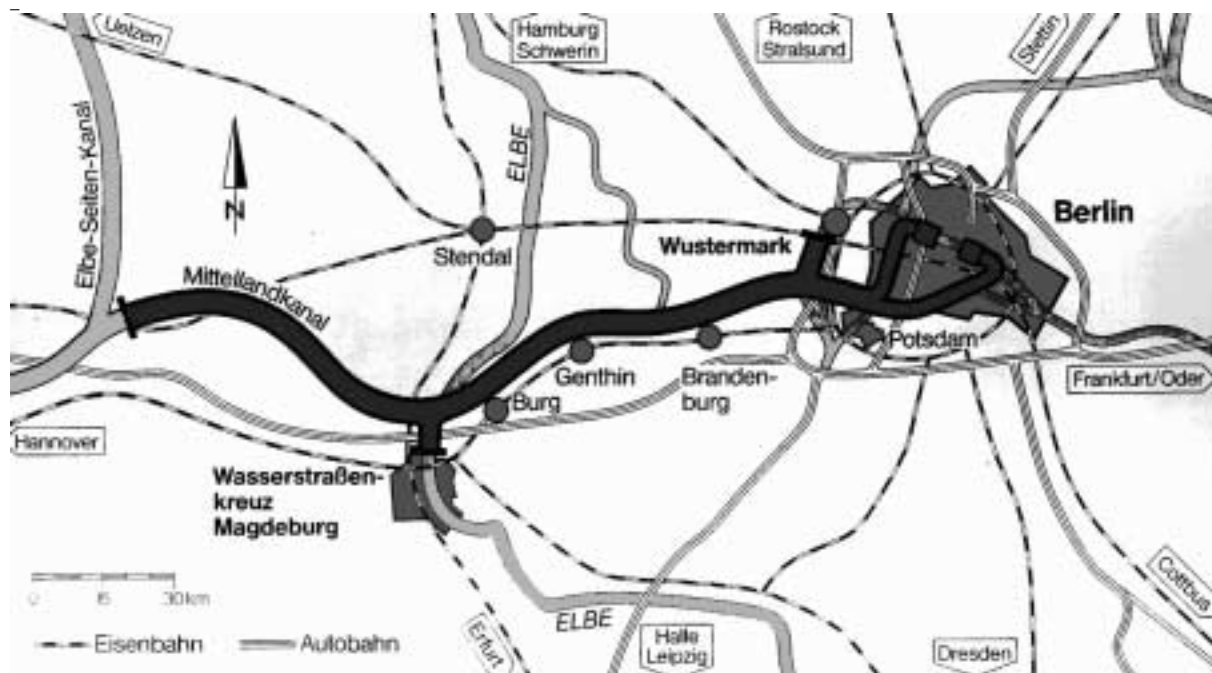


Abb. 17: Projekt 17 – Gesamtübersicht

- Überquerung der Elbe mittels Trogbrücke; Schleusenneubau für Abstieg zur Elbe und zum Hafen Magdeburg (zusätzlich zum Schiffshebewerk Rothensee); Schleusenneubau für Abstieg zum Elbe-Havel-Kanal;
- Im Bereich des Elbe-Havel-Kanals durchgängige Vertiefung und Verbreiterung; Neubau oder Umbau von 4 Schleusen; Neubau oder Umbau zahlreicher Brücken;
- Im Bereich der Unteren Havelwasserstraße (Plaue - Ketzin) stellenweise Vertiefung; in wenigen Fällen Verbreiterung oder Fahrrinnenverlaufskorrektur durch örtlich eng begrenzte Abgrabung; Neubau/Umbau 1 Schleuse (Brandenburg); Neubau/Umbau von Brücken (Raum Brandenburg);
- Im Bereich Havelkanal (Zufahrt Güterverkehrszentrum Wusermark) Vertiefung und Verbreiterung; Neubau/Umbau von Brücken;
- Im Bereich Sacrow-Paretzer Kanal Vertiefung und Verbreiterung; Neubau/Umbau von Brücken;
- Im Bereich der Berliner Gewässer (Trasse Nord / Zufahrt zum Westhafen über Untere Havelwasserstraße, Spree-Oder-Wasserstraße, Westhafenkanal) stellenweise Vertiefung und Verbreiterung; Neubau der Charlottenburger Schleuse; Umbau von Brücken;
- Im Bereich der Berliner Gewässer (Trasse Süd / Zufahrt zum Osthafen über Teltow-Kanal, Britzer Verbindungskanal, Stadtspre) stellenweise Vertiefung und Verbreiterung; Neubau/Umbau der Schleuse Kleinmachnow; Neubau/Umbau von Brücken.



Abb. 18.a: Projekt 17 – Wasserstraßenkreuz Magdeburg mit Hafenanbindung



Abb. 18.b: Projekt 17 – Elbe-Havel-Kanal

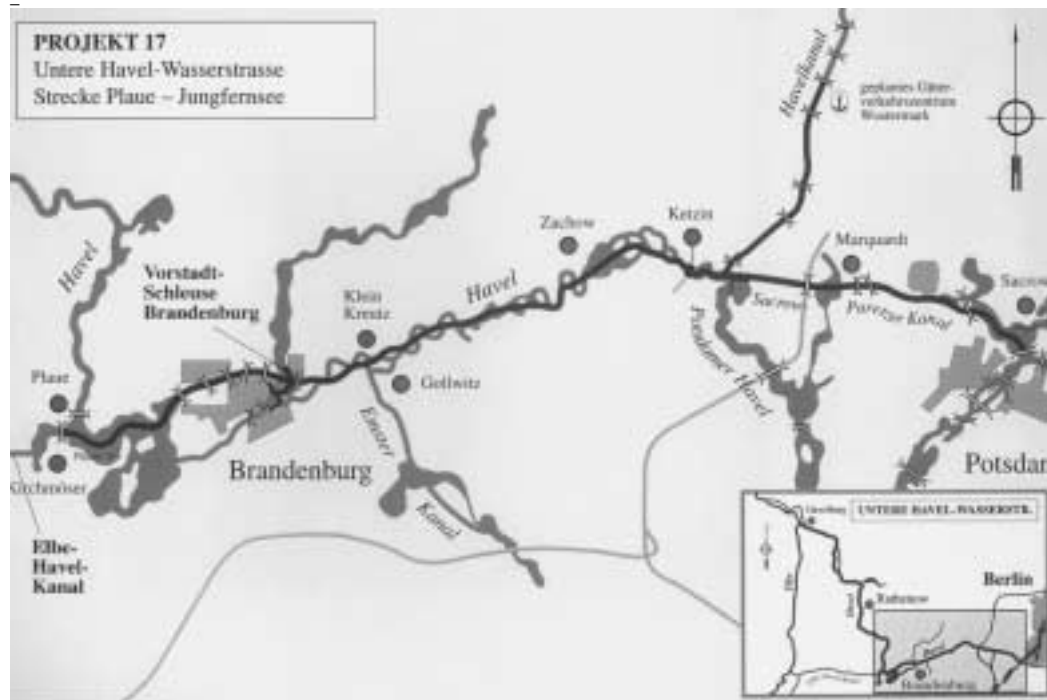


Abb. 18.c: Projekt 17 – Untere Havel-Wasserstraße



Abb. 18.d: Projekt 17 – Berlin / Trasse Nord

2.3.14 Havel-Oder-Wasserstraße (Havel-Oder-Kanal, Hohensaaten- Friedrichsthaler Wasserstraße)

Die Nachfrageentwicklung der für die Region Berlin traditionell wichtigen Verbindung zur Oder und zur Ostsee wird positiv eingeschätzt; daher ist ihr Ausbau nach Klasse Va laut Bundesverkehrswegeplan (1992) als dringliche Maßnahme eingestuft worden. Schwachstellen sind hier einerseits das z.Zt. voll ausgelastete Schiffshebewerk Niederfinow (Abstieg zur

Oder), das durch einen Neubau mit der Klasse Va voll entsprechenden Abmessungen ergänzt werden wird, die Abmessungs-, insbesondere Tiefgangsbeschränkungen auf dem Havel-Oder-Kanal sowie vor allem der auf Teilen des Kanals (hochliegende „*Dichtungsstrecken*“) erforderliche Einrichtungsverkehr. Hier erfolgt eine Anpassung, wenn auch mit gegenüber der Klasse weiter eingeschränktem, erst in fernerer Zukunft voll ausgebautem Tiefgang und Beibehaltung des Einrichtungsverkehrs in wechselnden Richtungen, mit zu modernisierenden Verkehrsleiteinrichtungen.

Der Ausbau schließt die Hohensaaten-Friedrichsthaler Wasserstraße (kanalisierte West-Oder) ein (uneingeschränkter zweischiffiger Verkehr). Im Zuge eines in der Planung befindlichen Neubaus des Hafens Schwedt ist ein Anlauf mit binnengängigen Küstenschiffen vorgesehen, da dies z.B. für die dortige Papierindustrie (direkte Verschiffung von Papier z.B. nach England und Skandinavien) und längerfristig auch für die Mineralölindustrie äußerst attraktiv ist. Eine Wiederherstellung der Hohensaaten-Friedrichsthaler Wasserstraße stromab Schwedt für Schiffstiefgänge bis zu 3,00 m oder 3,50 m ist daher vorgesehen (frühere Wassertiefe hier 4,50 m wegen Hochwasserabfluss von der mittleren Oder).

2.3.15 Spree-Oder-Wasserstraße (Oder-Spree-Kanal)

Diese für die Oder-Region (z.B. Stahlindustrie Eisenhüttenstadt) und den Berlin-Brandenburger Raum ebenfalls wichtige Oder-Verbindung befindet sich noch auf einem niedrigen, nicht mehr den erkennbaren Anforderungen entsprechenden Ausbauzustand (Klasse III, Schiffsbreite ca. 8,20 m, eingeschränkte Tiefgänge). Hier liegen z.Zt. noch keine konkreten Ausbauplanungen vor.

2.3.16 Oder

Die Oder, als im deutsch-polnischen Grenzbereich freifließender, mit strombaulichen Maßnahmen regulierter Fluss, hat im Hinblick auf Größe und Gleichmäßigkeit verfügbarer Fahrwassertiefen eine ähnliche, z.T. noch kritischere, Problematik wie die Elbe. Dies betrifft im besonderen den mittleren Teil der Oder, zwischen der Neisse-Mündung und der Stromaufteilung in Ost- und Westoder bei Hohensaaten. Weitgehend problemlos ist in im Vergleich hierzu die freifließende Ost-Oder, ebenso auch die an die Hohensaaten-Friedrichsthaler Wasserstraße anschließende freifließende West-Oder.

Auf der Strecke Frankfurt/Oder bis zur Neiße-Mündung wurden in bestimmten Zeiträumen mögliche Tiefgänge an der in **Tab. 6** angegebenen Gesamtanzahl von Tagen unterschritten. Hiernach waren, voll zufriedenstellende, Tiefgänge zwischen 2,00 m und 2,50 m in den Jahren 1990 - 1992 an 3 - 47 Tagen pro Jahr und in dem Zeitraum 1981 - 1989 an insgesamt 624 Tagen (von 3.287 Tagen) verfügbar. In demselben Zeiträumen waren, nicht mehr voll befriedigende, Tiefgänge unter 1,80 m an 230 - 361 Tagen bzw. an 1.615 Tagen gegeben. Tiefgänge unter 1,30 m waren in den Jahren 1990 - 1992 an 189 - 329 Tagen und unter 1,10 m an 177 - 287 Tagen verfügbar. Die Häufigkeit nicht mehr hinreichender Einsatzbedingungen ist hier daher als besonders hoch zu bezeichnen.

Tab. 6: Unterschreitungstage der Tiefgänge auf der mittleren Oder (deutsche Grenze bis Frankfurt / Oder) 1981–1992 – Quelle: WSA EBERSWALDE [3]

	< 1,80 m	< 1,90 m	< 2,00 m	< 2,10 m	< 2,20 m	< 2,30 m	< 2,40 m	< 2,50 m	Sperrtage
1981 – 1989 ges.	1.615	1.792	1.922	2.119	2.252	2.381	2.470	2.546	325
1981 – 1989 p.a.	179	199	213	235	250	264	274	283	36
1990	361	361	362	365	365	365	365	365	-
1991	306	314	315	317	318	321	323	323	42
1992	230	242	254	264	274	283	294	301	41
1990	287 Tage < 1,10 m / 329 Tage < 1.30 m								
1991	213		243						
1992	177		189						

Auf deutscher Seite gehen Erwägungen dahin, die Schiffbarkeit der mittleren Oder durch Wiederherstellung und Anpassung konventioneller Strombaumaßnahmen (Buhnen, Parallelwerke u.dergl.) graduell zu verbessern und zu vergleichmäßigen, d.h. im kritischen Niedrigwasserbereich einige dm an Fahrwassertiefe und möglichem Schiffstiefgang zu gewinnen (ähnlich wie dies auch in kritischen Bereichen der Elbe gesehen wird). Aus ökonomischen und ökologischen Gründen wird ein weiterer, wie auch immer gearteter Ausbau der unteren Oder für entbehrlich gehalten, d.h. die Schifffahrt wird hier im wesentlichen auf die Hohensaaten-Friedrichsthaler Wasserstraße konzentriert. Auf polnischer Seite, zuletzt niedergelegt in dem Planungskonzept „ODRA 2006“ (Vorläufer: „2005“), wird angestrebt, den staugeregelten oberen Teil der Oder unterhalb Breslau noch um zwei weitere neu zu errichtende Staustufen auszudehnen (eine hiervon bereits im Bau) und im übrigen auch graduell weitergehende Regulierungsmaßnahmen, z.B. Veränderungen, Korrekturen des Strom- oder Fahrrinnenverlaufs, ins Auge zu fassen; ODRA [11]. Auch gegen eine verstärkte Nutzung der Hohensaaten-Friedrichsthaler Wasserstraße bestehen in Polen offenbar noch Vorbehalte (Nutzungsgebühren, Schleusenpassagen). Ein deutsch-polnischer Dialog zu dieser Problematik wird seit einiger Zeit geführt, hat aber noch keine endgültigen Übereinkünfte gebracht.

2.3.17 Saale

Die Schiffbarkeit der (staugeregelten) Saale entspricht bis Halle bereits der Klasse IV, mit wasserstandsbedingten Tiefgangseinschränkungen. Dies betrifft vor allem die Saale-Mün-

–
dung in Verbindung mit dem jeweiligen Wasserstand der Elbe. Dort ist der Bau einer weiteren Saale-Staustufe in der Diskussion, aber noch nicht in der konkreten Planung.

2.4 VERKEHRSELASTUNG DEUTSCHER BINNENWASSERSTRASSEN

Indikatoren für die Verkehrsbedeutung von Binnenwasserstraßen sind einerseits ihre theoretische Maximal- oder Nominalkapazität und andererseits der Stand ihrer realen Verkehrsbelastung, somit ihre aktuelle Kapazitätsauslastung. Eine Untersuchung beider Faktoren in der genannten Folge wäre wissenschaftlich begründbar; in einer pragmatischen Vorgehensweise erscheint es jedoch naheliegender, zunächst nach dem „*was ist?*“ zu fragen und, ausgehend hiervon, die Frage auf das „*was könnte sein?*“ auszudehnen. Wenn die zuletzt angedeutete Vorgehensweise hier gewählt wird, so geht es hierbei also zunächst nur darum, Belastung und Belastbarkeit der Wasserstraßen selbst darzustellen; Hintergrund und Voraussetzung für Belastung ist selbstverständlich das Vorhandensein von Gütermärkten, die später noch gesondert zu betrachten sein werden.

Informationen zur regionalen Verteilung von Güterverkehr auf Binnenwasserstraßen werden vom zuständigen Ministerium und von der Bundeswasserstraßenverwaltung erhoben und insbesondere vom Statistischen Bundesamt und vom Bundesverband der Deutschen Binnenschifffahrt ausgewertet. Basis sind an bestimmten repräsentativen Schleusen und an Grenzübergangsstellen vorgenommene Erfassungen sowie Umschlagsangaben von Binnenhäfen. Einzelinformationen werden in bestimmter Weise aggregiert und stehen in dieser Form zur Verfügung; BDB [4], BINNENSCHIFFFAHRT [13] (Konzentration auf neuesten verfügbaren Stand, z.T. Rückblick auf kurzfristige Entwicklung).

Zunächst kann gezeigt werden, wie sich umgeschlagene Gütermengen und erbrachte Verkehrsleistungen auf bestimmte abgegrenzte Wasserstraßengebiete (bzw. Bundesländer) verteilen (**Tab. 7**, Stand 1995-97; gebiets- und grenzüberschreitende Verkehre eingeschlossen, auf Gebiete anteilig umgelegt). Hiernach wird die quantitativ herausragende Bedeutung des Rheingebietes (einschließlich wichtiger Nebenflüsse) und des westdeutschen Kanalgebietes (einschließlich Mittellandkanal) deutlich. Das Elbe-Gebiet und das Gebiet Berlin sind in ihrer heutigen Bedeutung immerhin erkennbar (kurzfristige Rückgänge durch ungünstige Eiswinter bedingt und nicht überzubewerten).

Eine nur auf Hafenumschlagsmengen (Versand und Empfang) basierende, regional noch weiter differenzierte, auch ostdeutsche Küstenhäfen (mit Binnenschifffahrtsaktivitäten) einschließende, bis 1965 zurückgehende regionale Verteilung zeigt **Tab. 8**.

Tab. 7: Verkehr nach Hauptgütergruppen – Quelle: BINNENSCHIFFFAHRT [13]

	Beförderte Güter in Mio. Tonnen			Anteil am Gesamt- verkehr 1997 in %	Verän- derung 1997 gegen- über 1996 in %
	1995	1996	1997		
Steine und Erden einschl. Baustoffe	59,3	54,8	52,7	22,6	-3,8
Erdöl, Mineralölerzeugnisse, Gase	43,3	43,8	44,5	19,0	+1,6
Erze und Metallabfälle	41,0	38,4	42,0	18,0	+9,4
Feste mineralische Brennstoffe (Kohlen)	26,4	26,2	27,3	11,7	+4,2
Chemische Erzeugnisse	15,2	15,5	16,5	7,1	+6,5
Eisen, Stahl und NE-Metalle einschl. Halbzeug	13,5	11,9	12,9	5,5	+8,4
Nahrungs- und Futtermittel	14,0	12,6	13,0	5,6	+3,2
Land-, forstwirtschaftliche und verwandte Erzeugnisse	10,2	8,8	8,5	8,5	-3,4
Düngemittel	8,1	7,4	7,2	3,1	-2,7
Andere Halb- und Fertigerzeugnisse	1,8	1,9	2,1	0,9	+10,5
Besondere Transportgüter	5,1	5,8	6,8	2,9	+17,2
Zusammen	237,9	227,1	233,5	100,0	+2,8

**Tab. 8 Güterumschlag in den Binnenhäfen der Bundesrepublik Deutschland nach
Wasserstraßengebieten – Versand und Empfang [1.000 t – Quelle: BINNENSCHIFFFAHRT [13]]**

Wasserstraßengebiet	1965	1970	1980	1990	1994	1995	1996	1997
Elbegebiet	15 700	19 325	17 617	13 914	21 426	23 350	21 161	21 205
Wesergebiet	16 198	16 373	14 708	9 034	10 977	11 921	10 415	10 784
Mittellandkanalgebiet	13 693	12 018	11 864	12 655	14 453	15 249	12 749	13 522
Westdeutsches Kanalgebiet	47 035	44 563	39 239	34 377	36 632	36 242	35 662	36 880
Rheingebiet	184 506	227 447	215 910	198 319	188 746	183 624	176 516	178 595
Donaugbiet	4 308	4 675	3 413	3 166	6 735	7 232	6 406	6 079
Gebiet Berlin	.	.	.	.	8 623	8 708	7 487	7 840
Gebiet Brandenburg und Binnengebiet	.	.	.	.	.	.	.	.
Mecklenburg- Vorpommern	.	.	.	.	2 876	3 581	3 500	3 971
Küstengebiet Mecklenburg- Vorpommern	.	.	.	.	133	79	184	156
Gesamtumschlag	286 879	331 752	310 643	275 785	290 601	289 986	274 080	279 032

Hierzu ferner eine Übersicht über den Güterverkehr an einer ausgewählten Anzahl für das jeweilige Gebiet repräsentativer Schleusen und Schiffshebwerke (**Tab. 9**). Ergänzend hierzu Grenzübergang Emmerich (Unterrhein), Schleusen Iffezheim (Oberrhein), Kanzem (Saar), Grenzübergang Passau (Donau), Geesthacht (Elbe; Indikator für Verkehr mit östlichen Bundesländern, Tschechien, Berlin), Brandenburg (Indikator für Berlin-Verkehr), Schiffshebwerk Niederfinow (Havel-Oder-Kanal) und grenzüberschreitender Gesamtverkehr mit Polen (**Tab. 10**).

Tab. 9: Güterverkehr an repräsentativen Schleuse – Quelle: BDB [4]

	Beförderte Güter in Mio. Tonnen			Veränderung 1997 gegenüber 1996 in %
	1995	1996	1997	
Schleuse I (Rhein-Herne-Kanal) und Ruhrschleuse				
Verkehr vom Rhein	8,1	7,7	7,8	+1,3
Verkehr zum Rhein	7,7	7,6	6,7	-11,8
zusammen	15,8	15,3	14,5	-5,2
Friedrichsfeld (Wesel-Datteln-Kanal)				
Verkehr vom Rhein	12,6	10,9	9,9	-9,2
Verkehr zum Rhein	7,0	6,4	6,2	-3,1
zusammen	19,6	17,3	16,1	-6,9
Münster (Dortmund-Ems-Kanal)				
aus Richtung Emden	0,8	0,7	0,7	0,0
vom Mittellandkanal	5,0	4,1	4,3	+4,9
in Richtung Emden	2,0	2,0	2,1	+5,0
zum Mittellandkanal	7,0	5,6	5,8	+3,6
zusammen	14,8	12,4	12,9	+4,0
Herbrum (Dortmund-Ems-Kanal)				
zu Berg	3,1	2,7	2,6	-3,7
zu Tal	2,4	2,0	2,0	0,0
zusammen	5,5	4,7	4,6	-2,1
Oldenburg (Küstenkanal)				
von der Weser	1,8	1,6	1,7	+6,3
zur Weser	2,1	1,8	1,6	-11,1
zusammen	3,9	3,4	3,3	-2,9
Bremen (Weser)				
zu Berg	1,5	1,2	1,9	+58,3
zu Tal	2,4	2,1	2,0	-4,8
zusammen	3,9	3,3	3,9	+18,2
Anderten (Mittellandkanal)				
nach Osten	6,1	4,7	5,3	+12,8
nach Westen	5,8	4,5	4,7	+4,4
zusammen	11,9	9,2	10,0	+8,7
Schiffshebewerk Rothensee				
von der Elbe	1,4	0,9	1,0	+11,1
zur Elbe	2,6	2,2	2,6	+18,2
zusammen	4,0	3,1	3,6	+16,1
Schleuse Lüneburg (Elbe-Seitenkanal)				
nach Süden	3,8	3,9	4,7	+20,5
nach Norden	2,6	2,3	2,1	-8,7
zusammen	6,4	6,2	6,8	+9,7
Koblenz (Mosel)				
Verkehr vom Rhein	10,3	9,2	9,2	0,0
Verkehr zum Rhein	5,2	5,5	5,8	+5,5
zusammen	15,5	14,7	15,0	+2,0
Feudenheim (Neckar)				
Verkehr vom Rhein	7,6	7,3	6,9	-5,5
Verkehr zum Rhein	2,5	2,9	2,7	-6,9
zusammen	10,1	10,2	9,6	-5,9
Kostheim (Main)				
Verkehr vom Rhein	16,2	16,7	16,2	-3,2
Verkehr zum Rhein	5,6	5,3	4,8	-10,2
zusammen	21,8	22,0	21,0	-4,5
Kelheim (Main-Donau-Kanal)				
Verkehr Richtung Main	2,0	1,7	1,4	-19,2
Verkehr Richtung Donau	2,1	2,1	2,1	+0,3
zusammen	4,1	3,8	3,5	-7,9

**Tab. 10 : Güterverkehr an weiteren Schleusen, Hebewerken und Grenzübergängen
1995-97 [Mio t] – Quelle: BDB [4], BINNENSCHIFFFAHRT [13], WSD Ost [8]**

		1995	1996	1997	1998
Emmerich	zu Berg		96,4	93,8	101,8
	zu Tal		45,7	44,8	45,7
	gesamt		142,1	138,6	147,4
Iffezheim	zu Berg		12,5	11,5	11,7
	zu Tal		15,7	14,9	14,8
	gesamt		28,2	26,4	26,5
Kanzem	von der Mosel	3,1	2,9	2,7	
	zur Mosel		6,7	8,2	7,5
	gesamt		9,8	11,1	10,2
Passau	zu Berg	2,9	2,7	2,4	
	zu Tal	1,9	2,3	2,3	
	gesamt	4,8	5,0	4,7	
Geesthacht	zu Berg	5,6	5,3	5,8	5,8
	zu Tal	4,2	3,5	2,7	3,5
	gesamt	9,8	8,7	8,5	9,3
Brandenburg	zu Berg	4,1	3,8	3,7	3,2
	zu Tal	1,4	0,9	0,8	0,9
	gesamt	5,5	4,7	4,5	4,1
Niederfinow	Richtung Berlin	3,1	2,6	1,8	1,9
	Richtung Oder	0,2	0,2	0,3	0,3
	gesamt	3,3	2,8	2,1	2,2
Polen (ges)	Export Polen				2,4
	Import Polen				0,9
	gesamt				3,3

Hiermit wird der Verkehr auf Kanälen und staugeregelten Flüssen sowie zum Teil auch auf den großen freifließenden Flüssen abgebildet. Erkennbar wird, dass auf den großen west-deutschen Kanälen, dem Mittellandkanal, der Mosel, dem Neckar, dem Oberrhein Gütermengen in hoher Größenordnung von insgesamt 10 - 20 Mio t p.a. bewegt werden (Oberrhein noch darüber). Auf dem Unterrhein bis Duisburg (einschließlich binnengängiger Seeschiffe) sind es, im Vergleich hierzu, ca. 150 Mio t (grenzüberschreitender Verkehr) und auf dem Mittelrhein ca. 60 Mio t.

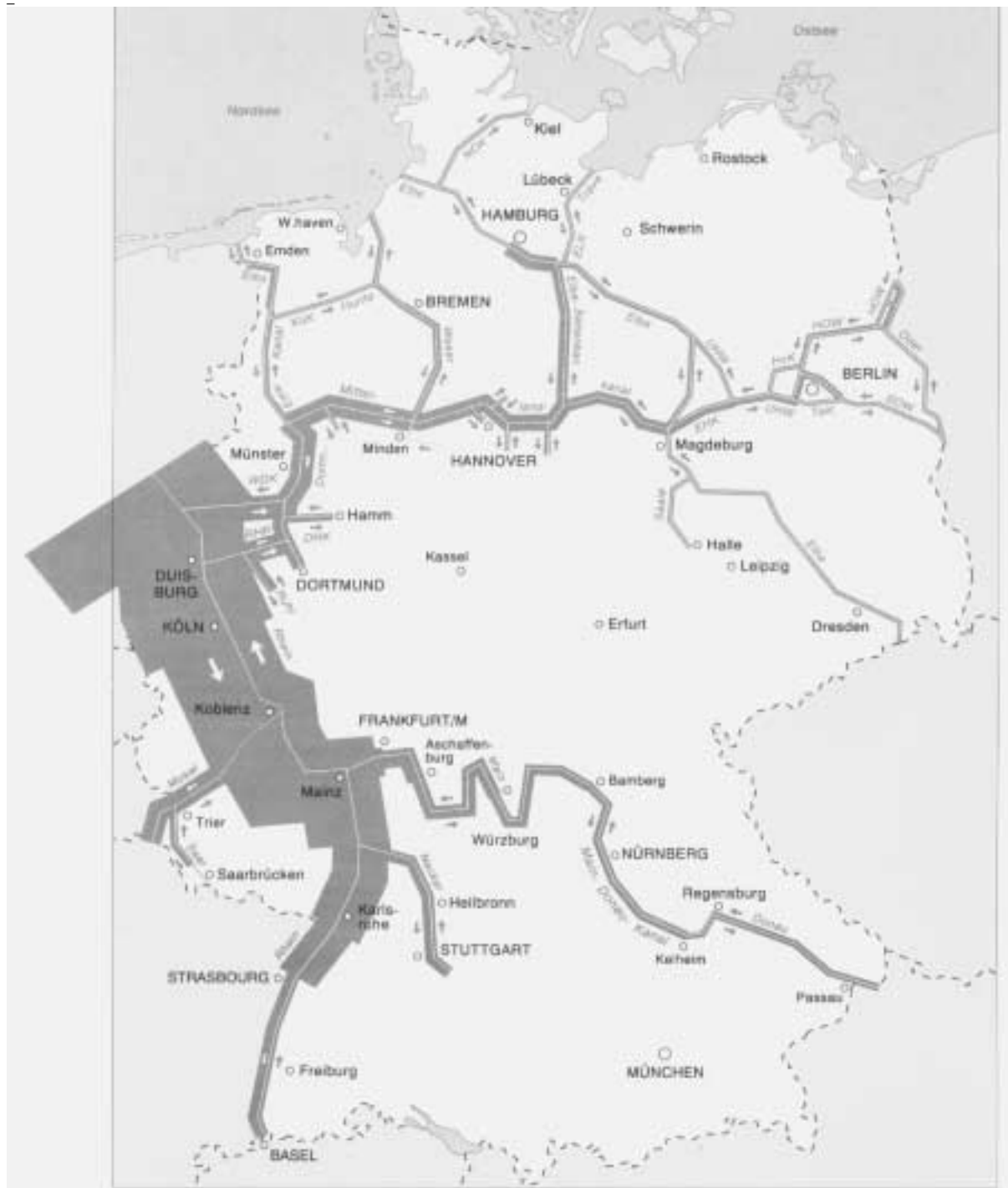


**Abb. 19: Güterverkehrsdichte der Binnenschifffahrt 1997 auf dem Hauptnetz
der deutschen Binnenwasserstraßen [t km / km]**

Als Indikatoren für die Verkehrsbelastung insbesondere auch ostdeutscher Wasserstraßen sind die genannten regionalen Schleusen bzw. das Schiffshebewerk Niederfinow aussagefähig (kurzfristig rückläufige oder schwankende Verkehrswerte insbesondere durch stärkere Eiswinter sowie regional auch durch das Oderhochwasser 1997 bedingt, d.h. nicht als tiefergreifende Entwicklungstendenzen zu werten). Hiernach ergeben sich hier Verkehrsbelastungen in der Größenordnung von 5 - 10 Mio t p.a. Auch auf ostdeutschen Wasserstraßen ist grenzüberschreitender Güterverkehr von erheblicher Bedeutung, bei starker Unbalance zugunsten der Ost/West-Richtung (Polen: ca. 3 Mio t über Oder / HOW / SOW /

Küste; Tschechien und Slowakei: ca. 2 Mio t über Elbe und Donau; Bulgarien, Rumänien und Ungarn: ca. 2 Mio t über die Donau).

Tendenzen unterschiedlicher Verkehrsbelastung lassen sich auch durch die sog. Verkehrsdichte zum Ausdruck bringen, bei die auf bestimmten Wasserstraßen erbrachte Verkehrsleistung auf die Länge der betreffenden Wasserstraße bezogen wird (da sich auf langen Strecken die Verkehrsleistung naturgemäß anders verteilt als auf kurzen): $[t \times km] / [km] = [t]$ = „fiktive“ Gütermenge, identisch mit der wahren Menge, wenn alle Transporte über die maximale Streckenlänge gehen; siehe hierzu **Abb. 19**.

Zusammenfassend lassen sich die deutschen Binnenwasserstraßen hinsichtlich ihrer derzeitigen realen Verkehrsbelastung und Verkehrsbedeutung in vier Größenordnungsgruppen einteilen:

- (1) Der Rheinstrom (Unter- und Mittelrhein) als singuläres Phänomen in West- und Mitteleuropa, keinen Maßstab für andere Wasserstraßen darstellend;
- (2) Oberrhein, Mosel, Main, Neckar, große westdeutsche Kanäle, Mittellandkanal, Elbe, Elbe-Seitenkanal als Gruppe großer, stark belasteter Wasserstraßen;
- (3) Weser, norddeutsche Kanäle, Saar, Donau, Main-Donau-Kanal, Elbe-Havel-Kanal, Untere Havel-Wasserstraße, Havel-Oder-Wasserstraße, Spree-Oder-Wasserstraße, Oder als Gruppe mittlerer Wasserstraßen;
- (4) Übrige Wasserstraßen von eher nur örtlicher, marginaler Verkehrsbedeutung.

Grenzüberschreitender Güterverkehr macht auf den deutschen Wasserstraßen insgesamt den größten Anteil aus (1995: ca. 147 Mio t oder ca. 62 %).

2.5 VERKEHRSKAPAZITÄTEN DEUTSCHER BINNENWASSERSTRASSEN

Wie im vorangehenden Punkt angesprochen, kann davon ausgegangen werden, dass für eine Binnenwasserstraße mit definierten Abmessungen und technologischen Gegebenheiten eine Maximal- oder Nominalkapazität („Durchlässigkeit“, SCHÖNKNECHT [2]) existiert und ermittelbar ist, die in Anzahl von Schiffen einer bestimmten Größe oder, ausgehend von einer bestimmten Beladung der Schiffe, in pro Zeit transportierbarer Gütermenge ausgedrückt werden kann. Es zeigt sich allerdings, dass es sich um eine empfindliche, von vielen inneren und äußeren Einflüssen stark abhängende, somit schwer eindeutig fassbare, kaum scharf, eng und bedingungslos bestimmbare Größe handelt. Es kann hier daher nicht in jedem Fall eine absolute Aussage zu Nominal-Kapazitäten gemacht werden, sondern nur eine Abschätzung der Größenordnung oder des relativen Anteils unausgenutzter, noch verfügbarer Kapazitäten vorgenommen werden. Hierbei wird vom Status quo und einem nach absehbaren Entwicklungsmaßnahmen erreichten Stand von Wasserstraßen und eingesetzten Flotten ausgegangen (letztere zu einem späteren Zeitpunkt noch detailliert darzustellen). Es werden dabei Kapazitätsniveaus ins Auge gefasst, die nach Abschätzung technisch-organisatorischer Kriterien vertretbar und real machbar erscheinen.

Wasserstraßen sind im Hinblick auf ihre Verkehrs-Durchlässigkeit keinesfalls als homogen zu betrachten; vielmehr ist von Engpässen oder kritischen Punkten auszugehen, die sich kapazitätsbegrenzend auswirken. Dies sind bei Kanälen und staugeregelten Flüssen aller Erfahrung nach Schleusen und Schiffshebewerke, die sich als primär kapazitätsbestimmend auswirken (hierbei Ein- und Ausfahrtmanöver in der Regel mehr als der eigentliche Schleusungsvorgang; **Abb. 20**). Örtliche Einrichtungsverkehre können sich ebenfalls als kapazitätskritisch erweisen. Bei freifließenden Flüssen sind es navigatorisch kritische Bereiche (Fahrwasserengpässe u. dergl.), vor allem aber Niedrigwasserperioden, die real, z.B. pro Jahr, verfügbare Kapazitäten u.U. kennzeichnend beeinflussen. Insoweit wie derartige Wasserstandsschwankungen nicht vorhersehbar, sondern allenfalls ex post statistisch zu beschreiben sind, sind auch Verkehrskapazitäten freifließender Flüsse noch weit weniger zuverlässig bestimmbar als solche staugeregelter Gewässer.



Abb. 20: Schleuse Henrichenburg mit einfahrendem Schubverband

Im folgenden wird die Nominalkapazität von mit Schleusen oder Hebewerken ausgestatteten Wasserstraßen, in Abhängigkeit von Wasserstraßenklasse (bei angenommenem vollen Standard-Tiefgang) und Schleusen- bzw. Hebewerkanzahl (Einzel- oder Doppelanordnung), näherungsweise ermittelt. Hierbei wird von einer Standard-Schleusen- bzw. Hebetroglänge entsprechend maximal zulässiger Schubverbandslänge und von einer einheitlichen Betriebszeit von 12 h, alternativ von 24 h pro Tag, von 7 Tagen pro Woche und 52 Wochen pro Jahr ausgegangen. Ferner wird eine einheitliche mittlere Schleusungszeit von 30 min pro Schleusung angenommen (mögliche Einflüsse von Schleusenhub, Schleusungsrichtung, Richtungsfolge, Fahrzeuggrößen und -typen werden vernachlässigt, da sie sich erfahrungsgemäß im Mittel annähernd aufheben. Hiernach ergeben sich ca. 8.700 bzw. ca. 17.400 Schleusungen pro Jahr und Schleuse (bzw. Hebewerk), bei beliebigen Richtungsanteilen (extreme Unbalance ausgeschlossen). Von einer Füllung von Schleusenammern mit im Mittel 70 % der größtmöglichen Fahrzeuge oder einer gleichwertigen Anzahl kleinerer Fahrzeuge wird ausgegangen. Fahrzeuge wird eine einheitliche mittlere Laderate von 60 % angenommen (d.h. voll beladene, teilbeladene und leere Fahrzeuge beteiligt; konservativer Ansatz). Bei doppelter Schleusen- bzw. Hebewerksanordnung wird eine annähernde Verdopplung der Kapazität angenommen (**Tab. 11**).

Tab. 11: Kapazitäten von Kanälen und staugeregelten Flüssen in Abhängigkeit von Wasserstraßenklasse, Schleusanordnung und Schleusenbetriebszeit

Klasse	T _{max} [m]	Schleusen- anordnung	Max. * Füllung [t]	Mittlere * Füllung [t]	Nom.Kap. (12 h/Tg) [Mio t pa]	Nom.Kap. (24 h/Tg) [Mio t pa]
Vb	2,80	Einfachschleuse	3.700	1.500	13,5	27,0
		Doppelschleuse	7.400	3.000	27,0	54,0
Va	2,80	Einfachschleuse	2.100	900	7,7	15,4
		Doppelschleuse	4.200	1.800	15,4	30,8
IV	2,50	Einfachschleuse	1.500	600	5,2	10,4
		Doppelschleuse	3.000	1.200	10,4	20,8
III	2,30	Einfachschleuse	1.000	400	3,5	7,0
		Doppelschleuse	2.000	800	7,0	14,0

*) Pro Schleusung durchsetzbare maximale bzw. im Mittel nominell durchgesetzte Ladungsmenge (d.h. Nominal-Kapazität mit mittlerer angenommener Schleusenfüllung ermittelt)

Es ergibt sich je nach Wasserstraßenklasse, d.h. Schiffsgröße und -abladung, und Schleusenausstattung eine erhebliche Bandbreite nomineller Verkehrskapazitäten (ca. 4 - 54 Mio t p.a.). Getroffene Annahmen hinsichtlich Schleusungsdauer und Schleusenfüllung beein-

–
flüssen naturgemäß die ermittelten Kapazitäten; mögliche Änderungen sind aber von eher nur gradueller Auswirkung. Längere Betriebszeiten von Schleusen und Hebewerken (z.B. 24 h) würden zu entsprechend starken Kapazitätssteigerungen führen (eine erhebliche Anzahl von Schleusen wird z.Zt. bereits 24 h betrieben; bei anderen kann dies nachfragebedingt angefordert werden; auf deutschen Binnenwasserstraßen kann bei entsprechender Besatzung und Ausrüstung der Schiffe im Prinzip „rund um die Uhr“ gefahren werden; es gibt, außer für die Grenzoder, hierfür keine besonderen Vorschriften; WSD OST [8]).

Anzumerken ist hier nochmals, dass in Gütermasse [t] ausgedrückte Kapazitätswerte für masseorientierte Gütertransporte, somit für die meisten der Massengüter, hinreichend relevant sind. Eine raumorientierte Normierung von Kapazitäten, z.B. in Containern [TEU] oder rollenden Ladungseinheiten, ist im Prinzip möglich, wird aber hier zunächst nicht weiter verfolgt. Tiefgangseinflüsse würden dabei zurücktreten, und Brückendurchfahrtshöhen würden für die Annahme von Standard-Schiffsbeladungen kritisch.

Ausgehend von den so abgeschätzten Nominal-Kapazitäten (für frei fließende Flüsse im Einzelfall zusätzliche Erwägungen erforderlich), lassen sich Kapazitätsauslastungen und Reservekapazitäten der wichtigen deutschen Wasserstraßen wie folgt abschätzen und kommentieren (es ist jedoch zu betonen, dass zugrunde gelegte Nominal-Kapazitäten unter der Voraussetzung der angenommenen Prämissen und Vereinfachungen gelten und mehr oder weniger nur den Charakter von Größenordnungen haben können, so dass die Quantifizierung von ungenutzten Kapazitäten, soweit vorgenommen, nur mit Vorsicht zu handhabende Näherungen sein können):

2.5.01 Rhein

Ungeachtet schon sehr hoher Verkehrsdichte und zeitweiliger Niedrigwasserstände, wird dem Rhein - in seinem freifließenden Bereich - noch eine erhebliche Reservekapazität zugeschrieben. Nach vorsichtiger Abschätzung wäre sie unterhalb von Duisburg mit der Größenordnung von 50 %, oberhalb von Duisburg mit mindestens ca. 100 % der heutigen Verkehrsbelastung zu beziffern, solange von der heutigen Flottenstruktur ausgegangen wird; WSD OST [8]. Hierbei wäre der Mittelhhein, besonders etwa im Bereich des Binger Loches, als wasserstandsbedingt kritisch zu betrachten. Wenn sich, wie angestrebt, der Anteil großer Schiffseinheiten (Großmotorgüterschiff, große Schubverbände) in Zukunft noch erkennbar erhöhen würde, würde dies weitere nicht unerhebliche Kapazitätsreserven freisetzen.

Der Oberrhein, besonders in seinem unteren Teil bis Strassburg, ist als bereits relativ hoch ausgelastet anzusehen und ermöglicht bei derzeitiger Flottenstruktur bei bestmöglichen Bedingungen noch knapp eine Verdopplung des Verkehrs. Eine weitere Steigerung könnte über zukünftig höhere Anteile größerer Schiffe erfolgen.

2.5.02 Mosel

Die Verkehrsbelastung der Mosel ist ebenfalls relativ hoch. Sie ließe sich unter heutigen Bedingungen vielleicht ebenfalls noch knapp verdoppeln. Weitere Reservekapazitäten ergeben sich durch die vorgesehene Vertiefung und höhere Anteile größerer Schiffe.

2.5.03 Saar

Die heutige Auslastung der Saar ist demgegenüber deutlich geringer; hier dürfte nahezu noch eine Verdreifachung des Verkehrsaufkommens möglich sein, insbesondere bei Steigerung eingesetzter Schiffsgößen.

2.5.04 Neckar

Die heutige Auslastung des Neckars ist relativ hoch. Unter heutigen Flottenbedingungen erscheint eine Steigerbarkeit um ca. 50 % realistisch; weitere Reserven durch vorgesehene Vertiefung, verlängerte Schleusenbetriebszeiten und höhere Anteile größerer Schiffe.

2.5.05 Main

Die heutige Verkehrsbelastung des Mains (insbesondere bis Frankfurt, schrittweise abnehmend bis Nürnberg) ist ebenfalls relativ hoch. Unter den getroffenen Annahmen und heutigen Flottenbedingungen wäre mindestens eine Verdoppelung des Verkehrs möglich. Weitere Kapazitätssteigerungen ergeben sich durch die vorgesehene Vertiefung und verstärkte Einsetzbarkeit großer Schubverbände.

2.5.06 Main-Donau-Kanal

Die Auslastung des Main-Donau-Kanals ist demgegenüber noch gering. Eine Steigerung des Verkehrs auf das Fünf- bis Sechsfache ist ohne weiteres möglich.

2.5.07 Donau

Die Donau ist im deutschen Bereich ähnlich gering belastet wie der Main-Donau-Kanal und verfügt angesichts ihrer Größe über erhebliche, kaum quantitativ zu beziffernde Reservekapazitäten, die z.Zt. allerdings durch zeitweise ungünstige Wasserstände im freifließenden Teil nicht immer effektiv genutzt werden können.

2.5.08 Westdeutsche Kanäle, Mittellandkanal (bis Elbe-Seitenkanal)

Beim derzeitigen Ausbauzustand, angesichts verschiedener noch vorhandener Engpässe, ist die Auslastung dieser großen Kanäle als relativ hoch zu bezeichnen, so dass z.Zt. nur geringe Reservekapazitäten verfügbar sind. Nach planmäßigem Ausbau ergäbe sich mindestens eine Kapazitätsverdoppelung.

2.5.09 Weser

Die tendentiell bisher eher niedrige bis (im unteren Bereich bis Minden) allenfalls mittlere Verkehrsbelastung der Weser resultiert in einer ebenfalls niedrigen bis mittleren Auslastung der verfügbaren Kapazität. Ein in der Diskussion befindlicher Ausbau (Anpassung an das Großmotorgüterschiff) würde das Kapazitätsangebot um mindestens etwa 60 % steigern.

Auch die, wasserstandsbedingt nicht sonderlich große, Kapazität der (überwiegend freifließenden, stellenweise staugeregelten) oberen Weser wird nur zu einem geringen Anteil ausgelastet.

2.5.10 Elbe

Im Falle des Rheins erschien es plausibel, von einer bereits hohen Verkehrsbelastung auf noch vorhandene, unter bestimmten Bedingungen zu realisierende Kapazitätsreserven zu schließen. Bei der Elbe (ähnlich wie bei Donau und Oder) erscheint es angesichts weit geringerer Auslastung jedoch kaum praktikabel (abgesehen von der Schleuse Geesthacht), eine Nominal-Kapazität zuverlässig quantitativ zu beziffern. Von einer tendentiell sehr hohen, wenn auch zeitweise durch niedrige Wasserstände eingeschränkten Kapazität kann gesprochen werden. Die derzeitige Verkehrsauslastung der Elbe, auch der Schleuse Geesthacht, ist demgegenüber noch relativ niedrig.

2.5.11 Elbe-Seitenkanal

Die Kapazitätsauslastung des Elbe-Seitenkanals befindet sich z.Zt. auf einem mittleren Niveau. Unter getroffenen Annahmen, ausgehend von derzeit kapazitätskritischen Gegebenheiten (Schleuse Uelzen) ließe sich die derzeitige Verkehrsbelastung noch annähernd verdoppeln. Der Bau einer zweiten Schleusenkammer würde das nominelle Kapazitätsangebot nochmals um etwa 100 % steigern.

2.5.12 Elbe-Lübeck-Kanal

Das, bedingt durch Tiefgangsbeschränkung und schlechten Schleusenzustand, relativ niedrige Kapazitätsangebot des Elbe-Lübeck-Kanals wird z.Zt. nur zu einem geringen Prozentsatz ausgenutzt.

2.5.13 Elbe-Havel-Kanal / Untere Havel-Wasserstraße / Berliner Wasserstraßen

Die Kapazität der Wasserwege von und nach Berlin (Indikator für Berlin-Verkehr: Schleuse Brandenburg) wird z.Zt. in relativ geringem Ausmaß in Anspruch genommen. Ihre Auslastung ließe sich bei derzeitigem Ausbauzustand auf das Zwei- bis Dreifache steigern. Nach

–
vollständig erfolgtem Ausbau (Projekt 17) ergibt sich eine nochmalige annähernde Verdoppelung der nominellen Kapazität.

2.5.14 Havel-Oder-Wasserstraße

Derzeit besonders bedingt durch den grenzüberschreitenden Verkehr Polen – Deutschland, ist die Auslastung der Havel-Oder-Wasserstraße relativ hoch (Schiffshebewerk Niederfinow und Schleuse Lehnitz als kritische Punkte zu einem hohen Prozentsatz der abgeschätzten Nominalkapazität ausgelastet; häufig Wartezeiten). Durch den vorgesehenen schrittweisen Ausbau (betr. Tiefgang, einschiffiger Verkehr), einschließlich Errichtung eines zweiten Hebewerks, würde sich die Nominal-Kapazität zunächst um etwa 50 % steigern, im Endzustand ebenfalls in etwa verdoppeln.

2.5.15 Spree-Oder-Wasserstraße

Bedingt durch die noch niedrige Wasserstraßenklasse, ist die Kapazität der Spree-Oder-Wasserstraße relativ niedrig; sie wird auch nur zu einem geringen Prozentsatz ausgenutzt.

2.5.16 Oder

Die nominelle Kapazität der Oder (freifließende mittlere Oder, Ost-Oder und West-Oder; Hohensaaten-Friedrichsthaler Wasserstraße bereits bei HOW eingeschlossen) ist tendentiell hoch einzuschätzen; sie wird stark beeinträchtigt durch Niedrigwasserstände der mittleren Oder. Die derzeitige Auslastung dieser Kapazität ist sehr niedrig.

2.5.17 Zwischen-Fazit

Bei einer Gruppe bedeutender Wasserstraßen kann heute von einer mittleren bis höheren Kapazitätsauslastung gesprochen werden:

- Rhein, Mosel, Neckar, Main (unterer Abschnitt), westdeutsche Kanäle, Mittellandkanal, Elbe-Seitenkanal, Havel-Oder-Kanal.

Hierbei ist zu beachten, dass angesichts der Unsicherheit und Bedingtheit von Kapazitätsermittlungen, der unvermeidlichen vereinfachenden Annahmen, der zeitlichen Schwankungen der Nachfrage eine volle Kapazitätsauslastung über längere Zeiträume gar nicht möglich sein dürfte und eine Auslastung in der Größenordnung von 50 % der abgeschätzten Nominal-Kapazität als normal oder hinreichend groß zu bezeichnen wäre.

Bei den übrigen der hier angesprochenen Wasserstraßen liegt eine tendentiell eher niedrige Kapazitätsauslastung vor, dies selbst dann, wenn in einigen Fällen auch bereits die real verfügbare Kapazität nicht besonders hoch einzustufen ist. Hierzu ist an dieser Stelle anzumerken, dass die vordergründige Ursache hierfür wohl eine niedrige Nachfrage nach Trans-

portleistung sein kann, dass es aber der Zustand der Wasserstraßen selbst sein kann, der erhöhte Nachfrage, eine nachhaltig gesteigerte, technisch und wirtschaftlich sinnvolle Ausnutzung nomineller Kapazitäten verhindert, und dass insoweit eine Schlussfolgerung, angesichts niedriger Auslastungen sei ein Ausbau der betreffenden Wasserstraßen nicht erforderlich, keineswegs zwingend erscheint. Hierauf wird nach genauerer Kenntnis des Standes und der Entwicklung von Nachfrage- und Angebotsstrukturen erneut einzugehen sein.

3 GÜTERMÄRKTE DER DEUTSCHEN BINNENSCHIFFFAHRT – EIN EXKURS

Im Zuge der weiteren Analyse ist es naheliegend, das Stichwort *Kapazitätsauslastung*, das im vorangehenden Punkt als Indikator für die aktuelle Verkehrsbedeutung der deutschen Binnenwasserstraßen diskutiert und den verfügbaren Kapazitäten gegenübergestellt wurde, an dieser Stelle erneut aus anderem Blickwinkel aufzugreifen und zu einem Exkurs über Stand und Perspektiven der Nachfrage nach Gütertransport auf Binnenwasserstraßen zu erweitern. Wie stets bei der Erörterung der realen Bedeutung und Entwicklungsfähigkeit eines Verkehrsträgers ist es auch hier erforderlich, ausgehend von den einleitenden allgemeineren Ausführungen, einen genaueren, nach üblichen quantitativen und qualitativen Merkmalen zu strukturierenden Überblick über heutige und zu erwartende zukünftige Marktpotentiale zu gewinnen. Dabei kann dies Nachfragepotential nicht isoliert von der Nachfrage nach anderen, konkurrierenden - oder innerhalb von Transportketten kooperierenden - Verkehrsträgern gesehen werden; d.h. kurzgefasste Informationen zu Modal Split und Transportketten des Güterverkehrs sind in die Übersicht einzubinden.

Der Stand einer Nachfrage ist zu interpretieren als Wunsch und Bedürfnis eines Marktes, sich bestimmte Vorteile und Leistungsfähigkeiten eines Anbieters zunutze zu machen. Perspektiven einer zukünftigen Nachfrageentwicklung ergeben sich jedoch nicht nur einseitig aus einer mehr oder weniger unabhängig prognostizierbaren Marktentwicklung, sondern sind immer auch ein Ergebnis von Technologieentwicklungen, d.h. von sich weiter verbessernder Angebotsattraktivität. Insoweit ist dieser Punkt hier nicht abschließend zu behandeln, sondern ist im Zusammenhang mit der im Zuge des Untersuchungsthemas noch erforderlichen Analyse möglicher effizienzsteigernder Entwicklungsmaßnahmen der Binnenschifffahrt erneut aufzugreifen.

3.1 ARTEN, VERWENDUNGSZWECKE, WERTIGKEITEN BINNENSCHIFFFAHRTSAFFINER GÜTER

Als Ergebnis einer Entwicklung im größeren Teil dieses Jahrhunderts werden heutige Gütermärkte der deutschen Binnenschifffahrt (Tendenz in anderen europäischen Ländern ähnlich) zum stark überwiegenden Teil repräsentiert durch tendentiell massenhafte, niedrigwertige Rohstoffe und wenig verarbeitete Stoffe mit niedrigen transporttechnologischen Anforderungen („*Massengüter*“ nach deutschem Sprachgebrauch; Terminologie ähnlich wie Seeschifffahrt; LINDE [14]):

- Steine, Erden, sonstige Baustoffe
- Mineralöl, Mineralölprodukte, petrochemische Produkte, Flüssiggas-Produkte, sonstige chemische Produkte („Gefahrgüter“, siehe „Anforderungen“)
- Eisenerz/-konzentrat, NE-Erze, Metallschrott
- Feste mineralische Brennstoffe (Kohle)
- Eisen, Stahl, NE-Metalle (Halbzeuge, Rohprodukte)
- Abfallstoffe (Bauschutt, Baustellenaushub, Müll), Recycling-Stoffe
- Nahrungs- und Futtermittel (Getreide, Getreiderohprodukte)
- Sonstige land- und forstwirtschaftliche Produkte
- Düngemittel

Tendentiell höherwertige, weniger massenhafte, transporttechnologisch anspruchsvollere Halb- und Fertigerzeugnisse, Verbrauchs- und Investitionsgüter (industrielle, handwerkliche, agrarische Produkte verschiedener Art; sog. „*besondere Transportgüter*“ gemäß offizieller Statistiken) sind ferner, wenn auch noch mit geringer anteiliger Bedeutung, Bestandteil binnenschiffsaffiner Gütermärkte. Es handelt sich, wie unter dem Stichwort „Erscheinungsformen“ noch näher zu erläutern, z.B. um in Containern oder anderen standardisierten Ladungsbehältern transportierte oder auch als *rollende* Ladungseinheiten in Erscheinung tretende Güter („Fahrzeuge“ im weitesten Sinn, als eigenständiger Handelsgegenstand, z.B. PKW, LKW, Busse, Schienenfahrzeuge, Landmaschinen, Baufahrzeuge, Mobilkräne und andere rollende Geräte und Maschinen, auch solche sehr großer Abmessungen und Gewichte, oder selbst als Transportmittel agierende Fahrzeuge, d.h. im wesentlichen LKW; siehe hierzu Stichwort „*Schwimmende Landstraße*“).

Massengüter werden auch in Zukunft eine hohe Affinität zur Binnenschifffahrt, als dem Verkehrsmittel mit der weitaus höchsten Massenleistungsfähigkeit und dem niedrigsten Transportkostenniveau, besitzen. Bei einigen Rohstoffen wird allerdings mit einer fortschreitenden Tendenz zu frühzeitiger Vorverarbeitung, d.h. mit einer teilweisen Substitution von Rohstoffen durch Rohprodukte oder Halbzeuge gerechnet (z.B. Stahl-/Metall-Halbzeuge und -Rohprodukte, Holzprodukte); andererseits nehmen auch Abfall- und Rückstandsprodukte, die in irgendeiner Form Recycling-Prozessen zugeführt werden (z.B. Stahl-/Metallschrott, Altpapier), laufend an Bedeutung zu. Hieraus werden sich graduell geänderte Anforderungen an die Binnenschifffahrt, aber auch neue Chancen für diese ergeben.

Die Frage, ob es realistischerweise zu erwarten ist, bei höherwertigen, weniger massenhaften, tendentiell heterogen strukturierten, transporttechnisch anspruchsvolleren Gütern das Interesse der verladenden Wirtschaft an der Binnenschifffahrt nachhaltig zu steigern, wird einerseits von einer (hier später noch vertieft vorzunehmenden) Beurteilung der technischen, logistischen und ökonomischen Entwicklungsmöglichkeiten der Binnenschifffahrt, andererseits von der Entwicklung der Leistungsfähigkeit und Auslastung der konkurrierenden Verkehrsträger Schiene und Straße abhängen. In dem Maße, wie durch die Container-technologie – im weitesten Sinne - eine transporttechnische und auch transportwirtschaftliche Homogenisierung heterogen strukturierter höherwertiger Produkte erfolgt, spricht vieles dafür, dass diese Güter für einen rationellen Wassertransport zunehmend in Frage kommen und somit eine noch weiter erheblich verstärkte Affinität zur Binnenschifffahrt entwickeln werden, wobei z.B. auch die Frage von der verladenden Wirtschaft bevorzugter Transportgeschwindigkeiten noch zu erörtern sein wird.

In einer im Frühjahr 1999 abgeschlossenen Untersuchung – PLANCO [15] – wurden im Zuge einer Befragung von Unternehmen der verladenden Wirtschaft und des Speditions-, Logistik- und Binnenschifffahrtsgewerbes Kriterien und Einflussfaktoren erfasst und evaluiert, die die Verkehrsträgerwahl und den Modal-Split zwischen der Binnenschifffahrt und den konkurrierenden Verkehrsträgern maßgeblich beeinflussen können. Hiernach sind Massengutmärkte weiterhin, und z.T. noch verstärkt, an der Binnenschifffahrt interessiert. Primäres Kriterium ist hier der Transportpreis (für die gesamte Transportkette, z.B. einschließlich Umschlag); bei Gefahrgütern (z.B. Mineralölprodukte, chemische Erzeugnisse) wird die Transportsicherheit an erster Stelle genannt. Auch außerhalb des Massengüterbereichs

– werden Marktsegmente mit hoher Binnenschifffahrtsaffinität und guten Entwicklungsperspektiven für die Binnenschifffahrt gesehen (z.B. höherwertige Produkte in Containern und anderen standardisierten Einheiten, Fahrzeuge, Anlagen). Als relevante Kriterien werden auch hier die Transportkosten, ferner die Transportzeit sowie Zuverlässigkeit, Pünktlichkeit, Sicherheit, Flexibilität, Qualität der Abwicklung genannt.

3.2 PHYSISCH-TECHNISCHE ERSCHEINUNGSFORMEN, TRANSPORTTECHNISCHE, TRANSPORTWIRTSCHAFTLICHE ANFORDERUNGEN BINNENSCHIFFFAHRTSAFFINER GÜTER

Physisch-technische Erscheinungsformen von Gütern, teils güterspezifisch vorgegeben, teils vom Transportsystem her zu beeinflussen, sind grundlegend wichtige Parameter für die Effizienz von Transportsystemen, so auch in der Binnenschifffahrt; hierzu in diesem Zusammenhang einige summarische Anmerkungen.

Massengüter, in zunächst klassischem Verständnis, sind flüssige / pumpfähige oder trockene / schüttfähige Güter (z.B. Mineralöl, Chemikalien, Flüssiggas bzw. Erz, Kohle, Getreide). Relative Massenhaftigkeit dieser Güter wird unmittelbar in transporttechnische Homogenität umgesetzt („*liquid bulk*“ und „*dry bulk*“ als einschlägige maritime Termini) und ermöglicht so höchstmögliche umschlags- und stautechnische Effizienz. Massengüter, in aktuell erweitertem Begriffsverständnis, sind auch Massenstückgüter („*neo-bulk*“), das sind relativ massenhafte, umschlags- und stautechnisch weitgehend homogene Stückgüter von niedrigem bis mittlerem Wert (z.B. Stahl-/Eisen-/NE-Rohprodukte und -halbzeuge, feste Baustoffe, Baufertigteile, Rotationspapier, Schnittholz, sonstige Forstprodukte).

Von weitreichender transport- und sicherheitstechnischer Bedeutung ist die Tatsache, dass es sich bei einem Teil der Massengüter, insbesondere der flüssigen Güter (Mineralölprodukte, Flüssiggas, chemische Produkte), um Gefahrgüter entsprechend hierfür geltender internationaler Richtlinien handelt (1992: ca. 53 Mio t oder ca. 23 % des Gesamtaufkommens); ADNR [16].

Abgesehen von speziell gefahrgutbedingten, durchaus weitgehenden, hoch komplexen Sicherheitsanforderungen, sind die transporttechnologischen Anforderungen der Massengüter tendentiell eher niedrig einzustufen (die starke Massengutorientierung der Binnenschifffahrt hat in der Öffentlichkeit zu einem in dieser Hinsicht einseitigen „*Image*“ geringer Leistungsfähigkeit und Diversifizierungsfähigkeit geführt, das sich heute als ein Hindernis bei der angestrebten Ausweitung der Leistungsbreite erweist). Anforderungen der Massengüter sind primär wirtschaftlicher Art und richten sich auf eine größtmögliche Minimierung von Transportkosten, um so die transportbedingte Kostenbelastung niedrigwertiger Güter möglichst niedrig zu halten; siehe z.B. PLANCO [15]. Hieraus resultiert auch ein tendentiell niedriges Niveau präferierter Transportgeschwindigkeiten (terminliche Zuverlässigkeit und Planbarkeit auch bei Massengütern wichtig, durchaus auch mit niedrigen Geschwindigkeiten zu verwirklichen; bei niedrigwertigen Gütern auch Verzinsung des während der Transportdauer gebundenen Kapitals kein gravierender Kostenfaktor).

– „Moderne“ Massengüter - Schüttgüter wie z.B. Getreide, Getreideprodukte, Kunststoff-Rohprodukte, Massenstückgüter wie z.B. Papier - stellen bereits deutlich höhere transporttechnische Anforderungen (z.B. Ladungsinhalt, Ladungsschutz betreffend).

Weitergehende spezifische Anforderungen, auf deren transporttechnische Umsetzung noch vertieft einzugehen sein wird, resultieren ferner z.B. aus dem Transport von Containern und rollenden Gütern, Schwergütern, großvolumigen Gütern, verderblichen Gütern. Generell sind es die tendenziell eher heterogenen Strukturen der Nicht-Massengüter (außer Container), aus denen sich neuartige Anforderungen im Hinblick auf Diversifizierung, Separierung, Teilladungsfähigkeit ergeben.

Transportwirtschaftliche Anforderungen höherwertiger Produkte konzentrieren sich in noch weit stärkerem Maße auf terminliche Zuverlässigkeit und Planbarkeit des gesamten Transportablaufs. Dies sowie eine u.U. in stärkerem Maße gegebene Dringlichkeit des Bedarfs kann zu erhöhten Anforderungen an Transportzeiten und -geschwindigkeiten führen. Hierbei ist jedoch stets die effektive Geschwindigkeit über die gesamte Transportkette, einschließlich des Zeitbedarfs für alle Schnittstellen, entscheidend. Andererseits hat auch hier der Transportpreis in aller Regel eine hohe, oft die höchste Priorität, so dass mäßige, noch kostengünstige Geschwindigkeiten auch hier vorteilhaft erscheinen.

3.3 MENGENSTRUKTUREN BINNENSCHIFFFAHRTSAFFINER GÜTER

Eine Übersicht über auf deutschen Binnenwasserstraßen in den Jahren 1995 - 97 transportierte Gütermengen und Güterarten gibt **Tab. 12**. Hiernach wird die mengenmäßige Dominanz der großen Massengüter (Baustoffe, Mineralölprodukte, Erz, Kohle) und die noch begrenzte Rolle der „besonderen Transportgüter“ erneut deutlich.

Nach einer anderen Information über die in den Jahren 1996 /1997 auf deutschen Binnenwasserstraßen transportierten Container (**Tab. 13**) entfielen hierauf ca. 7 Mio t, d.h. ca. 3 % aller transportierten Güter. Auch hier ist aber darauf hinzuweisen, dass sich die Benutzung der Gütermasse [t] als für die Quantifizierung von Gütermengen einzig relevanter Messgröße im Falle höherwertiger, häufig spezifisch leichter, d.h. raumintensiver Güter als ungeeignet und technisch wie wirtschaftlich irrelevant erweist. So ist die Zahl von ca. 7 Mio t im Jahr 1997 in Containern transportierter Güter (entsprechend ca. 800.000 TEU) anders, ökonomisch und kommerziell deutlich höher zu bewerten als entsprechende Mengen von Massengütern; dasselbe gilt sinngemäß mindestens ebenso sehr für rollende Güter, Schwergüter und großvolumige Güter.

Tab. 12: Umschlag und Verkehrsleistung in einzelnen Wasserstraßengebieten – Quelle: [13]

	Umschlag in Mio. t			Veränderung 1997 gegen- über 1996 in %	Verkehrsleistung in Mrd. tkm			Veränderung 1997 gegen- über 1996 in %
	1995	1996	1997		1995	1996	1997	
Rheingebiet	183,6	176,5	178,6	+1,2	49,079	48,453	49,322	+1,8
Westdeutsches Kanalgebiet einschl. Mittellandkanalgebiet	51,5	48,4	50,4	+4,1	8,014	6,657	7,055	+6,0
Wesergebiet	11,9	10,4	10,8	+3,8	0,941	0,803	0,892	+11,1
Elbegebiet	23,4	21,2	21,2	+0,0	3,485	3,103	2,762	-11,0
Donauegebiet	7,2	6,4	6,1	-4,7	1,755	1,735	1,617	-6,8
Gebiet Berlin	8,7	7,5	7,8	+4,0	0,303	0,271	0,258	+4,8
Gebiet Brandenburg	3,6	3,5	4,0	+14,3	0,381	0,260	0,240	-7,7
Gebiet Mecklenburg	0,1	0,2	0,2	-0,0	0,004	0,009	0,006	-33,3
Umschlag und Verkehrsleistungen zusammen	290,0	274,1	279,1	+1,8	63,962	61,291	62,152	+1,4

Tab. 13: Containerverkehr [TEU] – Quelle: BINNENSCHIFFFAHRT [13]

	leer	1996 beladen	darin Güter in Mio. t	leer	1997 beladen	darin Güter in Mio. t
	Anz.	Anz.		Anz.	Anz.	
Verkehr innerhalb der Bundesrep. Deutschland	20 587	47 890	0,504	14 032	51 224	0,487
Grenzüberschreitender Verkehr	223 805	456 180	4,563	227 639	504 924	5,514
darunter: Versand	59 257	286 683	2,924	59 118	312 663	3,525
Empfang	164 548	169 497	1,639	168 521	192 261	1,989
Durchgangsverkehr*)	52 690	60 177	0,655	53 185	68 611	0,794
Verkehr auf den Wasserstraßen des Bundesgebietes	297 082	564 247	5,722	294 856	624 759	6,795
darunter: auf Schiffen der Bundesrep.	65 122	149 474	1,340	69 015	161 067	1,479

Der Stand der quantitativen Nachfrage, ausgedrückt in Arten, Mengen und Erscheinungsformen transportierter Güter, lässt sich so in Umrissen skizzieren. Vorliegende quantitative Perspektiven einer zukünftigen Verkehrsnachfrageentwicklung gehen von bestimmten Erwartungen bei wirtschaftlichen Rahmenbedingungen, technologischen Innovationen und Infrastrukturentwicklungen bei allen beteiligten Verkehrsträgern aus. So wird in einer „Güterverkehrsprognose 2010 für Deutschland“ (Kessel & Partner 1991, BMV-HANDBUCH [7]) angenommen, dass sich für den Zeitraum 1988 - 2010 ein Zuwachs an Verkehrsleistung für den Straßengüterverkehr von ca. 97 %, für Bahngüterverkehr von ca. 54 % und für die Binnenschifffahrt von ca. 87 % ergeben werden. Hiernach wird die Binnenschifffahrt im Jahre 2010 ca. 342 Mio t transportieren und eine Verkehrsleistung von ca. 116 Mrd t km erbringen wird (Stand und Entwicklung von Verkehrsrelationen und Transportdistanzen anschließend gesondert anzusprechen). Diese Prognose wird z.Zt. noch als realistisch eingeschätzt [7], was mit dem schrittweise vorgesehenen Ausbau der Binnenwasserstraßen, einem zuneh-

menden Verlagerungsdruck aufgrund Überlastung der Landverkehrswege und akuter Umweltproblematik sowie mit verbesserten logistischen Leistungsangeboten der Binnenschifffahrt begründet wird. Nach einer Prognose des Ifo-Instituts (BDB [4], **Abb. 21**) werden unter im Prinzip ähnlichen Prämissen Zuwachsraten bei der Verkehrsleistung von 62 % für die Binnenschifffahrt, 57 % für die Bahn und 59 % für die Straße erwartet.

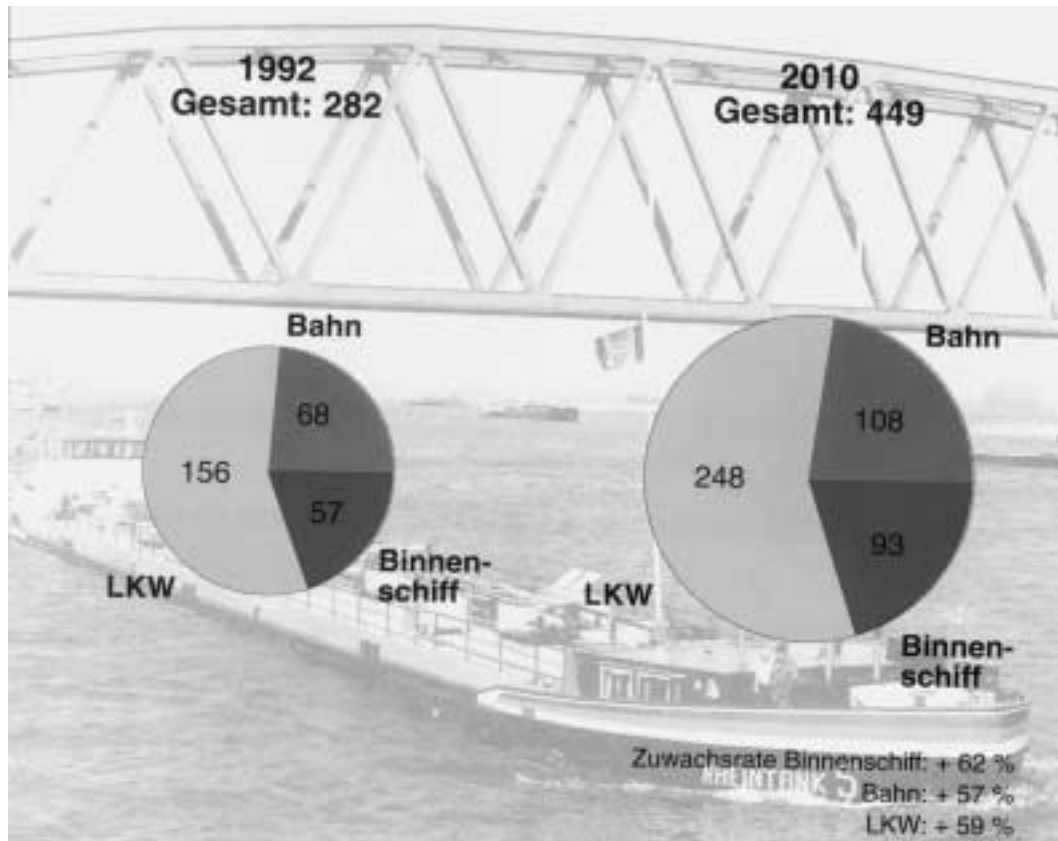


Abb. 21: Güterverkehrsprognose für die Bundesrepublik Deutschland - Verkehrsleistung [Mrd t km / Jahr]

Die neueste hier berücksichtigte prognostische Äußerung zur Entwicklung des Güterfernverkehrs und des Modal Splits hierbei stammt ebenfalls aus der Feder des Ifo-Instituts; angefertigt im Auftrag des Verbands der Automobilindustrie; Ifo / VDA [40]. Hier geht es primär um die Transport- und Fahrleistungen des Straßengüterverkehrs im Zeitraum 1970 – 2015; diese werden jedoch im Kontext aller beteiligten Verkehrsträger untersucht, d.h. es wird eine vollständige Modal-Split-Prognose bis zum Jahr 2015 erstellt, die im wesentlichen von der erwarteten Entwicklung des Bruttoinlandproduktes und der Bruttowertschöpfung ausgeht und Transportaufkommen und –leistung nach wichtigen, dort üblichen Güterabteilungen differenziert:

- Halb-/Fertigwaren
- Chemische Erzeugnisse
- Düngemittel
- Steine und Erden
- Eisen, Stahl und NE-Metalle
- Mineralöl / -erzeugnisse

- Kohle
- Nahrungs-/ Futtermittel
- Land-/ forstwirtschaftliche Erzeugnisse

Im Prognosezeitraum bis zum Jahr 2015 wird das Transportaufkommen hiernach im Mittel um ca. 1,7 % p.a., insgesamt um ca. 37 % zunehmen. Hohe Wachstumsraten werden vor allem bei Halb- und Fertigwaren, ferner bei Nahrungs- und Futtermitteln, land- und forstwirtschaftlichen Erzeugnissen sowie bei chemischen Produkten erwartet. Dagegen sind in den (eigentlichen, eher traditionellen) Massengutbereichen nur unterdurchschnittliche Zuwachsraten (bei Steinen und Erden), annähernde Stagnationen (bei Mineralöl und Erzen) oder sogar Rückgänge (Kohle) prognostiziert worden (**Abb. 22**).

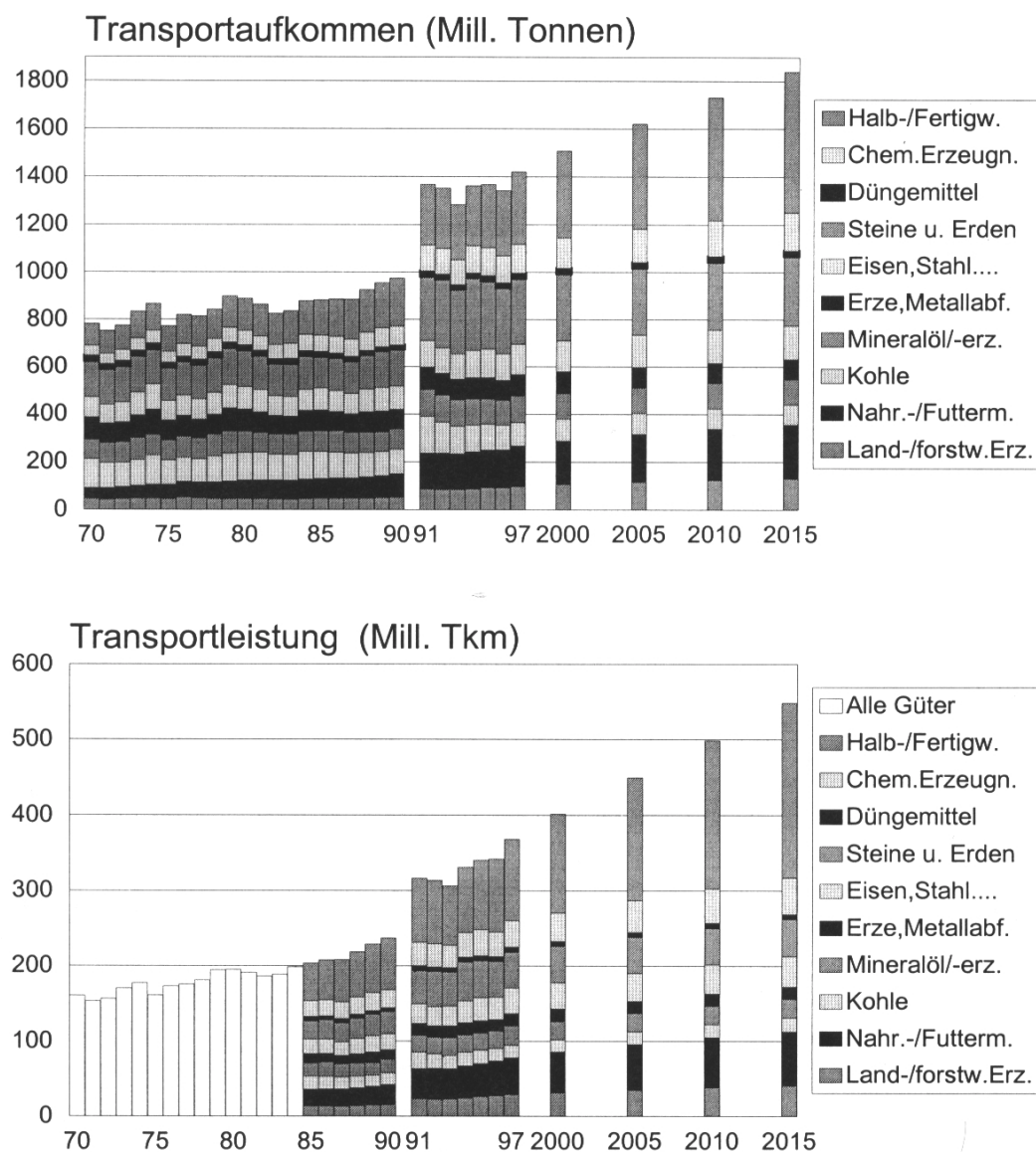


Abb. 22: Transportaufkommen und Transportleistung im gesamten Güterfernverkehr nach Güterabteilungen

Transportweiten haben sich von 1970 bis heute stärker als das Mengenaufkommen gesteigert. Fortsetzung dieser Tendenz wird erwartet, unter anderem aufgrund des steigenden grenzüberschreitenden Verkehrs (ca. + 2,5 % p.a., ca. + 60 % bis 2015) (**Abb. 22**).

Nach der Einschätzung des Ifo-Instituts wird die Binnenschifffahrt hieran im Prognosezeitraum mit einem erheblichen Anteil, stärker als die Bahn, aber deutlich schwächer als der Straßenfernverkehr beteiligt sein (**Abb. 23**). Im Mittel wird eine Steigerung der Transportmengen um ca. 0,7 % p.a. und um ca. 14 % bis 2015 (Bahn: ca. + 0,4 % p.a. bzw. gesamt ca. + 8 %; Straße: ca. + 2,3 % p.a. bzw. gesamt ca. + 55 %) und der Transportleistung um ca. 1,2 % p.a. und um ca. 26 % bis 2015 (Bahn: ca. + 1,6 % bzw. gesamt ca. + 35 %; Straße: ca. + 3,1 % bzw. gesamt ca. + 78 %).

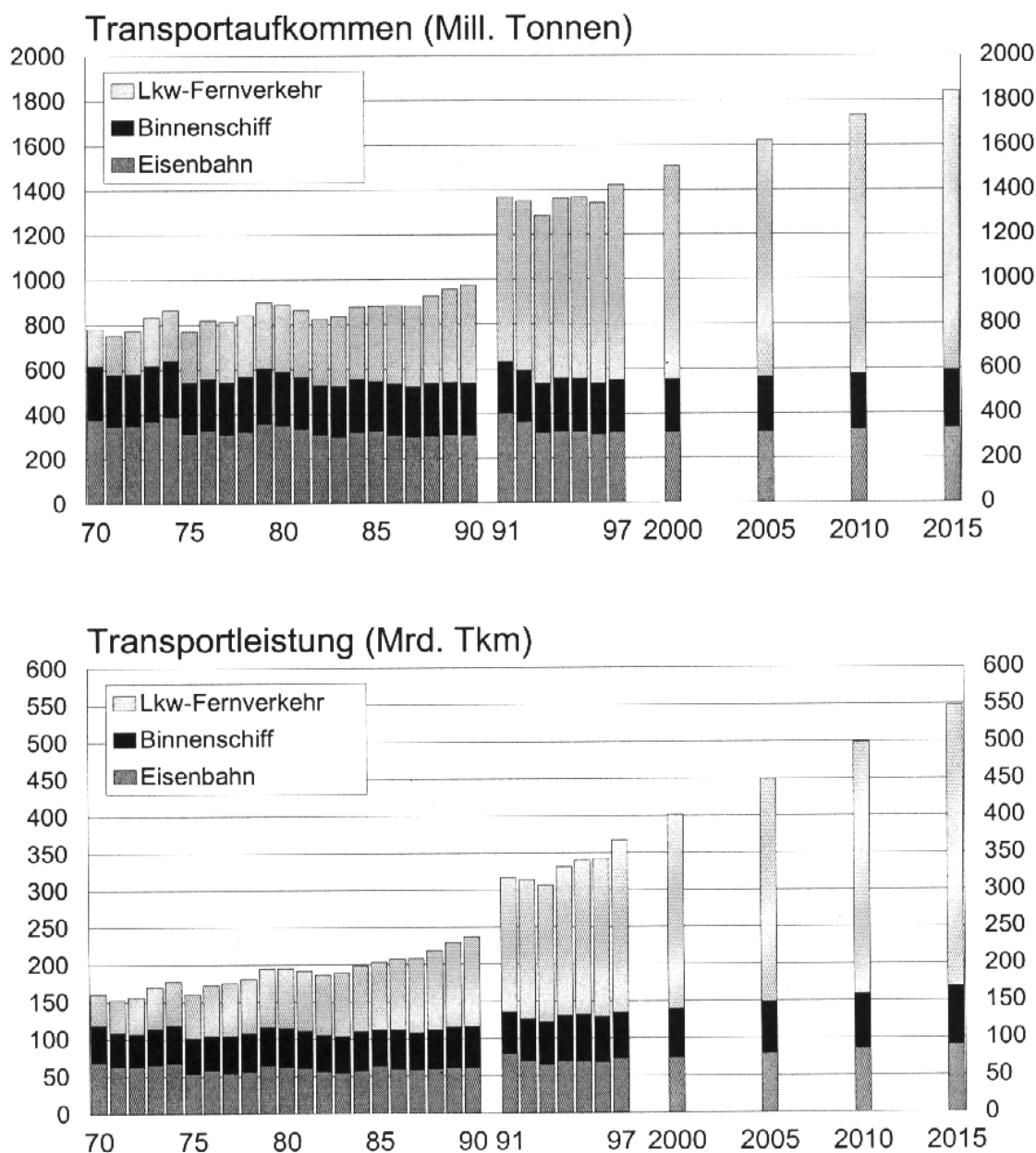


Abb. 23: Transportaufkommen und Transportleistung in allen Güterabteilungen

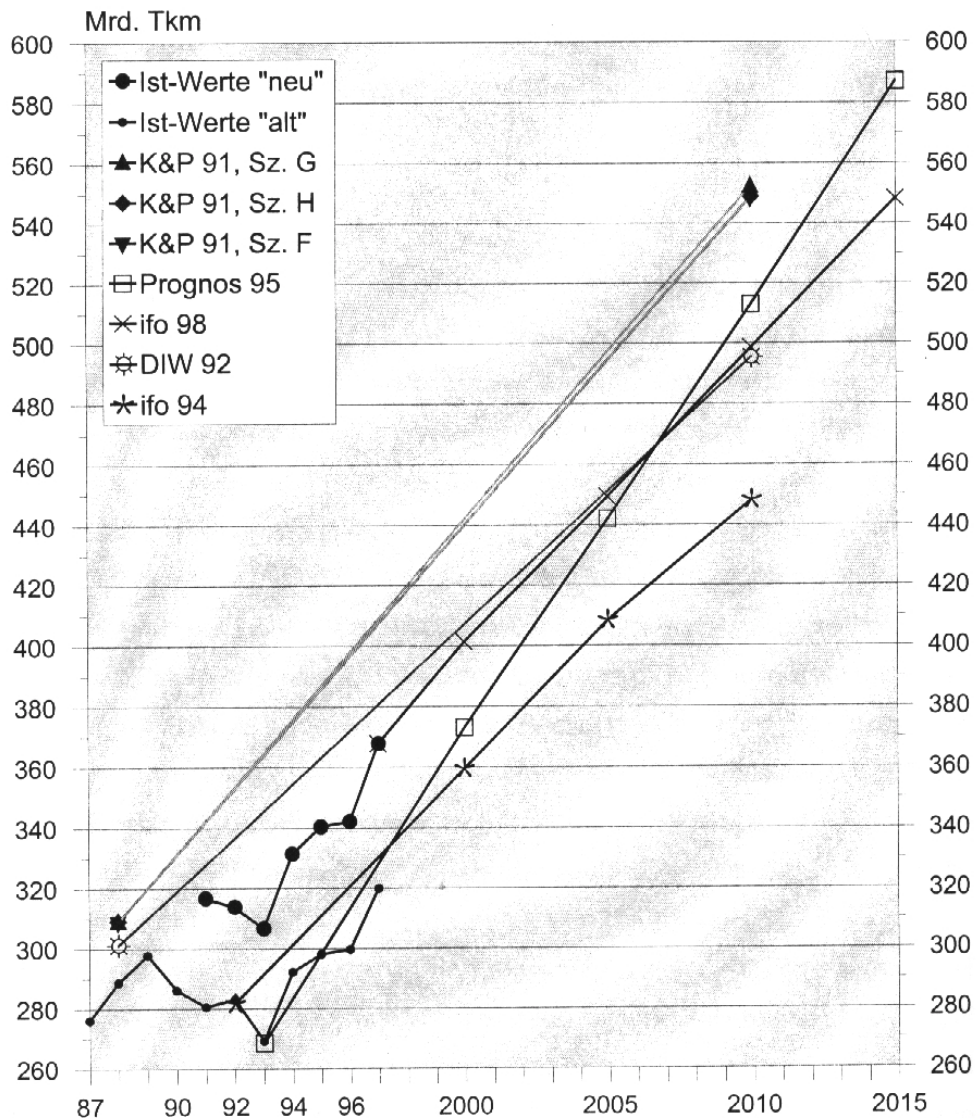


Abb. 24: Neuere Prognosen des gesamten Güterfernverkehrs in Deutschland

Bei der Binnenschifffahrt wirkt sich der (deutschlandweit) erwartete Rückgang bei Baustofftransporten negativ aus; dem entgegen stehen Zuwächse bei Kohle, bedingt durch steigende Einfuhren kostengünstiger Importkohle, bei Halb- und Fertigwaren (Container, Ro/Ro !), bei denen die Binnenschifffahrt an dem steigenden Gesamtaufkommen partizipieren kann.

Von Interesse ist auch der von Ifo vorgenommene Vergleich neuerer Prognosen des Güterfernverkehrs in Deutschland und der Beteiligung der Verkehrsträger hieran. Herangezogen wurden folgende Untersuchungen und mit eigenen neuesten Untersuchungen und Ist-Ständen verglichen:

- Güterverkehrsprognose Kessel & Partner für die Bundesverkehrswegeplanung 1992 aus dem Jahre 1991, mit drei verschiedenen Szenarien; K & P 1991 [7] [41]
- Güterverkehrsprognose Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung 1992; DIW 92 [42]
- Ifo-Prognose 1994; IFO 94 [4] [43]
- Prognos-Prognose 1995; PROGNOS 95 [44]

Hiernach stellt sich die Entwicklung der Gesamt-Verkehrsleistung in Deutschland von 1987 / 88 bis 2015 in der Tendenz überwiegend einheitlich, in der absoluten Größe graduell unterschiedlich dar (**Abb. 24**) (maximale Differenz 2010 ca. 100 Mio t km oder ca. 20 %). Die neueste Ifo-Prognose liegt naturgemäß dicht bei letzten Ist-Werten und bewegt sich im mittleren Bereich.

Hinsichtlich der Einschätzung der zukünftigen Rolle der Binnenschifffahrt im deutschen Modal Split unterscheiden sich die Prognosen aufgrund ihres Entstehungszeitpunktes erheblich (**Abb. 25**). Ältere Untersuchungen erwarten deutlich höhere Wachstumsraten als jüngere, und die neueste, vorstehend zitierte Ifo-Studie hat den mit Abstand niedrigsten Wachstumsgradienten. Ohne an dieser Stelle Details relevanter Prämissen diskutieren zu wollen, ist in der Praxis verschiedentlich die Auffassung vertreten worden, dass bei Ifo die Entwicklungen von Massengut- und Containerverkehren zu zurückhaltend beurteilt werden.

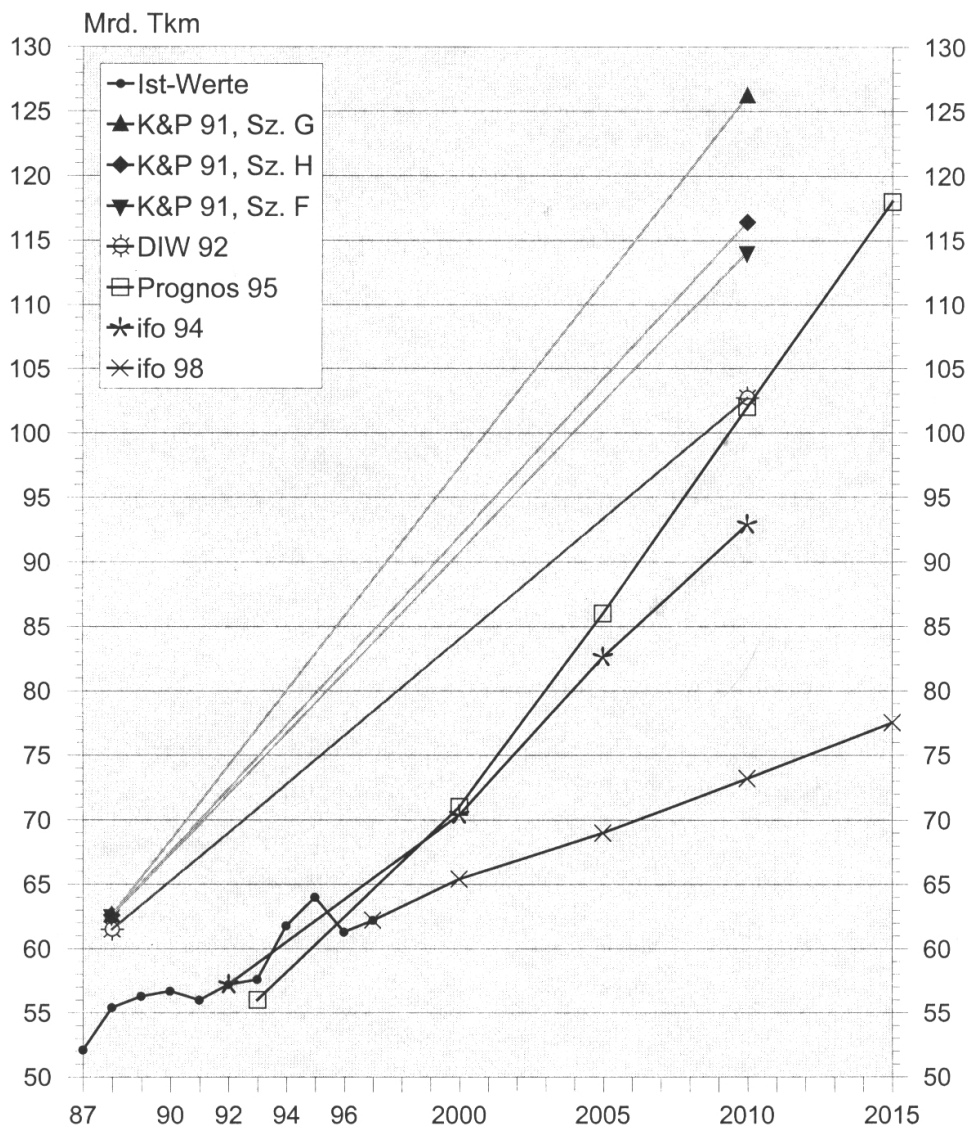


Abb. 25: Neuere Prognosen der Binnenschifffahrt in Deutschland

– (Eine im Zuge dieser Arbeit abschließende eigene prognostische Stellungnahme kann zweckmäßigerweise erst am Schluss erfolgen, u.a. unter Würdigung noch beabsichtigter Analysen möglicher struktureller und systemtechnischer Entwicklungen und hieraus resultierender gesteigerter Attraktivität des Angebots).

Nachhaltigere Nachfragezuwächse der Binnenschifffahrt können im wesentlichen nur das Ergebnis von Verlagerungen von Schiene und/oder Straße auf das Wasser sein. In Europa bestehende Verlagerungspotentiale sind in jüngster Zeit mehrfach untersucht worden („*from road to sea*“, oder allgemeiner „*from road to water*“ als einschlägige, oft zitierte Slogans). Nicht selten wird der Schluss gezogen, dass erhebliche Verlagerungschancen bestehen, falls es der Binnenschifffahrt gelingt, bestimmte Hindernisse zu beseitigen und ihre Attraktivität und Wettbewerbsfähigkeit, aber auch ihre Kooperationsfähigkeit noch weiter zu steigern (siehe hierzu z.B. EU / SHIFTING CARGO [17]).

3.4 VERKEHRSRELATIONEN, TRANSPORTKETTEN BINNENSCHIFFFAHRTSAFFINER GÜTER

Zunächst ist hier die Frage von Interesse, ob und in welcher Weise sich bestimmte Güter oder Gütergruppen auf bestimmte Wasserstraßen oder Wasserstraßengebiete konzentrieren und in welchem Maße es sich hierbei um grenzüberschreitende Transporte handelt. Wie schon einleitend kurz erwähnt und im Zusammenhang mit der Verkehrsbelastung der Wasserstraßen näher ausgeführt (**Tab. 7, 9**), verteilen sich Gütermengen, Umschlag und Verkehrsleistungen in bestimmter Weise auf Wasserstraßengebiete und die wichtigsten, auch grenzüberschreitenden Wasserstraßen im einzelnen. Grenzüberschreitende Anteile der Gesamt-Gütermengen waren **Tab. 1** zu entnehmen und machten in den letzten Jahren immer deutlich mehr als 50 % aller Güter aus (davon wiederum mehr als 50 % aus dem Ausland empfangene Güter, weniger versandte Güter, noch weniger Transitgüter).

Für den besonderen Bereich der Mineralölprodukte (ca. 20 % der Gesamtmenge) lässt sich feststellen, dass ebenfalls nahezu 60 % grenzüberschreitend transportiert werden, dies nahezu ausschließlich in empfangender Richtung.

Von besonderer Bedeutung ist der grenzüberschreitende Verkehr – hier Empfang und Versand sowie Transit – auch bei Containern (**Tab. 13**).

Nach dem vorliegenden Informationsstand kann darüber hinaus keine vollständige, lückenlose Zuordnung von Gütermengen, Güterarten und Verkehrsrelationen vorgenommen werden (dies erscheint für die Zielsetzungen dieser Untersuchung, innerhalb derer eher große, auf die wichtigsten Wasserstraßen konzentrierte Entwicklungslinien als kleine örtliche Details dargestellt werden können, überdies auch nicht erforderlich). Einige wichtige, quantitativ bedeutende Beispiele lassen sich jedoch nennen:

Hinzuweisen ist auf sehr bedeutende Mengenströme von Eisenerz, Kohle und Mineralölprodukten auf dem Unterrhein, ausgehend von den Seehäfen Rotterdam und Antwerpen - die größten derartigen Binnenströme in Europa überhaupt -, wobei Erze und Kohle zum

– großen Teil für das Ruhrgebiet bestimmt sind, bedeutende Mineralöl- und Kohletransporte sich aber auch bis zum Oberrhein, zum Main und zum Neckar erstrecken (in diesem Zusammenhang eine aktuelle Übersicht über die Strukturierung des grenzüberschreitenden Verkehrs nach Gütergruppen auf dem Rhein bei Emmerich; **Tab. 14**). Große Mengen an Mineralöl und Kohle bewegen sich auch in Richtung Berlin und Umland, teils über Elbe, Elbe-Seitenkanal und Mittellandkanal. Große Mengen an Baustoffen kommen zur Zeit aus Polen und gehen über die Oder und die Havel-Oder-Wasserstraße nach Berlin. Der weitaus größte Teil an Containern (ca. 700.000 TEU p.a.) wird bisher auf dem Rhein transportiert (geringere Mengen an Containern auch bereits auf Elbe und Donau). Rollende Güter verschiedener Art konzentrieren sich bisher auf Rhein und Donau (z.B. große Mengen von Neufahrzeugen aus dem Raum Köln in Richtung Rhein-Mündungshäfen, Linienverkehr für Fahrzeuge aller Art zwischen Karlsruhe und Rotterdam, „Schwimmende Landstraße“ für LKW über Rhein und Donau in Richtung Südost-Europa) . Weitere signifikante Ballungen von Güterarten und –mengen auf bestimmten Wasserstraßen lassen sich z.Zt. nicht feststellen.

Tab. 14: Güterverkehr nach Gütergruppen an der Grenzdurchgangsstelle Emmerich 1997
[1.000 t] – Quelle: BINNENSCHIFFFAHRT [13]

Güterart	Insgesamt	davon:	
		Eingang	Ausgang
Landwirtsch. Erzeugn.	6 117	1 189	4 928
Andere Nahrungsm.	7 584	5 226	2 358
Feste Brennstoffe	13 323	12 700	623
Mineralölerzeugn.	27 144	25 956	1 188
Erze, Metallabfälle	37 032	35 104	1 928
Eisen, NE-Metalle	9 860	3 920	5 940
Steine u. Erden	23 556	5 668	17 888
Düngemittel	4 571	2 585	1 986
Chem. Erzeugn.	10 790	6 018	4 772
Sonstige	7 447	3 385	4 062
Summe	147 424	101 751	45 673

In diesem Kontext ergeben sich markt- und systemspezifische wasserseitige Transportdistanzen. Sie liegen, wie eingangs schon kurz angesprochen, im Mittel der deutschen Binnenschifffahrt bei 260 - 270 km, mit leicht zunehmender Tendenz (auf dem Rhein zuletzt bei 200 - 210 km; hier große Mengenanteile auf den relativ eher kurzen Strecken des Unter-rheins dominierend).

In der oben zitierten Prognose bis 2010 – BMV / HANDBUCH [7] wird angenommen, dass sich mittlere Transportdistanzen der deutschen Binnenschifffahrt bis auf nahezu 300 km steigern werden. Dies ergibt sich u.a. daraus, dass relativ höchste Zuwächse auf der Ost/West-Verbindung, auf der Elbe und der Rhein/Main/Donau-Verbindung erwartet werden. Insgesamt ergeben sich nach dieser Prognose für 2010 die in **Abb. 26** skizzierten grenzüberschreitenden Transit- und Binnen-Mengenströme.

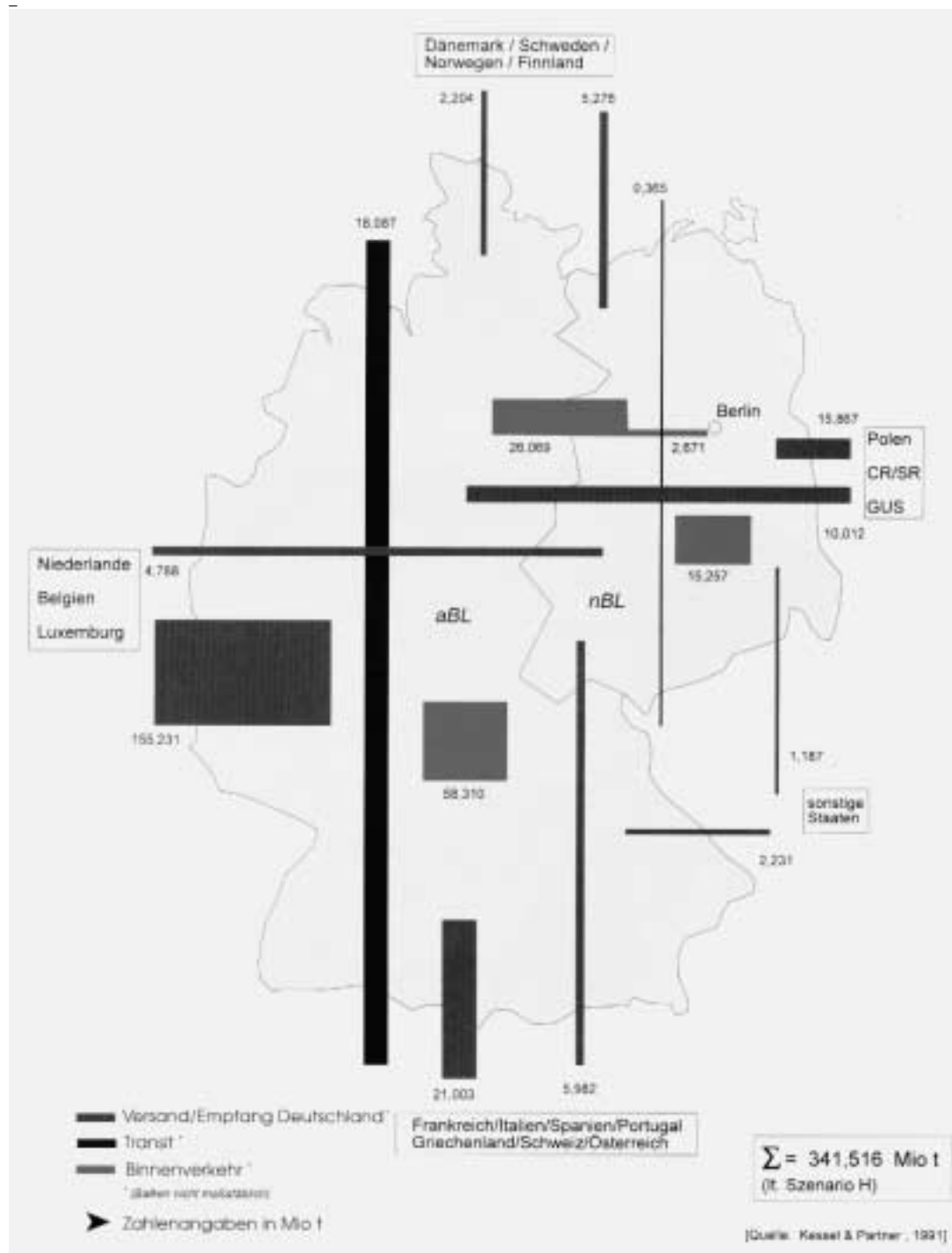


Abb. 26: Prognose der Güterströme der Binnenschifffahrt in Deutschland 2010

Binnenschifffahrtsaffine Mengenströme bewegen sich auf Von/Nach-Relationen, die sich eher nur in der Minderheit der Fälle ausschließlich auf Binnenwasserstraßen, d.h. allein mit der Binnenschifffahrt darstellen lassen, sondern die überwiegend landseitige Vorlauf- und/oder Nachlauftransporte erfordern, somit mehrgliedrige, multimodale, Schienen- und/oder Straßentransport einschließende Transportketten bedingen. Vor allem steht der Einsatz der Binnenschifffahrt aber häufig in Verbindung mit mit seewärtigem Außenhandel; d.h. mit Überseeverkehr. Binnenschiffstransporte sind also ihrerseits Vor- oder Nachlauf für Seeschiffstransporte, sei es im Deepsea- oder im Shortsea-Bereich. Dies trifft zu für zahlreiche Rohstoffe und Halbzeuge, also für den Massengutbereich (z.B. Erze, Kohle, Mineralöl, Ge-

– treide, Stahl-/Metall-Rohprodukte), besonders aber auch für in Containern verschifftete höherwertige Produkte und auch für exportierte Fahrzeuge. Die Möglichkeit mehrgliedriger Binnenschiffstransporte ist hier ferner aus Vollständigkeitsgründen zu erwähnen (z.B. u.U. notwendiger Wechsel der Schiffsgröße wegen ungleicher Navigationsbedingungen im Verlauf einer Wasserstraße).

Landseitige Vor-/Nachlaufdistanzen variieren in einem größeren Bereich und lassen sich kaum eindeutig beziffern. Als Voraussetzung für hinreichende Attraktivität sollte der Binnenschifftransport in der Regel den größeren Teil einer Transportkette ausmachen („*Schwimmende Landstraße*“ innerhalb von Langstrecken-Straßentransporten hier vermutlich als Sonderfall zu betrachten). Seedistanzen, insbesondere solche im Deepsea-Bereich, haben normalerweise Größenordnungen weit oberhalb von Binnenschiffs- und Landtransporten

Die aus Nachfragebedingungen resultierende, insoweit unvermeidliche Mehrgliedrigkeit von Transportketten bedingt die Notwendigkeit von „Schnittstellen“ für den physischen und informationellen Übergang der zu transportierenden Güter von einem Verkehrsträger auf den anderen. Einwandfreie Funktionalität der Schnittstellen wird heute häufig als eine entscheidende Voraussetzung dafür betrachtet, dass die Binnenschiffahrt innerhalb multimodaler Transportketten von Nachfragemärkten in Betracht gezogen wird (Umschlagsvorgänge stehen in jedem Fall am Anfang und Ende eines Binnenschifftransportes, und hinreichende Effizienz ist auch hier zu fordern; allerdings geht es innerhalb von Ketten mit Binnenschiffsbeteiligung u.U. um die Optimierung *zusätzlicher* Umschlagsvorgänge).

Die Rolle der Binnen-Schnittstelle wird naturgemäß von den Binnenhäfen übernommen, die sich zunehmend in Richtung auf multimodale Güterverkehrszentren entwickeln und eine Reihe von über Umschlag und Zwischenlagerung hinausgehenden logistischen Funktionen übernehmen (hiervon wird an anderer Stelle noch vertieft zu sprechen sein).

Seehäfen mit Binnenwasserstraßenanschluß (in Deutschland im wesentlichen: Hamburg, Bremen, Emden, Lübeck, Kiel; Duisburg für binnengängige Seeschiffe; für Deutschland wichtige europäische Transithäfen: Rotterdam, Antwerpen, Stettin) sind seewärtige Schnittstellen und insoweit gleichzeitig auch Binnenhäfen. Der Güterumschlag zwischen See- und Binnenschiff erfolgt teils mit landseitiger Zwischenlagerung, teils auch auf dem Wege des Direktumschlags (In der Doppelfunktion dieser Häfen sind noch Effizienzdefizite erkennbar, z.B. im Zusammenhang mit Containern, worauf noch einzugehen sein wird).

Container, wie auch rollende Fahrzeuge, sind wichtige Beispiele dafür, dass eine multimodale Transportkette durch Einsatz „*intermodaler*“ Transportmittel - bei denen ein hocheffizienter Übergang der Ladungseinheiten von einem Verkehrsträger auf einen anderen möglich ist - von einer „*gebrochenen*“ zu einer „*integrierten*“ Kette weiterentwickelt werden kann, wenn bei beteiligten Systemen alle hierfür erforderlichen technischen und organisatorischen Voraussetzungen geschaffen werden. In dem Maße, wie durchgehend organisierte Transporte heute von Gütermärkten bevorzugt werden, richtet sich gerade auch an die Binnenschiffahrt die Forderung nach effizienter Einbindung in integrierte Transportketten.

Aus der Identifizierung bestimmter nachfragespezifischer Strukturen von Verkehrsrelationen und Transportketten ergeben sich Konsequenzen für die im vorangehenden Punkt ange-

–
sprochenen Perspektiven quantitativer Nachfrageentwicklungen. So ist es sehr wahrscheinlich, dass die Binnenschifffahrt im besonderen dort von zunehmendem Interesse sein wird, wo sie Verbindungen zu bedeutenden Seehäfen in hinreichend effizienter Weise darstellen kann. So liegt die herausragende Bedeutung des Rheins nicht nur in seiner großen verkehrstechnischen Kapazität, sondern in der Tatsache, dass sich der deutsche Außenhandel der Seehäfen Rotterdam und Antwerpen in starkem Maße bedient und aller Voraussicht nach weiterhin bedienen wird. Dies betrifft zum einen Massengüter und diesbezügliche Bedarfsschifffahrt, in allen aktuellen Erscheinungsformen, zum anderen ebenso auch nicht-massenhafte, höherwertige Produkte, im besonderen solche per Container-Linienschifffahrt (Gesamt-Umschlagsvolumen – Stand 1997, ISL [18] - Rotterdam ca. 5,5 Mio TEU p.a., Antwerpen ca. 3,0 Mio TEU p.a.; Deutschland, Schweiz, Österreich, Ost-Frankreich Hinterländer mit erheblichen Anteilen). Die erwartete verstärkte Container-Nachfrage wird sich daher in starkem Maße auf das Rheingebiet, in seiner gesamten Ausdehnung, konzentrieren und auch die Rhein/Main/Donau-Verbindung, mit ihren südosteuropäischen Hinterländern, einschließen.

Die für Deutschland - und für süd-, südost-, osteuropäische Transitländer - wichtigsten Containerhäfen sind, ungeachtet der Bedeutung der Rheinmündungshäfen, Hamburg und Bremerhaven (Stand 1997; ISL [18]: Hamburg: ca. 3,4 Mio TEU p.a.; Bremen / Bremerhaven: ca. 1,7 Mio TEU p.a.; beide mit expansiver Tendenz und stabiler Marktposition, wenn auch in heftigem Wettbewerb miteinander und mit den Rheinmündungshäfen). Aufgrund der Hinterlandlage Hamburgs (Raum Berlin, mitteldeutsche und südostdeutsche Bundesländer, Tschechien, Slowakei, Polen) ist eine zunehmende Container-Nachfrage auf der Elbe, dem Elbe-Seitenkanal, den Wasserwegen nach Berlin und vielleicht auch auf der Saale (Raum Leipzig) sehr wahrscheinlich. Für die Bremischen Häfen sind der Raum Hannover und darüber hinaus weitere Anrainer-Zentren des Mittellandkanals (Osnabrück bis Magdeburg) als über Weser (nach Anpassung an das Europa-Schiff) und MLK gut erreichbare Hinterländer zu betrachten; d.h. das Zustandekommen von Container-Nachfrage ist auch hier keineswegs unwahrscheinlich (Auffassung der PLANCO-Studie [15] im Hinblick auf Containerverkehr nicht zu teilen).

Angesichts seiner bedeutenden Rolle als Ostsee/Shortsea-Hafen könnte Lübeck (Gesamtumschlag 1996: ca. 1,6 Mio t, ca. 57.000 TEU) bei Ausbau des Elbe/Lübeck-Kanals seine Position für mitteldeutsche Hinterländer und den Raum Berlin verstärken, dies mit Blick nicht nur auf Container, sondern (Shortsea-bedingt) auch auf rollende Ladungseinheiten. Lübeck ist insbesondere auch der bedeutendste deutsche Imпорthafen für massenhaftes Papier und andere Forstprodukte aus skandinavischen Ländern (vor allem Schweden und Finnland). Große Mengen an Papier gehen von hier z.B. an Großdruckereien in Berlin; hier wäre der Wasserweg eine denkbare Alternative zum LKW. Ähnliches gilt im Prinzip für Szczecin, als Shortsea-Konkurrent für deutsche Ostseehäfen, mit stärker östlich orientierter Hinterlandlage, aber über Oder und HOW mit traditionell starker, und nach dortigem Ausbau noch verstärkter Affinität für den Berlin-Brandenburger Raum. Zu erwähnen wäre noch Emden, das im überseeischen PKW-Import und -Export neben Bremerhaven eine nicht unbedeutende Position erringen konnte und wo ein Vor- bzw. Nachlauf über den Dortmund-Ems-Kanal und angrenzende Kanäle vorstellbar ist.

– Zukünftige Gütermärkte, im Massengutsektor und in kommerziell höchst attraktiven Nicht-Massengutbereichen, werden somit aller Voraussicht nach nicht nur vom Rhein und angrenzenden Wasserstraßen, sondern von weiteren, insbesondere mittel- und ostdeutschen Wasserstraßen erschlossen. Die Anbindung an Seehäfen ist hierbei ein sehr bedeutender, aber dennoch nicht der einzig ausschlaggebende Nachfragefaktor für die zukünftige deutsche Binnenschifffahrt. Gütermarktsegmente mit Affinität zu Binnen-Verbindungen, auch grenzüberschreitend, sind in durchaus erheblichem Umfang erkennbar und bedürfen weiterer Pflege und Erschließung. Dies betrifft verschiedene Massengüterbereiche, auch moderne Massenstückgüter, sowie z.B. Schwergüter und großvolumige Güter sowie rollende Ladungseinheiten, vielleicht in geringerem Ausmaß Container - im Sinne von ISO-Transcontainern -, da sie primär ein Instrument des überseeischen Verkehrs darstellen.

4 FUNKTIONSWEISE, WECHSELWIRKUNGEN, EFFIZIENZ DES SYSTEMS BINNENSCHIFF / WASSERSTRASSE

Im Zuge der Identifizierung von Wasserstraßenklassen ist bereits zur Kenntnis genommen worden - was auf den ersten Blick evident erscheint, auf den zweiten Blick jedoch einer Präzisierung bedarf -, dass auf einer Wasserstraße mit vorgegebenen Abmessungen Fahrzeuge einer bestimmten, nach oben begrenzten Größe einsetzbar und zulässig sind. Wenn aus wirtschaftlichen Gründen der Wunsch nach dem Einsatz möglichst rationeller Schiffseinheiten besteht, so sind hierzu in vielen öffentlichen Diskussionen zwei konträre Extremstandpunkte formuliert worden:

- *„Die Binnenschiffe mögen sich aufgrund ihrer systemspezifischen Entwicklungsmöglichkeiten den Gegebenheiten der Wasserstraßen anpassen, damit diese aus ökologischen Gründen so bleiben können, wie sie sind.“*
- *„Die Wasserstraßen mögen angemessen ausgebaut werden, damit Fahrzeuge gesteigerter Größe rationell und sicher einsetzbar sind.“*

Die Frage nach dem sinnvollsten Mittelweg wäre etwa so zu stellen:

- *„Wie sehr hängt das Schiff in seiner Leistungsfähigkeit von der Wasserstraße ab, wie weit kann es sich diesen anpassen, oder wie sehr kann es seine Leistungsfähigkeit auch unabhängig hiervon weiterentwickeln?“*

Es stellt sich also die zumindest rhetorische, bisher aber offenbar nicht abschließend diskutierte Frage, ob der kausale Zusammenhang von Wasserstraßen- und Schiffsgröße in seinem heutigen Stand als gegeben zu betrachten ist oder ob und in welchem Ausmaß hier noch Entwicklungsmöglichkeiten, im Sinne einer Steigerung von Schiffsgrößen bei gegebenen Wasserstraßenabmessungen, bestehen. Hierzu ist es erforderlich, Binnenschiff und Binnenwasserstraße als ein physikalisch-technisches Gesamtsystem zu begreifen und bestimmte Wechselwirkungen zwischen den Elementen des Systems zur Kenntnis zu nehmen. Die für diese Wechselwirkungen relevanten Merkmale des Schiffes sind, wie schon eingangs erwähnt:

- Länge (des Einzelfahrzeugs oder des Schub- bzw. Koppelverbands)
- Breite (des Einzelfahrzeugs oder des Schub- bzw. Koppelverbands)
- Tiefgang (in Abhängigkeit vom Beladungszustand)
- Fixpunkthöhe (des Fahrzeugs bzw. der Ladung, in Abhängigkeit vom Beladungszustand)
- (ferner implizit von Bedeutung: Formgebungscharakteristik, Antriebsleistung, Antriebs- und Manövriersystem der Fahrzeuge)

Die korrespondierenden Merkmale der Wasserstraße, nochmals im Zusammenhang genannt, sind folgende:

- Nutzbare Länge von Schleusen oder Hebewerken
- Nutzbare Breite von Schleusen oder Hebewerken
- Nutzbare Tiefe von Schleusen oder Hebewerken

- Nutzbare Fahrwasserbreite (im Regelfall bei zweischiffigem, im Sonderfall bei einschiffigem Verkehr; u.U. im Zusammenhang mit nutzbarer Fahrwassertiefe, d.h. größere Breite nur bei stärker eingeschränkter Tiefe nutzbar)
- Nutzbare Fahrwassertiefe (s.o.; in Abhängigkeit vom aktuellen Wasserstand)
- Linienführung, Krümmungsverlauf des Fahrwassers (relevant für mögliche Fahrzeug- oder Verbandslängen)

Für die Beurteilung der Frage möglicher Relationen von Schiffs- und Wasserstraßenabmessungen sind im wesentlichen folgende, in ihrer Bedeutung noch zu erläuternde Kriterien maßgeblich:

- Sicherheit und Leichtigkeit des Verkehrs (sichere Manövrierfähigkeit der Fahrzeuge, sichere Begegnungsfähigkeit, Sicherheit gegen Ufer- und Grundberührung)
- Antriebsleistungsbedarf für den Vortrieb von Schiffen oder Verbänden
- Vermeidung von Schäden an Fahrwassersohlen und –böschungen sowie durch Wellenschlag im Uferbereich
- Sicherer Betrieb von Schleusen und Hebewerken

Zu beachten ist, dass bei möglichen Wechselwirkungen zwischen Fahrzeug und Wasserstraße stets auch die Fahrzeuggeschwindigkeit eine wesentliche Rolle spielt; d.h. die auf einer in ihren Abmessungen beschränkten Wasserstraße mögliche Fahrzeuggröße hängt, wie zu zeigen, auch von der gefahrenen Geschwindigkeit ab. Es stellt sich somit also ebenso auch die Frage nach auf Wasserstraßen möglichen Geschwindigkeiten. Hierbei sind nicht nur die Hauptabmessungen des Fahrzeuges, sondern ebenso auch seine Formcharakteristik sowie Art und Wirkungsweise seines Vortriebs- und Manövriersystems von Belang.

4.1 SCHIFFSGRÖSSEN UND BINNENWASSERSTRASSEN

Die - nach transporttechnischen Kategorien definierte - „Größe“ eines Frachtschiffes ist grundsätzlich in zweifacher Weise bestimmt: (a) nach der Tragfähigkeit, d.h. der auf dem Gewicht der Zuladung basierenden Kapazität, und (b) nach dem Laderauminhalt oder, allgemeiner, der räumlichen, am Stauvolumen der Ladung orientierten Kapazität. Beide Kriterien sind von unmittelbarer transporttechnischer Relevanz; es hängt vom spezifischen Staugewicht der zu transportierenden Güter ab, ob Gewicht oder Volumen für die Auslastung oder Auslastbarkeit eines Schiffes eher kritisch werden (Beispiele für spezifisch schwere Güter: Mineralöle, Erze/Konzentrate, Stahl-/Metall-Rohprodukte; Beispiele für spezifisch leichte Güter: Container, rollende Ladungseinheiten; Beispiele für mittleren Bereich: Kohle, Getreide, Düngemittel, Futtermittel u.dergl.).

(Tragfähigkeit) Die für die Tragfähigkeit („*Deadweight*“ – DW -; Bezeichnung aus der Seeschifffahrt stammend, in der Binnenschifffahrt eher unüblich; hier aus Zweckmäßigkeitsgründen benutzt) eines Schiffes oder Schubverbandes relevanten Merkmale sind folgende:

- Länge (Einzelfahrzeug, Schub- oder Koppelverband)
- Breite (Einzelfahrzeug, Schub- oder Koppelverband)
- Tiefgang (maximale Tragfähigkeit bei maximalem Ladetiefgang, Teil-Tragfähigkeit bei nicht-maximalem Ladetiefgang)

- Formcharakteristik, z.B. ausgedrückt durch den „Völligkeitsgrad der Verdrängung“ („Blockkoeffizient“)

$$c_B = V [m^3] / L \times B \times T = f(T)$$

- Leergewicht des Schiffes oder Schubverbandes (LE)

Die Tragfähigkeit ergibt sich somit wie folgt:

$$DW = L \times B \times T \times c_B \times c_W \times c_A - LE = f(T) [t]$$

V: Verdrängung des Schiffes (auf Innenkante Außenhaut) [m³]

c_W: Spez. Gewicht des Wassers [t/m³]

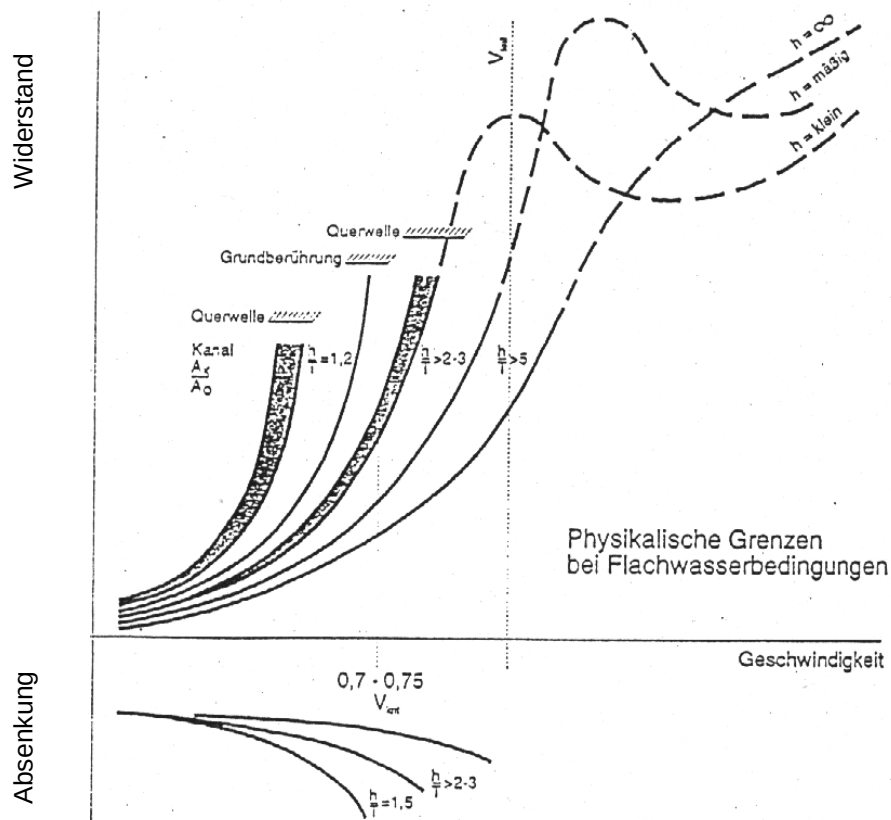
c_A: Faktor für Verdrängung der Außenhaut und der Anhänge

Die Klassifizierung von Binnenwasserstraßen zielt, wie festgestellt, primär auf die Länge und Breite einsetzbarer Fahrzeuge ab. Wasserstraßen sind hier naturgemäß nicht kurzfristig, sondern eher nur längerfristig durch entsprechende Ausbaumaßnahmen entwicklungsfähig, kurz- bis mittelfristig aber als konstant vorgegebene Größen zu betrachten. Je nach Typus und Gegebenheiten einer Wasserstraße ist es die Fahrwasser- oder Fahrrinnentiefe, die mittelfristig oder u.U. sogar kurzfristig durch gezielte Ausbau- oder Regulierungsmaßnahmen beeinflussbar ist (im Sinne von Steigerung oder Vergleichmäßigung). Für die Darstellung einer möglichst großen Tragfähigkeit eines Schiffes ist insoweit also der mögliche *Ladetiefgang* von herausragender Bedeutung.

Schiffstiefgang (T) und Fahrwassertiefe (h_w) hängen über das sog. „*Flottwasser*“ (h_{Fl}), den Abstand vom Schiffsboden bis zur Fahrwassersohle, zusammen:

$$T = h_w - h_{Fl} [m]$$

Die Wechselbeziehungen zwischen Binnenschiff und Binnenwasserstraße konzentrieren sich besonders auf diesen Zusammenhang. Bedingt durch tendentiell relativ kleine Flottwasserwerte, oder ein relativ kleines Verhältnis h_w / T, ergeben sich hydrodynamisch bedingte „*Flachwasser-Effekte*“ (räumlich eingeeengte Umströmungsverhältnisse, d.h. Übergeschwindigkeiten und Unterdruckwirkungen), die sich in kennzeichnender Weise auf den Fortbewegungswiderstand und die erforderliche Antriebsleistung, aber auch auf die Manövrierfähigkeit und die Gefahr von Beschädigungen der Fahrwassersohlen und -ufer auswirken. So steigt der Energiebedarf mit fallendem h_w / T exponentiell an, und dies noch erheblich verstärkt mit wachsender Schiffsgeschwindigkeit (**Abb. 27**). Es ergeben sich kritische Geschwindigkeitsgrenzen, die faktisch nicht überschritten werden können.



$h/T > 4$	Tiefwasser
$2 < h/T < 4$	begrenzte Fahrwassertiefe
$1,5 < h/T < 2$	Flachwasser
$h/T < 1,5$	extremes Flachwasser

Abb. 27: Physikalische Grenzen des Betriebs von Binnenschiffen bei Flachwasserbedingungen

Bei Kanälen, u.U. aber auch bei Niedrigwasser führenden Flüssen, werden die Umströmungsverhältnisse und damit das Fahrverhalten der Schiffe auch durch die gegenüber der Schiffsbreite eingeschränkte Fahrwasserbreite verändert. Zusammenhänge von Fahrwassertiefe und –breite einerseits und Schiffstiefgang und –breite andererseits werden im Wasserbau durch das Verhältnis des eingetauchten Schiffsquerschnitts ($T \times B$) und des Fahrwasserquerschnitts ($h_w \times B_w$) zum Ausdruck gebracht. Traditionell herrschte die empirisch begründete Auffassung, dass dieser Kennwert im Interesse einer sicheren und leichten zweischiiffigen Befahrbarkeit einer Wasserstraße den Betrag 7 nicht unterschreiten sollte. Heute wird dies bei Wasserstraßenverwaltungen flexibler gesehen; d.h. ausgehend von einer angepassten Bauweise der Kanäle und Vortriebstechnik der Schiffe, bei Einhaltung mäßiger Geschwindigkeiten, werden auch graduelle niedrigere Werte, somit höhere Wasserstraßenquerschnittsausnutzungen, in Betracht gezogen.

Hydrodynamische Flachwassereffekte werden noch verstärkt durch ein besonderes Phänomen, den „Absunk“, eine durch örtlich erhöhte Umströmungsgeschwindigkeit und Druckab-

– senkung bedingte Wasserspiegelabsenkung neben dem Schiff und damit Absenkung des Schiffes gegenüber seiner nominellen Höhenlage, somit deutliche Verringerung des Flottwassers. Diese Effekte werden ihrerseits wiederum noch verstärkt im Hinterschiff selbstfahrender Schiffe, bedingt durch den (die) dort arbeitenden Propeller. Hiermit deutet sich an (siehe späteren Punkt „Schiffstypen“), dass Motorschiffe der Flachwasserproblematik tendenziell stärker ausgesetzt sind als unangetriebene Schubeinheiten (andererseits Schubboote weniger kritisch wegen möglicher deutlich geringerer Tiefgänge).

Hiernach wird zweierlei deutlich: **(a)** der Ausnutzung von Fahrwassertiefen durch Schiffstiefgänge sind, ungeachtet aller legitimen Tiefgangs-Maximierungsbemühungen, physikalisch bedingte Grenzen gesetzt (h_w/T -Werte unter 1,5 sind als extrem zu bezeichnen), und **(b)** Binnenschiffe können, ebenfalls aus unübersehbaren physikalischen Gründen, auf beschränkten Fahrwassertiefen nicht beliebig schnell fahren, sondern müssen sich, ungeachtet eines verständlichen Wunsches nach Transportbeschleunigung und Steigerung dynamischer Transportkapazitäten, tendenziell mit eher mäßigen Geschwindigkeiten fortbewegen, dies nicht nur wegen des sonst extrem ansteigenden Fortbewegungswiderstandes, sondern auch wegen der Schwierigkeiten, trotz beengter Anströmungsverhältnisse und beschränkter Tiefgänge rationelle Propulsionsorgane zu verwirklichen.

Dies gilt umso mehr, als extreme Flachwasserwirkungen nicht nur den Energiebedarf ungünstig beeinflussen, sondern auch die erhebliche Gefahr von Beeinträchtigungen und Beschädigungen der Gewässersohle und u.U. auch der Uferböschungen mit sich bringen und daher in beherrschbaren Grenzen zu halten sind (Zerstörung der Gewässerauskleidung, Erzeugung von unregelmäßigen Fahrwassertiefen u. dergl.).

In der Vergangenheit wurden aus den genannten Gründen zulässige Abladetiefgänge, in Abhängigkeit von aktuell verfügbaren Fahrwassertiefen, von der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes explizit vorgeschrieben (in kurzen Zeitintervallen bekannt gemachte „amtlich festgesetzte Tauchtiefen“). Seit neuestem wird dies dadurch abgelöst, dass der Schifffahrt die Einhaltung betrieblich vertretbarer Flottwasserbeträge in eigener Verantwortung überlassen wird (was dazu führen kann, dass u.U. eintretende Schäden dem Verursacher angelastet werden).

Als Richtwert für eine rationelle Abstimmung kann gelten, dass z.B. für einen maximalen Abladetiefgang von Motorschiffen von 2,80 m (Wasserstraßenklasse V) im Zuge von Ausbaumaßnahmen (z.B. Projekt 17) eine nominelle Fahrwassertiefe von 4,00 m vorgesehen wird (d.h. $h_w/T = \text{ca. } 1,43$; **Abb. 28**). Unangetriebenen Schubeinheiten wird damit eine noch darüber hinausgehende Abladung bis auf ca. 3,50 m ermöglicht ($h_w/T = \text{ca. } 1,14$).

Wie schon in anderem Zusammenhang angesprochen, erreichen auf den oberen, überregional bedeutenden Wasserstraßenklasse einsetzbare Motorschiffe, je nach Typ, Formgebung und baulichen Einzelheiten folgende maximale Tragfähigkeiten:

III	80,00 m x 8,20 m x 2,50 m	=	ca. 1.000 - 1.200 t
IV	85,00 m x 9,50 m x 2,50 m	=	ca. 1.300 - 1.400 t
V	110,00 m x 11,40 m x 2,80 m	=	ca. 2.000 - 2.100 t

Entsprechend einsetzbare Schubleichter haben folgende maximale Einzel- bzw. Verbands-Tragfähigkeiten (Anzahl Leichter in ()):

III	32,50 m x 8,20 m x 2,00 m	=	ca. 420 t / (2) 840 t / (3) 1.260 t
	65,00 m x 8,20 m x 2,30 m	=	ca. 960 t / (2) 1.920 t
IV	70,00 m x 9,50 m x 2,50 m	=	ca. 1.250 t / (2) 2.500 t
Vb	76,50 m x 11,40 m x 2,80 m	=	ca. 1.850 t / (2) 3.700 t
	76,50 m x 11,40 m x 4,00 m	=	ca. 2.800 t / (2) 5.600 t / (Vlb = 4) 11.200 t

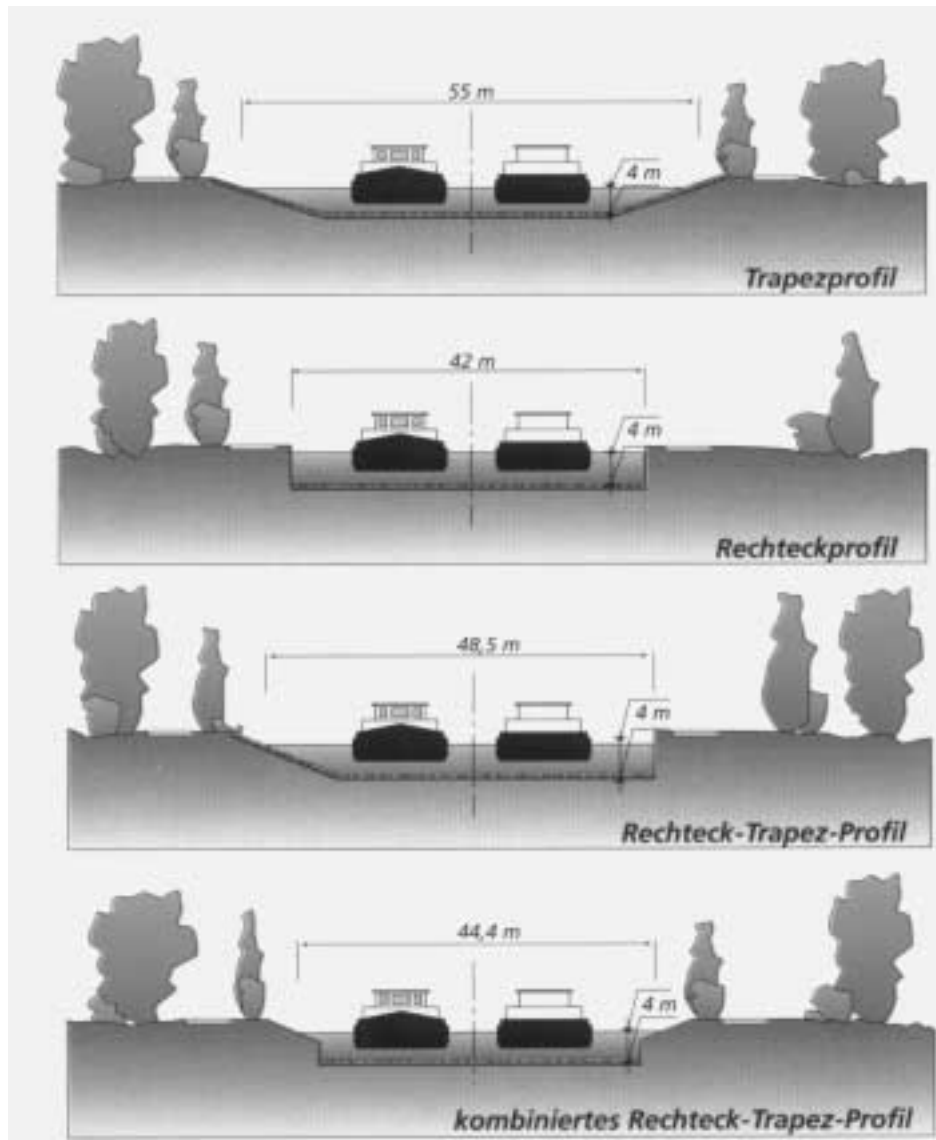


Abb. 28 : Standardquerschnitt gemäß Wasserstraßenklasse V
(Abladetiefe 2,80 m, Schiffsbreite 11,40 m)

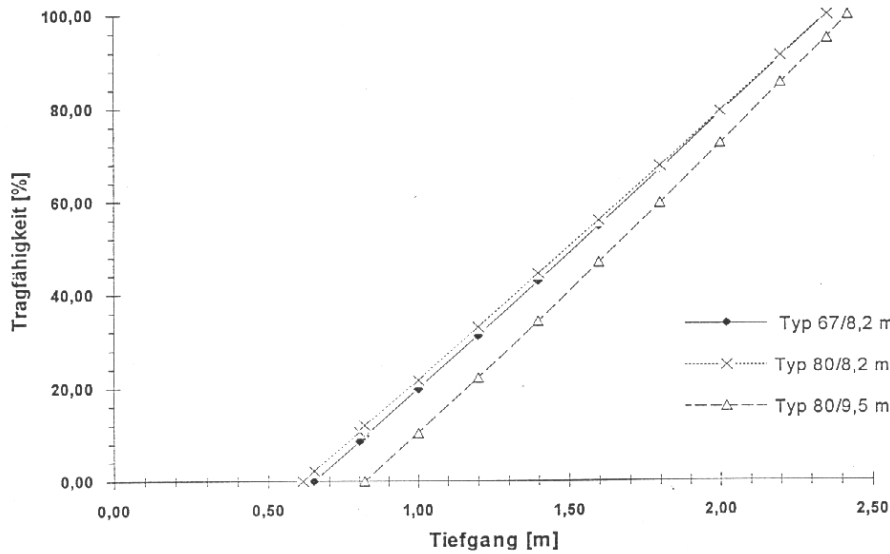


Abb. 29.a: Tragfähigkeits-Auslastungsgrade von Binnenschiffen - Motorgüterschiffe

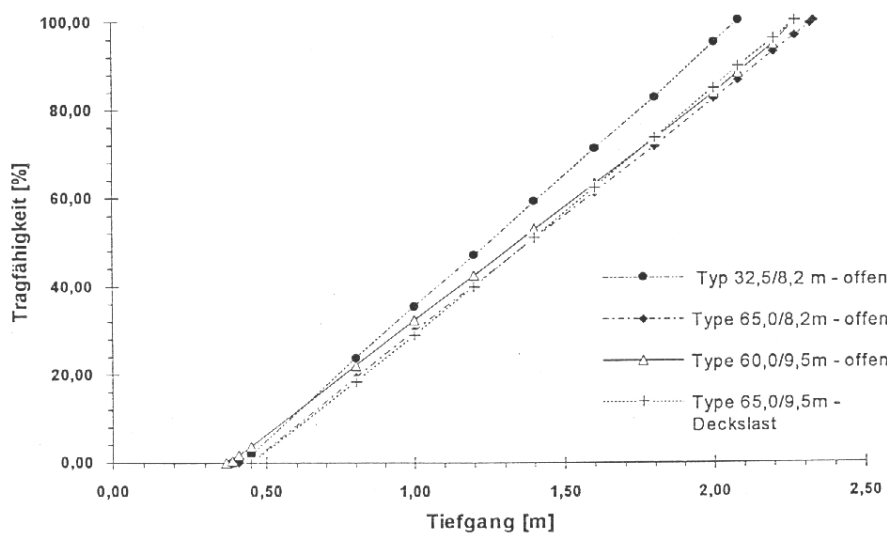


Abb. 29.b: Tragfähigkeits-Auslastungsgrade von Binnenschiffen - Schubeinheiten

Zum Leistungsfaktor Tragfähigkeit ist an dieser Stelle zusammenfassend festzustellen, dass im Fall spezifisch schwerer Ladungen und von der Klasse her vorgegebener Längen und Breiten der Ladetiefgang der Schiffe, in Abhängigkeit von der verfügbaren Fahrwassertiefe, eine primär ausschlaggebende Leistungsgröße darstellt, die durch nichts anderes ersetzbar ist (in welchem Maße unabhängig vom Tiefgang die Tragfähigkeit durch typologische und bauliche Maßnahmen graduell steigerbar ist, wird an späterer Stelle zu erörtern sein).

Die Ausnutzung maximal verfügbarer Tiefgänge ist somit eine wirtschaftlich bedingte Forderung. Die Teilablading von Schiffen ist im gesamten Tiefgangsbereich (max. bis leer) technisch möglich und steht als Mittel zur Anpassung an beschränkte Fahrwassertiefen grundsätzlich zur Verfügung (bei Tankschiffen Teilladungen wegen notwendiger Begrenzung freier Flüssigkeitsoberflächen in teilgefüllten Tanks u.U. eingeschränkt). Untergrenzen von

Teilablading sind wiederum wirtschaftlich bedingt (wie im Zusammenhang mit Kostenstrukturen zu erläutern). Das Teiladungsverhalten von Binnenschiffen - d.h. Teiltragfähigkeit in Abhängigkeit vom Teilladetiefgang, relativ ausgedrückt: $DW_{\text{teil}} / DW_{\text{max}} = f(T_{\text{teil}}/T_{\text{max}})$ - ist von baulichen Merkmalen und typspezifischen Einflüssen (Motorschiffe / Schubeinheiten) abhängig (**Abb. 29**). An dieser Stelle ist festzuhalten, dass das Teiladungsverhalten von Schiffen bei den Wechselwirkungen zwischen Schiffsgößen, soweit insbesondere durch Tragfähigkeit bestimmt, und Wasserstraßendimensionen generell eine wichtige Rolle spielt.

(Räumliche Ladefähigkeit) Für die räumliche Ladefähigkeit von Schiffen, ausgedrückt durch das Volumen von Laderäumen und u.U. Decks-Ladebereichen (definiert für die Stauung bestimmter Güterformen, d.h. z.B. Brutto-Volumen für flüssige Güter, trockene Schüttgüter, Stückgüter [m³], Netto-Volumen für standardisierte Ladungseinheiten, z.B. [TEU] sind im wesentlichen folgende Merkmale von Bedeutung:

- Länge (Einzelfahrzeug, Verband)
- Breite (Einzelfahrzeug, Verband)
- Ladehöhe
- Räumliche Gesamtanordnung
- Formcharakteristik

Wenn auch hier davon auszugehen ist, dass Länge und Breite durch kurzfristig nicht veränderbare Wasserstraßendimensionen vorgegeben sind, so ist es im besonderen die für Güterstauung verfügbare *Höhe* der Fahrzeuge, die für das Zustandekommen räumlicher Ladefähigkeiten ursächlich ist. Große räumliche Ladefähigkeiten, wie sie für den Transport spezifisch leichter Güter benötigt werden - herausragende Beispiele Container und rollende Ladungseinheiten -, d.h. in diesem Sinne zu definierende große Fahrzeuge, erfordern somit die Bereitstellung tendentiell großer transporttechnisch relevanter Fahrzeughöhen (die je nach Güterform stautechnisch umgesetzt werden, z.B. ausgedrückt in Anzahl übereinander gestauter Container, Anzahl übereinander liegender Ro/Ro-Decks; **Abb. 34, 35**).

Der Ladetiefgang von Schiffen steht mit der Darstellung von Rauminhalten grundsätzlich nicht in direktem Zusammenhang. Im Falle spezifisch leichter Güter wird Tiefgang tendentiell weniger benötigt, d.h. bei entsprechend beladenen Schiffen werden Maximaltiefgänge in der Regel nicht voll in Anspruch genommen. Dies erleichtert die Einsetzbarkeit von Schiffen auf beschränkten Fahrwassertiefen, verstärkt aber andererseits die Problematik großer Ladehöhen infolge großer Austauschungen.

Für die Einsetzbarkeit von Schiffen mit großen sog. „Fixpunkthöhen“ - die primär ladungsbedingt sind, da andere bauliche Höhen dem nötigenfalls unterzuordnen sind; z.B. aus Sichtgründen entsprechend hohe Steuerhäuser erforderlich, aber absenkbar auszuführen) - ist selbstverständlich die Verfügbarkeit ausreichender Brückendurchfahrtshöhen eine ausschlaggebende Voraussetzung. Brückendurchfahrtshöhen sind somit, ebenso wie Fahrwassertiefen, ein elementares und grundlegendes Leistungsmerkmal von Binnenwasserstraßen. Sie sind naturgemäß vom jeweiligen Wasserstand abhängig, d.h. sie werden in der Regel auf einen repräsentativen Wasserstand bezogen und verringern sich bei hohen Wasserständen, insbesondere freifließender Flüsse, erheblich, bis hin zur u.U. notwendig wer-

– dender Einstellung der Schifffahrt (bewegliche, bei Bedarf zu öffnende Brücken waren in früheren Zeiten üblich und sind heute noch vereinzelt anzutreffen, entsprechen aber keinesfalls mehr den Anforderungen des heutigen Straßen- und Schienenverkehrs).

Richtwerte für effektive Brückendurchfahrtshöhen (mit festgelegtem Sicherheitsabstand) sind Gegenstand, wenn auch nicht primärer Bestandteil, definierter Wasserstraßenklassen (älterer Richtwertbereich für kleinere Klassen bis III: 3,0 - 5,0 m). bei höheren, überregional bedeutenden Wasserstraßenklassen (ab IV) werden entsprechende Richtwerte seit neuestem auf Containertransport bezogen und gehen von der Anzahl übereinander gestauter Containerlagen aus (5,25 m = 2 Lagen, 7,00 m = 3 Lagen, 9,10 m = 4 Lagen; Näheres hierzu anschließend unter „Schiffstypen“). Zu beachten ist, dass bei Brücken mit nicht horizontaler Unterkante (Bogenbrücken o.ä.) eine bestimmte Durchfahrtshöhe u.U. nur innerhalb einer beschränkten Fahrwasserbreite zur Verfügung steht, so dass sich ein Zusammenhang zwischen Fahrzeughöhe und -breite ergibt, dies insbesondere auch dann, wenn ein Fahrwasser im Brückenbereich nicht gerade, sondern mit größerer Krümmung verläuft, so dass sich, auch abhängig von der Fahrzeuglänge (große Schubverbandslängen!), ein u.U. erheblich größerer Breitenbedarf ergibt (oder die Gefahr von Brückenberührungen und entsprechenden Schäden auftritt; **Abb. 30**).



Abb. 30: Charakteristische Brückenpassage auf Berliner Gewässern (Marchbrücke)

Da mit spezifisch leichter Ladung beladene Fahrzeuge verfügbare Fahrwassertiefen häufig nicht voll in Anspruch nehmen, besteht grundsätzlich die Möglichkeit, die Fixpunkthöhe der Fahrzeuge durch Beballastung zu verringern, dies u.U. auch nur örtlich und zeitlich begrenzt im Bereich jeweils kritischer Brücken. Zur Praktikabilität dieses Verfahrens und Möglichkeiten der Bereitstellung entsprechender technischer Einrichtungen wird später noch

Näheres auszuführen sein. Generell ist schon an dieser Stelle festzustellen, dass dieser Möglichkeit im Hinblick auf Ballastmengen und Zeitbedarf für Be-/Deballastung Grenzen gesetzt sind, so dass hierin eher keine durchgreifende und hinreichend tragfähige Alternative zur Bereitstellung ausreichender Brückendurchfahrtshöhen zu sehen ist. Abgesehen von den großen Höhen der Brücken des unteren und mittleren Rheins, bedeuten die Brücken aller anderen deutschen Binnenwasserstraßen fühlbare, angesichts des steigenden Wunsches nach rationellem Transport spezifisch leichter Güter, erhebliche, z.T. sogar unverträgliche Restriktionen, so dass, wie schon vorangehend ausgeführt, im Zuge geplanter Ausbaumaßnahmen Neubau oder Anhebung zahlreicher Brücken vorgesehen sind.

4.2 SCHIFFSTYPEN UND BINNENWASSERSTRASSEN

Bei der Formulierung einer Binnenschiffs-Typologie und Erörterung ihrer Wechselwirkungen mit den für ihren Einsatz verfügbaren Wasserstraßen ist von zwei unterschiedlichen Typen-Kategorien auszugehen.

(a) Definition von Schiffstypen im Hinblick auf Arten, transporttechnische Erscheinungsformen transportierter Güter und praktizierte Transportmethodik (**Abb. 31, 32, 33, 34, 35**):

- Tankschiffe (Untertypen: Mineralöl-, Chemikalien-, Flüssiggas-Tankschiffe)
- Trockengüterschiffe (üblich: „*Güterschiff*“; hier so genannt; Vielzweckschiffe für Massenschüttgüter, Massenstückgüter, nicht-massenhafte Stückgüter, Container)
- Spezialfahrzeuge für bestimmte Massenschüttgüter (überwiegend als Schubeinheiten anzutreffen)
- Containerschiffe (Spezialschiffe für ausschließlichen Containertransport)
- Roll-on/Roll-Off-Schiffe (Untertypen: Vielzweck-Ro/Ro-, PKW-, Schwergutschiffe)



Abb. 31.a: Tank-Motorschiff (Flüssiggas)



Abb. 31.b: Tank-Motorschiff (Mineralölprodukte)



Abb. 32.a: Trocken-Motorgüterschiff (beladen mit Schüttgütern)



Abb. 32.b: Trocken-Motorgüterschiffe (beladen mit Schwergütern, gekoppelt fahrend)



Abb. 33: Schubeinheiten für Massenschüttgüter (Eisenerz)



Abb. 34: Container-Motorschiff



Abb. 35: Ro/Ro-Motorschiff mit Ro/Ro-Koppeleinheit

(b) Definition von Schiffstypen im Hinblick auf Vortriebsart (**Abb. 36, 37, 38**):

- Motorschiffe (selbstangetriebene Fahrzeuge)
- Schubleichter (ohne Eigenantrieb, zur Fortbewegung per Schubboot, einzeln oder im Schubverband; ein-, zwei- oder dreireihige Kopplung)
- Koppelleichter (ohne Eigenantrieb, zur Fortbewegung per Motorschiff; Kopplung voreinander oder nebeneinander; Größenordnung wie Motorschiffe)



Abb. 36: Motorschiffe (selbstangetriebene Container- und Trockengüterschiffe)



Abb. 37: Schubverband (Trocken-Schubleichter mit Schwergut, Schubboot)



Abb. 38.a: Koppelverband (Ro/Ro-Motorschiff und Ro/Ro-Leichter)



Abb. 38.b: Koppelverband / Details der Längs-Kopplungstechnik

Interdependenzen zwischen Schiffstypen und Wasserstraßen – Typen-Anforderungen an Wasserstraßen, Einsetzbarkeit von Typen auf Wasserstraßen – hängen mit der Frage zusammen, ob Typen für den Transport spezifisch schwerer, tragfähigkeitsintensiver oder spezifisch leichter, raumintensiver Güter eingesetzt werden. Ersteres ist der Fall bei Tankschiffen (außer Flüssiggas) und (z.T.) bei Trockengüterschiffen; letzteres liegt vor bei Containerschiffen, Ro/Ro-Schiffen, Flüssiggas-Tankschiffen und (z.T.) Trockengüterschiffen.

Wie schon mit Blick auf Schiffsgroßen festgestellt, erfordert die rationelle Einsetzbarkeit der zuerst genannten Typen hinreichende Fahrzeuglängen, -breiten und -tiefgänge (Einzelfahrzeuge, Schub- oder Koppelverbände), während die zuletzt genannten Typen geprägt sind durch Länge, Breite und Fixpunkthöhe (Tiefgang hierbei aber nicht völlig zu vernachlässigen; im Bereich mittelschwerer Güter noch volle Ausnutzung typischer Maximal-Tiefgänge; Höhenbedürfnisse hier noch nicht kritisch für Brückendurchfahrtshöhen).

Tankschiffe und Trockengüterschiffe, in typischer Weise eingesetzt für den Transport von tendentiell massenhaften, niedrigwertigen Gütern, tendieren nicht nur zu großen selbstfahrenden Einheiten (Motorschiffen), sondern sind darüber hinaus ein wichtiges Anwendungsfeld für die Schub- und Koppelverbandstechnik. Ungeachtet anderer relevanter Dimensionen (T, B), sind es hier die wünschenswerten und schiffstechnisch möglichen großen Ver-

bandslängen, die wesentlich von der Leistungsfähigkeit der Wasserstraßen abhängen (Schleusenlängen, zwecks Vermeidung von Entkoppelung, sowie Krümmungsverläufe) (große Verbandsbreiten, d.h. Mehrfach-Kopplung, ebenfalls von starkem Interesse, aber faktisch nur auf dem Rhein infrage kommend).

Die rationelle Einsetzbarkeit von Containerschiffen hinreichender Größe – für große Mengen so konzentrierter höherwertiger Güter – erfordert, wie schon erwähnt, die Verfügbarkeit hinreichend großer Brückendurchfahrtshöhen (d.h. Anzahl von Containerlagen). Ungeachtet auch hier vorteilhafter großer Fahrzeuglängen (Schub- und Koppelverbandstechnik auch hier von erheblicher Bedeutung zur Darstellung großer Kapazitäten), gewinnt die Fahrzeug- und damit die Fahrwasserbreite dadurch eine besondere Bedeutung, dass der modulare Charakter der Ladungseinheiten bestimmte Fahrzeugbreiten begünstigt, die mit der Breitenstandardisierung der Wasserstraßenklassen nur bedingt vereinbar sind (Anordnung 3 Containerreihen nebeneinander mit Schiffsbreite 9,50 m = Wasserstraßenklasse IV vereinbar, jedoch nur als mittelgroßes Staumuster infrage kommend; unterhalb 9,50 m keine sinnvolle Containerstauung möglich; Anordnung von 4 Containerreihen als oberste und rationellste Möglichkeit besonders von Interesse, mit Schiffsbreite 11,40 m schiffstechnisch nicht vereinbar, sondern Breitensteigerung auf mindestens ca. 11,50 – 11,60 m erforderlich, Schleusenbreiten von mindestens 12,00 m daher dringend wünschenswert, bei Ausbaumaßnahmen, z.B. Projekt 17, so in Betracht gezogen) (**Abb. 39**).



Abb. 39: Container-Motorschiff mit 4-reihiger Containerstauung (Breite ca. 12 m)

Für Ro/Ro-Schiffe gelten ähnliche Gesichtspunkte im Hinblick auf Höhe und Breite (Anordnung von mehr als einer Stauenebene in vertikaler Richtung, je nach Einzelhöhe typische Gütereinheiten, dringend wünschenswert, z.B. bei 5,25 m Durchfahrtshöhe nur durch besondere schiffstechnische Maßnahmen 2 Ebenen mit Standard-Fahrzeughöhe erreichbar; rationale Anzahl von Fahrspuren mit Standardbreite nur bei größter Standard-Schiffsbreite 11,40 – 11,60 m) (**Abb. 40**).



Abb. 40: Ro/Ro-Motorschiff mit 3 Decks (PKW-Stauung)

4.3 SCHIFFSGESCHWINDIGKEITEN UND BINNENWASSERSTRASSEN

Vorangehend wurde schon festgestellt, dass bei sog. „Verdrängungsschiffen“, d.h. nicht auf Oberflächeneffekten basierenden Fahrzeugen (die aus Kostengründen für Gütertransport auf Binnenwasserstraßen kaum infrage kommen und die auf Flachwasser übrigens auch Probleme bei hohen Geschwindigkeiten haben), ein starker Zusammenhang zwischen flachwasser- und querschnittsbedingten Restriktionen und Fortbewegungsgeschwindigkeit besteht und dass Schiffe aus zwingenden physikalisch-technischen Gründen grundsätzlich mit mäßigen Geschwindigkeiten zu betreiben sind.

Dem wird in Deutschland und vielen anderen europäischen Ländern in der Weise Rechnung getragen, dass von Seiten der Wasserstraßenverwaltung Geschwindigkeitsbeschränkungen erlassen worden sind, die ein überwiegend geltendes Geschwindigkeitsniveau definieren und darüber hinaus regionale wasserstraßenspezifische Besonderheiten berücksichtigen. Die Beschränkungen bestehen insbesondere auf Kanälen und staugeregelten Flüssen (nicht auf freifließenden Flüssen Rhein, Donau, Elbe, Unterweser, Unterems, Oder; hier nur allgemeine Sicherheits- und Sorgfaltsrichtlinien zu beachten sowie spezielle örtliche oder temporäre Beschränkungen, z.B. bei Hochwasser) und gelten für alle Fahrzeuge der Berufs-

– schifffahrt unabhängig von Typ, Größe und Antriebstechnik (z.T. besondere Regelungen für Sportfahrzeuge).

Eine Geschwindigkeit von 12 km/h ist hiernach als Standard-Höchstgeschwindigkeit zu werten. Auf ausreichend weiträumigen Binnenseestrecken sind 20 – 25 km/h zulässig. Weitergehende Beschränkungen – z.B. 10, 8, 6 km/h – existieren auf besonders engen Wasserstraßen oder bei örtlichen Behinderungen. Ob in Zukunft aufgrund u.U. weiterentwickelter Antriebs- und Manövriertechnik graduelle Geschwindigkeitssteigerungen möglich sein werden, wird noch an anderer Stelle zu erörtern sein.

4.4 VERKEHRSABLÄUFE, NAVIGATION AUF BINNENWASSERSTRASSEN

Die Merkmale und Betriebseigenschaften von Binnenschiffen und Binnenwasserstraßen sollen – wie häufig formuliert wurde – so aufeinander abgestimmt sein, dass hinreichende „Sicherheit und Leichtigkeit“ des Verkehrs sichergestellt sind. Als grundlegende Konsequenz ergeben sich hieraus, wie schon ausgeführt, Beschränkungen von Schiffsabmessungen und Fahrgeschwindigkeiten.

Grundsätzlich ist hierbei von einer zweisechiffigen Befahrbarkeit von Wasserstraßen mit angemessenem Passierabstand auszugehen. Örtlich begrenzte Begegnungsverbote können an beengten Stellen erforderlich sein. Nach dem Stand der Entwicklung wurde in besonderen Fällen ein einschiffiger Verkehr auch auf längeren Abschnitten einer Wasserstraße nötig (z.B. hochliegende „Dichtungsstrecken“ des Havel-Oder-Kanals, dort zeitliche Fahrtrichtungsregelungen für die Berufsschifffahrt, mit Einrichtung entsprechender Warteplätze; wegen extremen Aufwands Ausbau hier nur in Grenzen möglich; d.h. Richtungsregelung, mit u.U. flexiblerer, verkehrsabhängiger Steuerung, vermutlich auch in Zukunft unvermeidlich; auch bei Teilstrecken des Teltowkanals in Berlin wegen dortiger Ausbauschwierigkeiten einschiffige Verkehrsregelung für zukünftige maximale Schiffsbreiten vorgesehen; andere noch bestehende, örtlich stark behindernde Engpässe, z.B. Babelsberger Durchstich am Eingang zum Teltowkanal sollten dagegen nach Möglichkeit beseitigt werden).

Aus Sicherheitsgründen können ferner örtliche Überholverbote ausgesprochen werden. Überholvorgänge sind je nach Fahrwassergegebenheiten und Verkehrslage möglich, erfordern aber wegen geringer möglicher Geschwindigkeitsunterschiede lange Überholstrecken und kommen, außer auf großen Flüssen, wegen in der Regel voll ausgenutzter zulässiger Geschwindigkeiten praktisch kaum in Frage.

Alles in allem kann angenommen werden, dass bei dem z.Zt. herrschenden Abstimmungssystem von Wasserstraßenmerkmalen und Schiffseinsatz, abgesehen von noch notwendig erscheinenden Ausbaumaßnahmen, eine hinreichende Sicherheit und Leichtigkeit des Verkehrs gegeben ist.

In diesem Zusammenhang folgender Hinweis: Ein fundamentaler Konflikt zwischen Binnenschifffahrt und natürlichen Gewässern, insbesondere Fließgewässern, wird aus ökologischer Sicht häufig darin gesehen, dass die Binnenschifffahrt an möglichst weitgehender

Gleichmäßigkeit und Unveränderlichkeit der Navigationsbedingungen interessiert sei, Wasser und Uferbereiche als natürliche Lebensräume für Tiere und Pflanzen aber vom periodischen Wechsel des Gewässerzustandes, insbesondere des Wasserstandes leben. Dies trifft insoweit zu, als gewisse Mindest- und Höchstwasserstände nicht unter- bzw. nicht überschritten werden sollten. Dennoch erfolgt die Befahrung der Gewässer in erheblichem Ausmaß auf dem Wege der Anpassung an aktuell bestehende, sich mittel- oder sogar kurzfristig ändernde Fahrwasserbedingungen, z.B. die Linienführung der Fahrwässer, d.h. der tiefsten Rinnen, innerhalb von Flussläufen betreffend (ungeachtet äußerer Begrenzungen durch Deiche, Dämme, Uferbefestigungen ist z.B. der Stromverlauf der Elbe ständigen Änderungen unterworfen). Durch Beobachtung der Flussprofile und Strömungsverläufe einerseits, andererseits durch ein weit entwickeltes, detailliertes, flexibles System von Fahrwasserkennzeichnungen, teils wasserseitig, teils landseitig, nicht zuletzt auch durch Einsatz moderner Telekommunikationsmittel (siehe hierzu weitere Ausführungen in 5.3) wird die Schifffahrt in die Lage versetzt, naturnahe Fließgewässer, ebenso wie Kanäle und stau-regelte Gewässer, mit größtmöglicher Sicherheit und Leichtigkeit zu befahren. Dies schließt z.B. die Möglichkeit elektronischer Gewässerkarten, satellitengestützter Standortbestimmung und moderner Radartechnik ein, mit deren Hilfe der eigene Standort und derjenige anderer Verkehrsteilnehmer ständig exakt und zeitgleich zu verfolgen (Beispiel für moderne Kommandobrücke eines Binnenschiffs: **Abb. 41**).



Abb. 41: Kommandobrücke eines Container-Motorschiffs

4.5 RESULTIERENDE TRANSPORTKOSTEN UND WETTBEWERBSFÄHIGKEIT DER BINNENSCHIFFE

Sicherheit und Leichtigkeit des Verkehrs kommerziell betriebener Binnenschiffe sind letztlich auch ein notwendiger Indikator für günstige Betriebskosten, d.h. Transportkosten auf bestimmten Relationen, somit für Wettbewerbsfähigkeit – Wettbewerbsfähigkeit intern und insbesondere gegenüber konkurrierenden Verkehrsträgern.

Da ein sicherer und leichter Verkehr aber auch mit kleinen, schwach abgeladenen Fahrzeugen und unzeitgemäßen Typen denkbar ist, liegt hierin eine notwendige, aber nicht hinreichende Voraussetzung. Hinzukommen müssen zeitgemäße, leistungsfähige Fahrzeugtypen, rationelle Fahrzeuggrößen und hinreichende Kapazitätsauslastung, alles Leistungsfaktoren, die, wie gezeigt, auch wesentlich von den Merkmalen der Wasserstraßen abhängen.

Gesamt-Betriebskosten von Schiffen werden üblicherweise wie folgt strukturiert:

- Kapitalkosten
- Reiseunabhängige Betriebskosten
 - Ausrüstungskosten
 - Personalkosten
 - Instandhaltungs- und Reparaturkosten
 - Schiffsversicherungskosten
 - Verwaltungskosten
- Reiseabhängige Betriebskosten
 - Brennstoffkosten
 - Schmierölkosten
 - Sonstige Verbrauchsstoffkosten
 - Reisebedingte Gebühren und Abgaben

Für vergleichende Kostenbetrachtungen sind Betriebskosten zweckmäßigerweise mit einer pro Zeiteinheit transportierten bzw. transportierbaren Gütermenge oder mit einer erbrachten bzw. erbringbaren Transportleistung, unter in bestimmter Weise normierten Einsatzbedingungen, spezifisch zu machen, um so zu vergleichbaren Transport- oder Transportleistungskostenaussagen – z.B. [DM/t], [DM/TEU]) oder [DM/t x km], [DM/TEU x km] – zu gelangen. So spezifisch gemachte Betriebskosten können als für volle Kostendeckung erforderliche Mindest-Frachtraten (bei homogener Beladung) interpretiert werden und sind den realen Märkten unter vergleichbaren Bedingungen erzielbaren Frachtraten gegenüberzustellen, um so zu einer Wirtschaftlichkeits- oder Rentabilitätsaussage zu kommen.

Eine Einflussnahme der Binnenwasserstraßen auf Kostenstrukturen von Binnenschiffen – sei es direkt auf absolute Kostenanteile, sei es indirekt auf spezifische Kosten über transportierbare Gütermengen oder erbringbare Transportleistungen - konzentriert sich im wesentlichen auf die Leistungsfaktoren Schiffstyp, Schiffsgröße (-kapazität), Kapazitätsauslastung und Geschwindigkeit. Der Schiffstyp ist hierbei insoweit zu vernachlässigen, als alle, auch modernen Typen auf den meisten Wasserstraßen grundsätzlich einsetzbar sind, aber u.U. nur in unzureichender Größe, so dass sich der Einfluss primär auf letztere richtet. Die Fahrgeschwindigkeit ist hierbei in dem Sinne relevant, dass sie, wie

festgestellt, eine eher nur wenig disponible Variable darstellt, wobei Geschwindigkeit allerdings als effektive Transportgeschwindigkeit zu verstehen ist, bei der auch Zeitbedarf und Wartezeiten z.B. an Schleusen und Hebewerken einen erheblichen Einflussfaktor darstellen.

(Schiffsgröße) Nach allgemeiner Erfahrung hat die Schiffsgröße kennzeichnenden Einfluss auf spezifische Betriebskosten. Bei steigender Größe ergibt sich, teils aus physikalisch-technischen, teils aus betrieblichen Gründen, eine deutliche Kostendegression („*Economies-of-Scale*“-Effekte). Relevante Kostenanteile sind hier insbesondere Kapital-, Personal- und Brennstoffkosten. So steigt der stahlschiffbauliche und Ausrüstungsaufwand unterlinear mit dem baulichen Volumen (Tragfähigkeit, Laderauminhalt). Die erforderliche Antriebsleistung und die aufzuwendenden Brennstoffkosten steigen ebenfalls unterlinear mit der Größe (Verdrängung, Gesamtmasse). Der Personalaufwand für größere Schiffe ist u.U. derselbe wie für kleinere oder liegt nur graduell, d.h. unterproportional höher.

Anhand ausgewählter Beispiele – Tank-Motorschiff (TMS), Trockengüter-Motorschiff (GMS), Container-Motorschiff (CMS), Trockengüter-Koppelverband (GKV), Trockengüter-Schubverband (GSV) – lässt sich der relative Größeneinfluss auf spezifische Kosten folgendermaßen näherungsweise beziffern (nach Angaben der Deutschen Binnenreederei GmbH [19], für Relation Hamburg - Berlin, jeweils volle Abladung):

GMS	67,00 m x 8,20 m x 2,00 m	700 t	Fahrzeit 49 h	Relative Kosten 100 %
GMS	80,00 m x 9,00 m x 2,50 m	1.134 t	49 h	98 %
GKV	145,00 m x 9,50 m x 2,50 m	2.319 t	58 h	59 %
TMS	80,00 m x 8,20 m x 2,00 m	800 t	49 h	100 %
TMS	80,00 m x 8,20 m x 2,50 m	1.130 t	49 h	71 %
GSV	114,00 m x 8,20 m x 2,00 m	1.200 t	63 h	100 %
GSV	146,50 m x 9,50 m x 2,50 m	1.800 t	70 h	85 %
GSV	179,00 m x 9,50 m x 2,50 m	2.319 t	70 h	61 %

Dabei lässt sich der Typeneinfluss selbst – d.h. typspezifische Betriebskostenunterschiede, ebenfalls nach DBR-Angaben [19], gleiche Prämissen – annähernd wie folgt beziffern:

GMS	80 m	Relative Kosten 100 %
TMS	80 m	100 %
CMS	80 m	135 %

(Kapazitätsauslastung) Von der möglichen Kapazitätsauslastung – Tragfähigkeitsauslastung, d.h. Ladetiefgang bei spezifisch schwerer Ladung, oder Auslastung der räumlichen Ladefähigkeit bei spezifisch leichter Ladung – sind transportierbare Gütermengen direkt abhängig. Spezifische Kosten steigen somit, bei sonst gleich bleibenden Bedingungen, mit sinkender Auslastung proportional an. Andererseits nehmen Brennstoffkosten mit sinkender Auslastung nur unterproportional ab; alle übrigen Kostenanteile bleiben im wesentlichen unverändert. Insgesamt nehmen absolute Betriebskosten mit gegenüber Nominalauslastung

– abnehmender Auslastung daher nur wenig ab, so dass der steigende Effekt bei spezifischen Kosten weitaus dominiert.

Das quantitative Ausmaß auslastungsbedingter Kostenänderung stellt sich für die oben genannten Schiffstypen und –größen annähernd wie folgt dar (DBR-Angaben [19], gleiche Prämissen):

Ausgehend von einem Ladetiefgang von 2,00 m, erhöhen sich spezifische Kosten pro 5 cm Tiefgangsverminderung, bis zu einem Mindesttiefgang von 1,40 m, um ca. 8 %; bei 1,40 m somit um 96 %. Angesichts dieser annähernden Kostenverdopplung wird bei existierenden Motorschiffen hier etwa die untere Grenze der wirtschaftlichen Einsetzbarkeit gesehen.

In diesem Zusammenhang ein Hinweis auf die für die Nutzung der Bundeswasserstraßen (außer für die Internationalen Wasserstraßen Rhein und Donau) und ihrer technischen Einrichtungen zu entrichtenden Abgaben: Die hier existierenden Tarife beziehen sich auf zurückgelegte Strecken [km] und hierbei transportierte Gütermengen [t] – bei Containern [TEU] – ; hierbei wird nach Güterklassen differenziert, die sich nach dem Wert der Güter richten. Für Leerfahrten werden, abgesehen von einem Leerfahrtszuschlag zu den Lade-fahrten, keine Gebühren erhoben. Abgaben bewegen sich z.Zt. in der Größenordnung von ca. 0,02 – 0,04 DM / t x km (eine quantitative Bewertung würde eine Analyse sonstiger spezifischer Kosten erfordern, die etwa in der Größenordnung von 0,05 – 0,10 DM / t x km liegen können, und, wie angedeutet, von vielen wechselnden Einflüssen abhängen, wobei die Zugänglichkeit zu diesbezüglichen Informationen sehr problematisch ist). Nach derzeit geübter Praxis werden auf vorstehend genannte Tarife häufig Nachlässe gewährt, um so zu einer Transportkostenentlastung beizutragen.

(Geschwindigkeit) Transportierbare Gütermengen und erbringbare Transportleistungen steigen etwa linear mit der Transportgeschwindigkeit; insoweit – falls von gleichbleibenden absoluten Kosten ausgegangen werden könnte – würden relative Kosten entsprechend sinken. Bei Wasserfahrzeugen – wie im Prinzip auch bei anderen Fahrzeugen - steigen erforderliche Antriebsleistungen und Brennstoffkosten jedoch deutlich exponentiell mit der Geschwindigkeit. Bei Binnenschiffen gilt dies, wie festgestellt, umso mehr, als Effekte von Flachwasser und beschränktem Fahrwasserquerschnitt zum Tragen kommen, d.h. je kleiner das Verhältnis von Wasserstraßen- und Schiffsquerschnitt gewählt wird. Aufgrund dieser gegenläufigen Tendenz von Abhängigkeiten kann im allgemeinen davon ausgegangen werden, dass eine kostenminimale Geschwindigkeit existiert, die weder bei sehr hohen noch bei verschwindenden Geschwindigkeitswerten liegt, die aber zu einem relativ eher niedrigen Geschwindigkeitsniveau tendiert.

Man kann dennoch nicht ohne weiteres davon ausgehen, dass z.Zt. bestehende Geschwindigkeitsbeschränkungen kostenoptimale Schiffsgeschwindigkeiten ergeben. Insbesondere bei Nicht-Massengütern, d.h. höherwertigen Gütern kann eine Transportgeschwindigkeit nicht ausschließlich nach Betriebskostenerwägungen gewählt werden, sondern Gesichtspunkte von Dringlichkeit des Bedarfs, Verzinsung von gebundenem Kapital, u.U. auch Verderblichkeit der Güter sind mit zu berücksichtigen, so dass Geschwindigkeitspräferenzen auch oberhalb heutiger Beschränkungen liegen können und eine, wenn auch nur graduelle, Geschwindigkeitssteigerung vorteilhaft erscheinen könnte.

–

Wenn sich die Steigerung der Fahrgeschwindigkeit bei vollständiger Kostenbetrachtung als äußerst kostenintensiv erweist, so erscheint es naheliegend, nach „preiswerteren“, schiffstechnisch weniger aufwendigen und auch wasserstraßenverträglichen Wegen einer Geschwindigkeitssteigerung zu suchen. Abgesehen von dem mit dem hier nicht zur Diskussion stehenden Aufenthalt in Häfen, sind es hier die mit der Passage von Schleusen und Hebewerken verbundenen Zeitbedürfnisse und hiermit im Zusammenhang stehenden Wartezeiten oder Zeitverluste, die bei Kanälen und staugeregelten Flüssen, soweit mit größeren Anzahlen von Staustufen versehen, die effektive Fortbewegungsgeschwindigkeit der Fahrzeuge nennenswert reduzieren können. Hier besteht eine starke Abhängigkeit der Schifffahrt und der Wunsch nach Umsetzung möglich erscheinender Rationalisierungen.

Zusammenfassend an dieser Stelle: Die Wettbewerbsfähigkeit der Binnenschifffahrt, soweit von realen Betriebskosten abhängig, wird nach vorangehenden Erwägungen von der Einsetzbarkeit rationeller Schiffstypen und Schiffsgößen, von der hinreichenden Abladbarkeit, d.h. Kapazitätsauslastung, und der mit rationellen Mitteln möglichen Erreichbarkeit einer hinreichenden effektiven Transportgeschwindigkeit kennzeichnend beeinflusst.

5 BINNENSCHIFFFAHRTSSPEZIFISCHE ENTWICKLUNGSPOTENTIALE

Ungeachtet der immer zu berücksichtigenden, niemals völlig zu kompensierenden Abhängigkeit der Binnenschiffahrt von den Restriktionen der Binnenwasserstraßen verfügt die Binnenschiffahrt, wie Entwicklungen der jüngsten Zeit deutlich erkennen lassen, über ein bedeutendes eigenständiges, zum Teil schon genutztes, zum Teil noch weiter zu aktivierendes Innovationspotential. Durch schiffstechnische, schiffsbetriebstechnische, organisatorische, operative Entwicklungen ergeben sich Möglichkeiten zur Steigerung von Effizienz und Attraktivität der Binnenschiffahrt aus sich selbst heraus und damit auch zur Anpassung an beschränkte Wasserstraßenbedingungen – Möglichkeiten, deren Reichweite und Grenzen hier aufzuzeigen und zu diskutieren sind.

5.1 SCHIFFSTECHNISCHES ENTWICKLUNGSPOTENTIAL

5.1.1 Typologie / Transporttechnik

Existierende Schiffstypen, soweit durch Art und Form transportierter Güter bestimmt, wurden vorangehend schon aus verschiedenen Blickwinkeln beleuchtet. Stand und Perspektiven sind hier in diesem Zusammenhang erneut aufzugreifen und zu präzisieren. Generell verfolgen typologische und transporttechnische Entwicklungen das Ziel, das Binnenschiff für zeitgemäße, höherwertige, transporttechnisch anspruchsvollere, weniger homogen strukturierte Arten und Formen von Gütern geeignet zu machen, seine traditionelle Rolle als Transportmittel für Massengüter somit in dieser Richtung zu erweitern.

(Tankschiffe) Wie aus der Sicht von Gütermärkten dargestellt, werden, ungeachtet aller denkbaren Markterweiterungen, flüssige Massengüter – Mineralölprodukte, petrochemische Produkte, sonstige Chemikalien, Flüssiggasprodukte, somit Gefahrgüter entsprechend geltender Richtlinien – in Zukunft weiterhin und noch verstärkt zu den binnenschiffsaffinen Gütern gehören und dort ein quantitativ herausragendes Marktsegment darstellen.

Stand und Perspektiven der technischen Konzeption von Binnentankschiffen sind im wesentlichen durch folgende Faktoren geprägt: (Informationen z.B. DETTMER [20]; **Abb. 42**):

- Große, noch zunehmende Bandbreite zu transportierender Produkte; Trend teils zu großen, teils auch zu kleineren Partien (Sendungsgrößen); z.T. sehr spezielle Produkte mit hohen transporttechnischen Anforderungen (Gefahrenklasse, Aggressivität, Sauberkeit, Beheizung); d.h. entsprechend hoher Diversifizierungs-, Separierungs-, Behandlungsbedarf;
- Berücksichtigung der neuesten Gefahrgut-Vorschriftenlage; ADN [16];
- Motorschiffe, Koppel- und Schubeinheiten;
- Trend zu großen Schiffseinheiten:
Länge 80 – 110 m, Breite 9,00 – 11,40 m, volle Abladbarkeit 2,50 – 2,80 m, Tragfähigkeit ca. 1.000 – 3.000 t;
- Doppelhüllenbauweise zur Verringerung des Verletzungsrisikos und Optimierung betriebstechnischer Eigenschaften, entsprechend neuester Vorschriftenlage; GL [21];
- Hohe Längsbiegefestigkeit (d.h. hohe Umschlags- und Beladungsflexibilität);

- Flexibles Beballastungskonzept (Segregated-Ballast-Kapazität) für hinreichende Leerschwimmlage, niedrige Brückenpassagen);
- Modernes Pumpenkonzept für hohe umschlagstechnische Flexibilität (Parallelumschlag von Partien, hohe Entladeleistungen);
- Betrieb mit kleinstmöglicher Besatzung (Automation des Maschinenbetriebs, modernste Kommunikations-, Navigationssysteme);
- Koppereinheiten mit Hilfsantrieb (Wasserstrahl-, Z-Propellerantrieb vorn und/oder hinten) zum Manövrieren in Schleusen und Häfen.

Insgesamt hat das moderne Binnentankschiff einen hohen, weit fortgeschrittenen technischen Stand erreicht, der noch graduelle Weiterentwicklungen in Richtung auf Produktdiversifikation, Betriebstechnik, Sicherheit erwarten lässt.



Abb. 42: Tank-Motorschiffe und Tank-Koppereinheiten am Mineralöl-Tanklager (Magdeburg)

(Schiffe für Trockengüter) Für den Transport von Trockengütern bestimmte Fahrzeuge – Motorgüterschiffe und entsprechende Leichtertypen – sind auf vielseitige transporttechnische Verwendbarkeit hin konzipiert, waren in der Vergangenheit aber doch sehr stark an herkömmlichen Massenschüttgütern orientiert und dementsprechend auf einem eher einfachen transporttechnischen Niveau angesiedelt. Diese herkömmliche Massengut-Verwendbarkeit – kostengünstiger Transport homogener Mengen mit relativ niedrigen transporttechnischen Anforderungen – wird im Prinzip erhalten bleiben müssen. Wie schon bei Betrachtung von Gütermärkten festgestellt, ist aber eine Tendenz zu gradueller Modifizierung und Erweiterung von Märkten in Richtung auf „modernere“ Massengüter zu verzeichnen und wird für die zukünftige typologische Entwicklung von wesentlicher Bedeutung sein.

Dies schließt Massenschüttgüter – z.B. Agrarprodukte, Lebensmittelrohprodukte, Kunststoffrohprodukte – mit auch weniger homogenen Mengenstrukturen (aber noch Massengutquantitäten) und graduell ansteigenden transporttechnischen Anforderungen (z.B. Wasserdichtigkeit, Reinigungsmöglichkeiten, Separierbarkeit von Laderäumen) ein und richtet sich vor allem auch auf Massenstückgüter (z.B. Metallhalbzeuge, -rohprodukte, d.h. rationelle und sichere Umschlagbarkeit, Staubbarkeit auch schwerer Ladungseinheiten; z.B. Papier, Zellulose, sonstige Forstprodukte, d.h.

Umschlag, Stauung, Pflege auch empfindlicherer Güter). In die Bandbreite dieser Entwicklung binnenschiffsaffiner Trockenladungen gehören ferner auch standardisierte Nicht-Massengüter (ausgehend von dem eingangs definierten Begriffsverständnis), d.h. Container, andere Ladungsbehälter, z.B. LKW-Wechselbehälter (eventuell durch spezielle Hilfsmittel stapelbar zu machen; RENNER [22]) und sonstige Stückguteinheiten (außer rollenden Ladungseinheiten, die typologisch gesondert zu lokalisieren sein werden); CATRIV [23].

Strategisches Ziel einer dementsprechenden typologischen Weiterentwicklung hätte demnach ein modernes „Vielzweck-Trockengüterschiff“ zu sein, mit einer deutlichen Orientierung auf Massengüter und standardisierte Güter in dem vorstehend skizzierten Sinn, auch mit der Fähigkeit eines hinreichend rationellen Containertransports. Nicht zuletzt auch vergleichende Betrachtungen von aktuellen Entwicklungen in der Küstenschifffahrt (typische Beschäftigungskonfiguration in der europäischen Shortsea-Schifffahrt: *dry-bulk und/oder neo-bulk und/oder Container*; BMV/LINDE [24]) lassen vermuten, dass ein derartiger Vielzweck-Typ, hinreichende Größe vorausgesetzt, in weiten Bereichen der Binnenschifffahrt rationell einsetzbar sein und gute Beschäftigungschancen haben wird. Dies schließt weitergehend spezialisierte Typenentwicklungen keineswegs aus, sondern wird für die quantitativ bedeutendsten regionalen Märkte zu ergänzen sein durch weitgehend auf Massenschüttgüter spezialisierte Fahrzeuge (zu verwirklichen im wesentlichen mit der Schubverbandstechnik; siehe dort) und durch ein „Containerschiff“ im Sinne eines hochspezialisierten Fahrzeugs (Näheres hierzu im folgenden)

Die Frage der technischen und wirtschaftlichen Durchführbarkeit eines in dem skizzierten Sinn erweiterten Vielzweck-Konzepts ist nicht als trivial einzustufen. In technischer Hinsicht erscheint das Konzept als machbar und kaum problematisch, da in Ansätzen z.T. bereits verwirklicht (z.B. Containereignung heutiger Güterschiffe und Leichter im wesentlichen abhängig von hinreichend großer Schiffs- und Laderaumbreite, Belastbarkeit mit schweren Einzelstücken Frage der passenden konstruktiven Gestaltung). In wirtschaftlicher Hinsicht kommt es darauf an, den baulichen Aufwand und damit die spezifischen Betriebskosten trotz erweiterter transporttechnischer Leistungsfähigkeit hinreichend niedrig zu halten, um den Massenguttransport als wirtschaftliche Basis nicht zu gefährden.

Die Grundzüge eines so gearteten technischen Konzepts wären etwa in folgenden Punkten zu umreißen (**Abb. 43**):

- Hinreichende Schiffsgröße:
Länge 80 – 110 m, Breite 9,00 – 11,50 m, volle Abladbarkeit 2,50 – 2,80 m, Tragfähigkeit ca. 1.000 – 3.000 t;
- Für intraregionalen Einsatz in urbanen Ballungszentren, u.U. auch kleine Fahrzeuge für kleinteilige, heterogene Beladbarkeit mit Stückgütern; **Abb. 44**);
- Hoher Laderauminhalt bei geschlossener Lukenabdeckung (volle Abladbarkeit bei spezifisch mittelschweren bis leichten Ladungen); Containerstauung bei geöffneter Abdeckung;
- Offene, „square-shaped“ Laderaumkonfiguration; Doppelhüllenbauweise; hohe, auch punktartige Bodenbelastbarkeit; hohe Längsbiegefestigkeit (d.h. hohe Umschlags- und Beladungsflexibilität)

- Einraumkonzept; Möglichkeit mobiler Laderaumunterteilung zwecks Separierung von Ladungspartien (z.B. Massenschüttgüter);
- Wasserdichtes, mechanisiertes, flexibel operierbares Lukenabdeckungskonzept;
- Beballastbarkeit (zwecks u.U. auch zeitweiser Tiefgangsvergrößerung bei Containerladung und geringen Brückendurchfahrtshöhen);
- Normalerweise, wie bisher üblich, keine bordseitige Umschlagsausrüstung (in Sonderfällen, z.B. für kleine, in urbanen Zentren einsetzbare Fahrzeuge, bordseitige Ausrüstung für Vertikalumschlag von Stückgütern begrenzter Größe in Betracht zu ziehen; **Abb. 39**);
- Betrieb mit kleinstmöglicher Besatzung (Automation des Maschinenbetriebs, modernste Kommunikations-, Navigationstechnik);



Abb. 43: Trocken-Motorgüterschiff in Doppelhüllen-Bauweise (beladen mit Stahlhalbzeug)

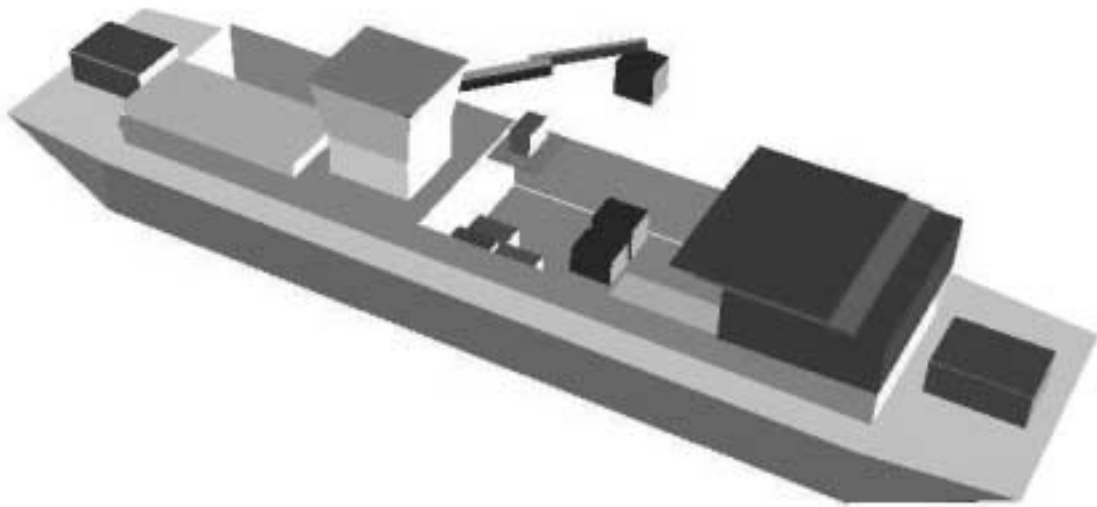


Abb. 44: Konzept eines kleinen Vielzweck-Motorgüterschiffes für intraregionalen Einsatz in urbanen Zentren

(Container-Spezialschiffe) Die Entwicklung des Containerverkehrs auf dem Rhein bestätigt zweifelsfrei, dass die Binnenschifffahrt in der Lage ist, Container in großtechnischem Ausmaß, zu günstigen Kosten, mit hoher Sicherheit und Zuverlässigkeit, mit hinreichender Geschwindigkeit zu transportieren (z.B. Karlsruhe – Rotterdam 30 h). Container werden auf dem Rhein und seinen Zuflüssen von Vielzweck-Güterschiffen, ansatzweise in dem vorstehend skizzierten Sinn, aber auch schon von Spezialschiffen transportiert.

Es stellt sich die nicht triviale Frage, was in diesem Fall ein Spezialschiff in kennzeichnender Weise von einem Vielzweckschiff unterscheidet und ob, und unter welchen Voraussetzungen, der Einsatz von Spezialschiffen notwendig und sinnvoll erscheint (nach Erfahrungen aus der Seeschifffahrt sind spezielle, hochleistungsfähige Schiffe für viele spezielle Aufgaben technisch vorstellbar, ihre wirtschaftliche Einsetzbarkeit hängt jedoch sehr von ihrer hinreichenden, langfristig gesicherten Beschäftigung ab).

Qualitative und quantitative Merkmale eines Binnen-Containerschiffs, soweit von stabilisierten Typmerkmalen schon gesprochen werden kann, lassen sich im wesentlichen in folgenden Punkten zusammenfassen (**Abb. 45**):

- Tendentiell große Einheiten (vorzugsweise Klasse V, mindestens Klasse IV); hohe Container-Ladefähigkeit (letzter Stand auf dem Rhein: niederländische Schiffe von 135 m Länge, 17 m Breite und Kapazität ca. 500 TEU im Einsatz; „Jowi“ [25]);
- Schiffsbreite hinreichend für einwandfreie Stauung von vorzugsweise 4 Containerreihen (d.h. ca. 11,50 – 11,60 m), mindestens von 3 Containerreihen (d.h. 9,50 m);
- Beladbarkeit mit maximal 4-5 Containerlagen (Stabilität, Bodenbelastbarkeit, Sichtbedingungen – Ausnutzbarkeit maximaler Beladungshöhen auf vielen Wasserstraßen eingeschränkt auf 3 oder sogar nur 2 Lagen aufgrund begrenzter Brückendurchfahrtshöhen; Teilbeladungshöhen aber nicht von vornherein als unwirtschaftlich zu verwerfen, sondern

- im Einzelfall von der Wettbewerbslage gegenüber den konkurrierenden Verkehrsträgern abhängig);
- Motorschiffe, Koppelleichter (Motorschiffe mit Schubausrüstung für Koppelleichter und entsprechend hoher Antriebsleistung);
- Optional Ausstattung mit Container-Führungszellen (Mechanisierung, Beschleunigung von Umschlag und Stauung; in der Küstenschifffahrt ab ca. 4 Lagen üblich; bei Binnenschiffen bisher noch selten; Verwendbarkeit der Räume für andere Ladungsformen damit weitgehend eingeschränkt);
- Hohe Teilbeladungsfähigkeit, inhomogene Ladungsverteilungen (im Hinblick auf Längsfestigkeit und Trimmverhalten)
- Hohes Geschwindigkeits- und Antriebsleistungspotential (hohe Reisegeschwindigkeiten im Rahmen möglicher bzw. zulässiger Höchstgeschwindigkeiten);
- Offene Laderäume; Wegfall von Lukenabdeckungen;
- Optional Energieversorgung von Kühlcontainern (Einzelkühlaggregate mit E-Antrieb; Bereitstellung entsprechender E-Kapazität);
- Optional Transportierbarkeit von Gefahrgut-Containern gemäß gültiger Vorschriften;
- Schnelle, flexible Beballastung (bei niedrigen Brückenpassagen);

Containerschiffe einer derartigen Konzeption sind nach dem Stand der Technik jederzeit darstellbar und stehen für angestrebte regelmäßige Transporte größerer Mengen von Containern als leistungsfähigste Option zur Verfügung.



Abb. 45.a: MS „JOWI“, derzeit größtes Container-Motorschiff (mit Container-Führungszellen – Einsatz auf dem Rhein)

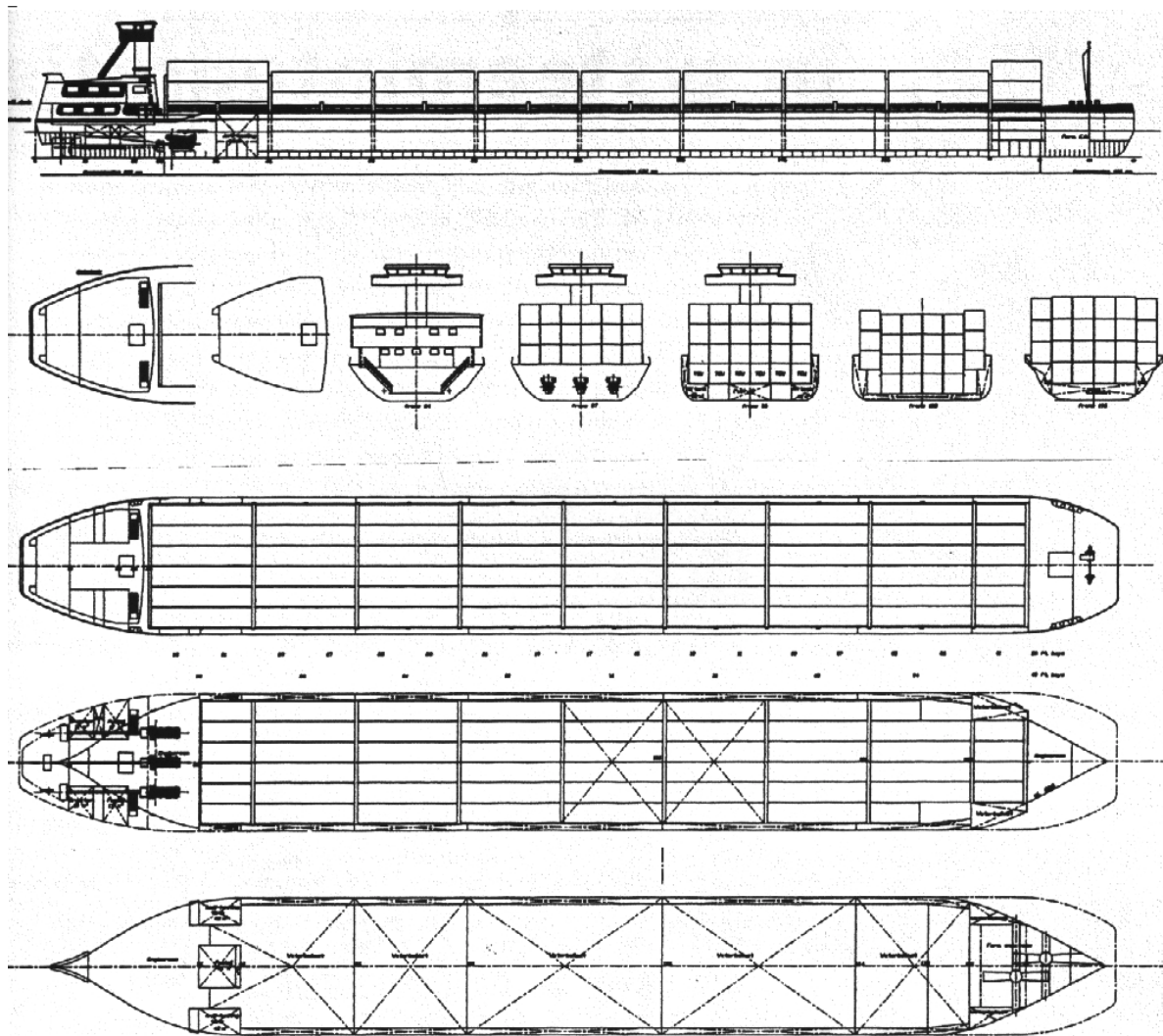


Abb. 45.b: Gesamtanordnung des Container-Motorschiffs „JOWI“

(Roll-on/Roll-off-Schiffe) Rollende Ladungseinheiten – Neufahrzeuge jeder Art und Größe, rollbar gemachte Schwergüter und großvolumige Güter, LKW als Ladungsträger (*“Schwimmende Landstraße”*) – haben ihre Affinität zur Binnenschifffahrt nachgewiesen (Rhein und Donau hier Vorreiter, Elbe in Kürze zu erwarten), und die Binnenschifffahrt trägt diesem potentiellen Bedarf durch von der Küstenschifffahrt abgeleitete typologische Neuentwicklungen – Roll-on/Roll-off- oder Ro/Ro-Schiffe - Rechnung.

Im Bereich der Trockenladungen repräsentiert das Ro/Ro-Schiff die bisher am weitesten gehende typologische Spezialisierung. Die von der Seeschifffahrt her bekannten und dort überzeugend nachgewiesenen Vorteile dieses Transportkonzeptes – maximale Umschlagsleistung für eine große mögliche Variationsbreite rollender oder rollbar gemachter Ladungseinheiten, d.h. im Vergleich zur Containertechnik keine strenge Standardisierung erforderlich – sind von entsprechenden Binnenschiffen im Prinzip ebenso nutzbar (**Abb. 46**).

Da die Technik des horizontalen Ladungsumschlags überwiegend für spezifisch leichte Güter in Frage kommt und der typbedingte Raumnutzungsgrad relativ niedrig ausfällt, ist die Gestaltung von Ro/Ro-Schiffen in erheblichem Ausmaß ein Raumproblem. Daraus folgt, dass die wirtschaftlich erfolgreiche Betreibbarkeit eines Ro/Ro-Systems, neben der Bereit-

stellung gut zugänglicher, freizügig beladbarer Decks, sehr von der rationellen Ausnutzung der vertikalen Dimension der Schiffe abhängt, d.h. dass eine möglichst große Anzahl von Ladungsdecks, mit ladungsgerecht gewählter nutzbarer Höhe, angeordnet wird.



Abb. 46: Ro/Ro-Motorschiff (beladen mit unterschiedlichen rollenden Ladungseinheiten)

An dieser Stelle liegt eine Schlüsselproblematik des Binnen-Ro/Ro-Schiffs, das in seiner möglichen Höhe durch begrenzte Brückendurchfahrthöhen eingeengt wird. Nur die bereits auf Rhein und Donau in Betrieb befindlichen Schiffe sind in dieser Hinsicht geringen oder gar keinen Restriktionen unterworfen; in allen anderen Fällen sind Kompromisslösungen erforderlich. Dies bedeutet aber nicht, dass Ro/Ro-Schiffe auf Wasserstraßen, die z.B. für Zweilagigen-Containerstauung (5,25 m) ausgelegt sind oder ausgelegt sein werden, nicht sinnvoll eingesetzt werden können; sondern lediglich, dass man sich in der Gestaltung der Fahrzeuge nicht mit der naheliegenden Anordnung von Ro/Ro-Decks oberhalb eines geschlossenen Rumpfes begnügen darf und auch bei mittleren Fahrzeuggrößen eine tiefliegende Raumausnutzung bis zum Innenboden herunter anstreben muss, wofür bereits aussichtsreiche Vorschläge gemacht wurden; GREENPORT [26] (bei großen Fahrzeugen interne, nach unten führende Rampen weniger problematisch).

Die andere Besonderheit der Ro/Ro-Schiffe liegt in ihrem intensiven physischen Kontakt mit dem Ufer in Gestalt von umschlagsbedingten land- und/oder bordseitigen Rampen. Eine relativ weitgehende Abstimmung hafen- und schiffsseitiger Gegebenheiten, z.B. unter Berücksichtigung von Wasserstandsänderungen, ist erforderlich, und die universelle Einsetzbarkeit von Ro/Ro-Schiffen auch in der Binnenschifffahrt ist insoweit eingeschränkt. Andererseits lassen sich hier auch bereits mit relativ einfachen Mitteln Vorkehrungen für das Anlegen derartiger Fahrzeuge treffen (Schrägrampen, z.B. Fähr Rampen, häufig vorhanden oder leicht zu

– schaffen), so dass mittlere Lösungen mit mittelgroßen Fahrzeugen, ein Anlegen „an der grünen Wiese“, Verkehre mit dezentral verteilten Anlaufstellen denkbar sind.

Für größere Verkehre sind, ebenso wie bei Containerschiffen, hinreichend große Fahrzeuge wünschenswert. Neben der oben angesprochenen Nutzhöhe ist es auch hier eine möglichst große Breite, d.h. eine entsprechend große Anzahl paralleler Spuren, die für eine rationelle und freizügige stautechnische Nutzung wichtig ist (z.B. auf der Donau bereits Ro/Ro-Schiffe mit Breiten weit oberhalb Klasse V im Einsatz). Dies gilt für selbstangetriebene Motorschiffe ebenso wie für auch hier interessante Koppelleichter.

(Schwergutschiffe) Für den Transport schwerer und/oder großvolumiger Stückgüter kommt bis zu gewissen Grenzen das Vielzweck-Trockengüterschiff, eventuell auch das Containerschiff in Frage. Der Umschlag hat in diesem Fall vertikal mit landseitigen Mobilkränen o.ä. zu erfolgen. Die horizontale Umschlagstechnik, unter Benutzung vorhandener oder temporär einzurichtender landseitiger Schrägrampen, hat sich als eine häufig vorteilhafte, besonders für extreme Abmessungen und Gewichte geeignete Alternative entwickelt. Entsprechende Fahrzeuge (Motorschiffe, Leichter) sind in der Regel als Glatdeckstypen für Ro/Ro-Decksstauung konzipiert (Brückendurchfahrtsrestriktionen auch hier zu beachten; **Abb. 47**). Eine weitere Differenzierung und Ausweitung der Einsetzbarkeit dieses Typs, im Zusammenhang mit einer noch gesteigerten Effizienz, Flexibilität und Sicherheit des Umschlags, einschließlich seiner landseitigen Anforderungen, erscheint naheliegend und aussichtsreich.



Abb. 47: Schubverband mit Glattdecks-Ro/Ro-Schubeinheiten (beladen mit Schwergut)

(Weitere spezielle Schiffstypen) Wie schon im Zusammenhang mit Containern angesprochen, sind hochleistungsfähige Speziallösungen für spezielle, eng definierte Nachfragefälle technisch vorstellbar, wirtschaftlich jedoch nur bei hinreichender Nachfrage sinnvoll. Dies schließt nicht aus, dass in einzelnen Fällen ausreichende Märkte für bestimmte Güter mit speziellen Eigenschaften vorliegen können. Um ein aktuelles Beispiel zu nennen: In jüngster Zeit wurden sog. *Siloschiffe* für den Transport spezieller trockener Schüttgüter (Agrarprodukte wie z.B. Mehl, Zucker) gebaut, die mit geschlossenen pneumatischen Umschlagssystemen hoher Leistungsfähigkeit ausgestattet sind (**Abb. 48**).



Abb. 48: Silo-Motorschiff (für trockene Schüttgüter)

(Zwischen-Fazit) Ein gewisser Trend zu Spezialschiffen, als Ergänzung und Erweiterung zu bestehenden, sich ebenfalls weiter entwickelnden Vielzweckschiffen, ist in jüngerer Zeit erkennbar geworden und hat zu einer begrenzten Anzahl offenbar aussichtsreicher Lösungen geführt. Insgesamt erscheint es aber nicht ausgesprochen wahrscheinlich, dass sich die Typologie der Binnenschiffe in absehbarer Zukunft in Richtung auf eine noch größere Anzahl weiterer, eng definierter Spezialschiffe differenzieren wird. Somit kann von einem fortgeschrittenen typologischen Entwicklungsstand, einer in den Grundzügen stabilen, sich in Details noch weiterentwickelnden Typologie gesprochen werden.

5.1.2 Typologie / Vortriebstechnik

Über die Existenz konkurrierender Konzepte im Hinblick auf die Vortriebstechnik der Binnenschiffe ist schon wiederholt gesprochen worden. In der Tat ist es so, dass die Binnenschifffahrt je nach transporttechnischen, -organisatorischen und -wirtschaftlichen Anforderungen und Gegebenheiten, auch bedingt durch ihre historische Entwicklung, hier eine Bandbreite spezifischer Möglichkeiten anbietet, die nicht zuletzt auch dazu beitragen, die Binnenschifffahrt im Rahmen des Machbaren an die Restriktionen der Wasserstraßen anzupassen. Eine systematische Übersicht über diesen typologischen Aspekt ist daher an dieser Stelle angebracht.

(Historische Vortriebstechniken) Solange maschinelle Antriebstechniken nicht verfügbar waren – Zeitalter der Segelschiffe in der Seeschifffahrt –, bewegten sich Binnenschiffe mit der Strömung freifließender Flüsse, wurden vom Ufer her mit Menschen- oder Tierkraft getreidelt und, soweit möglich, gesegelt. Die Erfindung der Dampfmaschine führte interessanterweise nicht sofort zum selbstangetriebenen Fahrzeug, sondern hat die Schleppschifffahrt – von einem dampfgetriebenen Schlepper in größerer Anzahl gezogene unangetriebene Kähne – als lange Zeit, noch bis in die 50er Jahre, dominierende Technologie hervorgebracht. Sonderentwicklungen, wie die sog. „Kettenschifffahrt“ (Schlepper, die sich an einer auf dem Grund von Flüssen, z.B. der Elbe, verlegten Kette entlang ziehen) und eine maschi-

nelle, z.B. mit kleinen E-Lokomotiven betriebene Treideltechnik (z.B. Teltowkanal Berlin), spielten eine Zeitlang eine begrenzte Rolle. Aus vielen, hier nicht weiter zu vertiefenden Gründen haben diese Techniken aus heutiger Sicht nur noch historische Bedeutung.

Tab. 15: Bestand an Binnengüterschiffen in der Bundesrepublik Deutschland- Quelle: [13]

Stand 1. Jan.	Motorschiffe			Schubleichter/Kähne			Gesamtfrachtraum		
	Anzahl	t	v.H. ²⁾	kW	Anzahl	t	v.H. ²⁾	Anzahl t	
1936	.	326 000	6,9	101 568	.	4 392 000	93,1	.	4 718 000
1950	1 661	484 959	16,2	175 710	3 470	2 503 550	83,8	5 131	2 988 509
1955	2 706	1 141 772	30,1	447 202	3 618	2 652 198	69,9	6 324	3 793 970
1960	4 318	2 198 721	46,1	921 444	3 379	2 569 268	63,9	7 697	4 767 989
1965	5 554	3 249 726	65,1	1 352 583	2 058	1 745 761	34,9	7 612	4 995 487
1970	5 442	3 450 023	74,6	1 436 757	1 323	1 177 188	25,4	6 765	4 627 211
1975	4 061	3 307 712	76,7	1 414 228	876	1 004 476	23,3	4 937	4 312 188
1980	3 367	2 890 114	76,2	1 237 316	711	900 975	23,8	4 078	3 791 089
1985	2 697	2 579 558	78,3	1 107 155	525	715 909	21,7	3 222	3 295 467
1990	2 439	2 519 035	77,1	1 072 085	551	749 247	22,9	2 990	3 268 282
1991	2 207	2 336 894	76,5	997 350	516	719 029	23,5	2 723	3 055 923
1992	2 042	2 217 836	75,0	947 181	532	737 681	25,0	2 574	2 955 517
1993	2 118	2 266 227	67,9	960 300	1 209	1 072 882	32,1	3 327	3 339 145
1994	2 064	2 210 618	66,4	937 161	1 291	1 116 956	33,6	3 355	3 327 574
1995	1 973	2 133 362	65,8	902 966	1 312	1 108 348	34,2	3 285	3 241 710
1996	1 834	2 018 439	65,3	855 352	1 290	1 072 232	34,7	3 124	3 090 671
1997	1 756	1 954 727	64,7	833 660	1 277	1 064 418	35,3	3 033	3 019 145
1998	1 665	1 886 965	63,6	809 625	1 280	1 079 050	36,4	2 945	2 966 015

(Selbstfahrende Motorschiffe) Das mit Eigenantrieb versehene Binnenschiff – in der Regel Dieselmotor(en) in Verbindung mit Ein- oder Mehrschraubenantrieb – ist heute der am häufigsten anzutreffende Typus des europäischen Binnenschiffs (Stand und Entwicklung der Flotten in Deutschland siehe **Tab. 15**). Diese Konzeption ist sicherlich technologisch naheliegend und bietet eine Anzahl wichtiger betrieblicher Vorteile (siehe auch vorangehende Abb.):

- Darstellbarkeit angemessener, hinreichend hoher Schiffsgeschwindigkeiten und hinreichender Manövrierfähigkeit, auch unter ungünstigen Bedingungen, wie z.B. bei Einsatz auf freifließenden Flüssen mit höherer Strömungsgeschwindigkeit (z.B. Rhein, Elbe, Donau);
- Jederzeitige Verfügbarkeit des Antriebs und damit der Fortbewegungsmöglichkeit; insoweit effiziente, flexible Einsetzbarkeit von Fahrzeugen;
- Transporttechnik („Ladungsträgerteil“) und Fortbewegungstechnik („Antriebsteil“) als technisch zusammenhängende, homogene Einheit, z.B. im Hinblick auf betriebstechnische Handhabung, Wartung und Instandhaltung.

Andererseits zeigte es sich, dass das selbstangetriebene Binnenschiff in verschiedener Hinsicht an Grenzen seiner Leistungsfähigkeit stößt und gegenüber neueren Entwicklungen, die auf eine Trennung von Antrieb und Ladungsträger hinauslaufen (wie schon traditionell bei der Schleppschiffahrt), bestimmte Nachteile erkennen lässt:

- Begrenzte Steigerbarkeit von Fahrzeuggrößen, insbesondere von Fahrzeuglängen, angesichts tendentiell geringer Fahrzeughöhen (Problematik der Längsbiegefestigkeit der Schiffskörper);

- Begrenzte, nicht-maximale zeitliche Ausnutzbarkeit von Antriebssystemen aufgrund von Hafenliegezeiten der Fahrzeuge; insoweit gewisse wirtschaftliche Uneffizienz des Betriebs;
- Begrenzte Einsetzbarkeit bei extremen Flachwasserbedingungen wegen unvermeidlicher hydrodynamischer Wechselwirkungen zwischen Propellerantrieb und Fahrwasserbegrenzungen; d.h. Notwendigkeit hinreichenden Flottwassers, begrenzte Teilladungsfähigkeit aufgrund baulicher Gegebenheiten.

(Koppelverbandstechnik) Eine naheliegende und seit längerem genutzte Möglichkeit der Steigerung der quantitativen Leistungsfähigkeit der Binnenschifffahrt und der effizienten Einsetzbarkeit angetriebener Fahrzeuge besteht darin, dem selbstfahrenden Motorschiff eine gleichartige, gleichgroße, aber unangetriebene Einheit hinzuzufügen, die an dieses, je nach Fahrwasserbedingungen, seitlich nebeneinander oder der Länge nach voreinander gekoppelt wird. Wenn die dafür vorgesehenen Motorschiffe mit einer entsprechend höheren Antriebsleistung ausgestattet werden, ergeben sich so hinreichende Vortriebs- und Manövrierbedingungen, und es bietet sich Möglichkeiten einer interessanten Kapazitätssteigerung, Einsatzflexibilisierung (antriebsunabhängige Liegezeiten) und Transportkostensenkung (Koppeleinheiten nicht mit eigener Besatzung versehen, sondern von der, u.U. nur unterproportional zu vergrößern Motorschiffsbesatzung mitversorgt). Ein weiterer Vorteil liegt darin, dass die Koppeleinheit bei begrenzten Fahrwassertiefen graduell, um z.B. ca. 0,5 m, tiefer abgeladen werden kann als das Motorschiff selbst. Koppeleinheiten dieser Art sind in größerem Umfang als Tankschiffe, zunehmend auch als Container- und Ro/Ro-Einheiten verfügbar (siehe auch vorangehende Abb.). Typische Größen sind heute bzw. in absehbarer Zukunft:

- 70 – 80 m Länge, 9,00 – 9,50 m Breite, 2,50 – 2,80 m max. Tiefgang, Tragfähigkeiten ca. 1.000 – 2.000 t
- 105 – 110 m Länge, 11,40 m Breite, 2,80 m max. Tiefgang, Tragfähigkeit ca. 3.000 t

(Zweifach-Kopplung nebeneinander auf Rhein, Donau, Elbe; Zweifach-Kopplung der Länge ebenfalls dort, 2 x ca. 70 m z.B. schon heute nach Berlin, in Zukunft zulässige Gesamtlänge 185 m, d.h. z.B. max. 110 m + 75 m).

(Schubverbandstechnik) Eine im Prinzip gleichartige, im Detail noch weitergehende Implementierung der Trennung von Ladungstransport und Antrieb liegt darin, ausschließlich unangetriebene Ladungseinheiten (Schubeinheiten, Schubleichter) vorzusehen, die von speziellen Antriebseinheiten (Schubbooten) geschoben werden, dies insbesondere in Mehrfach-Kopplung der Breite und/oder der Länge nach. Technische und operative Vorteile dieser Technik lassen sich wie folgt zusammenfassen (siehe auch vorangehende Abb.):

- Flexible Darstellbarkeit jeweils im Einzelfall benötigter Kapazitäten, insbesondere auch sehr großer, anders nicht erreichbarer Kapazitäten bei entsprechend großen Bedarfsfällen, z.B. bei großen Massengutverkehren (keine Probleme der Längsfestigkeit großer Verbandslängen aufgrund längsbiegeweicher Kopplungstechnik); andererseits auch kleine Kapazitäten mit entsprechenden Einheiten flexibel darstellbar; Einsetzbarkeit klei-

- ner Einheiten auf kleinen Wasserstraßen (sinnvolle Untergrenze Wasserstraßenklasse III); Variabilität von Verbandsgrößen und –zusammensetzungen im Verlauf einer Reise;
- Größere Zahl spezieller Ladungseinheiten für spezielle Transportaufgaben wegen nicht für jede Einheit vorzusehendem Antrieb wirtschaftlich eher darstellbar als bei Motorschiffen; u.a. auch Bereitstellung sehr robuster, widerstandsfähiger Einheiten für entsprechende Anforderungen (z.B. Massenschüttgüter, Greiferumschlag; Einsatz der Schubverbandstechnik bisher stark auf diese Typen und Verkehre konzentriert);
- Für längerfristig fest determinierte Punkt-zu-Punkt-Verkehre (z.B. Massenguttransporte) erforderliche Anzahl an Antriebseinheiten geringer als erforderliche Anzahl an Ladungseinheiten (keine Wartezeiten für Antriebseinheiten); d.h. entsprechende Einsparung von Antriebseinheiten; auch bei weniger homogenen Verkehren Möglichkeit der Zwischenbeschäftigung von Antriebseinheiten während der Liegezeiten von Ladungseinheiten;
- Schubboote mit gegenüber Motorschiffen geringerer Besatzungsstärke betreibbar, d.h. entsprechende Senkung von Personalkosten (mit der Konsequenz entfallender Wartungsarbeiten bei den Schubeinheiten; gewisses typspezifisch erforderliches Minimum an M+R mit anderen Mitteln vorzusehen, entsprechende Kosten zu berücksichtigen);
- Schubeinheiten gegenüber Motorschiffen mit geringerem Flottwasser einsetzbar, d.h. tiefer abladbar (Schubboote operieren bei deutlich geringeren Tiefgängen als Motorschiffe, z.B. 1,0 – 0,8 m); aufgrund Formgebung und Bauweise ferner günstigeres Teilladungsverhalten, d.h. höhere Teiltragfähigkeiten bei niedrigen Teilladetiefgängen (z.B. bei Tiefgang 1,0 m noch ca. 30 - 36 % der Maximaltragfähigkeit, gegenüber ca. 10 - 20 % bei Motorschiffen, die bei diesem Tiefgang faktisch nicht mehr sinnvoll einsetzbar sind, sondern mindestens ca. 1,50 m benötigen, um auf ca. 40 – 45 % Tragfähigkeit zu kommen; **Abb. 27**).

Diesen deutlich erkennbaren Vorteilen stehen einige systemspezifische Schwächen oder Grenzen der sinnvollen Einsetzbarkeit der Schubverbandstechnik gegenüber:

- Aufgrund typspezifisch völliger Formgebung der Schubeinheiten sind mit rationellen Mitteln erreichbare Geschwindigkeiten tendentiell stärker begrenzt als bei Motorschiffen (Standard-Geschwindigkeit von 12 km/h in der Regel erreichbar; aber z.B. auf der Strecke Hamburg – Berlin, wie an anderer Stelle angesprochen, ca. 30 – 40 % längere Fahrt-dauer); Manövrierfähigkeit großer Schubverbände graduell schlechter als bei entsprechenden Motorschiffen (die u.a. auch den Vorteil von Bugstrahlrudern nutzen können); die Praxis bestätigt jedoch, dass Schubverbände von gut ausgebildeten und erfahrenen Schiffsführern mit hinreichender Sicherheit manövriert werden können;
- Wartung und Instandhaltung eines Motorschiffes durch seine Besatzung werden durch die homogene Einheit von Ladungsträger- und Antriebsteil begünstigt; demgegenüber ergeben sich für die abgetrennten Schubeinheiten in dieser Hinsicht gewisse Probleme (Identifizierung der Besatzung mit dem Schubboot, nicht aber mit den anonymen, ständig wechselnden Schubeinheiten; Betreten derselben durch die Besatzung u.U. sogar durch Aufsichtsorgane oder Gewerkschaften untersagt); hier bei zukünftig auch höherwertigen Einheiten noch nach gangbaren Lösungen zu suchen.

Nach dem Stand der Technik sind im wesentlichen Schubeinheiten für Vielzweck-Trockenladungs-nutzung (einschließlich Container), trockene Massenschüttgüter, flüssige Massen-

–
güter (Tankladungen), Schwergüter / großvolumige Güter (Decksstauung, auch Ro/Ro-Umschlag) verfügbar (siehe vorangehende Abb.).

Typische Einheitengrößen erstrecken sich von zu DDR-Zeiten konzipierten, in großen Stückzahlen gebauten und noch heute verfügbaren kleinen Leichtertypen über mittlere Größen bis zu großen Einheiten:

- 32,5 m x 8,2 m x max. 2,1 m, max. ca. 450 t
- 54,0 m x 11,0 m x max. 2,1 m, max. ca. 960 t
- 60,0 m x 9,5 m x max. 2,3 m, max. ca. 1.100 t
- 76,5 m x 11,4 m x max. 3,2 m, max. ca. 2.200 t

Hiermit steht bis auf weiteres eine hinreichend diversifizierte und flexibel verwendbare Größenpalette zur Verfügung. Größere Einheiten wären bei Bedarf darstellbar (z.B. bietet die nach Wasserstraßenklasse Vb maximal zulässige Verbandslänge von 185 m noch Spielraum bis zu einer Länge von ca. 80 m, eventuell in Verbindung mit einer Breitensteigerung auf ca. 11,5 m.

Insgesamt lässt sich feststellen, dass die Schubverbandstechnik – die in vergleichsweise großer Dimension zuerst für Massenguttransporte auf dem Rhein Fuß fasste und die in kleineren Dimensionen von der Binnenschifffahrt der ehemaligen DDR stark favorisiert und erfolgreich eingesetzt wurde – innerhalb der Typologie der deutschen Binnenschifffahrt einen bedeutenden, gegenüber den selbstfahrenden Flotte gleichrangigen Platz einnimmt und dass die Leistungsfähigkeit der Binnenschifffahrt hiermit in kennzeichnender Weise erweitert wird. Für die absehbare Zukunft ist zu vermuten, dass weder die Schubverbandstechnik noch die Motorschiffe ihre Bedeutung verlieren werden, sondern beide Technologien mit ihren systemspezifischen Vorteilen zur Verfügung stehen, wobei es nicht unwahrscheinlich erscheint, dass sich gerade die Schubverbandstechnik noch weiter entwickeln und in Richtung auf höhere transporttechnische Anforderungen diversifizieren wird.

5.1.3 Schiffsgeschwindigkeit

Den schon im Zusammenhang mit den physikalisch-technischen Wechselwirkungen zwischen Binnenschiff und Binnenwasserstraße getroffenen Feststellungen, wonach Fahrgeschwindigkeiten auf in ihren Abmessungen, insbesondere in ihrer Fahrwassertiefe begrenzten Wasserstraßen grundsätzlich Beschränkungen unterliegen und nur in engen Grenzen steigerbar sind, ist an dieser Stelle, aus der Sicht schiffstechnischer Innovationspotentiale, nichts Wesentliches hinzuzufügen.

Selbstfahrende Motorschiffe können nach Formgebung und Antriebstechnik ohne besondere Schwierigkeiten so konzipiert werden, dass Geschwindigkeiten oberhalb der Standardbeschränkung von 12 km/h, z.B. etwa bis zu einer Größenordnung von 20 km/h, dargestellt werden können. Schiffe, die auf den freifließenden Flüssen Rhein, Elbe und Donau einsetzbar sein sollen, müssen für die Fahrt gegen den Strom ohnehin so ausgelegt sein (z.B. für die Donau existierten in der Vergangenheit Schiffe mit spezieller Formgebung; für große moderne Binnenschiffe ist jedoch eher von einer universellen Einsetzbarkeit auf allen großen

– europäischen Wasserstraßen auszugehen; d.h. sie sollten und können über ein entsprechend großzügig bemessenes Geschwindigkeits- und Antriebsleistungspotential verfügen). Ungeachtet gewisser noch bestehender Möglichkeiten, Erscheinungen wie Wellenbildung, Absunk und Schäden durch Propellerabstrom graduell zu vermindern, wird dies Potential aber auf abmessungskritischen Wasserstraßen immer nur in sinnvollen Grenzen ausnutzbar sein.

Verschiedentlich wird auch davon gesprochen, dass kleinere Fahrzeuge mit höheren Geschwindigkeiten bestimmte attraktive Märkte höherwertiger Güter erschließen könnten. Nachteilige Wechselwirkungen mit, zumindest größeren, Wasserstraßen wären in diesem Fall weniger kritisch. Das Transportkostenniveau derartiger Schiffe wird aber unvermeidlich hoch sein; d.h. wünschenswerte, mit größeren Fahrzeugen erreichbare *Economies-of-Scale*-Effekte kämen nicht zum Tragen. Kleine schnellere Schiffe kämen also allenfalls für spezielle, quantitativ sehr beschränkte Marktsegmente in Frage und können aller Voraussicht nach keine für weitere Bereiche der zukünftigen Binnenschifffahrt wirtschaftlich sinnvolle Perspektive sein. Dies gilt insbesondere für auch propagierte sehr schnelle, z.B. auf Oberflächeneffekten basierende Fahrzeuge (Gleiteffekte, Luftkissen u.dergl.), mit denen vordergründig, aber nicht wirklich, auch Tiefgangsbeschränkungsprobleme lösbar erscheinen. Derartige Fahrzeugkonzepte kommen technisch wie wirtschaftlich allenfalls für regional begrenzte Fahrgastverkehre in Betracht (z.B. Gleit-Katamarane auf dem Bodensee oder der Unterelbe zwischen Hamburg und Stade).

Insbesondere auch für die Schubverbandstechnik sind, wie schon erwähnt, Möglichkeiten der Geschwindigkeitssteigerung eng begrenzt und im wesentlichen als ausgeschöpft zu betrachten. In der Auslegung von Schubbooten erscheint es sinnvoll, nicht unbedingt universelle Einsetzbarkeit zu verwirklichen, sondern Fahrzeuge mit spezieller Fluss- oder Kanaleignung vorzuhalten, wobei erstere ein entsprechend hohes Antriebsleistungsniveau haben und z.B. für einen Elbe-Einsatz sehr kleine Tiefgänge (z.B. ca. 0,80 m) angestrebt werden.

5.1.4 Antriebs- und Manövriertechnik

Nicht nur im Zusammenhang mit Geschwindigkeitsentwicklungen, sondern im Hinblick auf Wirtschaftlichkeit (Kosten), Sicherheit, Umweltfreundlichkeit (Ressourcenverbrauch, Schadstoffemissionen, Wasserverschmutzung) sind Innovationspotentiale der Binnenschifffahrt im Bereich der Antriebs- und Manövriertechnik von Bedeutung.

Im ganzen gesehen, hat die Antriebs- und Manövriertechnik von Schiffen, auch von Binnenschiffen, einen fortgeschrittenen Entwicklungsstand erreicht; tiefgreifende Innovationen, ganz neue Systemlösungen dürften in absehbarer Zukunft daher wenig wahrscheinlich sein. Dennoch sind im Detail Defizite, Weiterentwicklungsbedürfnisse, Verbesserungsmöglichkeiten erkennbar, die in der Summe zur Steigerung der Leistungsfähigkeit der Binnenschiffe nicht unwesentlich beitragen werden. Hierzu folgende Anmerkungen (gültig für Motorschiffe und sinngemäß für Schubboote):

- Fossile Brennstoffe (Mineralöle) als Energiebasis auf absehbare Zeit noch hinreichend verfügbar; Verbrennungskraftmaschinen somit weiterhin als leistungsfähigstes, zuverlässig-

-

- Schraubenpropeller als klassisches Propulsionsorgan für größere Binnenschiffe (ebenso wie für Seeschiffe) aufgrund hoher Effizienz und Zuverlässigkeit bis heute weithin dominierend (vorzugsweise Einschraubenantrieb; Zweischraubenantrieb, falls aufgrund Leistungsbedarf und Propellergrößenbeschränkung unvermeidlich; **Abb. 49**); Schaufelrad als historisches Vortriebsmittel trotz bestimmter Vorteile (gute Einsetzbarkeit bei sehr geringer Tauchung, gute Effizienz bei relativ niedrigen Geschwindigkeiten) heute weithin unüblich (für Fluss-Schubboote mit geringem Tiefgang in Betracht zu ziehen); Wasserstrahlantrieb („*Jet-Stream*“, „*Pump-Jet*“) als neueste Entwicklung, für geringe Tauchungen, unreine Gewässer, Zusatz-/Alternativantrieb oder Manövrierhilfe, trotz relativ ungünstiger Wirkungsgrade, in Frage kommend (Anordnung u.U. Vorschiff), als Hauptantrieb für größere frachttransportierende Schiff eher weniger geeignet;
- Konventionelle Heckpropeller- und Heckruderanordnung, in Verbindung mit Maschinenraumanordnung achtern, bis heute als Regelfall dominierend; sog. „*Ruderpropeller*“, d.h. Z-Antrieb mit schwenkbaren, somit auch als Steuerorgan wirkendem Propeller (Maschinenaufstellung im hinteren Decksbereich, d.h. Wegfall des herkömmlichen Maschinenraums; Wegfall herkömmlicher Ruderanlagen) als neueste Alternative mit interessanten vortriebs- und manövriertechnischen Vorteilen (vorzugsweise als Doppelanlage z.B. auch für besonders flachgehende Binnenschiffe vorgeschlagen; ROSSLAU [27]);
- Strömungstechnische Optimierung von Propulsionsorganen (besonders von Schraubenpropellern; mit dem Ziel von Wirkungsgradsteigerung und verbesserter Laufruhe, d.h.

- Vermeidung von Schwingungen und Geräuschen, unter allen vorkommenden Betriebsbedingungen) trotz fortgeschrittenen Standes in jüngster Zeit noch mit beachtlichen Erfolgen; weitere experimentelle und numerische Aktivitäten; HEINKE / SVA [36];
- Strömungstechnische Optimierung von Hinterschiffsformgebung (mit dem Ziel maximaler Propulsionseffizienz unter allen vorkommenden Betriebsbedingungen) ebenfalls mit neuen Ergebnissen und interessanten Verbesserungen (z.B. tunnelartige Gestaltung im Propellerbereich); weitere Aktivitäten (**Abb. 49**);
- Weitere bauliche Maßnahmen zur Propulsionsverbesserung teils in jüngerer Zeit eingeführt, teils noch in der Weiterentwicklung (z.B. düsenartige Ummantelung von Propellern, strömungsbeeinflussende Anbauten im Propellerbereich); [36];
- Laufende Weiterentwicklung der Verbrennungsabläufe von Marine-Dieselmotoren, bisher in erster Linie mit dem Ziel der Wirkungsgradverbesserung, jetzt, auch in Verbindung mit Abgasnachbehandlung, verstärkt abzielend auf Minimierung von Schadstoffemissionen (CO, S, NO_x, Ruß, andere Feinpartikel; auf dem Rhein Einführung von Vorschriften zur Emissionsbegrenzung in der Diskussion); SCHNEEMANN / MTU [37];
- Einleitung von Schadstoffen in das Wasser (veröltes Ballastwasser, Brennstoff, Öle, Schmutzwasser usw.) bereits auf niedrigem Stand; Aktivitäten zur weiteren Minimierung.

5.1.5 Technologien des Umschlags, der Stauung, Behandlung und Pflege der Ladungen

Neben der Bewegung des Transportmittels vom Herkunfts- zum Bestimmungsort sind weitere notwendige Faktoren eines einwandfreien, effizienten Gütertransports der Umschlag der Güter zum und vom Transportmittel, die Unterbringung oder „*Stauung*“ oder „*Trimmung*“ der Güter innerhalb des Transportmittels („*Stauung*“ Terminus des Stückgüter-, „*Trimmung*“ des Schüttgütertransports; nicht notwendigerweise direkter Bestandteil des Umschlags) und, soweit im Einzelfall erforderlich, die Pflege oder „*Behandlung*“ der Güter während des Transports zur Aufrechterhaltung des ordnungsgemäßen Zustandes der Güter und Vermeidung von Schäden, Verderb oder Verlust. Dies gilt im Prinzip für das Schiff, hier das Binnenschiff, ebenso wie für alle anderen Transportmittel. Der sachgerechte und effiziente Ablauf dieser Prozesse ist nicht allein Sache der Schiffe (z.B. Umschlag in vielen typischen Fällen mit landseitigen Mitteln); Funktionselemente des Schiffes (z.B. Laderäume und zugeordnete Hilfssysteme) sind jedoch in aller Regel beteiligt, und ihre sachgerechte Gestaltung ist eine notwendige und wesentliche Voraussetzung. Hierbei ist nach umschlagstechnisch relevanten Gütermerkmalen und entsprechenden Schiffstypen zu differenzieren.

(Umschlag) Es ist oft die Auffassung geäußert worden, dass der unzureichende Marktanteil der Binnenschifffahrt mit nicht hinreichender Umschlagseffizienz und mangelnder Einbindung in mehrgliedrige, multimodale Transportketten zu tun hat (an dieser Stelle ist anzumerken, dass Umschlag in jedem Fall erforderlich ist, auch wenn landseitige Vor- und Nachlauftransporte nur minimales Ausmaß haben, dass die Effizienz des Umschlags – d.h. Zeitbedarf, Kosten, Vermeidung von Schäden - aber sicherlich gesteigerte Bedeutung erlangt, wenn vor und/oder nach dem wasserseitigen Transport in größerem Ausmaß andere Verkehrsträger an der Kette beteiligt sind).

– Soweit Trockenladungen nach dem „*Lift-on/Lift-off*“-Prinzip, d.h. mit vertikalem Ladungsfluss, umgeschlagen werden, erfolgt der Umschlag heute in aller Regel mit landseitiger Technik (Hebezeuge, Stetigfördersysteme), d.h. setzt die Verfügbarkeit entsprechend ausgestatteter Häfen voraus. Schiffe mit bordseitiger Umschlagstechnik existieren z.Zt. nicht (um die Jahrhundertwende waren z.B. im Berliner Raum Schiffe mit frühen Formen bordseitiger Ladegeschrirre anzutreffen). Dies ist insoweit eine folgerichtige Entwicklung, als Umschlagssysteme in regelmäßig angelaufenen größeren Häfen weitaus effizienter konzipiert und genutzt werden können. In Sonderfällen, z.B. bei noch zu entwickelnden kleinteiligen Güterverkehren, etwa innerhalb urbaner Ballungszentren, mit einer Vielzahl kleinerer, umschlagstechnisch nicht hinreichend ausgestatteter Lade- und Löschplätze, kann sich ein Konzept kleinerer, mit leistungsfähiger bordseitiger Umschlagstechnik ausgestatteter Fahrzeuge als aussichtsreich erweisen. Lösungen mit modernen Hebezeugen mittlerer Hebefähigkeit (z.B. Container nicht mehr sinnvoll mit bordseitiger Technik umzuschlagen) und mit ausreichend niedriger Fixpunkthöhe (Brückendurchfahrtsproblematik zu beachten) erscheinen machbar und sind z.Zt. in der Diskussion; CATRIV [23]. (**Abb. 44**).

Umschlag nach dem „*Roll-on/Roll-off*“-Prinzip – ausgehend von dem, was hier schon zur Typologie des Ro/Ro-Schiffs gesagt wurde – erfordert aufgrund der herzustellenden physischen Verbindung von Schiff und Ufer ein unmittelbares zielgerichtetes Zusammenwirken von Schiff und Hafen. Hierfür steht eine spezielle Technologie bordseitiger und/oder uferseitiger Rampensysteme, u.U. in Verbindung mit uferseitigen Schwimmpontons, zur Verfügung, die von der Küstenschifffahrt entwickelt wurde und für die besonderen Bedingungen der Binnenschifffahrt (z.B. u.U. Berücksichtigung größerer Wasserstandsschwankungen) zu modifizieren ist, wofür Ansätze an Rhein und Donau bereits vorliegen (**Abb. 50**). Ro/Ro-Umschlag - soweit es sich hierbei nicht nur um selbstfahrende Ladungseinheiten handelt, sondern auch um solche, die mit mechanischen Mitteln fahrbar gemacht werden – erfordert zum anderen die Bereitstellung derartiger „*fahrbarer Untersätze*“, etwa in Gestalt von Tiefladern, LKW-Chassis, „*Roll-Flats*“ (wie in der Seeschifffahrt weit verbreitet) u.dergl. Hierin liegt eine logistische, den Rahmen des Schiffes überschreitende Problematik, auf die im Zusammenhang mit den Stichwort *Binnenhafen* noch einzugehen ist.

Der Umschlag flüssiger Massengüter erfolgt grundsätzlich per Rohrleitung und Pumpe; d.h. es wird eine feste Verbindung zwischen land- und bordseitigen Systemen hergestellt. Für das Beladen der Schiffe erforderliche Pumpen befinden sich an Land, als Bestandteil entsprechender Hafenanlagen. Das Entladen erfolgt aus zwingenden technischen Gründen (Pumpen aus Effizienzgründen im Druckbetrieb) mittels einer bordseitigen, auf das Tankkonzept des Schiffes abgestimmten Pumpenanlage (z.B. hydraulisch angetriebene Kreiselpumpen in zentraler oder dezentraler Anordnung, z.T. auch für Beladung eingesetzt).



Abb. 50: Binnenhafen Passau / Donau (mit Ro/Ro-Schiff, Ro/Ro-Umschlag)

(Umschlag / Stauung) Der Einfluss der Schiffe auf Umschlag und Stauung, hier zunächst wieder von Trockenladungen, konzentriert sich auf Zugänglichkeit, Form, sonstige stautechnische Beschaffenheit der Laderäume oder Ladebereiche (gegebenenfalls Unterdecks- und/oder Decksbeladung). Bei vertikal durch Lukenöffnungen zugänglichen Räumen (Lift-on/Lift-off-Umschlag) ist maximale Offenheit der Räume für alle Arten und Formen von Trockenladungen, zwecks Vermeidung horizontaler Sekundärbewegungen, von zentraler Bedeutung (Terminus „Offenes Schiff“, zuerst in der Seeschifffahrt geprägt; d.h. große absolute Lukenöffnungen, maximaler relativer Öffnungsgrad Lukenfläche / Laderaumgrundfläche, minimaler Unterstau, rechteckige Laderaumgrundrisse, senkrechte Laderaumseitenwände / Doppelhüllenbauweise). Die genannten Punkte sind faktisch Stand der Technik und bei modernen Binnenschiffen weithin anzutreffen; d.h. wesentliche Verbesserungen sind hier kaum noch möglich (**Abb. 43, 56, 57**).

Große Laderaumabmessungen, nach Möglichkeit ein einziger ungeteilt durchlaufender Laderaum, in Verbindung mit der Möglichkeit des Umschlags „in einem Zuge“, d.h. ohne mehrfaches örtliches Ansetzen wegen notwendiger Begrenzung der Längsbiegebeanspruchung, sind von besonderer Bedeutung bei homogenen Beladungen, z.B. mit Massenschüttgütern, Massenstückgütern, Containern, oder sinngemäß bei Ro/Ro-Ladung. Das so konzipierte Einraum-Schiff ist weitgehend Stand der Technik. Eine stärker diversifizierte Laderaumstruktur, d.h. ein höheres Maß an Laderaumunterteilung, kann stautechnisch vorteilhaft sein bei eher heterogenen Ladungsstrukturen (stärker diversifizierte Schüttgüter oder Stückgüter). Der sich hier ergebende Konflikt könnte eventuell durch nicht-ständige, mobile Unterteilungstechniken gelöst werden; hierzu liegen noch keine detaillierteren Konzepte vor. Auch partielle mobile Zwischendecks zwecks vertikaler Separierung kleinteiligerer Stückgüter sind vorstellbar.

Für die Stauung von Containern, wie schon bei der Erörterung der Schiffstypen und –größen angesprochen, sind darüber hinaus selbstverständlich containergerechte Raumabmessungen erforderlich (andernfalls nicht-maximale Raumausnutzung). Im Detail heißt dies z.B. nicht zu geringe Abstände zwischen den Containern, insbesondere in Querschiffsrichtung.

– Eine Stauung in Container-Führungszellen dürfte zu einer leichten Beschleunigung von Umschlag und Stauung führen, bedeutet aber andererseits Unflexibilität in der Stauung unterschiedlicher Containergrößen (allenfalls 2 x 20' in 40'-Zellen; Längen > 40', Breiten > 8' problematisch). Ausgeführte Lösungen sind im Ansatz vorhanden [25] (**Abb. 45**); bei Binnenschiffen, anders als bei Seeschiffen, liegen aber noch kaum Langzeiterfahrungen vor, so dass an Details der umschlags- und stautechnischen Optimierung noch zu arbeiten sein wird.

Sinngemäß ist Voraussetzung für die optimale Stauung von rollenden Ladungseinheiten, insbesondere solchen mit standardisierter Breite, die günstige Einteilbarkeit von Stauspuren über die Raumbreite.

Keine besonderen Aspekte ergeben sich für die „Stauung“ von flüssigen Massengütern, die naturgemäß quasi selbsttätig erfolgt. Zu beachten ist, dass bei der umgekehrten Prozessrichtung, d.h. beim Entladen der Tanks, durch konstruktive Gestaltung und günstige Rohrleitungsanordnung eine einwandfreie Resteentleerung erreicht wird.

Für die effiziente Entladung per Greifer im Fall trockener Massenschüttgüter kann sich eine nach unten wannenartig abgerundete Raumform, in Verbindung mit einer wegen schnellen Verschleißes leicht austauschbaren Konstruktion der Bodenwanne, als vorteilhaft erweisen; hierüber liegen Erfahrungen vor; eine Vielzweck-Eignung derartiger Räume besteht dann allerdings kaum.

(Ladungspflege / Ladungsbehandlung) Ein typisches, eher noch elementares Beispiel dafür, dass als Voraussetzung für die Transportierbarkeit anspruchsvollerer Güter bestimmte Faktoren an Transportqualität gegeben sein müssen, ist zuverlässige Dichtigkeit von Lukenabdeckungen zum Schutz feuchtigkeitsempfindlicher Güter. Geeignete, gleichzeitig auch komfortabel zu betätigende Deckelsysteme sind in Ansätzen verfügbar, aber noch nicht allgemein eingeführt (bisher Kostenproblem) und lassen noch Verbesserungsmöglichkeiten erkennen. Ein weiteres, in höherem Maße spezielle behandlingstechnische Maßnahmen erforderndes Beispiel sind Kühlgüter, die sich insbesondere in containerisierter Form zunehmend als binnenschiffsaffin erweisen könnten, wenn elektrische Versorgung und datentechnische Überwachung von Kühlcontainern vorgehalten werden, was mit verfügbaren technischen Mitteln ohne weiteres darstellbar erscheint (**Abb. 51**). Ein drittes, schon zum Stand der Technik gehörendes Beispiel ist die Beheizung von flüssigen Massengütern, zwecks Wahrung hinreichender Pumpfähigkeit, mit schiffsseitigen Mitteln.

Insgesamt lässt sich feststellen, dass die Bereitstellung umschlags- und stautechnisch günstiger und ein erhöhtes Maß an Ladungsbehandlungskomfort, ungeachtet eines hier überwiegend schon erreichten fortgeschrittenen Standes, sehr wohl noch als Bestandteil effizienz- und attraktivitätssteigernder Entwicklungsmaßnahmen zu sehen ist.

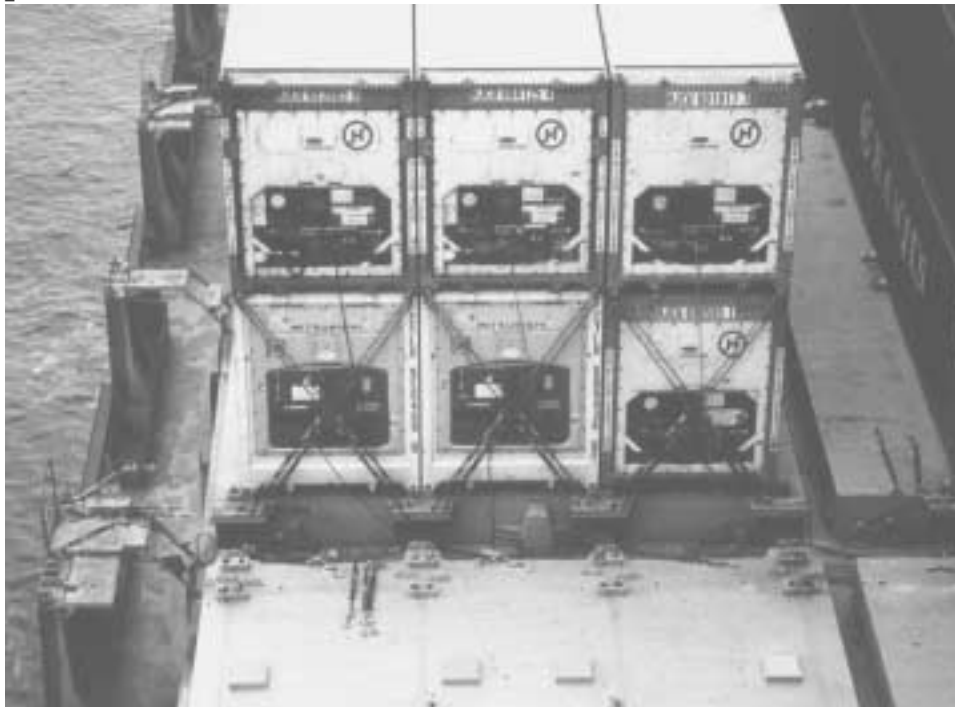


Abb. 51: Kühlcontainer (mit integriertem Kühlaggregat) an Bord eines Seeschiffes

5.1.6 Bauweise des Schiffskörpers

Hier geht es wieder verstärkt um Möglichkeiten, durch schiffstechnische Maßnahmen zu einer verbesserten Anpassung an beschränkte Wasserstraßenbedingungen zu gelangen. Das Stichwort „*Leichtbau*“, d.h. Senkung der spezifischen, z.B. auf die Tragfähigkeit bezogenen Eigenmasse, ist oft als Möglichkeit genannt worden, verstärkt flachgehende, für geringe Fahrwassertiefen geeignete Binnenschiffe zu konzipieren.

Im Bereich der Maschinenanlage ist Leichtbau in gewissem Maße durch Anhebung des Drehzahlniveaus möglich. Betont schnelllaufende Antriebsmaschinen bedeuten jedoch aller Erfahrung nach ein gesteigertes Risiko in Richtung auf abnehmende Zuverlässigkeit und Lebensdauer sowie erhöhte Brennstoffqualitäts- und Wartungsanforderungen und werden daher in der kommerziellen Schifffahrt im allgemeinen als weniger empfehlenswert eingeschätzt. Außerdem ist zu beachten, dass der Anteil der Maschinenanlage an der Gesamt-Leermasse ohnehin schon nicht besonders hoch ist, so dass auf diesem Wege eher wenig Effekt erreichbar ist.

Im Bereich des Schiffskörpers ist der erforderliche Masseaufwand eine Frage von Materialien und der Konstruktionsprinzipien. Leichtmetall (Aluminium), bei kleinen Fahrzeugen auch Holz und Kunststoffe, bieten im Prinzip gewisse Möglichkeiten einer Massereduzierung. So könnte der Rumpf eines großen Binnenschiffes bei ausschließlicher Verwendung von Aluminium nach vorsichtiger Schätzung vielleicht 20 - 30 % leichter ausfallen. Anlässlich neuerer Entwürfe, z.B. [27], ist diese Frage wiederholt intensiv untersucht worden. Das Ergebnis war stets sehr eindeutig, dass Aluminium wohl für kleinere, nicht-kommerziell betriebene Fahrzeuge (Polizeiboote, Aufsichtsfahrzeuge, Sportfahrzeuge u.dergl.) in Frage kommt (ebenso u.U. auch Holz oder Kunststoff), dass angesichts der robusten Anforderungen, der

–
rauen Betriebsbedingungen der kommerziellen Schifffahrt, auch im Hinblick auf einfache Reparierbarkeit, Aluminium keinesfalls zu empfehlen ist und praktisch nur Stahl, und hier auch nur robuste Stahlqualitäten, d.h. z.B. nicht extrem hochfester Stahl aufgrund problematischer Verarbeitungs-, Betriebs- und Reparatureigenschaften, geeignet erscheinen.

Auch die partielle Verwendung von Holz für bestimmte Teile von Binnenschiffsrümpfen ist vorgeschlagen worden, ausgehend von der Feststellung, dass insbesondere Schiffsböden sonst schon aus Stahl gebauter Schiffe noch längere Zeit gern aus Holz gefertigt worden. Hiermit war jedoch keine Masseinsparung verbunden. Die Gründe der Holzverwendung waren wohl eher in dem Wunsch nach einer glatten Innenfläche (Schiffe noch ohne Doppelboden) und nach einem leicht erneuerbaren Verschleißteil zu sehen. Bei heutigen Schiffsgößen und Festigkeitsbeanspruchungen wäre ein hölzerner Boden vermutlich gar nicht mehr darstellbar und würde übrigens auch nicht vereinbar sein mit der Anordnung eines aus verschiedenen Gründen vorteilhaften Doppelbodens.

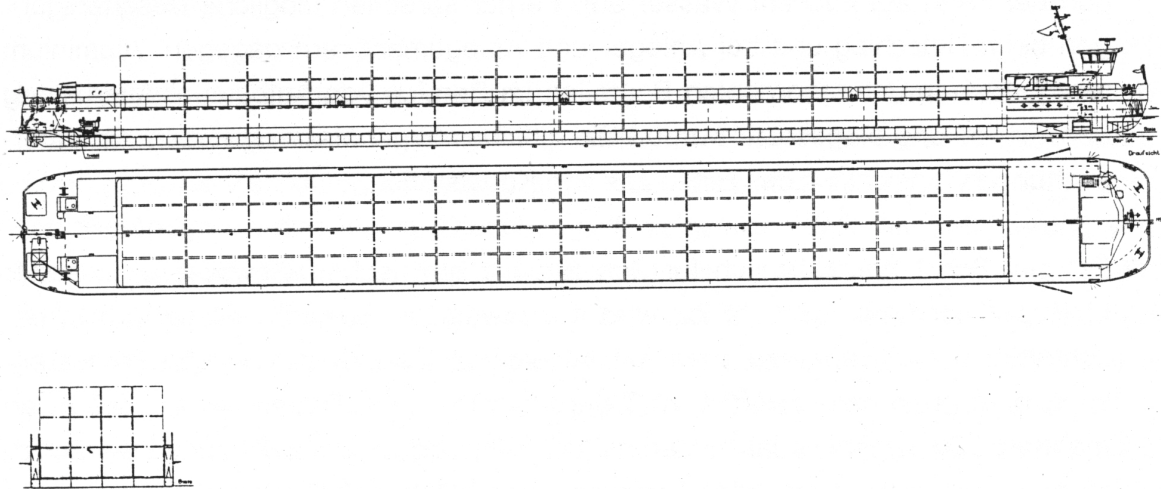
Gewisse, aber eher nur graduelle Leichtbaueffekte sind weiterhin zu erzielen durch weitestmögliche Materialausnutzung, unter Anwendung modernster Berechnungstechnik und material- und beanspruchungsgerechter Konstruktionsprinzipien (z.B. wirksamste Möglichkeiten der Aussteifung dünnwandiger Flächen), auch unter noch verstärkter Heranziehung des Know-Hows von Schiffsklassifikationsgesellschaften.

Insgesamt ist hier aber die Frage zu erörtern, welches Maß an Tiefgangsentlastung – oder Tragfähigkeitssteigerung bei einem bestimmten, beschränkten Tiefgang – bei einem frachttransportierenden Schiff mit den Mitteln des Leichtbaus erreicht werden kann. Hierzu einige repräsentative Beispiele anhand älterer und jüngerer Schiffe oder Schiffsentwürfe:

(a) Eine Serie von in den Jahren 1986-88 gebauten Vielzweck-Motorschiffen (Länge 80 m, Breite 9,0 m) hat bei einem maximalen Tiefgang von ca. 2,4 m eine Tragfähigkeit von ca. 1.080 t und eine Leermasse von ca. 450 t („relativer Bauaufwand“ = Leermasse / Tragfähigkeit = ca. 0,42). Derselbe Entwurf könnte mit heutigen Mitteln in seiner Leermasse vermutlich um ca. 11 % auf ca. 400 t gesenkt werden. Die Tragfähigkeit würde bei gleichem Tiefgang auf ca. 1.130 t (= + ca. 5 %) ansteigen, und der relative Bauaufwand würde auf ca. 0,35 (= - ca. 15 %) absinken. Bei konstant gehaltener Tragfähigkeit würde der maximale Tiefgang um ca. 0,08 m (= ca. - 4 %) abnehmen.

(b) Ein moderner, als „*flachgehendes Vielzweck-Motorschiff für die Elbe*“ – ROSSLAU [27] - konzipierter Entwurf (Länge 110 m, Breite 11,45 m) hat bei einem Tiefgang von 1,40 m eine Tragfähigkeit von ca. 960 t und bei einem als Maximaltiefgang bezeichneten Tiefgang von 2,00 m eine Tragfähigkeit von ca. 1.690 t (**Abb. 52**). Als Leermasse werden ca. 660 t genannt (d.h. relativer Bauaufwand = ca. 0,39). Es kann davon ausgegangen werden, dass hier real bestehende Leichtbaumöglichkeiten in weitgehendem Ausmaß in Betracht gezogen wurden, so dass weitere Erleichterungen z.Zt. kaum möglich sein dürften. Wenn man annimmt, dass ein älterer, konservativerer Entwurf zu einer um ca. 12 % höheren Leermasse geführt hätte (= ca. 740 t), so würde dies die maximale Tragfähigkeit, bei gleichem Tiefgang, auf ca. 1.610 t (= - ca. 5 %) vermindern; der oben definierte relative Bauaufwand würde auf ca. 0,46 (= + ca. 18 %) ansteigen (ein Baukostenvergleich ist

problematisch; es kann aber angenommen werden, dass der neuere Entwurf nicht zu niedrigeren Baukosten führt; allgemein ist anzumerken, dass sich Leichtbau im Schiffbau in aller Regel nicht baukostensenkend auswirkt, sondern dass sich Materialeinsparungen und Steigerungen mengenabhängiger Kosten häufig etwa aufheben).



Länge über alles	110,00 m
Breite über alles	11,45 m
Konstruktionstiefgang	1,40 m
Leertiefgang	< 0,70 m
Maximaler Tiefgang	2,00 m
Fixpunkthöhe über Max-WL	5,25 m

Abb. 52: Entwurf eines flachgehenden Vielzweck-Motorgüterschiffs

Das besondere Merkmal dieses Entwurfs ist aber insbesondere sein zugrundegelegter geringer Maximaltiefgang. Dasselbe Schiff könnte, bei geringfügigen konstruktiven Änderungen und einer auf vielleicht ca. 760 t gesteigerten Leermasse, bei einem maximalen Tiefgang von 3,00 m eine maximale Tragfähigkeit von ca. 2.800 t erreichen (= + ca. 65 %; relativer Bauaufwand = ca. 0,27 = – ca. 30 %). Wenn man hier ebenfalls von einem konservativeren Konstruktionsansatz ausgeht (d.h. Leermasse = ca. 860 t = ca. + 13 %), vermindert sich die Tragfähigkeit auf ca. 2.700 t (= ca. – 4 %), und der relative Bauaufwand erhöht sich auf ca. 0,32 (= + ca. 18 %).

Hieraus ist verallgemeinernd zu folgern, dass die Auswirkungen von Leichtbaumaßnahmen auf Tragfähigkeit (bzw. auf Tiefgangsverminderung) und relativen baulichen Aufwand wohl von erkennbarer, mehr als nur marginaler, dennoch aber von begrenzter Größenordnung sind, dass sich hiermit somit nachhaltige Tiefgangssteigerungen, so sie denn möglich sind, und ihre Tragfähigkeits- und Aufwandsauswirkungen nicht kompensieren lassen, dass vielmehr die weitgehende Ausnutzung schiffsspezifisch möglicher Tiefgänge die weitaus effektivere Maßnahme zur Effizienzsteigerung darstellt (bei dem gewählten Beispiel ist der dort

– gesetzte Maximaltieftgang von 2,00 m selbstverständlich technisch machbar, nutzt aber die Möglichkeiten dieses Schiffes bei weitem nicht aus).

Darüber hinaus ist nochmals zu betonen, dass bei notwendigerweise so robusten Systemen wie frachttransportierenden Schiffen aus vielfältigen betriebstechnischen Gründen (globale und örtliche Beanspruchungen, Schäden, Reparatur, Sicherheit, Lebensdauer usw.) Leichtbau nur in einem vernünftigen Ausmaß, in einem wohlverstandenen Sinn in Frage kommt. Extremer Leichtbau würde sich nach Auffassung vieler Fachleute für die Sicherheit, Zuverlässigkeit und Wirtschaftlichkeit des Schiffsbetriebs äußerst nachteilig auswirken.

5.1.7 Wintereinsetzbarkeit von Binnenschiffen

Binnenschifffahrt wird in kalten Regionen – auch in Deutschland, im Osten mehr als im Westen - durch winterliche Eisbildung – Treibeis, Packeis, Festeis - behindert und hierdurch in ihrer Marktattraktivität negativ beeinflusst. Dies betrifft die Fahrfähigkeit der Schiffe auf den betreffenden Gewässern und vor allem auch die Passierbarkeit von Schleusen und Hebewerken. In den letzten Jahren, die mehrere stärkere Eiswinter mit sich brachten, ergaben sich Ausfallzeiten von einigen Wochen (**Abb. 53**).



Abb. 53: Tank-Motorschiff in starkem Treibeis

Die Einsetzbarkeit der Fahrzeuge bei Eisbildung kann durch eisverstärkte Bauweise, angepasste Formgebung und verstärkte Auslegung von Antriebs- und Manövrierorganen erweitert werden. Dem sind in technischer und Kostenhinsicht relativ enge Grenzen gesetzt; d.h. ein Fahren in stärkerem Festeis kommt in der Regel nicht in Frage. Graduelle Verbesserungen sind hier vielleicht noch denkbar.

Das klassische Mittel zur winterlichen Befahrbarkeit von Binnenwasserstraßen ist der Einsatz von Eisbrechern, die von der Wasserstraßenverwaltung vorgehalten werden, und u.U. ein Fahren in Konvois unter Eisbrecherführung. Bei guter Organisation ist hiermit ein Winterbetrieb in unseren Breiten relativ lange machbar. Von Schiffsbetreibern wird der damit

verbundene Kostenfaktor geltend gemacht und ist im Einzelfall zu prüfen. Aus Markterhaltungsgründen sollte innerhalb vernünftiger Grenzen ein Winterbetrieb angeboten werden. In der technischen Wirksamkeit und organisatorischen Einsatzplanung von Eisbrechern sind mögliche Verbesserungen in der Diskussion und sollten zielgerichtet weiter verfolgt werden (in Norddeutschland ein Versuchseisbrecher mit neuartiger Technologie in der Erprobung; ein Neubau für die Oder vorgesehen).

Kritisch wird auch die Vereisung und damit Unbenutzbarkeit von Schleusen. Beheizbarkeit ist verschiedentlich von einem theoretischen Standpunkt aus erörtert worden, dürfte nach Auskunft von Fachleuten wegen des außerordentlich hohen technischen und finanziellen Aufwandes aber nicht ernsthaft in Frage kommen. In der Anwendung sind sog. Luft-Sprudelanlagen vor den Schleusentoren, mit denen, neben anderen Effekten, schwere Eisbildung vermindert wird.

5.1.8 Personalkonzepte / Automation des Schiffsbetriebs

In der Schifffahrt, zunächst vor allem in der Seeschifffahrt (Projekt „*Schiff der Zukunft*“ der deutschen Schifffahrts- und Schiffbauindustrie in den 80er Jahren), ist seit einiger Zeit eine deutliche Tendenz erkennbar, manuellen Arbeitseinsatz durch gezielten Einsatz spezieller EDV-gestützter Automationstechnik zu ersetzen (Fernsteuerung, automatische Regelung, Fernüberwachung, Selbstüberwachung von Haupt- und Hilfsmaschinen, Datenerfassung, schiffsinterne Informationstechnik usw.). Hiermit wird einerseits das Ziel verfolgt, Arbeitskräfte einzusparen, Schiffsbesatzungen zu verkleinern, Personal- und Instandhaltungskosten zu senken (z.B. „*12-Mann-Konzept*“ für große Seeschiffe). Andererseits wird hierin aber auch ein Weg gesehen, Sicherheit, Zuverlässigkeit, Wartungsarmut, Langlebigkeit der Systeme und damit der Schiffe insgesamt zu verbessern, letztlich zu verstärkter Wettbewerbsfähigkeit beizutragen. Diese Möglichkeiten bestehen, wenn auch in kleinerem Maßstab, ebenso für die Binnenschifffahrt. Diesbezügliche F+E-Vorhaben sind durchgeführt worden - GROßMANN [28] -, und Ansätze einer Einführung von Automationskonzepten auf großen modernen Binnenschiffen liegen vor. Sie lassen sich z.B. in EDV- und satellitengestützte Flottenmanagementsysteme integrieren, bei denen Betriebsdaten der Schiffe ständig von der Betreiberzentrale abgerufen und überwacht werden können und die ihrerseits Bestandteil umfassender Informations- und Kommunikationssysteme sind (hierauf wird unter 5.3 zusammenhängend eingegangen werden).

Die Frage, ob sich derartige Konzepte weitgehender Automation und Personalreduzierung als langfristig zuverlässig und wirtschaftlich erweisen werden (erheblicher Mehraufwand für entsprechende Technologie) dürfte heute noch nicht abschließend zu beantworten sein. Vorläufig sollte man sich für eine wohlverstandene Automation in vernünftigem, erprobtem Ausmaß aussprechen, zumal die Möglichkeiten der Personaleinsparung beim Binnenschiff grundsätzlich begrenzt sind (modernes großes Schiff heute in der Regel mit zwei Mann gefahren; dies realistischerweise wohl nicht mehr zu unterschreiten).

5.2 LOGISTISCHES ENTWICKLUNGSPOTENTIAL

5.2.1 Neue binnenschifffahrtsaffine Güterpotentiale und Logistik-Ketten

Wie schon vorangehend dargestellt, verfügt die moderne Binnenschifffahrt über Innovationspotentiale, um nicht nur klassisch binnenschifffahrtsorientierte Güter, sondern auch neue Güter, bei denen eine Affinität zur Binnenschifffahrt erkennbar wird, auf sichere und rationelle Weise umzuschlagen und zu transportieren (ersteres, soweit von ihr selbst zu vertreten; Schnittstellenproblematik noch zu vertiefen). Es sind dies, wie festgestellt, im wesentlichen moderne Massengüter (-stückgüter und -schüttgüter), Güter in Containern und sonstigen standardisierten Transporteinheiten, rollende Güter, Schwergüter und großvolumige Güter.

Nach heutigem Verständnis erschöpfen sich Dienstleistungen im Verkehrsbereich aber nicht mehr in Transport im engeren Sinn. Die Durchführung von Transporten geht auf und wird ein untergeordnetes Element in dem umfassenderen Komplex „Logistik“ (nach aktuellem Begriffsverständnis ist dies die Summe aller technisch-organisatorischen Maßnahmen, die mit der Ortsveränderung von Materialien, Daten, Informationen zusammenhängen). Traditionelle Anbieter von Transport befinden sich in einem, mehr oder weniger weit fortgeschrittenen, Umstrukturierungsprozess zu umfassend orientierten „Logistik-Anbietern“. Wesentliche Faktoren sind hierbei zum einen, wie oben angedeutet, die Übernahme *aller* relevanten Tätigkeiten und Verantwortlichkeiten, zum andern aber vor allem die Abdeckung der gesamten sich jeweils ergebenden, auch multimodalen Transportkette, so dass die Gesamtheit der Transportabwicklung aus einer Hand angeboten wird und in einer Hand liegt. („Integrierte Transportketten“, „Haus/Haus-Verkehre“, unter Benutzung „intermodaler“ Transportmittel, mit Einbindung relevanter Schnittstellen). Da in vielen Fällen ausgedehnter er Transportketten, insbesondere im Außenhandel, Seetransporte beteiligt sind, sind von der Seeschifffahrt, z.B. der modernen Container-Linienschifffahrt, wichtige Initiativen in dieser Richtung ausgegangen, und die Seeschifffahrt hat sich eine starke Position in der Realisierung moderner Verkehrslogistik geschaffen („Reedereien als Anbieter logistischer Dienstleistungen“, BARTHEL / TUB [29]).

Im Zuge dieser Entwicklungen wurde bald die Frage aufgeworfen, ob auch die Binnenschifffahrt in der Lage sein würde, sich in eine so angestrebte Rationalisierung des Güterverkehrs einzubringen und sich an der Akquirierung und Durchführung integrierter Transportketten zu beteiligen. Zum Teil, ausgehend von tradierten Einschätzungen, wurde dies in Zweifel gezogen, von anderen wurde jedoch die positive Erwartung ausgesprochen, dass eine sich weiterentwickelnde, in ihrer Effizienz und Flexibilität gesteigerte Binnenschifffahrt sehr wohl in der Lage sein müsste, als moderner logistischer Dienstleister aufzutreten und wasserseitige Transporte innerhalb multimodaler Transportketten oder Logistik-Ketten verstärkt zum Zuge kommen zu lassen und in diese integrativ einzubinden; Eichler [30].

Als wesentliche Voraussetzungen für eine diesbezügliche Integrationsfähigkeit der Binnenschifffahrt müssten genannt werden:

- Hohe, breit angelegte, auf relevante Güterarten und –formen konzentrierte transport-technologische Leistungsfähigkeit
- Hinreichende effektive Transportgeschwindigkeit
- Hohe terminliche Zuverlässigkeit und Planbarkeit

- Fähigkeit zur Kooperation mit vor- und nachgeschalteten Schnittstellen und Landverkehrsträgern
- Niedrige Transportkosten (geringe Kostenbelastung der Gesamtkette)
- Zielgerichtetes Marketing, effektive Selbstdarstellung

Nach allen vorangehenden Ausführungen kann der zuerst genannte Punkt zweifelsfrei als zum großen Teil bereits gegeben und sich mit hinreichender Intensität weiterentwickelnd angenommen werden. Ebenso erweist es sich zunehmend, etwa am Beispiel der Containerschifffahrt auf dem Rhein, dass die auf Binnengewässern mit effektivem Schiffs- und Wasserstraßenmanagement erreichbare und de facto erreichte Transportgeschwindigkeit in einer großen Zahl von Bedarfsfällen ausreicht und mit an Land erreichten Geschwindigkeiten durchaus wettbewerbsfähig ist (z.B. auch u.U. erhebliche Zeitgewinne an Grenzübergängen zu beachten). Wesentlich ist aber vor allem, dass auch bei mäßigen, auf dem Wasser vorteilhaft darstellbaren Geschwindigkeiten in aller Regel (von seltenen extremen Störungen abgesehen) eine hohe terminliche Zuverlässigkeit und damit für den Verlader eine zuverlässige, z.B. für „Just-in-Time“-Belieferungen erforderliche Planbarkeit von Abfahrten und Ankünften erreicht wird. Dies ist heute durchaus auch schon für Massenguttransporte von Bedeutung.

Wenn man die oft geforderte und nicht selten angezweifelte Kooperationsfähigkeit auf konkrete Sachfragen zu reduzieren versucht, so sind dies im wesentlichen (a) Umschlag und (b) Intermodalität der Güterformen:

(a) Wie gezeigt werden konnte, ist die Schifffahrt selbst in der Lage, alle heute in absehbarer Zukunft vorkommenden Arten und Formen von Gütern in effizienter und sicherer Weise umzuschlagen, dies u.U. auch mit bordeigener Technik. Eine wesentliche Rolle kommt hierbei dem Binnenhafen zu, der selbstverständlich Bestandteil des Gesamtsystems ist und auf den anschließend noch näher einzugehen sein wird.

(b) Eine Integration von multimodalen Transportketten setzt voraus, dass zu transportierende Güter auf allen beteiligten Verkehrsträgern ähnlich effizient transportierbar und – auch dies ist sehr wichtig - zwischen den Verkehrsträgern effizient umschlagbar sein müssen. Der Terminus „*intermodales Transportmittel*“ ist im besonderen für den Container geprägt worden, lässt sich aber sinngemäß auf alle Güterformen verallgemeinern; d.h. von jeder Güterform ist ein gewisses Maß an Intermodalität zu fordern. Die Binnenschifffahrt hat bereits klar nachgewiesen, dass sie in der Lage ist, alle jenen Güterformen zu transportieren, bei denen landseitige Transportphasen in typischer Weise vorkommen und die Effizienz des Transports stark von der Funktionsfähigkeit der gesamten Kette abhängt (das sind im wesentlichen Container, bestimmte Bereiche von Massenstückgütern und Massenschüttgütern, Fahrzeuge / rollende Güter, z.T. auch Schwergüter / großvolumige Güter). Insoweit ist die Binnenschifffahrt kooperationsfähig und sicherlich auch kooperationsbereit. Eine in diesem Zusammenhang interessante Frage ist es, wer Entscheidungen über transportrelevante Güterformen zu treffen hat, wer hier Initiativen ergreift und wie die diesbezügliche Kooperation funktioniert. Die Rolle der Verlader und die Notwendigkeit der Zusammenarbeit zwischen Verlader und Carrier sind hier hervorzuheben; die Seeschifffahrt hat aber bewiesen, dass hier Initiativen vom Wassertransport ausgehen können und ausgehen sollten.

5.2.2 Rolle der Binnenhäfen als Logistikzentren

Stand und Entwicklung der Binnenhäfen stellen ein umfangreiches eigenständiges Thema dar. Eine umfassende Strukturanalyse kann hier nicht geleistet werden; eine kurzgefasste Würdigung ihrer Funktion und Bedeutung als Schnittstellen innerhalb des Systems Binnenschifffahrt ist im Rahmen dieser Ausführungen offenbar aber notwendig.

Ungeachtet mancher aktueller diversifizierender Entwicklungen ist die Primär- oder Basisfunktion des Binnenhafens der Güterumschlag von Land nach Wasser und umgekehrt, d.h. das Beladen und Entladen der Schiffe. Unmittelbar zugeordnet sind Zwischenlagerfunktionen und zur Vorbereitung eines Wasser- oder Landtransports unmittelbar notwendige Tätigkeiten (z.B. Umwandlung von losem Massenschüttgut in Sackgut oder umgekehrt).

Standardkonzept von Binnenhäfen war bisher, mehr oder weniger, Ausstattung mit spezieller Umschlagstechnik für Massenschüttgüter und flüssige Massengüter sowie mit *Vielzwecktechnik* (Drehkräne o.ä.) für Stückgüter (bei sehr kleinen Häfen u.U. auch nur Vielzwecktechnik für alle Trockengüter). Im traditionellen Massengutbereich liegt ein im ganzen gesehen fortgeschrittener Entwicklungsstand vor, der tiefgreifende Neuentwicklungen in absehbarer Zukunft eher nicht erwarten lässt (z.B. Greiferbrücken in Verbindung mit Lagerhalden für Eisenerz, Kohle, Metallschrott, Baurohstoffe u.dergl., Siloanlagen mit pneumatischen Stetigförderanlagen für Getreide und Getreideprodukte; **Abb. 54, 55, 56**). In Einzelfällen mag es erforderlich sein, die Ausstattung von Häfen im Massengutbereich noch zu verbessern oder zu erweitern.



Abb. 54: Binnenhafen mit Umschlag von Massenschüttgütern



**Abb. 55: Anlegestelle mit pneumatischer Kalk-Entladeanlage und Silo
(Kraftwerk Berlin-Charlottenburg)**



Abb. 56: Binnenhafen mit Schwergutumschlag (Berlin / Westhafen)



Abb. 57: Binnen-Container-Terminal

Spezielle, hochleistungsfähige Umschlagstechnik für standardisierte Stückgüter, insbesondere für Container und bestimmte Massengüter (z.B. Rotationspapier, sonstige Holzprodukte, Stahl/Eisen/Metall-Halbzeuge und –Rohprodukte) sowie Abfertigungstechnik für Fahrzeuge und rollende Güter sind, nicht zuletzt aufgrund vorangehender Entwicklungen in den Seehäfen, in großem Umfang verfügbar, gegebenenfalls unter Anpassung an die kleineren Dimensionen und besonderen Bedingungen des Binnenhafens, und befindet sich in einer noch nicht weit fortgeschrittenen Phase der Einführung (im Bereich der Rhein- und Donauhäfen z.B. bereits eine Anzahl von Containerterminals und Ro/Ro-Abfertigungsanlagen vorhanden; **Abb. 50, 57**). Wenn hier ein hohes Niveau an technischer und wirtschaftlicher Effizienz anzustreben ist, wird die Ausstattung mit spezieller Umschlagstechnik von einer gewissen quantitativen Größenordnung an zwingend. Häfen sollten hier vermutlich in gewissem Maße eine angebotsorientierte Entwicklungspolitik betreiben und sich nicht nur rein nachfrageorientiert verhalten, um Anreize für eine sich abzeichnende, aus verschiedenen Gründen gesamtwirtschaftlich wünschenswert erscheinende Entwicklung zu geben. Abhängig von ihrem unternehmerischen Status, stellt sich dabei allerdings die kurzfristig

– nicht leicht zu beantwortende Frage nach der einzelwirtschaftlichen Rechtfertigung von Investitionen.

Bedeutende Faktoren der technologischen Weiterentwicklung der Binnenhäfen sind organisatorische Abläufe (reibungslose Abfertigung der Schiffe, Vermeidung von Wartezeiten, u.U. 24 h / 7 Tage – Betrieb, EDV-gestützte Dokumentation, modernes Marketing usw.). Die Intensivierung der Kommunikation zwischen Häfen und Schiffsbetreibern kann ebenfalls ein Teilaspekt eines bei letzteren bestehenden Flottenmanagementsystems sein (siehe 5.3).

Ein aussichtsreicher Weg, angesichts der fortschreitenden Rationalisierung des Güterumschlags die Beschäftigungsbasis von Binnenhäfen zu erweitern und damit die wirtschaftlichen Perspektiven zu verbessern und gleichzeitig zur Stärkung der Leistungsfähigkeit und Marktchancen des Gesamtsystems Binnenschifffahrt beizutragen – auch hier Parallelen zur Seehafenentwicklung erkennbar – wird heute darin gesehen, ein erweitertes Spektrum logistischer Dienstleistungen im Umfeld der umgeschlagenen Güter anzubieten, auch mit dem Ziel der weiteren „Veredelung“ der Güter, traditionelle Häfen somit zu Güterverkehrszentren oder logistischen Zentren weiterzuentwickeln (die Tendenz zur Errichtung derartiger Zentren verläuft z.T. auch in umgekehrter Folge; d.h. es werden z.B. in der Peripherie urbaner Regionen Zentren geplant, für die aufgrund einer möglichen Wasserlage eine Erweiterung um einen Hafenanteil, d.h. die Konzeption eines „trimodalen“ Zentrums – Schienen-, Straßen- und Wasserstraßenanschluss – in Frage kommt; z.B. GVZ Wustermark/ Havelkanal im Berliner Umland; **Abb. 58**).



Abb. 58: Trimodales Güterverkehrszentrum (Wustermark / Havel-Kanal)

Ein spezielles, im Hinblick auf volkswirtschaftliche Relevanz, Sicherheit, Umweltschutz bedeutendes Beispiel, das an dieser Stelle unter dem Stichwort *Häfen* angesprochen werden sollte, ebenso aber auch unter die Kategorie *Logistik-Kette* fällt, ist der Tankschiffhafen mit Tanklager für Umschlag, Einlagerung und Weiterversand von Mineralölprodukten – im wesentlichen Vergaser- und Dieselkraftstoffe - und Chemikalien (z.B. petrochemische Produkte wie Benzol, Styrol, Methanol, Naphta u.dergl.) (**Abb. 59, 60**). Transportketten stellen sich hier so dar, dass z.B. die genannten flüssigen Brennstoffe von Raffineriezentren wie z.B. Rotterdam, Hamburg, Leuna in größeren Mengen auf dem Wasserweg mit Tankschiffen zu Verteilungszentren, wie z.B. Magdeburg oder Berlin, transportiert und von dort per Tank-LKW oder Tank-Schienenfahrzeug (Kesselwagen) innerhalb einer Verbraucherregion, z.B. etwa in einem Umkreis von ca. 100 km, verteilt werden (Größenordnung z.B. 1 Mio t p.a. pro Anlage). Eine Zwischenlagerung in Lagertanks ist hierzu erforderlich. Bei Chemikalien werden vor- oder nachgeschaltete Bahntransporte auch ohne Zwischenlagerung angeschlossen; d.h. es erfolgt ein Direktumschlag zwischen Kesselwagen und Tankschiff und umgekehrt (**Abb. 61**). Für den Umschlag von und zum Schiff, von und zum Lagertank, von und zum Kesselwagen und zum LKW steht eine spezielle, hochentwickelte, hocheffiziente Technik bereit (**Abb. 62**). Aufgrund der hohen Gefährlichkeit und Umwelt-Unverträglichkeit der umgeschlagenen Produkte ist ein Komplex strenger Sicherheitsvorschriften zu berücksichtigen und ein außerordentlich hoher Sicherheitsstandard zu wahren; DETTMER [20].



Abb. 59: Binnen-Tankschiffhafen mit Tanklager (Magdeburg / Elbe)

Eine Umstrukturierung von Binnenhäfen im Sinne von Verkehrszentren wird vermutlich für eine begrenzte Anzahl größerer Hafenplätze an hervorgehobenen Standorten in Frage kommen (so z.B. in und um Berlin). Ausgehend von dem Beispiel Berlin, ließe sich auch noch die Frage erörtern, ob in Deutschland, angesichts des vorhandenen, sich in bestimmter Weise weiterentwickelnden Binnenwasserstraßennetzes, eine angemessene, regional sinnvoll verteilte Anzahl von Binnenhäfen verfügbar ist. Im ganzen gesehen, dürfte dies zu bejahen sein. In Einzelfällen ist jedoch auch ein Bedarf nach neuen, zukunftsfähigen Hafeneinrichtungen erkennbar (z.B. Westhafen langfristig als zentraler Hafenstandort für Berlin fraglich, Osthafen schon mittelfristig ungeeignet, Planungsdefizit in Bezug auf neuen

– Standort) oder es sind aufgrund Hinterland aussichtsreich erscheinende Standorte wegen anderer Geländeplanungen aufgegeben worden (z.B. Kommune Teltow / Teltowkanal im südlichen Berliner Umland).

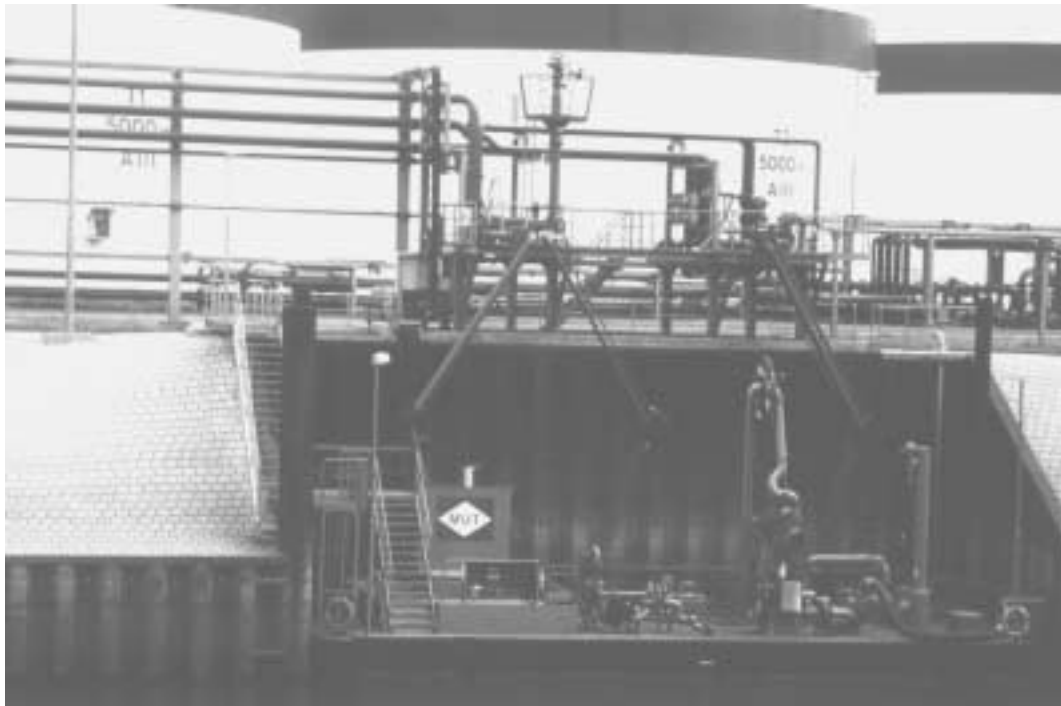


Abb. 60: Mineralöl-Entladestation und Lagertanks (Magdeburg / Elbe)



Abb. 61: Mineralöl- und Chemikalien-Umschlagsanlage (Direktumschlag Schiff / Kesselwagen – Magdeburg / Elbe)



Abb. 62: Motorgesteuertes Schnellschluss-Ventil

Seehäfen mit Binnenwasserstraßenanschluss – in hervorragender Weise Rheinmündungshäfen Rotterdam und Antwerpen, in Deutschland vor allem Hamburg und, mit bisher geringerer Bedeutung, Bremerhaven, Bremen, Emden, Lübeck – sind gleichzeitig auch Binnenhäfen. Die Schnittstelle Seeschiff / Binnenschiff erweist sich in bestimmten Fällen in technisch-organisatorischer Hinsicht als noch nicht problemlos (z.B. in Hamburg seewärtige Abfertigung von Containern auf größere Anzahl von Terminals verteilt; für Binnenschiffe dezentraler Mehrfachanlauf unrationell; Bedarf nach zentralem, u.U. mobilem Umschlagspunkt; entsprechende F+E-Aktivitäten in der Diskussion). Auch in diesem wichtigen Detail liegt eine mögliche Leistungssteigerung der Binnenschifffahrt in Richtung auf neue Güterpotentiale.

5.3 INFORMATIONEN- UND KOMMUNIKATIONSTECHNISCHES ENTWICKLUNGSPOTENTIAL

5.3.1 Neue EDV- und satellitengestützte Informations- und Kommunikationssysteme

Wie schon im Zusammenhang mit Navigation auf Wasserstraßen und Automation des Schiffsbetriebs angesprochen, wird die Binnenschifffahrt seit neuestem stark beeinflusst durch Entwicklungen im Bereich der Telematik, genauer der EDV-gestützten Informations- und Kommunikationssysteme, die den Betrieb des Schiffes selbst, das Schifffahrtsunternehmen und das Zusammenwirken beider untereinander und mit ihrer Umwelt betreffen (Stand und Perspektiven werden zunächst am Beispiel der im Hause und in der Flotte der Deutschen Binnenreederei verwirklichten Konzepte skizziert; DBR [31]).

Es handelt sich um Datenübertragungssysteme, bei denen EDV-Arbeitsstationen mit spezifischen Funktionen und Standorten in bestimmter Weise miteinander vernetzt sind, wobei die Verbindung zwischen Schiffen und Betriebszentrale über für derartige Zwecke von Betreibern vorgehaltene Satelliten erfolgt (unterschiedliche Satelliten für Daten- und Ortungszwecke; jeweils über ebenfalls verfügbare feste Bodenstation; **Abb. 63**). Für die Datenübertragung und -verarbeitung werden spezielle, in den USA entwickelte Softwaresysteme angeboten, die jeweiligen Gegebenheiten und Anforderungen angepasst werden können (z.B. QTRACS). Mit derartigen Systemen ist in Deutschland und Westeuropa zu jeder Zeit eine permanente, praktisch lückenlose Flächenabdeckung erreichbar. Leistungsfähigkeit der Datenübertragung und Genauigkeit der Ortung haben einen hohen, für Schifffahrtzwecke voll hinreichenden Stand erreicht.

Satellitenkommunikations - und Flottenmanagementsystem - Systemverbund -

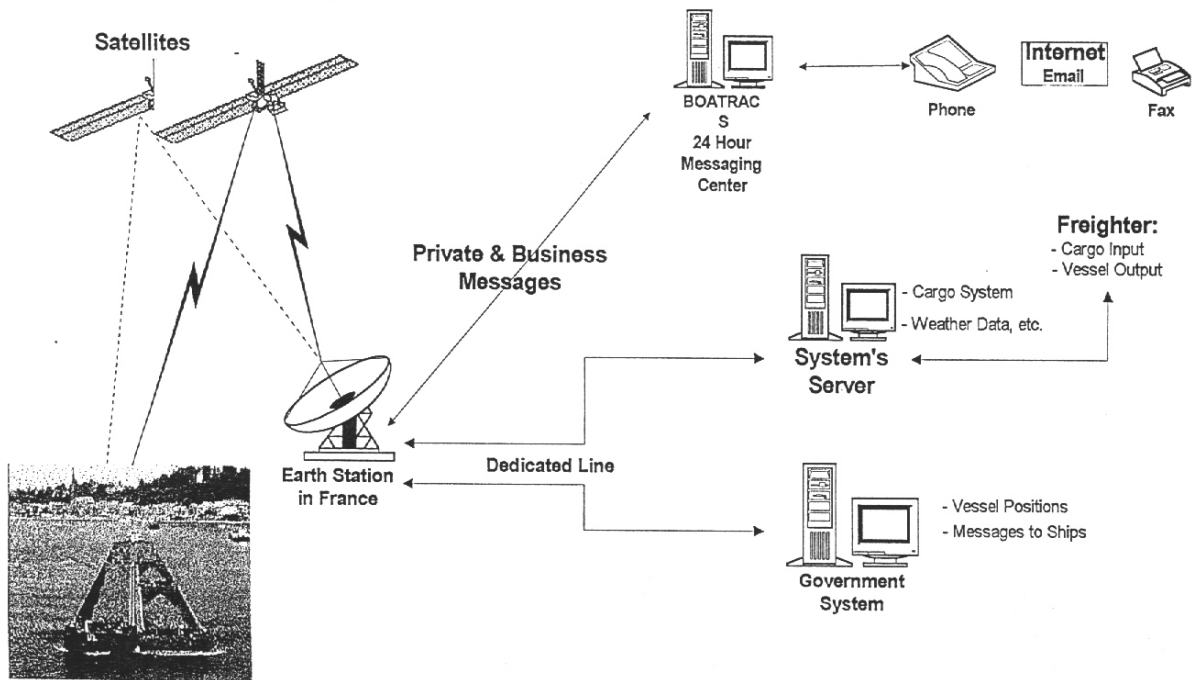


Abb. 63: Schema eines satellitengestützten Informations- und Kommunikationssystems

5.3.2 Anwendungen, Funktionen, Effekte von EDV- und satellitengestützten Informations- und Kommunikationssystemen

Im Hause DBR - in Zusammenarbeit mit der Tschechischen Elbe-Schiffahrts AG - ist eine Kombination eines Satellitenkommunikationssystems („BOATRACS“) und eines Flottenmanagementsystems („FLOSYS“) installiert worden.

Funktionen und Verwendungszwecke des letzteren werden in dem anschließenden Schema zusammengefasst wiedergegeben.

- Flottenmanagement
 - o Allgemeine Kommunikation mit Schiffen (Betriebsdatenerfassung / -übermittlung)
 - o Schiffsbeorderung / -verwaltung
 - o Flotteneinsatz / -disposition
 - o Auftragsbearbeitung / Befrachtung der Schiffe / Fakturierung
 - o Allgemeiner technischer Service
- Personalmanagement
 - o Personalverwaltung / Arbeitszeiterfassung

o Lohn- und Gehaltsabrechnung

- Finanz- / Rechnungswesen

- o Finanzbuchhaltung

- o Kostenrechnung

- o Anlagenbuchhaltung

- Bestellwesen

- o Einkauf

- o Beschaffung

- o Rechnungskontrolle

Somit ist ein Instrument verfügbar für laufende Überwachung und Steuerung des Flotteneinsatzes, für die Verfolgung und Optimierung des Ablaufs von Transporten, für die Befrachtung und Auftragsverwaltung, für die Maximierung von Kapazitätsauslastungen ebenso wie für Steuerung und Überwachung des technischen Schiffsbetrieb, für Personalmanagement, für die Abwicklung externer Kontakte zu Häfen, Wasserstraßenverwaltungen, Schleusen, Pegeln usw.

Dem Kunden wird damit eine bedarfsgerechte, individuelle Transportlösung mit laufender Statusmeldung angeboten; die Attraktivität der Dienstleistung erhöht sich durch verbesserte Auslastung, reduzierte Kosten, effiziente Transportdurchführung, intensivisierte Betreuung, verbesserte Transparenz von Informationen und Abläufen. Dies gilt generell für alle Güterformen; von besonderem Interesse sind Informations- und Kommunikationssysteme der geschilderten Art aber z.B. für Transporte von Containern und rollenden Gütern, d.h. intensive Einbindung in intermodale Transportketten, sowie für Gefahrguttransporte, angesichts der dortigen besonderen Sicherheits- und Sorgfaltsproblematik.

Temematik-Anwendungen in der Binnenschifffahrt, mit dem Ziel, die Binnenschifffahrt in der Reiseplanung der Schiffe zu unterstützen und zu einer bestmöglichen Nutzung der vorhandenen Infrastruktur beizutragen, werden auch durch die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes gefördert. Angeboten werden hier z.B. ein „Zentraler Nautischer Informationsfunk“ (NIF), ein „Elektronisches Wasserstraßen-Informationssystem“ (ELWIS), ein „Elektronisches Fahrrinnen-Informationssystem für den Rhein“ (ARGO) und ein „Verkehrserfassungssystem an der Mosel“ (MOVES); KRAJEWSKI / WSD SÜDWEST [38].

Ein sich über ausgewählte Wasserstraßen der Länder Niederlande, Belgien, Frankreich, Deutschland und Österreich erstreckendes EU-gefördertes Projekt „INDRIS“ (Inland Demonstrator for River Information Services) zielt auf die Bereitstellung von „River Information Services“ und „Vessel Traffic Management Information Services“ ab, d.h. es enthält Systeme zu Fahrwasser-Informationen und zur strategischen und taktischen Verkehrsplanung; WILLEMS / NL [39]. Bei Telematik-Entwicklungen für die Binnenschifffahrt findet eine intensive Zusammenarbeit zwischen den beteiligten Stellen verschiedener europäischer Länder statt. Für die Effizienz und Sicherheit der Binnenschifffahrt werden sich hieraus insgesamt wichtige Impulse ergeben.

5.4 UNTERNEHMERISCHES ENTWICKLUNGSPOTENTIAL

Nicht zuletzt auch unternehmerische Strukturen der Betreiber von Verkehrsträgersystemen können für die Effizienz, Leistungsfähigkeit und Wettbewerbsfähigkeit der Systeme von erheblicher Bedeutung sein. Dies gilt offensichtlich auch für die Binnenschifffahrt, innerhalb derer in jüngster Zeit strukturelle Veränderungen zu verzeichnen waren und noch sind.

In Deutschland ist hier vor allem zunächst von der Privatisierung ehemals staatlicher Unternehmensstrukturen in der vormaligen DDR zu sprechen – eine Entwicklung, die allgemein als grundlegende Voraussetzung für unternehmerische Effizienz gesehen wird (staatlich beeinflusste Unternehmensstrukturen im Bereich der Schifffahrt sind auch in verschiedenen westlichen Ländern noch nicht völlig außerhalb der Realität; in ehemals sozialistischen Ländern wie Polen und Tschechien sind relativ gut und effizient geführte Binnenschifffahrtsunternehmen noch in einer Übergangsphase von Staatseigentum und Privatwirtschaft).

In Deutschland haben sich Unternehmensstrukturen so entwickelt, dass es auf der einen Seite „Reedereien“ gibt, größere Unternehmen, die mehr oder weniger große Flotten von Schiffen besitzen und/oder betreiben (beides nicht notwendigerweise in einer Hand; Schifffahrtsaktivitäten sehr wohl ohne eigene, sondern mit gecharterter oder sonst wie vertraglich gebundener Tonnage zu betreiben). Auf der anderen Seite stellen sog. „Partikuliere“ eine traditionelle, z.B. auf Familienbasis existierende Unternehmensform dar, die jeweils ein einziges Schiff besitzen und betreiben. Um letzteres auch in kommerzieller Hinsicht (d.h. Befrachtung usw.) hinreichend effizient durchführen zu können, haben sich Partikuliere häufig zu typischen genossenschaftlichen Interessenverbindungen zusammengeschlossen; HERBST [32]. Dem Partikulierswesen, d.h. tendentiell sehr kleinen Unternehmen, werden von Kritikern häufig keine Zukunftschancen eingeräumt. Partikuliersgenossenschaften bestehen aber bis heute. Ebenso sind in jüngerer Zeit auch in nicht geringem Ausmaß Vertragsverbindungen zwischen Partikulieren als Schiffsbesitzern und –betreibern in technischer Hinsicht und Reedereien als kommerziellen Schiffsbetreibern zustande gekommen, die verschiedentlich positiv beurteilt wurden (das z.Zt. größte, unter niederländischer Flagge auf dem Rhein fahrende Binnencontainerschiff ist im Besitz eines Partikuliers und ist von einem größeren Container-Transportunternehmen gechartert worden; CCS [25]).

Generell wird in der Schifffahrt, in erheblichem Ausmaß auch in der Seeschifffahrt, hier insbesondere in der Linienschifffahrt, versucht, mit Hilfe von unternehmerischer Kooperation betriebliche Effizienzen zu steigern und kommerzielle Risiken abzubauen. Hier ist zu unterscheiden zwischen „horizontalen“ Kooperationsmodellen, d.h. Zusammenarbeit zwischen gleichartigen oder ähnlich strukturierten Schifffahrtsunternehmen (z.B. auch zwischen Reedereien und Gruppen von Partikulieren), und „vertikalen“ Mustern, bei denen Schifffahrt eingebunden wird in umfassendere, z.B. Verkehr- oder Logistikdienstleistungen insgesamt betreffende Geschäftsaktivitäten (konkrete Beispiele europaweiter Gruppen hier zu nennen). Ziele unternehmerischer Kooperation sind allgemein Vergrößerung der quantitativen Basis (d.h. Kostensenkung, Zusammenarbeit bei Planung, Betrieb, verbesserte Kapazitätsnutzung, u.U. gemeinschaftliche Umlegung von Kosten und Erlösen, verstärktes Akquisitionspotential (umfassendere Angebote aus einer Hand), Verminderung kommerzieller Risiken.

–

Als negative Auswirkungen weitergehender unternehmerischer Kooperation werden angeführt Verlust der unternehmerischen Eigenständigkeit und Flexibilität, verstärkte innere „Reibungsverluste“, unternehmerische Unbeweglichkeit und Bürokratie. Angesichts der zur Zeit eher schwierigen Lage der Binnenschifffahrt werden in geeigneten, den jeweiligen Bedingungen angepassten Kooperationsmodellen dennoch Chancen für verbesserte Effizienz und Zukunftsfähigkeit der Branche gesehen.

6 ZUSAMMENFASSENDE WÜRDIGUNG DES STANDES UND DER PERSPEKTIVEN DER SCHIFFFAHRT AUF DEUTSCHEN BINNENWASSERSTRASSEN

6.1 THESEN ZU ZUKUNFTSPERSPEKTIVEN VON WASSERSTRASSEN UND BINNENSCHIFFFAHRT

In der hier vorliegenden Themenstellung werden Fragen aufgeworfen nach der quantitativen und qualitativen Nutzung der schiffbaren deutschen Binnenwasserstraßen für Zwecke des Güterverkehrs und nach den Möglichkeiten und Bedürfnissen der Weiterentwicklung der hier tätigen Binnenschifffahrt – aus sich selbst heraus und im Zusammenwirken mit den Wasserstraßen. Im folgenden wird angestrebt, diese Fragen mit einer Reihe von abschließenden thesenartigen Feststellungen und Schlussfolgerungen zu beantworten, die aufgrund der vorangehenden Erörterungen naheliegend erscheinen:

(1) Die Binnenschifffahrt trägt mit einem erheblichen, deutlich mehr als marginalen Anteil zu den inländischen und grenzüberschreitenden Güterverkehrsbedürfnissen der deutschen Wirtschaft bei. Dieser Beitrag ist im Prinzip dringend notwendig. Angesichts der Höhe der Nachfrage – die durch Maßnahmen der „Verkehrsvermeidung“ allenfalls in ihrem Wachstum graduell begrenzt werden kann – erscheint es aus sozio-ökonomischer und ökologischer Sicht als äußerst wünschenswert, sich nicht allein auf Straßen- und Schienenverkehr zu beschränken, sondern alle verfügbaren Verkehrsträger im Rahmen ihrer systemspezifischen Vorteile heranzuziehen.

(2) Ein Gütermengen- und Verkehrsleistungsanteil in der Größenordnung von 20 % kann in diesem Sinn nicht als ein hinreichend substantieller, stabiler, zukunftsfähiger Beitrag gesehen werden. Ein Modal Split mit einem der Größenordnung nach mindestens gleichrangigen Anteil der Binnenschifffahrt erscheint wünschenswert und vertretbar. Aufgrund hoher technologischer Leistungsfähigkeit und zweifelsfrei vorhandener ökonomischer und ökologischer Vorteile verfügt die Binnenschifffahrt im Prinzip über das hierfür erforderliche Entwicklungspotential.

(3) Zukünftige Märkte binnenschiffsaffiner Güter umfassen weiterhin, wenn auch in Teilbereichen graduell zurückgehend, traditionelle Massengüter (Gefahrgüter, z.B. in Gestalt von Mineralölprodukten und Chemikalien, dabei unverändert wichtig), zunehmend „moderne“ Massengüter und, aus Volumen- und Wertperspektive von weit höherer Bedeutung als bei tradierter „Tonnen“-Betrachtung, höherwertige Güter in Containern, in Gestalt rollender Ladungseinheiten sowie, nicht zuletzt, Schwergüter und großvolumige Güter.

(4) Angesichts sich in diesem Sinne wandelnder Güterstrukturen befindet sich die Typologie der Binnenschiffe in einem starken, noch andauerndem innovativen Entwicklungsprozess, dessen derzeitiger Stand sich folgendermaßen darstellt:

- Tankschiff (Mineralölprodukte + Chemikalien, Flüssiggas)
- Vielzweck-Trockengüterschiff
- Containerschiff

- Ro/Ro-Schiff
- Schwergutschiff (eigenständiger Typ oder Sonderform des Ro/Ro-Schiffs)

Es steht somit eine gegenüber traditionellen Strukturen deutlich erweiterte Bandbreite von Vielzweck- und Spezialschiffen zur Verfügung. Ein anderer aktueller typologischer Entwicklungsaspekt ist die zunehmend ausgeprägte Verfügbarkeit von selbstangetriebenen Fahrzeugen einerseits und der Schub- und Koppelverbandstechnik andererseits. Hiermit hat sich eine weitere wichtige Leistungssteigerung ergeben.

(5) In allen Bedarfsfällen, insbesondere z.B. bei Containern und rollenden Ladungseinheiten, lassen sich Binnenschiffstransporte in effizienter Weise in multimodale Transportketten einbinden. Auch durch die Weiterentwicklung der Binnenhäfen in Richtung auf logistische Zentren werden hierfür wesentliche Voraussetzungen geschaffen.

(6) Die vollständige Realisierung der sich aus neuen Typentwicklungen ergebenden Leistungssteigerung erfordert notwendigerweise eine Steigerung von Schiffsgrößen, dies sowohl aus Kostengründen wie auch aus Gründen der technologischen Machbarkeit und Effizienz (der Transport großer Ladungseinheiten, wie Container, rollende Einheiten, bestimmte Massenstückgüter, setzt hinreichend große Ladebereichsabmessungen voraus; z.B. ist für rationellen Containertransport eine Stauung von 4 Containern in Querschiffsrichtung, d.h. eine entsprechend große Schiffsbreite, dringend wünschenswert).

(7) Ungeachtet vorhandener fundamentaler systemspezifischer Vorteile muss die Binnenschifffahrt im Wettbewerb mit den anderen Verkehrsträgern bemüht sein, ständig weiter zu rationalisieren und Kosten zu senken (bei niedrigwertigen Massengütern resultiert der permanente Kostendruck aus der geringen Transportkostenbelastbarkeit dieser Güter und u.U. der Konkurrenz der Bahn; bei höherwertigen Gütern ist es primär der, nicht immer auf der Basis echter Kosten geführte, Wettbewerb von Straße und Bahn, der die Binnenschifffahrt zu äußersten Kostenanstrengungen zwingt).

(8) Die spezifischen Kosten des Betriebs von Binnenschiffen (eines bestimmten Typs) hängen in kennzeichnender Weise von der Größe der Schiffe (Tragfähigkeit bzw. räumliche Kapazität) und ihrer Abladung (bei spezifisch schweren Gütern) bzw. ihrer räumlichen Auslastung (bei spezifisch leichten Gütern) ab, dergestalt, dass die Kosten mit steigender Größe degressiv abnehmen und mit abnehmender Abladung bzw. Füllung etwa linear zunehmen. Beide Effekte sind von erheblicher Größenordnung.

(9) Kleine Binnenschiffe sind somit aus technologischen und/oder ökonomischen Gründen auf interregionalen Verkehren mit mehr als kleinteiligem Ladungsaufkommen nicht mehr hinreichend rationell einsetzbar. Schiffe sollten eine Länge von 80 – 110 m (Ausnahmen auf dem Rhein möglich), eine Breite von 9,50 – 11,50 m (Ausnahmen auf Rhein und Donau möglich), einen Maximal-Tiefgang von 2,50 – 2,80 m (Schubeinheiten bis 3,50 – 4,00 m, insbesondere für spezifisch schwere Güter) und (für spezifisch leichte Güter, z.B. Container und Ro/Ro-Ladungen) eine Fixpunkthöhe von mindestens 5,25 m haben. Flachgehende Schiffe sind – unabhängig von ihrer sonstigen Größe – wegen zu hoher spezifischer Kosten ebenso nicht hinreichend rationell einsetzbar. Auch speziell flachgehend entworfene Schiffe entwickeln erst bei normaler Abladung eine hinreichende größenspezifische Leistungsfähigkeit.

(10) Ungeachtet gewisser möglicher Einsatzschwerpunkte, sollten Binnenschiffe in der Regel über eine möglichst universelle Einsetzbarkeit in größeren Wasserstraßenbereichen verfügen, da zu enge „*Insellösungen*“ immer hohe Beschäftigungsrisiken mit sich bringen.

(11) Binnenwasserstraßen in Deutschland – und grenzüberschreitend in Europa – sind zu einem erheblichen Teil, mit eher nur graduellen oder örtlichen oder saisonalen Einschränkungen, geeignet für den Einsatz von Schiffstypen und Schiffsgrößen, wie sie nach heutigen technologischen und wirtschaftlichen Erwägungen sinnvoll und notwendig erscheinen:

- Rhein (z.T. mit saisonalen Einschränkungen)
- Mosel / Saar
- Main / Main-Donau-Kanal (ersterer mit Einschränkungen)
- Donau (mit örtlichen saisonalen Einschränkungen)
- Neckar (mit örtlichen Einschränkungen)
- Elbe (z.T. mit erheblichen saisonalen bzw. örtlichen Einschränkungen)
- Elbe-Seitenkanal
- Mittellandkanal (mit erheblichen örtlichen Einschränkungen)
- Westdeutsche Kanäle (z.T. mit örtlichen Einschränkungen)
- Untere Weser

(Örtliche bzw. saisonale Einschränkungen betreffen in der Regel zulässige Schiffstiefgänge, im Falle des Mains insbesondere auch zulässige Schubverbandslängen)

(12) Ein großräumiger, überregional durchgehender, z.T. auch grenzüberschreitender Einsatz gewünschter großer Schiffe – Schiffe mit 80 – 110 m Länge, 9,50 – 11,50 m Breite, 2,50 – 2,80 m Tiefgang – ist in Deutschland zum Teil noch nicht möglich. Dies betrifft insbesondere folgende Verbindungen:

- Rhein – westdeutsche Kanäle – Berlin
- Hamburg – Berlin
- Berlin – Stettin
- Hamburg (Seehafen) – Sachsen – Tschechien
- Bremerhaven / Bremen (Seehäfen) – Mittellandkanal - Berlin
- Rhein – Main – Donau (soweit von örtlichen saisonalen Einschränkungen der Donau abhängig).

Darüber hinaus sind es bestimmte kleinräumigere, regional wichtige Wasserstraßenverbindungen, mit der Möglichkeit weitergehender überregionaler Anschlüsse, die bisher nur unzureichende Schiffsgrößen zulassen:

- Berlin – Eisenhüttenstadt – Häfen an der mittleren Oder (Spree-Oder-Kanal, Tiefgänge mittlere Oder)
- Lübeck (Seehafen) – Elbe (Elbe-Lübeck-Kanal)
- Saale-Standorte – Elbe (Tiefgänge untere Saale)
- Saarbrücken – Saar – Mosel – Rhein (Ausweitung Schiffbarkeit obere Saar)

(13) Anmerkung zu gewünschten „großen Schiffen“ in diesem Zusammenhang: Das sog. „Große Rheinschiff“ (110 m x 11,40 m x 2,80 m) war zunächst eine Besonderheit des Rheins; seine Ausweitbarkeit auf andere Wasserstraßen war eher fraglich. Inzwischen erscheint es aber nicht mehr zweifelhaft, dass ein Schiff dieser Größenordnung – als „Großes Motorgüterschiff“ oder „Großes Motortankschiff“ auf anderen großen Wasserstraßen eingesetzt werden kann, eingesetzt werden sollte und z.T. schon eingesetzt wird (Wasserstraßenklasse V in diesem Sinn als in weiteren Teilen Deutschlands und Europas mögliche obere Wasserstraßengröße definiert). Der aktuelle Stand eines „großen Rheinschiffs“, am Beispiel von Containerschiffen, hat inzwischen eine Schiffslänge von ca. 135 m und eine Breite von ca. 17 m erreicht, eine Schiffsgröße, deren weitergehende Verwendung allenfalls noch auf der Donau und der unteren Elbe denkbar wäre, insoweit also nicht als ein nächstes, längerfristig anzustrebendes Entwicklungsziel betrachtet werden sollte.

(14) Im Bundesverkehrswegeplan, mit Stand von 1992 - BVWP 92 [33] - festgeschriebene, z.T. schon in der Ausführung oder Vorbereitung befindliche Ausbauplanungen betreffen folgende Wasserstraßen (schon weit fortgeschrittene, eher graduelle Maßnahmen, wie z.B. Vertiefungen von Main, Mosel, Neckar, hier nicht erneut angesprochen):

- Mittellandkanal
- Elbe-Überquerung / Elbe-Havel-Kanal / Untere Havel / Berliner Wasserstraßen (Projekt 17 der Verkehrsprojekte Deutsche Einheit)
- Havel-Oder-Kanal / Hohensaaten-Friedrichsthaler Wasserstraße (einschließlich Anlauf des im Bau befindlichen neuen Hafens Schwedt durch binnengängige Küstenschiffe über Stettin / Westoder / HoFriWa)

Abgesehen von einer etwas größeren Zahl begrenzter Instandsetzungsmaßnahmen, ist es somit nur eine kleine Zahl von Vorhaben, die nach derzeitigem Stand der Bundesverkehrswegeplanung für eine quantitativen Fortentwicklung der Bundeswasserstraßen vorgesehen sind. Aufgrund eindeutig festgestellter Bedarfslage ist dringend zu fordern, dass diese Vorhaben umgehend, vollständig, in allen wesentlichen Details durchgeführt und fertiggestellt werden (dazu gehören z.B. im Fall des Projekt 17 wichtige Elemente wie die Charlottenburger Schleuse samt Zufahrt, die Kleinmachnower Schleuse, die Zufahrten zu den Berliner Häfen, der Teltowkanal, der Babelsberger Durchstich, mittelfristig die Glienicker Brücke).

(15) In einer ebenfalls beschränkten Anzahl von Fällen (für die z.T. Planungen, aber keine beschlossenen Konzepte vorliegen) erscheint es dringend wünschenswert, örtliche Engpässe zu beseitigen oder regional begrenztere Ausbauten vorzunehmen:

- Spree-Oder-Kanal (Klasse V, Schleusen z.T. bereits modernisiert)
- Elbe (Modernisierung der Regulierung für kritische Teilstrecken)
- Oder (dto., insbesondere mittlere Grenzüder; Zusammenarbeit mit polnischen Stellen bei der Modernisierung der Regulierung der mittleren Oder sowie bei der Erneuerung von Brücken über die Westoder in Stettin wegen unzureichender Durchfahrtshöhen)
- Elbe-Lübeck-Kanal (insbesondere Schleusen)

- Saale (1 weitere Staustufe an der Mündung)
- Donau (max. 3 weitere Staustufen im Abschnitt Straubing - Vilshofen)
- Saar (Stauregulierung bis Saarbrücken)

(16) Insgesamt sind es damit im wesentlichen die vorstehend genannten 10 Vorhaben, die, im Zusammenwirken mit der Fortentwicklung der Binnenschifffahrt selbst, eine notwendige Voraussetzung für eine erforderlich erscheinende umfassende, nachhaltige Leistungssteigerung der deutschen Binnenschifffahrt darstellen.

(17) Ein Ausbau der Wasserstraßen in dem dargestellten Ausmaß erscheint aufgrund des festgestellten Rationalisierungsdrucks dringend notwendig, obwohl nach Augenschein ein nicht unerheblicher Teil der deutschen Wasserstraßen nur zu einem begrenzten Prozentsatz der nominellen Kapazität ausgelastet ist, was von durchgeführten Kapazitätsabschätzungen und Verkehrsbelastungen in der Tendenz bestätigt und teilweise präzisiert und differenziert wird.

Die theoretische Verfügbarkeit von Wasserstraßenkapazitäten ist nicht notwendigerweise identisch mit ihrer realen Ausnutzbarkeit. Wenn es z.B. so ist, dass aus dringenden wirtschaftlichen Gründen Schiffe einer hinreichenden Größe und Abladbarkeit benötigt werden, die auf bestimmten existierenden Wasserstraßen jedoch nicht eingesetzt werden können, so wäre eine diesbezügliche Kapazität mit einer entsprechenden Nebenbedingung zu formulieren – Darstellung der durchsetzbaren Gütermengen mit Schiffen einer gewissen Mindestgröße –, und es würde sich ergeben, dass eine so definierte Kapazität real nicht gegeben, also gleich Null ist. Dieser Argumentationsweg ist hier bei der Formulierung von Kapazitäten und Kapazitätsauslastungen nicht begangen worden, läge aber an dieser Stelle nahe.

Der Wunsch nach angemessenem Wasserstraßenausbau kann somit nicht, oder nur in wenigen Fällen, mit Kapazitätsbedarf begründet werden; er kann aber mit vorhandener Kapazität auch nicht widerlegt werden; es geht vielmehr darum, geeignete Voraussetzungen für die Ausnutzbarkeit nomineller Kapazitäten nicht nur mit physisch möglichen, sondern mit wirtschaftlich und technologisch vorteilhaften, hinreichend wettbewerbsfähigen Fahrzeugen zu schaffen.

6.2 BEWERTUNG VON NUTZEN UND KOSTEN DES AUSBAUS VON BINNENWASSERSTRASSEN AUS DER SICHT DES BUNDESVERKEHRSWEGEPLANS

Instandsetzung und Ausbau von Wasserstraßen sind notwendigerweise mit erheblichen Kosten verbunden. Wenn hier bisher von „*Economies-of-Scale*“-Effekten, d.h. von größenbedingten Transportkostensenkungen die Rede war, so bezog sich dies auf die Gesamtbetriebskosten der systemspezifischen Suprastruktur, d.h. auf Schiffe, Häfen, zugehörige Ausrüstung. Selbstverständlich sind in einer umfassenden gesamtwirtschaftlichen Sichtweise die Kosten der Infrastruktur zu berücksichtigen; d.h. die betriebswirtschaftliche Vorteilhaftigkeit großer Schiffe relativiert sich u.U. durch die Kosten des hierfür erforderlichen

Ausbaubedarfs. Dies gilt in gesamtwirtschaftlicher Sicht letztlich unabhängig davon, wer die Ausbaukosten trägt (d.h. wie hoch die Wegekostenbeteiligung der Verkehrsträger ist oder sein sollte).

Hier wird die, im wesentlichen argumentativ begründete Auffassung vertreten, dass ein Ausbau der deutschen Binnenwasserstraßen in dem dargestellten Ausmaß erforderlich ist, dass hierfür ein erkennbarer Bedarf besteht, mit einem hinreichenden einzel- und gesamtwirtschaftlichen Nutzen zu rechnen ist und der hiermit verbundene Aufwand angemessen und vertretbar erscheint. Eine explizite quantitative Analyse von Nutzen einerseits und Aufwand oder Kosten andererseits ist nicht Gegenstand dieser Untersuchungen und würde den Rahmen des Vorhabens weitaus überschreiten.

Quantitative Abschätzungen der Kosten und Nutzen von Ausbaumaßnahmen der Verkehrsinfrastruktur, in Gestalt von Kosten / Nutzen – Analysen, sind im Prinzip Gegenstand des Bundesverkehrswegeplans. In dem zur Zeit geltenden Plan – BVWP 92 [33] – ergibt sich für die darin festgeschriebenen Maßnahmen (siehe 6.1 (12)) ein hohes Nutzen / Kosten – Verhältnis (sowie eine hohe Nutzen / Kosten – Differenz), d.h., ausgehend von dort festgelegten Definitionen und Abgrenzungen, überschreitet der zu erwartende Nutzen bei weitem die hiermit verbundenen Kosten. Bis heute festgestellte Planungen sind damit im Grundsatz sachlich und rechtlich legitimiert – was im Zuge der Detailplanung sinnvoll oder notwendig erscheinende Modifikationen von Einzelheiten nicht ausschließt – und dürfen nicht erneut in Frage gestellt werden.

Der gültige Stand des Bundesverkehrswegeplans und die dort angewandte Methodik zum Kosten / Nutzen – Vergleich werden hier insoweit zur Kenntnis genommen. Es ist somit nicht Absicht dieser Ausführungen, Plan und Methoden ausführlich zu kommentieren, zu analysieren und zu bewerten. Im folgenden nur einige kürzere Anmerkungen zu Zielen, Kriterien, Methoden des Plans, insbesondere, um deutlich zu machen, dass es sich hierbei nicht um ein fixiertes Instrumentarium handelt, sondern um einen permanenten Entwicklungsprozess, mit laufender Anpassung an technologische, sozio-ökonomische, ökologische, politische Entwicklungen und Erkenntnisse und an den Stand der Methoden-Forschung; siehe hierzu im wesentlichen SCHRIFTENREIHE / BMV 93 [34], PLANCO / BVWP 99 [35].

Tab. 16: Struktur- und Leistungsziele der Bundesverkehrswegeplanung
Quelle SCHRIFTENREIHE BMV 93 [34]

Strukturziele	Leistungsziele
Verbilligung der Beförderungsprozesse	Senkung von Kosten der Fahrzeugvorhaltung und des Fahrzeugbetriebs
Verkürzung von Fahrt dauern	Beschleunigung von Fahrten; Verkürzung von Fahrtrouten
Erhöhung der Sicherheit	Verminderung von Tötungen, Verletzungen und Sachschäden im Verkehr

Verbesserung der Raumordnung	Verbesserung der Erreichbarkeit; Verbesserung des Arbeitsplatzangebotes in strukturschwachen Regionen
Entlastung der Umwelt	Verminderung von Lärm, Luftverschmutzung und Trennwirkungen des Verkehrs
Schonung von Natur und Landschaft	Einsparung am Verbrauch alternativ nutzbarer Boden-Flächen; Vermeidung von Gefährdungen der Wasser-Qualität sowie von Flora und Fauna
Vorteile in verkehrsfremden Funktionen	z.B. Erhöhung des Erholungs- und Freizeitwertes von Landschaften; Nutzung von Binnenwasserstraßen für die Wasserüberführung

Übergeordnetes Ziel der Bundesverkehrswegeplanung ist „*Verbesserung der Wohlfahrt der Bevölkerung*“, d.h. Gemeinwohl, oder Realisierung „*möglichst hoher Überschüsse positiver über negative Effekte*“ von Verkehrsinfrastrukturmaßnahmen (zu Struktur- und Leistungszielen siehe **Tab. 16**). Eine Bewertung von Vorhaben erfolgt in einer *gesamtwirtschaftlichen Betrachtungsweise*. Interne und externe Auswirkungen von Maßnahmen („*Projekten*“) werden so umfassend wie nötig berücksichtigt und, soweit möglich, monetarisiert und in sog. „*Wettbewerbspreisen*“ ausgedrückt, worin sich auch Zielgewichtungen erfassen lassen. Der Vergleich von Auswirkungen erfolgt demgemäß in einer Nutzen / Kosten – Analyse. Grundsätzlich wird davon ausgegangen, dass so gut wie alle wohlfahrtsrelevanten Projektwirkungen durch monetäre Größen bewertbar sind, wenn nötigenfalls sachgerecht „*abgeleitete Preise*“ angesetzt werden. Da es hier, z.B. in der Bewertung der Auswirkungen von Maßnahmen auf Natur und Landschaft, z.Zt. noch methodische Schwierigkeiten, empirische Informationslücken und mangelnde Akzeptanz gibt, werden ergänzende Bewertungen in nicht-monetären Skalen durchgeführt, die in die abschließende Investitionsentscheidung mit einfließen.

Sinngemäß wird bei der monetarisierten Bewertung des erwarteten Nutzens von Ausbaumaßnahmen vorgegangen. Es werden über zu definierende Zeiträume Prognosen der zu erwartenden Nachfrage und der zu erzielenden Erlöse erstellt; hierbei wird aus der Verbesserung des Angebots mutmaßlich resultierender, sog. „*induzierter*“ Verkehr berücksichtigt; ebenso wird auf Entwicklungen bei den konkurrierenden Verkehrsträgern und resultierende Modal-Split-Verschiebungen eingegangen (bei den hier an anderer Stelle und zu anderen Zwecken vorgenommenen eigenen Abschätzungen z.B. von Wasserstraßen-Kapazitäten und –kapazitätsauslastungen ist nicht versucht worden, eine Abstimmung mit entsprechenden Ermittlungen im Rahmen des Bundesverkehrswegeplans herbeizuführen).

Bei dem in Vorbereitung befindlichen neuen Bundesverkehrswegeplan werden nach hierzu bisher bekannt gewordenen Äußerungen keine grundsätzlich neuen Bewertungsmethoden angestrebt; vielmehr wird an einer Ergänzung, Verfeinerung, Aktualisierung der bisher eingesetzten Methodik gearbeitet (oben genannte Quelle [35] unter dem Arbeitstitel: „*Modernisierung der Verfahren zur Schätzung der volkswirtschaftlichen Rentabilität von Projekten der Bundesverkehrswegeplanung*“). Modifizierungen und Weiterentwicklungen im Bereich der Binnenschifffahrt betreffen etwa folgende Themenbereiche:

- Verstärkte Berücksichtigung von maßnahmenbedingten Verkehrsaufkommensverlagerungen (Modal-Split-Veränderungen) zugunsten der Binnenschifffahrt
- Realisierung der wachsende Bedeutung der Containerverkehre; d.h. explizite Erfassung der Containerschifffahrt
- Verbesserte, aktualisierte Erfassung regionaler Flottenstrukturen, z.B. bei der Bestimmung von Transportkostenveränderungen
- Verbesserte Bestimmung wasserstandsbedingter Kapazitätsauslastungsgrade; Simulationsrechnungen unter Berücksichtigung jeweiliger Fahrzeiten von Binnenschiffen
- Allgemein Weiterentwicklung von Monetarisierungsansätzen für nicht ohne weiteres quantifizierbare Auswirkungen (z.B. auch grenzüberschreitende Aspekte)

Hiernach besteht Grund zu der Erwartung, dass mit den Mitteln der Bundesverkehrswegeplanung Objektivität und Realitätsnähe der Bewertung von Maßnahmen zur Fortentwicklung der Binnenschifffahrt noch weiter verbessert werden können. Da die im Bundesverkehrswegeplan als vorteilhaft und möglicherweise dringlich bezeichneten Projekte stets noch unter Haushaltsvorbehalt stehen, d.h. ihre Finanzierbarkeit nicht ohne weiteres gesichert ist, ist dringend zu wünschen, dass die jeweils erforderlichen finanziellen Mittel zum angemessenen Zeitpunkt bereitgestellt werden.

6.3 FAZIT / AUSBLICK

Wenn man wiederum versucht, diese abschließenden Feststellungen mit einigen Anmerkungen zur Ökologie zu verbinden, wie sie aufgrund der hier angestellten Betrachtungen naheliegend erscheinen, und in Form von Handlungsempfehlungen zusammenzufassen, so kann dies etwa in folgender Weise geschehen:

- Verkehr auf Binnengewässern findet seit Urzeiten statt und ist heute mehr denn je notwendig und vertretbar, da technologisch günstig darstellbar und ökonomisch vorteilhaft. Das Ziel der Entlastung anderer, zunehmend überlasteter Verkehrsträger ist hierbei zunehmend vordringlich und muss noch entschiedener und wirksamer verfolgt werden.
- Der Wettbewerb zwischen den Verkehrsträgern muss auf europäischer Ebene weiter harmonisiert werden; d.h. verkehrspolitische Rahmenbedingungen müssen die bestmögliche Umsetzung systemspezifischer Vorteile und Nutzeffekte aller Verkehrsträger, auch der Binnenschifffahrt, begünstigen. Ebenso muss in Europa eine Wettbewerbsharmonisierung zwischen den nationalen Verkehrswirtschaften, d.h. auch den nationalen Binnenschifffahrtsgewerben, betrieben werden.
- Das Binnenschifffahrtsgewerbe muss ein aktives, modernes, positives Marketing betreiben, um zu nachhaltig verbesserter Akzeptanz bei der verladenden Wirtschaft zu gelangen; es muss noch verstärkt daran arbeiten, eingefahrene Gewohnheiten bei der verladenden Wirtschaft und nicht gerechtfertigte Vorbehalte in der Öffentlichkeit zu überwinden; es muss noch gezielter umfassende Haus / Haus- Transport- und Logistikleistungen anbieten, dies in noch effektiverer Kooperation mit den anderen Verkehrsträgern. Kooperation mit den Verkehrsträgern ist auch die notwendige Grundlage für

- Transportangebote, die unabhängig von irgendwelchen Störungen zuverlässig 365 Tage im Jahr gelten.



Abb. 64: Modernes Trocken-Motorgüterschiff auf der staugeregelten Mosel

- Binnenschifffahrt galt immer als ein umweltfreundlicher Verkehrsträger. Aus der Sicht der hier dargestellten Entwicklungen, Informationen und Erfahrungen besteht kein Anlass, diese Einschätzung zu revidieren. Umweltfreundlichkeit bezieht sich hierbei auf das Gesamtsystem und schließt im Prinzip das Schiff selbst und die zugehörige Infrastruktur ein. Eine aus verkehrstechnischen und –wirtschaftlichen Gründen erforderlich erscheinende Fortentwicklung der Binnenwasserstraßen muss daher so erfolgen, dass nachhaltige, umfassende Schädigungen in Bezug auf Arten- und Biotopenerhaltung, Natur- und Landschaftsschutz vermieden werden. Nach dem Stand der einschlägigen Wissenschaft und Technik erscheint dies möglich. Hierbei werden temporär begrenzte, sich erfahrungsgemäß wieder behebbende Störungen sowie örtliche Verlagerungen und Ausgleichsprozesse für vertretbar erachtet, wenn innerhalb einer gewissen Region insgesamt eine Substanzerhaltung von Natur und Landschaft gesichert ist (**Abb. 64**).
- Soweit schiffbare Binnenwasserstraßen künstlicher Natur sind, d.h. es sich hierbei um von Menschenhand gebaute Kanäle handelt – die allerdings inzwischen in aller Regel zu wertvollen, erhaltenswerten Biotopen geworden sind -, erscheint es nicht zweifelhaft, dass ein Ausbau ohne die oben genannten Schäden möglich ist, dass u.U. sogar ein Gewinn erzielt werden kann, da neue Kanalkonzepte nach dem heutigen Erfahrungsstand ökologisch besser sein können als alte. Es besteht daher offenbar kein Anlass, wirtschaftlich sinnvoll erscheinende Kanalausbauten in Zweifel zu ziehen. Generell sollte sich die gewerbliche Binnenschifffahrt, soweit möglich, im wesentlichen auf die Nutzung von Kanälen konzentrieren (**Abb. 65**). Dies sollte auch den Neubau von Kanälen, obwohl z.Zt. eher wenig aktuell, nicht grundsätzlich ausschließen.



Abb. 65: Lebhafter Binnenschiffsverkehr auf einem großen niederländischen Kanal

- Im Falle bereits staugeregelter Flüsse – deren Regulierung in der Regel zeitlich lange zurückliegt und zu stabilisierten, wenn auch z.T. veränderten Natur- und Landschaftsgegebenheiten geführt hat – ist bei allen aktuellen Vorhaben nur ein partieller, quantitativ begrenzter Ausbau vorgesehen, der sich im wesentlichen auf örtliche Vertiefungen und begrenzte Uferveränderungen konzentriert (**Abb. 66**). Auch hier wird von der Erwartung ausgegangen, dass dies ohne Umweltbeeinträchtigung erfolgen kann. In den Fällen, wo es dringend wünschenswert erscheint, bereits vorhandene teilweise Stauregulierungen örtlich zu ergänzen (Donau, Saale) kann hier nur eine vorbehaltlose Prüfung ökologischer Gegebenheiten und umweltverträglicher Gestaltungsmöglichkeiten sowie eine Bereitschaft zu vertretbaren Kompromissen empfohlen werden.



Abb. 66: Modernes Motor-Tankschiff auf der staugeregelten Havel



Abb. 67: Polnisches Motorgüterschiff auf der freifließenden Ost-Oder

- Dasselbe gilt im Prinzip für die geringe Zahl freifließender Flüsse – Elbe, mittlere Oder (**Abb. 67**) -, bei denen nach den hier gewonnenen Erkenntnissen auf eine Schifffahrtsnutzung nicht verzichtet werden kann, bei denen aber lediglich eine Wiederherrichtung oder Weiterentwicklung vorhandener strombaulicher Regulierungsmittel in Betracht gezogen wird, mit dem erwarteten Effekt einer Anhebung von Niedrigwasserständen um einige 10 cm. Es erscheint unwahrscheinlich, dass sich hiermit nennenswerte Umweltschädigungen ergeben, was aber noch genauer zu untersuchen wäre. Ein für alle Seiten annehmbarer Kompromiss sollte somit auch hier möglich sein.

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 1:	Historische Wasserstraßen im Raum Berlin / Brandenburg (ca. 1700) Quelle: WSA EBERSWALDE [3]	4
Abb. 2:	Verkehrsleistung [t km] auf deutschen Binnenwasserstraßen im Jahr 1875 Quelle: ECKOLDT [1]	5
Abb. 3:	Berlin / Friedrich-Karl-Ufer 1905 - Quelle: BERLIN AM WASSER [45]	6
Abb. 4:	Leistungsvergleich im Güterfernverkehr 1950 – 1998 - Quelle: BDB [4]	8
Abb. 5:	Die Hauptverkehrsgüter der Binnenschifffahrt in der Bundesrepublik Deutschland – Quelle: BDB [4]	9
Abb. 6:	Containertransporte auf deutschen Wasserstraßen - Quelle: BDB [4]	10
Abb. 7:	Binnen-Kreuzfahrtschiff auf dem Rhein - Quelle: BDB [4]	12
Abb. 8:	Aufteilung der internationalen Rheinflotte nach Flaggen 1998 Quelle: BDB [4]	14
Abb. 9:	Marktanteile und transportierte Gütermengen der europäischen Flotten auf den deutschen Wasserstraßen - Quelle: BDB [4]	15
Abb. 10:	Bundeswasserstraßen - Quelle: BDB [4]	18
Abb. 11:	Oderdurchstich bei Klautsch und Reinberg (ca. 1930) Quelle: UHLEMANN [46]	20
Abb. 12:	Bedeutende europäische Wasserstraßen - Quelle: BMV [47]	23
Abb. 13:	Konzept einer Elbe-Oder-Donau-Kanalverbindung Quelle: SCHÖNKNECHT [2]	24
Abb. 14:	Wasserstraßenklassen der deutschen Binnenwasserstraßen Quelle: BMV-HANDBUCH [7]	27
Abb. 15:	Wasserstandslinien des Pegels Kaub – Quelle: BDB [4]	29
Abb. 16:	Tauchtiefen der Elbe (Jahresmittelwerte 1976 – 1985) Quelle: WSD OST [8]	32
Abb. 17:	Projekt 17 – Gesamtübersicht – Quelle: WSD OST [8]	34
Abb. 18.a:	Projekt 17 – Wasserstraßenkreuz Magdeburg mit Hafenanbindung Quelle: WSD OST [8]	35
Abb. 18.b:	Projekt 17 – Elbe-Havel-Kanal – Quelle: WSD OST [8]	35

Abb. 18.c:	Projekt 17 – Untere Havel-Wasserstraße – Quelle: WSD OST [8]	36
Abb. 18.d:	Projekt 17 – Berlin / Trasse Nord – Quelle: WSD OST [8]	36
Abb. 19:	Güterverkehrsdichte der Binnenschifffahrt 1997 auf dem Hauptnetz der deutschen Binnenwasserstraßen – Quelle: WSD MITTE [48]	43
Abb. 20:	Schleuse Henrichenburg mit einfahrendem Schubverband Quelle: BDB [4]	45
Abb. 21:	Güterverkehrsprognose für die Bundesrepublik Deutschland - Verkehrsleistung [Mrd t km / Jahr] – Quelle: BDB [4]	57
Abb. 22:	Transportaufkommen und Transportleistung im gesamten Güterfernverkehr nach Güterabteilungen – Quelle: IFO / VDA [40]	58
Abb. 23:	Transportaufkommen und Transportleistung in allen Güterabteilungen Quelle: IFO / VDA [40]	59
Abb. 24:	Neuere Prognosen des gesamten Güterfernverkehrs in Deutschland Quelle: IFO / VDA [40]	60
Abb. 25:	Neuere Prognosen der Binnenschifffahrt in Deutschland Quelle: IFO / VDA [40]	61
Abb. 26:	Prognose der Güterströme der Binnenschifffahrt in Deutschland 2010 Quelle: BMV / HANDBUCH [7]	64
Abb. 27:	Physikalische Grenzen des Betriebs von Binnenschiffen bei Flachwasserbedingungen – Quelle: Heinke [49]	71
Abb. 28:	Standardquerschnitt gemäß Wasserstraßenklasse V (Abladetiefe 2,80 m, Schiffsbreite 11,40 m) – Quelle: WSD OST [8]	73
Abb. 29:	Tragfähigkeits-Auslastungsgrade von Binnenschiffen (a) Motorgüterschiffe (b) Schubeinheiten	74
Abb. 30:	Charakteristische Brückenpassage auf Berliner Gewässern (Marchbrücke)	76
Abb. 31.a:	Tank-Motorschiff (Flüssiggas)	77
Abb. 31.b:	Tank-Motorschiff (Mineralölprodukte) – Quelle: BDB [4]	78
Abb. 32.a:	Trocken-Motorgüterschiff (beladen mit Schüttgütern) – Quelle: BDB [4]	78
Abb. 32.b:	Trocken-Motorgüterschiffe (beladen mit Schwergütern, gekoppelt fahrend) Quelle: BDB [4]	79
Abb. 33:	Schubeinheiten für Massenschüttgüter (Eisenerz) Quelle: BDB [4]	79

Abb. 34:	Container-Motorschiff – Quelle: BDB [4]	80
Abb. 35:	Ro/Ro-Motorschiff mit Ro/Ro-Koppleinheit – Quelle: BDB [4]	80
Abb. 36:	Motorschiffe (selbstangetriebene Container- und Trockengüterschiffe) Quelle: BDB [4]	81
Abb. 37:	Schubverband (Trocken-Schubleichter mit Schwergut, Schubboot) Quelle: BDB [4]	81
Abb. 38.a:	Koppverband (Ro/Ro-Motorschiff und Ro/Ro-Koppleinheit) Quelle: BDB [4]	82
Abb. 38.b:	Koppverband / Details der Längs-Kopplungstechnik	82
Abb. 39:	Container-Motorschiff mit 4-reihiger Containerstauung (Breite ca. 12 m) Quelle: BDB [4]	83
Abb. 40:	Ro/Ro-Motorschiff mit 3 Decks (PKW-Stauung) Quelle: BDB [4]	84
Abb. 41:	Kommandobrücke eines Container-Motorschiffs Quelle: BDB [4]	86
Abb. 42:	Tank-Motorschiffe und Tank—Koppleinheiten am Mineralöl- Tanklager (Magdeburg) – Quelle: DETTMER [20]	92
Abb. 43:	Trocken-Motorgüterschiff in Doppelhüllen-Bauweise (beladen mit Stahlhalbzeug, Schleuse Mettlach / Saar)	94
Abb. 44:	Konzept eines kleinen Vielzweck-Motorgüterschiffes für intraregionalen Einsatz in urbanen Zentren	95
Abb. 45.a:	MS „JOWI“, derzeit größtes Container-Motorschiff (mit Container- Führungszellen, Einsatz auf dem Rhein) – Quelle: „JOWI“ [25]	96
Abb. 45.b:	Gesamtanordnung des Container-Motorschiffs „JOWI“ Quelle: „JOWI“ [25]	97
Abb. 46:	Ro/Ro-Motorschiff (beladen mit unterschiedlichen rollenden Ladungs- Einheiten – Quelle: BDB [4]	98
Abb. 47:	Schubverband mit Glattdecks-Ro/Ro-Schubeinheiten (beladen mit Schwergut) – Quelle: BDB [4]	99
Abb. 48:	Silo-Motorschiff (für trockene Schüttgüter) – Quelle: BDB [4]	100
Abb. 49:	Motorgüterschiff mit Zweischaubenantrieb und charakteristischer Formgebung – Quelle: ROSSLAU [27]	106
Abb. 50:	Binnenhafen Passau / Donau (mit Ro/Ro-Schiff, Ro/Ro-Umschlag)	109

Quelle: BDB [4]

Abb. 51:	Kühlcontainer (mit integriertem Kühlaggregat) an Bord	111
Abb. 52:	Entwurf eines flachgehenden Vielzweck-Motorgüterschiffs Quelle: ROSSLAU [27]	113
Abb. 53:	Tank-Motorschiff in starkem Treibeis – Quelle: BDB [4]	114
Abb. 54:	Binnenhafen mit Umschlag von Massengütern – Quelle: BDB [4]	118
Abb. 55:	Anlegestelle mit pneumatischer Kalk-Entladeanlage und Silo (Kraftwerk Berlin-Charlottenburg)	119
Abb. 56:	Binnenhafen mit Schwergutumschlag (Berlin / Westhafen) Quelle: DBR / Koehler [50]	119
Abb. 57:	Binnen-Container-Terminal – Quelle: BDB [4]	120
Abb. 58:	Trimodales Güterverkehrszentrum (Wustermark / Havel-Kanal) Quelle: LEG [51]	121
Abb. 59:	Binnen-Tankschiffhafen mit Tanklager (Magdeburg / Elbe) Quelle: DETTMER [20]	122
Abb. 60:	Mineralöl-Entladestation und Lagertanks (Magdeburg / Elbe)	123
Abb. 61:	Mineralöl- und Chemikalien-Umschlagsanlage (Direktumschlag Schiff / Kesselwagen – Magdeburg / Elbe)	123
Abb. 62:	Motorgesteuertes Schnellschluss-Ventil	124
Abb. 63:	Schema eines satellitengestützten Informations- und Kommunikations- systems – Quelle: DBR [31]	125
Abb. 64:	Modernes Trocken-Motorgüterschiff auf der staugeregelten Mosel Quelle: BDB [4]	137
Abb. 65:	Binnenschiffe auf westdeutschem Kanal – Quelle: BDB [4]	138
Abb. 66:	Modernes Motor-Tankschiff auf der staugeregelten Havel	139
Abb. 67:	Polnisches Trocken-Motorgüterschiff auf der freifließenden Ost-Oder	139

TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 1:	Gütermengen und Transportleistungen der Verkehrsträger In Deutschland 1995 – 1998 – Quelle: BDB [4]	7
Tab. 2:	Länge von Binnenwasserstraßen und Bahnstrecken in der EU Und in ausgewählten Ländern – Stand 1995 [km] – Quelle: BMV [6]	13
Tab. 3:	Gütermengen [t] und Transportleistungen [t km] der Binnenschifffahrt In der EU und in ausgewählten EU-Ländern – Stand 1994 – Quelle: BMV [6]	13
Tab. 4:	Übersicht über Gebiete und Längen der Bundeswasserstraßen Quelle: BDB [4]	17
Tab. 5:	Klassifizierungssystem der europäischen Binnenwasserstraßen Quelle: BMV / HANDBUCH [7]	25
Tab. 6:	Unterschreitungstage der Tiefgänge auf der mittleren Oder (deutsche Grenze bis Frankfurt/Oder) 1981 – 1992 – Quelle: WSA EBERSWALDE [3]	38
Tab. 7:	Verkehr nach Hauptgütergruppen – Quelle: BINNENSCHIFFFAHRT [13]	40
Tab. 8:	Güterumschlag in den Binnenhäfen der Bundesrepublik Deutschland nach Wasserstraßengebieten – Versand und Empfang [1.000 t] Quelle: BINNENSCHIFFFAHRT [13]	40
Tab.: 9:	Güterverkehr an repräsentativen Schleusen – Quelle: BDB [4]	41
Tab. 10:	Güterverkehr an weiteren Schleusen, Hebewerken und Grenzübergängen 1995 – 1997 [Mio t] – Quelle: BDB [4], Binnenschifffahrt [13], WSD OST [8]	42
Tab. 11:	Kapazitäten von Kanälen und staugeregelten Flüssen in Abhängigkeit von Wasserstraßenklasse, Schleusenordnung und Schleusenbetriebszeit	46
Tab. 12:	Umschlag und Verkehrsleistung in einzelnen Wasserstraßengebieten Quelle: BINNENSCHIFFFAHRT [13]	56
Tab. 13:	Containerverkehr [TEU] – Quelle: BINNENSCHIFFFAHRT [13]	56
Tab. 14:	Güterverkehr nach Gütergruppen an der Grenzdurchgangsstelle Emmerich 1997 [1.000 t] – Quelle: BINNENSCHIFFFAHRT [13]	63
Tab. 15:	Bestand an Binnengüterschiffen in der Bundesrepublik Deutschland Quelle: Binnenschifffahrt [13]	101

LITERATURVERZEICHNIS

- [1] Eckoldt, Martin (Hrsg.): Flüsse und Kanäle (Die Geschichte der deutschen Wasserstraßen) – Hamburg 1998
- [2] Schönknecht, Rolf + Gewiese, Armin: Auf Flüssen und Kanälen (Die Binnenschifffahrt der Welt) – Berlin 1988
- [3] Wasser- und Schifffahrtsamt Eberswalde (Hrsg.): 1743 – 1993 / 250 Jahre staatlicher Wasserbau in Eberswalde – WSA Eberswalde 1993
- [4] Bundesverband der Deutschen Binnenschifffahrt e.V.: Binnenschifffahrt (Geschäftsberichte 1994/95, 1995/96, 1996/97, 1997/98, 1998/99) – BDB Duisburg 1995, 1996, 1997, 1998, 1999
- [5] CATRIV-Consortium: CATRIV – Conceptual Analysis for Transportation on Rivers (von der EU / DG VII gefördertes Forschungsprojekt, Contract Nr. WA-97-SC.2003) – Abschluss-Teilbericht Linde, Horst et al (TU Berlin): „Feasibility Cargo Transport“, Berlin 1999
- [6] Bundesministerium für Verkehr (Hrsg.): Verkehr in Zahlen 1998 – Hamburg 1998
- [7] Bundesministerium für Verkehr (Hrsg.): Handbuch Güterverkehr Binnenschifffahrt (Abschlußbericht FE-Nr. 30 288 / 95 LUB Consulting GmbH / Dornier SystemConsult GmbH) – Bonn 1997
- [8] Wasser- und Schifffahrtsdirektion Ost, Berlin (verschiedene schriftliche und mündliche Einzelauskünfte, 1999)
- [9] Dehn, Hartmut (Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen): The German Waterways as Connection of the CEE-Countries to Europe - Vortrag International Conference „Waterway Futures – Urban and Interurban Perspectives“, FAV Forschungs- und Anwendungsverbund Verkehrssystemtechnik Berlin, Berlin Sept. 1999
- [10] Wasser- und Schifffahrtsdirektion Ost (verschiedene Schriften zum Verkehrsprojekt Deutsche Einheit Nr. 17)
- [11] Winter, Jan + Zaleski, Janusz (TU Wroclaw): The ODRA 2006 Programme – Establishment, Targets and Possibilities of Realisation - Vortrag “2. Internationales Oder-Colloquium” des Vereins zur Förderung des Oderstromgebietes e.V., Frankfurt/Oder 1998

- [12] Ingenieurgesellschaft Verkehr Berlin GmbH et al: Entwicklungspotentiale der Binnenschifffahrt in der Oder-Region (Untersuchung im Auftrag der Landesregierung Brandenburg und des Vereins zur Förderung des Oderstromgebietes e.V.), Berlin 1994
- [13] Bundesverband der Deutschen Binnenschifffahrt e.V.: Binnenschifffahrt in Zahlen 1998 – BDB Duisburg 1998
- [14] Linde, Horst (TU Berlin): Strukturen des Welt-Seegüterverkehrs – Bericht des Instituts für Schiffs- und Meerestechnik der TU Berlin, ISM Nr. 97 / 10, Berlin 1997
- [15] PLANCO Consulting GmbH, Essen: Erfassung und Evaluierung der maßgeblichen Kriterien, die den Modal-Split zwischen der Binnenschifffahrt und den konkurrierenden Verkehrsträgern beeinflussen (Schlussbericht des Vorhabens FE-Nr. 30300/98 im Auftrag des BMVBW) – Essen 1999
- [16] Zentralkommission für die Rheinschifffahrt (ZKR): ADNR (Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par voie de navigation intérieure) – Strasbourg 1995
- [17] Europäisches Entwicklungszentrum für Binnen- und Küstenschifffahrt, Duisburg (EBD) et al : Shifting Cargo to Inland Waterways (Abschlußbericht des von der EU / DG VII geförderten Forschungsvorhabens, Contract-Nr. WA-95-SC.062) – Duisburg 1998
- [18] Institut für Seeverkehrswirtschaft und Logistik, Bremen (ISL): Shipping Statistics and Market Review 1998, Nr. 10, Bremen 1998
- [19] Deutsche Binnenreederei GmbH, Berlin (verschiedene Einzelinformationen, 1999)
- [20] Reederei Dettmer GmbH & Co, Magdeburger Umschlag und Tanklager KG (verschiedene Schriften und Einzelinformationen, 1999)
- [21] Germanischer Lloyd: Klassifikations- und Bauvorschriften, I – Schiffstechnik, Teil 2 – Binnenschiffe, Hamburg 1990
- [22] Renner, Volker (EBD): Auswirkungen der Transportbehälterentwicklung auf die Binnenschifffahrt, in: Internationales Verkehrswesen (Deutsche Verkehrswissenschaftliche Gesellschaft), 1999, Nr. 7+8
- [23] Linde, Horst et al (CATRIV-Consortium) : Teil-Abschlussbericht „Feasibility“ zum CATRIV-Vorhaben – TUB Berlin 1999
- [24] Linde, Horst (TUB): Analyse der technologisch-operativen Leistungsfähigkeit der europäischen Shortsea-Schifffahrt (Beitrag zu BMV-Vorhaben „Welchen Beitrag kann die Seeschifffahrt zur Bewältigung der Transportaufgaben im EG-Binnenmarkt leisten?“ - FE-Nr. 90252/89), Berlin 1990

- [25] Binnen-Containerschiffsneubauten „JOWI“ und „AMISTADE“ der CCS Combined Container Service GmbH & Co KG, Rotterdam (Sammlung von Presseberichten, 1998/99)

- [26] Schröter, Johannes + Masilge, Christian: Ro/Ro einmal anders – Das Greenport-System - in: „Innovationsfaktor Binnenschiffbau“ – Bericht zum 6. Workshop Binnenschifffahrt der TU Berlin und der DVWG, Bericht des Instituts für Schiffs- und Meerestechnik der TU B Nr. 97/12, Berlin 1997

- [27] Dammann, Richard (Rosslauer Schiffswerft): Flachgehende Binnenschiffe, in: siehe [26]

- [28] (a) Großmann, Günther + Lichtfuß, Klaus-Günter (TU Berlin): Bordcomputer zur weiteren Erhöhung von Sicherheit und Umweltschonung des Binnenschiffsverkehrs – Schlussbericht zum F+E-Vorhaben Nr. 40291/92 (Teilvorhaben der TU Berlin) des Bundesministers für Verkehr, Berlin 1995
 (b) Frömmel, Frank (Versuchsanstalt für Binnenschiffbau e.V.): Bericht zu F+E-Vorhaben (a) (Teilvorhaben VBD), Duisburg 1995
 (c) Röhl, U. et al (STN ATLAS Elektronik GmbH): Entwicklung und Erprobung eines Bordcomputers für den Einsatz in der Binnenschifffahrt – Abschlussbericht des F+E-Vorhabens Nr. 18S0089 1 des Bundesministers für Bildung und Forschung, Hamburg 1998

- [29] Andreas Barthel: Die Linienreederei als Logistik-Dienstleistungsunternehmen (Angebot und Entwicklungsmöglichkeiten) – Diplomarbeit am Fachgebiet Seeverkehr der TU Berlin, Berlin 1995

- [30] Eichler, Peter (Rhenus AG): Binnenschifffahrt und ihre Einbindung in Transportketten und logistische Konzepte – in: „Perspektiven der Binnenschifffahrt im multimodalen Transportverbund der Zukunft“ – Bericht zum 1. Workshop Binnenschifffahrt der TU Berlin und der DVWG, Bericht des Instituts für Schiffs- und Meerestechnik der TUB Nr. 92/5, Berlin 1992

- [31] Faber, Sascha (Deutsche Binnenreederei GmbH, Berlin): Flosis – Use of Telematics in Inland Navigation for Optimizing Fleet Management – Vortrag siehe 9]

- [32] Herbst, Detlef: Partikulierzusammenschlüsse in der deutschen Binnenschifffahrt – Bedeutung, Arbeitsweise und Anpassungsmöglichkeiten an technische und wirtschaftliche Entwicklungen – Schriftenreihe des Instituts für Verkehrsplanung und Verkehrswegebau der TU Berlin, Nr. 12, Berlin 1984

- [33] Bundesministerium für Verkehr: Bundesverkehrswegeplan 1992 – BMV Bonn 1992
- [34] Bundesministerium für Verkehr: Gesamtwirtschaftliche Bewertung von Verkehrswegeinvestitionen (Bewertungsverfahren für den Bundesverkehrswegeplan 1992) – in Schriftenreihe, Nr. 72, Bonn 1993

- [35] PLANCO Consulting GmbH, Essen: Modernisierung der Verfahren zur Schätzung der volkswirtschaftlichen Rentabilität von Projekten der Bundesverkehrswegeplanung (Schlussbericht des Vorhabens FE-Nr. 96487/97 im Auftrag des BMVBW), Essen 1999
- [36] Heinke, Cornelia (SVA Potsdam): Innovative Propulsionslösungen in der Binnenschifffahrt - Vortrag siehe [9]
- [37] Schneemann, Arne (MTU): Schadstoffarme Dieselmotoren für die Binnenschifffahrt - Vortrag siehe [9]
- [38] Krajewski, Christian (WSD Südwest): Telematik-Projekte der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes für die Binnenschifffahrt - Vortrag siehe [9]
- [39] Willems, Cas (Ministry of Transport, Public Work and Water, The Netherlands): Aims and Results of INDRIS (Inland Navigation Demonstrator for River Information Services) - Vortrag siehe [9]
- [40] Ratzenberger, R. et al (ifo Institut für Wirtschaftsforschung, München): Vorausschätzungen der Transport- und Fahrleistungen des Straßengüterverkehrs in Deutschland bis zum Jahr 2015 (Untersuchung im Rahmen des Forschungsprojektes "Fahrleistungen und Emissionen des Straßengüterverkehrs", im Auftrag des VDA Verbands der Automobilindustrie e.V.), München August 1998
- [41] Röhling, W. et al (Kessel & Partner Verkehrsconsultants, Freiburg): Güterverkehrsprognose 2010 für Deutschland (im Auftrag des Bundesverkehrsministeriums, F+E-Bericht 90298 / 90), Freiburg 1991
- [42] Hopf, R. + Kuhfeld, H. (Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Berlin): Güterfernverkehr bis zum Jahr 2010, in DIW Wochenbericht 40 / 1992
- [43] Ratzenberger, R. et al (Ifo Institut, München): Vorausschätzung der Verkehrsentwicklung in Deutschland bis zum Jahr 2010, München 1995
- [44] Eckerle, K. et al (Prognos AG, Basel): Energiereport II, die Energiemärkte Deutschlands im zusammenwachsenden Europa – Perspektiven bis zum Jahr 2020, Basel 1995
- [45] Hansen, Jost + Mauter, Horst (Hrsg.): Berlin am Wasser – Photographien 1857-1934, Berlin 1993
- [46] Uhlemann, Hans-Joachim: Die historische Rolle der Oder als Verkehrsweg – in: „Verkehr, Wasserbau und Landschaft im Oderstromgebiet“ – Bericht des Ersten Internationalen Oder-Colloquiums 1997 des Vereins zur Förderung des Oderstromgebietes e.V., Berlin 1997
- [47] Bundesminister für Verkehr: Binnenschifffahrt und Bundeswasserstraßen – Jahresbericht 1992, Bonn 1992

- [48] Bundesminister für Verkehr, Bau und Wohnungswesen: Bundeswasserstraßen – Güterverkehrsdichte der Binnenschifffahrt 1997 auf dem Hauptnetz der Binnen-Wasserstraßen (Karte), WSD Mitte, Hannover 1999

- [49] Heinke, Cornelia (Schiffbauversuchsanstalt Potsdam): Binnenschiffe unter besonderer Berücksichtigung der Bedingungen in den neuen Bundesländern – in: „Innovationsfaktor Binnenschiffbau“ – Bericht des 6. Workshop Binnenschifffahrt 1997 der TU Berlin und der DVWG, Bericht des Instituts für Schiffs- und Meerestechnik der TU Berlin Nr. 97/12, Berlin 1997

- [50] Dünner, Hans-Wilhelm + Knoll, Horst-Christian: 50 Jahre Deutsche Binnenreederei, Hamburg 1999-12-21

- [51] Landesentwicklungsgesellschaft für Städtebau, Wohnen und Verkehr des Landes Brandenburg mbH: Güterverkehrszentrum Wustermark – Öffentlicher Binnenhafen, Groß-Glienicke 1999-12-21

INHALTSVERZEICHNIS

1	Einführung	1
1.1	Vorbemerkung / Aufgabestellung	1
1.2	Binnenschifffahrt in Deutschland – Eine einführende Übersicht	2
2	Status, Typologie, Verkehrsbedeutung der deutschen Binnenwasserstraßen	16
2.1	Geographische und typologische Übersicht	16
2.2	Klassifizierung der deutschen und europäischen Binnenwasserstraßen	24
2.3	Ausbauzustand / Ausbauplanungen der deutschen Binnenwasserstraßen	28
2.3.01	Rhein	28
2.3.02	Mosel	30
2.3.03	Saar	30
2.3.04	Neckar	30
2.3.05	Main, Main-Donau-Kanal	30
2.3.06	Donau	30
2.3.07	Westdeutsche Kanäle	31
2.3.08	Mittellandkanal	31
2.3.09	Weser	31
2.3.10	Elbe	31
2.3.11	Elbe-Seitenkanal	33
2.3.12	Elbe-Lübeck-Kanal	33
2.3.13	Elbe-Havel-Kanal / Untere Havel-Wasserstraße / Berliner Wasserstraßen	33
2.3.14	Havel-Oder-Wasserstraße	36
2.3.15	Spree-Oder-Wasserstraße	37
2.3.16	Oder	37
2.3.17	Saale	39
2.4	Verkehrsbelastung deutscher Binnenwasserstraßen	39
2.5	Verkehrskapazitäten deutscher Binnenwasserstraßen	44
2.5.01	Rhein	47
2.5.02	Mosel	48
2.5.03	Saar	48
2.5.04	Neckar	48
2.5.05	Main	48
2.5.06	Main-Donau-Kanal	48
2.5.07	Donau	48
2.5.08	Westdeutsche Kanäle / Mittellandkanal	48
2.5.09	Weser	49

2.5.10	Elbe	49
2.5.11	Elbe-Seitenkanal	49
2.5.12	Elbe-Lübeck-Kanal	49
2.5.13	Elbe-Havel-Kanal	50
2.5.14	Havel-Oder-Wasserstraße	50
2.5.15	Spree-Oder-Wasserstraße	50
2.5.16	Oder	50
2.5.17	Zwischen-Fazit	50
3	Gütermärkte der deutschen Binnenschifffahrt – Ein Exkurs	52
3.1	Arten, Verwendungszwecke, Wertigkeiten binnenschifffahrtsaffiner Güter	52
3.2	Physisch-technische Erscheinungsformen, transporttechnische, transportwirtschaftliche Anforderungen binnenschifffahrtsaffiner Güter	54
3.3	Mengenstrukturen binnenschifffahrtsaffiner Güter	55
3.4	Verkehrsrelationen, Transportketten binnenschifffahrtsaffiner Güter	62
4	Funktionsweise, Wechselwirkungen, Effizienz des Systems Binnenschiff / Binnenwasserstraße	68
4.1	Schiffsgrößen und Binnenwasserstraßen	69
4.2	Schiffstypen und Binnenwasserstraßen	77
4.3	Schiffsgeschwindigkeiten und Binnenwasserstraßen	84
4.4	Verkehrsabläufe, Navigation auf Binnenwasserstraßen	85
4.5	Resultierende Transportkosten und Wettbewerbsfähigkeit der Binnenschiffe	87
5	Binnenschifffahrtsspezifische Entwicklungspotentiale	91
5.1	Schiffstechnisches Entwicklungspotential	91
5.1.1	Typologie / Transporttechnik	91
5.1.2	Typologie / Vortriebstechnik	100
5.1.3	Schiffsgeschwindigkeit	104
5.1.4	Antriebs- und Manövriertechnik	105
5.1.5	Technologien des Umschlags, der Stauung, Behandlung und Pflege der Ladungen	107
5.1.6	Bauweise des Schiffskörpers	111
5.1.7	Wintereinsetzbarkeit von Binnenschiffen	114
5.1.8	Personalkonzepte / Automation des Schiffsbetriebs	115
5.2	Logistisches Entwicklungspotential	116

5.2.1	Neue binnenschifffahrtsaffine Güterpotentiale und Logistik-Ketten	116
5.2.2	Rolle der Binnenhäfen als Logistik-Zentren	118
5.3	Informations- und kommunikationstechnisches Informationspotential	124
5.3.1	Neue EDV- und satellitengestützte Informations- und Kommunikationssysteme	124
5.3.2	Anwendungen, Funktionen, Effekte von EDV- und satellitengestützten Informations- und Kommunikationssystemen	125
5.4	Unternehmerisches Entwicklungspotential	127
6	Zusammenfassende Würdigung des Standes und der Perspektiven der Schifffahrt auf deutschen Binnenwasserstraßen	129
6.1	Thesen zu Zukunftsperspektiven von Wasserstraßen und Binnenschifffahrt	129
6.2	Bewertung von Nutzen und Kosten des Ausbaus von Binnenwasserstraßen aus der Sicht des Bundesverkehrswegeplans	134
6.3	Fazit / Ausblick	136
	Abbildungsverzeichnis	140
	Tabellenverzeichnis	144
	Literaturverzeichnis	145