

UMWELTFORSCHUNGSPLAN DES
BUNDESMINISTERIUMS FÜR UMWELT,
NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT

Forschungsbericht 298 26 516
UBA-FB 000607



**Regen(ab)wasserbehandlung
und -bewirtschaftung unter
Berücksichtigung der
Anforderungen nach § 7a WHG
und einer möglichst
ortsnahen Versickerung**

von

Prof. Dr.-Ing. Friedhelm Sieker

Universität Hannover
Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und
landwirtschaftlichen Wasserbau

Weitere Bearbeiter:

Büro Wassmann

Fachhochschule Lübeck

Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Diese TEXTE-Veröffentlichung kann bezogen werden bei

Vorauszahlung von 10,00 €

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

Konto Nummer 432 765-104 bei der
Postbank Berlin (BLZ 10010010)
Fa. Werbung und Vertrieb,
Wolframstraße 95-96,
12105 Berlin

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

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

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

Redaktion: Fachgebiet III 3.5
Dr. Ulrich Hagendorf

Berlin, April 2004

Berichts-Kennblatt

1. Berichtsnummer UBA FB 000607	2.	3.
4. Titel des Berichts Regen(ab)wasserbehandlung und -bewirtschaftung unter Berücksichtigung der Anforderungen nach § 7a WHG und einer möglichst ortsnahen Versickerung		
5. Autor(en), Name(n), Vorname(n) Universität Hannover Büro Wassmann Fachhochschule Lübeck Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH	8. Abschlussdatum 31.10.2003	
6. Durchführende Institution (Name, Anschrift) Universität Hannover Welfengarten 1 30167 Hannover	9. Veröffentlichungsdatum UBA-Texte 09/04	
	10. Projekt- Nr.	
	11. Seitenzahl 253	
	12. Literaturangaben 127	
7. Fördernde Institution (Name, Anschrift) Umweltbundesamt, Postfach 33 00 22, D-14191 Berlin	13. Tabellen 28	
	14. Abbildungen 41	
	15. Zusätzliche Angaben	
16. Kurzfassung Die auf Siedlungs- und Verkehrsflächen anfallenden Regenabflüsse bedürfen dringend einer Konkretisierung der Anforderungen, die an ihre Behandlung und Bewirtschaftung hinsichtlich der Einleitung in den natürlichen Wasserkreislauf zu stellen sind. Dieses ergibt sich unmittelbar aus § 7a WHG. Bei der Formulierung von Anforderungen sind die Besonderheiten des Regen(ab)wassers hinsichtlich seiner Entstehung und seiner möglichen Bewirtschaftung und Behandlung im Vergleich zu anderen Abwasserarten zu berücksichtigen. Die Bewirtschaftung und Behandlung der Regenabflüsse kann auf vier verschiedenen „Anforderungsebenen“ bezogen werden: „vor Ort“, „Einzugsgebiet“, „Einleitung in oberirdische Gewässer“, „Einleitung in Boden und Grundwasser“. Nach § 7a WHG ist zwischen „vorhandenen Einleitungen“ und „neuen Einleitungen“ zu unterscheiden. Als dritte Fallunterscheidung sollte künftig die „Erschließung von Erweiterungsgebieten“ einbezogen werden. Die in diesem Bericht bezüglich der vorgenannten Anforderungsebenen formulierten konkreten Anforderungen beziehen sich auf die beiden letztgenannten Fälle. Sie können jedoch auch beispielgebend für vorhandene Einleitungen sein. Die Anforderungen haben generell das Ziel, die Bewirtschaftung und Behandlung der in Siedlungsgebieten anfallenden Regenabflüsse dem Zustand anzunähern, der hinsichtlich des Wasser- und Stoffhaushalts vor der Bebauung existiert hat. Dies ist nur zu erreichen, wenn die Regenabflüsse möglichst dezentral bewirtschaftet und behandelt werden. Dafür werden Fallbeispiele in diesem Bericht dokumentiert. Der Bericht enthält ferner eine ausführliche Übersicht über den gegenwärtigen Stand der Regen(ab)wasserbewirtschaftung in Deutschland hinsichtlich rechtlicher Grundlagen, zugehöriger Regelwerke und technischer Verfahren und einen Vergleich mit den entsprechenden Verhältnissen in den Niederlanden, den USA und der Schweiz. Aus letzterem ergibt sich, dass in Deutschland bezüglich der Anforderungen zur Behandlung und Bewirtschaftung der in Siedlungsgebieten anfallenden Regenabflüsse ein Nachholbedarf besteht.		
17. Schlagwörter Bodenwasserhaushalt, Gewässer, Internationaler Vergleich, Mischkanalisation, Mischwasser, Retention, Regenwasser, Regen(ab)wasserbehandlung, Regen(ab)wasserbewirtschaftung, Trennkanalisation, Versickerung, Wasserhaushalt, WHG § 7a, EU Wasserrahmenrichtlinie		
18. Preis	19.	20.

Report Cover Sheet

1. Report No. UBA-FB 000607	2.	3.
4. Report Title Stormwater treatment and management regarding §7a WHG and on site infiltration		
5. Autor(s), Family Name(s), First Name(s) Sieker, Friedhelm; Sieker, Heiko; Sommer, Harald Grottker, Matthias Wassmann, Hartmut	8. Report Date	
6. Performing Organisation (Name, Address) University of Hannover Institut f. Wasserwirtschaft, Hydrologie + landw. Wasserbau Welfengarten 1 30167 Hannover	9. Publication Date	
7. Sponsoring Agency (Name, Address) Umweltbundesamt, Postfach 33 00 22, D-14191 Berlin	10. UFOPLAN-Ref. No.	
	11. No. of Pages 253	
	12. No. of Reference 127	
	13. No. of Tables, Diagrams 28	
	14. No. of Figures 41	
15. Supplementary Notes		
16. Abstract Regulations for management and treatment of storm water runoff from sealed areas like roofs and streets need to be established because of requirements for quality and quantity of outlets into receiving waters. This demand is due to the §7a WHG (german water act). The new regulations deriving from §7a WHG have to consider the specific modes of forming and the possibilities of managing and treating storm water runoff in comparison to other types of waste water. There can be found 4 levels of demands for treatment and management: "on site", "catchment area", "inflows into receiving waters" and "infiltration into soil and groundwater". A difference has to be made between existing and new outlets. As a third case "enlargement of existing areas" is to be mentioned. The levels of demand in this report mostly correspond to new outlets, but could be also transferred to existing outlets. All demands have the aim to establish a stormwater management system which is getting close to a natural water cycle, which has existed before human change of sealing area. This regards not only quantity but also quality matters. Therefore it is recommended to manage and treat storm water merely decentralized. This was proved by the examples mentioned in this report. Further on the report prevails an overview about legislation, directives and technical methods in the Netherlands, Switzerland and the United States. These a compare with german standards. As a result Germany has still a demand in improving storm water management and treatment in international comparison.		
17. Keywords Soil water cycle, water bodies, international comparison, combined sewer system, seperated sewer system, retention, storm water, storm water management, stormwater treatment, infiltration, WHG §7a (german water act), EU water framework directive, legislation, on site infiltration		
18. Price	19.	20.

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	7
2.	Stand der Regen(ab)wasserbewirtschaftung	13
2.1.	Stand der Regen(ab)wasserbewirtschaftung in Deutschland	13
2.1.1.	Rechtliche Grundlagen	13
2.1.1.1.	EU-Richtlinien	13
2.1.1.1.1.	Gewässerschutzrichtlinie	13
2.1.1.1.2.	Badegewässerrichtlinie	14
2.1.1.1.3.	Richtlinie über die Behandlung von kommunalem Abwasser	15
2.1.1.1.4.	Richtlinie über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung	16
2.1.1.1.5.	EU-Wasserrahmenrichtlinie	17
2.1.1.2.	Recht der Bundesrepublik Deutschland	18
2.1.1.2.1.	Wasserhaushaltsgesetz	18
2.1.1.2.2.	Abwasserabgabengesetz	20
2.1.1.2.3.	Abwasserverordnung	21
2.1.1.2.4.	Bundesnaturschutzgesetz	21
2.1.1.2.5.	Bodenschutzgesetz	22
2.1.1.2.6.	Bodenschutzverordnung	23
2.1.1.2.7.	Baugesetzbuch (Bauleitplanung)	24
2.1.1.2.8.	Weitere Verordnungen und Verwaltungsvorschriften des Bundes	25
2.1.1.2.9.	Sonstige gesetzliche Regelungen des Bundes	26
2.1.1.3.	Recht der Länder	27
2.1.1.3.1.	Landeswassergesetze	27
2.1.1.4.	Kommunalrecht	29
2.1.1.5.	Zusammenfassung	30
2.1.2.	Regelwerke	31
2.1.2.1.	CEN-/DIN-Normen	32
2.1.2.2.	ATV-Regelwerk	32
2.1.2.2.1.	ATV-Arbeitsblatt A101/Merkblatt M101	32
2.1.2.2.2.	ATV-Arbeitsblatt A105	34
2.1.2.2.3.	ATV-Arbeitsblatt A106	34
2.1.2.2.4.	ATV-Arbeitsblätter A110/A111/A112	34
2.1.2.2.5.	ATV-Arbeitsblatt A117	35
2.1.2.2.6.	ATV-Arbeitsblatt A118	35
2.1.2.2.7.	ATV-Arbeitsblatt A128	37
2.1.2.2.8.	ATV-Arbeitsblatt A131	39
2.1.2.2.9.	ATV-Arbeitsblatt A138	40
2.1.2.2.10.	ATV-Merkblatt M153	40
2.1.2.3.	DVWK-Richtlinien/Merkblätter	41
2.1.2.4.	BWK-Merkblätter	42
2.1.2.5.	RAS-Vorschriften	43
2.1.2.5.1.	RAS-Ew	43
2.1.2.5.2.	RiStWag	43
2.1.2.6.	Sonstige	44
2.1.3.	Zusammenfassung	44
2.2.	Regen(ab)wasserbewirtschaftung im internationalen Vergleich	44
2.2.1.	Überblick	44
2.2.2.	Gegenwärtiger Stand in Deutschland	45

2.2.2.1.	Vorherrschende Entwässerungsverfahren.....	45
2.2.2.2.	Mischwasserbehandlung.....	48
2.2.2.3.	Regen(ab)wasserbehandlung.....	49
2.2.2.4.	Fazit.....	49
2.2.3.	Niederlande	52
2.2.3.1.	Vorbemerkung.....	52
2.2.3.2.	Allgemeines.....	52
2.2.3.3.	Rechtliche Vorgaben zum Gewässerschutz	53
2.2.3.4.	Hydraulik	54
2.2.3.5.	Mischwasserbehandlung.....	55
2.2.3.6.	Vorgaben für Neuplanungen.....	57
2.2.3.7.	Dezentrale Regen(ab)wasserbewirtschaftungsmaßnahmen.....	57
2.2.4.	Vereinigte Staaten von Amerika	58
2.2.4.1.	Allgemeines.....	58
2.2.4.2.	Rechtliche Vorgaben.....	58
2.2.4.3.	Gewässerschutz (TMDL-Programm)	59
2.2.4.4.	Mischwasserbehandlung (NPDES Program: Combined Sewer Overflows) ..	61
2.2.4.5.	NPDES Stormwater Program	64
2.2.4.6.	Best Management Practices	64
2.2.5.	Schweiz	66
2.2.6.	Vergleichende Auswertung.....	68
2.2.6.1.	Hydraulische Sicherheit von Kanalnetzen	68
2.2.6.2.	Mischwasserbehandlung.....	69
2.2.6.3.	Regen(ab)wasserbehandlung.....	70
2.2.6.4.	Integrale Planung	70
2.2.6.5.	Alternative Regen(ab)wasserbewirtschaftungsmaßnahmen	71
2.2.6.6.	Fazit.....	71
3.	Anforderungsebenen und Zielgrößen	73
3.1.	Allgemeine Entwicklungsziele und Differenzierung der Anforderungsebenen	73
3.2.	Anforderungen an das Regenwasser „vor Ort“	75
3.3.	Anforderungen an das Regenwasser für das „Einzugsgebiet der Erlaubniserteilung“	75
3.4.	Anforderungen an das Regenwasser bei „Einleitung in ein Oberflächengewässer“	77
3.4.1.	Hydraulische Gewässerbelastung.....	77
3.4.2.	Feststoffrückhalt	78
3.5.	Anforderungen an das Regenwasser bei „Einleitung in Boden und Grundwasser“	80
3.6.	Rechtlich administrative Aspekte.....	81
4.	Ansätze und Verfahren zur Regen(ab)wasserbehandlung- und bewirtschaftung unter besonderer Berücksichtigung ortsnaher Versickerungen	85
4.1.	Einleitung	85
4.2.	Neubaugebiete	86

4.2.1.	Maßnahmen zur Verminderung der Versiegelung	86
4.2.1.1.	Dachbegrünungen.....	86
4.2.1.1.1.	Maßnahmenbeschreibung	86
4.2.1.1.2.	Quantitative Wirkung auf den Niederschlag-Abfluss-Prozess	87
4.2.1.1.3.	Schadstoffreduktion und Rückhalt.....	90
4.2.1.1.4.	Rechtliche Grundlagen, Bemessung	91
4.2.1.1.5.	Herstellungskosten	91
4.2.1.1.6.	Betriebskosten, Nutzungsdauer.....	91
4.2.1.2.	Durchlässige Pflasterungen	91
4.2.1.2.1.	Maßnahmenbeschreibung	91
4.2.1.2.2.	Rechtliche Grundlagen, Bemessung	92
4.2.1.2.3.	Quantitative Wirkung auf den Wasserhaushalt.....	92
4.2.1.2.4.	Schadstoffreduktion und Rückhalt.....	94
4.2.1.2.5.	Herstellungskosten	94
4.2.1.2.6.	Betriebskosten, Nutzungsdauer.....	95
4.2.2.	Maßnahmen zur Verminderung des Stoffaustrags in Regenabflüssen.....	95
4.2.2.1.	Schadstoffe im Regenwasserabfluss.....	95
4.2.2.2.	Frachtbelastung der Gewässer in Deutschland durch Kläranlagenabläufe aus Schmutzwasser und niederschlagsbedingten Einleitungen.....	104
4.2.2.3.	Verminderung der Schadstoffbelastung durch Vermischungsvermeidung..	106
4.2.3.	Bewirtschaftungsmaßnahmen bei möglicher vollständiger Versickerung	108
4.2.3.1.	Allgemeines zur vollständigen Versickerung	108
4.2.3.2.	Zu empfehlende technische Lösungen	109
4.2.3.2.1.	Flächenversickerung.....	109
4.2.3.2.2.	Muldenversickerung.....	110
4.2.3.2.3.	Versickerungsbecken.....	111
4.2.3.2.4.	Mulden-Rigolen-Versickerung.....	112
4.2.3.3.	Nicht zu empfehlende technische Lösungen	113
4.2.3.3.1.	Versickerungsschacht.....	114
4.2.3.3.2.	Rohr-Rigolen-Versickerung.....	115
4.2.4.	Bewirtschaftungsmaßnahmen bei unvollständiger Versickerung.....	115
4.2.4.1.	Allgemeines zur unvollständigen Versickerung	115
4.2.4.2.	Konzeptionelle Lösung bei unvollständiger Versickerung	116
4.2.4.3.	Technische Lösung zum Konzept des „Mulden-Rigolen-Systems“	116
4.2.4.3.1.	Oberirdische Anlagenteile.....	117
4.2.4.3.2.	Unterirdische Anlagenteile	120
4.2.4.4.	Vergleichende Diskussion.....	122
4.2.4.5.	Zusammenfassende Beurteilung des Mulden-Rigolen-Systems	123
4.2.5.	Bewirtschaftungsmaßnahmen bei Ableitung	123
4.3.	Bestandsgebiete	123
4.3.1.	Einführung	123
4.3.2.	Erfassung des Umstellungs- und Bewirtschaftungspotentials	125
4.3.3.	Auswirkung auf die Kanalnetzhydraulik.....	127
4.3.4.	Auswirkung auf die Reduzierung von Mischwasserüberläufen	128
4.3.4.1.	Allgemeines.....	128
4.3.4.2.	Praktisches Vorgehen	130
4.4.	Erweiterungsgebiete	131
4.4.1.	Allgemeines	131
4.4.2.	Regen(ab)wasserbewirtschaftung in Erweiterungsgebieten	131
4.4.3.	Schmutzwasserentsorgung der Erweiterungsgebiete	133
5.	Zusammenfassung der Ergebnisse und Empfehlungen	135

5.1. Ergebnisse	135
5.2. Fazit und Empfehlungen	140
6. Literaturverzeichnis	143

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Dreiteilung der Einleitungssystematik	11
Abb. 2: Verbessertes Trennsystem nach niederländischem Verständnis	57
Abb. 3: Ablaufschema TMDL [EPA (1991)]	60
Abb. 4: Regen(ab)wasserbewirtschaftung durch Dachbegrünung [OPTIMA (1999)]	88
Abb. 5: Gründach mit Einstau	88
Abb. 6: Jährliche, abflusswirksame Niederschlagshöhen eines Ziegel- und eines begrünten Schrägdaches im Vergleich (*1975 bleibt aufgrund fehlender Messdaten unberücksichtigt)	89
Abb. 7: Retentionsvermögen eines Ziegel- und eines begrünten Schrägdaches im Vergleich (* 1975 bleibt aufgrund fehlender Messdaten unberücksichtigt)	89
Abb. 8: Abflussganglinien eines Ziegel- und eines begrünten Schrägdaches unter Berücksichtigung unterschiedlicher Anfangs-Wassergehalte des Substrats für eine Regenspende $r_{15}(n=1) = 100 \text{ l/(s}\cdot\text{ha)}$	90
Abb. 9: Abflussverhalten einer wasserdurchlässigen Pflasterung bei abnehmenden K_f -Wert (Annahmen: Versickerung über die Pflasterfuge, 10 % Fugenanteil, 5mm Einstau auf der Fläche möglich, bevor ein Abfluss auftritt)	93
Abb. 10: Verteilung verschiedener Stoffparameter auf unterschiedliche Korngrößen [GÖTTLE (1978)]	97
Abb. 11: Zinkkonzentration in den Sedimenten und Zinkflächenanteile an den Dächern	100
Abb. 12: Kupferkonzentrationen in den Sedimenten und Kupferanteile an Dächern	101
Abb. 13: Bleikonzentrationen in den Sedimenten und Bleiflächenanteile an den Dächern	102
Abb. 14: Vergleich der Medianwerte für Trennkanalisationen und Mischwasserüberläufe	102
Abb. 15: Tiefbeet in einer Wohnstraße	118
Abb. 16: Schematischer Lageplan des INNODRAIN-Systems (Ausschnitt)	118
Abb. 17: Aufsicht und Längsschnitt eines Tiefbeet-Rigolen-Elementes	119
Abb. 18: Straßenquerschnitt mit INNODRAIN-System	121

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: EU-Richtlinien zum Gewässerschutz	14
Tab. 2: Geringfügigkeitsschwellenwerte „Anorganische Stoffe“	23
Tab. 3: Geringfügigkeitsschwellenwerte „Organische Stoffe“	24
Tab. 4: Auswahl von DVWK-Regeln und Merkblättern mit einem Zusammenhang zur Regen(ab)wasserbewirtschaftung	41
Tab. 5: Zuwächse bei der Kanalisation [ATV, (1997)]	47
Tab. 6: Bandbreite mittlerer und maximaler Konzentrationen ausgewählter Parameter im Regen- und Mischwasser [LAMMERSEN (1997)]	96

Tab. 7:	Gegenüberstellung der Schwermetallbelastung von Dach- und Straßenabflüssen [Herrmann/Kayser (1997)]	99
Tab. 8:	Statistisch ausgewertete Parameter.....	101
Tab. 9:	Grenzwerte der Abwasserverordnung, Anhang 1 (Angaben in mg/l)	103
Tab. 10:	Mittlere Ablaufkonzentrationen der Kläranlagen in alten und neuen Bundesländern im Vergleich zu Medianwerten in Trennsystemen und Mischwasserüberläufen.....	103

Anhang

Dokumentation von Fallbeispielen

1. EINLEITUNG

§ 7a des Wasserhaushaltsgesetzes des Bundes behandelt die „Anforderungen an das Einleiten von Abwasser“ in die Gewässer. Auch Regenwasserabflüsse, soweit diese aus dem Bereich befestigter Flächen gesammelt abgeleitet werden, fallen unter den Begriff „Abwasser“. § 7a lautet in der Fassung nach der 6. Novellierung vom 12. November 1996 [WHG (1996)] wie folgt:

Eine Erlaubnis für das Einleiten von Abwasser darf nur erteilt werden, wenn die Schadstofffracht des Abwassers so gering gehalten wird, wie dies bei Einhaltung der jeweils in Betracht kommenden Verfahren nach dem Stand der Technik möglich ist. § 6 bleibt unberührt. Die Bundesregierung legt durch Rechtsverordnung mit Zustimmung des Bundesrates Anforderungen fest, die dem Stand der Technik entsprechen. Diese Anforderungen können auch für den Ort des Anfalls des Abwassers oder vor seiner Vermischung festgelegt werden.

Für vorhandene Einleitungen werden in der Rechtsverordnung nach Absatz (1) Satz 3 abweichende Anforderungen festgelegt, wenn und soweit die danach erforderlichen Anpassungsmaßnahmen unverhältnismäßig wären.

Entsprechen vorhandene Einleitungen von Abwasser nicht den Anforderungen nach Absatz (1) Satz 3 oder Absatz (2), so stellen die Länder sicher, dass die erforderlichen Maßnahmen in angemessenen Fristen durchgeführt werden.

Die Länder stellen auch sicher, dass bei dem Einleiten von Abwasser in eine öffentliche Abwasseranlage die Absatz (1) Satz 4 maßgebenden Anforderungen eingehalten werden. Absatz 3 gilt entsprechend.

Stand der Technik im Sinne des Absatzes (1) ist der Entwicklungsstand technisch und wirtschaftlich durchführbarer fortschrittlicher Verfahren, Einrichtungen oder Betriebsweisen, die als beste verfügbare Techniken zur Begrenzung von Emissionen praktisch geeignet sind.

Nach Absatz 1 Satz 3 legt also die Bundesregierung Anforderungen durch Rechtsverordnung mit Zustimmung des Bundesrates fest. Eine solche Rechtsverordnung besteht inzwischen in Form der Abwasserverordnung. Allerdings enthält diese Abwasserverordnung bisher nur Anforderungen für häusliches,

ordnung bisher nur Anforderungen für häusliches, gewerbliches oder industrielles Schmutzwasser, nicht aber für Regenwasser. Insofern ist hier eine rechtsverordnerische Lücke zu schließen. Es ist Sinn und Zweck des vorliegenden Projektes dafür fachliche Vorarbeit zu leisten.

Für die Projektbearbeitung ergeben sich aus dem Gesetzestext folgende Vorgaben, die zu berücksichtigen sind:

Nach § 7a Absatz (2) sind hinsichtlich vorhandener Einleitungen abweichende Anforderungen festzulegen, wenn und soweit die erforderlichen Anpassungsmaßnahmen unverhältnismäßig wären, d.h., es ist zwischen Anforderungen für neue und vorhandene Einleitungen zu unterscheiden. Dieses ist auch bei der Festlegung von Anforderungen für die Einleitung von Regenwasser zu berücksichtigen. Entsprechend wird auch in der Bearbeitung des vorliegenden Projektes zwischen Anforderungen für neue und vorhandene Regenwassereinleitungen unterschieden. Eine neue Einleitung ist zumindest dadurch definiert, dass dafür eine wasserrechtliche Erlaubnis erstmalig beantragt wird.

Eine weitere Vorgabe für die Bearbeitung des vorliegenden Projektes ergibt sich aus dem Text des § 7a insofern, als nach Absatz (1) Satz 3 Anforderungen festzulegen sind, die dem „Stand der Technik“ entsprechen. Was unter dem „Stand der Technik“ zu verstehen ist, wird im Absatz (4) ausführlich beschrieben. Auf die Einleitung von Regenwasserabflüssen bezogen, bedeutet die Forderung nach dem „Stand der Technik“, dass vor allem die in den letzten Jahren entwickelten „Verfahren der dezentralen (orts-nahen) Regen(ab)wasserbewirtschaftung“, bei denen die Versickerung eine wesentliche Rolle spielt, zu berücksichtigen sind. Dieses kommt entsprechend im Titel des vorliegenden Projektes zum Ausdruck.

Im Absatz (1), Satz 4 ist fernerhin ausdrücklich erwähnt, dass die Anforderungen auch für den Ort des Anfalls des Abwassers oder vor seiner Vermischung festgelegt werden können. Dieses ist für Regenwasserabflüsse insofern von besonderer Bedeutung, weil mit dem Hinweis auf den „Ort des Abwasseranfalls“ dezentral differenzierte Anforderungen je nach Herkunftsfläche der Regenabflüsse festgelegt werden können. Der Hinweis auf mögliche Anforderungen, die „vor der Vermischung“ erhoben werden können, kann auf Regenwasserabflüsse bezogen bedeuten, dass Anforderungen gestellt werden können, die Vermischung von Schmutzwasser oder hochverschmutzten Re-

genabflüssen einerseits und gering verschmutzten Regenabflüssen andererseits bereits am Ort der Entstehung zu vermeiden sind.

Ziel des vorliegenden Projektes ist vor allem, den Stand der Technik hinsichtlich der Ansätze und Verfahren zur Regen(ab)wasserbewirtschaftung und –behandlung zusammenzustellen, zu prüfen und zu bewerten. Damit soll eine fachliche Basis für die Festlegung künftiger Anforderungen an die Einleitung von Regen(ab)wasser gelegt werden. Die ortsnahe Versickerung wird eine wesentliche Komponente dieser Ansätze und Verfahren sein, aber bei weitem nicht die einzige. Kernpunkt dieser Arbeit ist die Definition von Zielen zum Schutz des natürlichen Wasserhaushalts.

Zur Erreichung der Zielstellung bedarf es einer gründlichen Bestandsaufnahme des bisherigen Standes der Praxis in Deutschland in rechtlicher und technischer Hinsicht (Kapitel 2). Zur Vereinheitlichung technischer Regeln im europäischen Rahmen wird auch auf den diesbezüglichen Stand der Praxis in der Schweiz und in den Niederlanden eingegangen. Im außereuropäischen Vergleich werden die Verhältnisse in den USA ausgewertet.

Mögliche künftige Anforderungen an die Bewirtschaftung und Behandlung von Regenabflüssen werden in Kapitel 3 erarbeitet. Im Hinblick darauf, dass die genaue Festlegung der Anforderungen im Rahmen einer Rechtsverordnung der Bundesregierung erfolgen soll, werden hier Bandbreiten mit Mindest- und Maximalanforderungen herausgearbeitet, die als Vorgabe für Entscheidungsprozesse dienen können. Bei den Anforderungen sind die Besonderheiten des Regen(ab)wassers hinsichtlich seiner Entstehung und seiner möglichen Bewirtschaftung und Behandlung im Vergleich zu den anderen Abwasserarten zu berücksichtigen.

Anforderungen an die Bewirtschaftung und Behandlung der Regenabflüsse können auf vier verschiedene „Anforderungsebenen“ gestellt werden:

Die Anforderungsebene „vor Ort“ bezieht sich auf die Bewirtschaftung und Behandlung von Regenabflüssen bereits am Ort der Entstehung. Die Anforderung kann z.B. darin bestehen, auf die Verwendung bestimmter Flächenbeläge zu verzichten, weil die zu erwartende Mobilisierung von Stoffen eine unzulässige Umweltbelastung darstellt. Oder die Anforderung lautet, dass Regenabflüsse von Straßen bestimmter Verkehrsbelastung vor einer Versickerung zwingend weitergehend zu behandeln

sind. Eine weitgehende Anforderung kann darin bestehen, entsprechend § 7a Absatz (1) Satz 4 die Vermischung von gering verschmutzten Regenabflüssen und Schmutzwasser zu vermeiden. Dieses kommt einem Verbot bzw. einer starken Einschränkung der gemeinsamen Ableitung von Regen- und Schmutzwasser gleich.

Mit der Anforderungsebene „Einzugsgebiet der Erlaubniserteilung“ ist hier das auf Regen(ab)wasserabflüsse bezogene hydrologische Einzugsgebiet einer Einleitung gemeint, für die eine wasserrechtliche Erlaubnis beantragt wird oder erneuert werden soll. Bei der Einleitung kann es sich um eine punktuelle Einleitungsstelle in ein oberirdisches Gewässer handeln (z.B. ein Auslauf- oder Überlaufbauwerk einer Kanalisation) oder um eine punktuelle oder flächenhaft ausgedehnte Einleitung in das Grundwasser (z.B. über ein Versickerungsbecken oder über dezentrale Versickerungsanlagen). Bezogen auf ein solches Einzugsgebiet kann z.B. die Anforderung nach einem „nachhaltig ausgeglichenen natürlichen Gebietswasserhaushalt“ gestellt werden. Daher sollten Grundwasserneubildung, Verdunstung und Abfluss des definierten Gebietes im Rahmen tolerierbarer Grenzen dem Gebietswasserhaushalt seines unbebauten Zustandes entsprechen.

Die Anforderungsebene „Einleitung in Oberflächengewässer“ betrachtet punktuelle Einleitungen in Form der Ausmündung von Trennkanalisationen oder in Form der Überlaufbauwerke von Mischkanalisationen (im Bestand). Auf solche Einleitungsstellen können „emissionsbezogene“ oder „immissionsbezogene“ Anforderungen gestellt werden. Emissionsbezogene Anforderungen bestehen z.B. darin, unabhängig von der Art und Belastbarkeit des aufnehmenden Gewässers, häufigkeitsbezogene höchstzulässige Grenzwerte der Abflüsse oder Schmutzfrachten festzusetzen. Die Grenzwerte können sich auf bestimmte Zeitabschnitte, z.B. auf Jahre oder auf die einzelnen Ereignisse der Regenabflüsse beziehen. Immissionsbezogene Anforderungen bestehen andererseits darin, häufigkeitsbezogene höchstzulässige Belastungszustände der aufnehmenden Gewässer festzusetzen. Eine Anforderung kann z.B. darin bestehen, dass ein durch Einleitungen verursachter fischkritischer Sauerstoffzustand im Gewässer nur mit einer bestimmten großen Wiederkehrzeit bzw. geringer Dauer und Intensität auftreten darf. Im Rahmen dieses Berichts beschränken sich die Ausführungen entsprechend § 7a WHG nur auf emissionsbezogene Zielgrößen.

Die Anforderungsebene „Einleitung in Boden und Grundwasser“ durch Versickerung erfordert aufgrund der hohen Schutzbedürftigkeit des Grundwassers und der weitgehenden Irreversibilität von Verunreinigungen besondere Anforderungen an den Gütezustand des versickernden Regenwassers. Emissionsbezogene Anforderungen im Sinne von „Geringfügigkeitsschwellenwerten“ sollten aus Gründen des vorsorgenden Grundwasser- und Bodenschutzes aus den Prüfwerten der Bodenschutzverordnung abgeleitet werden. Sie sind beim Versickerungsvorgang unter allen Umständen am Grundwassersaum einzuhalten. Weitere Anforderungen könne sich auf die Vermeidung von Grundwasserstandshebungen oder –senkungen und Vernässungen beziehen.

In Kapitel 4 dieses Berichts werden die aus Kapitel 2 abzuleitenden Ansätze und Verfahren für eine künftige Regen(ab)wasserbewirtschaftung und –behandlung mit den in Kapitel 3 genannten Anforderungsebenen in Zusammenhang gebracht und auf die nach § 7a Absatz (2) zu unterscheidenden Kategorien „Neue Einleitungen“ und „Vorhandene Einleitungen“ angewendet. Mit Blick auf die Praxis empfiehlt es sich jedoch, in der Einleitungssystematik eine weitere Kategorie einzuführen, die der „Erweiterung vorhandener Einleitungen“. Darunter sind Entwässerungssysteme zu verstehen, für deren vorhandenen Teil es zwar eine Einleitungserlaubnis gibt, die aber durch Erwei-

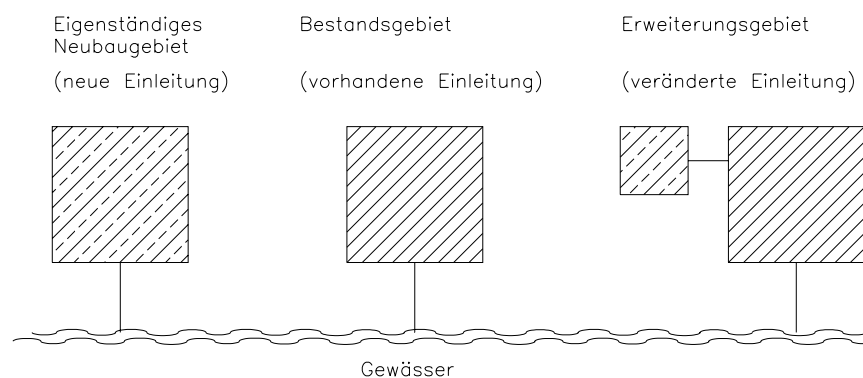


Abb. 1: Dreiteilung der Einleitungssystematik

terungsgebiete oder durch Maßnahmen innerhalb des vorhandenen Systems signifikante Änderungen der Einleitungscharakteristiken erfahren.

Für den Anschluss der neuen Gebiete bzw. für die Änderungsmaßnahmen müssen besondere Anforderungen gestellt werden, die einer neuen Einleitungserlaubnis gleichkommen. In Abbildung 1 ist diese Dreiteilung der Einleitungssystematik symbolisch dargestellt. Für jede der drei Einleitungskategorien können verschiedene der vorgenannten Anforderungsebenen im Einzelfall in Betracht kommen, so dass für die Erarbeitung konkreter Anforderungen mehrere Fälle unterschieden werden müssen. Für jede Einleitungskategorie „Neubaugebiet“, „Bestandsgebiete“ und „Erweiterungsgebiete“ werden die vorgenannten Anforderungsebenen diskutiert und Bandbreiten für konkrete Anforderungen ermittelt.

Im Anhang sind Anwendungsbeispiele für die drei Einleitungskategorien aufgeführt, die von lokalen Einzelmaßnahmen bis zu einzugsgebietsweiten Untersuchungen führen.

2. STAND DER REGEN(AB)WASSERBEWIRTSCHAFTUNG

2.1. Stand der Regen(ab)wasserbewirtschaftung in Deutschland

2.1.1. Rechtliche Grundlagen

Die rechtlichen Grundlagen zur Regen(ab)wasserbewirtschaftung sind verteilt auf: EU-Recht, Recht der Bundesrepublik Deutschland, Recht der Bundesländer und Kommunales Recht.

2.1.1.1. EU-Richtlinien

In den letzten 30 Jahren wurden seitens der Europäischen Union ca. 20 Richtlinien erlassen, die den Gewässerschutz betreffen [EU-Kommission (1998)]. Die verschiedenen Richtlinien beinhalten sowohl immissionsorientierte Qualitätsziele als auch emissionsorientierte Vorgaben (Tab. 1). Die wichtigsten Richtlinien in Bezug auf die Regen(ab)wasserbewirtschaftung werden im Folgenden kurz erläutert:

2.1.1.1.1. Gewässerschutzrichtlinie

Die Richtlinie über gefährliche Stoffe - die sogenannte Gewässerschutzrichtlinie - wurde 1976 erlassen, um die Verschmutzung der Oberflächengewässer insbesondere durch langlebige, toxische, biologisch akkumulierbare Stoffe zu reduzieren [EU-Richtlinie 76/464/EWG (1976)]. Im Anhang dieser Richtlinie und in den sogenannten Tochterrichtlinien, die in den nachfolgenden Jahren verabschiedet wurden, sind Emissionsnormen für verschiedene Stofffamilien bzw. -gruppen (z.B. organische Phosphorverbindungen) aufgeführt.

Die Mitgliedstaaten sind verpflichtet, diese Grenzwerte anzuwenden oder der Kommission nachzuweisen, dass die ebenfalls in der Richtlinie festgelegten Qualitätsziele im gesamten Einzugsgebiet eingehalten werden. Insofern beinhaltet die Gewässerschutzrichtlinie bereits seit 1976 immissionsorientierte Ansätze. Die Bundesrepublik hat die Vorgaben der Richtlinie in das Wasserhaushaltsgesetz (insbesondere § 7a, s. Abschnitt 2.1.1.2.1) einfließen lassen und sich dabei für die Vorgabe von Emissionsnormen entschieden. Großbritannien und Irland wenden dagegen bis heute den immissionsorientierten Ansatz an. Da die aufgeführten Parameter im wesentlichen in indus-

triell-gewerblichen Abwässern auftreten, ist die Gewässerschutzrichtlinie für die Regen(ab)wasserbewirtschaftung von nicht so großer Relevanz.

Tab. 1: EU-Richtlinien zum Gewässerschutz

Nummer	Jahr	Richtlinie	Ansatz	
			Emission	Immission
75/440/EWG	1975	Richtlinie des Rates über die Qualitätsanforderungen an Oberflächengewässer für die Trinkwassergewinnung		✓
76/160/EWG	1976	Richtlinie über Badegewässer		✓
78/659/EWG	1978	Richtlinie über Fischgewässer		✓
79/923/EWG	1979	Richtlinie über die Qualitätsanforderungen an Muschelgewässer		✓
80/778/EWG	1980	Richtlinie über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserrichtlinie)		✓
76/464/EWG	1976	Richtlinie über gefährliche Stoffe	✓	(✓)
80/68/EWG	1980	Grundwasserrichtlinie	✓	
91/271/EWG	1991	Richtlinie über die Behandlung von kommunalem Abwasser	✓	
91/676/EWG	1991	Richtlinie zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen (Nitratriichtlinie)	✓	
96/61/EG	1996	Richtlinie über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung	✓	✓
94/0152(SYN)	1994	Vorschlag für eine Richtlinie über die ökologische Qualität von Gewässern	✓	✓
	2000	EU-Wasserrahmenrichtlinie	✓	✓

2.1.1.1.2. Badegewässerrichtlinie

In der Badegewässerrichtlinie sind Mindestqualitätsanforderungen für Gewässer festgelegt, in denen „das Baden von den zuständigen Behörden ausdrücklich gestattet ist oder nicht untersagt ist und in denen üblicherweise eine große Anzahl von Personen badet“ [EU-Richtlinie 76/160/EWG (1976)]. Im Anhang der Richtlinie sind chemisch-physikalische und mikrobiologische Parameter aufgeführt. Sind in städtischen Bal-

lungsgebieten Badegewässer ausgewiesen, die direkt oder indirekt durch Abwasser-einleitungen beeinflusst werden können, stellt die Badegewässerrichtlinie eine wichtige Randbedingung für die Regen(ab)wasserbewirtschaftung dar. Im Großraum Berlin beispielsweise ist dieser Zustand vielfach gegeben. Die Bundesländer haben die Badegewässerrichtlinie durch Rechtsverordnung eingeführt.

2.1.1.1.3. Richtlinie über die Behandlung von kommunalem Abwasser

Diese Richtlinie betrifft das Sammeln, Behandeln und Einleiten von kommunalem Abwasser einschließlich des Niederschlagswassers sowie das Behandeln und Einleiten von Industrieabwasser und stellt somit die maßgebende Richtlinie für die Stadtentwässerung dar [EU-Richtlinie 91/271/EWG (1976)].

Mit dieser Richtlinie sind die Mitgliedsstaaten verpflichtet, in den Gemeinden Kanalisationen (zeitlich gestaffelt nach Gemeindegröße und Empfindlichkeit des Gewässers) zu errichten. Für Gemeinden mit mehr als 10.000 EW, die in empfindliche Gewässer einleiten, ist diese Frist am 31.12.1998 ausgelaufen. Einschränkend wird allerdings angeführt, dass auf die Einrichtung einer Kanalisation verzichtet werden kann, wenn diese entweder keinen Nutzen für die Umwelt mit sich bringen würde oder mit übermäßigen Kosten verbunden wäre. Statt dessen können individuelle Systeme oder andere geeignete Maßnahmen errichtet werden, die das gleiche Umweltschutzniveau gewährleisten. Eine dezentrale Regen(ab)wasserbewirtschaftung ist damit ausdrücklich ermöglicht.

Im Anhang der Richtlinie wird ausgeführt, dass bei Entwurf, Bau und Unterhaltung der Kanalisationen die optimalen technischen Kenntnisse zugrunde zu legen sind, die keine unverhältnismäßig hohen Kosten verursachen. Das betrifft insbesondere Menge und Zusammensetzung der kommunalen Abwässer und die Begrenzung einer Verschmutzung der aufnehmenden Gewässer durch Mischwasserüberläufe. Die für die Regen(ab)wasserbewirtschaftung wichtige Thematik der Mischwasserüberläufe ist in dieser Richtlinie ausgeklammert¹⁾.

¹⁾Zu der Problematik der Mischwasserüberläufe heißt es in einer Fußnote: „Da es in der Praxis nicht möglich ist, Kanalisationen und Behandlungsanlagen so zu dimensionieren, dass in Extremsituationen, wie z.B. bei ungewöhnlich starken Niederschlägen das gesamte Abwasser behandelt werden kann, beschließen die Mitgliedstaaten Maßnahmen zur Begrenzung der Verschmutzung aus Regenüberläufen. Solche Maßnahmen könnten vom Mischungsverhältnis, von der Leistungsfähigkeit bezogen auf den Trockenwetterabfluss oder von einer bestimmten tragbaren jährlichen Überlaufhäufigkeit ausgehen“.

Weiterhin sind in der Richtlinie Ablaufgrenzwerte für kommunale Abwasserbehandlungsanlagen aufgeführt. Auch hier wird zwischen „empfindlichen“ und „normalen“ Gewässern unterschieden. Beispielsweise wird für Kläranlagen mit mehr als 100.000 EW bei empfindlichen Gewässern ein maximal zulässiger Gesamtstickstoff im Ablauf von 10 mg/l N gefordert. Kriterien für die Ausweisung von „empfindlichen“ Gewässern sind ebenfalls aufgeführt.

Die EU-Richtlinie über die Behandlung von kommunalem Abwasser wird in den Bundesländern durch Landesverordnungen umgesetzt. Maßnahmen zur Begrenzung der Verschmutzung aus Regenüberläufen sind bislang nicht näher spezifiziert.

2.1.1.1.4. Richtlinie über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung

Mit der IVU-Richtlinie [EU-Richtlinie 96/61/EG (1996)] wird für eine „bestimmte Kategorie von industriellen Tätigkeiten eine integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung durch Koordinierung der behördlichen Entscheidungen über Emissionen in Luft, Wasser und Boden....“ bezweckt¹⁾.

Obwohl sich diese Richtlinie nur mit bestimmten Industriezweigen (z.B. der Energiewirtschaft, der Metallverarbeitung oder der Chemischen Industrie) befasst und somit für die Regen(ab)wasserbewirtschaftung nicht unbedingt relevant ist, lassen die neuen Grundprinzipien weitreichende Konsequenzen für die Wasserwirtschaft erwarten. Bei der Auswahl von Verfahren zur Abwasserreinigung müssten Schadstoffemissionen in Oberflächengewässer und Luft sowie die Klärschlammproblematik viel integraler betrachtet werden, als dies heute der Fall ist. Eine Übertragung der Ansätze auf den Bereich „Regenwasserversickerung“ würde z.B. bedeuten, dass der Grundwasserschutz nicht per se dem Gewässerschutz übergeordnet ist. Vielmehr müsste eine Abwägung erfolgen, welche Maßnahme insgesamt den größten Umweltschutz bewirkt.

Eine weitere Neuerung der IVU-Richtlinie stellt die Einführung des bereits erwähnten Begriffs „Beste verfügbare Techniken“ dar. Die Einführung dieses Begriffes hat bereits

¹⁾ Als Gründe für die Verabschiedung der Richtlinie werden u.a. genannt:

„(1) Die Ziele und Prinzipien der gemeinschaftlichen Umweltpolitik, so wie sie in Artikel 130r des Vertrags festgelegt sind, sind insbesondere auf die Vermeidung, Verminderung und, soweit wie möglich, auf die Beseitigung der Verschmutzung durch Maßnahmen, vorzugsweise an der Quelle selbst, sowie auf eine umsichtige Bewirtschaftung der Ressourcen an Rohstoffen gerichtet, wobei das Verursacher- und Vorsorgeprinzip gelten.“ und „(7) Getrennte Konzepte, die lediglich der isolierten Verminderung der Emissionen in Luft, Wasser oder Boden dienen, können dazu führen,

in der Novellierung des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG § 7a) Eingang gefunden und zwar nicht nur für Anlagen in den o.a. Industriezweigen sondern für alle - auch kommunale - Abwasserbehandlungsanlagen. Die daraus resultierenden Konsequenzen für die deutsche Planungspraxis sind sehr groß (s. Abschnitt 2.1.1.2.1), [SCHNEIDER (1999)].

2.1.1.1.5. EU-Wasserrahmenrichtlinie

Mit der EU-Wasserrahmenrichtlinie [WRRL (2000)] soll die Vielzahl der in Tab. 1 genannten Richtlinien zum Gewässerschutz neu geordnet werden.

Nach Artikel 4 der Richtlinie besteht das allgemeine Ziel darin, nicht nur eine Verschlechterung des Zustandes der Oberflächengewässer und des Grundwassers zu verhindern, sondern alle Oberflächen- und Grundwasserkörper so zu schützen, zu verbessern und zu sanieren, dass ein „guter Zustand der Oberflächengewässer und der Grundwasserkörper“ erreicht wird. Der Begriff „guter Zustand“ ist in die Begriffe „guter ökologischer“ und „guter chemischer“ Zustand unterteilt. Die Einstufungen dieser beiden Begriffe sind im Anhang V der Richtlinie beschrieben. Damit werden durch die Richtlinie im wesentlichen immissionsbezogene Ziele vorgegeben. In Artikel 10 wird jedoch auch gefordert, dass bei Einleitungen in Oberflächengewässer eine „Emissionsbegrenzung auf der Grundlage der besten verfügbaren Technologien“ durchgeführt wird bzw. „einschlägige Emissionsgrenzwerte“ festgelegt werden. Auf die Gültigkeit der anderen in Tab. 1 genannten EU-Richtlinien wird in diesem Zusammenhang verwiesen.

Damit ist aus der EU-Wasserrahmenrichtlinie abzuleiten, dass die Ziele der Regen(ab)wasserbewirtschaftung sich sowohl an emissionsbezogenen wie auch an immissionsbezogenen Vorgaben orientieren müssen. Ferner ist hervorzuheben, dass bezüglich der Begrenzungen, die beste verfügbare Technologie anzuwenden ist. Dieses entspricht der Forderung des § 7a WHG nach Anwendung des Standes der Technik.

dass die Verschmutzung von einem Umweltmedium auf ein anderes verlagert wird, anstatt die Umwelt insgesamt zu schützen.“

2.1.1.2. Recht der Bundesrepublik Deutschland

2.1.1.2.1. Wasserhaushaltsgesetz

Das Wasserhaushaltsgesetz (WHG) [WHG (1996)] ist die bundesrechtliche Grundlage des Wasserrechts in der Bundesrepublik Deutschland und zur Zeit in der 6. Novellierung vom 12. November 1996 gültig¹⁾. Das WHG ist ein Rahmengesetz und keine vollständige Regelung des Wasserrechts. Es benötigt zu seiner Ergänzung und Ausfüllung die Landeswassergesetze.

Mit der 6. Novelle sind gegenüber der Fassung von 1996 einige wichtige Neuerungen in das WHG aufgenommen worden. In § 1a, Abs. 1 wurde neben den bisherigen Bewirtschaftungsgrundsatz eine Sicherungspflicht der Gewässer als Bestandteil des Naturhaushalts und als Lebensraum für Tiere und Pflanzen gestellt. Im Rahmen der Bewirtschaftung haben vermeidbare Beeinträchtigungen der ökologischen Funktionen der Gewässer grundsätzlich zu unterbleiben. Damit erfolgte eine deutliche Stärkung des Gewässerschutzes gegenüber der anthropogenen Nutzung.

Weiterhin heißt es in Absatz 2: „Jedermann ist verpflichtet, bei Maßnahmen, mit denen Einwirkungen auf ein Gewässer verbunden sein können, die nach den Umständen erforderliche Sorgfalt anzuwenden, um eine Verunreinigung des Wassers oder eine sonstige nachteilige Veränderung seiner Eigenschaften zu verhüten, um eine mit Rücksicht auf den Wasserhaushalt gebotene sparsame Verwendung des Wassers zu erzielen“. Der folgende Text ist neu eingefügt worden: „... um die Leistungsfähigkeit des Wasserhaushalts zu erhalten und um eine Vergrößerung und Beschleunigung des Wasserabflusses zu vermeiden“. Die Motivation für diese Formulierung liegt in der weiterhin stark zunehmenden Versiegelung und deren nachteiliger Wirkung auf den Wasserhaushalt (Begründung zum WHG mit Verweis auf LAWA [LAWA (1995)]). Dem klassischen Ableitungsprinzip der Siedlungswasserwirtschaft wird damit eine deutliche Absage erteilt. Diese Formulierung stellt eine wichtige Vorgabe für die Bearbeitung der vorliegenden Aufgabenstellung dar.

¹⁾ Seit Juli 2001 ist mit dem Artikelgesetz zur Umsetzung der IVU-/UVP-Richtlinie das Anforderungsspektrum an die Abwasserbehandlung erheblich erweitert worden. Auf der Basis der „Vorsorge und der Vorbeugung“ ist insbesondere die „Gesamtwirkung der Emissionen“ zu berücksichtigen und nicht nur die schmutzwasserbedingte Erhöhung der Gewässerschadstofffracht (§ 7 a WHG Abs. 5, Anlage: Kriterien zur Bestimmung des Standes der Technik, Punkt 10). Dahinter steht die Grundlinie des Transferverbotes von Schadstoffen in andere Umweltmedien. Mit der Regen(ab)wasserentsorgung werden zurzeit erhebliche Schadstofffrachten in die Gewässer eingetragen, die in Zukunft bei der Bewertung der Gesamtwirkung (Gesamtemission) und bei der Formulierung abwasserrechtlicher Regelungen berücksichtigt werden müssen.

Die wohl gravierendste Änderung stellt aber die Neuformulierung von § 7a WHG dar. In Absatz 1 wird die bisherige Aufspaltung in Anforderungen nach den „allgemein anerkannten Regeln der Technik“ und dem „Stand der Technik“ aufgegeben. Künftig ist mindestens der „Stand der Technik“, wie er neu in Absatz 5 definiert wird, einzuhalten. Die Mindestanforderungen werden nicht mehr in Verwaltungsvorschriften, sondern durch Rechtsverordnung festgelegt [WHG (1996)].

Wie bereits dargestellt, ist der Begriff „Stand der Technik“ dem internationalen Begriff „Beste verfügbare Technik“ gleichgestellt. In der EU wird großer Wert darauf gelegt, dass „verfügbar“ in diesem Zusammenhang nicht nur die Verfügbarkeit in dem jeweiligen Mitgliedsstaat, sondern zumindest in der gesamten EU bedeutet. Dies kann erhebliche Konsequenzen für die planerische Praxis haben. Darunter fällt auch die Frage, inwieweit die in Deutschland angewandten technischen Regelwerke dem Begriff „Stand der Technik“ entsprechen oder noch dem Begriff „Allgemein anerkannte Regeln der Technik“ unterliegen.

Eine erste Festlegung der Mindestanforderungen in einer Rechtsverordnung erfolgte 1997 in der Abwasserverordnung (AbwV, s. Abschnitt 2.1.1.2.3). Vom Wortlaut her beziehen sich die dort genannten Grenzwerte zwar auf alle Abwasserbehandlungsanlagen, also auch Mischwasser- und Regenwasserbehandlungsanlagen, gemeint sind aber wahrscheinlich nur Kläranlagen. Neben diesen Neuerungen beinhaltet das WHG zahlreiche Bestimmungen zur Reinhaltung und Nutzung der verschiedenen Gewässerarten (Grundwasser, oberirdische Gewässer, Küstengewässer) mit denen u.a. die europäischen Richtlinien umgesetzt werden.

Bereits in den vorangehenden Fassungen sind wichtige Instrumente für die großräumige wasserwirtschaftliche Planung im WHG festgeschrieben, die von großer Bedeutung für die ortsübergreifende Regen(ab)wasserbewirtschaftung sind:

- Wasserwirtschaftlicher Rahmenplan (§ 36)
- Bewirtschaftungsplan (§ 36b)
- Abwasserbeseitigungsplan (§ 18a)

2.1.1.2.2. Abwasserabgabengesetz

In § 1 des Abwasserabgabengesetz [AbwAG (1996)] wird festgelegt, dass für Einleiten von Abwasser in ein Gewässer eine Abgabe zu entrichten ist und diese Abgabe durch die Länder erhoben wird. Die Höhe der Abwasserabgabe richtet sich nach eingeleiteten „Schadeinheiten“. Die Abgabe liegt bei 35,80 € für jede Schadeinheit. Da ein Einwohner im kommunalen Bereich in der Regel mit 0,5 Schadeinheiten bewertet wird, liegt die jährliche Abgabe pro Einwohner bei 17,90 €.

Abwasser im Sinne dieses Gesetzes ist neben dem Schmutzwasser auch Niederschlagswasser. Die Definition des Niederschlagswassers ist im Abwasserabgabengesetz zwar sehr umfassend geregelt, Einleitungen von Niederschlagswasser in ein Gewässer sind allerdings der Abwasserabgabe nur dann unterworfen, wenn sie entweder über eine öffentliche Kanalisation vorgenommen werden oder von befestigten gewerblichen Flächen über drei Hektar stammen.

Die Abgaben für die Einleitung von verschmutztem Niederschlagswasser wird in § 7 mit einer Schadeinheit entsprechend 12 Prozent der Zahl der angeschlossenen Einwohner pauschalisiert. Die Länder bestimmen, inwieweit sich die Zahl der Schadeinheiten bei Rückhaltung von Niederschlagswasser oder Behandlung in einer Abwasserbehandlungsanlage ermäßigt; sie können in diesen Fällen bestimmen, dass die Einleitung abgabefrei bleibt.

Die Regelungen der einzelnen Bundesländer hierzu fallen sehr unterschiedlich aus. Beispielsweise bleibt in Bayern die Einleitung von Niederschlagswasser aus einer Kanalisation im Mischsystem abgabefrei, sofern je Hektar befestigte Fläche ein Speichervolumen zur Mischwasserbehandlung von mindestens 5 m³ vorhanden ist [WEKA (1999)]. Berlin fordert dagegen eine Absetzanlage mit einer Mindestverweilzeit von 30 Minuten, Niedersachsen die Anwendung der „Allgemein anerkannten Regeln der Technik“.

Das AbwAG ist - auch wegen der zweckgebundenen eingenommenen Mittel - als ein Instrument für den Gewässerschutz gedacht. Durch die Befreiung von der Abwasserabgabe bei der Einhaltung bestimmter Kriterien (s.o.) können finanzielle Anreize für Maßnahmen zur Gewässerreinigung geschaffen werden. Insofern haben die landesspezifischen AbwAG auch Auswirkungen auf die Regen(ab)wasserbewirtschaftung.

Beim Kostenvergleich verschiedener Maßnahmen sollten die Konsequenzen für die Berechnung der Abwasserabgabe berücksichtigt werden.

Es ist zu hinterfragen, ob das vorstehend angegebene, ausschließlich an die Einwohnerzahl gebundene Maß für die Abwasserabgabe bezüglich der Einleitung von Niederschlagswasser dem Gewässerschutz gerecht wird, wenn man z.B. an die Einleitung von Straßenabflüssen im außerörtlichen Bereich denkt.

2.1.1.2.3. Abwasserverordnung

Die Abwasserverordnung [AbwV (2000)] kann als die wichtigste Verordnung im Wasserbereich seit der Novellierung des WHG gelten. Mit der AbwV legt die Bundesregierung (mit Zustimmung des Bundesrates) die im WHG geforderten Mindestanforderungen fest, die dem Stand der Technik entsprechen. Die in der AbwV aufgeführten Grenzwerte gelten prinzipiell für alle Abwasserbehandlungsanlagen. Die Art der Probenahme und die Art der Grenzwerte deuten jedoch darauf hin, dass der Gesetzgeber auf die Einleitungen aus Kläranlagen abzielt [SCHNEIDER (1999)]. Konkrete Aussagen zur Mischwasser- oder Regenwasserbehandlung fehlen hier. Werden die Ausführungen wörtlich auch auf Misch- und Regenwasser bezogen, so hätte das weitreichende Konsequenzen. Die genannten Grenzwerte werden mit den derzeitigen allgemein anerkannten Regeln der Technik bei weitem nicht eingehalten. Kein nach A128 bemessenes Mischwasserbauwerk erfüllt die genannten Kriterien! Hier ist eine Klarstellung durch den Gesetzgeber dringend erforderlich.

2.1.1.2.4. Bundesnaturschutzgesetz

Das Bundesnaturschutzgesetz [BNatSchG (1998)] fordert für unvermeidbare Eingriffe in Natur und Landschaft (§ 8) einen Ausgleich. Natur und Landschaft sind nach § 1 im besiedelten und unbesiedelten Bereich so zu schützen, zu pflegen und zu entwickeln, dass

- die Leistungsfähigkeit des Naturhaushalts,
- die Nutzungsfähigkeit der Naturgüter,
- die Pflanzen- und Tierwelt sowie
- die Vielfalt, Eigenart und Schönheit von Natur und Landschaft

als Lebensgrundlagen des Menschen und als Voraussetzung für seine Erholung in Natur und Landschaft nachhaltig gesichert sind.

Um den Umfang erforderlicher Ausgleichsmaßnahmen zu bestimmen, wurden in Ausfüllung des Gesetzes verschiedene Bewertungsmodelle entwickelt, die sich in den Ergebnissen jedoch z.T. stark unterscheiden. Eingriffe in den Naturhaushalt werden dabei in der Regel anhand von Biotoptypen beurteilt. Eine besondere Berücksichtigung der Funktion des Boden- und Wasserhaushalts ist nicht vorgesehen. Damit entfällt bisher auch eine vergleichende Berücksichtigung der Art des Regenentwässerungs- bzw. -bewirtschaftungssystems. Die unterschiedliche Wirkung von Entwässerungssystemen mit vollständiger Regen(ab)wasserableitung einerseits und der dezentralen Regen(ab)wasserbewirtschaftung andererseits auf den Boden- und Wasserhaushalt wird also bisher nicht betrachtet. Hier ist also in den nachfolgenden Gesetzen, Verordnungen und Vorschriften eine Lücke zu schließen.

Nähere Vorschriften über die Umsetzung von Ausgleichsmaßnahmen in der Bauleitplanung enthält § 1a des Baugesetzbuches (BauGB) [BauGB (1997)] (vgl. 2.1.1.2.7) übernommen worden.

2.1.1.2.5. Bodenschutzgesetz

Das Bodenschutzgesetz [BBodSchG (1998)] dient dazu, die Leistungsfähigkeit des Bodens hinsichtlich seiner natürlichen Funktionen und für Nutzungen aller Art zu sichern oder wiederherzustellen¹⁾. In § 4 und § 7 werden Pflichten u.a. zur Vermeidung und Abwehr von Bodenbelastungen sowie zur Sanierung des Bodens genannt. § 5 erlaubt Rechtsverordnungen über die Entsiegelung bestimmter Flächen, die jedoch noch nicht vorliegen. Boden im Sinne des BBodSchG ist die obere Schicht der Erdkruste ohne Grundwasser und Gewässerbetten.

Maßnahmen zur Regen(ab)wasserbewirtschaftung - insbesondere Versickerungs- und Entsiegelungsmaßnahmen, aber auch Versiegelung und Entwässerung - beeinflussen den Boden im Hinblick auf den Bodenwasser- und Stoffhaushalt.

¹⁾ § 1BBodSchG: „Hierzu sind schädliche Bodenveränderungen abzuwehren, der Boden und Altlasten sowie hierdurch verursachte Gewässerverunreinigungen zu sanieren und Vorsorge gegen nachteilige Einwirkungen auf den Boden zu treffen“.

2.1.1.2.6. Bodenschutzverordnung

Die Bodenschutzverordnung [BBodSchV (1999)] stellt eine Konkretisierung der Anforderungen des Bodenschutzgesetzes dar im Hinblick auf den vorsorgenden Bodenschutz und die Sanierung von schädlichen Bodenveränderungen und Altlasten dar. Für den Bereich der Vorsorge enthält die BBodSchV insbesondere Prüfwerte zur Beurteilung des Wirkungspfades Boden-Grundwasser. In Anlehnung an diese Prüfwerte hat eine gemeinsame Arbeitsgruppe von LABO, LAGA, LAWA und LAI Geringfügigkeitsschwellenwerte festgelegt, die bei der Versickerung von Regenwasser am Übergang von der ungesättigten zur gesättigten Bodenzone, also am Grundwassersaum, unter allen Umständen einzuhalten sind. Die Werte sind in Tabelle 2 (anorganische Stoffe) und Tabelle 3 (organische Stoffe) dargestellt.

Tab. 2: Geringfügigkeitsschwellenwerte „Anorganische Stoffe“

Anorganische Stoffe	Prüfwert [µg/l]
Antimon	10
Arsen	10
Blei	25
Cadmium	5
Chrom, gesamt	50
Chromat	8
Kobalt	50
Kupfer	50
Molybdän	50
Nickel	50
Quecksilber	1
Selen	10
Zink	500
Zinn	40
Cyanid, gesamt	50
Cyanid, leicht freisetzbar	10
Fluorid	750

Tab. 3 : Geringfügigkeitsschwellenwerte „Organische Stoffe“

Organische Stoffe	Prüfwert [µg/l]
Mineralölkohlenwasserstoffe ¹⁾	200
BTEX ²⁾	20
Benzol	1
LHKW ³⁾	10
Aldrin	0,1
DDT	0,1
Phenole	20
PCB, gesamt ⁴⁾	0,05
PAK, gesamt ⁵⁾	0,2
Naphthalin	2

1) n-Alkane (C 10...C39), Isoalkane, Cycloalkane und aromatische Kohlenwasserstoffe

2) Leichtflüchtige aromatische Kohlenwasserstoffe (Benzol, Toluol, Xylol, Ethylbenzol, Styrol, Cumol)

3) Leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe (Summe der halogenierten C1- und C2-Kohlenwasserstoffe)

4) PCB, gesamt: Summe der polychlorierten Biphenyle; in der Regel Bestimmung über die 6 Kongenere nach Ballschmied gemäß Altöl-VO (DIN 51527) multipliziert mit 5; ggf. z.B. bei bekanntem Stoffspektrum einfache Summenbildung aller relevanten Einzelstoffe (DIN 38407-3-2 bzw. -3-3)

5) PAK,gesamt: Summe der polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe ohne Naphthalin und Methylnaphthaline; in der Regel Bestimmung über die Summe von 15 Einzelsubstanzen gemäß Liste der US Environmental Protection Agency (EPA) ohne Naphthalin; ggf. unter Berücksichtigung weiterer relevanter PAY, (z.B. Chinoline)

2.1.1.2.7. Baugesetzbuch (Bauleitplanung)

Das Baugesetzbuch [BauGB (1997)] regelt die Aufstellung von Bauleitplänen (Bebauungs- und Flächennutzungspläne). Nach § 1a sind umweltschützende Belange in der Abwägung eines Bauleitplanes zu berücksichtigen. Im Flächennutzungsplan (F-Plan) können Flächen ausgewiesen werden, die im Interesse des Hochwasserschutzes und der Regelung des Wasserabflusses freizuhalten sind (§ 5, Inhalt des Flächennutzungsplans). Im Bebauungsplan (B-Plan) können aus städtebaulichen Gründen:

- Flächen für die Abfall- und Abwasserbeseitigung einschließlich der Rückhaltung und Versickerung von Niederschlagswasser sowie für Ablagerungen
- Wasserflächen sowie die Flächen für die Wasserwirtschaft, für Hochwasserschutzanlagen und für die Regelung des Wasserabflusses

festgesetzt werden (§ 9 Inhalt des Bebauungsplans). Damit kommen F-Plan und B-Plan eine große Bedeutung bei der Realisierung insbesondere dezentraler Regen(ab)wasserbewirtschaftungsmaßnahmen zu. Besonders wichtig in diesem Zusam-

menhang ist der B-Plan, da er bei der Planung beispielsweise eines Neubaugebietes ganz am Anfang des Planungsprozesses steht. Zu diesem Zeitpunkt sind die Entwässerungsplaner meistens noch nicht eingebunden. Dadurch können mit dem B-Plan Tatsachen geschaffen werden, die im Zuge der Ingenieurplanung nur schwer auszugleichen sind. Es entsteht die ungewöhnliche Situation, dass dem Naturschutz und der Landschaftsplanung wirkungsvollere Rechtsmöglichkeiten bei der Verankerung von Regen(ab)wasserbewirtschaftungsmaßnahmen zur Verfügung stehen als der Wasserwirtschaft [WASSMANN et al. (1997)]. Eine frühzeitige Einbindung der wasserwirtschaftlichen Belange in den Planungsprozess ist jedoch unbedingt erforderlich.

Ein eigener „Genereller Bewirtschaftungsplan Regenwasser“ kann dieses Problem reduzieren. Werden in einem solchen Plan beispielsweise Flächen ausgewiesen, in denen eine Regenwasserversickerung das vorzugsweise zur Anwendung kommende Entwässerungsverfahren ist, so kann diese Information bei der B-Plan-Erstellung berücksichtigt werden. Nähere Vorschriften zu den Eingriffs- und Ausgleichsbesimmungen des Bundesnaturschutzgesetzes (BnatSchG) sind in das BauGB aufgenommen worden (§ 1a, BauGB).

2.1.1.2.8. Weitere Verordnungen und Verwaltungsvorschriften des Bundes

Neben den o.a. Bundesgesetzen und Verordnungen bestehen weitere untergesetzliche Verordnungen und Rahmenverwaltungsvorschriften, die für das vorliegende Thema von Bedeutung sind:

- Rahmen-Abwasser-Verwaltungsvorschrift über Mindestanforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer - Rahmen-AbwasserVwV -, [Rahmen-Abwasser-VwV (1997)]
- Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Wasserhaushaltsgesetz über die Einstufung wassergefährdender Stoffe in Wassergefährdungsklassen [VwVwS (1999)]
- Verordnung zur Umsetzung der Richtlinie 80/68/EWG des Rates vom 17. Dezember 1979 über den Schutz des Grundwassers gegen Verschmutzung durch bestimmte gefährliche Stoffe (Grundwasserverordnung-GrWV), [GrWV (1997)]
- Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung - TrinkwV) [TrinkwV (2001)]

2.1.1.2.9. Sonstige gesetzliche Regelungen des Bundes

Neben den Gesetzen, die sich unmittelbar dem Gewässerschutz befassen, haben andere Gesetze Auswirkungen auf Planung, Bau und Betrieb von Anlagen, die der Regen(ab)wasserbewirtschaftung dienen:

Für die Bearbeitung bestimmter wasserwirtschaftlicher Aufgaben besteht ein **Gesetz über Wasser- und Bodenverbände**, die Verbände als Körperschaft des öffentlichen Rechts gründen können [WVG (2002)]. Aufgaben eines Wasser- und Bodenverbandes können z.B. sein:

- Ausbau einschließlich naturnahem Rückbau und Unterhaltung von Gewässern
- Bau und Unterhaltung von Anlagen in und an Gewässern
- Schutz von Grundstücken vor Sturmflut und Hochwasser einschließlich notwendiger Maßnahmen im Deichvorland
- Verbesserung landwirtschaftlicher sowie sonstiger Flächen einschließlich der Regelung des Bodenwasser- und Bodenlufthaushalts
- technische Maßnahmen zur Bewirtschaftung des Grundwassers und der oberirdischen Gewässer
- Abwasserbeseitigung
- Beschaffung und Bereitstellung von Wasser
- Förderung und Überwachung der vorstehenden Aufgaben

Wasser- und Bodenverbände übernehmen damit weitreichende Aufgaben der Gewässerbewirtschaftung. Zudem orientieren sich die Zuständigkeitsbereiche meist an den natürlichen Einzugsgebietsgrenzen. Wasser- und Bodenverbände könnten daher die Ausarbeitung überörtlicher Bewirtschaftungspläne im Sinne der EU-Wasserrahmenrichtlinie übernehmen.

Das **Gesetz zur Regelung von Ingenieur- und Architektenleistungen** vom 04.11.1971 bildet die Grundlage für die HOAI [HOAI (2002)]. In der HOAI werden die Ingenieurhonorare für Objektplanungen verbindlich geregelt. In Bezug auf besondere Planungsaufwendungen bei der Regen(ab)wasserbewirtschaftung ist hier insbesondere auf § 5, Absatz (4a) und auf § 54, Absatz (4c) zu verweisen. Hierzu gehören unter anderem auch Umweltverträglichkeitsprüfungen.

Im Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG) [UVPG (1997)] wird für den Bau bzw. wesentliche Änderungen von Abwasserbehandlungsanlagen ab einer bestimmten Größenordnung eine UVP gefordert. Dies kann einen nicht unerheblichen Kosten- und Zeitfaktor bei der Umsetzung von Planungen darstellen.

Auch das **Strafgesetzbuch** [StGB (1998)] hat Auswirkungen auf die Wasserwirtschaft. Gewässerverunreinigungen (§ 324 StGB) und Bodenverunreinigungen (§ 324a StGB) können mit Freiheitsstrafe bis zu 5 Jahren geahndet werden.

Weitere Gesetze mit Bezug zur Wasserwirtschaft sind das **Umweltinformationsgesetz** (UIG) [UIG (1994)], **Umwelthaftungsgesetz** (UmweltHG) [UmweltHG (1990)] oder das **Umweltauditgesetz** (UAG) [UAG (1995)].

2.1.1.3. Recht der Länder

2.1.1.3.1. Landeswassergesetze

Mit den Landeswassergesetzen (LWG) füllen die Bundesländer das WHG aus. Die

LWG detailliert und umfassend zu behandeln würde den Rahmen bei weitem sprengen, zumal sind sich die verschiedenen LWG ähnlich sind. Es gibt jedoch auch signifikante Unterschiede, insbesondere bei der Bewirtschaftung von Niederschlagswasser oder bei der Mischwasserbehandlung. Für diese beiden Aspekte werden im folgenden Beispiele aus den LWG angeführt. Die länderspezifische Rechtslage ist somit bei der Planung von Regen(ab)wasserbewirtschaftungsmaßnahmen zu berücksichtigen.

Die LWG enthalten außerdem zahlreiche Ermächtigungen für die Landesregierungen oder die zuständigen Landesministerien, ergänzende Verordnungen zu erlassen. Für die Wirtschaft sind die Verordnungen über den Umgang mit wassergefährdenden Stoffen besonders wichtig [WEKA (1999)]. Daneben haben die Länder technischen Regeln per Verordnung oder Verwaltungsvorschrift eine Rechtsverbindlichkeit gegeben. Ein Beispiel hierfür ist die NRW-Verwaltungsvorschrift zu den „Anforderungen an die öffentliche Niederschlagsentwässerung im Mischverfahren“ [Anforderungen an die öffentliche Niederschlagsentwässerung im Mischverfahren (1995)], in der auf das ATV-Arbeitsblatt A128 Bezug genommen wird.

Mit den Abwasserabgabengesetzen füllen die Länder den Rahmen des AbwAG des Bundes aus. Durch die Befreiung vom Abgabenzwang bei der Einhaltung bestimmter Emission oder sonstiger Anforderungen können die Länder in gewissem Maße finanzielle Anreize für den Gewässerschutz geben.

Regelungen zur Versickerung von Niederschlagswasser werden im § 51a des Wassergesetzes für das Land Nordrhein-Westfalen [LWG-NRW (1995)] für Neubauvorhaben verbindlich vorgeschrieben¹⁾.

Ähnliche Formulierungen finden sich in den Landeswassergesetzen von Baden-Württemberg [WG-BW (1999)] und dem Saarland [SWG (1998)], allerdings nur für Grundstücke, die nach 1999 erstmals bebaut werden.

Im Brandenburgischen Wassergesetz (BbgWG) [BbgWG (1997)] wird in § 54 (Bewirtschaftung des Grundwassers) der Versickerung unter bestimmten Voraussetzungen ebenfalls zugestimmt²⁾.

In allen Bundesländern wird die Notwendigkeit der Versickerung von Niederschlagswasser an irgend einer Stelle erwähnt. Dennoch bestehen im Detail deutliche Unterschiede. Im BbgWG und ähnlich im Wassergesetz von Mecklenburg-Vorpommern [LWaG-MVP (2002)] wird die Versickerung nur gefordert, wenn „sonstige Belange nicht entgegenstehen.“ Die Verwendung derartiger unbestimmter Rechtsbegriffe führen in der Praxis dazu, dass die Versickerung z.B. gegenüber Investoren nicht durchsetzbar ist. Andererseits bietet die Möglichkeit, die Versickerung in der Satzung festzuschreiben ein wirkungsvolles Instrument, wenn die Gemeinde davon Gebrauch macht. Ein Beispiel für die Festschreibung der Versickerung in einer Satzung ist die Gemeinde Dahlwitz-Hoppegarten b. Berlin [ROTH (1998)] (vgl. Anhang).

Allgemein verbindliche **Regelungen zur Regen(ab)wasserbehandlung im Trennsystem** wurden nicht von allen Bundesländern verfasst. Während z.B. in Thüringen die

¹⁾ (1) Niederschlagswasser von Grundstücken, die nach dem 1. Januar 1996 erstmals bebaut, befestigt oder an die öffentliche Kanalisation angeschlossen werden, ist vor Ort zu versickern, zu verrieseln oder ortsnah in ein Gewässer einzuleiten, sofern dies ohne Beeinträchtigung des Wohls der Allgemeinheit möglich ist. Die dafür erforderlichen Anlagen müssen den jeweils in Betracht kommenden Regeln der Technik entsprechen.

²⁾ (3) Die Versiegelung des Bodens oder andere Beeinträchtigungen der Versickerung zur Grundwasserneubildung dürfen nur soweit erfolgen, wie dies unvermeidbar ist....(4) Soweit eine Verunreinigung des Grundwassers nicht zu besorgen ist und sonstige Belange nicht entgegenstehen, ist Niederschlagswasser zu versickern. Die Gemeinden können durch Satzung vorsehen, dass Niederschlagswasser auf den Grundstücken, auf denen es anfällt, versickert werden muss. Niederschlagswasser von dem öffentlichen Verkehr gewidmeten Flächen ist zu fassen oder unter den Voraussetzungen nach Satz 1 oberflächlich zu versickern. Die Satzung bedarf der Zustimmung der Wasserbehörde.

Beseitigung von Niederschlagswasser im Trenn- und im Mischverfahren [ThürAbwAG (2001)] behandelt wird, steht in den Vorschriften der anderen Länder der Umgang mit dem Straßenoberflächenwasser im Vordergrund. Die Einhaltung von immissionsorientierten Zielgrößen oder Aspekte der Regen(ab)wasserbewirtschaftung werden jedoch in keiner Vorschrift ausgiebig behandelt.

In Bezug auf die **Regelungen zur Mischwasserbehandlung** bestehen deutliche Unterschiede zwischen den einzelnen Bundesländern [OSTROWSKI, MEHLER (1998)].

In Niedersachsen und Hessen ist der Nachweis der Einhaltung einer Entlastungsfracht von $250 \text{ kg CSB}/(\text{ha}_{\text{red}} \cdot \text{a})$ mit einer Langzeitsimulation über die Schmutzfrachtmodelle KOSIM bzw. SMUSI erforderlich. Unterschiede zwischen beiden Ländern bestehen im Schmutzpotenzial der Oberfläche von $500 \text{ kg CSB}/(\text{ha}_{\text{red}} \cdot \text{a})$ in Niedersachsen und $600 \text{ kg CSB}/(\text{ha}_{\text{red}} \cdot \text{a})$ in Hessen.

In Nordrhein-Westfalen ist die nach ATV-A128 errechnete Entlastungsrate e_0 die maßgebende Zielgröße. Es muss entweder durch Messungen auf der Kläranlage, durch Langzeitsimulation oder nach ATV-A128 nachgewiesen werden, dass mindestens 100- e_0 % auf der Kläranlage behandelt werden.

In Bayern ist das Arbeitsblatt ATV-A128 verbindlich eingeführt. Die anderen Bundesländer überlassen es den einzelnen Aufsichtsbehörden die Dimensionierung von Mischwasserentlastungsanlagen zu regeln. Meist wird dabei auf das ATV-A128 zurückgegriffen.

2.1.1.4. Kommunalrecht

Im Rahmen der verfassungsrechtlich garantierten Selbstverwaltung und durch Festlegung in den Landeswassergesetzen haben die Gemeinden wasserwirtschaftliche Aufgaben zu erfüllen. Die Abwasserentsorgung ist dementsprechend in der Regel Aufgabe der Gemeinden oder Gemeindeverbände. Zur Deckung der hierbei anfallenden Kosten erheben sie von den Benutzern Gebühren und Beiträge [ATV AG 1.4.3 (1994)]. Die Höhe der Gebühren und Beiträge, aber auch Vorschriften über den Anschluss- und Benutzungszwang, sind in den Gemeindeverordnungen und im gemeindlichen Satzungsrecht geregelt.

Die Umsetzung und Durchsetzung dezentraler Regen(ab)wasserbewirtschaftungsmaßnahmen erfordert die Berücksichtigung dieser Verfahren in der Entwässerungssatzung [SIEKER F. (Hrsg.) (1997)]. Entsprechende Beispielsatzungen sind von Roth (1998) erarbeitet worden.

Durch die getrennte Berechnung der Gebühren für Schmutz- und Niederschlagswasser (Gebührensplitting) besteht die Möglichkeit, die dezentrale Versickerung oder Regenwassernutzung dem Verursacherprinzip folgend finanziell zu fördern, indem die Regenwassergebühr erlassen oder ermäßigt wird.

2.1.1.5. Zusammenfassung

Die Ausführungen zum Wasserrecht umfassen die Gesetze und Verordnungen mit den jeweils wichtigsten Elementen in Bezug auf die Regen(ab)wasserbewirtschaftung in Siedlungsgebieten. Daraus wird deutlich, wie umfangreich, z.T. überlappend und unklar die Vielfalt der Regelungen ist.

Inhaltlich lassen sich die Rechtsvorschriften grob in drei Gruppen gliedern. Die erste Gruppe hat Ziele für den Wasserhaushalt und die Gewässerqualität zum Inhalt. Hierzu zählt z.B. die EU-Badegewässerrichtlinie. Konkrete Vorgaben für die Siedlungswasserwirtschaft beinhalten diese Rechtsvorschriften nicht. Die zweite Gruppe beinhaltet konkrete Emissionsgrenzwerte oder entsprechende Vorgaben (z.B. die Einhaltung der Regeln der Technik) für einzelne siedlungswasserwirtschaftliche Maßnahmen. Hierzu zählen z.B. die EU-Gewässerschutzrichtlinie oder die Abwasserabgabengesetze. Die dritte Gruppe schließlich, versucht eine Brücke zwischen den beiden erstgenannten Gruppen zu schlagen. Ziel ist die Ableitung von Emissionsgrenzwerten aus einer Immissionsbetrachtung mit dem Ziel, eine bestimmte Gewässerqualität bzw. Ausgewogenheit des Wasserhaushaltes zu erreichen. Hierzu zählt die EU-Wasserrahmenrichtlinie oder die IVU-Richtlinie. Aber auch das Wasserhaushaltsgesetz beinhaltet derartige Ansätze. Zudem stellt das WHG Instrumente für die Umsetzung zur Verfügung.

Bezogen auf die Regen(ab)wasserbewirtschaftung muss festgestellt werden, dass bislang keine klaren Emissionsvorgaben bestehen. Eine Rechtsverordnung mit Emissionsvorgaben, wie im WHG für Abwassereinleitungen eigentlich vorgesehen, besteht

weder für Mischwasserentlastungen noch für Regenwassereinleitungen. Es ist zu erwarten, dass dieses offensichtliche Defizit in der Zukunft beseitigt wird.

Eine rechtliche Unsicherheit besteht im Zusammenhang mit der Neufassung des § 7a WHG und der Mischwasserbehandlung. Es kann keine klare Aussage getroffen werden, ob Mischwasserbehandlungsanlagen zukünftig nach den Regeln der Technik oder dem Stand der Technik geplant werden müssen. Hier besteht ein Konkretisierungsbedarf seitens des Gesetzgebers. Es ist schon verwunderlich, dass trotz der großen Anzahl an Gesetzen, Verordnungen und Regelungen wichtige Kernfragen ungeregelt sind.

Im Zusammenhang mit dezentralen Regen(ab)wasserbewirtschaftungsmaßnahmen sind weitere Rechtsvorschriften von Bedeutung, die bislang in der Siedlungswasserwirtschaft nur eine untergeordnete Rolle gespielt haben, beispielsweise städtebauliche Instrumente wie der Bebauungsplan. Das liegt daran, dass dezentrale Maßnahmen zur Regen(ab)wasserbewirtschaftung Ansprüche an die Flächennutzung stellen und sich daher mit anderen flächenbeanspruchenden Fachrichtungen, wie z.B. dem Naturschutz oder der Freiraumplanung, arrangieren müssen.

2.1.2. Regelwerke

Technische Regeln, die von Fachverbänden wie z.B. der Abwassertechnischen Vereinigung (ATV) oder dem Deutsche Institut für Normung e.V. (DIN) herausgegeben werden, haben prinzipiell nicht den Stellenwert eines Gesetzes oder einer Rechtsverordnung. Es ist jedoch üblich, in Verordnungen auf technische Regelwerke zu verweisen oder Verweise in Verträge aufzunehmen.

Ein Beispiel hierfür ist die Verdingungsordnung für Bauleistungen (VOB) [WERNER, PASTOR (2002)], die für alle öffentlichen Auftraggeber verbindlich vorgeschrieben ist. In der VOB sind diverse DIN-Normen als Allgemeine Technische Vertragsbedingungen aufgeführt. Ein anderes Beispiel ist der Verweis auf das ATV-Arbeitsblatt A128 in der NRW-Verwaltungsvorschrift „Anforderungen an die öffentliche Niederschlagsentwässerung im Mischverfahren“. In diesen Fällen ist die Einhaltung der technischen Regeln rechtlich verbindlich.

2.1.2.1. CEN-/DIN-Normen

Das Deutsche Institut für Normung e.V. (DIN) ist ein eingetragener Verein mit Sitz in Berlin, keine staatliche Instanz. Nach DIN (1999) ist Normung die einmalige, bestimmte Lösung einer sich wiederholenden Aufgabe unter den jeweils gegebenen wissenschaftlichen, technischen und wirtschaftlichen Möglichkeiten.

Das europäische Pendant zur DIN ist das Europäische Komitee für Normung (CEN, Comité Européen de Normalisation) in Brüssel. Seitens der Europäischen Union ist verbindlich vorgeschrieben, dass in Ausschreibungen ein Verweis auf DIN-Normen unzulässig ist, falls eine EN-Norm zu dem selben Themenkomplex existiert. DIN-Normen müssen deshalb an EN-Normen angepasst werden.

Die wichtigsten Normen im Zusammenhang mit der Regen(ab)wasserbewirtschaftung sind die DIN 1986 „Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke“ [DIN (1986, 1995)] und die DIN EN 752 „Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden“ [DIN EN 752 (1995)]. DIN EN 752 findet derzeit Eingang in die überarbeitete Fassung des ATV-Arbeitsblattes A118 [ATV-A 118 (1999)] und wird unter 2.1.2.2.6 näher erläutert.

2.1.2.2. ATV-Regelwerk

Die Abwassertechnische Vereinigung (ATV) erarbeitet und pflegt ein umfassendes Regelwerk zu Problemstellungen in der Siedlungswasserwirtschaft. Neben dem Regelwerk erarbeiten die verschiedenen Arbeitsgruppen Merkblätter und Arbeitsblätter und veröffentlichen Arbeitsberichte. Im Folgenden werden die einzelnen ATV-Regelblätter hinsichtlich ihrer Relevanz für die Regen(ab)wasserbewirtschaftung diskutiert.

2.1.2.2.1. ATV-Arbeitsblatt A101/Merkblatt M101

Dieses ATV-Arbeitsblatt [ATV-A 101 (1992)] regelt die „Planung von Entwässerungsanlagen, Neubau-, Sanierungs- und Erneuerungsmaßnahmen“. Eine Neuauflage als Merkblatt M101 wurde aufgrund der EN-Norm 752 erforderlich und in [ATV-M 101 (1996)] fortgeschrieben.

M101 gibt Hinweise für die Planung von funktionstüchtigen und wirtschaftlichen Entwässerungssystemen. Dabei werden sowohl Planungen für konkrete Bauvorhaben im

Sinne der HOAI (Vor-, Entwurfs-, Ausführungsplanung) als auch Planungen für größere Untersuchungsgebiete behandelt. Letztere werden unterschieden in Studie, Generalentwässerungsplan (GEP) und Abwassertechnischer Maßnahmenplan (AMP). Damit ist M101 das maßgebende Arbeitsblatt für die großräumige Planung von Stadtentwässerungssystemen.

- Eine Studie wird definiert als Planung mit ersten allgemeinen Aussagen zur Verwirklichung der Planungsabsichten bei größeren Entwässerungsgebieten. Inhalte einer Studie umfassen in der Regel die Grundlagenermittlung und Teile der Vorplanung.
- Der Generalentwässerungsplan geht nach M101 in der Planungsleistung wesentlich weiter als die Studie und enthält Teile der Entwurfsplanung. Schwerpunkt ist aber - wie bei der Studie - die Problematik größerer Einzugsgebiete.
- Der Abwassertechnische Maßnahmenplan fasst die Ergebnisse der verschiedenen Planungen zusammen. Er entspricht den in einigen Bundesländern gesetzlich vorgeschriebenen Abwasserbeseitigungskonzepten bzw. -plänen.

Inhaltlich behandelt das Merkblatt M101 im wesentlichen den erforderlichen Umfang der jeweiligen Planungsebene. Es wird dargestellt, welche Grundlagen zu berücksichtigen sind und welchen Umfang ein Erläuterungsbericht (inkl. Planungsunterlagen, Massen- und Kostenberechnung) haben sollte. Die Darstellung in Form von Checklisten ist dabei hilfreich.

Hilfestellungen, mit welchen Methoden die Ergebnisse erzielt werden können, werden allerdings nur sehr begrenzt gegeben. Im Anhang 4 wird kurz der erforderliche Umfang der hydraulischen Kanalnetzberechnung dargelegt. Erstaunlicherweise sind hier keine Hinweise auf eine Schmutzfrachtberechnung zu finden, die für die Generalentwässerungsplanung eines Mischsystems jedoch unerlässlich sind. Ohne eine Schmutzfrachtberechnung lassen sich die Emissionen aus dem Kanalnetz nicht quantifizieren.

Bezüglich der Einflüsse des Entwässerungssystems auf die Gewässerqualität wird auf die Instrumente des Wasserhaushaltsgesetzes (Abwasserbeseitigungsplan, Wasserwirtschaftlicher Rahmenplan, Bewirtschaftungsplan) verwiesen. Immissionsbetrachtungen sind nach M101 nicht Bestandteil eines GEPs bzw. einer Studie.

2.1.2.2.2. ATV-Arbeitsblatt A105

Im ATV-Arbeitsblatt A105 [ATV-A 105 (1997)] werden Hinweise für die Wahl des Entwässerungssystems gegeben. Neben den klassischen Varianten des Misch- oder Trennsystems werden in dieser Neufassung auch modifizierte Systeme (modifiziertes Trennsystem, modifiziertes Mischsystem) berücksichtigt.

Eine klare Bewertung der verschiedenen Systeme wird im Arbeitsblatt vermieden. Statt dessen wird eine einfache Entscheidungshilfe gegeben, welche Kriterien für die Wahl des Entwässerungssystems zu berücksichtigen sind.

2.1.2.2.3. ATV-Arbeitsblatt A106

Das ATV-Arbeitsblatt A106 [ATV-A 106 (1995)] regelt Entwurf und Bauplanung von Abwasserbehandlungsanlagen. Damit sind in erster Linie Kläranlagen gemeint; sinngemäß gelten die Ausführungen aber auch für andere Abwasserbehandlungsanlagen, wie z.B. Regenklärbecken oder Mischwasserüberläufe. Das Arbeitsblatt hat jedoch keine Bemessungsansätze sondern den Planungsablauf zum Inhalt. Insofern ist diese Richtlinie von keiner großen Relevanz für die Planung von Regen(ab)wasserbewirtschaftungsmaßnahmen. Bei der Anwendung ist zu berücksichtigen, dass sich § 7a des WHG als eine wesentliche Grundlage der Planung geändert hat.

2.1.2.2.4. ATV-Arbeitsblätter A110/A111/A112

Das ATV-Arbeitsblatt A110 beinhaltet Richtlinien für die hydraulische Dimensionierung und den Leistungsnachweis von Abwasserkanälen und -leitungen [ATV-A 110 (2001)]. Da hydraulische Berechnungen für Kanalnetze mit kommerzieller Software durchgeführt werden und diese Programme i. d. R. die Hinweise von A110 berücksichtigen, ist dieses Arbeitsblatt nicht von so großer Wichtigkeit für die Erstellung eines „Generellen BewirtschaftungsPlans Regenwasser“.

Die ATV-Arbeitsblätter A111 und A112 befassen sich mit der hydraulischen Dimensionierung von Regenwasser-Entlastungsanlagen (Mischwasserüberlaufbauwerken) bzw. sonstigen Sonderbauwerken [ATV-A 111 (1994)]; [ATV-A 112 (1998)]. Für eine großräumige Planung sind diese Richtlinien von untergeordneter Bedeutung.

2.1.2.2.5. ATV-Arbeitsblatt A117

Das Arbeitsblatt [ATV-A 117 (2001)] befasst sich mit der Bemessung von Rückhalteräumen im Bereich der gesamten Abwasserableitung zwischen der Grundstücksentwässerung und dem Gewässer und ist sowohl in Trenn- wie in Mischsystemen anwendbar. Ausgenommen ist die Bemessung von Mischwasserentlastungsanlagen, die im Arbeitsblatt A 128 geregelt ist. Das notwendige Rückhaltevolumen wird unter Vorgabe eines zu wählenden Drosselabflusses und einer zu wählenden Überlaufhäufigkeit berechnet. Damit werden indirekt Zielgrößen der Regen(ab)wasserbewirtschaftung für den Ort des Rückhalteriums vorgegeben. Das Arbeitsblatt enthält ein vereinfachtes Verfahren auf der Basis statistisch ermittelter Regenspenden und ein Nachweisverfahren auf der Basis von Langzeitsimulationen des Niederschlag-Abflussprozesses unter Einschluss eines vordimensionierten Rückhaltevolumens.

2.1.2.2.6. ATV-Arbeitsblatt A118

Die Richtlinie für die hydraulische Berechnung von Schmutz-, Regen- und Mischwasserkanälen [ATV-A 118 (alt) (1977)] wurde überarbeitet, um die Vorgaben der DIN EN 752 aber auch neuere Erkenntnisse einfließen zu lassen. Das Arbeitsblatt beinhaltet die Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystemen [ATV-A 118 (1999)].

Mit dem Begriff Entwässerungssystem wird der Entwicklung der Regen(ab)wasserbewirtschaftung in den letzten Jahre Rechnung getragen. Ein Entwässerungssystem besteht nicht nur aus Kanälen zur Ableitung des Abwassers sondern auch aus Speicherelementen oder dezentralen Maßnahmen, die bei der hydraulischen Berechnung zu berücksichtigen sind.

Die Einführung des Begriffs Nachweis berücksichtigt die veränderten Aufgaben in der Praxis. Die Bemessung von neuen Kanalnetzen macht nur noch einen kleinen Anteil an dem Gesamtumfang der Kanalnetzplanungen aus, wogegen der Nachweis bestehender, historisch gewachsener Systeme immer wichtiger wird. Dies drückt sich auch in einer wichtigen inhaltlichen Neuerung aus, der Einführung der Begriffe Überflutungs- und Überstauhäufigkeit.

Ziel- und Nachweisgrößen: Von der DIN EN 752 wird die Überflutungshäufigkeit als maßgebendes Kriterium für den Nachweis der hydraulischen Leistungsfähigkeit einge-

führt. Da die modelltechnische Nachbildung der Überflutung nach gegenwärtigem Stand nicht möglich ist, wird von der ATV für den rechnerischen Nachweis die Überstauhäufigkeit als weitere Ziel- und Nachweisgröße eingeführt. Als Größen werden, differenziert nach Siedlungsstruktur, Überstauhäufigkeiten bei Neuplanungen bzw. nach Sanierung genannt. Für die Bewertung der hydraulischen Leistungsfähigkeit bestehender Entwässerungssysteme hinsichtlich der Notwendigkeit einer Sanierung werden im ATV Arbeitsblatt A 118 keine Überstauhäufigkeiten genannt, sondern auf Zahlenwerte im Arbeitsbericht der ATV AG 1.2.6 „Hydrologie der Stadtentwässerung“ verwiesen [ATV (1995)]. Der von der DIN EN 752 geforderte Überflutungsschutz ist im Anschluss an den Nachweis der Überstauhäufigkeit unter Beachtung der örtlichen Gegebenheiten zu prüfen. Die Anforderungen nach EN752 gelten nur als Empfehlungen, sofern von der zuständigen Stelle keine entsprechenden Vorgaben gemacht werden [IPS, DHV (1998)].

Berechnungsmethoden: Bei der Neuplanung von Kanalnetzen werden nach wie vor die Fließzeitverfahren (Zeitbeiwert-, Flutplanverfahren) empfohlen. Dabei dürfen die ermittelten Maximalabflüsse das jeweilige Abflussvermögen bei Vollfüllung nicht überschreiten [ATV-A 118 (1999)]

Für größere Entwässerungssysteme und dort, wo bedeutende Schäden auftreten können, wird ein Überstaunachweis empfohlen [ATV-A 118 (1999)]. Die Berechnung von Wasserständen über Kanalscheitel und damit von Überstauvorgängen ist nur mit hydrodynamischen Abflussmodellen möglich.

Niederschlagsbelastung: Neben der Verwendung von intensitätsvariablen Modellregen (Lastfallverfahren) können zum Nachweis der Überstauhäufigkeit auch gemessene Starkregenserien (Langzeitseriensimulation) verwendet werden. Dem Lastfallverfahren liegt die Annahme zugrunde, dass die Häufigkeit des Modellregens der Häufigkeit eines bestimmten Abflusszustandes entspricht. Bei der Langzeitseriensimulation wird auf die Gleichsetzung der Häufigkeit von Niederschlag und Abfluss verzichtet. Vielmehr wird das langjährige Abflussgeschehen in einem Entwässerungssystem modelltechnisch nachgebildet und die Häufigkeit eines bestimmten Abflusszustandes durch eine statistische Auswertung bestimmt. Bei der Starkregenserie werden Regenereignisse in ihrem tatsächlichen zeitlichen Verlauf verwendet, die aus der langjährigen Regenreihe nach bestimmten Kriterien ausgewählt werden.

Praktische Erfahrungen zeigen außerdem, dass die Langzeitseriensimulation erhebliche Vorteile bei der Bewertung des Ist-Zustandes und der Auswahl von Sanierungsalternativen bietet, so dass sich der erhöhte Rechenaufwand lohnt.

2.1.2.2.7. ATV-Arbeitsblatt A128

Das ATV-Arbeitsblatt A128 [ATV-A 128 (1992)] behandelt die Bemessung und Gestaltung von Regenentlastungen in Mischwasserkanälen. Dieses Arbeitsblatt wird in der Fachöffentlichkeit sehr kontrovers diskutiert. Im Vorwort der derzeit gültigen Fassung des A128 wird die Mischwasserproblematik noch sehr allgemein angesprochen. So sind im Kapitel 2 „Zielsetzung der Regenwasserbehandlung“ u.a. folgende Aussagen zu finden:

- Aus wasserwirtschaftlichen und aus Kostengründen ist vorrangige Aufgabe der Planung von Maßnahmen der Abwassersammlung und der Regenwasserbehandlung die Vermeidung des Regenabflusses in die Kanalisation, wo immer dies möglich ist
- Ziel der Regenwasserbehandlung muss die bestmögliche Reduzierung der Gesamtemissionen aus Regenentlastungen und Kläranlagen im Rahmen der wasserwirtschaftlichen Erfordernisse sein
- Die Zielsetzung kann mit verschiedenen Ansätzen - von der Abflussvermeidung bis zum Stoffrückhalt - erreicht werden
- Regenentlastungen sind grundsätzlich im Zusammenwirken mit der Kläranlage für zusammenhängende Einzugsgebiete eines Gewässerabschnittes zu beurteilen
- Es heißt aber auch: Ein wirkungsvoller Schutz der Gewässer und der Kläranlagen vor übermäßigen Belastungen ist zu erwarten, wenn die notwendige Regen(ab)wasserbehandlung nach Maßgabe dieser Richtlinien erfolgt

A128 unterscheidet Normalanforderungen und weitergehende Anforderungen entsprechend der Gewässersituation. Das im Anschluss an die Vorbemerkungen erläuterte Verfahren dient der Bemessung von Mischwasserbehandlungsanlagen bei Normalanforderungen. Weitergehende Anforderungen im Falle eines besonderen Schutz- oder Bewirtschaftungsbedürfnisses sind auf der Grundlage von Immissionsbetrachtungen zu stellen.

Entgegen den allgemeinen Formulierungen im Vorspann, behandelt das Bemessungsverfahren ausschließlich den Bau von Speichervolumen und die gedrosselte Ableitung des Regenwassers zur Kläranlage.

Die Dimensionierung dieser Speicherräume geht von der Überlegung aus, dass - niederschlagsbedingt - aus einem Mischsystem nicht mehr Schmutzstoffe direkt in das Gewässer gelangen sollen, als aus einem Trennsystem. Als kennzeichnende Schmutzgröße wurde die CSB-Jahresfracht gewählt. Aus vorliegenden Messungen in Trennsystemen wurde abgeleitet, dass aus diesen im Durchschnitt 500-600 kg CSB pro ha A_{red} und a direkt in die Gewässer gelangen (unter der Annahme, dass keine Regen(ab)wasserbehandlung erfolgt). Da bei Mischsystemen der Austrag niederschlagsbedingter Schmutzmengen in die Gewässer auf zwei Wegen erfolgt - über die Kläranlage einerseits und die Mischwasser-Entlastungsbauwerke andererseits - muss die „zulässige“ CSB-Austragsfracht von 500-600 kg auf diese beiden Wege aufgeteilt werden. Der Einfachheit halber und weil es auf wirtschaftlich vertretbare Speichervolumina führt, hat man sich für eine Halbierung der Stoffströme entschieden, d. h. die „zulässige“ Entlastungsfracht an den Mischwasser-Entlastungsbauwerken soll 250-300 kg CSB pro ha A_{red} und a betragen [IPS, DHV (1998)].

Im Arbeitsblatt A128 sind diese Emissionsgrenzwerte allerdings nicht explizit aufgeführt. Sie stellen aber die Grundlage für das Bemessungsdiagramm (Bild 13, A128) dar, mit dem das erforderliche Gesamtspeichervolumen für ein Kanalnetz ermittelt wird. Diese Nichtnennung der eigentlichen Zielgröße, führt dazu, dass alternative Verfahren, wie z.B. Bodenfilterbecken oder Flächenabkoppelungen, nur schwer in dieses Schema eingebunden werden können.

Die Speicherung in Mischwasserüberlaufbecken ist im ATV A128 als einziges Verfahren aufgeführt, dementsprechend ist das Beckenvolumen die Zielgröße der Bemessung. Die Einhaltung einer Entlastungsfracht, -konzentration oder -häufigkeit braucht nicht nachgewiesen zu werden. Diese Fixierung auf ein einziges Verfahren behindert die Entwicklung und Realisierung alternativer Verfahren (z.B. Bodenfilter, Wirbeldrosseln, Abkopplungsmaßnahmen). Aufwendige Gleichwertigkeitsnachweise sind zu erbringen [BRUNS (1999)]. Auch die Entwicklung besserer Planungsmethoden wird durch derart starre Regelungen verhindert [MEHLER, OSTROWSKI (1998)].

Welch innovative Wirkungen klare Emissionsvorgaben (ob aus einer Immissionsbetrachtung abgeleitet oder nicht) haben können, zeigt das Beispiel der Phosphateliminierung auf deutschen Kläranlagen. Hier gibt es eindeutige rechtliche Einleitgrenzwerte - aber kein Regelwerk, das vorschreibt wie die Grenzwerte einzuhalten

sind. Als Alternative zur chemischen Fällung wurde daraufhin die biologische Phosphateliminierung entwickelt, die sich zunehmend etabliert.

Aus der Anwendung der deutschen Standards zur Mischwasserbehandlung ergeben sich im Mittel jährliche Entlastungsraten von 30-40 % der Mischwasserabflüsse. Die mittlere jährliche CSB-Entlastungsfracht liegt bei 250-300 kg je ha/ a. Die Anzahl der verbleibenden Überlaufereignisse beträgt ca. 30-50/a, das durchschnittliche Speichervolumen ca. 25 m³/ha [BROMBACH, WÖHRLE (1997)]; [SIEKER (1999)].

In Ergänzung und zur Erläuterung des Arbeitsblattes A 128 wurde ein Merkblatt mit dem Titel „Bemessung und Gestaltung von Regenentlastungen in Mischwasserkanälen, Beispiele und Erläuterungen“ [ATV-M128 (1999)] erstellt.

2.1.2.2.8. ATV-Arbeitsblatt A131

Das Arbeitsblatt A131 [ATV-A 131(alt) (1991)] befasst sich mit der Bemessung von einstufigen Belebungsanlagen mit Anschlusswerten ab 5.000 Einwohnerwerten. Es ist die Grundlage für Planung und Bau der meisten Kläranlagen in Deutschland.

Im Mischsystem besitzt das ATV-Arbeitsblatt A 131 auch eine Relevanz für die Regen(ab)wasserbewirtschaftung, da vorrangige Mischwasserbehandlung (s. ATV-Arbeitsblatt A128) darin besteht, das Mischwasser nach der Speicherung gedrosselt zur Kläranlage zu leiten. Ähnlich der Präambel im Arbeitsblatt A128 heißt es auch im Vorwort von A131, dass Abwasserkanalisation und Kläranlage eine Einheit bilden.

Auf die Bemessung insbesondere der Nachklärung ist der Mischwasserzufluss eine maßgebliche Größe. Erhöhte Mischwasserzuflüsse bewirken größere Volumina und damit höhere Kosten. Auf Nitrifikation und Denitrifikation wirken sich große Mischwasserzuflüsse ebenfalls nachteilig aus. Eine Größe, die im Zuge einer Planung optimiert werden sollte, stellt der Mischwasserzufluss im A131 nur indirekt dar. Im Abschnitt 3.2.1 Abwasserzufluss heißt es hierzu nur: „Bei Regen wird die Anlage in der Regel beschickt mit $Q_m = 2 Q_s + Q_f$ “. Eine Literaturangabe, woher der Faktor 2 stammt oder eine Erklärung, warum gerade dieser Wert gewählt wurde, wird nicht gegeben.

2.1.2.2.9. ATV-Arbeitsblatt A138

Im ATV-Arbeitsblatt A138 [ATV-A 138 (2002)] werden Hinweise zu „Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser“ gegeben.

Behandelt werden in A138 verschiedene Versickerungsverfahren wie Flächenversickerung, Muldenversickerung, Rigolen- und Rohrversickerung und Schachtversickerung.

Auch kombinierte Bewirtschaftungsverfahren wie Mulden-Rigolen-Systeme werden berücksichtigt. Damit wird auch der bisher genannte Einsatzbereich von Versickerungsanlagen (k_f -Wert zwischen $5 \cdot 10^{-3}$ und $5 \cdot 10^{-6}$ m/s) entfallen. Diese Beschränkung auf die ausschließliche Versickerung hat in der Praxis immer wieder zu Irritationen geführt. Selbstverständlich können auch bei geringeren Durchlässigkeiten über das Jahr gesehen hohe Versickerungsraten erzielt werden.

Die Bemessungsverfahren für das erforderliche Speichervolumen beruhen im wesentlichen auf dem gleichen Prinzip, das auch zur Bemessung von Regenrückhaltebecken angewendet wird.

2.1.2.2.10. ATV-Merkblatt M153

Um die Notwendigkeit einer Regen(ab)wasserbehandlung zu beurteilen wird im Verfahren des ATV-Merkblattes M 153 [ATV-M 153 (2000)] die vorhandene Abflussbelastung der möglichen Gewässerbelastbarkeit gegenübergestellt. Die quantitative Bewertung erfolgt dabei nach einem Punktesystem. Ist die vorhandene Abflussbelastung B größer als die Gewässerbelastbarkeit G , so sind Behandlungsmaßnahmen erforderlich:

- $B > G$: in der Regel ist eine Behandlung erforderlich
- $B < G$: keine Behandlung erforderlich

Näheres zu diesem Verfahren, das gegenwärtig eine aktuelle Bedeutung hat, wird im Anhang im Rahmen einer Beispielsrechnung ausgeführt.

2.1.2.3. DVWK-Richtlinien/Merkblätter

Ähnlich dem ATV-Regelwerk unterscheidet auch der DVWK Regeln und Merkblätter. Die wichtigsten Regeln und Merkblätter im Zusammenhang mit der Regen(ab)wasserbewirtschaftung sind in Tab. 4 zusammengestellt.

Im Vergleich zum ATV-Regelwerk fällt auf, dass sich in den DVWK-Regeln (Heft Nr. 100-199) keine Vorgaben zur Bemessung von Anlagen finden. Geregelt werden Analyseverfahren und Anforderungen an technische Anlagen. Auch für die Merkblätter trifft diese Einschätzung zu. Ein gutes Beispiel ist das Merkblatt „Hydraulische Berechnung von Fließgewässern“ [DVWK-M 220 (1991)]. Hier werden Berechnungsverfahren erläutert, aber keine Vorgaben für Bemessungshochwasser gemacht.

Tab. 4: Auswahl von DVWK-Regeln und Merkblättern mit einem Zusammenhang zur Regen(ab)wasserbewirtschaftung

Titel	Heft Nr.
Niedrigwasseranalyse, Teil II: Statistische Untersuchung der Unterschreitungsdauer und des Abflussdefizits	121
Niederschlag – Aufbereitung und Weitergabe von Niederschlagsregistrierungen	123
Bodenkundliche Untersuchungen im Felde zur Ermittlung von Kennwerten zur Standortcharakterisierung	129
Hochwasserrückhaltebecken	202
Ökologische Aspekte bei Ausbau und Unterhaltung von Fließgewässern	204
Sanierung und Restaurierung von Seen	213
Dränfilter aus Kokosfasern für gütegesicherte Dränrohre	214
Dichtungselemente im Wasserbau	215
Beurteilung der Aussagekraft des Biochemischen Sauerstoffbedarfs	218
Hydraulische Berechnung von Fließgewässern	220
Aussagekraft von Gewässergüteparametern in Fließgewässern, Teil I,II+III	227
Ermittlung der Verdunstung von Land- und Wasserflächen	238

2.1.2.4. BWK-Merkblätter

Auch der Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) erarbeitet Merkblätter. Neben dem Merkblatt Nr.1 „Stationäre Berechnung der Wasserspiegellinie unter besonderer Berücksichtigung von Bewuchs- und Bauwerkseinflüssen“ [BWK-M 1 (1999)] ist besonders das Merkblatt Nr. 2 „Wasserbilanzmodelle in der Wasserwirtschaft“ [BWK-M 2 (Entw.) (1998)] von Interesse im Zusammenhang mit der Regen(ab)wasserbewirtschaftung.

Das BWK-Merkblatt 3 [BWK-M 3 (Entw.) (1999)] widmet sich den akuten Auswirkungen von Regenwassereinleitungen aus Trenn- **und** Mischsystemen in einem betrachteten Immissionsraum des Gewässers. Zur Bearbeitung ist ein vereinfachtes und ein noch nicht näher beschriebenes detailliertes Nachweisverfahren vorgesehen.

Das vereinfachte Nachweisverfahren prüft für die Parameter Q, NH₄-N, AFS und BSB₅/O₂, ob infolge einer Regenwassereinleitung kritische Verhältnisse im Gewässer zu besorgen sind. Verfahren, Kriterien und Wertvorgaben sind konservativ. Werden die Prüfgrenzen unterschritten, ist mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit davon auszugehen, dass die Einleitung keine Schäden im Gewässer erzeugt. Bei Überschreitung von Grenzwerten bestehen mehrere Handlungsoptionen:

- Wiederholung des vereinfachten Nachweisverfahrens nach aufwendigerer Erhebung realitätsnaher Eingangsdaten
- Durchführung baulicher Maßnahmen unter Verwendung der Anforderungen des vereinfachten Nachweisverfahrens
- Durchführung des detaillierten Nachweisverfahrens mit Hilfe örtlich erhobener Daten und kalibrierter Simulationsmodelle oder gewässerökologischer Untersuchungen

Die wesentliche Neuerung zu bisherigen Regelwerken besteht in der Einrichtung eines Immissionsraumes (geschlossenes Siedlungsgebiet), der erstmalig die linienhafte Betrachtung eines Gewässers im Rahmen der Beurteilung von Regenwassereinleitungen erlaubt. Der Übergang von der Emissions- zur Immissionsbetrachtung erfolgt durch den Wechsel von der Punkt- zur Linienbetrachtung sowie der Beurteilung der Veränderung von Gewässereigenschaften.

Dieser grenzüberschreitende Ansatz wird auch an den vorgeschlagenen Maßnahmen verdeutlicht. Neben Maßnahmen im Entwässerungsgebiet (Abflussvermeidung/-

verminderung) und am Gebietsauslass (Regenrückhaltebauwerke) werden Maßnahmen am Gewässer (Sickerstrecken, Vegetationspassagen) und im Gewässer (Aufweitung des Gewässerprofils, Beschattung) vorgeschlagen.

Einen letzten Schwerpunkt bildet das Kontingentierungsmodell für die betrachteten Parameter Q, $\text{NH}_4\text{-N}$, AFS und BSB_5/O_2 . Die Abflussmenge wird auf der Basis von $\text{Hq}_{1\text{pnat}}$ -Spenden linienhaft im Gewässer bewirtschaftet. Die stofflichen Einflüsse der Einleitungen sollen bis zum Ende des betrachteten Immissionsraumes auf ein angestrebtes Gütemaß abgeklungen sein. Dies wird durch die Einhaltung von Grenzwerten mit Berücksichtigung der Selbstreinigungsprozesse im Gewässer nachgewiesen.

2.1.2.5. RAS-Vorschriften

Die Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, formuliert Richtlinien für die Anlage von Straßen (RAS). Für die Regen(ab)wasserbewirtschaftung sind die beiden Richtlinien RAS-Ew (Straßenentwässerung) und RiStWag (Richtlinien für bautechnische Maßnahmen an Straßen in Wassergewinnungsgebieten) von Bedeutung. Diese Richtlinien finden meist Anwendung im Autobahn- oder Fernstraßenbau und sind deshalb bei großräumigen Planungen durchaus relevant.

2.1.2.5.1. RAS-Ew

Von der Arbeitsgruppe Erd- und Grundbau wurde 1987 die Richtlinie RAS-Ew [FGSV (1987)] für die Planung und Entwurf von Straßenentwässerungsanlagen erarbeitet. Dabei werden sowohl rohrgebundene Ableitungssysteme wie auch Versickerungs- und Rückhaltemaßnahmen behandelt. Die Bemessungsansätze und -verfahren in der Richtlinie unterscheiden sich nur unwesentlich von den Ansätzen in den entsprechenden ATV-Arbeitsblättern. Interessant ist allerdings die für 1987 recht positive Einstellung gegenüber Versickerungsmaßnahmen.

2.1.2.5.2. RiStWag

Die „Richtlinie für bautechnische Maßnahmen an Straßen in Wassergewinnungsgebieten“ [RiStWag (1982)] kommt in Wasserschutzgebieten zur Anwendung. Hier sind u.a. Hinweise zu Anordnung und Dimensionierung von Leichtstoffabscheidern zu finden. Diese Richtlinie ist verantwortlich für die oftmals neben Autobahnen zu findenden Regenwasserbehandlungsanlagen.

2.1.2.6. Sonstige

Neben den genannten Institutionen existieren weitere Fachverbände, die Informationen zu einzelnen Themenbereichen in unterschiedlicher Form herausgeben:

- Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. (DVGW)
- Fachvereinigung Betriebs- und Regenwassernutzung e.V. (FBR)

2.1.3. Zusammenfassung

Die technischen Regelwerke haben in der Regel den Status einer „allgemein anerkannten Regel der Technik“ (a. a. R. d. T.) und stellen damit für den planenden Ingenieur aber auch die Genehmigungsbehörden in der Praxis eine verbindliche Vorgabe dar. [Ostrowski, 1997] [Ostrowski (1997)] gibt die Anzahl der Regeln im zentralen Bereich der Wasserwirtschaft mit über 600 an. Wenn man berücksichtigt, dass darüber hinaus weitere politische Randbedingungen, wie z.B. die Fördermittelpraxis, eine wichtige Rolle bei der Regen(ab)wasserbewirtschaftung spielen, so wird die Komplexität der Aufgabe allein aus juristischer Sicht deutlich. Eine Vereinfachung dieser Regelungsflut wäre wünschenswert.

2.2. Regen(ab)wasserbewirtschaftung im internationalen Vergleich

2.2.1. Überblick

Die Richtlinien der Europäischen Union sind für alle Mitgliedstaaten verbindlich. Sie schaffen damit hinsichtlich der Zielgrößen einen einheitlichen gesetzlichen Mindeststandard innerhalb der EU. Auch die Regeln der Technik werden im Zuge der EN-Normung einander angepasst. Demnach dürfte sich der Entwicklungsstand hinsichtlich des Gewässerschutzes innerhalb der EU eigentlich nicht sehr stark unterscheiden. In der Praxis existieren aber erhebliche Unterschiede in der Herangehensweise an die Regenwasserproblematik, wie ein Vergleich zwischen verschiedenen EU-Mitgliedsstaaten zeigt.

Als Beispiel für den gegenwärtigen Stand der Generalentwässerungsplanung bzw.-Bewirtschaftungsplanung in anderen Mitgliedsstaaten werden die Niederlande angeführt. Bei der Recherche zeigten sich teilweise überraschende Ergebnisse. So ist die Herangehensweise an die Mischwasserproblematik in den Niederlanden gänzlich ver-

schieden von dem deutschen Ansatz. Kanalstauraumbewirtschaftung, Abkopplung, Erhöhung des Kläranlagenzuflusses und zuletzt der Bau von Mischwasserbecken werden in dieser Prioritätenreihenfolge als mögliche Sanierungsmethode berücksichtigt. Die Emissionsgrenzwerte sind sehr viel schärfer als in Deutschland.

Interessante Beispiele für die Planung von Regen(ab)wasserbewirtschaftungsmaßnahmen außerhalb der EU finden sich in den USA und der Schweiz. Die Schweiz hat bereits 1989 ein Programm gestartet, das jede Gemeinde verpflichtet, einen „Generellen Entwässerungsplan“ (GEP) zu erstellen. Zur Unterstützung der Gemeinden wurde ein Leitfaden erarbeitet, der Ansätze im Sinne der Wasserrahmenrichtlinie enthält.

In den USA ist seit 1998 für Gewässer mit nicht ausreichender Qualität die Aufstellung von sogenannten Total Maximum Daily Load (TMDL)-Programmen vorgeschrieben, womit das Immissionsprinzip in die Praxis umgesetzt wird.

Der Vergleich zeigt, dass die Regen(ab)wasserbewirtschaftung in den betrachteten Ländern deutlich weiter entwickelt ist als in Deutschland, zwar nicht generell, aber zumindest in Teilbereichen. Hier besteht für Deutschland die Möglichkeit Erfahrungen zu übernehmen.

2.2.2. Gegenwärtiger Stand in Deutschland

2.2.2.1. Vorherrschende Entwässerungsverfahren

Formulierungen in den Wassergesetzen, in den wasserwirtschaftlichen Rahmenplänen und den Vorworten der Regelblätter fordern etwa seit Anfang der 90er Jahre einen anderen Umgang mit dem Regenwasser und damit eine Abkehr von der strikten Ableitung.

Alternativen zur Ableitung des Regenwassers im konventionellen Misch- oder Trennverfahren sind in den letzten Jahren neu entwickelt bzw. wiederentdeckt und in zahlreichen Projekten zu einer gewissen Reife gebracht worden. Ohne der detaillierten Darstellung der verschiedenen Bewirtschaftungsmöglichkeiten vorzugreifen, kann auf die verschiedenen Versickerungsmethoden [ATV-A 138 (2002)] oder Mulden-Rigolen-Systeme [GROTEHUSMANN et al. (1992)] verwiesen werden.

Auch innerhalb des Kanalnetzes gibt es mittlerweile viele erprobte Alternativen, z.B. zur Mischwasserbehandlung. Bodenfilterbecken zur Behandlung von Mischwasser-überläufen [BRUNNER (1993)], Wirbeldrosseln zu Verbesserung des Abscheidegrades [BROMBACH (1997)] oder Abflusssteuerungstechniken [SCHILLING (1996)] stellen nur eine Auswahl der Möglichkeiten dar.

Wann sich diese alternativen Bewirtschaftungsmaßnahmen auch in der Praxis durchsetzen, ist relativ schwer zu beurteilen. Die Ergebnisse einer ATV-Umfrage zur Versickerung von Niederschlagswasser [ATV (1996)] verdeutlicht, dass die Anwendung von Versickerungsmaßnahmen noch in den Kinderschuhen steckt. „Kommunale Versickerung“ wird demnach in nur 23 % aller Gemeinden betrieben. Der Umfang der Versickerung kann hingegen nicht genau beziffert werden.

Die Umfrage hat auch ergeben, dass die Niederschlagswasserversickerung von Dachabflüssen allgemein sehr positiv eingeschätzt wird. Die Potentiale für Versickerungsmaßnahmen werden zwischen 10 und 20 % gesehen. Kommunen, die bereits Versickerungsanlagen betreiben, schätzen dabei ihr Potential höher ein als Kommunen, die noch keine Erfahrung besitzen. Die Betriebssicherheit von Versickerungsanlagen ist grundsätzlich gegeben, so die Einschätzung der meisten Kommunen.

Interessant ist die Einschätzung der Kommunen, dass „Verkehrsflächenwasserversickerung“ eher als grundwassergefährdend anzusehen ist. Im Bereich von Landes- oder Bundesstraßen, die in der Regel ein weit höheres Verkehrsaufkommen aufweisen als innerörtliche Straßen, ist die Versickerung im Straßengraben dagegen die Vorzugslösung. Hier bestehen offensichtlich gewisse Widersprüchlichkeiten in der fachlichen Einschätzung der Versickerung.

Über den Umfang der Regenwassernutzung in der Bundesrepublik Deutschland liegen ebenfalls kaum Erkenntnisse vor. Die Fachvereinigung Betriebs- und Regenwassernutzung e.V. (FBR) führt diesbezüglich keine Statistik. Nach einer Schätzung der Fa. Mallbeton kann von ca. 100.000 Zisternen ausgegangen werden. Diese Zahl mag auf den ersten Blick groß erscheinen. Geht man aber von einer durchschnittlichen angeschlossenen Fläche von ca. 100 m² aus, so errechnet sich eine erfasste Fläche von 1.000 ha. Im Vergleich zu den traditionell entwässerten Flächen ist diese Zahl sehr gering.

Dagegen weist die Kanalstatistik der Abwassertechnischen Vereinigung [ATV (1997)] für die Jahre 1991-1995 folgenden Zuwachs bei der Kanalisation aus (Tab. 5):

Tab. 5: Zuwächse bei der Kanalisation [ATV, (1997)]

Kanalisation	1991 [km]	1995 [km]	Zuwachs [km]	Zuwachs [%]
Regenwasserkanäle	67.045	76.339	9.294	+14
Mischwasserkanäle	199.906	213.491	13.585	+7
Regen(ab)wasserableitung (Σ)	266.951	289.830	22.879	+9

Innerhalb von 5 Jahren hat demnach die Gesamtlänge der Kanäle zur Niederschlagswasserableitung um ca. 9 % zugenommen. Wird eine Einzugstiefe der Kanäle von 100 m angenommen (entsprechend einer spez. Kanallänge von 100m/ha nach PECHER [PECHER (1992)]), so bedeutet dies eine Zunahme der entwässerten Fläche von ca. 2.300 km² oder 0,65 % der Fläche der Bundesrepublik¹⁾. Es ist anzunehmen, dass die Neuverlegung von Kanälen nur zum kleinsten Teil in den Innenstadtbereichen bzw. im Ortskern stattfand, da hier in der Regel bereits seit langem Kanalisationen bestehen. PECHER [PECHER (1991)] hat für den Zeitraum von 1979 bis 1987 sogar eine Zunahme der Kanallängen (Misch- und Regenwasserkanäle) in Nordrhein-Westfalen von ca. 20 % festgestellt. Die Gesamtlänge der öffentlichen Kanalisation, die der Niederschlagsentwässerung dient (Mischkanäle und Regenwasserkanäle im Trennsystem) betrug 1995 ca. 290.000 km.

Über die Länge der Entwässerungsleitungen auf privaten Grundstücken liegen keine statistischen Erhebungen vor. Nach der Kanalstatistik der ATV [ATV (1997)] kann von der doppelten bis achtfachen Länge des öffentlichen Kanalnetzes ausgegangen werden. HOSANG, BISCHOF [HOSANG, BISCHOF (1993)] schätzen die Länge privater Entwässerungsleitungen (inkl. SW) auf 600.000 km. Zusammen mit den zahllosen of-

¹⁾ Fläche der Bundesrepublik Deutschland (1996) ca. 357.000 km² [OBERMEIER (1999)]

fenen Entwässerungsgräben und Dränagen im landwirtschaftlichen Bereich muss von einer Gesamtlänge der Niederschlagsentwässerungsleitungen in der Bundesrepublik Deutschland von weit über 10^6 km ausgegangen werden.

Diese Daten zeigen deutlich, dass die kanalgebundene Ableitung von Regenwasser im Misch- oder Trennsystem nach wie vor das vorherrschende Entwässerungsverfahren in der bundesdeutschen Siedlungswasserwirtschaft ist.

2.2.2.2. Mischwasserbehandlung

Das vorherrschende Ableitungsverfahren stellt in Deutschland das Mischsystem dar, mit dem ca. 60 % aller Haushalte - insbesondere in Süddeutschland - entwässert werden.

Im Mischsystem erfordert die begrenzte Leistungsfähigkeit der Kläranlage eine Drosselung der Mischwasserabflüsse im Regenwetterfall, in Deutschland in der Regel auf den 2-fachen Trockenwetterabfluss. Die darüber hinaus anfallenden Mischwasserabflüsse werden entweder direkt in den Vorfluter entlastet oder zwischengespeichert und nach Regenende zur Kläranlage geleitet. Nach den Regeln der Technik (ATV A128) ist an den Entlastungsstellen ein Speichervolumen von ca. $20 - 30 \text{ m}^3/\text{ha}_{\text{red}}$ vorzusehen, aus dem eine Entlastungsrate von ca. 30-40 % resultiert. Von derartigen Mischwasserbecken sind bereits ca. 15.000 Stück in Deutschland gebaut worden [BROMBACH (1997)].

In Bezug auf die Mischwasserbehandlung sind die Argumente gegen die Einführung des Immissionsprinzips eigentlich hinfällig, da selbst das Emissionsprinzip nicht eingeführt ist. Im ATV A128 ist die Speicherung in Mischwasserüberlaufbecken als einziges Verfahren aufgeführt, dementsprechend ist das Beckenvolumen die Zielgröße der Bemessung. Die Einhaltung einer Entlastungsfracht, -konzentration oder -häufigkeit braucht nicht nachgewiesen zu werden. Diese Fixierung auf ein einziges Verfahren behindert die Entwicklung und Realisierung alternativer Verfahren (z.B. Bodenfilter, Wirbeldrosseln, Abkopplungsmaßnahmen). Aufwendige Gleichwertigkeitsnachweise sind zu erbringen [BRUNS (1999)] oder die Entwicklung besserer Planungsmethoden wird durch derart starre Regelungen verhindert [MEHLER, OSTROWSKI (1998)].

2.2.2.3. Regen(ab)wasserbehandlung

Ca. 40 % der Haushalte der Bundesrepublik - vorrangig in Norddeutschland - werden im Trennsystem entwässert. Über den Umfang der Regenwasserbehandlung im Trennsystem liegen keine Veröffentlichungen vor. Es muss aber davon ausgegangen werden, dass in den allermeisten Fällen keine Reinigung der Abflüsse vor der Einleitung in die Gewässer erfolgt. Der Grund dafür liegt u.a. darin, dass Regenwassereinleitungen im Trennsystem erst einen maßgeblichen Anteil an der Gewässerverschmutzung haben, seit mit modernen Kläranlagen eine weitgehende Reinigung des Schmutzwassers erreicht wird und die Mischwasserentlastungen zumindest in einem gewissen Maße eingeschränkt wurden.

Generelle Forderungen („Mindestanforderungen“) nach einer Regenwasserbehandlung im Trennsystem bestehen derzeit nicht.

2.2.2.4. Fazit

Die Zielvorstellung hinsichtlich der Gewässerqualität in Deutschland ist eindeutig. Es war und ist erklärtes politisches Ziel für alle Gewässer mindestens die Gewässergüteklasse II zu erreichen bzw. zu erhalten. Auch im Entwurf der EU-Wasserrahmenrichtlinie [WRRL (2000)] wird als Ziel ein guter Zustand der Gewässer gefordert. Weiterhin finden sich in den Rechtsvorschriften [WHG (1996)] Formulierungen, die eine nachteilige Beeinflussung des Wasserhaushaltes auch in quantitativer Hinsicht verhindern sollen. Klare Vorgaben, die der Forderung nach der Gewässergüteklasse II entsprechen würden, z.B. zulässige Abflussspenden oder einzuhaltende Grundwasserneubildungsraten, fehlen allerdings.

Andererseits führt die strikte Anwendung der Regen(ab)wasserableitung ohne Zweifel zu einer nachteiligen Beeinflussung. Die Verminderung der natürlichen Verdunstung und Versickerung kann durch klassische End-Of-Pipe-Maßnahmen nicht kompensiert werden. Auch ist das Ziel der Gewässergüteklasse II mit den derzeitigen Regeln der Technik nicht überall zu erreichen. Die Einleitung von unbehandeltem Regenwasser oder 40 % des Mischwasserabflusses - entsprechend den Regeln der Technik - führt in dicht-besiedelten Gebieten zwangsläufig zu einer schlechteren Gewässerqualität. Weitergehende Maßnahmen, die durchaus im Ermessungsspielraum der Genehmigungsbehör-

den liegen, verursachen bei der Anwendung konventioneller Methoden (z.B. Regenklärbecken) hohe Kosten und werden deshalb nur in Ausnahmefällen gefordert.

In der Bundesrepublik Deutschland liegen umfangreiche Erfahrungen mit den verschiedensten Formen der Regen(ab)wasserbewirtschaftung (Versickerung, Nutzung, Retention, Behandlungsverfahren) vor. Dennoch kommen in der Praxis immer noch vorzugsweise die klassischen Verfahren der Regen(ab)wasserableitung zur Anwendung, obwohl deren Nachteile bekannt sind. Die Gründe hierfür sind vielfältig, so z.B. starre Regelwerke, die Honorarordnung für Ingenieure oder eine fehlende Flexibilität von Planern und Genehmigungsbehörden. Allen Gründen kann letztendlich durch mehr Information, aber auch durch mehr Verbindlichkeit in den wasserrechtlichen Planwerken begegnet werden.

Die zentrale Frage ist nun, warum werden alternative Regen(ab)wasserbewirtschaftungsmaßnahmen nicht flächendeckend angewendet, obwohl sie:

- vom Gesetzgeber gefordert werden
- ihre wasserwirtschaftlichen Vorteile offenkundig sind
- sie keine ökonomischen Nachteile aufweisen, sondern sogar meist kostengünstiger sind
- ihre Berücksichtigung in den Vorworten der ATV-Arbeitsblättern angemahnt wird
- umfangreiche Forschungen zu diesem Thema durchgeführt worden sind und
- ihre Praxistauglichkeit in zahlreichen Projekten belegt worden ist

Eine einzige Antwort auf diese Frage und somit ein Patentrezept zur Lösung des Problems gibt es nicht. Die Gründe für den „Reformstau“ sind vielfältig:

Informationsdefizit: Eine Begründung sind sicherlich fehlende Information und Flexibilität von Entscheidungsträgern. An dieser Stelle sei eine Aussage zitiert, die man häufig zu hören bekommt: : „Versickerung finden wir gut, aber bei uns geht das nicht!“. Hier besteht ganz offensichtlich ein Informationsdefizit - aber auch ein Festhalten an konventionellen Vorgehensweisen. Zu einer ähnlichen Einschätzung kommt auch die bereits erwähnte Umfrage zur Versickerung von Niederschlagswasser“ [ATV (1996)].

Schwierigkeiten bei der praktischen Umsetzung: Ein Grund könnte auch sein, dass Regen(ab)wasserbewirtschaftungsmaßnahmen in der Praxis doch nicht so vielseitig

einsetzbar sind wie in den Pilotprojekten eigentlich gezeigt wurde. Dies hängt jedoch stark mit den Fähigkeiten und vor allem auch dem Engagement der Planer und Behördenmitarbeiter zusammen. Eine Schlüsselrolle nehmen hierbei auch Vertreter anderer Fachrichtungen ein. Landschafts- bzw. Stadtplaner entscheiden oft schon beim Bauabwuchsplanverfahren über die Form der Regen(ab)wasserbewirtschaftung und Geologen treffen in ihren Gutachten leider auch negative Aussagen zur Versickerung obwohl eine Regen(ab)wasserbewirtschaftung mit einer signifikanten Teilversickerung durchaus möglich wäre. Zum Beispiel wurde für ein 160 ha großes Gewerbegebiet in der Nähe von Berlin (Gemeinde Dahlewitz-Hoppegarten) im hydrogeologischen Gutachten eine Versickerung der Niederschlagsabflüsse ausgeschlossen. Mittlerweile ist dieses Gebiet sehr weitgehend mit einem Mulden-Rigolen-System erschlossen und ca. 60 % des Jahresniederschlags werden versickert. Selbstverständlich gibt es auch Situationen, wo nach wie vor eine kanalgebundene Entwässerung erforderlich ist. Um dies zu entscheiden, sind aber entsprechende Voruntersuchungen erforderlich, die oftmals nicht durchgeführt werden.

ATV-Arbeitsblatt A128: Einen gewissen Anteil an der Nichtrealisierung hat auch das ATV-Arbeitsblatt A128 [ATV-M128 (1999)]. Durch die Festschreibung eines einzigen Verfahrens (der Speicherung) als alleinige Methode zur Mischwasserbehandlung werden andere Alternativen im Zuge der Planung nicht berücksichtigt. Da das Mischwasserproblem einen der größten Investitionsposten in der Stadtentwässerung darstellt, wurde durch diese starre Regelung die kostenneutrale Umsetzung in einem wichtigen Handlungsfeld unterbunden. Im Bereich der Trennsysteme existieren zur Zeit überhaupt keine allgemeinen Anforderungen an die Behandlung der Abflüsse. In Gebieten wo weitergehende Anforderungen an die Regenwasserbehandlung gestellt werden, setzen sich dezentrale Regen(ab)wasserbewirtschaftungsmaßnahmen jedoch verstärkt durch.

Honorarordnung (HOAI): Ein weiterer Grund könnte auch die geltende Honorarordnung (HOAI) [HOAI (2002)] sein. Die Honorierung einer Planung orientiert sich im wesentlichen an den Baukosten. Eine Kosteneinsparung bei gleichzeitig höherem Planungs- und Abstimmungsaufwand stößt damit bei den Planern nicht auf großes Interesse. Neue Instrumente der HOAI wie das Erfolgshonorar sind zwar theoretisch in der Lage hier Abhilfe zu schaffen, sie finden aber in der Praxis kaum Anwendung. Der

Grund hierfür liegt sicherlich u.a. daran, dass das Bezugsniveau für das Erfolgshonorar in der HOAI nicht konkret bestimmt ist.

Unverbindliche Formulierungen in Regelwerken, Rahmenplänen oder Rechtsvorschriften: Ohne Zweifel ist auch die Unverbindlichkeit von Forderungen in Regelwerken, Rahmenplänen oder Rechtsvorschriften ein weiterer Grund. Die bestehenden Instrumente der Planung beinhalten konkrete Zielvorgaben für einzelne große Maßnahmen, wie z.B. zulässige Ablaufwerte für Kläranlagen. Genauso konkret müssen die Vorgaben für flächenhafte Maßnahmen, wie z.B. die zulässige Abflussspende aus einem Siedlungsgebiet sein.

Wahrscheinlich sind alle genannten Gründe mehr oder weniger für das Defizit bei der Realisierung von Regen(ab)wasserbewirtschaftungsmaßnahmen verantwortlich. Allen Argumenten kann mit mehr Information begegnet werden. Und damit ist nicht nur allgemeine Information, z.B. über wasserwirtschaftliche Vorteile der Versickerung, gemeint, sondern viel mehr als bisher die Information mit lokalem Bezug. Es sind Karten erforderlich, die für eine bestimmte Fläche konkret ausweisen, welche Möglichkeiten der Regen(ab)wasserbewirtschaftung bestehen.

2.2.3. Niederlande

2.2.3.1. Vorbemerkung

Die Erkenntnisse über die Praxis der Regen(ab)wasserbewirtschaftung in den Niederlanden resultierten im wesentlichen aus einem „Vergleich des deutschen und niederländischen Standards, der Technik und der Kosten bei der Niederschlagswasserableitung und -behandlung“. Dieses Projekt wurde von der Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH, Dahlwitz-Hoppegarten im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft, Nordrhein-Westfalen gemeinsam mit dem niederländischen Ingenieurbüro DHV aus Amersfoort bearbeitet [IPS, DHV (1998)].

2.2.3.2. Allgemeines

In den Niederlanden sind die sogenannten Waterschaps für die Wasserqualität und die Wasserquantität aller Oberflächengewässer in ihrem Bereich verantwortlich. Insgesamt

bestehen ca. 60 Waterschaps in den Niederlanden. Die Grenzen dieser Verbände orientieren sich an den natürlichen Einzugsgebietsgrenzen der Fließgewässer.

Dagegen ist die Gemeinde für die Sammlung und den Transport des Abwassers zum Übergabepunkt verantwortlich. Der Übergabepunkt ist meistens ein Pumpwerk, das zur Waterschap gehört. Der Transport zur Kläranlage und die Kläranlage selbst gehört ebenfalls zur Waterschap. Diese Teilung ist vergleichbar mit der Handhabung z.B. im Verbandsgebiet der Emschergenossenschaft oder dem Entsorgungsverband Saar (EVS).

Das Pendant zur deutschen ATV ist die Stiftung RIONED, eine kooperative Organisation von öffentlichen und gewerblichen Institutionen. Aufgaben und Ziele von RIONED sind hauptsächlich [RIONED (1999)]:

- Stärkung des öffentlichen Interesses für die Stadtentwässerung
- Sammlung und Verbreitung von Know-how
- Entwicklung kostensparender Techniken und Methoden
- Koordination von Forschungstätigkeiten mit dem Ziel der Abstimmung, Veröffentlichung von Ergebnissen und der beruflichen Weiterbildung

Die RIONED-Stiftung gibt außerdem Leitlinien z.B. für die „Hydraulische Leistungsfähigkeit von Kanalnetzen (Modul C2100)“ heraus. Dieses Regelwerk hat aber bei weitem nicht den Umfang des deutschen Regelwerks (ATV, DVWK).

Das niederländische Normungsinstitut (Nederlands Normalisatie Instituut, NNI) erarbeitet und pflegt Normen, die auch Aspekte der Siedlungswasserwirtschaft umfassen. Entsprechend der deutschen Praxis (DIN) werden EN-Normen in das niederländische Normungswerk übernommen, z.B. die NEN-EN 752.

2.2.3.3. Rechtliche Vorgaben zum Gewässerschutz

Die Gemeinde benötigt für jeden Überlauf und Auslauf eine Genehmigung auf der Grundlage des Gesetzes Wvo (Wet verontreiniging oppervlaktewater). Jede Gemeinde ist verpflichtet, die in diesem Gesetz genannten Mindestanforderungen (basisinspanning) im Jahre 2002 zu erreichen.

Diese Mindestanforderung ist aus einer Referenzsituation abgeleitet und basiert auf den Schmutzemissionen des Kanalnetzes, deshalb auch "Emissionspur" genannt. Alle Kosten für die Einhaltung dieser Anforderung trägt die Gemeinde. Die Referenzsituation wird an die Situation der gesamten Gemeinde angepasst. Beispielsweise muss nicht jeder individuelle Mischwasserüberlauf die Mindestanforderung einhalten, wenn die Gesamtheit aller Überläufe die Mindestanforderung erfüllt. Individuelle Überläufe dürfen aber keine Wasserqualitätsprobleme (wasserspur) ergeben.

Wenn die Mindestanforderung nicht ausreicht, tritt eine zweite Stufe in Kraft, die "wasserspur". Das ‚nicht reichen‘ wird in Wasserqualitätsstudien, Messungen und Wassergütesimulationen festgestellt, wobei auch andere Schmutzquellen aufgenommen werden. Die Referenz ist der gewünschte Zustand des Oberflächengewässers. Die zur Erfüllung dieses Zustandes maximalen Einleitwerte können als Grenzwerte betrachtet werden.

Die Kosten für diese Maßnahmen werden von der Waterschap in Höhe von bis zu 50 % übernommen, wenn der Vorfluter eine besondere Funktion erfüllt. Eine Optimierung der gesamten Maßnahmen ist gängige Praxis. Alternative technische Maßnahmen, die nicht in der Mindestanforderung definiert sind, sind möglich.

Auf Grundlage der CUWVO VI-Empfehlungen hat jede Waterschap ihre eigenen spezifischen Interpretationen und Nuancierungen, auf denen die jeweiligen Entscheidungen basieren. In der Regel unterscheiden sich die Regeln für die einzelnen Waterschaps nicht wesentlich. Im folgenden werden die Grundsätze für die Waterschap Regge und Dinkel behandelt, die ein wenig von anderen Stellen in den Niederlanden abweichen können.

2.2.3.4. Hydraulik

Die Gemeinde ist verantwortlich für das Kanalnetz und kann prinzipiell die Leistungsfähigkeit frei definieren. In Anlehnung an die EN 752 wird jedoch meistens eine Leistungsfähigkeit (Überstauhäufigkeit) von 1 mal in 2 Jahren gewählt. Für Innenstädte, Gewerbegebiete und in steilen Gebieten (mit großen Differenzen in Deckelhöhen) kann eine höhere Sicherheit gewählt werden. Überflutung wird in den Niederlanden - wie in Deutschland - als ein Überstau mit Schadensfolge definiert. Die Erfahrungen aus dem Betrieb werden in die Sanierungsmaßnahmen einbezogen.

Der Nachweis erfolgt mit einer hydrodynamischen Kanalnetzberechnung mit einem Modellregen gemäß den Richtlinien ‚Leidraad Riolering‘ (Stiftung Rioned). Innerhalb dieser Richtlinien gibt es (landesweit gültige!) Modellregen mit verschiedenen Häufigkeiten (Frequenzen). Meist wird das Niederschlagsereignis 08 (Überschreitungshäufigkeit 1 mal in 2 Jahren) herangezogen.

Der Sanierungsvorschlag wird in Absprache mit der Gemeinde erstellt. Es wird zwischen direkten Maßnahmen und Erweiterungen der einzelnen Kanäle bei Erneuerungsbedarf unterschieden.

2.2.3.5. Mischwasserbehandlung

Die Mindestanforderung für Mischwassersysteme wird über ein Referenznetz definiert. Dazu werden an das jeweilige Kanalnetz allgemein gültige Referenzanforderungen gestellt, die folgendermaßen definiert sind:

- 7 mm im Netz zu speichernde Abflusshöhe (70 m³/ha)
- 2 mm in Becken zu speichernde Abflusshöhe (20 m³/ha)
- 0,7 mm/h Pumpkapazität PÜK zur Kläranlage (ca. 2 l/s ha)¹⁾
Der Trockenwetterabfluss ist in der Pumpkapazität enthalten
- Flächenanteile:

gepflasterte Straßen:	30	%
geteerte Straßen:	20	%
Steildächer:	40	%
Flachdächer:	10	%
unversiegelt	kein Beitrag	
- 588 mm/Jahr Oberflächenabfluss (= 75 % des Jahresniederschlages von 784 mm)
- 50 % Absetzrate in Mischwasserbecken

Mit diesen Referenzanforderungen wird für das jeweilige Kanalnetz eine hydrodynamische Langzeitseriensimulation durchgeführt. Die Berechnung basiert auf einer (landesweit gültigen!) Langzeit-Regenreihe (10 Jahre) und berücksichtigt alle Ereignisse, die einen Überlauf zur Folge haben können. Die Simulation dauert bis zur Entleerung des Systems. Auch der Trockenwetterabfluss wird in der Simulation mit einer Standardverteilung über den Tag berücksichtigt. Am Ende dieser Simulation ist für jeden

¹⁾ Dieser Wert liegt i.a. deutlich über dem 2-fachen Trockenwetterabfluss

Überlauf das Volumen, die Dauer und die Abflussintensität für die simulierte 10-jährige Periode bekannt.

Die Schmutzfrachtberechnung basiert auf dem hydrodynamisch berechneten Überlaufvolumen. Das Überlaufvolumen wird mit einer festen Konzentration für jeden Schmutzparameter multipliziert. Unterschieden wird zwischen einer mittleren Schmutzfrachtkonzentration für die zu ermittelnde Jahresfracht und einer Spitzenschmutzfrachtkonzentration für Einzelereignisse:

- BSB₅ Jahresmittel = 50 mg/l
- BSB₅ Spitze = 100 mg/l
- CSB Jahresmittel = 200 mg/l
- CSB Spitze = 400 mg/l

Eine Berechnung nach der Zwei-Komponenten-Methode, wie in Deutschland üblich, erfolgt in den Niederlanden nicht. Die Schmutzfrachtberechnung ergibt eine Referenzsituation, die als Grundlage für einen Variantenvergleich dient.

Im o.a. Projekt wurde die beschriebene Vorgehensweise auf die Gemeinde Losser (gelegen an der deutsch-niederländischen Grenze am Fluss Dinkel) angewendet [IPS, DHV (1998)]. Es ergab sich folgende Referenzsituation:

- Mischwasserentlastung = 47 mm/Jahr $\cong$ Entlastungsrate von 8 %
- Überlauf (Einzelereignis-n=0.5) = 17 mm
- BSB₅-Emission = $0,047 \cdot 10.000 \cdot 50 \cdot 0,5 = 11,75 \text{ kg/Jahr/ha}$
- BSB₅-Spitzenemission (n=0.5) = $0,017 \cdot 10.000 \cdot 100 \cdot 0,5 = 8,5 \text{ kg/ha}$
- CSB- Emission = $0,047 \cdot 10.000 \cdot 200 \cdot 0,5 = 47,0 \text{ kg/Jahr/ha}$
- CSB Spitzenemission (n=0.5) = $0,017 \cdot 10.000 \cdot 400 \cdot 0,5 = 34 \text{ kg/ha}$

Multipliziert mit der derzeit angeschlossenen Fläche ergeben sich damit die derzeit zulässigen Emissionen für das Kanalnetz der Gemeinde Losser.

Es gibt keine Vorschrift über die anzuwendenden Verfahren für die Einhaltung dieser Anforderungen. Es ist nur die Referenz-Emission nachzuweisen. Alle Maßnahmen zur Erreichung des Emissionszieles sind erlaubt. Für jede untersuchte Variante wird eine Schmutzfrachtberechnung durchgeführt und mit der vorberechneten Referenzsituation

verglichen (sowohl die Jahresfracht als auch die Spitzenfracht des einzelnen Überlaufereignisses).

2.2.3.6. Vorgaben für Neuplanungen

Für Neubau eines Netzes ist das „verbesserte Trennverfahren“ anzuwenden (Abb. 2). Konventionelle Mischsysteme sind für Neubaugebiete nicht mehr zulässig! Unter verbessertem Trennverfahren wird allerdings etwas anderes verstanden als in Deutschland.

Folgende Anforderungen sind beim verbesserten Trennverfahrens einzuhalten:

- 4 mm Speicherraum im Regenwassernetz (40 m³/ha)
- 0,3 mm/h gedrosselte Regen(ab)wasserableitung in das Schmutzwassernetz. (0,85 l/s ha)

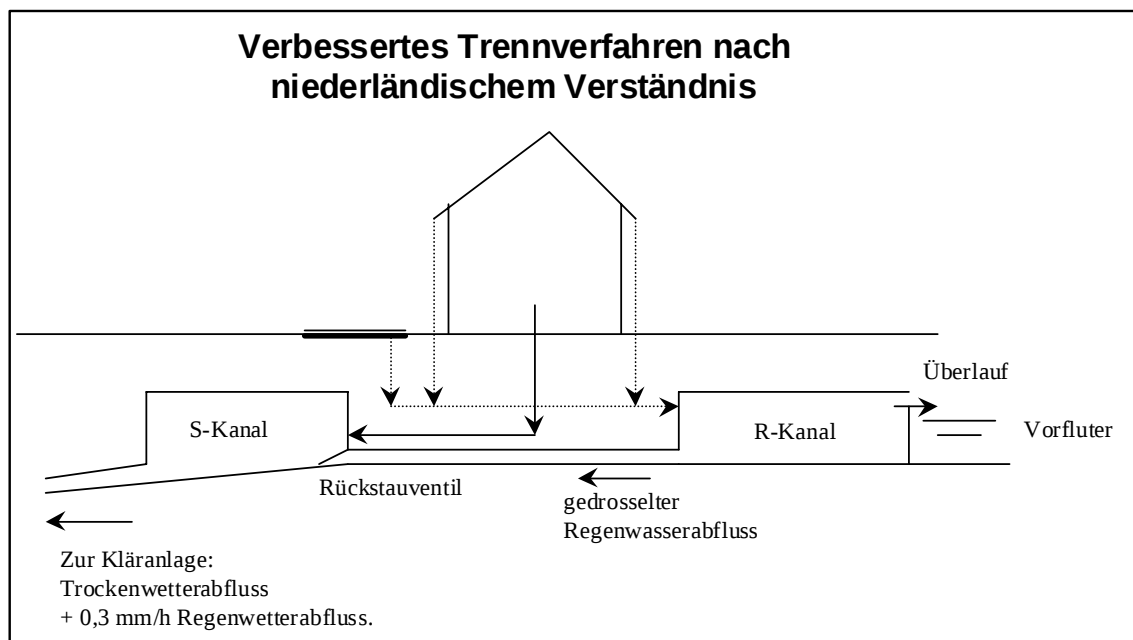


Abb. 2: Verbessertes Trennsystem nach niederländischem Verständnis

2.2.3.7. Dezentrale Regen(ab)wasserbewirtschaftungsmaßnahmen

Flächenabkopplung (Afkoppeln) ist in den Niederlanden noch relativ neu, aber der Enthusiasmus ist groß [IPS, DHV (1998)]. Die Stiftung RIONED hat zu diesem Thema

eine Leitlinie mit dem Titel „Aandachtspunten aan en Afkoppelen verharde Oppervlakken“ (Anmerkungen zur Abkopplung befestigter Oberflächen) herausgegeben.

Viele Gemeinden benutzen Abkopplungen als alternative Maßnahme um die Mindestanforderung zu erreichen. Auch die wasserwirtschaftlich zuständigen Landesbehörden tendieren zu umweltfreundlichen Systemen und damit zu Abkopplungsmaßnahmen. Es wird erwartet, dass sich dieser Trend verstärkt. Es gibt auch eine Tendenz, Studien bezüglich des vorhandenen Abkopplungspotentials durchzuführen. Dabei wird nicht nur das Abkoppeln berücksichtigt, sondern auch eine Gesamtoptimierung des Abwassersystems vorgenommen.

2.2.4. Vereinigte Staaten von Amerika

2.2.4.1. Allgemeines

Das „Stormwater Management“ ist ein großes Thema in den USA, es gibt zahlreiche Monographien und sonstige Veröffentlichungen. Eine Internetsuche zu diesem Stichwort ergab Anfang 1999 ca. 23.000 Ergebnisse, eine Suche unter dem deutschsprachigen Begriff „Regen(ab)wasserbewirtschaftung“ nur 100 Treffer. Es handelte sich dabei nicht nur um wissenschaftliche Veröffentlichungen sondern auch um Behördeninformationen oder Projektbeispiele.

Die Aktualität des Themas Regen(ab)wasserbewirtschaftung beruht auf der Erkenntnis, dass nach der weitgehenden Fertigstellung von Kläranlagen auch niederschlagsbedingte Schadstoffeinleitungen eine maßgebende Quelle der Gewässerverschmutzung darstellen. Als Grund hierfür wird die Praxis der strikten Niederschlagswasserableitung in der Vergangenheit gesehen. Die Kosten der Einführung einer ordnungsgemäßen Behandlung des Niederschlagswassers im Trenn- und Mischsystem werden für die USA mit ca. 300 Milliarden US\$ veranschlagt [FIELD (1993)].

2.2.4.2. Rechtliche Vorgaben

Rechtliche Basis für die Regen(ab)wasserbewirtschaftung in den USA ist der „Clean Water Act (CWA)“. Dieses Gesetz ist ein Nachtrag zum „Federal Water Pollution Control Act“, in dem die Grundlagen für die Einleitung von Schadstoffen in Gewässer

festgelegt sind. Konkrete Bestimmungen werden aufbauend auf diesem Gesetz von den einzelnen Bundesstaaten festgelegt. Daneben hat die Environmental Protection Agency (EPA) eine gewisse Richtlinienkompetenz.

2.2.4.3. Gewässerschutz (TMDL-Programm)

Im CWA ist für alle Gewässer „die Möglichkeit des Fischens und Schwimmens“ als Ziel formuliert. Mit „technology based methods“ konnte die Gewässerverschmutzung zwar weitreichend reduziert werden, dennoch konnten die Vorgaben nicht für alle Gewässer erreicht werden. Die Umweltbehörde des Bundesstaates Michigan stellt fest: “Point source technology-based controls alone are not adequate to achieve and maintain water quality standards in areas of the state and portions of the Great Lakes” [MIDEQ (1998)]. Diese Einschätzung wiederholt sich an vielen Stellen in der US-amerikanischen Literatur.

Um die CWA-Ziele dennoch zu erreichen, ist das Total Maximum Daily Load (TMDL) eingeführt worden. Das TMDL-Programm ist eine Studie, die:

- die Größe der Schadstoffbelastung in einem Gewässer quantifiziert
- die Quellen dieser Verschmutzung identifiziert (Punkt- und diffuse Quellen) und
- Regularien und andere Maßnahmen zum Erreichen des Ziels empfiehlt

Alle 2 Jahre muss jeder Bundesstaat der EPA die Gewässer mitteilen, die „potentiell“ eine unzureichende Wasserqualität aufweisen (Water Quality Limited Segments, WQLS's) und für die TMDL-Programme aufzulegen sind. Die Kriterien, ob ein Gewässer in diese Kategorie fällt, werden von der EPA und dem jeweiligen Bundesstaat festgelegt. In Michigan sind prinzipiell für alle Gewässer, in die Mischwasserentlastungen erfolgen, TMDL-Programme aufzulegen.

Die meisten Bundesstaaten führen TMDL-Programme durch. Staaten ohne diesbezügliche Programme werden von der EPA unterstützt. Dafür hat die EPA einen Leitfaden zur Bearbeitung von gewässerqualitätsorientierten TMDL-Programmen herausgegeben [EPA (1991)], der sich in allgemeine Erläuterungen zur immissionsorientierten Betrachtungsweise und konkrete Handlungsempfehlungen für die Projektabwicklung gliedert.

Die Struktur des immissionsorientierten Ansatzes ist in Abb. 3 dargestellt und enthält 5 Schritte:

- Schritt 1: Identifizierung der Gewässer mit unzureichender Qualität
- Schritt 2: Festlegung einer Prioritätenreihenfolge
- Schritt 3: Entwicklung des TMDL-Programms
- Schritt 4: Durchführung des Maßnahmenprogramms bestehend u.a. aus der Erteilung von Einleitgenehmigungen basierend auf dem TMDL und der Aktualisierung von Maßnahmenplänen
- Schritt 5: Erfolgskontrolle u.a. durch ein Monitoring der Gewässerqualität.

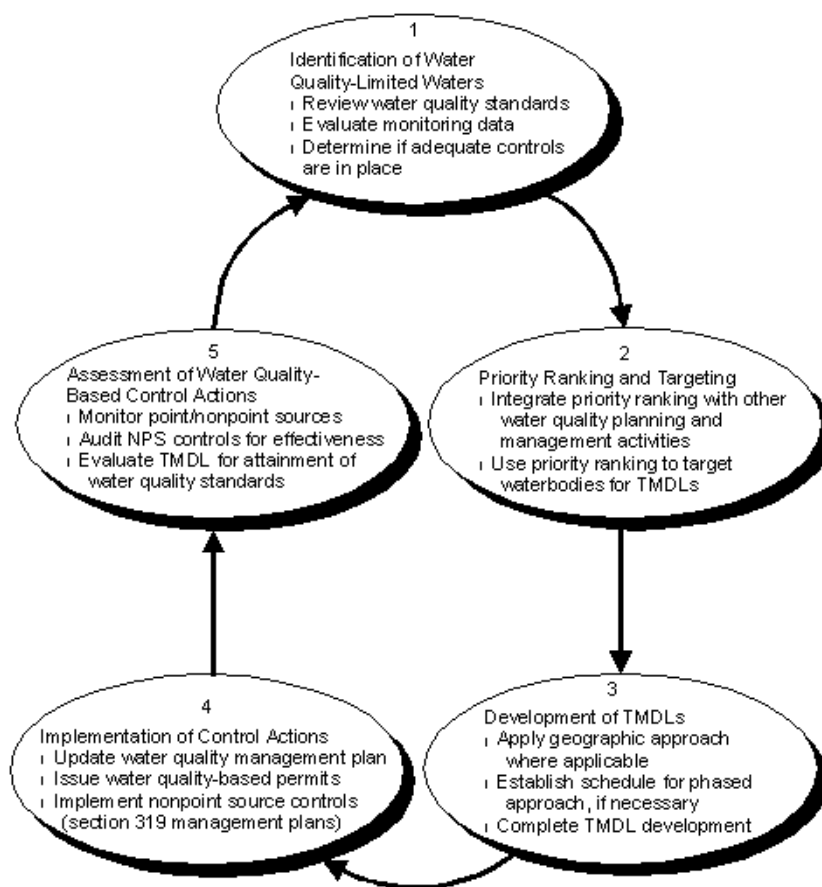


Abb. 3: Ablaufschema TMDL [EPA (1991)]

Die TMDL ist ein Baustein eines an der Gewässerqualität orientierten Vorgehens. Wichtig ist, dass die Einleitbeschränkungen, die aus der TMDL resultieren, nicht die bisher gültigen emissionsorientierten Anforderungen an eine Abwasserbehandlung ersetzen, sondern sie lediglich ergänzen. Insofern stellt das Konzept der TMDL einen kombinierten Ansatz ähnlich der EU-Wasserrahmenrichtlinie dar. In der Regel bewir-

ken die neuen Einleitgenehmigungen allerdings eine Verschärfung der bisherigen Praxis.

Im Leitfaden werden Hinweise zur Entwicklung und Implementierung eines TMDL gegeben und umfassen im Regelfall folgende Arbeitsschritte:

- Auswahl der zu berücksichtigenden Schadstoffe
- Abschätzung der „Aufnahmekapazität“ des Gewässers
- Abschätzung der gesamten Schadstofffracht, die in das Gewässer eingeleitet wird
- Bestimmung der zulässigen Schadstofffracht im Gewässer
- Aufteilung der zulässigen Schadstofffracht auf die verschiedenen Schadstoffquellen, so dass das gewünschte Gewässerqualitätsziel erreicht wird

Weiterhin werden folgende Punkte geregelt:

- Programme sollen sich an den Einzugsgebietsgrenzen der Gewässer orientieren (Watershed approach)
- TMDL setzt sich zusammen aus Punkt-, diffusen und Hintergrundquellen sowie einer Sicherheitsmarge
- TMDL-Ermittlung durch Simulationsmodelle (Gewässergüte, N-A-Modelle). Die EPA stellt hierfür zusammen mit dem „Center for Exposure Assessment Modeling (CEAM)“ verschiedene Modelle (QUAL, SWMM, HSPF, WASP, etc.) zur Verfügung
- TMDL-Programm ist der EPA vorzulegen und genehmigen zu lassen

Für die einzelnen Arbeitsschritte gibt es weitere technische Anleitungen. Auch auf andere Gesetze und Programme (s.u.) wird hingewiesen. Ein separater Abschnitt ist den Zuständigkeiten gewidmet. Beispiele für TMDL-Programme sind im Internet unter www.epa.org veröffentlicht.

2.2.4.4. Mischwasserbehandlung (NPDES Program: Combined Sewer Overflows)

Die EPA hat 1994 eine Richtlinie zum Umgang mit Mischwasserentlastungen herausgegeben [EPA (1994)]. Diese Richtlinie für sich ist nicht verbindlich, sondern wurde gemeinsam mit Kommunen, Umweltverbänden und anderen Beteiligten als Konsenspapier zur Bekämpfung eines „maßgeblichen Umweltproblems“ erarbeitet.

Durch die Einführung der TMDL-Programme hat sie dennoch eine gewisse Verbindlichkeit. Diese Richtlinie liefert den Betreibern ein flexibles Werkzeug, das den lokalen Standortbedingungen und den finanziellen Möglichkeiten gerecht wird. Die EPA erwartet, dass dadurch signifikante Kostenvorteile gegenüber einer Standardlösung („one-size-fits-all-approach“) erreicht werden können.

Die Anforderungen an die Mischwasserbehandlung gemäß dieser Richtlinie gliedern sich ebenso wie die zu erteilenden Genehmigungen in zwei Phasen.

Die erste Phase enthält ein 9 Punkte Programm (Nine-Minimum-Controls):

- Ordentlicher Betrieb des Kanalnetzes und der Mischwasserentlastungsbauwerke
- Maximale Ausnutzung des Kanalstauraums
- Überprüfung und Modifikation der Vorreinigungseinrichtungen
- Maximierung (im Rahmen des Möglichen) des Kläranlagenzulaufes
- Verbot von Mischwasserentlastungen im Trockenwetterfall
- Rückhalt von absetzbaren und schwimmfähigen Stoffen im Entlastungsbauwerk
- Verschmutzungsvorsorge u.a. an der Oberfläche
- Öffentlichkeitsarbeit für Aufmerksamkeit zur Mischwasserproblematik
- Errichtung eines Monitoring-Systems zur Überprüfung der Entlastungstätigkeit

Die Anforderungen der ersten Phase waren von den Kommunen für alle Überläufe bis Ende 1996 zu erfüllen.

Als zweite Phase ist von den Kommunen ein Langzeitprogramm zu erarbeiten und umzusetzen. Dieses Langzeitprogramm soll sich an den lokalen Gegebenheiten orientieren und ist mit der Genehmigungsbehörde abzustimmen. Die Inhalte des Langzeitprogramms können in 9 Punkten wie folgt zusammengefasst werden:

- Untersuchung des Ist-Zustandes, bestehend aus Datenerfassung, Durchführung von Messungen und einer Langzeitsimulation
- Öffentlichkeitsarbeit
- Ausweisung sensibler Gebiete
- Erarbeitung von Alternativlösungen

- Kosten-Nutzen-Analyse
- Erstellung eines Betriebsplans
- Untersuchungen zur Maximierung der Mischwasserbehandlung auf der Kläranlage
- Zeitplan für die Umsetzung
- Erstellung eines Monitoring-Programms

Interessant sind die näheren Ausführungen zu Punkt 4 „Erarbeitung von Alternativlösungen“. Die EPA fordert, dass der Plan eine „vernünftige“ Anzahl von Alternativlösungen enthält. Dazu sollten die sogenannte Null-Emissions-Variante, Varianten mit Überlaufhäufigkeiten von $n=1,3,4-7$ und $8-12$ pro Jahr und verschiedene Beschickungen der Kläranlage gehören. Diese Herangehensweise trägt der Immissionsbetrachtung Rechnung. In Verbindung mit den zugehörigen Kosten ergibt sich die Kosten-Nutzen-Analyse.

Für den eigentlichen Nachweis hat die Kommune zwei Möglichkeiten. Die erste Möglichkeit („presumption approach“) besteht darin, eine der folgenden Kriterien zu erfüllen:

- Nachweis einer Überlaufhäufigkeit von nicht häufiger als 4 mal pro Jahr
- Behandlung von mindestens 85 % des Mischwasserabflusses während Niederschlagsereignissen (im Jahresmittel und „systemweit“), d. h. eine Entlastungsrate von höchstens 15 % ist nachzuweisen
- Entfernung der Schadstoffmenge aus dem Überlauf durch andere Maßnahmen, die dem 2. Kriterium entspricht

Die zweite prinzipielle Möglichkeit („demonstration approach“) besteht darin, nachzuweisen, dass die folgenden Bedingungen ganzheitlich erfüllt sind:

- Mischwasserbehandlung holt die Gewässerqualitätsziele des Clean Water Acts (CWA) ein (unter Berücksichtigung sonstiger Schadstoffquellen)
- geplante Mischwasserbehandlung verhindert nicht das Erreichen des Gewässerqualitätsziels
- geplante Mischwasserbehandlung liefert bei vertretbarem Aufwand die maximal mögliche Schadstoffreduktion
- geplante Mischwasserbehandlung ist kostengünstig aufrüstbar, falls die Gewässerqualitätsziele nicht eingehalten werden können

Ähnlich dem TMDL-Programm stellt die EPA Leitfäden, Simulationsmodelle, Workshops, etc. zur Schulung von Behörden und Planern zur Verfügung.

2.2.4.5. NPDES Stormwater Program

Gemäß dem „Clean Water Act“ ist es untersagt, Schadstoffe in ein Gewässer einzuleiten, es sei denn, es liegt eine NPDES-Genehmigung (National Pollution Discharge Elimination System) vor. Für Regenwassereinleitungen aus Trennsystemen wurde dies jedoch bisher scheinbar nicht praktiziert.

Im Zuge des NPDES Stormwater Programs soll dies geändert werden. Das Programm läuft derzeit in der Phase I, in der alle Kommunen mit mehr als 100.000 Einwohnern und Industrieflächen größer 2 ha (5 acres) eine Einleitgenehmigung benötigen und dies betrifft auch vor allem bestehende Einleitungen. Die Einleitgenehmigungen sind mit Auflagen zur Regenwasserbehandlung versehen. Eine zweite, in der Vorbereitung befindliche Phase des Programms umfasst alle verbleibenden Einleitungen (mehrere Millionen).

2.2.4.6. Best Management Practices

Die oben genannten Programme fordern von den Einleitern Maßnahmen zur Verminderung der niederschlagsbedingten Schadstoffeinleitungen. In den Programmen wird jedoch ganz bewusst auf die Vorgabe bestimmter Verfahren verzichtet. Vielmehr wird die Anwendung von „Best Management Practices (BMP)“ - also Bewirtschaftungstechniken vorgeschlagen. Darunter werden sowohl technische als auch nichttechnische (structural and non-structural) Maßnahmen verstanden.

FIELD [FIELD (1993)] gibt einen Überblick über die verschiedenen BMPs bei der Regen(ab)wasserbewirtschaftung.

Maßnahmen an der Oberfläche (Land management)

- Flächennutzungsplanung (Land Use Planing)
- Natürliche Dränung, (Natural Drainage)
- Versickerungs- und Retentionsmaßnahmen (Multipurpose Detention/Retention)

- Gezielte Überflutung von Wiesen, Seitenstreifen oder Rinnstein (Major-Minor-Flooding)
- Abflusssdrosselung am Straßeneinlauf (Controlled Stormwater Entry, Hydrobrakes)
- Poröse Pflasterungen (Porous Pavement)
- Straßenreinigung (Surface Sanitation)
- Bereitstellung von öffentlichen Papierkörben (Litter Control)
- Kontrolle der Verwendung von Chemikalien, z.B. beim Autowaschen (Chemical Control)
- Optimierter Einsatz von Taumitteln auch im privaten Bereich (Deicing practices)

Maßnahmen im Kanal (Collection system control)

- Entflechtung von Mischsystemen (Sewer separation)
- Fangbecken (Catchbasins), optimiert durch hydraulische Modellierung
- Kanalreinigung (Sewer Flushing)
- Herabsetzung der Wandreibung durch Polymer-Injektionen
- Stauraumbewirtschaftung (In-Sewer Storage)
- Vermaschung von Kanalnetzen (Sewer System Cross Connections)
- Abflusssteuerung (Flow Routing, Flow Regulators)
- Drosseln (Vortex Energy Dissipators, Rubber “Duck Bill” Tide Gate”)
- Wirbeldrosseln und andere Abscheideanlagen (Swirl and Helical Flow Regulators)
- Optimierter Betrieb von Kanalnetzen (Maintenance)
- Fremdwasserreduktion (Infiltration/Inflow Control)

Speichermaßnahmen

- Beton oder Erdbecken (Concrete tanks or earthen basins)
- Stauraumkanäle
- Absetzräume im Gewässer
- Haupt- oder Nebenschluss (Inline/Offline)

Reinigungsverfahren

- Physikalische /chemische Behandlung (Physical/chemical treatment)

- Biologische Behandlung (biological treatment)
- Desinfektion

Diese Liste zeigt, wie vielfältig Regen(ab)wasserbewirtschaftung in den USA verstanden wird. Es wird bewusst keine Wertung der Maßnahmen vorgenommen. Dies hat durch den planenden Ingenieur unter Berücksichtigung der lokalen Randbedingungen und der gewünschten Reinigungsziele zu erfolgen. Als Hilfsmittel zur Bewertung der verschiedenen BMPs stellt die EPA Handbücher (state-of-the-art- (SOTA)-reports, manuals of practice (MOP), compendiums) und Simulationsmodelle zur Verfügung. In der neueren Literatur sind etliche Beispiele für die Umsetzung von BMPs zu finden.

2.2.5. Schweiz

Die Belange des Gewässerschutzes und der Abwasserbeseitigung werden in der Schweiz durch das Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer (Gewässerschutzgesetz, GSchG) in der aktuellen Fassung vom 24. Dezember 1998 [GSCHG (1998)] geregelt.

Die Grundsätze des GSchG sind ähnlich „modern“ und umweltorientiert wie die Grundsätze des WHG. Im Detail bestehen jedoch einige interessante Unterschiede:

- Die Versickerung von Regenwasser wird explizit gefordert: „Nicht verschmutztes Abwasser ist nach den Anordnungen der kantonalen Behörde versickern zu lassen“
- Die Kantone sind für die Erstellung öffentlicher Kanalisationen und zentraler Abwasserbehandlungsanlagen zuständig und nicht die Gemeinden. Dazu zählt auch die überregionale Entwässerungsplanung: „Die Kantone sorgen für eine kommunale und, soweit notwendig, für eine regionale Entwässerungsplanung“
- Anforderungen an die Wasserqualität und Vorschriften für die Einleitung von Abwasser in die Gewässer werden dagegen vom Bundesrat in Verordnungen festgelegt

In den zugehörigen Verordnungen (Gewässerschutzverordnung- und Verordnung über Abwassereinleitungen) sind neben Einleitgrenzwerten (bezüglich Mischwasserentlastungen leider in sehr „schwammiger“ Form) auch konkrete Vorgaben für die Durchführung von Entwässerungsplanungen enthalten. Dabei wird zwischen der regionalen und der kommunalen Entwässerungsplanung unterschieden. Die regionale Entwässerungsplanung (REP) legt insbesondere fest:

- die Standorte der zentralen Abwasserreinigungsanlagen und die Gebiete, die daran anzuschließen sind
- die oberirdischen Gewässer, die in welchem Ausmaß für die Einleitung von Abwasser, insbesondere bei Niederschlägen, geeignet sind und
- die zentralen Abwasserreinigungsanlagen, bei denen die Anforderungen an die Einleitung verschärft oder ergänzt werden müssen

Damit entspricht der REP in etwa dem deutschen Abwasserbeseitigungsplan. Interessant sind die Bestimmungen zur kommunalen Entwässerungsplanung, die in der Gewässerschutzverordnung wie folgt festgelegt sind [GSchV (1998)]:

- Die Kantone sorgen für die Erstellung von generellen Entwässerungsplänen (GEP), die in den Gemeinden einen sachgemäßen Gewässerschutz und eine zweckmäßige Siedlungsentwässerung gewährleisten

Danach legt der GEP mindestens fest:

- Gebiete, für die öffentliche Kanalisationen zu erstellen sind
- Gebiete, in denen das von bebauten oder befestigten Flächen abfließende Niederschlagswasser getrennt vom anderen Abwasser zu beseitigen ist
- Gebiete, in denen nicht verschmutztes Abwasser versickern zu lassen ist
- Gebiete, in denen nicht verschmutztes Abwasser in ein oberirdisches Gewässer einzuleiten ist
- Maßnahmen, mit denen nicht verschmutztes Abwasser, das stetig anfällt, von der zentralen Abwasserreinigungsanlage fernzuhalten
- Standorte für zentrale Abwasserreinigungsanlagen mit Behandlungssystem und Kapazität
- Gebiete, in denen andere Systeme als zentrale Abwasserreinigungsanlagen anzuwenden sind und wie das Abwasser in diesen Gebieten zu beseitigen ist

Damit steht ein rechtlich fundiertes Instrument zur integrierten Planung von entwässerungstechnischen Maßnahmen zur Verfügung. Ein vergleichbares Instrument existiert in Deutschland nicht.

Für die Aufstellung eines GEP hat der Verband Schweizerischer Abwasserfachleute (VSA) bereits 1989 eine „Richtlinie für die Bearbeitung und Honorierung“ herausgegeben [VSA (1989)]. In dieser Broschüre, die sowohl Auftraggebern als auch Genehmigungsbehörden und Ingenieuren als Leitfaden dient, werden im Zusammenhang mit der Erstellung eines GEP

- Grundsätze einer (umweltgerechten) Entwässerungsplanung
- Grundsätze der Projektbearbeitung
- Aufgaben der Gemeinden
- Projektgrundlagen
- Projektbearbeitung und
- Honorierung

angesprochen.

Hervorhebenswert sind einige Textausführungen:

- Die Versiegelung der Oberflächen führt bei Starkregen zu extremen Abflussspitzen in den Gewässern. Dies erfordert den Ausbau von Fließgewässern. Gleichzeitig wird die Infiltration ins Grundwasser vermindert
- Bei der differenzierten Entwässerung sollten nur diejenigen Abwässer abgeleitet werden, die im Einzugsgebiet nicht schadlos versickert werden können. Daneben sollen Retentionsmöglichkeiten genutzt werden, um die Abflussspitzen zu verringern
- Die Planung von Entwässerungsanlagen befindet sich weltweit im Umbruch. Es werden nicht nur neue Elemente und Überlegungen in die Siedlungswasserentwässerung eingeführt sondern verstärkt auch neue Arbeitsmittel und Arbeitsmethoden eingesetzt. Dies bedingt umfassendere und detailliertere Arbeitsunterlagen als bisher. Es ist selbstverständlich, dass damit auch die fachlichen Anforderungen an den Projektverfasser wesentlich steigen
- Der Ingenieur ist für die Wahl der richtigen Methode und für die technische Gestaltung der Lösung verantwortlich. Er kann jedoch nicht für die Festsetzung des Zielzustandes verantwortlich sein
- Der Projektverfasser braucht eine Auswahl von bewährten, einfachen und billigen Methoden zur Lösung von einfachen Dimensionierungsaufgaben bis zu komplizierten und teuren Methoden, die für die Simulation von bestimmten Ereignissen in schwierigen Entwässerungsnetzen geeignet sind

2.2.6. Vergleichende Auswertung

2.2.6.1. Hydraulische Sicherheit von Kanalnetzen

In der Europäischen Union ist die erforderliche hydraulische Leistungsfähigkeit von „Entwässerungssystemen außerhalb von Gebäuden“ durch EN 752 mit Vorgabe von Überflutungshäufigkeiten einheitlich geregelt. In Deutschland und den Niederlanden

wurden daraus für den jeweiligen nationalen Bereich Überstauhäufigkeiten zwischen $n=0,5$ und $n=0,1$ abgeleitet. Im angelsächsischen Raum (Großbritannien, USA, Kanada, Australien) sind noch geringere Überstauhäufigkeiten üblich [VERWORN (1998)]. In der Schweiz erfolgt i.a. eine Bemessung auf eine Überstauhäufigkeit von $n=0,1$ [PECHER (1991)]. Ein Bemessungs- bzw. Nachweisverfahren ist in Deutschland nicht verbindlich festgelegt. Zwar wird im ATV-Arbeitsblatt A118 die Anwendung von Kanalnetzmodellen zumindest für Nachweise empfohlen, Pflicht ist dies jedoch nicht. In den Niederlanden sind dagegen hydrodynamische Kanalnetzberechnungen mit einem Modellregen obligatorisch.

2.2.6.2. Mischwasserbehandlung

Die Anwendung der niederländischen Richtlinien auf die Stadt Gronau zeigt, dass die Anforderungen an die Mischwasserbehandlung in den Niederlanden sehr viel weiter gehen als in Deutschland. Die mittlere Entlastungsrate liegt bei 6-8 % gegenüber 30-40 % in Deutschland. Erreicht werden diese Werte durch die kombinierte Anwendung verschiedener Maßnahmen (Stauraumbewirtschaftung, Abkoppelung, Erhöhung der Kläranlagenbeschickung, Bau von Speicherbecken). Die Bemessung der Maßnahmen erfolgt durch hydrodynamische Langzeitsimulationen im Nachweisverfahren.

In den USA bestehen ebenfalls sehr viel weitergehendere Anforderungen als in Deutschland. Erforderlich ist der Nachweis einer Überlaufhäufigkeit von nicht häufiger als 4 mal pro Jahr oder die Behandlung von mindestens 85 % des Mischwasserabflusses bzw. eine äquivalente Frachtreduktion durch alternative Maßnahmen. Auch hier ist ein modelltechnischer Nachweis erforderlich.

In Deutschland wird dagegen weitgehend an der Speicherung als alleiniger Mischwasserbehandlungsmethode festgehalten. Mittlerweile wurden ca. 15.000 Mischwasserbecken gebaut, mehr als in der gesamten restlichen Welt [BROMBACH (1997)]. Selbst in den USA existieren nicht mehr als insgesamt 1.000 „CSO-Tanks“. Die Bemessung von Bauwerken mit Investitionssummen im Bereich mehrerer Millionen Mark wird in Deutschland nach wie vor mit einfachen Berechnungsverfahren durchgeführt, obwohl die Unzulänglichkeiten dieser Methoden hinreichend bekannt sind. Nach BROMBACH (1997) wären beim Festhalten an dieser Vorgehensweise weitere 35.000-50.000 Mischwasserbecken erforderlich, deren Kosten etliche Milliarden Euro betragen und

volkswirtschaftlich relevante Größenordnungen erreichen würden. Mit der Novellierung des WHG besteht ausdrücklich die Möglichkeit, die Zielgrößen für die Abwasserbehandlung und damit für die Mischwasserbehandlung per Verordnung festzulegen. Für die Mischwasserbehandlung ist dies bisher nicht geschehen. Hier besteht akuter Handlungsbedarf.

2.2.6.3. Regen(ab)wasserbehandlung

In den USA wird im Rahmen des NPDES Stormwater Program versucht, die Emissionen aus Regenwasserkanalisationen zu minimieren. Die Vorgaben für die notwendige Regenwasserbehandlung resultieren aus der immissionsorientierten Betrachtung des Gewässers (TMDL-Programm). Die Wahl der anzuwendenden Maßnahmen wird nicht beeinflusst.

In Deutschland existiert ein vergleichbares Programm nicht. Die Entscheidung, ob eine Regenwasserbehandlung und mit welchem Verfahren erforderlich ist, wird im Einzelfall i. d. R. unter Berücksichtigung der Gewässerqualität entschieden. Im Vergleich zu der starren Regelung bei der Mischwasserbehandlung ist diese Einzelfallentscheidung zu bevorzugen.

2.2.6.4. Integrale Planung

Mit den integralen Ansätzen der EU-Wasserrahmenrichtlinie wird - rechtlich gesehen - Neuland betreten. Ein Blick in die USA zeigt jedoch, dass integrale Ansätze dort schon erfolgreich praktiziert werden (TMDL-Programm). Auch in Europa werden integrale Ansätze seit längerem praktiziert; ein Verfechter des Immissionsprinzips ist Großbritannien [SLIPPER (1993)]. In der Schweiz steht mit dem GEP bereits seit fast 10 Jahren ein sehr gutes, rechtlich fundiertes Werkzeug für die integrierte Planung von Kanalnetz, Kläranlage und Gewässerschutz zur Verfügung.

Um die Lücken zwischen Wunsch (Formulierungen nach WHG bzw. Landeswassergesetzen) und Wirklichkeit (derzeitige Generalentwässerungspläne) der Regen(ab)wasserbewirtschaftung in Deutschland zu schließen, könnte der Schweizer GEP als Vorbild dienen. Damit stünde ein rechtlich verbindliches Instrument zur Verfügung, das großräumig, aber doch detailliert die Grundzüge der Regen(ab)wasserbewirtschaftung steuert. Als Bezeichnung für dieses Instrument wird

Genereller Bewirtschaftungsplan Regenwasser (GBPR) bzw. Genereller Bewirtschaftungsplan Abwasser (GBPA), wenn sinnvollerweise eine Mitbetrachtung des Schmutzwassers erfolgt, vorgeschlagen. Dieser Begriff sollte die bisherigen Instrumente Generalentwässerungsplan und Abwasserbeseitigungsplan ersetzen bzw. vereinen.

Wenn gleichzeitig in die lokalen Flussgebiets-Management-Pläne der EU-Wasserrahmenrichtlinie ein Verfahren entsprechend dem amerikanischen TMDL-Verfahren implementiert würde, aus dem verbindliche Vorgaben für den GBPR hervorgingen, bestünde die Möglichkeit, integrierte Gewässerschutzkonzepte zu erstellen und durchzusetzen.

2.2.6.5. Alternative Regen(ab)wasserbewirtschaftungsmaßnahmen

Begriffe wie "Best Management Practices" oder "Stormwater Management" in den USA oder die Handlungsempfehlungen zum GEP in der Schweiz zeigen, dass die ausschließliche Anwendung des Ableitungsprinzips mit reinen Rückhaltemaßnahmen international in Frage gestellt wird. Danach sind die Entwicklungen in Deutschland von der Regen(ab)wasserableitung zur Regen(ab)wasserbewirtschaftung gewässerschutzorientiert und keinesfalls eine überzogene Form des Umweltbewusstseins.

2.2.6.6. Fazit

Im Vergleich sind die Niederlande, Schweiz und USA auf dem Gebiet der Siedlungswasserwirtschaft allgemein und der Regen(ab)wasserbewirtschaftung im besonderen als sehr fortschrittlich zu bezeichnen. Ein Blick in die Liste der Referenten auf internationalen Konferenzen bestätigt diese Einschätzung. Selbstverständlich gibt es viele Staaten - auch in Westeuropa - die ein niedrigeres Niveau aufweisen. Die Bundesrepublik Deutschland reklamiert jedoch für sich einen sehr hohen Standard im Umweltschutz und muss sich deshalb an diesen Staaten messen lassen.

In der deutschen Bevölkerung herrscht die Meinung vor, dass Deutschland im Umweltschutzbereich international führend ist. Im Ausland wird dies teilweise anders gesehen. In einem Artikel der EUR-OP-News vom Verlagshaus der EU heißt es hierzu: „Es wird weithin angenommen, das EU-Umweltrecht sei weniger streng als das der Mitgliedstaaten. In Deutschland z.B. hält man das eigene Umweltrecht für weiter entwickelt als das europäische, doch das Gegenteil ist der Fall“ [EUR-OP (1997)]. Die vorangegan-

gene Recherche hat leider bestätigt, dass dies im Bezug auf die Regen(ab)wasserbewirtschaftung in Deutschland zutrifft.

3. ANFORDERUNGSEBENEN UND ZIELGRÖßEN

3.1. Allgemeine Entwicklungsziele und Differenzierung der Anforderungsebenen

Eine Neuordnung der Regen(ab)wasserbewirtschaftung in Deutschland erfordert die Definition von allgemeinen Entwicklungszielen und daraus abgeleiteten Zielgrößen. Die bisherige Praxis war von der Vorgabe von Bemessungsverfahren oder konkreten Maßnahmen geprägt, die die Anwendung neuer, innovativer und wirksamerer Verfahren der Regen(ab)wasserbehandlung erschwert oder verhindert haben.

In einem neuen Ansatz wird daher als allgemeines Entwicklungsziel der weitestgehende Erhalt des natürlichen Wasser- und Stoffhaushalts postuliert. Werden abweichend von der bisherigen Praxis konkrete immissionsorientierte Zielgrößen vereinbart, so kann der Erfolg im Gewässerschutz quantifiziert werden und Maßnahmen der Regen(ab)wasserbehandlung bzw. –bewirtschaftung können entsprechend den vorliegenden Randbedingungen problemangepaßt entwickelt und eingesetzt werden. Bei der Definition der allgemeinen Entwicklungsziele werden die Kernaussagen verschiedener Rechtsgrundlagen berücksichtigt:

Im WHG § 1a heißt es z.B.: „Jedermann ist verpflichtet, bei Maßnahmen, mit denen Einwirkungen auf ein Gewässer verbunden sein können, die nach den Umständen erforderliche Sorgfalt anzuwenden, um eine Verunreinigung des Wassers oder eine sonstige nachteilige Veränderung seiner Eigenschaften zu verhüten, um eine mit Rücksicht auf den Wasserhaushalt gebotene sparsame Verwendung des Wassers zu erzielen, um die Leistungsfähigkeit des Wasserhaushalts zu erhalten und um eine Vergrößerung und Beschleunigung des Wasserabflusses zu vermeiden“.

Weiterhin wird in der EU-Wasserrahmenrichtlinie die Forderung nach einem „guten mengenmäßigen Zustand des Grundwassers“ erhoben. Auch diese Forderung zielt in Richtung eines möglichst ausgeglichenen Wasserhaushalts, so dass die folgenden allgemeinen Entwicklungsziele definiert wurden:

- Annäherung des urbanen an den natürlichen Wasser- und Stoffhaushalt des ursprünglich un bebauten Gebietes. Dieses Entwicklungsziel basiert u.a. auf dem o.g. WHG § 1a, der die Vermeidung einer nachteiligen Veränderung des natürlichen Wasser- und Stoffhaushalts zum übergeordneten Ziel erklärt.

- Vermeidung der Vermischung von Regen(ab)wasser mit signifikant unterschiedlich verschmutzten Abwässern. Durch eine Vermischung werden Wasser und Stoffe unterschiedlicher Herkunft vermengt, so dass eine Behandlung der Wasser- und Stoffflüsse erschwert wird bzw. i.d.R. nicht kostengünstig durchgeführt werden kann. Dieser Ansatz findet sich auch im Kreislauf - Wirtschafts- und Abgabengesetz.
- Bei der Bebauung oder Versiegelung ist der Einsatz von reaktiven oder eluierbaren Materialien zu vermeiden. Die Freisetzung von anthropogenen Schadstoffen ist an der Quelle zu vermeiden, damit die diffuse Ausbreitung mit dem Regenabfluss gemindert wird.

Aus diesen allgemeinen Entwicklungszielen werden konkrete Zielgrößen abgeleitet, die durch Maßnahmen der Regen(ab)wasserbewirtschaftung erreicht werden müssen. Aufgrund der vielfältigen Wechselwirkungen zwischen dem Niederschlag, dem natürlichen bzw. urbanen Einzugsgebiet sowie dem Grundwasser und Oberflächenwasser, werden diese Zielgrößen auf unterschiedlichen Anforderungsebenen definiert.

Dabei wird berücksichtigt, dass schon im „Einzugsgebiet der Erlaubniserteilung“ der Wasserhaushalt durch anthropogene Maßnahmen verändert wird und Regenwasser-einleitungen gleichzeitig in ein Fließgewässer, Standgewässer oder in das Grundwasser erfolgen können. Die Anforderungen bzw. Zielgrößen werden deshalb auf 4 verschiedenen Anforderungsebenen differenziert betrachtet. Sie sind hier kurz aufgeführt und werden in den Kapiteln 3.2 bis 3.5 im Detail erläutert:

- Die **Anforderungen an das Regenwasser „vor Ort“** umfassen das Gebot zur weitestgehenden Vermeidung der Vermischung von Regenwasser und anderen Abwasserarten, wie häusliches und kommunales Abwasser (Kap. 3.2).
- Die **Anforderungen an das Regenwasser für das „Einzugsgebiet der Erlaubniserteilung“** sollen eine nur geringfügige Veränderung des Wasserhaushaltes zulassen (Kap. 3.3).
- Die **Anforderungen an das Regenwasser bei „Einleitung in ein Oberflächengewässer“** beziehen sich auf die Begrenzung der hydraulischen Belastung des Gewässers sowie den bestmöglichen Feststoffrückhalt (Kap. 3.4).
- Die **Anforderung an das Regenwasser bei „Einleitung in das Grundwasser“** umfasst eine ausreichende Reinigungsleistung der Behandlungsanlage (Kap. 3.5).

3.2. Anforderungen an das Regenwasser „vor Ort“

Der Abfluss des Regenwassers von versiegelten und auch unversiegelten Flächen wird je nach Ort des Anfalls unterschiedlich verschmutzt. Für die Verschmutzung des Abflusses von den befestigten Flächen ist entscheidend:

- die Flächennutzung und Nutzungsintensität
- das Material oder die Belagsart der abflussliefernden Fläche und
- die Lage und Entfernung zu möglichen Emissionsquellen

Verunreinigungsmöglichkeiten ergeben sich aus der Vorbelastung des Regens aus der Atmosphäre bis zu den Siedlungsflächen selbst, von denen der Regen je nach Zustand und Nutzung nahezu gar nicht oder sehr stark belastet abfließen kann.

Unter einem nachhaltigen Umgang mit dem Regenwasser und einer Begrenzung der anthropogenen Einflüsse vor Ort bzw. an der Quelle werden im Sinne einer zukünftigen Regen(ab)wasserbewirtschaftung folgende Aspekte verstanden:

- Das Gebot der weitgehenden Vermeidung der Versiegelung von Flächen sowie der weitgehenden Vermeidung der Verschmutzung des von den verbleibenden versiegelten Flächen abfließenden Regenwassers. Die Vermeidung der Versiegelung ist durch die Minimierung der abflusswirksamen Flächen und die Vermeidung der Verschmutzung ist durch eine geeignete Materialwahl bzw. Begrenzung der Nutzung nachzuweisen.
- Das Vermeidungsgebot der Vermischung von Regenwasser mit anderen Abwasserarten, wie z.B. häuslichem, gewerblichem und industriellem Schmutzwasser. Die Vermeidung der Vermischung ist durch eine getrennte Ableitung, Behandlung und Einleitung des Regenwassers nachzuweisen. Ausnahmen sind nur zuzulassen, wenn eine ökologisch, ökonomisch und technisch günstigere Lösung durch Vermischung herbeigeführt werden kann.

3.3. Anforderungen an das Regenwasser für das „Einzugsgebiet der Erlaubniserteilung“

In der Bundesrepublik Deutschland werden in anhaltend hohem Maße Siedlungsflächen neu in Anspruch genommen. Die damit einhergehende Versiegelung und der Umgang mit den Regenabflüssen von diesen versiegelten Flächen bleibt nicht ohne Wirkung auf den Wasserhaushalt. Auch in Hinblick eines vorbeugenden Hochwasserschutzes wird deshalb für das „Einzugsgebiet der Erlaubniserteilung“ folgende Anforderung gestellt:

Der Wasserhaushalt des Einzugsgebietes soll durch die siedlungswasserwirtschaftlichen Maßnahmen, für die eine Erlaubnis beantragt wird, möglichst wenig gegenüber dem natürlichen Wasserhaushalt verändert werden.

Diese Forderung nach einer möglichst geringen Störung des Wasserhaushaltes eines Einzugsgebietes lässt sich aus dem o.g. Abschnitt aus dem WHG § 1a [WHG (1996)] bzw. der EU-Wasserrahmenrichtlinie [WRRL (2000)] ableiten. Eine Umsetzung in die Praxis sollte durch folgende Grundannahme für die Wasserbilanz erfüllt werden:

Anforderung:

Eine tolerierbare Veränderung des Wasserhaushaltes ist dann als gegeben anzunehmen, wenn die Einzelkomponenten Abfluss und Versickerung der langjährigen mittleren Wasserbilanz des Einzugsgebietes um nicht mehr als 10 Prozentpunkte vom natürlichen Zustand abweichen. Der Anteil der Verdunstung darf dementsprechend um nicht mehr als 20 Prozentpunkte vom natürlichen Zustand abweichen.

Damit wird eine gewisse anthropogene Veränderung toleriert, ähnlich wie es beim guten Gewässerzustand gegenüber dem sehr guten Zustand der Fall ist.

Die Berechnung der Wasserbilanzen für ein Einzugsgebiet im natürlichen bzw. im bebauten Zustand kann relativ einfach erfolgen. Im "Hydrologischen Atlas" von Deutschland [HAD (1999)] finden sich flächendetaillierte Angaben sowohl über die mittlere jährliche Niederschlagshöhe als auch über die potentielle Verdunstung. Erforderliche Daten über die Bodenbeschaffenheit liegen flächendeckend bei den Landesämtern vor, so dass eine Berechnung der natürlichen Wasserbilanz mit einfachen Methoden (Handrechenverfahren, Tabellenkalkulation) möglich ist.

Die Wasserbilanz für bebaute Gebiete kann ebenfalls in Abhängigkeit des Versiegelungsgrades, der Versiegelungsart und der Art der Siedlungsentwässerung einfach ermittelt werden. Alternativ können natürlich auch Wasserhaushaltsmodelle angewendet werden. Deren Anwendung ist heute gängige Praxis und entspricht dem Stand der Technik (vgl. Anhang).

3.4. Anforderungen an das Regenwasser bei „Einleitung in ein Oberflächengewässer“

Der Anteil des Regenwassers, der nicht im Einzugsgebiet verbleibt oder verdunstet oder versickert, muss in ein Oberflächengewässer eingeleitet werden. Dabei soll der Wasser- und Stoffhaushalt des Oberflächengewässers nur unwesentlich verändert werden. Zur Begrenzung des Überprüfungsaufwandes sollen im Rahmen einer wirksamen Regen(ab)wasserbewirtschaftung zunächst möglichst wenige, aber relevante Leitparameter betrachtet werden, für die zudem auch eine ausreichende Datenbasis vorliegen muss.

Der Gewässerabfluss, Parameter des Sauerstoffhaushaltes, Ammonium/Ammoniak sowie die Feststoffe zählen zu den maßgebenden Parametern von Niederschlagswassereinleitungen im Trenn- und Mischsystem [BORCHARDT et al. (1999)]. Durch die Forderung zur Trennung des Regenwassers vom sonstigen Abwasser können für Trennsysteme die Parameter Abfluss und Feststoffe (Abfiltrierbare Stoffe – AFS)¹⁾ als maßgebliche Leitparameter eingestuft werden.

Es ist an dieser Stelle darauf hinzuweisen, dass selbstverständlich andere Parameter wie zum Beispiel Phosphate als produktionslimitierender Faktor in Standgewässern oder auch die mikrobiologisch-hygienischen Parameter für den Erhalt der Badegewässerqualität von Bedeutung sind. Es wird sich bei den folgenden Überlegungen zeigen müssen, ob eine Beschränkung auf den Leitparameter AFS auch Fragen der Eutrophierungsbekämpfung oder der Badegewässerhygiene ausreichend berücksichtigen kann.

3.4.1. Hydraulische Gewässerbelastung

Der Abfluss in einem Fließgewässer wird grundsätzlich durch Flächenversiegelung im Einzugsgebiet und daraus resultierenden Regenabflüssen in vierfacher Hinsicht beeinträchtigt:

- **Niedrigwasserabfluss:** Die Dauer und Größe des Niedrigwasserabflusses sind beeinflussen die Diversität und Populationsdichte der Gewässerbiozönose. Dauer und Größe des Niedrigwasserabflusses können durch die Art der Regen(ab)wasserbewirtschaftung erheblich beeinträchtigt werden.

¹⁾ Definition „Abfiltrierbare Stoffe“ nach DIN 4045 bzw. DIN 38409 Teil 2

- **Abflussbeschleunigung:** Das Anwachsen der Gewässerabflusses verläuft in einem natürlichen Einzugsgebiet verzögert, in einem urbanen Einzugsgebiet fast schlagartig. Eine geringe Beschleunigung lässt den Gewässerlebewesen mehr Zeit ihre Schutzräume aufzusuchen, in denen sie Hochwasserereignisse möglicherweise überleben können.
- **Maximalabfluss:** Der Maximalabfluss kann zu einer starken Umlagerung der Gewässersohle führen, die auch eine (Teil-)Zerstörung des Lebensraumes Fließgewässer bewirken kann. Durch Überlagerung der urbanen und natürlichen Abflusswelle kann eine deutliche Erhöhung des Maximalabflusses verursacht werden.
- **Abflussdosis:** Die Dauer, über die ein kritischer Abfluss überschritten wird, ist ebenfalls maßgebend für die Diversität und Populationsdichte der Gewässerbiozönose. Bei mittleren bis großen Ereignissen können durch die Einwirkungen des Abflusses von versiegelten Flächen kritische Verhältnisse auftreten.

Da durch eine Begrenzung der Abflussbeschleunigung gleichzeitig der Maximalabfluss und die kritische Abflussdosis begrenzt werden, wird die Abflussbeschleunigung als maßgebender Parameter betrachtet und ihre Begrenzung auf ein natürliches Maß vorgeschlagen.

Anforderung:

Die Abflussbeschleunigung durch Regeneinleitungen ist soweit zu begrenzen, wie sie maximal in einem vergleichbaren natürlichen Einzugsgebiet eintreten kann. Die Funktion der maximalen Abflussbeschleunigung kann aus Pegelaufzeichnungen des betroffenen Einzugsgebietes abgeleitet werden (siehe Beispiele Anhang). Liegen keine Pegelaufzeichnungen vor, sind Daten von einem vergleichbaren Flusseinzugsgebiet heranzuziehen. Zusätzlich ist eine Begrenzung der Abflussspitze auf ein mit dem Fließgewässer verträgliches Maß möglich. Diese Anforderung gilt nur für Einzugsgebiete < 200 km².

3.4.2. Feststoffrückhalt

Regenwassereinleitungen verändern den Stoffhaushalt von Oberflächengewässern durch die von versiegelten Flächen abgespülten Feststoffe erheblich. Der Feststoffeintrag wirkt einerseits direkt, indem die Feststoffe das Lückensystem (hyporheisches Interstitial) der Gewässersohle verstopfen. Da dieses System der Schutzraum der Wirbellosen und auch anderer Gewässerlebewesen ist, spielt dieser Effekt eine zentrale Rolle bei der Erhaltung des Lebensraumes Gewässer. Andererseits können an die Feststoffe gebundene Schadstoffe in das Gewässer eingetragen werden und sich im

Sediment des Gewässers anreichern. Veränderungen der Wassereigenschaften (z.B. pH-Wert) können ggf. zur Freisetzung von Schadstoffen und damit zu toxischen Erscheinungen führen. Ein ausreichender Feststoffrückhalt ist folglich für den mittelbaren und unmittelbaren Schutz der Oberflächengewässer von zentraler Bedeutung.

Eine Begrenzung der in ein Oberflächengewässer eingetragenen Feststofffracht auf das maximal natürlich vorkommende Maß stellt den Grundgedanken dieser Anforderung dar. Natürlicherweise ist der Boden in einem Einzugsgebiet mit dichter Vegetation (z.B. Wald) bedeckt. Regenwasser, das hier niederschlägt wird zu einem großen Teil verdunstet, der Rest erreicht den Boden, wo der größte Teil versickert und nur ein sehr geringer Anteil oberflächlich abfließt. Die dabei in ein Oberflächengewässer eingetragene Feststofffracht ist sehr gering. Sie wird auf $< 50 \text{ kg}/(\text{ha}\cdot\text{a})$ geschätzt [SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL (1976)]. Nach SCHMIDT, J. et al. (1999) kann bei konservierender Bodenbearbeitung (Einsatz von Zinkenrotor und Mulchsaat) auf landwirtschaftlich genutzten Flächen die Bodenerosion in günstigen Fällen (hohe Bodenbedeckung) auf $< 150 \text{ kg}/(\text{ha}\cdot\text{a})$ limitiert werden.

Bei der Begrenzung des Feststoffeintrages in Oberflächengewässer werden entwässerungstechnische Maßnahmen als Leitbild betrachtet, bei denen die Oberfläche mit Vegetation bedeckt ist und ein großer Anteil des nicht verdunstenden Wassers über die Bodenpassage dem Oberflächengewässer zufließt. Der Feststoffrückhalt derartiger Verfahren liegt nach dem Stand der Technik (Bodenfilter, Sickerstrecken, Kiesfilter, Vegetationspassagen etc.) in der Regel deutlich über 75 % der zufließenden Feststofffracht [BORCHARDT et al. (1999)], [UHL et al. (2000)]. Lediglich bei Anlagen, die mit sehr geringen AFS-Konzentrationen belastet werden ($< 50 \text{ mg/l}$), können nicht ganz so hohe Eliminationsraten erreicht werden ($> 50 \%$).

Die mittlere aus einem Regenwasserkanal in ein Oberflächengewässer eingetragene AFS-Fracht kann wie folgt abgeschätzt werden. Bei einer Größenordnung von 800 mm Jahresniederschlag, einem mittleren Abflussbeiwert von 0,7 und einer AFS-Konzentration von 140-150 mg/l im unbehandelten Regenwasser wird eine Feststofffracht von 784 bis 840 kg/(ha·a) in die Gewässer eingetragen. Der oben genannte Rückhalt an abfiltrierbaren Stoffen in einer Größenordnung von 75 % würde eine eingeleitete Restfracht von 196 bis 210 kg/(ha·a) bedeuten. Bei geringeren AFS-Konzentrationen im unbehandelten Regenwasser sind geringere Eliminationsraten

möglich, so dass ebenso leistungsfähige Sedimentationsanlagen eine ausreichende Begrenzung der eingetragenen Fracht erreichen könnten. Eine maximale AFS-Stofffracht von 200 kg/(ha·a) kann folglich mit Maßnahmen nach dem Stand der Technik sicher erreicht werden.

Anforderung:

Die jährliche, in ein Oberflächengewässer eingetragene Feststofffracht darf 200 kg/(ha·a) nicht überschreiten, um den Feststoffhaushalt des Gewässers nicht wesentlich zu verändern.

Mit dieser Anforderung werden auch andere kritische Stoffe oder Parameter begrenzt, so dass im Einzelfall auch hohe Qualitätsziele für Gewässer erfüllt werden können. Es zeigt sich allerdings insbesondere bei Standgewässern mit einem großen Umgebungsfaktor, dass bei wachsender Einzugsgebietsgröße das gewässerverträgliche Maß an Belastbarkeit bald erreicht oder überschritten wird.

Für besonders empfindliche Gewässer mit sensiblen Nutzungen können unter Umständen weitergehende Anforderungen zu erfüllen sein, die unter anderem die nachhaltige Nutzung als Badegewässer und damit den Schutz vor eutrophierenden Stoffen oder bakteriologischen Belastungen erforderlich machen. Diese Anforderungen können aus Anforderungen wie der EU-Badegewässer-Richtlinie resultieren. Für die Einzugsgebiete besonders sensibler Gewässer sind besondere Nachweise, z.B. über das von den Einzugsgebieten ausgehende Eutrophierungsrisiko, zu erbringen.

3.5. Anforderungen an das Regenwasser bei „Einleitung in Boden und Grundwasser“

Regenwasser, das über Versickerungsmaßnahmen in das Grundwasser eingeleitet wird, muss hinsichtlich der stofflichen Beschaffenheit besonderen Anforderungen genügen. Dieses gilt insbesondere für Wasserschutzgebiete der Zone III. In Schutzgebieten der Zonen I und II sind Einleitungen in das Grundwasser nicht zugelassen.

Maßstab für die Zulässigkeit von Inhaltsstoffen des Regenwassers bei Einleitung in das Grundwasser sind die Prüfwerte der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung [BBodSchV (1999)] (vgl. Kapitel 2.1.1.2.6, Tab. 2 und Tab. 3, Geringfügigkeitsschwellenwerte).

Die Regenabflüsse hoch belasteter Herkunftsflächen sind in der Regel von der Einleitung in das Grundwasser auszuschließen und einer gesonderten Behandlung zuzuführen. Dazu zählen:

- Dachflächen mit hohem Metallanteil
- Straßen mit besonders hohem Verkehrsaufkommen
- Hofflächen und Straßen in Gewerbe- und Industriegebieten mit hohem Verschmutzungspotenzial
- Freiflächen, auf denen regelmäßig mit wassergefährdenden Stoffen umgegangen wird

Die Regenabflüsse aller sonstigen Herkunftsflächen sind durch entsprechende Maßnahmen vor der Einleitung in das Grundwasser ebenfalls zu reinigen, wenn die Besorgnis besteht, dass die vorgenannten Geringfügigkeitsschwellenwerte eingehalten werden.

Als Reinigungsmaßnahme kommt insbesondere die Versickerung der Regenabflüsse durch eine belebte und begrünte Oberbodenschicht von mindestens 20 cm Mächtigkeit in Betracht. Bezüglich der Korngrößenverteilung und der mittleren Durchlässigkeit dieser Schicht ist der Stand der Technik zu beachten. Die Anlage muss oberhalb des dauerhaft gesättigten Bodens liegen.

Alternativ zur vorgenannten Oberbodenversickerung können andere technische Maßnahmen angewendet werden, sofern die geforderten Grenzwerte erreicht oder unterschritten werden. Versickerungsschächte genügen im allgemeinen der geforderten Reinigungsleistung nicht.

3.6. Rechtlich administrative Aspekte

Die vorgenannten Entwicklungsziele mit Begrenzungsvorschlägen für Negativveränderungen in Wasserhaushalt und Feststoffaustrag sind in erster Linie als Planungsmaßstab für neue Einleitungen anzusehen. Sie sind daher als Zielgröße und fachlicher Indikator für ein gewässerverträgliches Einzugsgebiet einzustufen und nicht als klassischer Grenzwert üblicher § 7a Festlegungen von wasserbehördlichen Erlaubnissen, bei deren Nichteinhaltung verwaltungsmäßige Folgen bis zur Strafverfolgung (§ 324 StGB) zwingend werden. Eine strafrechtliche Würdigung von Erlaubnisüberschreitun-

gen ist bei branchenspezifischen Abwässern sinnvoll, bei der Regenkanalisation kann hiervon nur im Ausnahmefall ein positiver Effekt für den Gewässerschutz erwartet werden.

Eine Ursache dafür ist, dass Regenabwasser im Gegensatz zu anderen Abwasserarten von der Entstehung bis zur technischen Möglichkeit der Behandlung eine Vielzahl von Besonderheiten aufweist. Die Einflussfaktoren auf die Siedlungsentwässerung und damit die Beschaffenheit des Regenabwassers sind von einer ausgesprochenen Strukturvielfalt gekennzeichnet.

- Niederschlagswasser ist eingebunden in den Wasserkreislauf der Natur und daher in seinem Abwasseraufkommen weder gänzlich vermeidbar noch steuerbar oder vorhersehbar.
- Naturräumliche Faktoren wie die Meteorologie (Niederschlagsaufkommen und -verteilung) oder die Topographie (Geländegefälle) weisen in der Bundesrepublik erhebliche regionale Schwankungen auf.
- Stoffliche und hydraulische Gewässerbelastungen sind eng verknüpft mit der Abflusscharakteristik, die regional sehr variabel ist.
- Die Siedlungsstrukturen und damit die Bevölkerungs- und Bebauungsdichte sind äußerst heterogen und reichen von urbanen Verdichtungsräumen bis zum Dorf.

Der Betreiber eines Entwässerungsnetzes kann nicht per se für Gewässerverunreinigungen aus dem Entwässerungssystem zur Verantwortung gezogen werden, die ein Nutzer dieses Entwässerungsnetzes verursacht hat. Er ist daher nicht in gleichem Umfang rechtlich fassbar wie Betreiber industrieller Anlagen, zumal ihm die Möglichkeit fehlt, dem Nutzer des Entwässerungsnetzes gleich einer Wasserbehörde hoheitliche Anforderungen an die Einleitungsqualität zu stellen.

- Gewässerverunreinigungen können in den Einzugsgebieten diffus und ohne rechtlich fassbaren Verursacher erfolgen (z.B. mineralöhlhaltige Verunreinigungen nach Ölwechsel auf Straßenland).
- Eine Weitergabe der Verantwortlichkeit für die Einhaltung von Güteparametern an Teilnutzer im Entwässerungsgebiet findet heute allenfalls retrospektiv und im Einzelfall statt. Sie wäre für den Betreiber eines Entwässerungsnetzes jedoch für jede Einleitungsstelle in das Kanalnetz erforderlich, um die an ihn gestellten Anforderungen in vollen Umfang an die Netzbenutzer weiterreichen zu können.
- Die Verantwortlichkeit für die Beschaffenheit von Gebietsabflüssen umfasst beispielsweise auch den Bereich der Straßenreinigung, der einen Beitrag zur Minderung von Stoffausträgen aus Entwässerungsgebieten zu leisten hat.

Ein neuer Ansatz in der Regen(ab)wasserbewirtschaftung muss daher auch in rechtlich-administrativer Hinsicht von einer atomisierenden rechtlichen Betrachtung wegkommen. Vielmehr sollten die Betreiber von Entwässerungsnetzen stärker als bisher die (rechtlichen Grundlagen für die) Rolle des Bewirtschafters eines gewässerverträglichen Einzugsgebietes zugewiesen bekommen. So könnten die geeigneten Maßnahmen geplant, gebaut und bis zum einzelnen Einleiter überwacht werden.

4. ANSÄTZE UND VERFAHREN ZUR REGEN(AB)WASSERBEHANDLUNG- UND BEWIRTSCHAFTUNG UNTER BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG ORTSNAHER VERSICKERUNGEN

4.1. Einleitung

Im folgenden werden Ansätze und Verfahren beschrieben, die dazu dienen können, die in Kapitel 3 genannten Anforderungen an eine künftige Regen(ab)wasserbewirtschaftung und -behandlung zu erfüllen. Dabei wird die ortsnahe Versickerung eine besondere Berücksichtigung finden. Es ist jedoch schon an dieser Stelle darauf hinzuweisen, dass der Begriff „Versickerung“ nicht zwangsläufig bedeutet, dass der gesamte anfallende Regenwasserabfluss im ortsnah anstehenden Boden zu versickern ist. Es ist davon auszugehen, dass im Regelfall ein mehr oder weniger großer Anteil der Abflüsse zwecks Erreichen der in Siedlungsgebieten notwendigen Entwässerungssicherheit aus dem Nahbereich der abflusswirksamen Flächen abgeleitet werden muss. Dies entspricht im übrigen auch dem natürlichen Wasserhaushalt unbebauter Gebiete, die bekanntlich in der Regel ebenfalls eine Komponente „Oberirdischer Abfluss“ oder „Direktabfluss“ besitzen und im folgenden mit „Unvollständiger Versickerung“ im Gegensatz zu der „Vollständigen Versickerung“ bezeichnet werden.

Nach den Unterscheidungen zwischen den Hauptfällen „Neubaugebiet“ (mit eigener Einleitungserlaubnis in ein Gewässer), „Bestandsgebiet“ (mit vorhandener und evtl. zu erneuernder Einleitungsgenehmigung) und „Erweiterungsgebiet“ (mit Anbindung an eine vorhandene und gegebenenfalls zu erweiternde Einleitungsgenehmigung) werden auch die zu behandelnden Ansätze und Verfahren gegliedert. Soweit Ansätze und Verfahren in mehr als einem Hauptfall angewendet werden können, werden diese nur einmal beschrieben.

Zur Erfüllung der Anforderungen und Ziele ist es häufig notwendig, verschiedene Maßnahmen miteinander zu kombinieren. Die in den folgenden Ausführungen genannten Kombinationen können als Anregung verstanden werden, die vorhandene Vielzahl an Möglichkeiten auszuschöpfen und die letztlich zu wählende Kombination von einem Nachweis der Effizienz und der Kostenoptimierung abhängig zu machen.

4.2. Neubaugebiete

Bei Neubaugebieten bestehen naturgemäß die größten Freiheitsgrade, Ansätze und Verfahren der Regen(ab)wasserbewirtschaftung und -behandlung zu wählen. Dies ist allerdings nur dann in vollem Umfang möglich, wenn bereits bei der Bauleitplanung, d.h., beim Flächennutzungsplan und insbesondere bei der Aufstellung des Bebauungsplans die Ansprüche der Regen(ab)wasserbewirtschaftung hinsichtlich notwendiger Infiltrationsflächen, Trassenführung der Ableitungssysteme im öffentlichen und privaten Bereich usw. berücksichtigt werden. Als Rechtsgrundlage kann die „Festsetzung von Maßnahmen und Flächen zum Schutz zur Pflege und zur Entwicklung von Natur und Landschaft“ gemäß § 9, Absatz 1 Nr. 20 BauGB [BauGB (1997)] dienen.

4.2.1. Maßnahmen zur Verminderung der Versiegelung

Ein wesentlicher hydrologischer Unterschied zwischen unbebauten Gebieten und Siedlungsgebieten besteht darin, dass letztere „versiegelte“ Flächen in Form von Dach-, Hof- und Straßenflächen enthalten. Die Flächenversiegelung verhindert grundsätzlich jede Einsickerung von Niederschlagsanteilen in den Untergrund und erhöht daher flächenspezifisch den „Oberirdischen Abfluss“ im Vergleich zu unversiegelten Flächen. Umgekehrt werden „Verdunstung“ und „Grundwasserneubildung“ durch die Versiegelung vermindert. Im Interesse der Annäherung des Wasserhaushalts bebauter Gebiete an den des ehemals unbebauten Zustandes ist es wünschenswert, die Versiegelung auf ein unvermeidbares Maß zu verringern. Dazu bieten sich im wesentlichen die Möglichkeiten der Dachbegrünung und die Verwendung von wasserdurchlässigen Pflasterungen auf Hof- und Verkehrsflächen an.

4.2.1.1. Dachbegrünungen

4.2.1.1.1. Maßnahmenbeschreibung

Dachbegrünungen weisen gegenüber herkömmlichen Dächern mehrere Vorteile auf. Neben der gezielten Retention von Niederschlagsabflüssen sind dies:

- Verbesserung des Kleinklimas
- Reduzierung der Schadstoffe im Niederschlagsabfluss
- Wärmedämmung im Sommer und Winter

- Schutz des Dachaufbaus, längere Lebensdauer des Daches
- Schaffung von Ersatzlebensräumen für Pflanzen und Tiere
- Aufwertung des optischen Eindrucks

Als Nachteile werden die höhere Dachbelastungen und damit eine aufwendigere Statik und allgemein höhere Kosten genannt.

Nach der Begrünungsart werden Intensive und Extensive Dachbegrünungen unterschieden. Intensive Dachbegrünungen können bis zur kompletten Gartenlandschaft auf den Dachflächen mit Bäumen, Wegen, Teichen und Sumpfbereichen reichen. Extensive Dachbegrünungen (z.B. Moos-Sedum-Dächer) eignen sich aufgrund der geringen Last auch zum nachträglichen Einbau. Zahlreiche Hersteller bieten entsprechende Produkte an. Sonderformen dieser Produkte werden mittlerweile auch zur Gleisbettbegrünung eingesetzt.

4.2.1.1.2. Quantitative Wirkung auf den Niederschlag-Abfluss-Prozess

Dachbegrünungen bewirken eine Verminderung des Niederschlagsabflusses durch Verdunstung. Bei intensiven Gründächern kann ein nahezu vollständiger Rückhalt des Regenwassers erreicht werden. Insbesondere bei extensiven Gründächern werden die verbleibenden Abflüsse in der Substratschicht zwischengespeichert und gedrosselt abgegeben. Der Anteil der Verdunstung und das Maß der Retention werden vom Aufbau der Substratschicht, von der Dachneigung und eventuellen Abflussdrosseln bestimmt [HUHN, SWIRIDJUK (1994)]. Abb. 4 zeigt das Rückhaltevermögen verschiedener Gründächer mit 2 % Neigung [OPTIMA (1999)].

Um das Verhalten bei verschiedenen Regenereignissen beurteilen zu können, ist eine differenzierte Betrachtung des Systemverhaltens notwendig. Für verschiedene Dachaufbauten wurden Langzeitsimulationen mit dem N-A-Modell RHBSIM durchgeführt [HUHN, SWIRIDJUK (1994)].

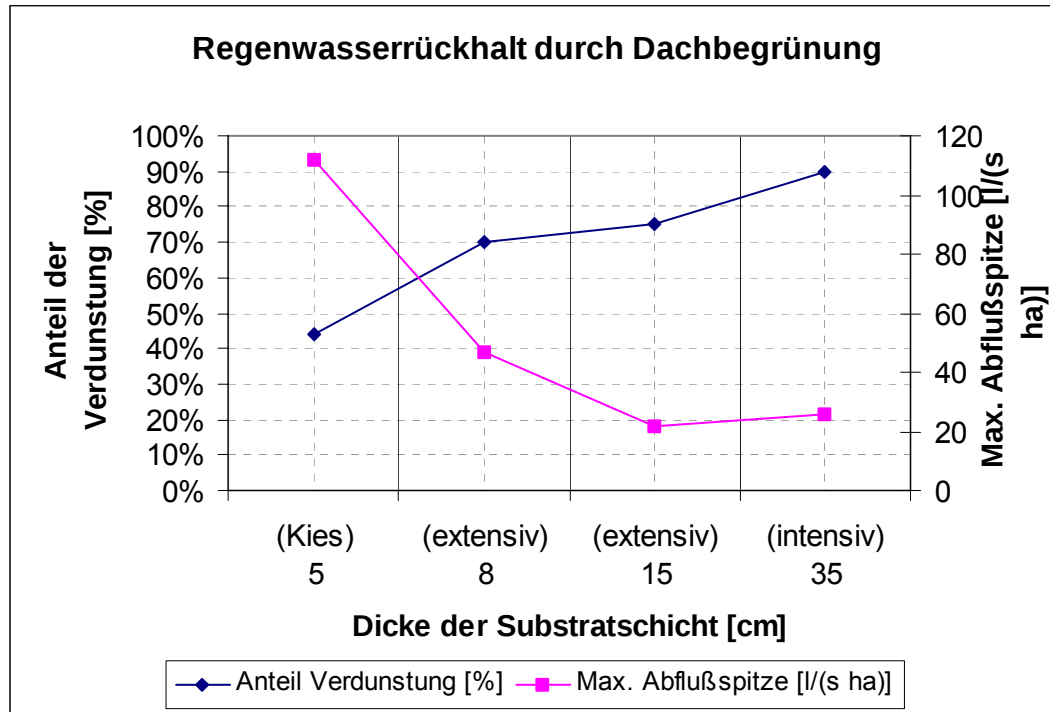


Abb. 4: Regen(ab)wasserbewirtschaftung durch Dachbegrünung [OPTIMA (1999)]

Dabei wurde der in Abb. 5 dargestellte Dachaufbau zugrundegelegt. Das Porenvolumen der Vegetationsschicht wird mit 35 %, das der Dränschicht mit 40 % angenommen. Die hydraulische Kapazität der Dränschicht wird mit 100 l/(s · ha) angesetzt.

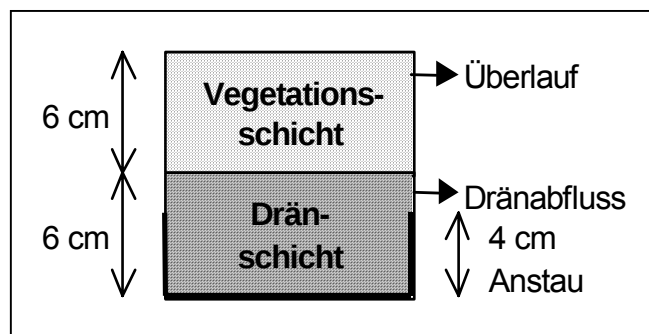


Abb. 5: Gründach mit Einstau

Zur Abschätzung der langzeitlichen wasserwirtschaftlichen Auswirkungen eines begrünten Schrägdaches im Vergleich zu einem Ziegeldach ist eine kontinuierliche Langzeitsimulation des Niederschlag-Abfluss-Prozesses erforderlich. Abb. 6 zeigt die Ergebnisse einer solchen Simulation unter Verwendung einer zwanzigjährigen Folge von Niederschlagsdaten der Station Berlin-Neukölln.

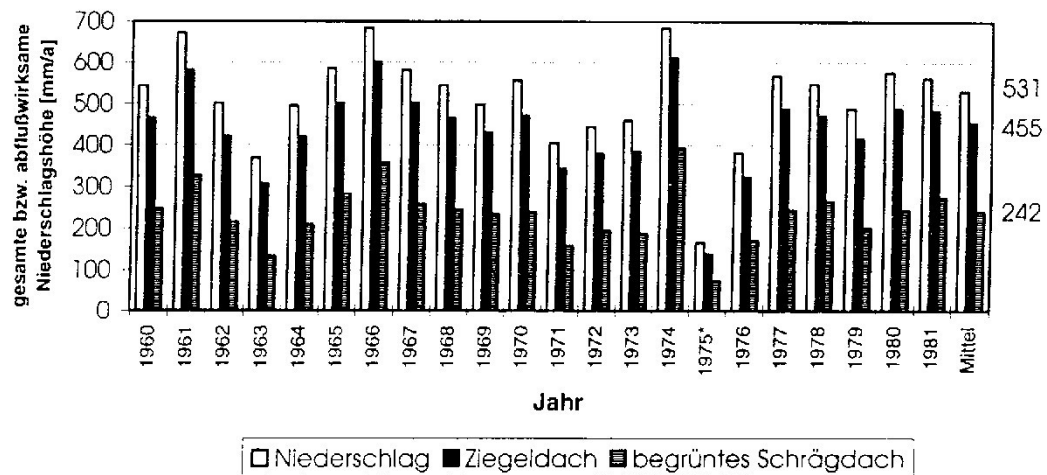


Abb. 6: Jährliche, abflusswirksame Niederschlagshöhen eines Ziegel- und eines begrünten Schrägdaches im Vergleich (*1975 bleibt aufgrund fehlender Messdaten unberücksichtigt)

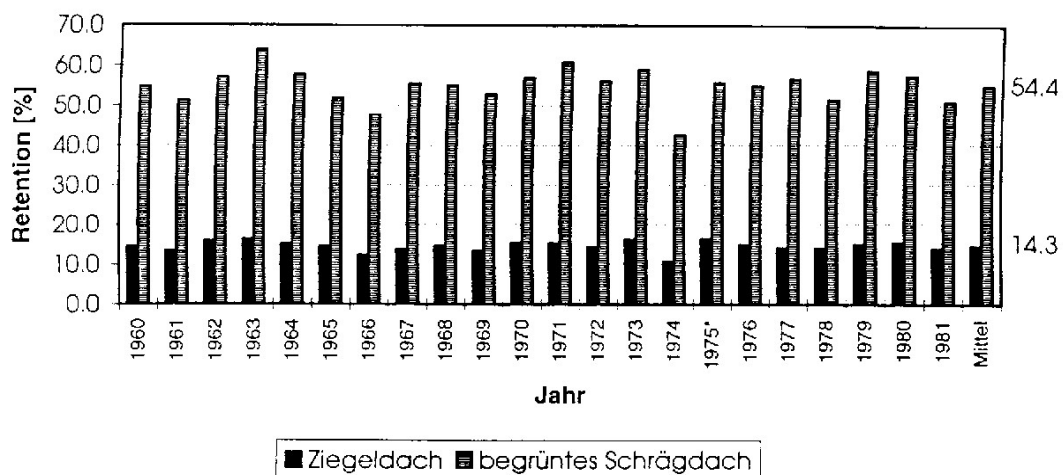


Abb. 7: Retentionsvermögen eines Ziegel- und eines begrünten Schrägdaches im Vergleich (* 1975 bleibt aufgrund fehlender Messdaten unberücksichtigt)

In Abb. 7 sind die Simulationsergebnisse über den Rückhalt des begrünten Schrägdaches im Vergleich zum Ziegeldach in Prozentangaben aufgetragen. Danach beträgt der Rückhalt durch Verdunstung im Mittel 54,4 % des Niederschlags, während das Ziegeldach nur einen Verdunstungsanteil von 14,3 % aufweist. Die Verdunstung begrünter Schrägdächer kommt damit an den Verdunstungsanteil unbebauter Gebiete heran. Allerdings können bei diesem Dachtyp, wie Abb. 8 zeigt, immer noch erhebliche Abflussspitzen auftreten, die durch zusätzliche Maßnahmen wie dezentrale Bewirtschaftungsanlagen gedämpft werden sollten. Insgesamt ist festzustellen, dass Gründächer aus Sicht der Wasserbilanz hohe Retentionsvermögen bieten und zur Regen(ab)wasserbewirtschaftung sinnvoll eingesetzt werden können.

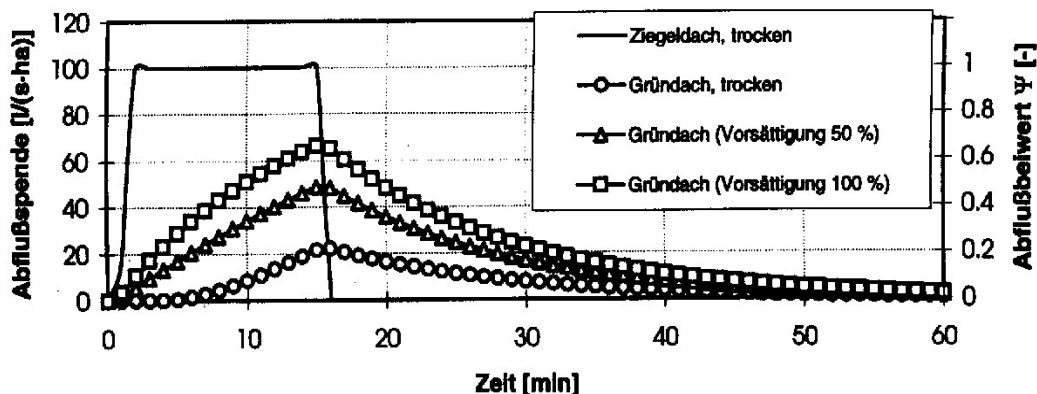


Abb. 8: Abflussganglinien eines Ziegel- und eines begrünten Schrägdaches unter Berücksichtigung unterschiedlicher Anfangs-Wassergehalte des Substrats für eine Regenspende $r_{15}(n=1) = 100 \text{ l/(s·ha)}$

4.2.1.1.3. Schadstoffreduktion und Rückhalt

Gründächer tragen durch die Filtereigenschaften des Substrats bzw. der Bepflanzung zur mechanischen und biologischen Reinigung der Niederschlagsabflüsse bei, sofern das Substrat keine schädlichen Stoffe enthält, die bei Starkregen ausgeschwemmt werden könnten. Allerdings kann sich die Fähigkeit zum Schadstoffrückhalt bei extensiver Begrünung und hohen atmosphärischen Immissionen vermindern bzw. erschöpfen.

4.2.1.1.4. Rechtliche Grundlagen, Bemessung

Empfehlungen für Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen gibt eine Richtlinie der Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung, Landschaftsbau e.V. [FLL (1995)]. Ähnlich wie bei Versickerungsanlagen besteht für Kommunen nach Bundesnaturschutzgesetz §§ 8a ff. und nach Baugesetzbuch (u.a. § 9) die rechtliche Grundlage, Eingriffe in die Natur auszugleichen und Dachbegrünungen in Bebauungsplänen festzusetzen.

4.2.1.1.5. Herstellungskosten

Die Kosten für die Herstellung sind vom Aufbau eines Gründaches abhängig. Für ein extensives Gründach können ca. 40 – 50 €/m² angenommen werden (Beispiel UFA-Fabrik in Berlin: 4000 m² extensives Gründach mit 10 cm Substratschicht ca. 40 €/m²). Ein Beispiel mit spezifischen Kosten von 26 €/m² ist bekannt [KÖNIG (1996)]. Anfragen bei Herstellern haben geringere Preise ergeben (Fa. Harzmann-Optima: 15 – 17 €/m²).

Die Kosten für intensive Gründächer liegen deutlich höher. Bei Neubauten müssen die Kosten für einen herkömmlichen Dachaufbau (z.B. mit Kies) gegengerechnet werden.

4.2.1.1.6. Betriebskosten, Nutzungsdauer

Die Unterhaltungskosten für extensive Gründächer sind eher gering [OTTERPOHL (1995)]. Intensive Gründächer erfordern dagegen je nach Gestaltung eine aufwendigere Pflege, die aber dann sicherlich auch ihren gestalterischen Nutzen hat und nicht der Regen(ab)wasserbewirtschaftung zugeordnet werden muss.

Die „Lebenserwartung“ von Gründächern wird nach Einschätzung der Fa. Optima von 15 - 20 Jahren bei einem normalen Kies-Flachdach auf ca. 30 Jahre erhöht. Neutrale Angaben über die Nutzungsdauer konnten nicht gefunden werden.

4.2.1.2. Durchlässige Pflasterungen

4.2.1.2.1. Maßnahmenbeschreibung

Auf Hof- und Verkehrsflächen, wo die zu erwartende Verkehrsbelastung keine zusammenhängende Versiegelung erforderlich macht, besteht die Möglichkeit, wasserdurchlässige Beläge einzusetzen. Das Angebot an derartigen Materialien ist sehr umfang-

reich wie [BORGWARDT (1994)] sowie den Prospekten der verschiedenen Hersteller [ARGE PFLASTERKLINKER (1998)] zu entnehmen ist.

4.2.1.2.2. Rechtliche Grundlagen, Bemessung

Solange kein Oberflächenabfluss entsteht, greift der Begriff „Abwasser“ im Sinne WHG nicht und damit sind wasserdurchlässige Pflasterungen nicht genehmigungspflichtig ([BORGWARDT (1994)], [NISPEANU (1993)]). Dies gilt prinzipiell auch für stark befahrene Straßen. Hier besteht offensichtlich eine Diskrepanz im Vergleich zu anderen Versickerungsanlagen. In Berlin fordert dagegen eine Richtlinie [DVGW-W 101 (1995)], dass Stellplätze wasserdicht zu befestigen sind und die Abflüsse im Straßenseitenraum über eine belebte Bodenzone zu versickern sind. Für wasserdurchlässige Beläge sollten die gleichen Kriterien wie für andere dezentrale Versickerungsanlagen angewendet werden. Dabei sind Aspekte wie die Reinigungsfähigkeit des Oberbodens und die Verschmutzungsempfindlichkeit des Bodens und Grundwassers zu berücksichtigen.

4.2.1.2.3. Quantitative Wirkung auf den Wasserhaushalt

Die Wirkung einer wasserdurchlässigen Pflasterung auf das Abflussverhalten einer Fläche hängt entscheidend von der Art des Pflasters, aber auch der Geländeneigung ab. Bei einer wasserwirtschaftlichen Bewertung ist zu berücksichtigen, ob für die gepflasterte Fläche ein Ablauf oder Überlauf in ein Ableitungssystem erforderlich ist. Gerade bei geneigten Flächen können bei gepflasterten Flächen noch große Abflussmengen entstehen.

Um die ordnungsgemäße Entwässerung einer Verkehrsfläche allein über wasserdurchlässiges Pflaster, also ohne Kanalisation, sicherzustellen, muss diese aus Gründen der Verkehrssicherheit dauerhaft eine Aufnahmefähigkeit von 200 l/(s · ha) entsprechend 72 mm/h oder $2 \cdot 10^{-5}$ m/s aufweisen [BORGWARDT (1994)]. Da nur die Pflasterfuge die effektive Versickerungsfläche darstellt, muss die Versickerungsfähigkeit des Materials in den Fugen bzw. des Unterbaus deutlich höher liegen, z.B. bei einem Fugenanteil von 3 % bei $7 \cdot 10^{-4}$ m/s oder 2500 mm/h (!). Dabei muss es sich um eine dauerhaft vorhandene Durchlässigkeit handeln, die durch den Eintrag von Feinmaterial (Klogging) innerhalb weniger Jahre nicht um eine Zehnerpotenz vermindert werden darf

[BORGWARDT (1994)]. Für das vorgenannte Beispiel müssten also die Pflasterfugen eine dauerhafte Durchlässigkeit von $7 \cdot 10^{-3}$ m/s aufweisen.

Falls die Durchlässigkeit für eine vollständige Versickerung nicht gegeben ist und ein Anschluss an einen Kanal erforderlich wird, verändert sich die Wasserbilanz nachteilig. Abb. 9 zeigt das Abflussverhalten einer wasserdurchlässigen Pflasterung bei abnehmenden k_f -Wert. Während der Anteil der Versickerung an der Wasserbilanz nur allmählich abnimmt, steigt die max. Abflussspende relativ plötzlich an.

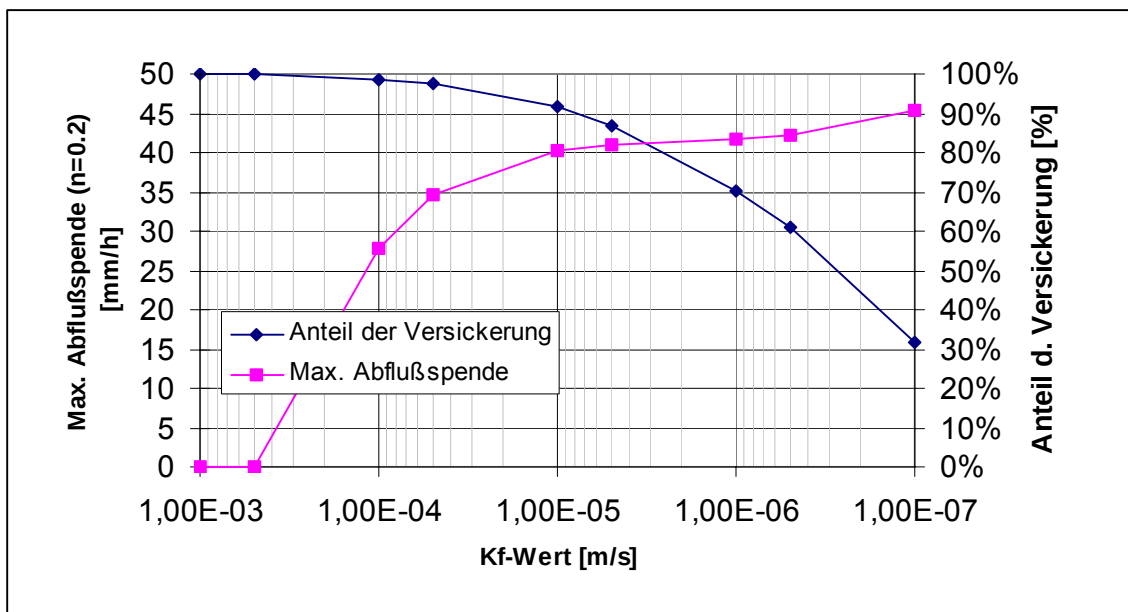


Abb. 9: Abflussverhalten einer wasserdurchlässigen Pflasterung bei abnehmenden K_f -Wert (Annahmen: Versickerung über die Pflasterfuge, 10 % Fugenanteil, 5mm Einstau auf der Fläche möglich, bevor ein Abfluss auftritt).

Für ein Pflaster mit 20 % Fugenanteil, dessen k_f -Wert dauerhaft 10^{-5} m/s betragen soll, wird mittels Langzeitsimulation über 20 Jahre (Niederschlagsstation Berlin-Neukölln) folgende mittlere jährliche Wasserbilanz berechnet: Verdunstung 33 %, Versickerung 63 %, Oberirdischer Abfluss 4 % [SIEKER et al. (2001)]. Für einen einzelnen Modellregen der Dauer 30 Minuten, der Regenhäufigkeit $n = 0,5$ und der Regenmenge 16,6 mm (Station Berlin-Neukölln) ergeben sich dagegen 28 % Verdunstung, 29 % Versickerung und 43 % Oberirdischer Abfluss.

Die quantitative Wirkung des vorgenannten Pflasters, das sich aufgrund seines großen Fugenanteils insbesondere für Park- und Einstellplätze und andere untergeordnete

Verkehrsflächen eignet, ist im Hinblick auf die jährliche mittlere Wasserbilanz ähnlich positiv wie Gründächer. Sollen jedoch auch die in der Siedlungswasserwirtschaft maßgebenden Starkregen ohne Beeinträchtigungen bewirtschaftet werden, ist die Pflasterung gegebenenfalls mit anderen Maßnahmen, z.B. mit Versickerungsanlagen im Seitenraum der gepflasterten Flächen, zu kombinieren.

4.2.1.2.4. Schadstoffreduktion und Rückhalt

Von gepflasterten Flächen ohne Überlaufanschluss an eine Kanalisation können keine Schadstoffe über die bekannten Pfade in oberirdische Gewässer gelangen. Allerdings sind die zweifelsohne in jedem Niederschlagsabfluss vorhandenen Schadstoffe damit noch nicht eliminiert. Ein Teil dieser Stoffe wird im Bodenaufbau festgelegt, ein Teil wird abgebaut, ein Teil gelangt mit dem Sickerwasser in den Untergrund und damit potentiell auch ins Grundwasser.

4.2.1.2.5. Herstellungskosten

BORGWARDT [BORGWARDT (1994)] nennt für die Befestigung einer Verkehrsfläche mit wasserdurchlässigem Pflaster (inkl. Bodenaushub, Oberbau, Belag, Kantenstein und Gosse mit Kanalanschluss) Herstellungskosten von 60-80 DM/m². Erfahrungen in einem Modellhof im Prenzlauer Berg, Berlin sind etwas differenzierter, bestätigen die Zahlen aber im wesentlichen [GRÜNE LIGA (1999)]. Danach liegen die Herstellungskosten inkl. Verlegen, Unterbau, etc. bei:

- Betonpflaster: 22-25 €/m²
- Klinker (z.B. Lotus-Stern-Klinker): 35-40 €/m²
- Natursteinpflaster: 60 €/m²

GEIGER, DREISEITL [GEIGER, DREISEITL (1995)] geben folgende Kosten an:

- Schotterrasen: 22 €/m²
- Pflastersteine: 50 €/m²
- Rasengittersteine: 42 €/m²

Zum Vergleich: Die Kosten für eine herkömmliche Bitumendecke betragen mit Unterbau ca. 45 €/m² [GEIGER, DREISEITL (1995)].

4.2.1.2.6. Betriebskosten, Nutzungsdauer

Über Betriebskosten speziell von wasserdurchlässigen Pflasterungen liegen keine veröffentlichten Angaben vor. Es kann aber davon ausgegangen werden, dass im Regelfall keine Kosten entstehen, die über die sonst übliche Kosten einer versiegelten Fläche, wie z.B. Straßenreinigung, hinausgehen. Unter Umständen kann es aber angebracht sein, Pflasterfugen mit stark zurückgegangener Versickerungsleistung zu reinigen. Spezielle Pflasterreinigungsmaschinen stehen hierfür zur Verfügung.

Die durchschnittliche Nutzungsdauer von Pflasterungen oder Betonverbundsteinen im Straßenbereich wird von der LAWA [LAWA (1998)] mit ca. 20 - 30 Jahren angegeben.

4.2.2. Maßnahmen zur Verminderung des Stoffaustrags in Regenabflüssen

4.2.2.1. Schadstoffe im Regenwasserabfluss

Die Problematik der Schadstoffbelastung von Niederschlagsabflüssen wurde in den letzten Jahren verstärkt untersucht. Ein BMBF-Verbundprojekt hatte dieses Thema zum Inhalt und dementsprechend ist die deutschsprachige Literatur relativ vielfältig (z.B. [BORCHARDT (1996)], [GÖTTLE (1978)], [GROTTKER (1987)], [HAHN H. H. SCHÄFER M. (Hrsg.) (1998)], [HEINZMANN (1993)], [PAULSEN (1987)], [XANTHOPOULOS, HAHN (1995)]).

In vielen Untersuchungen zum Schmutzstoffgehalt von Regenabflüssen wird wiederholt darauf hingewiesen, dass das Ausmaß der Oberflächenverschmutzung städtischer Gebiete weder hinsichtlich der Schmutzstoffmenge noch der Schmutzstoffzusammensetzung eindeutig beschreibbar ist. Bedingt durch die wechselnden örtlichen Einflüsse, insbesondere der Flächennutzung, ist ein gleichbleibender Schmutzstoffanfall nur über sehr kurze Zeitabschnitte zu erwarten. Abweichungen der mittleren Konzentrationen einzelner Ereignisse bis zum Hundertfachen zeigen die Verschiedenartigkeit des Verschmutzungsabtrags als Funktion der Abfluss- und Gebietsverhältnisse. Unterschiedliche, an die Fließverhältnisse gekoppelte Abtragsprozesse führen zu einem uneinheitlichen Verlauf der Konzentrationsganglinien der Parameter. Während absetzbare Stoffe überwiegend durch die Schubkräfte des Abflusses fortbewegt werden, fließen gelöste oder suspendierte Stoffe nach hydraulischen Gesetzmäßigkeiten ab [WILCKE (1997)].

Tab. 6 zeigt die große Bandbreite mittlerer und maximaler Konzentrationen ausgewählter Parameter im Regenwasser im Vergleich zum Mischwasser [LAMMERSEN (1997)].

Tab. 6: *Bandbreite mittlerer und maximaler Konzentrationen ausgewählter Parameter im Regen- und Mischwasser [LAMMERSEN (1997)]*

Parameter	Regenwasser		Mischwasser	
	Mittlere Konzentration	Maximale Konzentration	Mittlere Konzentration	Maximale Konzentration
	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]
AFS	107-339	100-999	48-176	469
CSB	47-115	77-996	84-320	175-670
BSB ₅	5,8-18,4	4,4-260	30-125	62-120
NO ₃ -N	0,8-7,2	1,2-5,2	0,2-1,1	0,33-2,1
NO ₂ -N	0,08-0,14	0,16-1,6	---	---
NH ₄ -N	0,6-2,31	0,3-38,0	7,1-10,3	2,1-14
PO ₄ -P	0,3-1,8	1,7-9,98	2,0-7,4	2,0-9,5

Dass unbehandelte Regen(ab)wassereinleitungen aus der Trennkanalisation einen maßgeblichen Anteil an der Gewässerverschmutzung haben können, ist trotz der Unsicherheiten über den zeitlichen Verlauf der Konzentrationen und Frachten [FIELD (1993)], [HAHN, XANTHOPOULOS (1990)] unstrittig. Im Abwasserbeseitigungsplan für Berlin [SENSUT (1999)] wird dargelegt, dass das angestrebte Ziel der Gewässergüteklasse II auch mit einer weitergehenden Reinigung (z.B. Mikrofiltration) auf den Kläranlagen nicht erreicht werden kann, wenn die Einträge aus der Regen(ab)wasserkanalisation unverändert bleiben.

Um die Schmutzkonzentrationen und -frachten aus Regenwassereinleitungen objektiv und anschaulich zu bewerten, werden diese Messergebnisse mit Ablaufwerten mechanisch-biologischer Kläranlagen verglichen [GÖTTLE (1978)], [HEINZMANN (1993)]. Es stellte sich heraus, dass insbesondere die AFS-Gehalte aus Regenabflüssen höher sind als aus Kläranlagenabflüsse. Im Jahresmittel lag die AFS-Fracht des Regen(ab)wassers dreimal so hoch wie die von Kläranlagen. Im Verhältnis dazu sind die Frachten der Nährstoffe, auch die der Nitratfrachten und der organischen Stoffe im Regen(ab)wasser relativ gering. GÖTTLE gibt an, dass jährlich zweimal soviel Nitrat mit dem Regen(ab)wasser ins Gewässer gelangt als theoretisch aus demselben Gebiet

über das gereinigte Abwasser eingeleitet wird. Noch wesentlich gravierender ist die Bedeutung der Regen(ab)wasserverschmutzung, wenn man berücksichtigt, dass das Regen(ab)wasser stoßweise in das Gewässer fließt. Für einzelne Regenereignisse kann die Fracht der AFS mehr als das doppelte der Tagesfracht des Kläranlagen-Rohabwassers betragen. Die organischen Schmutzfrachten (CSB) des Regenwassers liegen während eines Ereignisses um das fünffache höher als die des Kläranlagenablaufes, der zur gleichen Zeit in das Gewässer fließt [ITWH (1997)].

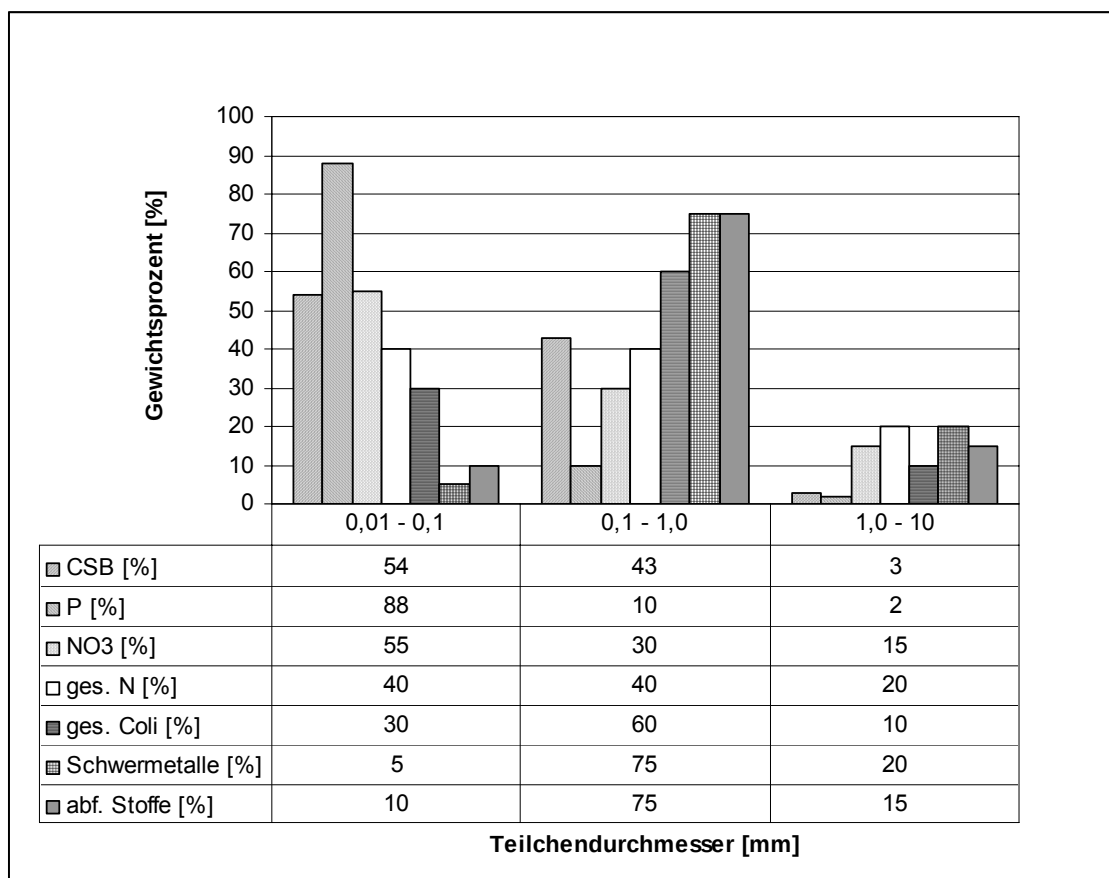


Abb. 10: Verteilung verschiedener Stoffparameter auf unterschiedliche Korngrößen [GÖTTLE (1978)]

Die AFS sind nicht nur bezüglich der Frachten, sondern auch von der Korngröße bedeutend. Feinkörnige Bestandteile der AFS weisen prozentual höheren Stoffgehalt auf, das bereits bei geringen Abflussintensitäten nahezu vollständig abgespült wird (Abb. 10). Die AFS werden auch als „Träger“ für andere Schmutzstoffe bezeichnet

[GROTTKER (1987)]. [GÖTTLE (1978)] weist in seinen Untersuchungen darauf hin, dass mit abnehmender Korngröße der organische Anteil zunimmt. Bereits in der Luft werden die organischen Verunreinigungen an die feinsten mineralischen Partikel absorbiert. Die Bedeutung gerade dieser Fraktion wird durch die Tatsache verstärkt, dass nur ein geringer Teil durch die Straßenreinigung entfernt werden kann und somit zu einem Großteil in den Regenabfluss gelangt. Dagegen sind die gröberen Bestandteile aus mehreren Gründen von vergleichsweise geringerer Bedeutung, da sie gewichtsmäßig nur ca. 20 % der Gesamtverschmutzung ausmachen und geringere Stoffgehalte führen. Erst bei größeren Niederschlagsintensitäten werden sie abgetragen; die meisten Behandlungsmethoden halten diese Stoffanteile zurück.

Ein weiterer Aspekt zeichnet die AFS als wichtigen Parameter nach HEINZMANN (1993) und GÖTTLE (1978) dahingehend aus, dass eine mittlere bis hohe Korrelation zwischen den AFS und absetzbaren Stoffen sowie den Parametern CSB, BSB₅, organischer Stickstoff (N_{org}), Gesamtphosphor (P_{ges}) und den Schwermetallen besteht. Daraus leiten sich aus den Simulationsergebnissen der AFS Aussagen zu anderen Schmutzstoffen ab. Diese Korrelationen konnte GROTTKER (1987) am Beispiel Hildesheim nicht bestätigen.

In früheren Messprogrammen, in denen das Hauptaugenmerk auf den sauerstoffzehrenden Substanzen und Nährstoffen lag, wurden die AFS als Beschreibung des Feststoffgehaltes untersucht. Neuere Untersuchungen, die die große Bedeutung der anthropogenen Schadstoffe wie Schwermetalle, PAK etc. im Regenabfluss in ihrem Messumfang mit berücksichtigen. [GROTTKER (1987); HEINZMANN (1993); XANTHOPOULOS & HAHN (1995)] dokumentieren die Korrelation zwischen den AFS und diesen Schadstoffen. Die AFS sind somit die Schnittstelle zwischen neueren und früheren Messprogrammen [XANTHOPOULOS & HAHN (1995)]. Der Parameter AFS ist der einzige, der in fast allen Messprogrammen untersucht wurde.

Besonderes Augenmerk verlangten auch die mikrobiologischen Parameter. Einleitungen aus Trennkanalisationen weisen i.a. relativ hohe Gehalte an Mikroorganismen auf. Diese sind im Gewässer wiederum Kriterium nach der EG-Badegewässerrichtlinie und müssen deshalb bei einer gewässerorientierten Betrachtung berücksichtigt werden.

Im Hinblick auf die Frage, welche Flächen von der Regenwasserversickerung ausgenommen werden müssen, die potentiell oder definitiv einen hohen Abtrag schädlicher

Stoffe erwarten lassen, interessieren insbesondere die Stoffe, die von Verkehrsflächen unterschiedlicher Verkehrsbelastung einerseits und Dachflächen unterschiedlicher Materialdeckung andererseits abgetragen werden. HERRMANN & KAYSER (1997) geben für ausgewählte Schwermetalle und für AFS in Tab.7 Konzentrationswerte an.

Tab. 7: Gegenüberstellung der Schwermetallbelastung von Dach- und Straßenabflüssen [Herrmann/Kayser (1997)]

	Dachabfluss	Straßenabfluss		
		<2000 KFZ/d	2000-15000 KFZ/d	>15000 KFZ/d
Zn [µg/l]	23-6500	56-166	202-603	236-242
Cu [µg/l]	7-510	8,8-76	17-136	109-143
Pb [µg/l]	14-410	27-122	22-3611	200-203
Cd [µg/l]	0,7-4	1,3-1,9	0,7-6,4	1,4-2
Cr [µg/l]	35	9,6	8,3-24	11
AFS [mg/l]	5-130	k.A.	339-564	k.A.

k.A. - keine Angaben

Bei den Straßenabflüssen zeigt sich, bezogen auf die Schwermetalle Zn, Cu, Pb, die erwartete Zunahme der Konzentrationen mit steigender Verkehrsbelastung. Die Konzentrationswerte bleiben dabei in relativ engen Grenzen. Bei den Dachabflüssen schwanken die Konzentrationen erheblich, die nicht allein auf unterschiedliche Flächenanteile der Zink-, Kupfer- oder Bleiabdeckungen zurückzuführen sind, wie HERRMANN/KAYSER (1997) gezeigt haben. In

Abb. 13 sind die Konzentrationen für Zn, Cu und Pb in Sedimenten aus Zisternen zusammengestellt. Zusätzlich werden die Dachflächenanteile, die mit diesen Metallen eingedeckt sind, angegeben. Es ist zwar tendenziell zu erkennen, dass die Konzentrationen mit geringer werdenden Flächenanteilen abnehmen; es gibt jedoch auch gegenläufige Einzelergebnisse. Das

Verteilungsmuster legt nahe, dass das Korrosionsverhalten verschiedener Abdeckungen gleicher Schwermetalle unterschiedlich sein kann. Vor allem die Art der verschiedenen Legierungen und unter Umständen das Alter der Abdeckungen haben vermutlich Einflüsse auf die Abtragsraten.

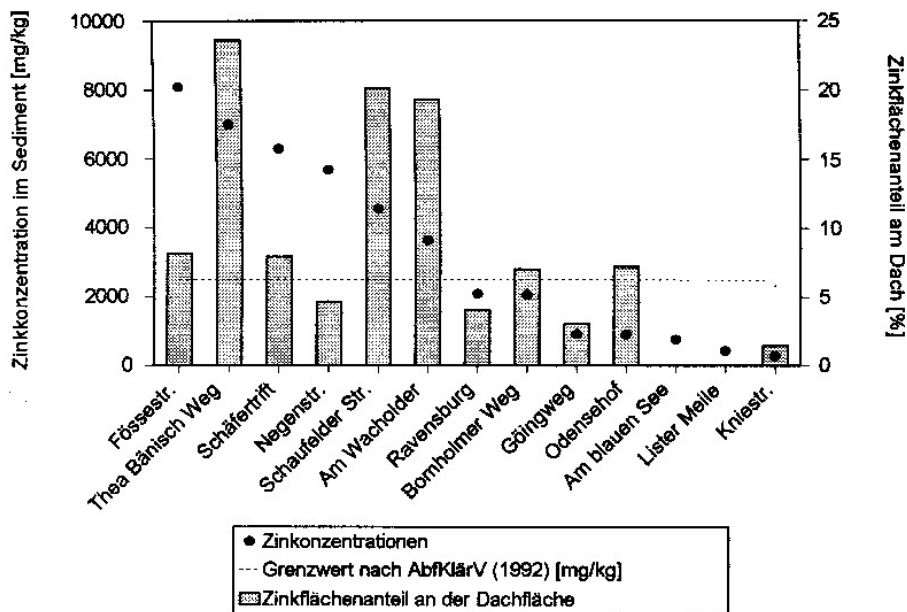


Abb. 11: Zinkkonzentration in den Sedimenten und Zinkflächenanteile an den Dächern

Die umfangreichste Datensammlung zu Stoffkonzentrationen im Regenabfluss von Trennsystemen im Vergleich zu denen in Mischwasserüberläufen und Kläranlagenabläufen veröffentlicht [BROMBACH (2002)]. Die Daten stammen aus 17 Ländern mit vergleichbaren Entwässerungsstandards, insbesondere aus den USA und aus Deutschland, die sich nach vier Komponenten untergliedern.

- Niederschlagsabfluss in der Trennkanalisation
- Trockenwetterabfluss in der Mischkanalisation
- Mischwasserabfluss in der Mischkanalisation
- Überlaufwasser der Mischkanalisation

Statistisch analysiert wurden die Daten von 20 Parametern, die in Tab. 8 dargestellt sind.

Tab. 8: Statistisch ausgewertete Parameter

Feststoffe	Messgrößen	Zehrstoffe	Nährstoffe	Schwermetalle
AFS	pH-Wert	BSB ₅	P _{ges}	Hg
ASS	L _F	CSB	NH ₄ -N	Cd
		TOC	NO ₃ -N	Cr
		DOC	TKN	Ni
			N _{ges}	Pb
				Cu
				Zn

Die folgenden Grafiken zeigen die Medianwerte von 8 Parametern. Verglichen werden die in Trennkanalisationen gemessenen Werte mit denen in Mischwasserüberläufen. So liegt z.B. der Medianwert des CSB in Trennkanalisationen bei 80 mg/l und in Mischkanalisationen bei 140 mg/l.

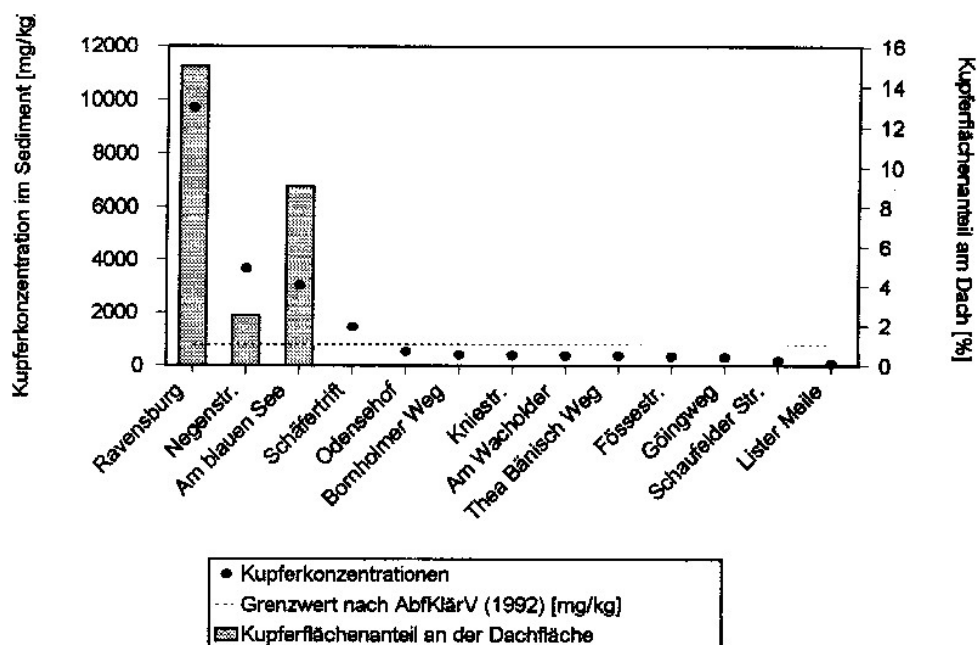


Abb. 12: Kupferkonzentrationen in den Sedimenten und Kupferanteile an Dächern

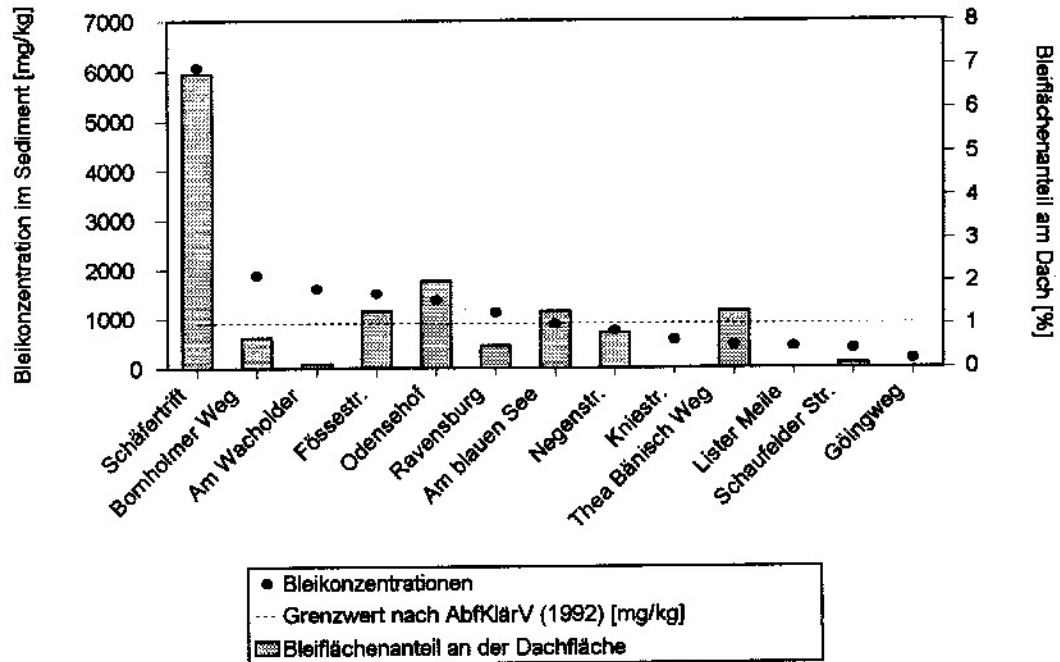


Abb. 13: Bleikonzentrationen in den Sedimenten und Bleiflächenanteile an den Dächern

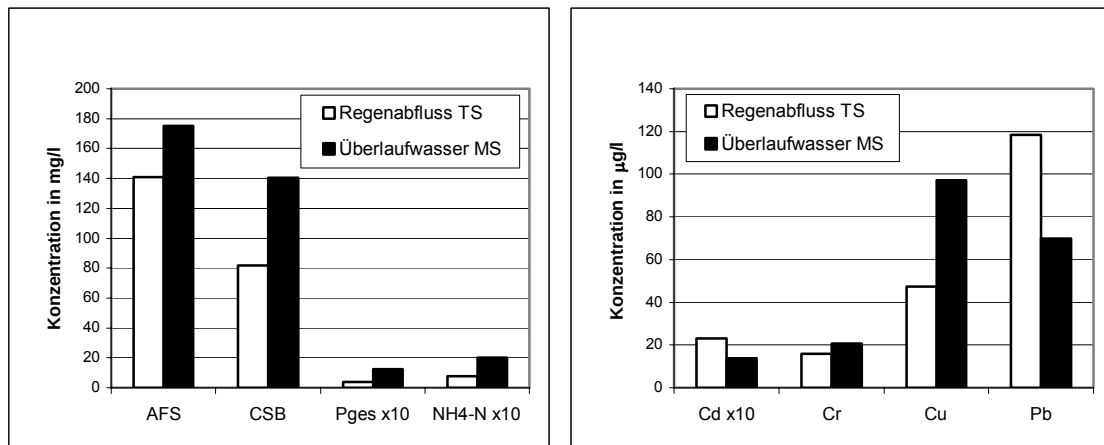


Abb. 14: Vergleich der Medianwerte für Trennkanalisationen und Mischwasserüberläufe

Tab. 9: Grenzwerte der Abwasserverordnung, Anhang 1 (Angaben in mg/l)

BSB ₅	CSB	P _{ges}	NH ₄ -N	N _{ges}
15-40	75-100	1-2	10	18

Ein Vergleich der in Tab. 9 angegebenen Grenzwerte mit den Einzelwerten der gesammelten Daten führt zu folgenden Aussagen:

- Beim BSB₅-Wert überschreiten über 90 % der in Mischwasserüberläufen gemessenen Werte den unteren Grenzwert von 15 mg/l. Selbst der obere Grenzwert von 40 mg wird von über 70 % der Einzelwerte überschritten. Beim Trennsystem wird der untere Grenzwert noch von 40 % der Einzelwerte überschritten.
- Beim CSB-Wert liegen 90 % aller Messwerte der Mischwasserüberläufe über 75 mg. Im Trennsystem sind es immerhin noch etwa 70 %.
- Beim Phosphor wird der untere Grenzwert von 1 mg/l bei den Mischwasserüberläufen von 50 % der Messwerte und beim Trennsystem von 15 % überschritten.
- Bei den Stickstoffkonzentrationen NH₄-N und N_{ges} liegen nahezu alle Einzelwerte unter den Grenzwerten.

Der Vergleich der Schwermetallkonzentrationen mit Ablaufkonzentrationen der Kläranlagen zeigt, dass die Schwermetallkonzentrationen in Trennsystemen und Mischwasserüberläufen die Konzentrationen der Kläranlagenabläufe im allgemeinen deutlich übersteigen.

Tab. 10: Mittlere Ablaufkonzentrationen der Kläranlagen in alten und neuen Bundesländern im Vergleich zu Medianwerten in Trennsystemen und Mischwasserüberläufen

	Hg	Cd	Cr	Ni	Pb	Cu	Zn
Alte Bundesländer	0,29	0,25	4,53	8,12	3,44	11,78	66,25
Neue Bundesländer	0,27	0,82	9,25	12,85	8,35	15,31	99,66
Median Regenabfluss im Trennsystem	0,40	2,30	16	22,60	118	48	275
Median Mischwasserüberläufe	0,02	1,40	21	12	70	97,50	280

4.2.2.2. Frachtbelastung der Gewässer in Deutschland durch Kläranlagenabläufe aus Schmutzwasser und niederschlagsbedingten Einleitungen

Für die Parameter CSB, P und Cu wird im folgenden eine Überschlagsrechnung durchgeführt, wie sich die Frachtbelastung durch niederschlagsbedingte Einleitungen zu der Frachtbelastung durch niederschlagsfreie Kläranlagenabläufe verhält.

Frachtbelastung aus niederschlagsfreien Kläranlagenabläufen:

Bei den niederschlagsfreien Kläranlagenabläufen wird von folgenden Grundzahlen ausgegangen:

- Einwohnerzahl: 80.000.000
- täglicher Schmutzwasseranfall (einschließlich Gewerbe und Industrie): 130 l (E d)
- Konzentrationen: CSB = 75 mg/l; P = 1,5 mg/l; Cu = 0,013 mg/l

Daraus ergibt sich für Deutschland insgesamt folgende jährliche Belastung der Gewässer aus niederschlagsfreien Kläranlagenabläufen:

- | | |
|--------|-----------------|
| • CSB: | ca. 285.000 t/a |
| • P | ca. 5.700 t/a |
| • Cu | ca. 49 t/aE |

Frachtbelastung durch niederschlagsbedingte Einleitungen

Bei den niederschlagsbedingten Einleitungen werden drei Stoffströme betrachtet und addiert:

- Frachtbelastung durch Trennsystem-Einleitungen
- Frachtbelastung durch Mischwasserüberläufe
- Frachtbelastung durch niederschlagsbedingte Kläranlagenabläufe

Für die Bilanzierung wird dabei von folgenden Grundzahlen ausgegangen:

- Flächengröße Deutschland: ca. 357.000 km²
- davon abflusswirksam an Kanalisationen angeschlossen : ca. 5 % = 17.850 km²
- Mittlere Abflusshöhe: 500 mm/a
- niederschlagsbedingte Kanalisationsabflüsse insgesamt: 8.925.000.000 m³/a

- Mischsystemanteil in Deutschland: 60 %
- Trennsystemanteil in Deutschland 40 %, davon abflusswirksam: 90 %

Frachtbelastung durch Trennsystemeinleitungen

- Trennsystemeinleitungen insgesamt: $8.925.000.000 \times 0,4 \times 0,9 = 3.213.000.000 \text{ m}^3/\text{a}$
- Mittlere Konzentrationen: CSB = 80 mg/l; P = 0,2 mg/l; Cu = 0,048 mg/l

Jährliche Frachtbelastung:

- CSB ca. 257.000 t/a
- P ca. 643 t/a
- Cu ca. 154 t/a

Frachtbelastung durch Mischwasserüberläufe

Nach Ausbau der Mischwasserbehandlung gemäß ATV-Arbeitsblatt A 128 werden noch ca. 30 % der Mischwasserabflüsse über Mischwasserabflüsse eingeleitet.

Einleitungen durch Mischwasserüberläufe insgesamt:

- $8.925.000.000 \times 0,6 \times 0,3 = \text{ca. } 1.600.000.000 \text{ m}^3/\text{a}$
- Mittlere Konzentrationen: : CSB = 140 mg/l; P = 1,2 mg/l; Cu = 0,097 mg/l

Jährliche Frachtbelastung:

- CSB ca. 225.000 t/a
- P ca. 1.900 t/a
- Cu ca. 156 t/a

Frachtbelastung durch niederschlagsbedingte Kläranlagenabläufe

Nach Ausbau der Mischwasserbehandlung gemäß ATV-Arbeitsblatt A 128 werden ca. 70 % der Mischwasserabflüsse über Kläranlagen geleitet.

niederschlagsbedingte Einleitungen über Kläranlagen insgesamt:

- $8.925.000.000 \times 0,6 \times 0,7 = \text{ca. } 3.750.000.000 \text{ m}^3/\text{a}$
- Mittlere Konzentrationen: : CSB = 75 mg/l; P = 1,5 mg/l; Cu = 0,013 mg/l

Jährliche Frachtbelastung:

- CSB ca. 280.000 t/a
- P ca. 5.600 t/a
- Cu ca. 49 t/a

Niederschlagsbedingte Frachtbelastung aus den drei Stoffströmen insgesamt

Jährliche Frachtbelastung:

- CSB ca. 760.000 t/a
- P ca. 8.200 t/a
- Cu ca. 360 t/a

Vergleich zwischen niederschlagsfreien Kläranlagenabläufen und niederschlagsbedingten Einleitungen

- CSB : 760.000 : 285.000 = 2,7
- P: 8.200 : 5.700 = 1,4
- Cu: 360 : 49 = 7,3

Die Frachtbelastung der Gewässer durch niederschlagsbedingte Einleitungen ist also für jeden der betrachteten Parameter deutlich höher als die Frachtbelastung durch die niederschlagsfreien Abläufe ausgebauter Kläranlagen. Dieses gilt auch für die meisten anderen der hier nicht verglichenen Parameter .

4.2.2.3. Verminderung der Schadstoffbelastung durch Vermischungsvermeidung

Nach § 7a WHG können Anforderungen zur Verminderung der Schadstofffracht des Abwassers – hier des Regen(ab)wassers – auch für den Ort des Anfalls des Abwassers oder vor seiner Vermischung festgelegt werden. Auf Regen(ab)wasser bezogen bedeutet der Terminus „vor seiner Vermischung“ zunächst, dass man die Anforderung festlegen kann, die relativ schwach verunreinigten Regenabflüsse nicht mit Schmutzwasser aus häuslichem, gewerblichem oder industriellem zu vermischen. Daher kann nach § 7a WHG künftig in Neu- und Erweiterungsgebieten auf die Anlage von Mischsystemen verzichtet und grundsätzlich nur noch das Prinzip der getrennten Bewirtschaftung des Regen(ab)wassers angewendet werden.

Außerdem ist aus § 7a WHG ableitbar, dass Teilströme des Regen(ab)wassers, die von potentiell oder definitiv hochverschmutzten Flächen kommen, nicht ohne weitere Vorbehandlung mit solchen vermischt werden sollten, die von gering verschmutzten Flächen abfließen.

Als Beispiel sei genannt, dass Regenabflüsse von Tankstellen als potentiell hochverschmutzt gelten können, die man nicht ohne Behandlung mit Regenabflüssen von Dächern und Straßen aus reinen Wohngebieten zusammenführen sollte. Als Lösung des Problems bieten sich zwei Wege an: Entweder man unterzieht die hochverschmutzten Regenabflüsse vor der Zusammenführung mit den gering verschmutzten Abflüssen einer ausreichenden lokalen Behandlung oder man leitet sie gemeinsam mit dem häuslichen, gewerblichen und industriellen Schmutzwasser der Kläranlage zu.

Nimmt man den ersten Weg in Anspruch, führt dies unter Ausschöpfung der Bewirtschaftungsmöglichkeiten Reinigung, Versickerung, Speicherung und gedrosselte Ableitung auf ein Trennsystem neuer Art. Die Regenabflüsse aller Flächen werden getrennt so bewirtschaftet, dass die Anforderungen hinsichtlich ihrer Rückführung in den natürlichen Wasserkreislauf bestmöglich erfüllt werden.

Wählt man den zweiten Weg, ergibt sich der Ansatz, in Neubaugebieten künftig ein Konzept anzuwenden, das aus einem Ableitungssystem für Schmutzwasser und hochverschmutzte Regenabflüsse und einem Bewirtschaftungssystem für gering verschmutzte Regenabflüsse besteht. Letzteres schöpft die Versickerbarkeit von Regenabflüssen unter Beachtung der notwendigen Entwässerungssicherheit der Siedlungsgebiete aus und leitet lediglich die „Restabflüsse“ gedämpft und verzögert ab. Insgesamt ergibt sich damit bei diesem Weg ein Konzept für die Entwässerung von Neubaugebieten, bei dem nicht mehr zwischen Schmutz- und Regenwasserabflüssen unterschieden wird, sondern zwischen Abflüssen, die obligatorisch der Kläranlage zuzuführen sind und solchen, die keiner Behandlung auf der Kläranlage bedürfen. Erstere setzen sich aus Schmutzwasser und hoch verschmutzten Regenwasserabflüssen zusammen, letztere stellen die unverschmutzten oder tolerierbar gering verschmutzten Regenabflüsse dar. Die erstgenannte Komponente wird in der Regel über ein „Erweitertes Schmutzwasser-Ableitungssystem“ der Kläranlage zugeleitet. Die letztgenannte Komponente wird in einem eigenen „Bewirtschaftungssystem Regenwasser“ bestmöglich bewirtschaftet, wobei das vorhandene Versickerungspotential unter Beachtung der

Entwässerungsansprüche von Siedlungsgebieten ausgeschöpft und die „Restabflüsse“ gedämpft und verzögert abgeleitet werden.

Für das vorgenannte Entwässerungskonzept, bestehend aus den Komponenten „Erweitertes Schmutzwasser-Ableitungssystem“ und „Bewirtschaftungssystem Regenwasser“, gibt es bisher keinen feststehenden Oberbegriff, der dieses Konzept vom „Konventionellem Mischsystem“ und „Konventionellem Trennsystem“ auch sprachlich deutlich unterscheidet (der Begriff „Modifiziertes Trennsystem“ trifft den Sachverhalt nicht scharf genug). Da das Trennkriterium der beiden Komponenten „Erweitertes Schmutzwasser-Ableitungssystem“ und „Bewirtschaftungssystem Regenwasser“ in der kritischen Schadstoffbelastung der Regenwasserabflüsse besteht, könnte der Oberbegriff „Schadstoffdifferenziertes Duales Entwässerungssystem“ („S-D-System“) lauten.

4.2.3. Bewirtschaftungsmaßnahmen bei möglicher vollständiger Versickerung

4.2.3.1. Allgemeines zur vollständigen Versickerung

Vollständige Versickerung bedeutet, dass sämtliche anfallenden Niederschlagsabflüsse auf unschädliche Weise in den anstehenden Boden versickert werden können und keine Vorsorge getroffen werden muss, einen Teil der Abflüsse über Ableitungssysteme direkt in die Gewässer einzuleiten. Leider wurde bisher dieser Begriff in der Fachöffentlichkeit bis in das Regelwerk der ATV hinein mit dem übergeordneten Begriff „Versickerung“, der auch die „unvollständige Versickerung“ enthält, gleichgesetzt. Dahinter steht die fälschliche Annahme, dass eine Versickerung als Bewirtschaftungsmaßnahme nur dort sinnvoll sei, wo eine vollständige Versickerung im Sinne der vorgenannten Definition möglich ist. Noch in der jüngsten Ausgabe des ATV-DVWK-Arbeitsblattes A 138 [ATV-A 138 (2002)] wird in Bild 1 der Bodenbereich mit k_f -Werten größer als 10^{-6} m/s als „technisch relevanter Versickerungsbereich“ angegeben. Der Bereich mit k_f -Werten kleiner als 10^{-6} m/s gilt demnach als „technisch nicht relevanter Versickerungsbereich“. Dieses ist eindeutig falsch, denn auch der Bereich mit k_f -Werten kleiner als 10^{-6} m/s gehört – wie ausgeführte Projekte zeigen – zum technisch relevanten Versickerungsbereich, nur eben nicht zum Bereich der „Vollständigen Versickerung“. Man muss vielmehr im Gegensatz zu dieser Aussage feststellen, dass der Bereich der unvollständigen Versickerung in der Praxis ein breiteres Anwendungsfeld besitzt, als der

Bereich der vollständigen Versickerung. Dieses ergibt sich aus folgenden Bedingungen, die alle erfüllt sein müssen, um die vollständige Versickerung zu ermöglichen:

- anstehender Boden muss eine auf Dauer gewährleistete Durchlässigkeit von $k_f \geq 10^{-6}$ m/s besitzen
- inhomogene Bodenverhältnissen müssen die notwendige Minstdurchlässigkeit im Bereich der Versickerungsanlagen überall gewährleisten
- in der Siedlungswasserwirtschaft übliche Sicherheit gegen Überflutungen und Vernässungen von Gebäuden und Grundstücken muss gewährleistet sein

Gerade die letztgenannte Bedingung führt wegen der häufig vorhandenen Unsicherheit beim Nachweis der Durchlässigkeit und aus Haftungsgründen zu der Entscheidung, im Zweifel eine Lösung der unvollständigen Versickerungsmaßnahmen vorzuziehen.

4.2.3.2. Zu empfehlende technische Lösungen

Die technischen Lösungen zur Regen(ab)wasserbewirtschaftung bei möglicher vollständiger Versickerung lassen sich in verschiedene Kategorien einteilen:

- „Flächenversickerung“ umfasst Lösungen, die im wesentlichen ohne Maßnahmen zum Auf- und Einstau von Regenabflussspitzen auskommen.
- „Muldenversickerung“ umfasst Lösungen, die einen beschränkten Speicherraum zum kurzzeitigen Einstau von Regenabflussspitzen erfordern, der auf der Oberfläche „in Mulden“ angeordnet werden können.
- „Mulden-Rigolen-Versickerung“ fasst Lösungen zusammen, die einen erweiterten Speicherraum zum längerfristigen Einstau von Regenabflussspitzen erfordern, der einen zusätzlichen unterirdischen Speicherraum (Rigole) erfordert.

4.2.3.2.1. Flächenversickerung

Zu den technischen Ausführungen der „Flächenversickerung“ gehören im weitesten Sinne die schon im Abschnitt 4.2.1.1.6 beschriebenen Pflasterungen. Insbesondere ist hierbei auf die verschiedenen Ausführungen der sogenannten Rasengittersteine zu verweisen, die zur Befestigung von verkehrsmäßig gering belasteten Feuerwehrrzufahrten, Parkflächen usw. eingesetzt werden. Die mit gut durchlässigem Substrat ausgefüllten begrünten Anteile dieser Pflasterungen können die in der Siedlungswasserwirtschaft üblicherweise zu beherrschenden Niederschlagsereignisse ohne wesentlichen Aufstau versickern, sofern der Füllboden auch im nachverdichteten, gealterten Zustand noch eine ausreichende Durchlässigkeit von mindestens 10^{-5} m/s besitzt und der Un-

tergrund das einsickernde Wasser schadlos abführen kann. Es kann erwartet werden, dass die aus der (geringen) Verkehrsbelastung resultierenden Schadstoffbelastungen durch den belebten Füllboden eliminiert oder langfristig gebunden werden.

Eine andere Form der Flächenversickerung besteht darin, die Regenabflüsse auf geneigten Flächen im Seitenraum der abflusswirksamen Flächen zu versickern. Dieses ist z.B. in Form von Böschungen entlang der Straßen und Autobahnen im außerörtlichen Bereich gängige Praxis. Da am Fuß der Böschungen im allgemeinen ein Entwässerungsgraben oder eine Dränung vorhanden ist, ist quantitativ gesehen eine schadlose Abführung des versickerten Wassers gewährleistet. In Anbetracht der hohen Verkehrsbelastung ist allerdings zu bezweifeln, ob hier immer die Anforderungen an die Begrenzung des Schadstoffeintrags erfüllt werden, die im innerörtlichen Bereich an Versickerungsanlagen zu stellen sind. Insgesamt lässt sich feststellen, dass die Flächenversickerung der natürlichen Versickerung unbebauter Gebiete am nächsten kommt.

Als Abgrenzungskriterium gegenüber der Muldenversickerung kann gelten, dass der anstehende Boden im gesamten Bereich der Flächenversickerung dauerhaft einen Durchlässigkeitswert von $k_f \geq 10^{-5} \text{ m/s}$ besitzen muss.

4.2.3.2.2. Muldenversickerung

Der oberirdische Speicherraum für die „Muldenversickerung“ besteht im einfachsten Fall aus flach geböschten Rasenmulden auf privaten Grundstücken oder im öffentlichen Bereich. Er kann aber auch aus kantig eingefassten, eingetieften Versickerungsflächen bestehen. Im weiteren Sinne gehören auch semizentrale und zentrale Versickerungsbecken dazu, die am Ende eines „konventionellen“ Ableitungssystems angeordnet werden. In den Auen von Bächen und Flüssen bietet sich Kaskadenbauweise an. Sie besteht aus hintereinander geschalteten Mulden, bei denen das überlaufende Wasser einer Mulde in die nächst tiefer gelegene übergeleitet wird. Letztlich ist das gesamte anfallende Regenwasser (bis auf bewusst zugelassene seltene Überlastungsereignisse) versickert.

Wichtiges Kennzeichen der Muldenversickerung ist, dass das zugeleitete Regenwasser bei der Versickerung einen belebten und begrünten Oberboden passieren muss. Dabei werden nach [SCHNEIDER (1999)], [SIEKER F. et. al. (2001)], [SOMMER H. et

al. (2002)] die in den Regenabflüssen enthaltenen Schadstoffe langfristig weitestgehend zurückgehalten oder eliminiert. Ein anderes Kennzeichen besteht darin, dass in den Mulden kein Dauerstau auftreten darf. Die Durchlässigkeit des Muldenbodens und die Bemessung des einstaufähigen Muldenvolumens müssen so beschaffen und aufeinander abgestimmt sein, dass sich die Mulden ca. 3 Stunden nach Ende des Regenwasserzulaufs durch Versickerung entleert haben. Dies ist notwendig, um eine dauerhafte Versickerungsfähigkeit durch eine ausreichende Belüftung des Bodens sicherzustellen.

Als Abgrenzungskriterium gegenüber der Mulden-Rigolen-Versickerung kann gelten, dass der Boden im gesamten Bereich der Muldenversickerung dauerhaft einen Durchlässigkeitswert von $k_f \geq 5 \times 10^{-6}$ m/s aufweist. Außerdem sollte für die Anordnung der Mulden eine Fläche von ca. 10 % der angeschlossenen abflusswirksamen Flächen zur Verfügung stehen. Das nutzbare Speichervolumen der Mulden sollte dabei etwa 20 Liter je m² angeschlossene Fläche betragen und erfordert eine nutzbare Einstauhöhe von 20 cm. Die Überlastungshäufigkeit der so bemessenen Mulden liegt dann unter mittleren Niederschlagsverhältnissen in Deutschland entsprechend den geltenden Regeln der Technik bei ca. 1 x in 5 Jahren.

Bei der Mulden-Versickerung muss sichergestellt sein, dass der Grundwasserspiegel ständig ausreichend tief unter der Muldensohle liegt, das versickernde Wasser im Untergrund schadlos abgeführt wird, im Bereich der Mulde kein Schichtenwasser auftritt, keine Gebäudevernässungen zu erwarten sind usw. Sollte auch nur bezüglich einer dieser Voraussetzungen Zweifel bestehen, ist auf eine Lösung der Mulden-Rigolen-Versickerung überzugehen oder eine Lösung aus dem Bereich der unvollständigen Versickerung zu wählen.

4.2.3.2.3. Versickerungsbecken

Wird die Mulden-Versickerung als größere Anlage am Tiefpunkt eines größeren zusammenhängenden Ableitungssystems konzentriert, spricht man von einem Versickerungsbecken. Im Rahmen der Bewirtschaftungsmaßnahme „Vollständige Versickerung“ muss dieses Becken in der Lage sein, die gesamten, ihm zugeführten Regenabflüsse kurzzeitig zu speichern und vollständig zu versickern, soweit eine vorgegebene zulässige Überlastungshäufigkeit (1 x in 5 Jahren) nicht überschritten wird. Dies setzt eine hohe Versickerungsfähigkeit des Untergrundes und einen dauerhaft ausreichend nied-

rigen Grundwasserstand voraus, wie zum Beispiel in der oberbayerischen Schotterebene oder auf Kiesterrassen in Flusstälern. Auch hier ist zum Schutz des Grundwassers die Auskleidung des Beckens mit einer gut reinigungsfähigen begrünten Bodenschicht zu fordern. Es sind Anforderungen zu stellen, wie sie bei einem „Bodenfilterbecken“ erhoben werden. Soweit es die verfügbaren Flächen erlauben, sollte das erforderliche Volumen des Beckens durch eine möglichst große Grundfläche und eine entsprechend geringe Einstauhöhe gewonnen werden statt durch eine kleine Grundfläche und eine entsprechend große Einstauhöhe, um die flächenspezifische Schmutzbelastung so gering wie möglich zu halten. Allerdings sind einer flachen Beckenausbildung aufgrund der Zulauftiefe häufig Grenzen gesetzt. Die Errichtung eines Pumpwerks entfällt im allgemeinen aus Kostengründen, da dies auf Spitzenzuflüsse ausgelegt sein müsste.

Für Neubaugebiete ist ferner ein Kostenvergleich zwischen der Konzeption mit dezentralen kleinen Mulden und der eines zentralen Versickerungsbeckens mit zugehörigem Kanalisationsnetz zu empfehlen, der häufig zugunsten der dezentralen Lösung ausfällt.

4.2.3.2.4. Mulden-Rigolen-Versickerung

Bei der „Mulden-Rigolen-Versickerung“ werden Lösungen zusammengefasst, bei denen die Muldenversickerung aufgrund geringerer Durchlässigkeit des Bodens und geringerer Flächenverfügbarkeit nicht ausreicht. Nach vorliegenden Erfahrungen ist dauerhaft eine Mindestdurchlässigkeit des anstehenden Bodens im gesamten Bereich der Versickerungsanlage von $k_f \geq 10^{-6}$ m/s erforderlich. Damit liegt der Anwendungsbereich der Mulden-Rigolen-Versickerung in Angrenzung an die Muldenversickerung im Bereich von $5 \times 10^{-6} \geq k_f \geq 10^{-6}$ m/s.

Wie bei der Muldenversickerung werden die Regenabflüsse einem oberirdischen, begrünten Versickerungs- und Speicherraum zugeleitet, von dem aus sie – durch die Oberbodenpassage weitestgehend gereinigt – einem unterirdischen Speicherraum – hier übergreifend mit „Rigole“ bezeichnet – zusickern. Dieser muss so beschaffen sein, dass das gespeicherte Wasser nach allen Seiten und nach unten flächenhaft in den anstehenden Boden versickern kann. Als natürliche Baustoffe bieten sich dafür grober Kies, Schotter oder Lavagranulat an. Das nutzbare Speichervolumen dieser Materialien liegt zwischen 25 und 40 %. Wesentlich höhere Speicherkoeffizienten enthalten drei-

dimensional gitterförmige Versickerungskörper aus Kunststoff, die ein nutzbares Porenvolumen von mehr als 90 % aufweisen. Feinstoffeinträge in den Rigolenkörper werden durch Ummantelungen aus feinporigem Geotextil verhindert.

Das nutzbare Speichervolumen einer Mulden-Rigolen-Versickerungsanlage sollte insgesamt ca. 50 Liter je m² angeschlossene Fläche betragen, die sich zweckmäßig auf Mulde und Rigole mit 20 und 30 Liter je m² angeschlossene Fläche verteilen. Eine als Muldenüberlauf bezeichnete Kurzschlussverbindung zwischen Mulde und Rigole verhindert die Überlastung der Mulde, falls die Rigole noch eine Speicherfähigkeit besitzt.

Bei der Mulden-Rigolen-Versickerung muss ebenso wie bei der Muldenversickerung sichergestellt sein, dass der Grundwasserspiegel ständig unter der Sohle der Rigole liegt, das versickernde Wasser im Untergrund schadlos abgeführt wird, im Bereich der Rigole kein Schichtenwasser auftritt, keine Gebäudevernässungen zu erwarten sind usw. Sollte auch nur bezüglich einer dieser Voraussetzungen Zweifel bestehen, ist auf die vollständige Versickerung zu verzichten und eine Lösung aus dem Bereich der unvollständigen Versickerung zu wählen.

4.2.3.3. Nicht zu empfehlende technische Lösungen

Eine wichtige Bedingung für die Regen(ab)wasserbewirtschaftung mittels Versickerung besteht darin, dass Boden und Grundwasser vor unzulässigen Schadstoffeinträgen geschützt werden. Die relativ geringen Schadstoffkonzentrationen und der hohe Anteil gelöster Stoffe bzw. an Feinstoffen angelagerter Schadstoffe in Regenwasserabflüssen erschweren einerseits, auch aus Kostenbetrachtungen, den Einsatz mechanischer, chemischer oder biologischer Behandlungsverfahren. Andererseits gilt es, die Vorgaben des Bodenschutzgesetzes und der Bodenschutzverordnung und die inzwischen festgelegten „Geringfügigkeitsschwellenwerte“ (vgl. Abschnitt 2.1.1.2.6) einzuhalten. Die nachweislich wirkungsvollste und dabei auch kostengünstigste Behandlung der Regenabflüsse besteht in der Durchsickerung eines belebten und begrünten Oberbodens oder eines Substrates vergleichbarer Wirkung mit einer Mindestmächtigkeit der Sickerstrecke von ca. 25 cm. Eine ausschließlich mechanische Behandlung in Absetzräumen ist nicht ausreichend, zumal bei aufeinander folgenden Zuflussereignissen die Gefahr der Remobilisierung der Ablagerungen besteht. Technische Lösungen der Regenwasserversickerung, die keine oder eine wesentlich geringere Reinigungswirkung

aufweisen als durch eine Oberbodenpassage erreicht wird, sind zu verwerfen. Dazu gehören die im ATV-Arbeitsblatt A 138 genannten Verfahren Versickerungsschacht und Rohr-Rigolen-Versickerung.

4.2.3.3.1. Versickerungsschacht

Der Versickerungsschacht ist die älteste technische Form der Regenwasserversickerung. Der aus Brunnenringen aufgebaute Schacht ist im allgemeinen mehrere Meter in den anstehenden Boden bis in eine Tiefe deutlich oberhalb des höchsten Grundwasserstandes eingelassen. Das Volumen des Schachtes zwischen der Schachtsohle und dem Zuführungsrohr ist der nutzbare Speicherraum. Dieser sollte entsprechend der Mulden- und Mulden-Rigolen-Versickerung auf eine Speicherkapazität von 20 bis 50 Liter je m² angeschlossene Fläche bemessen werden, je nach Durchlässigkeit des anstehenden Bodens. Da sich jedoch dieses Speichervolumen im Vergleich zur Mulden- und Mulden-Rigolenversickerung nur auf die Grundfläche des Schachtes und damit auf eine wesentlich kleinere Versickerungsfläche bezieht – sie beträgt etwa nur ein Zehntel der Versickerungsflächen von Mulden und Mulden-Rigolen – wird bei der Schachtversickerung eine etwa zehn mal höhere Wassersäule flächenspezifisch zur Versickerung gebracht. Damit wird bei der Schachtversickerung auch eine zehn mal höhere Schmutzfracht flächenspezifisch in den Boden eingebracht als bei der Mulden- und Mulden-Rigolen-Versickerung. Dieses kann sich in einem vorzeitigen Nachlassen der Versickerungsleistung auswirken und führt zum Durchbruch angelagerter Schadstoffe (Schwermetalle). Es muss weiter unterstellt werden, dass die Reinigungsleistung des den Schacht umgebenden anstehenden Bodens aufgrund der geringeren biologischen Aktivitäten deutlich geringer ist als die eines biologisch aktiven Oberbodens. Daran ändern auch die Ergänzungsvorschläge nichts wesentliches, die im ATV-Arbeitsblatt A 138 aufgeführt sind. Dort wird vorgeschlagen, entweder den durchlässigen Wandungsteil des Schachtes mit einem Filtersack auszustatten (Typ A) oder den Schacht oberhalb seines durchlässigen Wandungsteils bis zu einer bestimmten Höhe mit Filtermaterial aufzufüllen (Typ B). Auch die Vorschaltung eines rein mechanisch wirkenden Absetzschachtes ist nicht ausreichend, um Boden und Grundwasser zu schützen.

Insgesamt muss in Bezug auf den Boden- und Grundwasserschutz davon ausgegangen werden, dass der Versickerungsschacht als technische Lösung zur Regen(ab)wasserbewirtschaftung nicht zu empfehlen ist.

4.2.3.3.2. Rohr-Rigolen-Versickerung

Bei der Rohr-Rigolen-Versickerung werden die Regenzuflüsse ohne Oberbodenpassage unterirdisch in ein horizontal verlegtes, aussickerungsfähiges Rohr eingeleitet. Das Rohr ist in einen Körper aus speicherfähigem Material (Grobkies, Kunststoff-Gitterwerk usw.) – die Rigole – eingebettet, aus der das gespeicherte Wasser allmählich in den anstehenden Boden versickern soll. Der Vorteil dieses Verfahrens besteht darin, dass oberirdisch keine Versickerungsfläche in Anspruch genommen werden muss. Der schwerwiegende Nachteil besteht darin, dass die Regenzuflüsse unbehandelt in den Untergrund gelangen und eine potentielle Gefahr der Verunreinigung von Boden und des Grundwasser besteht. Auch hier ist das Vorschalten eines rein mechanisch wirkenden Absetzschachtes nicht ausreichend, zumal damit zu rechnen ist, dass durch die Turbulenzen der Zuflüsse vorhandene Ablagerungen im Absetzraum und im Verteilerrohr remobilisiert werden.

Die Rohr-Rigolen-Versickerung ist als technische Lösung zur Regen(ab)wasserbewirtschaftung nicht zu empfehlen.

4.2.4. Bewirtschaftungsmaßnahmen bei unvollständiger Versickerung

4.2.4.1. Allgemeines zur unvollständigen Versickerung

Man kann davon ausgehen, dass die unvollständige Versickerung den Regelfall der Praxis darstellt, während die vollständige Versickerung die Ausnahme bildet.

Es muss, wie in 4.2.3.1 ausgeführt, ausdrücklich darauf hingewiesen werden, dass die unvollständige Versickerung bisher fälschlicherweise als „technisch nicht relevant“ angesehen wurde und z.T. noch immer so gesehen wird (vgl. ATV-Arbeitsblatt A 138, Bild 1). Diese - aus heutiger Sicht - unverständliche Fehleinschätzung ist offensichtlich darauf zurückzuführen, dass man der technisch möglichen Kombination aus einer Teilversickerung – soweit der anstehende Boden dieses zulässt – und einer zugehörigen teilweisen Ableitung – soweit diese zur Herstellung des notwendigen Entwässerungskomforts erforderlich ist, bisher nicht die gebührende Beachtung geschenkt hat. Dieses hängt auch damit zusammen, dass man bisher zu sehr dem Grundsatz der strikten Ableitung aller Regenabflüsse gefolgt ist, dem allenfalls die Lösung der vollständigen Versickerung gegenüber gestanden hat.

4.2.4.2. Konzeptionelle Lösung bei unvollständiger Versickerung

Die technischen Lösungen im Rahmen der unvollständigen Versickerung bestehen zwangsläufig aus einer Erweiterung der Bewirtschaftungsmaßnahme „Mulden-Rigolen-Versickerung“ um die Ableitung der Restabflüsse zu gewährleisten. Die Ableitungskomponente verknüpft die dezentral verteilten einzelnen „Mulden-Rigolen-Elemente“ zu einem „Mulden-Rigolen-System“. Das Konzept des „Mulden-Rigolen-Systems“ enthält damit die folgenden vier Funktionen:

- Reinigung (Behandlung) der Regenabflüsse durch Oberbodenpassage
- Speicherung oberirdisch (Mulde) und unterirdisch (Rigole)
- Ausschöpfung der Versickerung im anstehenden Boden
- Ableitung der Restabflüsse

Zusammen mit der technisch schwierig einstellbaren Anforderung „Verdunstung“ enthält das Konzept des „Mulden-Rigolen-Systems“ damit genau die Funktionen, die den Wasserhaushaltsanforderungen unbebauter Gebiete entsprechen. Das Konzept des „Mulden-Rigolen-Systems“ folgt der Zusammensetzung der natürlichen Wasserhaushaltsgleichung und kann daher mit Fug und Recht als „Konzept der naturnahen Regen(ab)wasserbewirtschaftung“ bezeichnet werden.

4.2.4.3. Technische Lösung zum Konzept des „Mulden-Rigolen-Systems“

Technische Lösungen zu diesem Konzept müssen nun das Ziel haben, die Komponenten durch entsprechende Bemessungsvorgaben und technische Einzelheiten so aufeinander abzustimmen, dass die quantitativen Verhältnisse der natürlichen Wasserhaushaltsanforderungen unbebauter Gebiete möglichst gut angenähert werden.

Stellvertretend für verschiedene technische Lösungen wird im folgenden ein Konzept vorgestellt, das speziell auf die im Straßennetz von Neubaugebieten zur Bewirtschaftung der als besonders problematisch angesehenen Straßenabflüsse angewendet wird. Es kann auch dazu dienen, die „Restabflüsse“ grundstücksbezogener Bewirtschaftungsanlagen aufzunehmen. Somit stellt das System eine flächendeckende Lösung als Alternative zum bisherigen Prinzip der vollständigen Ableitung dar und ist in der Praxis unter dem Begriff „INNODRAIN-System“ eingeführt.

Das System enthält statt Mulden, die im Straßenraum häufig schwer unterzubringen sind, platzsparende „Tiefbeete“, die städtebaulich und verkehrstechnisch weitere Funktionen übernehmen können. Die unterirdischen Elemente des Systems sind so angelegt, dass sie nicht nur der Versickerung und Speicherung der Regenabflüsse, sondern auch der notwendigen Entwässerung des Straßenunterbaus dienen. Im folgenden werden die technischen Einzelheiten anhand eines Praxisbeispiels beschrieben. Im Hinblick auf eine Verallgemeinerung des Systems als möglichen „dritten Weg der Regen(ab)wasserentsorgung“ neben dem konventionellen Trenn- oder Mischsystem werden anschließend seine grundsätzlichen Eigenschaften im Vergleich zu konventionellen Ableitungssystemen diskutiert.

4.2.4.3.1. Oberirdische Anlagenteile

Die Tiefbeete (vgl. Abb. 15) speichern die Starkregenabflüsse an der Oberfläche kurzzeitig, um sie dann verlangsamt durch ein Bodensubstrat zu versickern und dabei zu reinigen. Die Tiefbeete sind aus Gründen der statischen Sicherheit aus Betonfertigelementen zusammengesetzt. Der Grundflächenbedarf liegt etwa bei 2,5 % der angeschlossenen abflusswirksamen Fläche, wobei die nutzbare Speichertiefe mit 20-25 cm und der Durchlässigkeitswert des Bodensubstrates mit 10^{-4} m/s anzusetzen ist. An ein Tiefbeet von z.B. 10 m² Grundfläche lässt sich also eine Straßenfläche von ca. 400 m² anschließen. Bei einer abflusswirksamen Straßenbreite von z.B. 8 m kann bei einseitigem Quergefälle ein Straßenstück von 50 m angeschlossen werden, bei einer Straße mit zweiseitigem Quergefälle sind es entsprechend 100 m.

Der Grundflächenbedarf beschränkt sich für die Tiefbeete auf ein Maß, das im allgemeinen eine problemlose Anordnung im Straßenraum ermöglicht (Abb. 16). Die Tiefbeete wurden auf ihrer jeweiligen Straßenseite so angeordnet, dass zwischen ihnen Parkbuchten entstehen, wobei innerhalb der Parkbuchten Raum für Grundstückszufahrten usw. freizuhalten ist. Die einander versetzt gegenüberliegenden Tiefbeete sollen auch bewusst der Verkehrsberuhigung dienen. Es ist eine Vielzahl anderer Lösungen denkbar – auch was die Gestaltung der Tiefbeete selbst aus unterschiedlichen Elementen betrifft.



Abb. 15: Tiefbeet in einer Wohnstraße

INNODRAIN-SYSTEM - Schematischer Lageplan

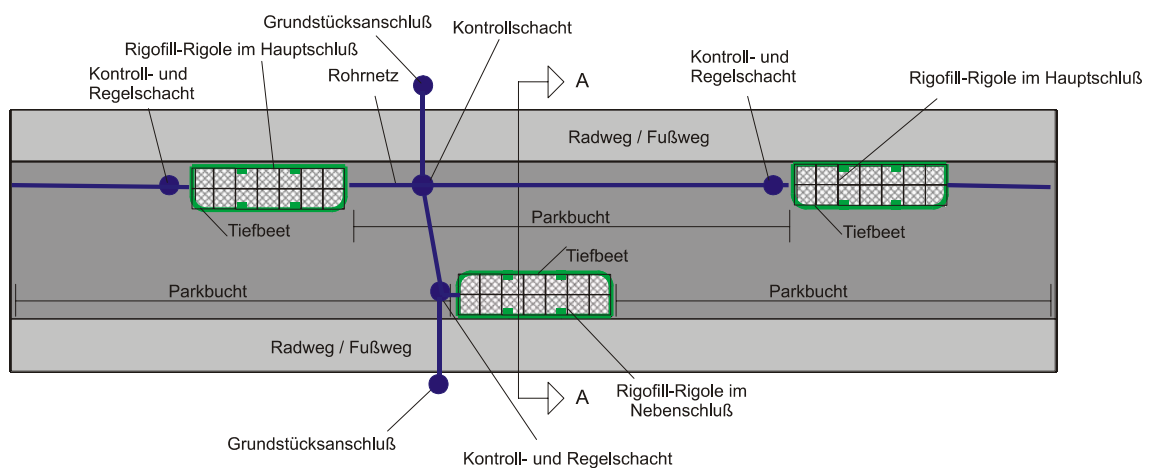


Abb. 16: Schematischer Lageplan des INNODRAIN-Systems (Ausschnitt)

Insgesamt kann man die Tiefbeete als „Grüne Gullies“ des Systems bezeichnen mit der besonderen Eigenschaft, die Regenabflüsse, speziell die Straßenabflüsse vor ihrer weiteren Bewirtschaftung in einer Weise zu reinigen, wie es nur eine Kläranlage erreicht.

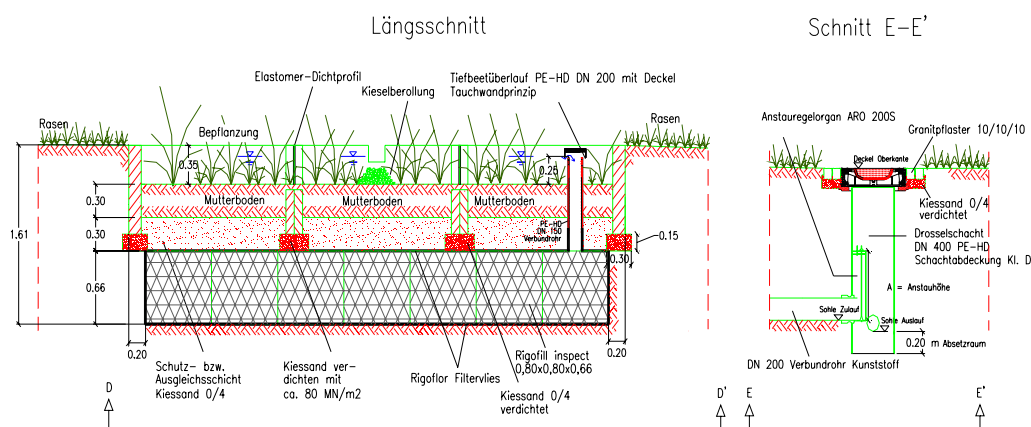


Abb. 17: Aufsicht und Längsschnitt eines Tiefbeet-Rigolen-Elementes

4.2.4.3.2. Unterirdische Anlagenteile

Der unterirdische Teil des Systems besteht – wie bei einer konventionellen Regen(ab)wasserableitung – zunächst aus einem Grabensystem, in dem ein Rohrleitungsnetz verlegt ist. Das Rohrnetz des Systems ist allerdings nur für auf stark gedrosselte Abflüsse dimensioniert, z.B. auf $5 \text{ l/s} \cdot \text{ha}$ statt der sonst üblichen $100 \text{ l/s} \cdot \text{a}$. Außerdem besteht das Rohrnetz in Teilbereichen nicht aus vollwandigen Rohren, sondern aus Dränrohren. Weiterhin besteht das Füllmaterial aus hochporigem und speicherfähigem Material, wie z.B. Kies, Lavagranulat oder einem Raumgitterwerk aus Kunststoffen. Diese Teilbereiche des Grabensystem werden mit „Rigolen“ bezeichnet. Die Rigolen haben die Aufgabe, das ihnen über die Tiefbeete zusickernde Wasser zu speichern, das entweder in den anstehenden Untergrund versickert oder über das Rohrnetz gedrosselt abgeleitet wird. Abb. 17 zeigt ein Teilstück dieser Rigolen mit einem darüber liegenden Tiefbeet im Längsschnitt. Das Wasser sickert der Rigole über das Bodensubstrat des Tiefbeetes und eine darunter liegende sandige Ausgleichschicht zu. Die Oberfläche der Rigole ist mit einem Geotextil gegen Feinstoffeintrag abgedeckt. Die Oberkante der Rigole liegt unterhalb des Straßenunterbaus, so dass der Straßenunterbau bei einer der seltenen Vollfüllungen der Rigole nicht eingestaut werden kann. Im Gegenteil wirkt die Rigole bei Leerstand und Teilfüllungen als Dränung auf den Straßenunterbau, was eine weitere besondere Dränleitung überflüssig macht. Das in der Rigole liegende Dränrohr mündet in einen Drosselschacht, der mit einer verstellbaren Drossel und einem Überlauf ausgestattet ist. Der Überlauf verhindert eine Überstauung der Rigole.

Das nutzbare Rigolenvolumen wird hinsichtlich Längs- und Querschnitt so bemessen, dass es unter Einbeziehung des Tiefbeet-Speichervolumens, der Versickerung und der Drosselabflüsse nur 1 mal in T Jahren – (z.B. 1 x in 5 Jahren) – zu einer Überlastung kommt. T ist in Abhängigkeit von der angestrebten Entwässerungssicherheit zu wählen, die mit einer Langzeitsimulation unter Vorgabe einer digitalisierten Niederschlagsdatenreihe nachgewiesen wird. Zugehörige software-Programme stehen zur Verfügung.

In dem in Abb. 16 dargestellten Beispiel verläuft die Haupttrasse der Rigolen im Seitenbereich der Straße unter Parkbuchten, die durch Tiefbeete abgegrenzt werden. Ein auf der anderen Straßenseite insbesondere zwecks Verkehrsberuhigung angeordnetes

Tiefbeet ist ebenfalls mit einer kurzen Rigole unterlegt, deren Abflussrohr die Straße quert und in einem Kontrollschacht an die Hauptdrosselleitung angeschlossen wird. Einen derart seitlichen Anschluss eines Tiefbeet-Rigolen-Elementes bezeichnet man als „Nebenschluss“ oder „Parallelschaltung“. Eine Verknüpfung von Elementen mit einer durchlaufenden Rohrleitung wie in Abb. 16 bezeichnet man als „Hauptschluss“ oder „Hintereinanderschaltung“. Längere Hintereinanderschaltungen sollten aus Gründen der Betriebssicherheit im allgemeinen vermieden werden. Parallelschaltungen sind auch bei Rigolen-Elementen möglich, die in einer Trasse ausgerichtet sind. Abb. 18 zeigt einen Schnitt durch ein Tiefbeet-Rigolen-Element im Nebenschluss und durch Rigolen im Hauptschluss.

Bei Straßen mit Längsgefälle wird die Rigolentrasse in einzelne Stauhaltungen aufgelöst. Als unterirdische Staublenden kommen dabei z.B. Schürzen aus Bentonitmatten in Betracht. Die Sohle der Stauhaltungen kann horizontal oder parallel zum Straßengefälle verlaufen. Im erstgenannten Fall wird die gesamte Länge der Stauhaltung gleichbleibend ausgenutzt, es bedarf aber eines tieferen Bodeneinschnittes im Oberwasserbereich. Das Gefälle wird durch einen Gefällsprung zwischen ankommendem und abgehendem Rohr im Drosselschacht abgebaut (Abb. 17). Im zweitgenannten Fall verringert sich das Einstauvolumen zum Oberwasser, der tiefere Bodeneinschnitt und ein etwaiger Grabenverbau wird vermieden. Das notwendige Speichervolumen kann ggfls. durch Verbreiterung des Rigolenquerschnittes erreicht werden.

INNODRAIN®-SYSTEM - Schematischer Querschnitt

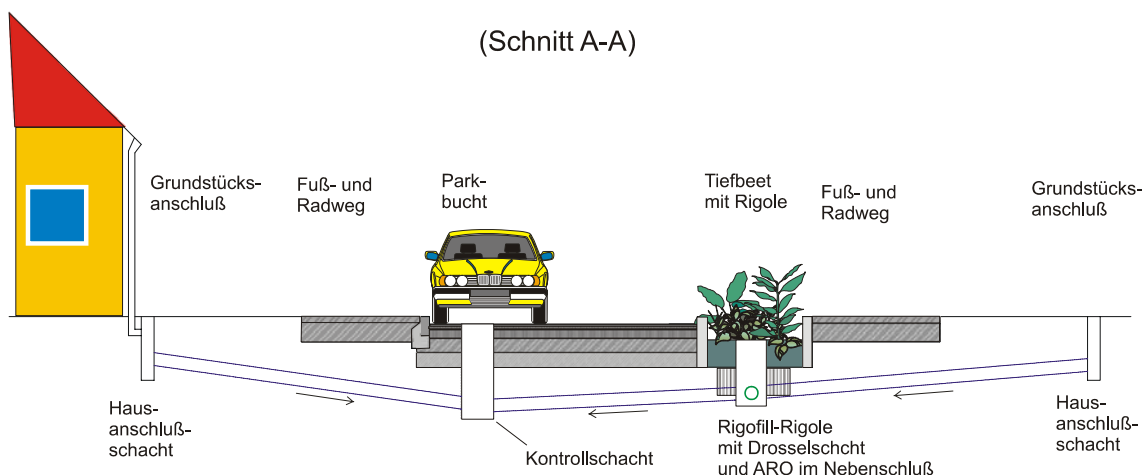


Abb. 18: Straßenquerschnitt mit INNODRAIN-System

4.2.4.4. Vergleichende Diskussion

Im Vergleich des beschriebenen Tiefbeet-Rigolen-System mit einer konventionellen Regenentwässerung nach dem Trenn- oder Mischprinzip ist auf folgende Einzelheiten hinzuweisen:

- Das Tiefbeet-Rigolen-System bietet bei entsprechender Bemessung und zugehörigem Nachweis der Überlastungshäufigkeit eine höherwertige Entwässerungssicherheit als die konventionelle Regen(ab)wasserableitung.
- Eine Vernässung des Straßenuntergrundes durch das System ist auszuschließen, weil das maximale Einstauziel der Rigolen unterhalb des Planums des Straßenunterbaus liegt. Das System bewirkt überwiegend einen Dräneffekt auf den Straßenunterbau, da die Einstauzeiten im Vergleich zu den Zeitspannen, während der das System leergelaufen ist, relativ kurz sind. Im Zweifel kann durch weiteres Öffnen der Drosseleinrichtungen der Leerlaufprozess noch beschleunigt werden.
- Die Durchsickerung des Bodensubstrates in den Tiefbeeten führt zu einer weitgehenden Reinigung der Straßenabflüsse. Das System ist daher einer konventionellen Regen(ab)wasserableitung insbesondere immer dann überlegen, wenn besondere Güteanforderungen an die Einleitung in Gewässer gestellt werden. Die den Regenabflüssen entzogenen Stoffe werden in den Tiefbeeten physikalisch, chemisch und biologisch umgesetzt. Bei geringen Unterhaltungsarbeiten ist von einer in Jahrzehnten zu bemessenden Betriebsdauer auszugehen bis ein Substrataustausch erforderlich wird.
- Das System wird in Abhängigkeit von der Aufnahmefähigkeit des Gewässers im allgemeinen so bemessen, dass die maximalen Drosselabflüsse bei einer Überschreitungshäufigkeit von 1 x in 5 Jahren etwa in den Grenzen zwischen 1 und 10 l/s · ha liegen. Damit entsprechen die maximalen Abflüsse des Systems etwa zwischen 1 und 10 % der maximalen Abflüsse ungedrosselter konventioneller Ableitungssysteme. Der anzustrebende Grundsatz „Die Abflussverhältnisse eines bebauten Gebietes sollten etwa dem Zustand entsprechen, der vor der Bebauung in diesem Gebiet geherrscht hat,“ lässt sich also zumindest angenähert erfüllen.
- Das System erfüllt wie das Mulden-Rigolen-Prinzip im allgemeinen das wasserwirtschaftliche Ziel, einen möglichst großen Teil der Regenabflüsse versiegelter Flächen im Gebiet zurückzuhalten und der Grundwasserneubildung bzw. der kleinklimaverbessernden Verdunstung zuzuführen. Dies steht in besonderem Gegensatz zur konventionellen Regen(ab)wasserableitung.
- Die Kosten des Systems liegen im Vergleich zur konventionellen Regen(ab)wasserableitung immer dann gleichauf oder sogar niedriger, wenn bei letzterer nicht nur strikt ungedrosselt und ungereinigt in die Gewässer eingeleitet wird, sondern zumindest eine Drosselung über Regenrückhaltemaßnahmen erfolgt und deren Kosten in die Berechnung einbezogen werden.

4.2.4.5. Zusammenfassende Beurteilung des Mulden-Rigolen-Systems

Das Konzept des Mulden-Rigolen-Systems und seine technischen Ausführungsvarianten stellt – auf Neubaugebiete bezogen – eine allgemein anwendbare Alternative zum bisherigen Konzept der strikten Ableitung aller Regenabflüsse in Misch- oder Trennsystemen dar. Das System enthält unter Wahrung der notwendigen Entwässerungssicherheit bezüglich der Oberflächenabflüsse und des Straßenunterbaus die Eigenschaften „Reinigung der Abflüsse“, „Rückhaltung und Drosselung“ und „Ausschöpfung der örtlich möglichen Versickerung“. Das System kann daher in Anspruch nehmen, als besonders effizient und umweltfreundlich in Bezug auf wasserwirtschaftliche Belange zu gelten.

Beschränkungen bei der Anwendung des Systems können sich aus folgenden Gründen ergeben:

- zu geringe Bodenauflage über Festgestein ($\leq 1,0$ m)
- zu großes Geländegefälle ($\geq$ ca. 4 %)
- zu hohe Grundwasserstände ($\leq 1,0$ m unter Geländeoberkante)
- zu geringe Durchlässigkeit des anstehenden Bodens ($\leq 10^{-8}$ m/s)

Trotz dieser Einschränkungen dürfte das System in den überwiegenden Fällen der Erschließung von Neubaugebieten anwendbar ist.

4.2.5. Bewirtschaftungsmaßnahmen bei Ableitung

4.3. Bestandsgebiete

4.3.1. Einführung

Bestandsgebiete sind in Deutschland im allgemeinen durch Regen- oder Mischwasserkanalisationen voll erschlossen. Damit wird die notwendige Entwässerungssicherheit generell im ausreichenden Maße sichergestellt, gleichzeitig sind jedoch auch die wasserwirtschaftlichen Nachteile eingetreten, die man aus heutiger Sicht gern vermieden hätte. In den Bau und Ausbau dieser Entwässerungssysteme ist in den vergangenen Jahrzehnten viel Geld investiert worden, so dass man sich allein aus den Erkenntnissen über die wasserwirtschaftlichen Nachteile heraus verständlicherweise nicht ent-

schließen wird, diese reinen Ableitungssysteme in Richtung auf Bewirtschaftungssysteme der vorerwähnten Art umzubauen. Es müssen schon konkrete Veranlassungen hinzukommen, die so oder so weitere Investitionen und deren Finanzierung erfordern und die durch einen teilweisen Umbau im Sinne naturnaher Bewirtschaftungsmaßnahmen mindestens ebenso gut befriedigt werden können wie durch einen weiteren Ausbau des vorhandenen Systems. Vorhandene Kanalnetze sind im Sinne der heute maßgeblichen Zielgrößen der Entwässerungssicherheit teilweise hydraulisch überlastet, das heißt, sie werden zumindest in Teilbereichen häufiger überstaut, als nach den Regeln der Technik zulässig ist.

Es gibt derzeit insbesondere zwei herausragende Veranlassungen:

- Erweiterungsgebiete, die bei der ursprünglichen Bemessung noch nicht berücksichtigt werden konnten, werden an die vorhandene Kanalisation angeschlossen
- in den innerörtlichen Bereichen hat vielfach eine „schleichende“ Zunahme der Versiegelung innerhalb der Bestandsgebiete stattgefunden

Bei Mischwassernetzen, die in Deutschland einen Anteil von ca. 60 % haben, besteht das bisher noch nicht befriedigend gelöste Problem, die Überläufe der Mischsysteme auf ein tolerierbares Maß zu reduzieren. Auch Mischsysteme, deren Überläufe nach den Vorgaben der Bundesländer bzw. nach den Regeln des ATV-Arbeitsblattes A 128 [ATV-A 128 (1992)] begrenzt wurden, leiten noch ca. 30-40 % der Mischwasserabflüsse ungereinigt in die Gewässer ein. Auch die Zahl der Überlaufereignisse ist mit 10-40 pro Jahr unbefriedigend hoch.

Beide Probleme bzw. Veranlassungen, die vorhandenen Netze zu überarbeiten, lassen sich auf die gemeinsame Ursache zurückführen, das sehr viel bzw. zu viel Regenwasser abgeleitet wird.

Man kann die Probleme auf zwei Wegen lösen:

- Anpassung des Entwässerungssystems durch Ausbaumaßnahmen an die hohen Regenabflüsse
- Anpassung der Regenabflüsse an die Leistungsfähigkeit des vorhandenen Systems

Der letztgenannte Weg entspricht einem teilweisen Umbau des vorhandenen System vom reinen Ableitungssystem zu einem kombinierten Ableitungs- und Bewirtschaftungs-

tungssystem. Aufgrund der Notwendigkeit, die vorgenannten Probleme so oder so lösen zu müssen, ergibt sich damit auch eine Finanzierungsbasis für den Umbau.

Damit werden die Bestandsgebiete zu einem wichtigen Anwendungsgebiet der Bewirtschaftungsmaßnahmen unter Einschluss der Versickerung.

4.3.2. Erfassung des Umstellungs- und Bewirtschaftungspotentials

Die Aufgabe besteht im Kern darin, einen Teil der bisher an das Kanalnetz angeschlossenen Flächen vom Prinzip der vollständigen Ableitung auf das Prinzip der Bewirtschaftung unter Ausschöpfung der Versickerungsmöglichkeiten umzustellen.

Im Gegensatz zu Neubaugebieten, bei denen grundsätzlich eine flächendeckende Lösung mit den beschriebenen Maßnahmen der Regen(ab)wasserbewirtschaftung möglich ist, werden diese Maßnahmen in Bestandsgebieten nur auf einen Teil – häufig nur auf einen relativ geringen Anteil - der abflusswirksamen Flächen anzuwenden sein. Dieses hängt u.a. von folgenden Bedingungen ab:

- Umstellung muss technisch einfach und damit kostengünstig durchführbar sein
- Flächen müssen für die obligatorisch oberirdische Versickerung in ausreichendem Maße und ortsnah zur Verfügung stehen

Es gelten die bereits genannten Mindestbedingungen:

- Bodenauflage über Festgestein: $\geq 1,0$ m
- Geländegefälle: $\leq$ ca. 4 %
- Grundwasserstand: $\geq 1,0$ m unter Geländeoberkante
- Durchlässigkeit des anstehenden Bodens: $\geq 10^{-8}$ m/s
- Ansprechpartner (Grundeigentümer, Vertreter der öffentlichen Hand usw.) müssen einverstanden sein

Die unter diesen Bedingungen in Frage kommenden Flächen verteilen sich im allgemeinen ungleichmäßig über das jeweilige Bestandsgebiet und müssen daher detailliert erfasst werden (vgl. Abschnitt 4.3.1). Dabei kann es zweckmäßig sein, ein Stufenprogramm für die Umstellungsmaßnahmen in Abhängigkeit von der technischen Realisierbarkeit, den Kosten, dem Zeitaufwand usw. aufzustellen. Die erste Stufe enthält dann z.B. die Umstellungsmaßnahmen mit den geringsten technischen Aufwendungen und

Kosten und nur solche, die innerhalb einer vorgegebenen Zeitspanne von z.B. 5 Jahren umgesetzt werden können. Die nächste Stufe enthält unter Einschluss der ersten Stufe alle Maßnahmen, die nur mit erhöhtem technischem, finanziellen und zeitlichen Aufwand (z.B. in einer Zeitspanne von 10 Jahren) zu erreichen sind usw. Im allgemeinen lassen sich in bis zu 3 Stufen oder „Umstellungsszenarien“ alle Möglichkeiten erfassen, die langfristig in einem Bestandsgebiet zu erreichen sind. Es empfiehlt sich, in einer laufenden Untersuchung für alle Stufen oder „Umstellungsszenarien“ die jeweiligen Planunterlagen flächendeckend „auf Vorrat“ zu erstellen bzw. in Datenbanken festzuhalten, um für kurz-, mittel- und langfristige Umplanungen gerüstet zu sein.

Eine weitere wichtige planerische Vorarbeit besteht darin, für die in Frage kommenden umstellbaren Flächen der verschiedenen Umstellungsstufen festzustellen, ob ortsnah eine vollständige Versickerung möglich ist oder eine Bewirtschaftung mit unvollständiger Versickerung in Frage kommt. Liegt der erstgenannte Fall vor, bedeutet dieses, dass die in Frage kommende Fläche vollständig vom vorhandenen Ableitungssystem „abgekoppelt“ werden kann und damit vollkommen aus den folgenden Berechnungen herausfällt. Liegt der zweitgenannte Fall vor, bedeutet dieses, dass „Restabflüsse“ abzuleiten sind. Im allgemeinen ist es nicht möglich oder wirtschaftlich nicht vertretbar, für diese Restabflüsse ein eigenes Ableitungsnetz mit Anschluss an das nächst liegende Gewässer vorzusehen. Man wird also im allgemeinen diese Abflüsse über das vorhandene Kanalisationsnetz ableiten, über das zuvor die Gesamtabflüsse der betrachteten Fläche abgeleitet wurden. Der Gewinn gegenüber dem Prinzip der vollständigen Ableitung besteht darin, dass erstens der Gesamtabfluss der betrachteten Flächen auch bei schwer durchlässigen Böden signifikant verringert und zweitens der Spitzenabfluss entsprechend den Bemessungsvorgaben der dezentralen Bewirtschaftung stark gedämpft wird. Beides kommt der hydraulischen Entlastung der vorhandenen Kanalisationsnetze und der Reduzierung der Mischwasserentlastungen zugute.

Die Unterscheidung der Flächen in solche, die einer vollständigen Versickerung zugeführt werden können und solche, die zwangsläufig der unvollständigen Versickerung unterliegen müssen, ist ebenfalls detailliert zu erfassen und in flächendeckenden Planunterlagen für jede der betrachteten Umstellungsstufen darzustellen bzw. in Datenbanken festzuhalten.

Die Planunterlagen der möglichen Umstellungsszenarien und die Planunterlagen über die Verteilung der vollständigen und unvollständigen Versickerungsmöglichkeiten bzw. deren Datenbanken werden einander überlagert bzw. miteinander verschnitten. Damit liegen die Planunterlagen des Umstellungs- und Bewirtschaftungspotentials vor. Sie bilden den Ausgangspunkt für die weiteren Berechnungen bezüglich der Auswirkung der möglichen Bewirtschaftungsmaßnahmen auf die Kanalnetzhydraulik und die Reduzierung der Mischwasserentlastungen.

Nähere Einzelheiten zu diesen Ausführungen enthält ATV-Arbeitsbericht „Abkopplungsmaßnahmen in Siedlungsgebieten, Teil 1: Einführung, Begriffe, Datenerhebung und –aufbereitung“ [ATV-DVWK-AG (2000)].

4.3.3. Auswirkung auf die Kanalnetzhydraulik

Um die Auswirkung der potentiellen dezentralen Bewirtschaftungsmaßnahmen auf die Kanalnetzhydraulik zu ermitteln, ist zunächst der Istzustand der hydraulischen Auslastung zu berechnen. Gesucht sind dabei die zeitbezogenen Häufigkeiten, mit denen ein bestimmtes Niveau der Wasserstände in den einzelnen Schächten oder Kanalhaltungen erreicht oder überschritten wird. Als Bezugsniveau dient in den meisten Fällen die Straßenoberkante. Mit Hilfe eines hydrodynamischen Kanalnetzmodells wird unter Vorgabe einer Serie ausgeprägter natürlicher Niederschlagsereignisse die Überstauhäufigkeit der einzelnen Schächte ermittelt und mit den Sollwerten verglichen. Dabei heben sich die hydraulisch überlasteten Schächte und Kanalstrecken heraus. In den weiteren Schritten werden unter Vorgabe derselben Niederschlagsereignisse die Überstauhäufigkeiten berechnet, die sich ergeben, wenn man die einzelnen Stufen der Umstellungsmaßnahmen als ausgeführt annimmt. Diese Überstauhäufigkeiten werden erneut mit den Sollwerten verglichen und man erhält die Schächte bzw. Kanalstrecken, die aufgrund der Umstellungsmaßnahmen so weit entlastet werden, dass sie der notwendigen hydraulischen Leistungsfähigkeit entsprechen. Für diese Kanalstrecken lassen sich Kosten ermitteln, die sich bei einer konventionellen Sanierung – z.B. durch Vergrößerung der Abflussquerschnitte – ergeben würden. Diese Kosten lassen sich als potentiell äquivalente Ausgaben für Umstellungsmaßnahmen ansehen.

Die Umstellungsmaßnahmen können jedoch auch Vorteile für die Kanalstrecken bringen, die im Istzustand nicht überlastet sind, aber aufgrund ihres baulich schlechten

Zustandes saniert werden müssen. Hier ist es gegebenenfalls möglich, das sogenannte „Inlining-Verfahren“ anzuwenden, bei dem eine neue stabile Rohrleitung unter Verkleinerung des Abflussquerschnittes eingebaut wird. Die damit verbundene Verringerung der hydraulischen Leistungsfähigkeit kann durch die Umstellungsmaßnahmen, die eine Minderung der Abflussspitzen bewirken, kompensiert werden. Dieses kann zu erheblichen Kosteneinsparungen führen und die Einschränkungen bzw. Behinderungen, die offene Baugruben in Bestandsgebieten mit sich bringen, vermeiden.

Nähere Einzelheiten zu diesen Ausführungen sind dem ATV-Arbeitsbericht „Auswirkungen von Abkoppelungsmaßnahmen auf die Kanalnetzhydraulik“ [ATV-DVWK (2002)] zu entnehmen.

4.3.4. Auswirkung auf die Reduzierung von Mischwasserüberläufen

4.3.4.1. Allgemeines

Um die Auswirkungen von Umstellungsmaßnahmen auf die Überläufe von Mischsystemen zu ermitteln, bedarf es zunächst der Vorgabe einer Zielgröße oder eines Zielgrößenkatalogs für die zulässigen bzw. als tolerierbar anzusehenden Schmutzbelastungen der Gewässer. Liegen entsprechende Vorgaben vor, lässt sich in einer Istzustandsanalyse das vorliegende Defizit bzw. der notwendige Sanierungsaufwand ermitteln. Außerdem sind Zielvorgaben erforderlich, um die Wirkung verschiedener einzelner Sanierungsmaßnahmen oder kombinierter Maßnahmen miteinander vergleichen und gegenseitig bewerten zu können.

In Deutschland existieren solche Zielvorgaben für Regenwassereinleitungen im allgemeinen und Mischwassereinleitungen im besonderen in expliziter Form bisher nicht. Implizit enthalten ist eine solche Zielgröße im Verfahren des ATV-Arbeitsblattes A 128 [ATV-A 128 (1992)] als jährliche CSB-Fracht. Diese aus Mischsystemen flächenspezifisch und niederschlagsbedingt in die Gewässer eingetragene CSB-Fracht soll nicht größer sein als die aus Trennsystemen eingetragene Fracht. Dabei wird angenommen, dass Mischsysteme ihre niederschlagsbedingte Fracht zu gleichen Teilen über die Mischwasserüberläufe einerseits und die Kläranlagenabläufe andererseits einleiten. Die Zielgröße des ATV-Arbeitsblattes ist im weiteren in ein Verfahren eingearbeitet, welches zwangsläufig auf den Nachweis eines notwendigen Stauraumvolumens führt.

Die Einhaltung dieses Stauraumvolumens gilt als Erfüllung der Zielvorgabe. Die Zielgröße „Zulässige jährliche CSB-Einleitungsfracht“ taucht in diesem Verfahren nur dann explizit auf, wenn in einem System das errechnete Stauraumvolumen auf mehrere Standorte verteilt werden soll. In diesem Fall wird zunächst ein virtuelles Zentralbecken angenommen, für das die zugehörige CSB-Entlastungsfracht berechnet wird, die nun als Summe der Entlastungsfrachten der einzelnen realen Becken einzuhalten ist. Im ATV-Arbeitsblatt wird jedoch nicht ausgeführt, dass die dem Zentralbecken zuzuordnende jährliche CSB-Entlastungsfracht auch die Zielgröße für andere Maßnahmen zur Reduzierung der Mischwasserüberlauffrachten sein kann oder soll. Dieses hängt offensichtlich damit zusammen, dass man sich im ATV-Arbeitsblatt auf ein bestimmtes einzelnes Verfahren, den Bau oder Nachweis eines Stauraumvolumens, festgelegt hat und dabei andere Verfahren nicht berücksichtigt worden sind.

Es ist daher dringend erforderlich, verfahrensunabhängige Zielgrößen für Mischwassereinleitungen zu erarbeiten bzw. festzulegen, damit in einem Wettbewerb der Verfahren, die jeweils effektivste und kostengünstigste Lösung gesucht und gefunden werden kann.

Unter den verschiedenen möglichen Verfahren spielen die Umstellungsmaßnahmen, die zu einer Verringerung der Abflüsse und zu einer Dämpfung der Abflussspitzen führen zweifellos eine wichtige Rolle. Dieses ergibt sich aus der Überlegung, dass das Ausschöpfen der Versickerungsmöglichkeiten innerhalb der Umstellungsmaßnahmen bei allen Niederschlagsereignissen – gleich welcher Größenordnung - zu einer Verringerung der überlaufenden Mischwassermengen und damit zu einer Verringerung der ausgetragenen Fracht führt. Dieses steht im Gegensatz zum Verfahren der Stauraumvolumina nach ATV-Arbeitsblatt A 128, deren Speicherfähigkeit bei Niederschlagsereignissen ab einer gespeicherten Abflusshöhe von 2-3 mm erschöpft ist und daher auf größere Ereignisse nur eine geringe Rückhaltewirkung ausübt.

Das Ausschöpfen der Versickerungsmöglichkeiten innerhalb der Umstellungsmaßnahmen führt ferner dazu, dass der versickernde Teil der Abflüsse auch der Kläranlage ferngehalten wird und keine niederschlagsbedingte Fracht über die Kläranlage ausgetragen wird. Dieses steht ebenfalls im strikten Gegensatz zum Verfahren der ausschließlichen Speicherung nach ATV-Arbeitsblatt A 128, bei dem die gespeicherten Niederschlagsabflüsse über die Kläranlage geleitet werden und damit zwangsläufig

innerhalb der Restverschmutzung der Kläranlagenabläufe zu einem Frachtaustrag beitragen.

Die Speicherkapazitäten der dezentralen Bewirtschaftungsanlagen innerhalb der Umstellungsmaßnahmen sind mit 30-50 mm Abflusshöhe 10-15-fach höher als die nach ATV-Arbeitsblatt A 128 vorzusehenden Speichervolumina.

Bei Umstellungsmaßnahmen mit unvollständiger Versickerung und Einleitung der Restabflüsse in die Mischkanalisation treten diese nur in sehr gedämpfter Form auf, sind zeitlich gestreckt und gegenüber direkten Niederschlagsabflüssen stark verzögert, so dass sie nur einen relativ geringen Beitrag zu den Überlaufereignissen leisten.

4.3.4.2. Praktisches Vorgehen

Ausgangspunkt des Verfahrensablaufs zum Nachweis der Auswirkung von Umstellungsmaßnahmen auf die Mischwasserentlastungen sind wieder die Planunterlagen des Istzustandes und der Umstellungsszenarien nach Abschnitt 4.3.2. Mit Hilfe eines hydrologischen Schmutzfrachtmodells wird zunächst unter Vorgabe langfristiger Niederschlagsdaten und bezogen auf die Überlaufpunkte des vorhandenen Systems der Istzustand der Mischwassereinleitungen hinsichtlich der Wassermengen und hinsichtlich der Schmutzkonzentrationen und –frachten der relevanten Parameter berechnet. Dieser Nachweis wird als „Schmutzfrachtberechnung mittels hydrologischer Langzeitsimulation“ bezeichnet.

Ein Vergleich der errechneten Kennwerte des Istzustandes mit den vorzugebenden verfahrensunabhängigen Zielgrößen zeigt auf, welche Verbesserungen bezüglich der Mischwassereinleitungen mindestens erreicht werden müssen.

Die Wiederholung der vorgenannten Schmutzfrachtberechnung, nun aber unter Zugrundelegung der Umstellungsszenarien ergibt neue, verminderte Kennwerte der Mischwassereinleitungen, die erneut mit den Zielgrößen zu vergleichen sind. Es ist zu erwarten, dass zumindest das kurzfristig umzusetzende Szenario mit der geringsten Umstellungsrate die Zielgrößen noch nicht erreicht oder unterschreitet. Man wird daher, insbesondere bezüglich des Erreichens der Zielgrößen kurze Fristen einzuhalten sind, zusätzlich weitere Maßnahmen zur Verringerung der Mischwassereinleitungen ergreifen müssen. Hier kommen z.B. in Betracht:

- Erhöhung der Kläranlagenzuflüsse von $2Q_s+Q_f$ auf z.B. $3Q_s+Q_f$
- Ausschöpfen der Speicherungsmöglichkeiten im Kanalnetz durch Abflusssteuerungsmaßnahmen. Diese Speicherungsmöglichkeiten können erst durch die Umstellungsmaßnahmen entstanden sein bzw. sich dadurch vergrößert haben.
- Bau von Bodenfilterbecken usw.

Weitere Hinweise zur praktischen Vorgehensweise sind der Beispielsuntersuchung im Anhang zu entnehmen.

4.4. Erweiterungsgebiete

4.4.1. Allgemeines

Unter „Erweiterungsgebieten“ sind Gebiete zu verstehen, die in ein Bestandsgebiet entwässern und damit über dessen Einleitungen mit den Vorflutern verknüpft sind. Erweiterungsgebiete sind als eigenständige Problemfälle relevant, wenn sie die Einleitungscharakteristiken des Bestandsgebietes signifikant verändern, so dass über dessen Einleitungsbedingungen neu entschieden werden muss.

Nachhaltig verändert werden können die Einleitungscharakteristiken eines Bestandsgebietes auch durch eine zunehmende Versiegelung oder durch „kleinteilige“ Erweiterungen innerhalb des Bestandsgebietes selbst. Unter „kleinteiligen“ Erweiterungen ist z.B. das Schließen von Baulücken zu verstehen. Als Grenzkriterium zwischen „kleinteiligen“ Erweiterungen und „Erweiterungsgebieten“ kann etwa die Flächengröße von 1 ha angenommen werden. Ob sich die Einleitungscharakteristiken durch „kleinteilige“ Erweiterungen signifikant verändert haben, kann nur durch wiederholte mess- und/oder modelltechnische Überprüfungen der Einleitungscharakteristiken festgestellt werden. Im Falle einer nachteiligen Veränderung der Einleitungswerte sind innerhalb des Bestandsgebietes die in 4.3.4.2 beschriebenen Maßnahmen durchzuführen. Im weiteren werden „kleinteilige“ Erweiterungen als Teil der Bestandsgebiete angesehen und nicht als „Erweiterungsgebiete“ im eigentlichen Sinne.

4.4.2. Regen(ab)wasserbewirtschaftung in Erweiterungsgebieten

Bezüglich der Regen(ab)wasserbewirtschaftung in Erweiterungsgebieten kommen alle Maßnahmen in Betracht, die in 4.2 für Neubaugebiete zusammengestellt sind. Falls die

örtlichen Verhältnisse neben sonstigen abflussvermindernden Maßnahmen eine vollständige Versickerung aller anfallenden Regenabflüsse zulassen, also keine Niederschlagsabflüsse an Bestandsgebiete weitergegeben werden müssen, können die Erweiterungsgebiete wie Neubaugebiete behandelt werden. Dafür sind keine wasserrechtliche Erlaubnis bezüglich der Einleitung der Niederschlagsabflüsse in offene Gewässer sondern eine Einleitungserlaubnis in das Grundwasser erforderlich.

Lassen die örtlichen Verhältnisse jedoch nur eine unvollständige Versickerung zu, sind also Restabflüsse im Sinne des Mulden-Rigolen-Systems abzuleiten, müssen diese in der Regel von den Netzen der Bestandsgebiete aufgenommen und weitergeleitet werden. Handelt es sich beim Systemtyp der Bestandsgebiete um Trennsysteme, ist im allgemeinen lediglich zu prüfen, ob deren hydraulische Leistungsfähigkeit ausreicht, die zusätzlichen Abflüsse ohne Beeinträchtigung der Entwässerungssicherheit durchzuleiten. Es ist gegebenenfalls eine hydrodynamische Nachweisrechnung durchzuführen. Die Charakteristiken der Einleitungen des vorhandenen Trennsystems in die Vorfluter werden im allgemeinen nicht nachteilig verändert, wenn die Möglichkeiten der unvollständigen Versickerung nach dem Prinzip des Mulden-Rigolen-Systems im Erweiterungsgebiet voll ausgeschöpft werden. Eine Überarbeitung der Einleitungserlaubnis ist daher in solchen Fällen im allgemeinen nicht erforderlich.

Anders liegen die Verhältnisse, wenn das Bestandsgebiet ein Mischsystem aufweist. Hier werden durch die Überleitung der Restabflüsse eines Erweiterungsgebietes in das Mischwassernetz nicht nur dessen hydraulische Auslastung verstärkt, sondern auch die Charakteristiken der Mischwasserüberläufe und gegebenenfalls auch die Charakteristiken der Kläranlagenabläufe verändert. An den Mischwasserüberläufen kann sich aufgrund der Verdünnungseffekte der übergeleiteten Restabflüsse eine Verringerung der Frachtentlastungen ergeben. Bei den Kläranlagenabläufen ist aufgrund einer Verminderung der Reinigungsleistung gegebenenfalls eine Erhöhung der Ablaufwerte und –frachten zu beobachten.

Bei Einleitung der Niederschlagsrestabflüsse eines Erweiterungsgebietes in ein Mischwassernetz ist zur Überprüfung der Auswirkungen nicht nur eine hydraulische Überrechnung des Mischwassersystems durchzuführen, sondern auch eine Schmutzfrachtberechnung der Mischwasserüberläufe, um eine gegebenenfalls eintretende Veränderung der Einleitungskennwerte festzustellen. Ist diese Veränderung signifikant im

Sinne einer Überschreitung der zulässigen Werte, sind zusätzliche Maßnahmen im Bestandsgebiet zu ergreifen, wie z.B. Abkoppelungsmaßnahmen (vgl. Abschnitt 4.3.4.2). Falls zu erwarten ist, dass durch die Niederschlagsrestabflüsse des Erweiterungsgebietes auch der Betrieb der Kläranlage negativ betroffen wird, sollte durch eine Prozesssimulation für die Kläranlage vorab überprüft werden, um Gegenmaßnahmen rechtzeitig einleiten zu können.

4.4.3. Schmutzwasserentsorgung der Erweiterungsgebiete

Die Schmutzwasserabflüsse der Erweiterungsgebiete werden unter Einbeziehung ableitungsbedürftiger verschmutzter Niederschlagsabflüsse im allgemeinen über das Netz der Bestandsgebiete der jeweiligen Kläranlage zugeleitet. Handelt es sich beim Netz der Bestandsgebiete um ein Trennsystem, stellt sich die Frage, ob dieses für die Aufnahme der zusätzlichen Schmutzwasserabflüsse und der ableitungsbedürftigen verschmutzten Niederschlagsabflüsse ausreichend dimensioniert ist. Insbesondere die zusätzliche Einleitung von Niederschlagsabflüssen kann die Leistungsfähigkeit des vorhandenen Schmutzwassersystems übersteigen. In diesem Fall empfiehlt es sich, an den Übergangspunkten zwischen Erweiterungs- und Bestandsgebieten Speicherräume anzulegen, mit denen die Schwankungen der Abflüsse der Erweiterungsgebiete ausgeglichen und Phasen geringer Abflüsse im Schmutzwassernetz der Bestandsgebiete (Nachtabflüsse) ausgenutzt werden können.

Handelt es sich beim System des Bestandsgebietes, das die verschmutzten Abflüsse des Erweiterungsgebietes aufzunehmen hat, um ein Mischsystem, ist auch hier die Gefahr der hydraulischen Überlastung durch die zusätzlich aufzunehmenden Abflüsse gegeben und sollte überprüft werden. Eventuell kommt die Anlage von Ausgleichs-Speicherräumen an den Überleitungspunkten in Betracht. Insbesondere ist über eine Schmutzfrachtberechnung – bezogen auf die Mischwasserentlastungen des Bestandsgebietes – zu überprüfen, ob die zulässigen Entlastungskonzentrationen und –frachten eingehalten oder überschritten werden. Dies ist deshalb notwendig, weil durch die Schmutz- und Niederschlagsabflüsse des Erweiterungsgebietes die Konzentrationen im Mischwasserabfluss des Bestandsgebietes erhöht werden und sich auf die Mischwasserentlastungen auswirkt. Weiterhin ist zu prüfen, ob es durch die Schmutzstoffzufuhr aus dem Erweiterungsgebiet zu verstärkten Ablagerungen im Bestandsgebiet kommen kann.

5. ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE UND EMPFEHLUNGEN

5.1. Ergebnisse

Das Forschungsvorhaben hatte als **Zielstellung**, den Stand der Technik hinsichtlich der Ansätze und Verfahren zur Regen(ab)wasserbehandlung und –bewirtschaftung zusammenzustellen, zu prüfen und zu bewerten und Erkenntnislücken zu schließen. Letztere bestehen insbesondere bezüglich des Zusammenhangs zwischen den Maßnahmen der Siedlungswasserwirtschaft und den Erfordernissen der übergeordneten naturräumlichen Wasserwirtschaft, wie sie auch von der EU-Wasserrahmenrichtlinie verlangt werden.

Mit der Regen(ab)wasserentsorgung werden zurzeit erhebliche Schadstofffrachten in die Gewässer eingetragen, die in Zukunft bei der Bewertung der Gesamtwirkung (Gesamtemission) und bei der Formulierung abwasserrechtlicher Regelungen berücksichtigt werden müssen. Folgt man dem Artikelgesetz zur Umsetzung der IVU-/UVP-Richtlinie vom Juli 2001 ist das Anforderungsspektrum an die Abwasserbehandlung erheblich erweitert worden. Auf der Basis der „Vorsorge und der Vorbeugung“ ist insbesondere die „Gesamtwirkung der Emissionen“ zu berücksichtigen und nicht nur die schmutzwasserbedingte Erhöhung der Gewässerschadstofffracht (§ 7 a WHG Abs. 5, Anlage: Kriterien zur Bestimmung des Standes der Technik Punkt 10). Dahinter steht die Grundlinie des Transferverbotes von Schadstoffen in andere Umweltmedien.

Nach einer Überschlagsrechnung wird in Deutschland bei Gegenüberstellung der Frachtbelastungen der Gewässer in Deutschland aus niederschlagsfreien Kläranlagenabläufen (CSB: 285.000 t/a) und niederschlagsbedingten Einleitungen (CSB: 760.000 t/a) durch Trennsysteme, Mischwasserüberläufe und niederschlagsbedingten Kläranlagenabläufe verdeutlicht, dass durch Regenwasserabflüsse bis zu 3-fach höhere CSB-Frachten gegenüber denen aus Kläranlagenabläufen in Oberflächengewässer eingetragen werden. Für Cu ist es sogar mehr als das 7-fache und für P immerhin noch das 1,4-fache. Dabei wird vorausgesetzt, dass die Entwässerungssysteme insgesamt auf den heutigen Stand der Technik ausgelegt sind. Die Überschlagsrechnung unterstreicht die Notwendigkeit, sich in Zukunft verstärkt der Regen(ab)wasserbehandlung und -bewirtschaftung zuzuwenden.

Die vorliegende Ausarbeitung dient als Stoffsammlung zur Konkretisierung des §7a WHG in Bezug auf niederschlagsbedingte Einleitungen. Damit sollte eine fachliche Basis für die Festlegung künftiger Anforderungen an die Einleitung von Regenwasser gelegt werden. Die ortsnahe Versickerung wird eine wesentliche Komponente dieser Ansätze und Verfahren sein.

Die **Ausführungen zum Wasserrecht** umfassen die wichtigsten Gesetze und Verordnungen mit den jeweils wichtigsten Elementen in Bezug auf die Regenwasserbewirtschaftung in Siedlungsgebieten. Daraus wird deutlich, wie umfangreich, z.T. überlappend und unklar die Vielfalt der Regelungen ist. Die technischen Regelwerke haben im allgemeinen den Status „allgemein anerkannte Regeln der Technik“ (a.a.R.d.T.) und stellen damit für den planenden Ingenieur aber auch die Genehmigungsbehörden in der Praxis eine verbindliche Vorgabe dar. Inhaltlich lassen sich die Rechtsvorschriften grob in drei Gruppen gliedern. Die erste Gruppe hat Ziele für den Wasserhaushalt und die Gewässerqualität zum Inhalt. Hierzu zählt z.B. die EU-Badegewässerrichtlinie. Konkrete Vorgaben für die Siedlungswasserwirtschaft beinhalten diese Rechtsvorschriften nicht. Die zweite Gruppe beinhaltet konkrete Emissionsgrenzwerte oder entsprechende Vorgaben (z.B. die Einhaltung der Regeln der Technik) für einzelne siedlungswasserwirtschaftliche Maßnahmen. Hierzu zählen z.B. die EU-Gewässerschutzrichtlinie oder die Abwasserabgabengesetze. Die dritte Gruppe schließlich, versucht eine Brücke zwischen den beiden erstgenannten zu schlagen. Ziel ist die Ableitung von Emissionsgrenzwerten aus einer Immissionsbetrachtung, um eine bestimmte Gewässerqualität bzw. Ausgewogenheit des Wasserhaushaltes zu erreichen. Hierzu zählt die EU-Wasserrahmenrichtlinie oder die IVU-Richtlinie. Aber auch das Wasserhaushaltsgesetz beinhaltet derartige Ansätze. Zudem stellt das WHG Instrumente für die Umsetzung zur Verfügung.

Im Zusammenhang mit dezentralen Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen sind weitere Rechtsvorschriften von Bedeutung, die bislang in der Siedlungswasserwirtschaft nur eine untergeordnete Rolle gespielt haben, beispielsweise städtebauliche Instrumente wie der Bebauungsplan. Das liegt daran, dass dezentrale Maßnahmen zur Regenwasserbewirtschaftung Ansprüche an die Flächennutzung stellen und sich daher mit anderen flächenbeanspruchenden Fachrichtungen, wie z.B. dem Naturschutz oder der Freiraumplanung, arrangieren müssen.

Im Kapitel der Regelwerke werden die CEN-/DIN-Normen, ATV- Merk und -Arbeitsblätter, DVWK - Richtlinien/Merkblätter, BWK-Merkblätter und RAS - Vorschriften im Hinblick auf die technische Anwendung, Bemessungsansätze, Berechnungsverfahren usw. zur Regenwasserbewirtschaftung und -ableitung kritisch diskutiert und interpretiert. Die Anzahl der Regeln im zentralen Bereich der Wasserwirtschaft wird mit über 600 angegeben. Berücksichtigt man, dass darüber hinaus weitere politische Randbedingungen, wie z.B. die Fördermittelpraxis, eine wichtige Rolle bei der Regenwasserbewirtschaftung spielen, so wird die Komplexität der Aufgabe allein aus rechtlicher Sicht deutlich. Eine Vereinfachung dieser Regelungsflut ist wünschenswert.

Die in diesem Vergleich berücksichtigten Länder Niederlande, Schweiz und USA sind auf dem Gebiet der Siedlungswasserwirtschaft allgemein und der Regenwasserbewirtschaftung im besonderen als sehr fortschrittlich zu bezeichnen. Die vorangegangene Recherche bestätigt, dass die Anforderungen im Bezug auf die Regenwasserbewirtschaftung in westeuropäischen Ländern gegenüber denen in Deutschland höher sind.

Die **Anforderungsebenen und Zielgrößen** werden erläutert. Die Anforderungsebene „vor Ort“ bezieht sich auf die Bewirtschaftung und Behandlung von Regenabflüssen bereits am Ort der Entstehung der Abflüsse. Eine Anforderung kann z.B. darin bestehen, auf die Verwendung bestimmter Flächenbeläge zu verzichten, weil die zu erwartende Mobilisierung von Stoffen eine unzulässige Umweltbelastung darstellt. Oder die Anforderung lautet, dass Regenabflüsse von Straßen bestimmter Verkehrsbelastung vor einer Versickerung zwingend weitergehend zu behandeln sind. Eine weitere Anforderung kann darin bestehen, entsprechend §7a Absatz (1) Satz 4 WHG die Vermischung von gering verschmutzten Regenabflüssen und Schmutzwasser zu vermeiden. Dieses kommt einem Verbot bzw. einer starken Einschränkung der gemeinsamen Ableitung von Regen- und Schmutzwasser gleich.

Mit der Anforderungsebene „Einzugsgebiet der Erlaubniserteilung“ ist das auf Regenwasserabflüsse bezogene hydrologische Einzugsgebiet einer Einleitung gemeint, für die eine wasserrechtliche Erlaubnis beantragt wird oder erneuert werden soll. Bei der Einleitung kann es sich um eine punktuelle Einleitungsstelle in ein oberirdisches Gewässer handeln (z.B. ein Auslauf- oder Überlaufbauwerk einer Kanalisation) oder um eine punktuelle oder flächenhaft ausgedehnte Einleitung in das Grundwasser (z.B. ü-

ber ein Versickerungsbecken oder über dezentrale Versickerungsanlagen). Bezogen auf ein solches Einzugsgebiet kann z.B. die Anforderung nach einem „nachhaltig ausgeglichenen natürlichen Gebietswasserhaushalt“ gestellt werden. Daher sollten Grundwasserneubildung, Verdunstung und Abfluss des definierten Gebietes im Rahmen tolerierbarer Grenzen dem Gebietswasserhaushalt seines unbebauten Zustandes entsprechen.

Die Anforderungsebene „Einleitung in Oberflächengewässer“ behandelt punktuelle Einleitungen aus Trennkanalisationen oder aus Überlaufbauwerken von Mischkanalisationen. Auf solche Einleitungsstellen bezogen können emissionsbezogene oder immissionsbezogene Anforderungen gestellt werden. Emissionsbezogene Anforderungen bestehen z.B. darin, unabhängig von der Art und Belastbarkeit des aufnehmenden Gewässers, häufigkeitsbezogene höchstzulässige Grenzwerte der Abflüsse oder Schmutzfrachten festzusetzen. Die Grenzwerte können sich auf bestimmte Zeitabschnitte, z.B. auf Jahre oder auf die einzelnen Ereignisse der Regenabflüsse beziehen. Immissionsbezogene Anforderungen bestehen darin, häufigkeitsbezogene höchstzulässige Belastungszustände der aufnehmenden Gewässer festzusetzen. Eine Anforderung kann z. B. darin bestehen, dass ein durch Einleitungen verursachter fischkritischer Sauerstoffzustand im Gewässer nur mit einer bestimmten großen Wiederkehrzeit bzw. geringer Dauer und Intensität auftreten darf. Im Rahmen dieses Vorhabens beschränken sich die Ausführungen entsprechend §7a WHG nur auf emissionsbezogene Zielgrößen.

Die Anforderungsebene „Einleitung in Boden und Grundwasser“ durch Versickerung erfordert aufgrund der hohen Schutzbedürftigkeit von Boden und Grundwassers und der weitgehenden Irreversibilität von Verunreinigungen besondere Anforderungen an den Gütezustand des versickernden Regenwassers. Emissionsbezogene Anforderungen im Sinne von „Geringfügigkeitsschwellenwerten“ sollten aus Gründen des vorsorgenden Grundwasser- und Bodenschutzes aus den Prüfwerten der Bodenschutzverordnung abgeleitet werden. Sie sind beim Versickerungsvorgang unter allen Umständen am Grundwassersaum einzuhalten. Regenwasserabflüsse hochbelasteter Herkunftsflächen sind in der Regel von der Einleitung in den Untergrund auszuschließen und einer gesonderten Regenwasserbehandlungsanlage zuzuführen. Weitere Anforderungen könne sich auf die Vermeidung von Grundwasserstandshebungen oder –senkungen und Vernässungen beziehen.

Die Ansätze und Verfahren zur **Regenwasserbehandlung und -bewirtschaftung** unter besonderer Berücksichtigung von ortsnahen Versickerungen werden differenziert für „Neubaugebiete“ (Maßnahmen zur Verminderung der Versiegelung, des Stoffaustrages, bei vollständiger und unvollständiger Versickerung) beschrieben. Die entwässerungstechnische Versickerung ist in der bisherigen Praxis vernachlässigt worden, obwohl sie dem natürlichen Niederschlag-Abfluss-Prozess unbebauter Gebiete nahe kommt und damit negative Auswirkungen der Regenwasserableitung vermeiden hilft.

Die „Bestandsgebiete“ sind von Mischwassernetzen, die in Deutschland einen Anteil von ca. 60 % haben, geprägt. Es besteht das bisher noch nicht befriedigend gelöste Problem, die Überläufe der Mischsysteme auf ein tolerierbares Maß zu reduzieren. Auch Mischsysteme, deren Überläufe nach den Vorgaben der Bundesländer bzw. nach den Regeln des ATV-Arbeitsblattes A 128 begrenzt wurden, leiten noch ca. 30-40 % der Mischwasserabflüsse ungereinigt in die Gewässer ein. Auch die Zahl der Überlaufereignisse ist mit 10-40 pro Jahr unbefriedigend hoch. Diese Problematik ist lösbar durch Anpassung des Mischwasserableitungssystems an die hohen Regenwasserabflüsse durch Ausbaumaßnahmen oder aber die Regenwasserabflüsse an die Leistungsfähigkeit des vorhandenen Systems anzupassen. Damit werden die Bestandsgebiete zu einem wichtigen Anwendungsgebiet der Bewirtschaftungsmaßnahmen unter Einschluss der Versickerung. Für den teilweisen Umbau des vorhandenen System vom reinen Ableitungssystem zu einem kombinierten Ableitungs- und Bewirtschaftungssystem werden Szenarien zur Erfassung des Umstellungs- und Bewirtschaftungspotential entwickelt und Auswirkungen auf die Kanalnetzhydraulik und die Reduzierung von Mischwasserüberläufen diskutiert.

Unter „Erweiterungsgebieten“ sind Gebiete zu verstehen, die in ein Bestandsgebiet entwässern und über dessen Einleitungen mit den Vorflutern verknüpft sind. Diese Gebiete sind dann als eigenständige Problemfälle relevant, wenn sie die Einleitungscharakteristiken des Bestandsgebietes signifikant verändern, so dass über dessen Einleitungsbedingungen neu entschieden werden muss.

Nachhaltig verändert werden können die Einleitungscharakteristiken eines Bestandsgebietes auch durch eine zunehmende Versiegelung oder durch „kleinteilige“ Erweiterungen innerhalb des Bestandsgebietes selbst. Unter „kleinteiligen“ Erweiterungen ist z. B. das Schließen von Baulücken zu verstehen. Als Grenzkriterium zwischen „kleinteiligen“ Erweiterungen und „Erweiterungsgebieten“ kann etwa die Flächengröße

teiligen“ Erweiterungen und „Erweiterungsgebieten“ kann etwa die Flächengröße von 1 ha angenommen werden. Ob sich die Einleitungscharakteristiken durch „kleinteilige“ Erweiterungen signifikant verändert haben, kann nur durch wiederholte mess- und/oder modelltechnische Überprüfungen der Einleitungscharakteristiken festgestellt werden. Dafür sind die für die Neubaugebiete genannten Maßnahmen bezüglich der Regenwasserbewirtschaftung als auch der Schmutzwasserabflüsse erforderlich.

Im Anhang werden **7 Fallbeispiele** für die drei Einleitungskategorien „Neubaugebiete“, „Bestandsgebiete“ und „Erweiterungsgebiete“ zur Unterstützung der methodischen und konzeptionellen Aussagen dokumentiert. Die Fallbeispiele, die sich aus den Arbeitsbereichen der Autoren ergeben haben, erheben nicht den Anspruch, „typische“ und auf beliebige Fälle übertragbare Fallstudien darzustellen. Es muss vielmehr darauf hingewiesen werden, dass künftige Konzepte der Regenwasserbewirtschaftung nicht schematisch (wie die bisherigen reinen Ableitungssysteme) bearbeitet werden können, sondern ein hohes Maß an Flexibilität hinsichtlich Planungen und Umsetzungen verlangen.

5.2. Fazit und Empfehlungen

Die Umsetzung der Ergebnisse und Schlussfolgerungen dieses Berichtes hinsichtlich der künftigen Ziele und Verfahren der Regenwasserbehandlung und -bewirtschaftung im Rahmen der Konkretisierung des §7a WHG wäre die wesentlichste siedlungswasserwirtschaftliche Änderung seit Einführung des Kanalisationsprinzips für Regenabflüsse. Kernstück ist dabei die Abkehr vom bisherigen Prinzip der vollständigen Ableitung hin zu dem Grundsatz, in einem zu bebauenden oder einem bereits bebauten Gebiet die Komponenten des natürlichen Wasserhaushalt und des Stoffhaushaltes unbebauter Gebiete möglichst zu erhalten oder wieder anzunähern. Damit wird ein wichtiger Schritt zur Umsetzung des Verschlechterungsverbotes der EU-Wasserrahmenrichtlinie gemacht. Die Herstellung des anzustrebenden guten ökologischen Gewässerzustandes macht weitergehende Maßnahmen auch in Bestandsgebieten erforderlich. Zur Erreichung dieser Zielstellung sind folgende Aussagen von hoher fachlicher und umweltpolitischer Bedeutung:

- Bezogen auf die Regenwasserbewirtschaftung muss festgestellt werden, dass bislang keine klaren Emissionsvorgaben bestehen. Eine Rechtsverordnung mit Emissionsvorgaben, wie im WHG für Abwassereinleitungen eigentlich vorgesehen, be-

steht weder für Mischwasserentlastungen noch für Regenwassereinleitungen. Es ist zu erwarten, dass dieses offensichtliche Defizit in der Zukunft beseitigt wird.

- Eine rechtliche Unsicherheit besteht im Zusammenhang mit der Neufassung des §7a WHG und der Mischwasserbehandlung. Es kann keine klare Aussage getroffen werden, ob Mischwasserbehandlungsanlagen zukünftig nach den Regeln der Technik oder dem Stand der Technik geplant werden müssen. Hier besteht ein Konkretisierungsbedarf seitens des Gesetzgebers. Trotz der großen Anzahl an Gesetzen, Verordnungen und Regelungen sind wichtige Kernfragen ungeregelt. (Seit Juli 2001 festgelegt, dass auch Regen(ab)wasser nach § 7a WHG entsprechend Stand der Technik zu behandeln ist).
- Technische Regeln, die von Fachverbänden wie z.B. der Abwassertechnischen Vereinigung (ATV) oder dem Deutsche Institut für Normung e.V.(DIN) herausgegeben werden, haben prinzipiell nicht den Stellenwert eines Gesetzes oder einer Rechtsverordnung. Es ist jedoch üblich, in Verordnungen auf technische Regelwerke zu verweisen oder Verweise in Verträge aufzunehmen. Die Anzahl dieser Regeln ist sehr umfangreich, z.T. überlappend und unklar. Eine Vereinfachung dieser Regelflut wäre wünschenswert.
- Die Recherche zum Stand der Technik der Regenwasserbewirtschaftung in westeuropäischen Ländern, auch den USA zeigt, dass die Anforderungen in diesen Ländern gegenüber denen in Deutschland wesentlich höher sind.
- Die vier Anforderungsebenen „vor Ort“, „Einzugsgebiet der Erlaubniserteilung“, „Einleitung in Oberflächengewässer“ und „Einleitung in Boden und Grundwasser“ strukturieren plausibel den Umgang mit Regenwasser für eine künftige Regenwasserbewirtschaftung und –behandlung. Die Notwendigkeit dafür wird eindrucksvoll unterstrichen durch die Gegenüberstellung von Frachtbelastungen der Gewässer in Deutschland aus niederschlagsfreien Kläranlagenabläufen und niederschlagsbedingten Einleitungen. Danach werden durch Regenwasserabläufe bis zu 3fach höhere CSB-Frachten gegenüber denen aus Kläranlagenabläufen in Oberflächengewässer eingetragen.
- Die Ansätze und Verfahren zur Regenwasserbehandlung und –bewirtschaftung sind differenziert nach „Neubaugebieten“, „Bestandsgebieten“ und „Erweiterungsgebieten“ zu entwickeln und anzuwenden. Der § 7a WHG bietet darüber hinaus die Möglichkeit unterschiedliche Anforderungen an neue und bestehende Einleitungen zu stellen.
- Als Anforderung für den Wasserhaushalt eines Einzugsgebietes sind durch die siedlungswasserwirtschaftlichen Maßnahmen, für die eine Erlaubnis beantragt wird, möglichst wenig Veränderungen gegenüber dem natürlichen Wasserhaushalt zu erreichen. Eine Umsetzung in die Praxis sollte durch folgende Grundannahme für die Wasserbilanz erfüllt werden, nach der eine tolerierbare Veränderung des Wasserhaushaltes dann als gegeben anzunehmen ist, wenn die Einzelkomponenten Abfluss und Versickerung der langjährigen mittleren Wasserbilanz des Einzugsgebietes um nicht mehr als 10 Prozentpunkte vom natürlichen Zustand abweichen. Der Anteil der Verdunstung darf dementsprechend um nicht mehr als 20 Prozentpunkte vom natürlichen Zustand abweichen.

- Die Abflussbeschleunigung durch Regenwassereinleitungen ist soweit zu begrenzen, wie sie maximal in einem vergleichbaren natürlichen Einzugsgebiet eintreten kann. Zusätzlich ist eine Begrenzung der Abflussspitze auf ein mit dem Fließgewässer verträgliches Maß möglich. Diese Anforderung gilt für Einzugsgebiete < 200 km².
- Anforderungen zum Feststoffrückhalt bei Regenwassereinleitungen in Oberflächengewässer legen als Grenzwert die jährliche, in ein Oberflächengewässer eingetragene Feststofffracht mit 200 kg/(ha·a) fest. Dadurch wird der Feststoffhaushalt des Gewässers nicht wesentlich verändert. Mit dieser Anforderung werden auch andere kritische Stoffe oder Parameter begrenzt, so dass im Einzelfall auch hohe Qualitätsziele für Oberflächengewässer erfüllt werden können.
- Mit der Umsetzung der IVU-/UVP-Richtlinie in das deutsche Wasserrecht (WHG) besteht inzwischen eine Konkretisierungsmöglichkeit, die naturnahe Regen(ab)wasserbewirtschaftung unter Berücksichtigung der ortsnahe Versickerung dem neuen Stand der Technik gemäß § 7a WHG nachhaltig zu regeln.

6. LITERATURVERZEICHNIS

AbwAG (1996): "Gesetz über Abgaben für das Einleiten von Abwasser in Gewässer (AbwAG), Abwasserabgabengesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 3. November 1994, BGBl. I S. 3370, geändert durch G.v. 11.11.1996", BGBl. I, S. 1690

AbwV (2000): "Verordnung über Anforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer (Abwasserverordnung - AbwV)", Deutscher Taschenbuchverlag, S. 268

Anforderungen an die öffentliche Niederschlagsentwässerung im Mischverfahren (1995): RdErl. d. Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft vom 3. Januar 1995, IV B 6 031 001 2102/IV B 5 673/4/2 32602 (MBI. NW. S. 254)

Arge Pflasterklinker (1998): Ökologie Original Pflasterklinker, Planungshilfen zur Versickerung, e.V., A. P., Bonn

ATV (1995): "Überstau und Überflutung, Definitionen und Anwendungsbereiche", Arbeitsbericht der ATV-Arbeitsgruppe 1.2.6 Hydrologie der Stadtentwässerung, Korrespondenz Abwasser, 42. Jahrgang (Heft 5)

ATV (1996): "Ergebnisse der ATV-Umfrage Versickerung von Niederschlagswasser", Korrespondenz Abwasser, 43. Jahrgang (Heft 5)

ATV (1997): Kanalstatistik der ATV, Veröffentlichung der Abwassertechnischen Vereinigung ATV, Internet-www.atv.de

ATV (1994): "Beurteilung und Behandlung des Regenwetterabflusses", Arbeitsbericht der ATV-Arbeitsgruppe 1.4.3 Regenwasserbehandlung, Korrespondenz Abwasser, 41. Jahrgang (Heft 2), S.304-310

ATV-A 101 (1992): ATV-Arbeitsblatt A101: Planung v. Entwässerungsanlagen; Neubau-, Sanierungs- u. Erneuerungsmaßnahmen, Regelwerk Abwasser-Abfall der Abwassertechnischen Vereinigung, Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e.V. (GFA)

ATV-A 105 (1997): ATV-Arbeitsblatt (A105): Wahl der Entwässerungssysteme, Regelwerk Abwasser-Abfall der Abwassertechnischen Vereinigung, Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e.V. (GFA)

ATV-A 106 (1995): ATV-Arbeitsblatt A106: Entwurf und Bauplanung von Abwasserbehandlungsanlagen (Entwurf), Regelwerk Abwasser-Abfall der Abwassertechnischen Vereinigung, Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e.V. (GFA)

ATV-A 110 (2001): ATV-Arbeitsblatt A 110: Hydraulische Dimensionierung und Leistungsnachweis von Abwasserkanälen und -leitungen, Regelwerk Abwasser-Abfall der Abwassertechnischen Vereinigung, Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e.V. (GFA)

ATV-A 111 (1994): ATV-Arbeitsblatt A 111: Richtlinien für die hydraulische Dimensionierung und den Leistungsnachweis von Regenwasser-Entlastungsanlagen in Abwasserkanälen und -leitungen, Regelwerk Abwasser-Abfall der Abwassertechnischen Vereinigung, Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e.V. (GFA)

ATV-A 112 (1998): ATV-Arbeitsblatt A 112: Richtlinien für die hydraulische Dimensionierung und den Leistungsnachweis von Regenwasser-Entlastungsanlagen in Abwasserkanälen und -leitungen, Regelwerk Abwasser-Abfall der Abwassertechnischen Vereinigung, Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e.V. (GFA)

ATV-A 117 (2001): ATV-Arbeitsblatt A117: Bemessung von Regenrückhalteräumen, Regelwerk Abwasser-Abfall der Abwassertechnischen Vereinigung, Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e.V. (GFA)

ATV-A 118 (1999): ATV-Arbeitsblatt A 118: Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystemen, Regelwerk Abwasser-Abfall der Abwassertechnischen Vereinigung, Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e.V. (GFA)

ATV-A 118 (alt) (1977): ATV-Arbeitsblatt A 118: Richtlinie für die hydraulische Berechnung von Schmutz-, Regen- und Mischwasserkanälen, Regelwerk Abwasser-Abfall der Abwassertechnischen Vereinigung, Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e.V. (GFA)

ATV-A 128 (1992): ATV-Arbeitsblatt A128: Richtlinien für die Bemessung und Gestaltung von Regenwasserentlastungsanlagen in Mischwasserkanälen, Regelwerk Abwasser-Abfall der Abwassertechnischen Vereinigung, Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e.V. (GFA)

ATV-A 131 (alt) (1991): ATV-Arbeitsblatt A131: Bemessung von einstufigen Belebungsanlagen ab 5000 Einwohnerwerten, Regelwerk Abwasser-Abfall der Abwassertechnischen Vereinigung, Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e.V. (GFA)

ATV-A 138 (2002): ATV-Arbeitsblatt A138: Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser, Regelwerk Abwasser-Abfall der Abwassertechnischen Vereinigung, Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e.V. (GFA)

ATV-DVWK (2000): Arbeitsgruppe ES-2.6 "Abkoppelungsmaßnahmen in Siedlungsgebieten, Teil I: Einführung, Begriffe, Datenerhebung und -aufbereitung", KA - Wasserwirtschaft, Abwasser, Abfall, 47. Jahrgang (Heft 11), S. 1700-1705

ATV-DVWK (2002): Arbeitsgruppe ES-2.6 "Hydrologie der Stadtentwässerung: Auswirkungen von Abkoppelungsmaßnahmen in der Kanalnetzhydraulik", KA - Wasserwirtschaft, Abwasser, Abfall, Jahrgang 49 (Heft 4), S. 508-519

ATV-M128 (1999): ATV-Merkblatt M128: Bemessung und Gestaltung von Regenentlastungen in Mischwasserkanälen, Erläuterungen und Beispiele (Entwurf, unveröffentlicht), Regelwerk Abwasser-Abfall der Abwassertechnischen Vereinigung, Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e.V. (GFA)

ATV-M 101 (1996): ATV-Merkblatt M 101: Planung von Entwässerungsanlagen, Neubau-, Sanierungs- und Erneuerungsmaßnahmen, Regelwerk Abwasser-Abfall der Abwassertechnischen Vereinigung, Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e.V. (GFA)

ATV-M 153 (2000): ATV-Merkblatt M 153: Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser, Regelwerk Abwasser-Abfall der Abwassertechnischen Vereinigung, Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e.V. (GFA)

BauGB (1997): "Baugesetzbuch (BauGB) in der Fassung der Bekanntmachung vom 27. August 1997", BGBl. I, S. 2141

BbgWG (1997): "Brandenburgischen Wassergesetz (BbgWG)"

BBodSchG (1998): "Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (Bundes-Bodenschutzgesetz - BBodSchG)", Deutscher Taschenbuchverlag, S. 208

BBodSchV (1999): "Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV)", Deutscher Taschenbuchverlag, S. 223

BNatSchG (1998): "Gesetz über Naturschutz und Landschaftspflege (Bundesnaturschutzgesetz- BNatSchG)", Deutscher Taschenbuchverlag, S.130

Borchardt, D. (1996): Integrated Restoration of Sewerage Systems on Local and River Catchment Scales, Proceedings of the 7th International Conference on Urban Storm Drainage, Hannover

Borgwardt (1994): Versickerung auf befestigten Verkehrsflächen, Planerische Möglichkeiten des Einsatzes wasserdurchlässiger Pflasterungen, GmbH, S.-K., Beton-Konzepte, Bremen

Brombach, H. (1997): Regenwasserbehandlung im Mischsystem - Theorie und Wirklichkeit, Beitrag zum Kasseler Symposium für Abwasserbehandlung, Gewässerschutz und Wasserwirtschaft an der Schwelle zum 21. Jahrhundert, Universität Gesamthochschule Kassel, Schriftenreihe der Fachgebiete Siedlungswasserwirtschaft und Abfallwirtschaft

Brombach, H. (1997): Wirbelabscheideranlagen, Hinweise zu Entwurf und Bemessung, Zentraler Fachdienst Wasser-Boden-Abfall-Altlasten bei der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Handbuch Wasser 4

Brombach, H. & Fuchs, St. (2002): Datenpool gemessener Verschmutzungskonzentrationen von Trocken- und Regenwasserabflüssen in Misch- und Trennkanalisation, Abschlussbericht, 31.01.2002, ATV-DVWK-Forschungsfonds 2001

Brombach, H.J. & Wöhrle, C. (1997): "Gemessene Entlastungstätigkeit von Regenüberlaufbecken", Korrespondenz Abwasser, 44. Jahrgang (Heft 1)

Brunner, P.G. (1993): "Regenwasserbehandlung in Bodenfilterbecken", Wasserwirtschaft 85 (Heft 3), S. 134-138

Bruns, J. (1999): Dynamische Kopplung von Regenwasserbehandlung und Abwasserreinigung bei Mischwasserzufluss, Stuttgarter Berichte zur Siedlungswasserwirtschaft, Band 151, Kommissionsverlag R. Oldenbourg, München

BWK-M 1 (1999): Hydraulische Berechnung von naturnahen Fließgewässern, Teil 1: Stationäre Berechnung der Wasserspiegellinie unter besonderer Berücksichtigung von Bewuchs- und Bauwerkseinflüssen, Bund der Ingenieure f. Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft u. Kulturbau e.V.

BWK-M 2 (1998): Wasserbilanzmodelle in der Wasserwirtschaft, Merkblatt Nr.2 (Entwurf), Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau e.V.

BWK-M 3 (1999): Ableitung von Anforderungen an Niederschlagswassereinleitungen unter Berücksichtigung örtlicher Verhältnisse, (Entwurf), Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau e.V.

DIN 1986 (1995): Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke, Beuth-Verlag

DIN EN 1610 (1997): Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen, Beuth-Verlag

DIN EN 752 (1995): Entwässerungsanlagen außerhalb von Gebäude, Beuth-Verlag

DVGW-W 101 (1995): Arbeitsblatt W 101: "Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete; 1. Teil: Schutzgebiete für Grundwasser", Deutscher Verband des Gas- und Wasserfaches e. V.

DVWK-M 220 (1991): Hydraulische Berechnung von Fließgewässern, DVWK - Fachausschuss "Wasserbauliches Versuchs- und Meßwesen" - AK "Hydraulische Berechnung von Fließgewässern", DVWK Merkblätter zur Wasserwirtschaft, Heft 220, Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin

EPA (1991): U.S. Environmental Protections Agency, Washington, USA Guidance for Water Quality-Based Decisions, The TMDL-Process, www.epa.gov/OWOW/tmdl

EPA (1994): EPA Guidance Documents on CSO Policy Implementation, Agency, U. S. E. P., Washington DC, USA

EU-Kommission (1998): Sonderbericht Nr. 3/98 über die Durchführung seitens der Kommission von Politik und Maßnahmen der EU zur Bekämpfung der Gewässerverschmutzung, zusammen mit den Antworten der Kommission (vorgelegt gemäß Artikel 188c Absatz 4 Unterabsatz 2 des EG-Vertrags), Amtsblatt Nr. C 191, S. 0002 - 0044, 18/06/1998

EU-Richtlinie 76/160/EWG (1976): Richtlinie 76/160/EWG des Rates vom 8. Dezember 1975 über die Qualität der Badegewässer, EU Amtsblatt Nr. L031, 5.2.1976, S.1-7

EU-Richtlinie 76/464/EWG (1976): Richtlinie 76/464/EWG des Rates vom 4. Mai 1976 betreffend die Verschmutzung infolge der Ableitung bestimmter gefährlicher Stoffe in die Gewässer der Gemeinschaft, EU Amtsblatt Nr. L129, 18.5.1976, S.23-29

EU-Richtlinie 96/61/EG (1996): Richtlinie des Rates über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung, EU Amtsblatt Nr. L257/26, 24.9.1996

EUR-OP (1997): "Umweltrichtlinien werden missachtet, Kommission verklagt Mitgliedsstaaten", EUR-OP News, Jg. 97 (Heft 4)

FGSV (1987): Richtlinie für die Anlage von Straßen, Teil Entwässerung (RAS-Ew), Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV)

Field, R. (1993): Integrated stormwater management, Publishers, L., Boca Raton

FLL (1995): Richtlinien für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen, Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung, Landschaftsbau e.V.

Geiger, W. et al. (1992): Regenwasserbehandlungskonzept für Neuplanungen im nördlichen Berliner Einzugsgebiet von Panke und Nordgraben, Gutachten vom 6.12.1992, Berliner Wasser-Betriebe

Geiger, W. & Dreiseitl, H. (1995): Neue Wege für das Regenwasser, Handbuch zum Rückhalt und zur Versickerung von Regenwasser in Baugebieten, Oldenbourg-Verlag, München

Göttle, A. (1978): Ursachen und Mechanismen der Regenwasserverschmutzung - Ein Beitrag zur Modellierung der Abflussbeschaffenheit in städtischen Gebieten, Institut für Bauingenieurwesen Technische Universität München, Berichte aus Wassergütewirtschaft und Gesundheitsingenieurwesen, Heft Nr. 23

Grotehusmann, D.; Khelil, A.; Sieker, F. & Uhl, M. (1992): "Naturnahe Regen(ab)wasserentsorgung durch Mulden-Rigolen-Systeme", Korrespondenz Abwasser, Jg. 39 (Heft 5)

Grottker, M. (1987): Regenwasserbehandlung in Trennsystemen, Mitteilungen des Institutes für Wasserwirtschaft, Hydrologie und landwirtschaftlichen Wasserbau, Universität Hannover, Heft 66

Grottker, M.; Einfalt, Jessen & Tetzlaff (2002): Limited Flow Acceleration – a Measure for Reduction of Hydraulic Stress from Storm Flows into Rivers and Creeks; Proceedings 9th International Conference on Urban Drainage, Portland, USA

Grüne Liga (1999): Abschlußbericht zum Urban-Projekt: Musterhof mit Beratungsstelle im Prenzlauer Berg, Projektträger Grüne Liga e.V. Berlin, Veröffentlichung in Vorbereitung

GrWV (1997): "Verordnung zur Umsetzung der Richtlinie 80/68/EWG des Rates vom 17. Dezember 1979 über den Schutz des Grundwassers gegen Verschmutzung durch bestimmte gefährliche Stoffe (Grundwasserverordnung)"

GSCHG (1998): "Schweizerisches Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer (Gewässerschutzgesetz, GSchG), vom 24. Januar 1991, Stand am 24. Dezember 1998, im Internet verfügbar unter www.admin.ch."

GSchV (1998): "Gewässerschutzverordnung (GSchV)"

HAD (1999): "Hydrologischer Atlas von Deutschland", herausgegeben vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 1. Teil, Institut für Hydrologie, Freiburg

Hahn, H.H. & Schäfer, M. (Hrsg.) (1998): Stoffströme in der Urbanhydrologie, Band IV Emission/Immission, Schlussbericht eines BMFT-Verbundprojektes, Schriftenreihe des Instituts für Siedlungswasserwirtschaft der Universität Karlsruhe, Heft 88

Hahn, H.H. & Xanthopoulos, C. (1990): Schadstoffe im Regenabfluss aus städtischen Gebieten, Präsentation eines BMFT-Verbundprojektes, Schriftenreihe des Instituts für Siedlungswasserwirtschaft der Universität Karlsruhe, Heft 58

HEG (2001): Hochschulstadtteil Lübeck – Rahmenplan 2000; Hochschulstadtteil-Entwicklungsgesellschaft mbH, Lübeck

Heinzmann, B. (1993): Beschaffenheit und weitergehende Aufbereitung von städtischen Regenabflüssen, Umwelttechnik, Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 15, Nr. 113, VDI-Verlag, Berlin

Heinzmann, B. (1993): Beschaffenheit und weitergehende Behandlung von Regenabflüssen, Fortschr.-Ber. VDI Reihe 15, Nr. 113, VDI-Verlag, Düsseldorf

HOAI (2002): Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI), Ausgabe 2002, Text mit amtlicher Begründung und Anmerkungen, Bundesanzeiger, Beck-Texte im dtv, 21. Auflage, Deutscher Taschenbuchverlag, München

Hosang, W. & Bischof (1993): Abwassertechnik, Verlag Teubner, Stuttgart

Huhn, V. & Swiridjuk, T. (1994): Modellierung des Abflussverhaltens begrünter Dächer, Zeitschrift für Stadtentwässerung und Gewässerschutz, Heft 28, SUG-Verlag, Hannover

IPS & DHV (1998): Vergleich des deutschen und niederländischen Standards, der Technik und der Kosten bei der Niederschlagswasserableitung und -behandlung, Pilotvorhaben der Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH, Dahlwitz-Hoppegarten, im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft, Nordrhein-Westfalen, unveröffentlicht

IPS (2001): MURISIM 4.0, Programm zur Langzeitsimulation von Versickerungsanlagen, Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH, Dahlwitz-Hoppegarten

IPS (2002): STORM 2002, Programm zur Schmutzfrachtsimulation, Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH, Dahlwitz-Hoppegarten

ITWH (1997): "Programmbeschreibung Kosim", Version 5.1, Institut für technisch-wissenschaftliche Hydrologie Prof. Sieker und Partner GmbH, Hannover

ITWH (1999): Naturnahe Regen(ab)wasserbewirtschaftung im Hochschulstadtteil Lübeck – Machbarkeit und Auswirkungen – Teil 1: Hydrologie; Institut für technisch-wissenschaftliche Hydrologie GmbH, Hannover, im Auftrag der HEG

ITWH (2001): Genehmigungsplanung Oberflächenentwässerung; Institut für technisch-wissenschaftliche Hydrologie GmbH, Hannover, im Auftrag der HEG

König, K.W. (1996): Regenwasser in der Architektur, Ökologische Konzepte, Ökobuch-Verlag, Staufen bei Freiburg

Krauth, K.H. & Hauber, G. (1988): Gewässerbelastung durch Stickstoff und Phosphor aus dem Oberflächenabfluß von Straßen. Korrespondenz Abwasser, 35. Jahrgang, (Heft 6), S. 558-562

Lammersen, R. (1997): Die Auswirkungen der Stadtentwässerung auf den Stoffhaushalt von Fließgewässern, Schriftenreihe für Stadtentwässerung und Gewässerschutz, Band 15, SUG-Verlag, Hannover

LANU (2001): Landesamt für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein; Merkblatt M-2, Hinweise zur Bewertung hydraulischer Auswirkungen in Fließgewässern bei der Einleitung von Niederschlagswasser aus Trennkanalisation

LAWA (1995): Leitlinien für einen zukunftsweisenden Hochwasserschutz, Hochwasser - Ursachen und Konsequenzen, Länderarbeitsgemeinschaft Wasser

LAWA (1998): Leitlinien zur Durchführung von dynamischer Kostenvergleichsrechnungen, Arbeitskreis Kosten-Nutzen-Untersuchungen in der Wasserwirtschaft, Länderarbeitsgemeinschaft Wasser

Lehners (1999/2000): Naturnahe Regen(ab)wasserbewirtschaftung im Hochschulstadtteil Lübeck – Machbarkeit und Auswirkungen – Teil 2; Ingenieurbüro Dr.-Ing. Lehners+ Dipl.-Ing. Wittorf, Lübeck

LWaG-MVP (2002): "Wassergesetz des Landes Mecklenburg-Vorpommern"

LWG-NRW (1995): "Wassergesetzes für das Land Nordrhein-Westfalen"

Mehler, R. & Ostrowski, M. (1998): Integrating Better Stormwater Management Practices in Urban Stormwater Pollution Modelling, Guelph, C. P., Modelling the Management of Stormwater Impacts, Volume 6, Ontario, Canada

MIDEQ (1998): Michigan Department Of Environmental Quality, Surface Water Quality Division, Staff Report, Clean Water Act Section 303(D) List, Michigan Submittal For 1998

Obermeier (1999): Der digitale Fischer, Weltalmanach, CD-ROM, Fischer Taschenbuch Verlag, Frankfurt/Main

Optima (1999): Homepage der Fa. Optima - Die Dachbegrüner, www.optima-dachbegruenung.de.

Ostrowski, M. (1997): "Nachhaltige Entwicklung in der Wasserwirtschaft - noch politisches Schlagwort oder bereits ernste Absicht.", Wasser & Boden, 49. Jahrgang (Heft 3)

Ostrowski, M. & Mehler, R. (1998): Ländervergleich Mischwasserbehandlung, Studie, unveröffentlicht, im Auftrag des Landes Hessen, Technische Universität Darmstadt, Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft, Fachgebiet Ingenieurhydrologie und Wasserbewirtschaftung

Otterpohl, R. (1995): Dynamische Simulation zur Unterstützung der Planung und des Betriebes kommunaler Kläranlagen, Gesellschaft zur Förderung der Siedlungswasserwirtschaft an d. RWTH Aachen

Paulsen, O. (1987): Kontinuierliche Simulation von Abflüssen und Stofffrachten in der Trennentwässerung, Universität Hannover, Mitteilungen des Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und landwirtschaftlichen Wasserbau, Heft 62

Pecher, R. (1991): "Abwassertechnische Strukturdaten abgeleitet aus der amtlichen Statistik für Nordrhein-Westfalen", Korrespondenz Abwasser, 38. Jahrgang. (Heft 11)

Pecher, R. (1991): "Sanierungskosten von Kanalnetzen für unterschiedliche Überstauhäufigkeiten", Korrespondenz Abwasser, 38. Jahrgang (Heft 7)

Pecher, R. (1992): "Abwassergebühr Quo Vadis?", Korrespondenz Abwasser (Heft 5)

Radloff (1990): Baugrundaufnahme für den Bereich des Baugebietes Hochschulstadtteil; Ingenieurbüro Dr.-Ing. Radloff, Lübeck; in: Lehnert (1999/2000)

Rahmen-AbwasserVwV (1997): " Rahmen-Abwasser-Verwaltungsvorschrift über Mindestanforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer

Rioned (1999): Homepage der Stiftung Rioned, Niederlande, www.rioned.org.

RiStWag (1982): Richtlinien für bautechnische Maßnahmen an Straßen in Wassergewinnungsgebieten, Forschungsgesellschaft für Straßen-und Verkehrswesen (FGSV)

Roth, V. (1998): Rechtliche Rahmenbedingungen für die naturnahe Regen(ab)wasserbewirtschaftung und Gestaltungsmöglichkeiten für die Gemeinde, in: Naturnahe Regen(ab)wasserbewirtschaftung, Reihe Stadtökologie, Analytica-Verlag, Berlin

Schaefer, R. (1990): Biologisch-ökologische Untersuchungen an Fließgewässern 2. Ordnung in der Hansestadt Lübeck

Schilling, W.H. (1996): Praktische Aspekte der Abflusssteuerung in Kanalnetzen, R. Oldenbourg Verlag, München, Wien

Schmidt, J.; v. Werner, M.; Michael, A. & Schmidt, W. (1999): Planung und Bemessung von Erosionsmaßnahmen auf landwirtschaftlich genutzten Flächen, Wasser und Boden, Jahrgang 51, Heft 12, S. 19-24

Schneider, F. (1999): Messtechnische Untersuchung und modelltechnische Beschreibung des Speicher- und Abflussverhaltens von Mulden-Rigolen-Systemen, Dissertation, Veröffentlichung in Vorbereitung, Institut für Wasserwirtschaft, Universität Hannover

Schneider, S. (1999): Die Gewässergütemodellierung mittels Seriensimulation als Verfahren zum Nachweis der Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen zur Mischwasserbehandlung unter besonderer Berücksichtigung langsam fließender und gestauter Gewässer, Dissertation, Veröffentlichung in Vorbereitung, Institut für Wasserwirtschaft, Universität Hannover

SenSUT (1999): Abwasserbeseitigungsplan Berlin unter besonderer Berücksichtigung der Immissionszielplanung, Stand Juni 1999, Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Umweltschutz und Technologie, Abteilung IV, Berlin

Sieker, F. (Hrsg.) (1997): Regenwasserversickerung in Siedlungsgebieten, Forschungsvorhaben des experimentellen Wohnungs- und Städtebaus, im Auftrag des Bundesministeriums für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau

Sieker, F.; Hütter, U.; Remmler, F.; Schöttler, U. & F. Schneider (1994): Untersuchung und Weiterentwicklung der naturnahen Regen(ab)wasserbewirtschaftung am Beispiel des Mulden-Rigolen-Systems in der Schüngelbergsiedlung, Gelsenkirchen (Az 04685), DBU-Forschungsprogr.: Abschlussbericht, Institut für Wasserforschung GmbH, Dortmund

Sieker, H. (1999): "Geographical Information Systems used as a Planning-Tool for On-Site Stormwater Management Measures", Proceedings of a NATO-Advanced research Workshop "Coping with Floods: Lessons Learned from Recent Experiences", Czech Republic

Slipper, E. (1993): "The integrates approach to Catchment-Wide Pollution Management", Integrated Stormwater management, Field, R. (Hrsg.), Lewis Publishers, Boca Raton

Sommer, H.; Engel, N.; Rehfeld-Klein, M. & Sieker, F. (2002): "Messtechnische Untersuchungen zur Funktion eines Mulden-Rigolen-Systems", GWF-Wasser/Abwasser, 143. Jahrgang, Heft 12

StGB (1998): "Strafgesetzbuch (StGB)"

StUA (2000): Pegel- und Abflussdaten der Messstation 4415 „Gut Mönkhof“ im Niemarker Landgraben von 04.06.1997 bis 28.09.2000; Staatliches Umweltamt Itzehoe

SWG (1998): "Saarländisches Wassergesetz"

ThürAbwAG (2001): "Thüringer Abwasserabgabengesetz"

TPG (2001): Landschaftspflegerischer Begleitplan zu den geplanten wasserwirtschaftlichen Maßnahmen; Landschaftsarchitekten Trüper Gondesen Partner, Lübeck, im Auftrag der HEG

TrinkwV 2001 (2001): "Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch"

UAG (1995): "Gesetz zur Ausführung der Verordnung (EWG) Nr. 1836/93 des Rates vom 29. Juni 1993 über die freiwillige Beteiligung gewerblicher Unternehmen an einem Gemeinschaftssystem für das Umweltmanagement und die Umweltbetriebsprüfung (Umweltauditgesetz - UAG)", Deutscher Taschenbuch Verlag / Beck-Texte im dtv (2001), S. 78

UIG (1994): "Umweltinformationsgesetz", Deutscher Taschenbuch Verlag / Beck-Texte im dtv (2000), S. 55

UmweltHG (1990): "Umwelthaftungsgesetz (UmweltHG)", Deutscher Taschenbuch Verlag / Beck-Texte im dtv (2001), S. 877

UVPG (1997): "Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG)", Deutscher Taschenbuch Verlag

Verworn, H.R. (1998): Die Anwendung von Kanalnetzmodellen in der Stadthydrologie, Habilitationsschrift am Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und landwirtschaftlichem Wasserbau, Universität Hannover, unveröffentlicht

Vollenweider, R.A. & Kerekes, J.J. (1980): Synthesis report. Cooperative Programme on monitoring of inland waters (Eutrophication control) Report prepared on behalf of Technical Bureau, Water Management Sector Group, OECD, Paris, 290 pp

VSA (1989): Genereller Entwässerungsplan, Richtlinie für die Bearbeitung und Honorierung, Verband Schweizerischer Abwasserfachleute

VwVwS (1999): "Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Wasserhaushaltsgesetz über die Einstufung wassergefährdender Stoffe in Wassergefährdungsklassen

Wassmann, H. (1986): Phosphoreinträge in den Tegeler See aus Niederschlag und Regenkanalisation und deren Bedeutung für die Sanierung. Diplomarbeit am FB Landschaftsentwicklung der TU Berlin, WaBoLu-Heft 2/86

Wassmann, H. (1996): "Der Weiße See - Sanierung eines innerstädtischen Badesegewässers", Wasser & Boden, 48. Jahrg. (Heft 8), S. 55-59

Wassmann, H. & Klein, G. (1994): Gutachten über den Einbau von Reinigungsanlagen für Niederschlagswasser an den Berliner Gewässern, Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes (seit dem 1.7.1994 Umweltbundesamt), IV B 3., im Auftrag der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Umweltschutz - Wasserbehörde

Wassmann, H.; Sieker, H. & Jannotta, M. (1997): Wasserwirtschaftliche Rahmenbedingungen für eine gewässer- und landschaftsverträgliche städtebauliche Entwicklung auf dem Barnim im Nordosten Berlins, Gutachten, im Auftrag der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Umweltschutz und Technologie, Berlin

WEKA (1999): Die neue Bauordnung im Bild (CD), WEKA MEDIA GmbH & Co. KG

Werner, U. & Pastor, W. (2002): VOB Verdingungsordnung für Bauleistungen/HOAI Honorarordnung für Architekten und Ingenieure, Beck-Texte, 21. Auflage, Deutscher Taschenbuch Verlag, München

WG-BW (1999): "Wassergesetz für Baden-Württemberg"

WHG (1996/2002): "Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (WHG), Wasserhaushaltsgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 12. November 1996, BGBl. I. S. 1695, zuletzt geändert durch Artikel 7 des Gesetzes zur Umsetzung der UVP-Richtlinie, der IVU-Richtlinie und weiterer EG-Richtlinien zum Umweltschutz vom 27. Juli 2001", BGBl. I, S. 1950

Wiesse, R. (2002): Regen(ab)wasserbewirtschaftung im Hochschulstadtteil Lübeck – Untersuchung des Bewirtschaftungskonzeptes in Bezug auf die geplante Erweiterung der Abwasserverordnung hinsichtlich der Abwasserart „Regenwasser“, Diplomarbeit an der FH Lübeck, FB Bauwesen

Wilcke, D. (1997): Schmutzfrachtmodellierung für das Trennsystem im Einzugsgebiet des Marzahn-Hohenschönhauser-Grenzgrabens unter besonderer Berücksichtigung dezentraler Regen(ab)wasserbewirtschaftungsmaßnahmen, Diplomarbeit, Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und landwirtschaftlichen Wasserbau, Universität Hannover

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, Wasserrahmenrichtlinie (WRRL)", Abl. EG Nr. L 327, S. 1

WVG (2002): "Gesetz über Wasser- und Bodenverbände"

Xanthopoulos, C. & Hahn, H.H. (1995): Schadstoffe im Regenabfluss III, 3. Präsentation eines BMFT-Verbundprojektes, Schriftenreihe des Instituts für Siedlungswasserwirtschaft der Universität Karlsruhe, Heft 73

ANHANG

Dokumentation von Fallbeispieluntersuchungen

Die zitierten Literatur- und Quellenbezüge sind Kapitel 6 des Hauptberichts zu entnehmen.

Inhaltsverzeichnis

1.	Neubaugebiet mit eigener Erlaubnis	7
1.1.	Dahlwitz-Hoppegarten	7
1.1.1.	Zielsetzung und Veranlassung des Vorhabens	7
1.1.2.	Vorteile der naturnahen, dezentralen Regen(ab)wasserbewirtschaftung	8
1.1.3.	Umsetzung des Konzeptes "Naturnahe Regen(ab)wasserbewirtschaftung": Anforderungen, Zwangspunkte, praktische Erfahrungen.....	9
1.1.3.1.	Kurzdarstellung.....	9
1.1.4.	Rechtliche Aspekte.....	11
1.1.5.	Planerische und Technische Durchführung	12
1.1.6.	Wasserhaushaltsuntersuchungen/Wasserbilanz	13
1.1.6.1.	Allgemeines / Kalibrierung.....	13
1.1.6.2.	Untersuchungsergebnisse.....	14
1.1.6.3.	Wasserbilanz / Vergleich mit dem natürlichen Zustand	16
1.1.7.	Zusammenfassung.....	16
1.2.	Chemnitz-Röhrsdorf.....	19
1.2.1.	Einleitung.....	19
1.2.2.	Arbeitsgrundlagen	19
1.2.3.	Untersuchungsgebiet	20
1.2.3.1.	Gebietsbeschreibung	20
1.2.3.2.	Topographie	22
1.2.3.3.	Geologie/Hydrogeologie.....	22
1.2.3.4.	Böden und Infiltrationsmessungen	23
1.2.3.5.	Hydrologische Randbedingungen	24
1.2.4.	Konzept zur naturnahen Regen(ab)wasserbewirtschaftung.....	25
1.2.4.1.	Allgemeines	25
1.2.4.2.	Beschreibung der Regen(ab)wasserbewirtschaftungskonzeption	26
1.2.4.3.	Bemessungsansätze	29
1.2.4.4.	Bemessung der Tiefbeet-Rigolen-Systeme	30
1.2.4.5.	Bemessung der Mulden-Rigolen-Systeme.....	31
1.2.5.	Wasserbilanzen.....	33
1.2.6.	Zusammenfassung.....	33
1.3.	Hochschulstandort Lübeck	36
1.3.1.	Darstellung der geplanten Regen(ab)wasserbewirtschaftung im Hochschul- stadtteil Lübeck	36
1.3.1.1.	Grundlagen und Randbedingungen	36
1.3.1.2.	Grundsätze und Zielsetzung der Entwässerungsplanung	45
1.3.1.3.	Ableitungssystem und Regenwasserbehandlung	46
1.3.1.4.	Versickerungsanlagen.....	48
1.3.2.	Überprüfung der Anforderungen an den Umgang mit Regenwasser	50
1.3.2.1.	Überprüfung der allgemeinen Entwicklungsziele	50
1.3.2.2.	Überprüfung der Anforderungen an das Regenwasser vor Ort	50
1.3.2.3.	Überprüfung der Anforderungen an das Regenwasser für das Einzugs- gebiet der Erlaubniserteilung.....	51
1.3.2.4.	Überprüfung der Anforderungen an das Regenwasser bei Einleitung in ein Oberflächengewässer.....	55

1.3.2.5.	Überprüfung der Anforderungen an das Regenwasser bei Einleitung in Boden und Grundwasser.....	60
1.3.2.6.	Bewertung der Überprüfung.....	61
1.3.3.	Technische Maßnahmen zur Einhaltung der Anforderungen an den Umgang mit Regenwasser.....	62
1.3.3.1.	Maßnahmen vor Ort und im Einzugsgebiet der Erlaubniserteilung	62
1.3.3.2.	Maßnahmen bei Einleitung in ein Oberflächengewässer.....	65
1.3.4.	Zusammenfassung.....	65
1.4.	Neubaugebiet Trennkanalisation– Berliner Nordostraum	67
1.4.1.	Problemstellung.....	67
1.4.2.	Gebietsbeschreibung	68
1.4.3.	Abflussspitzen	68
1.4.4.	Gewässerstrukturgüte	69
1.4.5.	Regen(ab)wasserbewirtschaftung in den Einzugsgebieten von Panke und Nordgraben	70
2.	Erweiterungsgebiet	73
2.1.	Hochschulstandort Lübeck (TS); Fallstudie Hochschulstadtteil Lübeck	73
2.1.1.	Darstellung der geplanten Regen(ab)wasserbewirtschaftung im Hochschulstadtteil Lübeck	73
2.1.2.	Überprüfung der Anforderungsebene „Einzugsgebiet der Erlaubniserteilung“	74
2.1.3.	Überprüfung der Anforderungsebene „Einleitung in Oberflächengewässer“	76
2.2.	Krankenhaus Friedrichshain	77
2.2.1.	Einleitung.....	77
2.2.2.	Planungsgebiet und Randbedingungen	78
2.2.3.	Regen(ab)wasserbewirtschaftung.....	79
2.2.4.	Kosten	84
2.2.5.	Einbindung in die Freiraumanlagenplanung	84
2.2.6.	Wasserbilanz.....	84
2.2.7.	Zusammenfassung.....	86
3.	Bestandsgebiet	87
3.1.	Flughafensee im Berliner Bezirk Reinickendorf.....	87
3.1.1.	Beschreibung	87
3.1.2.	Nutzung des Gewässers	88
3.1.3.	Einzugsgebiet – Flächen und Nutzung	88
3.1.4.	Belastungen und Gewässerzustand	89
3.1.5.	Eutrophierungsrisiko und gewässerverträgliches Einzugsgebiet.....	91
3.1.6.	Lösungsansätze	93
3.1.7.	Beispiel Flugplatz Tegel-Nord	94
3.1.8.	Beispiel Bundesautobahn	94
3.1.9.	Fazit.....	95

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Straßenbegleitendes Mulden-Rigolen-System	10
Abb. 2:	Mulden-Rigolen-System auf den Grundstücken der Investoren	10
Abb. 3:	Semizentrale Mulden zur Rückhaltung des Ablaufes von konventionell entwässerten Flächen 11	
Abb. 4:	Geplantes Gewerbegebiet „Wasserschänkegebiet“	21
Abb. 5:	Hydrologische Situation im Baugebiet	24
Abb. 6:	Gebirgsdurchlässigkeit des Planungsgebietes [LEHNERS (1999/2000)]	38
Abb. 7:	Lage und Ausbreitung des Geschiebemergelbeckens aus ITWH (1999)	39
Abb. 8:	Planungsgebiet Hochschulstadtteil Lübeck [ITWH (1999)]	43
Abb. 9:	Abflussbeschleunigungsfunktionen mit Jährlichkeiten zwischen $T = 0,5a$ bis $10a$ für den Pegel Lüttau	56
Abb. 10:	Einzugsgebiete und Gewässernetz des Nordostens von Berlin (Trennkanalisation)	67
Abb. 11:	Monatliche Abflussmittelwerte und Abflussspitzen der Panke im Bezirk Wedding	69
Abb. 12:	Eingangsbereich Krankenhaus im Friedrichshain mit Entwässerung über Mulde	78
Abb. 13:	Lageplan der Regenentwässerung mit angeschlossenen Flächen	80
Abb. 14:	Entwässerung von Hof- und Dachflächen über Mulden mit darunter liegenden Rigolen	81
Abb. 15:	Beispielschnitt für eine gepflasterte Rinne als Zuleitung zu einer Mulde	82
Abb. 16:	Ausführungsbeispiele für Zuläufe zu den Mulden	83
Abb. 17:	Übersicht Flughafensee und Einzugsgebiete (Trennkanalisation)	87
Abb. 18:	Tiefenprofile von Temperatur, Sauerstoffgehalt und SSI im Flughafensee am 22.5.2001	89
Abb. 19:	Tiefenprofile von Temperatur, Sauerstoffgehalt und Sauerstoffsättigungsindex im Hauptbecken des Flughafensees am 17.10.2001 im Vergleich zum 5.9.2001	90
Abb. 20:	Tiefenprofile von P_{ges} , Ammonium- und Nitrat-Stickstoff am 17.10.2001 im Hauptbecken des Flughafensees	90
Abb. 21:	Eutrophierungsrisiko und Flächengröße der angeschlossenen Einzugsgebiete	92
Abb. 22:	Stündliches Verkehrsaufkommen am Tunnel Flughafen Tegel (TFT) am 28.4.1999, Einfahrt Trogstrecke Richtung Süden	95

Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Im Rahmen des Projektes betrachtete Skalen	14
Tab. 2:	Wasserbilanz nach konventioneller Regenentwässerung	17
Tab. 3:	Wasserbilanz nach Regenentwässerung mit Regen(ab)wasserbewirtschaftung	18
Tab. 4:	Gesamtflächenbilanz	21
Tab. 5:	Abflussbildungsparameter	29
Tab. 6:	Ergebnisse der Bemessung des Tiefbeet-Rigolen-Systems	30
Tab. 7:	Ergebnisse der Bemessung des Mulden-Rigolen-Systems	31
Tab. 8:	Ergebnisse der Bemessung eines privaten Mulden-Rigolen-Systems	32
Tab. 9:	Wasserbilanz Gewerbegebiet Chemnitz Röhrsdorf	35
Tab. 10:	Gemessene Jahresmittelwerte für den Abfluss des Landgrabens bei Gut Mönkhof [STUA (2000)]	41
Tab. 11:	Befestigte Flächen der Teileinzugsgebiete nach ITWH (2001)	45
Tab. 12:	Prozentuale Flächenverteilung der Regen(ab)wasserentsorgung	53
Tab. 13:	Wasserbilanz für das natürliche und urbanisierte Einzugsgebiet des Hochschulstadtteils Lübeck	54
Tab. 14:	Befestigte Fläche der Teileinzugsgebiete für das vorgeschlagene Bewirtschaftungskonzept	63

Tab. 15: Wasserbilanz für das natürliche und urbanisierte Einzugsgebiet des Hochschulstadtteils Lübeck – verbesserter Konzeptvorschlag	64
Tab. 16: Prozentuale Flächenverteilung für die Regen(ab)wasserentsorgung bei Ankopplung an die bestehende Trennkanalisation	75
Tab. 17: Wasserbilanz für das natürliche und urbanisierte Einzugsgebiet des Hochschulstadtteils Lübeck bei Ankopplung an die bestehende Trennkanalisation	76
Tab. 18: Wasserbilanz Regen(ab)wasserbewirtschaftung Krankenhaus im Friedrichshain	85
Tab. 19: Teileinzugsgebiet des Flughafensees mit (kanalisierten) Flächen und Flächenanteilen	89

1. Neubaugebiet mit eigener Erlaubnis

1.1. Dahlwitz-Hoppegarten

1.1.1. Zielsetzung und Veranlassung des Vorhabens

Aufbauend auf den ersten Ergebnissen der Pilotuntersuchungen von 1990 und 1992 in Gelsenkirchen (IBA Emscherpark-Projekt) und in Schönow (Projekt Deutsche Bundesstiftung Umwelt) hatte sich die Gemeinde Dahlwitz-Hoppegarten 1993 entschlossen, die Regenentwässerung ihres Gewerbegebietes im Zuge der weiteren Entwicklung über kombinierte, naturnahe Regen(ab)wasserbewirtschaftungsanlagen umzusetzen, insbesondere in Form vernetzter Mulden-Rigolen-Systeme.

In diesem Zusammenhang wurde das UBA-Demonstrationsvorhaben „Investitionen zur Verminderung von Umweltbelastungen im Bereich Wasserreinhaltung“ beantragt und bewilligt.

Das Gesamtprojekt gliederte sich in 5 Teilvorhaben:

- Teilvorhaben 1 bis 4: Investitionen Regen(ab)wasserbewirtschaftung Teilgebiete Gewerbegebiet und Wohngebiet „Obere Bergstraße“
- Teilvorhaben 5: Erfolgskontrolle, wissenschaftl. - techn. Aufgabenstellung; wissenschaftl. - techn. Begleitung der Planungs- und Realisierungsprozesse

Im Rahmen des Teilvorhabens 5 wurden von 1994 bis 1996 verschiedenskalige Wasserhaushaltsuntersuchungen mit der Zielstellung durchgeführt, ausgehend von der kleinräumigen Betrachtung von Gewerbegebiets-Teilflächen über das gesamte Gewerbegebiet zum Gesamteinzugsgebiet des tangierenden Fließgewässersystems, die Auswirkungen der Naturnahen Regen(ab)wasserbewirtschaftung auf den Wasserhaushalt zu untersuchen.

Im Zuge der sukzessiven Erschließung und Besiedlung des Gewerbegebietes ergab sich die Notwendigkeit, die inhaltliche Orientierung des Teilvorhabens 5 auf folgende Schwerpunkte erweitert:

- Einfahren und Optimierung der fertig gestellten Regenwassersysteme; Kalibrierung des für die Anlagenbemessung entwickelten hydrologischen Modells und Optimierung der noch zu errichtenden Anlagensysteme

- Bewirtschaftung/Pflege und Wartung der Regen(ab)wasserbewirtschaftungsanlagen als Bestandteil der öffentlichen und privaten Erschließungsanlagen
- Regenwasser-Satzung bezüglich dauerhafter rechtlicher Durchsetzung der an private Grundstücke mit der Umsetzung des Gesamtkonzeptes Regen(ab)wasserbewirtschaftung gestellten Anforderungen und Zwangspunkte

1.1.2. Vorteile der naturnahen, dezentralen Regen(ab)wasserbewirtschaftung

- Trotz der vergleichsweise geringen Wasserdurchlässigkeit des Untergrundes werden 60 bis 80 % des von den versiegelten Flächen ablaufenden Regenwassers verdunstet und versickert. Damit bleibt der überwiegende Niederschlagsanteil dem kleinräumigen Wasserhaushalt – einschließlich Grundwasserneubildung – erhalten.
- Der überschüssige, nicht versickerbare Niederschlagsanteil wird gedrosselt und zeitlich verzögert abgeleitet, d.h. die Ablaufspitze des M-R-Abflusses erfolgt zeitlich versetzt zur Ablaufspitze der vorhandenen R-Kanäle des Altgebietes.
- Die genehmigten Einleitmengen in die natürliche Vorflut "Wernergraben" werden nicht überschritten.
- Durch den zeitlich verzögerten und lang abklingenden, gedrosselten Abfluss werden die Niedrigwasserführung des Wernergrabens erhöht und dessen Renaturierungsvoraussetzungen verbessert.
- Der temporären, lokal auftretenden Schichtenwasserbildung wird entgegengewirkt. Die untereinander vernetzten M-R-Systeme wirken verteilend (aufstauendes Wasser wird Teilbereichen mit günstigeren Versickerungseigenschaften zugeführt) und dränierend (oberflächennahes Grundwasser wird gefasst und abgeleitet).
- Weitestgehende biologische Reinigung des Niederschlagsabflusses durch die Mutterbodenpassage der Sickermulden
- Geringere Investitionskosten
- Neben den Gesamtkosten bezieht sich dieser Vorteil auch auf die vorzuhaltenden Aufwendungen im Verlaufe der Erschließung. Während eine zentrale Regenwasserrückhaltung (auch für die noch nicht verkauften Gewerbegrundstücke) durch den Erschließungsträger vorzufinanzieren wäre, werden die grundstückseigenen M-R-Systeme direkt durch den Privatinvestor erstellt. Der Bau der öffentlichen M-R-Systeme erfolgt ebenfalls sukzessive im Zusammenhang mit der verkehrstechnischen Erschließung – keine Finanzierung von Regenwasserbehandlungsanlagen für noch nicht gebaute Straßen.

1.1.3. Umsetzung des Konzeptes “Naturnahe Regen(ab)wasserbewirtschaftung”: Anforderungen, Zwangspunkte, praktische Erfahrungen

1.1.3.1. Kurzdarstellung

Ausgangssituation

Als Vorflut der in 1995 geplanten Gewerbegebiets-Erweiterung dient der Wernergraben, ein kleiner Fließgraben, der im Gebiet Berlin-Kaulsdorf/Hellersdorf entspringt. Vom Gewerbegebiet her dürfen dem Graben maximal 400 l/s (24 m³/min) zugeleitet werden. Diese Einleitmenge war bereits mit der vorhandenen Bebauung zu ca. 80 % ausgeschöpft. Die Bodenstruktur des Gewerbegebietes wird durch den für die Barnim-Hochfläche charakteristischen “Geschiebemergel” charakterisiert. Seine geringen Wasserdurchlässigkeitswerte und das temporär auftretende Schichtenwasser lassen keine ausschließlich natürliche Versickerung zu.

Problemlösung

Auf der Grundlage eines Projektvergleiches “Regen(ab)wasserableitung mit zentraler Rückhaltung” und “Dezentrale Versickerung mit gedrosselter Ableitung” entschied sich der Erschließungsträger für die dezentrale, naturnah gestaltete Lösung. Diese beinhaltet:

- straßenbegleitende Mulden-Rigolen-(M-R)-Systeme im öffentlichen Bereich
- private Mulden bzw. M-R-Systeme auf den einzelnen Investorengrundstücken
- gedrosselte Ableitung des nicht versickerbaren Regenwasseranteiles aus diesen Anlagen in die öffentliche R-Kanalisation
- Semizentrale Versickerungsmulden innerhalb öffentlicher Parkanlagen. In diese Mulden werden eingeleitet:
 - die in R-Kanälen gesammelten Abläufe des bereits bestehenden, konventionell entwässerten Gewerbe-Teilgebietes
 - die Drosselabflüsse aus den M-R-Anlagen der Neuerschließung



Abb. 1: *Straßenbegleitendes Mulden-Rigolen-System*



Abb. 2: *Mulden-Rigolen-System auf den Grundstücken der Investoren*



Abb. 3: *Semizentrale Mulden zur Rückhaltung des Ablaufes von konventionell entwässerten Flächen*

1.1.4. Rechtliche Aspekte

Bebauungsplanung und Umweltrecht

Die oberirdischen Anlagenteile des Mulden-Rigolen-Systems beanspruchen Fläche – insofern ist die Festsetzung eines solchen Systems im Bebauungsplan unabdingbare Voraussetzung für dessen Realisierbarkeit. Darüber hinaus können im B-Plan die Festsetzungen hinsichtlich der Flächenbereitstellung mit den Maßnahmen der Eingriffs-Ausgleichs-Regelung verknüpft werden, die das Bundesnaturschutzgesetz vorsieht.

Entsprechende Textbeispiele werden aufgeführt.

Gemeindesatzung

Des weiteren wird erläutert, welcher konkrete Regelungsbedarf sich für die gemeindliche Entwässerungssatzung ergibt, wenn das auf privaten Grundstücken anfallende Niederschlagswasser dort rückgehalten und vollständig oder teilweise versickert werden soll.

Im Rahmen dieses Projektes wurde eine „Satzung über die naturnahe Bewirtschaftung des Niederschlagswassers in der Gemeinde Dahlwitz-Hoppegarten“ erarbeitet. Die Satzung wurde inzwischen von der Gemeindevertretung beschlossen.

Bauordnungsrecht

Die Entwässerungsplanung ist Teil des privaten Bauantrages. Als Leitfaden für die Investoren bzw. deren Architekten wurde ein „Merkblatt für die Regen(ab)wasserbewirtschaftung“ auf Privatgrundstücken erstellt. Die Planunterlagen sind als Bestandteil eines ebenfalls erarbeiteten „Entwässerungsantrages“ beim Bauamt einzureichen.

1.1.5. Planerische und Technische Durchführung

Seit 1994 befasst sich die Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Dr.-Ing. Rudolph & Partner mbH mit der Planung und Bauleitung öffentlicher und privater Entwässerungsanlagen in der Gewerbegebietserweiterung Dahlwitz-Hoppegarten. Der aus dieser Arbeit resultierende „Erfahrungsschatz“ wird zusammengefasst und mit Fallbeispielen untersetzt.

Die Abstimmungszwänge zwischen Bauherren, Architekten und Außenflächengestalter sowie den Entwässerungsplanern werden dargestellt.

Der Bericht befasst sich eingehend mit den für die Planung von Sickeranlagen entscheidenden, natürlichen Randbedingungen:

- (Frei-) Flächenverfügbarkeit
- Topografie
- Wasserdurchlässigkeit des anstehenden Bodens
- Max. Grundwasserstand / Schichtenwasser

Erfahrungen mit den bei Sickeranlagen verwendeten Baumaterialien beziehen sich auf

- Mutterboden der Mulden
- Saatgut
- für Rigolen eingesetzten Füllstoffe und Geotextilien

- Rohrleitungen und Schächte.

Da sich die im Tiefbau üblichen Standard-Leistungstexte nur bedingt zur Ausschreibung naturnaher Entwässerungsanlagen eignen, wurden entsprechende Leistungsbeschreibungen entwickelt.

Hinsichtlich der Pflege und Unterhaltung komplexer Regen(ab)wasserbewirtschaftungssysteme lagen ebenfalls nur unzureichende Erfahrungen vor. Dementsprechend wurde ein "Genereller Pflegeplan" für die öffentlichen Erschließungsanlagen im Gewerbegebiet Dahlwitz-Hoppegarten erarbeitet (öffentliche Verkehrsflächen und Grünanlagen; Kanäle und Mulden-Rigolen-Anlagen).

Für den Pflegeplan selbst wurde ein Leistungsverzeichnis erstellt. Das LV ist strukturiert nach

- Inspektionsleistungen
- allgemeine Pflegemaßnahmen (wiederkehrende Reinigung, Mahd usw.)
- besondere Pflegemaßnahmen (im Ergebnis der Inspektionsleistungen)

Die bisherigen Erfahrungen im Hinblick auf die Betriebssicherheit von Mulden-Rigolen-Systemen sowie die Kontrollmessungen zur Überprüfung der eingangs erfolgten Langzeitsimulation sind in zusammengefasster Form dargestellt.

1.1.6. Wasserhaushaltsuntersuchungen/Wasserbilanz

1.1.6.1. Allgemeines / Kalibrierung

Ein wesentlicher Vorteil von naturnahen Entwässerungssystemen gegenüber konventionellen Ableitungssystemen besteht in der positiven Wirkung auf den Wasserhaushalt, insbesondere in der starken Dämpfung der Abflussspitzen. Im Rahmen des Forschungsprojektes sollten diese Effekte mittels modelltechnischer Untersuchungen quantifiziert werden. Aufgrund der Dezentralität der Maßnahmen sind dazu verschiedene Skalenebenen zu betrachten (Tab. 1).

Tab. 1: Im Rahmen des Projektes betrachtete Skalen

Betrachtetes Gebiet	Gebietsgröße	Typische Elementabmessung
Grundstück (z.B. UPS)	3 ha	Versickerungsmulde: 100 m ²
Gewerbegebiet (Dahlwitz-Hoppegarten)	160 ha	Einzelgrundstück: 2 ha
Kleineres Einzugsgebiet (Wernergraben)	5 km ²	Gewerbegebiet: 100 ha
Größeres Einzugsgebiet (Mühlenfließ)	200 km ²	Ortschaft, Waldgebiet: 5 km ²

1.1.6.2. Untersuchungsergebnisse

Wasserhaushalt auf Grundstücksebene

Als kleinste Skalenebene wurde ein einzelnes Grundstück im Gewerbegebiet Dahlwitz-Hoppegarten betrachtet (Firma UPS, 30.000 m²), dessen Niederschlagsabflüsse komplett mit einem Mulden-Rigolen-System bewirtschaftet werden. Umfangreiche Wasserstandsmessungen dienten als Basis für eine Modellkalibrierung (Modell MURISIM) [IPS (2001)]. Mit dem Modell wurden Langzeitsimulationen durchgeführt, die zeigen, dass trotz der relativ schlechten Versickerungsfähigkeit des anstehenden Bodens (Geschiebelehm) im langjährigen Mittel ein erstaunlich hoher Versickerungsanteil von ca. 60 % erzielt werden kann. Weiterhin konnte gezeigt werden, dass mit dem Mulden-Rigolen-System die Bildung von Schichtenwasser beeinflusst werden kann.

Wasserhaushalt des Gewerbegebietes Dahlwitz-Hoppegarten

Als nächstgrößere Skalenebene wurde das gesamte Entwässerungssystem des Gewerbegebietes Dahlwitz-Hoppegarten betrachtet. Auch hier lieferten umfangreiche Messungen an insgesamt acht Messstellen die Grundlage für ein geeichtes Modell (MURISIM/STORM), [IPS (2001)], [IPS (2002)]. Die Berechnungen zeigen eine Nachbildung des Abflussverhaltens auch komplexer Systeme von dezentralen Elementen. Außerdem konnte mit dem kalibrierten Modell gezeigt werden, dass das tatsächliche Systemverhalten den vorgegebenen Bemessungsansätzen weitestgehend entspricht. Die im Vergleich zu einem konventionellen System deutlich bessere Wasserbilanz wurde bestätigt.

Einzugsgebiet des Wernergrabens

Der Wernergraben als kleines Nebengewässer des Neuenhagener Mühlenfließes stellt für das Gewerbegebiet Dahlwitz-Hoppegarten den Vorfluter dar. Auch auf dieser Skalenebene konnte durch Modellrechnungen gezeigt werden, dass trotz der hohen Versiegelung ein weitgehend naturnaher Wasserhaushalt durch naturnahe Regen(ab)wasserbewirtschaftung erreicht werden kann. Deutlich wurde allerdings auch, dass die Abflussverhältnisse aufgrund von außerhalb des Gewerbegebietes gelegenen versiegelten Flächen ohne Rückhaltemaßnahmen (Wohnbebauung auf Berliner Gebiet, Straßenentwässerung B1) erheblich gestört werden. Mit den im Rahmen von Ausgleichsmaßnahmen errichteten Flutmulden konnten hier die Abflüsse bis zu einem HQ20 auf ein natürliches Maß gedrosselt werden.

Großräumige Untersuchungen am Einzugsgebiet des Neuenhagener Mühlenfließes

Als größte Skalenebene wurde das Einzugsgebiet des Neuenhagener Mühlenfließ untersucht. Die Gesamtfläche beträgt 160 km². Das Einzugsgebiet ist geprägt durch eine überwiegend land- und forstwirtschaftliche Nutzung, Siedlungsgebiete existieren nur vereinzelt und haben größtenteils eine offene Bebauung. Regenwasserkanäle sind nur vereinzelt vorhanden. Für die Zukunft ist allerdings von einem starken Siedlungsdruck im Berliner Umland auszugehen.

Mit verschiedenen N-A-Modellen (FLUTER, HYSTEM-EXTRAN, MIKE-SHE) wurde das Abflussgeschehen untersucht. Dabei ergab sich, dass nur komplexe Wasserhaushaltsmodelle in der Lage sind, den großen Gebietsrückhalt des Einzugsgebietes richtig abzubilden. Die Retentionswirkung von dezentralen Regen(ab)wasserbewirtschaftungsmaßnahmen bei einzelnen Starkregenereignissen lässt sich damit relativ gut quantifizieren.

Die Modellrechnungen haben gezeigt, dass das Einzugsgebiet Neuenhagener Mühlenfließ bereits jetzt in Teilen einen deutlichen urbanen Einfluss aufweist. Im Vergleich zu anderen Gewässern im Umfeld von Großstädten kann allerdings immer noch von einem weitgehend intakten Wasserhaushalt ausgegangen werden.

Die zukünftige Entwicklung im Großraum Berlin gebietet ein vorausschauendes wasserwirtschaftliches Handeln. Bei zukünftigen Erschließungsvorhaben sollte eine mög-

lichst weitgehende Beibehaltung des natürlichen Zustandes angestrebt werden. Dass dies möglich ist, wurde im Gewerbegebiet Dahlwitz-Hoppegarten demonstriert.

1.1.6.3. Wasserbilanz / Vergleich mit dem natürlichen Zustand

Mit Hilfe des einfachen Ansatzes eines Wasserbilanzvergleiches für eine konventionelle Planung und einer Planung mit Regen(ab)wasserbewirtschaftung mit dem natürlichen Zustand lassen sich folgende Bilanzen darstellen (Tab. 2, Tab. 3).

Vergleicht man beide Wasserbilanzen, so wird deutlich, dass der Abflussanteil bei konventioneller Planung mit fast 52 % den Anteil im natürlichen Zustand um 40 % übersteigt. Die Anteile der Verdunstung bzw. der Versickerung liegen um 15 % bzw. 30 % unter denen des natürlichen Zustandes.

Durch die Regen(ab)wasserbewirtschaftung wird der Anteil, trotz kompletter Ableitung von immerhin noch 25 % der bebauten Fläche, auf ca. 27 % verringert, liegt mit 19 % aber noch über dem natürlichen Zustand. Die Zielgröße von 10 % Abweichung konnte damit nicht ganz erreicht werden.

Dagegen wurden durch die Regen(ab)wasserbewirtschaftung die Versickerungs- und Verdunstungsanteile innerhalb des Toleranzbereiches von 10 % gebracht.

1.1.7. Zusammenfassung

Durch das dargestellte Projekt im Gewerbegebiet Dahlwitz-Hoppegarten konnte gezeigt werden, dass durch die Planung und Realisierung von Maßnahmen zur Regen(ab)wasserbewirtschaftung die für den natürlichen Wasserhaushalt wichtigen Pfade Versickerung und Verdunstung deutlich erhöht werden.

Die durch die Simulation auf verschiedenen Skalenebenen Grundstück, Gewerbegebiet, Vorfluter 1. und 2. Ordnung gewonnenen Daten konnten durch Abflussmessungen verifiziert werden. Der Einfluss von Maßnahmen der Regen(ab)wasserbewirtschaftung wirkt sich auf allen Ebenen positiv aus.

Gerade in einem Einzugsgebiet im näheren Umland Berlins mit reger Bautätigkeit müssen die wasserwirtschaftlichen Belange frühzeitig in der Planung berücksichtigt werden, um einer Abflussverschärfung in den kleinen Vorflutern vorzubeugen.

Tab. 2: Wasserbilanz nach konventioneller Regenentwässerung

Bezeichnung des Baugebietes	Gewerbegebiet Dahlwitz-Hoppegarten				
Ort des Baugebietes	Berlin				
Variante	Planung konventionell				
Größe	100	Ha			
Nutzung	Gewerbe- und Industriegebiet				
Versiegelung	80 %				
Bodenart	Mergel				
Mittl. Geländegefälle	2 %				
Grundwasserabstand	20	M			
Natürliche Wasserbilanz	mm/a	%			
Jährliche Niederschlagshöhe	511	100,0 %			
Verdunstung	283,094	55,4 %			
Oberflächenabfluss	38,325	7,5 %			
Versickerung	189,581	37,1 %			
Fehler	0	0,0 %			
Wasserbilanz nach Bebauung	Flächenanteil	Absolut			
		Verdunst.	Oberfl.	Versick.	Fehler
Unbebaute Fläche	20 %	55 %	8 %	37 %	0 %
Bebaute Fläche	80 %	37 %	63 %	0 %	0 %
Abgeleitet	80 %	37 %	63 %	0 %	0 %
versickert MRS	0 %	45 %	21 %	34 %	0 %
Dachbegrünung	0 %	69 %	1 %	30 %	0 %
Regenwassernutzung + Vers.	0 %	33 %	65 %	2 %	0 %
Ingesamt	100 %	41 %	52 %	7 %	0 %
Vergleich	Natürlich	Bebaut	Abweichung		
Jährliche Niederschlagshöhe	100,0 %	100,0 %	0 %		
Verdunstung	55,4 %	40,7 %	-15 %		
Abfluss	7,5 %	51,9 %	44 %		
Versickerung	37,1 %	7,4 %	-30 %		

Tab. 3: Wasserbilanz nach Regenentwässerung mit Regen(ab)wasserbewirtschaftung

Bezeichnung des Baugebietes	Gewerbegebiet Dahlwitz-Hoppegarten				
Ort des Baugebietes	Berlin				
Variante	Planung Regen(ab)wasserbewirtschaftung				
Größe	100	Ha			
Nutzung	Gewerbe- und Industriegebiet				
Versiegelung	80 %				
Bodenart	Mergel				
mittl. Geländegefälle	2 %				
Grundwasserabstand	20	M			
Natürliche Wasserbilanz	mm/a	%			
Jährliche Niederschlagshöhe	511	100,0 %			
Verdunstung	283,094	55,4 %			
Oberflächenabfluss	38,325	7,5 %			
Versickerung	189,581	37,1 %			
Fehler	0	0,0 %			
Wasserbilanz nach Bebauung	Flächenanteil	Absolut			
		Verdunst.	Oberfl.	Versick.	Fehler
Unbebaute Fläche	20 %	55 %	8 %	37 %	0 %
Bebaute Fläche	80 %	43 %	32 %	26 %	0 %
Abgeleitet	20 %	37 %	63 %	0 %	0 %
versickert MRS	60 %	45 %	21 %	34 %	0 %
Dachbegrünung	0 %	69 %	1 %	30 %	0 %
Regenwassernutzung + Vers.	0 %	33 %	65 %	2 %	0 %
Ingesamt	100 %	45 %	27 %	28 %	0 %
Vergleich	Natürlich	Bebaut	Abweichung		
Jährliche Niederschlagshöhe	100,0 %	100,0 %	0 %		
Verdunstung	55,4 %	45,5 %	-10 %		
Abfluss	7,5 %	26,7 %	19 %		
Versickerung	37,1 %	27,8 %	- 9 %		

1.2. Chemnitz-Röhrsdorf

1.2.1. Einleitung

Die Stadt Chemnitz beabsichtigt im Ortsteil Röhrsdorf, an der Leipziger Straße (B95) gelegen, das Industrie- und Gewerbegebiet „Wasserschänkegebiet“ zu errichten. Für das Baugebiet liegt ein Bebauungsplanentwurf (B-Plan Nr. 97/106) vor. Das Gebiet umfasst 55,46 ha. Die reduzierte Fläche A_{red} beträgt 42,95 ha. Zur Zeit wird die überwiegende Fläche landwirtschaftlich genutzt. Teilbereiche im Westen werden bewohnt und privat genutzt, zum Teil soll die jetzige Nutzung beibehalten werden (Mischgebiet).

Basierend auf den Bebauungsplanfestsetzungen (Verkehrsflächen, überbaubare Grundstücksflächen) wird eine Entwurfsplanung zur naturnahen Regen(ab)wasserbewirtschaftung sowie zur Schmutzwasserentsorgung entwickelt. Unter anderem werden folgende Einflussfaktoren bei der Planung der naturnahen Regen(ab)wasserbewirtschaftung berücksichtigt:

- Topographie
- Niederschlagsverhältnisse
- Geologie/ Hydrogeologie
- Hydrologische Randbedingungen (Vorflutsituation)
- Geplante Bebauung bzw. Nutzung
- Geplante Straßenquerschnitte
- Rechtliche Rahmenbedingungen

Die Anlagen zur naturnahen Regen(ab)wasserbewirtschaftung werden gemäß ATV–Arbeitsblatt A138 vordimensioniert. Die Leistungsfähigkeit wird mittels Langzeitkontinuumsimulation (MURISIM 4.0, [IPS (2001)]) nachgewiesen. Schmutz- und Regenwasserkanal werden nach ATV A 118 sowie DIN EN 1610 dimensioniert und verlegt.

1.2.2. Arbeitsgrundlagen

Folgende Arbeitsgrundlagen wurden zur Projektbearbeitung zur Verfügung gestellt:

- digitaler Lageplan

- Regelquerschnitte der Planstraßen
- Baugrundgutachten
- Grünordnungsplan zum Bebauungsplan Nr. 97/106
- Ergebnisse der Grundlagenermittlung einer klassischen Entwässerungsvariante
- Entwurfs- und Genehmigungsplanung Schmutz- und Regenwasser (digital)
- Höhenplan (digital)
- Höhenplan Planstraße 1(digital)
- Flächennutzungsplan der Stadt Chemnitz, Beiplan B 3.1
- Flächennutzungsplan der Stadt Chemnitz, Beiplan B 3.3
- Topografische Karte 5143 (Chemnitz, 1:25000)
- Geologische Karte 5143 (Chemnitz, 1:25 000)
- Hydrogeologische Karte der DDR 1307-1/2 (1:50 000), Karte der Hydroisohypsen
- Hydrogeologische Grundkarte der DDR 1307-1/2 (1:50 000)

1.2.3. Untersuchungsgebiet

1.2.3.1. Gebietsbeschreibung

Das geplante Industrie- und Gewerbegebiet „Wasserschänkengebiet“ liegt nördlich des Ortsteils Röhrsdorf am Stadtrand von Chemnitz (Abb. 4). Die Größe des zukünftigen Gewerbegebietes beträgt ca. 55,46 ha inklusive öffentlichem Straßenland und Straßenbegleitgrün. Die Gesamtfläche des Planungsgebietes inklusive Ausgleichs- und Straßenflächen beträgt ca. 81,4 ha (Tab. 4). Das Untersuchungsgebiet erstreckt sich entlang der Leipziger Straße (B95) mit einer Breite von ca. 600 m am südöstlichen Ende und ca. 400 m am nordwestlichen Zipfel. Im Westen wird es von der Oberen Hauptstraße begrenzt. Damaschkeweg und Röhrsdorfer Weg bilden die nördlichen Verbindungsachsen zur Steinbruchsiedlung und nach Wittgensdorf (Abb. 4). Das Gelände fällt von Westen nach Osten mit wechselnder Hangneigung (0 % bis 4 %).

Im Bebauungsplan Nr.97/106 verläuft die Planstraße 1 parallel geschwungen zur B95 und teilt das zukünftige Gewerbegebiet in ungleich große zwei Teile. Bisher wird das Gelände landwirtschaftlich genutzt. Nur im südwestlichsten Teil, an der B95 befinden

sich einzelne Wohnhäuser und eine Gewerbefläche, im südöstlichen Teil, an der B95 liegt ein weiteres Einzelgehöft. Ansonsten ist das Gelände frei von Bebauung.

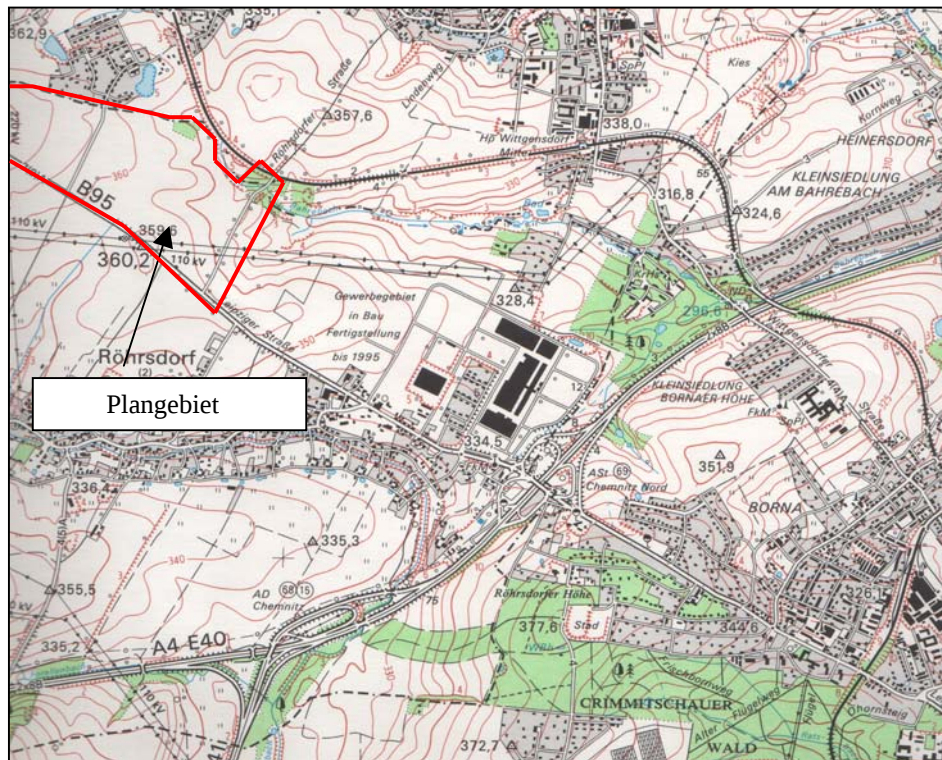


Abb. 4: Geplantes Gewerbegebiet „Wasserschänkegebiet“

Tab. 4: Gesamtflächenbilanz

Gebiet	Fläche [ha]	versiegelte Fläche (A _{red}) [ha]
Private Grundstücke	49,96	39,70
Öffentliches Straßenland	3,06	2,75
Gesamtfläche öffentlich und privat	53,02	42,45
Gesamtgröße der Ausgleichsflächen	28,38	0
Gesamtgröße des Plangebietes	81,4	42,45

1.2.3.2. Topographie

Aus dem Flächennutzungsplan der Stadt Chemnitz, Beiplan B3.1 Naturräumliche Strukturen, Topographische Bedingungen ist zu erkennen, dass sich das geplante Gewerbegebiet im Röhrsdorfer Schieferhügelland befindet. Das Gelände ist sanft gewellt. Von Westen nach Osten fällt das Gelände mit wechselnden Hangneigungen von 0 bis 4 %. Die höchste Erhebung im äußersten Westen des Planungsgebietes beträgt ca. 378 m ü. NN, die niedrigste Situation befindet sich im Nordosten des Planungsgebietes und beträgt 334 m ü. NN. Parallel zur Leipziger Straße befinden sich Hügelkuppen mit Plateauhöhen von 360 – 370 m ü. NN. Signifikant für das gesamte Planungsgebiet sind die sich von Osten nach Westen einschneidenden flachen Täler.

1.2.3.3. Geologie/Hydrogeologie

Neben Kartenmaterial wurde zur Einschätzung der geologischen und bodenkundlichen Situation ein Baugrundgutachten berücksichtigt. Zusammenfassend lassen sich bezogen auf eine naturnahe Regen(ab)wasserbewirtschaftung folgende Aussagen machen:

Nach Aussagen des Grünordnungsplanes zum Bebauungsplan besteht der geologische Untergrund überwiegend aus Granulit, der im Bereich der Wasserschänke bis an die Oberfläche trifft. Im östlichen Bereich wird der Granulit durch weitere metamorphe Gesteine ummantelt (Biotitgneis, Feldspatglimmerschiefer, Quarzit). Diese Gesteine werden in den überwiegend größten Bereichen durch jüngere Sedimente des Quartärs überdeckt (diluvialer Gehängelehm, Lößlehm der Höhen und Gehänge).

Überlagert wird die nachporphyrische Stufe vom Gehängelehm, der z.T. mehrere Meter mächtig wird. Entsprechend seiner Mächtigkeit und den Ablagerungsprozessen des Lehms ist dieser mit Material der Steinkohleformation vermengt. Die Bodenart innerhalb des Lehms wechselt je nach Standort und Tiefe.

Um Bewirtschaftungsanlagen ohne bautechnische Probleme anlegen zu können, sollte die Lockergesteinsmächtigkeit des anstehenden Bodens ca. 2 m betragen. Die geologische Karte weist für den größten Bereich einen mindestens 2 m mächtigen Gehängelehm aus. Innerhalb dieses Lehms wechselt die Lagerungsdichte stark. Angrenzende Gebiete werden bereits als obere Steinkohleformation ohne Lehmauflage definiert.

Zur Versickerungsfähigkeit der Steinkohleformation können keine Aussagen anhand der durchgeführten Bohrungen getroffen werden. Sämtliche Schlitzsondierungen und Versickerungsversuche erfolgten im Lehm. Die hydrogeologische Karte spricht von einem sehr guten Kluftgrundwasserleiter. Dementsprechend ist bei einer Regen(ab)wasserbewirtschaftung mit max. Versickerung in den Untergrund auch mit einer Versickerung in tiefere Schichten zu rechnen. Versickerung in den tiefen Grundwasserleiter durch dezentrale Maßnahmen sind wünschenswert, um die durch die Bebauung bedingte Abminderung der Grundwasserneubildung möglichst gering zu halten.

Zwischen aufliegendem Lehm und anstehendem Festgestein ist eine verzögerte Versickerung aufgrund der Änderung der Bodenart möglich. Es kann zu Schichtenwasserbildung und Zwischenabfluss (Interflow) kommen. Schichtenwasser wird jedoch von den Mulden-Rigolen-Systemen und Tiefbeet-Rigolen mitbewirtschaftet.

1.2.3.4. Böden und Infiltrationsmessungen

Als Grundlage zur Beurteilung der Böden wurden neben der geologischen Karte (Geol. Karte 5143, Chemnitz, 1:25.000) der Grünordnungsplan zum Bebauungsplan Nr. 97/106 sowie ein Bodengutachten herangezogen

Der dominierende Bodentyp im Untersuchungsgebiet ist der Pseudogley (Stau- oder Schichtenwasserboden). Das charakteristische Merkmal dieses Bodentyps ist der Wechsel von Trockenheit und Staunässe. Die Staunässe wird durch einen Wechsel der Bodenart oder eine Veränderung der Lagerungsdichte innerhalb des Bodenprofils hervorgerufen.

Nach dem Grünordnungsplan ist neben dem Pseudogley auch die Parabraunerde ein prägender Bodentyp des Gebietes. Dieser entwickelt sich oft auf Löß- und Geschiebelehmstandorten. Hier ist die Tonverlagerung vom Oberboden (A Horizont) in den Unterboden (B-Horizont) das charakteristische Merkmal des Bodentyps. Aus Parabraunerden können sich auch Pseudogleye entwickeln, wenn die Tonverdichtung im Unterboden so groß wird, dass sie Auswirkungen auf die Infiltrationsfähigkeit hat.

Die einheitlichen geologischen und bodenkundlichen Ausgangsbedingungen im Untersuchungsgebiet und die ungünstigen Versickerungsbedingungen lassen den Schluss zu, dass es im gesamten Baugebiet zu Staunässe kommen kann. Eine reine Versicke-

ung ohne Speicherung und gedrosselter Ableitung an einen Vorfluter oder Kanal wird nicht empfohlen. Vielmehr ist zumindest eine teilweise (gedrosselte) Ableitung der nicht versickerbaren Abflüsse erforderlich. Dies wird in den folgenden Kapiteln zur Konzeption der naturnahen Regen(ab)wasserbewirtschaftung berücksichtigt.

1.2.3.5. Hydrologische Randbedingungen

Das Wasserschänkengebiet ist Wasserscheide zwischen dem Wittgensdorfer Bach, dem Bahrebach und dem Pleißenbach. Die natürliche Vorflut des Gewerbegebietes ist der Bahrebach, der in einer Senke an der nordöstlichen Plangebietsgrenze, südlich des Steinbruchsees entspringt (Abb. 5).

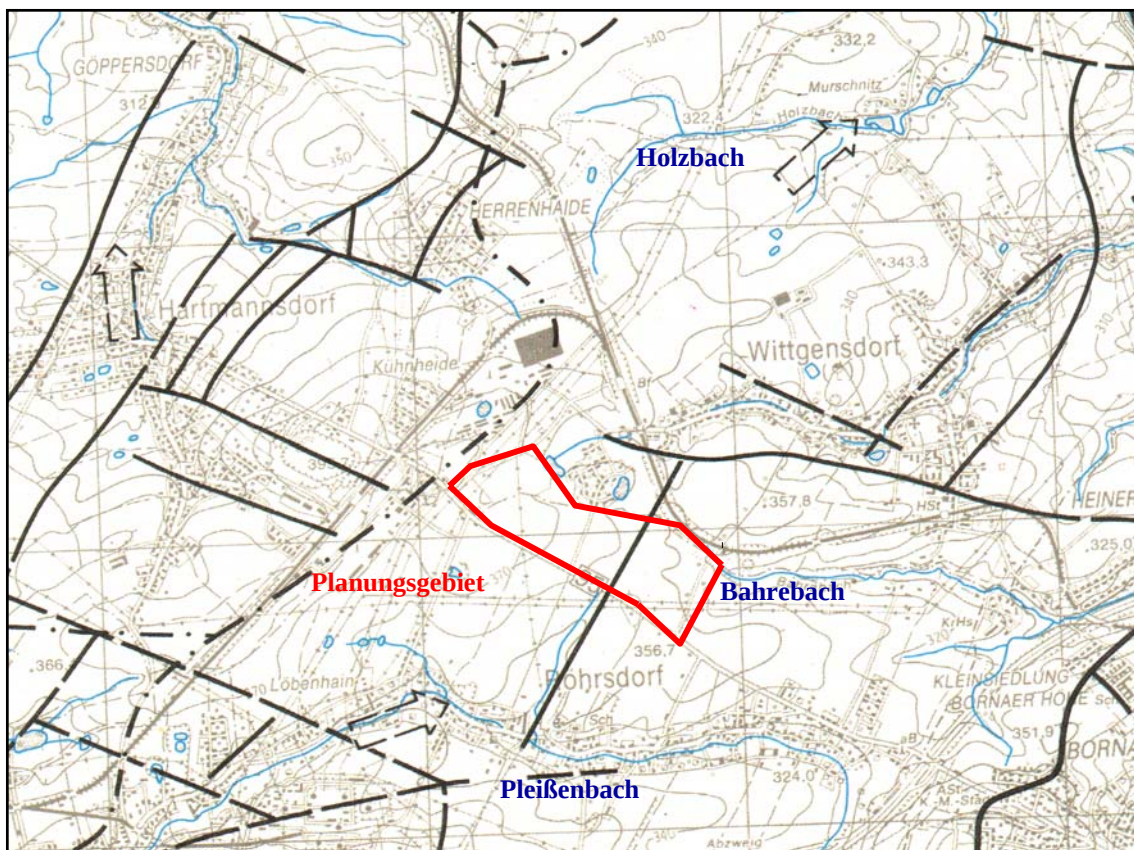


Abb. 5: Hydrologische Situation im Baugebiet

Er verläuft naturnah weiter auf der Gemarkungsgrenze von Wittgensdorf nach Röhrsdorf zwischen der Eisenbahnlinie und dem geplanten Gewerbegebiet in Richtung Wittgensdorfer Sommerbad. Die auf der „Wittgensdorfer Flur“ und im benachbarten Plangebiet „Bahrebach“ liegenden Seitentälchen bilden weitere Quellbereiche des Baches.

In den Quellgebieten des Bahrebaches ist mit einem erheblichen Wasserdargebot zu rechnen. Da in den Seitentälern keine Gräben mehr vorhanden sind, ist damit zu rechnen, dass Verrohrungen vorhanden sind. Für das Planungsgebiet sind keine großflächigen bestehenden Drainagemaßnahmen bekannt.

Generell sind Quellbereiche als besonders empfindliche Gewässerabschnitte einzustufen. Auch wenn seitens der Wasserbehörde keine expliziten Anforderungen an die Qualität der eingeleiteten Abflüsse gestellt werden, so sollte dieser Aspekt bei wasserwirtschaftlichen Planungen doch berücksichtigt werden. Die Varianten einer naturnahen Regen(ab)wasserbewirtschaftung sind alle dadurch charakterisiert, dass die Abflüsse durch die Passage einer belebten Bodenzone effektiv gereinigt werden. Durch die lange Verweilzeit im System wird außerdem die Temperatur der eingeleiteten Abflüsse dem des Grundwassers angenähert. Eine konventionelle Erschließung des Gebietes würde deutlich höhere Belastungen des Gewässers bewirken.

1.2.4. Konzept zur naturnahen Regen(ab)wasserbewirtschaftung

1.2.4.1. Allgemeines

Nachfolgend werden verschiedene Varianten der naturnahen Regen(ab)wasserbewirtschaftung des zukünftigen Gewerbegebietes beschrieben.

Die vorliegenden Bodenverhältnisse werden zwar keine vollständige Versickerung zulassen, doch besteht das Ziel der naturnahen Regen(ab)wasserbewirtschaftung auch darin, die vorhandenen Versickerungsmöglichkeiten auszuschöpfen und die verbleibenden Abflüsse durch dezentrale Speicherung zu vergleichmäßigen. Die Speicherung wiederum kommt der zeitlichen Streckung und schrittweisen Versickerung zugute. Durch eine obligatorisch anzuwendende oberirdische Versickerung über eine bewachsene Oberbodenschicht wird eine bestmögliche Reinigung der Niederschlagsabflüsse erreicht. Nach Vorgabe der Unteren Wasserbehörde sollen 90 % der anfallenden Niederschläge mit einer naturnahen Bewirtschaftung zurückgehalten werden.

Da es sich um ein künftiges Gewerbegebiet handelt, wird konzeptionell davon ausgegangen, dass die Bewirtschaftung der Grundstücksabflüsse bereits weitgehend auf den relativ großen Privatgrundstücken durchgeführt wird, während die Straßenabflüsse straßenbegleitend hauptsächlich im vorgesehenen Grünstreifen zwischen Fahrbahn und Fuß- und Radweg bewirtschaftet werden.

Für die Bewirtschaftung der Regenabflüsse auf den Grundstücken stehen nach den Angaben des B-Plan-Entwurfs jeweils 20 % der Grundstücksfläche als unversiegelte Flächen zur Verfügung (GRZ 0.8). Dieser Anteil unbebauter Fläche wird dauerhaft zur Verfügung stehen, da eine Versiegelung über 80 % hinaus nicht zulässig ist. Diese unbebauten Flächen werden voraussichtlich unter Berücksichtigung notwendiger Gebäudeabstände zu $\frac{3}{4}$ in Anspruch genommen, so dass für die praktische Ausführung der grundstücksbezogenen Anlagen jeweils ca. 15 % der Grundstücksfläche als „begrünte und der Regen(ab)wasserbewirtschaftung dienende Fläche“ vorzuhalten sind.

Als Anlagentyp kommt für die privaten Grundstücke unter Berücksichtigung der vorliegenden Bodenverhältnisse hauptsächlich das Mulden-Rigolen-Element mit Drosselabfluss in Frage. Die Drosselabflüsse (Bemessungsabfluss $q_{dr}=10l/(s \cdot ha)$) bzw. die Rigolenüberläufe werden an den im öffentlichen Straßenland liegenden Regenwasserkanal angeschlossen bzw. in Gräben geleitet. Alternativ können auf den Grundstücken auch INNODRAIN-Elemente (platzsparend, s.u.) oder Kombinationslösungen z.B. mit Zisternen oder Dachbegrünungen vorgesehen werden.

Für die Straßenentwässerung wird das INNODRAIN -(Tiefbeet)-System angewendet. Als Trasse für das System dient der vorgesehene Grünstreifen zwischen Fahrbahn und Fuß- / Radweg bzw. von Station 1+321 bis Station 1+400 der Park- und Grünstreifen.

1.2.4.2. Beschreibung der Regen(ab)wasserbewirtschaftungskonzeption

Öffentliches Straßenland

INNODRAIN-Lösung

Die abgestimmte Konzeption zur naturnahen Regen(ab)wasserbewirtschaftung im Baugebiet „Chemnitz Röhrsdorf-Wasserschänkegebiet“ sieht für die Entwässerung des öffentlichen Straßenlandes das Tiefbeet-Rigolensystem INNODRAIN vor. In den

vorgesehenen 2 m breiten Grünstreifen der Planstraßen 1 werden die 2 cm breiten INNODRAIN -Elemente einem Abstand von 9 m hintereinander angeordnet und von Station 1+321 bis Station 1+400 im Park- und Grünstreifen zwischen den Baumscheiben platziert. In Kreuzungs- und Einmündungsbereichen werden keine Tiefbeete gesetzt.

Die Tiefbeete reichen 0,10 m über die Straßenbelagsfläche hinaus. Damit übernehmen sie zusätzlich die Funktion eines Hochbordes. Bepflanzt werden die Elemente mit robusten, an wechselfeuchte Verhältnisse angepasste Stauden und Gehölze.

Unterhalb der INNODRAIN-Elemente werden jeweils 14 Stück Rigo *fill inspect* angeordnet. Dieser Speicherkörper aus Kunststoff weist eine Speicherkapazität von 96 % auf. Die Elemente können gespült und mit Kameras befahren werden, was den Wartungsaufwand erheblich erleichtert. Die Speicherkörper werden mittig unter den Tiefbeeten platziert. Sie weisen eine Tiefe von 0,66 m auf. Damit liegt das Gesamtsystem von INNODRAIN-Element, Kiessand-Schutzschicht und Rigo *fill inspect* maximal 1,61 m tief.

Überschüssiges Regenwasser aus den Speicherkörpern wird über ein vollwandiges Kunststoffrohr DN 150 an den Transportkanal abgegeben. Dazu wird hinter fast jedem Tiefbeetriegel ein Drosselschacht DN 400 angeordnet, von dem aus das überschüssige Regenwasser mit 10 l/s/ha gedrosselt an den Transportkanal abgegeben wird. Wo Kontrollschächte in der Nähe der INNODRAIN-Elemente in der Straße liegen, werden keine Drosselschächte hinter den Elementen gesetzt, sondern die Drosselabflüsse vom Kontrollschacht aus an den Transportkanal abgegeben.

Straßenabläufe

Von Station 0+044 bis Station 0+231,25 erhält die Straße ein Dachgefälle von 2,5 % zu beiden Seiten. Beidseitig wird eine Pflasterrinne platziert, in die die Straßenabflüsse dieses Straßenabschnittes fließen. Östlich der Alten Röhrsdorfer Straße befindet sich ein Straßentiefpunkt. An dieser Stelle wird an beiden Straßenseiten jeweils ein Straßenablauf eingebaut. Die beiden Abläufe sind untereinander mit einem Verbindungsrohr DN 300 gekoppelt und nehmen die Abflüsse des östlich des Tiefpunktes gelegenen Straßenraumes auf und leiten sie in eine oberhalb der Planstraße 1 gelegene Mul-

de mit darunter liegender Kiesrigole. Die Niederschlagsabflüsse werden dem parallel zur Alten Röhrsdorfer Straße liegenden Graben zugeführt.

Regenwasserkanal

Teilstück 1 bis RW30 und Teilstück 2 von RW32 bis RW30 transportieren die Drosselabflüsse der Straße und der Privatgrundstücke (382,47 l/s-ha) zum 1. Auslaufbauwerk. Von dort werden die ankommenden gedrosselten Niederschläge der Straße und der Privatgrundstücke in einen neu anzulegenden Graben, der sich in einer Geländesenke befindet, abgeleitet. Der Graben führt zu einem ebenfalls neu zu schaffenden Stillgewässer, das wiederum eine Verbindung zum Vorfluter Bahrebach hat. Teilstück 3 von RW33 – RW38 ist unabhängig von den ersten beiden Teilstücken und transportiert die anfallenden Drosselabflüsse (33,97 l/s-ha) zum zweiten Auslass oberhalb der Versickerungsmulde im Gelände. Dort werden sie einem neu zu bauenden Graben zugeführt, der parallel zur Alten Röhrsdorfer Straße verläuft und an eine bestehende Meliorationsleitung anschließt.

Private Grundstücke

Die Dach- und Hofflächen der privaten Grundstücke werden über ein Mulden-Rigolen-System bewirtschaftet. Die Drosselabflüsse der privaten Mulden-Rigolen südlich der Planstraße 1 aus den Einzugsgebieten 1-4 und 10 werden an den öffentlichen Regenwasserkanal abgegeben. Die Drosselabflüsse der Rigolen der nördlich der Planstraße 1 liegenden Privatgrundstücke werden teilweise an den straßeninliegenden Regenwasserkanal angeschlossen. Beim Bau von Gräben oberhalb von Einzugsgebiet 6 und 7, die eine Verbindung zum Vorfluter haben, werden die Drosselabflüsse der Privatgrundstücke der Einzugsgebiete 5-7 in die Gräben eingeleitet werden, ohne an den Regenwasserkanal angeschlossen zu sein. Damit werden die Rohrdurchmesser des Kanals nochmals verringert, was zu einer Kosteneinsparung führt.

Weitere Rückhaltebecken sind nicht erforderlich. Die geforderte Rückhaltung erfolgt vollständig innerhalb des Regen(ab)wasserbewirtschaftungssystems.

Staukanäle dürfen auf den Privatgrundstücken nicht gebaut werden, da sonst die in der Eingriffs-Ausgleichs-Bilanzierung berücksichtigte positive Wirkung der naturnahen Regen(ab)wasserbewirtschaftung nicht erreicht wird.

1.2.4.3. Bemessungsansätze

Hinsichtlich der erforderlichen Retention wird gemäß den Vorgaben der Unteren Wasserbehörde eine zulässige spezifische Drosselabflusspende von $10 \text{ l/(s}\cdot\text{ha)}$, bezogen auf die abflusswirksame Fläche $A_u = 42,45 \text{ ha}$ angesetzt.

Die Bemessung der Tiefbeet-Rigolen und Mulden-Rigolen erfolgt nach dem Kriterium der sogenannten Überstauhäufigkeit. Dabei werden die Anlagen derart dimensioniert, dass während der Langzeitkontinuumsimulation nur eine gewisse Anzahl von planmäßigen Überläufen über den Mulden- bzw. Tiefbeetüberlauf in die Rigole und über den Rigolenüberlauf in das Transportsystem auftreten. Im Planungsgebiet werden dazu folgende jährliche Überschreitungshäufigkeiten gewählt:

- Mulden: $n = 1,0 \text{ a}^{-1}$
- Tiefbeete: $n = 1,0 \text{ a}^{-1}$ (in Ausnahmefällen bis zu $n = 5,0 \text{ a}^{-1}$)
- Rigolen: $n = 0,2 \text{ a}^{-1}$

Die Versagenshäufigkeit des Gesamtsystems liegt damit bei $n = 0,2$ ($T = 5$ Jahre). Nach der Vordimensionierung des Mulden-Rigolen-Systems gemäß ATV-Arbeitsblatt A138 erfolgt die Bemessung des Systems mit Hilfe einer Langzeitkontinuumsimulation. Die Bemessung wurde unter Zugrundelegung einer 11-jährigen Regenreihe der Jahre 1970 bis 1981 für den Raum Chemnitz durchgeführt. Bei der Simulation kommen folgende Abflussbildungsparameter zur Anwendung (Tab. 5).

Tab. 5: Abflussbildungsparameter

Flächenart	Verluste		Abflussbeiwerte	
	Benetzung [mm]	Mulden [mm]	Anfangsbeiwert [-]	Endbeiwert [-]
Dachflächen	2,0	0,0	1,0	1,0
Straßenflächen	0,5	1,8	0,0	0,95

1.2.4.4. Bemessung der Tiefbeet-Rigolen-Systeme

Die einzelnen Tiefbeet-Rigolen-Elemente wurden unter Berücksichtigung straßenbaulicher Randbedingungen angeordnet. Dies bedeutet, dass Einmündungs- und Kreuzungsbereiche nicht als Standorte für Tiefbeet-Rigolen herangezogen wurden. Eine weitere Beschränkung der geometrischen Abmessungen stellte die Hangneigung von bis zu 4 % dar. Ferner sind die Tiefbeet-Rigolen aufgrund der Breite des Grünstreifens in ihrer Ausdehnung beschränkt.

Die Bemessung dieser Anlagen erfolgte nach einem Kf-Wert von $1 \cdot 10^{-7}$ m/s. Die zugelassenen Drosselabflüsse der Tiefbeet-Rigolen betragen 10 l/(s·ha).

In Tab. 6 werden die geometrischen Abmessungen des Systems veranschaulicht.

Tab. 6: *Ergebnisse der Bemessung des Tiefbeet-Rigolen-Systems*

Parameter	Tiefbeete	Rigo fill inspect
Gesamtlänge [m]	6,0	0,8 pro St.
Bruttobreite [m]	2,0	0,8 pro St.
Gesamttiefe [m]	0,3	0,66
Einstautiefe [m]	0,27	0,66
Spez. Speichervolumen [m³/ha A _{red}]	117	290

Sämtliche Tiefbeet-Rigolen-Elemente sind im Nebenschluss angeordnet, d.h. der Drosselabfluss der einzelnen Tiefbeet-Rigolen wird über ein Vollwandrohr DN 150 an den Regenwasserkanal abgegeben. Die Drosselung der Abflüsse findet jeweils in einem Schacht statt, der sich direkt hinter der betreffenden Tiefbeet-Rigole befindet. Wo Kontrollschächte in der Nähe der INNODRAIN-Elemente in der Straße liegen, werden keine Drosselschächte hinter den Elementen gesetzt, sondern die Drosselabflüsse vom Kontrollschacht aus an den Transportkanal abgegeben.

1.2.4.5. Bemessung der Mulden-Rigolen-Systeme

Im Gegensatz zu den Planstraßen 1 und 2 erfolgt die Entwässerung der privaten Grundstücksflächen über ein klassisches Mulden-Rigolen-System. Als Basis für die Ermittlung der angeschlossenen Flächen diente der Bebauungsplan Nr. 97/106.

Unter Annahme eines k_f -Wertes von $1 \cdot 10^{-7}$ m/s wurde eine exemplarische Mulde-Rigole für 1000 m² angeschlossenen Fläche mit folgenden Abmessungen und spezifischen Speichervolumina dimensioniert (Tab. 7):

Tab. 7: *Ergebnisse der Bemessung des Mulden-Rigolen-Systems*

Parameter	Privatgrundstücke	
	Mulden	Rigolen
Fläche [m ²]	100	100
Böschungsneigung [-]	1:2	-
Einstautiefe [m]	0,25	0,6
Spez. Speichervolumen [m ³ /ha A _{red}]	220	180

Der zu erwartende Versiegelungsgrad entspricht der Grundflächenzahl GRZ = 0,8 (80 % Versiegelung).

Aufgrund der geringen Böschungsneigung der Mulden von $n = 1:2$ weisen die Mulden-Rigolen einen relativ geringen Platzbedarf von 10 % der angeschlossenen Fläche auf. Eine Voraussetzung für die Bemessung der Anlagen war der Drosselabfluss, der im Fall der exemplarischen Mulden-Rigolen der Privatgrundstücke auf 10 l/(s·ha) festgesetzt wurde.

Die Mulden-Rigolen-Elemente der Privatgrundstücke sind mit geschlitzten Dränrohren versehen, die die Drosselabflüsse der Rigolen an den straßeninliegenden Regenwasserkanal für die Grundstücke der Einzugsgebiete 1-4 und 8-10 bzw. in den Regenwasserkanal oder in die neu anzulegenden Gräben für die Grundstücke der Einzugsgebiete 5-7 leiten. Bei den großzügig geschnittenen Gewerbegrundstücken werden die einzelnen Mulden-Rigolen-Elemente unterschiedlicher Länge hintereinander kaskadiert

angeordnet und der Rigolenabfluss eines Elementes gedrosselt an das nächste Element weitergeleitet.

Die Abmessungen der Mulden-Rigolen-Elemente auf einem exemplarischen Privatgrundstück werden wie folgt gewählt:

Mulde:

- Muldentiefe: 0,30 m
- Muldenbreite: 10,0 m
- Muldenlänge: 10,0 m
- planmäßige Einstautiefe: 0,25 m
- Böschungsneigung: 1 : 2
- Bodenspeicherdicke: 0,30 m
- k_f - Wert des Bodenspeichers: $1 \cdot 10^{-5}$ m/s

Rigole:

- Rigolentiefe: 0,60 m
- Rigolenbreite: 10,0 m
- Rigolenlänge: 10,0 m
- Speicherkoeffizient: 0,30 (Kies 16/32)
- k_f - Wert des anstehenden Bodens: $1 \cdot 10^{-7}$ m/s
- Dränrohrdurchmesser: DN 150
- Drosselabflussspende: $10 \text{ l}/(\text{s} \cdot \text{ha } A_{\text{red}})$

Die Ergebnisse der Langzeitsimulation sind in der nachfolgenden Tabelle dargestellt:

Tab. 8: Ergebnisse der Bemessung eines privaten Mulden-Rigolen-Systems

	Mulden			Rigolen	
Angeschl. Fläche	Erf. Oberfläche	Erf. Oberfläche	Spez. Speichervol.	Erf. Speichervol.	Spez. Speichervol.
[m ²]	[m ²]	[%]	[m ³ / ha A_{red}]	[m ³]	[m ³ / ha A_{red}]
1.000	100	10	220	18	180

Die Bemessung zeigt, dass für eine versiegelte Fläche von 1.000 m² ein Muldenvolumen von 22 m³ benötigt wird. Der Flächenbedarf der Anlage liegt bei ca. 10 % der versiegelten angeschlossenen Fläche. Bezogen auf einen Versiegelungsgrad von maximal 80 % ergibt sich ein Flächenbedarf von etwa 8 % der gesamten Grundstücksfläche. Da bedingt durch die max. Grundflächenzahl von 0,8 entsprechend 20 % der Grundstücksfläche unversiegelt bleiben müssen, ist die Realisierung einer dezentralen Regen(ab)wasserbewirtschaftung auf den Grundstücken möglich. Es wird darauf hingewiesen, dass für die konkrete Umsetzung von Bewirtschaftungsanlagen 10 bis 15 % der Grundstücksfläche als potenziell für die Versickerung nutzbare Fläche bereitgestellt werden sollten. Das benötigte Rigolenspeichervolumen liegt bei ca. 180 m³/ha angeschlossener Fläche.

Bezüglich der Anordnung der Mulden-Rigolen-Elemente auf den Grundstücken ist zu beachten, dass das Regenwasser den Mulden unbedingt oberflächlich zugeleitet werden sollte. Die Lage der Mulde auf den Grundstücken ist somit an die Gefällesituation gebunden.

1.2.5. Wasserbilanzen

In Tab. 9 ist die Wasserbilanz des Planungsgebietes in Abhängigkeit von den örtlichen Randbedingungen dargestellt.

Durch die Bewirtschaftung des Regenwassers sowohl auf den Straßenflächen als auch auf den Grundstücken wird die Abweichung vom natürlichen Zustand so gering wie möglich gehalten. Der Zielwert der Abweichung von 10 % wird bei Verdunstung und Versickerung eingehalten. Nur beim Abfluss ist mit 11 % eine leichte Überschreitung des Zielwertes um 1 % zu verzeichnen.

1.2.6. Zusammenfassung

Die vorgelegte Entwurfsplanung beschreibt eine Konzeption zur naturnahen Regen(ab)wasserbewirtschaftung für das Industrie- und Gewerbegebiet „Wasserschänkegebiet“ in Chemnitz Röhrsdorf.

Trotz relativ schwieriger naturräumlicher Voraussetzungen, hat sich gezeigt, dass eine naturnahe Regen(ab)wasserbewirtschaftung möglich ist. Diese Planung bedeutet für

den Vorfluter des Gewerbegebietes günstigere hydraulische und qualitative Folgen als eine konventionelle Planung. Auch der Wasserhaushalt des Gebietes wird wesentlich weniger stark verändert, es findet mehr Verdunstung und Versickerung im Gebiet statt.

Vor allem aber ist die naturnahe Regen(ab)wasserbewirtschaftung auch kostengünstiger. Die Gründe liegen zum einen im Kanalsystem aufgrund geringerer Rohrdurchmesser, zum anderen im Verzicht auf den Bau von Regenrückhaltebecken. Eventuelle Folgekosten, die bei der ohnehin teureren konventionellen Regen(ab)wasserableitung noch anfallen könnten (z.B. Regenwasserreinigung), werden bei der naturnahen Variante vermieden.

Zusätzliche Anreize für die Entscheidung zugunsten einer naturnahen Regen(ab)wasserbewirtschaftung liegen in der besseren Finanzierungsmöglichkeit. Die Verlagerung eines Großteils der Anlagen zur Regen(ab)wasserbewirtschaftung auf die Grundstücke stellt gerade bei Gewerbegebieten einen erheblichen Vorteil dar. Investitionen lassen sich in die Zukunft verlagern, weil die Besiedlung eines Gewerbegebietes einen längeren Zeitraum beansprucht.

Neben der bereits verbreiteten Mulden-Rigolen-Bewirtschaftung, kommt in der Konzeption für das Wasserschänkengebiet das Tiefbeet-Rigolen-System INNODRAIN zur Anwendung. Bei diesem System werden statt „Gullys“ „bepflanzte Infiltrationsinseln“ als Straßenbegleitgrün innerhalb des Straßenraumes angeordnet. Das Regenwasser wird den Tiefbeeten oberirdisch über einen Einlaufrost mit Absetzschacht zugeführt. Die beanspruchte Fläche der Tiefbeete beträgt ca. 5 % der Straßenfläche. Durch die belebte bepflanzte Bodenzone erfolgt eine weitgehende Reinigung der Niederschlagsabflüsse.

Die Rückhaltung erfolgt beim Mulden-Rigolen-System in kiesgefüllten Rigolen. Unter den Tiefbeeten dagegen werden wartungsarme Speicherkörper, die spülbar und mit Kameras befahrbar sind, angeordnet. Die nicht versickerbaren Anteile des Niederschlagswassers werden gedrosselt und gereinigt über 2 Auslässe mit anschließendem Graben bzw. Mulde/ Rigole in den Vorfluter Bahrebach abgeleitet.

Tab. 9: Wasserbilanz Gewerbegebiet Chemnitz Röhrsdorf

Bezeichnung des Baugebietes	Gewerbegebiet Chemnitz Röhrsdorf				
Ort des Baugebietes	Chemnitz				
Variante	Planung Regen(ab)wasserbewirtschaftung				
Größe	53 ha				
Nutzung	Gewerbe- und Industriegebiet				
Versiegelung	80 %				
Bodenart	Mergel				
mittl. Geländegefälle	4 %				
Grundwasserabstand	20 m				
Natürliche Wasserbilanz	Mm/a	%			
Jährliche Niederschlagshöhe	800	100,0 %			
Verdunstung	443,2	55,4 %			
Oberflächenabfluss	60	7,5 %			
Versickerung	296,8	37,1 %			
Fehler	0	0,0 %			
Wasserbilanz nach Bebauung	Flächenanteil	Absolut			
		Verdunst.	Oberfl.	Versick.	Fehler
Unbebaute Fläche	20 %	55 %	8 %	37 %	0 %
Bebaute Fläche	80 %	45 %	21 %	34 %	0 %
Abgeleitet	0 %	37 %	63 %	0 %	0 %
versickert MRS	80 %	45 %	21 %	34 %	0 %
Dachbegrünung	0 %	69 %	1 %	30 %	0 %
Regenwassernutzung + Vers.	0 %	33 %	65 %	2 %	0 %
Ingesamt	100 %	47 %	18 %	35 %	0 %
Vergleich	Natürlich	Bebaut	Abweichung		
Jährliche Niederschlagshöhe	100,0 %	100,0 %	0 %		
Verdunstung	55,4 %	47,1 %	-8 %		
Abfluss	7,5 %	18,3 %	11 %		
Versickerung	37,1 %	34,6 %	-2 %		

1.3. Hochschulstandort Lübeck

1.3.1. Darstellung der geplanten Regen(ab)wasserbewirtschaftung im Hochschulstadtteil Lübeck

1.3.1.1. Grundlagen und Randbedingungen

Planungsgebiet

Der geplante „Hochschulstadtteil Lübeck“ umfasst eine Fläche von ca. 230 ha. Er liegt im südöstlichen Stadtbereich zwischen den Stadtteilen St. Jürgen und Strecknitz der Hansestadt Lübeck. Das Planungsgebiet wird durch die Bahnlinie Lübeck-Büchen im Westen und den bereits bestehenden Einrichtungen der Universität Lübeck im Osten begrenzt. Die nördliche Grenze bilden die Kleingartenanlage St. Jürgen sowie die Gebäude der Fachhochschule Lübeck. Im Süden grenzt die Bebauung an den freien Landschaftsraum des Niemarkter Landgrabens mit dem Gut Mönkhof. Zur Zeit werden die Flächen landwirtschaftlich oder durch Kleingartenkolonien genutzt.

Topographie

Der nördliche Teil des Planungsgebietes liegt auf einer Hochfläche mit einem Geländeniveau von NN +13 m bis NN +15 m. Diese Hochfläche ist Teil eines Hochrückens, der zwischen den nahezu parallel von Süd-Westen nach Nord-Osten laufenden Rinnen der Kanal-Trave und des Landgrabens verläuft. Im westlichen Teil des geplanten Stadtteilparks sowie in den westlichen und südlichen Teilen der vorgesehenen südlichen Wohnbebauung fällt das Gelände auf NN +11 m ab. Zur Landgraben-Niederung fällt das Gelände weiter bis zu einem Niveau von NN +4 m ab, wird aber durch einige Erhebungen mit Höhen bis zu NN +11 m unterbrochen.

Geologie und Hydrogeologie

Die Geologie des Planungsgebietes ist gekennzeichnet durch die Grundmoränenlandschaft im südlichen Teil der Lübschen Mulde. Nördlich der Landgrabenniederung stehen geschlossene Becken mit Sanden auf schwer durchlässigem Lehm und Mergel an. In der Niederung selbst liegt feinsandiger Ton mit undurchlässigem Tonmergel auf Sand. Zusätzlich sind oberflächennahe Moorbildungen zu erwarten.

Nach Ergebnissen der Ingenieurbüros Lehnert [LEHNERTS (1999/2000)] und Radloff [RADLOFF (1990)] schwankt die Bodendurchlässigkeit im nördlichen Planungsgebiet, in dem schlufffreie Sande vorliegen, zwischen $k_f = 1,0 \cdot 10^{-5}$ m/s und $3,8 \cdot 10^{-5}$ m/s. Im Süd-Osten wurde an den schluffigen Sanden ein k_f -Wert zwischen $1,1 \cdot 10^{-5}$ m/s und $4,6 \cdot 10^{-6}$ m/s ermittelt. Diese Bodenkennwerte wurden aus einer homogenen und isotropen Bodenprobe gewonnen. Das natürliche Bodengefüge ist in der Regel durch unterschiedliche Feinkornanteile und Lagerungsdichten um ca. eine Zehnerpotenz höher als die Laborwerte. In Bezug auf die natürliche Wasserdurchlässigkeit eines Bodens wird deshalb zusätzlich der Begriff der „Gebirgsdurchlässigkeit“ verwendet [LEHNERTS (1999/2000)]. Die ermittelten Gebirgsdurchlässigkeiten sind in Abb. 6 dargestellt. Das planende Ingenieurbüro (ITWH) hat nach Abstimmung mit dem Bodengutachter folgende k_f -Werte als „auf der sicheren Seite“ liegend angenommen: $k_f = 8,0 \cdot 10^{-6}$ m/s für den südlichen Bereich mit schluffigen Sanden und $k_f = 1,0 \cdot 10^{-5}$ m/s für den nördlichen Bereich mit annähernd schlufffreien Sanden.

Die Hydrogeologie des Planungsgebietes ist geprägt durch einen oberen Grundwasserleiter aus einer Schicht Fein- oder Mittelsand. Dessen Basis bildet eine Schicht aus Geschiebemergel, die aus tonigem, sandigem, schwach kiesigen Schluff besteht (Schluff, t, s, g'). Das Oberflächenrelief des Geschiebemergels ist im Vergleich zur Geländeoberfläche relativ unregelmäßig. Im Bereich des Hochrückens, nördlich des Planungsgebietes, liegt die Oberkante des Grundwasserstauers ca. 4 bis 5 m unterhalb des Geländes. Von dort aus fällt er steiler als das Gelände zu den beiden Vorflutern, dem Landgraben und der Kanal-Trave, bis auf Tiefen von 20 m unter Geländeoberkante ab.

Im Norden sowie im Zentrum des Bebauungsgebietes tritt der Geschiebemergel jedoch teilweise bis an die Geländeoberkante hervor. In diesen Bereichen fehlt somit der Grundwasserleiter. Hieraus resultieren Stauwasserbereiche, die im Rahmen der Erschließung teilweise durch ein künstliches Grabensystem entwässert werden sollen.

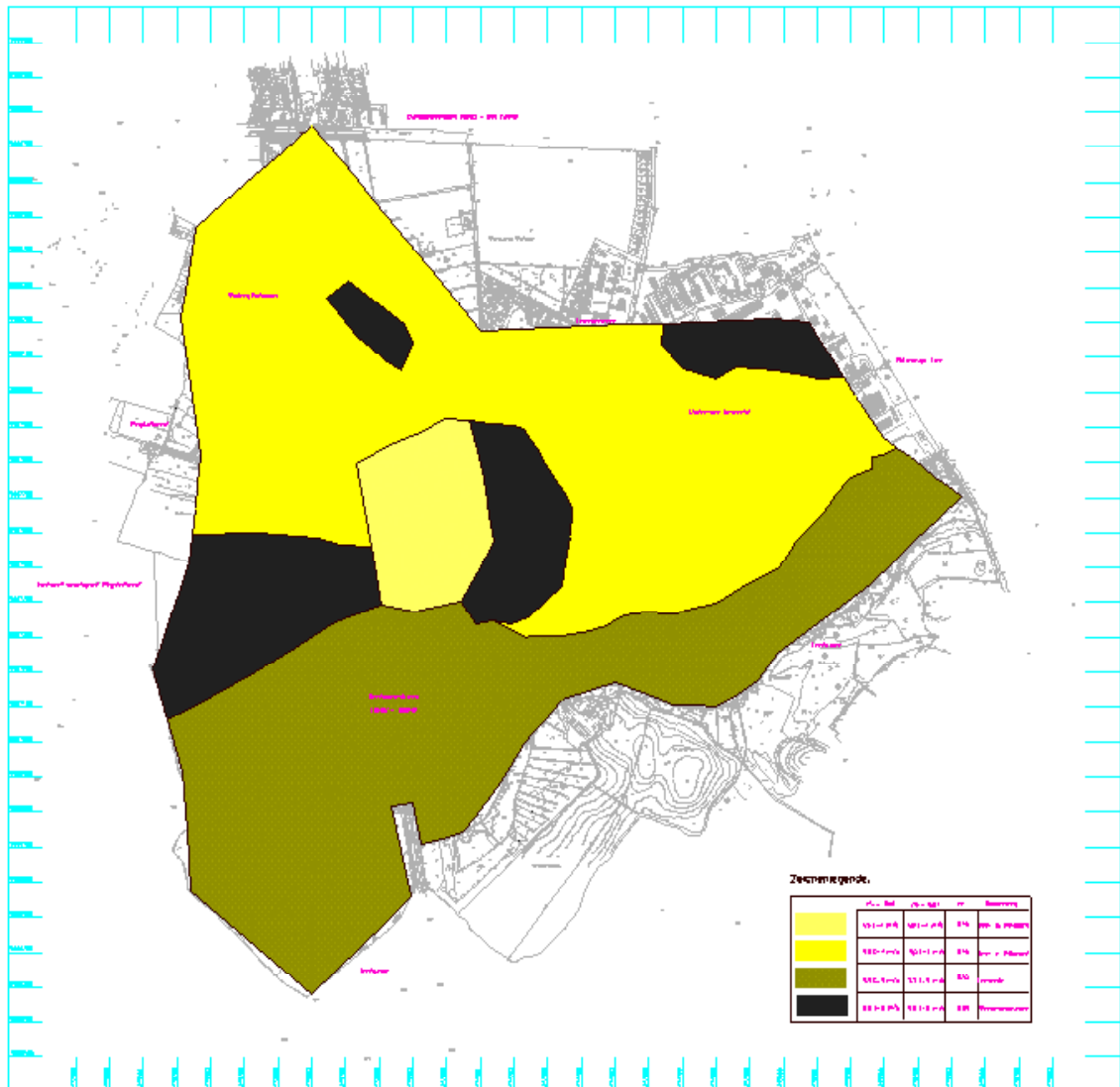


Abb. 6: Gebirgsdurchlässigkeit des Planungsgebietes [LEHNERS (1999/2000)]

Westlich der Bahnlinie Lübeck-Büchen steht der Geschiebemergelhorizont ebenfalls bis kurz unterhalb der Geländeoberfläche an, so dass der Bereich westlich des Stadtparks von einer Art Beckenrand umgeben wird [ITWH (1999)] (Abb. 7). Innerhalb des mit Sand gefüllten Beckens steigt der Abstand zwischen Geländeoberfläche und Grundwasserstauer wieder bis auf ca. 10 m an. Das Wasser kann dort aufgrund des umgebenden Beckenrandes, der durch einige sandüberdeckte Schwellen unterbrochen wird, nur bereichsweise abfließen. Somit ist auch dieser Bereich in den regenreichen Wintermonaten durch einen hoch anstehenden Grundwasserstand geprägt.

Abgesehen von dieser beckenartigen Formation folgt der Grundwasserstand dem Geländeneiveau und fällt vom Hochrücken ca. NN +12,5 m zu den beiden Rinnen (Landgraben und Kanal-Trave) ab.

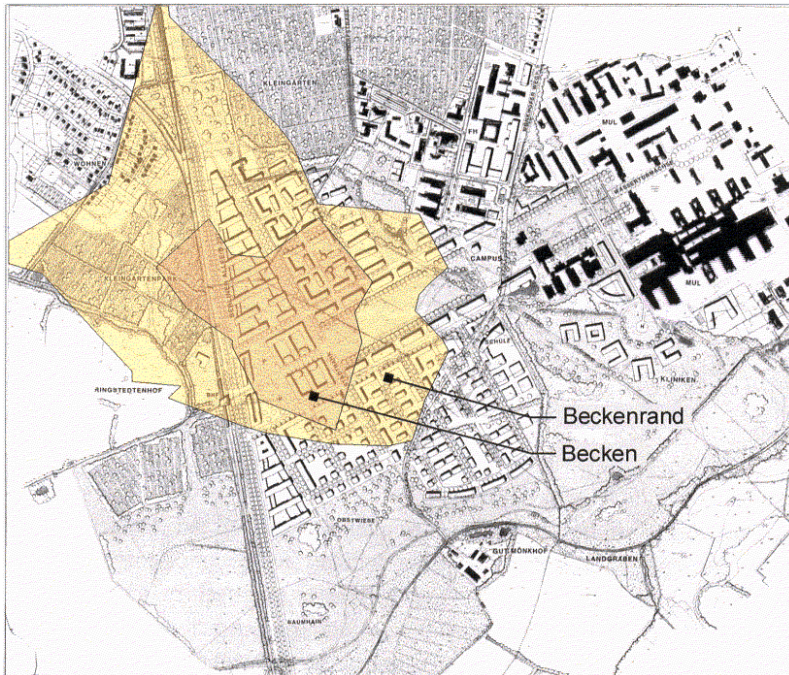


Abb. 7: Lage und Ausbreitung des Geschiebemergelbeckens aus ITWH (1999)

Hydrologie

Natürliche Zuflüsse zum Planungsgebiet sind nicht vorhanden. Die Grundwasserneubildung erfolgt ausschließlich durch Niederschlag und dem daraus infiltrierenden Sickerwasser. Die Neubildungsrate ist dabei abhängig von der Regenmenge, der Verdunstungsrate und der Speicherfähigkeit des Bodens.

Der Niemarker Landgraben und die Kanal-Trave nordwestlich des Planungsgebietes bilden die beiden natürlichen Abflüsse. Sie haben relativ geringe jahreszeitliche Schwankungen der Wasserspiegellage und stellen die Vorflut des Grundwassers dar. Beide Vorfluter entwässern in nordöstlicher Richtung. Dabei mündet der Niemarker Landgraben in die Wakenitz, diese in die Kanal-Trave und diese wiederum in die Ostsee.

Künstliche Abflüsse bestehen zum einen in Form eines Grabens im Nordwesten mit Vorflut zum Heidmühlengraben nach Norden. Zum anderen in einer Entwässerung des

Zentrums des Planungsgebietes nach Südosten über einen Graben zum Peter-Monnik-Weg und weiter bis in den Landgraben. Beide Grabensysteme sind aber nur periodisch bzw. niederschlagsabhängig wasserführend. Die künstlichen Gräben sind notwendig [ITHW (1999)], da die Entwässerung in das Grundwasser durch die vorhandenen Stauwasserbereiche (vgl. Geologie und Hydrogeologie) nicht flächenhaft möglich ist. Im nördlichen Teil des Planungsgebiets und westlich der bestehenden Gebäude der Fachhochschule Lübeck kommt es trotz der Grabensysteme zu zwei Feuchtwiesenbereichen.

Hydrologische Grunddaten

Aus den Aufzeichnungen des Deutschen Wetterdienstes Station Lübeck ergibt sich für die Zeit vom 01.01.1969 – 31.12.1980 eine mittlere Niederschlagshöhe von 598 mm/a. Für den Bereich Lübeck beträgt die mittlere jährliche Niederschlagshöhe 650 mm/a [HAD (1999)].

Da die maximale Niederschlagshöhe aber über 700 mm/a liegen kann (z.B. 1978 702 mm/a), wurde für die Berechnungen der Regenwasserbehandlungsmaßnahmen des planenden Ingenieurbüros ITWH ein Erfahrungswert von 670 mm/a zugrunde gelegt. Nach Auskunft der Wasserbehörde Lübeck ist dies ein typischer Rechenwert für den Bereich Lübeck, der auch in dieser Ausarbeitung bei der Wasserbilanz verwendet wurde.

Als weitere Berechnungswerte dienen die von der Unteren Wasserbehörde Lübeck genannte mittlere Abflussspende $M_q = 7,5 \text{ l/(s}\cdot\text{ha)}$ und mittlere Niedrigwasserabflussspende M_{Nq} von ca. $0,1 \cdot M_q = 0,75 \text{ l/(s}\cdot\text{ha)}$.

Gewässersystem Niemarker Landgraben

Der Niemarker Landgraben hat nach SCHAEFER (1990) eine Einzugsgebietsgröße von 24,6 km². Unter Einbeziehung des ca. 1,1 km langen Krummesser Moorgrabens im Oberlauf beträgt die Gesamtlänge des Landgrabens 9,8 km. Der Moorgraben entwässert die südlich anschließenden Grünflächen des früheren Moores. Der eigentliche Landgraben beginnt unterhalb des Durchlasses am Krummesser Moorweg. Sein Lauf ist größtenteils nicht beschattet, da die gewässerbegleitende Landschaft überwiegend aus Grünland besteht. Lediglich bei Vorrade befindet sich ein kleiner Pappelwald und

der Bereich zwischen der Ratzeburger Allee (B 207) und der Mündung in die Wakenitz führt durch einen Bruchwald. Durch den geradlinigen Verlauf und die ansteigende Fließgeschwindigkeit kommt es zu einer starken Sohlvertiefung. Im Bereich der letzten 800 m vor der Einmündung in die Wakenitz ist der Bachlauf verbreitert und die Fließgeschwindigkeit stark vermindert, da er im Rückstaubereich der Wakenitz liegt.

Mehrere Bäche und Gräben münden in den Niemarker Landgraben, um das umliegende Acker- und Grünland zu entwässern. Hervorzuheben ist dabei die Einmündung des Gliedbruchbaches von Westen bei Station 6+225. Er entwässert die dort liegende Mülldeponie der Hansestadt Lübeck. Da die natürliche Besiedlung im Gewässer aber nur um eine Artenzahl geringer ist als bei Station 8+615, konnten keine Rückschlüsse auf eine Beeinflussung durch die Deponie gezogen werden. Vielmehr ist die Gesamtsituation des Gewässers ausschlaggebend, die in diesem Bereich durch Steilufer, fehlende Beschattung und Lehm als vorherrschendes Sohlsubstrat geprägt ist.

Insgesamt stellt SCHAEFER (1990) in seinen Untersuchungen den Landgraben als „auf weiten Strecken faunistisch stark verarmtes Fließgewässer“ dar. Konstant waren dabei die Vorkommen des Bachflohkrebses und von Eintagsfliegen. Aber auch 6 Arten der Roten Liste wurden vorgefunden sowie einige Arten, die in Lübeck einzig im Landgraben auftreten.

Pegelaufnahmen des Staatlichen Umweltamtes Itzehoe [StUA (2000)] bei Gut Mönkhof, ergaben für den Zeitraum von 1997-2000 folgende Jahresmittelwerte (Tab. 10):

Tab. 10: Gemessene Jahresmittelwerte für den Abfluss des Landgrabens bei Gut Mönkhof [StUA (2000)]

Einzugsgebietsgröße A_E bis Pegel Mönkhof = 18,7 km ²	Jahresmittelwerte	
	[m ³ /s]	[l/(s·ha)]
Hochwasserabfluss MHQ	0,561	30,0
Mittelwasserabfluss MQ	0,127	6,8
Niedrigwasserabfluss MNQ	0,036	1,9

Flora und Fauna

Das Planungsgebiet wird im „Landschaftspflegerischen Begleitplan“ [TGP (2001)] in drei unterschiedliche Lebensräume unterteilt.

Der Kleingartenbereich zeichnet sich durch eine kleinräumig gegliederte Grünfläche mit einem relativ hohen Anteil an Gebäuden aus. Die Naturnähe ist aufgrund der intensiven Nutzung und Pflege eher gering. Es treten wenige Brutvogelarten auf.

Die Ackerlandschaft wird geprägt durch ackerbaulich eher gering genutzte Flächen (Brachflächen) sowie eine kleinteilige Grünland- und Knicklandschaft. Der Bewuchs der Flächen ist abhängig von den hydrogeologischen Eigenschaften des Bodens. In den Bereichen, die staunässegefährdet sind, gibt es Röhricht und Feuchtgebüsch. Trockene Staudenflure und trockenrasenartige Bestände wachsen in den Gebieten mit tief liegendem Grundwasserstand. Im westlichen Bereich, in dem ebenfalls keine Staunässe zu erwarten ist, gibt es z.T. noch Ackernutzung. Auf den nicht genutzten Flächen (EU-Stilllegungsflächen) sind bodenbrütende Vögel anzutreffen. In den Knicks und anderen Gehölzen treten Brutvögel in hoher Dichte auf.

Die Landgrabenniederung teilt sich in zwei Bereiche auf. Der westliche Teil ist durch Feucht- und Nasswiesen gekennzeichnet. Der östliche Teil ist geprägt durch großflächige Röhrichte und Waldgebiete, die aufgrund der unterschiedlichen Feuchtestufen vom Sumpfwald bis zum Buchenwald reichen. Der Landgraben selbst hat zwar ein naturfernes, begradigtes Flussbett, die Ufer hingegen sind naturnah bewachsen.

Das gesamte Baugebiet des Hochschulstadtteils wird von Fledermäusen zur Nahrungssuche genutzt.

Städtebauliches Nutzungskonzept

Das Planungsgebiet wurde vom Ingenieurbüro ITWH in 12 Teilgebiete aufgeteilt. Der Wissenschafts- und Technologiepark, bestehend aus den zwei Teilgebieten WTP 1 und WTP 2, liegt im Nord-Westen des Planungsgebietes entlang der geplanten B 207-neu, die auch als Zufahrt zum Hochschulstadtteil dient. Laut HEG (2001) stellen die beiden Teilgebiete einen gewerblich orientierten Bereich mit ca. 10 % Wohnanteil in den Obergeschossen der vierstöckigen Bebauung dar.



Westlich davon, getrennt durch eine Haupteinfahrungsstrasse, liegen drei Mischgebiete (Misch 1-3) mit einer Geschosshöhe von drei bis vier Stockwerken. Vorgesehen ist eine Block- und Zeilenbebauung mit einer Dienstleistungs- und Gewerbenutzung von 30 %.

Nördlich und südlich des Stadtteilparks entsteht ebenfalls eine drei- bis vierstöckige Blockbebauung (Stadtteilpark Nord, Süd, Ost). Die drei Teilgebiete sollen im Erdgeschoss durch Gastronomie und Einzelhandel genutzt werden. Die oberen Stockwerke dienen als Wohnbereiche und Nutzungsflächen für Dienstleistungen. Der Wohnanteil liegt zwischen 40 % und 70 %.

Die westliche Randbebauung des Stadtteilparks bildet das Teilgebiet Schule + Öffentliches. Neben einer Grundschule und einer Kindertagesstätte sollen hier unter anderem ein Marktplatz, ein Stadtteilbüro und eine kirchliche Einrichtung entstehen. Vorgesehen ist eine zwei- bis viergeschossige Bebauung. Zwischen dem Teilgebiet Schule + Öffentliches und der B 207-neu ist der Bau eines Einkaufszentrums geplant. Innerhalb der Blockbebauung ist aber ebenfalls eine Ansiedlung von Einzelhandels- und Dienstleistungsbetrieben vorgesehen. Wohnungsnutzung ist hier ebenso wie im Teilgebiet Schule + Öffentliches nicht vorgesehen.

Den südlichen und östlichen Abschluss bilden die Teilgebiete Wohnen Südwest und Wohnen Südost. Hier ist eine reine Wohnbebauung beabsichtigt. Die Baustruktur reicht von zweigeschossigen Einzel-, Doppel- und Reihenhäusern bis zum dreistöckigen Geschosswohnungsbau.

Die Größen der einzelnen Teilgebiete und befestigten Flächenanteile sind in Tab. 11 dargestellt.

Versiegelungsgrad

Die Teilgebiete WTP 1 und WTP 2 sowie Schule + Öffentliches bekommen gemäß Rahmenplan die Auflage, alles auf dem Grundstück anfallende Regenwasser auch dort in privaten Versickerungsanlagen zu versickern. In allen anderen Teilgebieten ist eine Versickerung von 50 % des anfallenden Niederschlages auf den privaten Grundstücken gefordert. Dazu zählen auch private Erschließungswege, für die meistens eine Versickerungsmulde im Bereich des Wendehammers in der Planung vorgesehen ist.

Die befestigte Fläche ergibt sich bei Privatflächen folglich aus:

$$A_{\text{red,p}} = A_p \times \text{GRZ} \times \text{Faktor für Nebengebäude/Hof}$$

mit: $A_{\text{red,p}}$ = private, befestigte Fläche
 A_p = Privatflächen (A_{ges} x Anteil private Grundstücksfläche)
 GRZ = Grundflächenzahl

Die befestigten Verkehrsflächen errechnen sich aus:

$$A_v = A_{\text{ges}} \times \text{Anteil Verkehrsflächen}$$

mit: A_v = befestigte Verkehrsfläche
 A_{ges} = Fläche des Teileinzugsgebietes

Tab. 11: Befestigte Flächen der Teileinzugsgebiete nach ITWH (2001)

Nr.	Gebiet	A _{ges} [m²]	Privatflächen			Verkehrsflächen		Gesamt	
			Anteil private Grundstücks- fläche [%]	max. Bebauungsgrad= GRZ * Faktor Nebengebäude, Hof [-]		Anteil Verkehrs- fläche [%]	befestigte Fläche [m²]	befestigte Fläche [m²]	befestigte Fläche [%]
1	WTP 1	43.850	75%	0,80 * 1,0 =	0,80	25%	10.963	37.273	85%
2	Misch 1	13.738	85%	0,80 * 1,0 =	0,80	15%	2.061	11.403	83%
3	Misch 2	4.222	85%	0,70 * 1,0 =	0,70	15%	633	3.145	75%
4	Misch 3	65.870	85%	0,60 * 1,3 =	0,78	15%	9.881	53.552	81%
5	WTP 2	31.508	75%	0,80 * 1,0 =	0,80	25%	7.877	26.782	85%
6	Stadtteilpark Nord	24.832	85%	0,70 * 1,2 =	0,84	15%	3.725	21.455	86%
7	Einkaufszentrum	43.036	85%	0,70 * 1,0 =	0,70	15%	6.455	32.062	75%
8	Schule + Öffentliches	20.664	100%	0,70 * 1,3 =	0,91	0%	0	18.804	91%
9	Wohnen Südwest	48.993	85%	0,35 * 1,5 =	0,53	15%	7.349	29.420	60%
10	Wohnen Südost	172.108	85%	0,35 * 1,5 =	0,53	15%	25.816	103.351	60%
11	Stadtteilpark Ost	8.801	85%	0,70 * 1,2 =	0,84	15%	1.320	7.604	86%
12	Stadtteilpark Süd	26.876	85%	0,70 * 1,2 =	0,84	15%	4.031	23.221	86%
	Summe [m²]	504.498					80.111	368.072	73%
	Summe [ha]	50,45					8,01	36,81	

1.3.1.2. Grundsätze und Zielsetzung der Entwässerungsplanung

Das Ingenieurbüro ITWH hat bei der Entwässerungsplanung das Ziel verfolgt, die erforderlichen Eingriffe in den natürlichen Wasserhaushalt so gering wie möglich zu halten. Deshalb wurden neben dem Hauptziel, einen allgemeinen Standard des Entwässerungskomforts zu erreichen, folgende Forderungen an das Entsorgungskonzept gestellt:

- Wasserkreislauf so wenig wie möglich verändern

- Verdunstung soweit wie möglich erhalten
- Grundwasserneubildung soweit wie möglich erhalten
- Vorflutverhältnisse so wenig wie möglich verändern
- Versiegelung minimieren

Daraus wurden in Abstimmung mit den Genehmigungsbehörden folgende Planungsgrundsätze festgelegt:

- Die Niederschlagsabflüsse von allen Dächern dürfen uneingeschränkt sowohl in oberirdischen wie auch in unterirdischen Anlagen versickert werden. Die Art der Gebäudenutzung ist dabei unerheblich.
- Metallische Dacheindeckungen aus unbeschichtetem Zink, Kupfer oder Blei sind durch den Bebauungsplan auszuschließen.
- Alle Verkehrsflächen, einschließlich der Parkplätze und Stellflächen, können wasserdurchlässig befestigt werden. Die bei Starkregenereignissen von diesen Flächen zu erwartenden Abflüsse sowie Abflüsse von undurchlässigen Verkehrsflächen können durch einen bewachsenen Oberboden versickern oder müssen vor Einleitung in ein Gewässer mindestens in einem Regenklärbecken behandelt werden.
- Verkehrswege, die an eine Versickerungsanlage angeschlossen sind, dürfen durch den Winterdienst nur mit abstumpfenden Mitteln (z.B. Split) gestreut werden. Lediglich im Bereich der nördlichen Haupteinfahrtsstraße wird nach einer Abwägung zugunsten des ÖPNV der Streusalzeinsatz zugelassen.
- Lager- und Umschlagplätze für Schad- und Giftstoffe müssen überdacht werden. Eine gefahrlose Versickerung oder Einleitung des Regenabflusses bleibt somit gewährleistet.

1.3.1.3. Ableitungssystem und Regenwasserbehandlung

Das Regenwasser, das nicht auf den Grundstücken versickert, wird in einen öffentlichen Regenwasserkanal eingeleitet. Das Kanalnetz wurde aufgrund der topografischen Lage und aus Gründen der Regenwasserbehandlung in vier Teilsysteme aufgeteilt. Eine Sammlung des Regenabwassers in einer Leitung hätte zu einem tief liegenden Hauptsammelkanal geführt, was aus wirtschaftlicher Sicht nicht sinnvoll wäre. Eine differenzierte Behandlung unterschiedlich genutzter und damit auch verschmutzter Flächen wäre folglich nicht möglich gewesen. Folgende vier Teilsysteme wurden festgelegt.

Teilsystem Nord-Ost

Dieses Gebiet besteht aus dem Teilgebiet Misch 3, das direkt in das Regenrückhalte-/Versickerungsbecken RRB-Nord entwässert. Anteilig ist auch das Teilsystem Misch 1 mit hinzuzuzählen. Es entwässert über Gräben in die Mulde Nord, wo alles Regenabwasser versickert wird. Lediglich bei Starkregenereignissen, bei denen die Mulde nicht über eine ausreichende Sickerleistung verfügt um alles anfallende Wasser aufzunehmen, wird das Überlaufwasser zum RRB-Nord geleitet.

Teilsystem West

Die Teilgebiete WTP 2, Schule + Öffentliches, Einkaufszentrum, Stadtteilpark-Nord und Wohnen Süd-West bilden das Teilsystem West. Zwei zusätzliche Zuflüsse zu diesem Kanalsystem müssen allerdings berücksichtigt werden. Einerseits der Notüberlauf aus den Alleemulden des Gebietes WTP 1, welches eigentlich durch komplette Versickerung entwässert werden soll, andererseits die Einleitung aus dem Tiefendrainagesystem, das den nördlichen Teil des Planungsgebietes vor Staunässe schützt. Die Tiefendrainage senkt den Grundwasserspiegel in dem o.g. Geschiebemergelbecken um ca. 1 m ab, damit die Gründung der dort vorgesehenen Gebäude grundwasserfrei erfolgen kann. Das Regen- und Dränagewasser wird nach Durchlaufen des Regenklärbeckens-West (RKB-West) beim Gut Mönkhof in den Landgraben eingeleitet.

Teilsystem Süd-Ost

Das Teilsystem Süd-Ost umfasst die Teilgebiete Wohnen Süd-Ost und Stadtteilpark Süd. Das Regenabwasser wird über eine Rohrleitung ca. 700m unterhalb von Gut Mönkhof ohne RKB in den Landgraben eingeleitet.

Teilsystem Ost

Das Teilsystem Ost besteht ausschließlich aus dem Teilgebiet Stadtteilpark Ost. Das nicht zur Versickerung kommende Regenabwasser wird in den Graben am Mönkhofer Weg eingeleitet.

Einleitung in den Landgraben

Die geplanten Zuflüsse des Regenwasserkanalsystems in den Niemarker Landgraben befinden sich beim Gut Mönkhof (Gewässer-km 1+600) und 700 m unterhalb, bei km 0+900. Das Planungsbüro ITWH hat bei der Berechnung darauf geachtet, die Einlei-

tung soweit zu drosseln, dass es nicht zu einer Überschreitung der hydraulischen Leistungsfähigkeit des Landgrabens kommt. Die Einleitung wurde soweit auf die Leistungsfähigkeit des Gewässers abgestimmt, dass es nicht zur Sedimenterosion des Gewässerbettes oder einer Verdriftung der Gewässerindividuen kommt.

Die Berechnungen wurden nach den Anforderungen des Merkblattes M-2 des Landesamtes für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein: „Hinweise zur Bewertung hydraulischer Auswirkungen in Fließgewässern bei der Einleitung von Niederschlagswasser aus Trennkanalisation“ [LANU (2001)] durchgeführt.

Aufgrund der geringen örtlichen Entfernung müssen die Einleitungsstellen gemeinsam betrachtet werden, da es zu einer ungünstigen Überlagerung der Zuflusswellen kommen kann. Ein maximaler Zufluss von 300 l/s ist demnach zulässig. Der Zufluss an der Einleitungsstelle Gut Mönkhof liegt bei einer Häufigkeit von $n = 3/a$ unter 300 l/s. Dort wurde keine Retentionsmaßnahme vorgesehen. Nach der Einleitungsstelle Landgraben-Ost wird ein Drosselbauwerk notwendig, das den Abfluss im Landgraben auf 360 l/s (= 300 l/s + SoMQ) begrenzen soll. Die Landgrabenniederung dient somit bei einer Überschreitung des Abflusses über 360 l/s als Retentionsraum mit einer Größe von 2000 m³ bei einem Flächenbedarf von ca. 2,4 ha. Die Einstauhöhe beträgt maximal 37 cm.

1.3.1.4. Versickerungsanlagen

Private Versickerungsanlagen

Gemäß dem Rahmenplan müssen mindestens 50 % des auf Privatgrundstücken anfallenden Regenabwassers auf dem Grundstück versickert werden. Für die Teilgebiete WTP 1, WTP 2 und Schule + Öffentliches ist sogar eine 100 %-ige Versickerung gefordert. Um diese Vorgabe einhalten zu können, sind private Versickerungsanlagen unumgänglich. Vom ITWH (2001) wird z.B. vorgeschlagen, bei der Wohnbebauung das Regenabwasser der straßenzugewandten Dachhälfte in die Trennkanalisation einzuleiten und das Wasser der straßenabgewandten Seite zu versickern. Für private Erschließungsstraßen wird eine Versickerungsmulde im Bereich des Wendehammers oder am Rand des Bebauungsgebietes, jedoch auf privatem Grund, empfohlen. Für die Gebiete, für die eine komplette Versickerung gefordert ist, sollte bereits im Flächennutzungskonzept die Versickerung in Form von Mulden oder Sickerpflaster geplant

werden. Notüberläufe der privaten Versickerungsanlagen in den Regenwasserkanal sind zulässig.

Alle Versickerungsanlagen müssen den Anforderungen des ATV-Arbeitsblattes 138 (Versickerung von Niederschlagsabflüssen; [ATV-A 138 (2002)]) und dem Entwurf der „Landesverordnung über die erlaubnisfreie Versickerung von Niederschlagswasser in das Grundwasser [LANU (2001)] entsprechen. Verantwortlich für die Einhaltung der Anforderungen ist der Bauherr.

Öffentliche Versickerungsanlagen

Das Teilgebiet Misch 1 besitzt keine Regenwasserkanalisation. Die 50 %-Anteile der Privatflächen sowie das Regenabwasser der Verkehrsflächen wird über Gräben aufgenommen und in die 136 m³ große Mulde-Nord eingeleitet. In den Gräben und der Mulde wird das gesamte Regenabwasser versickert. Im Überflutungsfall (laut ITWH-Simulation über einen Zeitraum von 12 Jahren mit einer Häufigkeit von $n = 0,17/a$) wird das überschüssige Wasser zum RRB-Nord geleitet. Die Mulden erfüllen die Anforderungen gemäß den „Technischen Bestimmungen zum Bau und Betrieb von Anlagen zur Regenwasserbehandlung bei Trennkanalisation“ [Amtsblatt Schleswig-Holstein (1992)].

Das Regenrückhalte-/Versickerungsbecken RRB-Nord, das ein Fassungsvermögen von 875 m³ hat, liegt auf dem Rand des Geschiebemergelbeckens. Eine Versickerung des insgesamt anfallenden Regenabwassers ist daher nicht möglich. Aus diesem Grund wurde ein gedrosselter Abfluss in die öffentliche Regenabwasserkanalisation, mit Anschluss an der Stephensonstrasse, eingeplant. Für die ca. 8 ha große angeschlossene Fläche ergibt sich bei einer Drosselabflussspende von 0,6 l/(s·ha) ein Abfluss von ≈ 5 l/s.

Zur Aufnahme von Regenabwasser von Verkehrsflächen stehen entlang des Mönkhofer Weges und der Hapterschließungsstraße des WTP 1 weitere dezentrale und semizentrale Versickerungsmulden zur Verfügung. Weitere Mulden befinden sich im Stadtteilpark. Sie dienen zum einen zur Entwässerung der Parkflächen und zum anderen zur Versickerung von Dachflächenwasser der Bebauung nördlich und südlich des Stadtteilparks. Die Mulden haben eine Tiefe von 20-30 cm und verfügen über einen Notüberlauf in die geplante Regenwasserkanalisation.

1.3.2. Überprüfung der Anforderungen an den Umgang mit Regenwasser

1.3.2.1. Überprüfung der allgemeinen Entwicklungsziele

In Kap. 3.1 werden drei allgemeine Entwicklungsziele genannt, deren Einhaltung überprüft werden soll. Das erste allgemeine Entwicklungsziel betrifft die „Annäherung des urbanen an den natürlichen Wasser- und Stoffhaushalt des ursprünglich unbebauten Gebietes“. Gegen dieses Ziel wird in der Entwässerungsplanung des Hochschulstadtteiles insofern massiv verstoßen, da das in dem vorhandenen Geschiebemergelbecken befindliche Grundwasser durch die Anlage eines Tiefendränagesystems um ca. 1 m abgesenkt werden soll. Durch diese Maßnahme wird der Grund- und Bodenwasserhaushalt großflächig sehr stark verändert, so dass von einer massiven Störung des Wasserhaushaltes ausgegangen werden kann.

Die „Vermeidung der Vermischung von Regenwasser mit signifikant unterschiedlich verschmutzten Abwässern“ wird durch die konsequente Entwässerung im Trennsystem im geplanten Hochschulstadtteil eingehalten. Ebenso wird der Grundsatz „bei der Bebauung oder Versiegelung ist der Einsatz von reaktiven oder eluierbaren Materialien zu vermeiden“ in der vorliegenden Planung erfüllt.

1.3.2.2. Überprüfung der Anforderungen an das Regenwasser vor Ort

Die Anforderungen an das Regenabwasser vor Ort, wurden bei der Planung der Regen(ab)wasserbewirtschaftung des Ingenieurbüro ITWH bereits weitgehend eingehalten. Eine Vermischung von Regenwasser mit häuslichem, gewerblichem oder industriellem Schmutzwasser wird durch die Planung einer Trennkanalisation verhindert. Somit gelangt nur das Schmutzwasser zur Kläranlage und das Regenabwasser wird versickert oder in ein Oberflächengewässer eingeleitet.

Das Vermeidungsgebot der Verschmutzung des von befestigten Flächen abfließenden Regenabwassers wird durch die Planungsgrundsätze in Absprache mit den Genehmigungsbehörden geregelt. Die Verwendung von metallischen Dachflächen wird bereits durch den Bebauungsplan ausgeschlossen. Ein Eintrag von Schwermetallen gerade zu Beginn eines Niederschlagsereignisses, wo die Konzentration am höchsten ist, wird somit vermieden. Lager- und Umschlagplätze müssen überdacht werden, so dass das

Regenabwasser der Dachflächen gefasst werden kann und nicht durch Schad- oder Giftstoffe, die sich auf den Hofflächen sammeln, verschmutzt wird.

Das Gebot der weitgehenden Vermeidung der Versiegelung von Flächen wird in den Planungsgrundsätzen zwar beansprucht, in der vorgesehenen Planung jedoch nicht umgesetzt. Bei einem Versiegelungsgrad von 73 % kann von einer stark verdichteten Bebauung ausgegangen werden, bei der keineswegs auf die Vermeidung der Versiegelung von Flächen geachtet wurde, sondern vorrangig die nutzbare Fläche maximiert wurde.

1.3.2.3. Überprüfung der Anforderungen an das Regenwasser für das Einzugsgebiet der Erlaubniserteilung

Die Anforderungen an das Regenwasser für das Einzugsgebiet der Erlaubniserteilung werden in dieser Fallstudie für den Hochschulstadtteil insgesamt überprüft. Einzelne Teileinzugsgebiete wurden nicht untersucht, da sich die Planungen des ITWH hinsichtlich eines naturnahen Regen(ab)wasserbewirtschaftungskonzeptes auf das gesamte Gebiet beziehen. Eine Betrachtung einzelner Bereiche wäre bezüglich der Wasserbilanz nicht sinnvoll, da in den ITWH-Planungen das Regenwasser einiger Teilgebiete komplett versickert werden soll. In anderen Teilgebieten dagegen wird ein prozentual höherer Anteil, z.B. beim Regenabfluss von Straßen, in den Landgraben eingeleitet.

Es soll überprüft werden, ob die Wasserbilanz des gesamten Planungsgebietes nach der Bebauung im Gegensatz zur natürlichen Wasserbilanz in einem tolerierbaren Rahmen liegt. Die Kontrolle erfolgt in Form eines tabellarischen Vergleichs zwischen dem natürlichen und dem bebauten Zustand. Die Abweichung darf beim Abfluss und bei der Versickerung maximal 10 % betragen. Die Differenz des Verdunstungsanteils muss unter 20 % liegen.

Daten zum Baugebiet

Die Einzugsgebietsgröße sowie der Versiegelungsgrad ergeben sich aus der Flächenzusammenstellung in Tab. 12 zu 50,5 ha bzw. 73 %. Das mittlere Geländegefälle wurde dem Höhenschichtenplan [ITWH (1999)] entnommen. Der Grundwasserabstand folgt aus dem Höhenplan Oberkante Grundwasserleiter [LEHNERS (1999/2000)].

Wasserbilanz

Die jährliche Niederschlagshöhe für Lübeck wurde oben diskutiert und mit 670 mm/a gewählt. Verdunstungs-, Oberflächenabfluss- und Versickerungsanteile der natürlichen Wasserbilanz sowie der verschiedenen Regen(ab)wasserbewirtschaftungsmaßnahmen wurden in Anlehnung an Sieker [SIEKER (1999)] festgelegt.

Alle 12 Teileinzugsgebiete wurden den fünf vom ITWH geplanten Behandlungsmaßnahmen anteilig zugeordnet. Durch die Bestimmung, dass 50 % bzw. 100 % des anfallenden Niederschlagswassers auf dem Grundstück verbleiben muss, können die befestigten Flächen der Teileinzugsgebiete aber nicht nur einer einzelnen Behandlungsmaßnahme zugeordnet werden. Demzufolge muss zwischen dem Regenwasser, das auf dem Grundstück versickert und dem Regenwasser, das abgeführt wird, unterschieden werden.

In der Tab. 12 ist diese Verteilung für jedes Teileinzugsgebiet dargestellt. Dabei wird unterschieden zwischen dem Anteil der Versickerung auf dem Grundstück, der Versickerung in dezentralen Anlagen und dem Abfluss in die Regenwasserkanalisation und anschließend in den Landgraben. Die prozentuale Verteilung ist bezogen auf die Gesamtfläche des Hochschulstadtteils, also der Summe der 12 Teileinzugsgebiete.

Die Flächenanteile der Mulde-Nord und des Regenrückhaltebeckens-Nord setzen sich zusammen aus den Privat- und Verkehrsflächen der Teilgebiete Misch 1 bzw. Misch 3, die dezentral versickern. Der Flächenanteil des Regenklärbeckens-West ergibt sich aus den Abflüssen der Teilgebiete Misch 2, Stadtteilpark Nord, Einkaufszentrum und Wohnen Südwest sowie den Notüberläufen der Versickerungsanlagen der Gebiete WTP 1, WTP 2 und Schule + Öffentliches.

Im Flächenanteil der östlichen Einleitung in den Landraben wurden die Abflüsse der Gebiete Wohnen Südost sowie Stadtteilpark Süd und Ost zusammengefasst. Der geringe Abflussanteil des Gebietes Stadtteilpark Ost wurde mit einbezogen, da dieser indirekt über einen Graben vom Mönkhofer Weg in den Landgraben eingeleitet wird. Die genaue prozentuale Zuordnung der Flächen zu den einzelnen Regenwasserbehandlungsmaßnahmen ist in Tab. 12 dargestellt.

Tab. 12: Prozentuale Flächenverteilung der Regen(ab)wasserentsorgung

Regenwasserentsorgung der Privatflächen							Versickerung					Abfluss			
Nr.	Gebiet	Agas [m²]	Anteil private Grundstücks- fläche [%]	befestigte Fläche [m²]	zulässiger Anschluß- grad [%]	angeschlo- sene Fläche [m²]	auf dem Grundstück [%]	Prozent der Gesamtfläche [%]	in dezentralen Versickerungs- anlagen [%]	Prozent der Gesamtfläche [%]	gesamt Versickerung [%]	in Oberflächen- gewässer [%]	Prozent der Gesamtfläche [%]	Entwässerungs- M aßnahme	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Ableitung in:	
2	Misch 1	13.738	85%	9.342	50%	4.671	50%	0,93%	50%	0,93%	100%	0%	0,00%	Mulde-Nord	Mulde-Nord
4	Misch 3	65.870	85%	43.672	50%	21.836	50%	4,33%	50%	4,33%	100%	0%	0,00%	RRB-Nord	1,33%
1	WTP 1	43.850	75%	26.310	0%	0	100%	5,22%	0%	0,00%	100%	0%	0,00%	RKB-West	RRB-Nord
3	Misch 2	4.222	85%	2.512	50%	1.256	50%	0,25%	0%	0,00%	50%	50%	0,25%	RKB-West	6,29%
5	WTP 2	31.508	75%	18.905	0%	0	100%	3,75%	0%	0,00%	100%	0%	0,00%	RKB-West	
6	Stadtpark Nord	24.832	85%	17.730	25%	4.433	50%	1,76%	25%	0,88%	75%	25%	0,88%	RKB-West	
7	Einkaufszentrum	43.036	85%	25.606	50%	12.803	50%	2,54%	0%	0,00%	50%	50%	2,54%	RKB-West	
8	Schule + Öffentliches	20.664	100%	18.804	0%	0	100%	3,73%	0%	0,00%	100%	0%	0,00%	RKB-West	9,92%
9	Wohnen Südwest	48.993	85%	22.071	50%	11.036	50%	2,19%	0%	0,00%	50%	50%	2,19%	RKB-West	
10	Wohnen Südost	172.108	85%	77.535	50%	38.767	50%	7,68%	0%	0,00%	50%	50%	7,68%	Landgr.-Ost	Landgr.-Ost
12	Stadtpark Süd	26.876	85%	19.189	25%	4.797	50%	1,90%	25%	0,95%	75%	25%	0,95%	Landgr.-Ost	11,99%
11	Stadtpark Ost	8.801	85%	6.284	25%	1.571	50%	0,62%	25%	0,31%	75%	25%	0,31%	Graben Mönkhof	
	Summe	504.498		287.961		101.170		34,88%		7,40%			14,80%	Graben vom Mönhofer Weg	
	Summe [ha]	50,45		28,80		10,12								0,44%	
Regenwasserentsorgung der Verkehrsflächen							Versickerung					Abfluss			
Nr.	Gebiet	Agas [m²]	Anteil Verkehrs- fläche [%]	befestigte Fläche [m²]	Anschluß- grad Verkehrs- flächen [%]	angeschlo- sene Fläche [m²]		in dezentralen Versickerungs- anlagen [%]	Prozent der Gesamtfläche [%]		in Oberflächen- gewässer [%]	Prozent der Gesamtfläche [%]	Entwässerungs- M aßnahme		
2	Misch 1	13.738	15%	2.061	100%	2.061		100%	0,41%		0%	0,00%	Mulde-Nord		
4	Misch 3	65.870	15%	9.881	90%	8.892		100%	1,96%		0%	0,00%	RRB-Nord		
1	WTP 1	43.850	25%	10.963	0%	0		100%	2,17%		0%	0,00%	RKB-West		
3	Misch 2	4.222	15%	633	100%	633		0%	0,00%		100%	0,13%	RKB-West		
5	WTP 2	31.508	25%	7.877	100%	7.877		0%	0,00%		100%	1,56%	RKB-West		
6	Stadtpark Nord	24.832	15%	3.725	50%	1.862		50%	0,37%		50%	0,37%	RKB-West		
7	Einkaufszentrum	43.036	15%	6.455	100%	6.455		0%	0,00%		100%	1,28%	RKB-West		
8	Schule + Öffentliches	20.664	0%	0	0%	0		0%	0,00%		0%	0,00%	RKB-West		
9	Wohnen Südwest	48.993	15%	7.349	50%	3.674		50%	0,73%		50%	0,73%	RKB-West		
10	Wohnen Südost	172.108	15%	25.816	50%	12.908		50%	2,56%		50%	2,56%	Landgr.-Ost		
12	Stadtpark Süd	26.876	15%	4.031	100%	4.031		0%	0,00%		100%	0,80%	Landgr.-Ost		
11	Stadtpark Ost	8.801	15%	1.320	50%	660		50%	0,13%		50%	0,13%	Graben Mönkhof		
	Summe	504.498		80.111		48.395			8,20%			7,42%			
	Summe [ha]	50,45		8,01		4,84									

Die Anteile der dezentralen und der privaten Versickerung wurden drei gängigen Behandlungsmaßnahmen (Muldenversickerung, Schachtversickerung, Sickerpflaster) zugeordnet. Bei der dezentralen Versickerung steht fest, dass diese in Mulden z.B. im Stadtpark oder entlang der Haupteinfahrtsstraße und des Mönkhof Weges erfolgt. Die Wahl der privaten Anlagen ist jedoch abhängig vom Bauherrn und kann deshalb vorab nur angenommen werden. Im Bereich des Einkaufszentrums besteht die Möglichkeit, die PKW-Stellplätze mit Sickerpflaster zu verlegen. In Wohnbereichen dagegen kann die Versickerung des weniger verschmutzten Regenwassers durchaus ohne eine Oberbodenpassage in einem Schacht erfolgen.

Die prozentuale Aufteilung der Maßnahmen in Verdunstung, Abfluss und Versickerung wurde der „Generellen Planung der Regen(ab)wasserbewirtschaftung in Siedlungsgebieten“ SIEKER (1999) entnommen. Sie stellt die mittlere Jahreswasserbilanz auf der Grundlage einer Langzeitsimulation dar. Die Ergebnisse des Bilanzvergleichs zwischen natürlichem und bebautem Gebiet sind in Tab. 13 dargestellt. Daraus gehen deutlich die Auswirkungen der Bebauung hervor. Durch den ansteigenden Versiegelungsgrad wird das anfallende Regenwasser schneller abgeführt. Die Verdunstung geht stark

zurück. Durch die hohe Anzahl der dezentralen Versickerungsanlagen und der Verpflichtung 50 – 100 % des anfallenden Regenwassers auf dem Grundstück zu versickern, kommt es zu einer hohen Versickerungsrate. Es wird offensichtlich, dass die gestellten Anforderungen an das Regenwasser für das Einzugsgebiet der Erlaubniserteilung nicht eingehalten werden.

Tab. 13: Wasserbilanz für das natürliche und urbanisierte Einzugsgebiet des Hochschulstadtteils Lübeck

Bezeichnung des Baugebietes	Hochschulstadtteil Lübeck						
Ort des Baugebietes	Lübeck						
Variante	Planung ITWH						
Größe	50,5	ha					
Nutzung	Wohn- und Gewerbegebiet						
Versiegelungsgrad	73 %						
Bodenart	schluffiger Sand						
mittl. Geländegefälle	0,6 %						
Grundwasserabstand	2 - 8	m					
Natürliche Wasserbilanz	mm/a		%				
Jährliche Niederschlagshöhe	670		100 %				
Verdunstung	402		60 %				
Oberflächenabfluss	67		10 %				
Versickerung	201		30 %				
Fehler	0		0 %				
Wasserbilanz nach Bebauung	Flächenanteil	Verdunstung		Abfluss		Versickerung	
		absolut	anteilig	absolut	anteilig	absolut	anteilig
Unbebaute Fläche	27 %	60 %	16 %	10 %	3 %	30 %	8 %
Bebaute Fläche	73 %	7 %	5 %	34 %	25 %	59 %	43 %
Mulde-Nord	1 %	0 %	0 %	0 %	0 %	100 %	1 %
RRB-Nord	6 %	0 %	0 %	32 %	2 %	68 %	4 %
Regenklärbecken-West	10 %	0 %	0 %	100 %	10 %	0 %	0 %
Landgraben-Ost	13 %	0 %	0 %	100 %	13 %	0 %	0 %
Sickerpflaster	3 %	32 %	1 %	3 %	0 %	65 %	2 %
Muldenversickerung	30 %	13 %	4 %	0 %	0 %	87 %	26 %
Schachtversickerung	10 %	0 %	0 %	0 %	0 %	100 %	10 %
Ingesamt	100 %	21 %		28 %		51 %	
Vergleich	Natürlich	Bebaut		Abweichung		geforderte Abweichung	
Jährliche Niederschlagshöhe	100,0 %	100,0 %		0,0 %			
Verdunstung	60,0 %	21,1 %		-38,9 %		≤ ±20 %	
Abfluss	10,0 %	27,7 %		17,7 %		≤ ±10 %	
Versickerung	30,0 %	51,2 %		21,2 %		≤ ±10 %	

1.3.2.4. Überprüfung der Anforderungen an das Regenwasser bei Einleitung in ein Oberflächengewässer

Die Überprüfung der Anforderungen an das Regenwasser bei Einleitung in ein Oberflächengewässer umfasst Anforderungen an den Abfluss und Anforderungen an den Feststoffeintrag. Beide Anforderungen werden in der Entwässerungsplanung des Hochschulstadtteils nicht explizit nachgewiesen. Es findet jedoch eine Regenwasserbehandlung statt, die hier hinsichtlich der in Kap. 3.1 gestellten Anforderungen untersucht werden sollen.

Die **Anforderung an den Abfluss** umfasst die Begrenzung der Abflussbeschleunigung auf eine Größe, wie sie in einem vergleichbaren natürlichen Einzugsgebiet maximal eintreten kann. Da für den Landgraben keine langfristigen Pegelaufzeichnungen vorliegen, aus denen die natürliche Abflussbeschleunigung abgeleitet werden kann, wird auf eine Auswertung von 6 ostholsteinischen Pegeln, die sich ca. 5 bis 30 km westlich bis südwestlich vom Landgraben befinden, zurückgegriffen.

Nach GROTTKER et al. (2002) wurden aus 16 Gewässereinzugsgebieten (35 km² bis 335 km²) die Gewässer ausgewählt, die eine möglichst geringe anthropogene Beeinflussung aufweisen. In den Einzugsgebieten durften keine Regeneinleitungen oder periodisch entleerende Fischteiche vorhanden sein. Außerdem sollte nur extensive Landwirtschaft auf den Flächen des Einzugsgebietes betrieben werden. Aus den 6 verbleibenden Gewässern wurde das Gewässer Augraben (Pegel Lüttau) als repräsentativ ausgesucht, da es hinsichtlich Gefälle, Einzugsgebietsgröße und Nutzung vergleichbar war zum Niemarker Landgraben. Die Pegelaufzeichnungen wurden dann wie folgt ausgewertet und für die Beurteilung der maßgebenden Abflussbeschleunigung herangezogen:

- **Berechnung der Abflussbeschleunigung:** Die Abflussbeschleunigung ist definiert als $AB = \Delta Q / \Delta t$ [l/min²]. Die Abflussdifferenz wird ermittelt aus dem Abfluss am Ende (Q_e) und zu Beginn (Q_b) des Zeitintervalls Δt mit $\Delta Q = Q_e - Q_b$. Das Zeitintervall Δt hängt von den verfügbaren Daten der Pegelaufzeichnungen ab, es liegt in der Regel zwischen 6 und 60 Minuten. Der Abflussbeschleunigung AB wird die Abflussspende q [l/(s·km²)] am Ende des Zeitintervalls zugeordnet $q = Q_e / A_{EO}$. Es sollten mindestens 10 Jahre Pegelaufzeichnungen auf diese Weise ausgewertet werden.
- **Klassenbildung:** Die gewonnenen Wertepaare (AB zu q) werden nach der Größe der Abflussspende sortiert und in Klassen gleicher Breite (z.B. 10 l/(s·km²)) eingeteilt. Für jede Klasse der Abflussspende wird eine Häufigkeitsverteilung ermittelt,

so dass jeder Abflussbeschleunigung einer Klasse ein Wiederkehrintervall zugeordnet werden kann.

- Abflussbeschleunigungsfunktion: Für jedes Wiederkehrintervall kann eine Abflussbeschleunigungsfunktion $AB = a \cdot q^k$ berechnet werden. Die besten Übereinstimmungen ergeben sich für eine Wurzelfunktion mit $k = 0,5$ [-]. Der Wichtungsfaktor a [-] ist jeweils abhängig von dem Wiederkehrintervall und dem Einzugsgebiet. Die Abflussbeschleunigungsfunktionen mit Jährlichkeiten zwischen $T = 0,5a$ bis $10a$ für den Pegel Lüttau am Augraben sind in Abbildung 9 dargestellt.

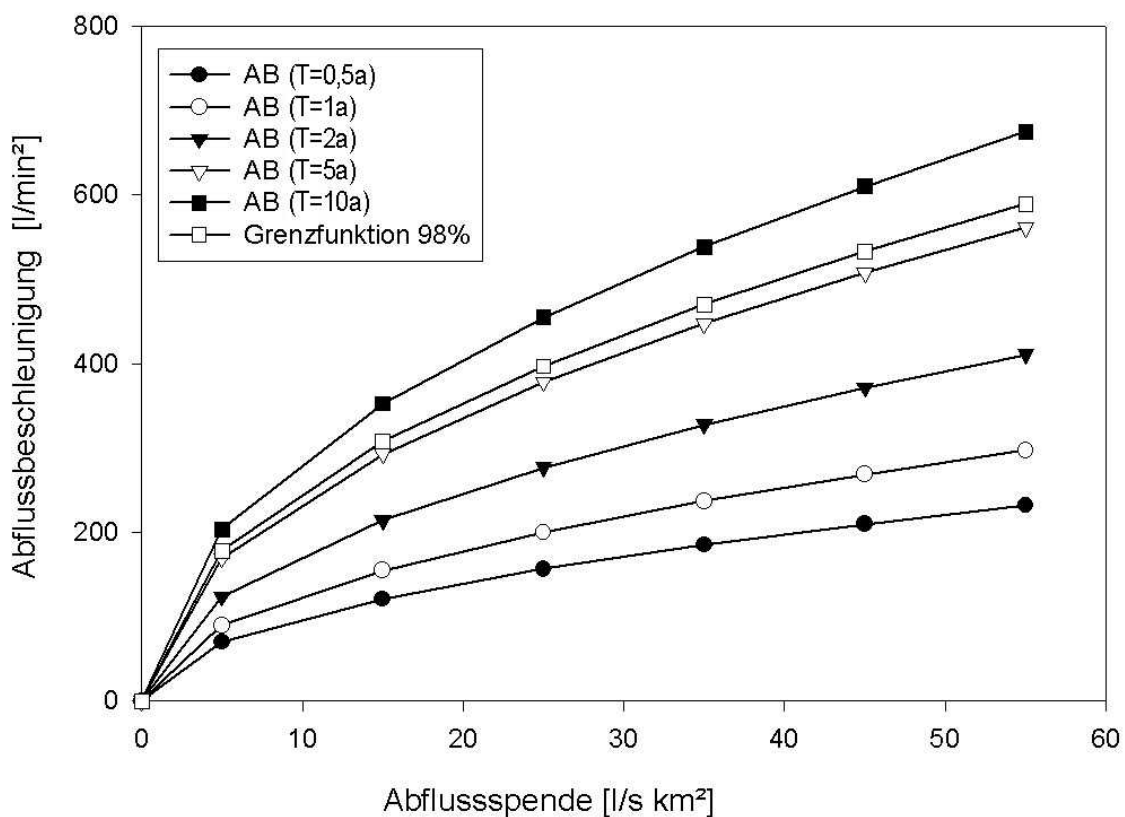


Abb. 9: Abflussbeschleunigungsfunktionen mit Jährlichkeiten zwischen $T = 0,5a$ bis $10a$ für den Pegel Lüttau

- Drosselfunktion: Zur Begrenzung des Abflusses eines Entwässerungsgebietes sind mit Hilfe der Abflussbeschleunigungsfunktionen Drosselfunktionen zu berechnen, die eine Einhaltung der o.g. Anforderungen ermöglichen. Die Drosselfunktionen können mit Hilfe einer Tabellenkalkulation wie folgt erstellt werden. Eine Darstellung der Drosselfunktionen für den Pegel Lüttau am Augraben zeigt Abb. 10:

$$Q_1 = MNQ_{\text{unbebaut}} + \Delta Q_1 \text{ mit } \Delta Q_1 = AB_1 \cdot \Delta t \quad AB_1 = a \cdot MNq^k$$

$$\begin{array}{llll}
 Q_2 = Q_1 + \Delta Q_2 & \text{mit} & \Delta Q_2 = AB_2 \cdot \Delta t & AB_2 = a \cdot q_1^k \quad q_1 = Q_1/A_{E0} \\
 Q_3 = Q_2 + \Delta Q_3 & \text{mit} & \Delta Q_3 = AB_3 \cdot \Delta t & AB_3 = a \cdot q_2^k \quad q_2 = Q_2/A_{E0} \\
 \dots & & \dots & \dots
 \end{array}$$

- Überprüfung der vorhandenen Regen(ab)wassereinleitung: Die vorhandene bzw. geplante Regen(ab)wassereinleitung wird mit der maßgebenden Drosselfunktion aus Abb. 10 verglichen. Bei einer Überschreitung der Drosselfunktion ist die Anforderung an den Abfluss nicht erfüllt.

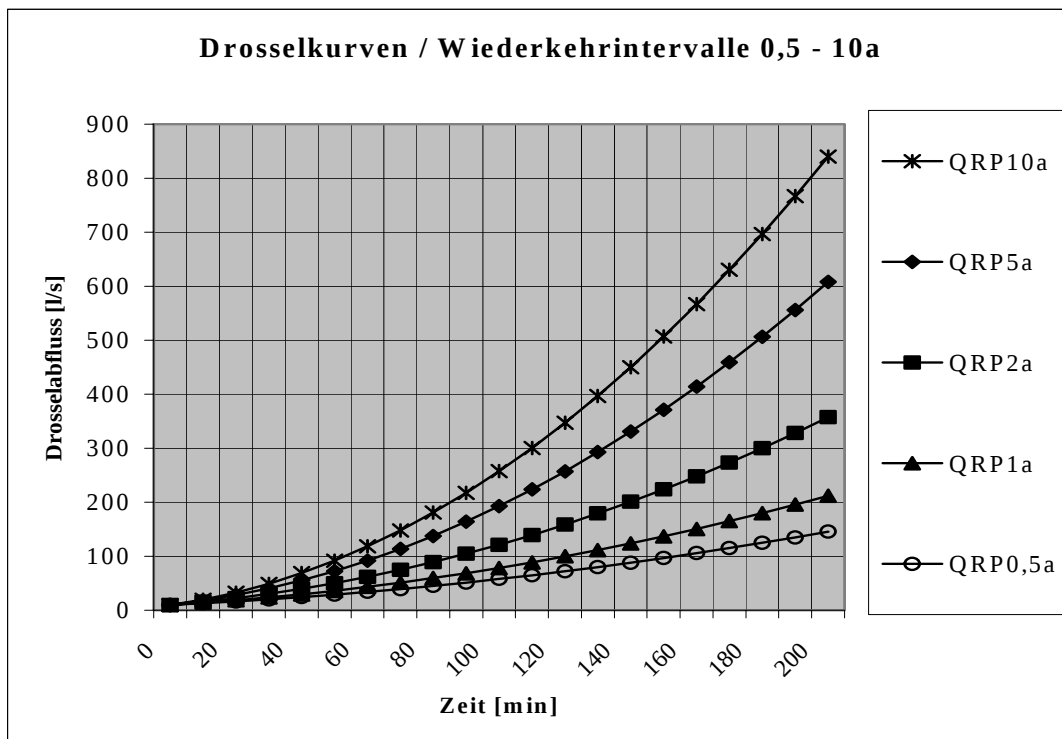


Abb. 10: Drosselfunktionen mit Jährlichkeiten zwischen $T = 0,5a$ bis $10a$, maßgebend für Regen(ab)wassereinleitungen im Einzugsgebiet des Augrabens bzw. vergleichbarer Gewässer.

Betrachtet werden beide Einleitungsstellen in den Niemarkter Landgraben. Zum einen die Einleitung über ein Regenklärbecken bei Gut Mönkhof, die das Teilsystem West entwässert, und zum anderen die ca. 700 m weiter östlich liegende Einleitung, über die das weniger verschmutzte Regen(ab)wasser der Teilgebiete Wohnen Süd-Ost und Stadtteilpark Süd ohne Behandlungsmaßnahme eingeleitet wird. Durch ein Drossel-

bauwerk im Landgraben kommt es an dieser Stelle zu einem Einstau in der Landgrabenniederung.

Vom Ingenieurbüro ITWH wurde für das Teilsystem West der Drosselabfluss (Q_D) nach dem Merkblatt M-2 des Landesamtes für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein zu 300 l/s berechnet. Der Drosselabfluss ergibt sich aus der Differenz zwischen dem Abfluss im Gewässer bei dem die Erosion beginnt (Q_e) und dem mittleren Sommerabfluss (SoMQ).

$$Q_D = Q_e - \text{SoMQ} = 360 \text{ l/s} - 60 \text{ l/s} = 300 \text{ l/s}$$

Aus Abb. 10 geht hervor, dass diese vom ITWH geplante Einleitungsmenge erst nach ca. 125 ($T_n = 10a$) bzw. 145 Minuten ($T_n = 5a$) erfolgen dürfte, anschließend allerdings weiter ansteigen könnte. Die Begrenzung der Abflussbeschleunigung auf das Maß eines natürlichen Einzugsgebietes wird also nicht eingehalten. Die wesentliche Diskrepanz liegt in dem konstant vorgegebenen Drosselabfluss im Gegensatz zu dem zeitlich variablen Drosselabfluss gemäß der hier gestellten Anforderungen.

Die Drosselung der östlichen Einleitung in den Landgraben, über die das Teilsystem Süd-Ost entwässert wird, erfolgt in Form eines Drosselbauwerks im Landgraben. Es erzeugt einen Einstau in der Landgrabenniederung. Nach den oben beschriebenen Planungen soll der Drosselabfluss den Abfluss bei Erosionsbeginn im Gewässer (Q_e) auch hier nicht übersteigen. Der Aufstau beginnt demnach ab einer Abflussmenge von $Q = 360 \text{ l/s}$, wobei der Zufluss aus dem Regenklärbecken mitgerechnet wird, da mit einer Überlagerung der Zuflusswellen gerechnet werden muss [ITWH (2001)]. Die Überlaufhöhe des Drosselbauwerks wurde vom ITWH auf +4,00 m ü. NN festgelegt. Der Wasserstand ohne Einstau liegt bei +3,63 m ü. NN. Daraus ergibt sich eine Rückstauhöhe am Bauwerk von $h_{st} = 4,00 - 3,63 = 0,37\text{m}$. Vom ITWH wurde eine Stauweite von 2000 m berechnet. Das Stauvolumen beträgt dann etwa 2000 m³, wobei ca. 2,4 ha der Landgrabenniederung eingestaut werden. Der Rückstau wurde soweit begrenzt, dass es keinen Rückstau in den weiter oben liegenden Entwässerungsgräben gibt.

Für die Überprüfung des im Gewässer liegenden Rückhaltebauwerkes „Ost“ können die gleichen Drosselfunktionen verwendet werden. Da sich der Regenabfluss mit dem Abfluss im Gewässer vereint hat, sind bei einer Überprüfung der Beschleunigung andere Häufigkeiten zu tolerieren, die sich an den Lebenszyklen der Gewässerorganismen

orientieren und im Bereich von $T_n = 1a$ bis $2a$ liegen. Das Rückhaltebauwerk „Ost“ erfüllt ebenfalls die Anforderungen nicht.

Die **Anforderung an den Feststoffaustrag** aus der Regenkanalisation in ein Oberflächengewässer wird durch die Begrenzung des flächennormierten Feststoffaustrages auf $200 \text{ kg AFS}/(\text{ha}\cdot\text{a})$ erfüllt. Der Feststoffaustrag wird für die Einleitungsstellen RKB West und Landgraben Ost überprüft.

Für die Einleitungsstelle RKB West beim Gut Mönkhof ist vom ITWH ein Regenklärbecken mit 64 m^3 nutzbarem Volumen und einer maximalen Einstautiefe von $1,00 \text{ m}$ geplant. Es ist mit einer 30 cm tiefen, schwimmenden Tauchwand zum Rückhalt von Schwimmstoffen und einem Rechen am Auslauf ausgestattet. Nach BORCHARDT et al. (1999) beträgt die Abbauleistung von Regenklärbecken in Bezug auf die AFS ca. 43% . Die mittleren Regen(ab)wasserkonzentrationen geben BORCHARDT et al. (1999) mit 150 mg AFS/l an. Beide Werte basieren auf einer umfassenden Literaturrecherche, die mehr als 20 Messkampagnen berücksichtigen. Die Überprüfung des zulässigen Feststoffaustrages des RKB West kann mit den folgenden Annahmen durchgeführt werden.

- Mittlere jährliche Niederschlagshöhe: $670 \text{ mm/a} = 6700 \text{ m}^3/(\text{ha}\cdot\text{a})$
- Mittlere Regen(ab)wasserverschmutzung: $c_{\text{AFS}} = 150 \text{ mg AFS/l} = 0,15 \text{ kg AFS/m}^3$
- Mittlerer jährlicher Abflussbeiwert: $0,7$
- Wirkungsgrad des RKB: 43% AFS-Rückhalt = 57% AFS-Durchgang
- Angeschlossene Fläche RKB West (Tab. 12): $5,0046 \text{ ha}$

Mittlerer jährlicher flächennormierter Feststoffaustrag:

- $6700 \text{ m}^3/(\text{ha}\cdot\text{a}) \times 0,15 \text{ kg AFS/m}^3 \times 0,7 \times 0,57 = 401 \text{ kg AFS}/(\text{ha}\cdot\text{a})$

Die Anforderungen an den Feststoffaustrag werden nicht erfüllt, da die geforderten $200 \text{ kg AFS}/(\text{ha}\cdot\text{a})$ um ca. 100% überschritten werden.

Ein Feststoffrückhalt bei der östlichen Einleitung in den Landgraben ist aufgrund der direkten unbehandelten Einleitung nicht vorhanden. Nach BORCHARDT et al. (1999) wird die Gewässerprofilaufweitung als eher ungeeignete Maßnahme bei der Feststoffproblematik dargestellt, da alle AFS in das Gewässersystem gelangen und zu einer

Verlandung der Gewässer führen können. Die Anforderungen an den Feststoffaustrag werden folglich nicht erfüllt.

Ein Rückhalt der AFS wurde vom ITWH nicht ausreichend berücksichtigt. Die Planer haben sich in diesem Fall nach den „Technischen Bestimmungen zum Bau und Betrieb von Anlagen zur Regen(ab)wasserbehandlung bei Trennkanalisation“ aus dem Amtsblatt Schleswig-Holstein von 1992 gerichtet, in denen das aus reinen Wohngebieten abgeleitete Regen(ab)wasser als „gering verschmutzt“ gilt, und somit keiner Behandlung bedarf. Eine unbehandelte Einleitung ist also nach den zukünftig geplanten Anforderungen des § 7a WHG nicht möglich.

Betrachtet man jedoch die überfluteten Gewässer der Landgraben als Vegetationspassagen über die das gestaute Regen(ab)wasser flächenhaft nach Ende des Regenereignisses abfließt, erzeugen diese nach BORCHARDT et al. (1999) einen hohen Rückhalt an AFS. Der Rückhalt wird durch Sedimentation und Filtration im bewachsenen Bodenkörper erzielt. Die oben erwähnte Verlandung ist somit nicht ganz so kritisch zu betrachten, denn die organischen AFS werden in der Gewässerzone mikrobiell abgebaut und dadurch vom Gewässer ferngehalten. Die mineralischen AFS führen zu einer Erhöhung des Bodenkörpers, der aber durch die Vegetation wieder stabilisiert wird. Der relativ hohe Flächenbedarf, der für eine ausreichende Wirksamkeit nötig ist, muss bei Betrachtung des Hochschulstadtteils nicht durch teure Flächenzukaufe gesichert werden, da die Überflutungsflächen für die Drosselung bereits feststehen.

1.3.2.5. Überprüfung der Anforderungen an das Regenwasser bei Einleitung in Boden und Grundwasser

In den Entwässerungsplanungen des Hochschulstadtteils Lübeck sind alle Versickerungsmaßnahmen mit einer bewachsenen Oberbodenpassage ausgestattet. Die Einstauhöhe liegt zwischen 25 cm bei den Alleemulden (WTP 1 und Mischgebiete) und 40 cm beim Regenrückhaltebecken-Nord. Weitere Versickerungsanlagen sind die Mulde-Nord, die Mulden entlang des Mönkhofer Weges und im Stadtteilpark sowie am Rande der Bebauung und die Mulden im Wendebereich der Anliegerstrassen.

Das Versickern über eine Oberbodenpassage entspricht dem heutigen Stand der Technik. Sofern, wie in diesem Fall, kein besonders schadstoffbelastetes Regenwasser in derartige Versickerungsanlagen gelangt, kann davon ausgegangen werden, dass die

Prüfwerte der Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (1999) eingehalten werden. Folglich entsprechen die geplanten Versickerungsmaßnahmen des Hochschulstadtteils den gestellten Anforderungen.

Grundwasserschutzgebiete der Zonen I und II sind im Bereich des Planungsgebietes nicht vorhanden. Das Regen(ab)wasser kann somit in alle Versickerungsanlagen ohne eine Gefährdung der Trinkwasserressourcen eingeleitet werden.

1.3.2.6. Bewertung der Überprüfung

Wesentliche Defizite hinsichtlich der in diesem Vorhaben entwickelten Anforderungen an die Regen(ab)wasserbewirtschaftung bestehen im geplanten Hochschulstadtteil Lübeck in den Anforderungsebenen „Einzugsgebiet der Erlaubniserteilung“ und „Einleitung in ein Oberflächengewässer“. Im ersten Fall besteht ein starkes Defizit des Verdunstungsanteils im Vergleich zu einem natürlichen Einzugsgebiet. Die Einhaltung der Anforderungen sind dementsprechend nur durch Regenwasserbehandlungsmaßnahmen im Planungsgebiet einzuhalten, die einen hohen Verdunstungsanteil haben. Andernfalls oder zusätzlich müsste der Versiegelungsgrad deutlich reduziert werden.

Bei der Einleitung des Regenwassers in das Oberflächengewässer werden Rückhaltmaßnahmen vorgesehen. Ihre Drosselwirkung entspricht jedoch nicht den gestellten Anforderungen. Eine modifizierte Drosselcharakteristik kann dieses Defizit beseitigen. Gleichzeitig müsste ein höherer Rückhalt an AFS garantiert werden. Die Reinigungsmaßnahme erfordert einen mittleren Wirkungsgrad von ca. 72 %, um die gestellten Anforderungen zu erfüllen.

Eine Verbesserung oder zusätzliche Maßnahmen „vor Ort“ bzw. „bei Einleitung in Boden und Grundwasser“ sind für die geplante Regen(ab)wasserbewirtschaftung im Hochschulstadtteil lediglich hinsichtlich einer Reduzierung des Versiegelungsgrades erforderlich.

1.3.3. Technische Maßnahmen zur Einhaltung der Anforderungen an den Umgang mit Regenwasser

1.3.3.1. Maßnahmen vor Ort und im Einzugsgebiet der Erlaubniserteilung

Die Anforderungsebene „Einzugsgebiet der Erlaubniserteilung“ verlangt eine Wasserbilanz, die nach der Bebauung eine maximale Abweichung des Abfluss- und des Versickerungsanteils von 10 % gegenüber dem natürlichen Zustand aufweist. Der Verdunstungsanteil darf um 20 % abweichen. Dieses Ziel soll durch die Ergänzung der Maßnahmen zur Regen(ab)wasserbehandlung durch die Verwendung des Regenwassers für die Bewässerung sowie eine extensive oder intensive Dachbegrünung erfolgen. Weiterhin ist eine Reduktion des Versiegelungsgrades erforderlich.

Um das Baugebiet etwas naturnaher zu gestalten, wird ein geringerer Anteil an befestigter Fläche zugelassen. Damit wird auch dem Gebot der Vermeidung der Versiegelung von Flächen entsprochen, das in der Anforderungsebene „vor Ort“ festgelegt ist. Der Anteil reduziert sich von 73 % auf 65 %. Diese Reduzierung müsste im Bebauungsplan festgelegt werden. Sie kann nur erreicht werden, indem für die Bebauung eine geringere Grundflächenzahl zugelassen wird, da der Flächenbedarf der Verkehrsflächen nicht reduziert werden soll. Bei den Wohngebieten Südwest und Südost ist mit 0,35 schon eine geringe Grundflächenzahl (GRZ) zugrundegelegt. Sie soll auch im Konzeptvorschlag beibehalten werden. Daraus folgt die Notwendigkeit, die GRZ der anderen Gebiete stärker zu reduzieren.

In Tab. 14 ist eine Flächenbilanz dargestellt, aus der eine geringere Flächenversiegelung des Gesamtgebietes hervorgeht. Das Flächendefizit wurde dafür proportional zur Fläche der Teileinzugsgebiete auf die Grundflächenzahl umgerechnet. Der Faktor für Nebengebäude blieb unverändert, da der Anteil für Zufahrten nicht verringert werden soll. Ebenfalls bleiben die Wohngebiete Südwest und Südost aufgrund der geringen GRZ bei der Reduzierung des Versiegelungsgrades unverändert.

Tab. 14: Befestigte Fläche der Teileinzugsgebiete für das vorgeschlagene Bewirtschaftungskonzept

			Privatflächen				Verkehrsflächen		Gesamt	
			Anteil private Grundstücksfläche	max. Bebauungsgrad= GRZ * Faktor Nebengebäude, Hof		befestigte Fläche	Anteil Verkehrsfläche	befestigte Fläche	befestigte Fläche	befestigte Fläche
Nr.	Gebiet	Ages								
		[m²]	[%]	[-]		[m²]	[%]	[m²]	[m²]	[%]
1	WTP 1	43.850	75%	0,61 * 1,0 =	0,61	19.950	25%	10.963	30.913	70%
2	Misch 1	13.738	85%	0,63 * 1,0 =	0,63	7.396	15%	2.061	9.457	69%
3	Misch 2	4.222	85%	0,55 * 1,0 =	0,55	1.975	15%	633	2.609	62%
4	Misch 3	65.870	85%	0,47 * 1,3 =	0,62	34.535	15%	9.881	44.415	67%
5	WTP 2	31.508	75%	0,61 * 1,0 =	0,61	14.335	25%	7.877	22.212	70%
6	Stadtteilpark Nord	24.832	85%	0,56 * 1,2 =	0,67	14.069	15%	3.725	17.794	72%
7	Einkaufszentrum	43.036	85%	0,55 * 1,0 =	0,55	20.136	15%	6.455	26.591	62%
8	Schule + Öffentliches	20.664	100%	0,58 * 1,3 =	0,75	15.596	0%	0	15.596	75%
9	Wohnen Südwest	48.993	85%	0,35 * 1,5 =	0,53	22.071	15%	7.349	29.420	60%
10	Wohnen Südost	172.108	85%	0,35 * 1,5 =	0,53	77.535	15%	25.816	103.351	60%
11	Stadtteilpark Ost	8.801	85%	0,56 * 1,2 =	0,67	4.986	15%	1.320	6.307	72%
12	Stadtteilpark Süd	26.876	85%	0,56 * 1,2 =	0,67	15.227	15%	4.031	19.259	72%
	Summe [m²]	504.498				247.813		80.111	327.924	65%
	Summe [ha]	50,45				24,78		8,01	32,79	

Die daraus folgende Wasserbilanz stellt eine Möglichkeit dar, mit deren Hilfe die gestellten Anforderungen eingehalten werden können. Die anteilige Regen(ab)wasserbehandlung der Flächen wird dafür umverteilt. Behandlungsmaßnahmen mit hohem Abfluss- oder Versickerungsanteil wurden entlastet. Im Gegenzug sollen die Maßnahmen mit einem hohen Verdunstungspotential wie die Regenwassernutzung zur Bewässerung sowie die Dachbegrünung Regenwasser aufnehmen.

Aus Tab. 15 geht hervor, dass bei der gewählten Zuordnung der bebauten Flächen zu den verschiedenen Behandlungsmaßnahmen, die geforderten Abweichungen von Verdunstung, Abfluss und Versickerung gegenüber der natürlichen Wasserbilanz eingehalten werden. Es ist deutlich erkennbar, dass zum Erreichen des geforderten Verdunstungsanteils ein hoher Flächenanteil den Behandlungsmaßnahmen Dachbegrünung und Regenwassernutzung zugeordnet werden muss. In den beiden Teilgebieten Wohnen Südwest und Südost, in denen eine Einfamilienhausbebauung dominiert, werden 50 bzw. 90 % der Fläche an eine Regenwassernutzungsanlage angeschlossen. Die Gebäude der Randbebauung des Stadtteilparks sowie das Einkaufszentrum und die beiden Wirtschafts- und Technologieparks müssen überwiegend mit einer intensiven Dachbegrünung geplant werden. Die befestigten Flächen des Mischgebietes 3 müssen

Tab. 15: Wasserbilanz für das natürliche und urbanisierte Einzugsgebiet des Hochschulstadtteils Lübeck - verbesserter Konzeptvorschlag

Bezeichnung des Baugebietes	Hochschulstadtteil Lübeck						
Ort des Baugebietes	Lübeck						
Variante	Wasserbilanz mit Einhaltung der Zielgrößen des F&E-Vorhabens						
Größe	50,5 ha						
Nutzung	Wohn- und Gewerbegebiet						
Versiegelungsgrad	65 %						
Bodenart	schluffiger Sand						
mittl. Geländegefälle	0,6 %						
Grundwasserabstand	2 - 8 m						
Natürliche Wasserbilanz	mm/a	%					
Jährliche Niederschlagshöhe	670	100 %					
Verdunstung	402	60 %					
Oberflächenabfluss	67	10 %					
Versickerung	201	30 %					
Fehler	0	0 %					
Wasserbilanz nach Bebauung	Flächenanteil	Verdunstung		Abfluss		Versickerung	
		absolut	anteilig	absolut	anteilig	absolut	Anteilig
Unbebaute Fläche	35 %	60 %	21 %	10 %	4 %	30 %	11 %
Bebaute Fläche	65 %	32 %	21 %	25 %	16 %	43 %	28 %
Mulde-Nord	1 %	0 %	0 %	0 %	0 %	100 %	1 %
RHB-Nord	5 %	0 %	0 %	32 %	2 %	68 %	3 %
Regenklärbecken-West	5 %	0 %	0 %	100 %	5 %	0 %	0 %
Landgraben-Ost	5 %	0 %	0 %	100 %	5 %	0 %	0 %
Sickerpflaster	12 %	32 %	4 %	3 %	0 %	65 %	8 %
Muldenversickerung	6 %	13 %	1 %	0 %	0 %	87 %	5 %
RW-Nutzung zur Bewässerung	16 %	35 %	6 %	0 %	0 %	65 %	10 %
Extensive Dachbegrünung	3 %	50 %	2 %	50 %	2 %	0 %	0 %
Intensive Dachbegrünung	12 %	75 %	9 %	25 %	3 %	0 %	0 %
Ingesamt	100 %	42 %		20 %		38 %	
Vergleich	Natürlich	Bebaut		Abweichung		geforderte Abwei- chung	
Jährliche Niederschlagshöhe	100,0 %	100,0 %		0,0 %			
Verdunstung	60,0 %	41,7 %		-18,3 %		≤ ±20 %	
Abfluss	10,0 %	20,0 %		10,0 %		≤ ±10 %	
Versickerung	30,0 %	38,3 %		8,3 %		≤ ±10 %	

zu 50 % über eine extensive Dachbegrünung verfügen. Die Abflussmengen der Verkehrsflächen sollen wie in der ITWH-Planungsvariante teilweise versickern oder in den Landgraben abfließen.

1.3.3.2. Maßnahmen bei Einleitung in ein Oberflächengewässer

Eine Verhinderung der abrupten Beschleunigung des Abflusses im Landgraben kann nur durch die Drosselung des Regenwasserabflusses im Einzugsgebiet oder „end-of-pipe“, nicht jedoch im Gewässer selbst erreicht werden. Folglich wäre bei der Einleitung Landgraben Ost eine Regen(ab)wasserbehandlung vorzusehen, die die Begrenzung der Abflussbeschleunigung und des Feststoffeintrages gewährleistet. Im verbesserten Konzeptvorschlag werden deshalb für beide Einleitungspunkte die gleichen Regen(ab)wasserbehandlungen vorgeschlagen. Zwei Möglichkeiten sind prinzipiell zur Erfüllung der Anforderungen möglich.

Einerseits kann das Regenklärbecken im Ablaufbereich als Filter (Körnung 4/6 mm) mit anschließender Drossel ausgeführt werden. Die Drossel erhält eine Steuerung, die die zeitlich veränderten Abflüsse garantiert. Die zeitliche Steuerung beginnt erst dann von Neuem, wenn das Regenklärbecken komplett leer gelaufen ist. Durch die Filterung wird ein ausreichender Feststoffrückhalt und durch die Drosselsteuerung die Begrenzung der Beschleunigung sicher gestellt. Beide technischen Ergänzungen des Regenklärbeckens sind vielfach erprobt, so dass sie dem Stand der Technik entsprechen.

In einer anderen Lösung kann durch die Anordnung von einer Speicherkaskade mit Kiesfilterbasisablauf jedes Speicherbeckens ein langsam zunehmender Abfluss in den Landgraben erreicht werden. Vorteil dieser Lösung ist die einfache Technik, die für die Begrenzung der Abflussbeschleunigung eingesetzt wird. Nachteilig ist die Starrheit des Systems, so dass die Drosselfunktion später nicht mehr so einfach an veränderte Randbedingungen im Entwässerungsgebiet angepasst werden kann. In jedem Fall findet jedoch ein ausreichender Feststoffrückhalt in den Kiesfiltern statt. Eine derartige Speicherkaskade ist noch nicht realisiert worden. Das neue an dieser Lösung ist jedoch nicht die technische Gestaltung, sondern die Bemessung der einzelnen Kiesfilterbasisabläufe. Sie können nach dem Filtergesetz bemessen werden, ihre Überprüfung in der Praxis steht jedoch noch aus.

1.3.4. Zusammenfassung

Die in der Fallstudie Hochschulstadtteil Lübeck vorgestellte Planung der Regen(ab)wasserbewirtschaftung des Ingenieurbüros ITWH wurde nach modernen Gesichtspunkten durchgeführt und als Diplomarbeit von H. Wiese erarbeitet [WIESSE

(2002)]. Sie entsprechen alle dem Stand der Technik und gewährleisten einen Schutz des Gewässers vor den Belastungen aus neuen Regen(ab)wassereinleitungen.

Die Überprüfung der vorliegenden Planung hinsichtlich der im Kap. 3 gestellten Anforderungen ergab jedoch, dass die Wasserbilanz im Einzugsgebiet der Erlaubniserteilung zu stark verändert wird. Weiterhin findet keine ausreichende Begrenzung der Abflussbeschleunigung und des Feststoffaustrages bei der Einleitung in das Oberflächen-gewässer statt.

Durch die Reduzierung des Versiegelungsgrades und Ergänzung der Behandlungsmaßnahmen mit der Regenwassernutzung zur Bewässerung sowie der Dachbegrünung konnte eine verbesserte Wasserbilanz vorgestellt werden, die den gestellten Anforderungen genügen würde. Eine Filterung und geregelte Drosselung des Ablaufes des geplanten Regenklärbeckens stellt die erforderliche Ergänzung der Behandlung vor der Einleitung in den Landgraben dar. Die zusätzlichen Maßnahmen sind einfach zu realisieren und entsprechen dem Stand der Technik.

1.4. Neubauggebiet Trennkanalisation– Berliner Nordostraum

1.4.1. Problemstellung

Der Nordostraum Berlins setzt sich wasserwirtschaftlich aus den Einzugsgebieten von Panke, Nordgraben und Tegeler Fließ zusammen (Abb. 10). Er ist wie kein anderes Teilgebiet in Berlin einem vielgliedrigen Strukturwandel ausgesetzt.

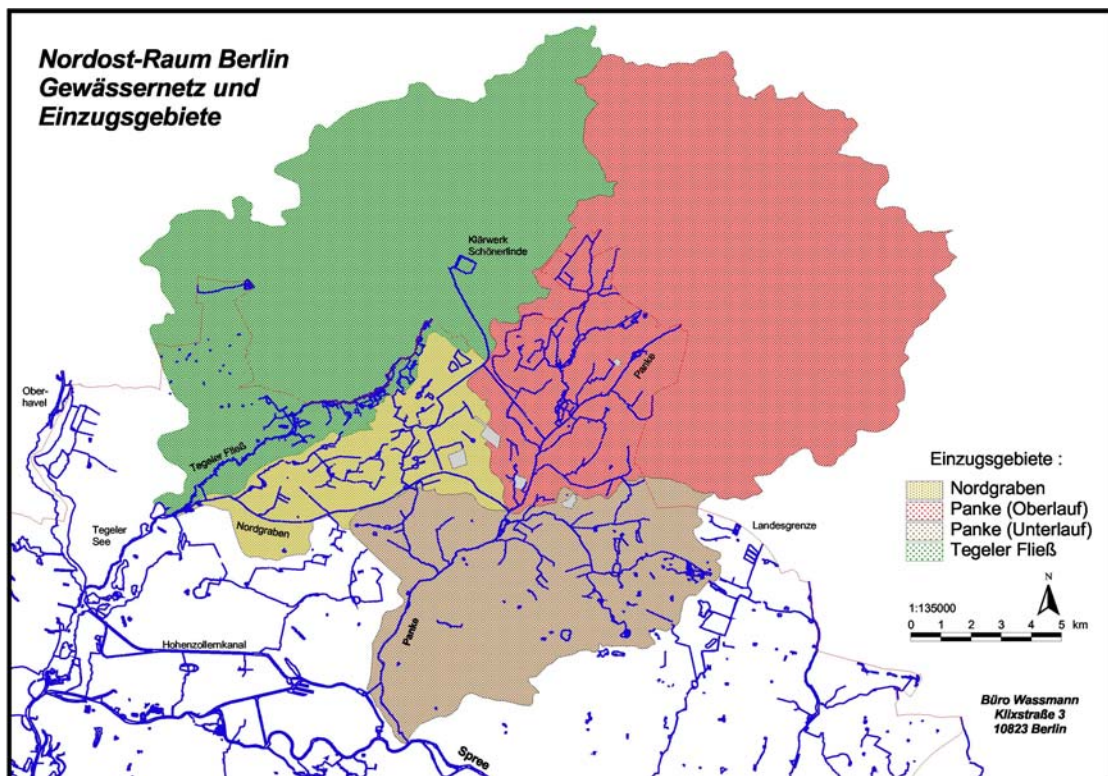


Abb. 10: Einzugsgebiete und Gewässernetz des Nordostens von Berlin (Trennkanalisation)

Ein Jahrhundert lang wurde das Landschafts- und Nutzungsbild maßgeblich von der flächenhaften Abwasserbeseitigung auf den größten zusammenhängenden Rieselfeldflächen innerhalb des Landes Berlin geprägt. Nach Umstellung auf moderne Klärwerkstechnologie im Jahre 1986 sollen Teile der freigewordenen Flächen auch für die städtebauliche Entwicklung genutzt und damit neu erschlossen werden. Zahlreiche Entwicklungsvorhaben haben zudem eine weitere bauliche Verdichtung des Raumes zum Ziel.

Ein gewässer- und landschaftsverträglicher Städtebau im Nordosten Berlins steht in vielfacher Hinsicht vor erheblichen Herausforderungen, die durch wasserwirtschaftliche Rahmenbedingungen (Abwasserbeseitigung) und die naturräumlichen Voraussetzungen des Gebietes selbst gegeben sind.

1.4.2. Gebietsbeschreibung

Die Panke entspringt nordöstlich von Berlin nahe Bernau auf der Barnimhochfläche im Land Brandenburg. Sie hat eine Fließstrecke von 27 km und ist bei einem Gefälle von etwa 40 m als Flachlandfluss zu typisieren. Ihr Einzugsgebiet umfasst etwa 252 km². Die Panke ist neben dem Nordgraben ($F_E=27 \text{ km}^2$) und dem Tegeler Fließ ($F_E=124 \text{ km}^2$) Hauptvorfluter für den Nordosten Berlins. Der Nordgraben wurde in den 30er Jahren zur Hochwasserentlastung der Panke angelegt und ist seit 1952 mit der Panke regelbar verbunden. Die Rieselfeldflächen befinden sich hauptsächlich im Teileinzugsgebiet des Pankeoberlaufes, das sich im wesentlichen auf den ehemaligen Ostteil Berlins und das Land Brandenburg erstreckt. Die letzten 4 km der Panke liegen im Bezirk Wedding des ehemaligen Westteiles von Berlin. Eine gemeinsame Bewirtschaftung des Gewässers war zur Zeit der politischen Teilung beider Stadthälften nicht möglich.

1.4.3. Abflussspitzen

Die Fließgewässer sind in ihrem Ausbauzustand und der Kapazität den langjährigen Landnutzungsverhältnissen zur Zeit der Rieselfeldwirtschaft angepaßt. Bereits jetzt bestehen Begrenzungen der Abflusskapazität beim Eintritt in den Innenstadtbereich.

Für die Panke sind die Grenzen am Pegel in Blankenburg mit 3,94 m³/s und für den Nordgraben in Rosenthal mit 9,3 m³/s vorgegeben. Eine weitere bauliche Verdichtung bei ungedämpfter, kanaltechnischer Erschließung würde zu einer drastischen Erhöhung von Abflussspitzen führen. Die Abflussspitzen würden sich bei Erschließung bisher nicht kanalisierter Bestandsgebiete bereits um 18 % und bei Erschließung weiterer Flächen um weitere 23 % erhöhen [GEIGER et al. (1992)].

Ein weiterer Ausbau der Gewässer im Innenstadtbereich kommt insbesondere bei der Panke nicht in Betracht, da

- mit erheblichen Kosten für die öffentliche Hand zu rechnen wäre

- und aufgrund der dichten Bebauung keine Flächen zur Verfügung stehen.

Für den Unterlauf der Panke im Innenstadtbereich sind aufgrund von Hochwasserschäden bereits massive Hochwasserschutzmaßnahmen ergriffen worden. Mischwasserüberläufe und Einleitungen der Trennkanalisation, die das Regenwasser der hochversiegelten Stadtflächen zügig fortleiten, bewirken nach Starkregenereignissen einen spontanen Anstieg des Wasserstandes der Panke um bis zu 2,30 m.

Abb. 11 zeigt die Ganglinie von Monatsmittelwert und Monatsspitze der im Bezirk Wedding gemessenen Abflüsse. Bei einem mittleren Abfluss von meist weniger als 1 m³/s hat es in der 10-jährigen Messreihe immerhin zwei Ereignisse mit einem Spitzenabfluss von über 40 m³/s gegeben.

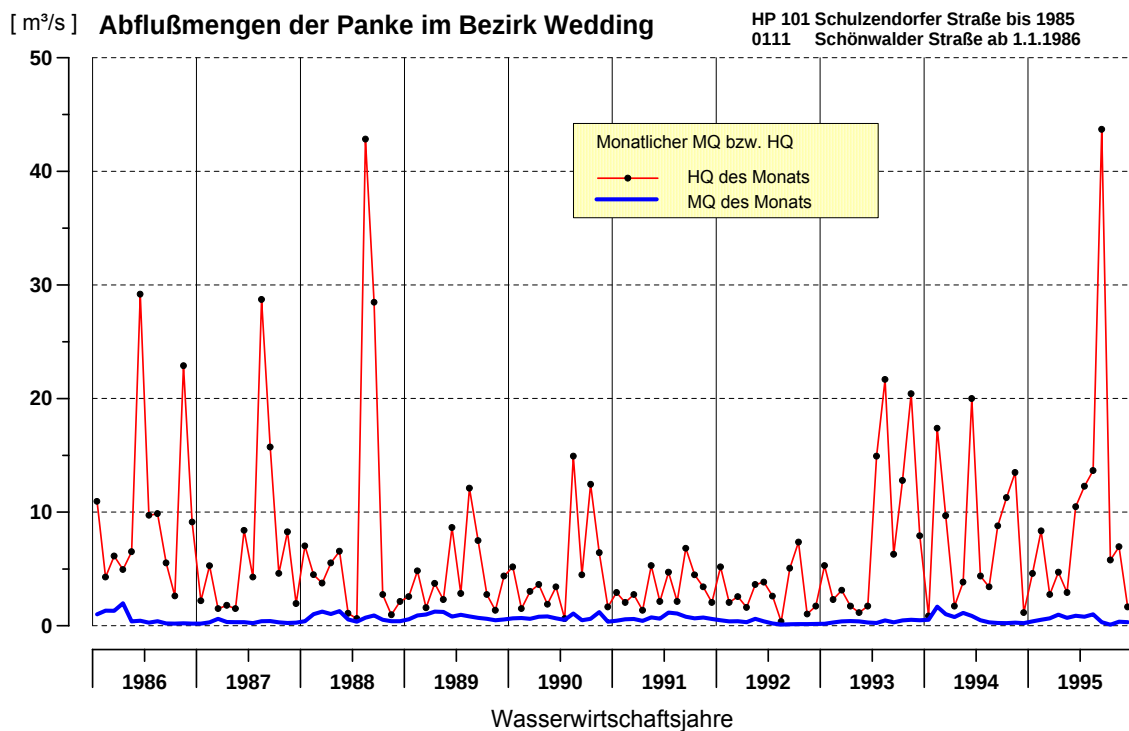


Abb. 11: Monatliche Abflussmittelwerte und Abflussspitzen der Panke im Bezirk Wedding

1.4.4. Gewässerstrukturgüte

Die Veränderungen im Abflussregime haben bisher zu einem massiven Ausbau der Gewässer geführt, in deren Folge die natürlichen Potentiale der Gewässerentwicklung weitgehend zerstört wurden. Die Anpassung der Gewässerprofile an steigende Ab-

flussspitzen im Zuge der Urbanisierung hat kanalartige Gebilde zur Folge gehabt, die zu Trockenwetterzeiten nahezu trocken fallen. Eine zunehmende Verödung der betroffenen Gewässerabschnitte ist die Folge. Ein weiterer Ausbau im Oberlauf der Panke entspricht weder den heutigen wasserwirtschaftlichen Zielvorstellungen, noch wäre er derzeit finanzierbar.

1.4.5. Regen(ab)wasserbewirtschaftung in den Einzugsgebieten von Panke und Nordgraben

Wenn der Gebietsabfluss nicht verändert werden soll, dann kann die Bebauung nur unter Bereitstellung umfangreicher Speicherräume für das anfallende Niederschlagswasser realisiert werden. Diese sind größtenteils in den Gebietsflächen selbst vorzuhalten. Als erste generelle Anforderung für die Regen(ab)wasserbewirtschaftung ist daher zu sehen, dass die bauliche Erschließung nicht zu einer gravierenden Veränderung des bisherigen Abflussregimes, insbesondere der Abflussspitzen führen darf. Da die natürliche Gebietsabflussspende mit etwa 1 l/s/ha zu veranschlagen ist, wird seitens der Wasserbehörde an neuen Einleitungsstellen eine hydraulische Begrenzung in Höhe des jetzigen Gebietsabflusses verlangt. Wie dies zu erreichen ist, wird zunächst offen gelassen. Die Erschließung des Berliner Nordostens muss mit deutlicher Abflussdämpfung (Maximalziel: „abflussloses Bauen“) verbunden sein.

Als zweite generelle planerische Randbedingung für die Regen(ab)wasserbewirtschaftung auf dem Barnim sind die hydrogeologischen Verhältnisse zu werten. Reine Versickerungsverfahren wie Flächen- oder Muldenversickerung können auf dem Barnim wegen der Schichtenwasserproblematik nur nach sorgfältiger Prüfung angewendet werden. Ist die Versickerungsfähigkeit in den oberen Bodenschichten auch auf der Barnimfläche zum Teil noch gut, so kann generell die Transportfähigkeit durch stauende Schichten (Geschiebemergel) eingeschränkt sein. Zum Teil stehen die Mergelschichten auch bodennah an. Insbesondere in den niederschlagsreichen Monaten kommt es zu temporär hohen Grundwasserständen und zu Kellervernässung. Versickerungssysteme ohne Ableitungsmöglichkeit könnten zu einer Verstärkung der Schichtenwasserproblematik führen. Da die geologischen Verhältnisse sehr heterogen sind und auch kleinräumig variieren, sind vor dem Einsatz reiner Versickerungsverfahren detaillierte Grundlagenerhebungen erforderlich.

In den schichtenwassergefährdeten Bereichen wird als Vorzugslösung das Mulden-Rigolen-System anzuwenden sein. Bei diesem System werden zwar die vorhandenen Versickerungspotentiale genutzt, jedoch ist auch eine stark gedrosselte Ableitung des Regenwassers vorgesehen. Bei zeitweise hohen Grundwasserständen wirkt die Rigole wie eine Dränage. Temporär hochstehendes Grundwasser (Schichtenwasser) infiltriert in diese Rigole und wird abgeleitet. Es ist daher zusätzlich als Bewirtschaftungsmöglichkeit für das Schichtenwasser anzusehen.

Die weiteren Randbedingungen der Regen(ab)wasserkonzeption sind je nach standörtlichen Voraussetzungen abhängig und bedürfen einer detaillierten Betrachtung. Im Rahmen einer Bauausstellung wurden Grobkonzepte für die Darstellung umweltverträglicher Bauweisen für sechs konkrete Standorte entwickelt. „Umweltverträglich“ bedeutete dabei in erster Linie, abflussarm und möglichst ohne stoffliche Überlastungen der Gewässer.

Je nach standörtlichen Eigenheiten (Geländetopographie etc.) kann dies die dezentrale Versickerung in Ortsnähe oder auch die Zuleitung zu ehemaligen Feuchtgebieten bedeuten. In jedem Fall sollte zur weitgehenden Reinigung der Regenabflüsse möglichst viel Niederschlagswasser einer Passage über die belebte Bodenzone zugeführt werden, um den direkten Stoffaustrag aus den Gebietsflächen in die Gewässer zu minimieren.

Unter Berücksichtigung der standortspezifischen Gegebenheiten (Schichtenwasser, Gefällesituation etc.) wurden für sechs Standorte im Rahmen einer geplanten Bauausstellung Konzeptskizzen für die Regen(ab)wasserbewirtschaftung entworfen.

Im Rahmen einer Studie [WASSMANN (1997)] zur gewässer- und landschaftsverträglichen städtebaulichen Entwicklung auf dem Barnim wurden folgende allgemeine Vorgaben für den Umgang mit dem Niederschlagswasser formuliert:

- Zielsetzung für die Bebauung ist eine unveränderte natürliche Gebietsabflussspende gegenüber dem Zustand vor der Bebauung. Die natürliche Gebietsabflussspende wird mit genau $1 \text{ l/(s} \cdot \text{ha } A_{\text{red}})$ angegeben. Die Vorgabe einer am derzeitigen Gebietsabfluss orientierten Gebietsabflussspende führt bei konsequenter Anwendung zu einer sehr effektiven und wirkungsvollen hydraulischen Dämpfung.
- Zielsetzung ist die möglichst wirkungsvolle Abflussdämpfung durch weitest gehende, dezentrale Versickerung für öffentliche Straßen und die privaten Grundstücke.

- Räumliche Anordnung und Flächenbedarf von dezentralen Entwässerungskonzeptionen sind frühzeitig mit den städtebaulichen Entwürfen abzustimmen und in Einklang zu bringen. Bei der Anordnung und Ausrichtung der Baukörper ist zu beachten, dass zusammenhängende Mulden-Rigolen-Systeme insgesamt den Flächenbedarf dezentraler Versickerungssysteme mindern können. Einzelsysteme ohne Vernetzung können unter Umständen zu höherem Flächenanspruch führen. In diesem Zusammenhang sind auch die rechtlichen Fragen der Entwässerungsvernetzung von privaten und öffentlichen Flächen zu beachten.
- Wird bei der Planung auf eine ortsnahe Versickerung z.B. von Straßenablauf verzichtet, so wird eine Abflusssdämpfung in semizentralen oder zentralen Anlagen (Regenrückhaltebecken, ggf. Bodenfilteranlagen) erforderlich, um die geforderten Dämpfungs- bzw. Reinigungsleistungen zu erreichen.
- Der Flächenbedarf, die Reinigungsleistung und die Kosten für die dezentralen bzw. zentralen Elemente sind im Sinne einer Kosten- und Nutzenoptimierung gegeneinander abzuwägen.
- Als ergänzende Elemente der Regen(ab)wasserbewirtschaftung sind Dachbegrünung oder die Speicherung zur Gartenbewässerung (Regentonne oder Zisternen) denkbar.
- Bei den zur Zeit umgesetzten Projekten ist es zu einem Mix von zentralen bzw. dezentralen Lösungen gekommen.

2. Erweiterungsgebiet

2.1. Hochschulstandort Lübeck (TS); Fallstudie Hochschulstadtteil Lübeck

2.1.1. Darstellung der geplanten Regen(ab)wasserbewirtschaftung im Hochschulstadtteil Lübeck

Alternativ zur Einleitung mit eigener Erlaubnis (vgl. Anhang 1.3) soll auch die Möglichkeit einer Ankopplung der Regenentwässerung an die bestehende Kanalisation des Stadtteils St. Jürgen Süd untersucht werden. Dabei sind alle Grundlagen und Randbedingungen im Planungsgebiet identisch mit den in Anhang 1.3 beschriebenen und als Diplomarbeit [WIESSE (2002)] erarbeitet. Es wird jedoch angenommen, dass die Regenwasserbehandlung am Ende des Planungsgebietes entfällt, und anstelle dessen das Regenwasser an zwei Stellen in die bestehende Trennkanalisation eingeleitet wird.

Verlauf der Trennkanalisation

Die geplante Regenkanalisation führt vom Hochschulstadtteil nach Norden bzw. nach Nord-Osten in den Stadtteil St. Jürgen Süd. Die eine Einleitungsstelle befindet sich an der Ecke Stephensonstrasse / Bessemerstrasse, an der auch bei der geplanten Regen(ab)wasserbewirtschaftung eine gedrosselte Einleitung im Anschluss an das RRB-Nord besteht. Die zweite Einleitungsstelle liegt am Ende des Mönkhofer Weges. Die Leitung vom Mönkhofer Weg mündet an der Ecke Edisonstrasse / Mönkhofer Weg in die Leitung der erstgenannten Einleitungsstelle. Diese läuft dann in Verlängerung der Edisonstrasse zwischen der Medizinischen Hochschule Lübeck und der südlichen Bebauung der Stadtweide in Richtung Ratzeburger Allee. Der weitere Verlauf liegt unter der Osterweide. Nach Ende der Bebauung (Station 0+500) läuft das Regenwasser im Heidkoppel-Graben Richtung Wakenitz. Vor dem Durchlass des Bahndammes befindet sich ein Regenrückhaltebecken. Nach dem Durchlass läuft das Regenwasser über eine Feuchtwiese zur Wakenitz.

Alle Mulden, die innerhalb des Planungsgebietes liegen, sollen auch bei dieser Variante erhalten bleiben, um nach wie vor einen gewissen Anteil von Versickerung zu gewährleisten. Außerdem tragen die Wasserflächen zu einem optisch angenehmen Wohnklima im geplanten Neubaugebiet bei.

Von den drei Teileinzugsgebieten, in denen eine 100 %-ige Versickerung auf dem Grundstück verlangt wird (WTP 1, WTP 2, Schule + Öffentliches), soll für diese Variantenuntersuchung, ebenso wie bei den übrigen Teileinzugsgebieten, nur 50 % des anfallenden Regenwassers auf dem Grundstück verbleiben. Der Rest wird in die Regenkanalisation eingeleitet.

Im Hinblick auf die vorgegeben Anforderungen wird bei der Analyse der oben dargestellten Alternative auf die Betrachtung der Anforderungsebenen „vor Ort“ und „Einleitung in Boden und Grundwasser“ verzichtet, da sich gegenüber der Darstellung in Anhang 1.3 keine Veränderungen ergeben. Die Entwässerung erfolgt ebenso im Trennverfahren und bei der Versickerung in den Mulden durchläuft das Regenwasser eine Oberbodenpassage, die den Schmutzstoffeintrag in Boden und Grundwasser nach dem Stand der Technik ausreichend verringert. Damit entsprechen die beiden Prüfungsebenen auch bei dieser Variante den Ansprüchen des Kap. 3.

2.1.2. Überprüfung der Anforderungsebene „Einzugsgebiet der Erlaubniserteilung“

Die Gebietsdaten und die natürliche Wasserbilanz sind identisch mit denen der ITWH-Planungsvariante (Anhang 1.3). Die prozentuale Verteilung für das Erstellen der Wasserbilanz nach der Bebauung ist in der Tab. 16 dargestellt. Daraus folgt, dass 37 % der bebauten Fläche an eine Versickerungsanlage angeschlossen werden. Die verbleibenden 36 % werden in die Kanalisation eingeleitet, wobei 9 % an die Einleitungsstelle Stephensonstrasse / Bessemerstrasse und 27 % am Mönkhofer Weg angeschlossen sind.

Bei allen Teileinzugsgebieten wird eine Versickerung von 50 % auf dem Grundstück vorausgesetzt. Von der Randbebauung des Stadtteilparks werden zusätzlich 25 % in den Mulden des Parks versickert. Der Regenwasseranfall der Straßen wird in einigen Teilgebieten auch in dieser Variante versickert. Im Gebiet WTP 1 jedoch soll das gesamte Regenwasser der Straßen in den Alleemulden versickert werden. Die Straßen der südlichen Wohnbereiche und der Randbebauung des Parks entwässern 50 % des Regenwassers in Mulden am Mönkhofer Weg, im Park oder im Wendebereich der Anliegerstrassen.

Die vergleichende Prüfung der Wasserbilanzen erfolgt mit Hilfe eines tabellarischen Vergleichs (Tab. 16).

Tab. 16: Prozentuale Flächenverteilung für die Regen(ab)wasserentsorgung bei Anknüpfung an die bestehende Trennkanalisation

Regenwasserentsorgung der Privatflächen						Versickerung					Abfluss		Ableitung in:	
Nr.	Gebiet	Agas [m²]	Anteil private Grundstücks- fläche [%]	befestigte Fläche [m²]	zulässiger Anschluss- grad [%]	angeschlos- sene Fläche [m²]	auf dem Grundstück [%]	Prozent der Gesamtfläche [%]	in dezentralen Versickerungs- anlagen [%]	Prozent der Gesamtfläche [%]	gesamt Versickerung [%]	in Trenn- kanalisation [%]		Prozent der Gesamtfläche [%]
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		13
2	Misch 1	13.738	85%	9.342	50%	4.671	50%	0,93%	0%	0,00%	50%	50%	0,93%	Kanalisation: 36,12%
4	Misch 3	65.870	85%	43.672	50%	21.836	50%	4,33%	0%	0,00%	50%	50%	4,33%	- Ecke Stephenson- Bessemerstraße
1	WTP 1	43.850	75%	26.310	50%	13.155	50%	2,61%	0%	0,00%	50%	50%	2,61%	9,05%
3	Misch 2	4.222	85%	2.512	50%	1.256	50%	0,25%	0%	0,00%	50%	50%	0,25%	- Monkhofer Weg
5	WTP 2	31.508	75%	18.905	50%	9.452	50%	1,87%	0%	0,00%	50%	50%	1,87%	27,07%
6	Stadtpark Nord	24.832	85%	17.730	25%	4.433	50%	1,76%	25%	0,88%	75%	25%	0,88%	
7	Einkaufszentrum	43.036	85%	25.606	50%	12.803	50%	2,54%	0%	0,00%	50%	50%	2,54%	Versickerung:
8	Schule + Öffentliches	20.664	100%	18.804	50%	9.402	50%	1,86%	0%	0,00%	50%	50%	1,86%	- dezentrale Anlagen
9	Wohnen Südwest	48.993	85%	22.071	50%	11.036	50%	2,19%	0%	0,00%	50%	50%	2,19%	- private Anlagen
10	Wohnen Südost	172.108	85%	77.535	50%	38.767	50%	7,68%	0%	0,00%	50%	50%	7,68%	36,84%
12	Stadtpark Süd	26.876	85%	19.189	25%	4.797	50%	1,90%	25%	0,95%	75%	25%	0,95%	
11	Stadtpark Ost	8.801	85%	6.284	25%	1.571	50%	0,62%	25%	0,31%	75%	25%	0,31%	
	Summe	504.498		287.961		133.179		28,54%		2,14%			26,40%	
	Summe [ha]	50,45		28,80		13,32								

Regenwasserentsorgung der Verkehrsflächen						Versickerung				Abfluss		Ableitung in:		
Nr.	Gebiet	Agas [m²]	Anteil Verkehrs- fläche [%]	befestigte Fläche [m²]	Anschluss- grad Verkehrs- flächen [%]	angeschlos- sene Fläche [m²]	auf dem Grundstück [%]	Prozent der Gesamtfläche [%]	in dezentralen Versickerungs- anlagen [%]	Prozent der Gesamtfläche [%]	gesamt Versickerung [%]		in Trenn- kanalisation [%]	Prozent der Gesamtfläche [%]
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		12	13
2	Misch 1	13.738	15%	2.061	100%	2.061			0%	0,00%		100%	0,41%	
4	Misch 3	65.870	15%	9.881	90%	8.892			10%	0,20%		90%	1,76%	
1	WTP 1	43.850	25%	10.963	0%	0			100%	2,17%		0%	0,00%	
3	Misch 2	4.222	15%	633	100%	633			0%	0,00%		100%	0,13%	
5	WTP 2	31.508	25%	7.877	100%	7.877			0%	0,00%		100%	1,56%	
6	Stadtpark Nord	24.832	15%	3.725	50%	1.862			50%	0,37%		50%	0,37%	
7	Einkaufszentrum	43.036	15%	6.455	100%	6.455			0%	0,00%		100%	1,28%	
8	Schule + Öffentliches	20.664	0%	0	0%	0			0%	0,00%		100%	0,00%	
9	Wohnen Südwest	48.993	15%	7.349	50%	3.674			50%	0,73%		50%	0,73%	
10	Wohnen Südost	172.108	15%	25.816	50%	12.908			50%	2,56%		50%	2,56%	
12	Stadtpark Süd	26.876	15%	4.031	100%	4.031			0%	0,00%		100%	0,80%	
11	Stadtpark Ost	8.801	15%	1.320	50%	660			50%	0,13%		50%	0,13%	
	Summe	504.498		80.111		49.055				6,02%			9,72%	
	Summe [ha]	50,45		8,01		4,91								

Auch bei dieser Variante ist ein deutlicher Rückgang des Verdunstungsanteils gegenüber dem natürlichen Zustand zu erkennen. Die Versickerungsanteil ist aufgrund der fehlenden Behandlungsmaßnahmen, Mulde-Nord und RRB-Nord, im Gegensatz zu der ITWH-Planungsvariante um gut 10 % zurückgegangen. Das Regenwasser fließt stattdessen in der Trennkanalisation ab. Die Anforderungen aus Kap. 3 sind bzgl. der Wasserbilanz folglich nicht eingehalten worden.

Eine Korrektur des Wasserhaushaltes wäre in vergleichbarer Weise wie in Anhang 1.3 möglich. Dabei sollte der Anteil der Regenwassernutzung zur Bewässerung von Grünflächen sowie der Dachbegrünung entsprechend erhöht werden. Ein erneuter rechnerischer Nachweis wird hier nicht explizit geführt.

Tab. 17: Wasserbilanz für das natürliche und urbanisierte Einzugsgebiet des Hochschulstadtteils Lübeck bei Ankopplung an die bestehende Trennkanalisation

Bezeichnung des Baugebietes	Hochschulstadtteil Lübeck							
Ort des Baugebietes	Lübeck							
Variante	Ankopplung an die bestehende Trennkanalisation							
Größe	50,5 ha							
Nutzung	Wohn- und Gewerbegebiet							
Versiegelungsgrad	73 %							
Bodenart	schluffiger Sand							
mittl. Geländegefälle	0,6 %							
Grundwasserabstand	2 - 8 m							
Natürliche Wasserbilanz	mm/a	%						
Jährliche Niederschlagshöhe	670	100 %						
Verdunstung	402	60 %						
Oberflächenabfluss	67	10 %						
Versickerung	201	30 %						
Fehler	0	0 %						
Wasserbilanz nach Bebauung	Flächenanteil	Verdunstung		Abfluss		Versickerung		
		absolut	anteilig	absolut	anteilig	absolut	anteilig	
Unbebaute Fläche	27 %	60 %	16 %	10 %	3 %	30 %	8 %	
Bebaute Fläche	73 %	6 %	4 %	49 %	36 %	45 %	33 %	
Ableitung in RW-Kanalisation	36 %	0 %	0 %	100 %	36 %	0 %	0 %	
Sickerpflaster	3 %	32 %	1 %	3 %	0 %	65 %	2 %	
Muldenversickerung	26 %	13 %	3 %	0 %	0 %	87 %	23 %	
Schachtversickerung	8 %	0 %	0 %	0 %	0 %	100 %	8 %	
Ingesamt	100 %	21 %		39 %		41 %		
Vergleich	Natürlich	Bebaut		Abweichung		geforderte Abweichung		
Jährliche Niederschlagshöhe	100,0 %	100,0 %		0,0 %				
Verdunstung	60,0 %	20,5 %		-39,5 %		≤ ±20 %		
Abfluss	10,0 %	38,8 %		28,8 %		≤ ±10 %		
Versickerung	30,0 %	40,7 %		10,7 %		≤ ±10 %		

2.1.3. Überprüfung der Anforderungsebene „Einleitung in Oberflächengewässer“

Die bestehende Trennkanalisation leitet das Niederschlagswasser in die Wakenitz, die ein Einzugsgebietgröße von über 200 km² hat. Eine Untersuchung der Abflussschleunigung kann somit nach Kapitel 3.3 entfallen. Infolgedessen ist die Einhaltung

des Feststoffeintrags in die Wakenitz die maßgebende Größe, die den Anforderungen entsprechen muss.

Da es für den Eintrag von AFS an der Einleitungsstelle keine Messungen gibt, wird angenommen, dass beim Durchlaufen des stark bewachsenen Heidkoppelgrabens sowie im Regenrückhaltebecken und dem anschließenden Abfluss über die Feuchtwiese, ein ausreichender Feststoffrückhalt gewährleistet ist. Begründet wird die Annahme durch die Sedimentationsmöglichkeit im Rückhaltebecken und den Abfluss über eine Vegetationspassage [BORCHARDT et al. (1999)]. Ein rechnerischer Nachweis soll hier nicht explizit geführt werden.

Die Einhaltung der Anforderungsebene wäre hiermit gewährleistet.

2.2. Krankenhaus Friedrichshain

2.2.1. Einleitung

Im Bereich des Krankenhauses im Friedrichshain waren im Zuge von Sanierungs- und Neubaumaßnahmen und eines Flächenkonzeptes Planungen für die Versorgung und Entsorgung notwendig. Dies bezieht sich auch auf die Regen(ab)wasserbewirtschaftung auf dem Krankenhausgelände, die von der Berliner Wasserbehörde in einer Stellungnahme ausdrücklich gefordert wurde (Abb. 13).

Rahmenbedingungen für die Regen(ab)wasserbewirtschaftung im Planungsgebiet ergeben sich aus der Lage außerhalb der Wasserschutzzone und des "Gemeinsamen Rundschreibens zur Art der Versiegelung von Verkehrs- und Parkplatzflächen und zur Ableitung und Versickerung von Regenwasser außerhalb von Wasserschutzgebieten und in der Schutzgebietszone III" der Senatsverwaltungen für Stadtentwicklung und Umweltschutz und für Bau- und Wohnungswesen vom 26.11.1993. Danach ist das auf zu versiegelnden Flächen anfallende Regenwasser, abhängig von der Kfz-Belastung, lokal möglichst über einer Vegetationsfläche zur Versickerung zu bringen.

Weiterhin besteht eine Einleitbeschränkung in den anliegenden Mischwasserkanal durch die Berliner Wasser-Betriebe. Diese sieht vor, dass an der Einleitstelle der Anteil der Einleitung an Regenwassers in den Mischkanal max. 185 l/s betragen darf.



Abb. 12: Eingangsbereich Krankenhaus im Friedrichshain mit Entwässerung über Mulde

2.2.2. Planungsgebiet und Randbedingungen

Das Planungsgebiet liegt am Rand der Barnimhochfläche im Bezirk Friedrichshain im Bereich anstehenden Geschiebemergels. Geologische Bodenuntersuchungen für das Planungsgebiet lagen vor. Als k_f -Werte für den anstehenden Geschiebemergel wird ein Wert von $k_f = 1 \cdot 10^{-7}$ m/s angesetzt. Dieser Wert enthält einen Sicherheitszuschlag und erfaßt damit ungünstige Boden- und Lagerungsverhältnisse.

Die Größe des Planungsgebietes beträgt ca. 6,5 ha. Die gesamte zu entwässernde Fläche auf dem angeschlossenen Gelände beträgt 3,22 ha. Darin sind 1,85 ha Dachflächen, 1,05 ha Fahrstraßen und 0,3 ha Gehwege enthalten.

Charakteristisch für den geologischen Aufbau auf dem Krankenhaugelände ist die anthropogen beeinflusste oberste Schicht in folge von Altbauten auf Krankenhaugelände. Bei Errichtung von Versickerungsanlagen waren Altlastenerkundungen erforderlich. Die Ergebnisse der Altlastenuntersuchungen für die Standorte der Versickerungsanlagen ergaben keine Verunreinigungen an den gewählten Standorten.

Weitere Randbedingung im Gebiet sind Altbauten, die einen unzureichenden oder gar keinen Schutz vor Vernässung durch drückendes Wasser besitzen.

Kfz-Stellplätze sind auf dem Gelände nur in geringem Umfang vorgesehen.

2.2.3. Regen(ab)wasserbewirtschaftung

Alte Regenentwässerung

Auf dem Gelände Krankenhauses existierte eine Regenentwässerung im Mischsystem, an das sämtliche Gebäude und Straßen angeschlossen waren.

Eine Beibehaltung des bestehenden Systems war auf Grund der Auftrennung in die getrennte Ableitung von Schmutz- und Regenwasser nicht möglich.

Neue Regen(ab)wasserbewirtschaftung

Im Plangebiet entsteht im Zuge der Umsetzung des Entwicklungskonzeptes zukünftig ein Neubaustrakt des Krankenhauses. Ferner ist ein erheblicher Teil an Altbestand an Gebäuden und Verkehrsflächen vorhanden (Abb. 14-16).

Aufgrund der Bodenverhältnisse mit geringer Versickerungsleistung (k_f -Wert $1 \cdot 10^{-7}$ m/s) war eine komplette Versickerung des anfallenden Regenwassers nicht möglich. Daher war von den Flächen, bei denen eine Rückhaltung in Form von Mulden (hauptsächlich für Straßenflächen) und Rigolen (nur für Dachflächen) aufgrund der Platzverhältnisse möglich war, eine weitgehende Rückhaltung des Regenwassers vorgesehen.

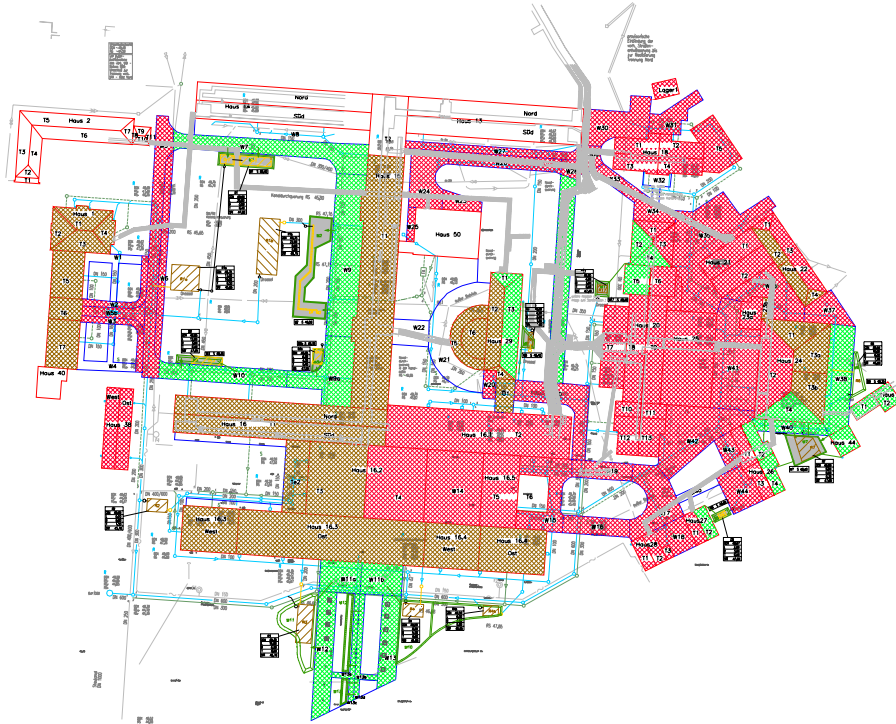


Abb. 13: Lageplan der Regenentwässerung mit angeschlossenen Flächen

Zur Erstellung von Mulden, Rigolen und Dränagen zur dezentralen Versickerung und Rückhaltung des Regenwassers vor Ort wurden für Bereiche, die außerhalb des Planungs- und Realisierungsbereiches Neubau-Traktes liegen, vorbereitende und ergänzende Maßnahmen des Tief- und Landschaftsbaus notwendig.

Diese Maßnahmen beinhalten zum einen die Entsiegelung von befestigten Flächen zur Aufnahme von Mulden und Rigolen sowie die Wiederherstellung der durch den Bau von Mulden, Rigolen und Dränagen betroffenen Grünflächen sowie der Straßen- und Wegeflächen.



Abb. 14: *Entwässerung von Hof- und Dachflächen über Mulden mit darunter liegenden Rigolen*

Im Zuge der Neuplanung war auf dem Krankenhausgelände eine Trennung der Entwässerung in Regen- und Mischwasser vorgesehen. Daher wurde das ablaufende Regenwasser über dezentrale Bewirtschaftungselemente gesammelt und anschließend gedrosselt abgeleitet.

Als Lösung, den mit einer vorhandenen Bebauung bestehenden Konflikt durch Veränderung des natürlichen Niederschlags-Abfluss-Verhaltens zu minimieren, ist hier durch folgende Maßnahmen realisiert worden:

- Dezentrale Versickerung und Rückhalt des Wasser in vernetzten Mulden-Rigolen- bzw. Rigolen-Systemen zum Ausgleich der Veränderungen des Wasserhaushaltes infolge der Flächenversiegelung
- Zentrale Rückhaltung des nicht mit dezentralen rückhaltbaren Regenwassers in einem Staukanal mit gedrosselter Ableitung in das öffentliche Kanalnetz
- Drainage des anfallenden Schichtenwassers

Um Schäden durch Vernässung an Gebäuden auf grund unzureichender Abdichtung gegen drückendes Wasser vorzubeugen, wurden auf Wunsch des Krankenhauses im

Friedrichshain bei Mulden und Rigolen, deren Versickerungssohle im Auffüllungshorizont liegen, gedichtete Mulden und Rigolen vorgesehen.

Zur gleichmäßigen Einleitung und Zuführung des Wassers in die vorgesehenen Mulden wurden Pflasterinnen aus Klein- oder Großsteinpflaster, Granit, 5zeilig vorgesehen.

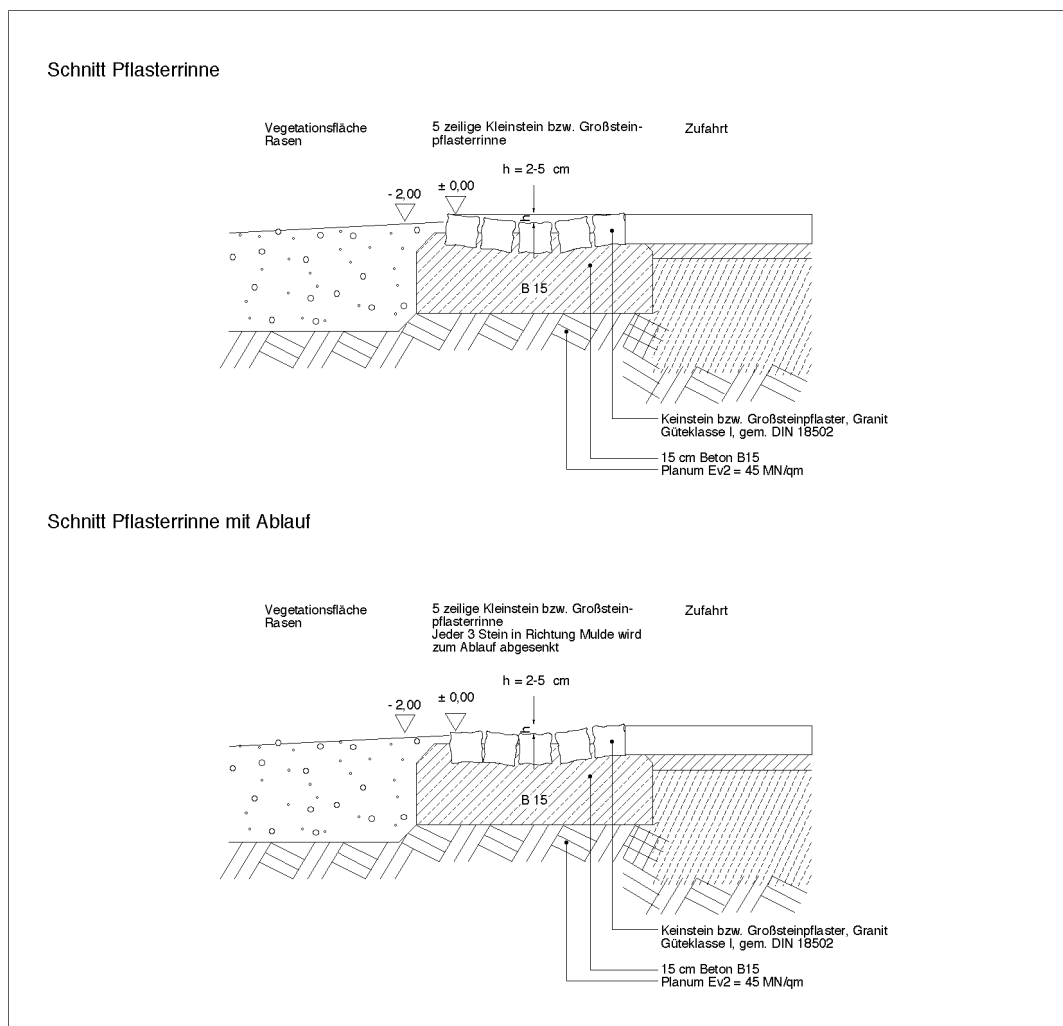


Abb. 15: Beispielschnitt für eine gepflasterte Rinne als Zuleitung zu einer Mulde



Abb. 16: Ausführungsbeispiele für Zuläufe zu den Mulden

Mit der konsequenten Umsetzung der genannten Maßnahmen konnten Nachteile des konventionellen Regen(ab)wasserableitungsprinzips vermieden und die Größenordnung niederschlagsbedingter Abflussspenden bebauter Flächen denen unbebauter angeglichen werden.

Die Rigolen haben aufgrund der Randbedingungen auf dem Krankenhausgelände, d.h. Querungen der Zuleitungen unter Versorgungs- und Fahrkanälen eine sehr große Tiefenlage. Dadurch sind im Vergleich mit konventionellen Mulden-Rigolen-Systemen größere Erdbewegungen verbunden. Die Scheiteltiefen der Rigolen schwanken zwischen 1-2,5 m. Durch den Einsatz eines Rigolenfüllkörpers aus Kunststoff als Speicherkörper mit hohem Speichervermögen und mit gleichzeitig möglicher Versickerung innerhalb der Rigolen konnte der Volumenbedarf erheblich verringert werden.

2.2.4. Kosten

Die Gesamtkosten für die dezentralen Versickerungs- und Rückhalteanlagen inklusive der auf dem Gelände betrugen 0,45 Mio. € brutto inkl. aller Tiefbau- und Abbruchmaßnahmen sowie der Entwässerungsanlagen inkl. der Schächte für Zuleitung und Ableitung aus den Elementen. Damit ergaben sich Kosten in Höhe von ca. 13 €/m² entwässerter Fläche.

2.2.5. Einbindung in die Freiraumanlagenplanung

Die Gestaltung der Mulden und der Zuleitungen erfolgte in Zusammenarbeit mit einem Freiraumplanungsbüro. Diese Zusammenarbeit ist von größter Bedeutung um eine technische gute und gestalterisch schöne Lösung für den Weg des Wassers vom zu entwässernden Element zum Entwässerungselement herzustellen.

2.2.6. Wasserbilanz

Die Modellierung der Mulden, Rigolen und vernetzten Mulden-Rigolen-Systeme wurde mit dem Langzeitsimulationsprogramm MURISIM [IPS (2001)] durchgeführt.

Im Vergleich mit einer konventionellen Ableitung mit ca. 402,1 l/s wird der Abfluss mit dem vorgeschlagenen System auf ca. 227 l/s reduziert. Die Berliner Wasser Betriebe

gestatten eine Einleitmenge von 185 l/s. Somit verbleibt eine Differenz von 42 l/s, die im zentralen Staukanal zurückgehalten werden musste.

Tab. 18 Wasserbilanz Regen(ab)wasserbewirtschaftung Krankenhaus im Friedrichshain

Bezeichnung des Baugebietes	Krankenhaus im Friedrichshain				
Ort des Baugebietes	Berlin				
Variante	Planung Regen(ab)wasserbewirtschaftung				
Größe	65 ha				
Nutzung	Gewerbe- und Industriegebiet				
Versiegelung	50 %				
Bodenart	Mergel				
mittl. Geländegefälle	2 %				
Grundwasserabstand	20 m				
Natürliche Wasserbilanz	mm/a	%			
Jährliche Niederschlagshöhe	511	100,0 %			
Verdunstung	283,094	55,4 %			
Oberflächenabfluss	38,325	7,5 %			
Versickerung	189,581	37,1 %			
Fehler	0	0,0 %			
Wasserbilanz nach Bebauung	Flächenanteil	Absolut			
		Verdunst.	Oberfl.	Versick.	Fehler
Unbebaute Fläche	50 %	55 %	8 %	37 %	0 %
Bebaute Fläche	50 %	41 %	42 %	17 %	0 %
abgeleitet	25 %	37 %	63 %	0 %	0 %
versickert MRS	25 %	45 %	21 %	34 %	0 %
Dachbegrünung	0 %	69 %	1 %	30 %	0 %
Regenwassernutzung + Vers.	0 %	33 %	65 %	2 %	0 %
Ingesamt	100 %	48 %	25 %	27 %	0 %
Vergleich	Natürlich	Bebaut	Abweichung		
Jährliche Niederschlagshöhe	100,0 %	100,0 %	0 %		
Verdunstung	55,4 %	48,2 %	-7 %		
Abfluss	7,5 %	24,8 %	17 %		
Versickerung	37,1 %	27,1 %	-10 %		

Von der gesamten Niederschlagsmenge verdunsten im bebauten Zustand 48 %, das sind 7 % weniger als unbebauten Zustand (Tab. 18). Der Versickerung bleibt um 10 % unter der Versickerungsleistung im natürlichen Zustand. sickern 17 % und 12 % verdunsten. Der Rest wird gedrosselt abgeleitet.

2.2.7. Zusammenfassung

Mit der realisierten Regen(ab)wasserbewirtschaftung auf dem Gelände des Krankenhauses im Friedrichshain in Berlin wurde eine weitestgehende Reduzierung des abfließenden Niederschlagswasser realisiert. Durch die Kombination der verschiedenen Möglichkeiten der Bewirtschaftung wurde eine optimierte Lösung erarbeitet. Dadurch konnte die Anforderung der gedrosselten Einleitung in den öffentlichen Kanal ohne Errichtung eines zentralen Speicher mit Pumpwerk eingehalten werden.

Gleichzeitig leistet die Bewirtschaftung einen Beitrag zur Annäherung an den natürlichen Wasserhaushalt. Trotz Böden mit schlechter Versickerungsleistung wird ein Teil des Wassers auf dem Grundstück zurückgehalten. Gleichzeitig bietet die gebaute Anlage die Möglichkeit vorhandenes temporäres Grundwasser (Schichtenwasser) mit abzuleiten und so Kellervernässungen zu verringern.

Besonders zu beachten waren hierbei allerdings die Randbedingungen einer bestehenden Altbebauung. Hier sind insbesondere die unzureichenden Kellerabdichtungen zu nennen, die einen erhöhten Abstand von den Gebäuden erforderlich machten. Auch wurden durch bestehende Medien- und Fahrkanäle (zur unterirdischen Krankenhausversorgung) große Tiefenlagen der Rigolen erforderlich.

3. Bestandsgebiet

3.1. Flughafensee im Berliner Bezirk Reinickendorf

3.1.1. Beschreibung

Der Flughafensee entstand in den 50er Jahren als offener Grundwasseranschnitt durch Kiesabbau für die Bauwirtschaft im Westteil Berlins. Als tiefstes Gewässer Berlins ($Z_{\max} = 34,3 \text{ m}$) hatte er aufgrund der morphologischen Ausprägung und seines geringen Alters alle Voraussetzungen, als Gewässer mit bester Wasserqualität aus der Berliner Wasserlandschaft herauszuragen.

1965 wurden große Flächen städtischen Einzugsgebietes (Trennkanalisation) an den abflusslosen See angeschlossen. Wegen baulicher Verdichtung und zunehmender verkehrstechnischer Erschließung nach der Teilung der Stadt im Jahre 1961 war ein Ausbau des bestehenden Kanal- bzw. Gewässernetzes erforderlich (Abb. 17).

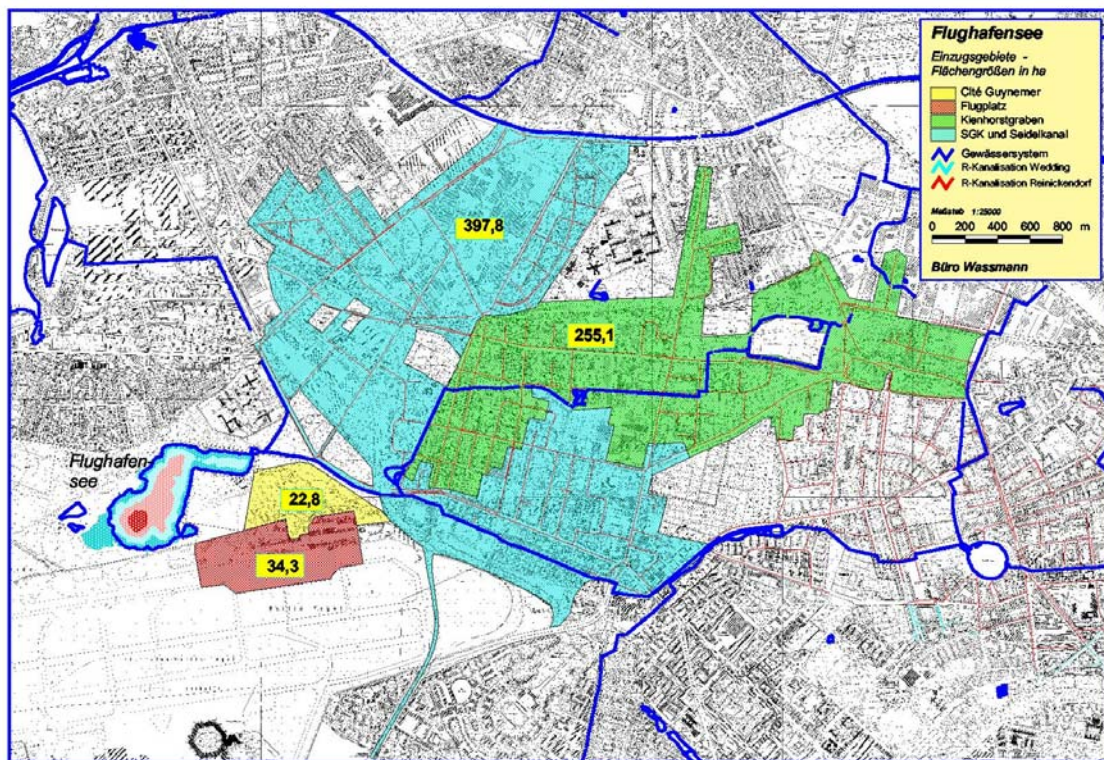


Abb. 17: Übersicht Flughafen-see und Einzugsgebiete (Trennkanalisation)

Man erhoffte sich zudem positive Effekte auf die Grundwasserstände im Zustrom des Wasserwerkes Tegel, die infolge Baumaßnahmen und privater und öffentlicher Grundwasserförderung gesunken waren.

3.1.2. Nutzung des Gewässers

Der Flughafensee zeichnet sich durch eine Fülle hochsensibler Nutzungen aus, die eine weitreichende Reduzierung der Belastungen erforderlich machen. Er befindet sich zum einen in der Trinkwasserschutzzone III des Wasserwerkes Tegel, das einen bedeutenden Teil der Trinkwasserversorgung Berlins abdeckt.

Insbesondere an heißen Sommertagen wird der See von tausenden Berlinern für die Erholung und zum Baden genutzt. Als an die EU gemeldetes Badegewässer muss er die Anforderungen der EG-Badegewässer-Richtlinie erfüllen. Darüber hinaus hat er durch ein Vogelschutzreservat und ein Freilandlabor eine hohe Bedeutung für den Naturschutz und die Naturpädagogik.

3.1.3. Einzugsgebiet – Flächen und Nutzung

Die Zuflüsse aus dem dicht besiedelten und hoch versiegelten Einzugsgebiet erwiesen sich stofflich als dermaßen belastet, dass sich der Gewässerzustand in kurzer Zeit derartig verschlechterte, dass Sanierungsüberlegungen erforderlich wurden.

Bei einem sehr hohen Verkehrsflächenanteil von 18,6 % stellen die Abflüsse insbesondere der stark befahrenen Hauptstraßen eine wesentliche Belastungsquelle dar. Die Blockflächen sind von einem hohem Gewerbeflächenanteil (> 30 %) unterschiedlichster Branchen geprägt. Neben dem Regenabfluss dieser Flächen ist über lange Jahre in Größenordnungen Kühlwasser in den See eingeleitet worden, dass auch Zusätze insbesondere zur Korrosionsinhibition enthielt. Neben Abflüssen von Flächen der Bundesautobahn wurde dem Flughafensee auch die Flächenentwässerung des Flugplatzes Tegel-Nord zugeführt, der sich vormals in alliierter Nutzung durch die französische Schutzmacht befand und heute als Regierungsflughafens dient.

Tab. 19: Teileinzugsgebiete des Flughafensees mit (kanalisierten) Flächen und Flächenanteilen

Einzugsgebiet	Einzugsgebietsfläche in ha	Flächenanteil am Einzugsgebiet [%]
SGK und Seidelkanal	397,77	56,02 %
Kienhorstgraben	255,11	35,93 %
Cité Guynemer	22,83	3,21 %
Flugplatz Tegel-Nord	34,34	4,84 %
Summe	710,04	100,00 %

1980 wurde eine Teilfläche des Einzugsgebietes in den Hohenzollernkanal umgeleitet. Das verbliebene Einzugsgebiet des Flughafensees ist in Abb. 17 dargestellt und lässt sich in vier Teilflächen untergliedern (Tab. 19). Bis heute entwässern über 700 ha kanalisierte Entwässerungsfläche in den 30 ha großen See.

3.1.4. Belastungen und Gewässerzustand

Am Flughafensee wurden bereits nach 15 Jahren anhaltender Belastung die ersten Symptome eines eutrophierenden Gewässers festgestellt (abnehmende Sichttiefen). Trotz eines Absetzbeckens im Zulauf weist der zulaufnahe Teil des Sees kurz nach Ausbildung einer thermischen Schichtung ein anoxisches Hypolimnion auf (Abb. 18):

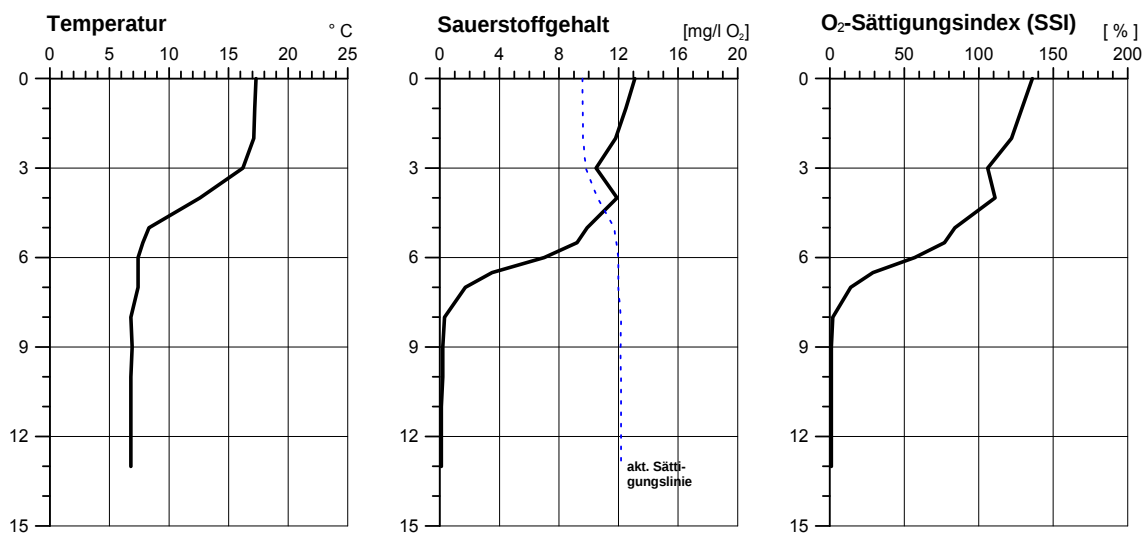


Abb. 18: Tiefenprofile von Temperatur, Sauerstoffgehalt und SSI im Flughafensee am 22.5.2001

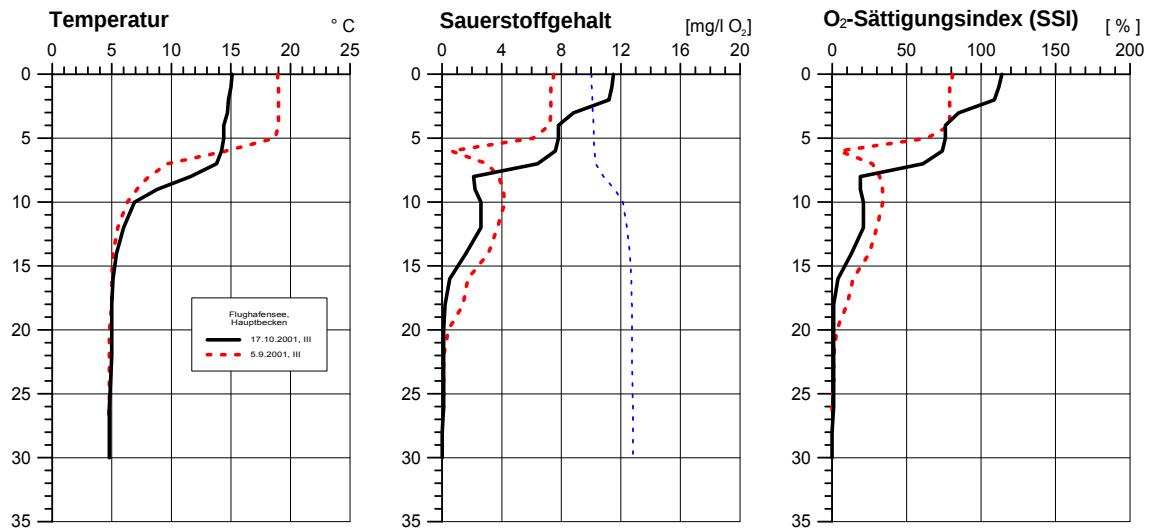


Abb. 19: Tiefenprofile von Temperatur, Sauerstoffgehalt und Sauerstoffsättigungsindex im Hauptbecken des Flughafensees am 17.10.2001 im Vergleich zum 5.9.2001

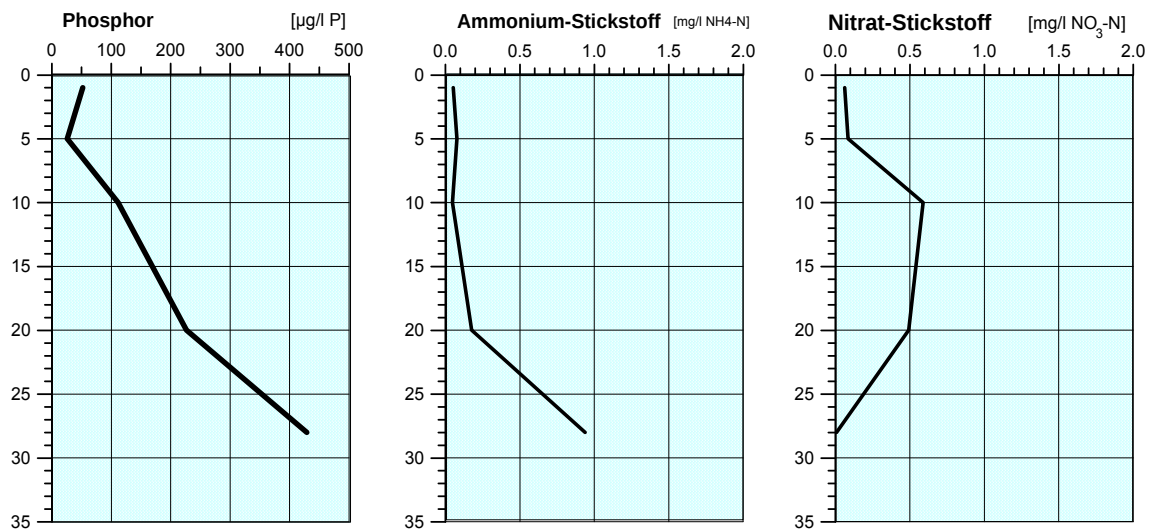


Abb. 20: Tiefenprofile von P_{ges} , Ammonium- und Nitrat-Stickstoff am 17.10.2001 im Hauptbecken des Flughafensees

Auch das Hauptbecken des Sees zeigt sich am Ende der Sommerstagnation sauerstoffleer (Abb. 19). Hohe Nährstoffgehalte im Tiefenwasser sind Zeichen eines fortgeschrittenen Eutrophierungsprozesses durch interne Düngung (Abb. 20).

Die hygienischen Anforderungen erwiesen sich häufig als nicht konform mit den Anforderungen für Badegewässer.

3.1.5. Eutrophierungsrisiko und gewässerverträgliches Einzugsgebiet

Die Bedeutung der Nährstoffeinträge aus der Regenkanalisation für den Eutrophierungsprozess stehender oder langsam fließender Gewässer ist in Berlin erst seit knapp 20 Jahren Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen (KLEIN (1985), WASSMANN (1986)). Dementsprechend sind Belastungen aus der Trennkanalisation für die Planung von Entwässerungsnetzen bis dahin nicht von Bedeutung gewesen. Die Eutrophierungsbekämpfung ist ein zentrales Ziel des vorbeugenden Gewässerschutzes, um insbesondere die Badegewässernutzung nachhaltig zu ermöglichen, aber auch dem Grundwasserschutz (direkte Infiltration) nachzukommen.

Wassmann ([WASSMANN, KLEIN (1994)], [WASSMANN (1996)]) prägte den Begriff des nicht-eutrophierenden Einzugsgebietes der Regenkanalisation, mit dem erstmals für die Planung von Entwässerungsnetzen eine zuverlässige Abschätzung des Eutrophierungsrisikos in Abhängigkeit von der angeschlossenen Einzugsgebietsgröße der Regenkanalisation möglich wurde. Für die Abschätzung des Eutrophierungsrisikos verwendete Wassmann ([WASSMANN, KLEIN (1994)], [WASSMANN (1996)]) die Ergebnisse von Modellbetrachtungen aus Eutrophierungsstudien des OECD-Eutrophication-Control Programmes von VOLLENWEIDER und KERESKES (1980). In diesem Modell wird auf der Basis hydraulischer und morphometrischer Gewässerkenngrößen und der tatsächlichen P-Jahresbelastung L_p eine Trophieabschätzung durchgeführt, die sich empirisch aus Erfahrungen mit einer Vielzahl von Gewässern ableitet. Im Verhältnis von hydraulischer und Nährstoffbelastung lassen sich Schwellbereiche darstellen, die den Übergang vom oligotrophen Gewässer über den mesotrophen Status zum eutrophen Gewässer kennzeichnen.

Abb. 21 verdeutlicht am Flughafensee, dass mit zunehmender Einzugsgebietsgröße das Eutrophierungsrisiko deutlich steigt. Für das Einzugsgebiet der Regenkanalisation wurden flächennormierte Austragsraten von 1,2 (untere) bzw. 5 kg/ha/a P (obere Schranke) angesetzt (WASSMANN (1986)). Im Abwasserbeseitigungsplan von Berlin wird (umgerechnet) von ca. 2,4 kg/ha/a ausgegangen. Die hydraulische Belastung wurde auf der Basis mittlerer Berliner Verhältnisse bei einem mittleren Abflussbeiwert von 0,3 und einer Jahresniederschlagshöhe von 600 mm/a N berechnet.

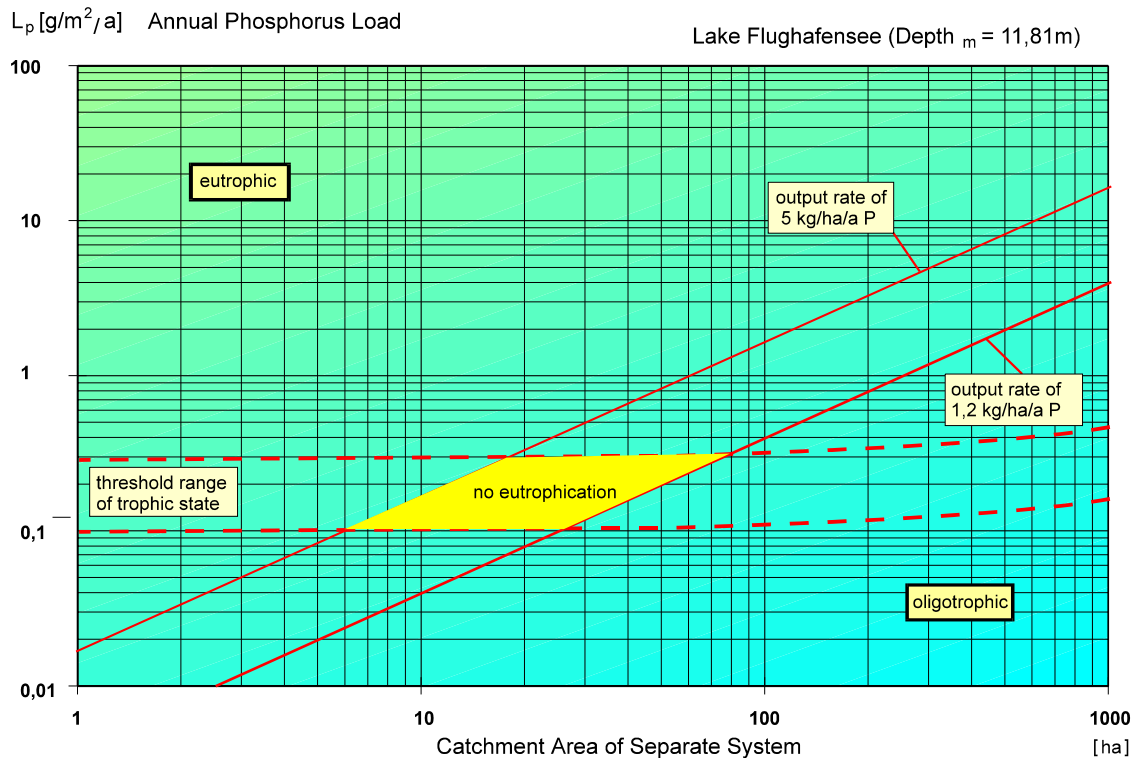


Abb. 21: Eutrophierungsrisiko und Flächengröße der angeschlossenen Einzugsgebiete

Die gelbe Fläche bildet den Bereich des nicht-eutrophierenden Einzugsgebietes. Die Eckpunkte der Flächen werden aus den Schnittpunkten von oberer und unterer Schranke des Flächenaustrages bzw. des Schwellbereiches vom oligotrophen zum eutrophen Status gebildet. Aus diesen Betrachtungen geht hervor, dass für den Flughafensee allenfalls ein Einzugsgebiet von 80 ha Größe zulässig wäre, wenn ein Eutrophierungsrisiko nachhaltig ausgeschaltet bleiben soll. Die ermittelte Einzugsgebietsgröße von 710 ha übertrifft diesen Wert im günstigsten Fall um mindestens das 9-fache.

Im Ergebnis der Abschätzungen des Eutrophierungsrisikos zeigt sich, dass selbst günstigsten Annahmen eine Belastungssituation für den Flughafensee besteht, die ein hohes Eutrophierungsrisiko für den See bedeutet. Es zeigt sich auch, dass massive Entlastungen des Gewässers erforderlich sind, um seine uneingeschränkte Nutzungsfähigkeit dauerhaft zu erhalten.

Es wird deutlich, dass die Wirkung der Nährstoffeinträge in Gewässer bisher bei vielen Untersuchungen unterschätzt wurde. KRAUTH & HAUBER (1989) beispielsweise ge-

ben für Autobahnabflüsse eine Fracht von 1 kg/ha und Jahr P_{ges} an und betonen gleichzeitig, dass dieser Wert geringfügig und damit für die Gewässerbelastung unbedeutend sei. Diese Einschätzung kann nach Eutrophierungsabschätzungen von VOLLENWEIDER et al. (1980) nicht aufrecht erhalten werden.

Aus dem Zusammenhang von hydraulischer Belastung und Nährstoffbelastung und dem sich daraus einstellenden Trophiestatus ergeben sich zwei Ansätze für die Sanierungsüberlegungen, die beide eine erhebliche Verringerung der externen Nährstoffzufuhr zur Folge hätten:

- 1. Drastische Verringerung der stofflichen Belastungen aus dem Einzugsgebiet durch weitest gehende Reinigungsmaßnahmen
- 2. Verringerung der Einzugsgebietsflächen auf ein gewässerverträgliches Maß

Die Lösungsansätze für einen gewässerverträglichen Umgang mit dem Regenwasser haben zunächst die wasserwirtschaftlich zentrale Frage zu beantworten, ob die Regenwasserzuflüsse für einen nutzungsgerechten Wasserstand des Sees benötigt werden. Nach drastischem Rückgang der öffentlichen und privaten Rohwasserförderung sowie der Anwendung grundwasserschonender Bauweisen hat sich der strapazierte Grundwasserhaushalt deutlich erholt, so dass nicht der mehr der gesamte Zufluss von der Wassermengen her benötigt wird.

3.1.6. Lösungsansätze

Dezentrale Behandlungsmöglichkeiten von Wohnbereichen durch Versickerung vor Ort können begleitend zum Einsatz kommen. Sie können jedoch nicht den erforderlichen Entlastungsgrad bewirken, der bei einem hochverdichteten Einzugsgebiet für den Flughafensee erforderlich ist.

Durch die Fehlentwicklungen in der Siedlungsentwässerung wurden Strukturen für den Flughafensee fixiert, die heute nur noch mit hohem Aufwand beseitigt werden können. Der Lösungsansatz muss sich daher in kurzfristige, mittelfristige und langfristige Maßnahmen spreizen. Von der Senatsverwaltung werden als zentrale Lösung folgende Maßnahmen in Erwägung gezogen:

- Bau einer Bodenfilteranlage zur Behandlung der Regenabflüsse unmittelbar vor der Einleitungsstelle.

- Umleitung in ein benachbartes Einzugsgebiet zur Behandlung in einer bestehenden Oberflächenwasseraufbereitungsanlage mit hocheffizienter Phosphatelimination (Ablaufwerte $< 20 \mu\text{g/l } P_{\text{ges}}$ und nahezu trübungsfrei). Diese Anlage verfügt noch über nutzbare Kapazitäten.

Um den Umfang zentraler Maßnahmen möglichst klein zu halten, werden bereits heute an Einleitungen mit neu zu erteilender wasserbehördlicher Erlaubnis hohe Anforderungen gestellt.

3.1.7. Beispiel Flugplatz Tegel-Nord

Ein erster Schritt ist mit der Erteilung einer Sanierungserlaubnis für den Bereich des Flughafens Tegel Nord erfolgt, bei dem insbesondere die winterlichen Lasten für den Flughafenensee durch Ableitung hochbelasteter Abwässer der Flugzeug- und Bewegungsflächenenteisung in den Schmutzwasserkanal reduziert werden konnten. Insbesondere die Glykolverbindungen der Flächenenteisung wirken sich aufgrund eines enorm hohen CSB negativ auf den Zustand von Gewässern aus. Die hochgradig belasteten Enteisungsflächen werden in der Wintersaison in ein Speicherbecken (vormaliges Absetzbecken) entleert und von dort in den Schmutzwasserkanal abgeleitet.

3.1.8. Beispiel Bundesautobahn

Eine bedeutende Belastungsquelle sind ebenfalls die Abflüsse der Bundesautobahn Berlin-Hamburg anzusehen. An einem gewöhnlichen Verkehrstag wurde bei einer Verkehrszählung im Flughafentunnel Tegel ein Verkehrsaufkommen von 97.275 Kfz/d registriert, der Tagesfluss ist Abb. 22 zu entnehmen. Die Regenabflüsse der Bundesautobahn werden bereits derzeit in einem Regenpumpwerk gespeichert und nach entsprechenden Verweilzeiten zum Flughafenensee entwässert. Der abgesetzte Schlamm wird bereits heute dem Schmutzkanal zugeführt. Bei winterlichem Streusalzeinsatz auf den Fahrbahnen wird das Regenpumpwerk grundsätzlich zum Schmutzwasserkanal entleert.

Nähere Betrachtungen zur Bewirtschaftung des Pumpwerkes haben aufgezeigt, dass durch eine geänderte Betriebsweise des Beckens Belastungen des Flughafenesees vermieden werden können, die durch Resuspension beim Entleerungsvorgang der Becken entstehen.

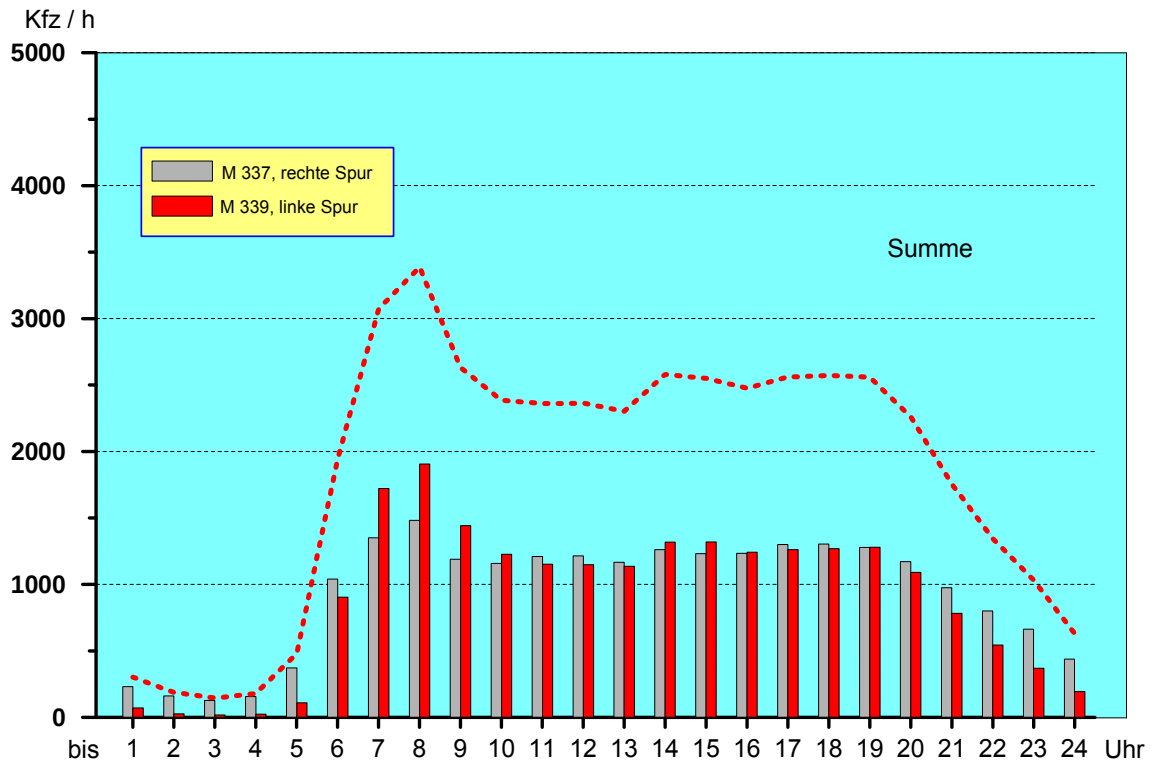


Abb. 22: Stündliches Verkehrsaufkommen am Tunnel Flughafen Tegel (TFT) am 28.4.1999, Einfahrt Trogstrecke Richtung Süden

3.1.9. Fazit

Das Fallbeispiel Flughafensee zeigt folgendes:

- Die Lösungen zur Regen(ab)wasserbewirtschaftung oder –behandlung müssen sich in den Kontext der wasserwirtschaftlichen Zielgrößen eingliedern. Für den Lösungsansatz ist es daher sehr erheblich, ob die zufließenden Regenabflüsse im wasserwirtschaftlichen Regime des Sees benötigt werden und damit behandelt werden müssen, oder ob eine Ableitung / in ein anderes Einzugsgebiet mit besseren oder vorhandenen Behandlungsmöglichkeiten in Betracht kommt.
- In Einzelfällen kann es erforderlich werden, gewässerunverträgliche bzw. hochverunreinigte Regen(ab)wassermengen auch über den Schmutzwasserkanal zu einem Klärwerk zur dortigen Behandlung abzuleiten.
- Bei stehenden Gewässern mit empfindlichen Nutzungen sind Studien über das gewässerunverträgliche Einzugsgebiet erforderlich, um auch bei Neubaugebieten nicht unverträgliche Gewässerbelastungen festzuschreiben.