

TEXTE

72/2011

Erarbeitung und Praxis- erprobung eines Maß- nahmenplanes zur ökologisch verträglichen Wasserkraftnutzung

UMWELTFORSCHUNGSPLAN DES
BUNDESMINISTERIUMS FÜR UMWELT,
NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT

Forschungskennzahl 3707 21 200
UBA-FB 001521

Erarbeitung und Praxiserprobung eines Maßnahmenplanes zur ökologisch verträglichen Wasserkraftnutzung

von

Rita Keuneke, Ulrich Dumont
Ingenieurbüro Floecksmühle, Aachen

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

UMWELTBUNDESAMT

Diese Publikation ist ausschließlich als Download unter <http://www.uba.de/uba-info-medien/4197.html> verfügbar.

Die in der Studie geäußerten Ansichten und Meinungen müssen nicht mit denen des Herausgebers übereinstimmen.

ISSN 1862-4804

Durchführung der Studie:	Ingenieurbüro Floecksmühle Bachstr. 62-64 52066 Aachen
Abschlussdatum:	Mai 2011
Herausgeber:	Umweltbundesamt Wörlitzer Platz 1 06844 Dessau-Roßlau Tel.: 0340/2103-0 Telefax: 0340/2103 2285 E-Mail: info@umweltbundesamt.de Internet: http://www.umweltbundesamt.de http://fuer-mensch-und-umwelt.de/
Redaktion:	Fachgebiet II 2.4 Binnengewässer Stephan Naumann

Dessau-Roßlau, November 2011

Auftragnehmer und Bearbeitungsgebiete

Ingenieurbüro Floecksmühle, Aachen

- fachliche und organisatorische Projektleitung,
- Kontakt mit dem Auftraggeber,
- Konzeption des Vorhabens,
- Bearbeitung der Wasserkraft bezogenen Aufgaben,
- Berechnung der theoretischen Überlebensraten für Standorte und Gewässer,
- Aufstellung der Berechnungsmodelle,
- Gesamtstrategie, Berichte (schriftlich und an die begleitende Arbeitsgruppe).

Projektleitung und Ansprechpartner für das Vorhaben: Dipl.-Ing. U. Dumont

Als Unterauftragnehmer sind beteiligt:

Universität Hamburg, Biozentrum Grindel und Zoologisches Museum, Abteilung Ichthyologie

- Populationsdynamische Grundlagen (Europäischer Aal, Atlantischer Lachs, Meerforelle)

Teilprojektpartner und Ansprechpartner: PD Dr. Ralf Thiel

Institut für angewandte Ökologie, Kirtorf-Wahlen

- Fischereibiologische Untersuchung der Schädigung von abwandernden Blankaalen und Lachssmolts bei der Passage von Wasserkraftanlagen

Teilprojektpartner und Ansprechpartner: Dr. Ulrich Schwevers

Berufsfischerei an der Weser

- Fischereiliche Arbeiten: Aal-, Lachsfang mittels Aalschokkern

Ansprechpartner: Hr. Reiter, Hr. Brauer, Hr. Dobberschütz

1. Berichtsnummer UBA-FB	2.	3.
4. Titel des Berichts Erarbeitung und Praxiserprobung eines Maßnahmenplans zur ökologisch verträglichen Wasserkraftnutzung an der Mittelweser – Wasserkraftnutzung und Wasserrahmenrichtlinie		
5. Autor(en), Name(n), Vorname(n) Keuneke, Rita; Dumont, Ulrich		8. Abschlussdatum Mai 2011
		9. Veröffentlichungsdatum
6. Durchführende Institution (Name, Anschrift) Ingenieurbüro Floecksmühle Bachstr. 62-64 52066 Aachen		10. UFOPLAN- Nr. 3707 21 200
		11. Seitenzahl 207 Seiten
7. Fördernde Institution (Name, Anschrift) Umweltbundesamt, Postfach 1406, 06813 Dessau		12. Literaturangaben 103 Literaturangaben
		13. Tabellen und Diagramme 53 Tabellen
		14. Abbildungen 36 Abbildungen
15. Zusätzliche Angaben		
16. Zusammenfassung <p>Querbauwerke und Wasserkraftanlagen beeinträchtigen die flussauf- und flussabwärts gerichtete Durchgängigkeit von Gewässern. Bei der Passage von Wasserkraftanlagen unterliegen abwandernde Fische einem Schädigungsrisiko. Dieses beeinflusst die Entwicklung von Fischpopulationen in Flussgebieten. Die dabei entstehenden kumulativen Effekte wirken sich insbesondere auf die diadromen Fischpopulationen aus.</p> <p>Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, Prognosen für den Erhalt der Populationen im Wesergebiet nach Verbesserungen der Durchgängigkeit an Wasserkraftanlagen und ökologischen Aufwertungen der Laich- und Aufwuchshabitate zu erstellen.</p> <p>Die Überlebensraten der diadromen Fischarten Lachs und Aal wurden auf der Basis von Literaturdaten und ergänzenden eigenen Untersuchungen modelliert.</p> <p>Für den Erhalt einer sich selbst reproduzierenden Lachspopulation wäre es erforderlich, alle Querbauwerke flussauf- und flussabwärts durchwanderbar zu gestalten und den Schutz abwandernder Fische an Wasserkraftanlagen vor allem in den Nebengewässern zu erhöhen. Zusätzlich muss der hydromorphologische Zustand der Laichhabitate verbessert und weitere Verluste (wie Prädation oder Fischerei) vermindert werden.</p> <p>Die nach EU-Aalverordnung geforderte Gesamtüberlebensrate der Aale von 40 % kann durch Herstellung der aufwärts gerichteten Durchgängigkeit an allen Standorten und durch Schutzmaßnahmen an den Wasserkraftanlagen in den Nebenflüssen der Weser erreicht werden.</p>		
17. Schlagwörter Mortalität, Schädigungsraten, Wanderrouten, Wasserkraft, Fischeaufstieg, Fischschutz, Fischabstieg, Mittelweser, diadrome Fischarten		
18. Preis	19.	20.

1. Report No. UBA_FB	2.	3.
4. Report Title Development and Practical Testing of an Action Plan for the environmentally compatible Use of Hydropower – Hydropower and Water Framework Directive		
5. Autor(s), Name(s), First Name(s) Keuneke, Rita; Dumont, Ulrich		8. Report Date Mai 2011
6. Performing Agency (Name, Address) Ingenieurbüro Floecksmühle Bachstr. 62-64 52066 Aachen		9. Publication Date
		10. UFOPLAN- Ref. No 3707 21 200
7. Funding Agency (Name, Address) Umweltbundesamt, Postfach 1406, 06813 Dessau		11. No. Of Pages 207 pages
		12. No. Of Reference 103 references
		13. No. of Tables, Diagrams 53 tables, diagrams
		14. No. Of Figures 36 figures
15. Supplementary Notes		
16. Abstract The use of rivers for generating electric power and the efforts to conserve important ecological habitats mark a classic conflict between two different aims of society. While passing hydropower plants migrating fish risk injuries and death. This affects the development of fish populations, particularly of diadromous fish populations in river basins. The aim of this study was to find conditions for serving a self sustaining fish population in the Weser basin. The influence of the river continuity and the quality of spawning and nursery habitats were varied. The survival rates of the diadromous species salmon and eel were modeled on the basis of literature data and additional data from own investigations. A self-reproducing salmon population would require the upstream and downstream passibility at each obstacle. Especially the protection at hydropower plants in the tributaries is of major importance. In addition, the hydro-morphological conditions of the spawning habitats have to be improved and further losses (such as predation or fishing) must be decreased. The survival rate of 40%, required by the EC Regulation on European eel can be achieved by the establishment of upstream continuity at all sites and by protective measures at the hydropower plants in the tributaries of the Weser.		
17. Keywords mortality, damage rate, hydropower, prognosis model, diadromous species, upstream migration, downstream migration		
18. Price	19.	20.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	V
Tabellenverzeichnis.....	VIII
Tabellenverzeichnis.....	VIII
Glossar und Begriffsdefinitionen.....	XII
1 Einführung - Projektziele.....	1
2 Allgemeine Beschreibung des Untersuchungsgebietes.....	5
2.1 Das Weser-Einzugsgebiet.....	5
2.2 Hydrologie und Abfluss.....	7
2.3 Nutzungen.....	8
2.4 Bewertung des Weserflussgebiets nach EG-WRRL.....	9
2.5 Wiederansiedlungsprojekte.....	11
3 Flussgebietsstrategie.....	12
3.1 Nachfolgende Bearbeitungsschritte.....	17
4 Methodische Grundlagen.....	19
4.1 Vorgehen zur Auswahl von Zielgebieten für Lachs (<i>Salmo salar</i>) und Aal (<i>Anguilla anguilla</i>).....	19
4.1.1 Untersuchungsgebiet.....	20
4.1.2 Lokalisierung von Laich- und Aufwuchsarealen.....	26
4.1.3 Zusammenstellung der Zielgebiete.....	37
4.2 Datengrundlage.....	45
4.3 Querbauwerke und Wasserkraftanlagen.....	48
4.3.1 Weser.....	48
4.3.2 Hunte.....	50

4.3.3 Leine.....	53
4.3.4 Diemel	54
4.4 Ermittlung von lokalen Aufstiegs- und Überlebensraten.....	55
4.4.1 Identifizierung potenzieller Wanderwege.....	56
4.4.2 Aufwärts gerichtete Durchgängigkeit.....	57
4.4.3 Abwärts gerichtete Durchgängigkeit	58
4.5 Ermittlung turbinenbedingter Mortalitätsraten	60
4.5.1 Vor-Ort-Untersuchungen	60
4.5.2 Abschätzung durch Modelle.....	62
4.6 Expertise zur Populationsdynamik diadromer Fischarten	78
4.7 Modellierung der Überlebensfähigkeit der Population.....	81
4.7.1 Statische Betrachtung.....	81
4.7.2 Populationsdynamische Betrachtung.....	83
4.8 Variantenuntersuchung	86
4.9 Ableitung von Maßnahmenvorschlägen	88
4.10 Kostenermittlung.....	90
4.10.1 Kostenschätzung Fischaufstiegsanlagen.....	90
4.10.2 Kostenschätzung Fischabstieg	92
4.11 Ermittlung der Mindererzeugung und der Erträge nach EEG.....	92
4.11.1 Mindererzeugung von WKA	92
4.11.2 Vergütung nach EEG.....	93
4.11.3 Kapitalisierung der Erträge.....	95
4.11.4 Anwendung auf die untersuchten Standorte	95
5 Ergebnisse.....	96
5.1 Festlegung von Zielarten	98
5.2 Zielgebiete.....	98

5.2.1 Zielgebiete für den Lachs.....	98
5.2.2 Zielgebiete für den Aal	103
5.3 Ausgewählte Wanderrouten und Zielgebiete	106
5.4 Aufstiegs- und Überlebensraten in den Wanderrouten im Ist-Zustand.....	109
5.4.1 Hunte.....	109
5.4.2 Leine - Vorharzgewässer	110
5.4.3 Diemel	114
5.5 Populationsdynamische Betrachtung im Ist-Zustand.....	119
5.5.1 Ergebnisse der Expertise für die Zielarten	119
5.5.2 Abgleich mit dem Ist-Zustand	120
5.6 Variantenuntersuchung für die Wanderrouten im Plan-Zustand.....	124
5.6.1 Variantenuntersuchung für die Wanderrouten des Lachses	125
5.6.2 Variantenuntersuchung für die Wanderrouten des Aals	129
5.7 Maßnahmenvorschläge für die Wanderrouten	133
5.7.1 Maßnahmenvorschläge für die Zuflüsse der Weser	133
5.7.2 Maßnahmenvorschläge für die Standorte an der Weser.....	143
5.8 Weiterer Untersuchungsbedarf	155
6 Diskussion - Szenarien für Maßnahmen zur Verbesserung des Fischabstiegs	158
6.1.1 Szenarien für den Lachs	160
6.1.2 Szenarien für den Aal.....	163
6.1.3 Maßnahmenkombinationen für die Einwicklung diadromer und potamodromer Fischarten	166
7 Schlussfolgerungen und nächste Schritte	176
8 Zusammenfassung.....	178
8.1 Zielsetzung	178
8.2 Vorgehen.....	179

8.3 Ergebnisse	180
8.4 Ausblick	184
9 Literatur	186

Anlagen

Anlage 1: Beschreibung der Standorte in den Weser-Zuflüssen (IBFM)

Anlage 2: Teil A Grundlagen zum Bau von Fischaufstiegsanlagen (IBFM)

Teil B Fischschutz – und Fischabstiegsanlagen (IBFM)

Teil C Mindestabfluss in Ausleitungsstrecken (IBFM)

Teil D Grundlagen zur Bewertung der Durchgängigkeit (IBFM)

Teil E Ermittlung von Mindererzeugung der Wasserkraftanlagen (IBFM)

Anlage 3: Zeichnungen (IBFM)

P07-014-01: Fischabstieg Langwedel, Variante 1

P07-014-02: Fischabstieg Langwedel, Variante 2

Anlage 4: Auszug aus dem Endbericht: Populationsdynamik diadromer Fischarten
(Uni HH)

Abbildungsverzeichnis

Abb. 2.1: Übersichtskarte über das Weser-Einzugsgebiet	5
Abb. 3.1: Fließdiagramm Methodik der Flussgebietsstrategie.....	16
Abb. 4.1: Übersichtskarte der bearbeiteten Fließgewässer im Einzugsgebiet der Weser	25
Abb. 4.2: Schematische Abfolge der Leitfischregionen im Längsschnitt eines Gewässers.....	28
Abb. 4.3: Schema eines Salmonidenlaichplatzes (aus: SCHWEVERS & ADAM 2000).....	34
Abb. 4.4: Standorte an der Weser.....	49
Abb. 4.5: Übersicht Hunte Standorte.....	51
Abb. 4.6: Übersicht Leine-Standorte.....	54
Abb. 4.7: Übersicht Diemel-Standorte	55
Abb. 4.8: Beispiel verschiedener Abwanderwege und Ermittlung der Schädigungen abwandernder Fische an einem Standort mit WKA (Standort-Abstiegsrate)	58
Abb. 4.9: Beispiel für die Berechnung der Mortalitätsrate bei Ebel und Larinier ...	72
Abb. 4.10: Vergleich der mit den Modellen ermittelten Mortalitätsraten von Blankaalen bei der Passage von Kaplan-Turbinen.....	76
Abb. 4.11: aus THIEL u. MAGATH (2010): Lebenszyklus des Atlantischen Lachses <i>Salmo salar</i> (Linnaeus, 1758) mit Angabe der Lebenszyklus-Abschnitte, für die Teilüberlebensraten ermittelt wurden.....	80
Abb. 4.12: Kumulierte Erreichbarkeitsrate p auf- oder abwandernder Fische bei der Passage von n Standorten mit der lokalen Überlebensrate q (DUMONT et.al. 2005).....	82
Abb. 4.13: Parameter des Berechnungsmodells zur Abbildung des Lebenszyklus des Atlantischen Lachses (weiß:	

populationsdynamische Parameter, gelb: Verluste an Querbauwerken und Wasserkraftanlagen).....	85
Abb. 4.14: Spezifische Investitionskosten für Fischaufstiegsanlagen, bezogen auf den Abfluss zur Kostenermittlung und die Absturzhöhe	91
Abb. 5.1: Fließdiagramm Ergebnisse der Flussgebietsstrategie.....	97
Abb. 5.2: Zielgebiete für den Lachs.....	102
Abb. 5.3: Zielgebiete für den Aal	105
Abb. 5.4: Untersuchungsgebiet mit ausgewählten Entwicklungsgebieten.....	108
Abb. 5.5: Erreichbarkeitsrate Leine-Areal für den Aal im Ist-Zustand	112
Abb. 5.6: Gesamtüberlebensrate für Aale aus den Leine-Arealen im Ist-Zustand	113
Abb. 5.7: Erreichbarkeitsrate Diemel-Areal für den Aal im Ist-Zustand	117
Abb. 5.8: Gesamtüberlebensrate für Aale aus den Diemel- und aus den Weser- Arealen	119
Abb. 5.9: Parameter des Berechnungsmodells zur Abbildung des Lebenszyklus des Atlantischen Lachses (weiß: populationsdynamische Parameter, gelb: Verluste an Querbauwerken und Wasserkraftanlagen).....	121
Abb. 5.10: Lebenszyklus des Lachses, berechnet mit heutigen Werten für die populationsbiologischen Parameter (Ist-Zustand Wesersystem) und <u>ohne</u> Verluste an Querbauwerken oder Wasserkraftanlagen.....	122
Abb. 5.11: Lebenszyklus des Lachses, berechnet mit populationsbiologischen Parameterwerten für den Selbsterhalt der Population und <u>ohne</u> Verluste an Querbauwerken oder Wasserkraftanlagen.....	123
Abb. 5.12: Lebenszyklus des Lachses, berechnet mit optimalen populationsbiologischen Parameterwerten (3. Quartil) und Verlusten an Querbauwerken und Wasserkraftanlagen nach Variante 1 für die Wanderroute Leine mit Weser	127
Abb. 5.13: Lebenszyklus des Lachses, berechnet mit optimalen populationsbiologischen Parameterwerten (3. Quartil) und Verlusten an Querbauwerken und Wasserkraftanlagen nach Variante 1 für die Wanderroute Diemel mit Weser	128
Abb. 5.14: Gesamtüberlebensrate für Aale aus den Leine-Arealen bei Variante 2	130

Abb. 5.15: Gesamtüberlebensrate für Aale aus den Diemel-Arealen bei Variante 2	131
Abb. 5.16: Aufbau einer Wasserkraftanlage mit einem Fischschutzrechen und einer oberen Bypass-Rinne für den Abstieg von Lachssmolts	147
Abb. 5.17: Mögliche Anordnung der Bypassrinne vor dem Rechen unterhalb der Betonschürze.....	151
Abb. 5.18: Mögliche Anordnung eines Frühwarnsystems im Weser-Einzugsgebiet	153
Abb. 6.1: Untersuchungsgebiet mit ausgewählten Entwicklungsgebieten.....	159
Abb. 8.1: Ablaufschema Flussgebietsstrategie.....	184

Tabellenverzeichnis

Tab. 2.1: Anteile der Bundesländer am Wesereinzugsgebiet	6
Tab. 2.2: Abflusswerte an der Weser an den Pegeln Vlotho und Intschede 2004 (Quelle: Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch, Weser- und Emsgebiet, 2004).....	7
Tab. 2.3: Abflusswerte an der Leine an den Pegeln Greene und Schwarmstedt 2004 (Quelle: Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch, Weser- und Emsgebiet, 2004).....	7
Tab. 2.4: Abflusswerte an der Hunte an dem Pegel Colnrade OP 2004 (Quelle: Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch, Weser- und Emsgebiet, 2004).....	8
Tab. 2.5: Abflusswerte an der Diemel an dem Pegel Helmarshausen 2004 (Quelle: Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch, Weser- und Emsgebiet, 2004)	8
Tab. 4.1: Übersicht aller im Wesereinzugsgebiet bearbeiteter Fließgewässer	20
Tab. 4.2: Gefällegliederung der Fließgewässerzonen (HUET 1949)	27
Tab. 4.3: Fließgewässerregionen (nach ILLIES 1961)	27
Tab. 4.4: Quellenangaben	29
Tab. 4.5: Quellenangaben zur Gewässergüte.....	30
Tab. 4.6: Quellenangaben zu Querbauwerken.....	31
Tab. 4.7: Zielgebietsflächen für den Lachs im Wesersystem.....	38
Tab. 4.8: Potentielle Zielgebiete für den Aal im Wesereinzugsgebiet.....	39
Tab. 4.9: Übersicht über die Wasserkraftnutzung an der Weser	50
Tab. 4.10: Gesamtbewertung eines Standorts (aufwärts) bezogen auf eine Zielart	57
Tab. 4.11: Gesamtbewertung eines Standorts (abwärts) bezogen auf eine Zielart	59
Tab. 4.12: Variablen für die Berechnung der Schädigungsrate bei der Turbinenpassage (Kaplan) aus PLOSKEY (2004).....	64

Tab. 4.13: Formeln für die Berechnung der Schädigungsrate bei der Turbinenpassage (Kaplan) aus PLOSKEY (2004).....	65
Tab. 4.14: Technische Daten zu den Wasserkraftstandorten an der Weser	73
Tab. 4.15: Berechnete Mortalitätsraten an den Wasserkraftstandorten an der Weser	74
Tab. 4.16: Empirische Modelle zur Berechnung der Mortalität bei der Turbinenpassage	75
Tab. 4.17: Mortalitätsursachen des Atlantischen Lachses für unterschiedliche Lebensstadien laut Literatur (aus THIEL u. MAGATH 2010).....	78
Tab. 4.18: Zusammenfassung der Überlebensraten des Lachses aus der Literatur und Einschätzung für das Wesersystem (aus THIEL u. MAGATH (2010)).....	80
Tab. 4.19: Kostenansatz für Fischschutz- und Abstiegsanlagen.....	92
Tab. 4.20: Tarife für die Vergütung von Strom aus Wasserkraft entsprechend EEG 2009, EEG 2004 und EEG 2000 für Anlagen mit einer Leistung < 5 MW	94
Tab. 5.1: Prioritäre Zielgebiete für den Lachs im Wesereinzugsgebiet.....	100
Tab. 5.2: Sekundäre Zielgebiete für den Lachs im Wesereinzugsgebiet.....	101
Tab. 5.3: Prioritäre Zielgebiete für den Aal im Wesersystem.....	103
Tab. 5.4: Sekundäre Zielgebiete für den Aal im Wesersystem	104
Tab. 5.5: Wanderrouten und Zielgebiete	106
Tab. 5.6: Lachs-Areale im Untersuchungsgebiet der Weser (Quelle: Angaben zu den Nebengewässern der Hunte wurden vom LAVES übermittelt. Die Gewässerfläche ist auf Basis geschätzter mittlerer Breiten angegeben.).....	107
Tab. 5.7: Aal-Areale im Untersuchungsgebiet der Weser.....	107
Tab. 5.8: Legende zur Bewertung der Durchgängigkeit	109
Tab. 5.9: Zusammenstellung der Bewertung der Durchgängigkeit an den Wasserkraftanlagen der Hunte. Die Prozentangaben geben den Abflussanteil bei MQ an.	109
Tab. 5.10: Bewertung der flussaufwärts und flussabwärts gerichteten Durchgängigkeit der Standorte an der Weser	111

Tab. 5.11: Zusammenstellung der Bewertung der Durchgängigkeit an den Wasserkraftanlagen der Leine und Rhume. Die Prozentangaben geben den Abflussanteil bei MQ an.....	111
Tab. 5.12: Bewertung der flussaufwärts und flussabwärts gerichteten Durchgängigkeit der Standorte an der Weser	115
Tab. 5.13: Zusammenstellung der Bewertung der Durchgängigkeit an den Wasserkraftanlagen der Diemel. Die Prozentangaben geben den Abflussanteil bei MQ an.	116
Tab. 5.14: Abschätzung der Mortalitätsraten von Lachsen und Aalen bei der Turbinenpassage der Wasserkraftanlagen an der Weser aufgrund technischer Kriterien	118
Tab. 5.15: Zusammenfassung der Überlebensraten des Lachses aus der Literatur und Einschätzung für das Wesersystem (aus THIEL u. MAGATH (2010)).....	120
Tab. 5.16: Berechnungsschritte und Ergebnisse der populationsbiologischen Betrachtung im Ist-Zustand.....	124
Tab. 5.17: Populationsfaktoren für die Wanderrouten des Lachses im Planzustand, berechnet mit den Parameterwerten des 3. Quartils....	126
Tab. 5.18: Effektivitätsraten für die Wanderrouten des Aals im Planzustand ohne Einfluss der Fischerei etc. (WR= Wanderroute).....	132
Tab. 5.19: Zusammenstellung aller Maßnahmenvorschläge und der geschätzten Kosten für Umbaumaßnahmen an den Wasserkraftanlagen der Hunte	135
Tab. 5.20: Geschätzte Gesamtkosten für Umbaumaßnahmen an der Hunte	135
Tab. 5.21: Zusammenstellung aller Maßnahmenvorschläge und der geschätzten Kosten für Umbaumaßnahmen an der Leine und Rhume	137
Tab. 5.22: Geschätzte Gesamtkosten für Umbaumaßnahmen an Leine und Rhume	139
Tab. 5.23: Zusammenstellung aller Maßnahmenvorschläge und der geschätzten Kosten für Umbaumaßnahmen an der Diemel.....	141
Tab. 5.24: Geschätzte Gesamtkosten für Umbaumaßnahmen an der Diemel	142
Tab. 5.25: Kostenschätzung für Installation und Betrieb eines Aal-freundlichen Turbinenmanagements im Untersuchungsgebiet	154

Tab. 6.1: Zusammenstellung der Szenarien für die Wanderrouten der Lachse mit Populationsfaktoren und Abschätzung der Kosten im Planzustand. Für die Bemessung wurde das 3. Quartil (sehr gute Bedingungen) für die populationsdynamischen Parameter angesetzt. (WR= Wanderroute).....	162
Tab. 6.2: Zusammenstellung der Szenarien für die Wanderrouten der Aale mit Gesamtüberlebensraten und Abschätzung der Kosten im Planzustand (WR= Wanderroute).....	164
Tab. 6.3: Zusammenstellung von Lachs-Populationsfaktoren, Aal-Gesamtüberlebensraten und Abschätzung der Kosten für die verschiedenen Maßnahmenkombinationen. Für die Bemessung wurde das 3. Quartil (sehr gute Bedingungen) für die populationsdynamischen Parameter angesetzt. (WR= Wanderroute)	169

Glossar und Begriffsdefinitionen

Im Rahmen der Studie wurden folgende Begriffsdefinitionen festgelegt, die in diesem Sinne in der Studie verwendet werden. Die Begriffsdefinitionen sind nicht immer allgemein gültig.

Begriff/Abkürzung	Bedeutung
Areal	Gewässerstrecke, die aufgrund geeigneter hydromorphologischer Bedingungen (Gefälle, Abfluss, Substrat) im vom Menschen unbeeinflussten Zustand als potenzieller Lebensraum für eine Art angesehen werden kann. Die Gewässerstrecken entsprechen prinzipiell den Strecken, für die historische Nachweise vorliegen. Bei der Festlegung wurden der aktuelle hydromorphologische und chem.-phys. Zustand nicht berücksichtigt bzw. bewertet.
Arealfläche	Abschätzung der Fläche des Areals, z.B. als Produkt (Länge der Gewässerstrecke x mittlere Breite)
Arealnutzungsrate	Anteil der Arealfläche, der aufgrund seiner unzureichenden aufwärts gerichteten Durchgängigkeit durch die Fische erreicht und damit prinzipiell besiedelt werden kann, zur gesamten in einem Gewässer oder Gewässersystem vorhandenen Arealfläche.
Bestimmtheitsmaß R^2	Ein Maß aus der Statistik für den Varianzanteil einer abhängigen Variabel.
Biotop	Lebensraum einer Biozönose mit seinen spezifischen Umwelt- und Lebensbedingungen
Biozönose	Gemeinschaft von Pflanzen und Tieren in einem Lebensraum
DWA	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.
EEG	Gesetz für den Vorrang erneuerbarer Energien
Effektivitätsrate	Oberbegriff für Erreichbarkeits-, Arealnutzungs- und Gesamtüberlebensrate

Begriff/Abkürzung	Bedeutung
EG-WRRL	Europäische Wasserrahmenrichtlinie
Erreichbarkeitsrate	<p>Anteil einer aufwandernden Population, der in der Lage ist, sein Zielareal (mit angemessenem Zeit- und Energieaufwand) zu erreichen, zur gesamten Population.</p> <p><i>Oder:</i> Anteil einer abwandernden Population, der in der Lage ist, ungeschädigt die Nordsee zu erreichen.</p>
FAA	Fischaufstiegsanlage
FGG-Weser	Flussgebietsgemeinschaft Weser
Gesamtüberlebensrate	<p>Anteil der Fische, der nach dem Abstieg in einem definierten Folgegewässer oder Meer lebend ankommt, wenn 100 % aus einem Einzugsgebiet oder Gewässer startet. Die Gesamtüberlebensrate schließt sämtliche Ursachen ein, nicht nur Schädigungen durch Turbinen- oder Wehrpassage, sondern vor allem auch Schädigungen durch Fischerei, Wasserentnahmen sowie natürliche Mortalität.</p> <p>Es muss immer der Bezugsrahmen angegeben werden, z.B. aus dem Weser-Einzugsgebiet zur Nordsee.</p> <p><i>Gesamtüberlebensrate = 100 % - (Technische Gesamtsterblichkeitsrate * fischereiliche Sterblichkeitsrate * Sterblichkeitsrate durch Entnahmen * natürliche Sterblichkeitsrate)</i></p>
Habitat	Aufenthaltsbereich von Pflanzen und Tieren innerhalb eines Biotops
Laich- oder Aufwuchshabitat	<p>Bei den Laich- und Aufwuchshabitaten einer Art handelt es sich um solche Gewässerabschnitte bzw. -flächen, die aufgrund der aktuell gegebenen, durch Kartierung nachgewiesenen, hydromorphologischen und chemisch-physikalischen Gegebenheiten von der jeweiligen Art zur Reproduktion und als Aufwuchshabitat genutzt werden können.</p> <p>Aufgrund der großräumigen Betrachtung auf Flussgebietsebene wird im Rahmen des vorliegenden Projektes nicht zwischen den Laich- und Aufwuchshabitaten einer Art differenziert.</p>
LAVES	Niedersächsisches Landesamt für Verbraucherschutz und Le-

Begriff/Abkürzung	Bedeutung
	bensmittelsicherheit
NLWKN	Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz
Mortalität	<p>Zusammenfassender Begriff für die Schädigung von Fischen durch Tod oder Verletzung während der Abwanderung, die zum Ausfall des Individuums für die Reproduktion der Art führt. Die Mortalität während anderer Phasen des Entwicklungszyklus werden hierbei nicht betrachtet.</p> <p>Grundsätzlich unterscheidet man zwischen der direkten und der verzögerten Mortalität. Während die direkte Mortalität durch unmittelbar tödliche Verletzungen hervorgerufen wird, stirbt ein mehr oder weniger großer Teil von verletzten Fischen nicht unmittelbar nach der Schädigung, sondern zeitverzögert. Dem wird üblicherweise Rechnung getragen, indem die zu untersuchende Fischprobe für 24, 48 oder 96 Stunden zwischengehäлтert wird. Der Anteil der innerhalb dieser Zeit zusätzlich verendenden Fische wird als verzögerte Mortalität bezeichnet.</p> <p>Im Falle der Blankaalabwanderung kann sogar eine 96-stündige Hälterung nicht ausreichend sein, denn gerade bei winterlichen Wassertemperaturen leben selbst offensichtlich letal verletzte Aale häufig noch nach mehreren Tagen. Als letale Verletzungen werden eingestuft:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Durchtrennungen des Körpers • Wirbelbrüche • innere Verletzungen, soweit ohne Sektion erkennbar • große offene Wunden und Verletzungen, Hautverluste etc. <p>Demgegenüber werden Flossenschäden, lokale Hautschäden und Blutungen sowie kleinere Wunden als subletal eingestuft.</p> <p>Die Differenzierung zwischen letalen und subletalen Verletzungen ist nicht immer eindeutig möglich. Sie ist somit von der Einschätzung des Bearbeiters abhängig und unterliegt damit einer gewissen Subjektivität. Darüber hinaus sind innere Verletzungen und Wirbelbrüche nicht immer äußerlich erkennbar. Um diese Schädigungen zuverlässig zu diagnostizieren wäre eine Sektion und/oder röntgenologische Untersuchung</p>

Begriff/Abkürzung	Bedeutung
	einer repräsentativen Stichprobe notwendig. Somit ist die Ermittlung der Mortalität insbesondere bei Blankaalen mit unvermeidbaren Unsicherheiten verbunden.
Mortalitätsrate	Anteil der getöteten und letal verletzten Fische an der betrachteten Gesamtheit abwandernder Fische an einem Standort oder einem betrachteten Gewässerabschnitt in Prozent.
Plan-Zustand	Zustand nach Durchführung geplanter Maßnahmen
Populationsfaktor	Der Populationsfaktor gibt an, wie hoch die Anzahl laichbereiter Lachse aus einem bestimmten Areal nach Vollendung eines Lebenszyklus im Vergleich zur Anzahl der laichbereiten Lachse zu Beginn des Lebenszyklus ist. Erst wenn der Populationsfaktor $\geq 100\%$ ist, erhält sich die Population selbst.
Prädation	Zwischenartliche Wechselwirkungen, bei denen ein Lebewesen ein anderes oder Teile davon konsumiert.
Überlebensrate	Der Prozentsatz der nicht letal geschädigten Exemplare an der betrachteten Gesamtheit abwandernder Fische an einem Standort oder einem betrachteten Gewässerabschnitt wird als Überlebensrate bezeichnet. Sie errechnet sich nach der Formel: <i>Überlebensrate = 100 % - Mortalitätsrate</i>
Technische Gesamtüberlebensrate (aufgrund Schädigungen bei Turbinen- und Wehrpassage)	Anteil der Fische, der nach der Turbinen- und Wehrpassage in einem definierten Folgegewässer oder Meer lebend ankommt, wenn 100 % aus einem Einzugsgebiet oder Gewässer startet. Die technische Gesamtüberlebensrate beinhaltet dabei nur Schädigungen durch Turbinen- oder Wehrpassage. Es muss immer der Bezugsrahmen angegeben werden, z.B. aus dem Weiser-Einzugsgebiet zur Nordsee. <i>Technische Gesamtüberlebensrate = 100 % - technische Gesamtmortalitätsrate</i>
QBW	Querbauwerk
Schädigungsrate	Mortalitätsrate
Schutzrate	Anteil der Fische, die davor geschützt werden, in die Turbine einer Wasserkraftanlage zu gelangen. Der übrige Anteil pas-

Begriff/Abkürzung	Bedeutung
	siert die Turbine mit der turbinenbedingten Mortalitätsrate.
Standort	Als Standort wird der gesamte von einem Querbauwerk, einer Wasserkraft- oder sonstigen Wassernutzungsanlage beeinflusste Gewässerbereich definiert. Er reicht von der Stauwurzel bis zur Einmündung eines eventuell vorhandenen Unterwasserkanals.
Wanderkorridor	Bezeichnung der Strecke innerhalb einer Fischaufstiegsanlage, die von den Fischen genommen werden kann.
Wanderpfad, Wanderweg	Für den Auf- und Abstieg an einem Standort gibt es verschiedene Wanderpfade oder Wanderwege zur Auswahl. Mögliche Wanderpfade sind z.B. der Weg über das Wehr oder über die WKA.
Wanderroute	Als Wanderroute wird die gesamte Gewässerstrecke zwischen einem bestimmen Areal oder einem Laich- und Aufwuchshabitat und dem Meer betrachtet.
WKA	Wasserkraftanlage
Zielareale	<p>Areale, die potenziell als Habitat entwickelt werden sollen. Sie werden nach fachlicher und ggf. strategischer Abwägung bestimmt.</p> <p>Für diese Zielareale wird untersucht, in welchem Umfang die Erreichbarkeit aus bzw. die Abwanderung ins Meer aktuell gewährleistet ist und künftig wiederhergestellt werden muss, um die Existenz bzw. Wiederansiedlung sich selbst erhaltender Populationen zu ermöglichen.</p>

Einführung - Projektziele

Die Nutzung der Gewässer zur Erzeugung von Energie und die Bemühungen zur ökologischen Sanierung dieses wichtigen Lebensraums sind ein klassischer Konflikt zwischen unterschiedlichen gesellschaftlichen Zielen:

- Die Wasserkraft ist eine der wichtigen regenerativen Energiequellen. Sie trägt grundsätzlich zur Verminderung des CO₂-Ausstoßes und damit zum Klimaschutz bei. Gleichzeitig reduziert sie den Bedarf an konventionellen Primärenergieträgern und dient so zur Verbesserung der Versorgungssicherheit und vermindert die Abhängigkeit von fossilen und nuklearen Brennstoffen. Daher hat die Wasserkraft eine hohe energiepolitische Bedeutung, auch wenn das energetische Potenzial in Deutschland begrenzt und bereits zu einem hohen Grad ausgeschöpft ist.
- Die Verbesserung der Gewässerökologie ist seit Jahrzehnten ein allgemein anerkanntes Ziel der Umweltpolitik. Nach dem Rückgang der chemischen Belastungen wird die Bedeutung der hydromorphologischen Defizite deutlicher, zu denen insbesondere auch die Unterbrechung der flussauf- und flussabwärts gerichteten Durchgängigkeit gehört. Die EG-Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL), deren Umsetzung in den nächsten 20 Jahren eine zentrale Rolle in der Wasserwirtschaft spielen wird, schreibt eine Verbesserung des ökologischen Zustandes der Gewässer vor. Da die mangelnde Passierbarkeit von Querbauwerken und Wasserkraftanlagen (WKA) unmittelbare Wirkungen auf die Fischfauna hat, zählt die Wiederherstellung der Durchgängigkeit zu den wichtigen Maßnahmen bei der Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie.

Es wird europaweit über strategische Ansätze diskutiert, wie die beiden Ziele Wasserkraftnutzung und Umsetzung der EG-WRRL vereinbart werden können. Dabei stehen oftmals Strategien und Maßnahmen zur Herstellung der Durchgängigkeit im Mittelpunkt. Für die Entwicklung selbst erhaltender Fischpopulationen ist es darüber hinaus entscheidend, dass die Ökosystemfunktionen für alle Entwicklungsstadien der jeweiligen Art in allen benötigten Gewässern und Gewässerkompartimenten einen Fortbestand der Art ermöglichen. Das bedeutet, dass die biologischen, stofflichen, physikalisch-chemischen und hydromorphologischen Bedingungen intakt sind und die direkten anthropogenen Einflüsse (z.B. Entnahme durch Fischerei, letale Schädigung an Wasserentnahmebauwerken und Wasserkraftanlagen) von der Population kompensiert werden können. Für einen Flussgebiets bezogenen Ansatz stellt

sich daher zunächst die Frage, wo in den stark nutzungsgeprägten Gewässern die Funktionsfähigkeit der Habitats im o.g. Sinn noch vorhanden oder mit den gegebenen Mitteln wiederherstellbar ist. Des Weiteren müssen diese Gebiete für die Population erreichbar sein, wobei es populationsbiologisch abzusichern ist, dass die Erreichbarkeits- und Überlebensraten die Überlebensfähigkeit der Population gewährleisten. Die Herstellung der Durchgängigkeit, die für die Entwicklung einer selbsterhaltenden Population erfüllt sein muss, wird damit in nutzungsgeprägten Gewässern zu einer grundlegenden Herausforderung. Auf der anderen Seite wird deutlich, dass es einer Vielzahl weiterer Maßnahmen bedarf, um die vielfältigen Umweltbedingungen wiederherzustellen und zu optimieren, welche die Arten in jedem Abschnitt ihres Lebenszyklus benötigen. Dies schließt Maßnahmen von der Verbesserung der Gewässergüte, großräumigen Renaturierungen verbauter Gewässerabschnitte bis zu Fangquoten der marinen Fischerei bei den diadromen Arten ein. Für den Selbsterhalt der Population sind daher viele Maßnahmen zu ergreifen.

In dem Forschungsvorhaben standen der Aspekt des Fischabstiegs und der Einfluss der Wasserkraftnutzung im Vordergrund ohne andere Nutzungseinflüsse oder andere Maßnahmenoptionen damit zu vernachlässigen.

Zur Gewährleistung der flussaufwärts gerichteten Wanderungen besteht ein ausreichender Stand der Technik. Aktuelle und in Arbeit befindliche Publikationen zeigen Wege auf, nach denen die entsprechende Umgestaltung der Querbauwerke erfolgen kann, um eine hohe Funktionsfähigkeit zu erreichen.

Die Problematik der flussabwärts gerichteten Wanderung an Wasserkraftanlagen ist häufig schwieriger zu lösen. Der Stand der Technik ist nicht ausreichend entwickelt und die ggf. erforderlichen Maßnahmen bedeuten oft – abhängig von der Größe der Wasserkraftanlage und den örtlichen Bedingungen – erhebliche ökonomische Belastungen.

Folgende Gesichtspunkte sind von besonderer Bedeutung:

- Für die Entwicklung der diadromen und der potamodromen Fischpopulationen muss die flussaufwärts gerichtete Durchgängigkeit an allen Wanderhindernissen entlang der notwendigen Wanderrouten wiederhergestellt werden.
- Für diadrome Arten ist es besonders wichtig, dass sie Wanderhindernisse wie z.B. Wasserkraftstandorte möglichst ungeschädigt flussabwärts passieren können.
- In beiden Wanderrichtungen besteht eine kumulative Wirkung der Bauwerke auf die Populationen: flussaufwärts tritt mit zunehmender Zahl der durchwanderten Standorte eine Ausdünnung der Aufsteiger und beim Flussabstieg der Absteiger

auf. Bei der Abwanderung der diadromen Arten kommt der Gesamteffizienz (= Gesamtüberlebensrate) auf der Wanderroute zwischen den Süßwasserhabitaten und dem Meer eine entscheidende Bedeutung zu. Die Gesamtüberlebensrate sinkt grundsätzlich mit der Zahl der zu passierenden Wasserkraftanlagen.

- Aus den genannten Zusammenhängen folgt, dass die diadromen Populationen nur dort Überlebenschancen haben, wo – neben der Erfüllung stofflicher und struktureller Ansprüche an die Gewässer – nur eine bestimmte, maximale Zahl von Standorten auf der Wanderroute passiert werden muss.
- Diese Erkenntnis führt unmittelbar zu der Notwendigkeit, diejenigen Gewässer zu ermitteln, in denen die diadromen Arten eine reale Überlebenschance haben. Diese sollten als potenzielle Entwicklungsgewässer vorrangig durchgängig gemacht werden.

Die wichtigen Verbindungsgewässer zu den in der Regel flussaufwärts liegenden Habitaten sind häufig Wasserstraßen, die zudem energetisch intensiv genutzt werden. Da ihrer ökologischen Verbesserung im oben genannten Sinn eine entscheidende Bedeutung für die diadromen aber auch für die potamodromen Fischarten zukommt, müssen technische und betriebliche Lösungen verstärkt untersucht werden.

Das F & E Vorhaben „Wasserkraftnutzung und Wasserrahmenrichtlinie“ beschäftigte sich im vorgenannten Sinn mit der Weser als typischer Bundeswasserstraße mit einem hohen Maß energetischer Nutzung und den Nebengewässern, die Wanderrouten und Lebensräume für diadrome Fischarten darstellen.

Bereits in der Studie zur Umsetzungsstrategie „Durchgängigkeit Weser“ (INGENIEURBÜRO FLOECKSMUEHLE 2008) wurden für die einzelnen Standorte an der Weser detaillierte Beschreibungen, Bewertungen sowie Handlungsempfehlungen erstellt. Das F & E Vorhaben „Wasserkraftnutzung und Wasserrahmenrichtlinie“ kann als Weiterführung dieser Arbeiten gesehen werden. Im Fokus des F & E Vorhabens stand nicht der einzelne Standort wie in der Studie zur Umsetzungsstrategie „Durchgängigkeit Weser“ sondern das gesamte Flussgebiet.

Ziel war es, eine Vorgehensweise zu bestimmen, um selbsterhaltende Fischpopulationen in einem Flussgebiet zu etablieren. Diese Vorgehensweise wird im folgenden Flussgebietsstrategie genannt.

Das Vorhaben gliederte sich in vier wesentliche Arbeitsschritte:

Arbeitsschritt 1: Ableitung populationsbiologisch notwendiger Überlebensraten zum Selbsterhalt von Fischpopulationen

Arbeitsschritt 2: Ermittlung von anlagen- und artspezifischen Schädigungs- und Mortalitätsraten bei der Passage von Turbinen

Arbeitsschritt 3: Erfassung des Vernetzungspotenzials von geeigneten Laich-, Aufwuchs- und Wandergewässern in Teileinzugsgebieten

Arbeitsschritt 4: Ableitung von umsetzungsgerechten Maßnahmevorschlägen und Strategien für die Etablierung reproduktionsfähiger diadromer Fischpopulationen.

Arbeitsschritt 1 wurde von dem Projektpartner Universität Hamburg, Biozentrum Grindel und Zoologisches Museum, Abteilung Ichthyologie, durchgeführt.

Das Institut für angewandte Ökologie, Kirtorf-Wahlen, führte innerhalb des Arbeitsschritts 2 Vor-Ort-Untersuchungen an Aalen und Lachsen durch und bestimmte die Zielareale in Arbeitsschritt 3.

Die Arbeiten wurden von einer projektbegleitenden Arbeitsgruppe unterstützt, in der die Flussgebietsgemeinschaft Weser, das Niedersächsische Landesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (LAVES, Dezernat Binnenfischerei), die Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) sowie der Auftraggeber vertreten waren. Unbenommen der eigenständigen projektinternen methodischen Vorgehensweise, die einige Festlegungen der Bundesländer unberücksichtigt lässt, unterstützt der Bericht die Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie im Hinblick auf das überregionale Bewirtschaftungsziel Durchgängigkeit.

2

Allgemeine Beschreibung des Untersuchungsgebietes

2.1

Das Weser-Einzugsgebiet

Das Untersuchungsgebiet umfasst das Einzugsgebiet der Weser. Als praktisches Untersuchungsgebiet im engeren Sinne ist die Weser von Hameln bis Bremen zu nennen und für vornehmlich strategische Betrachtungen das gesamte Untersuchungsgebiet bzw. die in Kap. 5.3 genannten ausgewählten Entwicklungsgebiete. Im Vordergrund stehen die diadromen Arten.

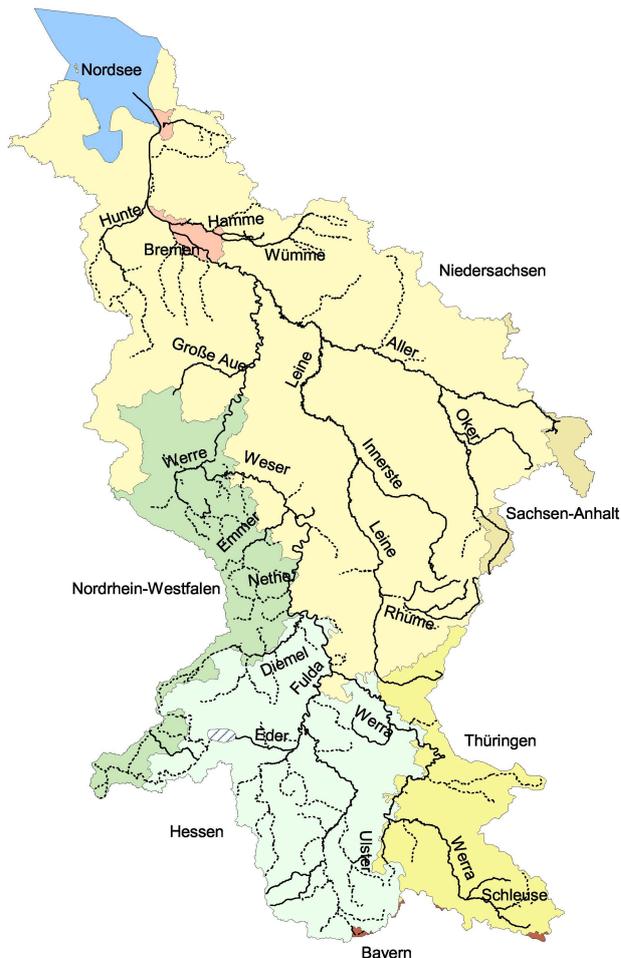


Abb. 2.1: Übersichtskarte über das Weser-Einzugsgebiet

Das gesamte Wesereinzugsgebiet umfasst 46.306 km², davon entfallen auf die Bundesländer die in Tab. 2.1 angegebenen Werte.

Tab. 2.1: Anteile der Bundesländer am Wesereinzugsgebiet

Bundesland	Fläche km ²	Anteil %
Niedersachsen	26.729 km ²	57,7 %
Hessen	8.969 km ²	19,4 %
Nordrhein-Westfalen	4.963 km ²	10,7 %
Thüringen	4.490 km ²	9,7 %
Sachsen-Anhalt	710 km ²	1,5 %
Bremen	397 km ²	0,9 %
Bayern	48 km ²	0,1 %

Die Weser entsteht durch den Zusammenfluss von Werra und Fulda bei Hann.-Münden. Sie weist bereits hier mit 12.441 km² etwa 1/4 ihres Gesamteinzugsgebietes auf. Nach ca. 432 km Lauflänge mündet sie bei Bremerhaven in die Nordsee.

Die Weserstrecke von Hannoversch Münden bis Minden (Weser km 204,445) wird als Oberweser, die Strecke von Minden bis Bremen (Schleuse Hemelingen, Weser km 362,000) als Mittelweser bezeichnet. Unterhalb Bremens folgen die Unterweser bis Bremerhaven und die Außenweser bis zum offenen Meer. (Wasser- und Schifffahrtsamt Verden, 2009).

Die größten Zuflüsse der Weser sind linksseitig von Süden nach Norden die Fulda mit der Eder, die zum größten Teil in Hessen liegen. Ebenfalls weitgehend in Hessen liegt die Diemel. Weiter im Norden bei Bremen fließt die Hunte in die Weser. Die Hunte liegt zum größten Teil in Niedersachsen. Im Oberlauf durchfließt die Hunte den Dümmer, einen natürlichen See mit eiszeitlicher Entstehung.

Rechtsseitig wird die Weser von der Werra aus Thüringen sowie der Aller und der Wümme aus Niedersachsen gespeist. Die Aller ist der größte Zufluss und hat Zufluss aus den Harzgewässern und der Leine.

2.2

Hydrologie und Abfluss

Für Maßnahmen am Gewässer ist die Kenntnis der Hydrologie, d.h. des Wasserdargebots des jeweiligen Fließgewässers von wesentlicher Bedeutung. Falls vorhanden, werden die hydrologischen Daten aus einem langjährigen Zeitraum verwendet, da bei solchen Zeitreihen Unregelmäßigkeiten, wie sie beispielsweise durch sogenannte „nasse“ oder „trockene Jahre“ entstehen können, ausgeglichen werden.

Für die Weser und ausgewählte Nebengewässer wurden die wasserwirtschaftliche Daten den Deutschen Gewässerkundlichen Jahrbüchern (DGJ, 2004), in denen die Messungen der amtlichen Pegel veröffentlicht werden, entnommen.

Tab. 2.2: Abflusswerte an der Weser an den Pegeln Vlotho und Intschede 2004 (Quelle: Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch, Weser- und Emsgebiet, 2004)

	A_E km ²	MNQ m ³ /s	MQ m ³ /s	MHQ m ³ /s
Pegel Vlotho	17.618	63,6	168	775
Pegel Intschede	37.718	124	326	1270

Das Abflussverhalten der Weser ist bei einem Anteil MNQ von MQ mit 38 % als sehr gleichmäßig einzustufen.

Tab. 2.3: Abflusswerte an der Leine an den Pegeln Greene und Schwarmstedt 2004 (Quelle: Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch, Weser- und Emsgebiet, 2004)

	A_E km ²	MNQ m ³ /s	MQ m ³ /s	MHQ m ³ /s
Pegel Greene	2.916	12,8	32,0	179
Pegel Schwarmstedt	6.443	21,4	60,6	291

Das Abflussverhalten der Leine ist bei einem Anteil MNQ von MQ zwischen 35 und 40 % ebenfalls als sehr gleichmäßig einzustufen.

Tab. 2.4: Abflusswerte an der Hunte an dem Pegel Colnrade OP 2004 (Quelle: Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch, Weser- und Emsgebiet, 2004)

	A_E km ²	MNQ m ³ /s	MQ m ³ /s	MHQ m ³ /s
Pegel Colnrade OP	1.318	2,48	10,4	51,8

Die Hunte zeigt mit einem Anteil MNQ von MQ mit 24 % ein gleichmäßiges Abflussverhalten.

Tab. 2.5: Abflusswerte an der Diemel an dem Pegel Helmarshausen 2004 (Quelle: Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch, Weser- und Emsgebiet, 2004)

	A_E km ²	MNQ m ³ /s	MQ m ³ /s	MHQ m ³ /s
Pegel Helmarshausen	1.755	6,26	15,5	112

Bei einem Anteil MNQ von MQ mit 40 % ist das Abflussverhalten der Diemel als sehr gleichmäßig einzustufen.

mit:	A_E	=	Einzugsgebietsgröße
	MNQ	=	mittlerer niedrigster Abfluss
	MQ	=	mittlerer Abfluss
	MHQ	=	mittlerer höchster Abfluss

2.3

Nutzungen

Die Weser und ihre Nebengewässer werden vielfach genutzt.

Einige Gewässer im Untersuchungsgebiet sind Bundeswasserstraßen, die für die Frachtschifffahrt, die Personen- und die Sportschifffahrt genutzt werden. Dazu gehört die Weser selbst im gesamten Untersuchungsgebiet, die Hunte im Abschnitt zwischen Oldenburg (Zufluss Küstenkanal) und der Einmündung in die Weser und die Leine zwischen Hannover und der Einmündung in die Aller. Auch die Aller ist im Unterlauf Bundeswasserstraße.

Eine weitere wichtige Nutzung ist die Fischerei. Im betrachteten Untersuchungsgebiet arbeiten an der Weser noch drei Berufsfischer. Auch am Dümmersee (Hunte) gibt es Fischereibetriebe. Haupteinnahmequelle der Berufsfischer ist der Aal. Neben der Berufsfischerei gibt es zahlreiche Angelvereine und Sportfischer.

Weitere Gewässernutzungen sind die Wasserversorgung für Trink- Brauch- und Kühlwasser sowie die Abwasserentsorgung durch Nutzung der Gewässer als Vorfluter für Regen- und Mischwasserentlastungen und Kläranlagenabläufe.

Ein anderer Aspekt ist die Freizeitnutzung der Gewässer. Wasserbezogener Fremdenverkehr entsteht durch Anwohner und Touristen. Sportschiffahrt, Schwimmen, Fahrradfahren, Wandern, Angeln, Reiten, Naturbeobachtung und Camping sind die hauptsächlichen Freizeitbeschäftigungen.

In der Weser und ihren Nebengewässern besteht eine hohe Anzahl von Querbauwerken und Wasserkraftanlagen. Durch den Rückstau und die Fixierung des Gewässers stellen sie ein strukturelles Defizit dar. Querbauwerke behindern oder unterbrechen die Längsdurchgängigkeit des Gewässers für aquatische Organismen. In Wasserkraftanlagen tritt zusätzlich eine Schädigung der Fische auf, die die Turbine passieren.

2.4

Bewertung des Weserflussgebiets nach EG-WRRL

Im Bewirtschaftungsplan 2009 für die Flussgebietseinheit Weser (FGG WESER 2009) werden als Hauptbelastungsschwerpunkte die Belastungen mit Nährstoffen, Schwermetallen und Salz sowie Veränderungen in der Gewässermorphologie und der Durchgängigkeit identifiziert.

Die Nährstoffeinträge stammen vor allem aus dem Thüringer Werragebiet und konnten in den letzten Jahren bereits deutlich reduziert werden. Neben den Einträgen aus den Gemeindegebieten spielen auch die diffusen Einträge aus der Landwirtschaft eine Rolle.

Die Gewässer des Harzvorlandes sind historisch bedingt mit Schwermetallen belastet. Durch den Jahrhunderte langen Erzabbau sind in diesem Gebiet zahlreiche Quellen (Abraumhalden, Bergwerksgruben, Altlasten) für Schwermetalleinträge entstanden. Bei jedem Regenereignis werden den Gewässern durch diffuse Eintragspfade Schwermetalle zugeführt. Die Schwermetalle haben eine Fernwirkung in die Bremischen Häfen und bis in die niedersächsischen Übergangs- und Küstengewässer.

Die diffusen Salz-Einträge sind seit den 1980er Jahren erheblich zurückgegangen und werden durch die hohen punktuellen Einleitungen deutlich überlagert. Die Salzproduktionsgebiete liegen vor allem im hessisch-thüringischen Werragebiet, an der Fulda bei Neuhoof und in Niedersachsen im Aller-Leine-Gebiet. Trotz deutlichem Rückgang der Salzeinträge ist klar, dass sich auch bei einer Einhaltung des bis 2012 geltenden Grenzwertes von 2.500 mg/l am Pegel Gerstungen keine Süßwasserbio-

zönose einstellen wird. Der Einfluss auf die unterliegenden Wasserkörper ist erheblich und reicht bis nach Bremen.

Im Zuge der oft Jahrhunderte langen Nutzung beispielsweise für die Schifffahrt, die Landwirtschaft oder dem Schutz von Siedlungen vor Hochwasser wurde die Struktur vieler Fließgewässer oft sehr stark verändert. Diese Veränderungen beziehen sich z. B. auf die Fixierung des Flussbettes zur Verhinderung von Seiten- und Sohlerosion, die Veränderung des Feststofftransportes aufgrund von Stauregulierungen, landwirtschaftlicher Nutzung im Gewässerumfeld mit der Folge veränderter Sohlstrukturen (Verockerung, Versandung, Verschlammung) bis hin zur Anpassung der Gewässerform an hydraulische Anforderungen im Rahmen des Hochwasserschutzes bzw. der Entwässerung landwirtschaftlicher Flächen. In Folge dieser Veränderungen kommt es z. B. zu erheblichen Einschränkungen der natürlichen hydromorphologischen Dynamik und damit zum Verlust wichtiger und vielfältiger Lebensräume für Fische, Wirbellose und Pflanzen. Von diesen starken Beeinträchtigungen sind weite Teile der Fließgewässer in der Flussgebietseinheit Weser betroffen.

Das Weserflussgebiet weist Defizite in der Gewässerstruktur auf. Zu jeweils ca. einem Drittel wird die Gewässerstruktur als stark verändert (Strukturklasse V) bzw. sehr stark verändert (Strukturklasse VI) eingestuft.

Eine besondere Belastung ergibt sich aus der Errichtung von Querbauwerken, da ihre ökologische Wirkung oft nicht lokal begrenzt ist, sondern weit in das Einzugsgebiet wirkt. Die geänderten hydraulischen Bedingungen führen ober- und unterhalb des Querbauwerks zu völlig veränderten Umweltbedingungen für die auf fließendes Wasser spezialisierten Tier- und Pflanzenarten.

Die in den größeren Fließgewässern (z. B. Weser, Werra, Fulda, Aller, Leine und Hunte) lokalisierten Querbauwerke haben darüber hinaus aufgrund ihrer Lage in den Wanderrouten zwischen potenziellen Laich- und Aufwuchsgewässern und den Lebensräumen im Meer einen großen Einfluss speziell auf die Entwicklung der Wanderfischarten. Aufgrund des großen Vernetzungspotenzials für fischökologische Lebensräume sind die betroffenen Gewässer bzw. Querbauwerksstandorte von überregionaler Bedeutung.

Die zahlreichen Wasserkraftanlagen bergen potenzielle Schädigungsrisiken, die abhängig vom Turbinentyp und vorhandenen Barrieren zu erheblichen Schädigungen der lokalen Fischfauna führen können. Für Langdistanzwanderfische kumulieren sich die Schäden vieler aufeinander folgender Anlagen, so dass die Quote erfolgreich auf- und abwandernder Fische, z. B. Blankaale stark beeinträchtigt werden kann.

Bezüglich der Verbesserung der Durchgängigkeit sowie der Gewässerstruktur stellen die Bundeswasserstraßen ein besonderes Problemfeld dar. Sie weisen häufig durch Flussbaumaßnahmen entstandene verarmte Strukturen auf und decken sich darüber

hinaus in weiten Bereichen mit den für Wanderfische wichtigen Hauptwanderrouten, auf denen diese zu ihren Laichplätzen und Aufwuchsarealen in den Oberläufen der Nebengewässer finden.

2.5

Wiederansiedlungsprojekte

Unabhängig von der systematischen Bewertung der Gewässer nach EG-WRRL, wird von Angelvereinen bzw. von entsprechenden Arbeitsgemeinschaften bereits die Wiederansiedlung von Wanderfischen (in der Regel Lachswiederansiedlung) betrieben. Diese Projekte sind häufig von lokalen oder regionalen Interessen motiviert.

Im Rahmen der Lokalisierung von Zielgebieten (Kap. 4.1) wurden auch Informationen zu Wiederansiedlungsprojekten gesammelt. Im folgenden wird eine Zusammenstellung dieser Informationen wiedergegeben:

In verschiedenen Gewässern des Werresystems wurden in den zurückliegenden Jahren Junglachse besetzt. Nach vorliegenden Informationen wurden die Wiederansiedlungsversuche in der oberen Werre und der Bega mittlerweile eingestellt, solange die Durchgängigkeit nicht ausreichend gegeben ist.

In der Exter und der Nethe wurden in den zurückliegenden Jahren Junglachse besetzt. Es liegen keine aktuellen Informationen vor.

In der Diemel wurden in den 90er Jahren in der Barbenregion Junglachse besetzt. Zwischenzeitlich ist der Besatz wieder eingestellt worden, da die Durchgängigkeit nicht ausreichend gegeben ist.

Im Hunte-Delme-Gebiet wird seit 1982 Lachswiederansiedlung betrieben.

Auch der Unterhaltungsverband Obere Wümme betreibt Lachswiederansiedlung seit 2001. Aktuelle Informationen liegen nicht vor.

Die Rodau wurde 2000 und 2001 mit Lachsjungfischen besetzt. Es liegen keine aktuellen Informationen vor. Auch in der Fintau wird Lachswiederansiedlung betrieben.

In der Böhme (Allerzufluss) wird vermutlich Lachswiederansiedlung betrieben.

In der Leine wird zwischen Hannover und Northeim seit 1995 bzw. 2001 Lachswiederansiedlung betrieben, die sich vorwiegend auf die kleinen Leinezuflüsse konzentriert, so in der Glene bei Godenau und der Ilme bei Einbeck.

In der Örtze wird seit 2005 Lachswiederansiedlung betrieben, in der Oker seit 1994 und in der Schunter (Zufluss zur Oker) seit 2002.

Flussgebietsstrategie

Ziel der Flussgebietsstrategie für die Etablierung diadromer Populationen ist es, in einem Gewässersystem diejenigen Areale zu ermitteln und festzulegen, die von den Zielarten wieder besiedelt werden können, und die erforderlichen Maßnahmen entlang der Wanderrouten zu identifizieren und festzulegen, die populationsdynamisch für den Erhalt und den Fortbestand der Art erforderlich sind.

Für den Rahmen dieses Projektes ist eine Wiederbesiedlung dann gegeben, wenn sich eine selbstreproduzierende, stabile Population der jeweiligen anadromen Zielart im Gewässersystem oder in bestimmten Arealen entwickeln und erhalten kann.

Für den katadromen Aal gilt die Population als gesichert, wenn der Anteil der aus dem/den Areal(en) lebend zum Meer abwandernden Fische konform zu der nach EU-Aalschutzverordnung (EG-Verordnung 2007) geforderten Gesamtüberlebensrate im Gewässersystem mindestens 40 % beträgt.

Diadrome Populationen weisen einen komplexen und geographisch ausgedehnten Lebenszyklus auf, wodurch sich Maßnahmen zur Unterstützung der Art sowohl auf die marine und limnische Phase beziehen können. Das Maßnahmenspektrum ist dabei fast unbegrenzt. Es umfasst beispielsweise politische Maßnahmen, wie die Festlegung mariner und limnischer Fangquoten für die Fischerei oder den Erlass von Verordnungen zum Schutz einzelner Arten (z.B. Stör, Aal). Darüber hinaus zielen vielfältige technische oder betriebliche Maßnahmen auf die Verbesserung und Herstellung der nötigen Habitatqualität ab (Renaturierungsmaßnahmen, Maßnahmen zur Reduktion stofflicher Verunreinigungen, erosionsmindernde Maßnahmen). Ebenso entscheidend sind Aufwendungen für die Erreichbarkeit dieser funktionstüchtigen Habitate (Herstellung Fischaufstieg) und eine gezielte Minderung von Fischverlusten durch andere Nutzungseinflüsse (Wasserentnahmen für Kühlwasser, Wasserkraftnutzung). Dies schließt auch die Berücksichtigung eines unnatürlich erhöhten Prädationsdrucks ein (z.B. Kormoran, Prädation in rückstaubeinflussten Flussabschnitten).

Eine flussgebietsbezogene Strategie zur Etablierung diadromer Populationen im weiteren Sinne wird diese umfassenden Steuerungsgrößen und –möglichkeiten berücksichtigen. Im Rahmen dieses Projektes wurde ausschließlich der Aspekt des Fischabstiegs und der Einfluss der Wasserkraftnutzung untersucht. Es wurde erstmalig versucht, die Festlegung der Zielgebiete und die für die Erreichbarkeit erforderlichen

Schutzraten beim Fischabstieg an Wasserkraftanlagen populationsbiologisch abzuleiten und zu begründen.

Bei der auf die Durchgängigkeit bezogenen Flussgebietsstrategie sind folgende Aspekte von elementarer Bedeutung:

- In einem Flussgebiet müssen die Auswirkungen aller Querbauwerke und Nutzungsanlagen (z. B. Wasserkraft) *im Zusammenhang* betrachtet werden. Isolierte, nur auf den einzelnen Standort bezogene Maßnahmen sind wegen der Kettenwirkung sowohl bei der Auf- als auch bei der Abwanderung der Fische nicht zielführend.
- Soll ein Flussgebiet oder Gewässersystem als Lebensraum für eigenständige diadrome Populationen dienen, so muss sowohl die aufwärts als auch die abwärts gerichtete Durchgängigkeit wieder hergestellt werden.
- An vielfach gestauten Gewässern mit nicht rückbaubaren Querbauwerken und Nutzungsanlagen muss geprüft werden, ob der Schutz bestimmter abwandernder Zielarten angesichts der zu erwartenden Gesamtüberlebensrate überhaupt möglich ist oder ob ein derartiges Flussgebiet unter den heutigen Bedingungen überhaupt einen geeigneten Lebensraum für diese Fischpopulationen darstellt.

Die Erarbeitung einer Flussgebietsstrategie für die Etablierung diadromer Arten in einem Gewässersystem beinhaltet folgende Arbeitsschritte und ist in Abb. 3.1 als Fließdiagramm dargestellt:

1. Festlegung der im Rahmen des Projekts zu betrachtenden diadromen Zielarten entsprechend der typspezifischen Fischfauna im Gewässersystem bzw. Abschnitt des Gewässersystems.
2. Ermittlung der geeigneten Areale, in die diese Zielarten aufgrund ihrer Ansprüche an die physikalisch-chemischen und hydromorphologischen Bedingungen aufwandern. Diese Areale können im Abgleich mit der historischen Besiedlung durch die Zielarten oder durch die Zusammenstellung von Erhebungen/Kartierungen zum aktuellen hydromorphologischen und chemischen Zustand der Areale („Habitatkartierung“) ermittelt werden. Gegebenenfalls sind neue Kartierungen vorzuschlagen. Diese können auch im Rahmen der Erarbeitung des strategischen Entwicklungskonzepts erfolgen.
3. Ermittlung der Wanderrouten, als der Weg zwischen einem Areal und dem Meer. Ermittlung der Aufstiegs- und Überlebensraten der Zielarten in den Wanderrouten zu den gewählten Zielgebieten im Ist-Zustand. Dafür ist eine Analyse der einzelnen Querbauwerke und Wasserkraftanlagen notwendig, die entlang der Wanderroute zu den Arealen passiert werden müssen.

4. Populationsdynamische Expertise für die ausgewählten Zielarten mit Ermittlung der für den Populationserhalt notwendigen populationsdynamischen Parameter (Eizahl, Überlebensrate bis zum Smolt, Rückkehrate aus dem Meer etc.) in den relevanten Entwicklungsschritten der jeweiligen Art und Abgleich der ermittelten Parameter mit dem tatsächlichen Ist-Zustand des untersuchten Gebietes.
5. Aufstellung eines Modells und Modellierung der Überlebensfähigkeit einer Population auf Basis der Ergebnisse der populationsdynamischen Expertise und der Aufstiegs- und Überlebensraten in den Wanderrouten.

In die Modellierung gehen mögliche künftige Entwicklungen der biologischen Kenngrößen, des hydromorphologischen und chemischen Zustands sowie ggf. unterschiedliche Szenarien bezüglich der Maßnahmen an den Standorten der Wanderhindernisse (einschließlich Rückbau und Managementmaßnahmen) ein.

Wesentlicher Bestandteil des Modells ist die Ermittlung der Erreichbarkeits- und Gesamtüberlebensraten entlang der Wanderrouten.

Ergebnis werden in der Regel mehrere Varianten in Bezug auf die erschließbaren Areale und die erforderlichen Aufstiegs- und Überlebensraten an den einzelnen Standorten sein. Die Varianten können sich hinsichtlich des voraussichtlichen Zeithorizonts der Realisierung unterscheiden.

Gegebenenfalls sind weitere Aspekte wie wasserrechtliche Gegebenheiten und übergeordnete wasserwirtschaftliche und sonstige Zielsetzungen zu berücksichtigen.

6. Festlegung der Zielgebiete und der Maßnahmen in den Wanderrouten, die den Selbsterhalt der Population gewährleisten. Es werden (ggf. für unterschiedliche Zeithorizonte) Zielareale und Wanderrouten dargestellt, in denen eine Zielerreichung möglich und sinnvoll erscheint. Dies beinhaltet die Benennung der jeweils notwendigen Standards für die Maßnahmen zur Umgestaltung der Wanderhindernisse (entweder als prinzipielle oder als standortspezifische Formulierung) in Abhängigkeit von den erforderlichen Aufstiegs- und Überlebensraten.
7. Evaluierung der festgelegten Zielgebiete und Wanderrouten im Hinblick auf die Umsetzbarkeit und Funktionsfähigkeit der Maßnahmen. In diesem iterativen Schritt sind die technische Machbarkeit und die Wirtschaftlichkeit (Maßnahmenkosten, Fördermittel etc.) zu prüfen. Sofern die technische Machbarkeit oder die Wirtschaftlichkeitsabwägungen die Erreichbarkeit der erforderlichen Aufstiegs- oder Überlebensraten nicht mehr gewährleisten, sind andere

Zielareale zu wählen und die vorangegangenen Arbeitsschritte zu wiederholen.

8. Nach Prüfung und Abwägung der technischen und wirtschaftlichen Möglichkeiten zur Durchführung von Maßnahmen erfolgt die endgültige Festlegung der geeigneten Zielareale, der Wanderrouten dorthin und der Maßnahmen, die zum Selbsterhalt einer Population in den Zielarealen dienen.

Im Rahmen dieses Projektes wurden die Kosten für die Maßnahmen an den Standorten bzw. Wanderrouten zur Herstellung der Durchgängigkeit einschließlich möglicher Management-Methoden, die Veränderung der Energieerzeugung und die mögliche Mehreinnahme durch das EEG überschlägig ermittelt. Die vorgenommene Varianzanalyse erlaubt daher im Sinn einer Kosten-Nutzen-Abschätzung den Vergleich verschiedener Wanderrouten und Areale untereinander. Die wirtschaftliche Abwägung sowie die technische Prüfung der festgelegten Maßnahmen waren nicht Gegenstand dieses Projektes.

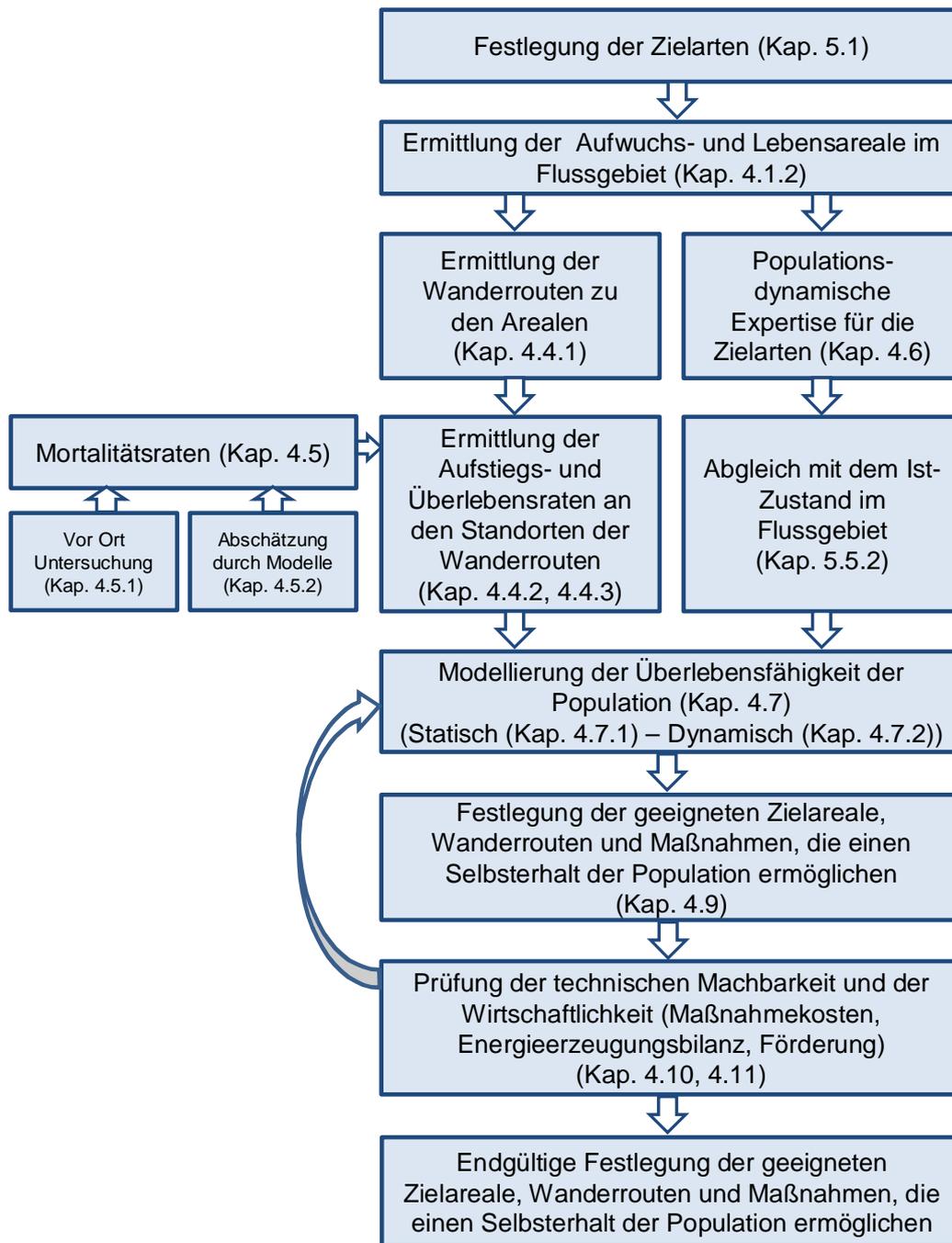


Abb. 3.1: Fließdiagramm Methodik der Flussgebietsstrategie

3.1

Nachfolgende Bearbeitungsschritte

Für die tatsächliche ökologische Umgestaltung eines Gewässersystems sind folgende weitere Schritte erforderlich, die nicht Gegenstand der vorliegenden Studie sind:

Entwicklungsplanung

In dieser Phase werden für jeden Standort auf der Basis der festgelegten Flussgebietsstrategie umsetzungsgeeignete Maßnahmen für den Auf- und Abstieg entwickelt. Alle bekannten Randbedingungen werden bei der Planung berücksichtigt. Als Ergebnis liegt eine skizzenhafte Vorplanung, teils mit mehreren Varianten, mit Kostenschätzungen (im Sinn von Grobkosten) und Darstellung der Veränderung der Erlöse entsprechend EEG (2009) vor.

Die abschließende Festlegung der in einem bestimmten Zeithorizont zu entwickelnden Wanderrouten und Areale muss mit der allgemeinen Bewirtschaftungsplanung entsprechend WRRL abgestimmt werden und u.U. auch politische Aspekte berücksichtigen.

Standortplanung und Bauphase

Die Standortplanung ist die konkrete Maßnahmenplanung an einem Standort unter Berücksichtigung aller Randbedingungen. Die einzelnen Phasen sind in der HOAI (Honorarordnung für Architekten und Ingenieure) beschrieben:

1. Grundlagenermittlung (in 5.1.1 und 5.1.2 erbracht)
2. Vorplanung (ggf. nur teilweise)
3. Entwurfsplanung
4. Genehmigungsplanung
5. Ausführungsplanung
6. Vorbereiten der Vergabe
7. Mithilfe bei der Vergabe
8. Bauüberwachung
9. Objektbetreuung

Bei der Vergabe der Leistungen ist darauf zu achten, dass die Grundlagenermittlung und zumindest Teile der Vorplanung bereits im Rahmen der Entwicklungsplanung erarbeitet wurden.

Erfolgskontrolle

Nach Abschluss der Bauphase sollte die Wirksamkeit der Maßnahmen mit Hilfe eines systematischen Monitorings überprüft werden. Dabei müssen die prognostizierten Aufstiegs- und Überlebensraten aus dem strategischen Grundkonzept mit den Ergebnissen von biologischen Untersuchungen verglichen werden. Gegebenenfalls ist eine Anpassung der Standortplanung oder des strategischen Entwicklungskonzepts erforderlich.

4

Methodische Grundlagen

4.1

Vorgehen zur Auswahl von Zielgebieten
für Lachs (*Salmo salar*) und Aal (*Anguilla anguilla*)

Als Grundlage für die Ermittlung von Zielgebieten für die Fischarten Lachs (*Salmo salar*) und Aal (*Anguilla anguilla*) im Wesereinzugsgebiet wurden die verfügbaren Informationen aus Literatur- bzw. Internetquellen über 165 Fließgewässer im Wesereinzugsgebiet zusammengestellt, die, nach entsprechender Plausibilitätskontrolle, eine Einschätzung der Tauglichkeit der einzelnen Gewässer bzw. -abschnitte als Zielgebiet für die beiden diadromen Fischarten Lachs und Aal erlauben.

Als Zielgebiete für den Lachs gelten dabei ausschließlich solche Gewässerabschnitte, die aktuell oder nach möglichen Qualitätsverbesserungen künftig die notwendigen Voraussetzungen für eine natürliche Reproduktion bieten bzw. bieten werden.

Bei der katadromen Fischart Aal stellt sich lediglich die Frage nach der Eignung der Gewässer als Aufwuchs- bzw. Nahrungsbiotop, so dass weniger hohe Qualitätsstandards anzulegen sind.

In beiden Fällen erfolgte die Bewertung ohne Berücksichtigung der großräumigen Erreichbarkeit für aufwandernde Exemplare sowie der wasserkraftbedingten Gefährdung bei der Abwanderung.

Bei dem methodischen Vorgehen zur Ableitung der Zielgebiete ist zu beachten, dass die Bundesländer im Weser-Einzugsgebiet die Festlegung der fischfaunistischen Referenzzönosen und der fischfaunistischen Gewässerzonierung nach regional spezifischen Kriterien vorgenommen haben. Dadurch ergibt sich insbesondere im Tiefland eine deutlich von der klassischen Zonierung abweichende Ausweisung der Fischregionen in den Fließgewässern. Die Nutzung der klassischen Fischregionen im vorliegenden Projekt führt somit vor allem im Tiefland zu einer teilweise stark abweichenden Beurteilung, wodurch die grundsätzlichen Aussagen dieses Berichtes zu den Prinzipien der Flussgebietsstrategie und den vorzunehmenden Schritten bei der Routenauswahl und der Maßnahmenfestlegung jedoch nicht berührt werden.

4.1.1 Untersuchungsgebiet

Als Kartengrundlage bzw. zur Auswahl der zu bearbeitenden Weserzuflüsse diente die Gewässerstrukturgütekarte des Wesersystems der ARGE WESER (2002). Zusätzlich wurden noch etwa ein Dutzend im oberen Wesereinzugsgebiet (Diemel-, Fulda- und Werrasystem) befindliche Gewässer mit in die Auswertung einbezogen, über die nähere Informationen aus diversen Quellen vorlagen.

Eine namentliche Auflistung aller bearbeiteten Fließgewässer mit der jeweiligen Längenangabe der Gewässer sowie des zugehörigen Vorfluters ist von der Wesermündung beginnend in der folgenden Tabelle zu finden:

Tab. 4.1: Übersicht aller im Wesereinzugsgebiet bearbeiteter Fließgewässer

Vorfluter	Gewässer	Länge [km]
Nordsee	Weser	427
Weser	Geeste	39
Weser	Lune	39
Lune	Gakau	18
Weser	Drepte	33
Weser	Braker Sieltief	14
Weser	Hunte	175
Hunte	Untere Ollen	19
Hunte	Lethe	38
Hunte	Aue	9
Aue	Engelmannsbäke	9
Aue	Twillbäke	12
Hunte	Katenbäke	13
Hunte	Wagenfelder Aue	26
Hunte	Dadau	15
Weser	Wümme (Lesum)	156
Wümme	Hamme	50
Hamme	Rummeldeisbeek	21
Wümme	Wörpe	30
Wümme	Rodau	20
Wümme	Veerse	28
Wümme	Fintau	19
Weser	Ochtum	25

Tab. 4.1: Übersicht aller im Wesereinzugsgebiet bearbeiteter Fließgewässer (Forts.)

Vorfluter	Gewässer	Länge [km]
Ochtum	Delme	45
Delme	Welse	17
Ochtum	Klosterbach	39
Klosterbach	Dünsener Bach	22
Ochtum	Hache	33
Weser	Eiter	20
Eiter	Landwehr	15
Weser	Aller	254
Aller	Gohbach	20
Aller	Lehrde	32
Aller	Wölpe	22
Aller	Alpe	27
Aller	Böhme	68
Aller	Meiße	41
Aller	Leine	280
Leine	Jürsenbach	9
Leine	Auter	21
Leine	Empeder Beeke	4
Leine	Westaue	13
Westaue	Südaue	18
Südaue	Mösecke	5
Westaue	Rodenberger Aue	24
Rodenberger Aue	Hülse	17
Leine	Innerste	96
Innerste	Nette	44
Leine	Haller	14
Leine	Saale	33
Leine	Glene	8
Leine	Aue	20
Leine	Ilme	31
Leine	Rhume	37
Rhume	Söse	37
Rhume	Oder	44
Oder	Sieber	36
Rhume	Hahle	21

Tab. 4.1: Übersicht aller im Wesereinzugsgebiet bearbeiteter Fließgewässer (Forts.)

Vorfluter	Gewässer	Länge [km]
Rhume	Eller	9
Leine	Beverbach	14
Leine	Espolde	14
Leine	Garte	22
Aller	Wietze (Unterlauf)	7
Wietze	Wulbeck	23
Aller	Örtze	54
Aller	Fuhse	92
Fuhse	Burgdorfer Aue	40
Fuhse	Erse	30
Aller	Lachte	36
Lachte	Aschau	24
Aller	Schwarzwasser	32
Aller	Oker	129
Oker	Schunter	57
Schunter	Wabe	16
Oker	Altenau	24
Oker	Ilse	41
Aller	Ise	42
Aller	Kleine Aller	23
Weser	Führser Mühlenbach	18
Weser	Meerbach	29
Weser	Große Aue	83
Große Aue	Saringhäuser Meerbach	28
Große Aue	Siede	24
Große Aue	Sule	18
Große Aue	Kleine Aller	22
Große Aue	Großer Diekfluß	33
Große Aue	Kleine Aue	19
Weser	Gehle	28
Weser	Ösper	15
Weser	Bückeburger Aue	48
Weser	Werre	70
Werre	Else	30
Werre	Aa	9

Tab. 4.1: Übersicht aller im Wesereinzugsgebiet bearbeiteter Fließgewässer (Forts.)

Vorfluter	Gewässer	Länge [km]
Werre	Bega	41
Weser	Kalle	4
Weser	Exter	28
Weser	Humme	19
Weser	Hamel	26
Hamel	Remte	14
Weser	Emmer	62
Emmer	Niese	23
Weser	Ilse	15
Weser	Lenne	25
Weser	Forstbach	20
Weser	Nethe	48
Nethe	Aa	19
Weser	Diemel	114
Diemel	Esse	29
Diemel	Warme	34
Diemel	Vombach	10
Diemel	Eggel	17
Eggel	Eder	13
Eggel	Mühlenbach	8
Diemel	Twiste	41
Twiste	Erpe	26
Diemel	Orpe	16
Diemel	Hoppecke	34
Weser	Reiherbach	11
Weser	Schwülme (Unterlauf)	8
Schwülme	Ahle	20
Weser	Fulda	219
Fulda	Losse	30
Fulda	Bauna	17
Fulda	Eder	176
Eder	Ems	37
Eder	Schwalm	99
Schwalm	Efze	38
Schwalm	Gilsa	21
Schwalm	Wiera	15

Tab. 4.1: Übersicht aller im Wesereinzugsgebiet bearbeiteter Fließgewässer (Forts.)

Vorfluter	Gewässer	Länge [km]
Schwalm	Grenff	22
Schwalm	Antreff	36
Eder	Elbe	34
Eder	Itter	12
Eder	Orke	39
Eder	Nuhne	34
Eder	Odeborn	21
Fulda	Pfieffe	23
Fulda	Beise	21
Fulda	Ulfe	12
Fulda	Solz	22
Fulda	Haune	67
Haune	Nüst	27
Fulda	Geisbach	23
Fulda	Aula	24
Fulda	Jossa	24
Fulda	Schlitz	45
Schlitz	Lauter	29
Fulda	Lüder	38
Fulda	Fliede	23
Fliede	Döllbach	24
Fliede	Kemmete	18
Fulda	Lütter	18
Werra	Werra	293
Werra	Wehre	32
Wehre	Sontra	22
Werra	Frieda	20
Werra	Hörsel	57
Hörsel	Nesse	56
Werra	Elte	25
Werra	Suhl	23
Werra	Ulster	60
Werra	Felda	49
Werra	Schmalkalde	25
Werra	Hasel	25
Werra	Schleuse	36

Eine schematische Übersicht über die Lage der bearbeiteten Gewässer im Wesereinzugsgebiet enthält Abb. 4.1.

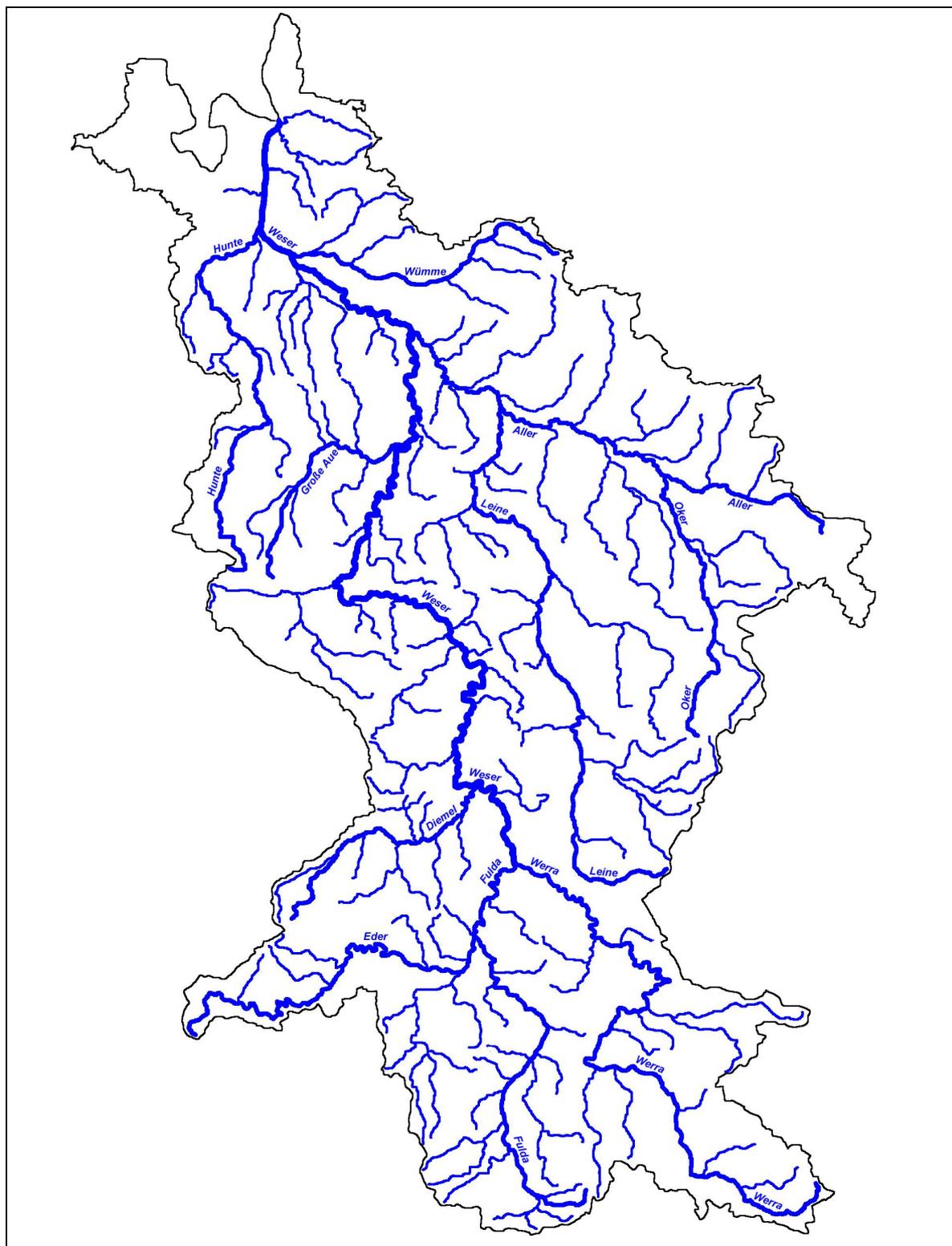


Abb. 4.1: Übersichtskarte der bearbeiteten Fließgewässer im Einzugsgebiet der Weser

4.1.2

Lokalisierung von Laich- und Aufwuchsarealen

Auf Grund der großen Zahl zu bearbeitender Gewässer wurden die einzelnen Informationen, die der Zielgebietbewertung zugrunde liegen, in Form von Gewässersteckbriefen zusammen getragen. Hierbei handelt es sich entweder um Zitate, die aus diversen Originalquellen übernommen wurden oder um eine kurze Zusammenfassung der jeweiligen Inhalte bzw. vorhandener tabellarischer Werte.

Im vorliegenden Kapitel werden die Quellen aufgelistet, aus denen die Informationen zu den einzelnen Gewässerparametern stammen und die relevanten fischökologischen Grundlagen zur Bewertung der Zielgebiete, bezogen auf die beiden Fischarten Lachs und Aal näher erläutert.

Die jeweiligen Gewässersteckbriefe enthalten eine Kopfzeile, in der der Gewässername sowie der zugehörige Vorfluter aufgeführt sind, um bei Namensgleichheit einzelner Gewässer eine leichtere Unterscheidung treffen zu können. Des Weiteren ist die Gewässerlänge bzw. in Einzelfällen lediglich die Länge des betrachteten Teilabschnittes des Gewässers und das jeweilige Bundesland angegeben.

Die übrigen erfassten Parameter umfassen die Fließgewässerzonierung, die Gewässerstrukturen sowie -dimensionen, Angaben zum Sohlensubstrat, zur Gewässergüte und, soweit vorhanden, zu den Wanderhindernissen im Gewässer.

Fließgewässerzonierung

Die verschiedenen Fischarten bevorzugen jeweils Gewässer mit unterschiedlichen Lebensbedingungen und so lassen sich im Längsverlauf von Fließgewässern unterschiedliche Artengemeinschaften nachweisen. Hierbei können Zonen ähnlicher Besiedlung voneinander abgegrenzt werden, die traditionell nach fischereiwirtschaftlich bedeutsamen Arten, den so genannten Leitfischarten benannt werden und darüber hinaus durch ein typisches Spektrum von Begleitarten charakterisiert sind. Diese Ausbildung von Fließgewässerzonen, die primär vom Talgefälle sowie von der Breite bzw. Wasserführung abhängig ist, wurde erstmals von HUET (1949) systematisch belegt (Tab. 4.2).

Tab. 4.2: Gefällegliederung der Fließgewässerzonen (HUET 1949)

	Gefälle [%] für Gewässerbreiten von				
	< 1 m	1 - 5 m	5 - 25 m	25 - 100 m	> 100 m
Epi-Rhithral Obere Forellenregion	10,00 - 1,65	5,00 - 1,50	2,00 - 1,45		
Meta-Rhithral Untere Forellenregion	1,65 - 1,25	1,50 - 0,75	1,45 - 0,60	1,250 - 0,450	
Hypo-Rhithral Äschenregion		0,75 - 0,30	0,60 - 0,20	0,450 - 0,125	- 0,075
Epi-Potamal Barbenregion		0,30 - 0,10	0,20 - 0,05	0,125 - 0,033	0,075 - 0,025
Meta-Potamal Brachsenregion		0,10 - 0,00	0,05 - 0,00	0,033 - 0,000	0,025 - 0,000
Hypo-Potamal Kaulbarsch- Flunderregion	Von den Gezeiten beeinflusster Mündungsbereich				

Die Abfolge der Fischartengemeinschaften ist prinzipiell auf die Ichthyozönosen aller mitteleuropäischen Gewässer, auch außerhalb des Verbreitungsgebietes der Leitfischarten anwendbar. Um dies zu verdeutlichen, wurde von ILLIES (1961) statt der Benennung der Fließgewässerzonen nach Fischarten eine allgemeingültige Nomenklatur der Fließgewässerregionen eingeführt: Es werden demnach Bäche (Rhithral) von Flüssen (Potamal) unterschieden, die nochmals in jeweils drei Regionen unterteilt werden. Für mitteleuropäische Gewässer ist die Nomenklatur nach ILLIES synonym zur Einteilung der Gewässer nach Leitfischregionen (Tab. 4.3). Eine schematische Darstellung der Abfolge der Leitfischregionen ist in Abb. 4.2 dargestellt.

Tab. 4.3: Fließgewässerregionen (nach ILLIES 1961)

Bach (Rhithral)	Oberlauf	Obere Forellenregion	Epi-Rhithral
	Mittellauf	Untere Forellenregion	Meta-Rhithral
	Unterlauf	Äschenregion	Hypo-Rhithral
Fluß (Potamal)	Oberlauf	Barbenregion	Epi-Potamal
	Mittellauf	Brachsenregion	Meta-Potamal
	Unterlauf	Kaulbarsch-Flunder-Region	Hypo-Potamal

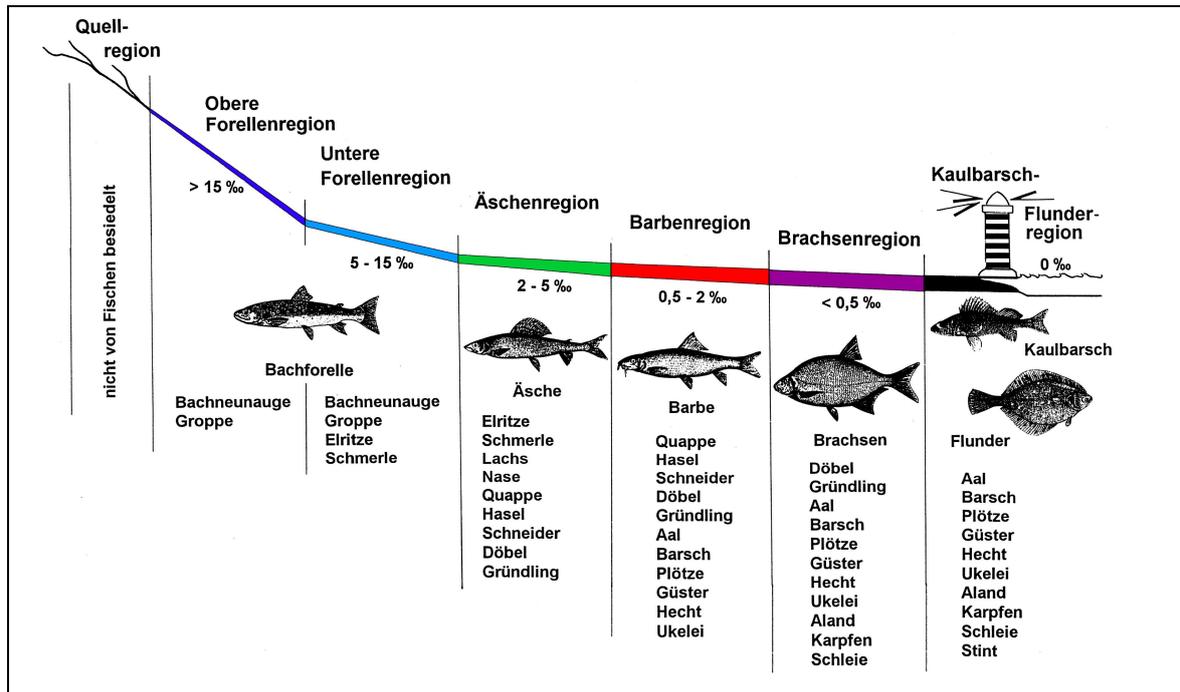


Abb. 4.2: Schematische Abfolge der Leitfischregionen im Längsschnitt eines Gewässers

Die Fließgewässerzonierung der bearbeiteten Gewässer im Wesereinzugsgebiet wurde anhand der Ermittlung des Gefälles im Talweg in ‰ aus vorliegenden amtlichen topographischen Karten (TK 25 bzw. TK 50) erarbeitet. Diese Methode erlaubt bereits eine gute Abgrenzung der einzelnen Fließgewässerabschnitte, so dass in der Regel lediglich in Einzelfällen beim Vorhandensein von längeren Übergangsbereichen zwischen einzelnen Gewässerregionen Verschiebungen möglich sind, die sich nur durch Fischbestandsuntersuchungen vor Ort detaillierter eingrenzen lassen. Weiterhin können abschnittsweise natürliche oder anthropogen verursachte thermische Beeinflussungen (z. B. starke Grundwassereintritte, Tiefenwasserablass bei Talsperren) in einem Gewässer auftreten, die eine Veränderung der klassischen Abfolge der Fließgewässerzonierung zur Folge haben.

Gewässerstruktur / Dimensionen / Substratbeschaffenheit

Aus diversen Quellen wurden Informationen zur Gewässerstruktur, zu den Dimensionen sowie zum Laichsubstrat der einzelnen Fließgewässer zusammen getragen, die vor allem bei der Ausweisung von Zielgebieten für den Lachs eine wichtige Rolle spielen.

Da die Laich- und Aufwuchsareale des Lachses in der Regel nicht mit den vom Aal präferierten Aufwuchshabitaten deckungsgleich sind, wurden diese Informationen nach Möglichkeit jeweils getrennt nach den betreffenden Regionen aufgeführt. Dabei gestaltet sich die vorliegende Datengrundlage zu den einzelnen Gewässern recht unterschiedlich und reicht von ausführlichen Kartierungen und differenzierten Sedimentkornanalysen bis hin zu fehlenden Angaben für einzelne Parameter. Im Fall der Gewässerstruktur konnten bei fehlenden Informationen lediglich die Angaben der Gesamtbewertung aus den amtlichen Gewässerstrukturgütekarten übernommen werden, mit denen jedoch keine abschließende Einschätzung in Hinblick auf wichtige strukturelle Eigenschaften des Gewässers möglich ist. Bei fehlenden Breitenangaben für die Gewässer wurde die durchschnittliche Breite der jeweiligen Gewässerregion anhand der topographischen Karten grob abgeschätzt.

In Tab. 4.4 sind die benutzten Quellen angegeben, aus denen Daten übernommen oder Textpassagen zitiert worden sind.

Tab. 4.4: Quellenangaben

Gewässer / Einzugsgebiet	Quellenangabe
Weser	NLÖ (2001), SCHWEVERS et al. (2005a), EG-WRRL C-BERICHTE (2005): Internet, SCHWEVERS (2008)
Einzugsgebiet Oker, Aller und Leine	RASPER et al. (1991a); NLÖ (2001), EG-WRRL C-BERICHTE (2005): Internet
Innerste	BOBBE (2001), NLÖ (2001), EG-WRRL C-BERICHTE (2005): Internet
Einzugsgebiet Weser und Hunte	RASPER et al. (1991b), NLÖ (2001), EG-WRRL C-BERICHTE (2005): Internet, ZUMBROICH & BUSCH (2005)
Einzugsgebiet Geeste, Wümme, Ochtum, Aller und Oberweser	LIMNOBIOS (1998), SCHUBERT (1997), NLÖ (2001), EG-WRRL C-BERICHTE (2005): Internet
Gehle, Ösper, Bückeburger Aue, Kalle, Exter, Emmer und Lenne	ADAM et al. (2000), ZUMBROICH & BUSCH (2005), EG-WRRL C-BERICHTE (2005): Internet
Einzugsgebiet Diemel	SCHWEVERS et al. (2005b), LIMNOBIOS (1998), ZUMBROICH & BUSCH (2005)
Einzugsgebiet Obere Eder	BARLAS & MECKE-NIEMITZ (1993), ZUMBROICH & BUSCH (2005)
Einzugsgebiet Fulda	SCHWEVERS et al. (2002)
Einzugsgebiet Werra	ADAM et al. (2000), SCHWEVERS et al. (2005a), ARGE WESER (2002)

Gewässergüte

Angaben zur Gewässergüte stammen aus den jeweiligen amtlichen Gewässergütekarten der einzelnen Bundesländer (Tab. 4.5). Für den Fall, dass zusätzliche Informationen aus eigenen Erhebungen vorliegen (SCHWEVERS et al. 2002), wurden diese entsprechend ergänzt.

Tab. 4.5: Quellenangaben zur Gewässergüte

Bundesland	Kartenquelle
Niedersachsen / Bremen	NLÖ (2001)
Nordrhein-Westfalen	LUA (Stand 1999): Internet
Hessen	HLUG (2000), SCHWEVERS et al. (2002)
Thüringen	THÜRINGER LANDESANSTALT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (2000): Internet
Sachsen-Anhalt	GEWÄSSERGÜTEKARTE SACHSEN-ANHALT (2000): Internet

Hindernisse

Eine erste grobe Einschätzung über Art und Anzahl der Querbauwerke in den bearbeiteten Fließgewässern wird in der Rubrik Hindernisse aufgeführt. Ähnlich der übrigen Gewässerparameter reicht auch hier die Datenlage zu Querbauwerken in den einzelnen Untersuchungsgewässern und ihre stromaufwärtige und -abwärtige Passierbarkeit von ausführlichen Wehrkatastern bis hin zu allenfalls lückigen Einzelinformationen. Die diversen Quellenangaben sind der Tab. 4.6 zu entnehmen.

Vor allem im Zuge von Lachswiederansiedlungsprojekten und der Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie wird aktuell in vielen Gewässern versucht, zumindest den Fischaufstieg an bestehenden Wehranlagen durch den Bau von Fischaufstiegsanlagen zu verbessern oder Hindernisse komplett zu beseitigen. Daher besteht durchaus die Möglichkeit, dass die verfügbaren Daten aus den vergangenen Jahren unter Umständen nicht mehr dem aktuellen Stand entsprechen.

Im Rahmen des weiteren Projektverlaufs wird die Durchgängigkeit einer Auswahl der als Zielgebiete in Frage kommenden Fließgewässer sowie insbesondere deren großräumige Erreichbarkeit detailliert bearbeitet.

Tab. 4.6: Quellenangaben zu Querbauwerken

Gewässer / Einzugsgebiet	Quellenangabe
Weser	SCHWEVERS et al. (2008)
Einzugsgebiet Oker, Aller und Leine	RASPER et al. (1991a), EG-WRRL C-BERICHTE (2005): Internet, AOLG (2008): Internet
Einzugsgebiet Weser und Hunte	RASPER et al (1991b), EG-WRRL C-BERICHTE (2005): Internet
Einzugsgebiet Geeste, Wümme, Och-tum, Aller und Oberweser	LIMNOBIOS (1998), SCHUBERT (1997), EG-WRRL C-BERICHTE (2005): Internet
Gehle, Ösper, Bückeburger Aue, Kalle, Exter, Emmer und Lenne	ADAM et al. (2000), EG-WRRL C-BERICHTE (2005): Internet, QuIS (2005): Internet
Einzugsgebiet Diemel	SCHWEVERS et al. (2005b), LIMNOBIOS (1998), QuIS (2005): Internet
Einzugsgebiet Obere Eder	BARLAS & MECKE-NIEMITZ (1993), QuIS (2005): Internet
Einzugsgebiet Fulda	SCHWEVERS et al. (2001)
Einzugsgebiet Werra	ADAM et al. (2000), SCHWEVERS et al. (2005a), GRÜNE LIGA (2008): Internet, FREI-STAAT THÜRINGEN: Internet

Sonstiges

Unter dieser Rubrik werden zusätzliche Informationen aufgeführt, die z. B. mögliche Änderung des Gewässernamens im Gewässerverlauf betreffen oder die Präsenz von Talsperren im Gewässersystem.

In verschiedenen Weserzuflüssen wird außerdem von Angelvereinen bzw. von entsprechenden Arbeitsgemeinschaften bereits Wiederansiedlung von Wanderfischen (in der Regel Lachswiederansiedlung) betrieben. Bei vorliegenden Informationen werden diese Projekte kurz aufgeführt. Allerdings bedeutet dies nicht automatisch, dass eine Eignung als Wiederansiedlungsgewässer und damit als mögliches Zielgebiet für den Lachs gegeben sein muss. Die Informationen sind der Dokumentation „Lachse in Deutschland“ des VDSF (2003) sowie folgenden Internetquellen entnommen:

- Hunte / Delme: www.arge-weser.de
- Leine: www.leine-lachs.de
- Oker: www.okerlachs.de / www.wanderfische.de
- Werresystem: www.hegeplan-bega.de

4.1.2.1

Bewertungskriterien Zielgebiete Lachs

Die im jeweiligen Gewässersteckbrief gesammelten Informationen werden abschließend soweit möglich in Hinblick auf die Eignung als Zielgebiet für den Lachs bewertet. Hierbei werden folgende Kriterien und Bewertungsmaßstäbe zugrunde gelegt:

Fließgewässerregion:

Ein grundlegendes Hilfsmittel bei der Abgrenzung potentiell geeigneter Laichgebiete innerhalb eines Gewässers ist die Ermittlung der Fließgewässerzonierung. Ein Abgleich historischer Angaben über Fangorte und Verbreitungsgrenzen ehemaliger Lachsvorkommen mit der Längszonierung des jeweiligen Gewässers nach HUET (1949, 1959) lässt die präferierten Zonen in den Gewässern erkennen, in denen offensichtlich die differenzierten Anforderungen des Lachses hinsichtlich seiner Reproduktion sowie der Entwicklung der Jungfische erfüllt sind. In großer Übereinstimmung lassen sich dabei fast alle historisch belegten Laichgebiete des Lachses, sowie die Laichareale rezenter mitteleuropäischer Populationen in der Äschenregion (Hypo-Rhithral) lokalisieren. Nur bei ausreichenden Gewässerdimensionen steigen die Lachse unter Umständen noch weiter bis in die Untere Forellenregion (Meta-Rhithral) auf.

Die unterhalb gelegene Barbenregion (Epi-Potamal) scheidet dagegen im Normalfall als Reproduktionsareal aus und wird lediglich als Wanderweg genutzt. In Ausnahmefällen ist eine erfolgreiche Reproduktion allerdings auch in der Barbenregion nicht ausgeschlossen. Dies trifft vor allem auf Flachlandgewässer zu, die durch einen starken Grundwassereintritt in das Gewässer eine Temperaturreduktion erfahren. Allerdings liegen keinerlei konkrete Informationen vor, wo dies im Wesereinzugsgebiet der Fall ist.

Auch anthropogen bedingte thermische Beeinflussungen, beispielsweise in Folge der Tiefenwasserabgabe von Talsperren, können die anhand des Talgefälles ermittelte natürliche Fließgewässerzonierung nachträglich künstlich verändern.

Dimensionen:

Die mittels der Fließgewässerzonierung eingegrenzten Gewässerabschnitte müssen darüber hinaus noch weitere Kriterien erfüllen, um als Zielgebiet in Betracht zu kommen. Hierzu gehört insbesondere eine ausreichende Wasserführung bzw. Gewässerdimension.

Lachse legen mehrere Laichgruben an, von denen jede eine Fläche von etwa 2,5 m² bis 5 m² einnimmt. Daher sollte eine mittlere Gewässerbreite von 5 m nicht unterschritten werden. Aufgrund dieser Ansprüche nutzt der Lachs kleinere Bäche allenfalls in Ausnahmefällen als Laichbiotop, während aktuelle Laichgewässer z.B. in Frankreich und Norwegen in der Regel eine Breite von mindestens 10 m aufweisen. Die minimale Wassertiefe sollte zumindest der Körperhöhe des Fisches (ca. 0,15 m bis 0,2 m) entsprechen, optimal sind Gewässertiefen von 0,3 m bis 0,6 m.

Laichsubstrat:

Ein weiteres Ausschlusskriterium für potentielle Laichgebiete kann ein ungeeignetes Laichsubstrat sein, da der Lachs ein obligater Kieslaicher ist, der grobe Substratfraktionen mit einem großporigen Lückensystem benötigt, in dem die Sauerstoffversorgung von Eiern und Brut gewährleistet ist. So weisen Laichhabitate in der Regel eine Korngrößenverteilung von 20 bis 100 mm auf, was gemäß DIN 4022 der Grobkies- bzw. Geröllfraktion entspricht. Bereits bei einer vorherrschenden Korngröße unter 25 mm reduziert sich die Überlebensrate von Lachsbrütlingen erheblich (TAPPEL & BJORNN 1983). Neben dem Vorhandensein von Grobsubstraten sollte daher der Sandanteil möglichst unter 15 % liegen und der Feinsand- bzw. Schluffanteil weniger als 2 % betragen, insbesondere um eine Kolmation der Grobsubstrate zu vermeiden.

Gewässergüte:

Neben den geeigneten Substratverhältnissen hat auch die Wasserqualität einen wesentlichen Einfluss auf den Reproduktionserfolg. Während adulte Lachse auf ihren Wanderungen keine hohen Ansprüche an die Gewässerqualität stellen, sollte die Gewässergüte der Reproduktionsareale in Anlehnung an die Ansprüche der Salmoniden Bachforelle (*Salmo trutta f. fario*) und Äsche (*Thymallus thymallus*) mindestens Gewässergüteklasse II (mäßig belastet) aufweisen. Biologisch wirksam ist hierbei die durch organische Belastungen verursachte Sauerstoffzehrung im Interstitial, denn eine ausreichende Sauerstoffversorgung des Geleges ist die entscheidende Voraussetzung für den Bruterfolg des Lachses.

Gewässerstruktur:

Eine weitere Voraussetzung für einen erfolgreichen Abschluss der Entwicklungsphase des Lachses im Süßwasser ist die Präsenz geeigneter Laichplätze, sowie Brut- und Aufwuchshabitate. Strukturell bedeutsam ist hierbei vor allem die Existenz geeigneter Laichbiotop mit Pool- und Rauschenstrukturen (Abb. 4.3), wobei die Laichgruben auf Grund der guten Sauerstoffversorgung mit Vorliebe am Rauschenbeginn angelegt werden und die nachfolgende Rauschestrecke als späteres Aufwuchsbiotop der Jungfische dient.

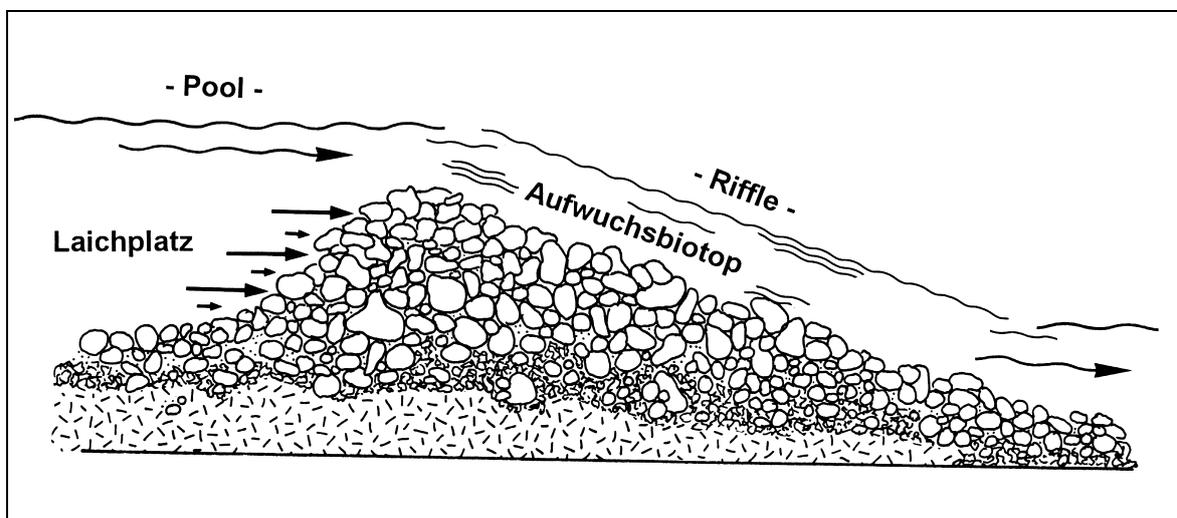


Abb. 4.3: Schema eines Salmonidenlaichplatzes (aus: SCHWEVERS & ADAM 2000)

Durchgängigkeit (Auf- und Abwanderung):

Eine grundlegende Voraussetzung für die Etablierung sich selbst erhaltender Lachspopulationen ist die weitgehend ungehinderte Durchgängigkeit der Wanderwege zwischen den Laichgewässern und den marinen Aufwuchsgebieten.

Es wurde inzwischen in vielen Gewässersystemen damit begonnen, Wanderhindernisse zu beseitigen oder zumindest für die Aufwanderung passierbar zu gestalten. Dies wird insbesondere in solchen Gewässersystemen forciert, in denen bereits Lachswiederansiedlungsprogramme durchgeführt werden. Insofern ist eine aktuell eingeschränkte Durchgängigkeit nicht unbedingt ein Argument gegen die Auswahl eines Gewässers als Zielgebiet für den Lachs. Allerdings lässt sich anhand der Anzahl unpassierbarer Querbauwerke in erster Annäherung der Aufwand abschätzen, der für die Wiederherstellung der linearen Durchgängigkeit erforderlich ist.

Ein weiteres Problem ist der Abstieg der Lachssmolts zwischen Mitte April und Ende Mai, die an Stauanlagen mit Wasserkraftnutzung durch die Turbinen erheblich geschädigt oder gar getötet werden. So lange der aktuelle Abfluss des Gewässers die Ausbauwassermenge des Kraftwerkes unterschreitet, ist die Turbinenpassage der einzige Abwanderweg für die Junglachse. Wenngleich die Mortalität von Smolts aufgrund ihrer verhältnismäßig geringen Körpergröße nicht so hoch ist wie bei abwandernden Blankaalen, summieren sich die Verluste doch mit der Anzahl der Staufstufen. Neben entsprechenden Schutzsystemen, z.B. durch reduzierten Stababstand der Rechen am Turbineneinlauf, müssen zusätzlich Bypassmöglichkeiten eingerichtet oder ein entsprechendes Turbinenmanagement betrieben werden, um eine Abwanderung der Fische ins Meer zu gewährleisten.

In Hinblick auf die Auswahl von Zielgebieten beschränkt sich die Bewertung der Durchgängigkeit räumlich betrachtet ausschließlich auf die Laichareale selbst und inhaltlich auf die bislang in den meisten Fällen allenfalls vorliegenden Angaben zur Anzahl der Hindernisse. Die Erreichbarkeit der Zielgebiete im Wesereinzugsgebiet und die nähere Bewertung zur Durchgängigkeit sind Gegenstand anderer Teilprojekte und blieben in diesem Zusammenhang weitestgehend unberücksichtigt.

Historische Angaben:

Falls in der Literatur historische Angaben zu Lachsvorkommen in den Untersuchungsgewässern zu finden waren, wurden sie als zusätzlicher Hinweis mit aufgeführt. Als Informationsquellen hierzu dienten die Veröffentlichungen von SIEBOLD (1863), WITTMACK (1875), HÄPKE (1878), BORNE (1882), EGLOFFSTEIN (1893), LANDOIS (1892), PREYWISCH (1983) und des VDSF (2003).

4.1.2.2

Bewertungskriterien Zielgebiete Aal

Der Aal ist ein katadromer Wanderfisch, der im Süßwasser aufwächst und in der Regel nach 8 bis 15 Jahren als geschlechtsreifes Tier ins Meer abwandert, um nach derzeitigem Erkenntnisstand in der Sargassosee vor der amerikanischen Ostküste abzulaichen. Die Aalbrut treibt anschließend als so genannte „Weidenblattlarve“ mit den Meeresströmungen zurück zur europäischen Küste. Hier vollzieht sich die Metamorphose zum Glasaal. Als „Steigaale“ schwimmen die nicht in den Küstengewässern verbleibenden Jungaale über große Distanzen die Flüsse aufwärts und verteilen sich so in den Gewässersystemen des Binnenlandes, wo sie als so genannte „Gelbaale“ heranwachsen.

Fließgewässerregion:

Der Aal ist im Wesersystem weit verbreitet. Er besiedelt hier das Potamal in höherer Dichte, während er im Hypo-Rhithral lediglich in geringerer Dichte vorkommt. Die vor allem in Mittelgebirgslagen existierenden oberen rhithralen Gewässerabschnitte sind aufgrund der herrschenden Gefälle- und Temperaturverhältnisse nicht als Aallebensraum anzusehen. Nachweise sind hier überwiegend auf Besatzmaßnahmen und Teichflüchtlinge zurück zu führen (SCHWEVERS & ADAM 1992). Dies wird auch durch verschiedene historische Aufzeichnungen belegt, die Aalvorkommen für potamale Gewässerabschnitte beschreiben (z.B. BORNE 1882, DOSCH 1899).

Als Zielgebiet für den Aal wurden daher grundsätzlich alle potamalen Gewässerabschnitte angesehen. Anders als beim Lachs sind für den Aal, abgesehen von der Durchwanderbarkeit, kaum weitere einschränkende Faktoren zu berücksichtigen, da diese Art weder an die Gewässerstruktur noch an die Gewässergüte besonders hohe Anforderungen stellt.

Durchgängigkeit (Auf- und Abwanderung):

Für die Durchwanderbarkeit der Gewässer gelten ähnliche Voraussetzungen wie beim Lachs. Die Aufwanderung an Wehrstandorten kann mit Fischaufstiegsanlagen bzw. speziellen Aalleitern prinzipiell gewährleistet werden.

Ein großes Problem stellt aktuell noch die Abwanderung der ausgewachsenen Blankaale dar, da sie auf Grund ihrer Körperlänge einem sehr hohen Mortalitätsrisiko bei einer Turbinenpassage unterliegen. Auch hier sind sowohl entsprechende Schutz- und Bypasssysteme bzw. ein mögliches Turbinenmanagement in Kombination mit einem Frühwarnsystem notwendig, um einem ausreichenden Anteil an Elterntieren den sicheren Abstieg ins Meer zu ermöglichen.

Auch bezüglich des Aals wurde nur die lokale Situation in den einzelnen Zielgebieten betrachtet, während die überregionale Situation in diesem Zusammenhang unberücksichtigt blieb.

Die Bewertung der Durchgängigkeit im Hinblick auf die Auswahl von Zielgebieten erfolgte in Kap. 4.1.2 ausschließlich in Bezug auf die Areale selbst.

Die Berechnung der Erreichbarkeit der Areale findet sich in Kap. 5.3 und 5.4.

4.1.3

Zusammenstellung der Zielgebiete

4.1.3.1

Zielgebiete für den Lachs

Für die Einzugsgebiete von Hunte, Wümme und Ochtum existieren historische Angaben zu ehemaligen Lachsvorkommen, wobei in den vorliegenden Publikationen von einzelnen bzw. im Fall der Wümme von seltenen Funden die Rede ist. Dies deutet bereits darauf hin, dass die Bedeutung dieser Gewässer für den Weserlachs schon in der Vergangenheit im Vergleich zu den Zuflüssen der Mittelgebirgslagen äußerst gering war.

Der Versuch, den Lachs in diesen Gewässersystemen im norddeutschen Tiefland aktuell wieder anzusiedeln, wird vor allem durch die hohe Feinsedimentfracht negativ beeinflusst. Ob die in diesem Zusammenhang meist punktuell künstlich angelegten Kiesbänke einen langfristigen Erfolg der Wiederansiedlungsmaßnahmen gewährleisten, muss sich in Zukunft zeigen. Anhand der vorliegenden Daten lassen sich allerdings bislang keine eindeutigen Zielgebiete mit guter Eignung abgrenzen, zumal es sich bei ausreichender Dimensionierung fast ausschließlich um potamale Gewässerabschnitte handelt. Es ist nicht auszuschließen, dass in diesen Bereichen weitere potentielle Zielgebiete vorhanden sein können, in denen die Gewässer grundwasserbeeinflusst und deshalb sommerkühl sind. Diese lassen sich allerdings nicht anhand des Gefälles identifizieren, sondern z. B. anhand des sommerlichen Temperatur-Längsgradienten. Hierüber liegen allerdings keine Informationen vor, so dass konkrete fachliche Angaben hierzu nicht möglich sind. Insofern wurden diese Gewässer im Rahmen der vorliegenden Untersuchung nicht als Zielgebiet eingestuft.

In Tab. 4.7 werden alle potentiellen Zielgebietsflächen der untersuchten Fließgewässer zusammengestellt. Dabei können die gelb unterlegten Gewässer vermutlich als Zielgebiet ins Auge gefasst werden, es fehlen in der aktuellen Datengrundlage allerdings jeweils noch wichtige detailliertere Informationen zu einzelnen Gewässerparametern, um eine endgültige Aussage treffen zu können. Bei den grün unterlegten Gewässern ist die Datenlage dagegen weitgehend ausreichend, um sie als potentielles Zielgebiet einzustufen zu können. Die jeweiligen Tabellenangaben zu den Gewässerdimensionen und der Fläche der Zielgebiete beruht allerdings in der Regel auf der Angabe der gesamten, zumeist hypo-rhithralen Gewässerstrecke. In Realität kann sich die als Zielgebiet brauchbare Gewässerfläche nochmals auf Grund anthropogener Beeinträchtigungen (z.B. verbauter Ortslagen, Staubereiche etc.) weiter reduzieren, so dass sich eine detailgenaue Zielgebietsausweisung bezogen auf einzelne Gewässerabschnitte allenfalls durch eine Untersuchung vor Ort realisieren ließe.

Tab. 4.7: Zielgebietsflächen für den Lachs im Wesersystem

Gewässer	EZG	Länge [m]	Ø-Breite [m]	Fläche [ha]
Leine	Leine	31000	7	21,7
Innerste		19000	7	13,3
Ilme		14000	6	8,4
Söse		15000	8	12,0
Oder		18000	12	21,6
Sieber		11000	12	13,2
Oker	Oker	13000	8	10,4
Ilse		9000	5	4,5
Bega	Werre	13000	5	6,5
Kalle	Weser	4000	5	2,0
Exter		6000	6	3,6
Forstbach		10000	4	4,0
Nethe	Nethe	17000	7	11,9
Aa		10000	4	4,0
Diemel	Diemel	43000	10	43,0
Warme		20000	5	10,0
Eggel		6000	4	2,4
Erpe		13000	4	5,2
Hoppecke		3000	4	1,2
Schwülme		Schwülme	8000	7
Ahle	7000		4	2,8
Fulda	Fulda	14000	5	7,0
Pfieffe		10000	5	5,0
Schlitz		11000	5	5,5
Lauter		6000	6	3,6
Lüder		5000	8	4,0
Döllbach		11000	5	5,5
Eder (Obere)		Eder	32000	15
Eder (Untere)	20000		40	80,0
Efze	13000		5	6,5
Elbe	18000		3	5,4
Orke	20000		10	20,0

Tab. 4.7: Zielgebietsflächen für den Lachs im Wesersystem (Fortsetzung)

Gewässer	EZG	Länge [m]	Ø-Breite [m]	Fläche [ha]
Nuhne	Eder	20000	6	12,0
Odeborn		6000	6	3,6
Werra	Werra	24000	5	12,0
Wehre		15000	7	10,5
Ulster		19000	10	19,0
Felda		11000	6	6,6
Hasel		9000	8	7,2
Schleuse		13000	7	9,1
Gesamt				

	Datenlage unzureichend
	Datenlage ausreichend

4.1.3.2 Zielgebiete für den Aal

Die grundsätzlich als potentielle Zielgebiete für den Aal in Frage kommenden potammalen Gewässerstrecken der untersuchten Fließgewässer kommen über das gesamte Wesereinzugsgebiet verteilt vor und sind in Tab. 4.8 zusammen gefasst.

Die in der Tabelle aufgeführten Einzelgewässer erreichen nach vorliegender Datenlage insgesamt eine potentielle Zielgebietsfläche für den Aal von etwa 7900 Hektar.

Tab. 4.8: Potentielle Zielgebiete für den Aal im Wesereinzugsgebiet

Gewässer	Region	Länge [m]	Ø-Breite [m]	Fläche [ha]	Fläche ges [ha]
Weser	Epi-Potamal	70000	40	280,0	2779,0
	Meta-/Hypo-Pot.	357000	70	2499,0	
Geeste	Epi-Potamal	7000	2	1,4	42,4
	Meta-/Hypo-Pot.	26000	10	26,0	
	Meta-/Hypo-Pot.	6000	25	15,0	
Lune	Epi-Potamal	12000	4	4,8	58,8
	Meta-/Hypo-Pot.	27000	20	54,0	

Tab. 4.8: Potentielle Zielgebiete für den Aal im Wesereinzugsgebiet (Fortsetzung)

Gewässer	Region	Länge [m]	Ø-Breite [m]	Fläche [ha]	Fläche ges [ha]
Gakau	Epi-Potamal	11000	2	2,2	5,7
	Meta-Potamal	7000	5	3,5	
Drepte	Epi-Potamal	10000	3	3,0	24,0
	Meta-/Hypo-Pot.	14000	15	21,0	
Braker Sieltief	Meta-/Hypo-Pot.	14000	2	2,8	2,8
Hunte	Epi-Potamal	20000	5	10,0	262,0
	Meta-/Hypo-Pot.	140000	18	252,0	
Untere Ollen	Meta-/Hypo-Pot.	19000	5	9,5	9,5
Lethe	Epi-Potamal	29000	3	8,7	15,9
	Meta-/Hypo-Pot.	9000	8	7,2	
Aue	Epi-Potamal	9000	5	4,5	4,5
Engelmannsbäke	Epi-Potamal	5000	3	1,5	1,5
Twillbäke	Epi-Potamal	12000	3	3,6	3,6
Katenbäke	Epi-Potamal	13000	2	2,6	2,6
Wagenfelder Aue	Meta-Potamal	26000	5	13,0	13,0
Dadau	Meta-Potamal	15000	6	9,0	9,0
Wümme	Epi-Potamal	12000	5	6,0	195,0
	Meta-/Hypo-Pot.	134000	10	134,0	
Wümme (Lesum)	Hypo-Potamal	11000	50	55,0	55,0
Hamme	Epi-Potamal	20000	4	8,0	56,0
	Meta-/Hypo-Pot.	24000	20	48,0	
Rummeldeisbeek	Epi-Potamal	13000	2	2,6	5,8
	Meta-Potamal	8000	4	3,2	
Wörpe	Epi-Potamal	18000	2	3,6	7,2
	Meta-Potamal	12000	3	3,6	
Rodau	Epi-Potamal	18000	4	7,2	7,2
Veerse	Epi-Potamal	21000	4	8,4	8,4

Tab. 4.8: Potentielle Zielgebiete für den Aal im Wesereinzugsgebiet (Fortsetzung)

Gewässer	Region	Länge [m]	Ø-Breite [m]	Fläche [ha]	Fläche ges [ha]
Fintau	Epi-Potamal	17000	3	5,1	5,1
Ochtum	Meta-/Hypo- Pot.	25000	15	37,5	37,5
Delme	Epi-Potamal	34000	3	10,2	17,4
	Meta-/Hypo- Pot.	9000	8	7,2	
Welse	Epi-Potamal	17000	3	5,1	5,1
Klosterbach	Epi-Potamal	39000	4	15,6	15,6
Dünsener Bach	Epi-Potamal	22000	3	6,6	6,6
Hache	Epi-Potamal	33000	4	13,2	13,2
Eiter	Meta-Potamal	20000	5	10,0	10,0
Landwehr	Meta-Potamal	15000	2	3,0	3,0
Aller	Epi-Potamal	50000	5	25,0	625,0
	Meta-Potamal	200000	30	600,0	
Gohbach	Epi-Potamal	15000	4	6,0	6,0
Lehrde	Epi-Potamal	26000	4	10,4	10,4
Wölpe	Epi-Potamal	22000	3	6,6	6,6
Alpe	Epi-Potamal	27000	3	8,1	8,1
Böhme	Epi-Potamal	68000	8	54,4	54,4
Meiße	Epi-Potamal	41000	3	12,3	12,3
Leine	Epi-Potamal	126000	20	252,0	527,0
	Meta-Potamal	110000	25	275,0	
Auter	Epi-Potamal	21000	3	6,3	6,3
Empeder Beeke	Epi-Potamal	4000	1	0,4	0,4
Westaue	Epi-Potamal	13000	10	13,0	13,0
Südaue	Epi-Potamal	18000	3	5,4	5,4
Rodenberger Aue	Epi-Potamal	12000	5	6,0	6,0
Hülse	Epi-Potamal	13000	5	6,5	6,5
Innerste	Epi-Potamal	48000	15	72,0	72,0
Nette	Epi-Potamal	26000	7	18,2	18,2
Haller	Epi-Potamal	14000	3	4,2	4,2
Saale	Epi-Potamal	3000	7	2,1	2,1

Tab. 4.8: Potentielle Zielgebiete für den Aal im Wesereinzugsgebiet (Fortsetzung)

Gewässer	Region	Länge [m]	Ø-Breite [m]	Fläche [ha]	Fläche ges [ha]
Glene	Epi-Potamal	1000	4	0,4	0,4
Aue	Epi-Potamal	2000	5	1,0	1,0
Ilme	Epi-Potamal	8000	8	6,4	6,4
Rhume	Epi-Potamal	35000	15	52,5	52,5
Söse	Epi-Potamal	5000	10	5,0	5,0
Hahle	Epi-Potamal	11000	8	8,8	8,8
Eller	Epi-Potamal	9000	8	7,2	7,2
Wietze (Unterlauf)	Epi-Potamal	7000	10	7,0	7,0
Wulbeck	Epi-Potamal	23000	4	9,2	9,2
Örtze	Epi-Potamal	54000	6	32,4	32,4
Fuhse	Epi-Potamal	87000	9	78,3	78,3
Burgdorfer Aue	Epi-Potamal	29000	5	14,5	23,3
	Meta-Potamal	11000	8	8,8	
Erse	Epi-Potamal	30000	6	18,0	18,0
Lachte	Epi-Potamal	31000	6	18,6	18,6
Aschau	Epi-Potamal	24000	4	9,6	9,6
	Meta-Potamal	18000	2	3,6	
Schwarzwasser	Epi-Potamal	18000	2	3,6	9,1
	Meta-Potamal	11000	5	5,5	
Oker	Epi-Potamal	22000	10	22,0	124,0
	Meta-Potamal	68000	15	102,0	
Schunter	Epi-Potamal	49000	7	34,3	34,3
Wabe	Epi-Potamal	14000	3	4,2	4,2
Altenau	Epi-Potamal	16000	4	6,4	6,4
Ilse	Epi-Potamal	16000	7	11,2	11,2
Ise	Epi-Potamal	23000	5	11,5	26,7
	Meta-Potamal	19000	8	15,2	
Kleine Aller	Epi-Potamal	23000	5	11,5	11,5
Führser Mühlen- bach	Epi-Potamal	15000	7	10,5	10,5

Tab. 4.8: Potentielle Zielgebiete für den Aal im Wesereinzugsgebiet (Fortsetzung)

Gewässer	Region	Länge [m]	Ø-Breite [m]	Fläche [ha]	Fläche ges [ha]
Meerbach	Epi-Potamal	25000	7	17,5	19,9
	Meta-Potamal	4000	6	2,4	
Große Aue	Epi-Potamal	12000	7	8,4	108,9
	Meta-Potamal	67000	15	100,5	
Saringh. Meerbach	Meta-Potamal	28000	3	8,4	8,4
Siede	Epi-Potamal	19000	4	7,6	10,6
	Meta-Potamal	5000	6	3,0	
Sule	Epi-Potamal	16000	3	4,8	5,8
	Meta-Potamal	2000	5	1,0	
Kleine Aller	Epi-Potamal	7000	3	2,1	11,1
	Meta-Potamal	15000	6	9,0	
Großer Diekfluß	Epi-Potamal	6000	1	0,6	11,4
	Meta-Potamal	27000	4	10,8	
Kleine Aue	Epi-Potamal	3000	3	0,9	6,1
	Meta-Potamal	13000	4	5,2	
Gehle	Epi-Potamal	24000	4	9,6	9,6
Ösper	Epi-Potamal	15000	2	3,0	3,0
Bückeburger Aue	Epi-Potamal	23000	6	13,8	13,8
Werre	Epi-Potamal	54000	15	81,0	81,0
Else	Epi-Potamal	30000	7	21,0	21,0
Aa	Epi-Potamal	9000	6	5,4	5,4
Bega	Epi-Potamal	22000	7	15,4	15,4
Exter	Epi-Potamal	3000	6	1,8	1,8
Hamel	Epi-Potamal	15000	4	6,0	6,0
Emmer	Epi-Potamal	50000	12	60,0	60,0
Ilse	Epi-Potamal	2000	3	0,6	0,6
Nethe	Epi-Potamal	20000	10	20,0	20,0
Diemel	Epi-Potamal	51000	15	76,5	76,5
Esse	Epi-Potamal	14000	5	7,0	7,0
Twiste	Epi-Potamal	13000	6	7,8	7,8
Erpe	Epi-Potamal	2000	5	1,0	1,0

Tab. 4.8: Potentielle Zielgebiete für den Aal im Wesereinzugsgebiet (Fortsetzung)

Gewässer	Region	Länge [m]	Ø-Breite [m]	Fläche [ha]	Fläche ges [ha]
Fulda	Epi-Potamal	186000	30	558,0	558,0
Eder (Obere)	Epi-Potamal	50000	30	150,0	310,0
Eder (Untere)	Epi-Potamal	40000	40	160,0	
Ems	Epi-Potamal	19000	4	7,6	7,6
Schwalm	Epi-Potamal	77000	10	77,0	77,0
Efze	Epi-Potamal	6000	7	4,2	4,2
Wiera	Epi-Potamal	9000	3	2,7	2,7
Grenff	Epi-Potamal	2000	4	0,8	0,8
Antreff	Epi-Potamal	15000	4	6,0	6,0
Haune	Epi-Potamal	37000	8	29,6	29,6
Schlitz	Epi-Potamal	14000	8	11,2	11,2
Lüder	Epi-Potamal	15000	10	15,0	15,0
Fliede	Epi-Potamal	16000	8	12,8	12,8
Kemmete	Epi-Potamal	3000	3	0,9	0,9
Werra	Epi-Potamal	256000	30	768,0	768,0
Wehre	Epi-Potamal	2000	10	2,0	2,0
Hörsel	Epi-Potamal	13000	10	13,0	13,0
Nesse	Epi-Potamal	56000	6	33,6	33,6
Elte	Epi-Potamal	1000	3	0,3	0,3
Suhl	Epi-Potamal	5000	3	1,5	1,5
Ulster	Epi-Potamal	9000	12	10,8	10,8
Felda	Epi-Potamal	3000	6	1,8	1,8
Gesamt					7905,8

4.2

Datengrundlage

Die Datenerhebung zu den Wasserkraftstandorten im Untersuchungsgebiet erfolgte bei verschiedenen Institutionen.

Vorhandene Datenbanken zu Querbauwerken

Beim Niedersächsischen Landesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (LAVES) und beim Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) werden verschiedene Datenbanken zu Querbauwerken geführt (siehe unten). Die Flussgebietsgemeinschaft Weser (FGG-Weser) hat die Datensätze für Aller, Hunte, Leine, Innerste und Rhume einander zugeordnet.

Inhalte und Datenlage der Datenbanken sind sehr unterschiedlich:

- Die Datenbank des NLWKN ist eine ACCESS Datenbank und beinhaltet Informationen zu Durchlass- und Sohlbauwerken. Für 6.977 Standorte von Sohl-, bzw. Querbauwerken sind Angaben zum Querbauwerk (Absturzhöhe, Breite, Material etc.) und seiner Durchgängigkeit verfügbar. 140 Bauwerksbezeichnungen enthalten einen Hinweis auf eine WKA. Daten zu den WKA sind nicht vorgesehen.
- Die beiden ACCESS-Datenbanken des LAVES werden seit rund 25 Jahren geführt und enthalten Angaben zu Fischaufstiegs- bzw. Wasserkraftanlagen. Dem Ingenieurbüro Floecksmühle stehen die Datensätze zu den Standorten an den Gewässern Aller, Hunte, Leine, Innerste und Rhume in Form von Excel-Tabellen zur Verfügung. Eine weitere Excel-Tabelle enthält 274 Datensätze zu WKA in Niedersachsen.
- Die Datenbank der FGG-Weser ist aus den o.g. Datenbanken zusammengestellt worden und enthält detaillierte Angaben zu Querbauwerken, Fischaufstiegs- und Wasserkraftanlagen an Weser (sieben Standorte), Fulda (sechs Standorte) und Werra (vier Standorte). Die von der FGG-Weser gelieferte shape-Datei beinhaltet 213 Standorte und deren Verortung. Der Bauwerkstyp gibt Hinweise auf Wasserkraftanlagen.
- Darüber hinaus wurde im Auftrag des UBA ein Querbauwerkeinformationssystem für ganz Deutschland erarbeitet. Der Datenbestand für die verschiedenen Bundesländer ist sehr unterschiedlich. Von den ca. 37.700 eingetragenen Standorten konnten etwa 5.294 dem Weser-Einzugsgebiet zugeordnet werden. An etwa 900 dieser Standorte ist laut QUIS-BRD keine WKA, an zwei Standor-

ten ist eine WKA vorhanden. Für die restlichen 4.354 Standorte liegen keine Angaben (kA) vor.

- Hessen verfügt über eine Datenbank mit detaillierten Angaben zu Querbauwerken, Fischaufstiegs- und Wasserkraftanlagen. Vom Regierungspräsidium Kassel erhielten wir Auskunft über die Wasserkraftanlagen an der Diemel.

Informationen aus Wasserrechtsdaten

Das NLWKN unterhält eine Datenbank der Wasserrechtsdaten. Seit dem 1. Januar 2008 sind die Unteren Wasserbehörden und der NLWKN in ihrem jeweiligen Zuständigkeitsbereich für die Eintragungen in das elektronisch geführte Wasserbuch zuständig. Im Wasserbuch sind die sogenannten Wasserrechte, also wesentliche wasserwirtschaftliche Rechtsverhältnisse sowie wasserwirtschaftlich begründete Schutzgebiete eingetragen. Es dient der Information der Fachleute und der Öffentlichkeit. Der Datenumfang beläuft sich auf ca. 70.000 Wasserrechte mit über 100.000 Nutzungsorten (Quelle: <http://www.nlwkn.niedersachsen.de>).

Der Landkreis Northeim hat die Wasserbuchblätter zu denjenigen alten Wasserrechten, die mit Wasserkraftnutzung in Verbindung stehen, zur Verfügung gestellt, soweit sie in elektronischer Form von der zuständigen Landesbehörde in den geführten Wasserbuchbeständen auffindbar waren.

In der Regel können aus den digitalen Wasserrechtsunterlagen lediglich Angaben über die maximal zulässige Menge des genutzten Wassers, über den oder die Eigentümer und über den Rechtstyp gezogen werden. Selten gibt es Angaben zu Turbinenanzahl und -typ.

Das Regierungspräsidium Kassel gewährte Einblick in die Wasserrechtsunterlagen von Wasserkraftanlagen an der Diemel. Neben den o.g. Daten konnten auch alte und aktuelle Bestandspläne gesichtet werden. Nicht alle Unterlagen waren vollständig.

Unterhaltungsverbände

Die etwa 110 Unterhaltungsverbände des Weser-Einzugsgebietes verfügen nicht selbst über relevante Daten zu einzelnen Wasserkraftanlagen, aber sie kennen in der Regel die Anschrift der Betreiber. 14 Verbände, die Gewässer der Wanderrouten betreuen, wurden um Informationen gebeten.

Auch die Ansprechpartner beim NLWKN für einige Unterhaltungsverbände wurden kontaktiert und Informationen erbeten.

Vier Verbände nannten bei telefonischer Nachfrage die Anschrift von 15 Betreibern. Diese wurden gebeten, die benötigten Informationen zum Wasserkraftstandort in ein vorbereitetes Formular einzutragen und zurück zu senden.

Trotz telefonischer Vorankündigung blieben die gewünschten schriftlichen Informationen aus. Auch nach mehrmaligem telefonischen oder auch schriftlichen Nachfragen kamen von 15 Anfragen nur zwei Fragebögen ausgefüllt zurück.

Landkreise und weitere Behörden

Die Landkreise Hildesheim, Northeim und Göttingen sowie die Stadt und der Landkreis Region Hannover übermittelten auf Anfrage Informationen zu einigen Wasserkraftanlagen.

Da Leine und Aller auch Bundeswasserstraßen sind, unterliegen sie der Zuständigkeit der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes. Das WSA Braunschweig ist zuständig für den Bereich der Leine unterhalb des Maschsee-Wehres (Leine-km 16,75) am „Schnellen Graben“ in Hannover bis Leine-km 68,00 bei Basse kurz unterhalb von Neustadt am Rübenberge. (Quelle: <http://www.wsa-braunschweig.wsv.de>). Von den WSV wurden vor allem Daten zu Pegeln und Abflüssen für die Bearbeitung übergeben.

Das NLWKN Brake ist für die Querbauwerke an der Hunte zuständig und stellte ausführliche Unterlagen zu den Wasserkraftanlagen zusammen.

Betreiber

Bei Unstimmigkeiten in den Angaben zu den Wasserkraftanlagen wurden die Betreiber direkt kontaktiert. Nach telefonischer Rücksprache erhielten wir Auskunft zu den Wasserkraftanlagen (Wildeshausen, Herrenhausen, Schneller Graben, Alfeld).

Besichtigungen

Ausgewählte Standorte an der Leine wurden zusätzlich besichtigt. Im Einzelnen handelt es sich um die WKA Herrenhausen, Schneller Graben, Gronau, Banteln, Brüggen, Alfeld und Freden. Bei der Besichtigung waren nicht alle Anlagenteile zugänglich und/oder einsehbar.

Ergebnis

Trotz teilweise mehrmaliger Anfrage bei den o.g. Informationsquellen liegen nicht alle Informationen zu den Standorten der WKA lückenlos vor. Dies ist bedingt durch fehlende Daten bei den Betreibern oder sonstigen Quellen, mangelnde Kenntnis oder mangelnde Auskunftsbereitschaft.

Defizite bei der Datenerfassung wurden durch sinnvolle Annahmen ergänzt. Zur Kennzeichnung dieser Annahmen wurden die entsprechenden Felder in den Standortdatenblättern schraffiert.

Im Allgemeinen wurden die wesentlichen Angaben zur Lage der Bauwerke (Rechts-, Hochwerte, Lage im Flussgebiet) und Hydrologie der Standorte (MQ, MNQ, Q₃₀, Q₃₃₀) erhoben. Die Geometrie der Wehre und Fischaufstiegsanlagen (Absturzhöhen, Neigung, etc.) sowie die Nutzung und die wesentlichen Angaben zur Wasserkraftanlage wurden ermittelt. Anhand der vorliegenden Daten wurde die flussaufwärts- und flussabwärts gerichtete Durchgängigkeit für Aal und Lachs abgeschätzt.

Die Maßnahmenvorschläge wurden für alle Standorte an der Leine in einem Übersichtslageplan eingezeichnet. Das Land Niedersachsen verfügt über eine digitale Deutsche Grundkarte, die an diesen Standorten zur Verfügung gestellt wurde. In Hessen ist eine digitale Karte nur im Maßstab 1:25.000 flächendeckend vorhanden.

4.3

Querbauwerke und Wasserkraftanlagen

Im Untersuchungsgebiet befinden sich acht Wasserkraftanlagen in der Weser, zwei Wasserkraftanlagen in der Hunte, zwölf in der Leine, zwei in der Rhume und acht in der Diemel. Insgesamt wurden also 32 Wasserkraftanlagenstandorte betrachtet.

Zusätzlich gibt es in der Hunte 18 Querbauwerke, in der Leine fünf und in der Rhume weitere zwei Querbauwerke.

4.3.1

Weser

Im Untersuchungsgebiet zwischen Bremen und Hameln sind derzeit acht Wasserkraftanlagen in der Weser in Betrieb. Von diesen befinden sich zwei am Standort Hameln. In Bremen ist die Wasserkraftanlage Hemelingen in Bau. Dieser Standort

wurde so betrachtet, als sei die WKA bereits in Betrieb (die voraussichtliche Inbetriebnahme wird gegen Ende 2011 erwartet). Die gesamte installierte Leistung beträgt nach Inbetriebnahme von Hemelingen ca. 44 MW, die Jahresarbeit 227 GWh/a (Tab. 4.9).



Abb. 4.4: Standorte an der Weser

Tab. 4.9: Übersicht über die Wasserkraftnutzung an der Weser

Standort WKA	Mittlerer Abfluss MQ [m ³ /s]	Ausbau-durchfluss Q _A [m ³ /s]	Fallhöhe H _A [m]	Jahresarbeit [GWh/a]	Leistung WKA [MW]
Bremen-Hemelingen	330	220	2 - 6	42,0	10
Langwedel	327	260	2,80	41,3	7,2
Dörverden	208	152	4,20	21,4	4,2
Drakenburg	200	200	2,98	27,4	5,0
Landesbergen	194	200	3,76	36,1	7,2
Schlüsselburg	192	201	3,10	28,6	5,0
Petershagen	185	150	2,52	18,2	3,3
Hamel WKA Pfortmühle	56	30	3,5	4,0	0,724
Hamel WKA Werder-neu	105	60	3,2	8,0	1,45
Summe				227,0	44,1

4.3.2 Hunte

Die Hunte wurde ab der Mündung in die Weser bis zum Dümmersee betrachtet. Der Dümmersee gilt als größtes Aalareal im Einzugsgebiet der Hunte. Sie weist in diesem Abschnitt 20 Querbauwerke, davon zwei Wasserkraftstandorte auf, Oldenburg und Wildeshausen. Die Hunte ist in diesem Abschnitt der Brachsenregion zuzuordnen. Die größten Laich- und Aufwuchsareale der Lachse befinden sich direkt oberhalb von Oldenburg in der Lethe, dem Rittrumer Mühlenbach, der Twillbäke und der Aue (22,5 ha). Weitere Lachsareale (2 ha) sind oberhalb von Wildeshausen in der Katenbäke zu finden.

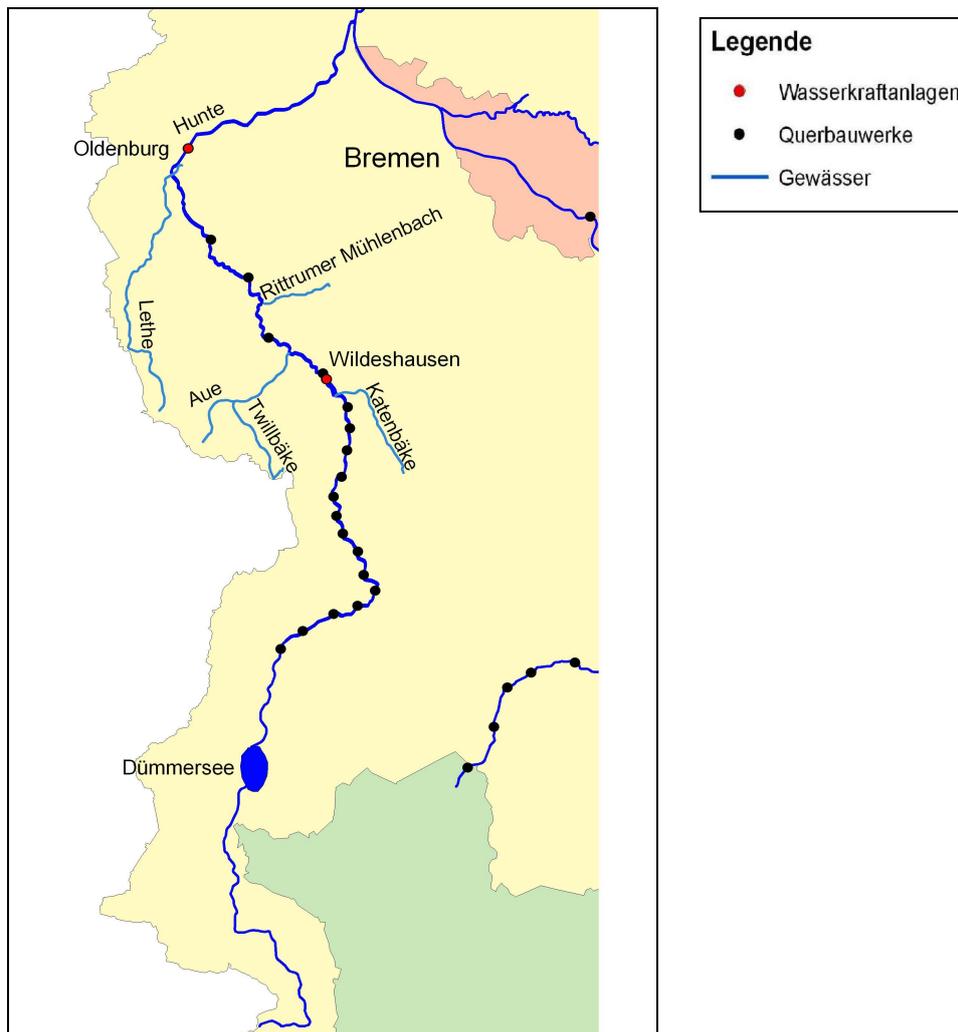


Abb. 4.5: Übersicht Hunte Standorte

Die Hunte vom Dümmersee über Diepholz, Wildeshausen, Oldenburg bis zur Mündung ist ein morphologisch sehr heterogenes Fließgewässer. Sie besteht aus einer stark begradigten Staukette oberhalb von Wildeshausen bis Diepholz, einer ebenfalls stark begradigten Rückstaustricke oberhalb von Oldenburg aufgrund des Stauwehres des Wasserkraftwerkes Oldenburg und einer dazwischen liegenden, teilweise begradigten, relativ strukturreichen Erosionsstrecke, die zum großen Teil als FFH-Gebiet ausgewiesen ist. Unterhalb von Oldenburg ist die Hunte tidebeeinflusst mit einem Tidehub von ca. 2,6 Meter bei Oldenburg und als Schifffahrtsstraße ausgebaut.

Das Wehr am Wasserkraftwerk Oldenburg wurde 2008 mit einem Vertical-Slot-Pass ausgestattet. Zwischen dem Kraftwerk Oldenburg und Wildeshausen sind kleinere Sohlschwellen vorhanden. In Wildeshausen ist die ökologische Durchgängigkeit durch das Wasserkraftwerk Wildeshausen unterbrochen. Hier wurden vom Nieder-

sächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz NLWKN 2009/2010 Variantenvorschläge zur ökologischen Passierbarkeit im Entwurf erarbeitet. Die Entscheidung, welche Variante vorzusehen ist, wird in Kürze fallen und die Umsetzung der Maßnahme zur Durchgängigkeit des Wehres am Wasserkraftwerk Wildeshausen wird dann zügig umgesetzt werden.

Oberhalb von Wildeshausen bis Diepholz kurz unterhalb des Dümmersees ist die Hunte ein staugeregelter langsam fließender bis stehender Fluss. Hier wurden Anfang bis Mitte des letzten Jahrhunderts im Zuge des Ausbaus und der erheblichen Begradigung der Hunte 14 Stauwehre mit als Dreifeldwehr ausgebildeten Bauwerken errichtet. Bei niedrigen Abflüssen liegen die Höhendifferenzen an den Wehren im Mittel bei rund 1 m, bei Hochwasser bei rund 50 cm. Ausnahme bildet das Wehr Hoopen mit etwas höheren Wasserspiegeldifferenzen. Der mittlere Abstand der Wehre beträgt rund 3 km und ist damit für die Gefälleverhältnisse im Huntetal sehr gering. Die Stauwurzel der Wehre reicht bei mittleren Abflüssen erheblich über das nächste oberhalb gelegene Wehr hinaus (KNUTH 2009).

Drei der Wehranlagen wurden in den letzten Jahren mit Fischaufstiegsanlagen ausgestattet, indem ein Wehrfeld in eine gekammerte Sohlgleite umgestaltet wurde. Das Wehr Pestrup wurde vollständig in eine Sohlgleite umgebaut.

Eine Änderung der Fließverhältnisse und Gewässerstrukturen der Hunte oberhalb der Stauwehre wurde dabei nicht verfolgt, so dass sich Strukturgüte und Fließcharakteristik dieser Abschnitte nicht verändert haben (KNUTH 2009).

Um den Fließgewässercharakter in der Staustrecke der Hunte wieder herzustellen, sollen daher mögliche Laufverlängerungen (Remäandrierung) durch den Neubau von Gewässerschleifen und/oder den Anschluss vorhandener Altwässer geprüft werden. Für die Prüfung der Realisierbarkeit des Rückbaus der Querbauwerke durch Laufverlängerungen und somit die effektivste Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit wird zur Zeit ein Realisierungskonzept für Laufverlängerungen an der Hunte zwischen Diepholz und Wildeshausen aufgestellt, das sich noch in der Abstimmungsphase befindet. Auftraggeber für dieses Projekt ist der Unterhaltungsverband Hunte-Wasseracht mit Projektbegleitung durch den Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz NLWKN.

Ziel des Realisierungskonzeptes als eine wichtige Grundlage zur Umsetzung der EU-WRRL ist es, im Bereich dieser Staustrecke abschnittsweise zu überprüfen, ob bzw. wo ein Umbau in ein Fließgewässer mit naturnaher Geschwindigkeitsverteilung und Strukturausstattung bei weitestgehender Beibehaltung der Grundwasserstände in der Aue und der bordvollen Leistungsfähigkeit realisierbar ist sowie eine Gesamtschau der im Staubereich kurz-, mittel- und langfristig umsetzbaren Maßnahmen bezüglich Laufverlängerungen. Hierbei soll das in den Stauanlagen „gespeicherte“

Wasserspiegelgefälle vollständig wieder freigesetzt und auf eine größere Gewässerstrecke verteilt werden; die Stauanlage würde somit entfallen können (NLWKN 2010).

Die beiden Wasserkraftanlagen in der Hunte wurden in der vorliegenden Studie näher betrachtet. Eine ausführliche Beschreibung der Standorte findet sich in Anlage 1.

4.3.3 Leine

An der Leine wurden die unteren zehn Wasserkraftstandorte bis zur Einmündung der Rhume sowie zwei Standorte in der Rhume betrachtet. Zusätzlich gibt es noch fünf Querbauwerke in der Leine und eines in der Rhume. Oberhalb dieser Standorte liegen die Laich- und Aufwuchsareale für Lachse in der Söse, der Sieber und der Oder.

In Anlage 1 werden die zwölf Wasserkraftstandorte ausführlich beschrieben.

In den Zuflüssen zur Rhume sind nach Angaben der UBA-Querbauwerke-Datenbank 21 Querbauwerke in der Söse, fünf Querbauwerke in der Oder und drei Querbauwerke in der Sieber. Bei den Söse-Standorten handelt es sich meist um Abstürze oder Rampen. Die elf Rampen werden pauschal als durchgängig bezeichnet. Darüber hinaus gibt es ein Klappenwehr, ein Stauwehr und eine Wasserkraftanlage ohne Angabe des Betriebszustands. Die Absturzhöhen betragen 0,3 bis 3,0 m.

In der Oder befindet sich ein Pegel, drei Abstürze und eine Rampe. Alle Standorte haben eine Absturzhöhe von weniger als 0,30 m und werden bis auf einen Absturz als durchgängig bezeichnet. Diese Standorte müssen von den Fischen, die in die Sieber gelangen wollen, passiert werden. In der Sieber befinden sich ein Messwehr, ein Absturz und eine Rampe. Alle Bauwerke haben eine Absturzhöhe von weniger als 0,30 m und werden als durchgängig bezeichnet.

Nach Angaben der UBA-Querbauwerke-Datenbank sind an keinem der Standorte in den Laich- und Aufwuchsarealen Fischaufstiegsanlagen vorhanden.



Abb. 4.6: Übersicht Leine-Standorte

4.3.4 Diemel

Im Einzugsgebiet der Diemel befinden sich die betrachteten Laich- und Aufwuchsareale für Lachse in der Eggel und der Warme. Die Diemel wurde daher in dem Abschnitt zwischen der Mündung in die Weser und der Einmündung der Eggel betrachtet. In diesem Abschnitt der Diemel befinden sich acht Wasserkraftanlagenstandorte

mit neun WKA in Betrieb. Am Standort Helmarshausen gibt es zwei Wasserkraftanlagen. Zusätzliche Querbauwerke existieren nicht. Der gesamte Gewässerabschnitt ist der Barbenregion zuzuordnen.

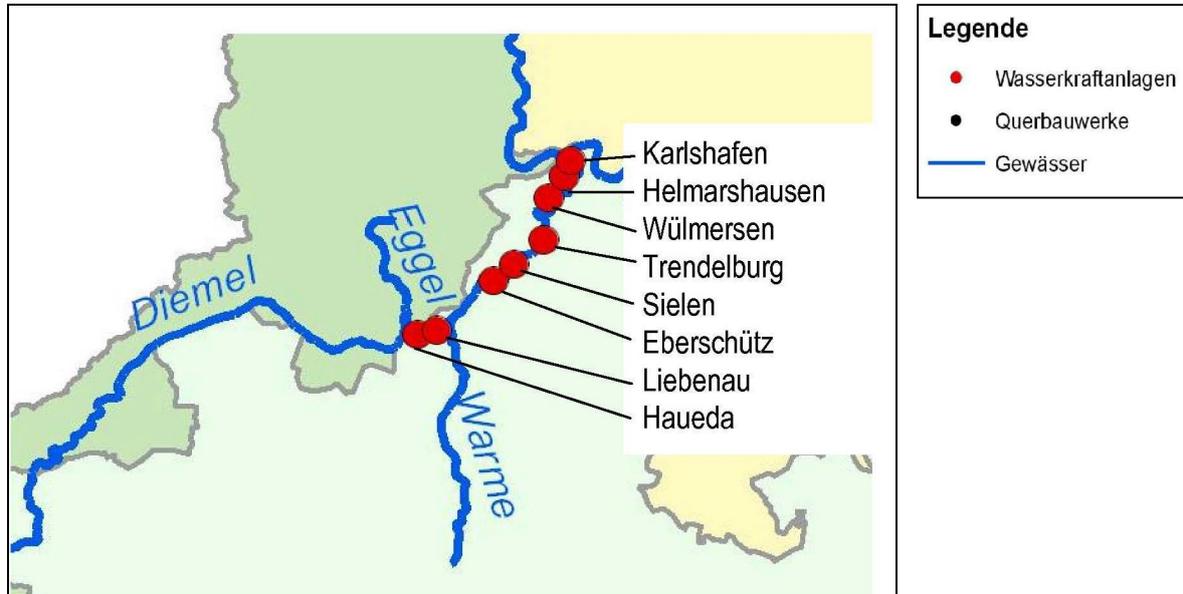


Abb. 4.7: Übersicht Diemel-Standorte

Eine Beschreibung der Wasserkraftanlagen mit Bewertung der Durchgängigkeit, Maßnahmenvorschlägen und Kosten ist in Anlage 1 zu finden.

4.4

Ermittlung von lokalen Aufstiegs- und Überlebensraten

Die Ermittlung der Aufstiegs- und Überlebensraten der Zielarten an den einzelnen Standorten von Querbauwerken und Wasserkraftanlagen, die entlang der Wanderroute zu den Arealen passiert werden müssen, erfolgte generell auf den im Handbuch Querbauwerke NRW (DUMONT et al. 2005) beschriebenen Grundlagen. Falls erforderlich, wurde die Bewertung anhand bestimmter Bewertungskriterien in Anlage 2 Teil D genauer dargestellt.

Die Bewertung basierte in der Regel auf hydraulischen und geometrischen Kriterien. Biologische Funktionskontrollen wurden nicht zur Bewertung herangezogen.

4.4.1

Identifizierung potenzieller Wanderwege

Eine wichtige Voraussetzung zur Einschätzung der aufwärts und der abwärts gerichteten Durchgängigkeit bildet die Identifizierung der Wanderwege oder Wanderpfade. Hier wird zwischen der großräumigen und kleinräumigen Auffindbarkeit unterschieden. Mögliche, großräumig wirksame Wanderwege führen dabei über

- Wehre,
- Wasserkraftanlagen,
- Verzweigungen eines Gewässers, z.B. bei mehreren Wasserkraftanlagen

Die Identifizierung dieser Wanderwege im Gewässer ist die Voraussetzung zur Bewertung der großräumigen Auffindbarkeit des jeweiligen Bauwerks. Die Auffindbarkeit eines Wanderwegs hängt von der Leitwirkung der vorhandenen, konkurrierenden Strömungen ab. Die einzelnen Wanderwege wurden für die rheotaktisch orientierten Wanderfische an Hand der Verteilung des Mittleren Abflusses bestimmt.

SCHMALZ (2010) hat Untersuchungen an der Wasserkraftanlage Walkmühle an der Werra durchgeführt. An diesem Standort gibt es eine Abflussaufteilung zwischen der Restwasserschnecke und der Wasserkraftanlage. Er stellt fest, dass „auch wenn der Abfluss im Bereich der Restwasserschnecke (etwa 22 %) ...im Vergleich zum Abfluss Richtung Wasserkraftanlage (etwa 78 %) verhältnismäßig gering war, ein großer Teil der Fische (knapp 60 %) im Bereich der Restwasserschnecke abstieg, da sich im Oberwasserbereich eine deutlich abwärts gerichtete Lockströmung in Richtung Restwasserschnecke ausbildete.“

Neben der Abflussaufteilung scheinen weitere Kriterien für die Verteilung der Fische maßgebend zu sein. Es ist daher erforderlich, Untersuchungen durchzuführen, die das Verhältnis zwischen Abflussaufteilung und Fischverteilung an unterschiedlichen Standorten ermitteln. Erst eine Vielzahl von Ergebnissen kann zu belastbaren Aussagen führen. Bis solche Ergebnisse vorliegen und in Studien wie der vorliegenden, in denen globale Aussagen über eine Vielzahl von Standorten bei unterschiedlichen Abflüssen, gemacht werden, sollte weiterhin von der Annahme ausgegangen werden, dass die Fischverteilung der Abflussverteilung entspricht. Bei der Betrachtung von Einzelstandorten sind genauere Untersuchungen zur vorliegenden Abfluss- und Fischverteilung möglich.

Eine differenziertere Betrachtung an Standorten mit mehreren Wasserkraftanlagen müsste die Steuerung der Wasserkraftanlagen und Wehre und das dadurch bedingte Abflussverhalten jedes Gewässerarms im Sinn einer Ganglinie langjährig mit den

Wanderzeiten insbesondere der diadromen Fischarten vergleichen. Eine solche Untersuchung konnte innerhalb dieser Studie nicht durchgeführt werden.

Auch die Wirksamkeit von Schleusen für die Auf- und Abwanderung konnte im Rahmen der Studie nicht untersucht werden. Grundsätzlich eignen sich Schleusen aber nur bedingt für den Fischaufstieg (STAATLICHES UMWELTAMT DUISBURG, 1996).

4.4.2

Aufwärts gerichtete Durchgängigkeit

Die Einschätzung der aktuellen, aufwärts gerichteten Durchgängigkeit berücksichtigt folgende Kriterien:

- Großräumige Auffindbarkeit potenzieller Wanderwege (über Wehr oder WKA, s.o.)
- Kleinräumige Auffindbarkeit potenzieller Wanderwege (in der Regel Fischaufstiegsanlagen)
- Passierbarkeit von Wanderhindernissen wie Wehr, WKA und Fischaufstiegsanlagen (FAA)

Gesamtabschätzung Durchgängigkeit aufwärts am Standort

Für die Ermittlung des Vernetzungspotenzials (Kap. 5.5 und 5.6) wurde eine Gesamtabschätzung der Durchgängigkeit vorgenommen. Jeder einzelne Wanderweg wurde bezüglich der groß- und kleinräumigen Auffindbarkeit sowie der Passierbarkeit bewertet. Die Bewertung jedes Wanderwegs erfolgte nach dem pessimalen Parameter.

Tab. 4.10 zeigt die Bewertung der Gesamtdurchgängigkeit eines Standorts (aufwärts) in Abhängigkeit von der erreichbaren Aufwanderrate.

Tab. 4.10: Gesamtbewertung eines Standorts (aufwärts) bezogen auf eine Zielart

	A	B	C	D	E
Bezeichnung Einstufung	Keine Beeinträchtigung	gut	eingeschränkt	gravierend eingeschränkt	ungenügend
Aufwanderrate	100%	95 – 99%	70 – 94%	40 – 69%	< 39%

Genauere Erläuterungen zur Bewertung finden sich in Anlage 2 Teil D.

Auf die Abschätzung der Gesamtdurchgängigkeit des Standortes wurde bei den Maßnahmenvorschlägen in Kap. 5.7 und Anlage 1 verzichtet. Für die Erstellung der Maßnahmenvorschläge ist die Bewertung der einzelnen Wanderwege wichtig, da die Maßnahmen, z.B. der Bau einer FAA; an einem Wanderweg durchgeführt werden.

4.4.3

Abwärts gerichtete Durchgängigkeit

Die Einschätzung der aktuellen, abwärts gerichteten Durchgängigkeit berücksichtigt folgende Kriterien:

- Großräumige Auffindbarkeit potenzieller Wanderwege (über Wehr oder WKA, s.o.)
- Schutzwirkung von mechanischen Barrieren und kleinräumige Auffindbarkeit potenzieller Wanderwege (in der Regel Bypässe oder Aalrohre)
- Schädigung bei der Passage von Wanderhindernissen (Wehr und WKA).

Gesamtabschätzung Durchgängigkeit abwärts am Standort

Die Abschätzung der Gesamtdurchgängigkeit eines Standortes erfolgte für die Variantenuntersuchung wie in Abb. 4.8 erläutert.

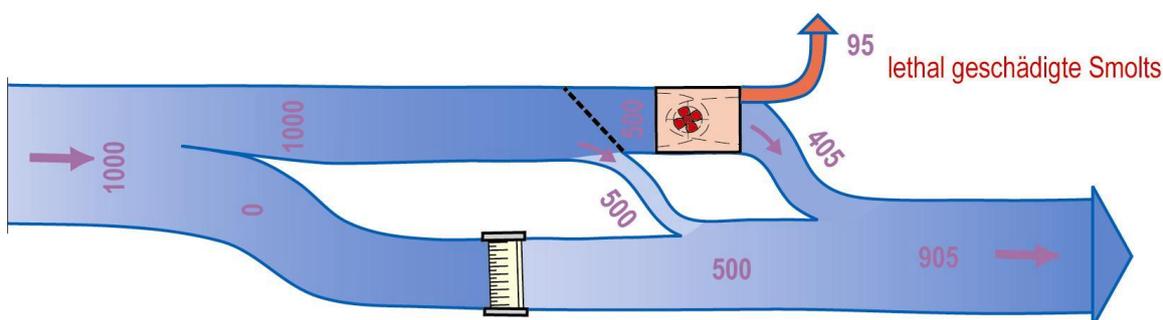


Abb. 4.8: Beispiel verschiedener Abwanderwege und Ermittlung der Schädigungen abwandernder Fische an einem Standort mit WKA (Standort-Abstiegsrate)

Erläuterungen zu Abb. 4.8:

1.000 Lachssmolts erreichen bei ihrer Abwärtswanderung einen Standort mit Ausleitungskraftwerk. Zu diesem Zeitpunkt strömt der gesamte Abfluss zum Kraftwerk.

Damit gelangen 1.000, d.h. alle Smolts zur WKA.

Die Hälfte wird am Rechen vor der WKA zum Bypass geleitet, also 500 Smolts. Sie überwinden die gesamte Fischschutzeinrichtung unbeschadet und erreichen das Unterwasser.

Durch die Turbine wandern die übrigen 500 Smolts.

Bei einer Überlebensrate für die Turbinenpassage von 81 %, gelangen unbeschadet $500 \cdot 0,81 = 405$ Smolts in den Unterwasserkanal.

Insgesamt durchwandern von den 1.000 Lachssmolts 905 den Standort unbeschadet. Die lokale Überlebensrate beträgt also 90,5 %.

Für die Ermittlung des Vernetzungspotenzials (Kap. 5.5 und 5.6) wurde eine Gesamtabschätzung der Durchgängigkeit vorgenommen. Jeder einzelne Wanderweg wurde bezüglich der groß- und kleinräumigen Auffindbarkeit sowie der Passierbarkeit bewertet. Die Bewertung jedes Wanderwegs erfolgte nach dem pessimalen Parameter.

Tab. 4.11 zeigt die Bewertung der Gesamtdurchgängigkeit eines Standorts (abwärts) in Abhängigkeit von der erreichbaren Abwanderrate.

Tab. 4.11: Gesamtbewertung eines Standorts (abwärts) bezogen auf eine Zielart

	A	B	C	D	E
Bezeichnung Einstufung	Keine Beeinträchtigung	gut	eingeschränkt	gravierend eingeschränkt	ungenügend
Abwanderrate	100%	95 – 99%	70 – 94%	40 – 69%	< 39%

Genauere Erläuterungen zur Bewertung finden sich in Anlage 2 Teil D.

Für die Erstellung der Maßnahmenvorschläge in Kap. 5.7 und Anlage 1 ist die Bewertung der einzelnen Wanderwege von besonderem Interesse, da sich die Maßnahmenvorschläge jeweils auf einen Wanderweg beziehen.

4.5

Ermittlung turbinenbedingter Mortalitätsraten

Für die Bewertung der Abwärtspassierbarkeit eines Standorts ist die Kenntnis der turbinenbedingten Mortalitäts- oder Schädigungsrate erforderlich.

Im Rahmen des Vorhabens wurden daher einerseits Freilandversuche an den großen Wasserkraftanlagen in der Weser zur Ermittlung der dort vorhandenen Schädigungs- und Mortalitätsrate durchgeführt.

Andererseits wurden verfügbare Prognosemodelle zur Ermittlung der turbinenbedingten Mortalität miteinander verglichen und auf ihre Anwendbarkeit im Rahmen der Studie hin untersucht.

4.5.1

Vor-Ort-Untersuchungen

4.5.1.1

Aal

Im Rahmen des Vorhabens wurden vor Ort Untersuchungen der durch die Wasserkraftanlagen verursachten Schädigungen von Fischen durch das Institut für Angewandte Ökologie durchgeführt. Zur Ermittlung der Mortalität durch die Weserkraftwerke wurden an denjenigen Standorten Freilanduntersuchungen durchgeführt, an denen von Berufsfischern Schokker unterhalb der Kraftwerke betrieben werden.

Die Schokkerfänge wurden hinsichtlich der Schädigungen ausgewertet. In Landesbergen wurde eine Mortalitätsrate von 15 – 30 %, in Drakenburg von 14 – 28 % ermittelt. Dabei gibt der untere Wert die Summe der toten und letal verletzten Exemplare, der obere die Summe der toten und aller letal und subletal verletzten Tiere an.

Grundsätzlich ist bei den vorstehenden Mortalitätsraten anzumerken, dass sich diese immer nur auf die Fänge der Berufsfischer beziehen. Weil diese Fänge allerdings nicht unmittelbar am Saugschlauch des Turbinenauslasses der Kraftwerke erfolgten, sondern bis zu 3,2 km stromabwärts davon, können diese Befunde Abweichungen von den durch die Turbinen verursachten Schädigungsraten aufweisen.

4.5.1.2

Fang-Wiederfang-Untersuchungen

Zur Quantifizierung der Gesamtzahl der Blankaale bzw. der abwandernden Biomasse wurden innerhalb des Vorhabens Freilanduntersuchungen durchgeführt.

Die Grundlage für eine Quantifizierung der Blankaalabwanderung aus der Mittelweser sowie der wasserkraft- und fischereibedingten Mortalität bildet eine Fang-Wiederfang-Untersuchung von 500 Blankaalen.

Die Fang-Wiederfang-Untersuchungen von Blankaalen wurden durch das Institut für Angewandte Ökologie durchgeführt. Die Fangquote der Berufsfischer lag bei 16,6 bzw. 15,7 %. Die Gesamtzahl der abwandernden Blankaale pro Standort betrug etwa 14.400 Aale.

Die Auswertung der Untersuchungen ist in dem UBA-Text „Befunde zur Aal- und Smoltabwanderung 2008/2009“ (Institut für angewandte Ökologie) zu finden.

4.5.1.3

Lachs

Ebenso wie Blankaale lassen sich auch abwandernde Lachssmolts mittels Schokkerhamen fangen. Folglich ist es möglich, die Aalschokker der Berufsfischer an der Weser speziell zum Nachweis abwandernder Smolts und deren Mortalität einzusetzen.

In der Zeit zwischen Mitte März und Anfang Juni während der Smoltabwanderung ist die Untersuchung der Mortalität von Lachssmolts mittels Schokkern erfolgt. Es konnten etwa 400 Tiere gefangen werden, von denen etwa zwei Drittel Meerforellensmolts und ein Drittel Lachssmolts waren. Hierbei wurde eine Mortalitätsrate von 24 % festgestellt, die sich größtenteils auf die Fangmethode zurückführen lässt. Daher ist die Schokkerfischerei nicht als Methode zur Untersuchung der Smoltabwanderung zu empfehlen.

Der zugehörige Bericht des Instituts für Angewandte Ökologie ist als UBA-Text veröffentlicht.

4.5.2

Abschätzung durch Modelle

In zahlreichen Untersuchungen an verschiedenen Wasserkraftwerken (vgl. DUMONT et al. (1997)) wurden die anlagen- und artspezifischen Schädigungs- und Mortalitätsraten abgeschätzt. Neuere Untersuchungen wurden beispielsweise von HOLZNER (2000) und BRUIJS et al. (2003) vorgenommen.

In ATV-DVWK (2004) werden als Schädigungsursachen bei der flussabwärts gerichteten Passage von Wasserkraftanlagen besonders hervorgehoben:

- Schädigung bei der Überwindung von Stauanlagen
- Schädigung an Wasserentnahmebauwerken und Rechen
- Schädigung bei der Passage von Turbinen.

Das höchste Mortalitätsrisiko bei der Fischabwanderung besteht bei der Turbinen- bzw. Pumpenpassage. Hierzu existiert mittlerweile umfangreiche Literatur, die zunächst entsprechende Befunde beschrieb, alsbald aber auch die Problematik der Verhinderung und Minimierung derartiger Schäden thematisierte. Darüber hinaus wurden Berechnungsformeln von v. RABEN (1955, 1957a, 1957b), MONTÉN (1985), LARINIER & DARTIGUELONGUE (1989), BELL (1991), TURNPENNY (2000), PAVLOV (2002), EBEL (2008) und GOMES & LARINIER (2008) aufgestellt, die eine Abschätzung der Mortalitätsrate zulassen.

Die turbinenbedingte Mortalität von Fischen ist abhängig von der Fischart und der Körperlänge der Tiere sowie von Turbinentyp und –größe, der Fallhöhe und den jeweiligen Betriebsbedingungen. Turbinen sind zwar auf eine bestimmte Ausbauwassermenge ausgelegt, können jedoch über einen weiten Bereich den Abflussbedingungen angepasst werden, wodurch für Fische günstigere oder weniger günstige Situationen im Hinblick auf eine schadlose Passage resultieren. Dementsprechend weisen die Ergebnisse von Untersuchungen zur Mortalität bei der Turbinenpassage eine erhebliche Spanne auf.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Mortalitätsraten von Francisturbinen über denen von Kaplan- und Pelton-turbinen liegen. Die Passage einer Pelton-turbine ist für Fische mit einer Überlebenswahrscheinlichkeit von Null verbunden und auch die Durchströmturbine weist erhebliche Mortalitätsraten auf. Die Schädigung bei der Abwanderung über Wasserräder werden allgemein als gering angesehen, jedoch liegen wissenschaftliche Untersuchungen dazu kaum vor. Je kleiner die Fische sind, um so größer ist die Wahrscheinlichkeit die Turbinenpassage lebend zu überstehen. Dementsprechend ist die Schädigungsrate bei Aalen besonders hoch. Auch Physoclisten (Knochenfische mit

geschlossener Schwimmblase) sind wegen ihrer höheren Empfindlichkeit gegenüber Druckschwankungen besonders gefährdet.

Bei genauerer Analyse der Befunde lässt sich die turbinenbedingte Mortalität auf drei grundsätzliche Ursachen zurückführen:

- Direkte Verletzungen durch Kontakt mit festen oder beweglichen Turbinenteilen
- Druckschwankungen
- Kavitation.

Die direkten Verletzungen durch Kollision mit den Turbinenschaufeln sind gut untersucht und es sind Formeln zur Berechnung der Schädigungen entwickelt worden. CHRISTEN (1996), PLOSKEY & CARLSON (2004) und EBEL (2008) geben gute Zusammenfassungen (Tab. 4.13). Alle Formeln ähneln sich und zeigen, dass sich das Risiko der Kollision mit den Schaufeln vor allem aus dem Verhältnis zwischen Fischlänge und dem Abstand zwischen den Turbinenschaufeln ergibt. In die meisten Formeln gehen auch die Umdrehungsgeschwindigkeit und der Schaufelwinkel ein.

Tab. 4.12: Variablen für die Berechnung der Schädigungsrate bei der Turbinenpassage (Kaplan) aus PLOSKEY (2004)

Vari- able- name	Definition	von Raben (1957)	Bell (1991)	Turnpenny (2000)	Pavlov (2002)
S	Schädigungsrate	S	S	S	S
l	Länge des Fisches [m]	l	l	l	l
n	Anzahl der Turbinenschau- feln	n	n	Anzahl der Schaufeln	N
N	Umdrehungsgeschwindig- keit des Laufrads [Umdre- hungen/min]	R	N	Umdrehungs- geschwindig- keit des Lauf- rads	n
A_{TH}	vom Laufrad bestrichene Fläche $\pi \cdot (r_{Spitze}^2 - r_{Nabe}^2) [m^2]$	a	$\pi \cdot (r_0^2 - r_1^2)$	vom Laufrad bestrichene Fläche	$\pi \cdot (R^2 - r^2)$
θ	Winkel zwischen dem axia- len Geschwindigkeitsvek- tor des Wassers und dem absoluten Geschwindig- keitsvektor des Wassers	α	θ	a	α
Q	Durchfluss [m ³ /s]	f	Q	Durchfluss	Q
V_{axial}	Axialgeschwindigkeit [m/s]; $= \frac{Q}{A_{TH}}$	$\frac{a}{f} = \frac{1}{V_{axial}}$	V_{axial}	Durchfluss/ vom Laufrad bestrichene Fläche	V^{-1}
r_{Spitze} = Radius der Kreisfläche, die vom Laufrad bestrichen wird, r_{Nabe} = Radius der Laufradnabe					

Tab. 4.13: Formeln für die Berechnung der Schädigungsrate bei der Turbinenpassage (Kaplan) aus PLOSKEY (2004)

von Raben 1957:	$S = \frac{l \cdot n \cdot A_{TH} \cdot \cos \theta}{Q}$
Nece / Bell 1991:	$S = \frac{n \cdot N}{60} \cdot \frac{l \cdot \cos \theta}{V_{axial}}$
Turnpenny 2000:	$S = \frac{\text{Fischlänge}}{\text{Wasserlänge}} = \frac{l}{\left(\frac{V_{axial}}{\cos \theta \cdot n \cdot \frac{N}{60}} \right)}$
Pavlov 2002:	$S = l \cdot N \cdot n \cdot \cos \theta \cdot V_{axial}^{-1}$

Die Herleitung dieser Formeln erfolgte zunächst theoretisch (v. RABEN, 1957). Der Vergleich mit tatsächlich beobachteten Mortalitätsraten zeigte, dass die Formeln zu hohe Werte lieferten. Es wurden Korrekturfaktoren eingeführt. Diese berücksichtigen, dass nicht jede Kollision mit einer Turbinenschaufel gleichbedeutend mit einer Verletzung oder dem Tod ist. Andere Autoren (MONTÉN, 1985, BELL, 1991, TURN-PENNY, 2000 und PAVLOV, 2002) kommen zu ähnlichen deterministischen Modellen, deren Eingangsdaten auf physikalischen Größen basieren.

Die meisten Untersuchungen wurden an Lachssmolts durchgeführt. Nur selten, wie bei HOLZNER (1999), der umfangreiche Beobachtungen am Kraftwerk Dettelbach am Main gemacht hat, wurde die Mortalität aller Fischarten untersucht. Auch waren Wasserkraftanlagen mit Kaplan-Turbinen häufiger Gegenstand der Untersuchungen als Anlagen mit Francis-Maschinen.

Den physikalischen Modellen ist gemeinsam, dass sie versuchen, die Wahrscheinlichkeit der Kollision des Fisches mit den Turbinenschaufeln abzubilden. Dabei hat der Öffnungswinkel der Turbine großen Einfluss auf das Ergebnis. Weil jedoch häufig nicht alle Randbedingungen bekannt sind, werden vereinfachende Annahmen getroffen. Schädigungen durch Druckunterschiede, Scherkräfte und Kavitation bleiben unberücksichtigt. Die meisten Modelle sind durch den Vergleich mit nur wenigen Freilanduntersuchungen, oft an einem Standort, entwickelt worden.

EBEL (2008) stellt fest, dass sich bei einigen der physikalischen Modelle gute Übereinstimmungen zwischen berechneten und beobachteten Schädigungsraten ergeben, aber für die Anwendung der Modelle Eingangsgrößen benötigt werden, die nur

schwer ermittelbar sind. Diese Modelle kommen daher zum Einsatz, wenn der Einfluss der verschiedenen Betriebsbedingungen an einem Standort auf die Mortalität untersucht wird.

Die empirischen Modelle ermitteln die Schädigungsraten in Abhängigkeit von Schaufelabstand, Fischlänge und Drehzahl. Die Eingangsgrößen sind leichter zu ermitteln. Lediglich LARINIER & DARTIGUELONGUE (1989), EBEL (2008) und GOMES & LARINIER (2008) ermittelten aus gesammelten Versuchsdaten durch Regressionsverfahren empirische Näherungsgleichungen.

Im Rahmen der Studie „Erarbeitung und Praxiserprobung eines Maßnahmenplans zur ökologisch verträglichen Wasserkraftnutzung an der Mittelweser“ sollen für eine Vielzahl von Wasserkraftanlagen an der Weser und ihren Nebengewässern die Schädigungsraten bei der Abwärts-Passage von Salmoniden und Aalen abgeschätzt werden.

Hier empfehlen sich die empirischen Modelle, da nicht die verschiedenen Betriebszustände der Turbinen untersucht werden sollen, sondern ein Durchschnittswert für die turbinenbedingte Schädigungsrate ermittelt werden soll. Zudem erfordert die Anwendung der empirischen Modelle weniger Eingangsgrößen und ist daher einfacher zu handhaben.

4.5.2.1

Empirische Prognosemodelle

LARINIER & DARTIGUELONGUE (1989) lieferten schon 1989 mehrere empirische Modelle. Dabei haben sie für Kaplan-Turbinen ein spezifisches Modell für Aale, ein spezifisches Modell für Salmoniden und ein unspezifisches Modell entwickelt. GOMES & LARINIER (2008) haben die Arbeiten weitergeführt und auf der Grundlage verschiedener Untersuchungen drei neue Formeln für die Schädigung von Aalen in Kaplan-Turbinen veröffentlicht.

Darüber hinaus haben LARINIER & DARTIGUELONGUE (1989) als einzige ein Modell für die Berechnung der Schädigungsrate in Francis-Turbinen, das allerdings nur für Salmoniden entwickelt wurde, geliefert.

EBEL (2008) hat verschiedene physikalische und empirische Modelle verglichen und selbst zwei Modelle für die Prognose von Schädigungen an Aalen in Kaplan-Turbinen aufgestellt. Seine Arbeit basiert zum Teil auf den gleichen Untersuchungen wie die von GOMES & LARINIER (2008).

Salmonidenspezifisches Modell von Larinier & Dartiguelongue für Kaplan-Turbinen (1989)

Bei der Modellentwicklung wurden 58 Versuchsanordnungen von 14 Kraftwerken analysiert. Das Bestimmtheitsmaß beträgt $R^2 = 0,35$.

$$P = \sin [13,4 + 42,8 * (TL/esp)]^2$$

mit P = Mortalität
TL = Länge des Fisches [m]
esp = Distanz zwischen den Laufschaufeln [m]

Aalspezifisches Modell von Larinier & Dartiguelongue für Kaplan-Turbinen (1989)

Bei der Modellentwicklung wurden 22 Versuchsanordnungen von acht Kraftwerken analysiert. Das Bestimmtheitsmaß beträgt $R^2 = 0,72$.

$$P = \sin [28,6 + 48,7 * (TL/esp)]^2$$

mit P = Mortalität
TL = Länge des Fisches [m]
esp = Distanz zwischen den Laufschaufeln [m]

Unspezifisches Modell von Larinier & Dartiguelongue für Kaplan-Turbinen (1989)

Bei der Modellentwicklung wurden alle in 2.1 und 2.2 genannten Versuchsanordnungen analysiert. Das Bestimmtheitsmaß beträgt $R^2 = 0,92$.

$$P = \sin [10,7 + 68,8 * (TL/esp)]^2$$

mit P = Mortalität
TL = Länge des Fisches [m]
esp = Distanz zwischen den Laufschaufeln [m]

Neuere aalspezifische Modelle von Gomes & Larinier für Kaplan-Turbinen (2008)

71 Versuchsanordnungen von 15 Kraftwerken wurden für die Modellentwicklung betrachtet. Eingang in die Modellentwicklung fanden nur die 27 Versuchsanordnungen von 13 Kraftwerken, die sich auf eine Turbinenöffnung $\geq 70\%$ beziehen. Zusätzlich fanden Informationen zur Mortalität des Amerikanischen Aals (*Anguilla rostrata*) Eingang in die Modellbildung. Diese betreffen zwei Standorte und zwei Versuchsanordnungen. Es wurden zwei nicht lineare Gleichungen (RNL19 und RNL25) sowie eine Ridge - Regression (RR19) entwickelt.

$$\begin{aligned}
 P &= 4,67 TL^{1,53} D^{-0,48} N^{0,6} & (R^2 = 0,84) & \text{RNL19} \\
 P &= 6,59 TL^{1,63} Q^{-0,24} N^{0,63} & (R^2 = 0,848) & \text{RNL25} \\
 P &= 12,42 TL^{1,36} Q^{-0,22} D^{-0,1} N^{0,49} & (R^2 = 0,73) & \text{RR19}
 \end{aligned}$$

mit

- P = Mortalität
- TL = Länge des Fisches [m]
- D = Turbinendurchmesser [m]
- Q = Turbinendurchfluss [m³/s]
- N = Umdrehungsgeschwindigkeit [U/min]
- R² = Bestimmtheitsmaß

Aalspezifisches Modell von Ebel für einzelne Versuchsanordnungen für Kaplan-Turbinen (2008)

Bei der Modellentwicklung wurden 40 Versuchsanordnungen von 16 Kraftwerken einzeln analysiert. Das Bestimmtheitsmaß beträgt $R^2 = 0,87$. Die Formel wird im folgenden abgekürzt EBEL01 genannt.

$$P = -33,5 -13,54 * s_{\max} + 2,9 * u_{\max} + 87 * TL$$

mit

- P = Mortalität
- s_{\max} = Schaufelabstand am größten Laufraddurchmesser [m]
- u_{\max} = Umfangsgeschwindigkeit am größten Laufraddurchmesser
- TL = Länge des Fisches [m]

Aalspezifisches Modell von Ebel für standortbezogene Mittelwerte für Kaplan-Turbinen (2008)

Bei der Modellentwicklung wurden aus den im vorigen Absatz genannten 40 Versuchsanordnungen 16 standortbezogene Mittelwerte gebildet und als Basis für das Modell genutzt. Das Bestimmtheitsmaß beträgt $R^2 = 0,88$. Die Formel wird im folgenden abgekürzt EBEL02 genannt.

$$P = -44,6 - 13,56 * s_{\max} + 2,7 * u_{\max} + 109 * TL$$

mit P = Mortalität
 s_{\max} = Schaufelabstand am größten Laufraddurchmesser [m]
 u_{\max} = Umfangsgeschwindigkeit am größten Laufraddurchmesser
 TL = Länge des Fisches [m]

Salmonidenspezifisches Modell von Larinier & Dartiguelongue für Francis-Turbinen (1989)

Für Francis-Turbinen gibt es nach vorliegenden Erkenntnissen nur ein Modell. Es wurde für Salmoniden entwickelt. Bei der Modellentwicklung wurden 85 Versuchsanordnungen von 15 Kraftwerken analysiert. Das Bestimmtheitsmaß beträgt $R^2 = 0,73$.

$$P = \sin [6,54 + 0,218 H_A + 118 * TL - 3,88 D_{1m} + 0,0078 N]^2$$

mit P = Mortalität
 H_A = Fallhöhe [m]
 TL = Länge des Fisches [m]
 D_{1m} = mittlerer Laufraddurchmesser [m]
 N = Umdrehungsgeschwindigkeit [U/min]

4.5.2.2 Anmerkungen zu den Modellen

Die Prognosemodelle von LARINIER & DARTIGUELONGUE (1989) werden in EBEL (2009) kritisch betrachtet:

- Um bei der Anwendung der Modelle keine Schädigungsraten $< 0\%$ oder $> 100\%$ zu erhalten, werden die Ergebnisse einer Sinustransformation unterzogen. Das kann zu unlogischen Ergebnissen führen. So wird die Schädigungsrate

in einer gegebenen Turbine mit zunehmender Körperlänge kleiner, wenn ein bestimmter Quotient aus Körperlänge und Schaufelabstand überschritten wird.

- Die Drehzahl oder Umfangsgeschwindigkeit der Turbine bleibt unberücksichtigt, weil LARINIER & DARTIGUELONGUE Daten von Turbinen mit ähnlicher Umfangsgeschwindigkeit genutzt haben. Das kann bei Turbinen mit abweichenden Umfangsgeschwindigkeiten zu fehlerhaften Ergebnissen führen.
- Das aalspezifische Modell gibt bei gleicher Körperlänge der Fische größere Schädigungsraten an als das salmonidenspezifische Modell.
- Das unspezifische Modell basiert auf einer Scheinkorrelation und ist nach Einschätzung von EBEL (2009) fachlich und sachlogisch nicht korrekt.

Auf Rückfrage teilte Herr Larinier mit, dass die 1989 veröffentlichten Formeln vor allem für die Ermittlung der Schädigungsraten von Salmoniden entwickelt wurden. Das aalspezifische Modell beruht nur auf einer relativ geringen Anzahl an Untersuchungen, in denen kleine Turbinen überrepräsentiert sind und die Aallänge immer ähnlich war. Daher überschätzt diese Gleichung die Schädigungsrate bei großen Turbinen mit kleiner Fallhöhe und bei kleinen Aalen. Für die Abschätzung der Mortalitätsrate von Aalen wurde immer nur das unspezifische Modell angewendet, das die Fischlänge besonders berücksichtigt.

Heute wird von den 1989 entwickelten Ansätzen nur noch das salmonidenspezifische Modell für Francis-Turbinen angewendet.

In den letzten 20 Jahren sind zahlreiche Untersuchungen an Kaplan-Turbinen aller Größen in Bezug auf Aale und Salmoniden durchgeführt worden, so dass die Modelle weiter entwickelt werden konnten. Für Aale sind drei neue Modelle veröffentlicht worden. Sie beziehen sich auf Untersuchungen mit einer Turbinenöffnung von 70 bis 100%. Die Ergebnisse der Modellberechnungen ähneln sich sehr. Es werden aber unterschiedliche Eingangsgrößen benötigt, so dass je nach Datenlage das eine oder das andere Modell genutzt werden kann.

Auch die neueren Aalmodelle basieren auf Untersuchungen an bestimmten Turbinentypen. So sind Turbinen mit vier Schaufeln überrepräsentiert. Turbinen mit einer Leistung < 500 kW, einer Fallhöhe < 3-4 m und einer Ausbauwassermenge von < 15 – 20 m³/s sind hingegen unterrepräsentiert. Ebenso wie große Turbinen mit 10 – 50 MW, einer Ausbauwassermenge von 150 – 200 m³/s und einer Fallhöhe von 10 – 20 m.

Neuere salmonidenspezifische Modelle existieren, sind aber nicht veröffentlicht worden (LARINIER 2009).

Die Formeln von GOMES & LARINIER stützen sich auf eine Teilmenge der Untersuchungen von EBEL, und somit auf den gleichen Turbinentyp bzw. auf die gleiche Turbinengröße. Bei abweichenden Charakteristika der Turbinen ist anzunehmen, dass die Prognoseergebnisse ungenauer werden (LARINIER 2009).

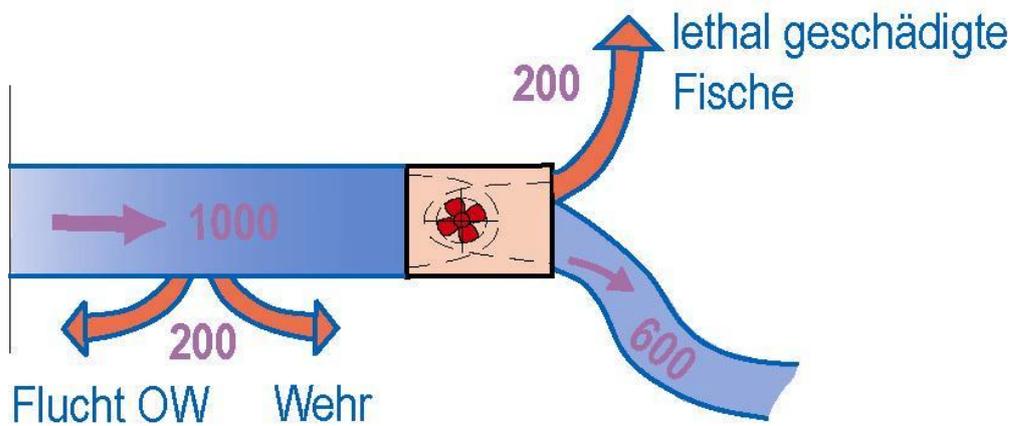
Multiple lineare Regressionen können die Realität nur in gewissen Grenzen abbilden. So liefert das Modell von EBEL auch Schädigungsraten $< 0\%$ oder $> 100\%$, die dann auf 0% bzw. 100% gesetzt werden.

Auch die nicht-linearen Modelle bzw. Ridge-Regressionen können Werte liefern, die über 100% liegen.

Nach Angaben von LARINIER (2009) erfolgt die Bestimmung der Mortalitätsrate in den Versuchen, die der Modellbildung zu Grunde liegen, bei LARINIER und seinen Kollegen anders als bei EBEL. LARINIER berechnet die Mortalitätsrate als Quotient aus den gefangenen toten und verletzten Fischen und der Gesamtheit der oberhalb der Turbine eingesetzten Fische. Somit werden auch jene Versuchsfische berücksichtigt, die die Turbine nicht passiert haben und im Oberwasser verbleiben oder über andere Wege ins Unterwasser gelangen. Dadurch ergeben sich Werte, die die tatsächliche Turbinenmortalitätsrate unterschreiten. LARINIER begründet dies damit, dass er in vielen Versuchen die Erfahrung gemacht habe, dass diese Versuchsfische, die nicht gefangen werden, überleben.

EBEL berechnet die Mortalitätsrate als Quotient aus den nach Turbinenpassage gefangenen toten und verletzten Fischen und der Gesamtheit der unterhalb der Turbine gefangenen Fische. Es werden also nur die Fische berücksichtigt, die tatsächlich die Turbine passiert haben.

Die verschiedenen Berechnungsansätze für die Bestimmung der Mortalitätsrate führt dazu, dass LARINIER und Kollegen in der Regel etwas niedrigere Mortalitätsraten zu Grunde legen als EBEL. Entsprechend fallen auch die Ergebnisse ihrer Prognosemodelle niedriger aus. In Abb. 4.9 ist ein Beispiel dargestellt:



Von 1000 eingesetzten Versuchsfischen werden 800 nach der Turbinenpassage wieder gefangen. 200 der 800 Fische sind lethal geschädigt.

Larinier: Mortalitätsrate = $200 \text{ tote Fische} / 1000 \text{ Fische} = 20 \%$

Ebel: Mortalitätsrate = $200 \text{ tote Fische} / 800 \text{ wieder gefangene Fische} = 25 \%$

Abb. 4.9: Beispiel für die Berechnung der Mortalitätsrate bei Ebel und Larinier

4.5.2.3 Modellvergleich

Zum Vergleich der verschiedenen Modelle wurden die Mortalitätsraten an den Wasserstandorten berechnet. Die Daten zu den Standorten sind in Tab. 4.14, die Berechnungsergebnisse sind in Tab. 4.15 zusammengefasst. In Tab. 4.16 sind die Berechnungsformeln aus den Modellen aufgeführt.

Tab. 4.14: Technische Daten zu den Wasserkraftstandorten an der Weser

Standort	Turbinentyp	Turbinen Aus- bau-Q [m ³ /s]	Schaufel- anzahl	Durchm. Lauf rad [m]	Durchm. Nabe [m]	Drehzahl [1/min]
Langwedel	4 Kaplan	65	4	4,4	1,9	62
Dörverden	2 Kaplan	36	4	3	1,32	100
Dörverden	1 Propeller- turbine	40	4	3,95	1,14	60
Dörverden	1 Propeller- turbine	40	4	4,11	1,14	100
Drakenburg	3 Kaplan	66,67	4	4,5	1,98	60
Landesbergen	3 Kaplan	66,67	4	4,51	1,93	69
Schlüsselburg	3 Kaplan	67	4	4,51	1,9	61,5
Petershagen	3 Kaplan	50	4	3,89	1,4	68
Pfortmühle	Kaplan S - Rohr	30	4	2,65	1,134	110
Werder-neu	2 Kaplan Rohr	32,5	3	2,3	1	152

Tab. 4.15: Berechnete Mortalitätsraten an den Wasserkraftstandorten an der Weser

Standort	Mortalitäts- bzw. Schädigungsrate [%]								
	Lachs un- spezifisch	Lachs spezi- fisch	Aal un- spezifisch	Aal spezifisch	Aal RNL19	Aal RNL25	Aal RR19	Aal EBEL 01	Aal EBEL 02
Langwedel	6,6	7,6	23,6	44,1	14,4	16,6	18,4	18,7	19,0
Dörverden, Kaplan	8,3	8,7	37,0	54,4	23,1	25,8	27,5	37,7	37,8
Dörverden, Propeller	7,4	8,1	29,8	49,0	14,8	18,2	20,3	18,0	18,6
Drakenburg	6,5	7,5	22,8	43,4	14,0	16,1	17,9	17,2	17,6
Landesbergen	6,5	7,5	23,0	43,6	15,2	17,6	19,2	23,4	23,3
Schlüsselburg	6,5	7,6	23,1	43,7	14,2	16,3	18,1	18,2	18,5
Petershagen	7,3	8,1	29,0	48,4	16,2	18,7	20,6	22,9	23,3
Pfortmühle	9,2	9,3	43,5	59,1	26,0	28,6	30,3	40,2	40,3
Werder-neu	8,2	8,7	36,2	53,8	33,8	34,4	35,4	44,5	44,1

Tab. 4.16: Empirische Modelle zur Berechnung der Mortalität bei der Turbinenpassage

Modellbezeichnung	Modellgleichung	Autor
Lachs unspezifisch	$P = \sin [10,7 + 68,8 * (TL/esp)]^2$	Larinier & Dartiguelongue (1989)
Lachs spezifisch	$P = \sin [13,4 + 42,8 * (TL/esp)]^2$	Larinier & Dartiguelongue (1989)
Aal unspezifisch	$P = \sin [10,7 + 68,8 * (TL/esp)]^2$	Larinier & Dartiguelongue (1989)
Aal spezifisch	$P = \sin [28,6 + 48,7 * (TL/esp)]^2$	Larinier & Dartiguelongue (1989)
Aal RNL19	$P = 4,67 TL^{1,53} D^{-0,48} N^{0,6} \quad (R^2 = 0,84)$	Gomes & Larinier (2008)
Aal RNL25	$P = 6,59 TL^{1,63} Q^{-0,24} N^{0,63} \quad (R^2 = 0,848)$	Gomes & Larinier (2008)
Aal RR19	$P = 12,42 TL^{1,36} Q^{-0,22} D^{-0,1} N^{0,49} \quad (R^2 = 0,73)$	Gomes & Larinier (2008)
Aal EBEL 01	$P = -33,5 -13,54 * s_{max} + 2,9 * u_{max} + 87 * TL$	Ebel (2008)
Aal EBEL 02	$P = -44,6 -13,56 * s_{max} + 2,7 * u_{max} + 109 * TL$	Ebel (2008)
mit	<p>P = Mortalität</p> <p>TL = Länge des Fisches [m]</p> <p>esp = Distanz zwischen den Laufschaufeln [m]</p> <p>H_A = Fallhöhe [m]</p> <p>D_{1m} = mittlerer Laufraddurchmesser [m]</p> <p>N = Umdrehungsgeschwindigkeit [U/min]</p> <p>D = Turbinendurchmesser [m]</p> <p>Q = Turbinendurchfluss [m³/s]</p> <p>s_{max} = Schaufelabstand am größten Laufraddurchmesser [m]</p> <p>u_{max} = Umfangsgeschwindigkeit am größten Laufraddurchmesser</p>	

Die Länge der Lachssmolts geht mit 0,15 m in die Berechnungen ein, die der Aale mit 0,66 m.

Der Vergleich der beiden Modelle für die Berechnung der Schädigungsrate von Salmoniden zeigt, dass die Ergebnisse nicht wesentlich voneinander abweichen. Die

Mortalitätsraten des salmonidenspezifischen Modells sind zwischen 0,1 % und 1,1 % höher als die des unspezifischen Modells.

Unter den Modellen zur Berechnung der Schädigungsrate von Aalen liefert das aal-spezifische Modell von LARINIER & DARTIGUELONGUE die höchsten Werte. Wie LARINIER und EBEL angeben, überschätzt dieses Modell bei bestimmten Turbinentypen bzw. -größen die Schädigungsrate.

Die drei Modelle von GOMES & LARINIER (2008) (RNL19, RNL25, RR19) ähneln sich in den Ergebnissen wie in Kap. 4.5.2.2 beschrieben und liefern die niedrigsten Schädigungsraten. Auch die beiden EBEL-Modelle kommen zu ähnlichen Ergebnissen.

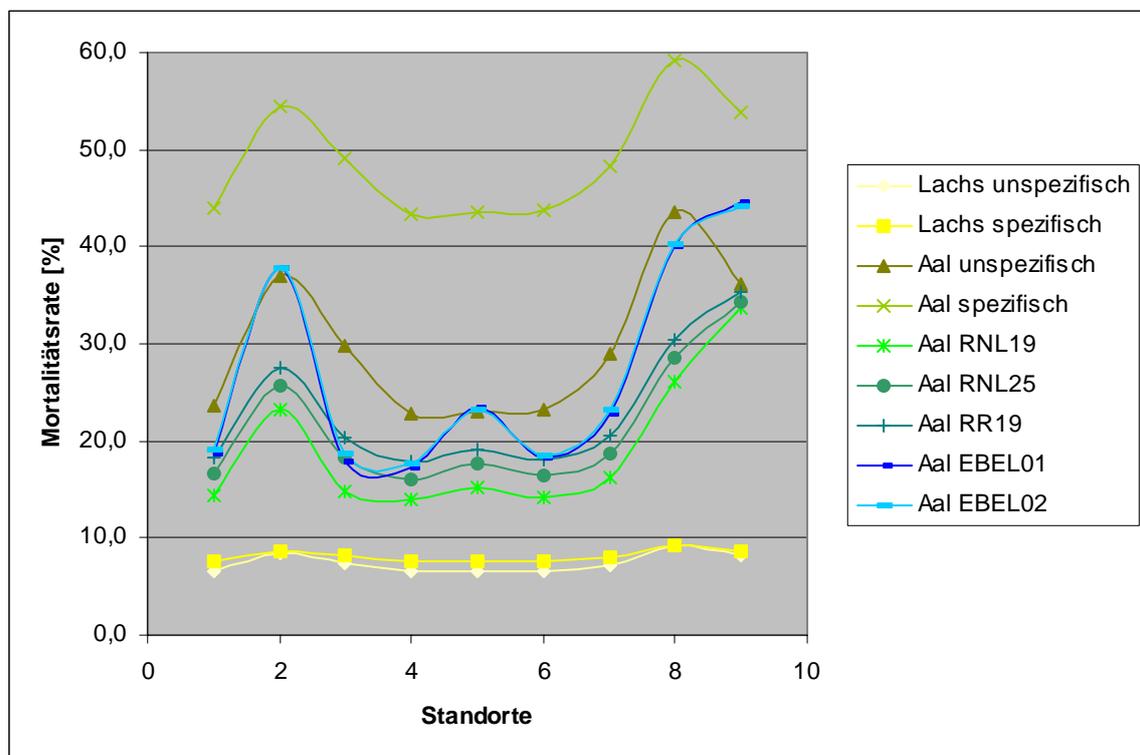


Abb. 4.10: Vergleich der mit den Modellen ermittelten Mortalitätsraten von Blankaaalen bei der Passage von Kaplan-Turbinen

In Abb. 4.10 ist ansatzweise zu erkennen, dass die Datenbasis, auf die sich das Modell stützt, die Ergebnisse wesentlich beeinflusst. Die neueren LARINIER-Formeln (RNL19, RNL25 und RR19) und die EBEL-Formeln basieren zum Großteil auf den gleichen Untersuchungen. Der Verlauf der Kurven ähnelt sich. Die älteren LARINIER-Formeln hingegen, die auf anderen Untersuchungen basieren, zeigen einen abweichenden Verlauf.

4.5.2.4 Schlussfolgerungen

Für die Prognose von Schädigungen von Lachsen in Kaplan-Turbinen stehen zwei Modelle von LARINIER & DARTIGUELONGUE zur Verfügung. Hier sollte das für Lachse empfohlene salmonidenspezifische Modell für weitere Berechnungen angewendet werden. LARINIER arbeitet nach eigenen Angaben (2009) heute mit einem anderen Modell, das aber nicht veröffentlicht wurde.

Für die Berechnung von Schädigungen in Francis-Turbinen steht nur ein Modell zur Verfügung, das auf einer geringen Anzahl von untersuchten Standorten basiert. Dieses Modell kann nur mit Einschränkungen verwendet werden. Die Begrenztheit des Modells muss deutlich gemacht werden.

Für Kaplan-Turbinen stehen für die Prognose von Schädigungen von Aalen mehrere Modelle zur Verfügung. Die älteren Modelle von LARINIER & DARTIGUELONGUE sollten entsprechend den Ausführungen in Kap. 4.5.2.2 nicht mehr eingesetzt werden.

Das aalspezifische Modell für einzelne Versuchsanordnungen von EBEL (2008) ist nicht für die Prognose der mittleren Schädigungsrate, wie in der Studie „Erarbeitung und Praxiserprobung eines Maßnahmenplans zur ökologisch verträglichen Wasserkraftnutzung an der Mittelweser“ gefragt, konzipiert.

Die drei Modelle von GOMES & LARINIER (2008) sowie das Modell für standortbezogene Mittelwerte von EBEL (2008) sind für die Prognose der Schädigungsrate von Aalen innerhalb der Studie grundsätzlich geeignet.

Die Modelle von GOMES & LARINIER (2008) berücksichtigen nur solche Betriebszustände, bei denen die Turbine zu mindestens 70 % geöffnet ist, während EBEL die Turbinenöffnung unberücksichtigt lässt. Das führt dazu, dass GOMES & LARINIER niedrigere Mortalitätsraten liefern als EBEL, weil die Turbinenmortalität bei nur wenig geöffneten Turbinen größer ist als bei voll geöffneten. Für die in der Studie geforderte Prognose, die die Turbinenmortalität als Mittelwert über einen längeren Zeitraum abbilden soll, ist das Modell von EBEL eher geeignet, da alle Betriebszustände abgebildet werden.

Das Modell von EBEL basiert auf einer größeren Datenmenge und weist im Vergleich mit den übrigen Modellen die höchste Übereinstimmung mit den Freilandbefunden auf. Es besitzt mit $R^2 = 88$ ein hohes Erklärungsvermögen.

Die dem Modell von EBEL zu Grunde liegende Berechnungsmethode der Mortalitätsrate (Kap. 4.5.2.2) bildet die Turbinenmortalität besser ab als die von LARINIER verwendete Methode.

Es wird daher empfohlen, die Mortalitätsraten von Aalen in Kaplan-Turbinen in der vorliegenden Studie mit dem Modell für standortbezogene Mittelwerte von EBEL (2008) zu berechnen.

4.6

Expertise zur Populationsdynamik diadromer Fischarten

Eine wichtige Grundlage für die Modelluntersuchung zur Etablierung selbsterhaltender Fischpopulationen in einem Flussgebiet ist neben der Kenntnis der Auswirkungen der Wanderhindernisse die Kenntnis relevanter Populationsparameter.

Im Rahmen der schriftlichen Expertise zur Populationsdynamik des Atlantischen Lachses, der Meerforelle, des Meer- und Flussneunauges sowie des Europäischen Aals wurden mit Fokus auf die Überlebensraten relevante Populationsparameter sowie Mortalitätsursachen aus der Literatur zusammengetragen, evaluiert und deren Übertragbarkeit auf das Wesersystem geprüft. Tab. 4.17 zeigt die natürlichen und anthropogenen Mortalitätsursachen des Atlantischen Lachses.

Tab. 4.17: Mortalitätsursachen des Atlantischen Lachses für unterschiedliche Lebensstadien laut Literatur (aus THIEL u. MAGATH 2010)

Mortalität		Lebensstadium				
		Ei bis Emergenz	Emergenz bis Smolt	Smoltabwanderung	marine Phase bis Rückkehr	Kelt
natürlich	Kormoran		X	X		
	andere Prädatoren	X	X	X	X	
	Konkurrenz		X			
	Anderes	X	X		X	X
anthropogen bedingt	Fischerei			X	X	X
	Angler		X	X	X	X
	Wasserkraft			X		X
	Entnahmen			X		
	Einträge	X				
	Anderes		X			

Die Datenlage für den Atlantischen Lachs wird als gut, für die Meerforelle und den Aal als ausreichend und für die Neunaugen als ungenügend eingeschätzt. Bearbeitete Populationsparameter für Lachs und Meerforelle waren die Eizahl (absolute und relative Fruchtbarkeit), die Überlebensraten vom Ei bis zum Smolt, vom Smolt bis zum Rückkehrer und vom Kelt bis zum Rückkehrer sowie das Verhältnis von Laichfi-

schen zu Rückkehrern. Für Meer- und Flussneunauge konnte nur der Parameter Eizahl behandelt werden. Beim Aal wurden die relevanten Überlebensraten der kontinentalen Phase bearbeitet. Es wurden Mediane der relevanten Populationsparameter mit ihren Spannweiten (1. und 3. Quartil) berechnet, so dass Extremwerte ausgeschlossen wurden. Sofern verfügbar wurden plausible Werte für den Ist-Zustand und bei Lachs und Meerforelle auch für den Zustand bei Selbsterhalt der Populationen für die entsprechenden Lebensstadien für das Wesersystem angenommen.

Aufgrund der geringen Datenlage konnten nicht für alle betrachteten Fischarten die relevanten Populationsparameter ermittelt werden. Für das Projekt wurden nur die Daten für den Lachs weiter verwendet.

In Tab. 4.18 sind für die ermittelten populationsdynamischen Kenngrößen des Lachses jeweils die Werte des 1. Quartils, des Medians und des 3. Quartils angegeben. Quartile sind als die Variablenwerte definiert, die eine Verteilung in vier Bereiche teilen, die jeweils gleichviel Daten enthalten. Das 1. Quartil ist also der Wert, der sowohl größer als 25 % als auch kleiner als 75 % der restlichen Daten ist. Der Median stellt den Wert dar, der eine Verteilung in zwei gleich große Teile teilt und das 3. Quartil ist entsprechend der Wert, der sowohl größer als 75 % als auch kleiner als 25 % der restlichen Daten ist. Die Quartilwerte geben somit die Spannweite der Literaturangaben an ohne Extremwerte zu berücksichtigen.

Die Spalte „Einschätzung Wesersystem“ gibt die Werte an, die nach Einschätzung der Autoren (THIEL u. MAGATH 2010) den heutigen populationsdynamischen Parameterwerten entsprechen. Die Spalte „Selbsterhalt Population“ gibt die Werte an, die ohne Berücksichtigung der Auswirkungen von Querbauwerken und Wasserkraftanlagen mindestens erreicht werden müssten, damit sich eine Population selbst erhalten kann. Diese Werte sind erheblich höher als die Werte des Ist-Zustands. Um sie zu erreichen, müssen die Lebensbedingungen der Lachse verbessert werden. Dazu gehören z.B. Verbesserungen im marinen Lebensraum, Verminderung des Prädationsdrucks oder Habitatverbesserungen.

Die Werte der populationsdynamischen Parameter wurden hier explizit hinsichtlich ihrer Übertragbarkeit auf das Wesersystem geprüft. Eine Übertragbarkeit auf andere Flusssysteme sollte nicht ohne weitere Prüfung erfolgen, da die Randbedingungen (z.B. betrachtete Lachsstämme, spezifische morphologische Bedingungen oder die Wassergüte) zu anderen Empfehlungen für die populationsbiologischen Kennwerte führen können.

Tab. 4.18: Zusammenfassung der Überlebensraten des Lachses aus der Literatur und Einschätzung für das Wesersystem (aus THIEL u. MAGATH (2010))

Stadium	Spanne der Überlebensraten			Ist-Zustand Wesersystem	Selbsterhalt Population
	1. Quartil	Median	3. Quartil		
abs. Fruchtbarkeit [Eier/Weibchen]	5030	6864	10530	1. Quartil	1. Quartil
rel. Fruchtbarkeit [Eier/kg]	1600	1862	2190	840-1260	
Ei bis Smolt [%]	0,81	1,24	1,60	1. Quartil	3. Quartil
Smolt bis Rückkehrer [%] (natürliche Reprod.)	1,17	2,75	5,80	-	Median
Smolt bis Rückkehrer [%] (Besatz)	0,51	0,96	2,55	1. Quartil	-
Laicher / Rückkehrer	0,5*	0,75	0,9*	Minimum	Maximum
Kelt [%]	7,00	8,20	15,00	0	0

* hier werden statt der Quartile Minimum und Maximum verwendet

Abb. 4.11 zeigt den Lebenszyklus des Lachses und die populationsdynamischen Parameter.

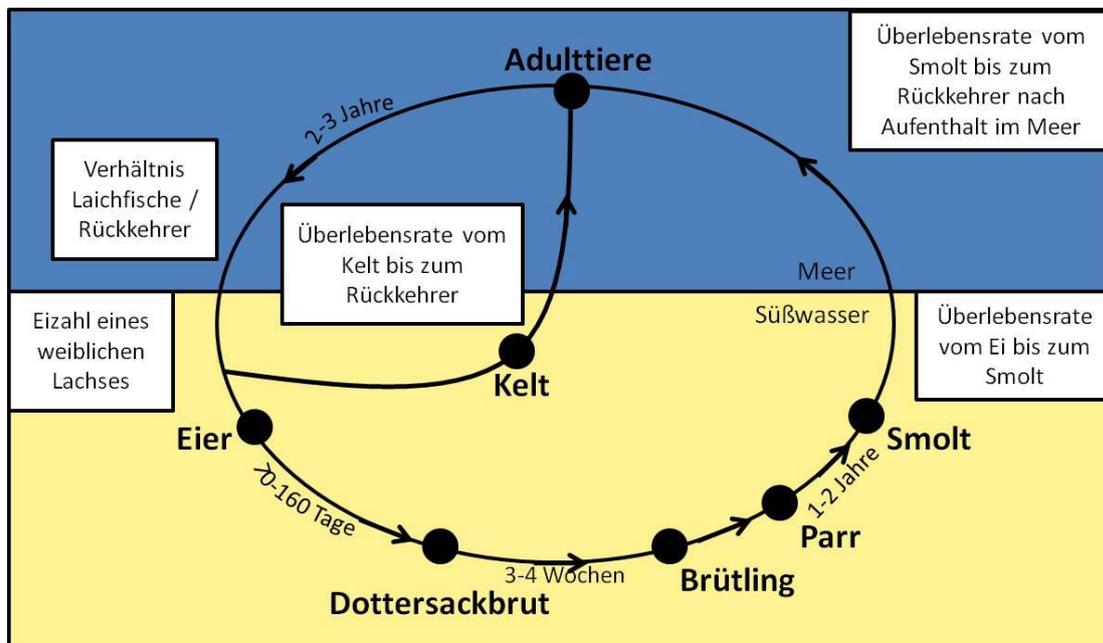


Abb. 4.11: aus THIEL u. MAGATH (2010): Lebenszyklus des Atlantischen Lachses *Salmo salar* (Linnaeus, 1758) mit Angabe der Lebenszyklus-Abschnitte, für die Teilüberlebensraten ermittelt wurden.

Diese Arbeiten wurden von der Universität Hamburg, Biozentrum Grindel und Zoologisches Museum, Abteilung Ichthyologie, durchgeführt und werden in einem eigenen UBA-Text veröffentlicht. Ein Auszug des Berichts mit den Ergebnissen zum Atlantischen Lachs *salmo salar* befinden sich in Anlage 4.

Die für den Lachs ermittelten Populationsparameter sind Bestandteil der populationsdynamischen Flussgebietsbetrachtung, die in Kap. 4.7.2 erläutert wird.

4.7

Modellierung der Überlebensfähigkeit der Population

Um zu untersuchen, ob sich eine Population der Zielarten auf ihrer Wanderung vom Meer zum Zielareal und zurück erhalten kann, wurden Modelle zur der Überlebensfähigkeit der Population erstellt. Innerhalb des Projekts wurden verschiedene Betrachtungsweisen angewendet, die eine flussgebietsbezogene Untersuchung erlauben:

- statische Betrachtung
- dynamische Betrachtung.

Während die statische Betrachtung die Wanderrouten aufwärts und abwärts einzeln untersucht und nur die Auswirkungen der Querbauwerke und Wasserkraftanlagen auf die Wanderung der Fische berücksichtigt, wird bei der dynamischen Betrachtung der Lebenszyklus und damit die Auf- und Abwanderung, der Aufenthalt im Meer und weitere populationsbiologische Parameter betrachtet.

Wie in Kap. 4.6 dargestellt, bestehen insbesondere hinsichtlich der marinen Phase des europäischen Aals noch viele Unklarheiten, so dass nur unzureichende Angaben zu den populationsbiologischen Parametern des Aals vorliegen. Für den Aal wurde daher die statische Betrachtung gewählt. Für den Lachs liegen mehr Erkenntnisse über dessen Lebenszyklus vor, so dass hier die dynamische Betrachtung gewählt wurde.

4.7.1

Statische Betrachtung

Die in dieser Betrachtung genannten Raten betreffen nur die Auswirkungen der Querbauwerke und Wasserkraftanlagen auf die Fischfauna. Sie wurden auf der Grundlage des heutigen Wissens abgeschätzt. Es handelt sich somit um theoretische

Raten. Sonstige Verluste, z.B. durch Prädatoren, Fischerei o.ä. bleiben unberücksichtigt. Auch der Einfluss von Besatzmaßnahmen findet keine Berücksichtigung.

Die Aufstiegs- bzw. die Überlebensraten bei auf- und abwandernden Fischen kumulieren sich in vielfach gestauten Gewässern, da sich diese Raten an den einzelnen Standorten entlang der gesamten Staukette, über die die Fische wandern, multiplizieren. Dies kann verdeutlicht werden, wenn man z.B. gleiche Überlebensraten q an jeder von n Staustufen annimmt. Dann ergibt sich die Erreichbarkeitsrate-Nordsee p aus der Beziehung (Abb. 4.12):

$$p = q^n$$

Diese Beziehung gilt aufwärts wie abwärts.

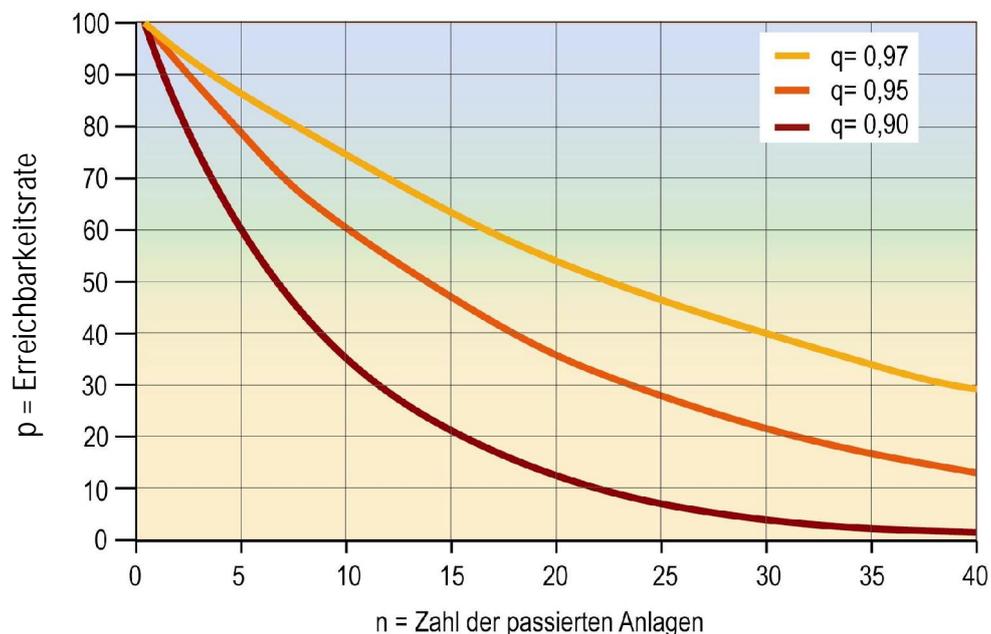


Abb. 4.12: Kumulierte Erreichbarkeitsrate p auf- oder abwandernder Fische bei der Passage von n Standorten mit der lokalen Überlebensrate q (DUMONT et.al. 2005)

Die Erreichbarkeitsrate gibt an, welcher Anteil von aufwandernden Fischen in der Lage ist, sein Zielareal zu erreichen, oder welcher Anteil am Bestand von abwandernden Fischen in der Lage ist, ungeschädigt die Nordsee zu erreichen.

Die Arealnutzungsrate eines Gewässers bewertet, welcher Anteil der gesamten in einem Gewässer oder Gewässersystem vorhandenen Arealfläche aufgrund seiner unzureichenden aufwärts gerichteten Durchgängigkeit durch Aale bzw. Lachse erreicht und damit prinzipiell besiedelt werden kann.

Wird von einer gleichmäßigen Verteilung der Aale oder Lachse in den Aufwuchs- und Jungfischarealen ausgegangen, ist ihre Anzahl direkt proportional zur verfügbaren Arealfläche. Werden für alle Areale die potenziell genutzten Anteile addiert, so ergibt sich die gesamte genutzte oder besiedelte Fläche für ein Gewässer oder Gewässersystem. Das Verhältnis der gesamten erreichbaren (d.h. nutzbaren) Arealfläche zur gesamten verfügbaren Fläche wird als Arealnutzungsrate bezeichnet.

Die Gesamtüberlebensrate bewertet jeweils für die Zielarten Lachs und Aal, wie viele der insgesamt im Gewässersystem aufgewachsenen Fische das Meer erreichen. Es wird also die gesamte Population im Gewässersystem und nicht nur Teilpopulationen wie bei der Erreichbarkeitsrate betrachtet.

Die Berechnung erfolgt analog zur Arealnutzungsrate. Für die Ausgangspopulation wird angenommen, dass alle Areale zum Zeitpunkt der Abwanderung vollständig und gleichmäßig besiedelt sind. Die gesamte Arealfläche eines Gewässers ist bei konstanter Besiedlungsdichte somit ein Maß für die Zahl der Aale bzw. Lachse, die abwandern könnten.

Für jedes Areal wird die Zahl der Fische, die die Nordsee theoretisch erreicht, mit Hilfe der Erreichbarkeitsrate und der Arealfläche ermittelt. Die so ermittelten Werte werden addiert. Das Verhältnis der Zahl, der bei der Abwanderung überlebenden Fische, zur Gesamtzahl der abwandernden Fische ist definiert als die Gesamtüberlebensrate.

4.7.2

Populationsdynamische Betrachtung

Neben der vereinfachten statischen Berechnung aus Kapitel 4.7.1 wurde eine dynamische Berechnung aufgestellt, die den gesamten Kreislauf der Auf- und Abwanderung anadromer Lachse, einschließt. Dabei wurden weitere relevante populationsbiologische Parameter berücksichtigt.

Die Internationale Kommission zum Schutz des Rheins geht davon aus, dass ein Lachsweibchen max. 10.000 Eier legt (IKSR 2004). Davon überleben etwa 1 %, also 100 Junglachse bis zu Beginn der Abwanderung. Der Bestand erhält sich demnach, wenn davon später 4 Lachse aus dem Meer zurückkehren, denn vermutlich vermehren sich nur knapp die Hälfte der Rückkehrer erfolgreich. Des Weiteren gibt die IKSR eine Rückkehrerrate aus dem Meer von 1-2% an, wenn sich angepasste Rheinlachsstämme entwickelt haben.

Im Rahmen des Projekts wurden diese Angaben durch den Projektpartner Universität Hamburg mit Hilfe von Literaturangaben überprüft und auf die Verhältnisse in der Weser übertragen, siehe Kapitel 4.6.

Folgende für die Berechnung relevanten populationsdynamischen Kenngrößen wurden ermittelt:

- absolute Fruchtbarkeit = Eizahl eines weiblichen Atlantischen Lachses
- Überlebensrate vom Ei bis zum abwanderungsbereiten Smolt
- Überlebensrate vom Smolt bis zum Rückkehrer, unterschieden nach natürlicher Reproduktion und Besatz
- Verhältnis Anzahl Laichfische / Anzahl Rückkehrer

Die o.g. Parameter wurden in einem Berechnungsmodell verwendet, das den Lebenszyklus von Lachsen abbildet. Für den Parameter Überlebensrate vom Smolt bis zum Rückkehrer wurde der Wert für die natürliche Reproduktion gewählt, da die natürliche Reproduktion das langfristige Ziel ist, obwohl in der Übergangszeit mit Besatz zugearbeitet werden muss. Für einen zukünftigen Planzustand wurden die Verluste an den Querbauwerken und Wasserkraftanlagen mit dem in Kap. 4.7.1 erläuterten statischen Verfahren ermittelt. Verluste in den Gewässern, z.B. durch Prädation, Fang, Krankheit o.ä. konnten wegen fehlender Literaturangaben nicht berücksichtigt werden. Abb. 4.13 zeigt ein Schema des Berechnungsmodells.

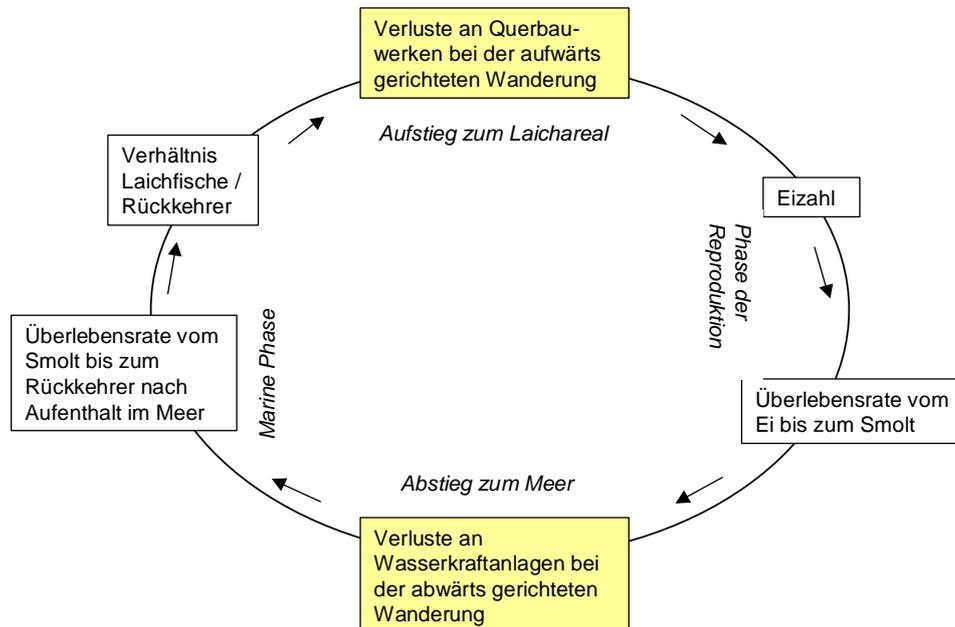


Abb. 4.13: Parameter des Berechnungsmodells zur Abbildung des Lebenszyklus des Atlantischen Lachses (weiß: populationsdynamische Parameter, gelb: Verluste an Querbauwerken und Wasserkraftanlagen)

Das Berechnungsmodell startet die Berechnung mit einem Lachs-Weibchen. Das Weibchen legt eine bestimmte Anzahl Eier (abs. Fruchtbarkeit, s. Tab. 4.18). Von dieser Anzahl Eier überlebt ein gewisser Anteil die Wachstumsphase bis zum Smolt (Überlebensrate Ei bis Smolt, Tab. 4.18). Diese Smolts wandern über die Wasserkraftanlagen der betrachteten Wanderroute ab. Die Verluste bei der Abwanderung werden durch die Erreichbarkeitsrate Nordsee (s. Kap. 4.7.1) ausgedrückt. Sie bestimmt den Anteil der Smolts, die die Nordsee lebend erreichen. Von diesen Smolts überlebt ein gewisser Anteil die maritime Phase (Überlebensrate Smolt bis Rückkehrer, Tab. 4.18). Die sogenannten Rückkehrer wandern über die Querbauwerke und Wasserkraftanlagen in ihre Laichareale auf. Von den in der Nordsee gestarteten Rückkehrern erreicht nur ein gewisser Teil sein Laichareal. Dies wird ausgedrückt durch die Erreichbarkeitsrate Areal (s. Kap. 4.7.1) bzw. die Verluste an Querbauwerken bei der aufwärts gerichteten Wanderung. Schließlich sind nicht alle Rückkehrer Laichfische, so dass sich nur 50 bis 90 % (Rückkehrer/Laichfische Tab. 4.18) wieder an der Reproduktion beteiligen können.

Wenn am Ende des Lebenszyklus mindestens ein Laichfisch überlebt, handelt es sich um eine sich selbst erhaltende Population. Überleben weniger Tiere, so erhält sich die Population nicht. Der Anteil der überlebenden Laichfische zu den gestarteten Weibchen wird im folgenden Populationsfaktor genannt.

4.8

Variantenuntersuchung

Um über die künftige Entwicklung eines Gewässers bzw. von Standorten und über die jeweils erforderlichen Maßnahmen entscheiden zu können, ist es notwendig, die mit Hilfe von Anpassungsmaßnahmen erreichbaren potenziellen Gesamtüberlebensraten zu kennen.

Die Erkenntnisse hinsichtlich der fischökologischen Anforderungen an Fischaufstiegsanlagen haben sich in den letzten 20 Jahren dahin gehend erweitert, dass heute Planungshilfen zur Verfügung stehen, die den aktuellen der Technik wiedergeben (DUMONT et al. 2005, DWA 2010).

Für den Plan-Zustand, also den Zustand nach Durchführung geplanter Maßnahmen, wird daher von optimalen Bedingungen ausgegangen. Als Konsequenz für die Herstellung der Durchgängigkeit auf- und abwärts gilt daher:

- Priorität hat der Rückbau von Standorten
- Können Standorte nicht rückgebaut werden, so sind hohe Qualitätsstandards beim Umbau einzuhalten. Diese gelten von der Planung bis zur Ausführung.
- Auf lange Sicht (ca. 50 Jahre) können Standorte mit Gewässerverzweigungen, alter Bausubstanz oder ungenutztem Potenzial durch einen Ersatzneubau modernisiert werden. Dabei sind die Anforderungen an die Herstellung der Durchgängigkeit optimal zu erfüllen.

In der Variantenuntersuchung wurde nur der Fischabstieg variiert, da dieser im Fokus des Vorhabens stand. Im Modell wurde aber sowohl der Fischauf- als auch der –abstieg betrachtet, da für den Lebenszyklus der Fische beide Wanderrichtungen relevant sind.

Aufstieg

Für den Fischaufstieg wurde für einen zukünftigen Planzustand sowohl an den Weser- als auch an den Nebengewässern eine Aufstiegsrate pro Standort von 97,5 % angenommen. Darin ist berücksichtigt, dass einige Standorte durch Rückbau eine Aufwärtspassierbarkeit von 100 % erreichen können, während der Umbau bei anderen Standorten ggf. durch die lokale Situation nicht optimal ausgeführt werden kann und geringere Aufstiegsraten zu erwarten sind.

Abstieg

Hinsichtlich der fischökologischen Anforderungen und der technischen Umsetzung des Fischabstiegs bestehen noch erhebliche Wissensdefizite. Dies betrifft insbesondere Standorte an Gewässern mit $MQ > > 20 \text{ m}^3/\text{s}$. Für die Standorte in der Hunte, der Leine und der Diemel wird daher im folgenden angenommen, dass der Fischschutz und der –abstieg gewährleistet werden und eine lokale Abstiegsrate von 95 % erreicht werden kann. Diese wird niedriger angesetzt als die Aufstiegsrate, weil der Abstieg schwieriger umzusetzen ist.

Für die Standorte in der Weser, an denen die Herstellung der flussabwärts gerichteten Durchgängigkeit noch mit technischen Unwägbarkeiten verbunden ist, wurden verschiedene Varianten betrachtet ohne konkrete Maßnahmen zuzuordnen. Für Hemelingen wurde bei der Betrachtung kein Umbau vorgesehen.

- Variante 1 stellt für die Weser den Ist-Zustand dar, d.h. die Fische werden nicht davor geschützt, in die Turbine zu gelangen.
- Variante 2 sieht einen optimalen Fischschutz mit einer maximal erreichbaren Schutzrate von 95 % vor. Das bedeutet, dass 95 % der Fische davor geschützt werden, in die Turbine zu gelangen. Die übrigen 5 % passieren die Turbine mit der im Ist-Zustand ermittelten Schädigungsrate. Die Installation von Rechen mit einem Stababstand von 10/15 mm würde dieser Variante entsprechen.
- Variante 3 sieht eine mittlere Schutzrate von 80 % vor. Dabei durchwandern 80 % der Fische den Standort ohne Schädigung, während die übrigen 20 % die Turbine passiert und die im Ist-Zustand ermittelten Schädigungsrate erleidet. Dieser Fall entspricht etwa einem Turbinenmanagement mit einer Vorhersagegenauigkeit von 80 %.
- Variante 4 sieht analog zu den Varianten 2 und 3 eine geringe Schutzrate von 50 % vor. Die Hälfte der Fische durchwandert also den Standort ohne Schädigung, während die andere Hälfte die Turbine passieren und die im Ist-Zustand ermittelte Schädigungsrate erleiden.
- Eine weitere Variante nur für Aale ist das Trap & Truck-Verfahren. Die Fangquote der Berufsfischer wurde im Freilandversuch (siehe Kap. 4.5.1) zu etwa 16 % ermittelt. Für die Entnahme beim Trap & Truck wurde angenommen, dass an den Standorten, an denen die Berufsfischer ihre Fanggeräte platziert haben (unterhalb der Staustufen Petershagen, Schlüsselburg, Landesbergen und Drakenburg) dieser Anteil an Aalen entnommen und bis zur Nordsee transportiert werden kann.

4.9

Ableitung von Maßnahmenvorschlägen

Die Ergebnisse der Variantenuntersuchung zeigen, welche Zielareale und Wanderrouten mit welchen Schutzraten zu erreichen sind. Aus den Schutzraten ergeben sich die notwendigen Standards für die Maßnahmen an den Standorten. In der Regel sind hohe Standards für die Maßnahmen zu fordern.

Aus Sicht der Durchgängigkeit wäre der Rückbau von Standorten die weitestgehende Lösung aller gewässerökologischen Probleme, die mit Querbauwerken einhergehen. Daher sollte diese Option bei jedem Bauwerk geprüft werden. Aus energetischer Sicht ist die Nutzung der Wasserkraft als regenerative Energiequelle sinnvoll. Mit langfristiger Perspektive stellt der Ersatzneubau eine für beide Aspekte technisch optimale Lösung dar. Er ist vor allem an solchen Standorten sinnvoll, die folgende Merkmale aufweisen:

- Gewässeraufspaltung
- Alte Bausubstanz
- Niedriger Ausbaugrad ($QA/MQ < 1$).

Der Ersatzneubau sollte den Rückbau der alten Wasserkraftanlage beinhalten. Der Neubau sollte nur am Wehr als Flusskraftwerk ausgeführt werden. Dabei sind alle Anforderungen an die Herstellung der Durchgängigkeit zu berücksichtigen.

Für den Fischaufstieg wurde an den Standorten, an denen die Bewertung Defizite auswies, der Bau von Fischaufstiegsanlagen vorgeschlagen. Grundsätzlich wurden für den Fischaufstieg bei Ausleitungskraftwerken alle möglichen Wanderwege betrachtet. In Abhängigkeit vom Verhältnis des ausgeleiteten Abflusses zum mittleren Abfluss (QA/MQ) wurde bei einem großen Ausleitungsabfluss eine Fischaufstiegsanlage an der WKA, bei geringer Ausleitung eine FAA am Wehr oder bei gleichmäßiger Verteilung der Abflüsse an beiden Bauwerken der Bau einer Fischaufstiegsanlage empfohlen.

Der aktuelle Stand der Technik für den Bau von Fischaufstiegsanlagen findet sich in DUMONT et al. (2005) und in dem zur Zeit als Gelbdruck erhältlichen Merkblatt der DWA (DWA 2010). Die wichtigsten Grundlagen sind in Anlage 2, Teil A, dargestellt.

Hinsichtlich des Fischabstiegs kann nur auf eine geringe Zahl an ausgeführten und untersuchten Anlagen zurückgegriffen werden. Sowohl hinsichtlich der fischökologischen Anforderungen als auch der technischen Umsetzung bestehen noch erhebliche Wissensdefizite. Die vorliegende Studie kann daher nur auf die bisher bekannten und anerkannten Grundlagen sowie Untersuchungen zur Wirksamkeit ausgeführter

Anlagen zurückgreifen. Dabei handelt es sich häufig um Pilotanlagen, die an Gewässern mit $MQ \leq 20 \text{ m}^3/\text{s}$ gebaut worden sind. Für Gewässer wie die Hunte, die Leine oder die Diemel sind die Erfahrungen aus den Pilotanlagen übertragbar, da $Q_A < 20 \text{ m}^3/\text{s}$ bzw. eine Aufteilung der Fischschutzeinrichtung in mehrere Einheiten mit jeweils $Q < 20 \text{ m}^3/\text{s}$ möglich ist.

Die Autoren der Studie nehmen intensiv an der deutschen und europäischen sowie außereuropäischen Fachdiskussion teil. Die nachfolgend formulierten Anforderungen entsprechen daher dem heutigen Stand der Technik. Die aktuellen fachlichen Grundlagen sind in der Anlage 2, Teil B dargestellt.

Für den Fischabstieg wurde an allen Standorten der Weserzuflüsse der Einbau eines Feinrechens mit Bypässen empfohlen. Für die Zielart Lachs ist ein Rechen mit einem Stababstand von 10 mm und ein oberflächennaher Bypass erforderlich. Für die Zielart Aal ist ein Rechen mit einem Stababstand von 15 mm und ein sohlennaher Aalabstieg mit Bypass erforderlich.

Die Maßnahmenvorschläge für die Standorte in Hunte, Leine und Diemel befinden sich in Kap. 5.7.1, die Vorschläge für die Standorte in der Weser finden sich in Kap. 5.7.2.

Neben den Maßnahmen zur Herstellung der Durchgängigkeit zeigen die Expertise zur Populationsdynamik (Kap. 4.6) und die populationsdynamische Betrachtung (Kap. 4.7.2), dass weitere Maßnahmen zur Verbesserung der Lebensbedingungen des Lachses erforderlich sind, um einen Selbsterhalt der Population zu erreichen. Hier sind Maßnahmen im marinen Bereich, eine Verminderung des Prädationsdrucks und Habitatverbesserungen zu nennen.

4.10 Kostenermittlung

4.10.1 Kostenschätzung Fischaufstiegsanlagen

Die Kosten der jeweiligen Maßnahmenvorschläge wurden mit Hilfe eines vereinfachten empirischen Ansatzes abgeschätzt.

Erfahrungen und Berechnungen zu bisher ausgeführten und geplanten Fischaufstiegsanlagen zeigen, dass die Kosten für diese Anlagen eine starke Abhängigkeit von der zu überwindenden Höhendifferenz und dem vorgesehenen Dotationsabfluss für die Anlagen zeigen. Wegen der sehr unterschiedlichen baulichen Randbedingungen an den Standorten existiert jedoch eine beträchtliche Schwankungsbreite.

Dies kann dazu führen, dass an einzelnen Standorten in Unkenntnis z.B. spezieller Besonderheiten im Untergrund, die vorgenommene Kostenschätzung von der Realität abweicht. Das gewählte Verfahren ist daher nicht dazu geeignet, im Rahmen regionaler Konzepte belastbare Baukosten abzuschätzen. Hierfür sind Vorplanungen an den jeweiligen Standorten erforderlich.

Unter diesen Bedingungen wurden die Kosten einer Vielzahl realisierter Fischaufstiegsanlagen analysiert und in Abb. 4.14 dargestellt. Mit Hilfe dieser Grafik können die spezifischen Baukosten bezogen auf den Abfluss der FAA und die Fallhöhe abgeschätzt werden.

Für die Kostenermittlung wurde ein Verfahren entwickelt, das auf der Kostenfunktion aus Abb. 4.14 basiert und folgende Parameter berücksichtigt:

- gewählte Maßnahme (Rückbau, technische oder naturnahe FAA, gewässerbreites Raugerinne)
- hydrologischer Orientierungswert, abhängig von MQ
- Absturzhöhe
- Örtliche Verhältnisse
- Standsicherheitsaspekte.

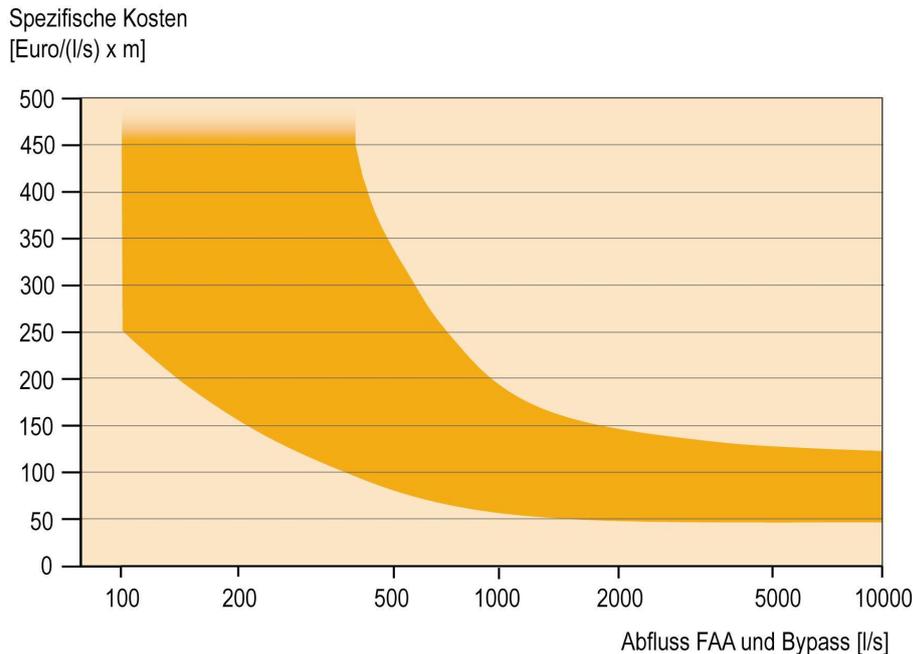


Abb. 4.14: Spezifische Investitionskosten für Fischaufstiegsanlagen, bezogen auf den Abfluss zur Kostenermittlung und die Absturzhöhe

Die gewählte Maßnahme bestimmt die Kosten. In der Regel zählt der Rückbau zu den kostengünstigsten Maßnahmen, während der Bau einer technischen Fischaufstiegsanlage an der WKA die teuerste Variante darstellt. In Abhängigkeit von der gewählten Maßnahme, für die mit einem mehr oder weniger großen Aufwand zu rechnen ist, wird mit unterschiedlichen Kostenkurven nach Abb. 4.14 gerechnet.

Abhängig vom Gewässer und von MQ wird ein hydrologischer Orientierungswert gewählt. Dieser Abfluss setzt sich aus dem Bemessungsdurchfluss und dem zusätzlichen Leitabfluss einer Fischaufstiegsanlage zusammen. Im Abflussbereich zwischen Q_{30} und Q_{330} ist für die Standsicherheit i.d.R. der höchste Abfluss Q_{330} maßgeblich, für die größte Absturzhöhe in der Regel der Niedrigabfluss Q_{30} . Beide Größen bestimmen also die Kosten mit.

Auch die Absturzhöhe bestimmt die Kosten maßgeblich, da die Baulänge von der Höhe abhängig ist.

In Abhängigkeit von den örtlichen Verhältnissen können Zuschläge gewählt werden. Ein Zuschlag spiegelt die Verhältnisse für die Baudurchführung wider. Ein weiterer Zuschlag berücksichtigt die Standsicherheit.

Kosten für den Bau einer Unterwassersperre wurden ggf. ebenfalls berücksichtigt.

Die Kostenschätzungen sind netto ohne Nebenkosten, Planung und Grunderwerb.

4.10.2 Kostenschätzung Fischabstieg

Zur Abschätzung der Nettobaukosten wurden die Kostenansätze pro 1 m³/s Ausbaudurchfluss aus Tab. 4.19 verwendet.

Tab. 4.19: Kostenansatz für Fischschutz- und Abstiegsanlagen

Maßnahme	Nettobaukosten
Integration in Neubau einer WKA	20.000 € * Q _A
Nachrüstung kleiner Anlagen Q _A ≤ 20 m ³ /s ohne aufwändige Wasserhaltung	30.000 € * Q _A
Nachrüstung kleiner Anlagen Q _A ≤ 20 m ³ /s mit aufwändiger Wasserhaltung	50.000 € * Q _A
Nachrüstung großer Anlagen Q _A > 20 m ³ /s	50.000 € * Q _A

Q_A ist der Ausbaudurchfluss (m³/s).

Für alle Flusskraftwerke wurde eine aufwändige Wasserhaltung angenommen. Für Standorte mit Ausleitungskanal wurde angenommen, dass der Ausleitungskanal ohne größeren Aufwand trocken gelegt werden kann.

Es wurden Nettobaukosten ohne Planungs- oder Baunebenkosten oder Grunderwerb angegeben.

4.11 Ermittlung der Mindererzeugung und der Erträge nach EEG

4.11.1 Mindererzeugung von WKA

Die Vorgehensweise zur Ermittlung der Mindererzeugung von Wasserkraftanlagen ist in Anlage 2 Teil E dargestellt. Für die Standorte an der Weser wurden die Mindererzeugungen bereits in der Studie zur Umsetzungsstrategie „Durchgängigkeit Weser“

(INGENIEURBÜRO FLOECKSMUEHLE 2008) nach oben genanntem Verfahren berechnet.

Für die Standorte an Hunte, Leine und Diemel wurden nach dem gleichen Verfahren die Jahres-Volllaststunden sowohl für den Ist-Zustand als auch für den Plan-Zustand mit ökologischem Abfluss ermittelt. Die Angaben zur Leistung der WKA wurden mit Hilfe der Angaben der Bundesnetzagentur aus dem Jahr 2007 zu den einzelnen Standorten verifiziert. Aus diesen Daten konnte die Jahresarbeit und die Mindererzeugung berechnet werden.

An den betrachteten Standorten sind heute teilweise Fischaufstiegsanlagen in Betrieb. Für die Berechnung der aktuellen Jahreserzeugung der Wasserkraftanlagen wurde die Dotation der bestehenden FAA berücksichtigt. Bei Unkenntnis der Dotation wurde eine sinnvolle Abschätzung vorgenommen.

Für die in dieser Studie geplanten FAA sind in der Regel höhere Dotationen gegenüber den vorhandenen vorgesehen. Des Weiteren werden durch Einrichtungen zum Fischabstieg wie z.B. Bypässe zusätzliche Durchflussminderungen für die WKA verursacht, wodurch sich Mindererzeugungen der WKA ergeben.

4.11.2 Vergütung nach EEG

Die Vergütung von Strom aus regenerativen Energiequellen wird seit 2000 durch das Erneuerbare Energien Gesetz (EEG) geregelt. Für die in der Studie betrachteten Standorte ist dieses Gesetz anzuwenden.

Das Gesetz wurde erstmalig zum 1.8.2004 (EEG 2004) novelliert. Eine erneute Novellierung des Gesetzes trat am 1.1.2009 in Kraft (EEG 2009). Das EEG 2009 enthält für die Wasserkraft Regelungen, mit denen eine Verbesserung des ökologischen Zustands der genutzten Gewässer im Sinne der EG-WRRL erreicht werden soll. Die Anforderungen des EEG (2004) und Anwendungsbeispiele für die Wasserkraft sind in BMU (2005) dargestellt.

Die erhöhten Tarife des EEG 2004 und 2009 werden nur dann gezahlt, wenn Maßnahmen ergriffen werden, durch die eine wesentliche Verbesserung des ökologischen Zustands für den jeweiligen Standort erreicht wird.

Für die Vergütung von Strom aus Wasserkraft gelten nach EEG unterschiedliche Tarife und Vergütungszeiträume. Diese sind für Altanlagen in Tab. 4.20 aufgeführt.

Tab. 4.20: Tarife für die Vergütung von Strom aus Wasserkraft entsprechend EEG 2009, EEG 2004 und EEG 2000 für Anlagen mit einer Leistung < 5 MW

	Durchschnittliche Leistung	Typ	Bedingung	Vergütung ct/kWh
EEG 2000	bis 500 kW	Altanlagen	- in Betrieb vor 31.7.2004	7,67
	500 kW bis 5 MW		- ohne weitere Bedingungen	6,65
EEG 2004	bis 500 kW	Altanlagen	- in Betrieb vor 1.8.2004	9,67
	500 kW bis 5 MW		- Verbesserung des ökologischen Zustands	6,65
EEG 2009	bis 500 kW	Altanlagen	- in Betrieb vor 1.1.2009	11,67
	500 kW bis 5 MW		- Verbesserung des ökologischen Zustands	8,65

Für Anlagen mit einer Leistung $500 \text{ kW} < P < 5 \text{ MW}$ wird je nach EEG (Tab. 4.20) ein bestimmter Anteil der Jahreserzeugung E_a der WKA mit dem höheren Tarif, also mit 7,67 bzw. 9,67 bzw. 11,67 ct vergütet, der auch für Anlagen einer Ausbauleistung kleiner 500 kW gilt.

Dieser höher vergütete Teil des Jahresertrags $E_{a,v+}$ wird über die Bemessungsleistung P_B berechnet. P_B ist die Leistung, die eine WKA hätte, wenn sie das ganze Jahr unter Volllast in Betrieb wäre.

$$P_B = E_a / 8760 \text{ h.}$$

Ist $P_B > 500 \text{ kW}$ ergibt sich $E_{a,v+}$ zu

$$E_{a,v+} = 500 \text{ kW} * 8760 \text{ h} = 4.380 \text{ MWh.}$$

Bis zu 4.380 MWh des Jahresertrags einer WKA werden also mit 7,67 ct/kWh bzw. bei ökologischer Anpassung nach dem 1.1.2009 mit 11,67 ct/kWh vergütet. Für den Rest des Jahresertrags beträgt der Tarif 6,65 ct/kWh bzw. 8,65 ct/kWh.

Anlagen mit einer Leistung $P > 5 \text{ MW}$ werden bisher nur nach EEG vergütet, wenn die Modernisierung der Anlage zu einer Erhöhung der Leistung (nach EEG 2004 um 15 %) geführt hat.

4.11.3

Kapitalisierung der Erträge

Die Mehreinnahmen aus dem erhöhten Tarif nach EEG 2009 sind an wesentliche ökologische Verbesserungen gebunden. Als wesentliche ökologische Verbesserung werden in dieser Studie funktionsfähige ökologische Anpassungsmaßnahmen verstanden. Es wird unterstellt, dass die Mehreinnahmen zur Finanzierung dieser Maßnahmen verwendet werden, wobei ein angemessener Anteil als ökonomischer Anreiz für den Investor bzw. Betreiber der Anlage verbleibt.

Nach dem Ertragswertverfahren kann der kapitalisierte Wert der Mehrvergütung nach EEG 2009 bei einem Zinssatz von 6 % und einem Vergütungszeitraum von 20 Jahren mit einem Faktor 11,5 aus den Netto-Jahreseinnahmen bestimmt werden. Die Netto-Jahreseinnahmen ergeben sich aus der Mehrvergütung abzüglich der anteiligen Betriebskosten und des beim Betreiber verbleibenden Gewinns. Für beide werden in einem ersten Ansatz jeweils 10 % veranschlagt.

4.11.4

Anwendung auf die untersuchten Standorte

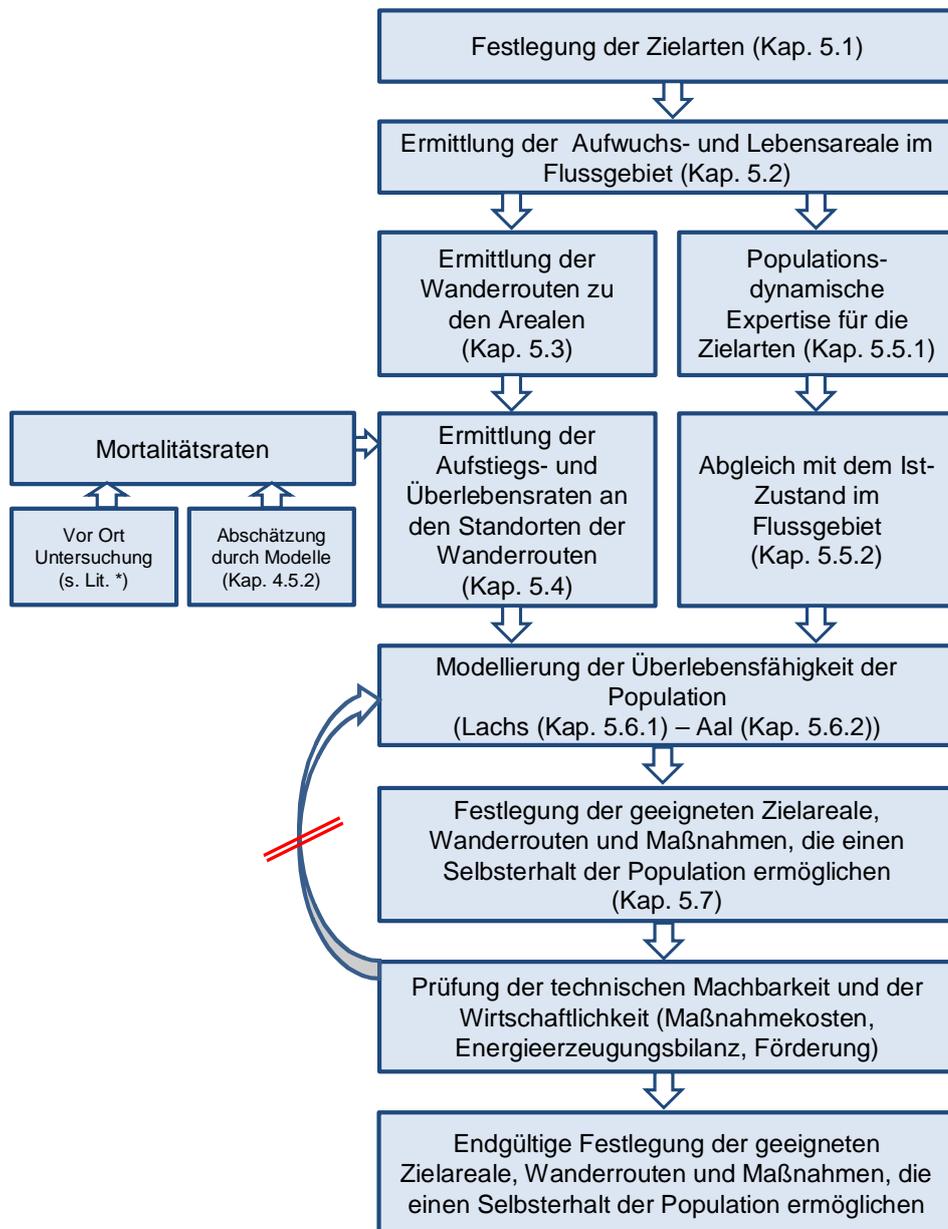
Die durch die Umsetzung der in der vorliegenden Studie erarbeiteten Maßnahmevorschläge bewirkten Verbesserungen der Durchgängigkeit werden zur Anwendung des EEG 2009 und damit zu einer erhöhten Vergütung von 11,67 bzw. 8,65 ct/kWh führen. Für die untersuchten Anlagen werden daher zum Vergleich der Ertragsituation vor und nach der Verbesserung der Durchgängigkeit sowohl Berechnungen nach EEG 2000 bzw. 2004 als auch nach EEG 2009 durchgeführt. Aus Daten der Bundesnetzagentur konnte ermittelt werden, ob die Betreiber der Standorte bereits heute eine erhöhte Vergütung nach EEG 2004 erhalten oder nicht.

5

Ergebnisse

Nachfolgend wird die eingangs beschriebene Methodik zur Ableitung einer Flussgebietsstrategie für die Etablierung diadromer Populationen im Hinblick auf den Fischabstieg in den Einzelschritten materiell mit den Projektergebnissen hinterlegt. Es werden Zielarten und Zielgebiete für das Wesergebiet vorgestellt, die Wanderrouten zu den Zielgebieten festgelegt und deren Funktionsfähigkeit im Hinblick auf den Selbsterhalt der betrachteten Populationen überprüft und anhand von konkreten Maßnahmenvorschlägen und zugehörigen Kosten validiert. Die Gliederung des Kapitels folgt damit der in Kapitel 3 vorgestellten Flussgebietsstrategie.

Abb. 5.1 zeigt in einem Fließdiagramm die Zusammenhänge und Abhängigkeiten der einzelnen Untersuchungen zueinander auf. Die beiden letzten Arbeitsschritte, die wirtschaftliche Abwägung und die technische Prüfung der Maßnahmen sowie die endgültige Festlegung der Zielgebiete, Wanderrouten und Maßnahmen waren nicht Gegenstand dieses Projektes.



* s. UBA-Text „Befunde zur Aal- und Smoltabwanderung 2008/2009“ (Institut für angewandte Ökologie)

Abb. 5.1: Fließdiagramm Ergebnisse der Flussgebietsstrategie

5.1

Festlegung von Zielarten

Die Festlegung der betrachteten Zielarten erfolgte entsprechend der typspezifischen Fischfauna im Gewässersystem.

In der auf die Durchgängigkeit bezogenen Flussgebietsbetrachtung wird die kumulative Wirkung von Wanderhindernissen auf den Lebenszyklus der Populationen betrachtet. Entscheidende Auswirkungen sind auf die Populationen der diadromen Arten zu erwarten. Diese Arten sind für den Erhalt ihrer Population zwingend darauf angewiesen, zwischen ihren Lebensräumen im Meer und im Süßwasser zu wechseln. Dabei wandern sie über lange Distanzen und sind besonders auf die Durchgängigkeit der Gewässer angewiesen.

Zielarten für die Flussgebietsbetrachtung sind daher grundsätzlich die diadromen Arten. Für das Vorhaben wurden die anadromen und die katadromen Fischarten betrachtet. Stellvertretend für die anadromen Arten steht der Lachs, für die katadromen der Aal.

5.2

Zielgebiete

Im Rahmen der vorliegenden Einschätzung zu möglichen Zielgebieten für die beiden Fischarten Lachs (*Salmo salar*) und Aal (*Anguilla anguilla*) im Einzugsgebiet der Weser wurden 165 Fließgewässer des Wesersystems bearbeitet (Kapitel 4.1, Anhang 1).

5.2.1

Zielgebiete für den Lachs

Für den Lachs wurden die Zielgebiete nach ihrer Größe und damit nach ihrem potentiellen Beitrag für eine künftige Weserlachspopulation gewichtet. Es lassen sich folgende prioritären Zielgebiete mit einer verfügbaren Fläche > 50 ha abgrenzen:

- Leineoberlauf: Im Leinesystem befinden sich die Zielgebiete im Leineoberlauf und den umliegenden Zuflüssen auf einer Fläche von bis zu 90 Hektar.

- Diemel: In der Diemel und einigen Zuflüssen ständen bis zu 62 Hektar potentielle Zielgebiete zur Verfügung.
- Obere und untere Eder: Allein das historisch wichtigste Zielgebiet des Lachses in der Oberen Eder und ihren Zuflüssen umfasst über 80 Hektar Gewässerfläche, die aktuell aber durch die Edertalsperre vom Wesergebiet abgeschnitten werden. Zusammen mit einem potentiellen Areal in der durch den kalten Tiefenablass der Talsperre thermisch beeinflussten Unteren Eder von nochmals etwa 80 Hektar sowie einzelnen Zuflüssen in diesem Abschnitt kann im gesamten Edersystem eine Zielgebietsfläche von bis zu 175 Hektar abgegrenzt werden.
- Werraoberlauf: Im Oberlauf der Werra sowie in geeigneten Fließgewässerabschnitten verschiedener Zuflüsse bieten sich schließlich noch bis zu 64 Hektar Gewässerfläche als mögliche Zielgebiete an.

Allein mit diesen vier Zielgebieten sind mehr als 80 % der insgesamt verfügbaren, potentiell als Lachslaichgebiet geeigneten Flächen des gesamten Wesersystems abgedeckt.

Eine tabellarische Übersicht über die prioritären Zielgebiete und die jeweiligen potentiellen Streckenabschnitte gibt die folgende Tabelle:

Tab. 5.1: Prioritäre Zielgebiete für den Lachs im Wesereinzugsgebiet

EZG	Gewässer	Streckenabschnitt (von / bis)	Länge [km]	Fläche [ha]
Leine (90 ha)	Leine	Friedland bis Beuren	31	21,7
	Innerste	Sehlde bis Langelsheim	19	13,3
	Ilme	Hullersen bis Relliehausen	14	8,4
	Söse	Dorste bis Osterode	15	12,0
	Oder	Mündung bis Pöhlde	18	21,6
	Sieber	Mündung bis Herzberg	11	13,2
Diemel (62 ha)	Diemel	Germete bis Diemeltalsperre	43	43,0
	Warme	Mündung bis oberhalb Laar	20	10,0
	Eggel	Mündung bis Rösebeck	6	2,4
	Erpe	Volkmarsen bis Elmarshausen	13	5,2
	Hoppecke	Mündung bis Bredelar	3	1,2
Untere Eder (92 ha) Obere Eder (83 ha)	(Untere) Eder	Niedermöllrich bis Affolderner See	20	80,0
	Efze	Mühlhausen bis Relbehausen	13	6,5
	Elbe	Mündung bis Elben	18	5,4
	(Obere) Eder	Beddelhausen bis Birkelbach	32	48,0
	Orke	Mündung bis Einmündung Brühne	20	20,0
	Nuhne	Mündung bis Hallenberg	20	12,0
	Odeborn	Mündung bis Wemlinghausen	6	3,6
Werra (64 ha)	Werra	Ebenhards bis Eisfeld	24	12,0
	Wehre	Niederhohne bis Waldkappel	15	10,5
	Ulster	Pferdsdorf bis Motzlar	19	19,0
	Felda	Dietlas bis Weilar	11	6,6
	Hasel	Mündung bis Rohr	9	7,2
	Schleuse	Mündung bis Talsperre	13	9,1

Daneben wurden weitere Gewässer als potentielle Zielgebiete eingestuft, denen aufgrund ihrer geringeren Fläche zwischen 10 und 50 ha eine geringere Bedeutung für die künftige Weserlachspopulation auf Flussgebietsebene zukommt (siehe auch Tab. 5.2).

- Okersystem mit etwa 15 ha.
- Nethesystem mit 16 ha.

- Im Fuldasystem (ohne Eder) mit ihren Zuflüssen kommen lediglich einzelne Gewässer mit einer Zielgebietsfläche von jeweils um die 5 Hektar und mit einer Gesamtfläche von etwa 31 Hektar in Betracht.

Tab. 5.2: Sekundäre Zielgebiete für den Lachs im Wesereinzugsgebiet

EZG	Gewässer	Streckenabschnitt (von / bis)	Länge [km]	Fläche [ha]
Oker (15 ha)	Oker	Schladen bis Vienenburg	13	10,4
	Ilse	Stötterlingen bis Wasserleben	9	4,5
Nethe (16 ha)	Nethe	Brakel bis Willebadessen	17	11,9
	Aa	Mündung bis Bad Driburg	10	4,0
Fulda (31 ha)	Fulda	Bronnzell und Schmalnau	14	7,0
	Pfieffe	Mündung bis Spangenberg	10	5,0
	Schlitz	Bad Salzschlirf bis Stockhausen	11	5,5
	Lauter	Mündung bis Angersbach	6	3,6
	Lüder	Kleinlüder und Blankenau	5	4,0
	Döllbach	Mündung bis Döllbach	11	5,5

Bei Berücksichtigung aller oben dargestellten primären und sekundären Zielgebiete wären mehr als 90 % der insgesamt verfügbaren Zielgebietsfläche des Wesersystems abgedeckt.

Alle übrigen Areale besitzen eine Fläche < 10 ha, sind von anderen Zielarealen isoliert und können daher für den Wiederaufbau von Lachspopulationen im Wesereinzugsgebiet allenfalls eine untergeordnete Rolle spielen.

Ergebnisse

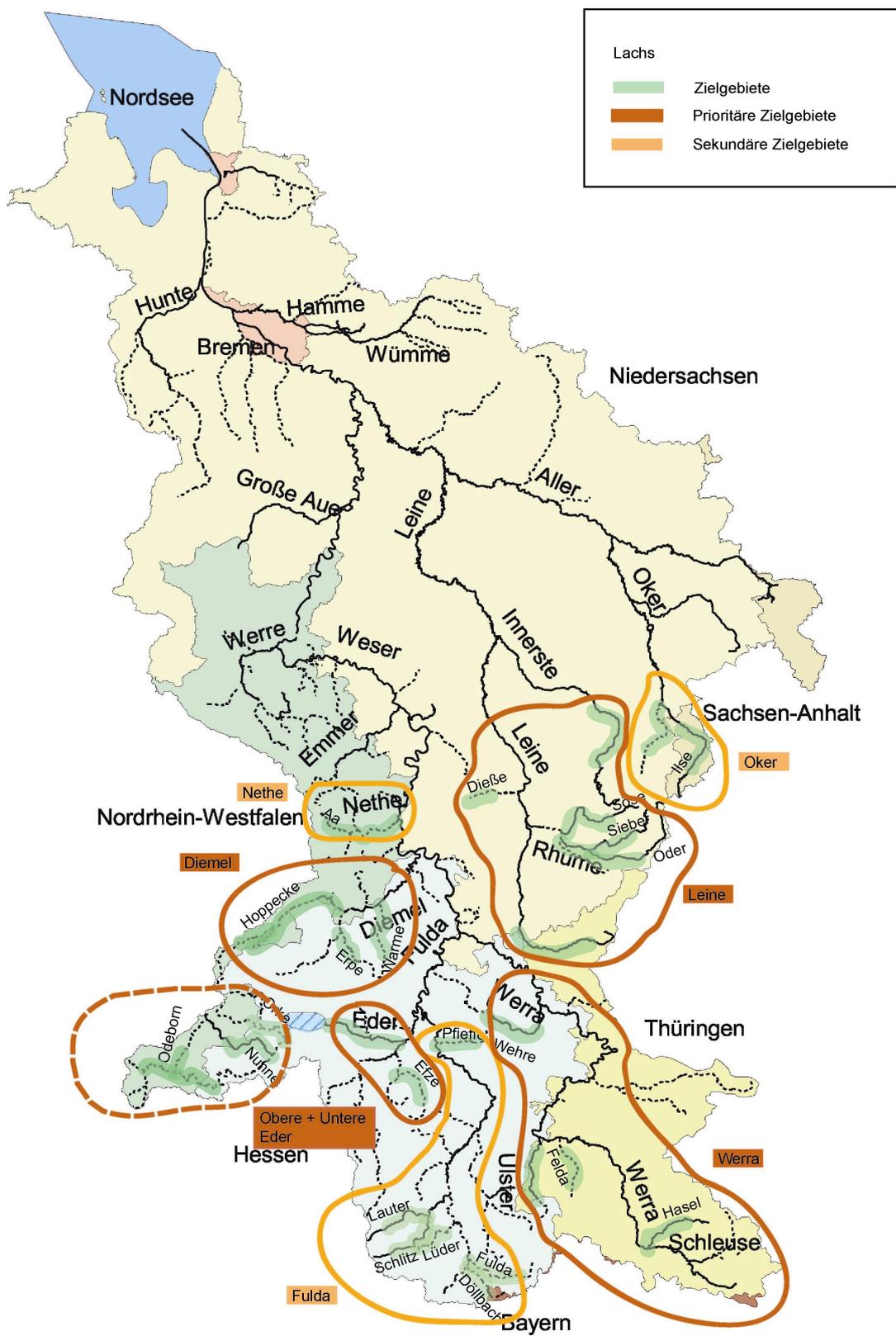


Abb. 5.2: Zielgebiete für den Lachs

5.2.2 Zielgebiete für den Aal

Neben der Weser selbst als flächenmäßig größtem Zielareal für den Aal existieren mit Aller, Leine, Fulda und Werra noch vier weitere Flüsse im Wesersystem mit Zielgebieten von jeweils mehr als 500 Hektar. Weitere wichtige Weserzuflüsse mit Zielarealen zwischen 100 und 500 Hektar sind schließlich die Gewässer Hunte, Wümme, Oker, Große Aue und Eder. Allein diese in Tab. 5.3 aufgeführten 10 Fließgewässer mit den Zielgebieten > 100 Hektar Wasserfläche besitzen damit einen Anteil von 79 % an der ermittelten gesamten Zielgebietsfläche aller Untersuchungsgewässer.

Tab. 5.3: Prioritäre Zielgebiete für den Aal im Wesersystem

Gewässer	Streckenabschnitt (von / bis)	Länge [km]	Fläche [ha]
Weser	Hann. Münden bis Bremerhaven	427	2779
Werra	Mündung bis Ebenhards	256	768
Aller	Mündung bis Quellregion	250	625
Fulda	Mündung bis Bronnzell	186	558
Leine	Mündung bis Friedland	236	527
Eder (Obere+ Untere)	Mündung bis Beddelhausen	90	310
Hunte	Mündung bis Linnermarsch	160	262
Wümme (+ Lesum)	Mündung bis Wintermoor	157	195
Oker	Mündung bis Schladen	90	124
Große Aue	Mündung bis Holzhausen	79	109
Gesamt		1931	6257

Nimmt man zu den für den Aal prioritär zu betrachtenden Fließgewässern noch alle Fließgewässer mit einer Zielgebietsfläche > 50 ha hinzu (Tab. 5.4), deckt man insgesamt etwa 88 % der ermittelten Zielgebietsfläche ab und berücksichtigt dabei, abgesehen von dem Fulda-Zufluss Haune alle Fließgewässer, die auch im Aalbewirtschaftungsplan für das Wesereinzugsgebiet (LAVES et al. 2008) aufgeführt werden.

Ergebnisse

Tab. 5.4: Sekundäre Zielgebiete für den Aal im Wesersystem

Gewässer	Streckenabschnitt (von / bis)	Länge [km]	Fläche [ha]
Werre	Mündung bis Detmold	54	81
Fuhse	Mündung bis Flachstöckheim	87	78
Schwalm	Mündung bis Alsfeld	77	77
Diemel	Mündung bis Germete	51	77
Innerste	Mündung bis Sehnde	48	72
Emmer	Mündung bis Steinheim	50	60
Lune	Mündung bis Quellregion	39	59
Hamme (+ Giehler Bach)	Mündung bis Hülseberg	44	56
Böhme	Mündung bis Quellregion	68	54
Rhume	Mündung bis Rhumspringe	35	53
Gesamt		553	667

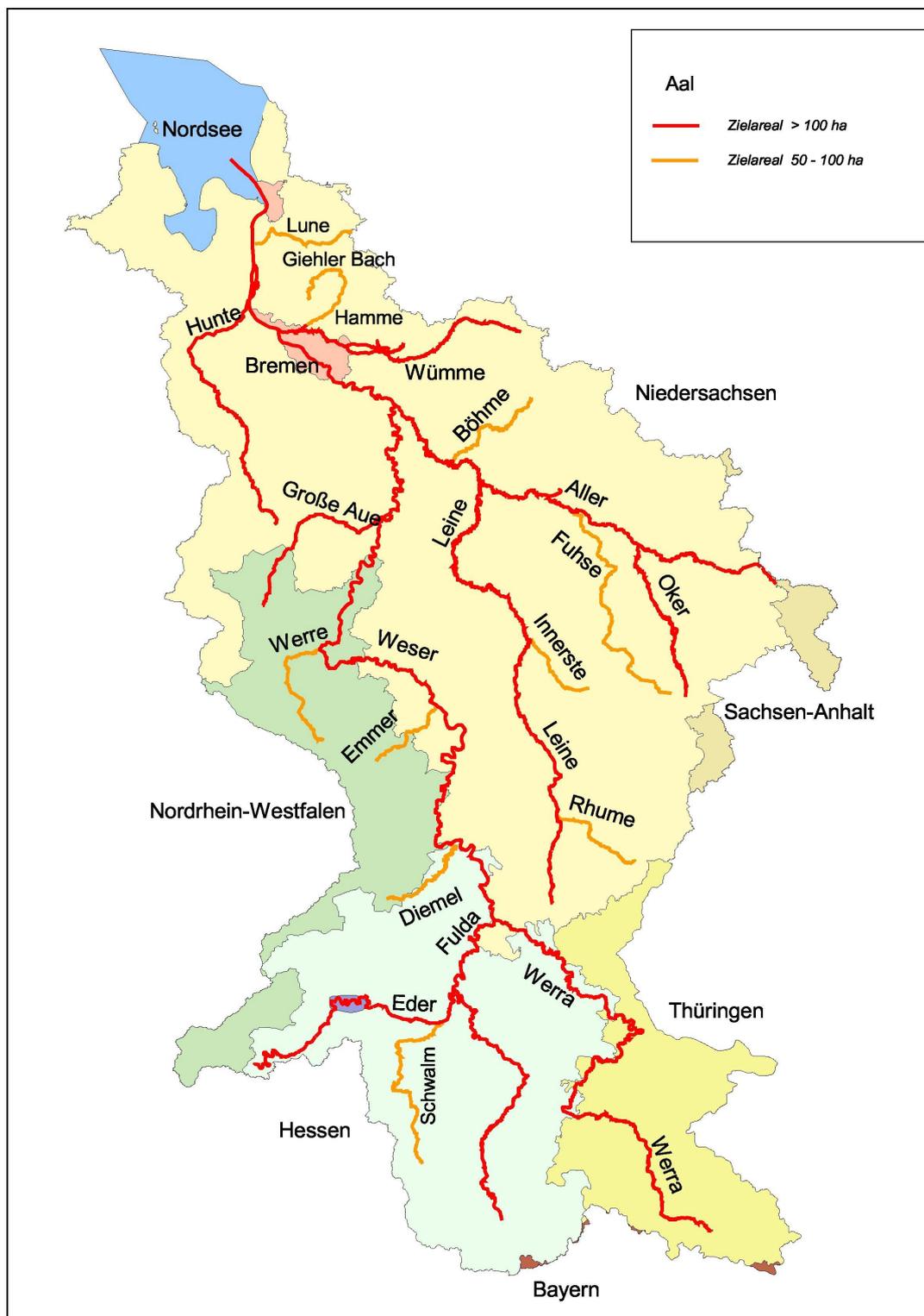


Abb. 5.3: Zielgebiete für den Aal

5.3

Ausgewählte Wanderrouten und Zielgebiete

Die hydrographische Charakteristik des Wesergebietes lässt zunächst zwei grundsätzliche Wanderrouten entlang der Weser (Teileinzugsgebiet Weser) und entlang der Aller – Leine (Teileinzugsgebiet Aller) erkennen. Aufgrund des Ausbaus der Mittelweser mit Staustufen, die zur Energieerzeugung genutzt werden, lässt sich des weiteren das Teilgebiet unterhalb der ersten Staustufe in Hemelingen abgrenzen. Es ist methodisch für die Anwendung der Flussgebietsstrategie von Interesse, da dieses Teileinzugsgebiet ohne die Überwindung größerer Staustufen in der Weser für Wanderfischarten erreichbar ist. Im Rahmen des Projektes sollten diese drei Teilgebiete exemplarisch durch die zu untersuchenden Zielgebiete und Wanderrouten abgebildet werden. In Abstimmung mit dem Projekt-Arbeitskreis wurden unter Berücksichtigung weiterer Kriterien:

- Potenzielles Laich- und Aufwuchsareal für anadrome Arten
- Wiederansiedlungsgebiet
- Erreichbarkeit

folgende Zielgebiete und die zugehörigen Wanderrouten ausgewählt (siehe Tab. 5.5).

Tab. 5.5: Wanderrouten und Zielgebiete

Teileinzugsgebiet	Zielgebiete	Wanderrouten
EZG unterhalb Hemelingen	Hunte	Unterweser - Hunte
Weser	Diemel	Unterweser - Mittelweser - Diemel
Aller - Leine	Söse, Oder, Sieber (Leine-Vorharzgewässer)	Unterweser - Mittelweser - Aller - Leine

Die für das Projekt ausgewählten Zielgebiete decken etwa 32 % der potenziellen Zielgebiete für den Lachs im Wesergebiet ab. Die Diemel und die Leine-Vorharzgewässer zählen nach der in Kapitel 4 beschriebenen Methodik zu den priori-

tären Zielgebieten für Lachse. Die Hunte wird als potenzielles Laichgewässer für den Lachs bewertet (Mitt. LAVES).

Tab. 5.6: Lachs-Areale im Untersuchungsgebiet der Weser (Quelle: Angaben zu den Nebengewässern der Hunte wurden vom LAVES übermittelt. Die Gewässerfläche ist auf Basis geschätzter mittlerer Breiten angegeben.)

Zielgebiete	Gewässerabschnitt	Fläche [ha]
Hunte (24,5 ha)	Aue	3,5
	Katenbäke	2,0
	Lethe	15,6
	Rittrumer Mühlenbach	1,3
	Twillbäke	2,1
Leine-Vorharzgewässer (46,8 ha)	Söse (Zufluss zur Rhume)	12
	Oder (Zufluss zur Rhume)	21,6
	Sieber (Zufluss zur Oder)	13,2
Diemel (12,4 ha)	Warme	10
	Eggel	2,4
	Summe	83,7

Das gesamte Untersuchungsgebiet gilt als potenzieller Lebensraum für Aale. Für die Berechnung der Erreichbarkeitsraten wird angenommen, dass sie gleichmäßig über das Gebiet verteilt leben. Die ausgewählten Zielgebiete sind prioritäre Zielgebiete (Kapitel 4.1) für den Aal und decken 46 % der ermittelten Zielgebietsfläche für diese Art im Wesergebiet ab. Zusätzlich zu den oben genannten Wanderrouten wird für den Aal auch die Weser selbst untersucht.

Tab. 5.7: Aal-Areale im Untersuchungsgebiet der Weser

Zielgebiete	Gewässerabschnitt	Fläche [ha]
Weser	Weser, Bremerhaven bis Hann. Münden	2.779
Hunte	Hunte, Mündung bis Dümmer	182
	Hunte, Dümmersee	1.330
Leine	Leine, Mündung bis Rhumemündung	408
Diemel	Diemel, Mündung bis Eggelmündung	60
	Summe	4.759

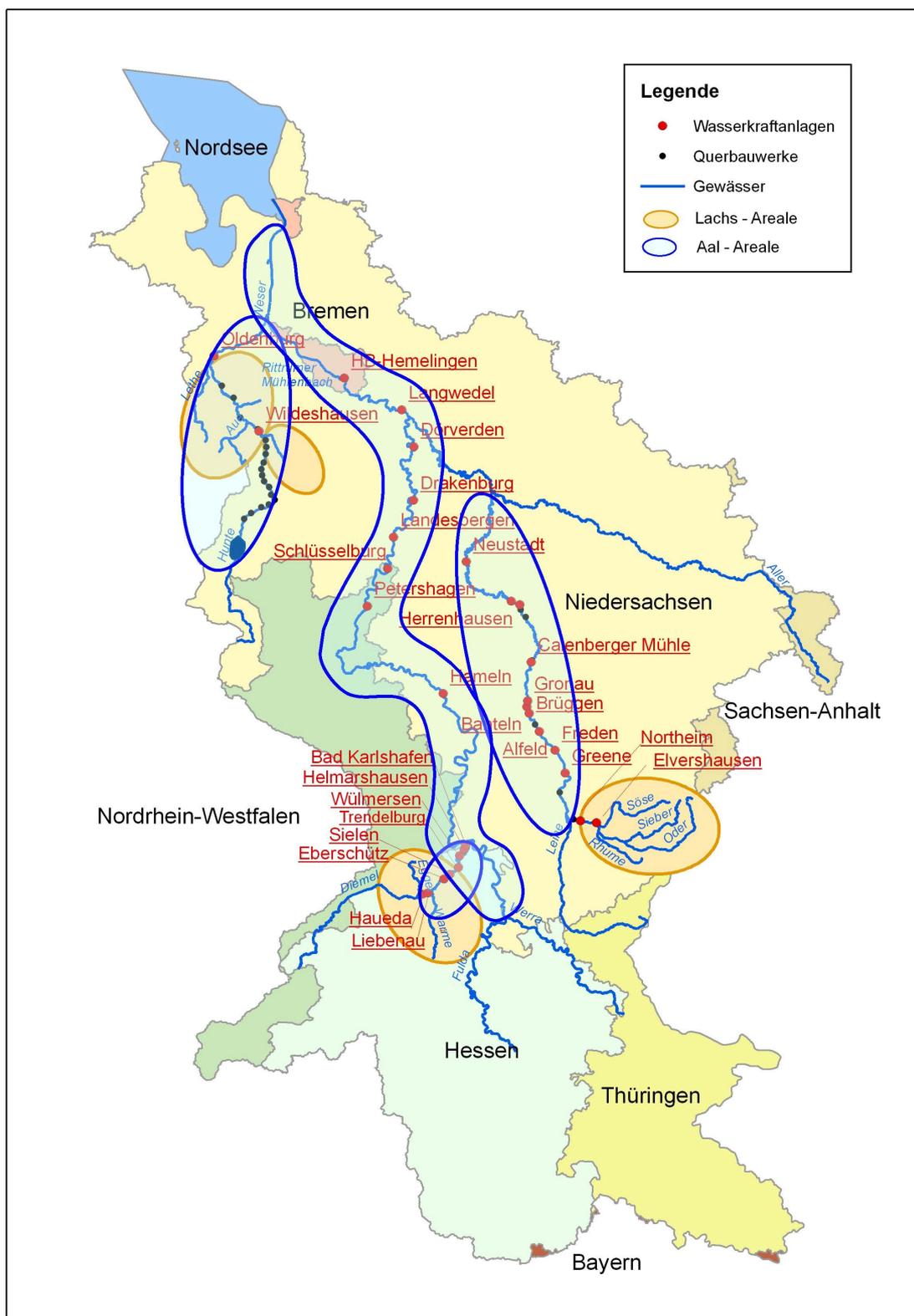


Abb. 5.4: Untersuchungsgebiet mit ausgewählten Entwicklungsgebieten

5.4

Aufstiegs- und Überlebensraten in den Wanderrouten im Ist-Zustand

Im Rahmen des Projekts wurden drei Zielgebiete in den Wesernebenflüssen Hunte, Diemel und Leine ausgewählt, denen drei Wanderrouten zugeordnet sind, die sich in Teilabschnitten überlagern. Nachfolgend werden die Aufstiegs- und Überlebensraten an den einzelnen Standorten der Wasserkraftnutzung dargestellt und die Wanderrouten im Hinblick auf die Durchwanderbarkeit im Ist-Zustand bewertet. Für die Standorte mit Wasserkraftanlagen wurden ausführliche Standortbeschreibungen erstellt und die derzeitige Durchgängigkeit für Fische bewertet (Anlage 2). Eine Zusammenfassung der Bewertung findet sich in den folgenden Kapiteln.

In Tab. 5.8 ist die Legende zu den folgenden Standortbewertungen abgebildet.

Tab. 5.8: Legende zur Bewertung der Durchgängigkeit

	unpassierbar
	gravierend eingeschränkt passierbar
	eingeschränkt passierbar
	passierbar

5.4.1 Hunte

In der Wanderroute zu den Zielgebieten im Hunteeinzugsgebiet liegen 20 Querbauwerke, von denen zwei zur Energiegewinnung genutzt werden. Die beiden Wasserkraftstandorte weisen sowohl Defizite in der aufwärts als auch in der abwärts gerichteten Passierbarkeit auf (Tab. 5.9).

Tab. 5.9: Zusammenstellung der Bewertung der Durchgängigkeit an den Wasserkraftanlagen der Hunte. Die Prozentangaben geben den Abflussanteil bei MQ an.

Standort	Bewertung aufwärts		Bewertung abwärts	
	über Wehr	über WKA	über Wehr	über WKA
Oldenburg	0 %	100 %	0 %	Lachs Aal
Wildeshausen	0 %	100 %	0 %	Lachs Aal

Ergebnisse

Wird die Passierbarkeit der gesamten Wanderroute von der Unterweser bis zum Dümmer betrachtet, ergeben sich für den Aufstieg und den Abstieg folgende Einschätzungen.

Aufstieg

Aufsteigende Aale können die Hunte bis Wildeshausen besiedeln, wodurch die Gesamtarealnutzungsrate gegenwärtig nur bei etwa 5 % liegt. Die großen Areale im Dümmer mit 1330 ha, die 88 % der gesamten Arealgröße in der Hunte ausmachen, können heute nicht erreicht werden.

Die Lethe ist das mündungsnächste und mit 15,6 ha zugleich größte Lachsareal in der Hunte. Von der Nordsee kommend ist bis zur Einmündung der Lethe nur das Wehr an der WKA Oldenburg zu überwinden. Hier befindet sich eine Fischaufstiegsanlage, die als eingeschränkt passierbar bewertet wurde. Die Erreichbarkeit der Lethe wird daher noch als möglich erachtet. Die weiter oberhalb bis zum Standort Wildeshausen gelegenen Areale können auf Grund der folgenden 4 Querbauwerke schlechter erschlossen werden. Die Areale in der Katenbäke (2 ha) oberhalb des Standorts Wildeshausen werden als nicht erreichbar eingeschätzt.

Abstieg

Beim Abstieg beträgt die Gesamtüberlebensrate unter den in dieser Studie getroffenen Annahmen (Kap. 4.4 und 4.5) für Aale aus der Hunte etwa 33 %.

Lachse, die aus den Arealen der Hunte in die Nordsee abwandern, müssen unter den gegenwärtig für den Aufstieg genannten Bedingungen nur die Wasserkraftanlage in Oldenburg passieren, deren Passierbarkeit stromabwärts als „eingeschränkt“ bewertet wird. Sofern Lachs-Besatzmaßnahmen oberhalb von Wildeshausen stattfinden, müssen abwandernde Smolts zusätzlich die Wasserkraftanlage an diesem Standort überwinden. Die Passierbarkeit wird ebenfalls als „eingeschränkt“ bewertet.

5.4.2

Leine - Vorharzgewässer

Die Lachs-Zielgebiete befinden sich in den Leine-Vorharzgewässern der Söse, der Oder und der Sieber und die Aal-Zielgebiete in der Leine selbst. Sie sind, von der Nordsee kommend betrachtet, über die Route Unterweser – Mittelweser bis Mündung der Aller – Aller – Leine erreichbar. Auf diesem Weg sind 20 Querbauwerke mit 14 Wasserkraftanlagen zu überwinden (Tab. 5.10 und Tab. 5.11).

Tab. 5.10: Bewertung der flussaufwärts und flussabwärts gerichteten Durchgängigkeit der Standorte an der Weser

Standort	Gesamteinschätzung Durchgängigkeit		
	aufwärts	abwärts	
		Lachs	Aal
Bremen-Hemelingen	eingeschränkt	eingeschränkt	eingeschränkt
Intschede/ Langwedel	gravierend eingeschränkt	eingeschränkt	eingeschränkt

Die untersten Wasserkraftanlagen sind die Weserstandorte Hemelingen und Langwedel, die unterhalb der Allermündung liegen. In der Leine existieren zehn und in der Rhume weitere zwei Wasserkraftanlagen (Kapitel 4.3.2, Anlage 2).

Tab. 5.11: Zusammenstellung der Bewertung der Durchgängigkeit an den Wasserkraftanlagen der Leine und Rhume. Die Prozentangaben geben den Abflussanteil bei MQ an.

Standort	Bewertung aufwärts		Bewertung abwärts	
	über Wehr	über WKA	über Wehr	über WKA
Neustadt	70 %	30%	70 %	Lachs Aal
Herrenhausen	5 %	95 %	5 %	Lachs Aal
Schneller Graben	53 %	47 %	53 %	Lachs Aal
Calenberger Mühle	0 %	100 %	0 %	Lachs Aal
Gronau	0 %	100 %	0 %	Lachs Aal
Banteln	13 %	87 %	13 %	Lachs Aal
Brüggen	72 %	28 %	72 %	Lachs Aal
Alfeld	88 %	12 %	88 %	Lachs Aal
Freden	21 %	79 %	21 %	Lachs Aal
Greene	25 %	75 %	25 %	Lachs Aal
Northeim	0 %	100 %	0 %	Lachs Aal
Elvershausen	48 %	52 %	48 %	Lachs Aal

Ergebnisse

Die Funktionalität der Wanderroute kann unter besonderer Berücksichtigung der Wasserkraftnutzung für den Fischaufstieg und den Fischabstieg wie folgt eingeschätzt werden.

Aufstieg

Die 14 untersuchten Standorte der Wasserkraftnutzung weisen i.d.R. erhebliche Defizite in der flussaufwärts gerichteten Durchgängigkeit auf. Bereits an der Staustufe Langwedel ist die Aufwärtspassierbarkeit „gravierend eingeschränkt“. Die erste zu überwindende Wasserkraftanlage in der Leine verfügt weder am Wehr noch an der WKA über eine Fischaufstiegsanlage. Ähnlich stellen sich die Verhältnisse an den weiter oberhalb liegenden Standorten dar (Tab. 5.11, Anlage 2). An den Standorten Herrenhausen und Brüggen gibt es funktionsfähige Fischaufstiegsanlagen, die als „passierbar“ bewertet wurden.

Auf Grund der schlechten Aufstiegsbedingungen sind für den Aal nur 27% der möglichen Arealfläche des Leinegebietes nutzbar. In Abb. 5.5 ist die aufwärts gerichtete Erreichbarkeit dargestellt.

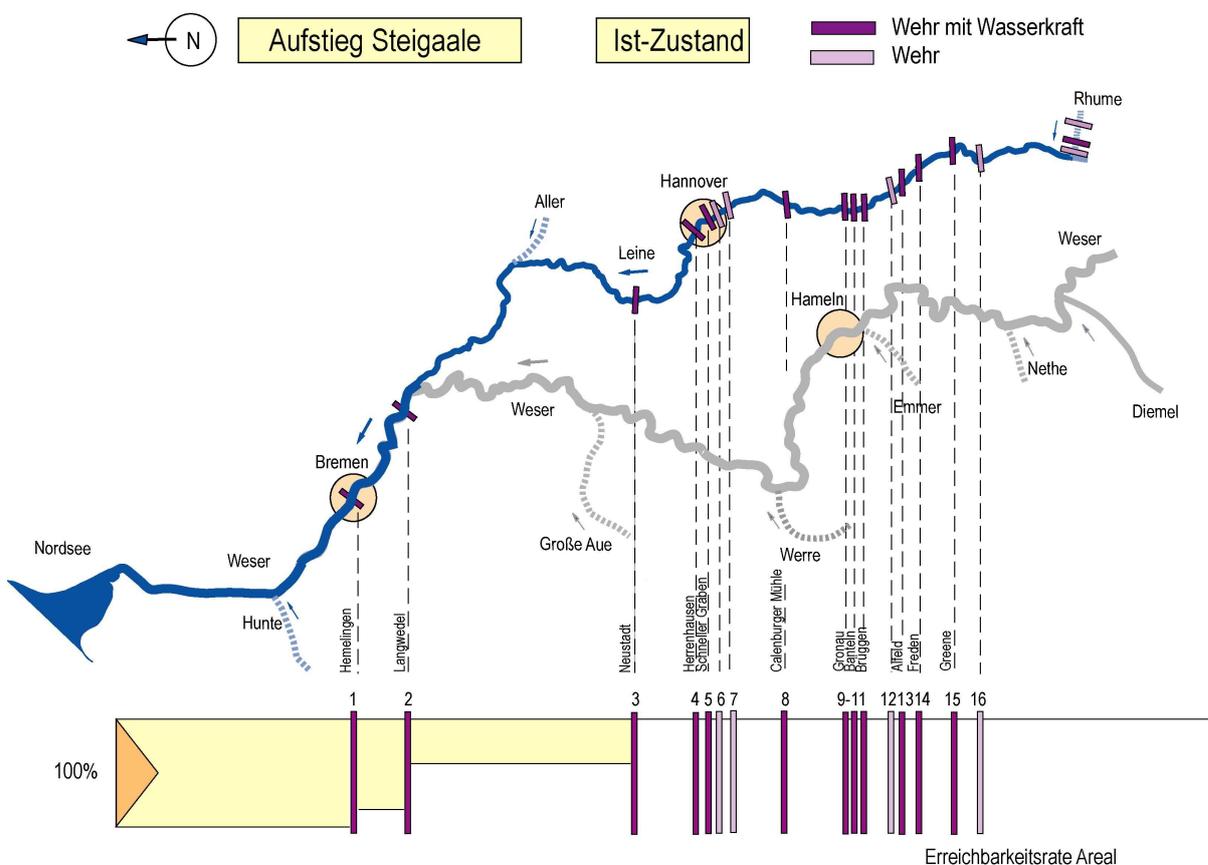


Abb. 5.5: Erreichbarkeitsrate Leine-Areal für den Aal im Ist-Zustand

Um in die eigentlichen Laichareale der Leine-Vorharzgewässer zu gelangen, müssen die Lachse zwei Wasserkraftstandorte in der Weser, alle in Tab. 5.11 beschriebenen Wasserkraftanlagen sowie sieben weitere Wanderhindernisse überwinden. Hinzu kommen die Hindernisse innerhalb der Laichareale. Die Leine-Vorharzgewässer sind gegenwärtig für den Lachs nicht erreichbar.

Abstieg

Die Abwärtspassierbarkeit über die Wehre an den untersuchten Wasserkraftstandorten im Leinegebiet stellt sich grundsätzlich ähnlich eingeschränkt wie die Aufstiegs-passierbarkeit dar. Sieben Wehre wurden als „ungenügend“ und drei als „eingeschränkt passierbar“ eingestuft. Auf Grund der häufigen Überströmung wegen geringer Ausbaudurchflüsse an den Wasserkraftanlagen und guter Bedingungen im Unterwasser sind zwei Wehre gut für den Abstieg nutzbar.

Für den Aal beträgt die Gesamtüberlebensrate unter den in dieser Studie getroffenen Annahmen (Kap. 4.5 und 4.6) aus der Leine etwa 45 %.

Abb. 5.6 zeigt die Gesamtüberlebensrate. Die Abwärtspassierbarkeit der Wasserkraftanlagen in der Leine und der Rhume wird zum weitaus überwiegenden Teil mit „ungenügend“ oder „gravierend eingeschränkt“ bewertet (Tab. 5.11).

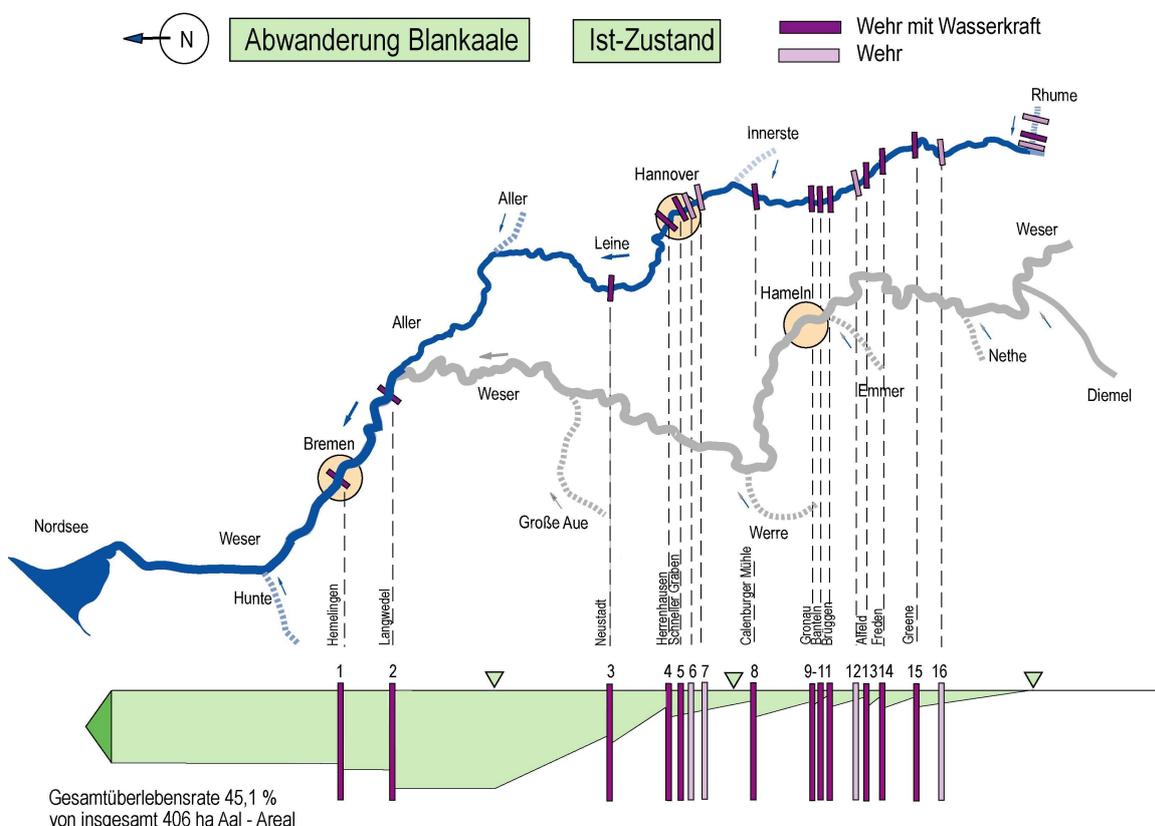


Abb. 5.6: Gesamtüberlebensrate für Aale aus den Leine-Arealen im Ist-Zustand

Aufgrund des geringeren Schädigungspotenzials, das der Lachs wegen seiner im Vergleich zum Aal geringen Körpergröße aufweist, wird die Abstiegspassierbarkeit auf der Route als durchweg „eingeschränkt“ bewertet. Nur in Herrenhausen führt das Vorhandensein eines 20 mm Rechens im Kombination mit Bypässen unter den gegebenen Standortbedingungen zu einer guten Bewertung der Abwärtspassierbarkeit. Wegen der Vielzahl der zu überwindenden Standorte ist die Nordsee aus den Lachsarealen der Leine-Vorharzgewässer nur von etwa 20 % der Lachse zu erreichen.

5.4.3

Diemel

Das Zielareal der Diemel wird über die Route Unterweser – Mittelweser – Diemel erschlossen. Da diese Wanderroute auch das Aal-Areal Weser enthält, befinden sich die zugehörigen Erläuterungen in diesem Kapitel.

Auf der Wanderroute Unterweser – Mittelweser – Diemel liegen 16 Querbauwerke, die von den Zielarten maximal zu überwinden sind. Alle Standorte werden zur Energiegewinnung genutzt, wobei einem Querbauwerk zwei Wasserkraftanlagen zugeordnet sind (Helmarshausen). Von besonderer Bedeutung sind die neun großen Wasserkraftstandorte in der Weser.

In der Studie zur Umsetzungsstrategie „Durchgängigkeit Weser“ (INGENIEURBÜRO FLOECKSMUEHLE 2008) wurden für die einzelnen Standorte an der Weser detaillierte Beschreibungen, Bewertungen sowie Handlungsempfehlungen erstellt. Die dort ermittelten Daten bilden die Grundlage für die vorliegende Studie. Die Daten wurden aktualisiert und mit Hilfe des Bewertungsverfahrens nach Anlage 3, Teil D neu bewertet. Insbesondere wurde die Turbinenmortalität mit Hilfe anderer Prognosemodelle abgeschätzt (siehe Kap. 4.5.2). Tab. 5.12 zeigt die aktuellen Bewertungen in der Übersicht. Zur Vollständigkeit werden hier auch die Bewertungen der flussaufwärts gerichteten Durchgängigkeit dargestellt.

Tab. 5.12: Bewertung der flussaufwärts und flussabwärts gerichteten Durchgängigkeit der Standorte an der Weser

Standort		Gesamteinschätzung Durchgängigkeit		
		aufwärts	abwärts	
			Lachs	Aal
Bremen-Hemelingen		eingeschränkt	eingeschränkt	eingeschränkt
Intschede/ Langwedel		gravierend eingeschränkt	eingeschränkt	eingeschränkt
Dörverden		unpassierbar	eingeschränkt	eingeschränkt
Drakenburg		gravierend eingeschränkt	eingeschränkt	eingeschränkt
Landesbergen		unpassierbar	eingeschränkt	eingeschränkt
Schlüsselburg		unpassierbar	eingeschränkt	eingeschränkt
Petershagen		unpassierbar	eingeschränkt	eingeschränkt
Hameln	West arm	unpassierbar	eingeschränkt	gravierend eingeschränkt
	Ostarm	unpassierbar	eingeschränkt	gravierend eingeschränkt

In der Diemel befinden sich bis zum obersten untersuchten Zielgebiet acht Querbauwerkstandorte mit neun Wasserkraftanlagen (Tab. 5.13). In Anlage 2 befinden sich die detaillierten Standortbeschreibungen.

Tab. 5.13: Zusammenstellung der Bewertung der Durchgängigkeit an den Wasserkraftanlagen der Diemel. Die Prozentangaben geben den Abflussanteil bei MQ an.

Standort	Bewertung aufwärts		Bewertung abwärts		
	über Wehr	über WKA	über Wehr	über WKA	
Bad Karlshafen	46 %	54 %	46 %	Lachs	Aal
Helmarshausen	5 %	95 %	5 %	Lachs	Aal
Wülmersen	0 %	100 %	0 %	Lachs	Aal
Trendelburg	54 %	46 %	54 %	Lachs	Aal
Sielen	9 %	91 %	9 %	Lachs	Aal
Eberschütz	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.
Liebenau	12 %	88 %	12 %	Lachs	Aal
Hueda	3 %	97 %	3 %	Lachs	Aal

k.A.: Keine Angaben, da keine Daten vorhanden.

Die Funktionalität der Wanderroute kann unter besonderer Berücksichtigung der Wasserkraftnutzung für den Fischaufstieg und den Fischabstieg wie folgt eingeschätzt werden.

Aufstieg

Die aufwärts gerichtete Passierbarkeit ist an den untersuchten Wasserkraftstandorten zum weitaus überwiegendem Teil nicht gegeben. Zwölf der 16 Wehrstandorte wurden als „unpassierbar“, drei als „gravierend eingeschränkt“ und einer als „eingeschränkt passierbar“ bewertet (Tab. 5.12 und Tab. 5.13). Zum Standort Eberschütz lagen keine Angaben vor. In der Regel sind die Wehre in der Diemel mit einer Fischaufstiegsanlage versehen. An den Wasserkraftanlagen befinden sich gegenwärtig keine Fischaufstiegsanlagen.

In der Weser erreichen die Aale heute theoretisch nur die unterhalb von Dörverden liegenden Areale (Abb. 5.7). Somit können nur etwa 18 % der betrachteten Arealfläche der Weser besiedelt werden. Die Diemel ist für Aale nicht erreichbar.

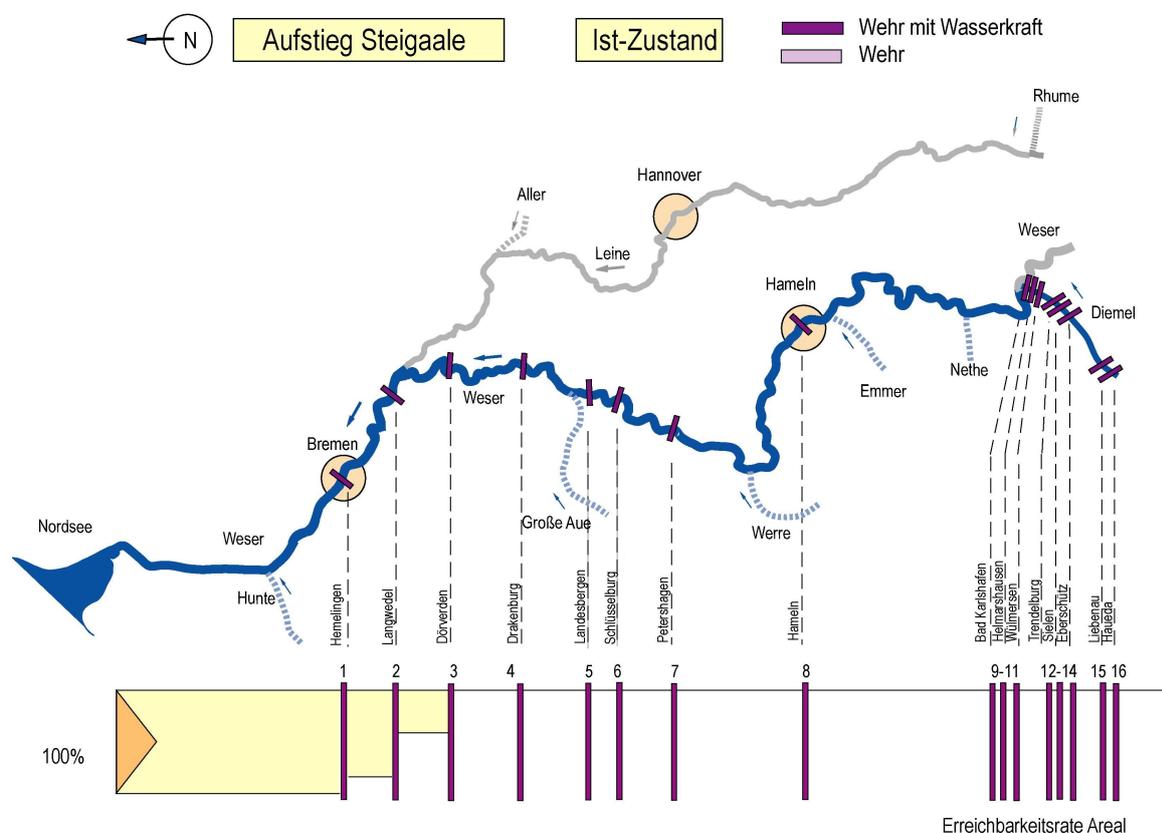


Abb. 5.7: Erreichbarkeitsrate Diemel-Areal für den Aal im Ist-Zustand

Unterhalb der Lachsareale der Diemel liegen acht Standorte in der Weser, von denen vier noch keine Fischaufstiegsanlage besitzen, und sechs bis acht Wanderhindernisse in der Diemel selbst. Daher sind die Laichareale im Diemelgebiet für Lachse im Ist-Zustand ebenfalls nicht zu erreichen.

Abstieg

Die Einzelstandorte wurden im Hinblick auf die verschiedenen Abwanderungswege für die betrachteten Zielarten bewertet. Es zeigt sich, dass auf dieser Wanderroute kein Standort als abwärts passierbar eingeschätzt werden kann. Der Abwanderungsweg über das Wehr steht auf Grund der Ausbauwassermenge i.d.R. nicht zur Verfügung, so dass der Abwanderungsweg über die Turbine der jeweiligen Wasserkraftanlage führt.

Tab. 5.14: Abschätzung der Mortalitätsraten von Lachsen und Aalen bei der Turbinenpassage der Wasserkraftanlagen an der Weser aufgrund technischer Kriterien

Standort WKA	Turbinentyp	Mortalitätsrate-[%] für	
		Lachse (0,15 m)	Aale (0,66 m)
Hemelingen	2 baugleiche Kaplan S-Rohrturbinen	7,4	9,6
Langwedel	4 baugleiche Kaplanturbinen	7,6	19,0
Dörverden	2 Kaplanturbinen in Heberanordnung	8,7	37,8
	2 Propellerturbinen mit Getriebe	8,1	18,6
Drakenburg	3 baugleiche Kaplanturbinen	7,5	17,6
Landesbergen	3 baugleiche Kaplanturbinen	7,5	23,3
Schlüsselburg	3 baugleiche Kaplanturbinen	7,6	18,5
Petershagen	3 baugleiche Kaplanturbinen	8,1	23,3
Pfortmühle, Hameln	Kaplan S-Rohrturbine	9,3	40,3
Werder-neu, Hameln	Kaplan Rohr-Turbine	8,7	44,1

Für Aale beträgt die Gesamtüberlebensrate beim Abstieg unter den in dieser Studie getroffenen Annahmen (Kap. 4.4 und 4.5) aus der Diemel weniger als 1 %, siehe Abb. 5.8.

Die Erreichbarkeitsrate von Aalen aus den Weser-Arealen oberhalb von Hameln beträgt im Ist-Zustand etwa 16 %. Die Gesamtüberlebensrate der Aale aus dem hier betrachteten Untersuchungsgebiet der Weser (ohne Nebengewässer) beträgt heute ca. 42 % der insgesamt 2.779 ha, siehe Abb. 5.8.

Für Lachse aus den Diemel-Arealen ist die Nordsee wegen der Vielzahl der zu überwindenden Standorte nur von etwa 2 % zu erreichen.

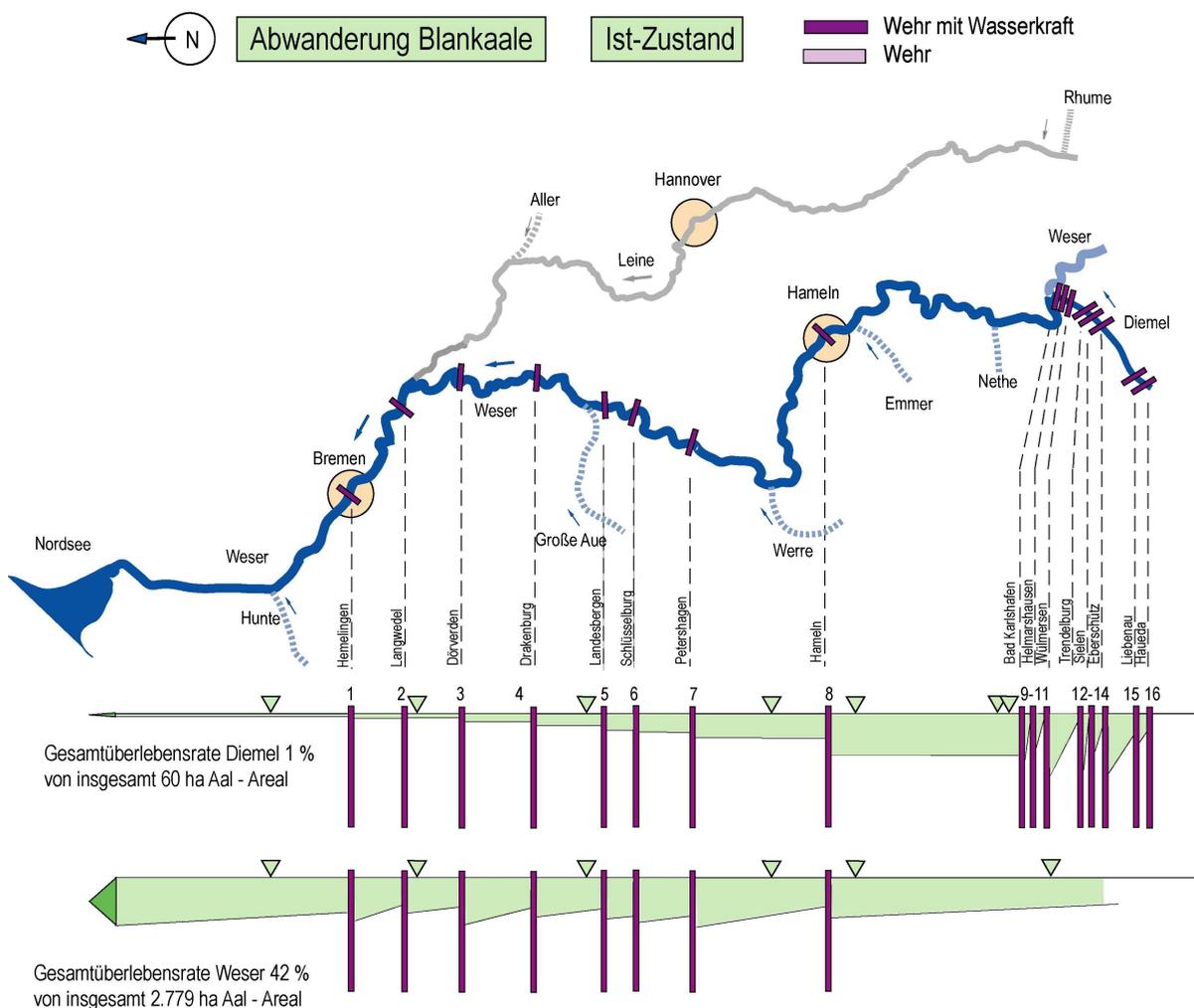


Abb. 5.8: Gesamtüberlebensrate für Aale aus den Diemel- und aus den Weser-Arealen

5.5

Populationsdynamische Betrachtung im Ist-Zustand

5.5.1

Ergebnisse der Expertise für die Zielarten

Im Rahmen der Expertise zur Populationsdynamik wurden mit Fokus auf die Überlebensraten relevante Populationsparameter des Atlantischen Lachses, der Meerforelle, des Meer- und Flussneunauges sowie des Europäischen Aals aus der Literatur

Ergebnisse

zusammengetragen, evaluiert und deren Übertragbarkeit auf das Wesersystem geprüft (Kap. 4.6 und Anlage 5).

Aufgrund der geringen Datenlage konnten die relevanten Populationsparameter für den Aal nicht ermittelt werden. Für das Projekt wurden nur die Daten für den Lachs weiter verwendet.

Tab. 5.15: Zusammenfassung der Überlebensraten des Lachses aus der Literatur und Einschätzung für das Wesersystem (aus THIEL u. MAGATH (2010))

Stadium	Spanne der Überlebensraten			Ist-Zustand Wesersystem	Selbsterhalt Population
	1. Quartil	Median	3. Quartil		
abs. Fruchtbarkeit [Eier/Weibchen]	5030	6864	10530	1. Quartil	1. Quartil
rel. Fruchtbarkeit [Eier/kg]	1600	1862	2190	840-1260	
Ei bis Smolt [%]	0,81	1,24	1,60	1. Quartil	3. Quartil
Smolt bis Rückkehrer [%] (natürliche Reprod.)	1,17	2,75	5,80	-	Median
Smolt bis Rückkehrer [%] (Besatz)	0,51	0,96	2,55	1. Quartil	-
Laicher / Rückkehrer	0,5*	0,75	0,9*	Minimum	Maximum
Kelt [%]	7,00	8,20	15,00	0	0

* hier werden statt der Quartile Minimum und Maximum verwendet

5.5.2

Abgleich mit dem Ist-Zustand

Mit Hilfe des in Kap. 4.7.2 erläuterten Berechnungsmodells wurden verschiedene Varianten untersucht. Dabei konnten sowohl die populationsdynamischen Parameter, die die Lebensbedingungen der Lachse widerspiegeln, als auch die Auf- und Abstiegswahrscheinlichkeiten an den Querbauwerken und Wasserkraftanlagen variiert werden. In Abb. 5.9 ist das Berechnungsmodell schematisch dargestellt.

Ziel war es, die Parameter und Raten so zu variieren, dass sich eine Lachspopulation selbst erhalten kann.

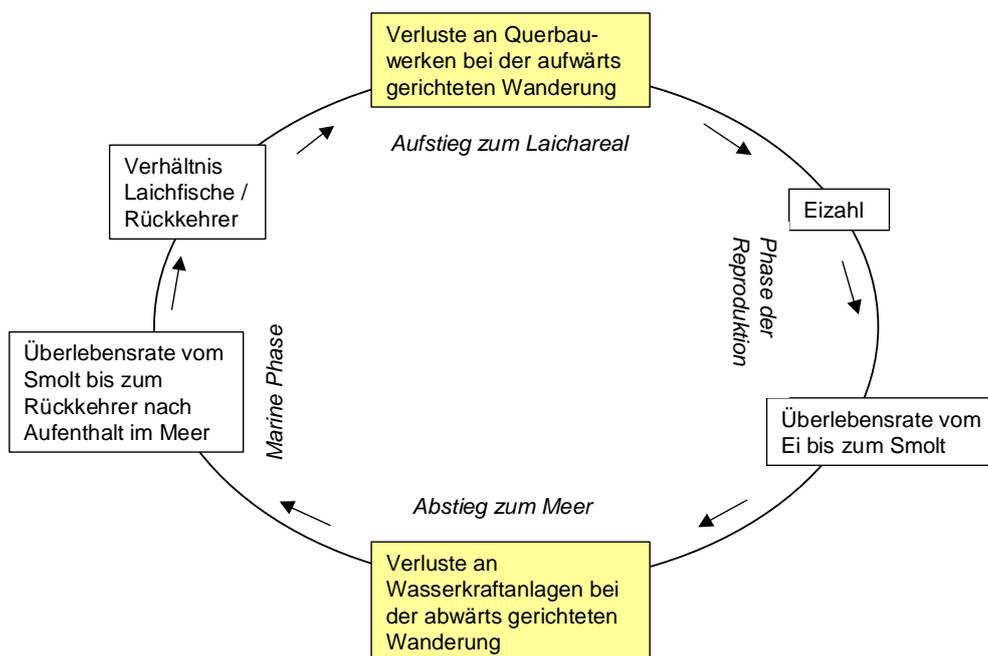


Abb. 5.9: Parameter des Berechnungsmodells zur Abbildung des Lebenszyklus des Atlantischen Lachses (weiß: populationsdynamische Parameter, gelb: Verluste an Querbauwerken und Wasserkraftanlagen)

Im folgenden werden die einzelnen Schritte der Modellierung dargestellt.

1. Schritt

In einem ersten Schritt wurde der Lebenszyklus des Lachses und die zugehörigen Parameterwerte betrachtet, ohne die Verluste durch Querbauwerke und Wasserkraftanlagen zu berücksichtigen. Die Erreichbarkeitsraten wurden sowohl für den Auf- als auch für den Abstieg auf 100 % gesetzt. Für die populationsdynamischen Parameter wurde der Ist-Zustand (Tab. 5.15, Ist-Zustand Wesersystem) gewählt.

Das Ergebnis der Modellierung zeigt, dass sich eine Lachs-Population unter heutigen Umweltbedingungen (Arealstruktur, Gewässerqualität etc.) nicht selbst erhalten kann, selbst wenn es keine Wanderhindernisse geben würde.

Die ermittelten Werte für die populationsdynamischen Parameter sind zur Zeit zu niedrig um den Lebenskreislauf des Lachses zu erhalten, siehe Abb. 5.10.

Ergebnisse

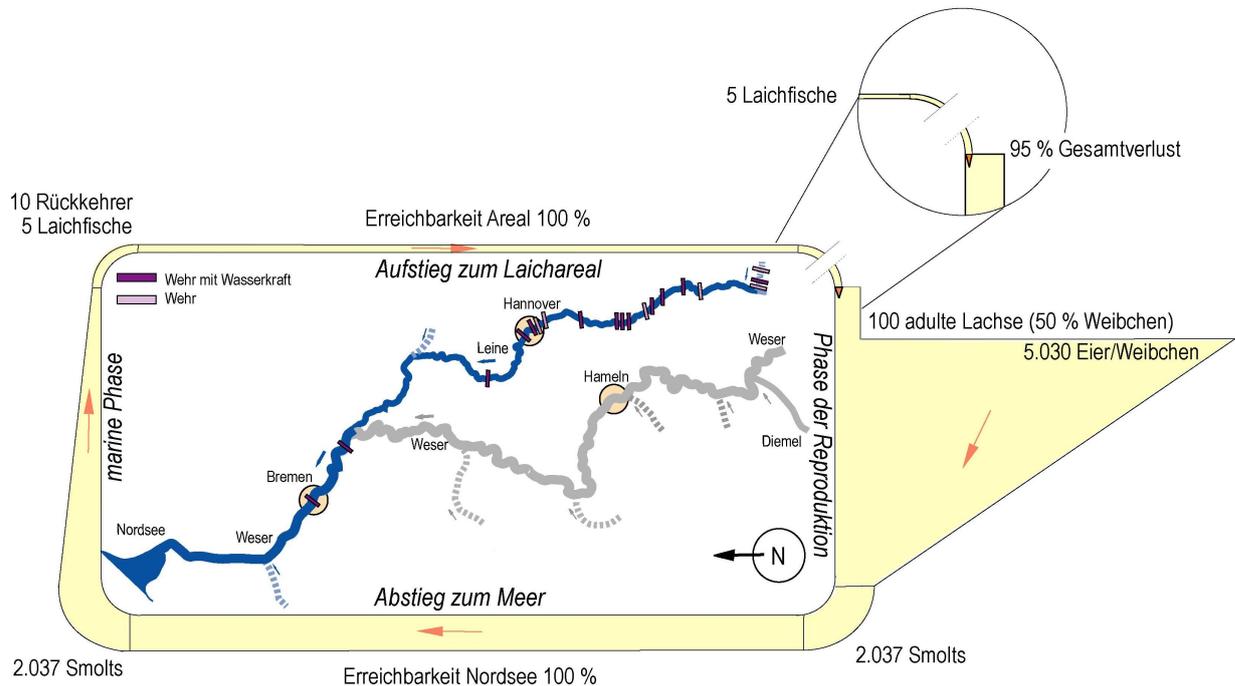


Abb. 5.10: Lebenszyklus des Lachses, berechnet mit heutigen Werten für die populationsbiologischen Parameter (Ist-Zustand Wesersystem) und ohne Verluste an Querbauwerken oder Wasserkraftanlagen

Erläuterung zu Abb. 5.10:

Das Berechnungsmodell startet die Berechnung mit 100 Lachsen oder 50 Lachs-Weibchen (oben rechts). Die Weibchen legen je 5.030 Eier. Von dieser Anzahl Eier überleben 0,81 % die Wachstumsphase bis zum Smolt (Überlebensrate Ei bis Smolt). Diese 2.037 Smolts (unten rechts) wandern über die Wasserkraftanlagen der betrachteten Wanderroute (hier: Leine – Aller - Unterweser) ab. Im vorliegenden Fall werden keine Verluste bei der Abwanderung angesetzt. Die Erreichbarkeitsrate Nordsee beträgt 100 %. Von den abgewanderten Smolts (unten links) überlebt ein gewisser Anteil die marine Phase (Überlebensrate Smolt bis Rückkehrer 0,51 %), nämlich zehn Fische (oben links). Die sogenannten Rückkehrer wandern über die Querbauwerke und Wasserkraftanlagen in ihre Laichareale auf. Von den in der Nordsee gestarteten Rückkehrern erreichen 100 % ihr Laichareal (Erreichbarkeitsrate Areal 100 %). Schließlich sind nicht alle Rückkehrer Laichfische, sondern nur 50 % oder fünf Laichfische, die sich wieder an der Reproduktion beteiligen können. Das ist deutlich weniger als die gestarteten 100 Fische. Die Population erhält sich nicht.

2. Schritt

In einem zweiten Schritt wurden die populationsdynamischen Parameter so weit verbessert, dass sich eine Lachspopulation selbst erhalten kann (Tab. 5.15, Spalte „Selbsterhalt Population“). Um diesen Zustand zu erreichen, siehe Abb. 5.11, sind Maßnahmen zur Verbesserung der Lebensbedingungen der diadromen Arten durchzuführen wie Verminderung des Prädationsdrucks, Verbesserung des Habitats oder Maßnahmen im marinen Lebensraum. Verluste aus Querbauwerken und Wasserkraftanlagen blieben hier immer noch unberücksichtigt. Dies ist gleichbedeutend mit Auf- und Abstiegssraten an jedem Standort der Wanderrouten von 100 %. Auch die Erreichbarkeits- und Gesamtüberlebensraten würden dann 100 % betragen.

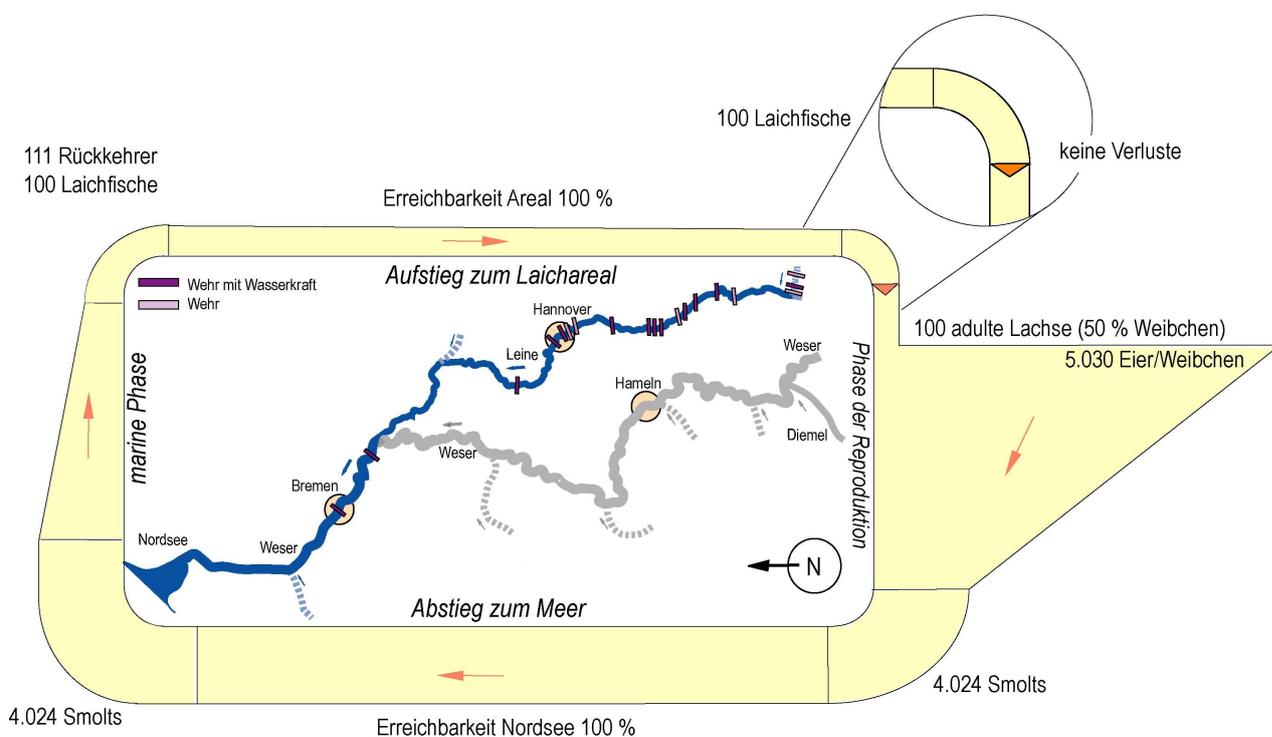


Abb. 5.11: Lebenszyklus des Lachses, berechnet mit populationsbiologischen Parameterwerten für den Selbsterhalt der Population und ohne Verluste an Querbauwerken oder Wasserkraftanlagen

3. Schritt

Rechnet man mit den populationsbiologischen Parametern „Selbsterhalt Population“ und den Ist-Werten für Auf- und Abstieg, dann gelten die in Kap. 5.4 getroffenen Aussagen. In der Wanderroute zu den Hunte-Arealen ist die auf- und abwärts gerichtete Passierbarkeit eingeschränkt. Das bedeutet, dass sich eine Population auf

Ergebnisse

Dauer nicht selbst erhalten kann. Die Erreichbarkeit der Leine-Vorharzgewässer und der Diemel-Areale ist von der Nordsee aus nicht gegeben. Auch beim Abstieg kann die Mehrzahl der Fische die Nordsee nicht erreichen. Der Selbsterhalt einer Lachspopulation ist bei dem heutigen Zustand der Querbauwerke und Wasserkraftanlagen auch unter verbesserten Lebensraumbedingungen nicht gegeben.

4. Schritt

Selbst optimale populationsdynamische Parameterwerte (Tab. 5.15, 3. Quartil), die sehr große Anstrengungen zur Verbesserung der Lebensbedingungen der Lachse bedeuten würden, könnten im heutigen Zustand der Durchgängigkeit nur für das untere Hunteareal, die Lethe, zu einer selbst erhaltenden Lachspopulation führen.

Zum Schutz der Lachspopulationen im Wesergebiet müssen daher sowohl optimale Bedingungen in den Habitaten der Lachse als auch in Bezug auf die Durchgängigkeit der Gewässer hergestellt werden. In Tab. 5.16 sind die Ergebnisse der Berechnungsschritte zusammengefasst.

Tab. 5.16: Berechnungsschritte und Ergebnisse der populationsbiologischen Betrachtung im Ist-Zustand

	Populationsdynamische Parameter	Verluste an Querbauwerken und Wasserkraftanlagen	Selbsterhalt der Lachspopulationen
1. Schritt	Ist-Zustand	Keine Verluste	nein
2. Schritt	Selbsterhalt	Keine Verluste	ja
3. Schritt	Selbsterhalt	Ist-Zustand	nein
4. Schritt	Optimum (3. Quartil)	Ist-Zustand	nein, nur Lethe

5.6

Variantenuntersuchung für die Wanderrouten im Plan-Zustand

Die Untersuchung des Ist-Zustands hat insbesondere für den Lachs gezeigt, dass der Schutz der Populationen nur unter optimalen Bedingungen erreichbar ist. Erst wenn sich die Lebensbedingungen der Fischpopulationen wesentlich verbessert haben, was sich auch in den populationsdynamischen Parametern widerspiegeln wird, ist

ein Selbsterhalt der Population möglich. Es ist daher von größter Bedeutung, nicht nur die Durchgängigkeit herzustellen, sondern auch die Lebensbedingungen zu optimieren.

Für die Variantenbetrachtung im Plan-Zustand wurde daher von aus heutiger Sicht optimalen Werten (Tab. 5.15, 3. Quartil) für die populationsdynamischen Parameter ausgegangen. Denn selbst die Wahl der Median-Werte würde nicht ausreichen, um eine Population zu erhalten.

Zusätzlich ist zu beachten, dass natürliche Verluste während der Auf- und Abwanderung wegen fehlender Literaturangaben im Modell nicht berücksichtigt werden konnten. Dazu gehören Prädation durch Kormorane und andere Prädatoren sowie Krankheiten. Als anthropogen bedingte Mortalitätsfaktoren für dieses Lebensstadium wurden neben der Wasserkraft Entnahmen und irrtümliche oder bewusste Befischung durch Angler und Berufsfischer angegeben (THIEL u. MAGATH 2010).

Da die Erreichung dieser optimalen Populationsdynamischen Parameter-Werte von vielen Faktoren abhängt und erst nach einem längeren Zeitraum erreicht werden kann, müssen auch für die Herstellung der Durchgängigkeit optimale Werte gefordert werden.

Das bedeutet, dass die Aufwärtspassierbarkeit an allen Querbauwerken des Untersuchungsgebiets so gut hergestellt wird, dass mit einer Aufstiegsrate von 97,5 % pro Standort gerechnet wird. Dies beinhaltet einerseits, dass einige Standorte rückgebaut werden und eine Aufstiegsrate von 100 % erreichen. Andererseits gibt es auch Standorte, die nicht optimal umgebaut werden können. Im Durchschnitt ergibt sich dann die Rate von 97,5 %.

Die Herstellung der Abwärtspassierbarkeit ist schwieriger, insbesondere für die großen Standorte an der Weser. Daher wurde an den Nebengewässern eine Abstiegsrate von 95 % je Standort angesetzt, während für die Standorte in der Weser verschiedene Varianten untersucht wurden.

5.6.1

Variantenuntersuchung für die Wanderrouen des Lachses

Für den Planzustand, d.h. den Zustand nach Umsetzung der Maßnahmen wurden, wie in Kap. 4.8 beschrieben, verschiedene Varianten für den Fischabstieg untersucht. Der Planzustand setzt die Herstellung der Durchgängigkeit in den Nebengewässern voraus, während für die Weser verschiedene Varianten untersucht wurden:

- Variante 1: Aufstiegsrate an jedem Standort (Weser und Zuflüsse) von 97,5 %. Abstiegsrate an den Wasserkraftstandorten der Weserzuflüsse von 95 %. Ist-Zustand an den Wasserkraftwerken.

Ergebnisse

- Variante 2: Aufstiegsrate an jedem Standort (Weser und Zuflüsse) von 97,5 %. Abstiegsrate an den Wasserkraftstandorten der Weserzuflüsse von 95 %. An den Wasserkraftwerken eine Schutzrate von 95 %.
- Variante 3 sieht analog zu Variante 2 eine Schutzrate von 80 % vor.
- Variante 4 sieht analog zu Variante 2 eine Schutzrate von 50 % vor.

Die Tab. 5.17 zeigt, wie sich eine Lachspopulationen entwickelt, wenn optimale Parameterwerte (3. Quartil) angesetzt werden. Für die Variante 1 ist der Lebenszyklus in für die Leine und in für die Diemel grafisch dargestellt.

Tab. 5.17: Populationsfaktoren für die Wanderrouten des Lachses im Planzustand, berechnet mit den Parameterwerten des 3. Quartils

	Wanderrouten		
	Hunte mit Weser	Leine mit Weser	Diemel mit Weser
Arealfläche	24,5 ha	46,8 ha	12,4 ha
Variante 1	342 – 397 %	128 %	96 – 113 %
Variante 2* Schutzrate 95 %	342 – 397 %	145 %	188 – 219 %
Variante 3* Schutzrate 80 %	342 – 397 %	142 %	168 – 196 %
Variante 4* Schutzrate 50 %	342 – 397 %	136 %	141 – 149 %

* Die Variantenbezeichnungen beziehen sich nur auf die Weser-Standorte. In den Nebengewässern werden an jedem Standort Feinrechen und Bypässe vorgesehen.

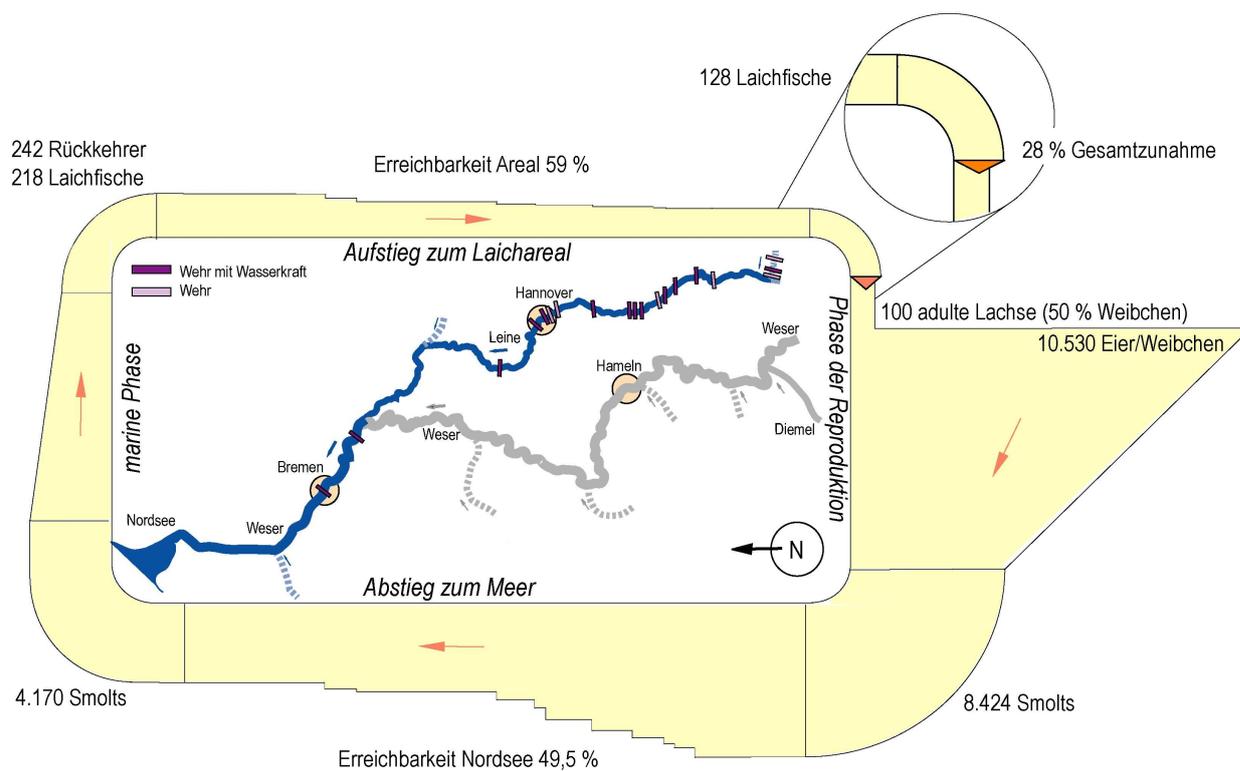


Abb. 5.12: Lebenszyklus des Lachses, berechnet mit optimalen populationsbiologischen Parameterwerten (3. Quartil) und Verlusten an Querbauwerken und Wasserkraftanlagen nach Variante 1 für die Wanderroute Leine mit Weser

Ergebnisse

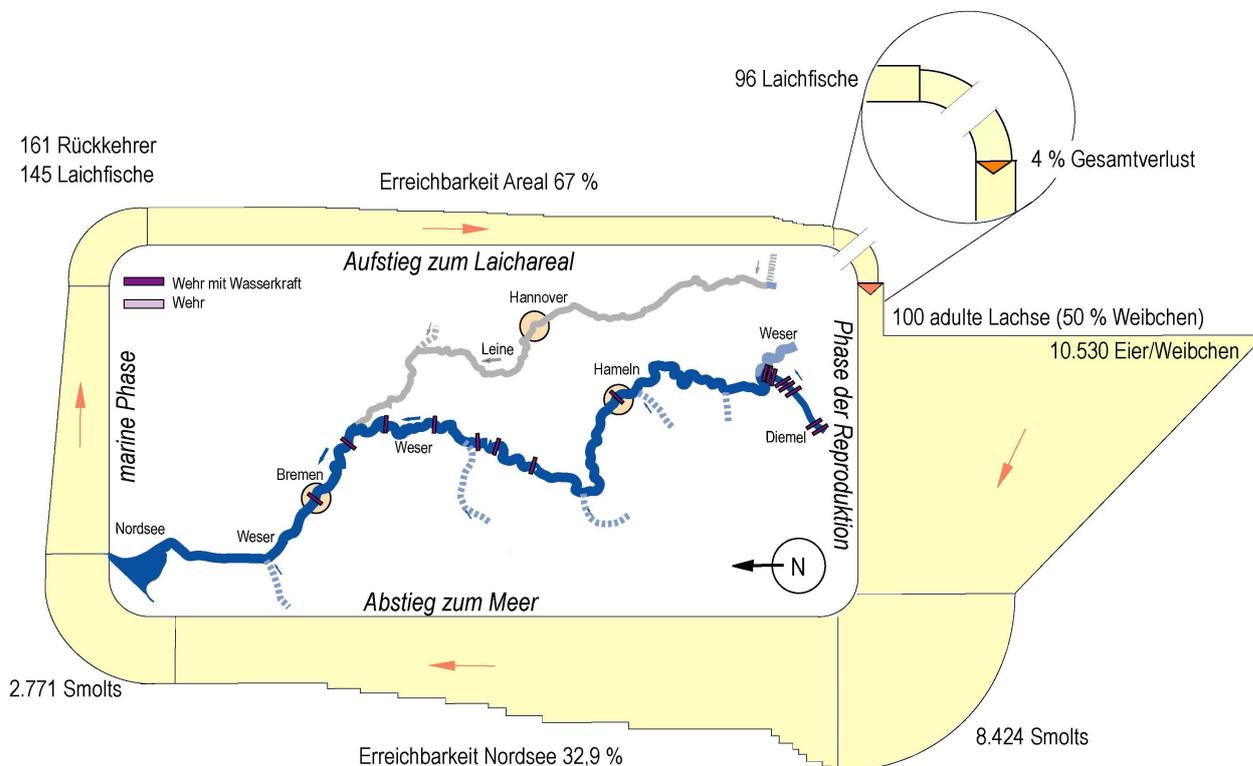


Abb. 5.13: Lebenszyklus des Lachses, berechnet mit optimalen populationsbiologischen Parameterwerten (3. Quartil) und Verlusten an Querbauwerken und Wasserkraftanlagen nach Variante 1 für die Wanderroute Diemel mit Weser

Es ist zu erkennen, dass es grundsätzlich möglich ist, Lachse im Wesergebiet dauerhaft wieder anzusiedeln, wenn Anstrengungen unternommen werden, um deren Lebensbedingungen zu verbessern. Dazu müssen einerseits hohe Anforderungen an die Herstellung der Durchgängigkeit gestellt werden, andererseits sind zusätzlich Maßnahmen im hydromorphologischen Bereich, in der Güte, im marinen Bereich sowie in der Eindämmung der Prädation notwendig, um die genannten Populationsfaktoren in der Zukunft zu erreichen. Bis sich eine selbst erhaltende Population gebildet hat, ist eine Stützung durch Besatz notwendig.

Das Hunte-Areal zeigt im Vergleich die höchsten Populationsfaktoren. Die Wasserkraftwerke haben dabei keinen Einfluss auf die Lachspopulationen der Hunte, da sie oberhalb liegen. Ihr Einfluss auf die Diemel ist am größten, da hier die meisten Wasserstandorte passiert werden müssen. Bei der Betrachtung der Populationsfaktoren ist auch die Größe der Areale zu berücksichtigen. Obschon die Populationsfaktoren für die Diemel eine mittlere Höhe aufweisen, ist ihr Anteil an der gesamten Lachspopulation des Untersuchungsgebiets eher gering.

5.6.2

Variantenuntersuchung für die Wanderrouten des Aals

Wie in Kap. 5.6.1 für den Lachs beschrieben, wurden auch für den Aal verschiedene Varianten für den Planzustand untersucht:

- Variante 1: Aufstiegsrate an jedem Standort (Weser und Zuflüsse) von 97,5 %. Abstiegsrate an den Wasserkraftstandorten der Weserzuflüsse von 95 %. Ist-Zustand an den Weserkraftwerken.
- Variante 2: Aufstiegsrate an jedem Standort (Weser und Zuflüsse) von 97,5 %. Abstiegsrate an den Wasserkraftstandorten der Weserzuflüsse von 95 %. An den Weserkraftwerken eine Schutzrate von 95 % für den Abstieg.
- Variante 3 sieht analog zu Variante 2 eine Schutzrate von 80 % für den Abstieg an den Weserkraftwerken vor.
- Variante 4 sieht analog zu Variante 2 eine Schutzrate von 50 % für den Abstieg an den Weserkraftwerken vor.
- Variante 5 bildet das Trap & Truck-Verfahren für die Weser ab.

In Tab. 5.18 sind die Ergebnisse für den Planzustand zusammengefasst.

Die Erreichbarkeit der Nordsee aus der Hunte ist unabhängig davon, welche Variante für die Weser-Wasserkraftanlagen gewählt wird, da sich unterhalb der Huntemündung keine Kraftwerke mehr in der Weser befinden. Im Planzustand erreichen die Aale aus dem Dümmer zu 90 % die Nordsee. Die Gesamtüberlebensrate für die Hunte liegt im Planzustand bei 91 %.

In Variante 1 überleben etwa 67 % der Aale aus der Leine den Abstieg in die Nordsee. Die Erreichbarkeit aus dem obersten Areal in der Leine beträgt in diesem Fall 48 %. Die Gesamtüberlebensraten für die Abwanderung aus der Leine liegen bei der Variante 2, 3 und 4 bei 81 %, 78 % und 74 %.

Die Gesamtüberlebensrate der Diemelaale liegt für Variante 1 bei 13 %, für Variante 2 bei 69 %, für Variante 3 bei 53 % und für Variante 4 bei ca. 30 %. Bei Trap & Truck beträgt die Gesamtüberlebensrate für Aale aus der Diemel etwa 22 %.

Die Erreichbarkeitsrate von Aalen aus den Weser-Arealen oberhalb von Hameln reicht bei Variante 1 von ca. 16 % bis etwa 91 % bei Variante 2.

Die Gesamtüberlebensrate der Aale aus der Weser (ohne Nebengewässer) beträgt je nach Variante ca. 42 % bzw. 89 %. Bei Trap & Truck beträgt die Gesamtüberlebensrate für Aale aus der Weser etwa 53 %.

Ergebnisse

Die angegebenen Gesamtüberlebensraten beziehen sich nur auf die Auswirkungen von Querbauwerken und Wasserkraftanlagen. Allein die heutigen Entnahmen durch die Berufsfischerei an drei Standorten in der Mittelweser bewirken eine Minderung der Gesamtüberlebensrate der Weser und der Diemel. Die Fangquoten der Sportfischerei werden noch höher geschätzt als die der Berufsfischerei (LAVES et.al. 2008), so dass insgesamt von einer deutlich niedrigeren natürlichen Gesamtüberlebensrate als in Tab. 5.18 ausgegangen werden muss.

Neben den Verlusten durch die Fischerei und anderen Faktoren ist auch der Einfluss von Besatzmaßnahmen nicht berücksichtigt worden. Besatzmaßnahmen werden in großem Umfang von der Fischerei durchgeführt und stützen den Aalbestand.

Die Abb. 5.14 und Abb. 5.15 zeigen exemplarisch die Gesamtüberlebensrate der Aale aus den Leine- bzw. den Diemel-Arealen bei Variante 2.

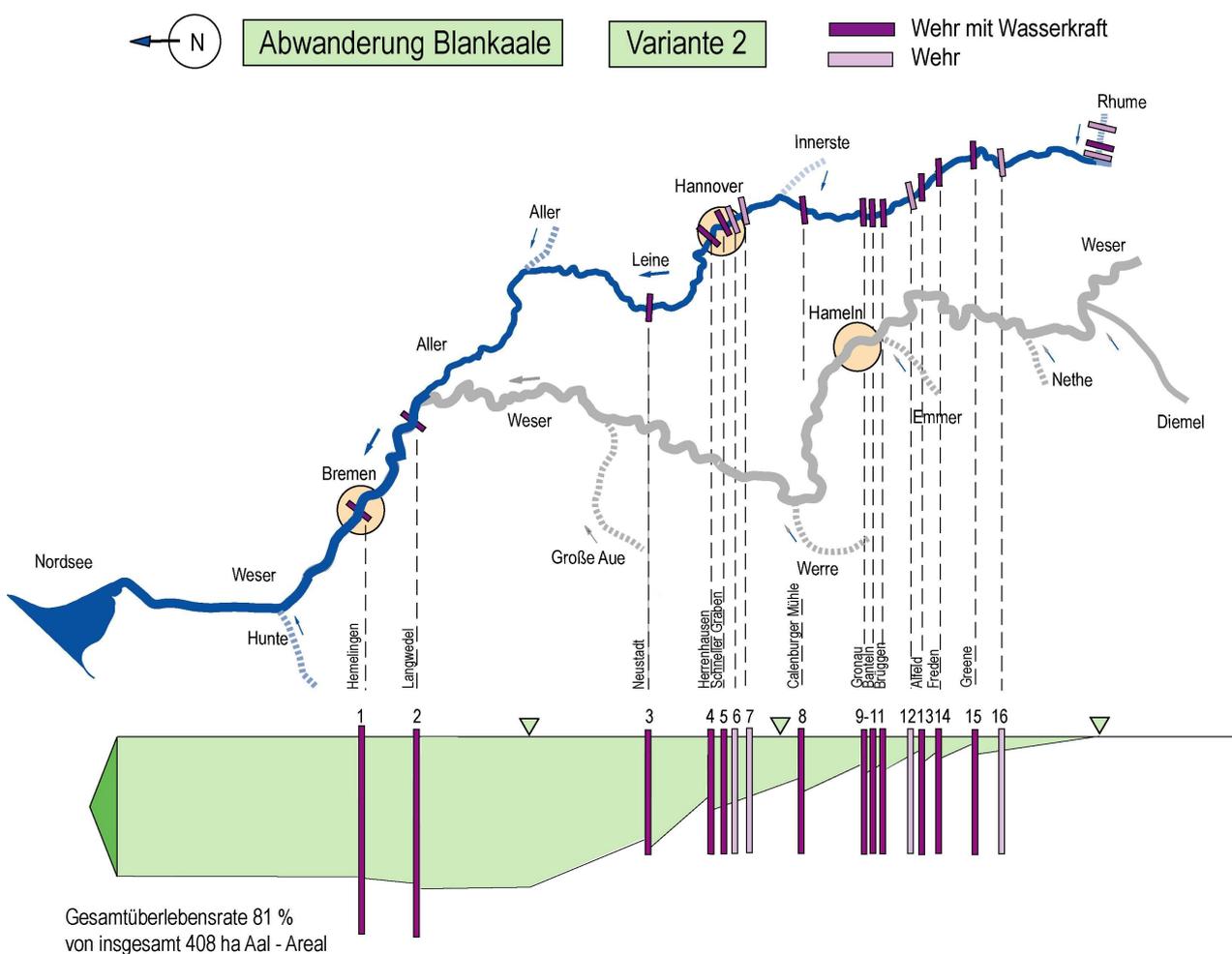


Abb. 5.14: Gesamtüberlebensrate für Aale aus den Leine-Arealen bei Variante 2

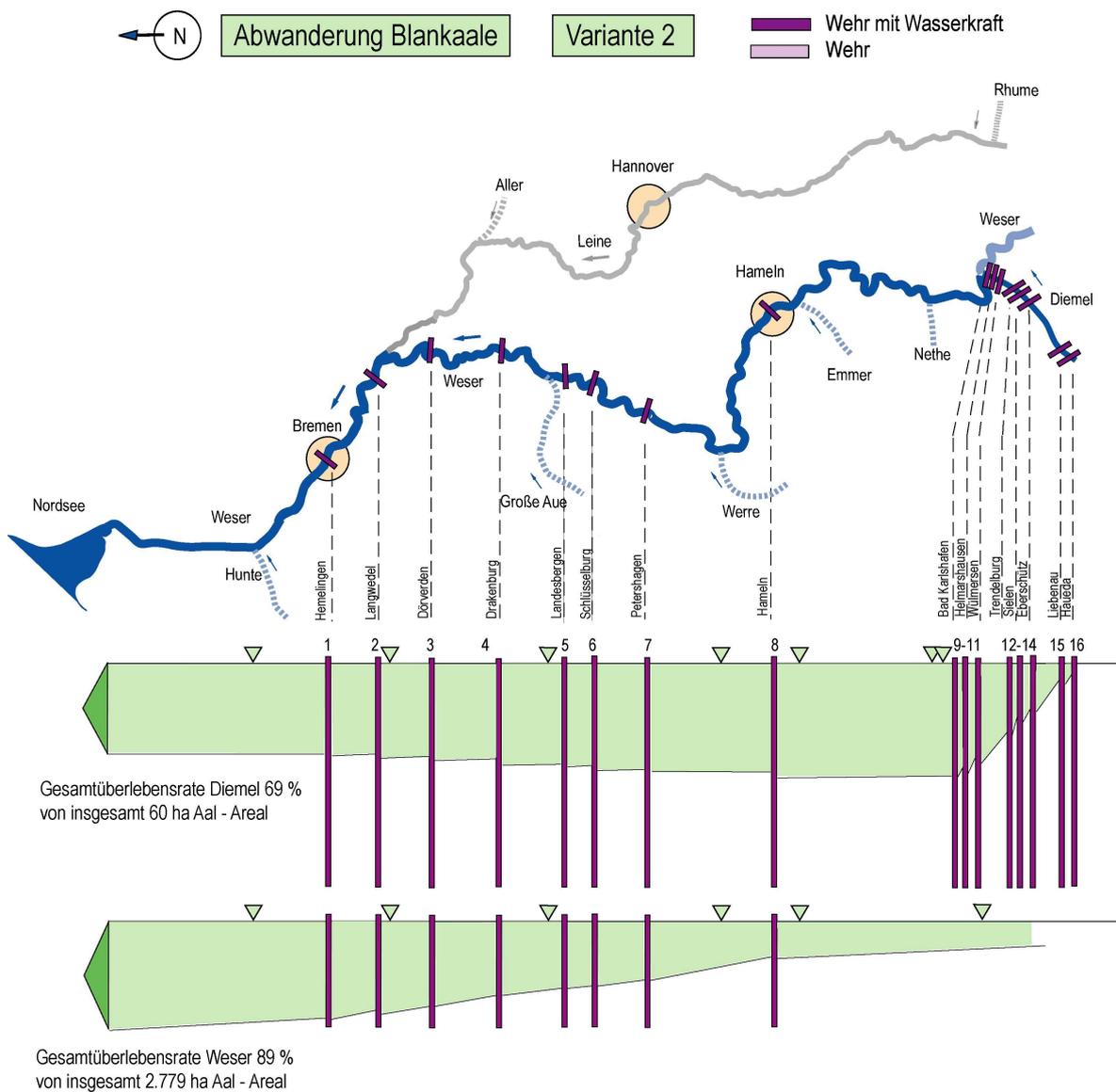


Abb. 5.15: Gesamtüberlebensrate für Aale aus den Diemel-Arealen bei Variante 2

Ergebnisse

Tab. 5.18: Effektivitätsraten für die Wanderrouten des Aals im Planzustand ohne Einfluss der Fischerei etc. (WR= Wanderroute)

		Wanderrouten				
		Hunte + WR Weser	Leine + WR Weser	Diemel + WR Weser	Weser	Untersuchungs- gebiet
	Arealfläche	1.512 ha	408 ha	60 ha	2.779 ha	4.759 ha
aufwärts	Erreichbarkeit oberes Areal	60 %	50 %	57 %	70 %	65 %
	Arealnutzungsrate	64 %	80 %	63 %	76 %	72 %
		Gesamtüberlebensrate				
abwärts	Variante 1* Ist-Zustand	91 %	67 %	13 %	42 %	59 %
	Variante 2* Schutzrate 95 %	91 %	81 %	69 %	89 %	89 %
	Variante 3* Schutzrate 80 %	91 %	78 %	53 %	77 %	81 %
	Variante 4* Schutzrate 50 %	91 %	74 %	30 %	58 %	70 %
	Variante 5* Trap & Truck	91 %	67 %	22 %	53 %	66 %

* Die Variantenbezeichnungen beziehen sich nur auf die Weser-Standorte. In den Nebengewässern werden an jedem Standort Feinrechen und Bypässe vorgesehen.

Klassifizierung				
< 40 %	40 – 50 %	50 – 70 %	70 – 90 %	> 90 %

Der Vergleich der Wanderrouten untereinander zeigt, dass die Effektivitätsraten für die Hunte im Planzustand am höchsten sind. Die Arealnutzungsrate der Hunte für den Aal ist zwar geringer als die der Leine. Die große Fläche des Dümmersees be-

wirkt aber, dass aus der Hunte mehr Aale in die Nordsee abwandern als aus den anderen betrachteten Gebieten.

Die verschiedenen Schutzvarianten für die Standorte der Weser haben auf die Effektivitätsraten der Diemel die größten Auswirkungen, da hier die abwandernden Fische die meisten Weserstandorte passieren müssen. In Hunte und Leine ist die Anzahl der Querbauwerke und Wasserkraftanlagen in den Gewässern selbst maßgeblich für die Erreichbarkeit, Besiedelbarkeit und Überlebensrate. Die Gesamtüberlebensraten steigen erwartungsgemäß mit steigender Schutzrate. Das Trap & Truck-Verfahren hat nur Auswirkungen auf die Effektivitätsraten der Diemel und die Weser selbst. Die Gesamtüberlebensraten liegen in diesen Gewässern allein mit Trap & Truck etwa 10 % höher als im Ist-Zustand.

Die letzte Spalte in Tab. 5.18 bildet den Mittelwert über das gesamte Untersuchungsgebiet. Selbst bei Variante 1, bei der nur die Standorte in den Nebengewässern entwickelt werden, werden die in der Aalverordnung (EG-Verordnung 2007) geforderten 40 % Abwanderrate erreicht.

5.7

Maßnahmenvorschläge für die Wanderrouten

Die Maßnahmenvorschläge zur Herstellung der Durchgängigkeit, insbesondere der Abwärtspassierbarkeit, hängen u.a. von der Größe der Wasserkraftanlagen bzw. vom Ausbaudurchfluss ab. Für Gewässer wie die Hunte, die Leine oder die Diemel gibt es Erfahrungen aus durchgeführten Projekten, die übertragbar sind.

Für Gewässer wie die Weser gibt es diese Erfahrungen noch nicht. Auf Grund der besonderen Gegebenheiten an den großen Wasserkraftanlagen unterscheiden sich die Maßnahmen zur Herstellung der Abwärtspassierbarkeit von denen an den kleineren Standorten.

Daher wurde bei der Darstellung der Maßnahmenvorschläge zwischen den Standorten in den Zuflüssen der Weser und in der Weser selbst unterschieden.

5.7.1

Maßnahmenvorschläge für die Zuflüsse der Weser

In Kap. 4.9 wird erläutert, dass in den Gewässern zur Erreichung der in den Variantenuntersuchungen (Kap. 4.8) abgeleiteten Anforderungen an die standortbezogenen Raten folgende Maßnahmen erforderlich sind:

Ergebnisse

- Priorität hat der Rückbau von Standorten
- Für die Herstellung der Aufwärtspassierbarkeit ist bei Flusskraftwerken in der Regel der Bau einer Fischaufstiegsanlage ausreichend, wenn diese richtig positioniert und ausreichend beaufschlagt ist.
- Für die Herstellung der Abwärtspassierbarkeit wurde an allen Standorten der Weserzuflüsse der Einbau eines Feinrechens mit Bypässen empfohlen.
- An einigen Standorten mit alter Bausubstanz und/oder Gewässerverzweigungen wurde die Prüfung eines Ersatzneubaus empfohlen.

In Anlage 2 wurden für jeden Standort Maßnahmenvorschläge zur Herstellung der Durchgängigkeit erstellt

Auf Basis der allgemeinen Ansätze für die Maßnahmenvorschläge (Kap. 4.9) und der Ansätze zur Kostenermittlung (Kap. 4.10) wurden die Kosten zur Umsetzung der Maßnahmenvorschläge überschlägig ermittelt.

Die Einnahmen nach EEG zum jetzigen Zeitpunkt und nach Umbau der Standorte werden abgeschätzt. In Kap. 4.11 wird das Verfahren genauer erläutert.

5.7.1.1

Hunte

Die beiden Wasserkraftanlagen in der Hunte weisen Defizite in der Passierbarkeit auf. Tab. 5.19 gibt die Maßnahmenvorschläge mit den zugehörigen Kosten an.

In Anlage 2 befinden sich die Datenblätter zu den einzelnen Standorten mit einer Bewertung der Durchgängigkeit, Maßnahmenvorschlägen zur Herstellung der Durchgängigkeit und Kosten für die Maßnahmen sowie Mehrerträge durch die Vergütung nach EEG 2009.

Tab. 5.19: Zusammenstellung aller Maßnahmenvorschläge und der geschätzten Kosten für Umbaumaßnahmen an den Wasserkraftanlagen der Hunte

Standort	Maßnahmenvorschläge		Kosten	
	aufwärts	abwärts	aufwärts	abwärts
Oldenburg	Überprüfung der vorhandenen FAA und ggf. Umbau mit zusätzlichen Becken.	Einbau eines Rechens mit einem Stababstand von 10 mm und Bypässen.	ca. 100.000 € bis ca. 1 Mio. €	ca. 1 Mio. €
Wildeshausen	Bau einer FAA an der WKA.	Einbau eines Rechens mit einem Stababstand von 10 mm und Bypässen.	Ca. 1 Mio. €	Ca. 700.000 €

Neben den Kosten für die beiden Wasserkraftanlagen fallen Kosten für den Umbau der 18 Querbauwerke an. Diese betragen je nach Maßnahme (Rückbau oder Fischaufstiegsanlage) in der Summe 1,4 bis 2,7 Mio. €. Die Gesamtkosten für die Maßnahmen in der Hunte und die kapitalisierten Mehreinnahmen sind in Tab. 5.20 angegeben.

Tab. 5.20: Geschätzte Gesamtkosten für Umbaumaßnahmen an der Hunte

Gewässer	Kosten Aufstieg minimal	Kosten Aufstieg maximal	Kosten Fischschutz und Abstieg	Mehreinnahmen
	[Mio €]	[Mio €]	[Mio €]	[Mio €]
Hunte	ca. 2,5	ca. 4,7	ca. 1,7	ca. 1,0

5.7.1.2 Leine-Vorharzgewässer

Im Untersuchungsgebiet der Leine wurden zwölf Wasserkraftanlagen betrachtet. In Anlage 2 sind detaillierte Beschreibungen für jeden Standort zu finden.

An der Leine gibt es viele Standorte mit mehreren Gewässerverzweigungen, an denen die Herstellung der Durchgängigkeit nur mit großem Aufwand herzustellen ist. Zusätzlich weisen diese Standorte eine alte Bausubstanz auf. Bei einer langfristigen Perspektive von etwa 50 Jahren ist damit zu rechnen, dass einige der alten Wasserkraftanlagen außer Betrieb genommen werden. Hier ist der Rückbau der Wasserkraftanlage und der Umbau des Wehres in eine gewässerbreite Rampe sinnvoll. Die städtebauliche oder ökologische Situation an den Mühlgräben muss dabei berücksichtigt werden.

Aus energetischen Gründen kann eine alte Wasserkraftanlage auch durch einen Neubau am Wehr ersetzt werden. Beim Neubau können alle Anforderungen an die Herstellung der Durchgängigkeit nach Anlage 3 kostengünstig und technisch optimal erfüllt werden. Zudem kann bei Anlagen mit geringem Ausbaugrad das zusätzliche energetische Potenzial ausgeschöpft werden.

Alle Maßnahmenvorschläge für die Standorte an Leine und Rhume sind in Tab. 5.21 zusammengefasst.

Tab. 5.21: Zusammenstellung aller Maßnahmenvorschläge und der geschätzten Kosten für Umbaumaßnahmen an der Leine und Rhume

Standort	Maßnahmenvorschläge		Kosten	
	aufwärts	abwärts	aufwärts	abwärts
Neustadt	Bau einer FAA am Wehr, Sperre am Unterwasserkanal; ggf. Bau einer zweiten FAA an der WKA.	Einbau eines Rechens mit einem Stababstand von 10 mm und Bypässen.	Ca. 985.000 €	Ca. 480.000 €
Herrenhausen	Keine Maßnahmen erforderlich, da FAA vorhanden.	Überprüfung der vorhandenen Schutzeinrichtungen und Bewertungen, ggf. bauliche Anpassung.	Keine Kosten	50.000 €
Schneller Graben	Bau einer FAA an der Wasserkraftanlage.	Einbau eines Rechens mit Stababstand von 10 mm und Bypässen.	Ca. 855.000 €	Ca. 1.200.000 €
Calenberger Mühle	Technische FAA an WKA III nach örtlichen Bedingungen, Bau der geplanten FAA an WKA I. Überprüfung des laufenden Plangenehmigungsverfahrens zur weiteren Vorgehensweise.	Bau von Feinrechen und Bypässen an WKA I und WKA III. Bei FAA-Planung ist auch der Einbau von Abwanderungswegen vorgesehen.	Ca. 1.720.000 €	Ca. 1.800.000 €
Gronau	Umbau der FAA in Raugerinne-Beckenpass an WKA II; Technische FAA an WKA I.	Feinrechen an beiden WKAs.	Ca. 1.570.000 €	Ca. 1.450.000 €
Banteln	Überprüfung der vorhandenen FAA und ggf. Vorschlag 1: Einbau einer Einwandersperre am Untergraben, Umgehungsgerinne am Wehr. Vorschlag 2: Erweiterung/Umbau/Neubau der vorhanden FAA.	Einbau eines Rechens mit einem Stababstand von 10 mm und Bypässen.	V1: Ca. 1.035.000 € V2: Ca. 830.000 €	Ca. 1.500.000 €

Tab. 5.20: Zusammenstellung aller Maßnahmenvorschläge und der geschätzten Kosten für Umbaumaßnahmen an der Leine und Rhume (Fortsetzung)

Standort	Maßnahmenvorschläge		Kosten	
	aufwärts	abwärts	aufwärts	abwärts
Brüggen	Bau einer FAA als Rampe am Wehr.	Einbau eines Rechens mit einem Stababstand von 10 mm. Aal: Hohe Schutzrate und Abstieg nur möglich bei korrekter Anordnung und Gestaltung des sohlennahen Bypasses. Lachs: Hohe Schutzrate und Abstieg nur möglich bei korrekter Anordnung und Gestaltung des oberflächennahen Bypasses.	Ca. 630.000 €	Ca. 560.000 €
Alfeld	Umbau der vorhandenen FAA am Wehr (Einstiegsposition, Struktur und Abfluss verbessern), evtl. Bau einer Vollrampe.	Keine Maßnahmen erforderlich da $Q_A/MQ < 0,25$.	Ca. 500.000 € – 800.000 €	
Freden	Bau einer FAA an der WKA, ggf. Bau einer 2. FAA am Wehr.	Einbau eines Rechens mit einem Stababstand von 10 mm und Bau von Bypässen für Lachs und Aal.	Ca. 1.020.000 €. (ggf. mit 2. FAA ca. 1.500.000 €.)	Ca. 1.300.000 €
Greene	Bau eines Umgehungsgerinne am Wehr. Analyse der Funktionskontrollen aus 2006. Ggf. Verbesserung des Mäanderfischpasses.	Einbau eines Rechens mit einem Stababstand von 10 mm vor Abschlagsgraben und Bau eines Bypasses. Aal: Hohe Schutzrate und Abstieg nur möglich bei korrekter Anordnung und Gestaltung eines sohlennahen Bypasses.	Ca. 750.000 € (ggf. mit 2. FAA Ca. 1.650.000 €.)	Ca. 720.000 €

Tab. 5.20: Zusammenstellung aller Maßnahmenvorschläge und der geschätzten Kosten für Umbaumaßnahmen an der Leine und Rhume (Fortsetzung)

Standort	Maßnahmenvorschläge		Kosten	
	aufwärts	abwärts	aufwärts	abwärts
Northeim	Neubau einer FAA am Wehr der WKA.	Einbau eines Rechens mit einem Stababstand von 10 mm und Bau von Bypässen für Lachs und Aal.	600.000 €	1.000.000 €
Elvershausen	Bau einer FAA am Wehr und V1) einer Einschwimmbarriere in den Untergraben oder V2) Bau einer 2. FAA an der WKA.	Einbau eines Rechens mit einem Stababstand von 10 mm und Bau eines Bypasses für Lachs. Überprüfung des Aalbypasses.	V1) 600.000 € V2) 1,2 Mio. €	240.000 €

An Leine und Rhume fallen Kosten für Maßnahmen an zwölf Standorten mit Wasserkraftanlagen und zusätzlich an sechs Querbauwerken an. Die Gesamtkosten und die kapitalisierten Mehreinnahmen sind in Tab. 5.22 angegeben.

Tab. 5.22: Geschätzte Gesamtkosten für Umbaumaßnahmen an Leine und Rhume

Gewässer	Kosten Aufstieg minimal	Kosten Aufstieg maximal	Kosten Fischschutz und Abstieg	Mehreinnahmen nach EEG 2009
	[Mio €]	[Mio €]	[Mio €]	[Mio €]
Leine, Rhume	ca. 12,3	ca. 15,6	ca. 10,2	ca. 5,8

5.7.1.3 Diemel

Im Einzugsgebiet der Diemel wurden acht Wasserkraftanlagenstandorte mit neun WKA ausführlich betrachtet. In Anlage 2 befinden sich die Standortbeschreibungen.

Alle Standorte weisen Defizite in Bezug auf die Durchgängigkeit auf und sind umzubauen.

Maßnahmenvorschläge und Kosten zu den einzelnen Standorten sind in Tab. 5.23 zusammengefasst. Die Gesamtkosten und die kapitalisierten Mehreinnahmen sind in Tab. 5.24 angegeben. Für den Standort Eberschütz liegen keine Angaben zur WKA vor, so dass hier keine Mehreinnahmen geschätzt werden konnten.

Tab. 5.23: Zusammenstellung aller Maßnahmenvorschläge und der geschätzten Kosten für Umbaumaßnahmen an der Diemel

Standort	Maßnahmenvorschläge		Kosten	
	aufwärts	abwärts	aufwärts	abwärts
Bad Karlshafen	Variante 1: Bau je einer FAA am Wehr und an der WKA. Variante 2: Bau einer FAA an der WKA u. Einschwimmbarriere am Untergraben.	Einbau eines Rechens mit einem Stababstand von 10 mm und Bypässen.	V1: Ca. 1.550.000 € V2: Ca. 1.350.000 €	Ca. 260.000 €
Helmarshausen	Bau einer techn. Fischaufstiegsanlage an der WKA Waldeier.	Einbau von 2 Rechen mit einem Stababstand von 10 mm und Überprüfung des vorhandenen Leerschusses.	Ca. 1.500.000 €	Ca. 450.000 €
Wüllmersen	Neubau einer Fischaufstiegsanlage an der WKA.	Einbau eines Rechens mit einem Stababstand von 10 mm und Bau von Lachs- und Aalbypässen.	Ca. 610.000 €	Ca. 900.000 €
Trendelburg	Überprüfung der vorhandenen FAA und ggf. Umbau sowie Bau einer Einschwimmbarriere.	Einbau eines Rechens mit einem Stababstand von 10 mm und Bau von Lachs- und Aalbypässen.	100.000–600.000 €	Ca. 240.000 €
Sielen	Bau einer techn. Fischaufstiegsanlage an der WKA.	Einbau eines Rechens mit einem Stababstand von 10 mm und Bau von Lachs- und Aalbypässen.	Ca. 1.350.000 €	Ca. 360.000 €

Ergebnisse

Tab. 5.23: Zusammenstellung aller Maßnahmenvorschläge und der geschätzten Kosten für Umbaumaßnahmen an der Diemel (Fortsetzung)

Standort	Maßnahmenvorschläge		Kosten	
	aufwärts	abwärts	aufwärts	abwärts
Eberschütz	Bau einer FAA an der WKA und Einschwimmbarriere am Untergraben.	Einbau eines Rechens mit einem Stababstand von 10 mm und Bau von Lachs- und Aalbypässen.	600.000 - 800.000 €	300.000 - 400.000 €
Liebenau	Überprüfung der Funktion der geplanten FAA.	Einbau eines Rechens mit einem Stababstand von 10 mm, Funktionskontrolle des vorhandenen Bypasses.	50.000 €	Ca. 300.000 €
Haueda	Umbau der vorhandenen Fischaufstiegsanlage, Verbesserung zur Auffindbarkeit im Untergraben durch Erhöhung des Abflusses.	Einbau eines Rechens mit einem Stababstand von 10 mm, Funktionskontrolle des vorhandenen Bypasses.	Ca. 660.000 €	Ca. 330.000 €

Tab. 5.24: Geschätzte Gesamtkosten für Umbaumaßnahmen an der Diemel

Gewässer	Kosten Aufstieg minimal	Kosten Aufstieg maximal	Kosten Fischschutz und Abstieg	Mehreinnahmen
	Mio €	Mio	Mio €	Mio €
Diemel	ca. 6,4	ca. 7,0	ca. 3,5	ca. 2,9

5.7.2

Maßnahmenvorschläge für die Standorte an der Weser

In der Studie zur Umsetzungsstrategie „Durchgängigkeit Weser“ (INGENIEURBÜRO FLOECKSMUEHLE 2008) wurden für die einzelnen Standorte an der Weser Maßnahmenvorschläge für die Herstellung der aufwärts gerichteten Durchgängigkeit erstellt. In der vorliegenden Studie „Wasserkraft und Wasserrahmenrichtlinie“ wurde daher nur die abwärts gerichtete Passierbarkeit betrachtet.

Um eine Strategie für die Herstellung der abwärts gerichteten Passierbarkeit in der Weser zu diskutieren und umsetzungsgerechte Maßnahmen vorschlagen zu können, wurde eine Arbeitsgruppe „Fischabstieg Weser“ gegründet. Folgende Akteure sind Teilnehmer der Arbeitsgruppe:

- Umweltbundesamt
- FGG Weser
- LAVES
- Wasserkraftbetreiber (Statkraft)
- Fischereibehörden der Länder (Bremen, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Hessen)
- Wasserschifffahrtsverwaltung (WSV)
- Bundesanstalt für Wasserbau (BAW)
- Bundesamt für Naturschutz (BfN)
- Auftragnehmer.

In der Arbeitsgruppe wurden verschiedene Maßnahmen für den Abstieg an den Weser-Standorten vorgestellt und diskutiert.

- Maßnahmenvorschlag 1: WKA mit mechanischer Barriere und Bypässen
- Maßnahmenvorschlag 2: WKA mit Klapprechen und Bypässen
- Maßnahmenvorschlag 3: WKA mit unverändertem Rechen und Bypässen
- Maßnahmenvorschlag 4: Fischfreundlicheres Turbinenmanagement mit Frühwarnsystem
- Maßnahmenvorschlag 5: Trap & Truck

An den Standorten in den Nebengewässern werden unabhängig von der für die Weser gewählten Variante für den Abstieg Feinrechen mit einem Stababstand von 10 bzw. 15 mm und Bypässe vorgesehen.

5.7.2.1

Maßnahmenvorschlag 1: Mechanische Barrieren und Bypässe (hoher Fischschutz)

Die vorhandenen Turbinenrechen an den Wasserkraftwerken in der Weser können wegen des zu großen lichten Stababstandes die abwandernden Fische nicht vor dem Eindringen in die Turbinen schützen. Um einen hohen Schutz abwandernder Fische zu erreichen, wurden folgende Maßnahmen beispielhaft für den Standort Langwedel vorgeschlagen, weil damit ggf. ein positiver Effekt für den Fischabstieg aus Leine und Aller erreicht werden kann.

In Anlage 4 (Zeichnungsnr. P07-014-01) ist diese Variante für den Standort Langwedel zeichnerisch dargestellt.

- Zum Schutz von abwandernden Lachssmolts und Blankaalen vor dem Eindringen in die Turbine müssen am Rechen folgende Bedingungen eingehalten werden:
 - Anströmgeschwindigkeit (im vertikalen Profil vor dem Rechen) $\leq 0,5$ m/s
 - Max. lichter Stababstand: 10 mm

Derartige Rechen verschmutzen durch den geringen lichten Stababstand sehr schnell. Daher ist ein störungsfreier Betrieb der Wasserkraftanlage nur möglich, wenn weitere Anforderungen erfüllt werden:

- Normalgeschwindigkeit: \leq ca. 0,3 m/s
(senkrechte Geschwindigkeitskomponente zur Rechenfläche)
 - Reinigungsfrequenz des Rechenreinigers: 4-5 Minuten pro Reinigungstakt (im Dauerbetrieb)
 - Abschwemmung des feineren Rechenguts in der fließenden Welle.
- Um die o.g Normalgeschwindigkeit einzuhalten, wurde eine annähernd senkrechte Anordnung des Rechens und eine große Rechenlänge gewählt. In diesem Fall sind Anström- und Normalgeschwindigkeit annähernd identisch (0,3 m/s).
 - Bei einer Wassertiefe von 6,50 m ergibt sich für die gewählte Anordnung eine Rechenlänge von ca. 115 m, die in neun Rechenfeldern zu je ca. 12,8 m Breite aufgeteilt wird. Zwischen den Rechenfeldern ist jeweils ein Betonpfeiler vorgesehen, um die statischen Belastungen aufzunehmen. Oberhalb der Pfeiler wird eine

Betonbrücke errichtet, auf der die vertikal arbeitenden Rechenreiniger platziert werden. Die neue Rechanlage erstreckt sich wegen der erforderlichen Länge in Fließrichtung über die gesamte Breite der Kraftwerksbucht.

- Unterhalb der Betonbrücke wird eine durchgehende Schwemm- und Abstiegsrinne angeordnet, gegen die sich der Rechen abstützt. Diese Rinne muss mit Gefälle zum Wehr (ggf. auch zum linken Ufer) ausgeführt werden. Innerhalb der Studie ist vorgesehen, diese Rinne durch den linken Wehrpfeiler ins Unterwasser hin zu führen. Nachteilig ist die erhebliche Länge der Rinne. Bei einer detaillierten Planung ist zu untersuchen, ob technische Möglichkeiten zur Durchdringung des Wehrpfeilers bestehen.
- Nach den Ergebnissen der vorliegenden hydraulischen Untersuchungen an der Staustufe Wahnhausen wird sich über die gesamte Breite des Rechens keine gleichmäßige Anströmung einstellen. Daher muss voraussichtlich eine einstellbare Drosseleinrichtung hinter den Rechenfeldern installiert werden.
- Fische und feineres Rechengut werden über die Rinne abgeschwemmt. Zur Vermeidung eines zu hohen Wasserverlusts werden in der Rechenschürze (am oberen Ende des Rechens) Bypassöffnungen im Abstand von ca. 6,5 m vorgesehen.
- Der Rechenguttransport in der Rinne muss sorgfältig hydraulisch untersucht werden. Dabei ist auch die Verletzungsgefahr für gleichzeitig abgeschwemmte Fische zu betrachten.
- Das grobe Rechengut wird bis auf die Brücke gehoben und dort mittels einer Fördereinrichtung zum linken Ufer transportiert. Aus diesem Grund wird der Rechen oberhalb der Schürze als Grobrechen ($d_R = 20 \text{ cm}$) ausgeführt.
- Grundsätzlich wäre auch die Installation eines Horizontalrechens mit verfahrbarem Rechenreiniger möglich. Die Bypässe würden jedoch die Zuströmung zu den Turbinen kreuzen und damit behindern. Daher wurde zunächst die beschriebene Anordnung gewählt. Im weiteren Verlauf entsprechender Planungen ist dies jedoch zu prüfen.
- Bei kleineren Rechenabständen kann erheblich weniger Geschiebe durch die Turbine abgeführt werden. Daher muss der künftige Geschiebetransport und die auftretende Sedimentation im Bereich des Rechens sorgfältig untersucht werden.

Bei der Umsetzung dieser Maßnahme sollten die Erkenntnisse, die an kleineren Pilotanlagen (Roermond, Unkelmühle) gewonnen werden, genutzt werden. Um Erfahrungen im Betrieb einer großen Anlage zu gewinnen, sollte diese Maßnahme zunächst als Pilotanlage ausgeführt werden.

Die Kosten für den nachträglichen Einbau eines Feinrechens inklusive Bauwerk, Rechen, Rechenreiniger und Bypässe können überschlägig mit 30 - 50.000 €/m³/s

angesetzt werden. Ein derartiger Rechenneubau ist an den Weserkraftwerken nur mit sehr aufwändiger Wasserhaltung möglich, so dass dafür der maximale Kostenansatz erforderlich ist. Für den Standort Langwedel würden sich die Investitionskosten auf eine Höhe von ca. $50.000 \text{ €/m}^3/\text{s} * 260 \text{ m}^3/\text{s} = 13 \text{ Mio. €}$ belaufen. Bei genauerer Untersuchung der Maßnahmen zur Wasserhaltung können sich ggf. auch höhere Kosten ergeben.

Unter der Annahme, dass über die Bypässe und die Fischaufstiegsanlage ein ökologischer Abfluss $Q_{\text{öko}} = 3 \text{ m}^3/\text{s}$ abgegeben wird, ergibt sich eine Mindererzeugung am Kraftwerk Langwedel von etwa 0,8 %. Darüber hinaus sind zusätzliche Betriebskosten für den Feinrechen und die Rechenreiniger anzusetzen.

Eine Kompensation der Kosten durch Einnahmen aus der erhöhten Vergütung nach EEG ist bei Anlagen > 5 MW bisher nur möglich, wenn die Maßnahmen zu einer Leistungssteigerung der Anlage geführt haben.

5.7.2.2

Maßnahmenvorschlag 2: Klapprechen und Bypässe

Der große Feinrechen aus Maßnahmenvorschlag 1 reicht über die gesamte Breite der Kraftwerksbucht. Sein Bau setzt daher eine äußerst aufwändige Wasserhaltung voraus. Alternativ dazu ist es denkbar, direkt am Einlauf der Turbinen folgende Schutzkonstruktion zu installieren (siehe auch Anlage 4 (Zeichnungsnr. P07-014-02)):

- Der vorhandene Turbinenrechen wird ggf. durch Taucher demontiert und durch eine neue Konstruktion ersetzt. Es ist zu prüfen, ob alternativ eine Wasserhaltung vor der WKA hergestellt werden muss.
- Der neue Turbinenrechen wird um ca. 2 m oberhalb der ursprünglichen Position platziert. Er wird durch eine oberflächennahe Stahlrinne sowie durch Streben gehalten, die sich gegen die beiden alten Tragprofile abstützen. An der Sohle wird eine neue Auflage geschaffen, wobei die statischen Bedingungen kritisch zu untersuchen sind. Die am oberen Ende vorgesehene Stahlrinne muss durch Verrippung etc. so ausgelegt werden, dass sie die Druckkräfte auf das Betonbauwerk übertragen kann.
- Diese Stahlrinne taucht um etwa 1,0 m in den Staubereich ein. Oberwasserseitig ist sie als Schürze in Verlängerung der Rechenfläche ausgeführt. Die Schürze wird um ca. 0,3 m über das Stauziel gezogen. Die Schürze besitzt verschließbare Öffnungen, die im Abstand von 10 m über die gesamte Breite des Kraftwerks angeordnet werden. Durch diese Öffnungen können abwandernde Lachssmolts in die Stahlrinne gelangen, von wo sie zum Unterwasser gespült werden. Die

Konstruktion entspricht somit grundsätzlich der in Abb. 5.16 gezeigten Anordnung einer WKA mit einer oberhalb des Rechens liegenden Bypassrinne.

- Dazu besitzt die Stahlrinne eine Neigung zum Ufer, wo ein Durchbruch durch die Ufermauer hergestellt werden muss. Im Anschluss daran wird ein seitlich begehbare Betonkanal errichtet, der mit Gefälle landseitig am Krafthaus vorbei zum Unterwasser führt. Dazu muss die Erdanschüttung des Kraftwerks aufgenommen und nach Herstellung des Betonkanals wieder hergestellt werden. Die Versorgungsleitungen müssen gesichert bzw. neu verlegt werden. Zur Absicherung gegen Beschädigungen durch Hochwasser muss im Bereich des Durchbruchs der oberwasserseitigen Uferwand ein Verschluss vorgesehen werden.

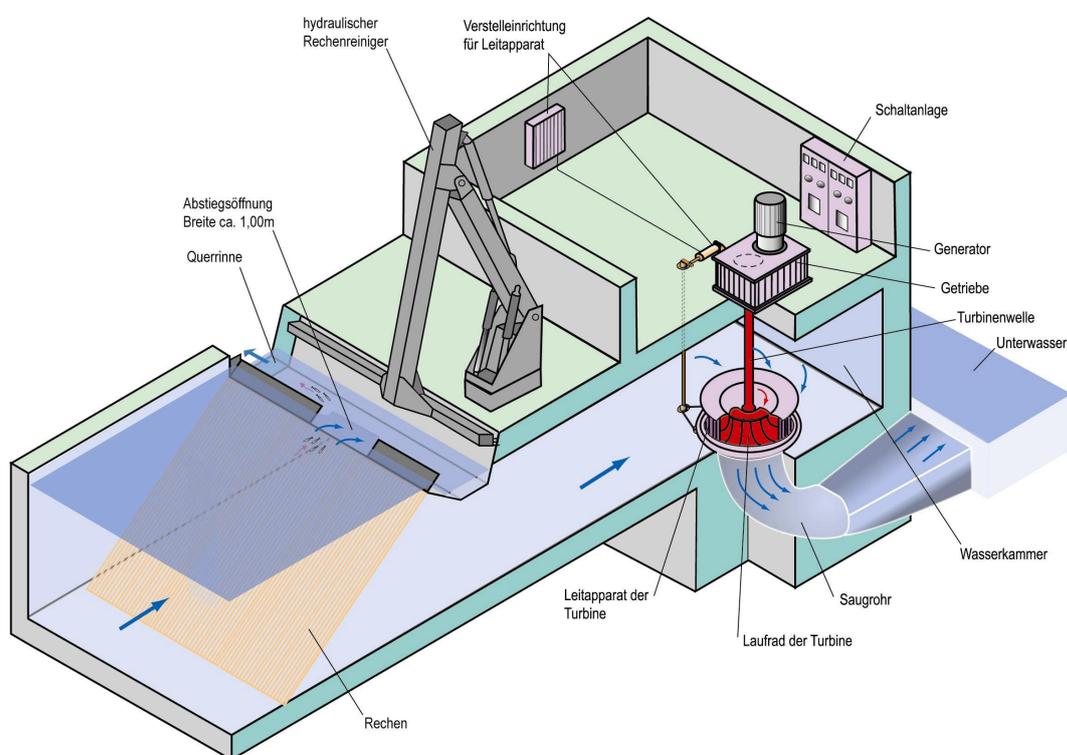


Abb. 5.16: Aufbau einer Wasserkraftanlage mit einem Fischschutzrechen und einer oberen Bypass-Rinne für den Abstieg von Lachssmolts

- Die Stahlrinne ist so ausgebildet, dass die Rechenreinigungsmaschinen das Rechengut dort abladen können. Dazu ist die Installation von neuen Rechenreinigungsmaschinen erforderlich, die auf den versetzten Rechen und die geringen Stababstände ausgelegt sind.

Ergebnisse

- Für den Abstieg der Blankaale ist ein Aalabstieg vor dem gesamten Einlaufrechen vorgesehen. Dieser wird mittels einer Heberleitung in ein Zwischenbecken entwässert. Von dort können die Blankaale über eine gesonderte Rohrleitung in das Unterwasser gelangen bzw. für einen Transport per LKW entnommen werden.
- Zur Verbesserung des Fischschutzes und damit der Funktion der beiden Abstiegseinrichtungen wird der neue Turbinenrechen mit zwei Klapprechen ausgerüstet, die während der Abwanderspitzen zwischen die Rechenstäbe eingefahren werden können und damit die wirksame Rechenstabweite auf ca. 20 bis 25 mm verringern. In den weiteren Planungsschritten ist zu untersuchen, ob kleinere Rechenstabweiten möglich sind und wie die Rechenreinigungsmaschine darauf angepasst werden kann. Bei Abstieg der Lachssmolts wird nur der obere Klapprechen eingefahren, bei Abstieg der Blankaale nur der untere. Damit wird eine Verbesserung der Abwehrleistung erreicht, eine vollständige mechanische Barrierewirkung kann jedoch wegen des veränderten mittleren Rechenfeldes nicht erzielt werden.
- Durch die Verringerung der freien Höhe des Rechens um ca. 1,0 m steigen die hydraulischen Verluste des Turbinenrechens unwesentlich (vergleiche Anhang G). Verluste entstehen jedoch in der Zeit, in der die Klapprechen eingefahren sind. Dies betrifft jeweils ein Drittel der Rechenfläche. Diese Verluste können durch folgende Maßnahmen minimiert werden:
 - Die Klapprechen müssen nur während der kurzen Abwanderspitzen eingefahren werden. Dies setzt den Einsatz eines effektiven Frühwarnsystems voraus.
 - Die Klapprechen können kurzzeitig gekippt werden, um das feine Rechengut abzuspielen.

Die Realisierbarkeit der beschriebenen Einrichtung bedarf einer genaueren Prüfung. In jedem Fall erscheint es notwendig, zunächst eine Pilotanlage entsprechend auszurüsten.

In der Studie zur Umsetzungsstrategie „Durchgängigkeit Weser“ (INGENIEURBÜRO FLOECKSMUEHLE 2008) wurden für die Herstellung eines Klapprechens am Standort Langwedel Kosten in Höhe von 3,45 Mio. € geschätzt.

Die Einnahmen aus der Stromerzeugung verändern sich gegenüber heute, da durch den Betrieb der Bypasseinrichtungen der ökologische Abfluss ansteigt. Es werden 2 m³/s für den Betrieb der Fischaufstiegsanlage und die Verstärkung des Leitabflusses angesetzt. Für den ganzjährigen Betrieb der Bypässe wird ein zusätzlicher Abfluss von 1 m³/s angenommen.

Die Mindererzeugungen des Kraftwerks Langwedel liegen bei diesem Maßnahmen-vorschlag wie bei Maßnahmenvorschlag 1 etwa bei 0,8 %.

5.7.2.3

Maßnahmenvorschlag 3: Bypassrinne und Aalsammelsystem

Als wesentlich vereinfachte und kostengünstigere Alternative zu Maßnahmenvor-schlag 1 und 2 kann die in der „Umsetzungsstrategie Weser“ (INGENIEURBÜRO FLOECKSMUEHLE 2008) für den Standort Petershagen näher beschriebene Anord-nung einer oberflächennahen Bypassrinne und eines Aalsammelsystems vorgesehen werden:

- Es ist grundsätzlich möglich, eine Bypassrinne vor dem Rechen zu installieren, die quer über die gesamte Breite des Rechens verläuft und fast vollständig einge-taucht ist (Abb. 5.17). Diese Rinne sollte einen trapezförmigen Querschnitt von ca. 1,0 m Tiefe haben. Dadurch wird der obere Teil des Rechens verdeckt wo-durch jedoch nur unwesentlich erhöhte Verluste entstehen.
- Die Bypassrinne wird im Abstand von 10 m mit ca. 0,5 m breiten Öffnungen versehen. Die Wassertiefe in den Bypassöffnungen beträgt ca. 0,4 m.
- Die gesamte Bypassrinne besitzt eine Neigung zum linken Ufer, wo sie in eine Stahlrinne übergeht, die entlang der Spundwand in Richtung Oberwasser geführt wird. Diese Stahlrinne mündet in eine Rohrleitung, die die Spundwand durch-dringt und im Erdreich zum Zwischenbecken verlegt wird. Am Beginn der Rohr-leitung muss ein Verschlussorgan vorgesehen werden, um den Durchfluss au-ßerhalb der Betriebszeit der Bypassrinne zu verhindern.
- Das Zwischenbecken wird im Bereich der früheren Rechengutgrube errichtet. Die Rohrleitungen für Lachsabstieg (und den Aalabstieg, s.u.) müssen den Hochwas-serdamm queren.
- Zur Verminderung der Wasserverluste kann die Rinne an der Rückseite gelocht ausgeführt werden. Allerdings müsste die genaue hydraulische Gestaltun-g detailliert untersucht werden, auch hinsichtlich der betrieblichen Probleme mit dem in die Rinne eingetragenen Laub. Durch die rückseitige Lochung kann der Abfluss in den eigentlichen Bypassöffnungen erhöht, jedoch teilweise weiterhin energetisch genutzt werden.
- Die Bypassrinne wird nur während der Abwanderzeit der Lachssmolts in die Ar-beitsposition gebracht. Außerhalb dieser Zeit kann sie mit Hilfe von Seilzügen über den Wasserspiegel gehoben werden.

Ergebnisse

- Grundsätzlich wäre es denkbar, eine Bypassdüse am linken Ufer in der Uferwand in geringer Distanz zum Turbinenrechen zu installieren, jedoch würde sich deren Wirkung auf den unmittelbaren ufernahen Bereich beschränken.
- Ein weiterer Bypass könnte evtl. am Trennpfeiler zum Wehr in Form einer Heberleitung ausgeführt werden. Dabei wird vorausgesetzt, dass die Leitung ohne Behinderung des linken Wehrfeldes in Richtung Unterwasser geführt werden kann. Die Heberleitung muss oberwasserseitig mit der Bypassdüse ausgerüstet werden. Unterwasserseitig ist ein Zwischenbecken einzurichten, dessen Wasserspiegel um ein bestimmtes Maß unterhalb des Stauspiegels liegt, um die hydraulischen Verluste in der Heberleitung zu kompensieren. Aus dem Zwischenbecken werden die Lachssmolts in das Unterwasser geleitet, wenn dort die Wassertiefe mindestens 25% der Fallhöhe beträgt.
- Es wird vorgeschlagen, vor der gesamten Breite der Wasserkraftanlage ein Aalsammelsystem zu installieren, das die Umkehrreaktion der Blankaale bei der Annäherung an den Einlaufrechen nutzt, um die Tiere zu sammeln und zu einem Bypass zu leiten. Derzeit sind zwei Systeme bekannt: Die Sammelrinne nach Hassinger (HASSINGER 2009), die an verschiedenen Standorten zum Einsatz kommen soll, und die bottom gallery[®] (EUROPÄISCHES PATENT 2003), die an der Pilotanlage in Nordrhein-Westfalen installiert wird. Beide Systeme sind noch in der Erprobungsphase. Die Ergebnisse der begleitenden Untersuchungen sollten ausgewertet und die daraus gewonnenen Erkenntnisse für die zukünftige Optimierung von Aalsammelsystemen genutzt werden.
- Um die Blankaale zum seitlichen Ufer und/oder in einen Bypass zu leiten, muss eine Rohrleitung an das Aalsammelsystem angeschlossen werden, die – wegen der topographischen Situation – als Heberleitung in das seitlich platzierte Zwischenbecken mit niedrigerem Wasserspiegel auszuführen ist. Das Zwischenbecken wird auch für den Lachsabstieg genutzt.
- Der Betrieb des Aalsammelsystems und der Heberleitung erfolgt intermittierend in Abhängigkeit von den Abwanderwellen der Blankaale. Er kann mit einem Frühwarnsystem kombiniert werden.
- Einbau einer Rohrleitung vom Zwischenbecken zu einem geeigneten (ausreichend tief liegenden) Punkt des Umgehungsgerinnes oder zum Unterwasser des Kraftwerks. Dies erfordert einen nicht unerheblichen baulichen Aufwand, der bei einigen anderen Kraftwerken wegen der Geländehöhen noch größer ist.



Abb. 5.17: Mögliche Anordnung der Bypassrinne vor dem Rechen unterhalb der Betonschürze

Die Kosten für den nachträglichen Einbau von Bypässen für Lachse und Aale sind in der „Umsetzungsstrategie Weser“ (INGENIEURBÜRO FLOECKSMUEHLE 2008) für den Standort Petershagen mit 0,53 Mio € geschätzt worden. Voraussetzung ist jedoch, dass beim Bau der Fischaufstiegsanlage die erforderlichen Vorkehrungen für die Entwässerung des Zwischenbeckens getroffen werden.

Die Einnahmen aus der Stromerzeugung verändern sich gegenüber heute, da durch den Betrieb der Bypasseinrichtungen der ökologische Abfluss ansteigt. Es wird angenommen, dass die Bypässe etwa zehn Wochen pro Jahr in Betrieb sind. Der Bypassdurchfluss beträgt ca. $1 \text{ m}^3/\text{s}$. Für den Betrieb der Fischaufstiegsanlage und die Verstärkung des Leitabflusses werden $2 \text{ m}^3/\text{s}$ angesetzt. Dadurch würde die Mindererzeugung für den Standort Langwedel für diesen Maßnahmenvorschlag ca. 0,53% der aktuellen Jahresarbeit liegen.

Für diese Maßnahme muss mit einer begrenzten Effektivität gerechnet werden. Diese kann ohne fischbiologische Untersuchungen an einer ausgeführten (Pilot-) Anlage nicht beziffert werden. In ATV-DVWK (2004) werden je nach Anordnung der Bypässe Schutzraten von 22 bis 95 % genannt. Um einen Anhaltspunkt für die Effektivität zu erhalten, wird eine Schutzrate von 50 % angenommen.

5.7.2.4

Maßnahmenvorschlag 4: Turbinenmanagement

Zum Schutz der abwandernden Blankaale kann ein fischfreundliches Turbinenmanagement eingesetzt werden. Es sind derzeit drei fischfreundlichere Betriebsweisen der Wasserkraftanlagen denkbar:

- Die Wasserkraftanlagen können zum Zeitpunkt des Aalabstiegs abgeschaltet werden. Dadurch kann eine hohe Schutzrate für Aale erreicht werden. Der Abfluss wird über die Wehranlage abgeführt. Es ist zu klären, ob die Wehre dauerhaft überströmt werden können. Unklar bleibt, ob die bodennah wandernden Aale zeitnah über die Wehre abwandern oder ob zusätzliche bodennahe Bypässe erforderlich sind.
- Neben der kompletten Abschaltung ist eine Drosselung der Anlagen denkbar. Diese führt zu niedrigeren Anströmgeschwindigkeiten und damit evtl. zu einer verbesserten Auffindbarkeit von Bypässen. Hier besteht noch Untersuchungsbedarf. Bei dieser Variante müssen Bypässe, wie in Variante 2 beschrieben, installiert werden. Für die Abgabe des nicht genutzten Abflusses ist eine Wehrsteuerung erforderlich.
- Mindestens zwei der drei Turbinen werden im fischfreundlichsten Betriebspunkt gefahren. Nach Literaturangaben (EBEL, 2008) ist dieser im Bereich des optimalen Betriebszustands der Turbine zu vermuten. Der genaue Punkt kann aber für jede Turbine nur durch Versuche ermittelt werden. Auch die erreichbare Schutzrate ist zu ermitteln. Eventuell ist das Abschalten der dritten Turbine erforderlich. Der nicht genutzte Abfluss wird über das Wehr abgegeben.

Das Aal-freundliche Turbinenmanagement erfordert eine frühzeitige Kenntnis von bevorstehenden Abwanderwellen, damit die Wasserkraftanlage rechtzeitig gedrosselt werden kann. Für die Vorhersage der Aalabwanderung werden verschiedene Verfahren erprobt:

- An der WKA Wahnhausen, Fulda, ist seit einigen Jahren das Frühwarnsystem MIGROMAT® in Betrieb.
- An der Lahn wird zur Zeit geprüft, ob die Aalabwanderung mit Hilfe einer webcam, die am Rechengutcontainer einer WKA montiert ist, und durch Reusen- und Hamenfänge vorhergesagt werden kann.
- Am Moselkraftwerk Wintrich beginnen dieses Jahr Versuche mit einer Detektorreue zur Vorhersage der Aalabwanderung.
- Auch der Einsatz von hydroakustischen Geräten wurde diskutiert.

Abb. 5.18 zeigt die möglichen Standorte für die Installation eines Frühwarnsystems an der Weser.

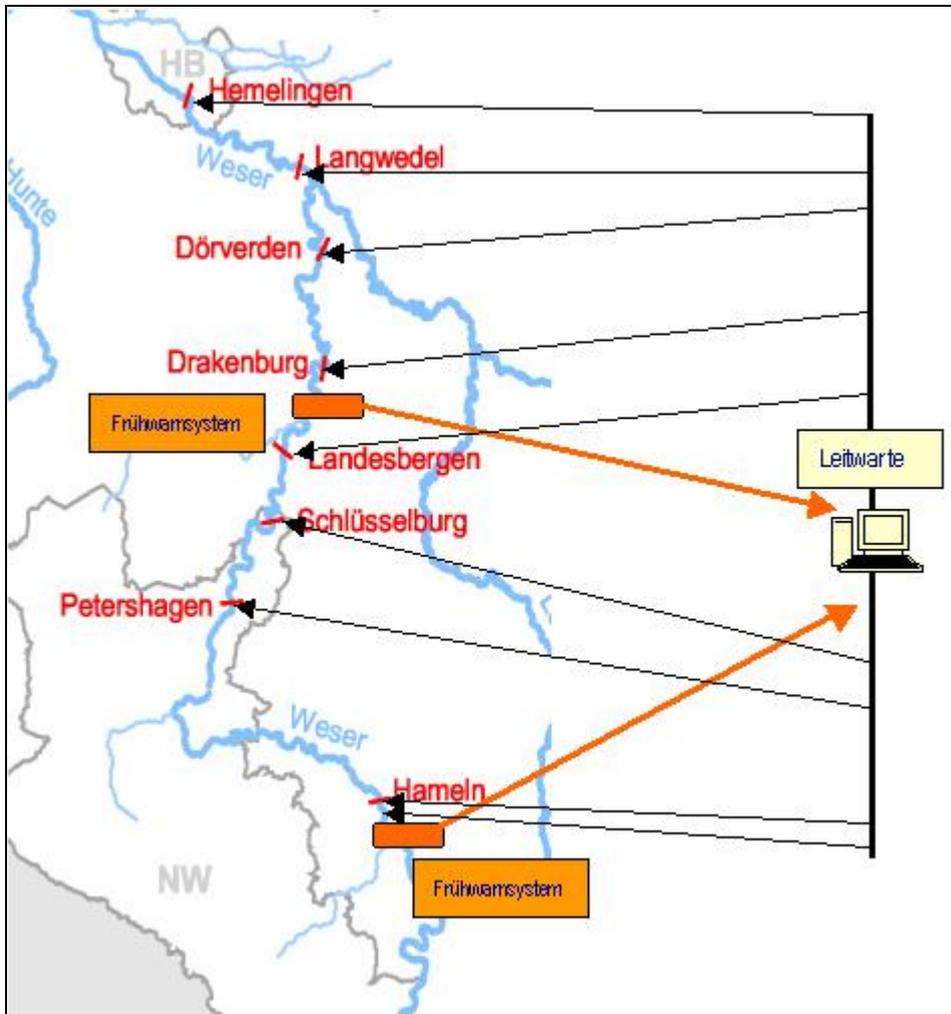


Abb. 5.18: Mögliche Anordnung eines Frühwarnsystems im Weser-Einzugsgebiet

In der „Umsetzungsstrategie Weser“ wurden die Kosten für die Installation von Frühwarnsystemen (z.B. MIGROMAT®) für den gesamten Gewässerabschnitt abgeschätzt (Tab. 5.25).

Tab. 5.25: Kostenschätzung für Installation und Betrieb eines Aal-freundlichen Turbinenmanagements im Untersuchungsgebiet

Installation Frühwarn-Systeme, Änderungen der Steuerung WKA		0,5 Mio €
Umrüstung der Leitzentrale Statkraft, WSA, andere Betreiber		1,0 Mio €
Jährliche Betriebskosten:		
Frühwarnsysteme	100.000 €/a	
Wehrsteuerung (WSA)	50.000 €/a	
Zusätzliche Personalkosten Statkraft	30.000 €/a	
Betriebskosten p.a. / Kapitalisiert mit Faktor 11,5 (dieser Betrag kann für eine kostendeckende Investition genutzt werden)	180.000 €/a	2,1 Mio €
Gesamtkosten Aal-freundliches Turbinenmanagement an der Weser, ohne Erzeugungsverluste der WKA		3,6 Mio €

Bei den Angaben in der obigen Tabelle kann es sich zum jetzigen Zeitpunkt nur um eine grobe Kostenschätzung handeln, die unter Berücksichtigung aller Randbedingungen präzisiert werden muss.

Die Mindererzeugung der Wasserkraftanlagen beträgt für die komplette Abschaltung der Anlagen etwa 2,4 bis 4,1 %. Die Mehrvergütung gemäß EEG 2009 liegt zwischen 300.000 und 575.000 €/a je Anlage und der kapitalisierte Mehrertrag für alle Weserkraftwerke beträgt ca. 25,9 Mio. €.

Eine 50 %ige Drosselung der Leistung der Wasserkraftanlagen kann nur in Zusammenhang mit dem Bau und Betrieb von Bypässen erfolgen. Diese Maßnahmen bewirken eine Mindererzeugung von etwa 2,6 bis 3,6 % und Mehreinnahmen durch die erhöhte Vergütung nach EEG 2009 von etwa 310.000 bis 580.000 €/a. Der kapitalisierte Mehrertrag für alle Weserkraftwerke beträgt ca. 26,5 Mio. €. Neben den o.g. Kosten für die Installation des Frühwarnsystems fallen Kosten in Höhe von etwa 4 Mio. € für die Installation von Bypässen an. Für die Weser belaufen sich die Kosten also insgesamt auf 7,6 Mio. €.

Die Effektivität des Turbinenmanagements hängt stark von der Vorhersagegenauigkeit des Frühwarnsystems ab und davon, ob die Turbinen gedrosselt oder abgestellt werden. Zum Betrieb der Turbinen im fischfreundlichsten Betriebspunkt können keine Aussagen zur Effektivität gemacht werden.

5.7.2.5

Maßnahmenvorschlag 5: Trap & Truck

Beim Trap & Truck (auch Catch & Carry oder Fang und Transport) Verfahren werden möglichst viele der abwandernden Fische an einer oder mehreren Stellen im Gewässer schonend gefangen und in Behältern zum nächsten Verbindungsgewässer oder in die Nähe der Mündung in das Meer transportiert. Für Lachssmolts wird dieses Verfahren z.B. in Frankreich am Allier als temporäre Lösung angewandt, um die Zeit bis zu einer entsprechenden Umgestaltung der dortigen Wasserkraftanlagen zu überbrücken. An der Mosel werden ca. 10% der abwandernden Blankaale vor den Wasserkraftanlagen mit Reusen gefangen und zum Rhein transportiert. An der Weser könnte dieses Verfahren vergleichsweise schnell durch Nutzung der Berufsfischerei für Blankaale realisiert werden.

Unterhalb der Staustufen Petershagen, Schlüsselburg, Landesbergen und Drakenburg haben die Berufsfischer Fanggeräte (Schokker und Scherbretthamen) installiert. In den letzten 20 Jahren wurden an den Standorten Landesbergen und Drakenburg von den Fischern jeweils etwa 2.000 kg bis 4.000 kg Aale pro Jahr gefangen. Unter der Annahme, dass an den vier genannten Standorten die gleiche Menge an Aalen entnommen und bis zur Nordsee transportiert werden kann, können pro Jahr ca. 12 t Aal entnommen werden. Die Kosten für den Fang betragen bei einem Preis von 12 €/kg etwa 144.000 €/a. Werden die Fischer mit dem Preis für Räucheraal von 32 €/kg entschädigt, betragen die Kosten etwa 384.000 €/a. Hinzu kommen ca. 10.000 €/a für den Transport bis unterhalb von Hemelingen. Werden diese laufenden Kosten mit dem Faktor 11,5 für eine Kapitalisierung mit 6 % Zinsen und einer Laufzeit von 20 Jahren multipliziert, so ergeben sich kapitalisierte Kosten in Höhe von ca. 1,8 bis 4,5 Mio. €. Mindererzeugungen an den Wasserkraftanlagen treten bei diesem Verfahren nicht auf.

5.8

Weiterer Untersuchungsbedarf

Die in Kapitel 5.7.2 erläuterten Maßnahmenvorschläge sind bisher nur an kleineren Gewässern oder noch gar nicht umgesetzt worden. Daher besteht für die Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahmen an großen Gewässern noch weiterer Untersuchungsbedarf. Für die einzelnen Vorschläge sind dabei folgende Aspekte zu betrachten.

Maßnahmenvorschlag 1: Mechanische Barrieren und Bypässe (hoher Fischschutz)

- Stand der Technik sind derzeit Recheneinheiten bis $Q = 25 \text{ m}^3/\text{s}$. Bei größeren Durchflüssen müssen mehrere Einheiten parallel geschaltet werden. Dadurch steigt das betriebliche Risiko.
- Es müssen Untersuchungen zur Betriebssicherheit und zur Minimierung der Wartungsintensität der Rechenreiniger durchgeführt werden.
- Der Einbau eines Horizontalrechens als Alternativlösung ist zu prüfen (Bypassführung, Rechenreiniger etc.).
- Als Grundlage für die Detailplanung der Abschwemmrinne und von Bypässen muss das Verhalten von Fischen unter den dort herrschenden hydraulischen Bedingungen analysiert werden.
- Die Auffindbarkeit und Akzeptanz des Bypasses und der Abschwemmrinne sowie die Schädigungs- und Mortalitätsraten abwandernder Fische bei der Passage des Bypasses und der Abschwemmrinne sind zu untersuchen.
- Die Möglichkeit der Durchdringung des Wehrpfeilers muss geprüft werden (für große Wasserkraftwerke).
- Die Geschiebeproblematik vor dem Rechen ist zu untersuchen.

Maßnahmenvorschlag 2: Klapprechen und Bypässe

- Die biologische Wirksamkeit der Maßnahme ist in Bezug auf die verschiedenen Fischarten zu prüfen.
- Die technische Machbarkeit von Klapprechen und die damit verbundenen Risiken sind abzuwägen.
- Zunächst sollte eine Pilotanlage in ausreichender Größe (Durchfluss und Wassertiefe) errichtet werden.

Maßnahmenvorschlag 3: Bypassrinne und bodennahes Aal-Sammelsystem

- Die biologische Wirksamkeit der Maßnahme ist in Bezug auf die verschiedenen Fischarten zu prüfen.
- Die notwendige Dotierung der Bypässe ist zu prüfen.

- Die Praxistauglichkeit des bodennahen Aal-Sammelsystems (bottom gallery®, Sammelrohr nach Hassinger o.ä.) ist zu prüfen (Biologische Wirksamkeit, Verlandung etc.).

Maßnahmenvorschlag 4: Turbinenmanagement

- An der Fulda wird der MIGROMAT® seit einigen Jahren nach Aussagen des WKA-Betreibers erfolgreich eingesetzt. Es liegen Berichte, jedoch keine Evaluation, über weitere Frühwarnsysteme vor (Detektorreue Aalschutzinitiative Mosel, DIDSON Landesfischereiverband Westfalen und Lippe e.V., Webcam und Reusen Lahn).
- Es ist zu klären, wie viele Frühwarnsysteme für die Mittelweser benötigt werden.
- Grundsätzlich ist eine weitere Evaluierung der Genauigkeit der verschiedenen Frühwarnsysteme notwendig. Diese muss auf einem wissenschaftlichen Niveau erfolgen.

Im Rahmen der Studie wurde ein Fachaustausch initiiert, um auf technisch-wissenschaftlicher Ebene zusammen zu arbeiten und Untersuchungsergebnisse auszutauschen. Ein erster Termin fand am 26.05.2010 bei der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) in Koblenz statt. Es wird empfohlen, diesen Austausch auszubauen und ggf. auf der Ebene der Bundesbehörden (BfG, BAW, UBA, BfN) zu etablieren.

Darüber hinaus wird ein Standardversuch konzipiert, um weitere wissenschaftliche Erkenntnisse über die Wanderwege und die Schädigungsraten eines Standorts an einem großen Gewässer ($MQ > 100 \text{ m}^3/\text{s}$) zu erlangen. In diesem Versuch soll auch eine Quantifizierung der abwandernden Fische und ggf. der fischereilichen Mortalität erfolgen.

6

Diskussion - Szenarien für Maßnahmen zur Verbesserung des Fischabstiegs

Die Ergebnisse der Variantenuntersuchungen in Kap. 5.6 wurden nachfolgend zunächst getrennt für die Arten Lachs und Aal interpretiert und bewertet. Mit Hilfe der Maßnahmenvorschläge aus Kap. 5.7.2 wurden daraus Szenarien für die jeweilige Zielart entwickelt.

Schließlich wurden aus diesen Szenarien umsetzungsgerechte Maßnahmenkombinationen gebildet, die eine hohe Schutzrate sowohl für die beiden Zielarten als auch für andere Fischarten erwarten lassen.

Abb. 6.1 zeigt zur Orientierung noch einmal das Untersuchungsgebiet mit den ausgewählten Entwicklungsgebieten und den Wasserkraftstandorten.

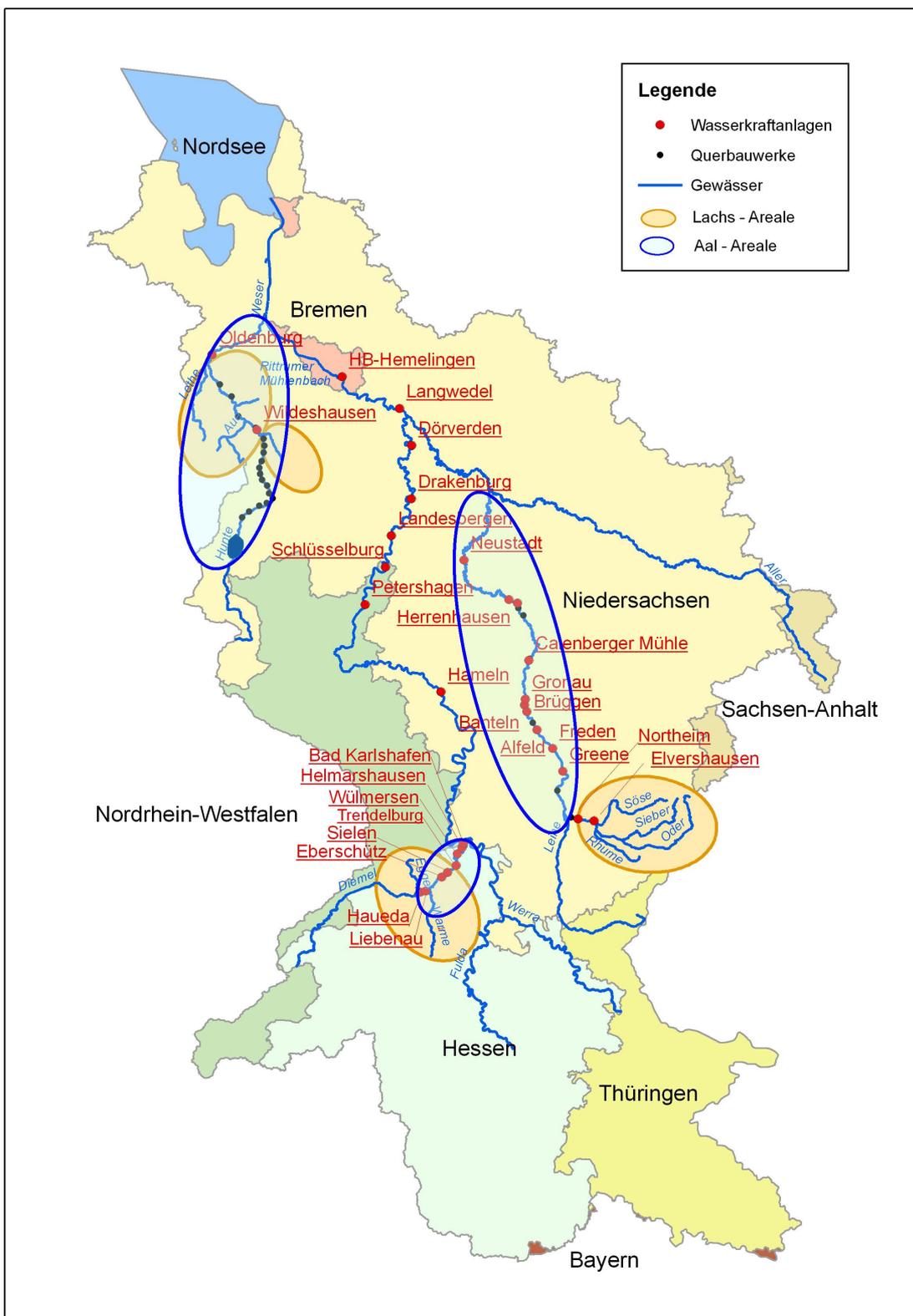


Abb. 6.1: Untersuchungsgebiet mit ausgewählten Entwicklungsgebieten

6.1.1 Szenarien für den Lachs

Die populationsdynamische Betrachtung in Kap. 5.5 zeigt deutlich, dass große Anstrengungen unternommen werden müssen, um die Lachsareale im Einzugsgebiet der Weser hinsichtlich ihrer Habitatqualität zu entwickeln. Gemäß der Modellierung können sich Lachspopulationen unter heutigen Bedingungen selbst ohne Querbauwerke nicht selbst erhalten. Die Entwicklung des Gebiets scheint dennoch lohnenswert, weil das Weser-Einzugsgebiet gegenüber dem des Rheins den großen Vorteil hat, dass an der Wesermündung kein Absperrbauwerk vorhanden ist.

Wenn die Nebengewässer der Weser aktiviert werden sollen, müssen sowohl Habitatverbesserungen als auch die Herstellung der Durchgängigkeit erreicht werden. Die Aufwärtspassierbarkeit muss auch in Hinblick auf die potamodromen Arten durch den Bau optimaler Fischaufstiegsanlagen an allen Standorten gewährleistet werden.

Mit relativ wenig Aufwand können 24,5 ha Laich- und Aufwuchsareal in der Hunte entwickelt werden. Für den Fischabstieg sind hier zwei Wasserkraftanlagen und sechs Querbauwerke umzubauen. Gemäß der Modellierung können die Lachsareale aktiviert werden ohne an den Weser-Kraftwerken die Abwärtspassierbarkeit zu verbessern (Variante 1).

Die Leine weist allein in ihren Nebengewässern ca. 46,8 ha Laich- und Aufwuchsareal auf. In Leine und Rhume sind zur Verbesserung der Passierbarkeit 18 Standorte umzubauen (12 WKA und 6 QBW). Mit einer langfristigen Perspektive (realistisch ist mit einem Zeithorizont von ca. 50 Jahren zu rechnen) und unter der Annahme, dass einige Wasserkraftanlagen durch Neubauten ersetzt oder ganz geschliffen werden, zeigt die populationsdynamische Betrachtung, dass sich eine Population unter guten Bedingungen selbst erhalten kann. Allerdings wird dies erst möglich sein, wenn alle Standorte in Leine und Rhume durchgängig sind und die Habitatqualität gut ist. Jede einzelne Maßnahme ist dabei von größter Bedeutung für den Erfolg der Wiederansiedlung im gesamten Gebiet. Würden die Fischaufstiegsanlagen z.B. eine Effektivität von nur 95 % statt 97,5 % aufweisen, so würde der Populationsfaktor in Szenario 3 für die Leine von 136 % auf 76 % sinken und die Population könnte sich nicht selbst erhalten.

Bis die Durchgängigkeit hergestellt sein wird, ist es zweckmäßig mit Besatz zu arbeiten. Zusätzlich ist es sinnvoll, den Standort Langwedel, den die Lachse aus den Leine-Arealen bei ihrer Abwärtswanderung passieren müssen, mit Fischschutzeinrichtungen zu versehen. Geeignete Maßnahmenvorschläge sind Mechanische Barrieren (Szenario 1) oder Klapprechen in Verbindung mit Bypässen (Szenario 2) oder alternativ nur Bypässe (Szenario 3) wie in den Kap. 5.7.2.1 bis 5.7.2.3 beschrieben. Für den Standort Hemelingen wird empfohlen, die vorgesehene Auslegung des Rechens

mit einem Stababstand von 25 mm nochmals unter Berücksichtigung aktueller Untersuchungen und Monitoringergebnisse zu überprüfen und diese ggf. in der Umsetzung zu berücksichtigen.

Die Entwicklung der Diemel scheint aus heutiger Sicht nur sinnvoll, wenn der Umbau der acht unterhalb liegenden Weserkraftwerke ohnehin geplant ist, da sie mit 12,4 ha nur etwa 23 % der Gesamtfläche des Laich- und Aufwuchsareals für Lachs im Untersuchungsgebiet aufweist.

Tab. 6.1 gibt eine Übersicht über die beschriebenen Szenarien mit Investitionskosten und Populationsfaktoren. Für die populationsdynamischen Parameter wurden Werte des 3. Quartils (Tab. 4.10), also gute Bedingungen, angenommen. Die Zusammenstellung betrachtet jeweils die gesamte Wanderroute. Der Populationsfaktor der Lachse aus z.B. dem Leine-Einzugsgebiet berücksichtigt also sowohl die Schädigungen in Rhume und Leine als auch an den beiden unterhalb gelegenen Weserkraftwerken. Dementsprechend beinhalten auch die Kosten den Umbau der Rhume-, Leine- und Weserstandorte.

In der Studie zur Umsetzungsstrategie „Durchgängigkeit Weser“ (INGENIEURBÜRO FLOECKSMUEHLE 2008) wurden zur Verbesserung der aufwärts gerichteten Durchgängigkeit der Weser-Standorte Maßnahmen vorgeschlagen. Zusätzlich sind Fischaufstiegsanlagen für die Standorte Hemelingen und Schlüsselburg zu kalkulieren, die in der Studie nicht berücksichtigt wurden.

Tab. 6.1: Zusammenstellung der Szenarien für die Wanderrouten der Lachse mit Populationsfaktoren und Abschätzung der Kosten im Planzustand. Für die Bemessung wurde das 3. Quartil (sehr gute Bedingungen) für die populationsdynamischen Parameter angesetzt. (WR= Wanderroute)

An allen Standorten: Herstellung der aufwärts gerichteten Durchgängigkeit		Hunte + WR Weser	Leine + WR Weser	Diemel + WR Weser
	Arealfläche	24,5 ha	46,8 ha	12,4 ha
Variante 1 10 mm-Rechen und Bypässe in Neben- gewässern	Populationsfaktor	342– 397%	128%	96–113%
	Baukosten auf (Mio €) netto	2,5-4,7	14,5-19,1	21-29
	Baukosten ab (Mio. €) netto	ca. 1,7	ca. 10,2	ca. 3,5
	Mehrvergütung (Mio. €)	ca. 1,0	ca. 5,8	ca. 2,9
Szenario 1 Fischschutz $d_R = 10$ mm in Langwedel, 10 mm-Rechen und Bypässe in Neben- gewässern	Populationsfaktor	342– 397%	145%	103-120%
	Baukosten auf (Mio €) netto	2,5-4,7	14,5-19,1	21-29
	Baukosten ab (Mio. €) netto	ca. 1,7	ca. 23,2	ca. 16,5
	Mehrvergütung (Mio. €)	ca. 1,0	ca. 5,8	ca. 2,9
Szenario 2 Klapprechen in Langwedel, 10 mm-Rechen und Bypässe in Neben- gewässern	Populationsfaktor	342– 397%	142%	102-119%
	Baukosten auf (Mio €) netto	2,5-4,7	14,5-19,1	21-29
	Baukosten ab (Mio. €) netto	ca. 1,7	ca. 13,7	ca. 7
	Mehrvergütung (Mio. €)	ca. 1,0	ca. 5,8	ca. 2,9
Szenario 3 Bypässe in Langwedel, 10 mm-Rechen und Bypässe in Neben- gewässern	Populationsfaktor	342– 397%	136%	100-117%
	Baukosten auf (Mio €) netto	2,5-4,7	14,5-19,1	21-29
	Baukosten ab (Mio. €) netto	ca. 1,7	ca. 10,7	ca. 4,0
	Mehrvergütung (Mio. €)	ca. 1,0	ca. 5,8	ca. 2,9

6.1.2 Szenarien für den Aal

Für die Abwärtspassierbarkeit wird in der Aalverordnung (EG-Verordnung 2007) eine Gesamtüberlebensrate von mindestens 40 % angestrebt. Dieser Wert wurde auch als Zielrate bezogen auf das betrachtete Untersuchungsgebiet angesehen. Nach den Berechnungen in Kap. 5.6 wird dieser Wert im Untersuchungsgebiet durch die Variante 1 bereits eingehalten. Die Variante 1 beinhaltet die Herstellung der Durchgängigkeit in den Nebengewässern, während an der Weser nur Aufstiegsanlagen gebaut werden. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass es sich um eine theoretische Betrachtung handelt, die nur die Auswirkungen der Querbauwerke und Wasserkraftanlagen einbezieht, während die Folgen von Fischerei, Prädatoren oder natürliche Mortalität unberücksichtigt bleiben.

Es wird lange dauern bis alle Standorte in den Nebengewässern mit Fischauf-, Schutz- und -abstiegsanlagen ausgerüstet sind. In der Übergangszeit sollte weiterhin mit Besatz gearbeitet werden.

Szenario 1

Zusätzlich kann Trap & Truck eingesetzt werden, um einen Teil der Aale sicher in die Nordsee zu bringen. Das Verfahren wird in Kap. 5.7.2.5 dargelegt. Dieses Szenario hat positive Auswirkungen auf die Aalpopulationen in der Weser und der Diemel.

Szenario 2

Ferner kann darüber nachgedacht werden, den Fischern nur einen Teil ihres Fangs abzukaufen. Die Weserfischer leben nicht nur von Aalfang, sondern auch von dessen Weiterverarbeitung (Aalräucherei). Die dafür notwendige Ausstattung könnte so weiter genutzt und die Akzeptanz bei den Fischern für die Maßnahme erhöht werden.

Szenario 3

Weiterhin ist denkbar, Trap & Truck mit dem in Kap. 5.7.2.4 erläuterten Turbinenmanagement zu verbinden. Diese Maßnahmenkombination zum Schutz der abwandernden Blankaale ist mit geringem baulichem Aufwand zu realisieren. Allerdings muss geprüft werden, ob die Wehre dauerhaft überströmt werden können. Auch in diesem Fall wird angenommen, dass die WKA abgestellt werden und eine Vorhersagegenauigkeit des Frühwarnsystems von 80 % erreicht werden kann. Zusätzlich wird Trap & Truck unterhalb der vier Standorte Petershagen, Schlüsselburg, Landesbergen und Drakenburg mit Hilfe der Berufsfischer durchgeführt.

Die Kosten aus den beiden Verfahren aus Szenario 3 addieren sich zu 5,4 bis 8,1 Mio. €. Die Mehreinnahmen betragen wie in Maßnahmenvorschlag 4 (Kap. 5.7.2.4) etwa 25,9 Mio. €.

Mit Inkrafttreten des WHG (2009) ist die Wasserschifffahrtsverwaltung für den Bau der Fischaufstiegsanlagen an den Weserkraftwerken verantwortlich. Es ist zu prüfen, ob der Bau der Fischaufstiegsanlagen eine wesentliche Verbesserung des ökologischen Zustands nach §23 EEG 2009 darstellt und wem eine evtl. erhöhte Vergütung zukommt. Die Einnahmen aus der erhöhten Vergütung könnten ggf. genutzt werden, um die vorgeschlagenen Maßnahmen zur Verbesserung des Aalabstiegs an der Weser zu finanzieren.

Tab. 6.2: Zusammenstellung der Szenarien für die Wanderrouten der Aale mit Gesamtüberlebensraten und Abschätzung der Kosten im Planzustand (WR= Wanderroute)

An allen Standorten: Herstellung der aufwärts gerichteten Durchgängigkeit		Hunte + WR Weser	Leine + WR Weser	Diemel + WR Weser	Weser
	Arealfläche	1.512 ha	408 ha	60 ha	2.779 ha
Variante 1 10 mm-Rechen und Bypässe in Nebengewässern	Gesamtüberlebensrate	91%	67%	13%	42%
	Baukosten auf (Mio €) netto	2,5-4,7	14,5-19,1	21-29	14,6-22
	Baukosten ab (Mio. €) netto	ca. 1,7	ca. 10,2	ca. 3,5	-
	Mehrvergütung (Mio. €)	ca. 1,0	ca. 5,8	ca. 2,9	-
Szenario 1 Trap & Truck, komplette Entnahme, 10 mm-Rechen und Bypässe in Nebengewässern	Gesamtüberlebensrate	91 %	67 %	22 %	53 %
	Baukosten auf (Mio €) netto	2,5-4,7	14,5-19,1	21-29	14,6-22
	Baukosten ab (Mio. €) netto	ca. 1,7	ca. 10,2	ca. 5,3-8	1,8-4,5
	Mehrvergütung (Mio. €)	ca. 1,0	ca. 5,8	ca. 2,9	-

Tab 6.2 (Fortsetzung): Zusammenstellung der Szenarien für die Wanderrouten der Aale mit Gesamtüberlebensraten und Abschätzung der Kosten im Planzustand (WR= Wanderroute)

An allen Standorten: Herstellung der aufwärts gerichteten Durchgängigkeit		Hunte + WR Weser	Leine + WR Weser	Diemel + WR Weser	Weser
	Arealfläche	1.512 ha	408 ha	60 ha	2.779 ha
Szenario 2 Trap & Truck, halbe Entnahme, 10 mm-Rechen und Bypässe in Nebengewässern	Gesamtüberlebensrate	91 %	67 %	18%	48%
	Baukosten auf (Mio €) netto	2,5-4,7	14,5-19,1	21-29	14,6-22
	Baukosten ab (Mio. €) netto	ca. 1,7	ca. 10,2	4,4-5,8	0,9-2,3
	Mehrvergütung (Mio. €)	ca. 1,0	ca. 5,8	ca. 2,9	-
Szenario 3 Trap & Truck, komplette Entnahme und Turbinenmanagement, 10 mm-Rechen und Bypässe in Nebengewässern	Gesamtüberlebensrate	91 %	83 %	56 %	81 %
	Baukosten auf (Mio €) netto	2,5-4,7	14,5-19,1	21-29	14,6-22
	Baukosten ab (Mio. €) netto	ca. 1,7	13,8	8,9-11,6	5,4-8,1
	Mehrvergütung (Mio. €)	ca. 1,0	ca. 5,8	ca. 28,8	ca. 25,9

6.1.3

Maßnahmenkombinationen für die Entwicklung diadromer und potamodromer Fischarten

Vorstehend sind Szenarien jeweils getrennt für die Verbesserung des Schutzes für Lachs und Aal genannt worden. Für die künftige Entwicklung der Gewässer müssen aber beide Arten und zusätzlich die potamodromen Fischarten Berücksichtigung finden. Die zu realisierende Maßnahmenkombination wird also nach dem umfassenderen Ziel ausgerichtet werden müssen.

Die Szenarien für den Lachs sind in jeder Kombination mit den Szenarien für den Aal denkbar. So kann am Standort Langwedel der Fischschutz durch einen 10 mm-Rechen (Lachs Szenario 1), durch einen Klapprechen (Lachs Szenario 2) oder allein durch Bypässe (Lachs Szenario 3) mit Trap & Truck (Aal Szenario 1 oder 2) oder mit Trap & Truck und Turbinenmanagement (Szenario 3) kombiniert werden. Dabei haben die für den Lachsschutz vorgesehenen Maßnahmen am Standort Langwedel positive Auswirkungen auf die Gesamtüberlebensrate der Aale, während Trap & Truck oder Turbinenmanagement nur auf den Schutz der Aale abzielt.

Folgende Maßnahmenkombinationen wurden neben Variante 1 beispielhaft betrachtet. Die zugehörigen Maßnahmekosten, Gesamtüberlebensraten und Populationsfaktoren sind in Tab. 6.3 zusammengestellt.

- Maßnahmenkombination 1: entspricht Variante 1, keine Schutzmaßnahme in der Weser
- Maßnahmenkombination 2: hoher Schutz für Lachse
- Maßnahmenkombination 3: hoher Schutz für Aale
- Maßnahmenkombination 4: hoher Schutz für Lachse und Aale

Außer den in der Tabelle explizit aufgeführten müssen folgende Maßnahmen für alle Maßnahmenkombinationen ergriffen werden:

- Herstellung der Aufwärtspassierbarkeit in der Weser
- Herstellung der Aufwärtspassierbarkeit in den Nebengewässern
- Ausstattung der Wasserkraftanlagen an den Nebengewässern mit 10 mm-Rechen und Bypässen
- Maßnahmen zur Habitatverbesserung
- Maßnahmen zur Eindämmung von Prädation
- Maßnahmen zum Schutz der Fische im marinen Bereich

Der Einfluss der Berufs- und Sportfischerei wurde in Kap. 5.6 erläutert. Einerseits wird durch den Besatz der Bestand gestützt, andererseits werden große Mengen Fisch entnommen. Mit geeigneten Managementplänen können die Fang- und Besatzmengen reguliert und optimal aufeinander abgestimmt werden.

Tab. 6.3: Zusammenstellung von Lachs-Populationsfaktoren, Aal-Gesamtüberlebensraten und Abschätzung der Kosten für die verschiedenen Maßnahmenkombinationen. Für die Bemessung wurde das 3. Quartil (sehr gute Bedingungen) für die populationsdynamischen Parameter angesetzt. (WR= Wanderroute)

An allen Standorten: Herstellung der aufwärts gerichteten Durchgängigkeit		Hunte + WR Weser	Leine + WR Weser	Diemel + WR Weser	Weser
	Arealfläche Aal	1.512 ha	408 ha	60 ha	2.779 ha
	Arealfläche Lachs	24,5 ha	46,8 ha	12,4 ha	
Maßnahmenkombination 1 = Variante 1 keine Schutzmaßnahme in der Weser, 10 mm-Rechen und Bypässe in Nebengewässern	Aal Gesamtüberlebensrate	91%	67%	13%	42%
	Lachs Populationsfaktor	340 – 400 %	128 %	96 – 113 %	
	Baukosten Aufstieg netto	36 – 50 Mio. €			
	Baukosten Abstieg netto	ca. 15,4 Mio. €			
	Mehrvergütung	ca. 10 Mio. €			
Maßnahmenkombination 2 = Szenario 1 Lachs: Fischschutz d _R = 10 mm in Langwedel, 10 mm-Rechen und Bypässe in Nebengewässern	Aal Gesamtüberlebensrate	91%	81%	15%	47%
	Lachs Populationsfaktor	340 – 400 %	145 %	103 – 120 %	
	Baukosten Aufstieg netto	36 – 50 Mio. €			
	Baukosten Abstieg netto	ca. 28 Mio. €			
	Mehrvergütung	ca. 10 Mio. €			

Tab. 6.3 (Fortsetzung)

An allen Standorten: Herstellung der aufwärts gerichteten Durchgängigkeit		Hunte + WR Weser	Leine + WR Weser	Diemel + WR Weser	Weser
	Arealfläche Aal	1.512 ha	408 ha	60 ha	2.779 ha
	Arealfläche Lachs	24,5 ha	46,8 ha	12,4 ha	
Maßnahmenkombination 3: = Szen.3 Aal: Trap & Truck mit voller Entnahme und Turbinenmanagement in der Weser, 10 mm-Rechen und Bypässe in Nebengewässern	Aal Gesamtüberlebensrate	91%	83%	56%	81%
	Lachs Populationsfaktor	340 – 400 %	128 %	96 – 113 %	
	Baukosten auf netto	36 – 50 Mio. €			
	Baukosten ab netto	21 – 24 Mio. €			
	Mehrvergütung	ca. 36 Mio. €			
Maßnahmenkombination 4 = Szen.1 Lachs + Szen.3 Aal: Fischschutz $d_R = 10$ mm in Langwedel, Trap & Truck mit voller Entnahme und Turbinenmanagement in der Weser, 10 mm-Rechen und Bypässe in Nebengewässern	Aal Gesamtüberlebensrate	91%	86%	63%	86%
	Lachs Populationsfaktor	340 – 400 %	145 %	103 – 120 %	
	Baukosten auf netto	36 – 50 Mio. €			
	Baukosten ab netto	34 – 37 Mio. €			
	Mehrvergütung	ca. 36 Mio. €			

Die dargestellten Maßnahmenkombinationen haben folgenden Einfluss auf die Entwicklung der jeweiligen Areale:

- Maßnahmenkombination 1
 - Hunte: Sowohl für die Lachs- als auch für die Aalpopulationen ist eine deutlich positive Entwicklung zu erwarten.
 - Leine: Etwa zwei Drittel der Aale können bei dieser Maßnahmenkombination aus den Leine-Arealen abwandern. Ein Erhalt der Lachspopulation scheint möglich zu sein.
 - Diemel: Nur ein geringer Teil der Diemelaale überlebt den Abstieg. Die Lachspopulationen können sich knapp erhalten.
 - Weser: Die geforderte Abwanderrate von 40 % wird knapp überschritten, allerdings ohne Berücksichtigung der Fischerei und anderer Einflussfaktoren.

Maßnahmenkombination 1 stellt die finanziell günstigste Lösung dar. Entwicklungsmöglichkeiten für Hunte und Leine sind gegeben, allerdings ohne andere Mortalitätsfaktoren (Prädation, Fischerei u.a.) zu berücksichtigen. Unter Berücksichtigung dieser Faktoren ist das Erreichen der 40 % Aalabwanderrate für die Weser eher unwahrscheinlich.

- Maßnahmenkombination 2
 - Hunte: Sowohl für die Lachs- als auch für die Aalpopulationen ist eine deutlich positive Entwicklung zu erwarten.
 - Leine: Der hohe Fischschutz in Langwedel hat sowohl auf die Aale als auch auf die Lachse aus den Leinearealen einen ausgeprägt positiven Einfluss.
 - Diemel: Aus der Diemel überlebt nur ein geringer Teil der Aale den Abstieg. Die Lachspopulationen können sich erhalten.
 - Weser: Die Gesamtüberlebensrate der Aale aus der Weser beträgt bei dieser Maßnahmenkombination 47 %.

Maßnahmenkombination 2 erfordert einen hohen finanziellen Aufwand. Die Entwicklung der Lachspopulationen im Wesergebiet wird mit dieser Maßnahmenkombination besonders gefördert. Davon profitiert auch die Aalpopulation aus den Leinearealen.

- Maßnahmenkombination 3

- Hunte: Sowohl für die Lachs- als auch für die Aalpopulationen ist eine deutlich positive Entwicklung zu erwarten.
- Leine: Über 80 % der Aale können bei dieser Maßnahmenkombination aus den Leine-Arealen abwandern. Ein Erhalt der Lachspopulation scheint möglich zu sein.
- Diemel: Aus der Diemel überlebt mehr als die Hälfte der Aale den Abstieg. Die Lachspopulationen können sich erhalten.
- Weser: Die Schutzmaßnahmen in der Weser führen zu einer hohen Gesamtüberlebensrate.

Maßnahmenkombination 3 erfordert ebenfalls einen hohen finanziellen Aufwand, allerdings ist mit einer höheren Mehrvergütung zu rechnen als bei Kombination 2. Mit dieser Maßnahmenkombination wird die Entwicklung der Aalpopulationen im Wesergebiet besonders gefördert.

- Maßnahmenkombination 4

- Hunte: Sowohl für die Lachs- als auch für die Aalpopulationen ist eine deutlich positive Entwicklung zu erwarten.
- Leine: Bei dieser Maßnahmenkombination sind die höchsten Entwicklungsmöglichkeiten für die Lachs- und Aalpopulationen zu erwarten.
- Diemel: Aus der Diemel überleben mehr als 60 % der Aale den Abstieg. Die Lachspopulationen können sich nur knapp erhalten.
- Weser: Die Schutzmaßnahmen in der Weser führen zu einer sehr hohen Gesamtüberlebensrate.

Maßnahmenkombination 4 ist mit einem sehr hohen finanziellen Aufwand verbunden. Die Mehrvergütung entspricht je nach Aufwand etwa einem Drittel bis der Hälfte der Kosten. Diese Maßnahmenkombination liefert den besten Fischschutz für die beiden untersuchten Fischarten.

Die verschiedenen Maßnahmenkombinationen zeigen positive Perspektiven für die Entwicklung der untersuchten Lachs- und Aalareale auf. Es ist zu erwarten, dass auch die oberhalb der Diemel gelegenen Einzugsgebiete von Werra und Fulda, die

eine ähnlich hohe Anzahl an Wasserkraftanlagen aufweisen wie die Diemel, sich auf lange Sicht positiv entwickeln können. Dafür müssen die in der Studie genannten Maßnahmen zur Herstellung der Durchgängigkeit und zur Verbesserung des Lebensraums umgesetzt werden.

Schlussfolgerungen und nächste Schritte

Aus dem Vorhaben lassen sich folgende Schlussfolgerungen ziehen:

- Die Flussgebietsstrategie ist ein geeignetes und notwendiges Verfahren, um eine wissenschaftliche Einschätzung vornehmen zu können, ob die Etablierung einer selbst reproduzierenden Fischpopulation in einem bestimmten Flussgebiet möglich ist und welche Maßnahmen dafür erforderlich sind. Das Verfahren ist somit geeignet, § 35.1 WHG (Schutz der Fischpopulationen) zu operationalisieren.
- In der Flussgebietsstrategie sind die Wanderrouten der Fische auf- und abwärts bzw. der Lebenskreislauf zu untersuchen. Die Wanderroute umfasst den gesamten Weg vom Meer bis zum Laich- oder Aufwuchsareal. Dabei ist die kumulative Wirkung der Kette von Querbauwerks- und Wasserkraftanlagen zu berücksichtigen.
- Grundsätzlich ist es möglich, die diadromen Fischpopulationen und die Wasserkraft in einem Flussgebiet zu entwickeln.
- Eine hohe Effizienz für den Auf- und Abstieg ist erforderlich.
- Daneben sind alle anderen Einflussfaktoren (Fischerei, Hydromorphologie etc.) zu verbessern.
- Die Schädigung von diadromen Fischen bei der Passage von Turbinen kann mit Hilfe von Prognosemodellen hinreichend genau ermittelt werden.
- Die Ergebnisse (Maßnahmenvorschläge) aus der Studie „Wasserkraft und WRRL“ lassen sich auf andere, ähnliche Flussgebiete übertragen.
- Weitere Untersuchungen an großen Wasserkraftanlagen ($MQ > 100 \text{ m}^3/\text{s}$) sind erforderlich, um folgende Fragen zu klären:
 - Welche Wanderwege werden von den Fischen an einem Standort unter bestimmten Abflussverteilungen zu welchen Anteilen genutzt und wie hoch sind die Schädigungsraten der einzelnen Wanderwege?
 - Wie gut ist die Auffindbarkeit von Bypässen und wie kann sie ggf. verbessert werden?
 - Wie wirksam ist das fischfreundliche Turbinenmanagement und Trap & Truck-Verfahren in einer Staukette?

- Um welchen Anteil kann die turbinenbedingte Mortalität durch technische Veränderungen wie z.B. Turbinen-Schaufelkontur reduziert werden?
- Sind technische Maßnahmen wie Feinrechen, Klapprechen, Bypässe und Aal-sammelsysteme an großen Wasserkraftanlagen ($Q_A > 50 \text{ m}^3/\text{s}$) einsetzbar? Wie hoch ist die biologische Wirksamkeit?
- Die Einbeziehung aller Akteure (Behörden, Betreiber, Fischer etc.) ist für die Akzeptanz von Maßnahmen zur Herstellung der Durchgängigkeit von großer Bedeutung.

Mit dem Verfahren der Flussgebietsstrategie konnten für das Einzugsgebiet der Weser verschiedene Szenarien zur Herstellung der Durchgängigkeit formuliert werden, ohne deren Umsetzung die Etablierung sich selbst reproduzierender Fischpopulationen nicht möglich sein wird.

Die nächsten Schritte zur Umsetzung der Strategie sind:

- Einigung über Szenarien: Der Vorschlag für die Flussgebietsstrategie und die dargestellten Szenarien aus Kap. 6.1.3 dienen als Grundlage für die Abstimmung mit den verantwortlichen Akteuren.
- Klärung der rechtlichen Situation: In diesem Stadium müssen die verwaltungstechnischen Voraussetzungen und die wasserrechtlichen Randbedingungen an den einzelnen Standorten geklärt werden.
- Zeitlicher Horizont: Für die Umsetzung der Maßnahmenkombination muss ein zeitlicher Rahmen festgelegt werden, aus dem hervorgeht, welche Maßnahmen wann umgesetzt werden sollen. Dabei ist auch die wasserrechtliche Situation an den einzelnen Standorten zu berücksichtigen.
- Finanzierung: Ein erster Finanzplan muss aufgestellt und die Finanzierung gesichert werden.

Wenn ein Szenario gewählt wird, dass den Umbau von Langwedel beinhaltet, ist es sinnvoll, zunächst weitere Untersuchungen an einer großen Wasserkraftanlage durchzuführen, siehe Kap.5.8.

8

Zusammenfassung

Querbauwerke und Wasserkraftanlagen beeinträchtigen die flussauf- und flussabwärts gerichtete Durchgängigkeit von Gewässern. Bei der Passage von Wasserkraftanlagen unterliegen abwandernde Fische einem Schädigungsrisiko. Dieses beeinflusst die Entwicklung von Fischpopulationen in Flussgebieten. Die dabei entstehenden kumulativen Effekte wirken sich insbesondere auf die diadromen Fischpopulationen aus.

Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, Prognosen für den Erhalt der Populationen im Wesergebiet nach Verbesserungen der Durchgängigkeit an Wasserkraftanlagen und ökologischen Aufwertungen der Laich- und Aufwuchshabitate zu erstellen.

Die Überlebensraten der diadromen Fischarten Lachs und Aal wurden auf der Basis von Literaturdaten und ergänzenden eigenen Untersuchungen modelliert.

Für den Erhalt einer sich selbst reproduzierenden Lachspopulation wäre es erforderlich, alle Querbauwerke flussauf- und flussabwärts durchwanderbar zu gestalten und den Schutz abwandernder Fische an Wasserkraftanlagen vor allem in den Nebengewässern zu erhöhen. Zusätzlich muss der hydromorphologische Zustand der Laichhabitate verbessert und weitere Verluste (wie Prädation oder Fischerei) vermindert werden.

Die nach EG-Aalverordnung geforderte Gesamtüberlebensrate der Aale von 40 % kann durch Herstellung der aufwärts gerichteten Durchgängigkeit an allen Standorten und durch Schutzmaßnahmen an den Wasserkraftanlagen in den Nebenflüssen der Weser erreicht werden.

8.1

Zielsetzung

Der Fischabstieg in Staustufenketten, die der Energieerzeugung dienen, wurde analysiert und modelliert. Ziel war die Erarbeitung einer Vorgehensweise mit der selbst-erhaltende Fischpopulationen etabliert werden können. Im Vordergrund der Untersuchung standen die diadromen Arten Lachs und Aal. Projektgebiet war die Weser zwischen Hameln und Bremen und die Nebengewässer Hunte, Leine und Diemel. Untersucht wurden der Ist-Zustand und mögliche Verbesserungen der Durchgängig-

keit der Wanderrouten zwischen den Laich- bzw. Aufwuchsgebieten und der Nordsee.

8.2 Vorgehen

Die Arbeiten wurden begleitet von der Flussgebietsgemeinschaft Weser, dem Niedersächsischen Landesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (LAVES, Dezernat Binnenfischerei), der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) sowie dem Auftraggeber Umweltbundesamt.

Das Vorhaben gliederte sich in vier Arbeitsschritte:

1. Ableitung von zum Selbsterhalt der Fischpopulationen notwendigen Überlebensraten (Universität Hamburg, Biozentrum Grindel, Zoologisches Museum, Abteilung Ichthyologie):

Im Rahmen einer Literaturstudie wurden populationsdynamische Parameter und Ursachen für die Mortalität des Atlantischen Lachses, der Meerforelle, des Meer- und Flussneunauges sowie des Europäischen Aals zusammengetragen, evaluiert und deren Übertragbarkeit auf das Wesersystem geprüft. Diese Kenndaten können grundsätzlich auch für andere Fließgewässer genutzt werden. Sie müssen jedoch ggf. auf die lokalen Bedingungen angepasst werden.

2. Ermittlung von anlagen- und artspezifischen Schädigungs- und Mortalitätsraten bei der Passage von Turbinen:

Während der Blankaalabwanderung wurden die Schädigungsraten von Schokker- und Hamenfängen in der Weser ermittelt und Wiederfänge markierter Blankaale registriert (Institut für angewandte Ökologie, Kirtorf-Wahlen).

Verfügbare Prognosemodelle zur Ermittlung der turbinenbedingten Mortalität wurden miteinander verglichen und auf ihre Anwendbarkeit untersucht.

3. Erfassung des Vernetzungspotenzials von geeigneten Laich-, Aufwuchs- und Wandergewässern in Teileinzugsgebieten:

Die potenziellen Laich- und Aufwuchsareale für Lachse und Aale wurden aufgrund historischer Quellen, der Fließgewässerzonierung, der Gewässerstruktur, der Dimension und der Substratbeschaffenheit sowie der Gewässergüte der Weser und ihrer Nebengewässer lokalisiert.

Bei der Wanderung von Fischen in vielfach gestauten Gewässern kumulieren die Schädigungsraten. Zur Berechnung der Erreichbarkeits- und Gesamtüberlebensraten

für die einzelnen Wanderrouten wurden die Schädigungsraten unter Nutzung der Ergebnisse aus 2. für alle Standorte einzeln ermittelt.

Während für den Aal die Wanderrouten in den Binnengewässern auf- und abwärts betrachtet wurden, konnte für den Lachs ein Modell für den gesamten Lebenszyklus aufgestellt werden, das die Verluste an den Querbauwerken und Wasserkraftwerken bei der Auf- und Abwanderung und die in 1. ermittelten populationsbiologischen Parameter der Reproduktionsphase und des Aufenthalts im Meer berücksichtigt. Weitere Mortalitätsfaktoren im Gewässer wie Prädation, Fischerei oder Krankheiten konnten mangels Literaturangaben nicht einbezogen werden.

4. Ableitung von umsetzbaren Maßnahmevorschlägen und Strategien für die Etablierung reproduktionsfähiger diadromer Fischpopulationen:

Auf der Basis der Ergebnisse aus 3. wurden für jeden Standort die für die Erreichung der biologischen Ziele erforderlichen Maßnahmen für den Auf- und Abstieg unter Berücksichtigung aller bekannten Randbedingungen entwickelt. Als Ergebnis liegen skizzenhafte Vorplanungen, teils in mehreren Varianten, mit Kosten- und Ertrags-schätzungen für die Wasserkraftanlagen vor.

8.3

Ergebnisse

Die Empfehlungen zur Entwicklung der Durchgängigkeit in der Weser und ihren Nebengewässern basiert auf folgenden Ergebnissen der biologischen Untersuchungen¹:

- Für den Lachs wurden die Eizahl (5.030 – 10.530 Eier/Weibchen), die Überlebensraten vom Ei bis zum Smolt (0,81 – 1,60 %), vom Smolt bis zum Rückkehrer (1,17 – 5,80 %) sowie das Verhältnis von Laichfischen zu Rückkehrern (0,5 – 0,9) ermittelt. Die angegebenen Zahlen entsprechen dem 1. und 3. Quartil der Literaturdaten. Daraus wurden für das Wesersystem plausible Werte für den Ist-Zustand und für den Zustand bei Selbsterhalt der Populationen für die entsprechenden Lebensstadien abgeleitet.
- Die Auswertung der Aal-Schokkerfänge ergab eine Mortalitätsrate zwischen 14 und 30 % pro Wasserkraftstandort. Da die Schokker nicht direkt unterhalb der Turbine gefangen haben, entsprechen die ermittelten Schädigungsraten nicht unmittelbar der turbinenbedingten Mortalitätsrate.

¹ Ergebnisse zu Überlebensraten und Untersuchungen zur Blankaal- und Smoltabwanderung. UBA-Texte (in Vorb.).

Die Gesamtzahl der abwandernden Blankaale pro Standort betrug etwa 14.400 Aale. Die Fangquote der Berufsfischer lag bei 16,6 bzw. 15,7 %.

- Nach Modellvergleichen wird für die Bestimmung der Mortalitätsrate in Kaplan-Turbinen für Lachse das salmonidenspezifische Modell von LARINIER & DARTIGUELONGUE (1989) empfohlen. Für die Berechnung von Schädigungen in Francis-Turbinen steht nur ein Modell von LARINIER & DARTIGUELONGUE (1989) zur Verfügung, das nur an einer geringen Anzahl von Standorten validiert wurde. Der Vergleich verschiedener Modelle zur Ermittlung der Mortalitätsrate von Aalen in Kaplan-turbinen hat gezeigt, dass das von EBEL (2008) entwickelte Aalspezifische Modell für standortbezogene Mittelwerte die plausibelsten Werte liefert.

Auf Grundlage dieser Voruntersuchungen konnten für jeden Standort an den Wanderrouten die Mortalitätsraten bei der Turbinen-Passage abgeschätzt werden. Für die Salmoniden liegen diese im Mittel bei ca. 8 % für jedes Wasserkraftwerk, für den Aal zwischen 18 und 44 %. Mit Hilfe dieser Werte konnten die Standort-Überlebensraten im Ist-Zustand ermittelt werden. Im gleichen Arbeitsschritt wurden die lokalen Aufstiegsraten ermittelt.

Die populationsdynamische Betrachtung für den Lachs im Ist-Zustand zeigte deutlich, dass große Anstrengungen unternommen werden müssen, um die Lachsareale im Einzugsgebiet der Weser zu entwickeln. Die Laich- und Aufwuchsareale der Lachse liegen in den Oberläufen und Nebengewässern, so dass eine große Zahl an Wanderhindernissen von den Lachsen überwunden werden muss. Selbst wenn es keine Querbauwerke gäbe, wären die Lachspopulationen unter den heutigen Umweltbedingungen nicht in der Lage, sich selbst zu erhalten. Neben der Herstellung der Durchgängigkeit sind daher auch Maßnahmen zur Habitatverbesserung, zur Eindämmung von Prädation, zum Fischereimanagement und zum Schutz der Fische im marinen Bereich zu ergreifen.

In der Aalverordnung (EG-Verordnung 2007) wird eine Gesamtüberlebensrate von mindestens 40 % gefordert. Dieser Wert wird heute in den betrachteten Wanderrouten nicht eingehalten. Erst unter Einbeziehung des gesamten Wesereinzugsgebiets einschließlich der Küstenregion wird die 40 %-Marke überschritten.

Mit den Modellen wurden verschiedene Varianten für den Planzustand untersucht. Dabei wurden folgende Maßnahmen angenommen:

- Bau von funktionsfähigen Fischaufstiegsanlagen an allen Stauanlagen

Zusammenfassung

- Rückbau (z.B. als gewässerbreite Raugerinne) von nicht genutzten bzw. nicht nutzbaren Querbauwerken
- Installation von 10 mm-Rechen an den Wasserkraftanlagen der Nebengewässer.
- Verbesserung der Habitatqualität in den Laicharealen, Senkung der natürlichen Mortalität und Schutz der Fische im marinen Bereich.

Für den Fischabstieg an den Wasserkraftanlagen der Weser wurden verschiedene Varianten untersucht.

Die Ergebnisse der Variantenuntersuchungen für Lachse zeigen:

- Die Hunte ist für den Lachs mit relativ wenig Aufwand entwickelbar.
- In den Leine-Areale kann sich eine Lachs-Population erst dann selbst erhalten, wenn alle Standorte umgebaut und die Umweltbedingungen verbessert worden sind. Bis dahin ist es sinnvoll, weiterhin mit Besatz zu arbeiten und den Standort Langwedel unterhalb der Leinemündung mit Fischschutzeinrichtungen auszustatten.
- Die Entwicklung der Lachsareale in der Diemel scheint aus heutiger Sicht nur sinnvoll, wenn die ökologische Sanierung der Weserkraftwerke fest eingeplant ist.
- Wegen der erheblichen Defizite bei allen populationsbiologischen Einflussfaktoren und des hohen Aufwands zur Umrüstung der Wasserkraftanlagen in den Nebengewässern wird die Wiederansiedlung von Lachspopulationen lange dauern. Erst langfristig eröffnet sich die Perspektive, auch die Einzugsgebiete oberhalb der Dielmündung für anadrome Arten zu entwickeln.

Die Variantenuntersuchungen für Aale haben folgende Ergebnisse:

- Selbst wenn nur die Wasserkraftanlagen in den Nebengewässern mit Fischschutzeinrichtungen ausgestattet werden, kann im Wesergebiet die nach EG-Aalverordnung geforderte Gesamtüberlebensrate der Aale von 40 % erreicht werden. Die Umrüstung der großen Wasserkraftanlagen an der Weser könnte zusätzliche Aale schützen.

Einschränkend muss darauf hingewiesen werden, dass die Folgen von Fischerei, Prädation und die natürliche Mortalität nicht berücksichtigt wurden.

Maßnahmenvorschläge

Zur Kompensation der Schädigungen aus Wasserkraftanlagen und zur Unterstützung der Populationsentwicklung des Aals können folgende Maßnahmen vorgesehen werden:

- Reduzierung der Mortalität bei Passagen durch Turbinen durch deren Modifikation (z.B. Verbesserung der Schaufeln bei ohnehin anstehenden Umbauten)
- Einbau von Bypässen
- fischfreundliches Turbinenmanagement mit Frühwarnsystem, ggf. kombiniert mit dem Trap & Truck-Verfahren
- Fortführung des Besatzes.

Für die Maßnahmen an den Wasserkraftstandorten bzw. den Wanderrouten wurden Kosten überschlägig ermittelt. Dabei wurden sowohl Bauvorhaben zur Herstellung der Durchgängigkeit als auch Management-Methoden, die Veränderung der Energieerzeugung und die mögliche Mehreinnahme durch das EEG einbezogen. Die Kosten für die Herstellung der Durchgängigkeit an den Nebengewässern liegen zwischen 50.000 und 3,5 Mio. € pro Standort, an der Weser zwischen 1 und 14 Mio. €. Die wirtschaftliche Abwägung sowie die technische Prüfung der festgelegten Maßnahmen waren nicht Gegenstand dieses Projektes.

Das Vorhaben hat gezeigt, dass alle Einflussfaktoren auf den gesamten Lebenszyklus untersucht werden müssen und dass vielfältige Verbesserungsmaßnahmen erforderlich sind, um sich selbst reproduzierende Populationen zu erhalten. Das gilt insbesondere für den Lachs. Dabei sind die Schritte der Abb. 8.1 zu berücksichtigen.

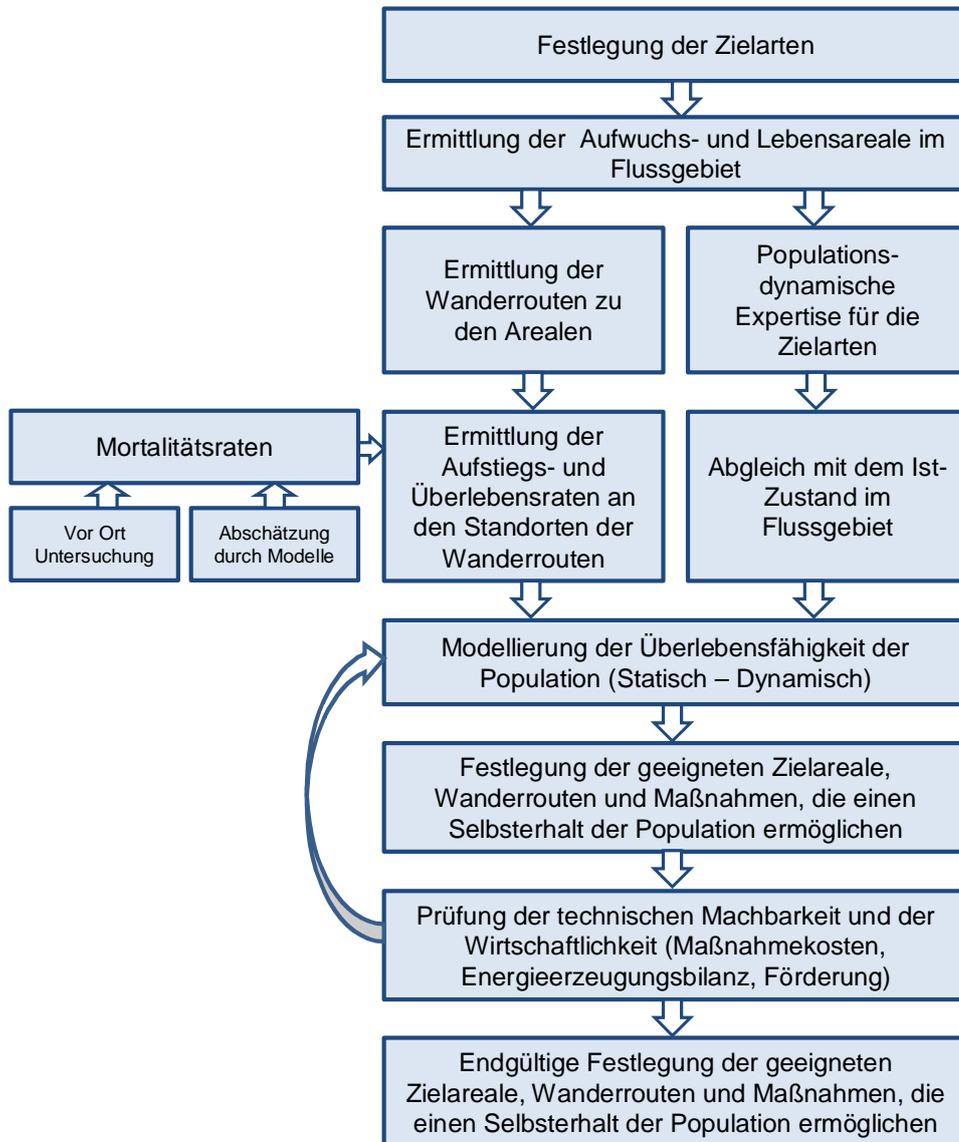


Abb. 8.1: Ablaufschema Flussgebietsstrategie

8.4 Ausblick

Grundsätzlich ist es möglich, die diadromen Fischpopulationen und die Wasserkraft in einem Flussgebiet wie der Weser parallel zu entwickeln. Die Ergebnisse und die Maßnahmenvorschläge dieser Studie lassen sich auf andere, ähnliche Flussgebiete übertragen.

Viele Aussagen sind aber mit Unsicherheiten behaftet. Daher werden weitere Untersuchungen insbesondere an großen Wasserkraftanlagen ($MQ > 100 \text{ m}^3/\text{s}$) für erforderlich gehalten, um die quantitativen Aussagen zum Verhalten der Fische und zur Effektivität der Schutzmaßnahmen abzusichern und die Kenntnisse über die technischen Umsetzbarkeit zu verbessern.

Dabei ist die Einbeziehung aller Akteure (Behörden, Betreiber, Fischer etc.) für die Akzeptanz von Maßnahmen zur Herstellung der Durchgängigkeit von großer Bedeutung.

- ADAM, B., U. SCHWEVERS & O. ENGLER (2000): Wiederansiedlung von Wanderfischen im Wesereinzugsgebiet: Im Auftrag des Niedersächsischen Landesamtes für Ökologie, im Rahmen des Weserlachsprogramms der ARGE Weser, 403 S..
- ADAM, B. & M.C.M. BRUIJS (2006): Allgemeine Anforderungen an Fischschutz- und – abstiegsanlagen / Untersuchungen im Maas-System. – in DWA-Themen: Durchgängigkeit von Gewässern für die aquatische Fauna, Internationales DWA-Symposium zur Wasserwirtschaft, April 2006. S. 70-78
- ARBEITSGEMEINSCHAFT ZUR REINERHALTUNG DER WESER (ARGE Weser) (1998): Wiederansiedlung von Wanderfischen im Wesereinzugsgebiet. Überprüfung der Laichhabitate im Wesereinzugsgebiet, Teil 1 und 2.
- ATV-DVWK (2004): Fischschutz- und Fischabstiegsanlagen - Bemessung, Gestaltung, Funktionskontrolle. – Hrsg.: ATV-DVWK - Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef, ISBN 3-934063-91-5, 256 S..
- BARLAS, M & A. MECKE-NIEMITZ (1993): Chemisch-physikalische Analysen und Fischereibiologie. - In: Fischereiverband Kurhessen (Hrsg.): Untersuchung des Gewässersystems der Oberen Eder in Hessen. - Kassel, 1 - 243.
- BELL, M.C. (1991): Revised Compendium of the Success of Passage of Small Fish Through Turbines. - Report to the U.S. Army Corps of Engineers, North Pacific Division, Portland, Oregon.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (Hrsg.) (2005): „Leitfaden für die Vergütung von Strom aus Wasserkraft nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz für die Neuerrichtung und Modernisierung von Wasserkraftanlagen“, Berlin.
- BOBBE, T. (2001): "Lachse in der Innerste" Überprüfung der Innerste im Landkreis Hildesheim zwischen Derneburg und Marienburg auf ihre Eignung für den Besatz mit Atlantischen Lachsen. - Darmstadt (Büro für Gewässerökologie), im Auftrag des V. zur Förderung der Wiederans. von Lachs und Meerforelle, 32 S..
- BORNE, M. von dem (1882): Die Fischereiverhältnisse des Deutschen Reiches, Oesterreich-Ungarns, der Schweiz und Luxemburgs. - Berlin (Moeser-Verlag), 306 S..
- BRAUN, W. (1943): Die Fischerei in Kurhessen. Eine biologisch-statistische Untersuchung. - Z. Fischerei 41, 111 - 247.

- BRUIJS, M.C.M. et al. (2003): Management of silver eel: Human impact on downstream migration eel in the river Meuse – Final Report Contract Q5RS-2000-31141, Arnhem (NL).
- CHRISTEN (1996): Literaturrecherche über Mortalität von Fischen in Kaplan - Turbinen. - Karlsruhe - Badenwerk AG. 29 S.
- DGJ (2004): Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch (Weser- und Emsgebiet 2004)
- DOSCH, L. (1899): Die Fischwasser und die Fische des Großherzogtums Hessen mit Einschluß der Teichwirtschaft und Gesetzeskunde. - Gießen (Roth-Verlag),
- DUMONT, U., C. GUMPINGER, M. REDEKER, & U. SCHWEVERS (1997): Fischabstieg - Literaturdokumentation. - DVWK-Materialien 4/97, 254 S.
- DUMONT, U., P. ANDERER, U. SCHWEVERS (2005): „Handbuch Querbauwerke“, Hrsg. Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf, 213 Seiten.
- DVWK (Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V.) (1996): Fischaufstiegsanlagen - Bemessung, Gestaltung, Funktionskontrolle. - Bonn (Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH), Merkblätter zur Wasserwirtschaft 232, 120 S..
- DWA (2010): Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Bauwerke - Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung M 509 Entwurf, DWA, 978-3-941897-04-5, 285 S.
- EBEL, G. (2008): Turbinenbedingte Schädigung des Aales (*Anguilla anguilla*) - Schädigungsraten an europäischen Wasserkraftanlagenstandorten und Möglichkeiten der Prognose. Mitteilungen aus dem Büro für Gewässerökologie und Fischereibiologie Dr. Ebel, Heft 3, 176 S., Halle (Saale)
- EBEL, G. (2009): Stellungnahme zur Prognose von turbinenbedingten Aalschäden im Rahmen des Forschungs- und Entwicklungsvorhabens Wasserrahmenrichtlinie und Wasserkraftnutzung im Wesergebiet – Befunde zur Aalabwanderung 2008/2009 (Vorabzug April 2009). Büro für Gewässerökologie und Fischereibiologie Dr. Ebel, Halle (Saale), im November 2009.
- EEG (2000): Gesetz für den Vorrang erneuerbarer Energien. Bundesgesetzblatt I 2000, 305.
- EEG (2004): Gesetz für den Vorrang erneuerbarer Energien. Bundesgesetzblatt I 2004, 1918.
- EEG (2009): Gesetz zur Neuregelung des Rechts der Erneuerbaren Energien im Strombereich und zur Änderung damit zusammenhängender Vorschriften (Erneuerbare-Energien-Gesetz, EEG 2009) - amtliche Fassung vom 25. Oktober 2008 - Veröffentlicht im Bundesgesetzblatt Jahrgang 2008 Teil I Nr. 49, ausgegeben zu Bonn am 31. Oktober 2008, S. 2074.
- EGLOFFSTEIN, v. (1893): Fischerei-Karte des Großherzogthums Sachsen-Weimar-Eisenach in 3 Bänden (nebst Verzeichnis). - Weimar, 42 S..

Literatur

- EG-Verordnung (2007): Verordnung (EG) Nr. 1100/2007 des Rates vom 18. September 2007 mit Maßnahmen zur Wiederauffüllung des Bestands des Europäischen Aals
- EG-WRRL (2000): 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 Europäischen Gemeinschaften L 327 vom 22.12.2000, 1 – 72.
- EUROPÄISCHES PATENT Nr. 1132524 (2003): Transportvorrichtung für flussabwärts wandernde Fische (BOTTOM GALERY®); Inhaber B. Adam, U. Dumont, N. Kessels, U. Schwevers.
- FGG WESER (2009): EG-Wasserrahmenrichtlinie - Bewirtschaftungsplan 2009 für die Flussgebietseinheit Weser, Herausgeber: Flussgebietsgemeinschaft Weser.
- GOMES, P. & LARINIER, M. (2008): Dommages subis par les anguilles lors de leur passage au travers des turbines Kaplan – Etablissement de formules prédictives. Anguilles-ouvrages – Programme national de recherche développement 2008-2009, Toulouse.
- HASSELBAUER, M. & GÖHL, CHR. (2010): Strömungsverhältnisse im Rundbeckenpass. – Wasserwirtschaft, Heft 3, S. 42-43.
- HASSINGER, R. (2009): Europäische Patentanmeldung: Vorrichtung für den Abstieg von Aalen an Wasserbauwerken Patentblatt 2009/37, veröffentlicht durch European Patent Foundation (<http://www.europatentbox.com>).
- HÄPKE, L. (1878): Zur Kenntnis der Fischfauna des Wesergebiets. - Abh. naturwiss. Verein Bremen 5, 165 - 190.
- HAUNS, A. & R. HAUNS (1996): Die Aalschokker-Fischerei auf der badischen Seite am Oberrhein - Der Aal und sein Geheimnis. - Rastatt (Selbstverlag), 164 S.
- HLUG (HESSISCHE LANDESANSTALT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE) (2000): Biologischer Gewässerzustand 2000. - Wiesbaden.
- HOLZNER, M. (1999): Untersuchungen zur Vermeidung von Fischschäden im Kraftwerksbereich dargestellt am Kraftwerk Dettelbach am Main/Unterfranken. – Schriftenreihe des Landesfischereiverbandes Bayern, Heft 1, 224 pp.
- HOLZNER, M. (2000): Kraftwerke als flußabgerichtete Wanderhindernisse dargestellt am Kraftwerk Dettelbach am Main, M., Vorträge vom Symposium in Freising - Weißenstephan, Schriftenreihe des Landesfischereiverbandes Bayern e.V., Heft 2, München.
- HUET, M. (1949): Aperçu des relations entre la pente et les populations piscicoles des eaux courantes. - Schweiz. Z. Hydrol. 11, 322 - 351.
- HUET, M. (1959): Profiles and biology of western European streams as related to fish management. - Trans. Am. Fish. Soc. 88, 155 - 163.

- IKSR (Internationale Kommission zum Schutz des Rheins) (2004): Rhein Lachs 2020. - Koblenz, 31 S.
- ILLIES, J. (1961): Versuch einer allgemeinen biozönotischen Gliederung der Fließgewässer. - Int. Revue ges. Hydrobiol. 46, 205 - 213.
- INGENIEURBÜRO FLOECKSMUEHLE (2008): Studie zur Umsetzungsstrategie „Durchgängigkeit Weser“. Im Auftrag der Flussgebietsgemeinschaft Weser. Aachen. Unveröffentlicht.
- KNUTH, V. (2009): Konzept zur Umgestaltung der staugeregelten Hunte zwischen Diepholz und Wildeshausen durch Laufverlängerungen Machbarkeitsstudie am Beispiel des Stauwehres Hölingen / Landkreis Oldenburg. NLWKN Betriebsstelle Brake-Oldenburg (unveröffentlicht)
- LANDOIS, H. (1892): Westfalens Tierleben, 3. Band: Die Reptilien, Amphibien und Fische in Wort und Bild, Paderborn (Verlag Ferdinand Schöningh), 161 - 432.
- LARINIER, M. & F. TRAVADE (1992): La conception des dispositifs de franchissement pour les Aloses. – Bull. Fr. Pêche Piscic. 326/327, 125-133.
- LARINIER, M. & J. DARTIGUELONGUE (1989): La circulation des poissons migrateurs et transit à travers les turbines des installations hydroélectriques. – Bull. Fr. Peche Piscic. 312/313, 90 S..
- LARINIER, M. (2009): Persönliche Mitteilung. Dezember 2009.
- LAVES et al. (2008): Aalbewirtschaftungsplan für das Flusseinzugsgebiet der Weser. - Niedersächsisches Landesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit - Dez. Binnenfischerei (Hannover), Der Senator für Wirtschaft und Häfen (Bremen), Regierungspräsidium Kassel - Dez. Landwirtschaft und Fischerei, Bezirksregierung Detmold - Dez. Landschaft und Fischerei, Thüringer Landesanstalt für Wald, Jagd und Fischerei - Ref. 22 (Gotha), Landesverwaltungsamt - Ref. Agrarwirtschaft, Ländliche Räume, Fischerei (Halle/Saale), Hannover, 28 Seiten.
- LAWA (Länderarbeitsgemeinschaft Wasser) (1990): Limnologie und Bedeutung ausgewählter Talsperrren in der Bundesrepublik Deutschland. - Wiesbaden (LAWA), 280 S..
- LECOUR, Christine ; RATHCKE, Peter-Christian (2006): Abwanderung von Fischen im Bereich von Wasserkraftanlagen.
- LIMNOBIOS - BÜRO FÜR FISCH- UND GEWÄSSERÖKOLOGIE (1998): Wiederansiedlung von Wanderfischen im Wesereinzugsgebiet: Überprüfung der Laichhabitats im Wesereinzugsgebiet Teil 1. - Hildesheim (ARGE Weser), 61 S..
- LUA (1999): Leitbilder für kleine bis mittelgroße Fließgewässer in Nordrhein-Westfalen – Gewässerlandschaften und Fließgewässertypen.
- LUA (2001): Leitbilder für die mittelgroßen bis großen Fließgewässer in Nordrhein-Westfalen.

Literatur

- MONTÉN (1985): Fish and turbines – Fish injuries during the passage through power station turbines. – Vattenfall, Stockholm. 111 S..
- MÜLLER, K. (1952): Fischereibiologische Untersuchungen an der Fulda. - Dissertation, Univ. Kiel, 293 S..
- NEMITZ, A. & F. MOLLS (1999): Anleitung zur Kartierung von Fließstrecken im Hinblick auf ihre Eignung als Besatzorte für O⁺-Lachse (*Salmo salar L.*). - LÖBF/LaFAO, Beiträge aus den Fischereidezernaten 4, 52 S..
- NICHTAWITZ, A., GRAFENBERGER, P. (2006): Fisch-friendly turbine technology. – in DWA-Themen: Durchgängigkeit von Gewässern für die aquatische Fauna. Hennef, 157 S..
- NLÖ (NIEDERSÄCHSISCHES LANDESAMT FÜR ÖKOLOGIE) (2001): Gewässergütebericht 2000. - Hildesheim.
- NLWKN (Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz) (2008) Leitfaden Maßnahmenplanung Oberflächengewässer, Teil A Fließgewässer-Hydromorphologie. www.nlwkn.de
- NLWKN (Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz) (2010): Auskunft des NLWKN Brake.
- PAVLOV, D. S., A. I. LUPANDIN & V. V. KOSTIN (2002): Downstream migration of fish through dams of hydroelectric power plants. - Oak Ridge / Tennessee (Oak Ridge National Laboratory), 249 S..
- PLOSKEY, G.R., T.J. Carlson (2004): Comparison of Blade-Strike Modeling results with Empirical Data. Pacific Northwest National Laboratory.
- PREYWISCH, K. (1983): Die Verbreitung der Wirbeltiere im Kreis Hörter. - Schriftenreihe Egge-Weser, Band 2, Heft 2, S. 43-108.
- RABEN, K. von (1955): Kaplan turbinen und Fische. – Wasserwirtschaft 45, 196 – 200.
- RABEN, K. von (1957a): Zur Beurteilung der Schädlichkeit der Turbinen für Fische. – Wasserwirtschaft 47, 60 – 63.
- RABEN, K. von (1957b): Zur Frage der Beschädigung von Fischen durch Turbinen. – Wasserwirtschaft 47, 97 – 100.
- RASPER, M., P. SELLHEIM & B. STEINHARDT (1991a): Das niedersächsische Fließgewässerschutzsystem. - Naturschutz und Landschaftspflege in Niedersachsen 25/2, 458 S..
- RASPER, M., P. SELLHEIM & B. STEINHARDT (1991b): Das niedersächsische Fließgewässerschutzsystem. - Naturschutz und Landschaftspflege in Niedersachsen 25/3, 305 S..
- SCHMALZ, W. (2010): Untersuchungen zum Fischabstieg und Kontrolle möglicher Fischschäden durch die Wasserkraftschnecke an der Wasserkraftanlage Walkmühle an der

- Werra in Meiningen. Im Auftrag der Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie, -Breitenbach.
- SCHOLZ, T. H. D. (1995): Wasser- und Windmühlen im Landkreis Fulda: eine Bestandsaufnahme. - Kassel (Regierungspräsidium Kassel), 234 S..
- SCHOLZ, T. H. D. (1996): Wasser- und Windmühlen im Landkreis Hersfeld-Rotenburg: eine Bestandsaufnahme. - Kassel (Regierungspräsidium Kassel), 174 S..
- SCHUBERT, H. J. (1997): Laichgewässer für Wanderfische (insbesondere Lachs und Meerforelle) im Wesereinzugsgebiet. - Köthel (Büro für Fisch- und Gewässerökologie Limno-Bios), im Auftrag der ARGE Weser, 217 S..
- SCHWEVERS, U. & B. ADAM (1992): Zur Verbreitung des Aales (*Anguilla anguilla* LINNÉ, 1758) im Rhithral hessischer Fließgewässer. - Z. Fischkunde 1/2, 117 - 133.
- SCHWEVERS, U. & B. ADAM (2000): Kriterien zur Auswahl von Besatzgewässern für die Wiederansiedlung des Atlantischen Lachses (*Salmo salar*). - Z. Fischkunde 5/2, 27 - 44.
- SCHWEVERS, U., B. ADAM & O. ENGLER (2001): Wehrkataster für das Fuldasystem. - Kirtorf-Wahlen (Institut für angewandte Ökologie), im Auftrag des Regierungspräsidiums Kassel, 4 Bände, zus. 1930 S..
- SCHWEVERS, U., B. ADAM & O. ENGLER (2002): Fischökologische Untersuchungen im Gewässersystem der Fulda. - Kirtorf-Wahlen (Institut für angewandte Ökologie), im Auftrag des Regierungspräsidiums Kassel, 8 Bände, zus. 3.960 S., 2002.
- SCHWEVERS, U., B. ADAM & O. ENGLER (2005a): Fischökologische Untersuchung der hessischen Anteile der Fließgewässersysteme von Werra und Weser. - Kirtorf-Wahlen (Institut für angewandte Ökologie), im Auftrag von Hessen Forst - Forsteinrichtung, Information, Versuchswesen.
- SCHWEVERS, U., B. ADAM & O. ENGLER (2005b): Fischökologische Untersuchung der hessischen Anteile des Fließgewässersystems der Diemel. - Kirtorf-Wahlen (Institut für angewandte Ökologie), im Auftrag von Hessen Forst - Forsteinrichtung, Information, Versuchswesen.
- SCHWEVERS, U. (2008): Fischereiwirtschaftliches und –biologisches Gutachten für die Mittelwesianpassung. - Kirtorf-Wahlen (Institut für angewandte Ökologie), im Auftrag der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes – Wasser- und Schifffahrtsdirektion Mitte.
- SCHWEVERS, U. (2009): Befunde zur Blankaalabwanderung. 4. Zwischenbericht zur Studie „Erarbeitung und Praxiserprobung eines Maßnahmenplans zur ökologisch verträglichen Wasserkraftnutzung an der Mittelwesar“. Unveröffentlicht.
- SIEBOLD, C. T. E. v. (1863): Die Süßwasserfische von Mitteleuropa. - Leipzig (Wilh. Engelmann).

Literatur

- STAATLICHES UMWELTAMT DUISBURG (1996): Untersuchung zur Nutzung der Ruhrschleusen Kettwig und Baldeney als Fischaufstieg; Aachen (Ingenieurbüro Floecksmühle) und Kirtorf-Wahlen (Institut für angewandte Ökologie), 39 Seiten
- TAPPEL, P. D. & T. C. BJORN (1983): A new method of relating size of spawning gravel to salmonid embryo survival. - North Am. J. Fish. Management 3, 123 – 135.
- THIEL, R., MAGATH, V. (2010): Populationsdynamik diadromer Fischarten: Atlantischer Lachs *Salmo salar* (LINNAEUS, 1758), Meerforelle *Salmo trutta trutta* LINNAEUS, 1758, Meerneunauge *Petromyzon marinus* (LINNAEUS, 1758), Flussneunauge *Lamprolaima fluviatilis* (LINNAEUS, 1758) und Europäischer Aal *Anguilla anguilla* (LINNAEUS, 1758).
- TURNPENNY, A.W.H., S. CLOUGH, K.P. HANSON, R. RAMSEY and D. McEWAN (2000): Risk Assessment for Fish Passage Through Small, Low-Head Turbines. Final Report. Energy Technical Support Unit, Harwell, Unites Kingdom.
- VDSF (VERBAND DEUTSCHER SPORTFISCHER E.V.) (2003): Dokumentation der Wiedereinbürgerungsprojekte des atlantischen Lachses (*Salmo salar* L.) in Deutschland. - Offenbach (VDSF), 135 S..
- WHG (2009): Gesetz zur Neuregelung des Wasserrechts - amtliche Fassung vom 31. Juli 2009 - Veröffentlicht im Bundesgesetzblatt Jahrgang 2009 Teil I Nr. 51, ausgegeben am 6. August 2009, S. 2585.
- WITTMACK, A. (1875): Beiträge zur Fischereistatistik des Deutschen Reiches. - Circulare Dt. Fischereiverband 12.
- WSD NORD (1993): Zwischen Weser und Ems. Heft 28, Juni 1993.
- ZUMBROICH, T. & G. BUSCH (2005): Gewässerstrukturgüte in Nordrhein-Westfalen. - im Auftrag des MUNLV NRW, Essen, 109 S..

Internetquellen:

- AOLG (ALLER-OKER-LACHSGEMEINSCHAFT) (2008): www.okerlachs.de / www.wanderfische.de
- ARGE WESER (2002): Gewässerstrukturgütekarte Wesereinzugsgebiet. - www.fgg-weser.de
- EG-WRRL C-BERICHTE (2005): www.wasserblick.net
- FREISTAAT THÜRINGEN: Gewässertafel Hasel. - www.thueringen.de/imperia/md/content/tmlnu/themen/wasser/wrrl/tafel_hasel.pdf

- GRÜNE LIGA (2008): Gewässerentwicklungsprojekt Weser-Werre-Else. - www.wrrl-info.de/docs/wrrl_steckbrief_weser-werre-else.pdf
- GRÜNE LIGA (2008): Verbesserung und Vernetzung aquatischer Lebensräume an der Werra. - www.wrrl-info.de/docs/wrrl_werravernetzung.pdf
- LEINE-LACHS E.V. (2007): www.leine-lachs.de
- LACHSWIEDERANSIEDLUNG BEGA & WERRE: www.hegeplan-bega.de
- LACHSWIEDERANSIEDLUNG HUNTE & DELME: www.arge-weser.de/Download-Dateien/06_Salva.pdf
- LUA NRW (Stand 1999): Gewässergütekarte Nordrhein-Westfalen. - www.lanuv.nrw.de/veroeffentlichungen/gewgue01/gewgue01_273.pdf
- QUERBAUWERKE-INFORMATIONSSYSTEM NRW (QuIS) (2005): www.quis.nrw.de
- THÜRINGER LANDESANSTALT FÜR UMWELT UND GEOLOGIE (2000): Gewässergütekarte. - www.tlug-jena.de/content/frs/fach_03/umweltdaten/karten/karte4.pdf
- GEWÄSSERGÜTEKARTE SACHSEN-ANHALT (2000): www.sachsen-anhalt.de/LPSA/fileadmin/files/gg2000_04.pdf
- WASSER- UND SCHIFFFAHRTSAMT VERDEN (2009). <http://www.wsv.de/wsa-ver/wasserstrassen/weser/index.html>