



Konzept für bundeseinheitliche Anforderungen an die Regenwasserbewirtschaftung

UMWELTFORSCHUNGSPLAN DES
BUNDESMINISTERIUMS FÜR UMWELT,
NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT

Förderkennzeichen 206 26 301
UBA-FB 001284

Konzept für bundeseinheitliche Anforderungen an die Regenwasserbewirtschaftung

von

**Dr. F. Sieker
Dr. H. Sieker
U. Zweynert**

Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH

P. Schlottmann
Wirtschaftsberatung Umwelttechnologie

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

UMWELTBUNDESAMT

Diese Publikation ist ausschließlich als Download unter
<http://www.umweltbundesamt.de>
verfügbar.

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

ISSN 1862-4804

Herausgeber: Umweltbundesamt
Postfach 14 06
06813 Dessau-Roßlau
Tel.: 0340/2103-0
Telefax: 0340/2103 2285
Internet: <http://www.umweltbundesamt.de>

Redaktion: Fachgebiet III 3.4 Abwasserwirtschaft, Überwachungsverfahren
Bernd Kirschbaum

Dessau-Roßlau, Juli 2009

Berichts-Kennblatt

1. Berichtsnummer UBA FB 001284	2.	3.
4. Titel des Berichts Konzept für bundeseinheitliche Anforderungen an die Regenwasserbewirtschaftung		
5. Autor(en), Name(n), Vorname(n) Prof. Dr.-Ing. Friedhelm Sieker Dipl.-Ing. Ulrike Zweynert, Dipl. Ök. Perry Schlottmann		
6. Durchführende Institution (Name, Anschrift)		8. Abschlussdatum 01.10.2008
Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH Rennbahnallee 109a, 15366 Hoppegarten		9. Veröffentlichungsdatum Juli 2009
7. Fördernde Institution (Name, Anschrift)		10. Projekt- Nr. FKZ 206 26 301
Umweltbundesamt, Postfach 1406, Dessau 06813		11. Seitenzahl 72
		12. Literaturangaben 49
		13. Tabellen 8
		14. Abbildungen 18
15. Zusätzliche Angaben		
16. Kurzfassung Um die Anforderungen von Wasserrahmenrichtlinie und Wasserhaushaltsgesetz einhalten zu können sind dringend Anforderungen an die Bewirtschaftung von Niederschlagswasser zu stellen. Innerhalb des Berichtes werden die notwendigen Anforderungen, insbesondere an den Wasserhaushalt aufgezeigt und mögliche Grenzwerte formuliert. Eine Literaturstudie zum Stand der Technik bei der Bewirtschaftung von Niederschlagswässern zeigt, dass bereits weltweit erste Schritte für einen nachhaltigen Umgang mit Regenwasser gegangen werden. Mit Hilfe von Fragebögen und eines Expertengespräches konnten die Meinungen der Experten gebündelt werden. Dabei zeigte sich, dass insbesondere für erstmals bebaute Gebiete und Flächen, in denen grundlegende Veränderungen (Siedlungs- und Infrastruktur oder z.B. neuer Bebauungsplan) durchgeführt werden Anforderungen an die Bewirtschaftung des Niederschlagswassers gestellt werden müssen. Eine Betrachtung von Jahresmengen und Jahresfrachten erscheint sinnvoll, wobei sich die Wasserbilanz und aus stofflicher Sicht die abfiltrierbaren Stoffe als wichtigste und geeignete Zielgrößen herausstellten. In Anlehnung an einen Entwurf der Bund- Länder Arbeitsgemeinschaft „Niederschlagswasser“ wird ein eigener Vorschlag für Anforderungen an Niederschlagswasser vorgestellt. Ausführliche Erläuterungen zeigen die Vielschichtigkeit der Niederschlagswasserproblematik auf und verdeutlichen, dass es sich bei Niederschlag um kein gewöhnliches Abwasser handelt, was bei der Bewirtschaftung berücksichtigt werden muss. Für eine Anwendung in der Praxis werden anschließend softwarebezogene Verfahren vorgestellt, die insbesondere den Fachbehörden ermöglichen, Planungsentwürfe für Bewirtschaftungsanlagen für Niederschlagswasser auch hinsichtlich des neuen Planungskriteriums Wasserbilanz zu bewerten und zu vergleichen.		
17. Schlagwörter Regenwasserbewirtschaftung, Paradigmenwechsel, Dezentrale Regenwasserbewirtschaftung, Versickerung, Wasserbilanz, Abfiltrierbare Stoffe		
18. Preis	19.	20.

Report Cover Sheet

1. Report No. UBA FB 001284	2.	3.
4. Report Title Concept for standaridized requirements to the Storm Water Management		
5. Autor(s), Family Name(s), First Name(s) Prof. Dr.-Ing. Friedhelm Sieker Dipl.-Ing. Ulrike Zweynert, Dipl. Ök. Perry Schlottmann		8. Report Date 01.10.2008
		9. Publication Date July 2009
6. Performing Organisation (Name, Address) Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH Rennbahnallee 109a, 15366 Hoppegarten		10. Project- No. FKZ 206 26 301
		11. No. of Pages 72
7. Sponsoring Agency (Name, Address) Umweltbundesamt, Postfach 1406, Dessau 06813		12. No. of Reference 49
		13. of Tables"Diagrams 8
		14. No. of Figures 18
15. Supplementary Notes		
16. Abstract Requirements on the stormwater management were necesarry in order to reach the objectives of the EU water frame work directive. Within this report requirements, especially on the water balance, are shown and limit values are proposed. A literature study on the state of the art regarding stormwater management shows, that all over the world sustainable stormwater management is becoming more and more important. The opinions of experts were analysed using questionnaires and a workshop was organized. The outcome was, that requirements are necesarry for new developments and with fundamental changes (i.a. changes of infrastructure). It seems to be reasonable to focus on annual runoff and loads. More precicely water balance and total suspended solids were identified as most important criteria. Requirements to the stormwater management were suggested according to an draft of feder coutrie working group. Detailed explanations show the complexity of the problem stormwater, which significantly differs from common wastewater. This has to be taken into account if strategies for rainwater management were developed. Finally different software tools were introduced, that could help decision makers to compare different approaches of stormwater management, especially with respect to the newly introduced target of water balance.		
17. Keywords Storm Water Management, Decentralized Storm Water Management; Infiltration; Water Balance Equation; Requirements to storm water management		
18. Price	19.	20.

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung.....	5
2	Stand der Technik zur Bewirtschaftung von Niederschlagswässern weltweit.....	7
2.1	Überblick über Maßnahmen und Definitionen in der Regenwasserbewirtschaftung	7
2.2	Anwendungsbeispiele.....	9
2.3	Erfahrungen mit der Leistungsfähigkeit von Anlagen zur Regenwasserbewirtschaftung	11
2.3.1	Niederschlagsabfluss	11
2.3.2	Inhaltsstoffe des Niederschlagswassers	15
3	Notwendigkeit von Anforderungen an die Regenwasserbewirtschaftung	17
4	Aktuelle politisch/ rechtliche Situation und Entwicklungen in Deutschland.....	18
4.1	Föderalismusreform und Umweltgesetzgebung als Anstoß für einen Paradigmenwechsel	18
4.1.1	Rechtliche Rahmenbedingungen und Entwicklungen.....	18
4.1.2	Neuorientierung im Rahmen der Föderalismusreform.....	19
4.1.3	Aufgaben und Ziele im neuen Bundeswasserrecht	20
4.1.4	Der Beginn eines Paradigmenwechsels.....	21
4.2	Expertbefragung	23
4.2.1	Befragungsmethode und Fragenformulierung	23
4.2.2	Auswahl der zu befragenden Experten.....	24
4.2.3	Rückantworten und Reaktionen	25
4.2.4	Darstellung der Ergebnisse.....	26
4.3	Expertengespräch	28
5	Anforderungen an die Regenwasserbewirtschaftung	29
6	Erläuterung der Anforderungen an die Regenwasserbewirtschaftung.....	33
6.1	Anwendungsbereich	33
6.2	Abwasseranfall und Abwasserbehandlung.....	33
6.2.1	Herkunft, Menge und Beschaffenheit des Niederschlagswassers	33
6.2.2	Abwasservermeidungsverfahren und Abwasserbehandlungsverfahren	35
6.2.3	Vermeidung einer Schadstoffverlagerung in den Boden	41
6.3	Auswahl der Parameter, für die Anforderungen zu stellen sind	41
6.3.1	Hinweise für die Auswahl der Parameter.....	41
6.3.2	Hinweise auf Parameter, die ggf. im Einzelfall zusätzlich begrenzt werden sollen	42
6.4	Anforderungen an die Abwassereinleitung nach WHG	42
7	Softwarebezogene Verfahren für die Beurteilung von Planungsentwürfen.....	43
7.1	Wasserhaushaltsberechnung mit dem Modell STORM.WB.....	43
7.2	Kostenvergleichsrechnung	48
7.3	Nutzwertanalyse	51
8	Zusammenfassung und Ausblick	56
9	Literatur	58

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Abflussganglinie des unbebauten Zustandes bei einem hundertjährigen Niederschlagsereignis, Bankstown City Council (2006)

Abb. 2: Geplante Abflussganglinie des bebauten Zustandes bei einem hundertjährigen Niederschlagsereignis, Bankstown City Council (2006)

Abb. 3: Niederschlags-, Regen- und Abflussganglinien eines Kies- und eines Gründaches (aus Rüngeler 1998)

Abb. 4: Wirkung eines Niederschlagsereignisses von 11,2 mm auf ein traditionelles und ein nach BMP bewirtschaftetes Einzugsgebiet (die „Control“ Ganglinie stammt aus einem ebenfalls konventionell entwässerten Gebiet), Clausen, J. C. (2007)

Abb. 5: Auswertung der Frage B4 des Sondierungsprojektes: Nachhaltigkeit der Regenwasserbewirtschaftung in Neubaugebieten.

Abb. 6: Variante I – Oberflächenspeicherung

Abb. 7: Variante II - Kombinierte Oberflächen- und Untergrundspeicherung

Abb. 8: Variante III – Kombinierte Oberflächen- und Untergrundspeicherung mit regelbarem Ablauf

Abb. 9: Programmoberfläche des Wasserbilanzmodells STORM.WB

Abb. 10: Wirkung von Anlagen für die Regenwasserbewirtschaftung (Ableitung) auf den Wasserhaushalt

Abb. 11: Darstellung der berechneten Wasserbilanzwerte und Vergleich mit dem unbebauten Zustand innerhalb der Ergebnisausgabe des Modells STORM.WB

Abb. 12: Maske zum Suchen einer Maßnahme im Modell Eco.RWB

Abb. 13: Graphische Auswertung der Projektkostenbarwerte innerhalb des Programms eco.RWB (Beispiel)

Abb. 14: Prinzipskizze einer Entscheidungsmatrix

Abb. 15: Beispiel einer Nutzenfunktion für die Abflusserhöhung in Prozentpunkten vom Niederschlag

Abb. 16: Beispieldarstellung der Gesamtnutzwerte verschiedener Varianten

Abb. 17: Auswirkung der Wichtung des Kriteriums Wasserbilanz auf die Gesamtnutzwerte verschiedener Beispielvarianten

Abb. 18: Beispieldarstellung der Nutzwerte einer Variante in einem Kreissektordiagramm

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung in den USA, Irland, Australien und Schottland

Tab. 2: Vergleich der Spitzenabflüsse einer konventionellen und dezentralen Planung mit dem unbebauten Zustand (Coombes, P., Kuczera, G. (2000))

Tab. 3: Wirkung dezentraler Bewirtschaftungsmaßnahmen auf Abflussspitze und Abflussvolumen (Adams, S., Marriott, D., 2006)

Tab. 4: Profession und institutionelle Zugehörigkeit der Experten

Tab. 5: Rücklauf der Fragebogenaktion * Mehrfachzugehörigkeiten enthalten

Tab. 6: Belastung des Niederschlagsabflusses in Abhängigkeit von der jeweiligen Herkunftsfläche

Tab. 7: Maßnahmen zur Bewirtschaftung von Niederschlagswasser und deren Eignung zur Reinigung und Begrenzung des Abflusses (für Kategorie I und II in Tab. 6)

Tab. 8: Flächentypen und ihre Wasserbilanzwerte (%)

Anhang

Fragebogen Nachhaltigkeit der Regenwasserbewirtschaftung in Neubaugebieten

1 Einführung

Das vorliegende Forschungsprojekt knüpft an eine Reihe bisher durchgeföhrter Projekte an, die mit der Einföhrung innovativer Techniken zur Regenwasserbewirtschaftung und deren Analyse begannen (Zweynert et al. 2007).

Die Einschätzung der vorhandenen rechtlichen Situation der Regenwasserbewirtschaftung innerhalb des UBA Projektes „Regen(ab)wasserbehandlung und -bewirtschaftung unter Berücksichtigung der Anforderungen nach §7a WHG und einer möglichst ortsnahen Versickerung“ (Sieker et al. 2004) zeigte eine sehr unterschiedliche Vorgehensweise in den einzelnen Bundesländern auf. Die vorhandenen Richtlinien, Regelwerke und Arbeitsblätter sind überwiegend auf die bisherigen Entwässerungslösungen (Ableitungsprinzip) ausgerichtet und behindern teilweise die Einföhrung bzw. Anwendung neuer, innovativer dezentraler Entwässerungslösungen. Innerhalb des gleichen UBA Projektes wurden mögliche Anforderungen und Zielgrößen für die Bewirtschaftung von Niederschlagswasser abgeleitet und deren Machbarkeit an ausgewählten Beispielen überprüft. Für eine praktische Anwendung spielt neben ökologischen Aspekten die Frage der Kosten bei der Auswahl einer Bewirtschaftungslösung eine entscheidende Rolle. So wurde in dem Projekt „Ökologische und ökonomische Vergleichsbe trachtung zwischen dem Konzept der konventionellen Regenwasserentsorgung und dem Konzept der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung“ (Sieker et al. 2007) an verschiedenen Beispielen gezeigt, dass dezentrale Lösungen zur Bewirtschaftung von Niederschlagswasser oft die kostengünstigeren Varianten darstellen. Durch eine detaillierte Nutzwertanalyse wurde eine Vielzahl weiterer positiver Aspekte herausgearbeitet (z.B. Anpassungsfähigkeit), welche die Anwendung der neuen Konzepte geradezu fordern bzw. die herkömmliche Vorgehensweise verbieten.

Nach dieser Reihe von Vorarbeiten war die Zeit reif für eine Umsetzung in die Praxis, insbesondere in eine rechtsverbindliche bundeseinheitliche Regelung. Innerhalb einer Bund - Länder - Arbeitsgruppe sollte ein Entwurf für einen Anhang Regenwasser für die Abwasserverordnung erstellt werden. Das vorliegende Forschungsprojekt sollte unter anderem eine fachliche Unterstützung dieser Arbeitsgruppe darstellen, parallel ein Hintergrundpapier zu dem geplanten Anhang erstellen und die neuen Anforderungen auf Informationsveranstaltungen verbreiten. Eine Konsensfindung innerhalb der Bund-Länder Arbeitsgruppe erwies sich schwieriger als gedacht, sodass sich die Aufgabenstellung innerhalb des Projektes verschob. Mit Hilfe eines Fragebogens wurde die Meinung der Fachöffentlichkeit zum Thema dezentrale Regenwasserbewirtschaftung abgefragt, um daraus u.a. weitere Anregungen für die Diskussion in der Bund- Länder Arbeitsgruppe ableiten zu können. Die Ergebnisse der Expertenbefragung zeigten einige Konfliktfelder auf, bei denen die Experten teils sehr unterschiedlicher Meinungen waren. Dies wurde zum Anlass für ein Expertengespräch genommen, in dem zwar ein Teil der Meinungsverschiedenheiten bestehen blieben, wichtiger jedoch, zu einer Vielzahl von Aspekten Konsens unter den Teilnehmern erzielt werden konnte.

Neben diesen wissenschaftlich und politisch teils sehr brisanten Problemen wird innerhalb des vorliegenden Forschungsberichts der Stand der Technik zur Bewirtschaftung der Niederschlagswässer nochmals detailliert dargelegt. Dabei zeigt sich, dass Deutschland nicht als

einziges Land die Problematik der Niederschlagsentwässerung erkannt hat. Die in den verschiedenen Ländern angewandten Strategien zur Lösung der Probleme sind teilweise unterschiedlich.

Ein eigenes Konzept für Anforderungen an die Regenwasserbewirtschaftung wurde erarbeitet und wird detailliert erläutert.

Für eine Anwendung in der Praxis werden außerdem softwarebezogene Verfahren vorgestellt, die insbesondere den Fachbehörden ermöglichen, Planungsentwürfe für Bewirtschaftungsanlagen für Niederschlagswasser zu bewerten und zu vergleichen.

2 Stand der Technik zur Bewirtschaftung von Niederschlagswässern weltweit

Mögliche Anforderungen an die Regenwasserbewirtschaftung müssen sich am aktuellen Stand der Technik orientieren, um sowohl die praktische Ausführung und Funktionsfähigkeit, als auch die Finanzierbarkeit der notwendigen Lösungen zu gewährleisten. Eine Zusammenstellung von deutschland-, europa- und weltweit ausgeführten Projektbeispielen soll verdeutlichen, mit welchen Maßnahmen sowohl Anforderungen an den Wasserhaushalt erfüllt werden können, als auch eine Reinigung des Niederschlagswassers erfolgt (siehe Kapitel 5 und 6). Geklärt werden soll auch, welche Erfahrungen bisher mit dezentralen Anlagen gemacht wurden.

Die unterschiedlichen Rechtsgrundlagen hinsichtlich einer Regenwasserbewirtschaftung wurden bereits innerhalb eines UBA Projektes ausgewertet (Sieker, F. et al. 2004). Der Fokus der Literaturrecherche liegt auf der Zusammenstellung ausgeführter Anlagen und der Darstellung der damit gesammelten Erfahrungen.

2.1 Überblick über Maßnahmen und Definitionen in der Regenwasserbewirtschaftung

Für den Umgang mit Niederschlagswasser gibt es weltweit eine Vielzahl von Richtlinien und Empfehlungen, wobei selbst im Englischen unterschiedliche Begrifflichkeiten verwendet werden. In den USA wird Regenwasser nach den Regeln des best management practise (BMP) bewirtschaftet. Es gibt umfangreiches Material mit Hinweisen für die Auswahl, Konstruktion und Unterhaltung von BMPs (z.B. NCDENR 2007). Weiterhin wird in den USA auch der Begriff des low impact development (LID) geprägt, worunter innovative BMP Technologien verstanden werden, mit denen Regenwasser vor Ort (dezentral) bewirtschaftet wird (z.B. NAHB Research Center (2003); Clar, M.(2002); City of Seattle, 2007). Das grundlegende Ziel von LIDs ist, den natürlichen Wasserhaushalt vor der Bebauung nachzubilden.

In England und Irland ist außerdem der Begriff sustainable urban drainage system (SUDS) gebräuchlich (National SUDS Working Group (2004)) - wobei darunter teilweise auch Maßnahmen verstanden werden, welche im deutschen Sprachgebrauch nicht als nachhaltig (sustainable) angesehen werden. Diese Einzelmaßnahmen sind jedoch oft nur eine Stufe innerhalb eines sogenannten „management trains“, bei dem eine stufenweise Reduzierung von Schadstoffen, Abflussraten und Abflussvolumina durch eine Hintereinanderschaltung geeigneter SUDS erfolgt. Die 4 Stufen eines „Treatment trains“ sind dabei 1. good housekeeping (z.B. Verwendung phosphatfreier Waschmittel), 2. source control (z.B. Verwendung durchlässiger Flächenbeläge), 3. site control (z.B. Bodenfilterbecken) und 4. regional control (z.B. Feuchtgebiete). Die Philosophie von SUDS ist, analog zu den BMPs in den USA, das natürliche Entwässerungsverhalten (vor der Bebauung) so gut wie möglich nachzubilden.

In Australien wird von Water Sensitive Urban Design WSUD gesprochen, worunter ebenfalls überwiegend speicherorientierte Systeme verstanden werden, welche das Niederschlagswas-

ser im Gebiet zurückhalten (Australian Government, 2006). Dabei soll wiederum der natürliche Wasserhaushalt möglichst wenig beeinflusst werden.

Die Mehrheit der Länder mit Anforderungen an die Bewirtschaftung von Niederschlagswasser empfiehlt eine Vielzahl von Maßnahmen (siehe z.B. Tabelle 1). Werden direkte qualitative oder quantitative Anforderungen gestellt bezieht sich dies häufig auf das betroffene Gewässer (Immissionsanforderungen ähnlich des BWK M3, z.B. VSA 2007). Der Blick auf die empfohlenen Maßnahmen zeigt, dass dezentrale Maßnahmen zur ortsnahen Bewirtschaftung der Niederschlagswässer zum Stand der Technik gehören.

Tab. 1: Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung in den USA, Irland, Australien und Schottland

USA	Irland	Schottland
Quelle: BMP manual NCDENR (2007)	Quelle: http://www.irishsuds.com/descriptions.htm	Quelle: The SUDs manual (CIRIA) 2007
stormwater wetlands	Small Scale SuDS for Individual Buildings	source control techniques
wet detention basin	Infiltration Trenches and Soakaways	pre-treatment systems
sand filter	Permeable Pavements	green roofs
bioretention	Bio-retention	soakaways
Filter Strip	Filter Drains	water butts
Grassed Swale	Swales	rainwater harvesting systems
Restored Riparian Buffer	Detention Basins	filter strips
Infiltration Devices	Retention Ponds	filter trenches
Dry Extended Detention basin	Stormwater Wetlands	infiltration trenches
permeable pavement systems	Australien	swales
rooftop runoff management		bioretention
proprietary systems		pervious pavements
Quelle: 10000 Raingardens (Kansas2005)	Quelle: Water sensitive urban design- Technical design guidelines for south east Queensland 2006	geocellular systems
Bioretention Area	Swales	sand filters
Bio-Detention Basin	Buffer Strips	infiltration basins
Corridor Park	Bioretention Swales	detention basins
Filter Strip	Sediment Basins	ponds stormwater wetland
Green Roof	Bioretention Basins	
Infiltration Basin	Constructed Stormwater Wetland	
Infiltration Planter, Infiltration Trench	Infiltration Measures	
Interconnected Rain Gardens	Sand Filters	
Prairie Restoration	Aquifer Storage and Recovery	
Rain Barrel		
Rain Cistern		
Rain Garden		
Stormwater Treatment Train		
Vegetated Bioswale		
Wetland		

2.2 Anwendungsbeispiele

Deutschland und Europa

Eine umfangreiche Literaturstudie über die Anwendung sogenannter best management practice in Europa wurde innerhalb des Daywaterprojektes (EVK1-CT-2002-00111) durchgeführt. Darin zeigt sich, dass in Abhängigkeit von Land und/oder Region unterschiedliche Bewirtschaftungsmaßnahmen bevorzugt eingesetzt werden. In England und Frankreich wird viel mit naturnah gestalteten Speichern gearbeitet, in den nördlichen Ländern (z.B. Schweden, Dänemark) werden außerdem Mulden und Versickerungsbecken eingesetzt, wobei diese ein zusätzliches Rückhaltevolumen für Schnee bieten. In südeuropäischen Ländern, wie Griechenland, Italien, Spanien und Portugal werden BMPs bisher kaum angewandt. Dies wird u.a. auf unterschiedliche Niederschlagsgegebenheiten zurückgeführt. Die meisten BMPs wurden in Regionen mit langanhaltenden Niederschlägen geringerer Intensität entwickelt. Die Reduzierung der Spitzenabflüsse und die Reinigung des Niederschlagswassers wird vielerorts noch als Hauptaufgabe der Regenwasserbewirtschaftung angesehen.

Das Fehlen von konkreten einheitlichen Anforderungen an die Regenwasserbewirtschaftung in Deutschland erschwert die Einschätzung vorhandener Anlagen. Die Beweggründe für den Bau dezentraler Entwässerungslösungen sind unterschiedlich, neben siedlungswasserwirtschaftlichen Aufgaben führten bisher oft auch landschaftsplanerische und gestalterische Aspekte zur Anwendung dezentraler Systeme. Das örtliche Potential (zur Abflussminimierung) wird in den vorhandenen Anlagen nicht zwingend ausgenutzt. So zeigen bisherige Anlagen nur eingeschränkt, was machbar wäre, sie demonstrieren jedoch, welche Maßnahmen als Stand der Technik betrachtet werden können.

Eine Auswahl verschiedener in Deutschland umgesetzter Projekte mit dezentralen Entwässerungslösungen sowohl aus dem privaten als auch öffentlichen Bereich geben u.a. Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz (2000), Sieker et al. (2006), Herzer (2004) und Kaiser (2004). Der Abfluss nach der Bebauung entspricht in vielen ausgeführten Beispielen der Größenordnung vor der Bebauung, oft wurden die vorhandenen Abflüsse sogar noch unterschritten (sofern das gesamte Wasser vor Ort bewirtschaftet wird und kein Abfluss entsteht). Auch in den deutschen Nachbarländern, Holland, Österreich und Schweiz zeigen Beispiele, dass eine Bewirtschaftung des Niederschlagswassers vor Ort Stand der Technik ist (Been, A.S., Boogaard, F.C., (2007), Achleitner, S. et.al. 2007, BUWAL 2000). In der Schweiz ist die Bewirtschaftung des Regenwassers sogar per Gesetz klar geregelt: Erste Priorität hat eine dezentrale Versickerung, gefolgt von einer direkten Einleitung des Niederschlagswassers in ein Oberflächengewässer (Boller, M., 2003). Beispiele aus Schweden zeigen, dass Maßnahmen zur Regenwasserbewirtschaftung neben der Siedlungsentwässerung gleichzeitig weitere Funktionen übernehmen können (Hochwasserschutz, Grünflächengestaltung) und dadurch einen mehrfachen Nutzen aufweisen (Villarreal, E.L. (2005)).

USA/ Australien/ Neuseeland

In den USA wurden ausgehend von dem immissionsorientierten Gewässerschutzansatz (Total Maximaum Daily Load TMDL- Programm) für die Verbesserung der Gewässergüte bereits eine Vielzahl dezentraler Regenwasserbewirtschaftungsanlagen eingesetzt. Durch eine Kombination aus durchlässigem Flächenbelag und Sickermulden werden beispielsweise die Niederschlagsabflüsse von 51,7 ha zum Hafen von Portland gehörender Fläche zu 100% vor Ort bewirtschaftet (35,7 ha durchlässiger Flächenbelag, 15,4 ha versiegelte Fläche) (Roger, W. M., et al.). Im privaten Bereich sind sogenannte „Regengärten“ populär- es handelt sich dabei um kleine bepflanzte flache Mulden. Die Anlagen werden oft liebevoll gestaltet und besitzen dadurch eine hohe Attraktivität, außerdem sind sie einfach zu bauen und können bei entsprechenden Bodengegebenheiten das Niederschlagswasser effektiv bewirtschaften (Morzaria-Luna, H.N. (2004)). In vielen Bundesstaaten gibt es Förderprogramme, welche die Einführung dezentraler Entwässerungslösungen unterstützen, u.a. um Kosten bei der Sanierung der Kanalnetze einzusparen (Dapolito Dunn, A., Stoner, N., 2007).

Weitere Beispiele von in den USA ausgeführten Anlagen finden sich in Kloss, C. & Calarusse, C. (2006), Vogel, M. (2006), Horner, R. R. (2002) und 10.000 Raingardens (2005). In Australien spielt traditionell die Regenwassernutzung (u.a. für Bewässerung) eine wichtige Rolle. Beispiele für die dezentrale Niederschlagswasserbewirtschaftung großer Flächen finden sich jedoch (z.B. Olympisches Dorf Sydney), genauso wie eine Vielzahl kleiner ausgeführter Anlagen (z.B. Bubli, D. und Kassim, F. (2003)). Die Beiträge der Konferenz Rainwater and urban design 2007 (Sydney, 08/07) beschäftigen sich entsprechend auch mit verschiedenen dezentralen Entwässerungslösungen und deren Wirksamkeit.

Asien

Auch im asiatischen Bereich, mit teils deutlich höheren Niederschlägen als in Europa und einer starken Niederschlagsvariation, werden dezentrale Lösungen für die Bewirtschaftung von Niederschlagswasser eingesetzt. Dabei kommen insbesondere in dicht besiedelten Gebieten vor allem technische Lösungen mit unterirdischer Speicherung zum Einsatz.

Im Jahr 2004 wurde in Japan ein einzigartiges Gesetz in Kraft gesetzt, durch das Infiltrationsanlagen als Hochwasserschutzeinrichtungen gelten. Durch dieses Gesetz werden verstärkt Infiltrationsanlagen gebaut (Yasumi Oka (2005)).

Die möglicherweise höchste Installationsdichte von Infiltrationsanlagen findet sich in Koganei einem Vorort von Tokyo, bei dem sich auf einer Flächen von 1133 ha 48935 Sickerlöcher und Sickerleitungen von 38 km Länge befinden. Im westlichen Teil von Tokyo findet sich dagegen die größte Fläche, welche in Japan dezentral bewirtschaftet wird (1434 ha) (Shoich Fujita (2005)). Ein Umdenken von der End-of-pipe-Lösung hin zur dezentralen Bewirtschaftung von Niederschlagswässern findet auch in Korea statt. So werden zur Bekämpfung von Taifun bedingte Hochwässer auf der Insel Jeju kombinierte Speicher und Versickerungsmaßnahmen geplant (Mikyeong Kim (2007)).

2.3 Erfahrungen mit der Leistungsfähigkeit von Anlagen zur Regenwasserbewirtschaftung

Im Kapitel 5 und 6 werden ausführlich mögliche Anforderungen an die Bewirtschaftung von Niederschlägen diskutiert, wobei das Hauptaugenmerk auf den Wasserhaushalt und insbesondere die Komponente Abfluss gelegt wird.

Im Hinblick auf die in Kapitel 5 ausgeführten Anforderungen werden im Folgenden besonders Studien und Untersuchungen ausgewertet, die sich mit der Wirkung von Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen auf:

- Abflussvolumen
- Abflussspitzen
- Inhaltstoffe

von Niederschlagswasser beschäftigen.

2.3.1 Niederschlagsabfluss

Bisher erfolgten Einschränkungen des Niederschlagsabflusses häufig ausschließlich in Bezug auf die Spitzenabflüsse, ein oft deutlicher Anstieg des Abflussvolumens gegenüber dem unbebauten Zustand wurde in Kauf genommen. Die vorhandenen technischen Lösungen ermöglichen jedoch eine weitgehende Beibehaltung der Abflussbedingungen, wie die Planung eines Neubaukomplexes in Australien verdeutlicht (Abb. 1, Abb. 2, Bankstown City Council (2006)). In dieser Planung wurde sowohl eine Regenwassernutzung als auch verschiedene Typen von Versickerungsanlagen als Bewirtschaftungsanlagen ausgewählt. Gründächer können ebenfalls zu einer Angleichung an den unbebauten Zustand beitragen, ihre Stärke liegt dabei in der Abflussverzögerung und Anhebung des Verdunstungsanteils (Abb. 3).

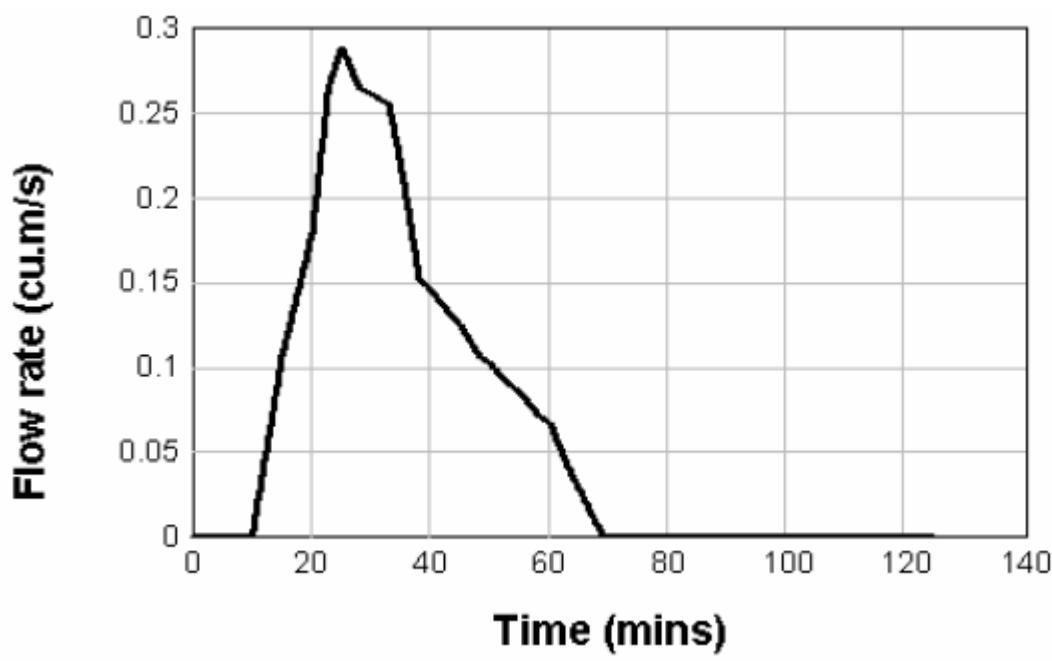


Abb. 1: Abflussganglinie des unbebauten Zustandes bei einem hundertjährigen Niederschlagsereignis, Bankstown City Council (2006)

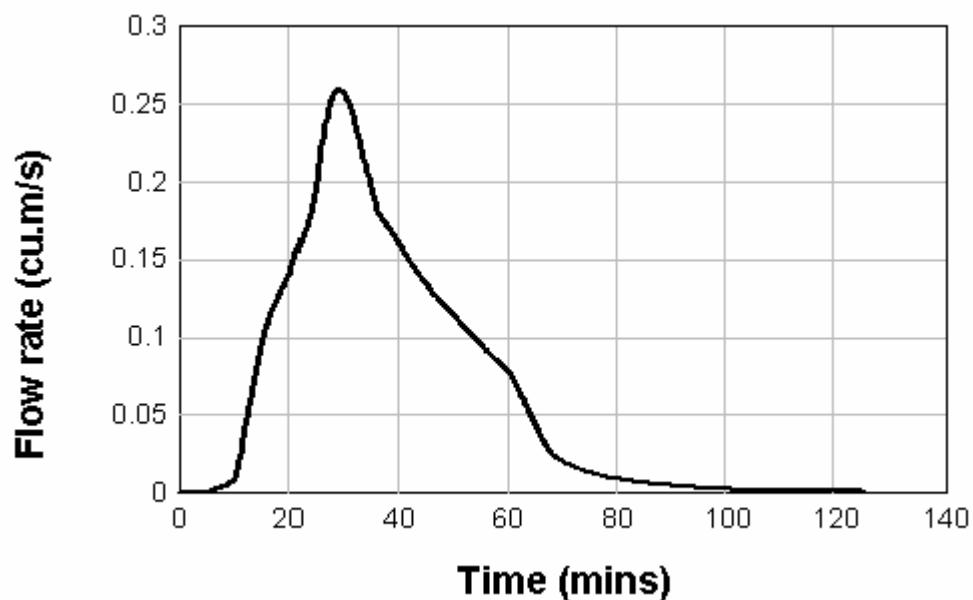


Abb. 2: Geplante Abflussganglinie des bebauten Zustandes bei einem hundertjährigen Niederschlagsereignis, Bankstown City Council (2006)

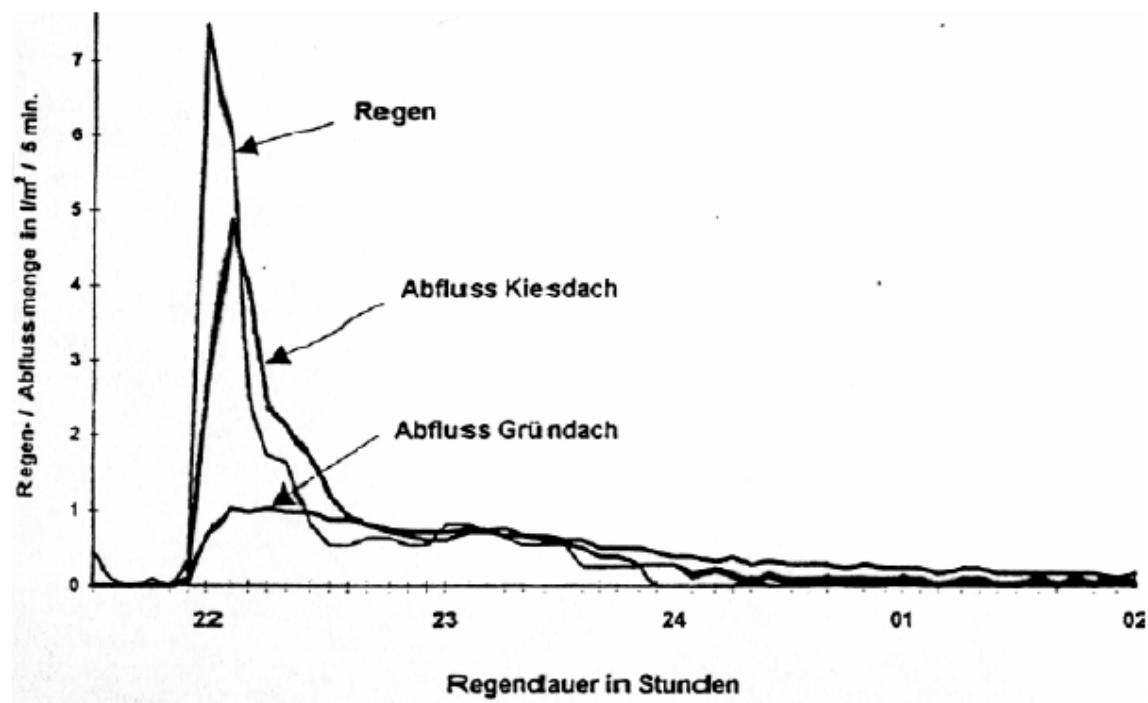


Abb. 3: Niederschlags-, Regen- und Abflussganglinien eines Kies- und eines Gründaches (aus Rüngeler 1998)

Die Wirkung bodenbezogener dezentraler Anlagen geht bezüglich Spitzenabflüsse oft deutlich über das hinaus, was mit konventionellen Rückhaltemaßnahmen geleistet werden kann (Tab. 2, Zweynert et al. 2006). Dies liegt darin begründet, dass auch während eines Niederschlagsereignisses kontinuierlich Wasser in den Boden versickert und der Speicher dadurch geleert wird und erneut zur Verfügung steht.

Tab. 2: Vergleich der Spitzenabflüsse einer konventionellen und dezentralen Planung mit dem unbebauten Zustand (Coombes, P., Kuczera, G. (2000))

Wiederkehrzeit [a]	Abfluss [m^3/s]		
	unbebaut	konventionell	dezentral
2	0,116	0,184	0,064
5	0,774	0,785	0,131
10	1,302	1,407	0,171
20	2,115	2,075	0,348
50	3,168	2,947	0,606
100	4,055	3,83	0,827

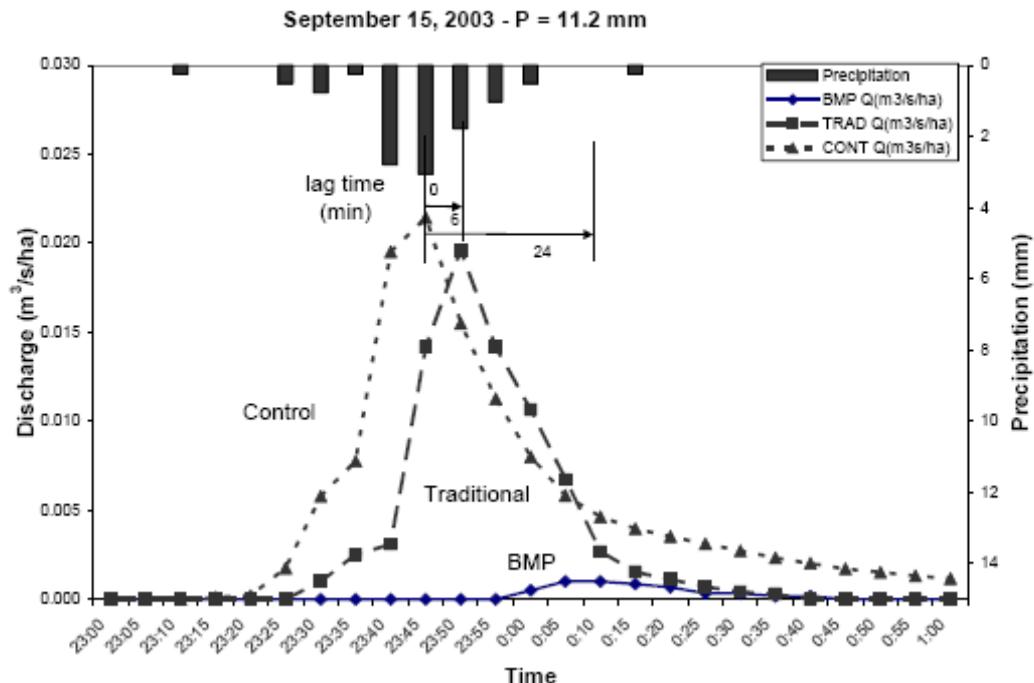


Abb. 4: Wirkung eines Niederschlagsereignisses von 11,2 mm auf ein traditionelles und ein nach BMP bewirtschaftetes Einzugsgebiet (die „Control“ Ganglinie stammt aus einem ebenfalls konventionell entwässerten Gebiet), Clausen, J. C. (2007)

In zwei ähnlichen Gebieten in Connecticut, einmal mit konventioneller und einmal mit nachhaltiger Niederschlagswasserbewirtschaftung, zeigt sich deutlich der Unterschied, sowohl bezüglich Abflussspitze als auch Abflussvolumen (Abb. 4).

In Frage gestellt wurde bisher oft, ob die Leistungsfähigkeit dezentraler Bewirtschaftungsanlagen über ihre gesamte Lebensdauer erhalten bleibt. Dies konnte beispielsweise in einer holländischen Studie nachgewiesen werden (Been, A.S., Boogaard, F.C. (2007)), in der die hydraulische Leistungsfähigkeit von Versickerungsanlagen mit einer Betriebsdauer von 10 Jahren untersucht wurden. Darunter befand sich auch eine Anlage in Böden mit geringerer Infiltrationskapazität (ungünstige Bedingungen). Die betrachteten Anlagen waren jeweils innerhalb von 24 h wieder entleert und zeigten keine Verluste bei den Sickereigenschaften.

Auch in einer Studie aus Österreich erfüllen die untersuchten Versickerungsanlagen zur Bewirtschaftung von Niederschlagswässern von Parkplätzen die erforderliche Leistungsfähigkeit (Achleitner, S. et al. 2007).

Infiltrationstest und Abflussmessungen wurden auch an verschiedenen Anlagen in Portland durchgeführt. Die Anlagen wiesen dabei sogar bessere Werte auf, als bei der Planung angenommen (Tab. 3).

Tab. 3: Wirkung dezentraler Bewirtschaftungsmaßnahmen auf Abflussspitze und Abflussvolumen (Adams, S., Marriott, D., 2006)

Standort	Bewirtschaftungsmaßnahme	Reduzierung der Abflussspitzen	Reduzierung des Abflussvolumens
Hamilton Ecoroof	Gründach	96%	56%
Multnomah County building	Gründach	86%	3%
Siskiyou Green Street	Mulden Rigolen Elemente	88%	96%
Glencoe Rain Garden	bepflanzte Sickerfläche	92%	94%

In einer Studie des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft konnte gezeigt werden, dass durch eine sinnvolle Kombination von Gründächern, Regenwassernutzung und Versickerungsanlagen der Wasserhaushalt des bebauten Zustands dem des unbebauten Zustands angeähert werden kann (Stockbauer, M. 2008).

Entscheidend für Funktionsfähigkeit dezentraler Anlagen ist deren ordnungsgemäße Planung und Ausführung, sowie eine entsprechende Wartung. Gefahren wie Verstopfung von Zuläufen oder Verschlammung und dadurch verringerte Sickereigenschaften lassen sich dadurch verhindern.

2.3.2 Inhaltsstoffe des Niederschlagswassers

Die Qualität des Niederschlagswassers ist abhängig von den Flächen und der Flächennutzung auf denen das Wasser anfällt (siehe Kap. 5, Tab. 6). Wie wirksam einzelne Stoffe und Stoffgruppen durch Bewirtschaftungsmaßnahmen zurückgehalten werden können, wurde in verschiedenen Studien untersucht. Dabei hat sich gezeigt, dass der natürliche Boden für einen Stoffrückhalt besonders geeignet ist. Der Hauptteil des Stoffrückhalts findet innerhalb der obersten 30-50 cm statt. Dieses Bodenvolumen kann verringert werden, wenn spezielle Adsorbermaterialien mit höheren Rückhaltekapazitäten (z.B. Eisenhydroxide für den Schwermetallrückhalt (Steiner, M. (2003)) verwendet werden. Dabei konnten bis zu 97% der Metalle aus Dachwässern und 95% der Metalle aus Straßenabwässern durch die Filter zurückgehalten werden.

Bei den in Österreich untersuchten Versickerungsanlagen wurde keine Anreicherung der Böden mit Kohlenwasserstoffen festgestellt und auch die Schwermetallkonzentrationen wiesen bei der überwiegenden Zahl der Messorte keine Überschreitungen der Grenzwerte der Deponeieverordnung für Bodenaushubmaterial auf (Achleitner, S. et al. (2007)).

Die in Portland untersuchten Anlagen wiesen hinsichtlich der meisten Stoffparameter (u.a. e-Coli Bakterien, pH-Wert, Kupfer, Blei, Quecksilber, Zink) Konzentrationswerte unterhalb zulässiger Grenzwerte auf. In einigen Böden wurden leicht erhöhte Zinkkonzentrationen festgestellt und für die Zukunft wurde ein Forschungsbedarf bei der Analyse von PAHs (polycyclic aromatic hydrocarbons) gesehen (Adams, S., Marriott, D. (2006)).

Bei der Untersuchung von bis zu 20 Jahre alten Sickerschächten in Tokyo wurde ein sehr unterschiedliches Sedimentationsverhalten (von 0 Sediment bis hin zu zugesetzten Anlagen) festgestellt (Rupak Kumar Aryal et.al. (2007)). Bei den analysierten Sedimenten bzw. Böden zeigte sich eine Anreicherung in der obersten Schicht, es wurde jedoch vermutet, dass aufgrund günstiger pH Werte keine Gefahr einer Schwermetallmobilisierung und Verlagerung in das Grundwasser besteht. Die Infiltration von Straßenabflüssen durch eine Bodenschicht wird als effektive Reinigungsmaßnahme angesehen, welche die meisten Verunreinigungen (organische Stoffe, Phosphor, PAHs Schwermetalle, Östrogene) zurückhält (Michio Murakami et.al. 2007). Für Stickstoffverbindungen, Mangan, perfluoroctane Sulfonate (PFOS) und Perfluoroctanoate (PFOA) besteht hingegen die Gefahr einer Verunreinigung des Grundwassers. In Gantner (2002) findet sich ein Überblick über das Schadstoffbindungspotential dezentraler Regenwasserbewirtschaftungsmethoden. Bei Verwendung einer belebten Bodenzone in einer Regenwasserbehandlungsanlage und Berücksichtigung örtlicher Randbedingungen ist demnach keine stoffliche Beeinträchtigung für das Grundwasser zu befürchten.

3 Notwendigkeit von Anforderungen an die Regenwasserbewirtschaftung

Der dringende Handlungsbedarf für die Festlegung konkreter Anforderungen an die Regenwasserbewirtschaftung ergibt sich aus den unübersehbaren Problemen, welche die bisher praktizierte weitgehende Ableitung von Niederschlagsabflüssen über konventionelle Trenn- oder Mischsysteme hervorgerufen hat:

- Hohe Schmutzbelastung der Gewässer
- Verschärfung der Abflüsse in Gewässern bei Starkniederschlägen
- Verringerung der Basisabflüsse in Trockenzeiten
- Verringerung der Grundwasserneubildung und der Verdunstung

Die Bestandsaufnahmen im Rahmen der EU- Wasserrahmenrichtlinie zeigen, dass in vielen Flusseinzugsgebieten die Schmutzbelastung aus Niederschlagswasser heute höher als die Summe der Belastungen aus Industrie, Gewerbe und häuslichem Abwasser ist. Auch für die hydraulischen Gewässerbelastungen lassen sich Beziehungen zwischen Ursache (Niederschlagswassereinleitungen) und Wirkung (hydromorphologische Degradation, Abundanzänderungen) belegen (Podraza, 1996).

Bis heute wird meist versucht, den negativen Auswirkungen der Regenwasserableitung mit so genannten „End-of-Pipe-Maßnahmen“ zu begegnen. Zur Reduktion der Abflussspitzen werden Regenrückhaltbecken gebaut. In Trennsystemen dienen Abscheider, Regenklärbecken und neuerdings auch Retentionsbodenfilter zur Verminderung der stofflichen Gewässerbelastung während in Mischsystemen überwiegend Regenüberlaufbecken, vereinzelt auch Bodenfilter zur Anwendung kommen. Die erreichten Zustände bleiben jedoch unbefriedigend. Neben der unzureichenden Wirkung hinsichtlich der Gewässerqualität ist ein entscheidender Nachteil zentraler Maßnahmen, dass die negativen Auswirkungen der Ableitung auf den Wasserhaushalt praktisch nicht mehr rückgängig gemacht werden können. Zwar können Abflussspitzen durch Regenrückhaltebecken gedämpft werden, eine Vergleichmäßigung des Basisabflusses lässt sich aber selbst durch naturnah gestaltete Anlagen nicht mehr erreichen.

Die Notwendigkeit der Formulierung von Anforderungen für die Regenwasserbewirtschaftung ergibt sich auch aus der gültigen Gesetzeslage. §1a WHG fordert eindeutig, die bisher vernachlässigten quantitativen Aspekte der Regenwasserbewirtschaftung zu berücksichtigen, d.h., die Leistungsfähigkeit des Wasserhaushalts zu erhalten und eine Vergrößerung und Beschleunigung des Wasserabflusses zu vermeiden. Die möglichen konkreten Anforderungen ergeben sich unter Beachtung des Standes der Technik entsprechend §7a (5) WHG.

4 Aktuelle politisch/ rechtliche Situation und Entwicklungen in Deutschland

4.1 Föderalismusreform und Umweltgesetzgebung als Anstoß für einen Paradigmenwechsel

4.1.1 Rechtliche Rahmenbedingungen und Entwicklungen

Den institutionellen Rahmen der deutschen Wasserwirtschaft bildeten lange Zeit verschiedene Gebietskörperschaften und darüber hinaus die Europäische Union. Der Bund besaß eine Rahmengesetzgebungskompetenz bezüglich des Wasserhaushaltes (Art. 75 GG), der er mit dem Wasserhaushaltsgesetz (WHG) und dem Abwasserabgabengesetz (AbwAG) nachkam. Diese wurden von den Bundesländern durch Landeswassergesetze und Rechtsverordnungen konkretisiert und vollzogen (Clausen, H., Scheele, U. (2003)). Die Behandlung des Niederschlagswassers orientierte sich primär am Wasserhaushaltsgesetz. Nachfolgend sollen daher einige für diese Arbeit wesentliche Punkte dieses Gesetzes hervorgehoben werden.

Im Paragraphen 1a Absatz 2 des WHG heißt es:

„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.“ (WHG (2002)).

Bezeichnenderweise gilt Regenwasser, das aus dem Bereich befestigter Flächen abgeleitet wird, definitionsgemäß als „Abwasser“ (Sieker, F. et al. (2006)). Hinsichtlich seiner Behandlung fällt das Regenwasser daher unter den Paragraphen 7a des WHG. Dort heißt es in Absatz 1:

„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.“ (WHG (2002)).

Es fällt auf, dass, obwohl gemäß § 1a Absatz 2 des WHG eine Vergrößerung und Beschleunigung des Wasserabflusses zu vermeiden ist, im § 7a Absatz 1 des WHG explizit nur Bezug auf die Schadstofffracht genommen wird, die so gering gehalten werden soll, wie es der Stand der Technik erlaubt, nicht aber auf das Volumen des Abwassers. Eine genauere Bestimmung, was konkret unter dem Stand der Technik zu verstehen ist liefert Absatz 5 des § 7a:

„Stand der Technik im Sinne des Absatzes 1 ist der Entwicklungsstand fortschrittlicher Verfahren, Einrichtungen oder Betriebsweisen, der die praktische Eignung einer Maßnahme zur Begrenzung von Emissionen in Luft, Wasser und Boden, zur Gewährleistung der Anlagensicherheit, zur Gewährleistung einer umweltverträglichen Abfallentsorgung oder sonst zur Vermeidung oder Verminderung von Auswirkungen auf die Umwelt zur Erreichung eines allgemein hohen Schutzniveaus für die Umwelt insgesamt gesichert erscheinen lässt. Bei der Bestimmung des Standes der Technik sind insbesondere die im Anhang 2 aufgeführten Kriterien zu berücksichtigen.“ (WHG (2002)).

§7a Absatz 1 Satz 3 macht deutlich, dass der Bund Anforderungen durch Rechtsverordnung festlegt. Diese Abwasserverordnung (AbwV) beinhaltet jedoch keine Anforderungen für das Regenwasser, das gegenwärtig als die wesentlichste, siedlungsbedingte Belastungsursache der Gewässer angesehen wird. Es besteht daher die Notwendigkeit, Zielgrößen und Anforderungen für die Behandlung des Regenwassers zu formulieren, anhand derer es möglich wäre, die allgemein gehaltenen Formulierungen des Wasserhaushaltsgesetzes in konkrete Maßnahmen umzusetzen. Die Umstrukturierung des Wasserrechts im Rahmen der Föderalismusreform bietet gegenwärtig diese Möglichkeit.

4.1.2 Neuorientierung im Rahmen der Föderalismusreform

Mit der Föderalismusreform des Jahres 2006 wurde die Gesetzgebungskompetenz für das Wasserrecht neu geordnet. Die bisherige Rahmengesetzgebung nach Art. 75 GG a.F. wurde aufgehoben. Der Bund hat nunmehr die konkurrierende Gesetzgebungskompetenz für das Wasserrecht. Zur Wahrnehmung dieser Gesetzgebungskompetenz, braucht der Bund nicht mehr nachzuweisen, dass eine bundesrechtliche Regelung erforderlich ist. Das bisherige Rahmenrecht aus dem WHG soll in etlichen Bereichen zu Vollregelungen ausgebaut werden. Davon betroffen ist auch die Abwasserbeseitigung. Die ursprünglich geltenden Regelungen zur Abwasserbeseitigung sollen abgelöst und erweitert werden. Das in einer ersten Fassung vorliegende Umweltgesetzbuch bietet die Möglichkeit, alle wesentlichen Umweltgebiete unter einem Dach zu vereinen. Jedem Gebiet wird innerhalb eines Buches Rechnung getragen. Gegenwärtig sind sechs Bücher geplant aus denen sich das Umweltgesetzbuch zusammensetzen soll. Ziel ist es, dabei „... Regelungen aus einem Guss ...“ (Weinzierl, H. (2008)) zu schaffen. Dieser integrative Ansatz trägt modernen, fachlichen Erkenntnissen Rechnung, wonach die Umwelt als komplexes ökologisches Gefüge zu betrachten und in ihrer Gesamtheit zu schützen ist (Weinzierl, H. (2008)). Im Entwurf des Umweltgesetzbuches II (Wasser) finden sich

die zentralen Begriffe des Abwasserrechtes wieder und fortschrittliche Grundsätze, wie die nachhaltige Niederschlagswasserbewirtschaftung wurden aus dem Landesrecht übernommen und erhalten damit bundesweite Geltung (UBA (2008)). Diese Regelungskompetenz ermöglicht die einheitliche Umsetzung von EU-Recht.

Allerdings hat der Gesetzgeber den Ländern gleichzeitig das Recht eingeräumt, von den bundesrechtlichen Regelungen des Wasserrechts abzuweichen, soweit diese nicht einen Bezug zu Anlagen oder Stoffen haben (UBA (2008)). Als abweichungsfest sind alle wasserrechtlichen Regelungen im UGB anzusehen, die sich auf Anlagen oder Stoffe beziehen; dies betrifft die Zulassung von Anlagen ebenso wie Anforderungen, die an Anlagen hinsichtlich ihrer Errichtung oder ihres Betriebes zu stellen sind. Stoffbezogene Regelungen chemischer, biologischer oder physikalischer Art werden durch das Wasserrecht geregelt, soweit Anforderungen an die Beschaffenheit oder den Zustand der Gewässer, also sowohl des Grundwassers wie der Oberflächengewässer, gestellt werden. Dies bezieht sich sowohl auf den Ist-Zustand als auch auf Veränderungen, die durch Einleitungen bewirkt werden (Weinzierl, H. (2008)).

4.1.3 Aufgaben und Ziele im neuen Bundeswasserrecht

Die zukünftigen wasserrechtlichen Rechtsetzungsaufgaben im Rahmen des UGB nach der Föderalismusreform stellen sich nach Helge Wendenburg (Leiter der Abteilung Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Bodenschutz im Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit) im Wesentlichen wie folgt dar:

- Überführung des geltenden Rahmenrechts des Bundes in Vollregelungen: Dies bedeutet, dass die bisher den Ländern nach Art. 75 GG erteilten Regelungsaufträge aufgelöst und in eigenständige, materielle Regelungen umgewandelt werden.
- Möglichst vollständige Umsetzung des umfangreichen EG-Wasserrechts: Die ursprüngliche Rahmengesetzgebungskompetenz verteilte die Zuständigkeit zwischen Bund und Ländern derart, dass die Wasserrichtlinien der EU lediglich gemeinsam vollständig umgesetzt werden konnten. Das UGB birgt die Möglichkeit einer einheitlichen und konsistenten Umsetzung in einem einzigen Regelwerk.
- Übernahme und Überarbeitung bisher im Landeswasserrecht geregelter Bereiche, soweit ein Bedürfnis nach bundeseinheitlicher Regelung besteht. Hier soll in enger Abstimmung mit den Ländern ermittelt werden, in welchen Bereichen eine bundeseinheitliche Regelung erforderlich ist und welche wasserrechtlichen Aufgabenbereiche besser regional spezifisch verschieden nach Maßgabe des Landesrechts gestaltet werden sollen.

Diese Aufgaben sollen im Wesentlichen der Erfüllung folgender Ziele dienen:

- systematischere, übersichtlichere und damit leichter verständliche und handhabbare Normierung des Wasserrechts,
- Modernisierung des Wasserhaushaltsgesetzes,
- bundesweit einheitliche rechtliche Vorgaben für den Schutz der Gewässer, auch in den weitgehend bereits durch das EG-Recht vorgeschriebenen Details (Emissionsanforderungen, Gewässerqualitätsnormen),
- Vereinheitlichung und abschließende Normierung der rechtlichen Vorgaben für die wasserbezogene Anlagensicherheit und den Grundwasserschutz,
- Erweiterung der bundesrechtlichen Vorgaben zur Gewässerüberwachung und zu den Verwaltungsverfahren.

Diese Zielsetzungen verdeutlichen das enorme Potenzial, das eine Neuordnung des Wasserrechts gerade für die zukünftige Behandlung des Regenwassers bietet: Es besteht die Möglichkeit, Anforderungen und Zielgrößen zu formulieren, um die in § 1a Absatz 2 WHG geforderte „...Leistungsfähigkeit des Wasserhaushalts zu erhalten und um eine Vergrößerung und Beschleunigung des Wasserabflusses zu vermeiden.“ (WHG (2002)).

4.1.4 Der Beginn eines Paradigmenwechsels

Das Bundesumweltministerium (BMU) hat den Referentenentwurf für das Umweltgesetzbuch (UGB) vom November 2007 überarbeitet und das Verfahren zur Anhörung von Ländern und Verbänden über die neue Entwurfsfassung eingeleitet. Im Zuge der laufenden Abstimmung zwischen den betroffenen Bundesministerien können sich bei den Regelungen noch Änderungen ergeben. Das Wasserrecht wird in dem zweiten Buch des UGB (UGB II) behandelt. Von besonderer Relevanz für die Regenwasserwirtschaft ist hier § 49 (UGB II), der das Einleiten von Abwasser in Gewässer regelt. Hier heißt es in Absatz 1: „Eine Erlaubnis für das Einleiten von Abwasser in Gewässer (Direkteinleitung) darf nur erteilt werden, wenn und soweit die **Menge** und **Schädlichkeit** des Abwassers so gering gehalten wird, wie dies bei Einhaltung der jeweils in Betracht kommenden Verfahren nach dem Stand der Technik möglich ist.“ (Referentenentwurf zum UGB, 2008, Hervorhebungen eingefügt).

Wenn dieser direkte Bezug auf die Menge des Abwassers, der im § 7a Absatz 1 des WHG noch fehlte (aber im §1a WHG verbal enthalten ist), beibehalten wird, kann dies die Tür für einen Paradigmenwechsel innerhalb der Regenwasserwirtschaft öffnen. Worin dieser besteht,

kann anhand der Darstellung der bisherigen Methoden der „Regenwasserbewirtschaftung“ gezeigt werden:

Die Behandlung des Niederschlagswassers von Siedlungs- und Verkehrsflächen in Deutschland obliegt der Siedlungswasserwirtschaft. Die Zielvorstellung bestand vorrangig in dem Schutz dieser Flächen vor Vernässung und Überflutung. Umgesetzt wird diese Vorgabe, indem meist im Bereich der Straßen Kanalisationssysteme angelegt werden, mit denen die anfallenden Regenabflüsse gesammelt und abgeleitet werden. Das Niederschlagswasser wird entweder gemeinsam mit dem Schmutzwasser (Mischkanalisation) oder vom Schmutzwasser getrennt (Trennkanalisation) in einem eigenen Rohrsystem abgeleitet.

Verbunden mit dem Prinzip der Ableitung des Regenwassers sind bestimmte negative Auswirkungen auf den Wasserhaushalt eines Gebietes: Die Grundwassererneubildung wird reduziert, die Gewässer erfahren bei Regen Stoßbelastungen (Hydraulischer Stress), die sich negativ auf die Flora und Fauna des Sohlenbereiches auswirken und im Falle von Mischsystemen kommt es bei Starkregenereignissen zu Mischwassereinleitungen in die Gewässer, was zu einer Reduzierung der Gewässergüte führt. Als Folge werden den bestehenden Entsorgungssystemen erhebliche Nachhaltigkeitsdefizite und hohe Kosten bescheinigt, was die Forderung nach Ressourcen schonenden, stärker dezentral ausgerichteten Konzepten laut werden lässt (Schmitt, 2007). Welche Merkmale sollte jedoch ein derartiges Konzept besitzen, um tatsächlich eine nachhaltige Entwicklung innerhalb der Regenwasserwirtschaft gewährleisten zu können? Im Rahmen dieses Projektes wurden Eigenschaften eines zukunftsfähigen Verfahrens der Regenwasserbewirtschaftung herausgearbeitet. Zur Überprüfung dieser Merkmale sowie einiger genereller Fragen bezüglich des Wasserhaushaltes, wurde von einem transdisziplinären Monitoring-Team ein Fragebogen zur Bewertung der Nachhaltigkeit innerhalb der Regenwasserwirtschaft erstellt und an ausgewählte Experten verschickt. Die Antworten der Experten sollten Aufschluss darüber geben, wie die Fachleute die Thematik der Nachhaltigkeit in Bezug auf die Verfahren der Regenwasserbewirtschaftung sehen und wie sie generell der Wasserbilanz als Planungskriterium gegenüberstehen. Der Fragebogen folgt dabei den nachfolgend erläuterten Merkmalen der empirischen Sozialforschung für schriftliche Befragungen.

4.2 Expertenbefragung

4.2.1 Befragungsmethode und Fragenformulierung

Unter dem Begriff „Befragung“ werden verschiedene Techniken der Datenerhebung zusammengefasst, deren Gemeinsamkeit darin besteht, die Auskunftspersonen zu Aussagen bezüglich der Erhebungsthematik zu veranlassen (Böhler (2005)). Die Meinungen der Experten zum Thema „Nachhaltigkeit der Regenwasserbewirtschaftung in Neubaugebieten“ sollte mit Hilfe eines teilstandardisierten Fragebogens zusammengetragen werden. Der Vorteil standarisierter Fragen (mit fest vorgegebenen Antwortmöglichkeiten) liegt in der leichten Auswertbarkeit und Vergleichbarkeit der Antworten. Zusätzlich wurden bei einzelnen Fragen abweichend freie Antworten ermöglicht, insbesondere wenn durch die vorgegebenen Antworten die möglichen Ansichten nicht vollständig abgedeckt werden konnten.

Innerhalb des vorliegenden Fragebogens wurden überwiegend direkte Fragen gestellt, dies begründet sich auch durch die anonyme Rücksendung, die eine Interpretation indirekter Fragen einschränkt.

Aus Zeit- und Kostengründen wurde keine mündliche Befragung in Form von Interviews durchgeführt. Gewählt wurde eine schriftliche Befragung, die postalisch verschickt wurde. Durch die Fragensauswahl und den Aufbau des Fragebogens wurden die mit schriftlichen Befragungen verbundenen Nachteile (Berekoven et al. (2006)) so gering wie möglich gehalten.

Eine schriftliche Befragung in Form eines Fragebogens dient dazu, die Forschungsfrage, die den Anlass zur Befragung lieferte, in eine Sprache zu übersetzen, die auf den Befragtenkreis zugeschnitten ist (Böhler, 2005; Kuß, 2007). Im Anhang A1 ist der komplette Fragebogen wiedergegeben, der sich aus 16 Einzelfragen und 3 Fragenkomplexen (mehreren im Zusammenhang stehenden Fragen) zusammensetzt.

Für den Aufbau des Fragebogens wurde folgendes bewährtes Schema verwendet (Böhler, 2005; Atteslander, 2006; Diekmann, 2007):

- Kontaktfragen
- Sachfragen
- Kontrollfragen
- Fragen zur Person

Die Kontaktfragen (Block A1 bis A3 im Fragebogen) dienen dazu die Befragten mit der Thematik vertraut zu machen und Misstrauen abzubauen. Die Sachfragen beziehen sich auf den eigentlichen Untersuchungszweck. Die Kontrollfragen gelten als Überprüfungsinstrument der zuvor gegebenen Antworten. Sie sollten möglichst nicht als solche zu erkennen sein und zur Reflexion und eventuellen Korrektur der vorherigen Antworten motivieren (Block C2). Die Fragen zur Personen (Block D) dienen der Klassifikation der eingegangenen Antworten und sind für die Bewertung von Interesse. Dem Fragebogen wurde ein Einführungsschreiben beigelegt. Dieses Begleitschreiben informiert den Befragten darüber, „...wer für die Befra-

gung verantwortlich ist, warum die Untersuchung durchgeführt wird und welches Interesse der Befragte selbst an der Beantwortung des Fragebogens hat.“ (Atteslander, 2006).

4.2.2 Auswahl der zu befragenden Experten

Als Voraussetzung für die Auswahl zu befragender Experten sind fundierte Kenntnisse und eigene Erfahrungen im jeweiligen Forschungsbereich notwendig (Häder, 2006). Die Anzahl der in Frage kommenden Experten reduzierte sich aufgrund dieser Bedingungen bereits stark. Trotzdem konnte im Rahmen des Forschungsprojektes nur eine Teilerhebung (bewusste Auswahl von Experten) durchgeführt werden. Neben dem notwendigen Fachwissen sollten die ausgewählten Personen die verschiedenen Bereiche „Privat“ (z.B. Ingenieurbüros), „Öffentlich und Verbände“ (z.B. Ämter) sowie „Wissenschaft“ (Universitäten, Forschungseinrichtungen, Fachhochschulen) möglichst in einem ausgewogenem Verhältnis repräsentieren. Hierauf wurde bei der Auswahl besonders geachtet. Tabelle 4 zeigt die Unterteilung in Profession und institutionelle Zugehörigkeit der angeschriebenen Experten.

Tab. 4: Profession und institutionelle Zugehörigkeit der Experten

Profession/ institutionelle Zugehörigkeit	Versendete Fragebögen
Hochschule	20
Öffentliche Verwaltung	
Staatliche Forschungseinrichtungen	
Verband	
Ver-/Entsorgungsbetrieb	21
Ingenieurbüro	
Privatwirtschaftliche Forschungseinrichtungen	
Industrie	21

Da in Deutschland kein Verzeichnis von Nachhaltigkeitsforschern innerhalb der Regenwasserwirtschaft existiert, mussten die geeigneten Fachleute selbst ausgewählt werden. Als Kriterien für die Expertenauswahl diente u.a. deren Mitarbeit an bestehenden Regelwerken und Arbeitsblättern (z.B. BWK M3, A 100, M 153), sowie die Mitarbeit in themenrelevanten Vereinigungen (z.B. DWA, BWK, FBR), die aktuelle Fachliteratur wurde ebenfalls ausgewertet. Die gewonnenen Befragungsergebnisse können aufgrund dieser teils subjektiven Auswahl nicht als repräsentativ für alle Akteure im Bereich der Regenwasserwirtschaft angesehen werden, sondern sie spiegeln die Meinungen der Experten wider, die im Rahmen der Befragung als besonders geeignet erschienen.

4.2.3 Rückantworten und Reaktionen

Innerhalb des Fragebogens wurden die Experten nach ihrer persönlichen Meinung und Wahrnehmung zur Nachhaltigkeit in der Regenwasserwirtschaft gefragt. Die Thematik der Nachhaltigkeit wurde dabei direkt mit den gegenwärtig verwendeten Verfahren zur Entwässerungsplanung und den Komponenten des Wasserhaushaltes in Verbindung gebracht. Damit wurde einerseits auf den Zusammenhang von nachhaltiger Bewirtschaftung des Regenwassers und den verwendeten Verfahren der Entwässerung aufmerksam gemacht und andererseits geprüft, ob es innerhalb der Expertengemeinde spezielle Präferenzen gegenüber bestimmten Verfahren gibt. Des Weiteren sollte auf einer Skala (-2 bis +2) die persönliche Übereinstimmung mit 32 Thesen zur Nachhaltigkeit verschiedener Entwässerungsverfahren beurteilt werden.

Im Rahmen der durchgeführten Befragung wurden insgesamt 62 Experten angesprochen. Die Rücklaufquote ist mit 30 zurückgesendeten Fragebögen (ca. 48%) als relativ hoch einzuschätzen. Tabelle 5 zeigt die Verteilung der zurückgesendeten Bögen innerhalb der einzelnen Bereiche.

Tab. 5: Rücklauf der Fragebogenaktion * Mehrfachzugehörigkeiten enthalten

Profession/ institutionelle Zugehörigkeit	Zurückgesendete Fragebögen*	Gesamtheit der zurückgesendeten Fragebögen (%)
Hochschule	4	13,33
Öffentliche Verwaltung	12	40
Staatliche Forschungseinrichtungen	1	3,33
Verband	3	10
Ver-/Entsorgungsbetrieb	1	3,33
Ingenieurbüro	9	30
Privatwirtschaftliche Forschungseinrichtungen	1	3,33
Industrie	1	3,33
Summe	32	106,65

In Tab. 5 wurden zwei Mehrfachzugehörigkeiten berücksichtigt. Sie zeigt, dass die meisten Rückmeldungen aus dem Bereich der öffentlichen Verwaltung (40%) und von den Ingenieurbüros (30%) kamen. Die Reaktionen der angesprochenen Experten unterschieden sich teilweise deutlich. In zwei Fällen wurde die Beantwortung des Fragebogens verweigert mit der Begründung, dass der zu erforschende Sachverhalt bereits hinlänglich bekannt sei. In einem Fall wurde das öffentliche Ansprechen der Thematik explizit begrüßt. Im Allgemeinen wurde der Fragebogen von den Experten gut aufgenommen, was sich aus der zumeist lückenlosen Be-

antwortung und der Beisteuerung weiterer Ideen und Anregungen im Falle von offenen Fragen schließen lässt.

4.2.4 Darstellung der Ergebnisse

Die größte Anzahl an Enthaltungen erfolgte bei der Beantwortung der Frage B7. Diese fragte danach, ob die Grenzwerte von Schadstoffeinleitungen als Konzentrationswerte oder als Jahresfrachten ausgedrückt werden sollten. Gleichzeitig wurden die Befragten gebeten, ein Intervall/Wert für ihre Meinung anzugeben. Für die Angabe in Konzentrationswerten entschieden sich 10 der Befragten für eine Angabe in Jahresfrachten 9 und 11 Experten enthielten sich. Die hohe Zahl an Enthaltung ist wohl darauf zurück zu führen, dass dieser Bereich bereits seit langer Zeit innerhalb von Expertenkreisen kontrovers diskutiert wird.

Diese Frage stellt auch eine Thematik dar, die innerhalb der Expertenkommission des Bundes und der Länder im Rahmen der Föderalismusreform diskutiert wird. Die Experten der Kommission schlagen für das Niederschlagswasser vor, Konzentrationswerte (mg/l) für die Einleitung von Schadstoffen zu verwenden. (Die Ergebnisse eines Workshops, der sich speziell mit dieser Thematik auseinandersetzt, können auf der **Bund-Länder-Informations- und Kommunikationsplattform** des Bereichs Wasser eingesehen werden (Wasser-BLICK (2008)).

Von besonderer Relevanz war auch die Frage B4. Sie soll hier detaillierter dargestellt werden. In der Frage sollte geklärt werden, welche Veränderungen des Wasserhaushaltes gegenüber dem unbebauten Zustand für Neubaugebiete (Niederschlag = 100%) zulässig sein sollen (betrifft die Komponenten Grundwasserneubildung, Abfluss und Verdunstung). Folgende Antwortmöglichkeiten standen zur Verfügung:

- a) Abfluss: +5%, Grundwasserneubildung: -5%,
Verdunstung: +/-10%
- b) Abfluss: +10%, Grundwasserneubildung: -10%,
Verdunstung: +/-20%
- c) anderer Vorschlag (mit Begründung):
Abfluss:% Grundwasserneubildung:%
Verdunstung:%

Von den 30 Befragten entschieden sich 3 für Antwort C, 11 wählten Antwort B und 8 Personen Antwort A, 8 Personen äußerten sich nicht. Abbildung 5 zeigt die Antworten im Überblick.

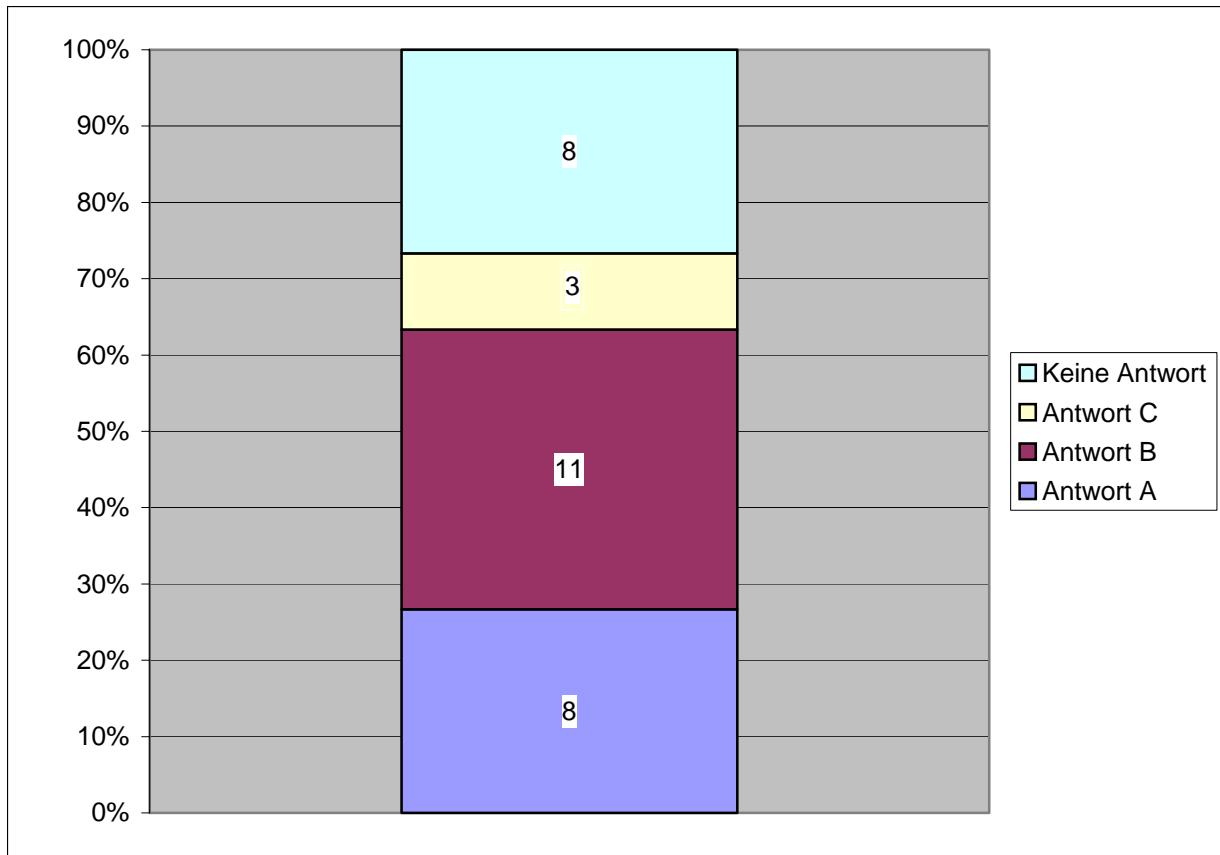


Abb. 5: Auswertung der Frage B4 der Expertenbefragung: Nachhaltigkeit der Regenwasserbewirtschaftung in Neubaugebieten.

Die Experten, die sich für die Antwort C entschieden, stellten ihre Antworten aus Elementen der Antwortmöglichkeit A und Elementen der Antwortmöglichkeit B zusammen (z.B. Abfluss: +5%, Grundwasserneubildung: -10%, Verdunstung: +20%). Es lässt sich daher feststellen, dass über 70% aller befragten Experten sich dafür aussprechen, den Abfluss aus einem Neubaugebiet gegenüber dem unbebauten Zustand um höchstens 10% oder weniger zu erhöhen. In Bezug auf die Reduktion der Grundwasserneubildung werden höchsten 10% oder weniger gegenüber dem unbebauten Zustand toleriert und die Schwankungsbreite der Verdunstung sollte innerhalb des Intervalls von +/- 20% liegen oder geringer sein. Diese Werte signalisieren eine klare Befürwortung der Bewirtschaftung des Regenwassers vor Ort, im Vergleich zur unmittelbaren Ableitung des Regenwassers.

4.3 Expertengespräch

Die Rückantworten auf den Fragebogen zur nachhaltigen Niederschlagswasserbewirtschaftung zeigten ein deutliches Interesse der Fachleute an der Thematik auf, die Standpunkte waren dabei unterschiedlich. Dies wurde zum Anlass genommen, ein Expertengespräch zu organisieren, um die Meinung der Experten noch genauer analysieren und eventuell bündeln zu können.

Am 6. September 2007 fand im Umweltbundesamt das Expertengespräch zum Thema „Nachhaltigkeit der Regenwasserbewirtschaftung in Neubaugebieten“ statt. 25 Experten sowohl aus dem Wissenschaftsbereich als auch aus Wirtschaft und Verwaltung diskutierten, welche Anforderungen an die Niederschlagsbewirtschaftung in Zukunft notwendig und machbar sind. Die Veranstaltung wurde durch zwei Vorträge von Prof. Schmitt und Dr. H. Sieker eingeleitet. Prof. Schmitt lehnte sich in seinem Vortrag an das Arbeitsblatt A100 der DWA an, zeigte die Schutzgüter und Schutzziele der Siedlungsentwässerung auf und verdeutlichte, dass die Aufgaben der Stadtentwässerung heute nur interdisziplinär gelöst werden können. Dr. Sieker stellte im Anschluss die Ergebnisse der Umfrage zum Thema „Nachhaltigkeit der Regenwasserbewirtschaftung in Neubaugebieten“ vor.

Unter der Moderation von Prof. Grottke wurden die 5 Komplexe: Geltungsbereich, Ziele/Zielgrößen (quantitativ, qualitativ), Anforderungen (quantitativ, qualitativ), Nachweismöglichkeiten, Risikobegrenzung von den Experten diskutiert. Über den Geltungsbereich wurde weitgehend Einigkeit erzielt. Dieser sollte erstmals bebaute Gebiete und Flächen umfassen und darüber hinaus für alle Gebiete gelten, in denen grundlegende Veränderungen (Siedlungs- und Infrastruktur oder z.B. neuer Bebauungsplan) durchgeführt werden. Im Gegensatz zu Immissionsbetrachtung wurde für Zielgrößen eine Betrachtung von Jahresmengen und Jahresfrachten als sinnvoll angesehen. Betrachtet werden sollte dabei die Wasserbilanz und aus stofflicher Sicht insbesondere die abfiltrierbaren Stoffe. Auf genaue Werte konnten und wollten sich die Experten noch nicht festlegen, auch bei der Bezugsgröße für Anforderungen an die Wasserbilanz gingen die Meinungen auseinander (Bezug auf Niederschlag oder Abfluss). Das Expertengespräch verdeutlichte die Notwendigkeit, Anforderungen auch für Regenwasser festzulegen.

5 Anforderungen an die Regenwasserbewirtschaftung

Die im Folgenden dargestellten Anforderungen orientieren sich an einem Entwurf der Bund/Länder Arbeitsgemeinschaft für einen Anhang Regenwasser der Abwasserverordnung. In Kapitel 6 werden die Anforderungen näher begründet und erläutert.

Anwendungsbereich

Die nachfolgenden Anforderungen gelten für Niederschlagsabflüsse, die:

- in gemeindlichen Siedlungsgebieten,
- auf gewerblichen und industriellen Flächen,
- auf außerörtlichen Straßen

in **entwässerungstechnisch neu zu erschließenden Gebieten** anfallen.

Allgemeine Zielsetzungen

(1) Die Bewirtschaftung des Niederschlagswassers hat das Ziel, den örtlichen Wasserhaushalt zu erhalten.

(2) Verunreinigungen des Niederschlagswassers sind weitgehend zu vermeiden. Soweit sich eine Verunreinigung nicht bereits bei der Abflussbildung mit vertretbaren Mitteln vermeiden lässt, ist die Schadstofffracht im Niederschlagswasser so gering zu halten, wie dies durch folgende Maßnahmen möglich ist:

- a) Keine Vermischung von gering oder mäßig belastetem Niederschlagswasser mit hoch belastetem Niederschlagswasser (Betrifft Trennsysteme)
- b) Keine Vermischung von gering oder mäßig belastetem Niederschlagswasser mit anderem behandlungsbedürftigen Abwasser (Betrifft Mischsysteme). Hiervon kann nur abgewichen werden, wenn auf entwässerungstechnisch neu zu erschließenden Flächen unabweisbar abzuleitende Niederschlagsabflüsse anfallen, für die eine vom Mischwasser getrennte Ableitung nicht oder nur unter unverhältnismäßigem Aufwand möglich ist. In diesen Fällen dürfen die unabweisbar auftretenden Niederschlagsabflüsse in vorhandene Mischsysteme eingeleitet werden.

(3) In Abhängigkeit der Belastung des Niederschlagswassers ist eine Behandlung zur Reduzierung der Schadstofffracht erforderlich:

- a) Niederschlagswasser, das auf den folgenden Flächen (siehe Tabelle 6, Kategorie I) anfällt, gilt als gering belastet und bedarf grundsätzlich keiner gezielten Behandlung.
- b) Niederschlagswasser, das auf den folgenden Flächen (siehe Tabelle 6, Kategorie II) anfällt, gilt als mäßig belastet und bedarf grundsätzlich einer Behandlung.

- c) Niederschlagswasser, das auf den folgenden Flächen (siehe Tabelle 6, Kategorie III) anfällt, gilt als hoch belastet, bedarf einer Behandlung und ist grundsätzlich einer mechanisch-biologischen Kläranlage oder einer vergleichbaren Behandlung zuzuführen.

Anforderungen an die quantitative Bewirtschaftung der Niederschlagsabflüsse

(1) Das Ziel, den Wasserhaushalt eines entwässerungstechnisch neu zu erschließenden Gebietes entsprechend dem unbebauten Zustand zu erhalten gilt als erfüllt, wenn in der Wasserbilanzgleichung

$$N = A + R$$

mit

N = mittlere jährliche Niederschlagshöhe der Region (mm)

A = niederschlagsbedingte Direktabfluss (mm)

R = Rückhalt = $(G + V)$ mit G = Grundwasserneubildung und V = Verdunstung

der niederschlagsbedingte Direktabfluss A_{bebaut} des bebauten Zustandes den niederschlagsbedingten Direktabfluss $A_{unbebaut}$ des unbebauten Zustandes nicht überschreitet, also:

$$A_{bebaut} \leq A_{unbebaut}$$

Für den Rückhalt R gilt entsprechend:

$$R_{bebaut} \geq R_{unbebaut}$$

Innerhalb der Größe R_{bebaut} kann eine unbeabsichtigte Erhöhung der Grundwasserneubildung gegenüber dem unbebauten Zustand durch technische Maßnahmen (Dränsysteme) vermieden werden. Der Verdunstungsanteil innerhalb der Größe R_{bebaut} kann durch verstärkte Begrünung und Vermeidung unnötiger Versiegelung gegebenenfalls erhöht werden.

Ein Nachweis der Wasserbilanz für den bebauten Zustand hat zu erfolgen (Vorgehensweise siehe Kapitel 7). In zu begründenden Ausnahmefällen ist eine Erhöhung des Direktabflusses um bis zu 10 Prozentpunkte des Niederschlages zulässig, also

$$A_{bebaut} \leq (A_{unbebaut} + 0,1 N)$$

(2) Nur gering oder mäßig belastetes Niederschlagswasser darf durch Versickerung bewirtschaftet werden. An den Grenzflächen zwischen dem anstehenden Boden und der Bewirtschaftungsanlagen sind die Prüfwerte der Bundesbodenschutzverordnung für den Wirkpfad Boden- Grundwasser einzuhalten. Diese Anforderung gilt als eingehalten, wenn über eine ausreichend dimensionierte bewachsene Bodenzone versickert wird oder ein Verfahren mit

vergleichbarer Reinigungsleistung angewendet wird, für das eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung oder eine länderspezifische Regelung vorliegt.

(3) Hinsichtlich stofflicher Einleitungen in offene Gewässer darf eine Jahresfracht abfiltrierbarer Stoffe (AFS) nachweislich nicht überschritten werden, die sich aus der Multiplikation des Abflusses A der Wasserbilanzgleichung mit einer mittleren stofflichen Konzentration von 20 mg/l ergibt. Diese Anforderung entfällt, sofern hochbelastete Abflüsse einer Kläranlage zugeführt werden und alle weiteren Abflüsse dezentral bewirtschaftet werden.

Tab. 6: Belastung des Niederschlagsabflusses in Abhängigkeit von der jeweiligen Herkunftsfläche

Herkunftsfläche	Bewertung der Belastung des Niederschlagsabflusses
1 Gründächer; Wiesen und Kulturland mit möglichem Niederschlagsabfluss in das Entwässerungssystem	Kategorie I gering belastet
2 Dachflächen ohne Verwendung bzw. mit üblichen Anteilen aus unbeschichteten Metallen (Kupfer, Zink und Blei)	
3 Terrassenflächen in Wohn- und vergleichbaren Gewerbegebieten	
4 Rad- und Gehwege in Wohngebieten bzw. außerhalb des Spritz- und Sprühfahnenbereiches von Straßen;	
5 verkehrsberuhigte Bereiche; wenig befahrene Verkehrsflächen (bis DTV 2.000 Kfz) in Wohn- und vergleichbaren Gewerbegebieten	
6 Hofflächen und Pkw-Parkplätze ohne häufigen Fahrzeugwechsel in Wohn- und vergleichbaren Gewerbegebieten	
7 Straßen mit DTV ab 2.000 Kfz z. B. Anlieger-, Erschließungs-, Kreisstraßen	Kategorie II mäßig belastet
8 Hofflächen und Pkw-Parkplätze ohne häufigen Fahrzeugwechsel in Misch-, Gewerbe- und Industriegebieten*	
9 Start-, Lande- und Rollbahnen von Flugplätzen, Rollbahnen von Flughäfen**	
10 Dachflächen in Gewerbe- und Industriegebieten mit signifikanter Luftverschmutzung	
11 Straßen mit DTV 2.000 – 15.000 Kfz, z. B. Hauptverkehrsstraßen, Start- und Landebahnen von Flughäfen**	
12 Zufahrtsstraßen zu Pkw-Parkplätzen mit häufigem Fahrzeugwechsel, z. B. von Einkaufszentren	

13	Dachflächen mit unbeschichteten Eindeckungen aus Kupfer, Zink und Blei; Straßen und Plätze mit starker Verschmutzung, z. B. durch Landwirtschaft, Fuhrunternehmen, Reiterhöfe, Märkte	
14	Straßen mit DTV über 15.000 Kfz, z. B. Hauptverkehrsstraßen von über-regionaler Bedeutung, Autobahnen	
15	Hofflächen und Straßen in Gewerbe- und Industriegebieten mit signifi-kanter Luftverschmutzung	Kategorie III
16	Sonderflächen, z. B. Lkw-Park- und Abstellflächen mit häufigem Fahr-zeugwechsel; stark befahrene Lkw-Zufahrten in Gewerbe-, Industrie- oder ähnlichen Gebieten; Flugzeugpositionsflächen von Flughäfen	hoch belastet

* Umschlagflächen in Gewerbe- und Industriegebieten sind im Einzelfall zu regeln

** Einzelfallbetrachtung für den Winterbetrieb erforderlich

Anmerkungen:

- nicht aufgeführte Flächen sind ihrer Nutzung entsprechend einzustufen
- Im Einzelfall können aufgrund der örtlichen Situation (z.B. starke Verschmutzung durch besondere Nutzung oder außergewöhnliche Luftverunreinigungen im Einflussbereich von Gewerbe und Industrie mit Staubemission durch Produktion, Bearbeitung, Lagerung und Transport) abweichende Einstufungen erforderlich sein
- Nach einer entsprechenden Vorbehandlung kann das Niederschlagswasser aus Kategorie III der Kategorie II, das der Kategorie II der Kategorie I zugeordnet werden

6 Erläuterung der Anforderungen an die Regenwasserbewirtschaftung

6.1 Anwendungsbereich

Unter dem Begriff „Entwässerungstechnisch neu zu erschließende Gebiete“ werden folgende Anwendungsfälle verstanden:

- bisher unbebaute Neubaugebiete
- Konversionsflächen, z.B. ehemalige Gewerbe- und Industrieflächen
- Mischwasserentflechtungsgebiete
- Grunderneuerung von Straßen und Kanalisationen
- Einzelne Baugrundstücke, für die per Entwässerungssatzung abflussreduzierende Maßnahmen gefordert werden können

Anforderungen an die Bewirtschaftung von Regenwasser gelten damit für alle Neubau- und Sanierungsprojekte (bei denen Eingriffe am Entwässerungssystem vorgenommen werden). Dadurch wird sichergestellt, dass keine zusätzliche Kosten im Bestand anfallen, sofern die aktuelle Entwässerungssituation keine Eingriffe in das System erfordert.

Ausgeschlossen von den Anforderungen wird Niederschlagswasser, welches einer Nutzung zugeführt wurde und dadurch maßgeblich in seiner Qualität beeinflusst wurde (z.B. WC Spülung). Für dieses Abwasser gelten entsprechend andere Regelungen.

6.2 Abwasseranfall und Abwasserbehandlung

6.2.1 Herkunft, Menge und Beschaffenheit des Niederschlagswassers

Herkunft des Niederschlagswassers

Niederschlag ist von Haus aus eine natürliche Größe und bedarf in unbebauten Gebieten im Normalfall keiner Behandlung oder Bewirtschaftung. Der Wasserhaushalt eines Gebietes kann durch die 4 Komponenten Niederschlag = Verdunstung + Grundwasserneubildung + niederschlagsbedingter Direktabfluss beschrieben werden. Durch die siedlungsbedingte Flächenversiegelung ist der natürliche Wasserhaushalt gestört und der gegenüber dem unbebauten Zustand oft deutlich erhöhte Oberflächenabfluss muss bewirtschaftet werden, um nachteilige Auswirkungen (z.B. Gebäudevernässung, Hochwasserverschärfung) zu vermeiden.

Menge des Niederschlagswassers

Die Menge des zu bewirtschaftenden Niederschlagswassers hängt sowohl von natürlichen als auch von anthropogenen (durch den Menschen verursachten) Faktoren ab:

Natürliche Faktoren:

- Jährliche Niederschlagshöhe
- Jahreszeitliche Verteilung der Niederschläge
- Klimatische Bedingungen (z.B. Temperatureinfluss auf die Verdunstung)
- Bodeneigenschaften (bestimmen Grundwasserneubildungsrate)
- Weitere Standorteigenschaften (z.B. Grundwasserstand)

Anthropogene Faktoren:

- Bebaute Fläche
- Bauausführung (Versiegelungsgrad - durchlässig/ nicht durchlässig)

Beschaffenheit des abfließenden Niederschlagswassers

Die Beschaffenheit des Niederschlagswassers ist abhängig von der Fläche auf der der Abfluss entsteht. Unterschiede ergeben sich durch:

- Flächenart (z.B. Dach, Straße)
- Material (z.B. Kupferdach)
- Flächennutzung (z.B. Hauptverkehrsstraße)

Hinzu kommt noch eine mögliche Vorbelastung des Niederschlagswassers durch luftgebundene Schadstoffe (z.B. in Ballungsräumen).

Eine Einstufung der Belastung des Niederschlagsabflusses in Abhängigkeit von der jeweiligen Herkunftsfläche zeigt Tab. 6.

Die heute noch praktizierte Vermischung von Niederschlagswasser mit häuslichem und gewerblichem Abwasser (Mischkanalisation) führt zu einer Verschmutzung des vorher meist nur gering mit Schadstoffen belasteten Niederschlagswassers. Für entwässerungstechnisch neu zu erschließende Gebiete ist eine Vermischung nicht mehr zulässig. Auch Überkapazitäten vorhandener Mischsysteme, sofern es diese überhaupt geben kann bei der nach oben offenen möglichen Vorgabe von jährlichen Überlastungshäufigkeiten, gestatten keine Ausnahme von diesem Verbot. Mögliche Freiräume im Kanalnetz sollten stattdessen für eine Abflussteuerung genutzt werden.

Für entwässerungstechnisch neu zu erschließende Gebiete, die innerhalb vorhandener Mischsysteme liegen oder für Erweiterungsgebiete, die nach ursprünglichen Plänen an vorhandene Mischsysteme angeschlossen werden sollten, bedeutet dies jedoch nicht, dass eine zusätzliche Trennkanalisation gebaut werden muss. Verbleibende „Restabflüsse“, die sich bei ungünstigen Bedingungen (z.B. Böden) ergeben, dürfen in die vorhandene Mischkanalisation eingeleitet werden, sofern der Direktabfluss des unbebauten Zustandes nicht überschritten bzw. in Ausnahmefällen um nicht mehr als 10 Prozentpunkte des Niederschlages gegenüber dem unbebauten Zustand erhöht wird.

Auch die bisher praktizierte Ableitung der Niederschlagsabflüsse in konventionellen Trennsystemen hat einen gravierenden Nachteil in stofflicher Hinsicht: Hochverschmutzte Niederschlagsabflüsse (z.B. von hochbelasteten Straßen) werden mit gering verschmutzten Abflüssen (z.B. aus Wohngebieten) vermischt und sind daher zentral nur unter hohen Kosten zu behandeln.

6.2.2 Abwasservermeidungsverfahren und Abwasserbehandlungsverfahren

Maßnahmen zur Abwasservermeidung und Abwasserverminderung

Die Menge des zu bewirtschaftenden Niederschlagswassers kann durch verschiedene Maßnahmen gering gehalten werden:

- Verwendung durchlässiger Materialien für die Flächenbefestigung
- Regenwassernutzung
- Dachbegrünung

In Abhängigkeit von der Flächennutzung ist es möglich, eine Vielzahl von Flächen so zu bebauen, dass der Oberflächenabfluss kaum oder gar nicht erhöht wird (z.B. durchlässige Pflasterung). Bei der Bebauungsplanung sollte für alle Flächennutzungen geprüft werden, inwieweit diese durchlässig ausgeführt werden können. Aber auch in Sanierungsgebieten besteht die Möglichkeit zur sogenannten Flächenentsiegelung. Dies bietet sich an, wenn die bisherigen Flächen unabhängig vom Niederschlagsabfluss angefasst werden müssen und ein Ersatz des bisherigen Materials durch durchlässiges Material möglich ist.

Die Nutzung von Niederschlagswasser kann den Anfall von Oberflächenabfluss vermindern. In der Regel ergibt sich eine leichte Abflusserhöhung gegenüber dem unbebauten Zustand, da Niederschlagsanfall und Nutzung oft zeitlich versetzt auftreten und dadurch nicht die gesamte Wassermenge zwischengespeichert werden kann. Eine Ausnahme bilden dabei Zisternen, die noch ein zusätzliches, ausreichend dimensioniertes Retentionsvolumen vorhalten (z.B. Retentionszisterne).

Gründächer können als Flächennutzung oder Bewirtschaftungsmaßnahme betrachtet werden. Begrünte Dächer sind in der Lage, einen Teil des Niederschlags zwischenzuspeichern. Das Wasser wird dann hauptsächlich über Verdunstung wieder an die Umwelt abgegeben. Unterschieden wird in intensive und extensive Dachbegrünung, welche sich entsprechend in ihrer Wirkung auf die Abflussverminderung unterscheiden.

Eine Verunreinigung des Niederschlagswassers kann durch Verwendung entsprechender Materialien verhindert werden (z.B. keine oder speziell beschichtete Kupferdächer).

Maßnahmen zur Niederschlagswasserbehandlung

Die Besonderheit des Niederschlagswassers gegenüber anderen Abwasserarten ist, dass bei der Auswahl von Maßnahmen neben der Reinigungsleistung noch die Bewirtschaftung der Wassermenge berücksichtigt werden muss. Außerdem liegt die Reinigung des Niederschlagswassers in der Regel bei einem Entwässerungsunternehmen und nicht bei dem Besitzer der Flächen, auf denen das Wasser anfällt. Die notwendige Reinigung richtet sich nach der Flächennutzung (Tab. 6). Wasser von gering belasteten Flächen (Kategorie I in Tab. 6) bedarf keiner Behandlung und muss nur bezüglich der abfließenden Wassermenge bewirtschaftet werden.

Für Niederschlagswasser von mäßig belasteten Flächen ist eine Reinigung notwendig. Besonders geeignet ist die Passage durch eine belebten Bodenzone innerhalb einer Bewirtschaftungsanlage (z.B. Mulden Rigolen Elemente), da gleichzeitig der Oberflächenabfluss durch Versickerung reduziert wird. Einen Überblick der existierenden Maßnahmen zur Regenwasserbewirtschaftung gibt Tabelle 7.

Das auf hoch belasteten Flächen anfallende Niederschlagswasser (Kategorie III in Tab. 6) bedarf grundsätzlich einer Behandlung und ist einer mechanisch-biologischen Kläranlage oder einer vergleichbaren Behandlung zuzuführen.

Tab. 7: Maßnahmen zur Bewirtschaftung von Niederschlagswasser und deren Eignung zur Reinigung und Begrenzung des Abflusses (für Kategorie I und II in Tab. 6)

Maßnahmen	Reinigungsleistung	Verhinderung von Abflusspitzen	Wassermengenbewirtschaftung	als alleinige Maßnahme geeignet
RHB, Erdbauweise	gering	ja	minimal	nein
RHB, Betonbauweise	gering	ja	nein	nein
"Durchlässige" Pflasterungen	hoch	teilweise	ja	nein
Muldenversickerung	hoch	ja	ja	ja
Schachtversickerung	-	ja	ja	nein
Rigolenversickerung	mäßig	ja	ja	nein
Mulden-Rigolen-Elemente, unvernetzt	hoch	ja	ja	ja
Mulden-Rigolen-System	hoch	ja	ja	ja
Mulden-Rigolen-System, gedichtet	hoch	ja	nein	nein
Regenwassernutzung im Haushalt1	-	teilweise	teilweise	nein
Regenwassernutzung zur Bewässerung1	-	teilweise	teilweise	nein
extensive Dachbegrünung	hoch	teilweise	teilweise	nein
intensive Dachbegrünung	hoch	teilweise	teilweise	ja
Regenklärbecken	mäßig	ja	nein	nein
Bodenfilterbecken	mäßig	ja	teilweise	nein
Innodrain	hoch	ja	ja	nein
Leichtstoffabscheider	hoch	nein	nein	nein
Rechen, Siebe, Mikrosiebe	hoch	nein	nein	nein
Wirbelabscheider	hoch	nein	nein	nein
Fällung, Flockung	hoch	nein	nein	nein
Sandfilter	hoch	nein	nein	nein
Absetzteiche	mäßig	ja	minimal	nein
Teichanlagen	hoch	ja	ja	ja

Die Auswahl eines geeigneten Verfahrens zur Niederschlagswasserbewirtschaftung ist von verschiedenen Faktoren abhängig:

- Schmutzbelastung des Niederschlagswassers (Flächennutzung)
- Platzverhältnisse
- Bodeneigenschaften
- Gebäudetyp (z.B. für Gründächer)

Im Folgenden soll das Konzept der dezentralen bodenbezogenen Bewirtschaftung kurz detaillierter vorgestellt werden, da es gegenüber anderen dezentralen Maßnahmen (Gründächen, Regenwassernutzung, durchlässiger Pflasterung) bis auf wenige Ausnahmen generell anwendbar ist.

Das Konzept der dezentralen bodenbezogenen Bewirtschaftung

Das Konzept der dezentralen bodenbezogenen Bewirtschaftung von Regenabflüssen lässt sich aus dem Prozess ableiten, der auf unbebauten Flächen während des Niederschlags und in seinem Gefolge im Boden stattfindet. Während sich jedoch beim unbebauten Zustand der Prozess über die gesamte in Frage stehende Fläche ausbreitet, steht im bebauten Zustand im allgemeinen nur ein Bruchteil dieser Fläche für die Nachbildung des Prozesses in einer Bewirtschaftungsanlage zur Verfügung, das heißt, der Vorgang muss örtlich stark komprimiert werden.

Technisch gesehen ergeben sich für die bodenbezogene Bewirtschaftung drei grundlegende Varianten, die sich jeweils aus folgenden Funktionen zusammensetzen:

- Variante I: „**Oberflächenspeicherung** + Reinigung + Versickerung + Verdunstung“,
- Variante II: „**Oberflächenspeicherung** + Reinigung + **Untergrundspeicherung** + Versickerung + Verdunstung“ und
- Variante III: „**Oberflächenspeicherung** + Reinigung +**Untergrundspeicherung** + **Gedrosselte Ableitung** + Versickerung + Verdunstung“

Man erkennt, dass in Variante II die Funktion „Untergrundspeicherung“ und in Variante III die Funktionen „Untergrundspeicherung“ und „Gedrosselte Ableitung“ zu den vier Funktionen der Variante I addiert werden.

Mit der Hinzufügung der Funktionen „Untergrundspeicherung“ und „Gedrosselte Ableitung“ kann eine geringe Durchlässigkeit des Bodens und/oder (zeitweise) ein unerwünscht hoher Grundwasserstand ausgeglichen werden. Die drei Varianten decken nahezu den gesamten in Frage kommenden Bereich notwendiger Bewirtschaftungsmaßnahmen ab und können daher gemeinsam als allgemein anwendbare Alternative zum bisherigen reinen Ableitungsprinzip angesehen werden.

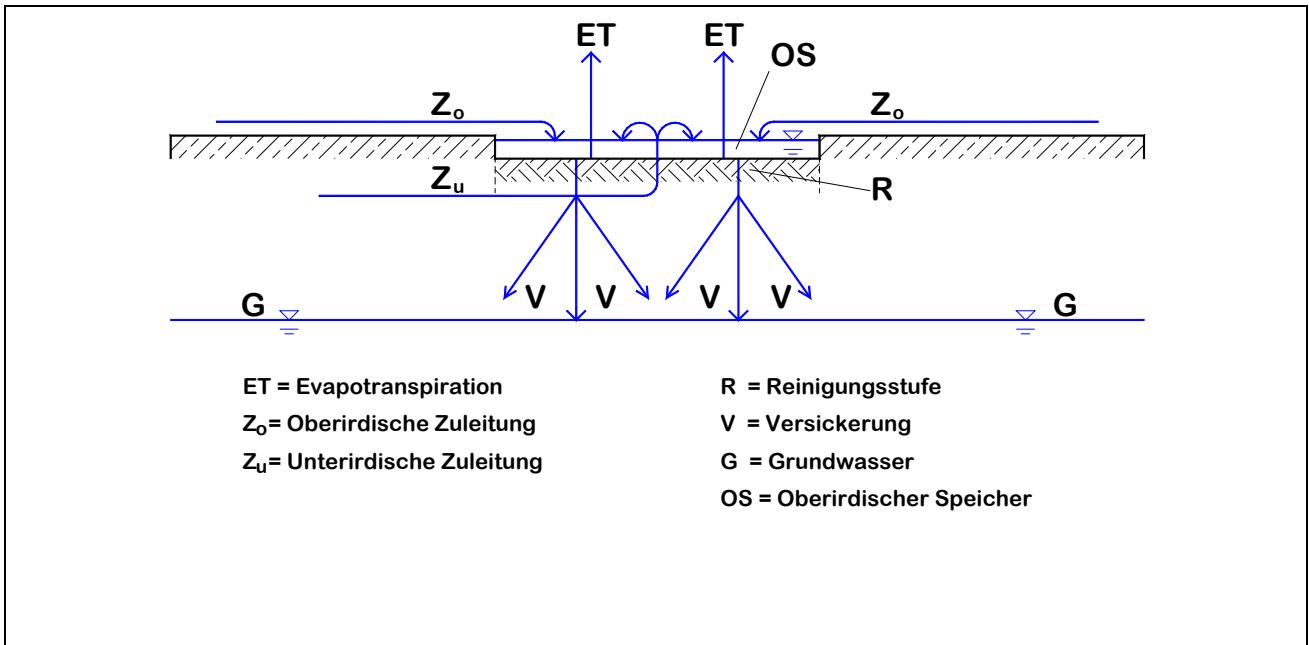
Variante I (Abb. 6)

Die Variante I kann angewendet werden, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

- hohe mittlere Durchlässigkeit des anstehenden Bodenprofils ($k_f \geq \text{ca. } 10^{-4} \text{ m/s}$),
- ausreichend tiefe Grundwasserstände ($\geq \text{ca. } 1,5 \text{ m u. GOK}$)
- genügend Fläche für oberirdische Bewirtschaftung ($\geq \text{ca. } 10\text{-}15 \% \text{ der angeschlossenen versiegelten Fläche}$) mit ausreichend Abstand zu unterkellerten Gebäuden ($\geq \text{ca. } 5 \text{ m}$).

Die Bewirtschaftungsanlage besteht in baulicher Hinsicht nur aus einer künstlich hergestellten Bodenvertiefung, die die Aufgabe hat, die Regenabflüsse der angeschlossenen Flächen insbesondere bei kurzen Starkregen kurzfristig oberirdisch zu speichern, aus der sie in einer kurzen Nachlaufzeit in den anstehenden Boden versickern oder durch Evapotranspiration in die Atmosphäre zurückkehren. Diese Aufgabe wird beim unbebauten Zustand durch die Unebenheiten und Rauigkeiten an der Oberfläche des unbebauten Zustandes (z.B. eines Ackers oder einer Wiese) wahrgenommen.

Die Bodenvertiefung lässt sich je nach den Gegebenheiten verschieden ausführen. Im Rahmen einer Gartenanlage wird sie zweckmäßig als konkav ausgeformte flache Mulde hergestellt. Im Straßenbereich oder allgemein dort, wo platzsparend geplant werden muss, kann sie, wie in Abbildung 6 dargestellt, prismatisch und kantig eingefasst ausgeführt werden. Eine solche Ausführung wird im Folgenden verkürzt mit „Tiefbeet“ bezeichnet. Detailliertere Ausführungen finden sich in Sieker et al. (2008).



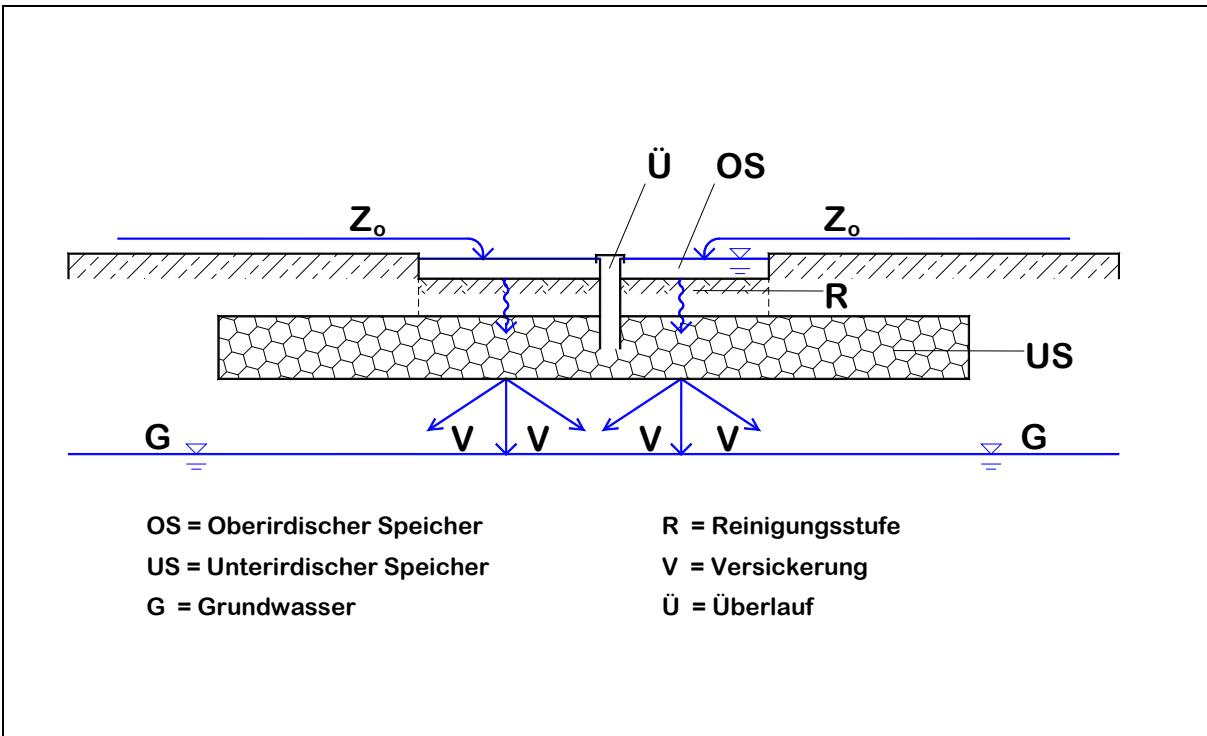


Abb. 7: Variante II - Kombinierte Oberflächen- und Untergrundspeicherung

Variante III (Abb. 8)

Variante III kommt zur Anwendung, wenn eine oder mehrere der folgenden Gegebenheiten vorliegen:

- geringe Durchlässigkeit des anstehenden Bodenprofils ($k_f \leq 10^{-6} \text{ m/s}$),
- zeitweise auftretendes, schädlich wirkendes Schichtenwasser
- schädlicher Grundwassermanstieg infolge Abdichtung vorhandener Kanalisationen
- besonderes Sicherheitsbedürfnis gegen Vernässungen

In baulicher Hinsicht unterscheidet sich die Variante III von der Variante II dadurch, dass der Untergrundspeicher einen auf angestrebte Drosselabflüsse regelbaren Ablauf besitzt. Der Ablauf mündet entweder in eine vorhandene Kanalisation oder über ein eigenes Ableitungssystem, an das mehrere bis beliebig viele dezentrale Bewirtschaftungsanlagen angeschlossen sein können, in ein offenes Gerinne oder Gewässer. (Abb. 8). Detaillierte Ausführungen finden sich in Sieker (2008).

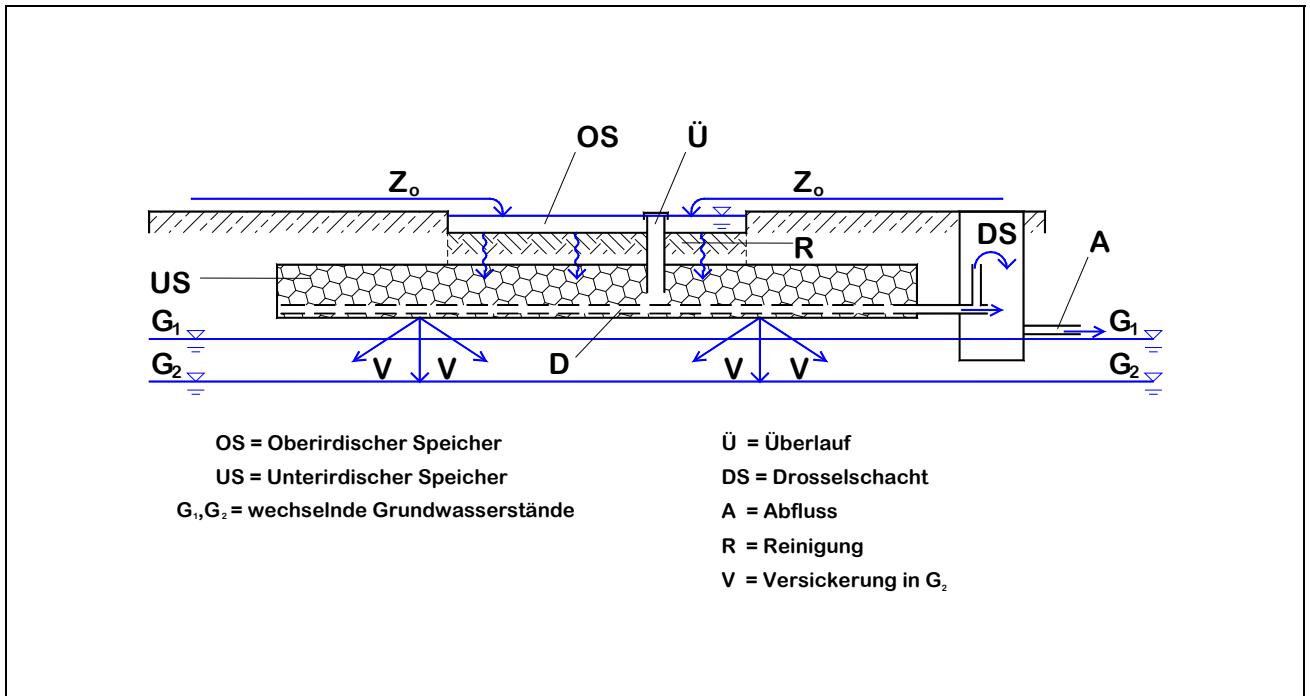


Abb. 8: Variante III - Kombinierte Oberflächen- und Untergrundspeicherung mit regelbarem Ablauf

6.2.3 Vermeidung einer Schadstoffverlagerung in den Boden

Bei der Bewirtschaftung der Niederschlagswässer muss sichergestellt werden, dass die im Niederschlagswasser enthaltene Stofffracht durch eine Reinigung nicht in ein anderes Umweltmedium (z.B. anstehender Boden, Grundwasser oder Luft) verlagert wird. Bei der Versickerung wird der Oberboden als gezielte Schadstoffsenke verwendet. Für den Ablauf von Reinigungsanlagen (bei Versickerungsanlagen entsprechend der Grenze zum anstehenden Boden) gelten die Anforderungen der Bodenschutzverordnung.

6.3 Auswahl der Parameter, für die Anforderungen zu stellen sind

6.3.1 Hinweise für die Auswahl der Parameter

Die Besonderheit des niederschlagsbürtigen „Abwassers“ erfordert Anforderungen sowohl an die Wassermenge als auch an Stoffkonzentrationen.

Wassermenge

Der Wasserhaushalt eines entwässerungstechnisch neu zu erschließenden Gebietes soll gegenüber dem unbebauten Zustand nicht verändert werden. Diesbezüglich müssen die Parameter Verdunstung, Versickerung (Grundwasserneubildung) und Abfluss betrachtet werden.

Verdunstung und Grundwasserneubildung können als Rückhalt zusammengefasst werden. Die entscheidenden Anforderungen sind an den Abfluss zu stellen, aber auch Verdunstung und Grundwasserneubildung sollten möglichst weitgehend dem unbebauten Zustand entsprechen. Innerhalb der Größe „R = Rückhalt“ ist eine unbeabsichtigte Erhöhung der Grundwasserneubildung gegenüber dem unbebauten Zustand durch technische Maßnahmen (Dränsysteme) zu vermeiden. Der Verdunstungsanteil innerhalb der Größe R kann durch verstärkte Begrünung und Vermeidung unnötiger Versiegelung ggf. erhöht werden.

Konzentrationen

Das Niederschlagswasser enthält eine Vielzahl verschiedener Stoffe, in Abhängigkeit von den Flächen, auf die das Wasser fällt, und von der Flächennutzung. Konzentrationsmessungen in Niederschlagswasserabflüssen finden nur in Beispielfällen und zeitlich stark begrenzt statt. Da ein großer Teil der Schadstoffe partikelgebunden vorliegt, stellen die abfiltrierbaren Stoffe (AFS) eine geeignete Größe für eine zusammenfassende Bewertung der Wasserqualität dar. Es sollte die Korngrößenfraktion <1mm betrachtet werden.

Anforderungen für die Summe der Schwermetalle (Quecksilber, Cadmium, Chrom, Nickel, Blei, Kupfer und Zink) und die Mineralölkohlenwasserstoffe betreffen überwiegend Niederschläge von Straßen- und Verkehrsflächen.

Sofern hochbelastete Abflüsse einer Kläranlage zugeführt werden und alle weiteren Abflüsse dezentral behandelt werden, kann auf konkrete Anforderungen verzichtet werden.

6.3.2 Hinweise auf Parameter, die ggf. im Einzelfall zusätzlich begrenzt werden sollen

Zusätzliche Anforderungen können beispielsweise für Stickstoff und Phosphor gestellt werden, wenn nicht vermeidbare Einleitungen ein eutrophierungsgefährdetes Gewässer betreffen. Zusätzliche Parameter können sich außerdem in Abhängigkeit von den Herkunftsflächen (Tabelle 6) ergeben, wobei bei stark verunreinigten Flächen eine Behandlung in einer mechanisch-biologischen Kläranlagen oder einer vergleichbaren Behandlung vorgeschrieben ist.

6.4 Anforderungen an die Abwassereinleitung nach WHG

In § 1 Absatz 2 des Wasserhaushaltsgesetzes wird gefordert, die Leistungsfähigkeit des Wasserhaushaltes zu erhalten und eine Vergrößerung und Beschleunigung des Wasserabflusses zu vermeiden. Für eine Bewirtschaftung und Reinigung der Niederschlagsabflüsse sind außerdem Verfahren nach dem Stand der Technik (WHG §7a) maßgebend. Die Verfahren sollten dabei sowohl Stoffkonzentration als auch die abfließende Wassermenge berücksichtigen, um die Schadstofffrachten zu minimieren.

Die zahlenmäßigen Anforderungen an Wasserhaushaltsskomponenten und Konzentrationswerte finden sich in Kapitel 5.

7 Softwarebezogene Verfahren für die Beurteilung von Planungsentwürfen

In der gängigen Planungspraxis werden Vergleiche verschiedener Bewirtschaftungsvarianten nicht oder nur sehr vereinfacht, oft auf Kostenaspekte reduziert, durchgeführt. Dabei handelt es sich bei der Entscheidung für ein Entwässerungssystem in einem Neubaugebiet (oder auch bei Sanierung im Bestand) um eine Entscheidung, die auf lange Sicht betrachtet werden muss. Nicht nur Investitionskosten dürfen berücksichtigt werden, sondern auch die Flexibilität des Systems auf Veränderungen, z.B. aufgrund von demographischen Wandel oder Klimawandel sind zu berücksichtigen. Voraussetzung für die Betrachtung einer Variante ist, dass sie die Anforderungen an den Entwässerungskomfort erfüllt und für die entsprechenden Jährlichkeiten im Versagensfall bemessen wird. Hinzu kommen die Anforderungen an den Wasserhaushalt und die stofflichen Einleitungen (siehe Kap. 5 und 6).

Im Folgenden werden softwarebezogene Verfahren vorgestellt, die einen Vergleich und eine Beurteilung verschiedener Planungsentwürfe ermöglichen. Zuerst wird das innerhalb des vorliegenden Projekts entwickelte, frei verfügbare Modell STORM.WB vorgestellt. Mit Hilfe dieses einfachen Modells können die Auswirkungen verschiedener Planungsvarianten auf den Wasserhaushalt abgeschätzt werden. Anschließend wird beispielhaft ein Kostenvergleichstool für die Regenwasserbewirtschaftung (Eco.RWB) vorgestellt, mit dem verschiedene Bewirtschaftungsvarianten hinsichtlich ihrer Kosten bewertet und verglichen werden können. Eine zusammenfassende Betrachtung der Kosten und der Wirkung der Bewirtschaftungsmaßnahmen auf den Wasserhaushalt, sowie weiterer Effekte (z.B. stoffliche Wirkung, Anpassungsfähigkeit auf Änderungen durch Klimawandel), kann innerhalb einer Nutzwertanalyse durchgeführt werden. In der gängigen Praxis werden Entscheidungen für ein Bewirtschaftungssystem häufig ausschließlich anhand von Kostenaspekten getroffen.

7.1 Wasserhaushaltsberechnung mit dem Modell STORM.WB

Das Modell STORM.WB wurde innerhalb des vorliegenden Forschungsvorhabens entwickelt, um die Jahreswasserbilanz eines Baugebietes (auch Bestand) einfach und schnell abschätzen zu können. Im Ergebnis werden die Veränderungen gegenüber dem unbebauten Zustand sichtbar, welche als wichtiges Entscheidungskriterium bei der Auswahl einer geeigneten Variante zur Niederschlagswasserbewirtschaftung dienen. Das Modell ist für eine Anwendung im Rahmen der Vorplanung gedacht.

(Das Modell steht kostenlos zum download zur Verfügung unter www.sieker.de)

Die Programmoberfläche des Modells ist in Anlehnung an die gängigen Officeprogramme gestaltet und in die Bereiche Baumstrukturansicht und Tabellenansicht unterteilt (Abb. 9).

Nach Eingabe von Firmen und Projektdaten erfolgt die Abschätzung der Wasserbilanz in 3 Schritten:

- Festlegen der Wasserbilanz im unbebauten Zustand
- Flächeneingabe und Auswahl verschiedener Flächennutzungen
- Definition der Bewirtschaftungsmaßnahmen für die verschiedenen Flächen

welche im Folgenden näher erläutert werden.

Als Ergebnis erhält man die Wasserbilanz des bebauten Gebietes und die Veränderungen gegenüber dem unbebauten Zustand. Diese wird innerhalb eines kurzen Berichtes dargestellt.

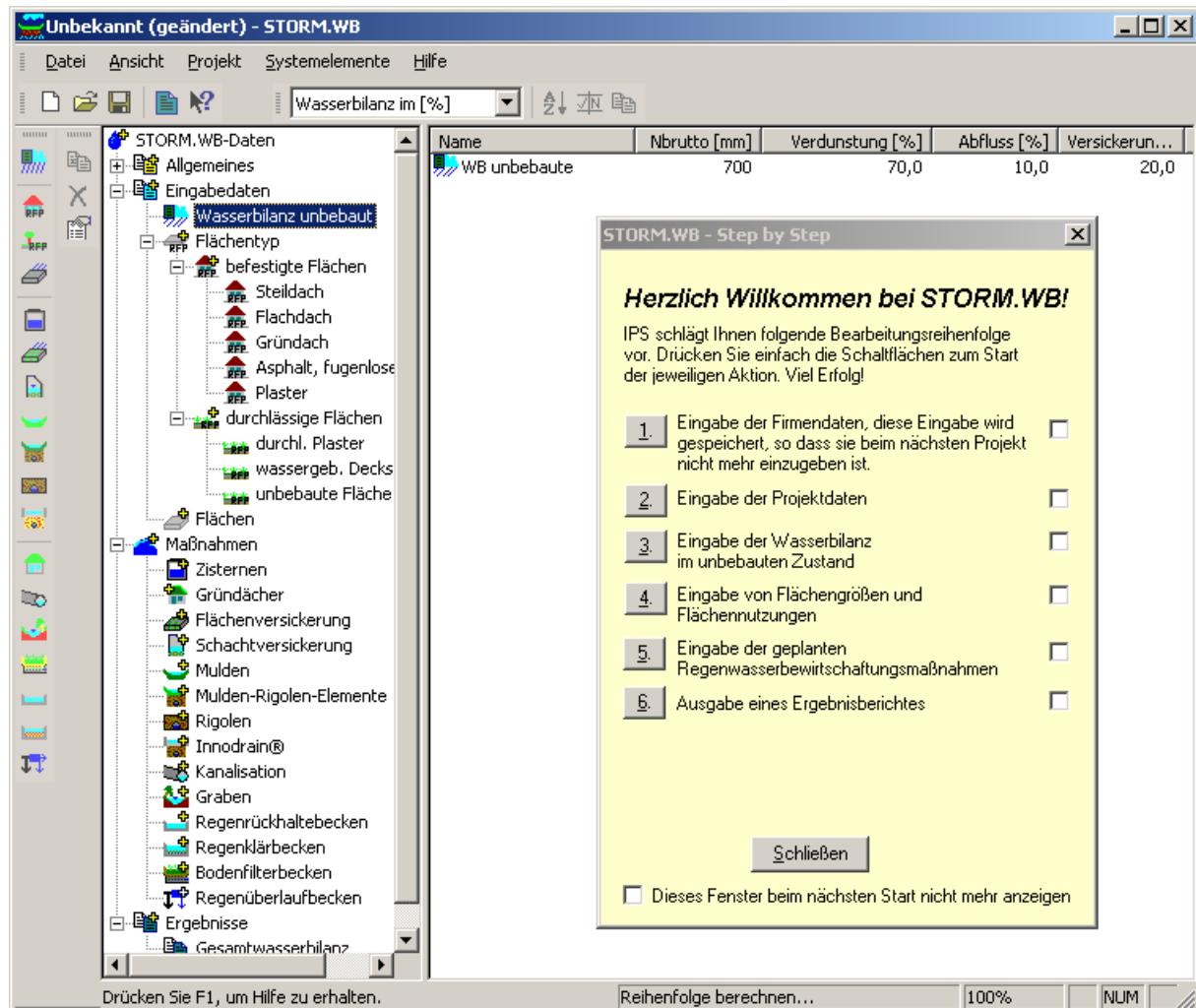


Abb. 9: Programmoberfläche des Wasserbilanzmodells STORM.WB

Wasserbilanz des unbebauten Zustandes

Die Wasserbilanz ergibt sich aus der Summe von drei Komponenten:

$$\text{Niederschlag} = \text{Verdunstung} + \text{Versickerung} + \text{Abfluss}$$

Für den unbebauten Zustand kann sich die Wasserbilanz in Abhängigkeit von den örtlichen Gegebenheiten deutlich unterscheiden. Innerhalb des Programms STORM.WB ist keine Berechnung des unbebauten Zustandes vorgesehen, die Werte müssen entsprechend vom Benutzer eingegeben werden. Notwendige Angaben können beispielsweise aus dem Hydrologischen Atlas von Deutschland (BfG (2003)) entnommen werden (s.u.). Oft liegen auch bei den örtlichen Wasserbehörden bereits Werte für die Wasserbilanz vor, eine Berechnung mit verschiedenen Programmen (z.B. STORM) ist ebenfalls möglich, allerdings im Rahmen der Vorplanung meist zu aufwendig.

Vorgehensweise bei der Ableitung der Wasserhaushaltskomponenten aus dem Hydrologischen Atlas von Deutschland (BfG (2003)):

Im Hydrologischen Atlas wird der Direktabfluss als Summe von Oberflächenabfluss und Zwischenabfluss betrachtet. Der Begriff „Zwischenabfluss“ ist dabei gleichbedeutend mit „Interflow“ bzw. „subsurfaceflow“. Der zusammenfassende Begriff „Direktabfluss“ soll aussagen, dass es sich insgesamt um den Abfluss handelt, der in „direktem“ zeitlichen Zusammenhang mit abgrenzbaren Niederschlagsereignissen auftritt. Der Oberflächenabfluss läuft meist mit einer ausgeprägten Abflussspitze vorweg und der Zwischenabfluss etwas langwellig hinterher. Der Zwischenabfluss kann jedoch im Vergleich zum Grundwasserabfluss als „schnelle unterirdische Abflusskomponente“ bezeichnet werden.

Im Hydrologischen Atlas ist der Zwischenabfluss ausdrücklich **nicht** in den Angaben zur mittleren jährlichen Grundwasserneubildung enthalten. Andererseits enthalten die Angaben des Hydrologischen Atlas zum mittleren jährlichen Abfluss auch den mittleren jährlichen Grundwasserzufluss, der gleichbedeutend ist mit der jeweiligen mittleren jährlichen Grundwasserneubildung. Wenn man also im Hydrologischen Atlas von den Angaben zum mittleren jährlichen Abfluss, die zugehörigen Angaben zur Grundwasserneubildung subtrahiert, erhält man zwangsläufig den Direktabfluss, als Summe aus Oberflächen- und Zwischenabfluss.

Die Wasserbilanz des unbebauten Zustandes lässt sich damit einfach bestimmen: Man entnimmt dem Hydrologischen Atlas den mittleren jährlichen Abfluss und die mittlere jährliche Grundwasserneubildung des in Frage kommenden Gebietes, bildet deren Differenz und erhält damit den Direktabfluss „A“. Man bildet ferner die Differenz zwischen dem mittleren jährlichen Niederschlag und der Summe aus Direktabfluss und Grundwasserneubildung und erhält die Verdunstung V, also $N - (A+G) = V$.

Flächeneingabe und Auswahl verschiedener Flächennutzungen

Für die Berechnung der Wasserbilanz des geplanten Baugebietes (auch für Bestand anwendbar) müssen die verschiedenen Flächennutzungen und die gewählten Bewirtschaftungsmaßnahmen hinsichtlich Ihrer Wirkung auf den Wasserhaushalt bewertet werden.

Der Niederschlag fällt auf eine versiegelte Fläche und teilt sich bereits dort in die Wasserbilanzkomponenten Verdunstung, Versickerung und Abfluss auf. Für ein Steildach liegt der Anteil der Verdunstung beispielsweise bei ~20%, die restlichen 80% Niederschlag fließen ab.

Geprüft werden muss, welche Flächentypen im Gebiet vorliegen und die entsprechenden Flächengrößen müssen in das Programm eingegeben werden.

Da für jeden Flächentyp eine Wasserbilanz hinterlegt ist, ergibt sich sofort die Wasserbilanz einer Fläche und damit auch die Abflüsse, die mit einer geeigneten Maßnahme bewirtschaftet werden müssen.

Bereits die Entscheidung für eine Art der Flächennutzung hat einen Einfluss auf die zukünftige Wasserbilanz eines Gebietes. So führt beispielsweise ein asphaltierter Weg gegenüber einer Lösung mit Sickersteinen zu einer deutlichen Erhöhung des Oberflächenabflusses.

Eine Auswahl typischer befestigter und unbefestigter Flächentypen ist im Programm vordefiniert (Tab. 8).

Tab. 8: Flächentypen und ihre Wasserbilanzwerte (%)

Flächentyp	Verdunstung	Versickerung	Abfluss
Steildach	15	0	85
Flachdach	25	0	75
Gründach	60	0	40
Asphalt	15	0	85
Pflaster	30	0	70
durchlässiges Pflaster	8	80	12
wassergebundene Deckschicht	30	20	50

Sollten im Bearbeitungsgebiet weitere besondere Flächennutzungen vorliegen, können eigene Flächentypen definiert werden, für die jedoch eigene Wasserbilanzwerte festgelegt werden müssen. Die vorgegebenen Werte können ebenfalls angepasst werden, sofern genauere Angaben vorliegen.

Auswahl von Bewirtschaftungsmaßnahmen

Je nach betrachteter Variante können eine oder mehrere Maßnahmen für die Bewirtschaftung der Abflüsse von den versiegelten Flächen festgelegt werden. Innerhalb des Programms stehen dafür sowohl konventionelle Maßnahmen (z.B. Regenrückhaltebecken) als auch dezentrale Maßnahmen (z.B. Mulden Rigolen Elemente) zur Verfügung. Es können mehrere Flächen an eine Maßnahme angeschlossen sein, auch eine Berücksichtigung mehrerer Maßnahmen nacheinander (z.B. Zisterne und Versickerungsmulde) ist möglich.

Die verschiedenen Bewirtschaftungsanlagen unterscheiden sich deutlich hinsichtlich ihrer Wirkung auf den Wasserhaushalt (Abb. 10).

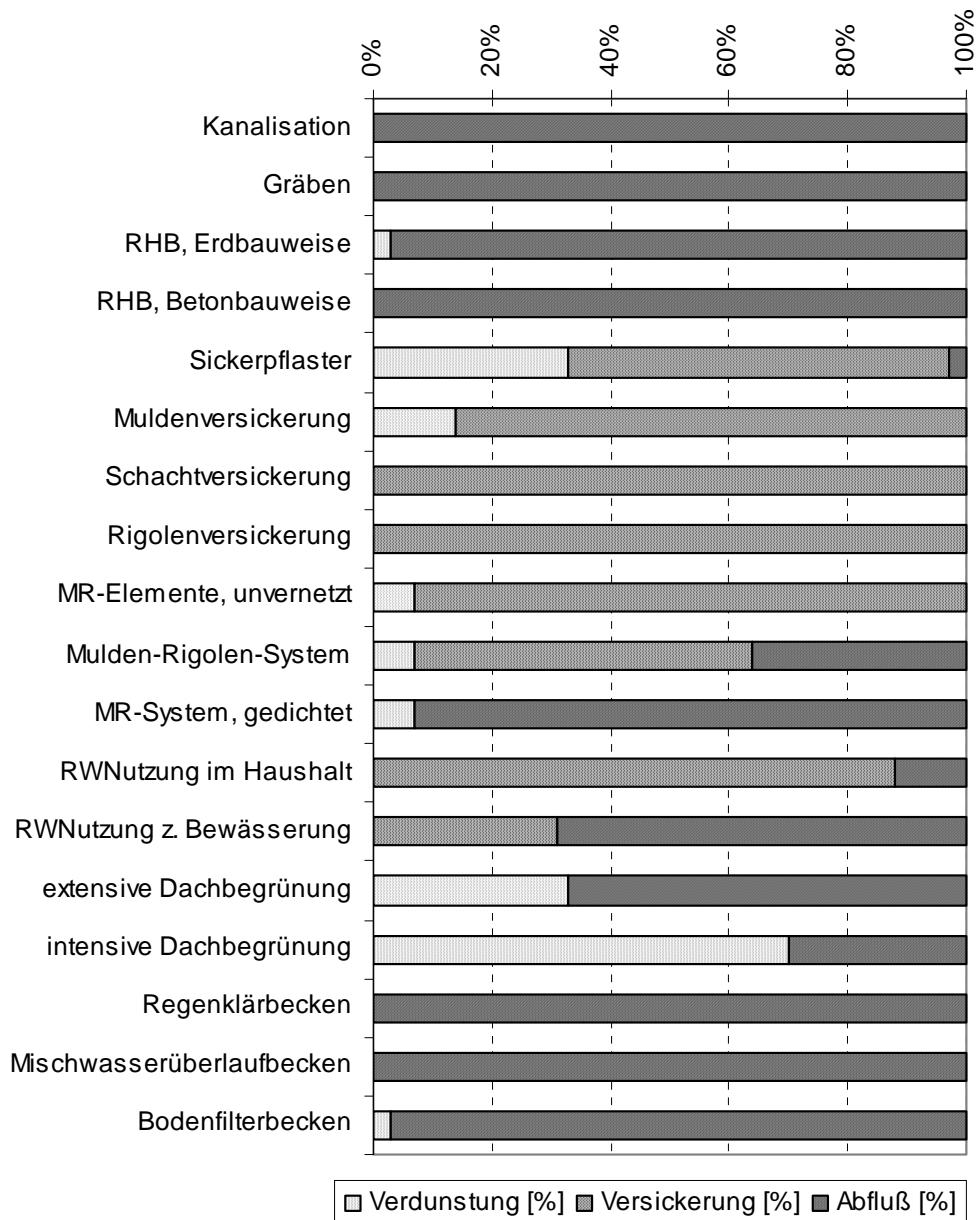


Abb. 10: Wirkung von Anlagen für die Regenwasserbewirtschaftung (Ableitung) auf den Wasserhaushalt

Während für Kanalisation und Regenrückhaltebecken gilt, dass das, was reinkommt auch heraus fließt (= 100% Abfluss), variieren die Wasserbilanzwerte dezentraler Maßnahmen zwischen hohen Verdunstungsanteilen (z.B. bei intensiver Dachbegrünung) und hohen Versickerungsanteilen (z.B. Muldenversickerung).

Gesamtwasserbilanz des bebauten Gebietes

Nach Eingabe der Flächen und Zuordnung der Abflüsse zu einer Maßnahme wird die Gesamtwasserbilanz des Gebietes automatisch ermittelt. Als Ergebnis werden für Verdunstung, Abfluss und Grundwasserneubildung die Werte sowohl absolut in m^3 als auch spezifisch in mm und % dargestellt. Eine graphische Darstellung verdeutlicht die Veränderungen gegen-

über dem unbebauten Zustand (Abb. 11). Alle Eingangsdaten und Ergebnisse werden in einem ausdruckbaren Ergebnisbericht übersichtlich dargestellt.

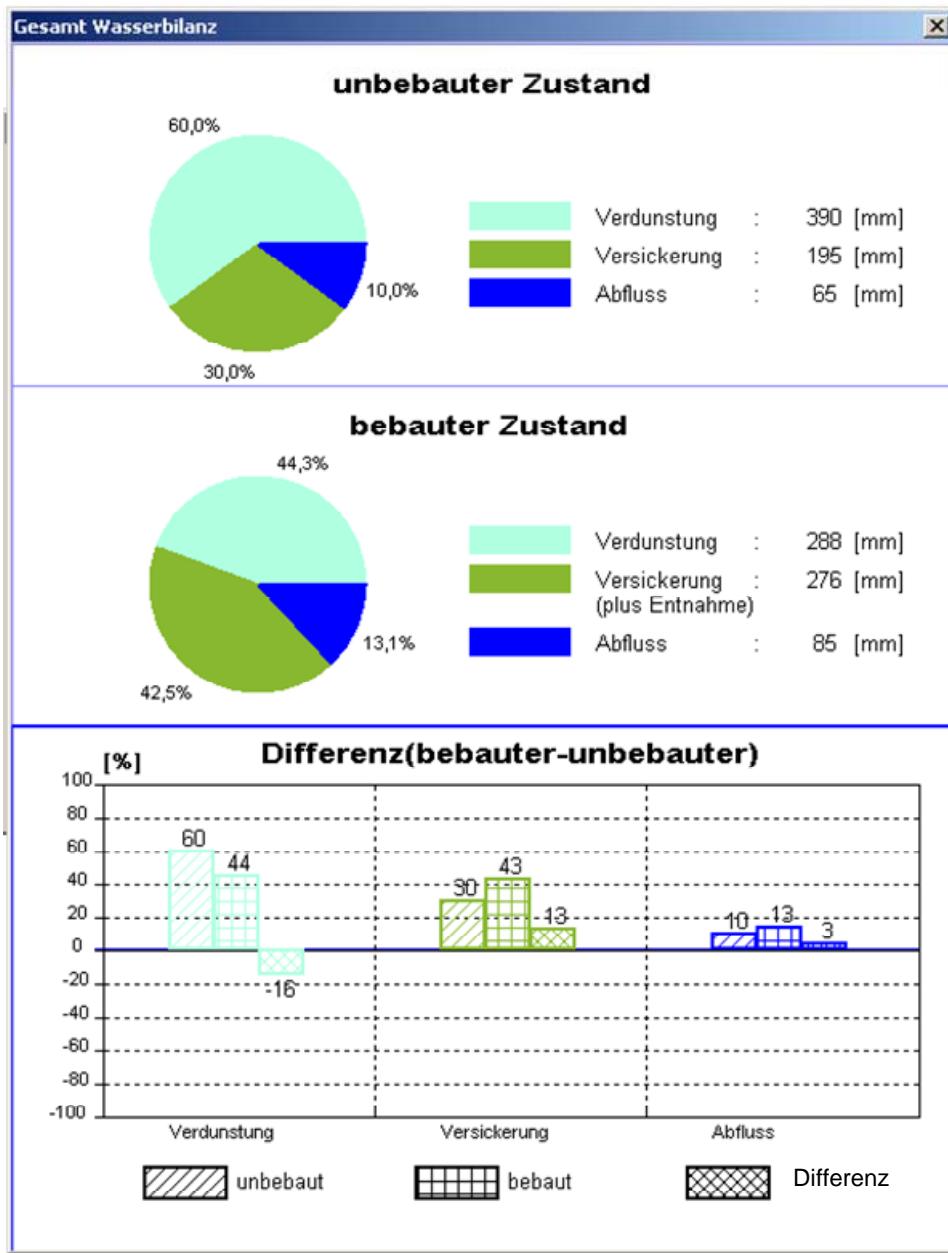


Abb. 11: Darstellung der berechneten Wasserbilanzwerte und Vergleich mit dem unbebauten Zustand innerhalb der Ergebnisausgabe des Modells STORM.WB

7.2 Kostenvergleichsrechnung

Ein nicht zu vernachlässigender Aspekt bei der Entscheidung für oder gegen eine Bewirtschaftungsvariante stellen die Kosten dar. Während konventionelle Lösungen oft nur aus Kanalisation und Becken bestehen, können dezentrale Lösungen aus einer Vielzahl sich ergänzender Maßnahmen zusammengesetzt und die Kosten damit eventuell nicht auf den ersten Blick ersichtlich sein. Für eine gewählte Lösung müssen außerdem die Folgekosten, wie Be-

triebskosten und Neubeschaffung nach Ende der Nutzungsdauer berücksichtigt werden, wodurch sich die Komplexität der Kostenvergleichsrechnung erhöht. Als Hilfe und Vereinfachung für Planer und Fachbehörden bietet sich die Verwendung von Softwareprogrammen an. Im Folgenden wird beispielhaft das Modell Eco.RWB vorgestellt, welches konkret auf die Fragestellung der Niederschlagswasserbewirtschaftung zugeschnitten ist und im Rahmen des EU-Projektes [SWITCH](#) (Sustainable Water management Improves Tomorrow's Cities Health) entwickelt wurde (www.switchurbanwater.eu).

Eco.RWB ist eine Software zur Kostenvergleichsrechnung entsprechend den "Leitlinien zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen" (LAWA 1998). Innerhalb des Programms werden für verschiedene Planungsvarianten die Projektkostenbarwerte ermittelt. Bei der Berechnung werden berücksichtigt:

- Investitions- und Betriebskosten,
- Nutzungsdauer,
- Investitionszeitpunkt,
- Preissteigerung und Zinsen

Der Benutzer wählt die für eine Variante notwendigen Bewirtschaftungselemente aus und legt Dimension und Anzahl fest. Bereits bei der Auswahl von Maßnahmen kann das Programm eine Hilfestellung bieten, da in der zugehörigen Datenbank eine Vielzahl von Maßnahmen enthalten ist und je nach gewünschter Kategorie und Typ die entsprechenden in Frage kommenden Maßnahmen angezeigt werden (Abb. 12).

Maßnahmen suchen

Name	xxx
Kategorie	Dezentrale Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen
Typ	Versickerung
Subtyp	oberirdisch

7 Maßnahmen gefunden

Maßnahme	Einheitspreis[€/...]	Einheit[Einh.]	spez.B.-kosten[€...]	Nutz.dauer[a]	Kommentar
Mulde	10	100	1	5	
Flächenversicker...	5	m ² AE,b	0.05	25	Flächen...
Mulden-Rigolen-E...	25	m ² AE,b	0.1	30	Mulden...
poröse Beläge	30	m ² AE,b	0	15	poröse B...
Mulden-Rigolen-S...	30	m ² AE,b	0.1	30	Mulden...
INNODRAIN	30	m ² AE,b	0	30	INNODR...
Mulde	20	m ² AE,b	0	25	Versick...

Daten der ausgewählten Maßnahmen

Preis je Einheit	Spez. Betriebskosten	Nutzungsdauer	Massen	Investitionszeit
10	1	5	0	2007

Projekt
Bezugszeitpunkt Preise auf Projekt-Bezugszeitpunkt umwandeln

Datenbearbeitungszeit

Abb. 12: Maske zum Suchen einer Maßnahme im Modell Eco.RWB

Für die Benutzung stehen voreingestellte Werte zur Verfügung, die entsprechend der örtlichen Gegebenheiten angepasst werden können. Jedes Bewirtschaftungselement wird hinsichtlich folgender spezifischer Daten bewertet:

- Massen/ Menge
- Einheitspreis pro Einheit
- Einheit der Maßnahmeeinheit
- Kosten
- Spezifische Betriebskosten
- Betriebskosten
- Nutzungsdauer
- Jahr der Investition
- Barwert

Eine Gegenüberstellung der für die verschiedenen Varianten berechneten Projektkostenbarwerte erfolgt sowohl zahlenmäßig, als auch graphisch (Abb. 13).

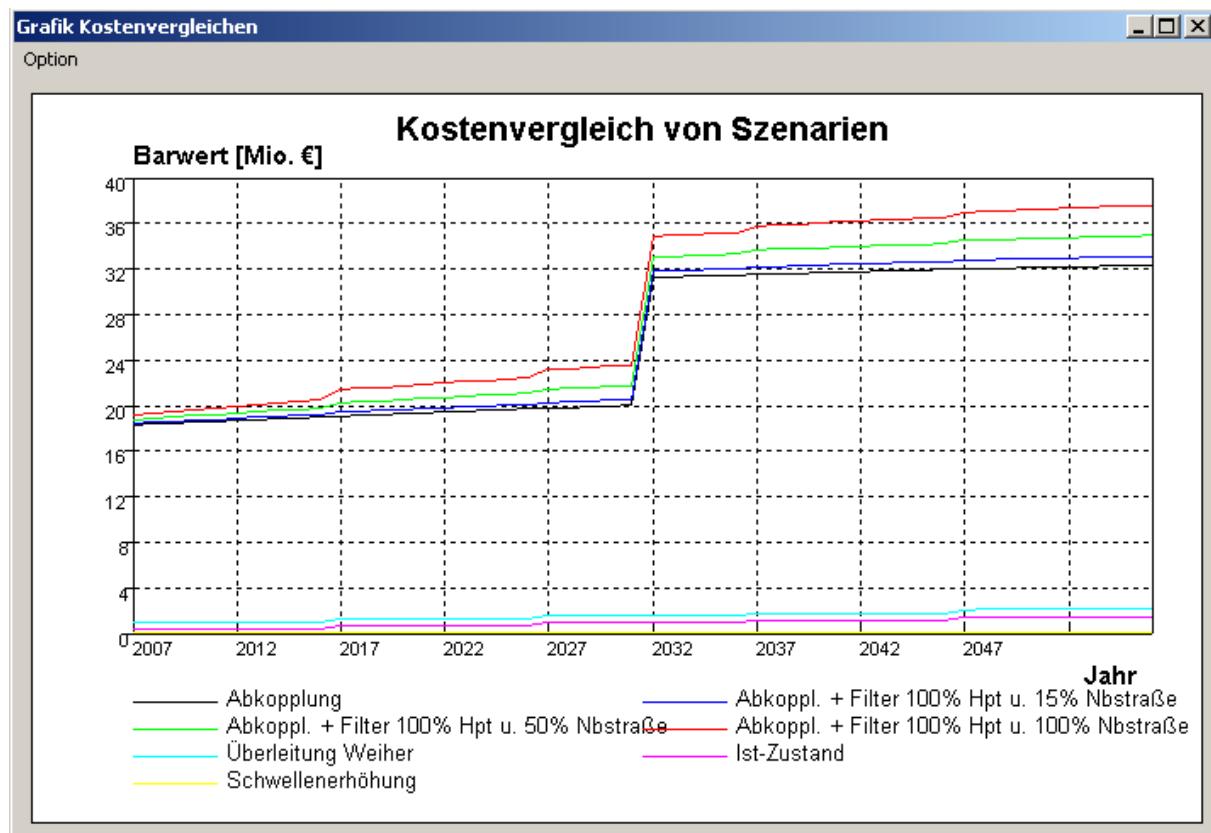


Abb. 13: Graphische Auswertung der Projektkostenbarwerte innerhalb des Programms eco.RWB (Beispiel)

7.3 Nutzwertanalyse

Für eine gesamtheitliche Betrachtung und Bewertung unterschiedlicher Varianten zur Niederschlagswasserbewirtschaftung müssen Kostenaspekte und nichtmonetäre Größen (z.B. Wirkung der Maßnahmen auf den Wasserhaushalt) zusammengeführt werden.

Sinnvoll ist dabei auch eine Gesamtbetrachtung des zugehörigen Gewässereinzugsgebietes, da sich so oft Synergieeffekte erzielen lassen (z.B. Optimierung der Kläranlagenauslastung, Hochwasserschutz, Gewässerschutz), die eine andere Entscheidung implizieren, als bei ausschließlicher Betrachtung der Regenwasserbewirtschaftung. In der Praxis werden Gesamtbetrachtungen bisher nur selten durchgeführt, dafür fehlt oft die Zusammenarbeit zwischen den Fachdisziplinen oder es wird als zu aufwendig erachtet. Wie einfach jedoch eine Zusammenführung verschiedener Bewertungskriterien ist und wie sich verschiedene Varianten vergleichen lassen, soll im Folgenden beispielhaft dargestellt und eine einfache Software dafür vorgestellt werden.

Als Ausgangspunkt kann eine sogenannte Entscheidungsmatrix verwendet werden (Abb. 14).

Zielgrößen	Z1	Z2	Z3	...	
Gewichte	30%	25%	10%		
Varianten	V1	+	4.7	25	...
	V2	--	Fakten		13
	V3	++	2.5	17	...

Abb. 14: Prinzipskizze einer Entscheidungsmatrix

In den Spalten werden die Zielgrößen eingetragen. Hinsichtlich der Regenwasserbewirtschaftung sollten dies im Minimalfall der Projektkostenbarwert (siehe Kap. 7.2), die Wirkung einer Bewirtschaftungsvariante auf den Wasserhaushalt und die in Gewässer oder Boden eingeleiteten Schmutzfrachten (siehe Kap. 7.1) sein. Weitere mögliche Zielgrößen (z.B. hydraulische Belastung, Spitzenabflüsse, Anpassungsfähigkeit an Klimaänderungen oder demographischen Wandel) finden sich in Sieker et al. (2007) und Schlottmann et al. (2007).

Für jede Zielgröße wird eine Nutzenfunktion festgelegt, über welche der Nutzwert einer Variante bezüglich dieser Größe ermittelt wird. Die x- Werte der Nutzenfunktion entsprechen den Werten der verschiedenen Varianten (z.B. Stofffracht in t/a), die y - Werte liegen zwischen Null und Eins, wobei der Wert 1 bedeutet, dass der best mögliche Nutzen erreicht wird. Abb. 15 zeigt beispielhaft eine Nutzenfunktion für die Zielgröße Abfluss. In dem betrachteten Gebiet lag der Abfluss im unbebauten Zustand bei 5% vom Niederschlag. Wird der Abfluss im Gebiet gegenüber dem Istzustand verringert oder bis auf maximal 10% (vom Niederschlag siehe Kap. 5) erhöht, wird mit 0,8 ein etwas geringerer Nutzwert angesetzt. Unter Umständen kann auch eine Verringerung des Abflusses gegenüber dem unbebauten Zustand wünschenswert sein, entsprechend kann der Nutzwert angepasst werden. Wird der Abfluss stärker als um 10 Prozentpunkte vom Niederschlag erhöht, werden die Anforderungen (siehe Kap. 5) nicht eingehalten, der Nutzwert liegt damit bei Null. Detaillierte Hinweise für die Festlegung von Nutzenfunktionen finden sich in Peters (2007).

Welchen Stellenwert eine Zielgröße für den Variantenvergleich einnimmt, wird durch die Gewichtung festgelegt. Im Verlauf der Bearbeitung ist es sinnvoll, die Gewichtung zu variieren, um zu prüfen wie das Ergebnis auf Änderungen reagiert (Sensitivitätsanalyse), worauf später noch kurz eingegangen wird.

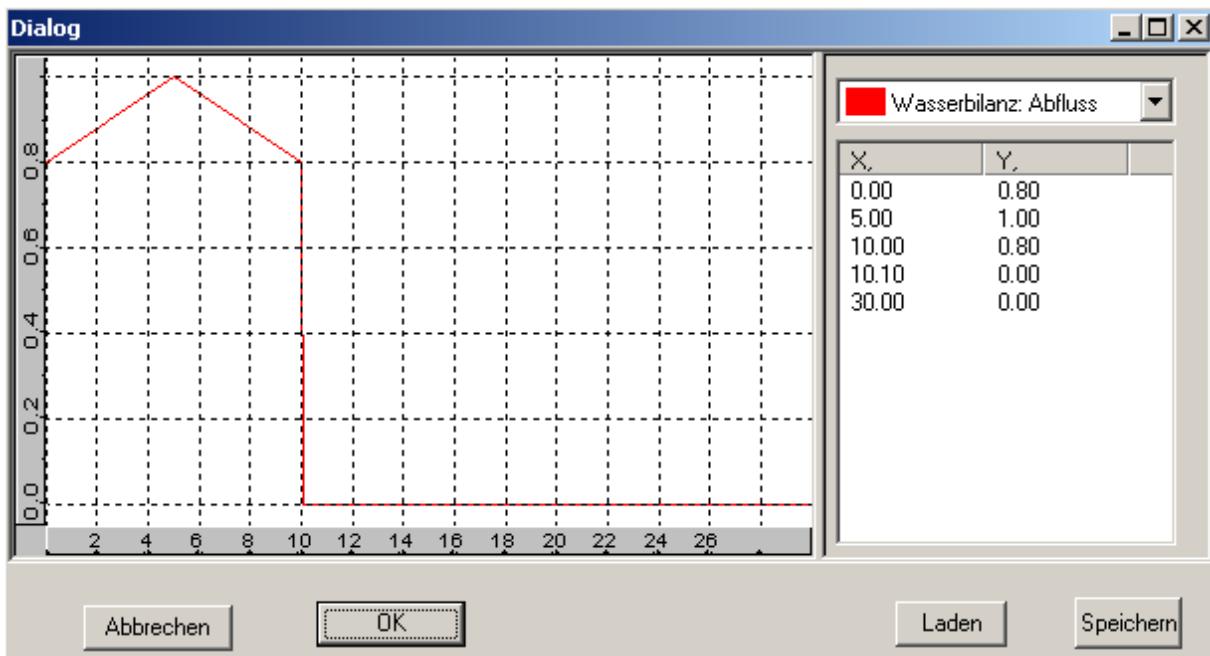


Abb. 15: Beispiel einer Nutzenfunktion für die Abflusserhöhung in Prozentpunkten vom Niederschlag

Für die betrachteten Varianten muss für jede Zielgröße ein Wert festgelegt werden. Anhand der Nutzenfunktionen werden dann für jede Zielgröße und Variante ein Nutzwert ermittelt. Dieser wird noch gewichtet und alle Werte einer Variante zum Gesamtnutzwert addiert (Abb.16).

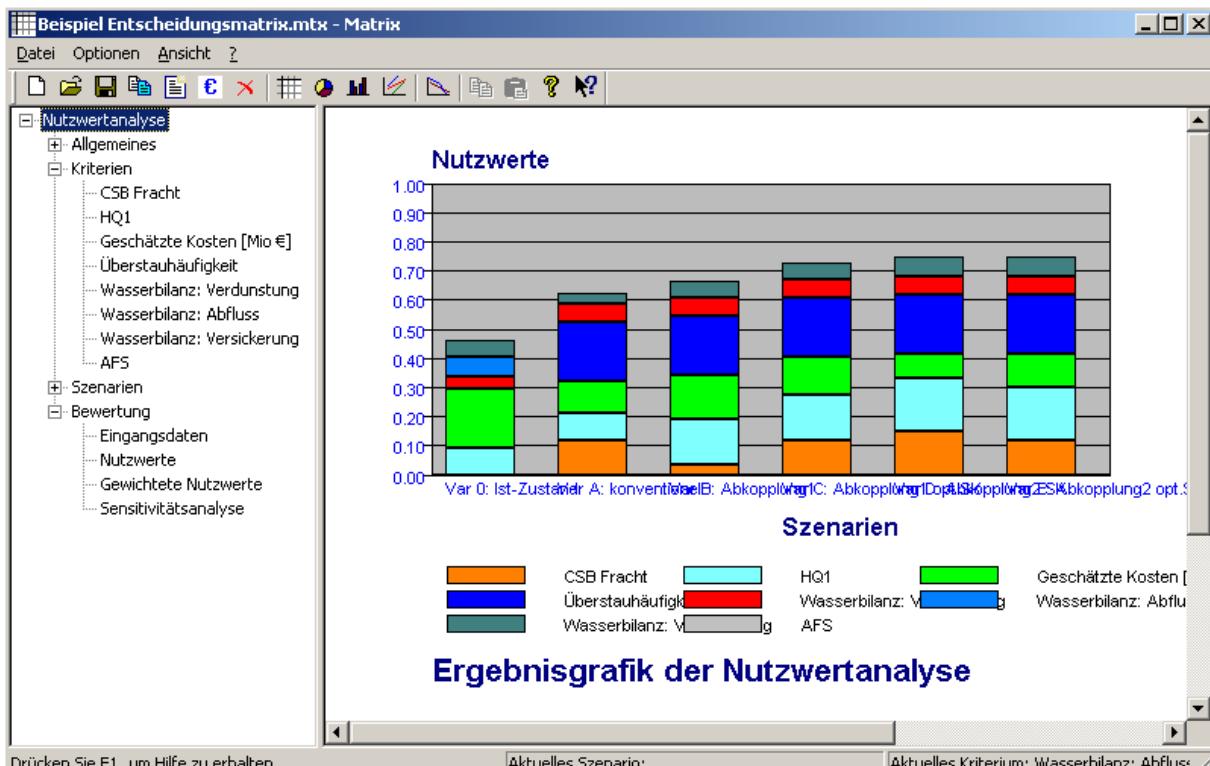


Abb. 16: Beispieldarstellung der Gesamtnutzwerte verschiedener Varianten

Wie bereits erwähnt hängt das Ergebnis der Nutzwertanalyse von der gewählten Wichtung ab, die daher sorgfältig, in Absprache mit allen Beteiligten durchgeführt werden muss. Zusätzlich kann eine Sensitivitätsanalyse ob bei Veränderungen der Wichtungen deutliche Unterschiede bei den Gesamtnutzwerten auftreten.

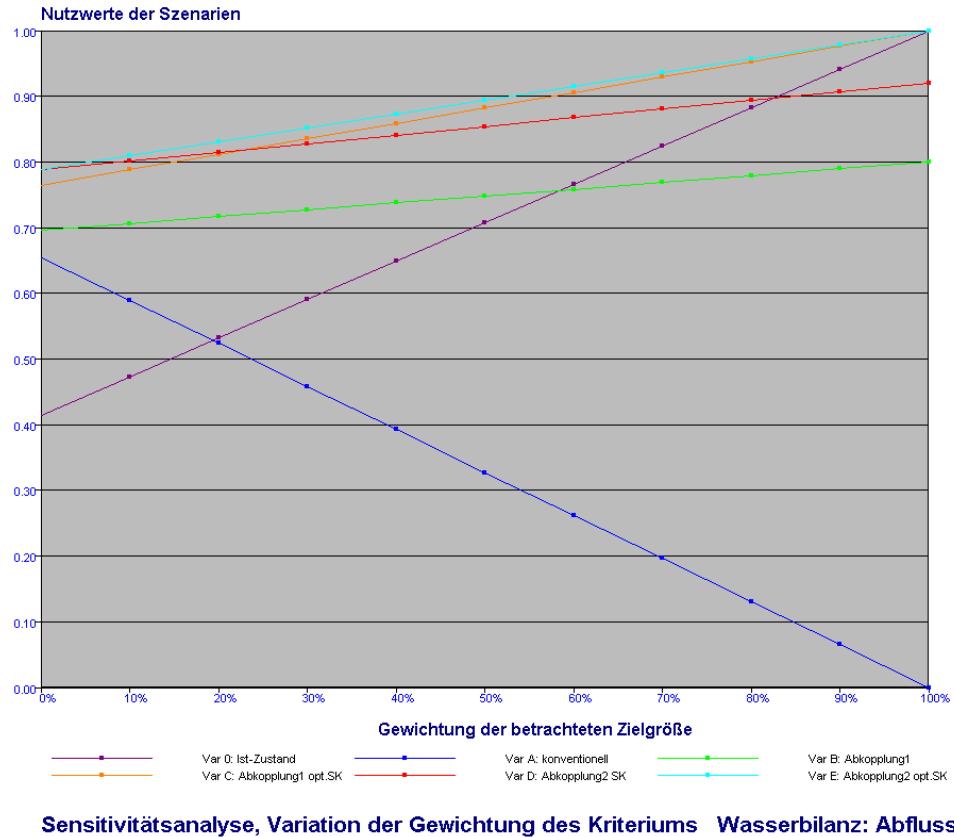


Abb.17: Auswirkung der Wichtung des Kriteriums Wasserbilanz auf die Gesamtnutzwerte verschiedener Beispielvarianten

Die Abbildung 17 zeigt, dass nur 2 der 5 betrachteten Varianten stark auf die Variation der Gewichtung des Kriteriums „zulässige Abflusserhöhung“ reagieren.

Eine weitere Hilfe zur Interpretation bieten sogenannte Kreissektordiagramme (Abb.18). Sie zeigen auf einen Blick die Nutzwerte (Länge des Tortenstücks) einer Variante als und die Gewichtung (breite des Tortenstücks). Positiv zu bewerten ist eine Variante auch, sofern das Kreissektordiagramm einen homogenen Eindruck vermittelt, d.h. wenn nicht ein Kriterium sehr gut erfüllt ist, ein anderes dagegen sehr schlecht. In der Abbildung würde ein vollständig ausgefüllter Kreis die optimale Lösung bedeuten.

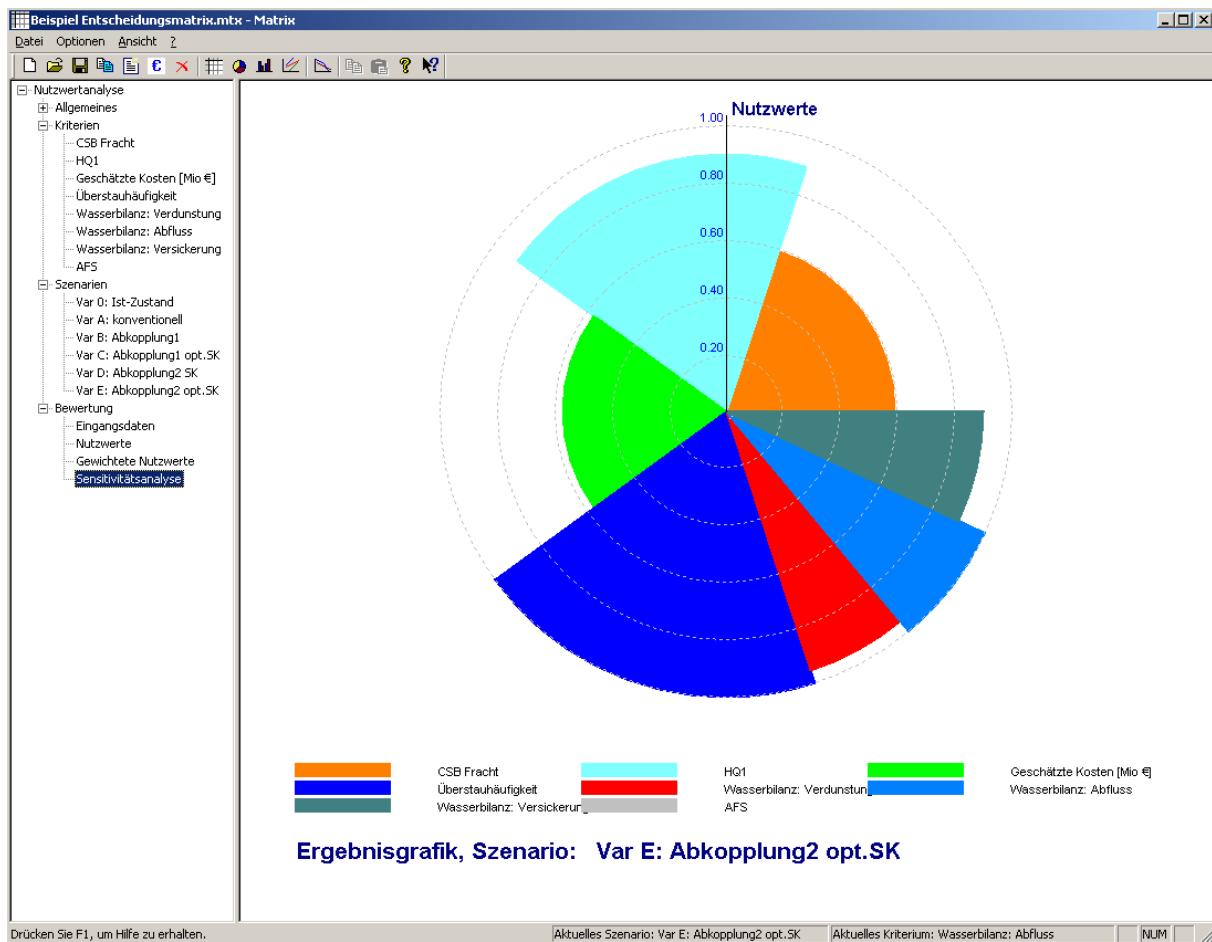


Abb.18: Beispieldarstellung der Nutzwerte einer Variante in einem Kreissektordiagramm

Die Abbildungen 15 - 18 zeigen Ergebnisse des Modells Entscheidungsmatrix, welches innerhalb des Ingenieurbüro Sieker entwickelt wurde. Innerhalb des Programms können alle notwendigen Daten systematisch eingegeben werden. Eingangsdaten und Ergebnisse werden in Tabellen übersichtlich angezeigt, hinzu kommt die graphische Ergebnisdarstellung und die graphische Darstellung der Nutzwerte.

Bisher wurde die Software nur für den eigenen Bedarf angewandt, da eine Anwendung in der Praxis noch unüblich war. Interessenten an einer Anwendung des Programms können sich unter info@sieker.de mit dem Verweis auf den vorliegenden Bericht melden. Eine aktuelle Version kann ohne Gewähr zur Verfügung gestellt werden.

8 Zusammenfassung und Ausblick

Das vorliegende Forschungsprojekt leistet einen wichtigen Beitrag für den Paradigmenwechsel von der möglichst schnellen und vollständigen Niederschlagswasserbeseitigung hin zu einer dezentralen, nachhaltigen Niederschlagswasserbewirtschaftung. Innerhalb einer umfassenden Literaturstudie wird noch einmal verdeutlicht, dass dezentrale Maßnahmen zur Regenwasserbewirtschaftung zum Stand der Technik gehören. Die Leistungsfähigkeit dezentraler Anlagen übertreffen oft bezüglich der Reduzierung der Spitzenabflüsse konventionelle Systeme und tragen darüber hinaus zum Schutz des Wasserhaushaltes bei, da die bisher meist vernachlässigten Abflussmengen gering gehalten werden können. Hinzu kommt eine sehr gute Reinigungsleistung der Niederschlagswässer bei Durchsickerung einer Bodenpassage. Die Fakten sprechen deutlich für die Anwendung dezentraler Systeme und so verwundert es nicht, dass innerhalb einer Expertenbefragung der Einsatz dezentraler Systeme nicht in Frage gestellt wird und Anforderungen an die Niederschlagswasserbewirtschaftung als notwendig und sinnvoll erachtet werden. Innerhalb eines Expertengesprächs wurde versucht die Meinungen der Experten zu bündeln. Einig war man sich über die ausschließliche Betrachtung von Neubaugebiete und entwässerungstechnisch neu zu erschließenden Gebieten. Auch die Wasserbilanz (und davon insbesondere die Abflusskomponente) sowie die abfiltrierbaren Stoffe wurden als entscheidende Zielgrößen allgemein anerkannt. In Anlehnung an einen Entwurf der Bund-Länder Arbeitsgemeinschaft „Niederschlagswasser“ wurde innerhalb des Projektes ein Vorschlag für Anforderungen an Niederschlagswasser erarbeitet. Die wichtigsten Anforderungen lauten danach:

$$A_{bebaut} \leq A_{unbebaut}$$

mit A = mittlerer jährlicher Direktabfluss. In zu begründenden Ausnahmefällen soll eine Erhöhung von A um 10 % des mittleren jährlichen Niederschlags zulässig sein, also

$$A_{bebaut} \leq (A_{unbebaut} + 0,1 N)$$

Nur gering oder mäßig belastetes Niederschlagswasser darf durch Versickerung bewirtschaftet werden. An den Grenzflächen zwischen dem anstehenden Boden und der Bewirtschaftungsanlagen sind die Prüfwerte der Bundesbodenschutzverordnung für den Wirkpfad Boden-Grundwasser einzuhalten

Hinsichtlich stofflicher Einleitungen in offene Gewässer darf eine Jahresfracht abfiltrierbarer Stoffe (AFS) nachweislich nicht überschritten werden, die sich aus der Multiplikation des Abflusses A der Wasserbilanzgleichung mit einer mittleren stofflichen Konzentration von 20 mg/l ergibt. Diese Anforderung entfällt, sofern hochbelastete Abflüsse einer Kläranlage zugeführt werden und alle weiteren Abflüsse dezentral behandelt werden.

Ausführliche Erläuterungen zeigen die Vielschichtigkeit der Niederschlagswasserproblematik auf und verdeutlichen, dass es sich bei Niederschlag keineswegs um gewöhnliches Abwasser handelt und die Besonderheiten bei der Bewirtschaftung berücksichtigt werden müssen.

Ein Vergleich verschiedener Bewirtschaftungsvarianten kann mit Hilfe verschiedener Softwareprogramme durchgeführt werden. Innerhalb des Forschungsprojektes wurde das einfache

Softwaretool STORM.WB für die Abschätzung des Wasserhaushaltes entwickelt. Mit Hilfe von STORM.WB kann geprüft werden, welchen Einfluss die Bebauung auf die Wasserbilanz des unbebauten Zustandes hervorruft. Auch weitere Software für Kostenvergleich und Nutzwertanalyse wurden vorgestellt.

Der im Entwurf des Umweltgesetzbuches befindliche Hinweis auf die Beschränkung der Wassermenge lässt hoffen, dass in nahe liegender Zeit endlich die notwendigen Anforderungen an die Niederschlagswasserbewirtschaftung gestellt werden. Der vorliegende Forschungsbericht kann eine wichtige Ausgangsbasis dafür darstellen.

9 Literatur

Achleitner, S., Engelhard, C., Stegner, U., Rauch, W. (2007): Untersuchung der hydraulischen und stofflichen Leistungsfähigkeit von Muldenversickerungen, KA Abwasser, Abfall 2007 (54) Nr.9

Adams, S., Marriott, D. (2006): Stormwater Management Facility Monitoring Report- Sustainable Stormwater Management Program, Bureau of Environmental Services, City of Portland, 2006, 93 S.

Atteslander, P. (2006): Methoden der empirischen Sozialforschung, 11. neue, bearbeitete und erweiterte Auflage, Berlin.

A 100 (Arbeitsblatt DWA-A 100): Leitlinien der integralen Siedlungsentwässerung, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall, Dez. 2006, 43 S.

Bankstown City Council (2006): Implementation of on-site detention and WSUD in the State Emergency Services development at Manuka Reserve,

http://www.wsud.org/downloads/2006_SWC_Projects/2006_SWC_Bankstown_Comm_Ind.pdf

Beenen, A.S., Boogaard, F.C. (2007): Lessons from ten years storm water infiltration in the Dutch Delta, NOVATECH Konferenz 2007, Konferenzband 2, S. 1139-1146

Berekoven, L., Eckert, W., Ellenrieder, P. (2006): Marktforschung: Methodische Grundlagen und praktische Anwendung, 11. überarbeitete Auflage, Wiesbaden.

BfG (2003): Hydrologischer Atlas von Deutschland (HAD), Bundesanstalt für Gewässerkunde, 2003,

Böhler, H. (2005): Marketing-Management, Stuttgart.

Boller, M.(2003): Toward Sustainable Urban Stormwater Management, EAWAG news 57, S.25-28

Bubli, D., Kassim, F. (2003): Comparison of construction costs for water sensitive urban design and conventional stormwater design

<http://www.wsud.org/downloads/Info%20Exchange%20&%20Lit/Danny%20B%20WSUD%20vs%20Traditional%20Paper.pdf>

BUWAL (2000): Wohin mit dem Regenwasser- Beispiele aus der Praxis- Versickern lassen, Zurückhalten, oberflächlich ableiten; Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft Bern 58 S.

BWK M3: Ableitung von immissionsorientierten Anforderungen an Misch- und Niederschlagswassereinleitungen unter Berücksichtigung örtlicher Verhältnisse, Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau e.V., Merkblatt 3/ BWK, 2. Auflage, Juli 2004

Clausen, H., Scheele, U. (2003): Strukturwandel in der Wasserversorgung: Zwischen Liberalisierung und nachhaltiger Entwicklung, in: Niedersächsisches Institut für Wirtschaftsforschung (NIW) (Hrsg.), Umwelt und Wirtschaft in Niedersachsen: Märkte, Innovationen, Chancen, Anreize und Instrumente, NIW Workshop 2002 in Hannover, Essen/Oldenburg, Seiten 57-92.

Clausen, J. C. (2007): Jordan cove watershed project, section 319, Final report, University of Connecticut Department of natural resources management and engineering college of agriculture and natural resources, 113 S.

Coombes, P, Kuczera, G. (2000): TANK PADDOCK A comparison between traditions and Water Sensitive Urban Design approaches, University of Newcastle, 15 S.

Dapolito Dunn, A., Stoner, N. (2007): Green Light for Green Infrastructure, The Environmental Forum, May/ June 2007

Diekmann, A. (2007): Empirische Sozialforschung: Grundlagen, Methoden, Anwendungen, 18. vollständig überarbeitete und erweiterte Neuauflage, Reinbek bei Hamburg.

EVK1-CT-2002-00111, Middlesex University (2003): Report 5.1. Review of the Use of stormwater BMPs in Europe, EU Projekt Daywater, 98 S.

Gantner, K. (2002): Nachhaltigkeit urbaner Regenwasserbewirtschaftungsmethoden, Dissertation, TU Berlin, Fakultät Prozesswissenschaften, 227 S.

Herzer, P. (2004): Einflüsse einer naturnahen Regenwasserbewirtschaftung auf den Städtebau- Räumliche, ökonomische und ökologische Aspekte, Diplomarbeit Universität Stuttgart, Fakultät Architektur und Stadtplanung, Fraunhofer IRB Verlag, 206 S.

Hillenbrand, T., Hiessl, H.: Sich ändernde Planungsgrundlagen für Wasserinfrastruktursysteme, Teil 1: Klimawandel, demographischer Wandel und neue ökologische Anforderungen, KA, 53 (12, 2006, 1265-1271, Teile 2: Technologischer Fortschritt und sonstige Veränderungen, KA, 54 (1), 2007, 47-53

Horner, R. R., Lim, Heungkook, Burges, S. J., (2002): Hydrologic monitoring of the seattle ultra-urban stormwater management projects, Water Resources Series Technical Report No 170, November 2002, Department of Civil and Environmental Engineering, University of Washington Seattle, Washington 98195

Kaiser, M. (2004): Naturnahe Regenwasserbewirtschaftung als Baustein einer nachhaltigen Siedlungsentwicklung- demonstriert mithilfe der Entwicklung und Umsetzung von Modellprojekten, Dissertation, Universität Dortmund, Fakultät Raumplanung, 381 S.

Kloss, C., Calarusse, C. (2006): Rooftops to rivers- Green Strategie for controlling Stormwater and Combined Sewer Overflows, Natural Resources Defense Council

Kuß, A. (2007): Marktforschung: Grundlagen der Datenerhebung und Datenanalyse, 2. überarbeitete und erweiterte Auflage, Wiesbaden.

LAWA 1998: Leitlinien zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen (KVR), Länderarbeitsgemeinschaft Wasser

Morzarria-Luna, H. N., Schaepe, K.S., Cutforth, L.B. Veltman, R.L.(2004): Implementation of bioretention systems: A Wisconsin case study, Journal of the American Water Resources Association, August 2004, S. 1053-1061

M 153: Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser, GFA Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e.V., Hennef, 2000

Peters, C. (2007): Potenziale von Regenwasserversickerung, Speicherung, Urinseparation und Pumpwerkssteuerung für den Gewässerschutz - Dynamische Langzeitsimulation von Kanalnetz und Kläranlage und multikulturelle Ergebnisanalyse, Dissertation am Institut für Technischen Umweltschutz der TU - Berlin, ITU-Schriftenreihe, Band 02

Podraza, P. (1996): Auswirkungen von Regenentlastungen der Mischwasserkanalisation auf die Makrozoobenthoszönose eines Stadtbaches.- Dissertation an der Universität GH Essen

Rogers, W.M., Faha, PE, Faha, M.: Port of Portland Terminal 6 Porous Pavement Project- Sustainable Design in a Light Industrial Environment

http://www.landandwater.com/features/vol51no1/vol51no1_2.php

Rüngeler, S. (1998): Die Funktion von Dachbegrünungen in urbanen Wasserkreisläufen, TU Berlin, Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft, Fachbereich Bauingenieurwesen und angewandte Geowissenschaften, Diplomarbeit, 96 S.

Schlottmann, P., Sieker, H., Zweynert, U., Sieker, F. (2007): Zielgrößen und Anforderungen an die künftige Regenwasserbewirtschaftung in Neubau-, Erweiterungs- und Sanierungsgebiete

ten, Teil II: Wirtschaftlichkeitsvergleich zwischen dem Konzept der dezentralen Bewirtschaftung und der herkömmlichen Regenwasserableitung im Trennsystem , gwf, Heft 01,

Sieker, F. et al. (2004): Regen(ab)wasserbehandlung und –bewirtschaftung unter Berücksichtigung der Anforderungen nach §7a WHG und einer möglichst ortsnahen Versickerung, UBA Texte 09/04

Sieker, F., Kaiser, M., Sieker, H. (2006): Dezentrale Regenwasserbewirtschaftung im privaten, gewerblichen und kommunalen Bereich- Grundlagen und Ausführungsbeispiele, Fraunhofer IRB Verlag, 236 S.

Sieker, F., Zweynert, U., Sieker, H. (2006): Zielgrößen und Anforderungen an zukünftige Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen in Neubau-, Erweiterungs- und Sanierungsgebieten, Teil I: Die Jahreswasserbilanz als maßgebendes Planungskriterium, in: GWF – Wasser/Abwasser, Jahrgang 147, Heft 10, Seiten 658-667.

Sieker, F., Schlottmann, P., Zweynert, U. (2007): Ökologische und ökonomische Vergleichsbetrachtung zwischen dem Konzept der konventionellen Regenwasserentsorgung und dem Konzept der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung, Umweltbundesamt: Forschungsbericht 203 26 391 UBA-FB 001001, Reihe UBA Texte 19/07, 130 S.

Sieker, F., Sieker, H., Zweynert, U., Zhengyue, J. (2008): Paradigmenwechsel in der Siedlungswasserwirtschaft beim Umgang mit Regenwasser, GWF Wasser und Abfall, Nr. 7-8

Steiner, M. (2003), Adsorption von Kupfer aus Niederschlagsabflüssen an granuliertes Eisenhydroxid, Dissertation, Eidgenössische technische Hochschule Zürich, 159 S.

Stockbauer, M. (2008): Regenwasserbehandlung- Neue Entwicklungen in Bayern, Wasser und Abfall, 5, S. 16-18

UBA (2008): Umweltgesetzbuch

<http://www.umweltbundesamt.de/umweltrecht/umweltgesetzbuch.htm>

Villarreal, Edgar L. (2005): Beneficial Use of Stormwater- Opportunitie for urban renewal and water conservation, Dissertation Universität Lund Schweden, Institut of Technology, 45 S.

Vogel, M. (2006): Moving toward High-Performance Infrastructure, Urban Land, October 2006, S. 73-79

Wasser-BLIcK (2008): Workshop Niederschlagswasserbeseitigung in Deutschland am 27.11.2006 im Umweltbundesamt in Berlin

<http://www.wasserblick.net/servlet/is/41729/?lang=de>

Weinzierl, H. (2008): Erwartungen an die Instrumente des Naturschutzes im Umweltgesetzbuch, in: Umweltbundesamt (Hrsg.), Forum Umweltgesetzbuch, Dessau.

WHG (2001): 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 (2001)

Zweynert, U., Sieker, H., Hagendorf, U., Kirschbaum, B., Wunderlich, D. (2007): Die dezentrale Regenwasserbewirtschaftung ist Stand der Technik- Zwölf Jahre Erfahrungen mit einem großen dezentralen System in schwierigem Gelände, KA- Abwasser, Abfall, (54), Nr. 9

Zweynert, U., Wilcke, D., Sieker, F. (2006): Dezentrale siedlungswasserwirtschaftliche Maßnahmen als Beitrag zum Hochwasserschutz- Größenordnungen potentieller Rückhaltevolumen und deren Auswirkung auf gesamte Flusseinzugsebiete, Tagungsband International Conference „Strategies and Instruments for Improving Flood Prevention“, 23.-25.11.2006 Tangermünde

10000 Rain Gardens (2005): A plan for metropolitan Kansas City to improve water quality with rain gardens and other green solutions, 75 S.

Anhang

Fragebogen

„Nachhaltigkeit der Regenwasserbewirtschaftung in Neubaugebieten“

Eine Untersuchung im Rahmen des UBA Projektes

Festlegung bundeseinheitlicher Regelungen für das Regenabwasser
- Erarbeitung eines wissenschaftlich-technischen Hintergrundpapiers -
(FKZ 206 26 301)

A Nachhaltigkeit in der Regenwasserwirtschaft

Der Begriff der Nachhaltigkeit bezeichnet die Erhaltung der natürlichen Resourcen, also auch die des Wassers. Bitte kreuzen Sie entsprechend dem Grad Ihrer persönlichen Übereinstimmung an:

- A.1** Nachhaltigkeit ist ein wichtiger Zukunftsaspekt in der Regenwasserbewirtschaftung.

Stimme voll zu.	<input type="checkbox"/>
Stimme überwiegend zu.	<input type="checkbox"/>
Stimme überwiegend nicht zu.	<input type="checkbox"/>
Stimme überhaupt nicht zu.	<input type="checkbox"/>
Keine Angabe	<input type="checkbox"/>

- A.2** Eine nachhaltige Entwässerungsplanung muss unter Partizipation und Mitbestimmung aller beteiligter Interessenvertreter erfolgen (z.B. Bürgerbeteiligung).

Stimme voll zu.	<input type="checkbox"/>
Stimme überwiegend zu.	<input type="checkbox"/>
Stimme überwiegend nicht zu.	<input type="checkbox"/>
Stimme überhaupt nicht zu.	<input type="checkbox"/>
Keine Angabe	<input type="checkbox"/>

- A.3** Die Nachhaltigkeit der Regenwasserwirtschaft hängt direkt von dem Verfahren ab, durch das die Entwässerung erfolgt.

Stimme voll zu.	<input type="checkbox"/>
Stimme überwiegend zu.	<input type="checkbox"/>
Stimme überwiegend nicht zu.	<input type="checkbox"/>
Stimme überhaupt nicht zu.	<input type="checkbox"/>
Keine Angabe	<input type="checkbox"/>

Bitte kreuzen Sie entsprechend dem Grad
Ihrer persönlichen Übereinstimmung an!

- A.4 Eine nachhaltige Regenwasserbewirtschaftung sollte...

B Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts

- B.1** Den Forderungen des WHG §1a (5) folgend sind bei der Festsetzung von Zielgrößen bezüglich der Einleitung von Regenabflüssen in die Gewässer verschiedene quantitative Aspekte zu berücksichtigen.

Die Erhaltung der Leistungsfähigkeit des Wasserhaushaltes (WHG, §1a (5)) ist von großer Bedeutung .

Stimme voll zu.	
Stimme überwiegend zu.	
Stimme überwiegend nicht zu.	
Stimme überhaupt nicht zu.	
Keine Angabe	

- B.2** Durch Regenwasserbewirtschaftung ist die Vergrößerung des Abflusses bebauter Gebiete mit einer „*nach den Umständen erforderlichen Sorgfalt*“ zu vermeiden(WHG, §1a (2)).

Stimme voll zu.	
Stimme überwiegend zu.	
Stimme überwiegend nicht zu.	
Stimme überhaupt nicht zu.	
Keine Angabe	

- B.3** Durch Regenwasserbewirtschaftung ist die Beschleunigung des Abflusses bebauter Gebiete mit einer „*den Umständen nach mögliche Sorgfalt*“ zu vermeiden (WHG, §1a (2)).

Stimme voll zu.	
Stimme überwiegend zu.	
Stimme überwiegend nicht zu.	
Stimme überhaupt nicht zu.	
Keine Angabe	

B.4 Der Wasserhaushalt (WHG, §1a (2)) betrifft die Komponenten Grundwasserneubildung, Abfluss und Verdunstung. Kreuzen Sie bitte an, welche Änderungen gegenüber dem unbebauten Zustand Sie für Neubaugebiete maximal zulassen würden? (Niederschlag =100%)

- a) Abfluss: +/-5%, Grundwasserneubildung: +/-5%,
Verdunstung: +/-10%

- b) Abfluss: +/-10%, Grundwasserneubildung: +/-10%,
Verdunstung: +/-20%

- c) anderer Vorschlag (mit Begründung):

Abfluss:% Grundwasserneubildung:%

Verdunstung:%

Begründung.....

.....

B.5 Für die Spitzenabflüsse von Neubaugebieten ist die Vorgabe von Grenzwerten q_G (l/s.ha) denkbar, die sich auf die bei Gewässern üblichen Bemessungs-Jährlichkeiten (z.B. $n=0,2 \dots 0,01$) beziehen. Welche prinzipielle Vorgehensweise würden Sie bevorzugen?

- a) ein oder mehrere q_G als Vielfaches der Abflussspenden
der unbebauten Fläche (z.B. für $n = 0,2 \dots 0,01$)

- b) ein oder mehrere q_G als feste Werte (z.B. 2 ... 10 l/(s*ha))
bei $n = 0,2 \dots 0,01$

- c) anderer Vorschlag:.....
Begründung.....
-

B.6 Nach WHG, §7a(1) ist das Einleiten von Schadstoffen in Gewässer so gering zu halten ...wie dieses bei *Einhaltung der jeweils in Betracht kommenden Verfahren nach dem Stand der Technik möglich ist.*

Welche Schadstoffparameter kommen Ihrer Meinung nach in Betracht?
(Mehrfachnennungen möglich)

AFS	CSB	TOC	NH4-N	TNb ^{*1}	P	Summe Schwermetalle	Mineralölkohlenwasserstoffe

*1 TNb... total nitrogen bound (Gesamter gebundener Stickstoff)

Anderer Vorschlag:.....

Begründung:.....

.....

B.7 Sollen die Grenzwerte als Konzentrationswerte oder als Jahresfrachten ausgedrückt werden ? Geben Sie einen Wert oder ein Intervall (von – bis) für ein oder mehrere Parameter an.

a) Konzentrationswerte

	AFS	CSB	TOC	NH4-N	TNb ^{*1}	P	Summe Schwermetalle	Mineralölkohlenwasserstoffe
(mg/l)								

b) Jahresfrachten

	AFS	CSB	TOC	NH4-N	TNb ^{*1}	P	Summe Schwermetalle	Mineralölkohlenwasserstoffe
(kg/ha/a)								

C Verfahren der Entwässerungsplanung

Bitte kreuzen Sie entsprechend dem Grad Ihrer persönlichen Übereinstimmung an!

c.1

Die Investitionskosten spielen eine entscheidende Rolle bei der Auswahl des Entwässerungsverfahrens.

Die Unterhaltungskosten eines Verfahrens sind von großer Bedeutung für die Verfahrensauswahl.

Der globale Wandel wird die Verfahrensauswahl zukünftig immer stärker beeinflussen.

Entwässerungsverfahren sollten bezüglich des globalen Wandels eine hohe Anpassungsfähigkeit aufweisen.

Die Betriebssicherheit der Anlage sollte gewährleistet sein.

Für den Bau/Betrieb einer Anlage sollten keine umweltgefährdenden Stoffe verwendet werden.

Die Anzahl dezentraler Anlagen auf privaten Grundstücken wird in Zukunft ansteigen.

Dezentrale Anlagen sollten möglichst im öffentlichen Bereich liegen.

Der Bau/Betrieb dezentraler Anlagen muss von Fachleuten organisiert werden.

Dezentrale Anlagen werden von der Bevölkerung akzeptiert.

Bitte vergeben Sie Noten entsprechend dem Grad Ihrer persönlichen Übereinstimmung (-2: Stimme **überhaupt nicht** zu, -1: Stimme **überwiegend nicht** zu..., 0: Keine Meinung, +1: Stimme **überwiegend** zu, +2: stimme **voll** zu.

C.2 Das folgende Verfahren:

DS= Dezentrales System, T= Trennsystem, MT= Modifiziertes Trennsystem, MM= Modifiziertes Mischsystem, M= Mischsystem,

DS	T	MT	MM	M
verfügt über eine Vielzahl von Technologien.				
hohe Fehlertoleranz gegenüber Änderungen der Planungsrandbedingungen.				
Garantiert minimalen Ressourcenaufwand bei Konstruktionsänderungen.				
gewährleistet einen minimalen Wartungs- und Betriebsaufwand.				
minimiert den Einsatz von Energie und Rohstoffen.				
optimiert die Stoff- und Ressourcenströme.				
ist dezentral organisiert.				
minimiert die Transportwege.				
lässt sich den regionalen Gegebenheiten optimal anpassen.				
nutzt vorhandene Strukturen.				
ermöglicht Synergieeffekte.				

- C.3** Welches Verfahren zur Entwässerung bevorzugen Sie primär (bitte ordnen Sie die Verfahren nach Ihrer Präferenz: +2= höchste Präferenz -2= geringste Präferenz)?

Mischsystem	
Trennsystem	
Modifiziertes Mischsystem	
Modifiziertes Trennsystem	
Dezentrale Lösungen (Versickerungsanlagen)	

- C.4** Haben Sie selbst Erfahrungen mit Verfahren des dezentralen Konzeptes?

a) Ja

b) Nein

Wenn ja, wie würden Sie diese beschreiben?

Sehr gut	Gut	Moderat	Schlecht	Keine Meinung

D Ergänzende Fragen zu Ihrer Person

- D.1** Bitte nennen Sie Ihre institutionelle Zugehörigkeit.

Öffentliche Verwaltung

Ver-/Entsorgungsbetrieb

Hochschule

Verband

Privatwirtschaftliche
Forschungseinrichtungen

Staatliche
Forschungseinrichtungen

Ingenieurbüro

Andere:.....

D.2 Haben Sie sich wissenschaftlich mit Fragen der nachhaltigen Entwicklung befasst?

a) Ja

b) Nein

Wenn ja:

In eigenen Veröffentlichungen

In der Lehre

Auf wissenschaftlichen Veranstaltungen

Sonstiges:

D.3 Beabsichtigen Sie sich künftig stärker oder weniger stark als bisher Nachhaltigkeitsthemen zu widmen?

stärker	wie bisher	weniger stark

D.4 In welcher Altersgruppe sind Sie?

bis 25 J.

46 bis 55 J.

26 bis 35 J.

56 bis 65 J.

36 bis 45 J.

über 65 J.

Vielen Dank!