

Leitfaden zum Umgang mit Regenwasser in Siedlungsgebieten Luxemburgs



Versickerung · Verdunstung · Retention · Nutzung · getrennte Ableitung · Behandlung



MINISTÈRE DE L'INTÉRIEUR
ET À LA GRANDE RÉGION
Administration de la gestion de l'eau



Administration de la Gestion de l'Eau (AGE)

Robert Kipgen
Brigitte Lambert
Marc Lanners
Jean-Marie Ries
Marie-France Speck
Marco Vivani
André Weidenhaupt
Frank Wersandt

Centre de Ressources des Technologies pour l'Environnement (CRTE)

Kai Klepiszewski
Paul Schosseler
Stefanie Seiffert

Bieske & Partner (BuP)

Christoph Treskatis

Engineers for Environmental Protection and Infrastructure GmbH (eepi)

Markus Ott

Emweltherodung Lëtzebuerg asbl (EBL)

Guy Spanier (Gemeinde Schifflange)

Ingénieurs Conseils Associés S.à.r.l. (INCA)

Thilo Paganetti

Schroeder & Associés

Thierry Flies

1. EINFÜHRUNG	4		
1.1 Warum ein neuer Umgang mit Regenwasser	5		
1.2 Der nachhaltige Umgang mit Regenwasser in Siedlungsgebieten	6		
1.3 Hinweise zur Anwendung des Leitfadens	7		
1.3.1 Zielgruppe	7		
1.3.2 Anwendungsbereich	7		
1.3.3 Aufbau des Leitfadens	7		
2. ALLGEMEINE GRUNDLAGEN	9		
2.1 Auswirkungen des herkömmlichen Umgangs mit Regenwasser	10		
2.2 Ziele und Maßnahmen eines neuen Umgangs mit Regenwasser	13		
2.2.1 Rechtliche Grundlagen auf europäischer und nationaler Ebene	13		
2.2.2 Nachhaltige und naturnahe Konzepte	13		
3. PLANUNGSVORAUSSETZUNGEN	15		
3.1 Trennung von Abflüssen in Siedlungen	16		
3.1.1 Vorteile des Trennungssystems gegenüber einem Mischsystem	16		
3.1.2 Was tun bei vorhandenen Mischkanalisationen	17		
3.1.3 Umsetzung in der Praxis	17		
3.1.4 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	18		
3.2 Hydrogeologie und Vulnerabilität des Grundwassers	19		
3.3 Niederschlagssituation in Luxemburg	21		
3.3.1 Räumliche und saisonale Verteilung der Niederschläge	21		
3.3.2 Zusammensetzung von Niederschlagsabflüssen	22		
3.4 Kommunale Planungsaspekte	24		
3.4.1 Urbanistische Planungsaspekte	24		
3.4.2 Reglementarische Möglichkeiten	26		
4. MASSNAHMEN EINES NACHHALTIGEN UMGANGS MIT REGENWASSER	29		
4.1 Abflussvermeidung	30		
4.1.1 Verzicht auf die Versiegelung von Flächen	30		
4.1.2 Übergang von versiegelten auf unversiegelte Flächen	30		
4.1.3 Verwendung durchlässiger Flächenbeläge	31		
4.2 Versickerung	33		
4.2.1 Versickerung als Komponente nachhaltiger Regenwasserbehandlung	33		
4.2.2 Übersicht Versickerungsanlagen	33		
4.2.3 Planung und Bemessung	36		
4.2.4 Anforderungen an die Reinigungsleistung von Versickerungsanlagen	36		
4.3 Regenwassernutzung	38		
4.3.1 Anwendungsbereiche der Regenwassernutzung	38		
4.3.2 Auswirkungen auf Kanal und Kläranlagen	38		
4.3.3 Aufbau einer Regenwassernutzungsanlage	39		
4.3.4 Hygienische Aspekte	40		
4.3.5 Wirtschaftlichkeit einer Regenwassernutzungsanlage	40		
4.4 Dachbegrünungen	42		
4.4.1 Einleitung	42		
4.4.2 Vorteile einer Dachbegrünung	42		
4.4.3 Die verschiedenen Arten der Gründächer	42		
4.4.4 Die Wasserrückhaltung von Gründächern	44		
4.4.5 Die Wirtschaftlichkeit von Gründächern	45		
4.4.6 Beispiele für Dachbegrünungen	46		
4.5 Ableitung in offenen Gerinnen	47		
4.5.1 Ableitung des überschüssigen Regenwassers	47		
4.5.2 Die offene Ableitung von Privatgrundstücken	47		
4.5.3 Die offene Ableitung im öffentlichen Raum	48		
4.5.4 Beispiele für eine offene Ableitung	49		
4.6 Rückhaltung von Niederschlagswasser	50		
4.6.1 Zwischenspeicherung und Abflusssdämpfung	50		
4.6.2 Reinigung vor der Einleitung in ein Gewässer	51		
5. HINWEISE ZUR PLANUNG UND PRAKTISCHEN UMSETZUNG	53		
5.1 Einleitung	54		
5.2 Skalenebene Gebäude	54		
5.2.1 Dränage und Unterkellerung	54		
5.2.2 Regenwassernutzung	55		
5.2.3 Dachbegrünung	58		
5.3 Skalenebene Grundstück einschl. private Erschließungs- und Verkehrsflächen	60		
5.3.1 Übergang von versiegelten auf unversiegelte Flächen	60		
5.3.2 Durchlässige Flächenbeläge	60		
5.3.3 Versickerungsanlagen	61		
5.4 Skalenebene Baugebiet, einschließlich öffentlicher Straßenraum und Plätze	64		
5.4.1 Allgemeine Hinweise	64		
5.4.2 Rückhaltung von Niederschlagswasser	66		
5.5 Skalenebene Gewässer	69		
5.5.1 Behandlung vor der Einleitung in Gewässer	69		
6. ABKÜRZUNGEN	70		
7. LITERATUR	72		
8. ANHANG 1: KOMPAKTINFORMATIONEN	78		
8. ANHANG 2: FALLBEISPIELE	85		
8. ANHANG 3: CHECKLISTE ZUM REGENWASSERMANAGEMENT	100		

1

Einführung



MINISTÈRE DE L'INTÉRIEUR
ET À LA GRANDE RÉGION
Administration de la gestion de l'eau

1.1 WARUM EIN NEUER UMGANG MIT REGENWASSER?

Ein wesentliches Anliegen der herkömmlichen Entwässerung von Siedlungsgebieten ist eine möglichst schnelle schadfreie Ableitung von Regenwasser, die üblicherweise unterirdisch und mittels der in Luxemburg weit verbreiteten Mischkanalisation durchgeführt wird. Infolge der Versiegelung von Flächen durch Straßen und Gebäude in Siedlungsgebieten wird der natürliche Kreislauf des Regenwassers jedoch massiv gestört. Das anfallende Regenwasser kann nicht mehr versickern oder verdunsten. Die Vermischung von Regenwasser und Abwasser in der Mischkanalisation führt zu einer erhöhten hydraulischen Belastung der Kläranlage und zum Abschlag von unbehandeltem Mischwasser aus dem Kanal ins Gewässer.

Vor diesem Hintergrund sowie den Anforderungen der Wasserrahmenrichtlinie (REU, 2000) an einen guten Zustand der Gewässer bis 2015, hat die luxemburgische Wasserwirtschaftsverwaltung entschieden, die Siedlungsentwässerung in Luxemburg stärker auf ökologische Belange hin auszurichten. Grundvoraussetzung dafür ist eine getrennte Abführung der Abflussströme Abwasser und Regenwasser von Grundstücken.

Bei der nachhaltigen Regenwasserbewirtschaftung wird mit folgender Priorität vorgegangen (siehe auch [Bild 1.1](#)):

1. **Vermeiden** versiegelter Flächen, damit möglichst wenig Regenwasser zum Abfluss kommt
2. **Versickern** des Regenabflusses von versiegelten Flächen
3. **Rückhalten** des Regenabflusses zur Zwischenspeicherung von Abflussspitzen und zur gedrosselten Weiterleitung, wenn Versickerung nicht möglich ist
4. **Ableiten** des Regenabflusses zu unterhalb liegenden Behandlungsanlagen bzw. in ein Gewässer



Bild 1.1: *Priorität der Maßnahmen zum Umgang mit Regenwasser in Siedlungsgebieten*

Auf allen Ebenen vom einzelnen Grundstück bis hin zum ganzen Baugebiet gibt es zahlreiche Möglichkeiten zu einem „neuen Umgang mit Regenwasser“, welche von den Bauherren oder Kommunen durchgeführt werden können. Die Maßnahmen zur Bewirtschaftung von Regenwasser dürfen jedoch unter keinen Umständen schädliche Auswirkungen auf Bäche, Flüsse und vor allem auf das Grundwasser haben.

Der **Schutz von Grundwasser und Oberflächengewässern hat**, insbesondere vor dem Hintergrund der Sicherung vorhandener und zukünftiger Trinkwasserreserven, **höchsten Vorrang**.

1.2 DER NACHHALTIGE UMGANG MIT REGENWASSER IN SIEDLUNGSGEBIETEN

Der nachhaltige Umgang mit Regenwasser hat zum Ziel, den **urbanen Wasserhaushalt dem Zustand vor der Bebauung wieder anzunähern**. Das Anliegen, einen größeren Anteil des Regenwassers zu verdunsten und zu versickern, kann mit einer Vielzahl von Maßnahmen erreicht werden, die sowohl in verschiedene Phasen der Planung (z.B. Flächennutzungsplanung, Bauleitplanung) für ein Baugebiet, als auch in die Wahl der örtlichen Anordnung von Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen (dezentrale oder zentrale Maßnahmen bzw. Anlagen) eingehen müssen.

So sollte zunächst die versiegelte Fläche minimiert werden, um bereits das Auftreten von Regenabflüssen von Oberflächen zu vermeiden bzw. zu verringern. Wo eine Befestigung unvermeidbar ist, sollten wasserdurchlässige Flächenbeläge zum Einsatz kommen. Sind die Möglichkeiten, die dem Planer bei der Reduzierung der undurchlässigen Flächen in einem Baugebiet zur Verfügung stehen, ausgeschöpft, kann mit Hilfe von Maßnahmen zur Regenwasserbewirtschaftung der Einfluss baulicher Eingriffe auf den natürlichen Wasserhaushalt reduziert werden. Das kann z.B. durch Regenwassernutzung, Verwendung von Gründächern und durch Rückhaltung bzw. Retentionsmaßnahmen in Verbindung mit anschließender Regenwasserversickerung oder Einleitung in ein Oberflächengewässer erfolgen.

Eine nachhaltige Regenwasserbewirtschaftung besteht in der Regel aus **Kombinationen der zuvor genannten Planungen und Maßnahmen**, die im Sinne einer möglichst geringen Auswirkung von Siedlungsflächen auf den natürlichen Wasserkreislauf zusammenwirken sollen. Bild 1.2 gibt einen Überblick über die Komponenten der nachhaltigen Regenwasserbewirtschaftung.

Viele Anlagen zur Regenwasserbewirtschaftung erfüllen gleichzeitig mehrere Funktionen: Versickerungsmulden beispielsweise speichern das gesammelte Regenwasser, geben es zum Teil über Verdunstung wieder in die Atmosphäre ab oder reinigen es mittels der Passage durch ein Filtersubstrat und / oder die belebte Bodenzone und versickern es gezielt.



Bild 1.2: Komponenten einer nachhaltigen Regenwasserbewirtschaftung

Neben der Vermeidung von Regenabflüssen von Oberflächen bildet das **Verhindern einer Vermischung des Regenabflusses mit Abwasserströmen** eine entscheidende Voraussetzung für eine nachhaltige Regenwasserbewirtschaftung.

Das erfordert unter anderem, dass bereits bei der Planung der Grundstücksbebauung besonders auf die **Höhenlage der Oberflächenentwässerung** geachtet wird. Die Höhenlage der Anschlüsse an eine anschließende Regenwasserbehandlungsanlage, z.B. eine offene Retention, oder an eine weiterführende Regenwasserkanalisation sollte die Ableitung im freien Gefälle (Freispiegelabfluss) ermöglichen. Der Standort der Regenwasserbehandlung sollte einerseits tief genug liegen, um die Zuleitung von Oberflächenabflüssen im freien Gefälle zu ermöglichen, andererseits hoch genug sein, um die Einleitung in ein anschließendes Gewässer oder einen geordneten Notüberlauf zur ermöglichen.

Allgemein ist eine **naturnahe Gestaltung der Elemente der Regenwasserbewirtschaftung** anzustreben, z.B. in Form von begrünten Versickerungsmulden oder

offenen Rinnen zur Ableitung. Diese können im Gegensatz zu unterirdischen Anlagen ohne großen Aufwand hergestellt und gewartet werden, da sie leichter zugänglich sind. Zudem können sie auch als Gestaltungselement dienen. Offene Elemente dienen zusätzlich einer Kontrolle auf korrekte Anschlüsse an das Entwässerungssystem und tragen somit zur Vermeidung von Fehlschlüssen bei.

Bei der Auswahl der Maßnahmen muss die vor der Bebauung herrschende Aufteilung des Regenwassers auf die Ströme Verdunstung - Versickerung - Abfluss angestrebt werden; genauso wie die fast vollständige Ableitung des Regens über die Kanalisation ist z. B. auch die vollständige Versickerung nicht naturnah (Sartor, 2002).

1.3 HINWEISE ZUR ANWENDUNG DES LEITFADENS

1.3.1 ZIELGRUPPE

Dieser Leitfaden richtet sich gleichermaßen an Planer städtebaulicher Erschließungsmaßnahmen und Infrastruktureinrichtungen zur Siedlungsentwässerung, Architekten und Bauherren privater, gewerblicher und öffentlicher Bauvorhaben sowie an private und öffentliche Betreiber von Anlagen zu einem alternativen Umgang mit Regenwasser in Siedlungsgebieten.

1.3.2 ANWENDUNGSBEREICH

Der vorliegende Leitfaden will die Probleme, die sich aus den bisherigen Verfahren der Siedlungsentwässerung ergeben haben, erläutern. Daneben werden konkrete Anforderungen an die **Entwässerungsplanung von Neubaugebieten in Luxemburg** formuliert und Möglichkeiten zum nachhaltigen Umgang mit Regenwasser aufgezeigt, die den Anforderungen gerecht werden.

Besonderes Augenmerk ist dabei auf die Untergrundsituation im Bereich des Luxemburger Sandsteins gerichtet. Hier gelten spezielle Anforderungen an den **Schutz der Grund- bzw. Trinkwasserressourcen**. Der Leitfaden versucht hier einen Beitrag zur Vermeidung einer zukünftigen Konfliktsituation zwischen der Trinkwasserentnahme aus Quellen und Grundwasser und einer alternativen Behandlung von Regenwasser in dieser Region zu leisten.

Weiterhin gibt der Leitfaden zahlreiche Informationen zur Umsetzung eines nachhaltigen Umgangs mit Regenwasser. Neben Planungshinweisen sind auch Hinweise auf Baukosten sowie auf Wartung und Pflege von Anlagen zur Regenwasserbehandlung enthalten. Die Informationen beziehen sich dabei insbesondere auf Maßnahmen und Einrichtungen zum Umgang mit Regenwasser in innerörtlichen Gebieten inklusive Verkehrsflächen mit einem durchschnittlichen täglichen Verkehrsaufkommen (DTV) von weniger als 5.000 Kraftfahrzeugen pro Tag.

Abgerundet werden die einzelnen Hinweise durch Angaben zu weiterführender Literatur, in der weitere Basisinformationen sowie Details zur technischen Bemessung, zur Wirkungsweise etc. der erläuterten Anlagen nachgeschlagen werden können.

1.3.3 AUFBAU DES LEITFADENS

Nach der Einführung in diesem Abschnitt folgt Kapitel 2, das sich der Vermittlung von allgemeinen Grundlagen und Hintergründen der Siedlungsentwässerung widmet. In diesem Kapitel werden neben den Schwierigkeiten, die sich aus dem herkömmlichen Umgang mit Regenwasser ergeben, auch mögliche alternative Maßnahmen zu neuen, nachhaltigen Formen der Bewirtschaftung von Regenwasser in den Siedlungsgebieten Luxemburgs aufgezeigt.

Kapitel 3 befasst sich mit den Planungsvoraussetzungen in Luxemburg, die einen großen Einfluss auf Planung und Ausführung der Regenwasserbewirtschaftung haben können. Hierzu zählt die Trennung von Abwasser- und Regenwasserströmen in Einzugsgebieten, die eine Grundlage des neuen Umgangs mit Regenwasser in Siedlungsgebieten bildet. Große Auswirkungen auf anwendbare Maßnahmen und Anlagen zum Umgang mit Regenwasser haben auch die regionalen Untergrundverhältnisse in Luxemburg. Weiterhin gibt dieser Abschnitt einen Überblick über die unterschiedliche regionale und saisonale Verteilung des Regens in Luxemburg. Das damit verbundene variable Dargebot an Regenwasser hat beispielsweise Einfluss auf die Bemessung von Anlagen zur Rückhaltung, Versickerung oder Nutzung von Regenwasser. Zusätzlich informiert dieses Kapitel über die Qualität bzw. die Inhaltsstoffe, die im Regenabfluss unterschiedlicher Flächen zu erwarten sind. Abschließend wird in Kapitel 3 noch auf die Möglichkeiten eingegangen, die Städte und Gemeinden haben, um alternative Maßnahmen eines nachhaltigen Umgangs mit Regenwasser zu fördern. Dabei werden

verschiedene Planungs- und Steuerungsinstrumente vorgestellt.

Kapitel 4 widmet sich vollständig der Vermittlung von Informationen über Maßnahmen zum Umgang mit Regenwasser bzw. über Anlagen zur Regenwasserbehandlung. Wissenswertes bei der Vorauswahl passender Verfahren wird mit praktischen Beispielen zur Umsetzung illustriert. Aus der Vulnerabilität von Grundwasser und Vorfluter werden Anforderungen an die Vorbehandlung vor einer Versickerung oder Einleitung des Niederschlags in ein Oberflächengewässer abgeleitet.

In Kapitel 5 des Leitfadens werden wesentliche Hinweise zur Planung und praktischen Umsetzung sowie Wartung und Unterhalt von Maßnahmen zum Umgang mit Regenwasser erläutert. Die Erläuterungen betrachten dabei verschiedene Skalenebenen von dezentralen Maßnahmen im bzw. am Gebäude oder auf Privatgrundstücken über dezentrale bzw. semizentrale Maßnahmen im Bereich öffentlicher Flächen bis hin zu zentralen Handlungsmöglichkeiten auf Baugebietsebene (siehe Bild 1.3). An Beispielen wird exemplarisch die Umsetzung unter verschiedenen Randbedingungen auf Baugebietsebene illustriert.

Die beigefügten Anhänge enthalten Kompaktinformationen zu Behandlungsmaßnahmen, die in Kapitel 4 aufgeführt sind. Zusätzlich sind Ausführungsbeispiele für verschiedene Formen des neuen Umgangs mit Regenwasser in Siedlungsgebieten und zahlreiche Hinweise zu weiterführender Literatur angegeben. In Form einer Checkliste wird das Vorgehen bei der Planung und Umsetzung von Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen zusammengefasst.

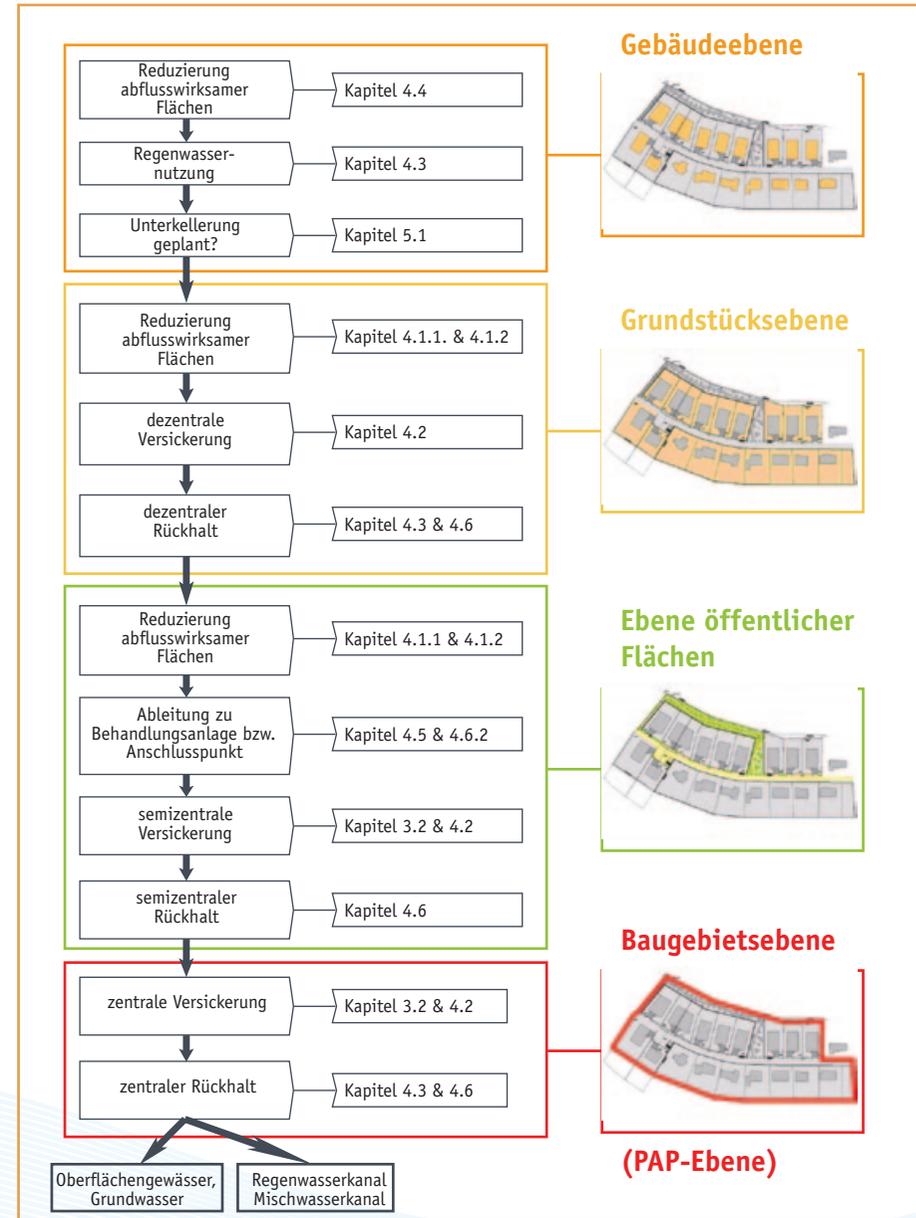


Bild 1.3: Maßnahmen zum Umgang mit Regenwasser auf verschiedenen Skalenebenen und entsprechender Verweis auf Kapitel des Leitfadens

Allgemeine Grundlagen



2.1 AUSWIRKUNGEN DES HERKÖMMLICHEN UMGANGS MIT REGENWASSER

Kanalisationsnetze in Siedlungen dienen bei Trockenwetter dem Abtransport des anfallenden häuslichen, gewerblichen und industriellen Abwassers zur Kläranlage. Bei Regen gewährleisten sie zusätzlich die Ableitung des Abflusses von Oberflächen. Außerdem werden häufig Dränagen und Quellen an die Kanalisation angeschlossen und es kann, je nach Dichtigkeit der Kanäle, zum Eindringen von Grundwasser kommen. Dieses in der Regel wenig verschmutzte Wasser, das normalerweise von der Kanalisation ferngehalten werden sollte, wird als Fremdwasser bezeichnet. Das gilt insbesondere für Drainageabflüsse in Siedlungsgebieten (siehe Bild 2.1), auf die in Kapitel 3.1 eingegangen wird. Besonders in ländlichen Gebieten nimmt die Kanalisation auch Abflüsse von wenig versiegelten Flächen auf, die außerhalb bebauter Ortslagen liegen (Außengebiete). Das kann bei intensivem Regen zu einer massiven zusätzlichen hydraulischen Belastung der Kanalisation durch Oberflächenabflüsse führen. Zusätzlich können Grundwasseraustritte im Außengebiet auch einen kontinuierlichen Zufluss zum Kanal bewirken.

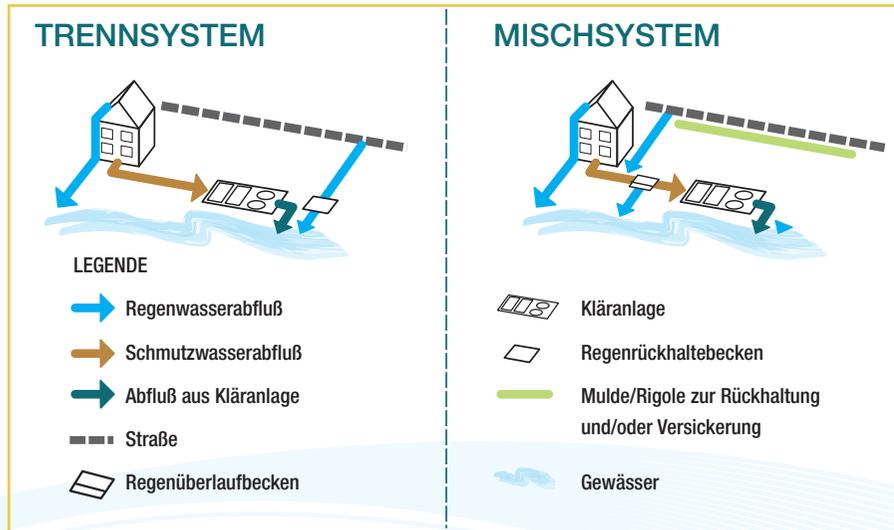


Bild 2.1: Verfahrensschema von Trenn- und Mischkanalisation
(nach Geiger und Dreiseitl, 2001)

Derzeit werden in Luxemburg hauptsächlich zwei Arten von Kanalisationssystemen eingesetzt: die **Mischkanalisation** und die **Trennkanalisation**. Der überwiegende Teil der Kanalisationen in Luxemburg ist als Mischkanalisation ausgeführt. Daneben gibt es einige Städte und Gemeinden, in denen zum Teil aus historischen Gründen teils Misch- und teils Trennkanalisationen existieren (z.B. Stadt Luxemburg).

In der **Mischkanalisation** werden Abwasser, Regenwasser und Fremdwasser in einem gemeinsamen Kanal abgeführt und zur Kläranlage geleitet (siehe Bild 2.1, rechts). Da der Anteil des Niederschlagswassers den des Abwassers und des Fremdwassers um mehr als das Hundertfache übersteigen kann, ist es technisch und wirtschaftlich nicht möglich, den gesamten Abfluss in der Kläranlage zu reinigen. Aus diesem Grund werden in Mischwassernetzen Überlaufbauwerke angeordnet, an denen der Abfluss zur Kläranlage auf ein definiertes Maß reduziert und der Rest des Gemisches aus Abwasser, Fremdwasser und Regenwasser in ein Gewässer eingeleitet wird.

Bei der **Trennkanalisation** werden Abwasser und Niederschlagswasser in zwei getrennten Kanälen gesammelt und abgeleitet (siehe Bild 2.1, links). Dabei gelangt das gesamte Schmutzwasser in die Kläranlage. Das Niederschlagswasser wird in der Regel auf kürzestem Wege in ein Fließgewässer (Bach, Fluss) eingeleitet. Die Einleitung von Regenwasser in ein Gewässer bedarf der Genehmigung. Die Entstehung der Trennkanalisation, die sich aus der Mischkanalisation entwickelt hat, ist wirtschaftlich begründet. Besonders bei großflächigen Siedlungsgebieten in flachem Gelände wird es streckenweise notwendig, den Kanalabfluss zur Kläranlage zu pumpen. Durch eine direkte schnelle Ableitung des Niederschlagswassers in freiem Gefälle zu einem nahen Gewässer können Betriebs- und Baukosten für Kanalisation und Kläranlage eingespart werden. Neben der direkten Einleitung des Niederschlagsabflusses ist es erforderlich, einen Regenrückhalteraum zur Zwischenspeicherung des Abflusses anzuordnen, da die Versickerungsleistung meist nicht ausreicht, um den Abfluss aus einem Baugebiet auf das Maß zu drosseln, was vor der Bebauung herrschte. Neben einer Verminderung von Abflussspitzen durch die Pufferwirkung des Speichervolumens bewirkt dies auch eine Reinigung durch Sedimentation. Nähere Informationen zu Art und Funktion von Bauwerken der klassischen Trenn- und Mischkanalisationen gibt Gujer (2002).

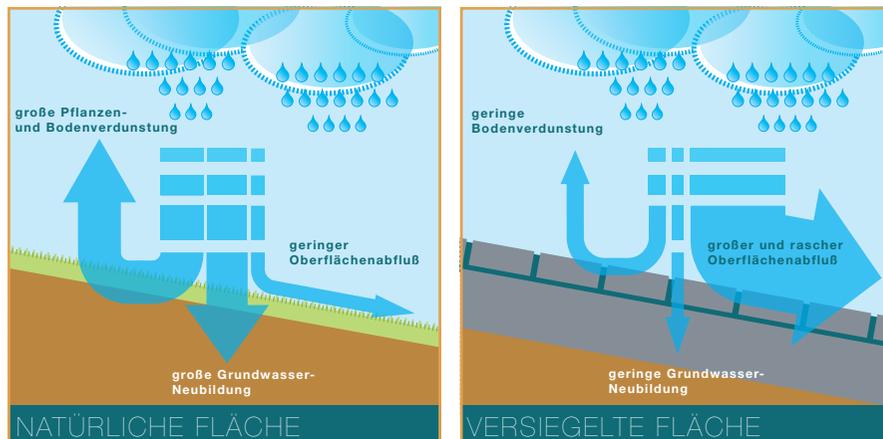


Bild 2.2: Vergleich zwischen dem Wasserhaushalt natürlicher Flächen (links) und versiegelter Flächen (rechts) (Geiger u. Dreiseitl, 2001)

Ziele der herkömmlichen Planung von Entwässerungssystemen in Siedlungsgebieten waren die **Gewährleistung hygienischer Verhältnisse und der Schutz vor Überschwemmungen**. Daher wurde eine möglichst vollständige und schnelle Ableitung von Niederschlagsabflüssen angestrebt. Zusammen mit dem Einfluss, den ein erhöhter Versiegelungsgrad von Flächen auf deren Wasserhaushalt und das Grundwasserdargebot ausübt, führt dies in besiedelten Gebieten mit einem hohen Anteil an undurchlässigen Flächen zu einer Änderung der Wege des Niederschlagswassers im Vergleich zum natürlichen Wasserkreislauf (siehe Bild 2.2). In diesem Zusammenhang wird daher zwischen dem natürlichen und dem urbanen Wasserkreislauf unterschieden.

Die Verteilung von Regenwasser auf Verdunstungs- und Abflussströme für verschiedene Natur- bzw. naturnahe Landschaftsräume und Gebiete mit unterschiedlicher Siedlungsstruktur ist in Bild 2.3 illustriert. Es ist deutlich zu erkennen, dass mit zunehmender Versiegelung der Oberfläche der Anteil des Regens, der wieder verdunstet oder versickert (Grundwasserneubildung) abnimmt. Der Anteil des Regens, der auf den befestigten Oberflächen abfließt, nimmt dagegen mit steigendem Versiegelungsgrad und Gefälle zu.



Bild 2.3: Aufteilung des Regens auf Verdunstung und Abflussströme für verschiedene Landschaftsräume und Siedlungsstrukturen

Die verringerte Rate der Grundwasserneubildung durch Flächenversiegelung hat in dünn besiedelten Gebieten in der Regel geringe Auswirkungen auf den Grundwasserhaushalt. In dichter besiedelten Ballungsgebieten mit einem hohen Anteil an undurchlässigen Flächen kann es zu sinkenden Grundwasserständen kommen. Das ist allerdings schwer direkt nachweisbar, da meist entsprechende historische Vergleichsmessungen der unbeeinflussten Grundwasserstände fehlen. Meist werden nur indirekte Folgen, wie das permanente oder periodische Trockenfallen von Brunnen, Quellen oder kleinen Fließgewässern beobachtet (HFN, 2004). Oft geben nur noch Namen von Straßen, Vierteln oder Ortsteilen Hinweise auf ehemals vorhandene Grundwasseraustritte (z.B. Quellen) oder Wasserläufe.

Eine zunehmende **Flächenversiegelung** in Siedlungen führt zu einer **erhöhten Volumen- und Schadstofflast in bestehenden Kanalnetzen und unterhalb liegenden Kläranlagen**. Der Anschluss neu erschlossener Siedlungsflächen mit einem hohen Anteil an undurchlässigen Flächen verursacht oft ebenfalls eine steigende Auslastung des unterhalb vorhandenen Transport- und Behandlungssystems Kanalnetz

/ Kläranlage. Dies führt in herkömmlichen Trennkanalisationen ohne Rückhaltung, bei denen das Regenwasser in den nächstliegenden Bach oder Fluss geleitet wird, zu höheren Abflussspitzen und steigendem Abflussvolumen im Gewässer sowie zu zusätzlichen Schadstoffeinträgen durch Abspülungen von Oberflächen.

Ähnliches gilt für Mischkanalisationen, in denen Regen- und Abwasser gemeinsam (gemischt) abgeleitet wird. Hier kommt es durch einen erhöhten Zufluss zur Kläranlage und infolge der überlaufenden Entlastungsbauwerke, die der Kläranlage vorgeschaltet sind, zu Belastungen der Gewässer.

Diese Gewässerbelastungen durch niederschlagsbedingte Einleitungen aus Trenn- oder Mischkanalisationen geschehen meist unbemerkt von der Öffentlichkeit und im Rahmen des normalen Kanalbetriebs bis zu mehrere hundert mal pro Jahr. Die Folgen solcher Ereignisse sind unterhalb von Einleitestellen erkennbar (siehe [Bild 2.4](#), links). Schwerwiegend können auch die Auswirkungen auf das Gewässer und die darin beheimatete Flora und Fauna sein. Zusätzlich stehen Oberflächengewässer über ihre durchlässige Sohle in hydraulischen Kontakt mit dem Grundwasser. Aufgrund von Infiltrationsvorgängen kann die Grundwasserqualität durch die Beschaffenheit eines benachbarten Oberflächengewässers beeinflusst werden.

Auch im Kanalnetz selbst kann es beim Zunehmen der angeschlossenen undurchlässigen Fläche vermehrt zu Kapazitätsengpässen kommen. Diese Überlastungen eines Kanalnetzes geschehen schlimmstenfalls in Form von Überflutungen infolge kurzer heftiger Regenfälle und werden von der Öffentlichkeit als spektakuläre Ereignisse registriert (siehe [Bild 2.4](#), rechts). Im Gegensatz zu den oben genannten Einleitungen in Gewässer sind diese Überlastungen im Rahmen des normalen Kanalnetzbetriebs nicht vorgesehen.

Während Überflutungen von Kanalisationen unbedingt verhindert werden müssen, sind Einleitungen in Gewässer, die durch Niederschläge verursacht werden, nahezu unvermeidlich. Mit Hilfe alternativer Maßnahmen im Einzugsgebiet, die sich an der Herstellung eines möglichst naturnahen Wasserkreislaufs orientieren, kann allerdings der Umfang solcher Gewässerbelastungen erheblich reduziert werden (siehe [Kapitel 2.2.2](#)).



Bild 2.4: „Klopapierfahnen“ in der Alzette als Folge eines Mischwasserüberlaufs (links) und Schachtüberflutung durch ein Starkregenereignis (rechts)

2.2 ZIELE UND MASSNAHMEN EINES NEUEN UMGANGS MIT REGENWASSER

2.2.1 RECHTLICHE GRUNDLAGEN AUF EUROPÄISCHER UND NATIONALER EBENE

In den vergangenen Jahren wurden auf der Ebene der europäischen Union zahlreiche Schritte unternommen, die zu einer Verbesserung der Qualität von Gewässern in Europa beitragen sollen.

So ist es beispielsweise ein Umweltziel der EU-Wasserrahmenrichtlinie, spätestens bis zum Jahr 2015 in Oberflächengewässern einen guten ökologischen und chemischen Zustand zu erreichen. (REU, 2000). Die Beurteilung des Gewässerzustands erfolgt dabei anhand vielfältiger Qualitätskriterien wie z.B. biologischer Komponenten (Zusammensetzung und Abundanz der Gewässerflora etc.), hydromorphologischer Komponenten (Wasserhaushalt etc.), Schadstoffkomponenten (Verschmutzung durch prioritäre Stoffe etc.). Künstliche und erheblich veränderte Oberflächengewässer sollen innerhalb des oben genannten Zeitrahmens ein gutes ökologisches Potenzial sowie einen guten chemischen Zustand erreichen. Dieses Ziel wird ohne ein Umdenken bei der Planung von Kanalsystemen in Luxemburg nur schwer erreichbar sein.

Diese Vorgaben des Rates der europäischen Union und des europäischen Parlaments werden in der nationalen Gesetzgebung Luxemburgs durch ein neues Wassergesetz aufgegriffen und konkretisiert.

2.2.2 NACHHALTIGE UND NATURNAHE KONZEPTE

Das bisherige Konzept des Umgangs mit Regenabflüssen von Oberflächen in Siedlungsgebieten beruhte auf einer schnellen und rückstaufreien Ableitung. Die Folgen dieses Vorgehens sind im vorangegangenen Kapitel erläutert worden.

Daraus resultiert das Hauptanliegen eines neuen nachhaltigen Umgangs mit Regenwasser in Siedlungen:

Annäherung des urbanen an den natürlichen Wasserkreislauf

Basierend darauf lassen sich die wesentlichen Ziele dieses Leitfadens definieren, die durch das Umleiten des Regenwassers auf „neue Wege“ in den Siedlungsgebieten Luxemburgs erreicht werden sollen:

- Sichern der Qualität des Grundwassers
- Erhöhen der Grundwasserneubildungsrate
- Verringern der Belastungen von Gewässern
- Vermeiden von Überlastungen in Kanalnetzen

Grundvoraussetzung für die Umsetzung alternativer Maßnahmen zur Regenwasserbewirtschaftung ist die Trennung der Abflüsse in Siedlungsgebieten nach Herkunft bzw. Verschmutzung.

Erst durch eine Trennung auf Grundstücksebene zwischen Abwasser und Regenabflüssen werden Maßnahmen der Regenwasserbehandlung möglich. Sind semizentrale oder zentrale Regenwasserbehandlungsanlagen vorgesehen, ist eine getrennte Abführung der Abflussströme vom Grundstück durch eine Trennkanalisation unbedingt erforderlich. Es ist unter allen Umständen zu vermeiden, dass sich Regenabflüsse, die sich mit einfachen naturnahen Verfahren wieder dem natürlichen Wasserkreislauf zuführen lassen, mit stärker verschmutzten Abflüssen mischen und dadurch ebenfalls einer Kläranlage zugeführt werden müssen.

Hauptsächlich bei neuen Erschließungsplanungen für Wohn-, Gewerbe- und Industriegebiete wird zur Entlastung des unterhalb liegenden bestehenden Kanalnetzes zunehmend versucht, alternative Maßnahmen zur Reduzierung des Regenabflusses von Oberflächen zu ergreifen. Doch auch in Bestandsgebieten kann ein alternativer Umgang mit Regenwasser zu einer Verbesserung der Abflusssituation führen. Die Handlungsmöglichkeiten, die von dezentralen Maßnahmen auf Gebäude- und Grundstücksebene über dezentrale bzw. semizentrale Maßnahmen im Bereich öffentlicher Flächen bis hin zu zentralen Maßnahmen auf der Ebene ganzer Baugebiete bestehen, sind im Fließdiagramm in [Bild 1.3](#) zusammengefasst. Diese Abbildung enthält auch Verweise auf die Abschnitte des Leitfadens, in denen die Maßnahmen näher erläutert werden.

Insbesondere lokale bzw. dezentrale Maßnahmen zur Entsiegelung oder Abkoppelung undurchlässiger Flächen von der Kanalisation (siehe [Bild 2.5](#), links) tragen dazu bei, den lokalen Wasserkreislauf dem ursprünglichen naturnahen Wasserkreislauf wieder anzunähern.

Der Abfluss aus Gebieten mit einem sehr hohen Anteil an Flächen, die außerhalb bebauter Ortslagen liegen (Außengebiete), sollte durch geeignete Maßnahmen von den Kanalnetzen der Ortslagen ferngehalten werden. Ist dies nicht oder nur in begrenztem Umfang möglich, muss er in einem Regenwasserkanal aufgenommen und einer nachfolgenden Behandlung (z.B. Versickerung oder Regenrückhaltung mit anschließender Einleitung in Gewässer) zugeführt werden.

Bei Maßnahmen zur Abkoppelung von Flächen vom Kanalnetz ist zu beachten, dass **kein Eintrag von Schadstoffen ins Grundwasser** über Abspülungen von verschmutzten Flächen erfolgen sollte. Gegebenenfalls muss beim Abkoppeln mäßig verschmutzter Flächen vor dem Versickern bzw. Einleiten eine Vorbehandlung erfolgen (siehe [Kapitel 4.2](#) u. [4.6.3](#)). Aufgrund regionaler hydrogeologischer Gegebenheiten können Konfliktsituationen zwischen dem Bestreben nach einer nachhaltigen Bewirtschaftung des Regenabflusses von Oberflächen und dem Schutz der Trinkwasserressourcen auftreten. Das ist besonders in Gebieten der Fall, in denen im Untergrund Formationen des klüftigen Luxemburger Sandsteins anstehen (siehe [Kapitel 3.2](#)). Hier wird dem Schutz des Trinkwassers eindeutige Priorität vor einer lokalen Versickerung von Regenwasser eingeräumt. Daher ist die Grundvoraussetzung des Einsatzes alternativer Maßnahmen zur Regenwasserbehandlung, dass von ihnen keine Gefahr für die Grundwasserqualität ausgehen darf.

Es besteht auch die Möglichkeit der Nutzung von Regenwasser beispielsweise zur Gartenbewässerung oder Toilettenspülung. Dadurch wird ein Beitrag zur Einsparung von Trinkwasser und somit zur Schonung der Trinkwasserressourcen geleistet. Zu diesem Zweck kann der Regenabfluss von gering verschmutzten Oberflächen gesammelt, gespeichert und verwertet werden.

Die Rückhaltung und verzögerte Ableitung z.B. durch Gründächer oder durch Ableitung in offenen Gerinnen trägt zur Verringerung von Abflussspitzen im Kanal bei und kann außerdem als gestalterisches Element und durch ihren Einfluss auf das Kleinklima die Attraktivität des Umfeldes steigern (siehe [Bild 2.5](#), Mitte und rechts).



Bild 2.5: Beispiele für Maßnahmen zur Entsiegelung (durchlässiger Flächenbelag, links) sowie zur Rückhaltung und verzögerten Ableitung (Gründach und offene Rinne, Mitte bzw. rechts)



Planungsvorraussetzungen



3.1 TRENNUNG VON ABFLÜSSEN IN SIEDLUNGEN

3.1.1 VORTEILE DES TRENNSYSTEMS GEGENÜBER EINEM MISCHSYSTEM

Derzeit ist der größte Teil der Kanalisationen in Luxemburg als Mischkanalisation ausgeführt. In der Mischkanalisation werden das Abwasser und der Regenabfluss aus Siedlungsgebieten in einem gemeinsamen Kanal abgeführt. Dieses Verfahren wurde vor allem für die verdichteten Bereiche städtischer Siedlungsstrukturen entwickelt. Allerdings wurde das Prinzip der Mischkanalisation in der Vergangenheit trotz unterschiedlicher Anforderungen und Randbedingungen unverändert auf ländliche oder andere wenig verdichtete Gebiete übertragen (Schmitt, 1996). Auch in Zusammenhang mit einem alternativen Umgang mit Regenwasser weist die Trennkanalisation klare Vorteile auf:

- Schwach verschmutzte Regenabflüsse können auf kurzem Weg kostengünstig in nahe gelegene Gewässer eingeleitet werden, so dass der Kanal, der zur Kläranlage weiterführt, nur für die Ableitung des Abwassers auszulegen ist.
- Vorhandene längere Hauptsammler zum Anschluss von abgelegenen Siedlungsflächen an Zentralkläranlagen werden durch den Anschluss eines neuen, im Trennsystem entwässerten Baugebiets so gering wie möglich (nur durch das hinzu kommende Schmutzwasser) belastet. Dies erspart unter Umständen den sonst anstehenden Austausch des Hauptsammlers durch Kanalrohre größeren Durchmessers.
- Die aufgrund ungünstiger Geländemorphologie in einigen Teilen des Landes erforderlichen kleinen technischen Kläranlagen oder Pflanzenkläranlagen werden durch die Eliminierung des Regenwassers aus dem Abwasserzufluss entlastet bzw. beim Anschluss neuer Siedlungsgebiete nicht über Gebühr belastet. Dies erspart in vielen Fällen eine kostenaufwändige Erweiterung der Kläranlage.
- Trennsysteme können ohne besondere Maßnahmen und bauliche / technische Eingriffe auch bei geringem Gefälle und bei einem in Luxemburg häufig vorkommenden hohen Grundwasserstand eingesetzt werden.

Die luxemburgische Wasserwirtschaftsverwaltung hat daher entschieden, die Siedlungsentwässerung in Luxemburg stärker und nachhaltig auf ökologische Belange hin auszurichten. Sie hat festgelegt, zukünftig Neuerschließungen von Siedlungsgebieten bzw. Neubaugebieten ausschließlich im Trennsystem zu entwässern.

So ist eine Umsetzung von Maßnahmen einer nachhaltigen Regenwasserbewirtschaftung nur möglich, wenn wenig verschmutzte Regenabflüsse bereits lokal auf der Ebene der Grundstücke von Abwasserströmen getrennt werden.

Ziel dieses Leitfadens ist es, im Rahmen der Trennkanalisation Maßnahmen einer modernen und nachhaltigen Regenwasserbewirtschaftung umzusetzen (s. [Bild 3.1](#)). Konkrete Fallbeispiele hierzu sind im Anhang 2 dargestellt.

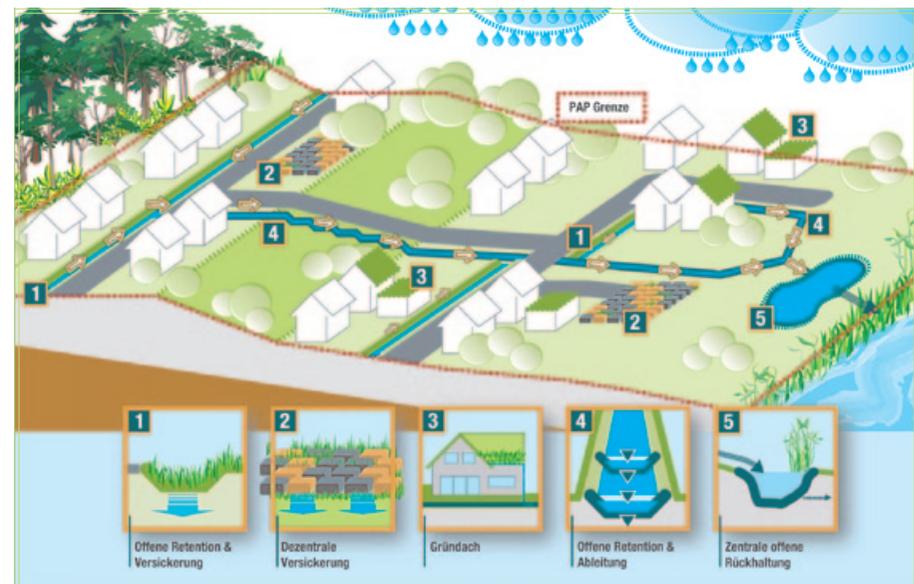


Bild 3.1: Maßnahmen einer nachhaltigen Regenwasserbewirtschaftung im Rahmen des Trennsystems

3.1.2 WAS TUN BEI VORHANDENEN MISCHKANALISATIONEN?

Im Zuge einer langfristigen Ausbau- und Sanierungsstrategie können derzeit im Mischsystem entwässerte Flächen in vielen Fällen sukzessive auf Trennsystem umgestellt werden.

Eine solche Umstellung bietet sich zum Beispiel an, wenn Mischwasserkanäle trotz eines guten Allgemeinzustands aufgrund hydraulischer Überlastung saniert werden müssten. Im Trennsystem können diese Kanalrohre zu (tiefliegenden) Regenwasserkanälen umgewidmet werden, sofern die topographischen Gegebenheiten und Höhenverhältnisse dies zulassen und in akzeptabler Entfernung eine Einleitung ins Gewässer erfolgen kann.

Es ist daher sinnvoll, dass die luxemburgische Wasserwirtschaftsverwaltung bei Neuerschließungen von Siedlungsgebieten bzw. Neubaugebieten auch in solchen Fällen Trennsysteme fordert, wo diese an derzeit (noch) als Mischwasserkanäle genutzte Rohrleitungen angeschlossen werden müssen.

3.1.3 UMSETZUNG IN DER PRAXIS

Für Planer der Siedlungsentwässerung, Architekten und Bauherren privater, gewerblicher und öffentlicher Bauvorhaben sowie für private und öffentliche Betreiber von Anlagen bedeutet die Forderung nach einem Trennsystem, dass bei der Planung und Nutzung des Baugebiets - sowohl auf Ebene des Privatgrundstücks als auch auf öffentlichen Flächen und im öffentlichen Straßenraum - verschiedene Vorgaben und Vorgehensweisen zu beachten sind.

Ausgehend von der Maximalforderung nach vollständiger dezentraler Rückhaltung, Versickerung und Verdunstung des Regenwassers muss bei jeder Erschließungsmaßnahme, bei jedem Baugebiet geprüft werden, welche Bausteine der modernen Regenwasserbewirtschaftung aufgrund der örtlichen Gegebenheiten nicht umgesetzt werden können (s. Checkliste in [Anhang 3](#)).

Grundsätzlich gilt, dass alle möglichen Maßnahmen zur naturnahen Regenwasserbewirtschaftung ausgeführt werden müssen.

Im [Kapitel 5](#) und im [Anhang 2](#) werden die Umsetzung der Maßnahmen unter verschiedenen Randbedingungen an Fallbeispielen dargestellt. Um Bauherren bzw. Antragsteller projektbezogen Punkt für Punkt an das Thema heranzuführen, wurde die in [Anhang 3](#) beigefügte Checkliste erstellt.

Erhöhte Verantwortung beim Kanalnetzbetreiber

Bei der Planung, dem Bau und Betrieb von Trennkanalisationen und Anlagen zur Regenwasserbewirtschaftung kommt auf die Betreiber von Kanalnetzen eine erhöhte Verantwortung zu. Unter anderem kann je nach topografischer Situation im Einzugsgebiet eine periodische Spülung der Abwasserkanäle erforderlich werden. Zusätzliche Verantwortung ist auch mit einer regelmäßigen Kontrolle zur Vermeidung von Fehlanschlüssen befestigter Flächen an Abwasserkanäle oder von sanitären Anlagen an Regenwasserkanäle verbunden. Dies gilt sowohl für Anschlüsse von Neubauten als auch für bereits bestehende Anschlüsse (s. [Bild 3.2](#)). Die Retentionsflächen und ihre Zuleitungen sollen nach Möglichkeit auf Gemeindeflächen liegen, um die Kontrolle und Wartung zu erleichtern.

3.1.4 WIRTSCHAFTLICHKEITSBETRACHTUNG

Die Forderung nach einem Trennsystem und nach modernen Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen führt nicht zwangsläufig zu Mehrkosten. Der Verzicht auf einen weiterführenden Regenwasserkanal und der damit verbundene vollständige Rückhalt des Regenwassers und dessen Versickerung / Verdunstung kann gegenüber einem herkömmlichen Trennsystem sogar zu deutlichen Kostenvorteilen führen.

In den meisten Fällen ist zumindest eine Kostenneutralität erzielbar und ein deutlicher Gewinn für den Naturhaushalt.

Im Anhang 2 wird hierzu für ein Musterbeispiel eine vergleichende Kostenbetrachtung verschiedener Entwässerungssysteme - vom herkömmlichen Trennsystem bis hin zu einer auf ökologische Belange optimierten Variante des Trennsystems - vorgenommen.

Neben dieser in den meisten Fällen ohnehin schon positiven Kosten-Nutzen-Bilanz besteht die Möglichkeit, durch kommunale Planungs- und Steuerungsinstrumente alternative Maßnahmen zum Umgang mit Regenwasser und daraus erwachsende neue Aufgaben für die Kommunen zu fördern. Hierauf wird vertiefend in [Kapitel 3.4](#) eingegangen.



Bild 3.2: Fehlschluss an den Regenwasserkanal in einem Gebiet mit bestehender Trennkanalisation

3.2 HYDROGEOLOGIE UND VULNERABILITÄT DES GRUNDWASSERS

Die Hydrogeologie ist ein Bereich der angewandten geologischen Wissenschaften, der sich mit den Wechselwirkungen zwischen Gesteinsstrukturen und Wasser befasst. Unter den hydrogeologischen Eigenschaften von Gesteinsschichten werden entsprechend alle Faktoren zusammengefasst, die sich auf Sicker- und Grundwasser auswirken und damit beispielsweise dessen Fließgeschwindigkeit und -richtung sowie dessen Zusammensetzung beeinflussen. Eine Erkundung der hydrogeologischen Situation im Vorfeld der Planung von Anlagen zur Regenwasserbehandlung ist unbedingt erforderlich. Das gilt besonders, wenn Anlagen zur Regenwasserversickerung in das Grundwasser vorgesehen sind, um einen schädlichen Einfluss auf das Grundwasser, der durch den Betrieb der Anlage verursacht werden könnte, zu vermeiden.

Die wichtigsten Grundwasserleiter in Luxemburg sind an die mesozoischen Sandsteine und Kalke des Buntsandsteins, des Muschelkalks, des unteren Lias und des Doggers gebunden. Es handelt sich hier um Kluftgrundwasserleiter, in denen das Grundwasser nahezu ausschließlich auf Spalten und Trennfugen zirkuliert. Der Luxemburger Sandstein ist dabei der national bedeutendste Grundwasserleiter, da er im Süden und Zentrum des Landes (Gutland) weite Flächen einnimmt und zur Trinkwasserversorgung genutzt wird.

Der Luxemburger Sandstein des unteren Jura ist ein regelmäßig geklüfteter Sandstein, dessen Klüfte und Spalten von der Geländeoberfläche bis zur Grundwasserleiterbasis einen hoch wasserdurchlässigen Grundwasserleiter bilden. In den Formationen des Muschelkalks (Bereich Grevenmacher) und Doggers (Minetteregion im Südwesten des Landes) sind vergleichbare, hoch wasserdurchlässige Schichten als Kluftgrundwasserleiter ausgebildet, die zur Trinkwasserversorgung der Kommunen und Syndikate genutzt werden. Der Grundwasserleiter der Buntsandsteinformation wird im Norden des Gutlandes überwiegend durch Brunnen zur Trinkwasserversorgung genutzt. Er besteht aus einem hoch wasserdurchlässigen konglomeratischen Sandstein, in dessen Klüfte das Grundwasser zirkuliert.

Alle Kluftgrundwasserleiter in Luxemburg besitzen ein geringes Rückhalte- und Abbauvermögen für Schadstoffe, da das Grundwasser in den Spalten und Klüften im Gegensatz zu Porengrundwasserleitern nicht ausreichend „gefiltert“ werden kann.

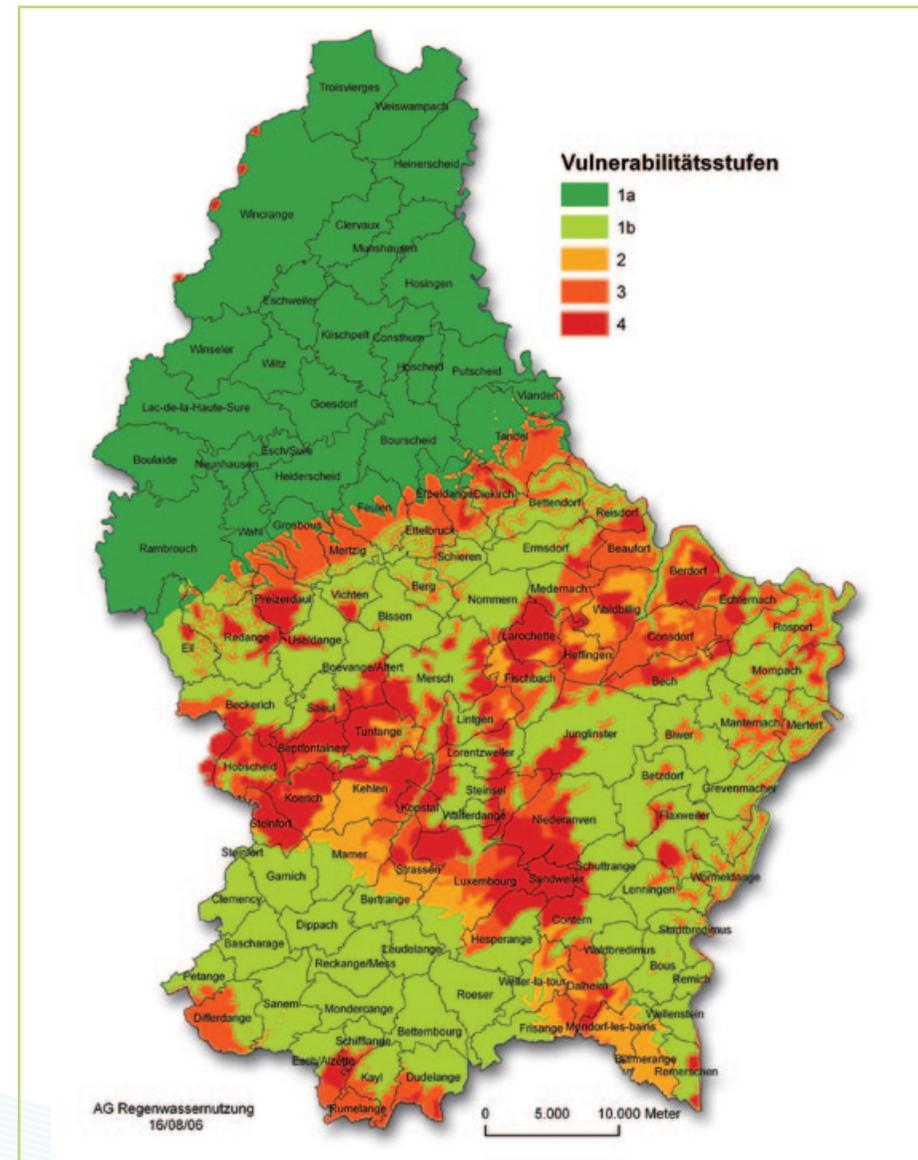


Bild 3.3: Vulnerabilitätsstufen des Grundwassers in Luxemburg

Somit ist die **Überdeckung der Grundwasserleiter mit Böden und jungen Sedimenten für die Grundwasserqualität von Bedeutung**. Der Austausch zwischen Grundwasser und Oberflächenwasser hängt von der geodätischen Lage des Wasserspiegels ab. Während auf den Plateaus die Grundwasseroberfläche im unbedeckten Luxemburger Sandstein sehr tief unter der Geländeoberfläche ansteht, kann in den Oberläufen der Eisch, der Mamer und anderer Nebenflüsse der Alzette und Attert die Grundwasseroberfläche entweder auf gleichem Niveau oder oberhalb des Oberflächenwasserspiegels anstehen.

Die geologisch älteren Grundwasserleiter, wie z. B. der Buntsandstein, stehen meist unter einer Überdeckung mit jüngeren Sedimenten an, so dass direkte Zutritte von Oberflächenwasser nur in tektonischen und strukturellen Bruchzonen (z.B. Dolinen) möglich sind.

Die „Vulnerabilität des Grundwassers“ im Luxemburger Sandsteins und den anderen unbedeckten Grundwasserleitern wird vor allem durch die hoch wasserwegsam Trennfugen und die in weiten Bereichen des Gutlandes fehlende Überdeckung mit wasserstauenden oder rückhaltefähigen Sedimenten begründet. Die Vulnerabilität eines Grundwasserleiters ist in diesem Fall eine qualitativ definierbare Eigenschaft des Gesamtsystems „Gestein-Wasser“. Für die Beurteilung der Eignung einer Niederschlagswasserversickerung wurde die allgemeine Vulnerabilität der unbedeckten Kluftgrundwasserleiter, wie den flächenhaft verbreiteten Luxemburger Sandstein, unabhängig von den Schadstoffspezies als Beurteilungsgrundlage genutzt.

In der Tabelle 3.1 sind die spezifischen Vulnerabilitätsstufen der wichtigsten Grundwasserleiter in Luxemburg zusammengestellt worden. Folgende Beurteilungsgrundlagen für die Einstufung der Grundwasserleiter und Formationen wurden prioritär gewählt:

- Nutzung zu Trinkwasserzwecken und vorhandene Schutzgebiete
- die Exposition zur Geländeoberfläche und die Überdeckung des Grundwasserleiters mit geringer durchlässigen Sedimenten;
- die Gesteinsart des Grundwasserleiters und das damit verknüpfbare Rückhaltevermögen gegenüber Schadstoffen.

Die Verbreitung der wichtigsten Grundwasserleiter ist in einer Übersichtskarte in der Abbildung 3.3 dargestellt. Im Osten des Landes ist aufgrund der kleinräumigen Ausbisse der Gesteine und deren tektonischer Verstellung eine Überlagerung verschiedener Vulnerabilitätsstufen möglich. So können unterschiedlich eingestufte Grundwasserleiter nebeneinander bzw. übereinandervorkommen. Eine lokale Erkundung der Gesteinsabfolge ist erforderlich. Für die Vulnerabilitätsstufen 1 und 2 werden Mindestmächtigkeiten in Anlehnung an das DVGW-Arbeitsblatt W 101 (Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e.V., 2006) für die Grundwasserüberdeckung mit bindigen Sedimenten vorausgesetzt. Eine Schutzfunktion ist für die mesozoischen Deckschichten über dem Luxemburger Sandstein, dem Muschelkalk, Dogger und dem Buntsandsteingrundwasserleiter anhand der räumlichen Verbreitung über dem Grundwasserleiter, der vertikalen Durchlässigkeit und der Schichtmächtigkeit abzuleiten. Die Mächtigkeit der geringdurchlässigen Grundwasserüberdeckung, z. B. durch einen Mergelstein oder Tonstein, darf dabei 5 m nicht unterschreiten. Die vertikale Durchlässigkeit sollte bei $< 1 \cdot 10^{-7}$ m/s liegen. Für Regionen mit grundwasserstauenden Überdeckungen der Grundwasserleiter ($k_f < 1 \cdot 10^{-7}$ m/s) ist ein Durchstoßen der Schutzschichten und ein hydraulischer Kurzschluss mit tiefer liegenden grundwasserleitenden Schichten in den Vulnerabilitätsstufen 2 bis 4 ausgeschlossen.

Die Verträglichkeitsstufen für die Versickerung von Niederschlagswasser ergeben sich aus den Vulnerabilitätsstufen der Grundwasserleiter bzw. der geologischen Formationen sowie der Herkunft und dem Belastungsgrad der Regenwässer (s. Tab. 3.1).

Tabelle 3.1: Definition der Vulnerabilitätsstufen der Grundwasserleiter bzw. der geologischen Formationen in Luxemburg

Vulnerabilitätsstufe	Grundwasserleiter bzw. geologische Formation	Einstufung des Rückhaltevermögens gegenüber Schadstoffen
1	paläozoische Schiefer des Ösling (1a); Mesozoikum mit mächtiger Überdeckung (m > 10m) mit gering durchlässigen Sedimenten (1b)	Sehr hoch
2	geringmächtig (5m < m < 10m) überdeckte Grundwasserleiter des Mesozoikums (Li2, Buntsandstein, Muschelkalk, Dogger, Terrassensedimente der Mosel)	Hoch
3	unbedeckte oder sehr geringmächtig (m < 5m) überdeckte Grundwasserleiter des Mesozoikums (Li2, Buntsandstein, Muschelkalk, Dogger, Terrassensedimente der Mosel)	Gering
4	alle Grundwasserleiter mit Trinkwassernutzung (Trinkwassergewinnungs- und Schutzgebiete, z.B. im Luxemburger Sandstein, Muschelkalk und Dogger)	Sehr gering

3.3 NIEDERSCHLAGSSITUATION IN LUXEMBURG

3.3.1 RÄUMLICHE UND SAISONALE VERTEILUNG DER NIEDERSCHLÄGE

Die durchschnittliche jährliche Niederschlagshöhe in Luxemburg beträgt 830 mm (Pfister et al., 2005). Die Verteilung der Niederschlagshöhen in Luxemburg ist stark von der geographischen Lage abhängig. Bild 3.4 illustriert die regionale Verteilung der mittleren jährlichen Niederschlagshöhen für den Zeitraum 1971 bis 2000. Es ergibt sich ein klarer Gradient der Niederschlagshöhen vom niederschlagsreicheren Nordwesten (Ardennen) zum trockeneren Südosten Luxemburgs. Aus den Extremwerten der Niederschlagshöhen von 966 mm/a bei Arsdorf und 735 mm/a bei Remich resultiert eine Differenz von 231 mm/a.

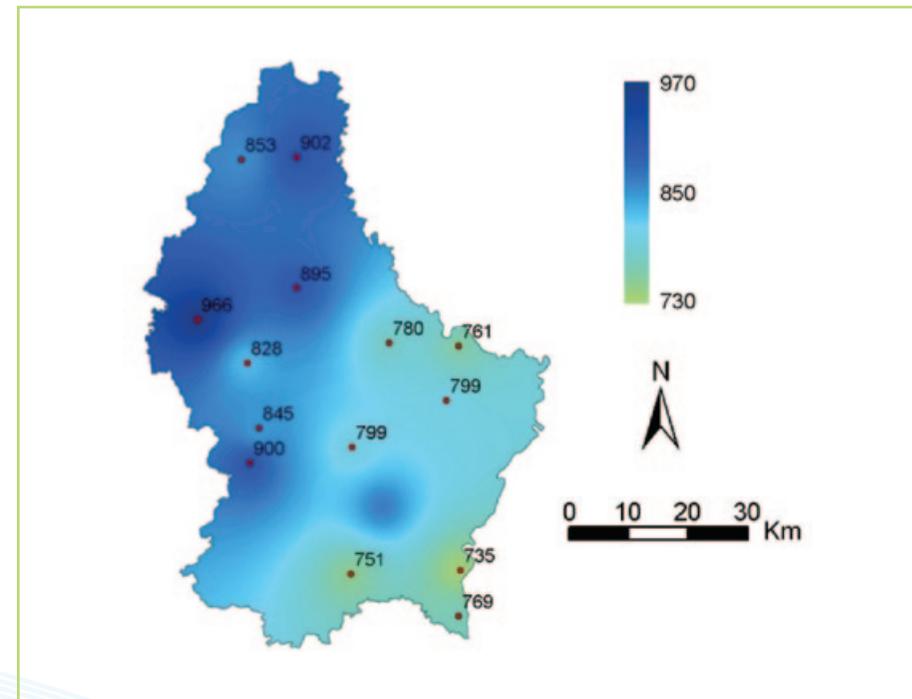


Bild 3.4: Verteilung des mittleren Jahresniederschlags in Luxemburg im Zeitraum 1971-2000 (nach Pfister et al., 2005)

Neben den geographischen Schwankungen der Niederschlagshöhen treten in Luxemburg auch deutliche saisonale bzw. monatliche Schwankungen auf. In den Jahren von 1971 bis 2000 stellte der August im Mittel den trockensten Monat des Jahres dar, während die höchsten Niederschläge im Dezember zu verzeichnen waren (vgl. [Bild 3.5](#)). Diese saisonalen Schwankungen der Niederschlagshöhen haben unmittelbaren Einfluss auf die Bemessung des Volumens von Speichern zur Regenwassernutzung (vgl. [Kapitel 4.3](#)) und machen aufgrund nicht vorhersagbarer langer Trockenperioden das Vorsehen einer Trinkwassernachspeisung erforderlich.

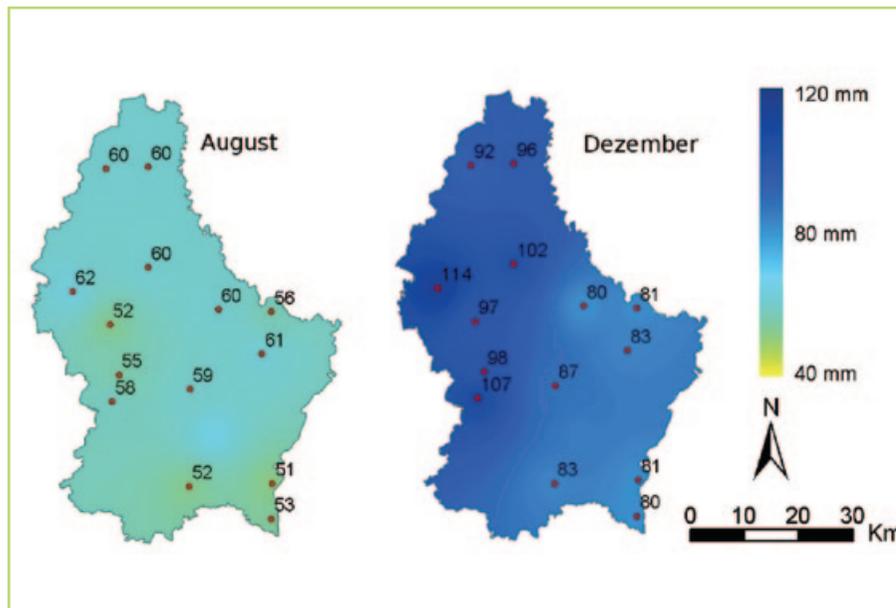


Bild 3.5: Verteilung der mittleren monatlichen Niederschläge in den Monaten August und Dezember im Zeitraum 1971-2000 (nach Pfister et al., 2005)

Infolge des Klimawandels, der im 20. Jahrhundert beobachtet wurde, deutet sich in Luxemburg eine Zunahme der Regenintensitäten und Regendauern in den Wintermonaten an (Pfister, et al., 2004). Es bedarf allerdings noch näherer Untersuchungen, wie ein Klimawandel den Umgang mit Regenwasser beeinflusst.

Für die Dimensionierung von Anlagen der Regenwasserbehandlung im Trennsystem sind kurze intensive Regen relevant, da sie zu einer kurzen hohen Auslastung der Anlagen führen. Diese Regen müssen von den Behandlungsanlagen ohne Überflutungen aufgenommen und behandelt (z.B. versickert, zwischengespeichert) werden.

In Luxemburg wird der Drosselabfluss unter Ansatz der ursprünglichen, unbebauten Situation und unter Annahme eines einjährigen 15-minütigen Regens mit $110\text{L}/(\text{s}\cdot\text{ha})$ bemessen. Das Volumen der Rückhaltung ergibt sich aus der zukünftigen, bebauten Situation mit einem zehnjährlichen Regenereignis.

Die maßgebenden **Dimensionierungsereignisse sind**, soweit sie nicht durch diesen Leitfaden vorgegeben werden, **mit der Wasserwirtschaftsverwaltung abzustimmen** und nach ALUSEAU (2000) zu berechnen.

Bis zur Verfügbarkeit repräsentativer Regenreihen für Luxemburg zur Simulation der Langzeitwirkung von Anlagen der Regenwasserbehandlung (z.B. für Regenrückhalteräume zur Retention von Regenabflüssen) ist die Verwendung von Regenreihen durch die Wasserwirtschaftsverwaltung zu genehmigen.

3.3.2 ZUSAMMENSETZUNG VON NIEDERSCHLAGSABFLÜSSEN

Die stoffliche Zusammensetzung der Niederschlagsabflüsse von Oberflächen wird sowohl von der lokalen Luftzusammensetzung als auch vom vorhandenen Stoffpotenzial am Abflussbildungsort beeinflusst (Grotehusmann, 1995). Eine Beladung mit verschiedensten Stoffen erfolgt durch die Ausfilterung von Feinstpartikeln und Aerosolen aus der Luft, bevor der Niederschlag die Erdoberfläche erreicht. Wesentlichen Einfluss auf die stoffliche Beladung der Luft hat die großräumige Emissionssituation. Diese wird durch klimatische Bedingungen sowie durch Emissionen aus Gewerbe, Industrie, Verkehr, Landwirtschaft und privater Verwendung von Brennstoffen zu Heizzwecken geprägt. Die Auswaschung von Stoffen aus der Luft durch den Regen erklärt die Stoffkonzentrationen an Blei, Sulfat, Kohlenwasserstoffen usw., die bereits im Regen gemessen werden (siehe [Tabelle 3.2](#)).

Tabelle 3.2: Beispiele für Stoffkonzentrationen im Regenwasser, im Niederschlagsabfluss einer Straße und eines Dachs sowie entsprechende Grenzwerte Trinkwasserverordnung

	Blei	Cadmium	Kupfer	Zink	Nitrat	Sulfat	KW ⁴
	µg/l			mg/l			
Regen ¹	2,4	0,01	5,4	0,069	4,8	2,7	0,050
Straßenabfluss ¹	9,5	0,13	50,0	0,690	4,7	9,5	0,960
Dachabfluss ²	-	-	-	1,120	4,5	4,7	-
Trinkwasser ³	10,0	5,0	1,0	-	50	250	-

- Stoff- bzw. Parameterkonzentration wurde nicht bestimmt / keine Anforderungen an TW vorhanden

1 Mittlere Konzentrationen an einer Straße bei Augsburg mit durchschnittlicher täglicher Verkehrsbelastung von 7500 Kfz/Tag im Auswertzeitraum 19.12.2001 bis 26.03.2002 (Lfw, 2004)

2 Konzentrationen im Dachabfluss eines Schulgebäudes mit präpatiniertem Zinkdach (Luxcontrol S.A., 2003)

3 Mindestanforderungen in Anhang I, Teil B bzw. Indikatorparameter in Anhang I, Teil C des Règlement grand-ducal du 7 octobre 2002 relatif à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine (Großherzogtum Luxemburg, 2002)

4 Kohlenwasserstoffe nach DIN EN ISO 9377-2 (2000)

In der Atmosphäre vorhandene Partikel lagern sich auch auf Oberflächen ab und reichern sich dort, je nach meteorologischen Randbedingungen, an. Diese Ablagerungen bilden zusammen mit den Stoffen, die für die Nutzung der Oberfläche typisch sind (z.B. Verkehrsbelastung von Straßen) oder aus denen die Oberfläche besteht (z.B. spezifische Dachmaterialien), die zweite wichtige Quelle von Verschmutzungen im Niederschlagsabfluss von Oberflächen. Daher enthält der Regenabfluss von Straßen schädliche Substanzen wie z.B. Kohlenwasserstoffe, Kupfer und Blei, die in unmittelbarem Zusammenhang mit dem vorhandenen Fahrzeugverkehr stehen (vgl. [Tabelle 3.2](#)). Die hohen Zinkkonzentrationen im Dachabfluss einer Schule in Schifflange (siehe [Tabelle 3.2](#)) verdeutlichen außerdem den entscheidenden Einfluss, den Materialien haben, die beim Dachaufbau Verwendung finden.

Die Unterschiede in der Zusammensetzung von Niederschlagsabflüssen, die aus der Nutzung und Beschaffenheit von Oberflächen resultieren, machen deutlich, dass

die Herkunft des Niederschlagsabflusses wesentlichen Einfluss auf die nachfolgende Behandlung des Abflusses haben muss. Der Hintergrund dieser Anforderungen an die Behandlung insbesondere vor einer Versickerung wird durch einen Vergleich der Stoffkonzentrationen in den Niederschlagsabflüssen mit den ebenfalls in [Tabelle 3.2](#) angegebenen Grenzwerten in Trinkwasser (Großherzogtum Luxemburg, 2002) hauptsächlich bezüglich der Parameter Kupfer und Blei deutlich. Sie erreichen bzw. überschreiten die angegebenen Grenzwerte für Trinkwasser, die vom Trinkwasser in Luxemburg in der Regel weit unterschritten werden. Daher ist besonders im Einzugsgebiet von Anlagen zur Trinkwassergewinnung zu gewährleisten, dass schädliche Stoffe in den Behandlungsanlagen zurückgehalten werden. Dadurch wird weiterhin die Notwendigkeit einer strikten Trennung zwischen Trinkwasser- und Brauchwasserstrom bei der Regenwassernutzung deutlich.

Die Belastungsgrade des Niederschlagswassers je nach Herkunftsfläche können in Anlehnung an das Merkblatt ATV-DVWK-M 153 (2000) wie folgt definiert werden:

- **gering verschmutzt** (Beispiele für Herkunftsflächen: Gründächer, Wiesen, Dachflächen ohne unbeschichtete Metalle, Rad- und Gehwege mit > 3m Abstand von Straßen, Pkw-Parkplätze ohne häufigen Fahrzeugwechsel, wenig befahrene Anliegerstraßen bis 300 Kfz/24h. Diese Abflüsse können meist ohne Vorbehandlung in ein Fließgewässer eingeleitet werden; zur Versickerung sind die meisten Verfahren nach [Tabelle 4.1](#) geeignet.)
- **mittel verschmutzt** (Beispiele für Herkunftsflächen: Durchgangsstraßen mit einem DTV von 300 bis 5000 Kfz/24h, PKW-Parkplätze ohne häufigen Fahrzeugwechsel in Gewerbe- und Industriegebieten. Sie können nur noch in Vulnerabilitätsstufe 1 problemlos versickert werden, in allen anderen Stufen sind Kombinationen von Behandlungsmaßnahmen oder besondere Verfahren nötig)
- **stark verschmutzt** (Beispiele für Herkunftsflächen: PKW-Parkplätze mit häufigem Fahrzeugwechsel, Flächen mit starker Verschmutzung, z.B. Straßen über 15000 Kfz/24h, intensive Landwirtschaft, LKW-Abstellflächen. Diese Abflüsse können nur in begründeten Ausnahmefällen oberirdisch versickert werden, eine unterirdische Versickerung ist grundsätzlich ausgeschlossen.)

Die Behandlung von Niederschlagswasser von stark verschmutzten Flächen wird hier nicht weiter vertieft. Dieser Leitfaden beschränkt sich auf die Betrachtung von Flächen geringer bis mittlerer Verschmutzung.

3.4 KOMMUNALE PLANUNGSASPEKTE

Jede Gemeinde sollte eine aktive Rolle im Sinne einer nachhaltigen Regenwasserbewirtschaftung einnehmen. Das folgende Kapitel gibt Aufschluss über die planerischen und reglementarischen Möglichkeiten, die einer Kommune offen stehen.

3.4.1 URBANISTISCHE PLANUNGSASPEKTE

In der Etude préparatoire, die vom Gesetzgeber bei jeder Änderung des kommunalen Bebauungsplanes gefordert wird, muss eine Bestandsaufnahme der Geologie und Bodenbeschaffenheit sowie des lokalen Klimas vorgenommen werden. Auch im Hinblick auf eine effiziente Regenwasserbewirtschaftung sind diese Daten von großer Bedeutung, da Niederschlag, Verdunstung und Versickerung wichtige Klimaelemente sind, die die Luftfeuchtigkeit und die Umgebungstemperatur sowie den Grundwasserspiegel positiv beeinflussen. Zudem müssen die Kapazitäten der Ver- und Entsorgungsnetze untersucht werden.

Aus diesen Daten wird eine Bewertung des Baulandpotenzials erstellt, auf deren Basis dann Neuausweisungen oder Umänderungen von Baugebieten vorgenommen werden. Schon auf der Ebene des allgemeinen Bebauungsplanes können daher wichtige Weichen gestellt werden in Hinblick auf eine effiziente Regenwasserbewirtschaftung.

Folgende Elemente sollten im Rahmen des allgemeinen Bebauungsplanes (PAG) betrachtet werden:

- Bei der Ausweisung von Bebauungszonen die natürlichen Gegebenheiten beachten, wie Topografie und Bodenbeschaffenheit. Hiervon hängt ab, ob Regenwasser versickert, offen abgeführt oder in Rückhalte-/Versickerungsbecken gesammelt werden kann.

- Eine offene Regenwasserführung beeinflusst das lokale Klima und kann ein interessantes gestalterisches Element sein. Zudem kann bei offener Ableitung auf teure Kanalverlegungen verzichtet werden. Daher sollte man entsprechende Korridore vorsehen.
- Bestehende Senken, Bachläufe sowie natürlich vorhandene Retentionsflächen sollte man mit in die Planung einbeziehen.

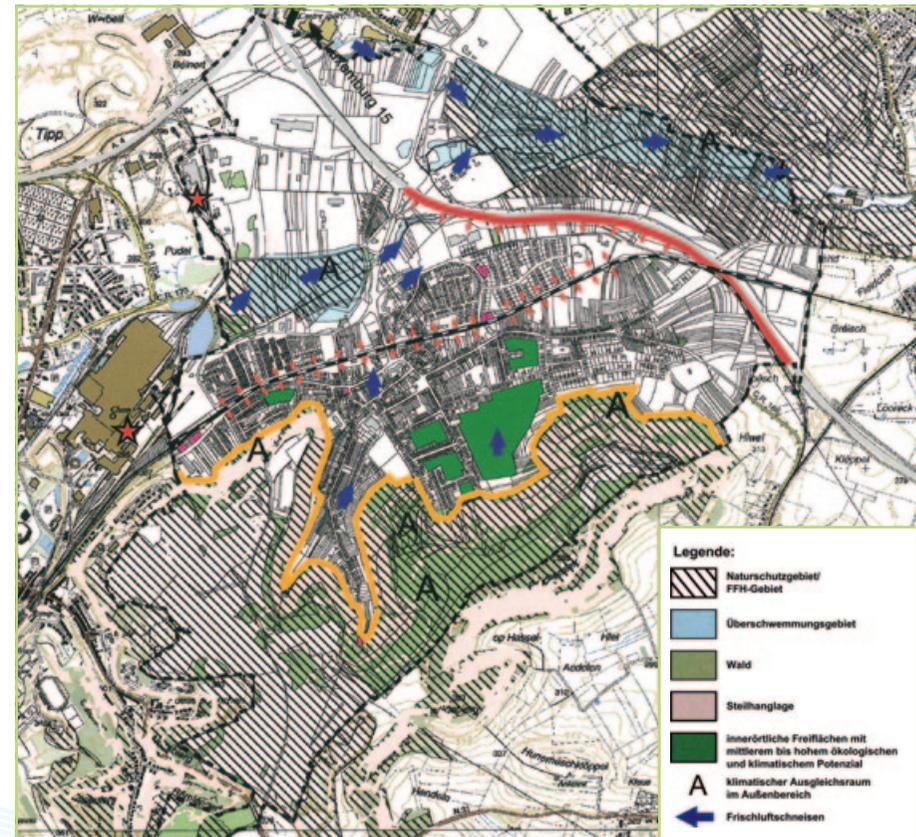


Bild 3.6: Ausweisung von Freiflächen mit hohem ökologischem und klimatischem Potential im PAG (Auszug PAG der Gemeinde Schiffingen)

Durch diese Maßnahmen können lokale Wasserkreisläufe weiter bestehen oder wieder hergestellt werden. Positiv wirken die Maßnahmen sich natürlich auch auf den Gemeindehaushalt aus, da die Kanalnetze, die in der Regel sehr kostenintensiv sind, mit geringeren Durchmessern verlegt werden können. Durch eine wohldurchdachte Planung kann ein Neubaugebiet eventuell über das bestehende Kanalnetz abgeleitet werden und die Kosten für eine Querschnittsvergrößerung entfallen gänzlich.

Im Rahmen von Teilbebauungsplänen (PAP) ist eine präzisere Betrachtung möglich. Eine wichtige Voraussetzung für diese Planung ist die Forderung, ein Bodengutachten für das Plangebiet zu erstellen. Dieses Gutachten muss Aufschluss geben über den Grundwasserstand, die Bodenbeschaffenheit, die Vulnerabilität des vorhandenen Grundwassers (s. Kap. 3.2) sowie die Versickerungsfähigkeit des Erdreiches in diesem Gebiet.

Folgende Aspekte sollte man beim Erstellen von Teilbebauungsplänen (PAP) berücksichtigen:

- Die Topografie des Geländes ist eine Vorgabe welcher Rechnung zu tragen ist, schon allein aus Kostengründen. Dies wirkt sich dann auch positiv auf die Regenwasserbewirtschaftung aus. Die Straßenführung und Bebauung entlang der Höhenlinien vereinfachen die Regenwasserbewirtschaftung. Ein geringes Gefälle vereinfacht die Aufnahme von Regenwasser in Mulden und die verzögerte Ableitung. Das Ableiten von überschüssigem Regenwasser geschieht quer zu den Höhenlinien mit stärkerem Gefälle.
- Durch die Bebauung in Funktion der Topografie des Geländes können die Einschnitte in das Erdreich minimiert werden. Dies trägt dann auch dazu bei, dass das Einschneiden in Grundwasserstände oder Grundwasserleiter verhindert werden kann.
- Unterkellerungen in Gebieten mit Grundwasserständen auf Kellerhöhe, sollten wasserundurchlässig ausgeführt oder ganz vermieden werden. Dem soll in der Partie écrite des PAP Rechnung getragen werden.
- In jedem PAP müssen Grünflächen mit vorgesehen werden. Diese können als Freiflächen eingeplant werden, auf denen Regenwasser gespeichert und versickert

werden kann. Die so geschaffenen Erholungsräume sind gleichzeitig Lebensräume für Pflanzen und Tiere (s. Bild 3.8).

- Eine sinnvolle Maßnahme ist es, die Flächen entlang von wenig befahrenen Straßen als Versickerungsflächen auszulegen, wo Niederschlagswasser aus dem Straßenraum aufgenommen werden, verdunsten und versickern kann.

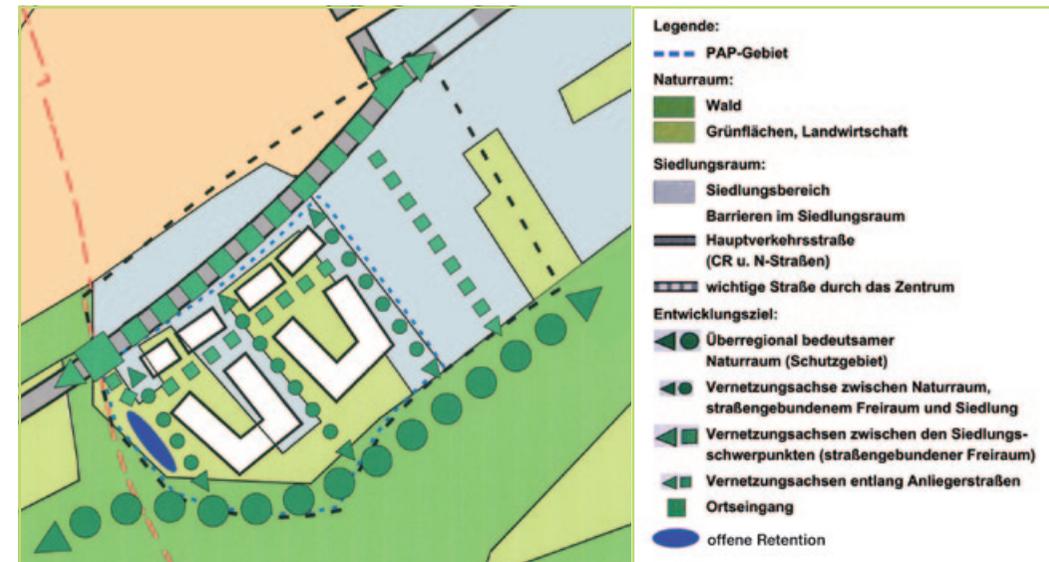


Bild 3.7: Planung von Grünflächen auf der Ebene PAP

Mit diesen einfachen Regeln kann man der durch die Bebauung verursachten Versiegelung entgegenwirken und eine Mehrbelastung der bestehenden Abwasserkanäle vermindern oder gänzlich verhindern. Zudem können interessante Lebensräume für Fauna und Flora entstehen, die die Lebensqualität für die Anwohner wiederum erhöhen.

3.4.2 REGLEMENTARISCHE MÖGLICHKEITEN

Neben den planerischen Aspekten besitzen die Gemeinden natürlich auch Regelwerke, die den Umgang mit Regenwasser stark beeinflussen können. Es sind dies in erster Linie das Bautenreglement, das die Bauweisen und -materialien vorgibt und die Abwassersatzung, die das Ableiten von Schmutz- und Niederschlagswasser regelt.

a) Bautenreglement

In vielen der heute noch gültigen Bautenreglementen sind verschiedene Bauweisen nicht zulässig, die aber erwiesenermaßen sehr positiv für die Regenwasserbewirtschaftung sind. Als Beispiel sei das Flachdach und das Gründach hervorgehoben, das in vielen Gemeinden verboten ist. In vielen Gemeinden wird Regenwasser heute noch in die Kanalisation geleitet und eine Versickerung auf dem eigenen Grundstück ist nicht zulässig.

Dass solche Vorgaben nicht mehr zeitgemäß sind, dürfte leicht verständlich sein, daher muss ein neues oder umgeändertes Regelwerk klare Leitlinien enthalten. Hier sollte man in erster Linie die Bodenversiegelung niedrig halten. Bei den Kompensationsmaßnahmen ist eine klare Hierarchie vorzugeben - verdunsten, versickern, speichern und dann erst ableiten.

Ein zeitgemäßes Regelwerk enthält folgende Elemente:

- Jedes Bauvorhaben stellt einen Eingriff in den Wasserhaushalt dar, daher muss eine Minimierung der Bodenversiegelung vorgeschrieben werden (siehe [Kapitel 4.1](#)).
- Da es vielfältige Möglichkeiten gibt, die Versiegelung zu kompensieren, ist es möglich, verbindliche Vorgaben im Bautenreglement vorzuschreiben und einen maximalen Versiegelungsgrad für ein Grundstück festzuschreiben
- Dränagen stellen einen massiven Eingriff in den Grundwasserhaushalt dar und leiten unbelastetes Grundwasser in die Kanalisation, womit diese Kanäle überlastet werden. Diesen Eingriff kann man verhindern, indem man vorschreibt, dass die Gebäudesohle mehr als einen Meter vom Grundwasserspiegel entfernt sein muss oder in Ausnahmefällen, dass das ins Erdreich ragende Teil als dichte Wanne ausgeführt werden muss (siehe [Kapitel 5.2.1](#)).

- Begrünte Dächer können einen Großteil des Niederschlags aufnehmen und verzögert, durch Verdunstung, wieder abgeben. Da es keine technischen Bedenken gibt, die das Verbot von Flachdächern rechtfertigen würden, sollte man diese Dachform ausdrücklich erlauben (siehe [Kapitel 4.4](#)).
- Versiegelte Zufahrtswege, von denen die Niederschläge auf Gehwege und Straßen geleitet werden, sind zu vermeiden. Bautenreglemente sollen für diese Flächen nur mehr wasserdurchlässige Materialien zulassen (siehe [Kapitel 4.1](#)).
- Das Niederschlagswasser der verbleibenden versiegelten Flächen kann zum Teil auf dem Grundstück versickert werden. Die Versickerungsmöglichkeiten sind abhängig von der Bodenbeschaffenheit auf dem Grundstück und der zur Verfügung stehenden Fläche (siehe [Kapitel 4.2](#) und [5.3.3](#)).
- Regenwassernutzungsanlagen sind sinnvolle und nützliche Anlagen, die ihren Beitrag leisten, um den Verbrauch von sauberem Trinkwasser und den Anteil an abzuführendem Niederschlagswasser zu verringern. Ist Regenwasser von Schiefer- und Ziegeldächern bedenkenlos nutzbar, so soll bei Metaldächern gefordert werden, dass nur präpatinierte oder beschichtete Bleche zur Anwendung kommen.
- Im Bautenreglement muss die getrennte Abfuhr von Schmutz- und Regenwasser festgeschrieben werden.



Bild 3.8: Dachbegrünung (Nelly Stein Schule, Schiffflange)

b) Kommunale Abwassersatzung

Neben dem Bautenreglement ist die kommunale Abwassersatzung ein wichtiges Regelwerk, in dem man den Umgang mit Niederschlagswasser festschreibt. Die momentan allgemein gültigen Satzungen berechnen die Abwassergebühr in Funktion des Trinkwasserverbrauchs. Mit dieser Voraussetzung ist es jedoch schwierig, jemanden zu motivieren den Versiegelungsgrad auf seinem Grundstück zu verringern oder Regenwasser dezentral zu bewirtschaften.

Um die Motivation zu erhöhen, kann man folgende Elemente in der kommunalen Abwassersatzung vorsehen:

- Auf der Ebene von Teilbebauungsplänen kann man eine maximal erlaubte Regenwasserableitung aus dem Baugebiet festschreiben. Das gleiche ist möglich für jedes Baugrundstück.
- Allgemein sollte man festschreiben, dass nur Schmutzwasser einer zentralen Kläranlage zugeführt werden darf.
- Zusätzlich steht es der Gemeinde offen eine Versiegelungsgebühr festzusetzen, die in Abhängigkeit der versiegelten Fläche und des lokalen mittleren Niederschlags verrechnet wird.

c) Förderung von Regenwassersammelanlagen

Regenwassersammelanlagen sind wie oben erläutert ein wichtiges Glied in der Regenwasserbewirtschaftung, das von staatlicher Seite finanziell unterstützt wird. Da die Investition trotzdem noch einen hohen Kostenpunkt darstellt, ist eine Bezuschussung seitens der Gemeinde sicherlich willkommen. Die Gemeinden sollten ohnehin eine Vorreiterrolle in einer nachhaltigen Regenwasserbewirtschaftung einnehmen und in ihren Gebäuden konsequent Regenwasser sammeln und nutzen.

Eine nachhaltige Regenwasserbewirtschaftung besteht in der Regel aus einer Kombination von Maßnahmen, die im Sinne einer möglichst geringen Auswirkung von Siedlungsflächen auf den natürlichen Wasserkreislauf zusammenwirken sollen. Eine integrierte Konzeption verschiedener Maßnahmen von der Anordnung durchlässiger Flächen über die Retention auf Gründächern und in Teichen bzw. Mulden bis hin zur Sammlung des Regenwassers für eine spätere Nutzung ist in Bild 3.9 am Beispiel der Albert Wingert Schule in Schiffflange dargestellt. Detaillierte Informationen zu den einzelnen Maßnahmen sind in Kapitel 4 zusammengefasst.

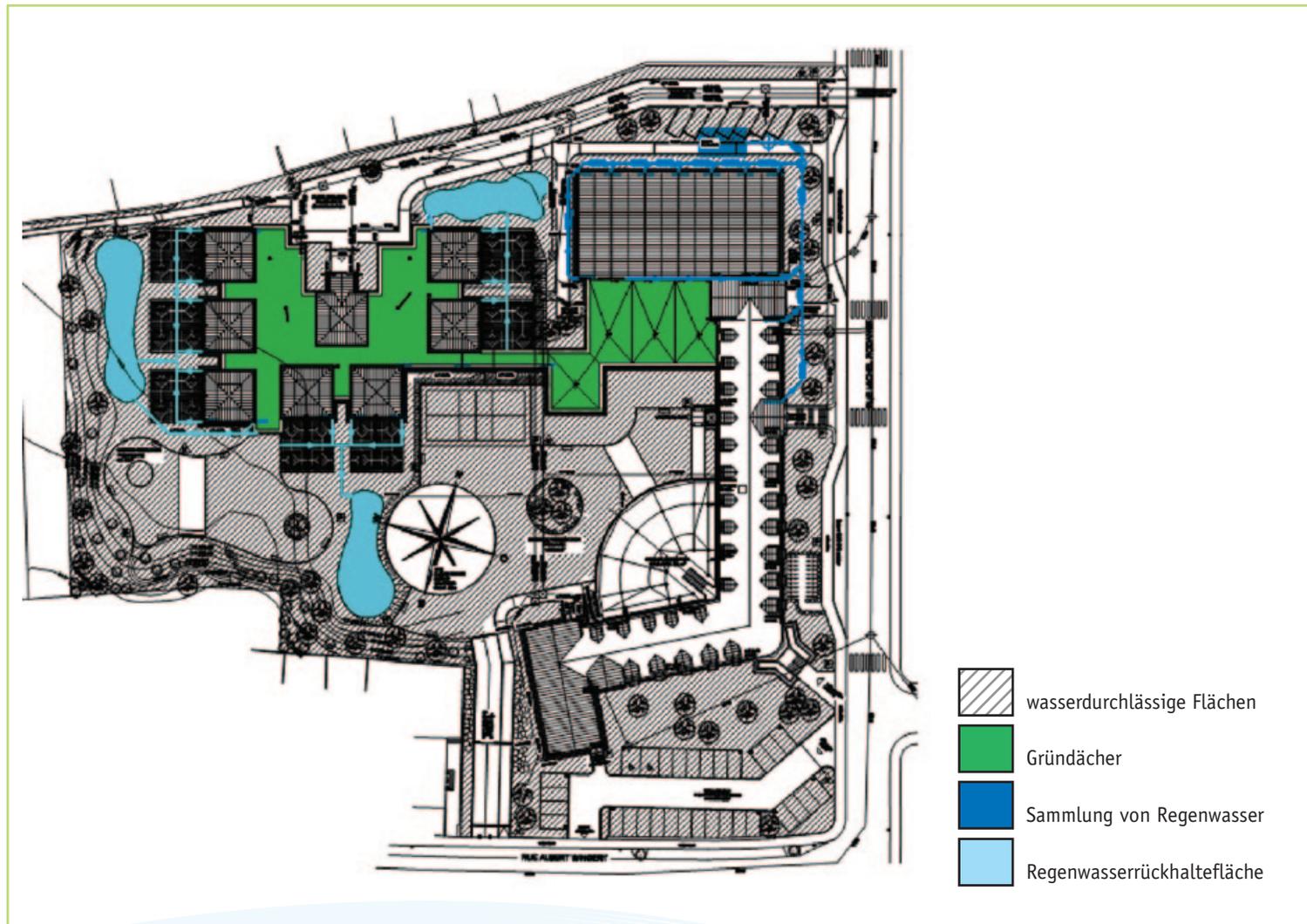


Bild 3.9: Regenwasserkonzept der Albert Wingert Schule in Schiffflange

4

Maßnahmen eines nachhaltigen Umgangs mit Regenwasser



4.1 ABFLUSSVERMEIDUNG

4.1.1 VERZICHT AUF DIE VERSIEGELUNG VON FLÄCHEN

Wenn Regenwasser auf versiegelte (wasserundurchlässige) Flächen trifft, entstehen dadurch eine ganze Reihe von Problemen (vgl. [Kapitel 2.1](#)).

Sinnvoller und naturnäher ist es, den Niederschlagsabfluss von Oberflächen zu vermeiden. Darauf kann bereits in der Planungsphase von Baugebieten geachtet werden. So kann bei der Bauleit- und Erschließungsplanung ein möglichst geringer Anteil von versiegelten Flächen an der erschlossenen Gesamtläche angestrebt werden. Die durchgeführten Planungen sind dazu vor dem Hintergrund folgender Punkte zu hinterfragen:

- Können Straßenquerschnitte eventuell bereichsweise kleiner gewählt werden?
- Ist es nötig die Oberflächen baulicher Strukturen im Straßenraum (z.B. Mittelstreifen, Verkehrsinseln etc.) zu versiegeln (s. [Bild 4.1](#))?
- Kann der Flächenbedarf befestigter Zufahrten zu Garagen oder Pkw-Abstellflächen auf Privatgrundstücken verringert werden?
- Können Dachflächen kleiner ausgeführt werden (z.B. Verzicht auf überdachte Terrassen)?



Bild 4.1: Begrünter Kreisverkehr (links) und begrünte Verkehrsinseln (rechts) in Quatre-Vents

Für die verbleibenden befestigten Flächen sollte die Verwendung durchlässiger Flächenbeläge in Betracht gezogen werden. Durchlässige Flächenbeläge können, je nach Bauart, aufgrund ihrer Versickerungsleistung den Oberflächenabfluss erheblich reduzieren und zusätzlich Schadstoffe zurückhalten (Dierkes et al, 2006).

Sind die Möglichkeiten der Reduzierung von versiegelten Flächen und des Einsatzes von durchlässigen Flächenbelägen ausgeschöpft, ist zu prüfen, ob durch weitere konstruktive Maßnahmen Regenabflüsse zu anschließenden Bewirtschaftungseinrichtungen reduziert werden können.

4.1.2 ÜBERGANG VON VERSIEGELTEN AUF UNVERSIEGELTE FLÄCHEN

Die wesentliche konstruktive Maßnahme zur Reduzierung von Regenabflüssen ist der Verzicht auf eine wasserundurchlässige bauliche Trennung zwischen versiegelten und durchlässigen Flächen. Hierzu zählen:

- Grünanlagen, die nicht durch wasserundurchlässige Barrieren von Parkplätzen, Fahrrad- oder Gehwegen getrennt sind (s. [Bild 4.2](#))
- Baum-, Buschbeete oder Grünflächen im Straßenraum, die nicht über dem Straßenniveau liegen oder durch wasserundurchlässige Barrieren von Verkehrsflächen getrennt sind (s. [Bild 4.3](#))



Bild 4.2: „Barrierefreier“ durchlässiger Parkplatz auf Kläranlage des SIVEC in Schifflange

Dabei ist darauf zu achten, die durchlässigen Flächen hydraulisch nicht zu überlasten und ggf. einen Überlauf in einen Regenwasserkanal oder eine Anlage zur Regenwasserbewirtschaftung zu ermöglichen. Weiterhin gelten die in [Kapitel 3.2](#) gestellten Anforderungen an den Schutz des Grundwassers.

Hinweise zur Umsetzung sowie zu Wartung und Pflege der Übergänge von versiegelten auf unversiegelte Flächen sind in [Kapitel 5.3.1](#) angegeben.

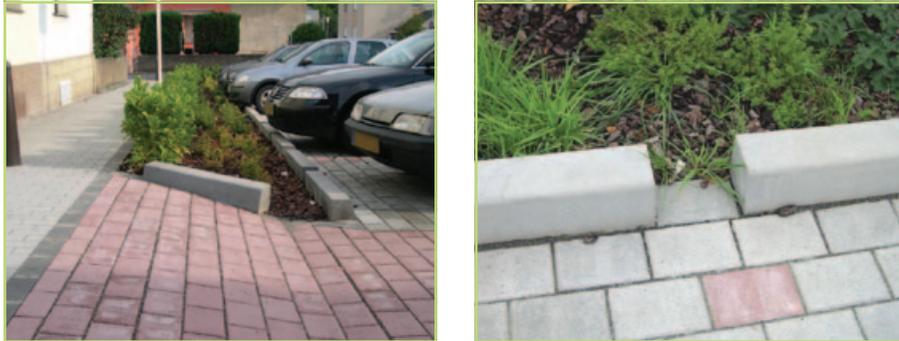


Bild 4.3: Parkplatz in der Cité Emile Mayrisch in Schiffflange

4.1.3 VERWENDUNG DURCHLÄSSIGER FLÄCHENBELÄGE

Auf vielen - öffentlichen, gewerblichen und privaten - Grundstücken gibt es Flächen, die unnötigerweise versiegelt werden (s. [Bild 4.4](#)). Im öffentlichen Bereich können durchlässige Flächenbeläge unter anderem als Bettung für Bahngleise von Straßen- oder Stadtbahnen dienen, die andernfalls in undurchlässige asphalt- oder hydraulisch gebundene Beläge eingebettet wären.

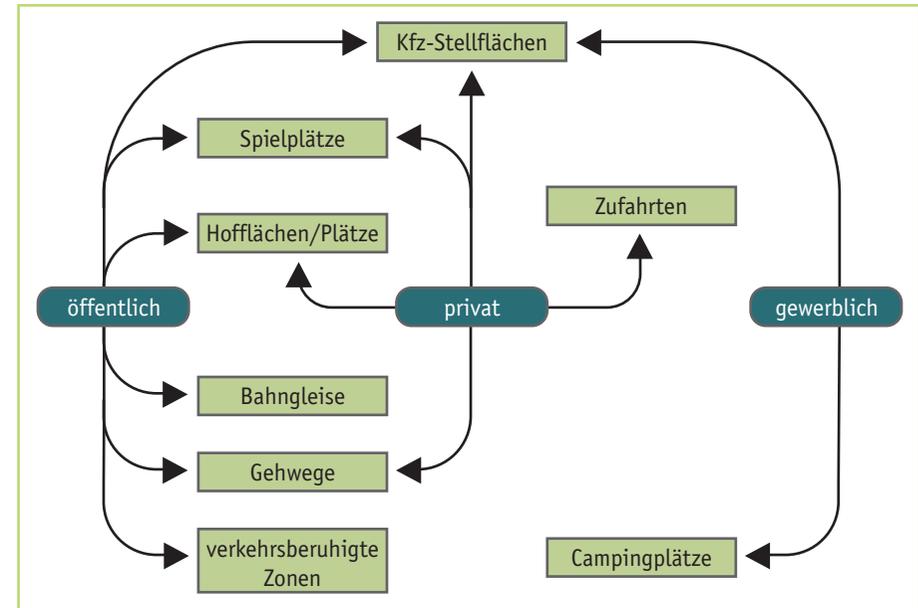


Bild 4.4: Beispiele für Flächen, die wasserdurchlässig befestigt werden können

Als Deckmaterial für durchlässige Flächenbeläge kommen sowohl Schotter- und Kiesdeckungen als auch Holzroste und -pflaster in Betracht (s. [Bild 4.5](#)). Diese Flächenbeläge sind eher für den Einsatz im Bereich privater und öffentlicher Grünanlagen geeignet. Bei der Verwendung von Holz als Flächenbelag sollte darauf geachtet werden, dass keine Vorbehandlung mit wassergefährdenden Stoffen erfolgte.



Bild 4.5: Kiesbelag in Kombination mit Holzrosten (links; Burkis, 2007) und Holzpflaster zur Flächenbefestigung (rechts; Hansel, 2007)

Neben den zuvor genannten Flächenbelägen finden immer häufiger wasserdurchlässige Pflasterbeläge Verwendung. Man unterscheidet vier Arten von durchlässigen Pflasterbelägen (Dierkes et al. 2002):

- Pflaster mit weiten Fugen (Dränfugen) oder Öffnungen, die Regenwasser zum durchlässigen Untergrund weiterleiten
- Haufwerksporige Pflaster, die aufgrund ihrer porösen Beschaffenheit wasserdurchlässig sind
- Rasengittersteine, die eine bepflanzbare Lochstruktur mit Sickerwirkung aufweisen
- Rasenfugensteine, bei denen Regenwasser über bepflanzbare Fugen versickert wird



Die Anwendungsschwerpunkte durchlässiger Pflasterungen sind Parkplatzebenen im öffentlichen und gewerblichen Bereich (s. Bild 4.6 und 4.7), private Zufahrten und Kfz-Stellplätze (s. Bild 4.8) sowie begehbare öffentliche Wege und Flächen (s. Bild 4.9).

Allein die Verwendung durchlässiger Flächenbeläge kann schon einen großen Einfluss auf das Abflussvolumen von einer Oberfläche haben. Der Spitzenabfluss von wasserdurchlässig befestigten gegenüber komplett versiegelten Flächen wird um 40 bis 50 % vermindert und es kommen nur zwischen 15 und 60 % des Jahresniederschlags zum Abfluss anstatt 90 % (Bullermann, 2004).



Bild 4.6: Parkplatz in Schiffflange



Bild 4.7: Parkstreifen in Wolvelange (links) und Bigonville (rechts)

Grundsätzlich ist Flächenbefestigungen mit einem Vegetationsanteil der Vorzug zu geben, da sie sowohl wasserwirtschaftlich als auch ökologisch höher zu bewerten sind. Allerdings hängt die Auswahl des Systems auch von der Nutzung der Fläche ab. Bei stark frequentierten Flächen muss eher auf Porenplaster

oder wasserdurchlässigen Asphalt zurückgegriffen werden als beispielsweise auf Schotterterrassen (RP Karlsruhe, 2003). Durchlässige Flächenbelagsysteme, die auf solchen Flächen eingesetzt werden, sollten die Zulassungsgrundsätze für „Abwasserbehandelnde Flächenbeläge“ des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt, 2005) oder vergleichbare Anforderungen erfüllen. Bei Flächen mit sehr hoher Frequentierung (z.B. Parkplätze von Einkaufszentren) ist es empfehlenswert, die Parkplätze wasserundurchlässig zu gestalten, das Regenwasser zu sammeln und –

möglicherweise nach einer Behandlung – zentral zu versickern (RP Karlsruhe, 2003).

Das zu versickernde Wasser darf nur so gering belastet sein, dass eine Gefährdung des Bodens oder Grundwassers ausgeschlossen werden kann.

Da ein Einstau der Flächen mit Regenwasser in der Regel nicht erwünscht bzw. möglich ist, muss die Versickerungsfähigkeit des Flächenbelags und des unterhalb anstehenden Bodens über der zu erwartenden Regenmenge liegen bzw. es muss ein geordneter Ablauf bei starken Regen gewährleistet sein. Auch die Forderung der Eisfreiheit im Winter kann die Verwendung wasserdurchlässiger Flächenbeläge einschränken, da diese aus Gründen des Grundwasserschutzes nicht mit Tausalz gestreut werden dürfen.

Zur Messung der Durchlässigkeit der Flächenbeläge sowie zur ihrer Reinigung stehen bereits geeignete Verfahren zur Verfügung (s. [Bild 4.10](#)) (Dierkes et al., 2006).

Zusätzliche Informationen zu Planung, Umsetzung und Pflege von durchlässigen Flächenbelägen gibt [Kapitel 5.3.2](#).



Bild 4.8: Garagenzufahrt (Ehl, 2007)



Bild 4.9: Schulhof in Roodt/Syre



Bild 4.10: Infiltrationsmessung (vorne), Reinigungsfahrzeug (hinten) (Dierkes et al., 2002)

Die **Nutzung von Herbiziden**, die **grundwassergefährdende Substanzen** enthalten, zur Entfernung von Flechten oder Moosbewuchs auf Pflastersteinen oder in Pflasterfugen ist zu **unterlassen**.

Eine Zusammenfassung der Daten zu durchlässigen Flächenbelägen ist in den Kompaktinformationen in Anhang 1 zu finden.

4.2 VERSICKERUNG

4.2.1 VERSICKERUNG ALS KOMPONENTE NACHHALTIGER REGENWASSERBEHANDLUNG

Die Versickerung ist ein wichtiger Baustein der nachhaltigen Regenwasserbehandlung. Sie bietet ökologische, technische und ökonomische Vorteile gegenüber der Ableitung von Regenwasser im Mischkanal. Durch die Umsetzung von Versickerungsmaßnahmen – auch in Bestandsgebieten mit Mischsystem – kann eine Annäherung an den natürlichen Wasserkreislauf erreicht werden.

Bei allen Vorteilen, die die Versickerung bietet, muss aber auch dem Grundwasserschutz Rechnung getragen werden: durch Niederschlagswasserversickerung können Schadstoffe in den Boden eingetragen werden, die das Grundwasser beeinträchtigen (s. auch [Kapitel 3.2](#)). Deshalb müssen Versickerungsanlagen vorschriftsmäßig gebaut und vor allem auch gewartet werden, um ihre Funktionsfähigkeit dauerhaft sicherzustellen.

Das folgende Kapitel soll verschiedene Arten der Versickerung vorstellen und ihre Anwendungsgebiete aufzeigen.

Weitere Hinweise zu Planung und praktischer Umsetzung von Versickerungsanlagen enthält [Kapitel 5.3.3](#).

4.2.2 ÜBERSICHT VERSICKERUNGSANLAGEN

Bei Versickerungsanlagen sollte grundsätzlich denjenigen mit einer Passage durch den bewachsenen Oberboden der Vorzug gegeben werden (Grotehusmann, 1995; DWA, 2005a). Zum Teil ist dies aber aus Platzgründen nicht möglich. Um dieses Problem zu vermeiden, sollten bei Neubaugebieten die Siedlungswasser-Ingenieure möglichst schon in der Phase der Aufstellung des Bauplanes mit eingebunden werden.

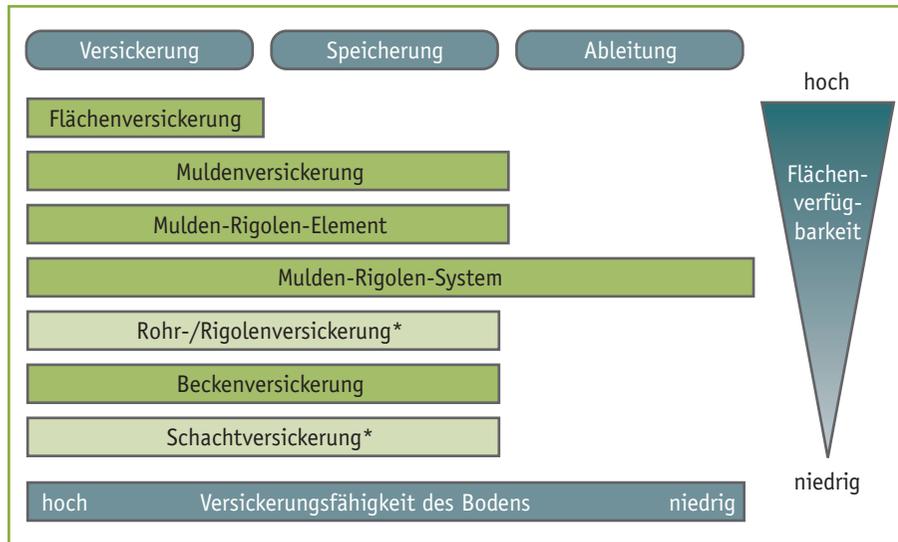


Bild 4.11: Arten und Einsatzbereiche von Versickerungselementen (nach DWA, 2005a)

* nur der Vollständigkeit halber aufgeführt, nicht empfohlen

Welche Art der Versickerung möglich ist, hängt von der Bodenbeschaffenheit, der Durchlässigkeit, dem Flächenangebot und der Sensibilität des Grundwasserleiters bzw. der Verschmutzung des Niederschlagswassers ab (s. [Bild 4.11](#)).

Im Folgenden werden die einzelnen Versickerungselemente kurz vorgestellt. Je nach individueller Situation und Aufgabenstellung können sie miteinander kombiniert werden. Wie schon in [Kapitel 3.2](#) erwähnt, kann Oberflächenabfluss auch bei Vorliegen besonders vulnerabler Grundwasserleiter nach besonderer Vorbehandlung versickert werden. Zum Beispiel können kleine, nicht sedimentierbare Teilchen im Regenwasserabfluss durch Fällung und Flockung in größere Konglomerate überführt werden. Dies bietet sich bei zentralen Regenbecken an, da dort die Flockungsmittelzugabe technisch einfacher zu bewerkstelligen ist. Für weitergehende Informationen sei auf Krauth und Bondareva (2000) verwiesen.

Flächenversickerung (Reinigung & Versickerung)

Das Regenwasser versickert auf einer ebenen Fläche; das kann z.B. eine unbefestigter Rasenstreifen neben einem Weg sein oder eine Fläche, die mit einem wasserdurchlässigen Belag versehen ist. Es findet keine Speicherung von Regenwasser statt, die erwartete Regenmenge muss ohne Überstau versickert werden können. Besonders geeignet ist diese Art der Versickerung z.B. für Parkplätze. (s. auch [Kapitel 4.1](#)).

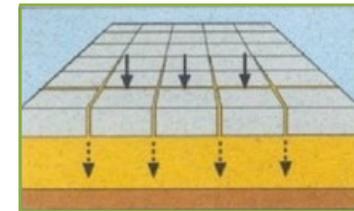


Bild 4.12: Flächenversickerung (IBHenschel, 2007)

Muldenversickerung (Speicherung & Reinigung & Versickerung)

Im Gegensatz zur Flächenversickerung weisen Mulden eine Retentionskomponente auf, sodass die Versickerungsrate geringer sein kann als der Zufluss. Allerdings sollen Mulden nicht dauerhaft eingestaut werden, da sonst die Oberfläche verschlammen und sich die Durchlässigkeit verringern kann. Zudem können die Mulden dann bei schönem Wetter als Spielfläche genutzt werden. Das Arbeitsblatt A 138 (DWA, 2005^a) empfiehlt eine Einstauhöhe von nicht mehr als 30 cm.

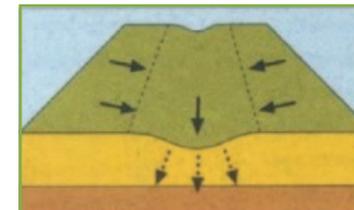


Bild 4.13: Muldenversickerung (IBHenschel, 2007)

Die Einleitung des Wassers geschieht am besten über die gesamte Länge der Mulde. Wird die Versickerungsmulde über Rohrleitungen oder Pflasterrinnen beschickt, muss ein Erosionsschutz an der Einleitungsstelle und möglicherweise eine Verteilung des Wassers vorgesehen werden.

Besonders geeignet sind Mulden zur Aufnahme des Abflusses von Dachflächen, da die Größe der Mulde nur einen Bruchteil der angeschlossenen, versiegelten Fläche beträgt (meist zwischen 5% und 20%). Sie besitzen eine gute Reinigungsleistung, da das Wasser die belebte Bodenzone passiert, bevor es in den Untergrund gelangt.

Rigolen-/Rohrversickerung (Speicherung & Versickerung)

Das gesammelte Regenwasser wird oberirdisch in einen kiesgefüllten Graben (Rigole) oder unterirdisch in einen kiesgebetteten perforierten Rohrstrang geleitet, wo es zwischengespeichert und entsprechend der Bodendurchlässigkeit nach und nach in den Untergrund versickert wird. Diese Art der Versickerung beansprucht nur wenig Platz, aber eine Kontrolle der Anlage ist schwierig. Wegen der fehlenden Passage des Regenwassers durch den Oberboden kann nur unverschmutztes bzw. vorbehandeltes Wasser eingeleitet werden.

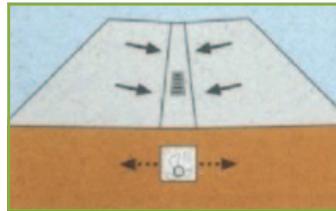


Bild 4.14: Rohr-Rigolen-Versickerung (IBHenschel, 2007)

Aufgrund dieser Nachteile ist der Einsatz allgemein **nicht empfehlenswert**.

Mulden-Rigolen-Element (Reinigung & Speicherung & Versickerung)

Hier werden die Vorteile der Muldenversickerung (gute Reinigungsleistung) mit denjenigen der Rigolenversickerung (gute Speicherwirkung) kombiniert. Es ist deshalb besonders geeignet für beengte Verhältnisse und mäßig durchlässige Böden, während bei guter Versickerungsleistung des Bodens aus Kostengründen einfachere Systeme vorzuziehen sind. Ein Mulden-Rigolen-Element besteht aus einer Mulde mit darunter liegender Rigole, während bei einem Mulden-Rigolen-System mehrere Elemente miteinander verknüpft werden, sodass das Regenwasser auch abgeleitet werden kann.

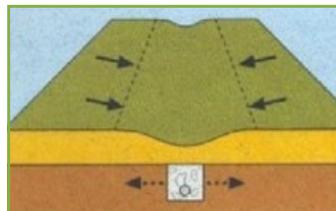


Bild 4.15: Mulden-Rigolen-Element (IBHenschel, 2007)



Bild 4.16: Mulden-Rohrrigolen-Element im Querschnitt (MURL-NRW, 1998)

Beckenversickerung (Speicherung & Reinigung & Versickerung)

Versickerungsbecken besitzen eine Einstauhöhe von mehr als 0,5 m (DWA, 2005a). Sie sind hydraulisch hoch belastet, da große versiegelte Flächen an sie angeschlossen werden. Die Durchlässigkeit des Untergrundes und der Beckensohle muss daher ausreichend sein, um lange Einstauzeiten zu vermeiden. Im Laufe der Zeit kommt es zu einer Selbstabdichtung der Beckensohle, die rechnerisch durch eine reduzierte ansetzbare Sohldurchlässigkeit berücksichtigt wird. Alternativ kann dem Becken auch eine Absetzanlage - möglicherweise mit Leichtstoffabscheider - vorgeschaltet werden. Um Becken sollte eine Einzäunung errichtet werden, da die Wassertiefen größer sind als bei Mulden.

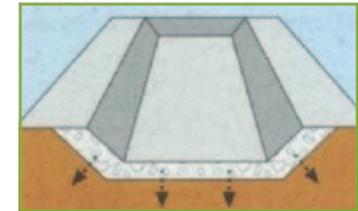


Bild 4.17: Beckenversickerung (IBHenschel, 2007)

Schachtversickerung (Speicherung & Versickerung)

Sickerschächte bestehen aus Betonfertigteilen, deren Wände wasserdurchlässig ausgebildet sind. Sie dienen zur Zwischenspeicherung und zeitlich verzögerten Abgabe des Regenwassers an den Untergrund. Versickerungsschächte besitzen ein sehr großes Volumen und einen sehr geringen Flächenbedarf, sind aber aufgrund der fehlenden Bodenpassage nur für gänzlich unbelastetes Wasser geeignet. Die Herstellung und Wartung ist teuer; zudem können sie nur bei einem großen Grundwasserflurabstand und außerhalb von Trinkwassergewinnungsgebieten eingesetzt werden.

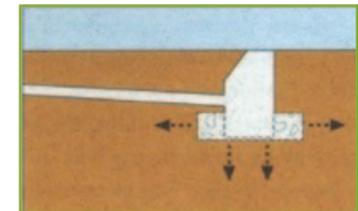


Bild 4.18: Schachtversickerung (IBHenschel, 2007)

Aufgrund dieser Nachteile ist der Einsatz von Sickerschächten allgemein **nicht empfehlenswert**.

4.2.3 PLANUNG UND BEMESSUNG

Es muss zunächst festgestellt werden, ob eine Versickerung prinzipiell möglich ist. Dafür sind zwei Dinge ausschlaggebend: die Verschmutzung des Regenwassers und die Eignung des anstehenden Bodens.

Verschmutzung des Regenwassers

Sie hängt von der Luftverschmutzung und der Art der Flächen ab, von denen das Regenwasser gesammelt wird. Abfließendes Regenwasser kann Substanzen enthalten, die nicht ins Grundwasser gelangen dürfen, wie z.B. Schwermetalle (s. Kapitel 3.3.2). Auf jeden Fall versickerungsfähig sind Abflüsse von Gründächern und Dächern ohne unbeschichtete Metallflächen. Aber auch Regenabfluss von allen anderen Flächen in Siedlungsgebieten darf versickert werden, wenn er vor dem Eintritt ins Grundwasser entsprechend behandelt wird. Die entsprechenden Maßnahmen sind mit der Wasserwirtschaftsverwaltung abzustimmen.

In [Tabelle 4.1](#) sind Herkunftsflächen und mögliche dezentrale Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen am Beispiel eines Kluftgrundwasserleiters angegeben.

Eignung des Bodens

Zunächst ist zu prüfen, ob sich im Bereich der Versickerungsmaßnahmen Altlasten befinden. Informationen dazu erhält man z.B. aus dem Altlasten-Kataster, das über die Webseite der luxemburgischen Umweltverwaltung erreichbar ist (www.emwelt.lu, bei „Liens rapides“ „Sites contaminés“ anwählen). Weiterhin ist zum einen die hydraulische Durchlässigkeit und zum anderen die Reinigungsleistung von Bedeutung. Die Wasserdurchlässigkeit sollte sich im Bereich zwischen $1 \cdot 10^{-3}$ m/s und $1 \cdot 10^{-6}$ m/s bewegen. Ist sie zu niedrig, führt das zu einem längeren Einstau und in der Folge anaeroben Bedingungen, die sich negativ auf die Reinigungsleistung auswirken. Bei zu hohen Durchlässigkeitswerten ist die Aufenthaltszeit zu gering, um eine gute Reinigungsleistung im Boden zu gewährleisten. Die vertikale Sickerstrecke muss mindestens einen Meter betragen, was bei sehr geringen Flurabständen Probleme bereiten kann.

Die **Reinigungsleistung** des Bodens spielt für den Schadstoffrückhalt naturgemäß eine große Rolle. In der belebten Bodenzone finden Prozesse wie Sorption, Filtration, Fällung, Abbau und Komplexierung statt. Dadurch kann eine Vielzahl von Schadstoffen, von PAKs bis zu Schwermetallen, zurückgehalten werden. Zu beachten ist dabei aber, dass die meisten dieser Prozesse auch reversibel sind: so können z.B. Schwermetalle durch eine Verringerung des pH-Wertes remobilisiert werden. Zudem ist die Sorptionsfähigkeit des Bodens begrenzt, sodass er nach einer gewissen Zeit abgeschält werden muss. Eine Prüfung der Konzentrationen der relevanten Stoffe empfiehlt sich bei hoch belasteten Anlagen (z.B. zentralen Versickerungsbecken) etwa alle 10 Jahre (DWA, 2005^a, S. 17).

Die Filtrationseigenschaften hängen im Wesentlichen von der Kornstruktur ab, wobei sich feinkörnige Böden gut eignen, während sehr hohe Ton- und Schluffanteile zu Grobporenbildung führen können, die die Reinigungsleistung mindert.

Die eigentliche Bemessung erfolgt entweder mit statistischen Niederschlagsdaten oder bei zentralen Anlagen mittels Niederschlags-Abfluss-Langzeitsimulation. Die Größe der Versickerungsanlage ergibt sich aus dem Zufluss abhängig von der versiegelten Fläche und der Versickerungsrate. Nähere Angaben enthält das Arbeitsblatt DWA-A 138 (2005^a).

4.2.4 ANFORDERUNGEN AN DIE REINIGUNGSLEISTUNG VON VERSICKERUNGSANLAGEN

Eine Einteilung der Oberflächen in Siedlungsgebieten in Belastungsgruppen und die sich daraus ergebenden Anforderungen an eine Behandlung von Oberflächenabflüssen vor einer Versickerung sind in [Tabelle 4.1](#) ersichtlich.

Dächer, die mit unbeschichteten Metallen wie Kupfer, Zink oder Blei gedeckt sind, werden bis zum Vorliegen anerkannter Behandlungsmaßnahmen als stark verschmutzte Flächen eingestuft, da sie - insbesondere bei saurem Regen - hohe Metallkonzentrationen abgeben können. Dächer mit bis zu 50 m² unbeschichteten Metallflächen werden wie die übrigen Dachflächen als gering verschmutzt eingestuft.

Mögliche **Kombinationen von Maßnahmen** sind:

- Filteranlage und nachgeschaltete Bodenpassage
- Sedimentationsanlage und nachgeschaltete Bodenpassage
- Versickerung durch mehrere Deckschichten

Eine unterirdische Versickerung, z.B. in Schächten oder Rigolen, ohne vorherige Passage des Oberbodens oder einer Filteranlage, ist nicht zulässig.

Besondere Verfahren zur Vorbehandlung von Regenwasser vor der Versickerung können z.B. chemisch-physikalische Verfahren wie Fällung und Flockung oder die Verwendung reaktiver Filtermaterialien sein. Am Markt vorhanden sind z.B. Filterschächte mit verschiedenen Filtermaterialien (Blähton, Eisenhydroxid, Zeolith etc.) zur Vorbehandlung von Niederschlagswasser von Metalldächern oder Verkehrsflächen (Dierkes, 2005). Auch Sickermulden, die mit einem Substrat mit definierten hydraulischen und stofflichen Rückhalteeigenschaften gefüllt sind, sind erhältlich.

Das Schadstoffrückhaltevermögen bei der Versickerung von Oberflächenwasser, z.B. von Verkehrsflächen, ist im wesentlichen vom verwendeten Filtermaterial abhängig. Untersuchungen der TU Darmstadt an PKW-Parkplätzen zeigten, dass bei Mutterböden Schwächen bei der Zurückhaltung von Schwermetallen auftreten können. Dies ist nach den Untersuchungen auch auf eine Vorbelastung der natürlichen Materialien, die in Muldenversickerungsanlagen verwendet werden, zurückzuführen (Urban u. Hähnlein 2006). Daher wird empfohlen, das Material für Versickerungsmulden zuvor auf eine Vorbelastung an Schwermetallen zu untersuchen.

Weitere Informationen zu Versickerungsanlagen befinden sich in Kapitel 5.3.3.

Tabelle 4.1: *Behandlungsmaßnahmen auf der Ebene von Grundstücken oder öffentlichen Flächen vor Versickern in Kluftgrundwasserleiter nach Merkblatt ATV-DVWK-M 153 (ATV-DVWK, 2000) bei Annahme einer geringen Luftverschmutzung*

Herkunftsfläche Vulnerabilitätsstufe	Geringe Verschmutzung			Mittlere Verschmutzung	Verschmutzung mit Schwermetallen	
	Gründächer ^{a)}	Dach- und Terrassenflächen in Wohngebieten, Rad- und Gehwege, Hofflächen ^{a)}	Pkw-Parkplätze, Anwohnerstraßen (<500 Kfz/24h) ^{a)}	Durchgangsstraßen (500-5000 Kfz/24h)	Metalldächer mit unbeschichteten Anteilen von:	
					< 50m ²	> 50m ²
1a	keine Behandlung nötig	● ■ □ □	● ○ ■	■	● ■ □ □	▨
1b	keine Behandlung nötig	● ■ □ □	● ○ ■	■	● ■ □ □	▨
2	keine Behandlung nötig	● ■	○ ■	▨	● ■	▨
3	keine Behandlung nötig	Regenwasserbewirtschaftung ist mit Wasserwirtschaftsverwaltung abzustimmen				
4	keine Behandlung nötig					

^{a)} der Einsatz von Herbiziden oder anderen wassergefährdenden Substanzen ist nicht gestattet

▨ Versickerung nur mit Kombination aus den verschiedenen Gruppen der unten angegebenen Behandlungsmaßnahmen oder besonderen Verfahren möglich

Behandlungsverfahren

- Versickerung durch 30cm bewachsenen Oberboden
- Versickerung mittels durchlässiger Flächenbeläge. Empfohlen wird ein vom DIBt geprüfter Aufbau.
- Filterbecken mit 20cm Oberboden auf 60cm Sand (0/2)
- Filterbecken mit 60cm Sand der Körnung (0/2)
- Filterbecken mit 60cm Sand der Körnung (0/4)

} mit vorgeschalteter Sedimentationsanlage {bemessen auf Oberflächenbeschickung ≤ 10m/h bei einer Regenspende $r_{krit} = 115l/(s \cdot ha)$ }

4.3 REGENWASSERNUTZUNG

4.3.1 ANWENDUNGSBEREICHE DER REGENWASSERNUTZUNG

Regenwassernutzung hat eine sehr lange Tradition. Schon in der Antike wurden Zisternen eingesetzt, um z.B. jahreszeitliche Schwankungen des Niederschlags auszugleichen. Auch zu Bewässerungszwecken und als Löschwasser wurde Niederschlagswasser gesammelt.

Mit dem Aufkommen der zentralen Trinkwasserversorgung wurde das Sammeln von Regenwasser zu unkomfortabel und verlor an Bedeutung. Nun stand zunehmend die rasche unterirdische Ableitung des Regenwassers aus den Siedlungsgebieten im Vordergrund.

Dies bedeutet, dass für alle Zwecke Wasser mit Trinkwasserqualität verwendet wird, auch wenn diese gar nicht benötigt wird, wie z.B. bei der Gartenbewässerung oder Toilettenspülung. In Zukunft wird der Wasserpreis in Luxemburg allerdings deutlich ansteigen, da mit der Wasserrahmenrichtlinie (REU, 2000) bis zum Jahr 2010 das Kostendeckungsprinzip eingeführt wird, d.h. die Weitergabe aller entstehenden Kosten an die Verbraucher. Vor diesem Hintergrund ist es sowohl ökonomisch als auch ökologisch sinnvoll, über Wassersparmaßnahmen nachzudenken. Gerade für wasserintensive Industrie- und Gewerbebetriebe ist Regenwassernutzung für Brauchwasserzwecke vorteilhaft, aber auch öffentliche Einrichtungen wie Schulen, Verwaltungen und Kindergärten können profitieren.

Die Regenwassernutzung kann in verschiedenen Formen geschehen. Die einfachste Variante besteht darin, vom Dach abfließendes Regenwasser in einer Regentonne oder unterirdischen Zisterne zu sammeln und zur **Gartenbewässerung** zu nutzen. Das hat den Vorteil, dass man kein aufwändig aufbereitetes Trinkwasser benutzen muss und sowohl Trinkwassergebühren als auch die aus dem Trinkwasserverbrauch berechneten Abwassergebühren spart.



Bild 4.19: Yerebatan-Zisterne (Istanbul), erbaut im 4.Jh. n. Chr. (Winkler, 2007)

Zudem sind die Investitionen und der Bauaufwand gering und es bestehen keine Bedenken hinsichtlich der Beschaffenheit des vom Dach gesammelten Wassers. Im Gegenteil vertragen viele Pflanzen weiches Regenwasser besser als Trinkwasser. Das gesammelte Regenwasser belastet weder Kanal noch Kläranlage und wird dem natürlichen Wasserkreislauf wieder zugeführt.

Die **Regenwassernutzung zur Gartenbewässerung** kann **uneingeschränkt empfohlen** werden.

Die technisch aufwändigere Möglichkeit besteht darin, eine **Regenwassernutzungsanlage** zu bauen und das gesammelte Wasser überall dort einzusetzen, wo keine Trinkwasserqualität nötig ist, also für die Toilettenspülung, zum Putzen, für das Waschen von Wäsche oder als Prozesswasser.

Im öffentlichen Bereich ist eine Nutzung nicht nur für die Toilettenspülung in Schulen, Gemeinschaftszentren und anderen öffentlichen Gebäuden sinnvoll, sondern z.B. auch für Brunnen, Stadtgärtnereien, Sportplätze oder zur Kanalreinigung.

In Industrie und Gewerbe kann Regenwasser z.B. für Kühlzwecke, Stallreinigung, als Betriebswasser in der Produktion oder zur betrieblichen Löschwasserbereitstellung eingesetzt werden. Im Leitfaden für den Umweltschutz auf Gemeindeebene der Umweltberodung Lëtzebuerg (EBL, 2003) werden noch weitere Möglichkeiten des Einsatzes beschrieben.

4.3.2 AUSWIRKUNGEN AUF KANAL UND KLÄRANLAGE

Vor allem für die Betreiber von Kanalnetzen und Kläranlagen ist es interessant, den Einfluss des Austausches von Trink- durch Regenwasser auf die Abwasserinfrastruktur zu betrachten. Indirekt sind natürlich auch Privatpersonen durch die Entwicklung der Gebühren davon betroffen.

Die beste Methode zur Entlastung von Kanal und Kläranlage ist, Regenwasser durch verschiedene Maßnahmen (Versickerung, Dachbegrünung, Ableitung in Gewässer etc.) vom Kanal fernzuhalten. Wo dies nicht möglich ist, können Regenwassernutzungsanlagen zur Abflussverminderung bei Mischwasserabfluss beitragen, indem ein Teil des Wasserverbrauchs aus Regenwasser gedeckt wird. Zudem können Regenwassernutzungsanlagen in gewissem Rahmen zu einer Abflussvergleichmäßigung beitragen,

indem sie Regenwasser zunächst speichern und erst später zur Kläranlage ableiten. Dadurch können Mischwassera bflussspitzen abgemindert werden.

Ein Interessenkonflikt besteht zwischen der Regenwassernutzung (Zisterne soll möglichst immer gefüllt sein) und der hydraulischen Entlastung des Kanals (Zisterne soll möglichst immer leer sein, um Niederschläge aufzunehmen). Retentionszisternen werden als KombinationsbauwerkbeidenAnsprüchen gerecht (s. [Bild 4.20](#)). Sie besitzen ein bestimmtes Rückhaltevolumen, das gedrosselt zwangsentleert wird und zusätzlich ein festes Nutzvolumen.



Bild 4.20: Retentionszisterne (Arewa, 2007)

Optimal ist es, wenn überschüssiges Regenwasser aus der Zisterne nicht in den Kanal gelangt, sondern direkt auf dem Grundstück versickert werden kann. Unter welchen Bedingungen das möglich ist, wird in [Kapitel 3.2](#) erläutert.

4.3.3 AUFBAU EINER REGENWASSERNUTZUNGSANLAGE

Dieser Abschnitt soll einen Überblick darüber geben, wie eine Regenwassernutzungsanlage aufgebaut ist (s. [Bild 4.21](#)). Weitere Details zu den einzelnen Komponenten, zu Planung und Bemessung und zur Wartung der Anlage befinden sich in [Kapitel 5.2.2](#).

Grundsätzlich besteht eine Regenwassernutzungsanlage, egal ob für private, öffentliche oder industrielle Nutzung, aus:

- einem Filter, der Blätter und ähnliches aus dem gesammelten Wasser entfernt
- einem beruhigten Zulauf
- einem Speicher
- einer Entnahmeverrichtung mit Pumpe

- einer Steuerungseinheit (sog. Regenwasserzentrale), die Füllstandsanzeige, Trinkwassernachspeisung und Trockenlaufschutz vereint
- einem zweiten Leitungsnetz im Haus für Brauchwasser

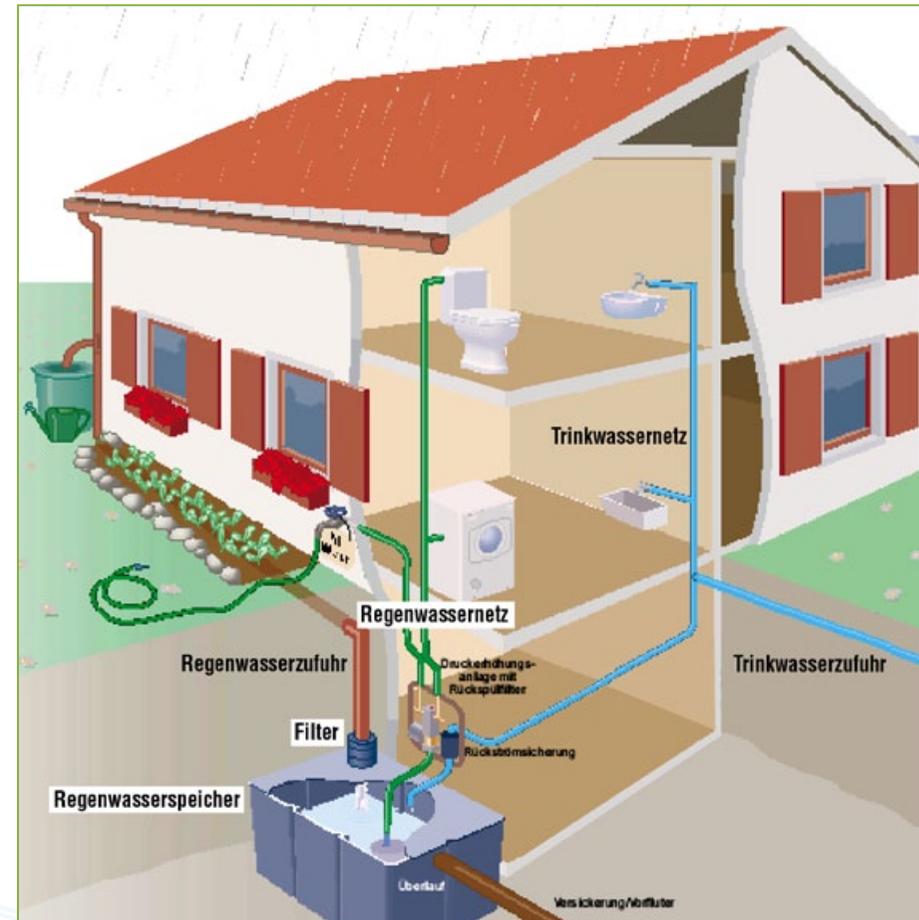


Bild 4.21: Schema einer Regenwassernutzungsanlage (BUWAL, 2003)

4.3.4 HYGIENISCHE ASPEKTE

Über die hygienische Gefahr, die von Regenwassernutzung für verschiedene Zwecke ausgeht, wird z.T. immer noch diskutiert, obwohl zahlreiche Studien die Unbedenklichkeit selbst beim Wasche waschen festgestellt haben (z.B. Holländer, 1993; Lücke, 2001; Tennhoff, 1991). In einer von Krampitz (1999) durchgeführten Untersuchung wurde Zisternenwasser mit pathogenen Keimen versetzt und bei verschiedenen Temperaturen und Nährstoffgehalten untersucht. Dabei stellte sich heraus, dass keine der Keimarten in der Lage war, sich in einer Zisterne zu vermehren. Im Gegenteil verringerte sich die Keimzahl durch Abbauprozesse in Sediment und Biofilm, der sich an den Wänden von Regenwasserspeichern bildet. Selbst die Zugabe von organischen Nährstoffen in Form von Taubenkot führte lediglich dazu, dass die Keimzahl konstant blieb anstatt abzunehmen.

Unbestreitbar ist, dass von einer Oberfläche abfließendes Regenwasser für den Menschen gefährliche Krankheitserreger enthalten kann, die z.B. durch Kot von Vögeln oder Kleinsäugern auf die Sammelflächen gelangen. Durch Licht und Trockenheit auf dem Dach und die Filtration des gesammelten Regenwassers vor Einleitung in den Speicher wird die Keimzahl bereits verringert (Lücke, 2001). Zudem herrschen in unterirdischen Zisternen niedrige Temperaturen, die für die Vermehrung der Bakterien ungünstig sind. Durch diese Effekte **erfüllt Zisternenwasser i.A. die Anforderungen der EU-Badegewässerrichtlinie**; auch eine geringfügige Überschreitung ist tolerabel, da Zisternenwasser nicht so intensiv in Kontakt mit dem Menschen kommt wie Wasser aus Badegewässern und es normalerweise nicht verschluckt wird. Voraussetzung für diese Aussagen ist allerdings, dass die Regenwassernutzungsanlage sachgemäß gebaut und betrieben und regelmäßig gewartet wird.

Lücke (2001) legt dar, dass sowohl bei einer Nutzung für die Toilettenspülung als auch für das Waschen von Wäsche die Gefahr einer Infektion extrem gering ist. Auch Holländer (2001) kommt nach langjährigen Studien an über 100 Zisternen aus verschiedenen Materialien und mit verschiedenen vorgeschalteten Filtern zu dem Schluss, dass keine gesundheitliche Gefahr bei der Benutzung von Regenwasser zur Toilettenspülung, Gartenbewässerung, Putzen und Wäsche waschen besteht.

4.3.5 WIRTSCHAFTLICHKEIT EINER REGENWASSERNUTZUNGSANLAGE

Durch die Verwendung von Regenwasser für Toilettenspülung, Putzen und Gartenbewässerung kann der Trinkwasserverbrauch eines durchschnittlichen Haushaltes um über 50% verringert werden, s. [Bild 4.22](#). Aber auch eine Nutzung nur für die Toilettenspülung spart schon ein Drittel des Trinkwasserverbrauchs ein.

Durch Regenwassernutzung kann eine Reduzierung der Trinkwasserkosten erreicht werden, da Trinkwasser durch „kostenloses“ Regenwasser ersetzt wird.

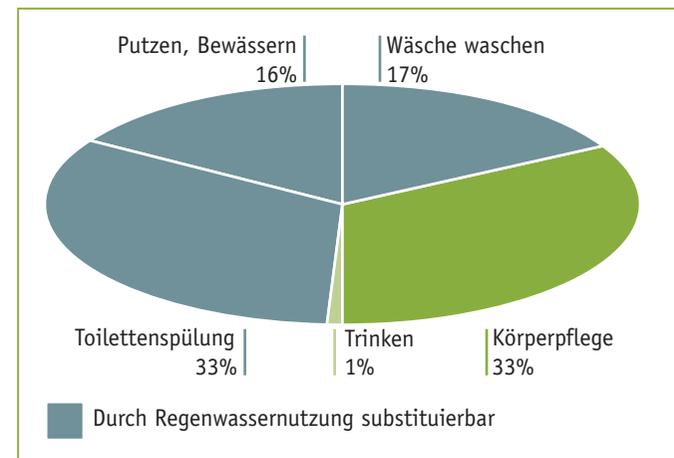


Bild 4.22: Trinkwasserverbrauch in Luxemburg (Ministère de l'Intérieur, 2003)

Eine „Schwachstelle“ der Regenwassernutzung ist ihr Energiebedarf. Durch den geringeren Wirkungsgrad der zur Verteilung des Brauchwassers im Haus nötigen Pumpe kann Trinkwasser aus dem öffentlichen Netz praktisch immer mit einem geringeren Energieaufwand bereitgestellt werden. Deshalb ist es wichtig, den Energieverbrauch zumindest so gering wie möglich zu halten und eine Druckerhöhungsanlage zu wählen, die nur so viel Druck erzeugt wie unbedingt nötig. Zudem ist es möglich, eine Regenwassernutzungsanlage mit wasserlosen Urinalen zu kombinieren, sodass geringere Spitzendurchflüsse und damit weniger Pumpendruck notwendig ist.

Ob eine Regenwassernutzungsanlage wirtschaftlich ist, hängt immer von den individuellen Randbedingungen ab und kann nicht pauschal beantwortet werden. Um für den individuellen Fall abschätzen zu können, ob eine Regenwassernutzungsanlage sich lohnt, sind folgende Einflussfaktoren zu berücksichtigen:

Investitionskosten und Subventionen

Der größte Einzelposten innerhalb der Installationskosten ist der Speicher, dessen Volumen in Abhängigkeit von Bedarf und Niederschlagsmenge daher sorgfältig gewählt werden sollte. Bei kurzen Leitungswegen in Wohngebieten ist auch die Versorgung mehrerer Häuser aus einem zentralen, größeren Speicher wirtschaftlich interessant.

Bei der Anschaffung der weiteren Komponenten (Pumpe, Filter) sollte trotz höherer Investitionen vor allem auf Qualität und Langlebigkeit geachtet werden, um Ausfallzeiten und Betriebs- und Wartungskosten zu minimieren.

Seit Januar 2003 werden Regenwassernutzungsanlagen in Luxemburg wieder gefördert. Das „Règlement grand-ducal du 14 mai 2003“ (Service Central de Législation, 2003) setzt unter bestimmten Bedingungen (z.B. mindestens 40m² Dachfläche und 3m³ Speichervolumen) eine finanzielle Beihilfe von 25% der Investitionskosten mit einem Höchstbetrag von 1000 € fest. Antragsformulare sind bei den Services de la Gestion de l'Eau erhältlich (www.eau.public.lu).

Im Rahmen der vorherigen Förderung wurden im Zeitraum 1993 bis 2000 insgesamt 1092 Anlagen bezuschusst. Die durchschnittlichen Kosten betragen ca. 3800 €, die günstigste Anlage kostete 1100 €, die teuerste 9800 € (EBIZ-News 29/03).

Betriebskosten

Die laufenden Kosten bestehen hauptsächlich aus dem Strom zum Betrieb der Pumpe. Zusätzlich ist die Abschreibung der Anlagenteile zu berücksichtigen, z.B. geht man bei Pumpen von einer Betriebsdauer von 15 Jahren aus, für die Rohrleitungen von 50 Jahren.

Die Wartung, z.B. des Filters und Speichers, und kleinere Reparaturen können zum Großteil selbst durchgeführt werden, sodass hier keine hohen Kosten zu erwarten

sind. Es gibt aber auch die Möglichkeit, einen Wartungsvertrag abzuschließen.

Die Amortisationsdauer von privat genutzten Regenwassernutzungsanlagen ist in Deutschland laut Rott (2003) mit mindestens 10 Jahren anzusetzen, im Einzelfall kann sie deutlich länger sein. Die Amortisationsdauer von industriell genutzten Anlagen hängt ebenfalls von Faktoren wie Wassergebühren, Investitionskosten und Trinkwassereinsparung ab, allerdings kann die Gewichtung der einzelnen Faktoren stark differieren. Eine Aussage zur Wirtschaftlichkeit von industriellen Anlagen ist daher nur für konkrete Projekte möglich.

Höhe der Trink- und Abwassergebühren

Die Wasserrahmenrichtlinie (REU, 2000) fordert, bis 2010 kostendeckende Wasserpreise einzuführen, das heißt, die tatsächlichen Kosten für Wasserdienstleistungen müssen von den Verbrauchern getragen werden. Dadurch ist mit einer Erhöhung sowohl des Trinkwasser- als auch des Abwasserpreises zu rechnen. Dies wird zu einer verbesserten Wirtschaftlichkeit von Regenwassernutzungsanlagen führen.

Anzumerken ist, dass bei der Wasserversorgung die Fixkosten sehr hoch liegen. Somit führt die flächendeckende Nutzung von Regenwasser zu steigenden Trinkwasserpreisen, da die gleichbleibenden Fixkosten auf die dann geringere Trinkwassermenge umgelegt werden.

Eine Verkleinerung der Anlagen zur Trinkwasserversorgung ist in der Regel nicht möglich, da die Spitzenverbrauchswerte in Trockenzeiten - wenn die Regenwasserspeicher leer sind - und der öffentliche Löschwasserbedarf immer sicher gewährleistet sein müssen. Auf dem Gebiet der betrieblichen Löschwasserbereitstellung ist es aber inzwischen die Regel, dass zumindest ein Teil des Löschwassers nicht aus dem öffentlichen Netz gespeist wird (Götsch, 2005). Oft wird eine Regenwassernutzung mit der Löschwasserbereitstellung kombiniert. Dabei werden im Normalfall z.B. die Toiletten mit Brauchwasser versorgt. Im Brandfall schaltet die Anlage um und versorgt nur noch die Hydranten.

4.4 DACHBEGRÜNUNGEN

4.4.1 EINLEITUNG

Gründächer oder Dachbegrünungen sind mit einem Substrat beschichtete und pflanzenbewachsene Dachflächen. Man unterscheidet extensiv und intensiv begrünte Dachflächen hinsichtlich der Pflanzengesellschaften, die auf ihnen etabliert sind. Intensive Dachbegrünungen können komplette Gartenlandschaften mit Bäumen, anspruchsvolle und pflegeintensive Kultur- und Zierpflanzen und sogar Teiche mit Sumpfpflanzen umfassen, während extensive Dachbegrünungen aus Moosen, Flechten, Sedum-Arten und unterschiedlicher Spontanvegetation bestehen, die nahezu keiner Pflege bedürfen. Aufgrund der geringen Auflast eignen sie sich auch zum nachträglichen Einbau auf Flachdächern und gering geneigten Dachflächen, sofern die Statik und der Dachaufbau dies erlauben.

Bei Niederschlagsereignissen kommt es aufgrund des Speichervermögens von Substratschicht und Wurzelgeflecht zu einem Rückhalt des Niederschlagswassers. Der Abfluss von Gründächern erfolgt zeitverzögert und in minimalen Mengen. Der größte Teil des eingetragenen Wassers wird gespeichert und entweder direkt vom Substrat oder über die Pflanzen verdunstet. Voraussetzungen für die Anlage eines Gründaches sind die entsprechende Dichtheit des Dachaufbaus sowie die statische Tragfähigkeit. (Gantner, 2002)

Die Begrünung von Bauwerken als Möglichkeit zur Verbesserung des Wohn- und Arbeitsumfeldes unter ökologischen, funktionalen und gestalterischen Aspekten hat in den letzten Jahren „erheblich an Bedeutung gewonnen und eine intensive Weiterentwicklung erfahren“. (FLL, 2002)

In diesem Kapitel soll ein Überblick über den Aufbau, die Pflege und die Wirtschaftlichkeit von Gründächern vermittelt werden. Gleichzeitig sollen ihre Vorteile, insbesondere unter (siedlungs-)wasserwirtschaftlichen Aspekten, aufgezeigt werden.

4.4.2 VORTEILE EINER DACHBEGRÜNUNG

Die Vorteile von begrünten Dächern sind weitgehend bekannt und werden in diesem Kapitel zum Teil noch näher beschrieben. An dieser Stelle soll deshalb lediglich ein Überblick über die wesentlichen Vorteile in Form einer Auflistung ermöglicht werden:

- Längere Lebensdauer der Dachabdichtung
- Regenwasserrückhalt
- Minimierung der Niederschlagsabflussspitzen
- Verbesserung des Wärme- und Kälteschutzes
- Verbesserung des (Klein-)Klimas durch Evaporation und Transpiration
- Reduzierung der Schadstoffe im Niederschlagsabfluss
- Bindung und Filterung von Staub und Luftschadstoffen
- Verbesserung des Arbeits- und Wohnumfeldes für den Menschen; besonders bei begehbaren bzw. einsehbaren Dachbegrünungen
- Großflächig einsetzbares Gestaltungselement der Städte- und Landschaftsplaner
- Windsogsicherung bei ungenügender Lagesicherheit der Dachabdichtung
- Ausreichender Brandschutz gem. DIN 4102 T. 7
- Verbesserung der Luftschalldämmung und gute Schalladsorption der Vegetation
- Verminderung von Elektro-Smog

4.4.3 DIE VERSCHIEDENEN ARTEN DER GRÜNDÄCHER

Die Ausbildungsmöglichkeiten von Dachbegrünungen sind vielfältig und reichen von der Begrünung einer Einzelgarage über die repräsentative Gartenanlage auf dem Dach eines Bürogebäudes bis hin zur großflächigen Begrünung von Industrie- und Gewerbebauten. Sofern es bautechnisch möglich und gestalterisch sinnvoll ist, können nahezu alle flachen und geneigten Dächer (bis zu 45° Neigung) von Hoch- und Tiefbauwerken begrünt werden. In Abhängigkeit vom Dachaufbau, der Statik

und der Dachneigung lassen sich verschiedene Arten der Begrünung realisieren, die auf den Einzelfall abgestimmte bau- und vegetationstechnische Lösungen erfordern. (Lösken, 2005)

Die Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e. V. (FLL) teilt in der „Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen“ (FLL, 2002) Gründächer nach der Intensität der Begrünung sowie dem Aufwand in die drei Kategorien Intensivbegrünung, einfache Intensivbegrünung und Extensivbegrünung ein. Jede der Begrünungsarten umfasst verschiedene Ausbildungsformen, die in ihren Übergängen fließend sein können.

Intensivbegrünungen

Intensivbegrünungen sind begehbare Grünanlagen auf Flachdächern und werden daher in der Literatur oft als „Dachgärten“ bezeichnet. Die verwendeten Pflanzen sind in Hinsicht auf ihre Pflege sehr anspruchsvoll; sie benötigen regelmäßig Bewässerung, Düngung und Schnitt und bedürfen folglich eines langfristigen Pflegekonzeptes. „Intensivbegrünungen umfassen Pflanzungen von Stauden und Gehölzen sowie Rasenflächen, im Einzelfall auch Bäume. Sie können flächig, höhendifferenziert oder punktuell ausgebildet sein“ (FLL, 2002). Witterungseinflüsse wie Wind, Frost, Trockenheit und zeitweise Vernässung können die Pflanzenauswahl stark einschränken.

Bedingt durch die Wuchsgröße und die Ansprüche der Pflanzen an den Schichtaufbau erfordern Intensivbegrünungen große Schichtdicken und demzufolge eine hohe Tragfähigkeit der Dachkonstruktion.

Insbesondere bei Bäumen und Großsträuchern müssen die statischen Bedingungen bezüglich der Einzel- und Windlasten berücksichtigt werden. Intensivbegrünungen sind in der Regel ausschließlich für Neubauvorhaben geeignet, da hohe Lastannahmen dort bereits im Planungsprozess berücksichtigt werden können.

Einfache Intensivbegrünungen

Einfache Intensivbegrünungen bilden den Übergang von Intensivbegrünungen zu Extensivbegrünungen. Sie sind in der Regel „als bodendeckende Begrünungen mit

Gräsern, Stauden und Gehölzen ausgebildet. Die Nutzungs- und Gestaltungsvielfalt ist im Vergleich zu Intensivbegrünungen eingeschränkt. Die verwendeten Pflanzen stellen geringere Ansprüche an den Schichtaufbau sowie an die Wasser- und Nährstoffversorgung. Pflegemaßnahmen sind in reduziertem Umfang erforderlich.“ Die Herstellungskosten sind niedriger als bei Intensivbegrünungen. (FLL, 2002)

Aus Gründen der Kosteneinsparung in Herstellung und Unterhaltung werden einfache Intensivbegrünungen überwiegend dünn-schichtig aufgebaut. Deshalb ist die Anwendung sowohl auf flachen als auch auf geneigten Dächern geringer bis mittlerer statischer Tragfähigkeit noch möglich.

Extensivbegrünungen

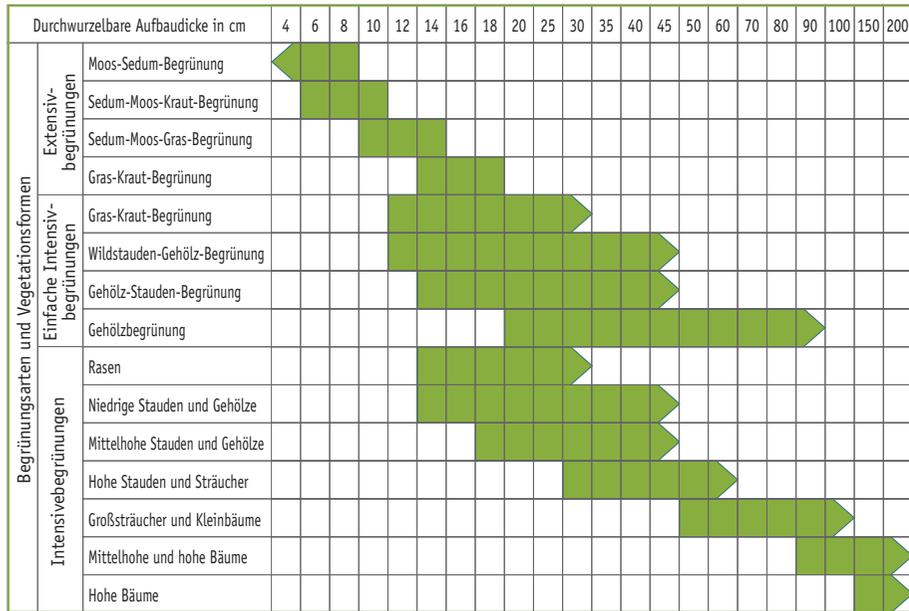
„Extensivbegrünungen sind naturnah angelegte Vegetationsformen, die sich weitgehend selbst erhalten und weiterentwickeln. Es werden Pflanzen mit besonderer Anpassungsfähigkeit an die extremen Standortbedingungen sowie hoher Regenerationsfähigkeit verwendet. Die weitgehend geschlossenen flächigen Vegetationsbestände werden aus Moosen, Sukkulenten, Kräutern und Gräsern gebildet“ (FLL, 2002). Abgesehen von der Fertigstellungspflege in den ersten beiden Jahren beschränkt sich der Pflegeaufwand von extensiv begrünten Dächern auf 1-2 Kontrollgänge pro Jahr, wobei in der Hauptsache die Funktionsfähigkeit der Dachabläufe zu prüfen ist.

Extensivbegrünungen eignen sich sowohl für flache als auch für geneigte Dächer geringer statischer Tragfähigkeit, da die Vegetationsformen lediglich geringe Aufbauticken erfordern. Somit sind sie auch zur nachträglichen Begrünung bei Sanierungsvorhaben geeignet.

Bei der Bemessung des Schichtaufbaus sind folgende Kriterien zu beachten: Die Ansprüche der Vegetation (siehe [Tabelle 4.2](#)), die Eigenschaften der verwendeten Stoffe, die Dachneigung, die Exposition der Dachfläche, die regionalen klimatischen Verhältnisse, die objektbezogenen Standortbedingungen, die baustoffspezifischen Flächenlasten und nicht zuletzt die angestrebte Wasserrückhaltung.

Eine detailliertere Beschreibung der einzelnen Schichten und ihrer Funktionen sowie der Wartung und Pflege von Gründächern befindet sich in [Kapitel 5.2.3](#).

Tabelle 4.2: Aufbaudicken bei verschiedenen Begrünungsarten und Vegetationsformen (FLL, 2002)



4.4.4 DIE WASSERRÜCKHALTUNG VON GRÜNDÄCHERN

„Die Verringerung des Wasserabflusses aus Niederschlägen, die pflanzenverfügbare Speicherung des zurückgehaltenen Niederschlagswassers und die Verzögerung des Abflusses von Überschusswasser sind wesentliche Wirkungen von Dachbegrünungen. Sie sind sowohl aus ökologischer, entwässerungstechnischer und auch aus ökonomischer Sicht von Bedeutung.“ (FLL, 2002)

Tabelle 4.3: Anhaltswerte für die prozentuale jährliche Wasserrückhaltung bei Dachbegrünungen in Abhängigkeit von der Aufbaudicke (nach FLL, 2002)

Begrünungsart	Aufbaudicke (cm)	Vegetationsform	Wasserrückhaltung im Jahresmittel (%)	Jahres abflussbeiwert ψ_a
Extensivbegrünung	2-4	Moos-Sedum-Begrünung	40	0,60
	> 4-6	Sedum-Moos-Kraut-Begrünung	45	0,55
	> 6-10	Sedum-Moos-Gras-Begrünung	50	0,50
	> 10-15	Sedum-Kraut-Gras-Begrünung	55	0,45
	> 15-20	Gras-Kraut-Begrünung	60	0,40
Intensivbegrünung	15-25	Rasen, Stauden, Kleingehölz	60	0,40
	> 25-50	Rasen, Stauden, Sträucher	70	0,30
	> 50	Rasen, Stauden, Sträucher, Bäume	> 90	0,10

Die Wasserrückhaltung als eigentliche Retention entspricht dem prozentualen Anteil des Regenwassers, das nicht zum Abfluss kommt. Die Wasserrückhaltung in Abhängigkeit von der Aufbaudicke bzw. der Begrünungsart kann der Tabelle 4.3 entnommen werden.

Die jährliche Wasserrückhaltung ist weniger von der Art der Bauweise und der Funktionsschichten als vielmehr von der Aufbaudicke abhängig, wobei allerdings die Wasserdurchlässigkeit sowie die stoffspezifische Wasserspeicherfähigkeit zu berücksichtigen sind. Nähere Informationen gibt Roth-Kleyer (2005).

Bei herkömmlich gedeckten Dächern erfolgt der Abfluss wie bei sonstigen befestigten Flächen während des Niederschlagsereignisses und endet unmittelbar danach.

Gründächer bewirken durch die Speicherung des Niederschlagswassers in der Substrat- und Dränschicht sowie durch Transpiration (Verdunstung durch Pflanzen) und Evaporation (Verdunstung von Bodenoberflächen) eine deutliche Reduzierung des abflusswirksamen Niederschlags sowie die zeitlich verzögerte Abgabe seines abflusswirksamen Anteils (vgl. Bild 4.23). Sie dämpfen somit den Spitzenabfluss und weisen eine von versiegelten Flächen abweichende, durchweg positive

Abflusscharakteristik auf. Die verzögerte Abgabe bei Gründächern ist nicht nur von Dachneigung (teilweiser Oberflächenabfluss bei Schrägdächern) und Schichtdicke, sondern maßgeblich von der Vorsättigung, also der Dauer der vorangegangenen Trockenperiode, der Regendauer und dem Intensitätsverlauf abhängig. (Rüngeler, 1998)

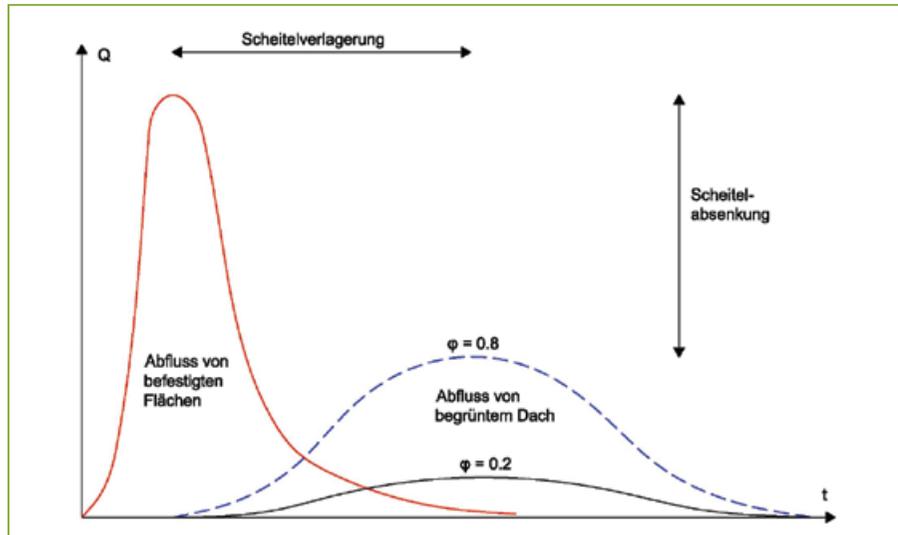


Bild 4.23: Prinzipdarstellung des Niederschlagsabflusses von befestigten und begrünten Dächern in Abhängigkeit von der Wasserrückhaltung

4.4.5 DIE WIRTSCHAFTLICHKEIT VON GRÜNDÄCHERN

Die vielfältigen positiven Eigenschaften und Wirkungen von Gründächern sind bekannt (vgl. hierzu auch Kapitel 4.4.2). Es ist nahezu unbestritten, dass Dachbegrünungen aus ökologischer Sicht sinnvoll und empfehlenswert sind. Vielfach wird jedoch die Meinung vertreten, dass Gründächer zu teuer sind. Besonders in Zeiten, die von der „Geiz ist geil“-Mentalität geprägt sind, reichen daher ökologische Gründe als Entscheidungshilfe für eine Dachbegrünung nicht aus.

Bei der Betrachtung der Wirtschaftlichkeit von Gründächern ist zunächst eine Gegenüberstellung der Faktoren „finanzieller Aufwand“ und „ökonomischer Nutzen“ erforderlich. Tabelle 4.4 liefert hierüber einen Überblick, wobei die Nutzfaktoren nochmals in betriebs- und volkswirtschaftliche Kategorien unterteilt wurden. Im weiteren Verlauf dieses Kapitels werden allerdings nur die betriebswirtschaftlichen Nutzfaktoren betrachtet, da eine Umrechnung in einen finanziellen Gegenwert bei anderen Nutzfaktoren wie ökologischen oder volkswirtschaftlichen in diesem Rahmen nicht möglich ist. (Schönemann, 2005)

Tabelle 4.4: Gegenüberstellung Aufwand-Nutzen von Gründächern nach Sieker et al. (2002)

Aufwand	Nutzen	
	betriebswirtschaftlich	volkswirtschaftlich
<ul style="list-style-type: none"> Planungskosten Zusätzliche Statik Herstellung Begrünungsaufbau Instandhaltung/Pflege 	<ul style="list-style-type: none"> Lebensdauer der Dachdichtung Reduzierung Abwassergebühren Energieeinsparung Wertsteigerung Repräsentativwirkung 	<ul style="list-style-type: none"> Hochwasservorsorge Reduzierte Kosten für Abwasserbeseitigung und Infrastruktur Verbesserung Kleinklima Verbesserung Stadtbild

Aufwand

Grundsätzlich ist zu unterscheiden, ob es sich um einen nachträglichen Einbau im Bestand handelt oder um ein Neubauvorhaben handelt. Bei einem nachträglichen Einbau entfallen bei ausreichenden Tragreserven (häufig vorliegend bei extensiver Begrünung) die Kosten für eine Unterkonstruktion.

Bei Neubauvorhaben bestimmt die Wahl der Begrünungsart die erforderliche Tragfähigkeit und somit auch die Kosten hinsichtlich der Statik.

Die Angaben über Herstellungs- und Betriebskosten weisen Schwankungen auf, die auf die unterschiedlichen Angebote der Firmen und auf Unterschiede in der Ausführung zurückzuführen sind.

Die Herstellungskosten für eine extensive Dachbegrünung bewegen sich im Schnitt

zwischen 20 und 40 €/m². Bei Intensivbegrünungen ist eine Aussage über die Kosten nur unter Vorbehalt möglich, da die Vegetationswahl und die damit verbundene Aufbaudicke eine große Bandbreite bieten. Ein Richtwert liegt hier bei etwa 90 €/m².

Die Herstellungskosten für ein herkömmliches Flachdach betragen rund 10 bis 20 €/m². Die Betriebskosten für extensive Gründächer sind mit ca. 0,50 bis 0,70 €/(m²•a) gering.

BETRIEBSWIRTSCHAFTLICHE NUTZFAKTOREN

Lebensdauer der Dachabdichtungen:

Durch den Begrünungsaufbau werden die thermischen, chemischen und physikalischen Einwirkungen auf die Dachabdichtung reduziert und die Lebensdauer der Dachabdichtung eines Gründaches im Vergleich zu einer herkömmlichen in etwa verdoppelt:

Lebensdauer Flachdach frei bewittert bzw. bekiest ~ 20 Jahre;

Lebensdauer Flachdach begrünt ~ 40 Jahre

Energieeinsparung:

Durch seine isolierenden Eigenschaften bewirkt der Begrünungsaufbau einen geringeren Wärmeverlust in der Heizperiode bzw. im Sommer ein geringeres Aufheizen.

Reduzierung der Abwassergebühren (indirekter Nutzfaktor):

Falls die zuständige Kommune bereits eine gesplittete Abwassergebühr eingeführt hat bzw. die Einführung beabsichtigt, können durch die Reduzierung des in die öffentliche Kanalisation eingeleiteten Niederschlagswassers auch die Abwasserabgaben reduziert werden.

Untersuchungen über die Wirtschaftlichkeit von mehrschichtigen, extensiven Dachbegrünungen, die mittels dynamischer Kostenvergleichsrechnungen durchgeführt wurden, ergaben, dass begrünte Dächer mit einer Dachneigung zwischen 0° und 35° im Vergleich zu einem unbekiesten bzw. frei bewitterten Dach in 54 % der untersuchten Fälle rentabel waren, im Vergleich zu bekiesten Dächern wurden

88 % der begrünten Dächer als rentabel eingestuft. Die Einsparungen durch eine Dachbegrünung belaufen sich danach auf einen Zeitraum von 40 Jahren gesehen auf durchschnittlich 19,29 €/m².

Voraussetzung dafür sind sowohl eine sorgfältige Planung als auch eine fachgerechte Ausführung. (Schönemann, 2005)

4.4.6 BEISPIELE FÜR DACHBEGRÜNUNGEN



Bild 4.24: Intensiv begrüntes Flachdach eines Industriegebäudes der SOTEG S.A. in Esch-sur-Alzette



Bild 4.25: extensiv begrüntes Garagen-flachdach ca. zwei Monate nach der Anpflanzung



Bild 4.26: extensiv begrüntes Schrägdach, Mitlosheim (D)

4.5 ABLEITUNG IN OFFENEN GERINNEN

4.5.1 ABLEITUNG DES ÜBERSCHÜSSIGEN REGENWASSERS

Da in Siedlungsgebieten ein Großteil der Fläche befestigt ist, ist die gewünschte dezentrale Versickerung von Regenwasser oftmals nicht möglich.

Das Regenwasser kann in diesem Fall mittels offener Gräben oder Rinnen einer zentralen Versickerungsanlage oder, falls die (hydro-) geologische Situation eine Versickerung nicht zulässt, einem Rückhaltebecken zugeleitet werden. Diese oberirdische Ableitung kann eine Aufwertung der Siedlung bewirken und ist nicht nur aus optischen Gründen immer öfter erwünscht. Die offene Ableitung des Regenwassers bewirkt eine Verbesserung des Kleinklimas und ist häufig eine günstige Lösung, da durch sie die Kosten für eine Regenwasserkanalisation entfallen. Zudem können bei einer offenen Ableitung Fehlan schlüsse leicht erkannt werden.

Wenn Untergrund oder Bebauung keine Versickerung zulassen, ist auch künftig die Einleitung in ein Oberflächengewässer erforderlich. Den Weg bis zu diesem Gewässer sollte das Regenwasser wenn möglich offen zurücklegen. Ein Umdenken - und das entsprechende Handeln - vom schnellen Ableiten des Regenwassers in Kanälen hin zur behutsameren, naturnahen Entwässerung ist also möglich und findet immer häufiger statt.

Im Verlauf dieses Kapitels werden Beispiele für eine offene Ableitung gezeigt.

4.5.2 DIE OFFENE ABLEITUNG VON PRIVATGRUNDSTÜCKEN

Regenwasser wird auf Privatgrundstücken oberflächlich abgeleitet, um es entweder dezentral auf dem Grundstück zu versickern oder um es an eine offene Ableitung im öffentlichen Raum (z.B. straßenbegleitende Gräben) abzugeben (s. Bild 4.27).



Bild 4.27: Einleitung des Regenwassers vom Privatgrundstück in einen Graben im öffentlichen Raum (Stadt Münster, 2008)

Falls eine dezentrale Versickerung auf dem Grundstück vorgesehen ist, wird ohnehin eine offene Ableitung erforderlich, da das Regenwasser nach Möglichkeit in Höhe der Geländeoberkante in die Versickerungsmulde eingeleitet werden sollte, um eine Muldentiefe von 20-30 cm nicht zu überschreiten.

Die offene Ableitung des Regenwassers hat gegenüber der geschlossenen Rohrleitung den Vorteil, dass Verstopfungen oder Ablagerungen sofort erkannt und behoben werden können. Gleichzeitig erfordert sie den Einsatz diverser Teilelemente, die zum reibungslosen Betrieb vorzusehen und in regelmäßigen Abständen zu warten sind.

Dies sind im Einzelnen:

Dachrinne, Fallrohr, Fallrohrkrümmer, Rinnenanschluss am Gebäude/Fallrohr, offene befestigte / unbefestigte Rinne, Übergang befestigte Rinne - unbefestigte Rinne, Anschluss an öffentliche Entwässerung (z.B. straßenbegleitender Graben)

Um Schäden zu vermeiden, ist beim Bau und Unterhalt dieser Betriebselemente die gleiche Sorgfalt anzuwenden wie bei den Anlagen zur Versickerung. (MUNLV NRW, 2002)

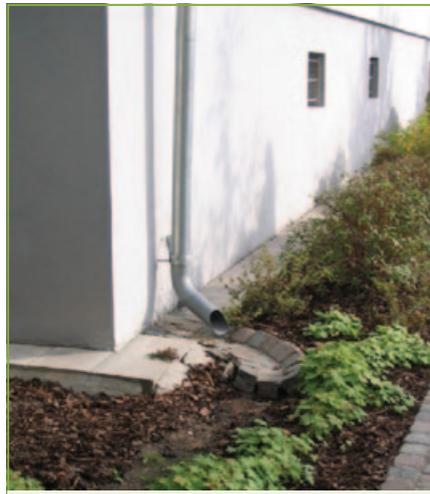


Bild 4.28: Übergang Fallrohr offene Rinne (PRE-Park Kaiserslautern, D)

4.5.3 DIE OFFENE ABLEITUNG IM ÖFFENTLICHEN RAUM

Als Alternative zu einer Regenwasserkanalisation kann das Regenwasser im öffentlichen Raum oberflächlich abgeleitet werden. Dazu können straßenbegleitende Gräben bzw. Mulden oder offene Rinnen im Straßenraum dienen (s. [Bilder 4.29 bis 4.33](#)). Die einfachste Art der offenen Ableitung im Straßenraum ist dabei die oberflächige Ableitung des Regenwassers von geneigten Straßenflächen in offene Sammelrinnen. Darüber hinaus kann das Regenwasser von privaten Grundstücken in Anlagen zur offenen Ableitung abgegeben und wahlweise abgeleitet und/oder versickert werden. Das zur Versickerung anstehende Niederschlagswasser ist dabei grundsätzlich anhand seiner Herkunft und der Vulnerabilität des Untergrunds auf seine Versickerungseignung zu überprüfen (s. [Kapitel 3.2](#)).

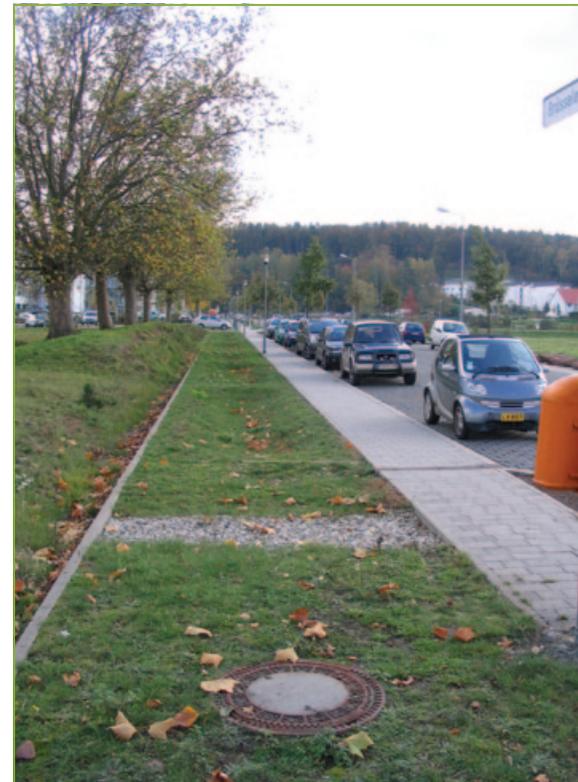


Bild 4.29: Ableitung und Versickerung des Regenwassers in straßenbegleitendem Mulden-Rigolensystem im öffentlichen Raum (PRE-Park Kaiserslautern, D)

Grundsätzlich wird bei einer offenen Ableitung im Straßenraum das Niederschlagswasser gesammelt oder ungesammelt zu den Anlagen der Rückhaltung, Reinigung, Versickerung oder Einleitung abgeleitet:

- breitflächig mit dem Quergefälle zum Straßenrand,
- in oberflächlich geführten Gerinnen oder
- in unterirdischen Leitungen.

In der Tabelle 4.5 sind verschiedene Ableitungselemente und ihre Anwendung, Wirkung und Kosten dargestellt.

Tabelle 4.5: Anwendung, Wirkung und Kosten von Ableitungselementen (BayLfW, 2005)

Gerinnetyyp	Anwendung	Wirkung	durchschnittliche Kosten (mit Einbau)
Fläche mit Quergefälle zum Straßenrand	Breitflächige Entwässerung, seitlich von allen Verkehrsflächen (in Kombination mit Grünstreifen oder Seitengräben möglich)	Abfluss sehr hoch Verdunstung gering keine Versickerung keine Reinigung	praktisch keine zusätzlichen Kosten
Rasenmulde Graben Rigole	Linienentwässerung, seitlich in Kombination mit Grünstreifen	Abfluss hoch Verdunstung mittel Versickerung gering Reinigung gut	ab 30,- Euro/m je nach Breite und Befestigung
Pflastermulde Pflasterrinne	Linienentwässerung, seitlich oder mittig von allen Verkehrsflächen	Abfluss sehr hoch Verdunstung sehr gering keine Versickerung Reinigung sehr gering	ab 80,- Euro/m je nach Breite und Material
Kastenrinne	Linienentwässerung, seitlich oder mittig von allen Verkehrsflächen und Querungen oder Durchlässen	Abfluss sehr hoch Verdunstung sehr gering keine Versickerung Reinigung sehr gering	ab 200,- Euro/m ohne Abdeckung, je nach Nennwert ab 300,- Euro/m mit Abdeckung, je nach Nennwert
Rohrleitung	Sammel- oder Dränageleitung: unter allen Verkehrsflächen und in Durchlässen	Abfluss sehr hoch keine Verdunstung keine Versickerung keine Reinigung	ab 100,- Euro/m mit Schächten, je nach Nennwert Verlegetiefe und Untergrundverhältnissen

Aus Sicht der naturnahen, nachhaltigen Entwässerung ist das oberirdische Ableiten des Regenwassers zu bevorzugen. Geringe Geländegefälle erfordern häufig, das Niederschlagswasser oberflächennah an die nachgeschalteten Entwässerungsanlagen abzuleiten. Der Weg des Wassers ist so für die Allgemeinheit sichtbar und seine Wirkung bleibt nachvollziehbar. Eine offene Ableitung ist zudem leichter zu unterhalten. Die Größe der Abflussrinne wird durch die angeschlossene Fläche, das Sohlgefälle und die Rauigkeit bestimmt. Bei allen oberflächlich geführten Gerinnen ist auf die Verkehrssicherheit zu achten. Ihr Querschnitt muss der jeweiligen Straßen- und Platznutzung angepasst werden. Die Anlagen müssen den Geh- und Fahrkomfort von Fußgängern, Radfahrern und Kfz-Verkehr berücksichtigen und dürfen selbstverständlich keine Gefahren auslösen. (BayLfW, 2005)

4.5.4 BEISPIELE FÜR EINE OFFENE ABLEITUNG



Bild 4.30: Straßengeleitender Graben (BayLfW, 2005)



Bild 4.31: Grundstückszufahrt über straßengeleitenden Graben (MUF, 2000)



Bild 4.32: Einleiten des Abflusses von Straßen in offenen, straßengeleitenden Graben



Bild 4.33: Offene Kaskadenrinne zur Ableitung des Regenwassers in eine Mulde zur Retention und Versickerung (PRE-Park, Kaiserslautern, D)

4.6 RÜCKHALTUNG VON NIEDERSCHLAGSWASSER

4.6.1 ZWISCHENSPEICHERUNG UND ABFLUSSDÄMPFUNG

Eine Speicherung der Niederschlagsabflüsse ist für eine verminderte und gedrosselte Weiterleitung notwendig. Die Abflussverhältnisse für Regenwasser sollten auch nach Bebauung eines Gebiets der unbebauten, natürlichen Situation entsprechen.

Eine Reduzierung der abflusswirksamen Flächen sollte weitmöglichst angestrebt werden, um das erforderliche Retentionsvolumen zu minimieren. Hinweise auf Maßnahmen, die Gewässer vor übermäßigen Belastungen schützen können gibt Tabelle 4.6. Werden detailliertere Untersuchungen zur Beurteilung des notwendigen Gewässerschutzes erforderlich, so müssen Nachweise mit Niederschlag-Abfluss-Modellen, Schmutzfracht- oder Gewässergütemodellen erbracht werden.

Die Wahl der geeigneten Retentionsform (Bodenfilter, Regenrückhaltebecken, Rohr-Rigole) hängt von dem Flächenangebot und der Architektur der Gebäude ab. Anzustreben sind offene, naturnahe Anlagen, da diese neben der Mehrfachnutzung auch zur Gestaltung des Freiraums herangezogen werden können.

In den meisten Fällen werden Regenrückhaltebecken zur Speicherung der Niederschlagsabflüsse vorgesehen: diese Rückhaltungen werden laut den Arbeitsblättern DWA-A 117 (DWA, 2006) „Bemessung von Regenrückhalteräumen“ und ATV-A 166 (ATV, 1999) „Bauwerke der zentralen Regenwasserbehandlung und -rückhaltung“ bemessen und gestaltet. Rückhaltungen müssen innerhalb der Grenzen des PAP-Gebietes liegen, da jedes Baugebiet entwässerungstechnisch gesehen eigenständig funktionieren muss und nicht von außerhalb liegenden Flächen abhängig sein darf.

Im Hinblick auf einfache Unterhaltsarbeiten werden möglichst am Tiefpunkt eines Bebauungsgebiets offene Regenrückhaltungen angestrebt.

Hinweise auf die Bemessung von Anlagen zur Rückhaltung von Regenwasser sind in [Kapitel 5.4.2](#) aufgeführt.



Bild 4.34: künstliche Regenrückhaltung (Petrisberg Trier, D)

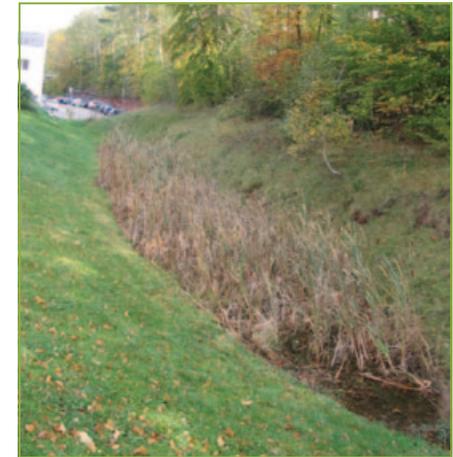


Bild 4.35: offene Regenrückhaltung am Tiefpunkt eines Bebauungsgebiets (PRE-Park, Kaiserslautern, D)



Bild 4.36: offene, naturnahe Regenrückhaltung (Konz, D)



Bild 4.37: Gestaltung des Freiraums dank Rückhaltung (Petrisberg Trier, D)

4.6.2 REINIGUNG VOR DER EINLEITUNG IN EIN GEWÄSSER

Zusätzlich zur Rückhaltung (Retention) von Niederschlagsabflüssen aus Trennkanalisationen und deren gedrosselter Abgabe an ein Gewässer, kann es erforderlich sein, diesen Drosselabfluss vor der Einleitung in einer Behandlungsanlage zu reinigen.

Das gilt vor allem in den Regionen Luxemburgs, die aufgrund der lokalen hydrogeologischen Situation den Vulnerabilitätsstufen 3 und 4 zugeordnet werden. Eine geographische Verteilung der Vulnerabilitätsstufen in Luxemburg ist der Abbildung 3.3 in [Kapitel 3.2](#) zu entnehmen.

In den Gebieten dieser Vulnerabilitätsstufen kann es aufgrund der Eigenschaften von Gesteinsschichten im Untergrund zur massiven Infiltration von Wasser aus Oberflächengewässern in das Grundwasser kommen. Im folgenden werden Behandlungsmaßnahmen vorgestellt, mit dem Ziel, indirekte Verunreinigungen des Grundwassers durch Regenabflüsse aus Siedlungsgebieten, die in Oberflächengewässer eingeleitet werden, zu vermeiden.

Zur Behandlung von Regenabflüsse in Gewässer werden, je nach Behandlungsziel, verschiedene Anlagen eingesetzt:

- Sedimentation, z.B. in offenen, naturnahen Rückhaltungen
- Filterung, z.B. durch belebte Bodenzone
- Chem.-physikalische Verfahren, z.B. Fällung



Bild 4.38: Zeolithische Filtereinheit (Athanasiadis et al., 2006)

Bei naturnaher, offener Retention (siehe Bild 4.36) handelt es sich um Bauwerke mit einem spezifischen Absetzvolumen, deren hydraulische Durchströmung **Sedimentation** zulässt (z.B. Regenklärbecken mit/ohne Dauerstau, Regenrückhalteräume) oder sogar unterstützt (z.B. hydrodynamische Abscheider). Je nach Vulnerabilitätsstufe des lokal vorhandenen Grundwasserleiters kann die Sohle versickerungsfähig ausgeführt werden (s. Tabelle 4.6). Abhängig von den Randbedingungen ist auch die Anwendung alternativer Sedimentationsanlagen möglich, z.B. Regenklärbecken, hydrodynamische Abscheider usw.

Filteranlagen können je nach Filtermaterial, Filterstärke und Verweilzeit des Durchflusses neben einer Rückhaltung partikulärer Stoffe auch zur Entfernung gelöster Stoffe beitragen. Den wesentlichen Beitrag zur Elimination gelöster Stoffe leisten dabei biologische Vorgänge und Adsorptionsprozesse. Eine Vorbehandlung des Filterzulaufs zur Elimination von absetzbaren Stoffen und Leichtstoffen ist unbedingt nötig. Das Filtermaterial kann je nach erwarteter Zulaufbelastung gewählt werden (i.d.R. Sand, in besonderen Fällen andere, z.B. Zeolithe, haufwerksporiger Beton etc.)

Chemisch-physikalische Verfahren dienen dem Rückhalt feiner Partikel und gelöster Stoffe. Durch Fällungsmittelzusatz wird ein Phasenübergang von gelösten zu partikulären Stoffen erreicht. Die Zugabe von Flockungsmittel dient der Flockenvergrößerung. Die entstandenen Feststoffverbände können anschließend durch Sedimentation, Filterung oder Flotation zurückgehalten werden.

Werden in besonderen Fällen erhöhte Anforderungen an eine Behandlung gestellt, ist auch die Kombination verschiedener Anlagen in aufeinanderfolgenden Stufen möglich.

Retentionsbodenfilter stellen eine Kombination aus Rückhalteraum und Filteranlage dar (siehe [Bild 4.39](#)). Sie werden meist in Erdbauweise errichtet und mit Schilf oder Gras bepflanzt. Der Filterkörper ist gegen den Untergrund abgedichtet und wird vertikal durchflossen. Das in einer Dränung gefasste Sickerwasser wird gedrosselt oder ungedrosselt in ein Oberflächengewässer eingeleitet. Retentionsbodenfilter können somit zur Abflusdämpfung, vorübergehenden Speicherung und Abflusreinigung durch Filterung in der belebten Bodenzone eingesetzt.



Bild 4.39: Retentionsbodenfilter vor Inbetriebnahme (links) (LfUMN BW, 2002), Schilfbepflanzung eines Retentionsbodenfilters im Anwuchsstadium (rechts)

Einen Überblick über Wirkung, Gestaltung und Kosten von Bodenfiltern geben das Handbuch „Bodenfilter zur Regenwasserbehandlung im Misch- und Trennsystem“ der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LfUMN BW, 2002) und das Merkblatt DWA-M 178 (DWA, 2005^c).

Tabelle 4.6: Zentrale Behandlung des Regenabflusses verschiedener Herkunftsflächen vor der Einleitung in Oberflächengewässer innerhalb der regionalen Vulnerabilitätsstufe 3 und 4

Herkunftsfläche Vulnerabilitätsstufe	Geringe Verschmutzung			Mittlere Verschmutzung	Verschmutzung mit Schwermetallen	
	Gründächer ^{a)}	Dach- und Terrassenflächen in Wohngebieten, Rad- und Gehwege, Hofflächen ^{a)}	Pkw-Parkplätze, Anwohnerstraßen (<500 Kfz/24h) ^{a)}	Durchgangsstraßen (500-5000 Kfz/24h)	Metalldächer mit unbeschichteten Anteilen von: < 50m ²	> 50m ²
3	keine Behandlung nötig	● ○ ◎ ■ □ ▣	■ □ ▣	■ □ ▣	● ○ ◎ ■ □ ▣	■
4	keine Behandlung nötig	■ □ ▣	▨	■ □ ▣	■ □ ▣	■

^{a)} der Einsatz von Herbiziden oder anderen wassergefährdenden Substanzen ist nicht gestattet

▨ Einleitung in Gewässer nur nach Behandlung in Kombinationsanlage unter Anwendung der unten angegebenen Behandlungsmaßnahmen oder besonderen Verfahren möglich

■ nur mit besonderen Verfahren

Behandlungsverfahren

● Naturnahe offene Rückhaltung mit Leerung und Reinigung nach Regenende und maximal 10m/h Oberflächenbeschickung bei $r=15l/(s*ha)$ (alternativ: Sedimentationsanlagen z.B. Regenklärbecken, hydrodynamische Abscheider). In Vulnerabilitätsstufe 4 sind Anlagen gegen den Untergrund adzudichten.

○ Naturnahe offene Rückhaltung mit maximal 10m/h Oberflächenbeschickung und maximal 0,05m/s Horizontalgeschwindigkeit bei $r=15l/(s*ha)$ (z.B. trockenfallende bewachsende Seitengraben oder Vegetationspassagen mit einer Länge > 50m). In Vulnerabilitätsstufe 4 sind Anlagen gegen den Untergrund adzudichten.

◎ Naturnahe offene Rückhaltung mit Dauerstau oder ständiger Wasserführung und maximal 10m/h Oberflächenbeschickung bei $r=15l/(s*ha)$ z.B. Teiche. In Vulnerabilitätsstufe 4 sind Anlagen gegen den Untergrund adzudichten.

■ Filterung mit 20cm Oberboden auf 60cm Sand der Körnung 0/2 mit vorgeschalteter Sedimentationsanlage

□ Filterung aus 60cm Sand der Körnung 0/2 mit vorgeschalteter Sedimentationsanlage

▣ Filterung aus 60cm Sand der Körnung 0/4 mit vorgeschalteter Sedimentationsanlage

Die Auswahl möglicher Behandlungsanlagen ist in Abstimmung mit der Wasserwirtschaftsverwaltung vorzunehmen.



Hinweise zur Planung und praktischen Umsetzung



5.1 EINLEITUNG

Dieses Kapitel dient zur Beantwortung und Klarstellung von Fragen, die sich aus den Vorgaben des Leitfadens ergeben.

In verschiedenen Skalenebenen

- Gebäude
- Grundstück
- Öffentlicher Straßenraum / Plätze
- Baugebiet
- Vorfluter

wird beschrieben, was bei der Planung und späteren Nutzung des Trennsystems in Verbindung mit nachhaltigen Regenwasserbehandlungsmaßnahmen zu beachten ist. Hinweise zur Planung und praktischen Umsetzung werden unter Bezug auf die jeweilige Skalenebene für ausgewählte Maßnahmen anhand konkreter Beispiele und Informationen aufgezeigt. Zusätzliche maßnahmenspezifische Informationen sind [Kapitel 4](#) zu entnehmen.

5.2 SKALENEBENE GEBÄUDE

5.2.1 DRÄNAGE UND UNTERKELLERUNG

Die **Unterkellerung von Gebäuden** ist unabhängig vom Entwässerungssystem immer dann kritisch zu hinterfragen, wenn zur dauerhaften Sicherung und Trockenlegung des Gebäudes eine Grundwasserdränage erforderlich wird. Dies ist in vielen Teilen Luxemburgs mit hoch anstehendem Grundwasserspiegel der Fall.

Bisher ist es dennoch Usus, das in den **Gebäudedrängen** gesammelte unverschmutzte Grundwasser dem Mischwasserkanal zuzuführen. Dies erfordert im Kanalnetz höhere Abflusskapazitäten und widerspricht dem Grundgedanken einer modernen Regenwasserbewirtschaftung.

Außerdem erfordert nach geltendem luxemburgischen Wasserrecht die Absenkung des Grundwasserspiegels durch Maßnahmen jedweder Art grundsätzlich eine Genehmigung. Ziel des Gesetzes ist unter anderem, am betroffenen Gebäude und an angrenzenden Bebauungen Setzungsprobleme durch eine dauerhafte Absenkung des Grundwasserspiegels zu vermeiden.

Beim Trennsystem stellt sich zusätzlich das Problem, dass in einer hinreichend tiefen Entwässerungsebene normalerweise nur der Schmutzwasserkanal verläuft. Der Regenwasserkanal liegt oberflächennah, kann aber bei Ausnutzung aller Möglichkeiten der Regenwasserwirtschaftung auch ganz entfallen sein.

Die Einleitung von Grundwasser aus Gebäudedrängen in den Schmutzwasserkanal stellt neben der Notwendigkeit größerer Abflussquerschnitte im Schmutzwasserkanalsystem vor allem für die Kläranlage ein Problem dar, die zur Reinigung des vermehrt und verdünnt zufließenden Schmutzwassers höhere Reinigungskapazitäten aufweisen muss.

Entwässerungsebenen im Gebäude bei herkömmlicher Trennkanalisation:

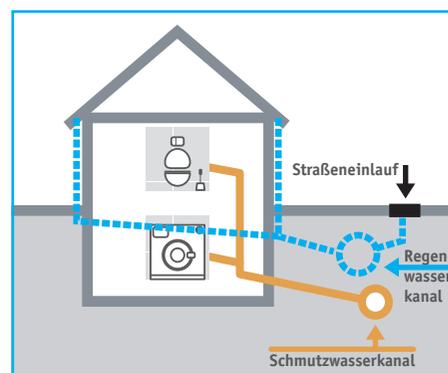


Bild 5.1: Schema der Hausanschlüsse bei herkömmlicher Trennkanalisation

Der Anschluss von Gebäudedrängen an den Schmutzwasserkanal ist aus diesem Grund in keinem Fall zulässig.

Eine **Gebäudedrange** wird nur in den Fällen gestattet, wenn der **höchste gemessene Grundwasserspiegel mehr als 1,0 m unter der Gründungssohle** des Gebäudes liegt und wenn nicht mit einem dauerhaften Zustrom von Schichtenwasser zu rechnen ist.

Wünscht der Bauherr, sein Gebäude mit einer Drange zu versehen, so ist der Nachweis des Vorliegens eines ausreichend tiefen Grundwasserstandes bzw. des Nichtvorliegens von dauerhaft zustromendem Schichtenwasser anhand eines **Bodengutachtens** zu erbringen. Dabei ist das auf der Ebene des Bebauungsgebiets mit der Aufstellung des PAP eingereichte Bodengutachten in vielen Fällen nicht ausreichend. Von der genehmigenden Stelle kann ein detailliertes, für das jeweilige Grundstück erstelltes Bodengutachten gefordert werden.

Für die Ausbildung des Kellers bestehen demnach folgende Möglichkeiten.

- 1) Der höchste gemessene Grundwasserspiegel steht hocher als 1,0 m unter Gründungssohle an oder es ist dauerhaft mit Schichtenwasser zu rechnen.

In diesem Fall muss der Keller mittels einer weißen oder schwarzen Wanne wasserundurchlässig ausgebildet werden.

Zusatztliche Detailinformationen zur Abdichtung von Bauwerken können der Norm DIN 18195 (DIN, 2000) entnommen werden.

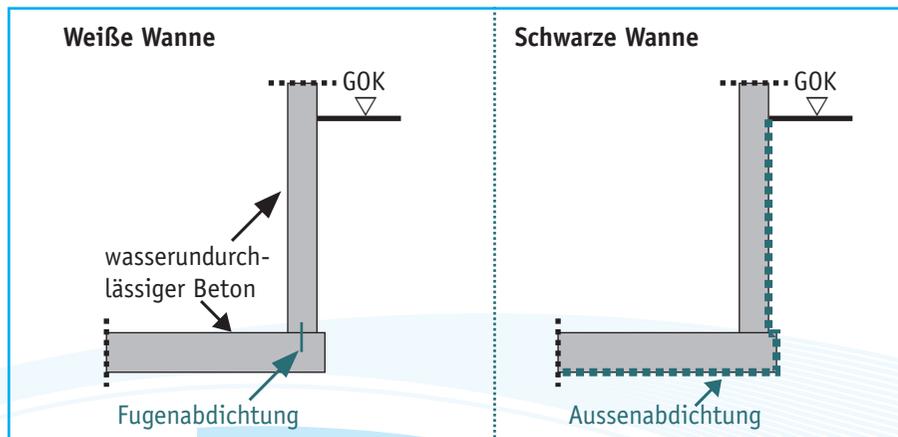


Bild 5.2: Schema des Aufbaus wasserundurchlässiger Kellerwände

- 2) Der höchste gemessene Grundwasserspiegel steht unterhalb von 1,0 m unter Gründungssohle an.

In diesem Fall ist bei Unterkellerung des Gebäudes eine Drange zur Abführung des sich eventuell sammelnden Sickerwassers zulässig, das mittels Pumpen gefördert und an den Regenwasserkanal, offene Gerinne oder vorab realisierte Regenwasserbewirtschaftungsanlagen angeschlossen wird.

Alternativ kann das dränierte Sickerwasser bei geeigneten topographischen Gegebenheiten und Gefalleverhaltnissen an einen Regenwasserkanal angeschlossen werden, der ausreichend tief unterhalb der Entwasserungsebene der Gebäude angeordnet ist.

Eine solche Lösung kommt auch aus Kostengründen nur in seltenen Fällen in Frage, z.B. dann, wenn der Vorfluter nahe gelegen ist und sich die Investitionen in weiterführende, ebenfalls tief anzuordnende Regenwassersammler in Grenzen halten.

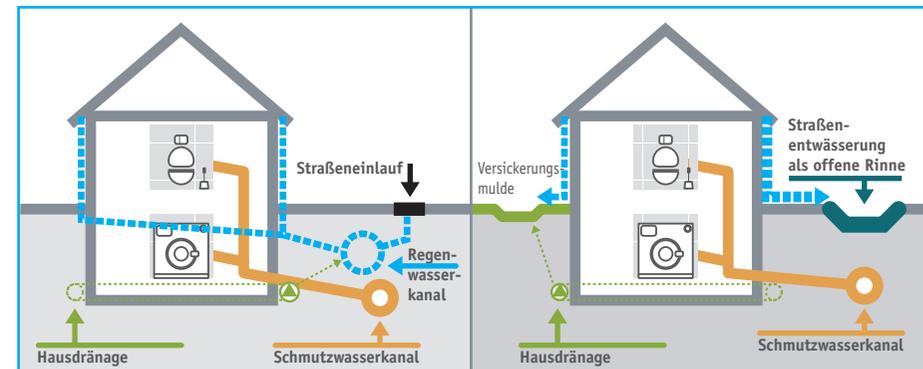


Bild 5.3: Mögliche Ausführung von Gebäudedrängen (bei festgestellter Zulässigkeit)

5.2.2 REGENWASSERNUTZUNG

Die Nutzung des Regenwassers ist ein wesentlicher Baustein der modernen Siedlungsentwässerung, der idealerweise schon bei der Planung des Gebäudes konsequent berücksichtigt wird. Aber auch bei bestehender Bebauung sind einzelne

Bausteine der Regenwassernutzung ohne wesentliche Eingriffe in Bausubstanz umsetzbar, z.B. der nachträgliche Anschluss von Dachflächen an eine Zisterne.

AUFBAU EINER REGENWASSERNUTZUNGSANLAGE

Sammlung des Regenwassers

Üblicherweise findet eine Sammlung des Regenabflusses von Dachflächen statt. Andere Flächen wie z.B. Parkplätze werden für die private Regenwassernutzung seltener mit einbezogen, da sie eine höhere Verschmutzung aufweisen und eine weitergehende Reinigung sich nur bei großen Wassermengen rechnet.

Wichtig ist auch das Material des Daches: auf sehr rauen Dächern sammelt sich z.B. in Trockenphasen viel Schmutz, während Bitumendächer das Regenwasser gelblich färben. Bei unbeschichteten Kupfer- oder Zinkdächern können erhöhte Metallkonzentrationen auftreten.

Filter

Mechanische Filter im Zulauf zum Regenwasserspeicher haben die Aufgabe, Fremdstoffe, die den Betrieb der Anlage stören oder die Wasserqualität beeinflussen könnten, zurückzuhalten. Am wartungsärmsten sind Filter, die den Schmutz zusammen mit einer geringen Menge Regenwasser aus dem Filter in die Kanalisation ableiten.

Filter sollten an einer zentralen Stelle im Zulauf des Speichers eingebaut werden und zu Reinigungs- und Wartungszwecken leicht zugänglich sein. Auf einen Feinfilter nach der Druckerhöhungsanlage kann verzichtet werden, da Feststoffe schon im Speicher durch Sedimentation zurückgehalten werden, viele Hausgeräte einen eigenen Filter besitzen (z.B. Waschmaschine) und Feinfilter bei nicht sachgemäßer Wartung und Reinigung zu einer Verkeimung des Wassers führen.

Speicher

Speicher sollen möglichst unterirdisch angeordnet werden, um hohe Temperaturen, Frosteinfluss und Lichteinfall zu vermeiden.

Im Speicher findet eine Sedimentation der im Wasser enthaltenen Feststoffe statt. Dadurch werden nicht nur die Feststoffe selbst entfernt, sondern auch Schwermetalle

und Keime, die sich an diese Partikel anlagern. Der Zulauf muss daher beruhigt sein, um keine schon abgesetzten Sedimente wieder aufzuwirbeln.

Die Wasserentnahme muss so angeordnet werden, dass weder Sediment noch Schwimmstoffe von der Oberfläche angesaugt werden. Dadurch ergibt sich ein gewisses Volumen, das nicht genutzt werden kann. Dies muss bei der Dimensionierung des Speichers berücksichtigt werden.

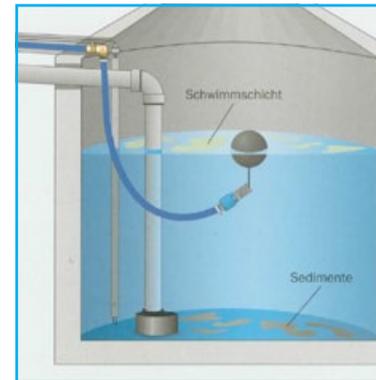


Bild 5.4: schwimmende Entnahme mit Saugpumpe (ESPA, 2004)

Druckerhöhungsanlage und Pumpe

Die Druckerhöhungsanlage regelt die Pumpen und sorgt an den Verbrauchsstellen für den gewünschten Versorgungsdruck. Sie muss für Wartung und Reparatur leicht zugänglich sein.

Trinkwassernachspeisung

Z.B. bei langer Trockenheit ist es notwendig, Trinkwasser in die Regenwassernutzungsanlage nachzuspeisen. Die Nachspeisung sollte automatisch erfolgen, sobald ein bestimmter Mindestwasserstand im Speicher erreicht ist. Die Nachspeisung kann entweder direkt in die Zisterne oder mittels eines separaten Trinkwasser-Vorlagebehälters, der in der Steuerungseinheit integriert ist, erfolgen. Ein Vorlagebehälter reduziert die nachgespeiste Trinkwassermenge, ist aber in der Anschaffung teurer (König, 1996).

Am komfortabelsten sind Regenwasserzentralen, die in einem Gehäuse Trinkwassernachspeisung und Steuerung der Anlage kombinieren.

Wegen der Verkeimungsgefahr muss unbedingt darauf geachtet werden, dass ein Rückfluss von Regenwasser in das Trinkwassernetz unmöglich ist. Dies wird durch einen freien Auslauf (Mindestabstand zwischen Trinkwasserleitung und dem aufnehmenden Rohr der Regenwassernutzungsanlage) gemäß DIN 1989-1 (2002) erreicht.

Eine Rückstauklappe oder ein Rohrtrenner reichen zur Trennung des Brauch- und Trinkwassernetzes nicht aus!

Natürlich muss nicht nur bei der Nachspeisung, sondern auch im weiteren Verlauf der Leitungsnetze darauf geachtet werden, dass keine Verbindungen entstehen. Deshalb sollte das Brauchwassernetz durch verschiedene Farben, Materialien oder Trassenbänder gekennzeichnet werden.

PLANUNG UND BEMESSUNG

Ist die Entscheidung gefallen, eine Regenwassernutzungsanlage zu bauen, muss festgelegt werden, welche Flächen zur Sammlung von Niederschlagswasser geeignet sind und zur Verfügung stehen und wie groß die Anlagenteile ausgelegt sein sollen.

Geeignet für die Sammlung von Regenwasser zur Brauchwassernutzung sind in erster Linie Dachflächen. Einfluss auf die Qualität des gesammelten Wassers haben atmosphärische Verunreinigungen, die durch den Niederschlag schon in der Luft aufgenommen werden, und die Beschaffenheit der Dachfläche bzw. deren Verschmutzungsgrad.

Eine Dimensionierung der Regenwassernutzungsanlage erfolgt durch den Vergleich der Wassermenge, die gesammelt werden kann, mit dem Bedarf der Nutzer. Für Wohnhäuser genügt eine überschlägliche Berechnung, für große Anlagen mit komplexen Randbedingungen kann eine Simulation der Niederschlags- und Verbrauchscharakteristik mittels eines Computermodells nötig werden (DIN 1989-1, 2002).

Regenwasserertrag, Verbrauch und Speichergroße bestimmen

Bei der privaten Regenwassernutzung werden grundsätzlich alle geeigneten Dachflächen auch zur Sammlung genutzt. Nach DIN 1989-1 (2002) sollten für Ein- und Zwei-Familienhäuser 800 bis 1000 Liter Nutzvolumen pro Nutzer vorgesehen werden. Das bedeutet, dass ein Vier-Personen-Haushalt etwa 4m³ nutzbares Speichervolumen benötigt. Hinzu kommt das nicht nutzbare Mindestvolumen (s. [Kapitel 4.3](#)).

Bei Mehrfamilienhäusern und öffentlichen oder gewerblichen Gebäuden mit gleichmäßiger Verbrauchsstruktur hängt die Größe des Nutzvolumens vom Niederschlag (s. [Kapitel 3.3](#)), der Auffangfläche und dem vorhandenen Bedarf ab.

Der Betriebswasserbedarf wird mit Richtwerten nach DIN 1989-1 (2002) berechnet, z.B. wird für die Toilettenspülung im Bürobereich ein Wert von 12 Litern pro Tag und Person angesetzt.

Wartung und Pflege

Regenwassernutzungsanlagen sind schon lange nicht mehr die Domäne von Bastlern und Tüftlern wie in den 80er Jahren des vorigen Jahrhunderts. Heute gibt es fertige, aufeinander abgestimmte Systeme, deren Wartungsaufwand sehr gering ist. Die Inspektionen und Wartungen, die nötig sind, können normalerweise in Eigenleistung durchgeführt werden. Halbjährlich kontrolliert werden müssen z.B. die Dachabläufe und Regenrinnen, jährlich die Filteranlage, Pumpe und der Speicher auf Dichtigkeit. Gereinigt werden muss der Speicher nur in größeren Zeitabständen von ca. 10 Jahren, da ein Biofilm an den Wänden für die Reinigung des Regenwassers erwünscht ist. Eine detaillierte Tabelle mit Wartungsintervallen enthält die DIN 1989-1 (2002). Außerdem sind vom Hersteller gegebene Hinweise zu beachten.

In einer von Jacoby (2004) durchgeführten Befragung der Betreiber von 13 größeren Regenwassernutzungsanlagen in Schulen, Sportkomplexen und einer Bank in Luxemburg kristallisierten sich einige typische Schwachstellen heraus. Probleme gab es v.a. mit den Schwimmerschaltern, die die Trinkwassernachspeisung bei leerem Speicher steuern (s. [Bild 5.5](#)). Bei drei Anlagen traten Probleme mit der Pumpenanlage auf. Zum Teil waren Pumpen zu groß dimensioniert worden, was zu einer Lärmbelästigung führte. Andererseits führte die zu kleine Auslegung der Pumpe

in einem Fall zu deren Ausfall wegen ständiger Überlastung.

König (2000) empfiehlt, auf Feinfilter im Hausnetz zu verzichten, da er wartungsintensiv ist und keine deutliche Verbesserung der Wasserqualität erzielt. Der Filter vor dem Eintritt in den Speicher reicht aus, während der Feinfilter sich bei mangelnder Wartung sogar negativ auf die Wasserqualität auswirken kann.

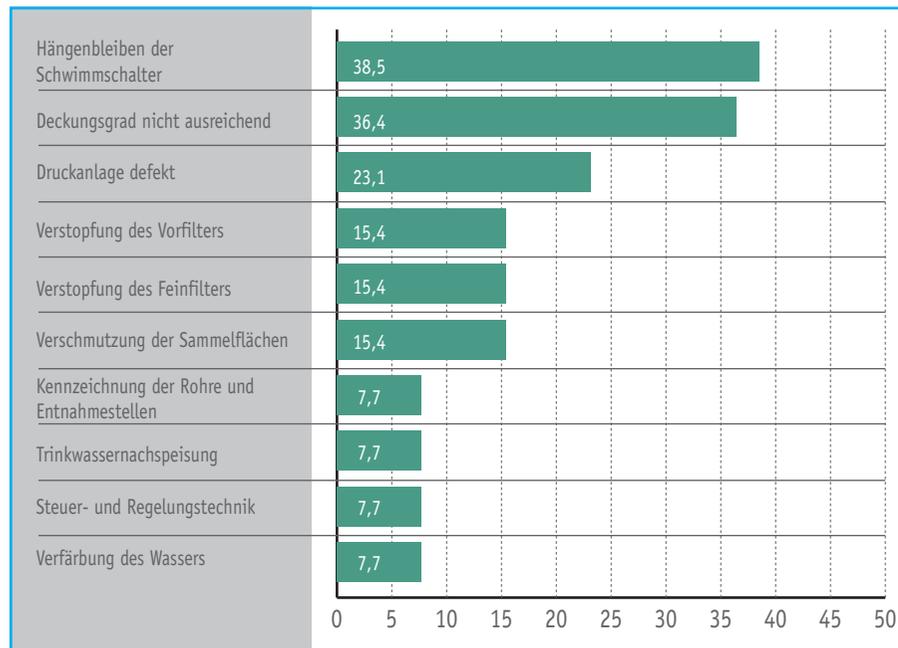


Bild 5.5: Aufgetretene Probleme mit Regenwassernutzungsanlagen in Luxemburg (Jacoby, 2004)

Einige der aufgetretenen Probleme lassen sich nur durch eine sorgfältige Dimensionierung im Vorfeld vermeiden (Deckungsgrad, Pumpenauslastung), während andere wie Verschmutzung der Sammelflächen und Verstopfungen durch regelmäßige Wartung leicht erkannt und behoben werden können.

5.2.3 DACHBEGRÜNUNG

Gründächer tragen aufgrund der hohen Wasserspeicherkapazität und Verdunstung zu einer Verminderung und Verzögerung des Regenabflusses von Dächern bei. In diesem Kapitel wird der technische Aufbau und die Wartung und Pflege von Gründächern beschrieben.

Der Schichtenaufbau von Gründächern

Im Gegensatz zu bodengebundenen Begrünungen steht einer Dachbegrünung lediglich eine dünne „Bodenzone“ zur Verfügung. Daher besteht eine Dachbegrünung aus mehreren Schichten, die jeweils bestimmte Funktionen erfüllen.

Die Verwendung spezieller Materialien macht eine Zusammenfassung von mehreren Funktionen möglich, sodass eine getrennte Ausbildung der Schichten zur Wahrnehmung ihrer Funktion nicht notwendig ist.

Die Aufgabe der sogenannten Funktionsschichten liegt in der Ermöglichung von Pflanzenwachstum auf einem Extremstandort wie dem Dach und in der Verhinderung von Gebäudeschäden. Nach FLL (2002) unterteilt man den Schichtaufbau in folgende Funktionsschichten:

Vegetationstragschicht

Die Vegetationstragschicht (auch Substratschicht) dient als durchwurzelbarer Raum und bildet somit die Grundlage für das Pflanzenwachstum. Sie speichert Wasser pflanzenverfügbar, gibt Überschusswasser an die Dränschicht ab und muss auch bei maximaler Wasserkapazität ein ausreichendes Luft- bzw. Sauerstoffvolumen zur Wurzelatmung aufweisen.

Filterschicht oder Filtervlies

Die Filterschicht verhindert die Einschlammung feinerer Boden- und Substrateile aus der Vegetationstragschicht in die Dränschicht, um die Wasserdurchlässigkeit der Dränschicht dauerhaft zu gewährleisten.

Da mittlerweile die Filterschicht Bestandteil werksgefertigter Dränmatten ist, wird in der Regel keine gesonderte Filterschicht mehr eingebaut.

Dränschicht

Die Dränschicht nimmt überschüssiges Wasser auf und führt es den Dachabläufen zu. Sie kann gleichzeitig der Wasserspeicherung dienen, den durchwurzelbaren Raum vergrößern und eine schützende Funktion für den darunter liegenden Aufbau wahrnehmen.

Schutzlage

Eine Schutzlage ist ein zusätzlicher Schutz für Dachabdichtungen bzw. für den Durchwurzelungsschutz.

Durchwurzelungsschutz

Das Wurzelschutzvlies vermeidet Beschädigungen der Dachabdeckung durch eindringende Wurzeln. Es muss absolut dicht sein, die Abdichtung der Nähte erfolgt durch Kalt- oder Heißverschweißung.

Trennlage

Eine Trennlage bewirkt die Trennung von Stoffen, die nicht miteinander verträglich sind.

Gleitlage

Eine Gleitlage verhindert ein nicht erwünschtes Klebeverhalten verschiedener Stoffe und/oder verringert die Scherbelastung zwischen zwei Schichten.

Der Aufbau der Vegetationsflächen besteht im Allgemeinen aus mehreren der oben aufgelisteten Funktionsschichten, wobei die einzelnen Schichten in Abhängigkeit von ihrer stofflichen Ausbildung mehrere Funktionen übernehmen können. Generell wird zwischen den beiden folgenden Bauweisen unterschieden:

- Mehrschichtige Bauweisen, bestehend aus getrennt ausgebildeter Drän-, Filter- und Vegetationstragschicht oder aus einer Drän- und Vegetationstragschicht, die durch die stoffliche Zusammensetzung die Filterfunktion mit übernehmen
- Einschichtige Bauweisen, bestehend aus einer Vegetationstragschicht mit Drän- und Filterfunktionen

Bei allen Bauweisen sind ein Durchwurzelungsschutz sowie eine ausreichende Schutzlage erforderlich. Detaillierte Angaben zum Aufbau eines Gründaches und zu den Funktionsschichten können der Dachbegrünungsrichtlinie (FLL, 2002) entnommen werden.

Was ist zusätzlich beim Einbau zu berücksichtigen?

Die Begrünungsverfahren müssen den biologischen Besonderheiten der einzelnen Pflanzenarten, der verschiedenen Vegetationsformen sowie dem qualitativen Begrünungsziel gerecht werden. Es wird zwischen folgenden Möglichkeiten der Vegetationsansiedlung unterschieden:

Trockenansaat, Nassansaat, Ausstreuen von Pflanzenteilen, Andecken von vorkultivierten Vegetationsmatten, Andecken von Fertigrasen, Pflanzung.

Die Fertigstellungspflege dient dem Erreichen eines abnahmefähigen Zustandes einer Begrünung. Sie ist Teil der Herstellung und umfasst den Zeitraum von der Ansaat bis zur erfolgreichen Abnahme der Dachbegrünung (mindestens eine Vegetationsperiode). Die Fertigstellungspflege beinhaltet neben der Ansaat evtl. eine Nachsaat bei ungenügendem Deckungsgrad sowie das Entfernen von unerwünschtem Fremdbewuchs und anfallendem Laub. Bewässerung oder Düngung sind im Allgemeinen nicht erforderlich, können im Einzelfall allerdings zusätzlich durchgeführt werden. (Schindelholz, 2005).

Nähere Angaben zur Ausführung und Fertigstellungspflege sind in DIN 18916 (2002), DIN 18917 (2002) oder DIN 18918 (2002) beschrieben (FLL, 2002).

Es sind Anforderungen bzw. Gütebestimmungen bei der Wahl von Saatgut, Pflanzen und Vegetation zu beachten.

Die Anforderungen bezüglich der Standfestigkeit und des Erosionsschutzes bei geneigten Dächern sind zu berücksichtigen.

Wartung und Pflege von Gründächern

Die Entwicklungs- und Unterhaltungspflege wird in DIN 18919 (2002) beschrieben. Die dort dargestellten Einzelmaßnahmen für bodengebundene Begrünungen können

auch auf Intensivbegrünungen übertragen werden. Generell wird hier ausschließlich die Pflege von extensiven Gründächern angesprochen, da die Pflege für intensiv begrünte Dächer der Fachliteratur für Garten- und Landschaftspflege entnommen werden kann.

Grundsätzlich sind zunächst Pflegeziele und Einzelmaßnahmen abgestimmt auf das Begrünungsverfahren, die Vegetationsform sowie den Entwicklungszustand objektbezogen festzulegen.

Die Unterhaltspflege dient der Erhaltung des funktionsfähigen Zustands einer Begrünung. Sie soll den Zustand nach der Abnahme erhalten, ohne die Weiterentwicklung einer ausgewogenen Pflanzengesellschaft stark einzuschränken. Die Unterhaltspflege beschränkt sich auf ein bis zwei Kontrollgänge pro Jahr und beinhaltet im Bedarfsfall das manuelle Freiräumen von Dachabläufen, das Entfernen von Fremdbewuchs und Laub sowie evtl. eine Nachsaat oder einen Rückschnitt zur Abmagerung. Zur Pflege dürfen auf keinen Fall Pestizide oder sonstige wassergefährdende Stoffe eingesetzt werden.

Bei Symptomen von Nährstoffmangel oder bei rein mineralischen Substraten können in den ersten Jahren kleine Nährstoffgaben erforderlich sein, bis sich der natürliche Nährstoffkreislauf eingependelt hat. (Schindelholz, 2005)

Eine Übersicht über die Pflege und deren jahreszeitliche Anordnung liefert [Tabelle 5.1](#).

Tabelle 5.1: Jahresplan Pflegemaßnahmen extensiver Dachbegrünungen nach Schindelholz (2005)

	Jan.	Feb.	März	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
Ansaat												
- Kräutersamen												
- Sedumsprossen												
Pflege												
- Kontrollgänge												
- Nährstoffgaben												

optimal, gut möglich
 günstig, möglich
 ungünstig, kritisch
 unmöglich, sinnlos

5.3 SKALENEBENE GRUNDSTÜCK EINSCHL. PRIVATE ERSCHLIESSUNGS- UND VERKEHRSLÄCHEN

5.3.1 ÜBERGANG VON VERSIEGELTEN AUF UNVERSIEGELTE FLÄCHEN

Hinweise zur Umsetzung

Die Vegetationsfläche sollte mindestens 5 cm tiefer liegen als die angeschlossene befestigte Fläche (Kaiser, 2002).

Lücken in baulichen Trennungen (z.B. Bordstein) sollten mindestens 10 cm breit sein und eine glatte Sohlfläche aufweisen, die gut zu reinigen ist (Kaiser, 2002).

Wartung und Pflege

Die Lücken und die dahinter liegenden Banketteflächen sind monatlich zu kontrollieren und zu reinigen. Die Kontrolle und Reinigung sollten in den Monaten Februar, Mai und November mindestens zweimal monatlich erfolgen (Kaiser, 2002).

Der Niveauunterschied von 5 cm zwischen Vegetationsfläche und angeschlossener befestigter Fläche ist regelmäßig zu kontrollieren und ggf. wieder herzustellen (Kaiser, 2002).

5.3.2 DURCHLÄSSIGE FLÄCHENBELÄGE

Hinweise zur Umsetzung

Hinweise zur Umsetzung wasserdurchlässiger Flächenbeläge gibt das „Merkblatt für wasserdurchlässige Befestigungen von Verkehrsflächen“ der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV, 1998) sowie das Arbeitsblatt 138 – „Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser“ der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA, 2005^a).

Wartung und Pflege

Auf neu gepflasterten Flächenbelägen sollte innerhalb einer Nutzungsdauer von 5 bis 10 Jahren ein Regen, der statistisch nur einmal in 5 Jahren vorkommt, ohne Überstau versickert werden können. Entsprechende Tests der Durchlässigkeit

können mit einem Infiltrometer durchgeführt werden (s. Bild 4.10). Liegt die Versickerungsrate unterhalb eines Wertes von 97mm/h multipliziert mit dem Verhältnis von angeschlossener Gesamtfläche zu durchlässiger Fläche, ist der Belag zu reinigen. Die obere Schicht der Fugen ist auszusaugen und zu erneuern. Geeignete Reinigungsgeräte sind bereits verfügbar

5.3.3 VERSICKERUNGSANLAGEN

Auf Ebene des Grundstücks und der auf dem Grundstück geplanten befestigten Flächen sind folgende Vorgaben zu berücksichtigen:

- Gering verschmutztes Wasser von Dächern soll an Ort und Stelle über mindestens 20 cm bewachsene Bodenzone (Humusschicht) versickert werden. Die Belange des Grundwasserschutzes müssen berücksichtigt werden, z. B. Metalldächer aus Kupfer- und Zinkblechen dürfen nicht ohne amtliche Erlaubnis an Versickerungsanlagen angeschlossen werden.
- Die Versickerungsfläche muss außerhalb von Wasserschutzgebieten und von Altlasten- und Altlastverdachtsflächen liegen.
- Vor, während und nach dem Bau einer Versickerungsanlage ist es zwingend erforderlich, darauf zu achten, dass Fahrzeuge oder schwere Auflasten den Untergrund nicht verdichten. Da schlammige Baustellenabflüsse die Sickerfähigkeit einer Anlage erheblich



Bild 5.6: Mulden-Rigolen-System auf den Grundstücken (Umweltbundesamt, 2004)



Bild 5.7: Mulden-Rigolen mit Staudenbewuchs im 5. Standjahr (BayLfw, 2005)

mindern können, ist eine geeignete provisorische Baustellenentwässerung während der Bauphase sinnvoll. Die Entwässerungsanlagen sind möglichst frühzeitig zu begrünen und gegebenenfalls zu bepflanzen. Erst nach ausreichender Vegetationszeit zum Anwachsen der Bepflanzung empfiehlt es sich, die Anlagen in Betrieb zu nehmen und regelmäßig (etwa jährlich) im Hinblick auf ihre Funktionsfähigkeit zu kontrollieren.

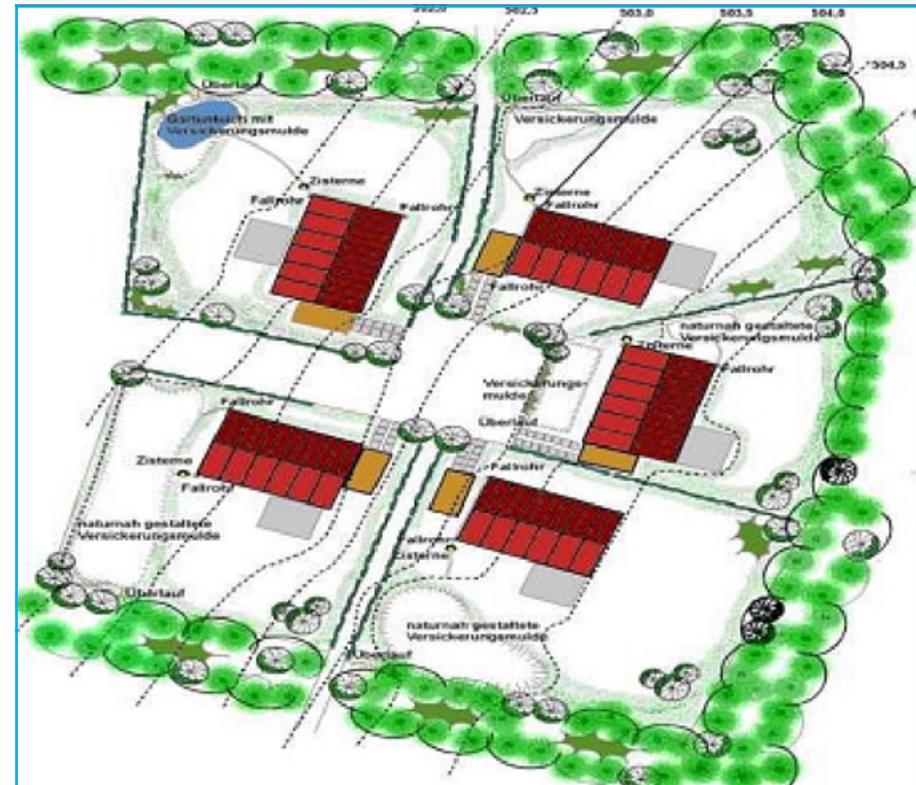


Bild 5.8: Hausgruppe in Südost-Lage (Gemeinde Osburg / Prof. Dr. Beckmann, 1998)

- Nicht versickertes Regenwasser ist nach Möglichkeit in Teichen, Mulden, Gräben zu speichern und gedrosselt an die weiterführenden Elemente der Entwässerung (Gräben, Kanäle) abzugeben.
- Es soll möglichst viel Rückhaltevolumen auf dem Grundstück bereitgestellt werden - sowohl in Gebieten mit hinreichender Versickerungseignung (Retention und Versickerung) als auch in Gebieten mit undurchlässigem Untergrund (Retention).
- Gering verschmutzte Verkehrsflächen sollen durch Verwendung teildurchlässiger Oberflächenbefestigungen wie zum Beispiel Pflaster ohne Fugenverguss, Rasengittersteine, Rasenpflaster usw. durchlässig gestaltet werden.
- Sind Versickerungseinrichtungen mit Einstautiefe von mehr als 50 cm und Dauerstau vorgesehen, müssen hinreichende Maßnahmen zum Schutz von Kindern gegen Ertrinken getroffen werden. Dies gilt insbesondere dort, wo das Wasser aufgrund einer vergleichsweise geringen Untergrunddurchlässigkeit längere Zeit anzustehen droht.

In Bereichen mit Trennsystem darf keinesfalls Schmutzwasser über Gullys, Entwässerungsrinnen oder Hofabläufe "entsorgt" werden. Dies hätte zur Folge, dass das Abwasser ohne vorherige Behandlung direkt in das nächste Gewässer gelangt und dort erheblichen Schaden anrichten kann.

Oft geschieht es aus Unachtsamkeit, wenn z. B. nach dem Putzen der Eimerinhalt in den nächsten Gully geschüttet wird. Auch durch das Autowaschen in der Einfahrt oder auf der Straße gelangen schädliche Stoffe (Öl und Waschmittelreste) in das Gewässer oder versickern über Seitenflächen oder wasserdurchlässig befestigte Hofflächen in den Boden und verunreinigen diesen.

In Gebieten mit Trennsystem ist Autowaschen vor der Garage oder auf Hofflächen daher grundsätzlich untersagt.



Bild 5.9: Naturnahe Entwässerung einer Hanglage durch Rasenmulden im Neubaugebiet „Im Colm“, Gemeinde Illerich (MUF, 2000)

Hinweise zur Umsetzung

Sind die allgemeinen Rahmenbedingungen zum Einsatz von Versickerungsanlagen abgeklärt, gilt es noch einige Dinge bei der baulichen Umsetzung zu beachten.

- Hydraulisch gering belastete dezentrale Versickerungsanlagen mit Oberbodenpassage sind grundsätzlich vorzuziehen!
- Bei neuen Bebauungen können sie in die Grün- und Freiraumplanung integriert werden, sodass kein zusätzlicher Platzbedarf entsteht.
- Der tiefste Punkt eines Bebauungsgebietes ist von Gebäuden oder sonstigen Nutzungen freizuhalten, um dort eine möglicherweise nötige Regenwasserbehandlungsanlage unterzubringen.
- Soll Wasser von Gebäuden am Hang versickert werden, ist zu bedenken, dass es zu Vernässungsproblemen bei Unterliegern kommen kann bzw. die Gefahr von Hangrutschungen besteht. Dies muss im Einzelfall geprüft werden.
- Weiterhin ist zu bedenken, dass der Grundwasserspiegel nach Ende einer Neubebauung gleich hoch bleibt, wie er vor der Baumaßnahme war, in manchen Fällen sogar ansteigt. Analog ist von einem Anstieg des Grundwasserspiegels auszugehen, wenn in Bestandsgebieten nachträglich Versickerungsmaßnahmen eingeführt werden. Dies kann zu Vernässungen von Kellern führen und ist besonders ein Problem, wenn bestehende Hausdränagen noch an den Mischwasserkanal angeschlossen sind. Diese können dann unterhalb des Grundwasserspiegels liegen und große Mengen sauberen Wassers unnötig in die Kläranlage ableiten.
- Versickerungsanlagen müssen einen gewissen Mindestabstand von Gebäuden und Grundstücksgrenzen aufweisen, um Schäden und Beeinträchtigungen zu vermeiden. Bei nicht wasserdichtem Keller beträgt der Abstand z.B. das 1,5-fache der Baugrubentiefe (DWA, 2005^a).
- Besonders bei geringer Bodendurchlässigkeit ist ein geordneter Überlauf sicherzustellen, z.B. in ein Gewässer oder einen Regen- oder Mischwasserkanal.
- Bei der Planung der einzelnen Häuser sollte darauf geachtet werden, dass es nur wenige Fallrohre gibt, die so angeordnet werden, dass der Weg zu der Versicke-

rungsanlage möglichst kurz ist.

- Der Weg zwischen versiegelter Fläche und Versickerungsanlage sollte möglichst kurz sein und das Wasser oberirdisch in offenen Rinnen (s. Kapitel 4.5) dorthin geleitet werden.
- Das Befahren von Versickerungsanlagen ist unbedingt zu vermeiden (Verdichtung des Untergrundes)! Das ist vor allem in der Bauphase wichtig.
- Die Inbetriebnahme der Anlage sollte erst nach erfolgter Befestigung und Begrünung des Baugebietes erfolgen (sonst Gefahr des Verschlammens der Anlage). Vorher kann die Entwässerung über eine provisorische Mulde erfolgen.

Wartung und Pflege

Versickerungsanlagen müssen regelmäßig kontrolliert werden, vor allem ist im Herbst die Entfernung von Laub und bei begrünter Anlagen Mähen je nach Bedarf nötig. Unterirdische Anlagen wie Rigolen sollen halbjährlich inspiziert werden. Eine Tabelle mit Wartungsintervallen und -maßnahmen enthält das Arbeitsblatt (DWA, 2005^a) ab Seite 36.

Werden nicht abbaubare Wasserinhaltsstoffe versickert, so muss etwa alle 10 Jahre eine Untersuchung der oberen Bodenschichten durchgeführt werden, bei der alle Parameter untersucht werden, die sich aus der Nutzung des Gebietes ergeben. Bei Bedarf ist dann die Infiltrationsschicht abzuschälen und fachgerecht zu entsorgen.

Bei wasserdurchlässig befestigten Flächen darf im Winter kein Tausalz eingesetzt werden, da die leicht löslichen Salze direkt in den Boden eindringen können. Eine Alternative ist z.B. das Abstreuen mit Splitt.

5.4 SKALENEBENE BAUGEBIET, EINSCHLIESSLICH ÖFFENTLICHER STRASSENRAUM UND PLÄTZE

5.4.1 ALLGEMEINE HINWEISE

Die Umsetzung von Maßnahmen der naturnahen Regenwasserbewirtschaftung auf Ebene des Baugebiets erfordert mehr noch als in den anderen Skalenebenen eine weit vorausschauende Planung und baurechtliche Festsetzung im Zuge der Aufstellung der PAG und PAP. Erforderlich werdende zentrale Maßnahmen (zentrale Rückhalte- und Versickerungsbecken u.ä.) sollen im Voraus innerhalb des PAP-Geländes festgesetzt, geplant und umgesetzt werden, so dass die naturnahe Entwässerung der zu bebauenden Fläche auch bei einer phasenweisen Umsetzung vorab gesichert ist.



Bild 5.14: Die Attert
(Maison de l'Eau, 2007)

Tabelle 5.2 beschreibt exemplarisch die Umsetzung einer naturnahen Regenwasserbewirtschaftung unter optimalen Voraussetzungen (Szenario A) sowie unter bedingt geeigneten Verhältnissen (Szenario B). Voraussetzung für diese beiden Szenarien ist, dass die Grundwasservorkommen in Vulnerabilitätsstufe 1 (unter Umständen auch Stufe 2) eingestuft werden. Vergleiche hierzu Kapitel 3.2 „Hydrogeologie und Vulnerabilität des Grundwassers“.

Auf die Fälle, in welchen aufgrund hoch vulnerabler Grundwasserleiter (Vulnerabilitätsstufe 3 und 4) nur ein herkömmliches Trennsystem mit zentraler Regenwasserrückhaltung (gegebenenfalls mit Versickerungsfunktion) in Frage kommt, geht Szenario C ein.

Die drei Szenarien werden im Anhang 2 durch konkrete Fallbeispiele anhand von vier Varianten erläutert.

Bei der Bemessung für die Elemente der Regenwasserbewirtschaftung ist darauf zu achten, dass alle auf privaten Grundstücken realisierten Maßnahmen wie dezentrale Versickerungs- und Rückhaltemulden bzw. -flächen bei der Dimensionierung semizentraler oder zentraler Maßnahmen **nicht berücksichtigt** werden dürfen.

Solche dezentrale Maßnahmen sollen von den Kommunen zwar aktiv gefördert werden. Hierzu sollte deren technische Umsetzung im PAP im Detail vorgeschrieben und eine Vorflut für den Ablauf aus dezentralen Anlagen geschaffen werden. Gegen eine Anrechnung bei der Bemessung der semizentralen und zentralen Anlagen spricht allerdings die Tatsache, dass die Umsetzung auf Privatgelände nicht erzwungen werden kann und die dauerhafte Funktionsfähigkeit aufgrund mangelhafter Instandhaltung in Frage zu stellen ist.

Zur Erläuterung des Bemessungsgangs sind im [Anhang 2](#) für das Praxisbeispiel die jeweiligen Ergebnisausdrücke des Langzeit-Simulationsprogramms KOSIM beigelegt.

Für das Szenario C des herkömmlichen Trennsystems auf nicht zur Versickerung geeignetem Untergrund werden in Fallbeispiel-Variante 4 die Ergebnisse der Langzeitsimulation dem in [Kapitel 5.4.2](#) „Rückhaltung“ beschriebenen, vereinfachten Bemessungsverfahren für zentrale Regenrückhaltebecken gegenübergestellt. Durch diesen Vergleich wird erkennbar, dass das vereinfachte Verfahren in den meisten Fällen Reserven aufweist, die mit einem gegenüber der Langzeitsimulation größeren Beckenvolumen und damit höheren Kosten einhergehen.

TABELLE 5.2: DREI MÖGLICHE VARIANTEN DES TRENNSYSTEMS

SZENARIEN														
BESCHREIBUNG	Minimierung Versiegelungsgrad	DEZENTRAL									ZENTRAL			GEWÄSSER
		HAUS	GRUNDSTÜCK			STRASSENRAUM ÖFFENTLICHE FLÄCHEN			BAUGEBIET					
		Regenwasser- nutzung	Retention und Verdunstung	Versickerung	Ohne Abfluss	Drosselung des Abflusses	Retention und Verdunstung	Versickerung	Ohne Abfluss	Drosselung des Abflusses	Retention und Verdunstung	Versickerung	Drosselung des Abflusses & Ein- leitung in Ge- wässer	
A NATURNAHE REGENWASSERBEWIRTSCHAFTUNG BEI GUT DURCHLÄSSIGEM UNTERGRUND • Maximalvariante mit <u>vollständigem</u> Rückhalt und Versickerung • Verzicht auf Regenwasserkanal (Ableitung in offenen Gräben) • Nur Notüberläufe werden in das Gewässer eingeleitet.	●	●	⊙ 11	⊙ 4, 11	● 3	—	● 4	● 4	● 3	—	—	—	—	keine Einleitung von Regenwasser (nur Notüberläufe)
B NATURNAHE REGENWASSERBEWIRTSCHAFTUNG BEI BEDINGT DURCHLÄSSIGEM UNTERGRUND • <u>Teilweiser</u> Rückhalt und Versickerung des Regenwassers in der Fläche • Ableitung des Regenwassers in offenen Gräben • Zentrales Rückhaltebecken mit Versickerungsfunktion	●	●	⊙ 11	⊙ 4,11	—	○ 11, 9	●	○ 4, 8	—	○ 5, 9	●	● 4	●	Immissionsbezogene Festlegung der Einleitmengen gemäß Abstimmung mit der AGE
C HERKÖMMLICHE REGENWASSERBEWIRTSCHAFTUNG BEI UN DURCHLÄSSIGEM UNTERGRUND ODER BEI VULNERABLEM GRUNDWASSERLEITER • Trennsystem mit Regenwasserkanal • Zentrales Regenrückhaltebecken	●	●	—	— 7	—	○ 5, 10	—	— 7	—	○ 5, 10	●	— 7	●	Immissionsbezogene Festlegung der Einleitmengen gemäß Abstimmung mit der AGE

1 Minimierung der versiegelten Flächen. Verwendung wasserdurchlässiger Flächenbeläge abhängig von der Flächennutzung (siehe Kap. Versickerung)	7 Vulnerabler Trinkwasserleiter oder Trinkwasserschutzgebiet
2 Verwendung natürlicher/nachwachsender Baustoffe zur Steigerung der Verdunstung. Technische Bauwerke z.B. aus Stahlbeton sind nach Möglichkeit zu vermeiden.	8 eingeschränktes Versickerungsvermögen
3 Notüberlauf sicherstellen zum Schutz der Siedlungsflächen bei Niederschlägen, die stärker als der Bemessungsniederschlag der Retentions- und Rückhaltemaßnahmen sind.	9 Einleitung in weiterführende offene Gräben
4 Voraussetzungen: Nicht behandlungsbedürftiges Regenwasser, Grundwasserleiter sind nicht vulnerabel. Kein Trinkwasserschutzgebiet.	10 Einleitung in Regenwasserkanal
5 Realisierbares Retentionsvermögen aufgrund geometrisch-morphologischer Randbedingungen nicht ausreichend zur Drosselung auf eine gewässerträgliche Einleitung.	11 Dem Grundstückseigentümer zur Ausführung gemäß Vorgaben des PAP freigestellt.
6 Unter Kosten-Nutzen-Aspekten ist abzuwägen, ob eine komplette Versickerung und Verdunstung im Bereich der zentralen Anlage in Frage kommt.	

● vollständig	○ teilweise	⊙ Bei hydraulischen Nachweis nicht zu berücksichtigen!	— nicht relevant
---------------	-------------	--	------------------

5.4.2 RÜCKHALTUNG VON NIEDERSCHLAGSWASSER

Dimensionierung von Rückhalteinlagen

Zur Ermittlung des erforderlichen Regenrückhaltevolumens stehen grundsätzlich zwei Verfahren zur Verfügung:

1. Die Bemessung der Regenrückhaltungen mittels **statistischer Niederschlagsdaten** (s. ALUSEAU, 2000) und dem **einfachen Verfahren**. Dieses Verfahren ist nur für kleine und einfach strukturierte Entwässerungssysteme anwendbar.
2. Der Nachweis der Leistungsfähigkeit der Regenrückhaltung mittels **Niederschlag-Abfluss-Langzeit-Simulation** für alle Anwendungsfälle. Bei der Bemessung wird mit den Systemgrößen und einem Belastungsansatz für den Niederschlag ein erforderliches Volumen festgelegt. Beim Nachweis wird die Leistungsfähigkeit bestimmt, indem bezüglich eines gewählten oder vorhandenen Volumens für einen vorgegebenen Drosselabfluss die Überlastungshäufigkeit berechnet wird.

Falls die zuständige Stelle zur Bemessung kein Berechnungsverfahren vorschreibt, darf bei einer kanalisierten Einzugsgebietsfläche bis 100 ha oder bei Fließzeiten bis 15 min das einfache Verfahren angewendet werden.

Wird der gedrosselte Abfluss aus einer Regenrückhaltung in ein Kanalnetz mit angeschlossener Bebauung eingeleitet, richtet sich die maximale Abflussmenge nach der hydraulischen Leistungsfähigkeit des unterhalb liegenden Netzes. Erfolgt die Einleitung in ein Gewässer, richtet sich der Maximalabfluss des Drosselablaufs nach den vorhandenen Abflussreserven im Gewässer. Um all diesen Umständen Rechnung zu tragen, wird der durch einen Drosselschieber zu regelnde Abfluss für die ursprüngliche, unbebaute Situation sowie einen einjährigen 15-minütigen Regen ($r(15,n=1)=110l/(s \cdot ha)$) berechnet.

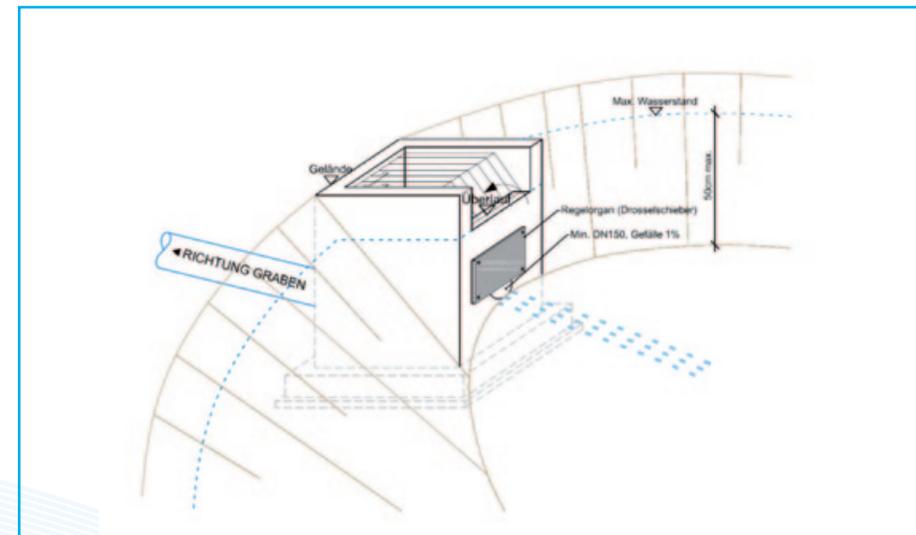
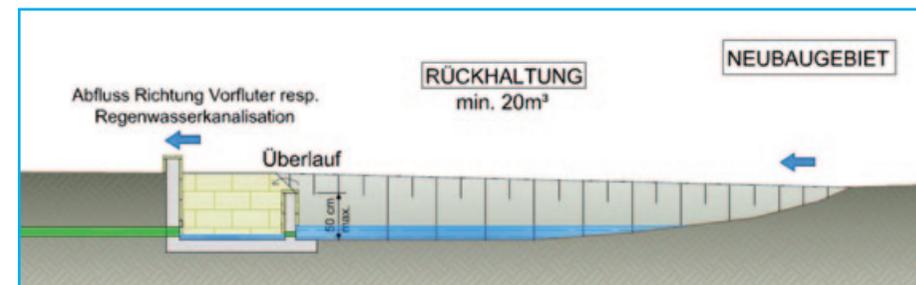
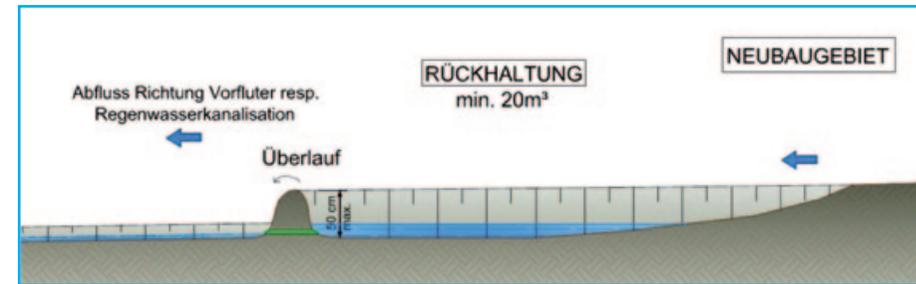


Bild 5.15 - Bild 5.16 - Bild 5.17: Mögliche Ausführung von offener Rückhaltung und Drossel

Das Volumen der Rückhaltung wird für die zukünftige bebaute Versiegelung sowie einen zehnjährlichen 15-minütigen Regen ($r(15,n=0,1) = 245l/(s \cdot ha)$) bei Ansatz des entsprechenden Drosselablaufs berechnet. Beim einfachen Verfahren wird das erforderliche Retentionsvolumen gemäss Arbeitsblatt DWA-A 117 (DWA, 2006) „Bemessung von Regenrückhalteräumen“ für verschiedene Regendauern ermittelt. Das zurückzuhaltende Bemessungsvolumen ergibt sich aus dem ungünstigsten Fall (mit einem mittleren Zuschlagsfaktor von 15%).

Im Einzelfall kann die Wasserwirtschaftsverwaltung abweichende Bemessungskriterien festlegen. In Abhängigkeit des Gewässers sind gegebenenfalls strengere Anforderungen zu befolgen.

Für jedes Bebauungsgebiet ist eine separate Rückhaltung innerhalb der im PAG ausgewiesene PAP-Grenze vorzusehen, um bei eventuell anfallenden Fehlan schlüssen den Verursacher schnell lokalisieren zu können. In diesem Sinne wird ebenso ein mögliches Außengebiet nicht an die Rückhaltung angeschlossen, um einer Vermischung mit vom Bebauungsgebiet verursachten Niederschlagsabflüssen entgegenzuwirken. Wenn möglich, werden größere Außengebiete schon vor Eintreten in das entsprechende Gebiet über offene Rückhaltungen abgepuffert.



Bild 5.18 - Bild 5.19: Beispiele von Neubaugebieten in Kontakt mit Aussengebieten

Rückhaltungen für bedeutende Einzelbauwerke müssen unter Umständen anderen Kriterien Rechnung tragen (gemäß Gefährdungspotential im Einzelfall).

In jedem Fall sollte, der visuellen Kontrolle von Fehlschlüssen wegen, ein **Mindestvolumen von 20 m³** als offene Rückhaltung ausgeführt werden.

Eine maximale Tiefe von ½ m sollte für die offene Rückhaltung (als Mulde ausgebildet mit oder ohne Abdichtung abhängig von den Untergrundverhältnissen) nicht überschritten werden.

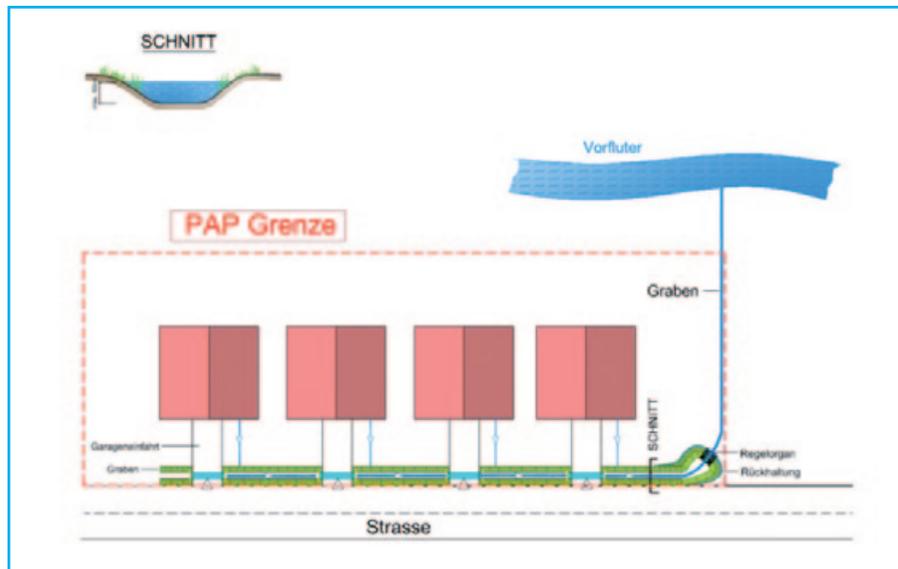


Bild 5.20: Beispiel einer Entwässerung von einem Bebauungsgebiet entlang einer Straße

Je nach Lage und Abstand der Retention zu den angeschlossenen Flächen werden oberflächige, oberflächennahe oder unterirdische Ableitungen gewählt. Entscheidend hierfür sind die Anschlusshöhen bzw. Gefälleverhältnisse. Gräben und offene Rinnen können einen Direktanschluss z. B. der Dachflächen an eine Mulde in Grünflächen herstellen und somit Höhenverluste im Gesamtsystem vermeiden.

Die Ableitungen (Drosselabfluss und Überlaufabfluss) außerhalb des Neubaugebiets (PAP) werden mindestens für die geplanten abflusswirksamen Flächen und einen 2½-jährlichen 15-minütigen Regen ($r(15, n=0,4)=155\text{L}/(\text{s ha})$) berechnet. Im Einzelfall kann die Wasserwirtschaftsverwaltung abweichende Kriterien festlegen. Das Regenwasser des Neubaugebiets soll auf keinen Fall negative Auswirkungen auf das unterhalb liegende Kanalnetz haben.

Wartung und Pflege

Rückhaltungen müssen wenigstens monatlich kontrolliert werden und durch ausgebildetes Personal gewartet werden. Begrünte Rückhalteräume sollen mindestens einmal jährlich gemäht werden. Ein Ausfall der Drosselorgane in der Abflussleitung kann zu permanentem Einstau führen. Nachfolgende Regenereignisse können dann nicht abgemindert werden und zu großen Schäden führen. Deswegen ist vor allem im Herbst die Entfernung von Laub nötig. Informationen zu dieser Thematik gibt unter anderem das Arbeitsblatt DWA-A 147 „Betriebsaufwand für die Kanalisation – Betriebsaufgaben und Häufigkeiten“ (DWAb, 2005). Siehe auch Broschüre „Naturnahe Regenwasserbewirtschaftung“ (MUNLV NRW, 2002) oder „Naturnahe Entwässerung von Verkehrsflächen in Siedlungen“ (BayLfW, 2005).

5.5 SKALENEBENE GEWÄSSER

5.5.1 BEHANDLUNG VOR DER EINLEITUNG IN GEWÄSSER

Die Einleitung des in der Regenwasserkanalisation gesammelten und dezentral bzw. zentral zurück gehaltenen Regenwassers in den Vorfluter birgt qualitative und quantitative Probleme in sich.

Die Belastbarkeit des Gewässers ist von Ort zu Ort sehr unterschiedlich und orientiert sich an verschiedenen Faktoren wie z.B. der Wasserführung, dem Sohlgefälle oder der Korngröße des Gewässersediments.

Die Einleitmenge in das Gewässer ist daher in erster Linie auf die örtlichen Gegebenheiten abzustimmen (s. [Kapitel 5.4.2](#)). Die entwässerungstechnischen Einrichtungen des (neuen) Baugebiets haben sich danach zu richten. Die Regenrückhaltevolumen ergeben sich aus den maximal zulässigen Einleitmengen.

Im Sinne eines vorbeugenden Gewässerschutzes z.B. bei Ölhavarien oder sonstigen Unfällen auf Flächen der Regenwasserbewirtschaftung (einschließlich dem öffentlichen Straßenraum) ist vor der Einleitung ins Gewässer in jedem Fall ein Rückhaltebecken auszuführen, welches das in [Kapitel 5.4.2](#) geforderte Mindestvolumen aufweisen muss.

Hinweise zur Umsetzung

Je nach Herkunft des Oberflächenabflusses können unterschiedliche Behandlungsmaßnahmen erforderlich werden. Diese sind in [Kapitel 4.6.1](#), Tabelle 4.7 beispielhaft für notwendige Behandlungsmaßnahmen in Gebieten der Vulnerabilitätsstufen 3 und 4 dargestellt. Das Vorgehen orientiert sich dabei an dem Verfahren nach dem Merkblatt ATV-DVWK-M 153 (ATV-DVWK, 2000), das in Bezug auf die immissionsbezogenen Gewässerpunkte – hier Immissionskapazität genannt – auf die Verhältnisse in Luxemburg angepasst wurde.

Auch bei Gewässern, die nicht in Regionen der Vulnerabilitätsstufen 3 und 4 liegen, kann eine Vorbehandlung vor der Einleitung von Regenabflüssen erforderlich werden. Diese richtet sich nach der Schutzbedürftigkeit des jeweiligen Gewässers. Diese wird anhand der Immissionskapazität beschrieben (siehe ATV-DVWK, 2000. Weitere Informationen gibt die Wasserwirtschaftsverwaltung). Je höher die Immissionskapazität eines Gewässers ist, desto geringer dessen Empfindlichkeit

gegenüber Immissionen. Aus der Immissionskapazität von hydraulisch leistungsstarken Gewässern ergeben sich Mindestanforderungen an Emissionen aus der Regenwasserbehandlung in Hinsicht auf die emittierten Volumenströme und Stofffrachten. Nähere Informationen über Retentionsbauwerke zur Pufferung von Stoßbelastungen auf einen gewässerträglichen Drosselabfluss vor der Einleitung in Oberflächengewässer können dem [Kapitel 4.6.1](#) entnommen werden.

Wartung und Pflege

In Bezug auf Wartung und Pflege von Sedimentationsanlagen gelten ähnliche Anforderungen wie bei reinen Rückhaltebauwerken (s. [Kapitel 5.4.2](#)). Bei Wartung und Pflege von Filteranlagen sind die Herstellerangaben zu beachten. Informationen zu dieser Thematik bei Retentionsbodenfiltern geben das Handbuch „Bodenfilter zur Regenwasserbehandlung im Misch- und Trennsystem“ der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LfUMN BW, 2002) und das Merkblatt DWA-M 178 (DWA, 2005°).

6

Abkürzungen



AGE	Administration de la Gestion de l'Eau, Luxembourg
ALUSEAU	Association Luxembourgeoise des Services d'Eau
ATV	Abwassertechnische Vereinigung e.V., Hennef
BUWAL	Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin
DN	Nenndurchmesser (engl. Diameter Nominal)
DTV	Durchschnittlicher täglicher Verkehr
DVGW	Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e.V., Bonn
DVWK	Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V., Hennef
DWA	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef
EBL	Emweltberodung Lëtzebuerg a.s.b.l., Luxembourg
Li2	Luxemburger Sandstein
PAG	Plan d'aménagement général
PAP	Plan d'aménagement particulier
RRB	Regenrückhaltebecken
RW	Regenwasser
SW	Schmutzwasser

7

Literatur



MINISTÈRE DE L'INTÉRIEUR
ET À LA GRANDE RÉGION
Administration de la gestion de l'eau

AGE (Administration de la Gestion de l'Eau) (2006):

URL http://www.waasser.lu/gestion_de_leau/gestion.html [August 2006]

Agence de l'Énergie S.A. (2006):

URL http://www.ael.lu/cms/front_content.php?idcat=34&idart=318. [August 2006]

ALUSEAU (2000): Instruction technique ALU 21/01 - Uniformisation des valeurs paramétriques appliquées dans les calculs hydrauliques des réseaux d'assainissement du Grand-Duché de Luxembourg, ALUSEAU (Editeur).

ALUSEAU (Association Luxemburgeoise des Services d'Eau) (2003):

URL <http://www.aluseau.lu/index.php?include=act> Situation actuelle des tarifs d'eau au Luxembourg. [August 2006]

Arewa (2007): Retentionsspeicher, URL: <http://www.arewa.info/betonzisternen.htm>.

Stand: 24.08.2007. Abwasser- und Regenwassercenter Stuttgart

Athanasiadis, K.; Helmreich, B.; Horn, H. (2006): Filtration des Niederschlagswassers von Kupferdächern zum Schutz von Boden und Grundwasser, Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft der TU München, Forschungsvorhaben gefördert durch das Bayerische Landesamt für Umwelt, Abschlussbericht, München, Freistaat Bayern.

ATV (1999): Arbeitsblatt ATV-A 166 - Bauwerke der zentralen Regenwasserbehandlung und -rückhaltung - Konstruktive Gestaltung und Ausrüstung, Abwassertechnische Vereinigung e.V. (ATV) (Hrsg.), Hennef.

ATV-DVWK (2000): Merkblatt ATV-DVWK-M 153 - Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser, Abwassertechnische Vereinigung e.V. - Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. (ATV-DVWK) (Hrsg.), Hennef.

ATV-DVWK (2002): Kommentar zum ATV-DVWK-Regelwerk A138, S. 57, Abwassertechnische Vereinigung e.V. (ATV) (Hrsg.), Hennef.

BayLWG (2005): Regenwasser versickern - Bau und Betrieb begrünbarer Versickerungsmulden, Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau, Veitshöchheim.

BayLFW (2000): Praxisratgeber für den Grundstückseigentümer:

Regenwasserversickerung - Gestaltung von Wegen und Plätzen, Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft (Hrsg.), 1. Auflage, München.

BayLFW (2005): Naturnahe Entwässerung von Verkehrsflächen in Siedlungen, Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft (Hrsg.), München.

Brunner P. G. (1998): Bodenfilter zur Regenwasserbehandlung im Misch- und Trennsystem. Handbuch Wasser 4, Heft 10, Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Hrsg.).

Bullermann, M. (1998): Maßnahmen zur Regenwasserbewirtschaftung bei gesplitteten Gebühren, Vortrag in Gießen, 09.06.1998, zitiert in Hoffmann und Fabry (1998).

Bullermann, M.; Moche, P. (2004): Regenwasserbewirtschaftung in Neubaugebieten, Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz (Hrsg.), Wiesbaden.

Burkis (2007): Anlage von Kiesplätzen als Umgebung von Holzrost-Wegen und -Plätzen, URL <http://www.burkisgartenpflege.ch/steingarten-kiesplaetze/index.php>, Stand: 21.02.2007, Burkis Gartenpflege AG, Birmensdorf, Schweiz.

BUWAL (2002): Ökobilanz von Trinkwasserversorgung und Regenwassernutzung, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) (Hsg.), Bern, Schweiz.

BUWAL (2003): Regenwasser richtig nutzen - Möglichkeiten und Grenzen, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) (Hsg.), Bern, Schweiz.

Deltau, G. (2002): Regenwassernutzung als Baustein der Regenwasserbewirtschaftung. Kommunale Umwelt-Aktion (Hsg.), Hannover.

DIBt (2005): Zulassungsgrundsätze „Abwasserbehandelnde Flächenbeläge“ - Fassung Juni 2005, Schriften des Deutschen Instituts für Bautechnik, Reihe B, Heft 19, Berlin.

Dierkes, C.; Göbel, P.; Coldewey, W. (2005): Entwicklung und Optimierung eines kombinierten unterirdischen Reinigungs- und Versickerungssystems für Regenwasser. - Abschlussbericht, Münster.

Dierkes, C.; Kuhlmann, L.; Kandasamy, J.; Angelis, G. (2002): Pollution Retention Capability and Maintenance of Permeable Pavements, Proceedings of the 9th International Conference on Urban Drainage, Portland, Oregon, USA.

Dierkes, C.; Raasch, U.; Spengler, B. (2006): Versickerungsleistung und Stoffrückhalt von wasserdurchlässigen Flächenbelägen bei hohen Anschlussverhältnissen, KA - Abwasser, Abfall, Nr. 12, S. 1232 - 1237.

DIN EN ISO 9377-2 (2000): Wasserbeschaffenheit - Bestimmung des Kohlenwasserstoff-Index - Teil 2: Verfahren nach Lösemittelextraktion und Gaschromatographie. Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin.

DIN EN 752-4 (1997): Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden – Teil 4: Hyd-raulische Berechnungen und Umweltaspekte. Deutsches Institut für Normung e.V. (Hrsg.), Berlin.

DIN 18195 (2000): Bauwerksabdichtung, Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin.

DIN 1989-1 (2002): Regenwassernutzungsanlagen. Teil 1: Planung, Ausführung, Betrieb und Wartung. Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN) (Hrsg.), Berlin.

DIN 18916 (2002): Vegetationstechnik im Landschaftsbau - Pflanzen und Pflanzarbeiten, Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN) (Hrsg.), Berlin.

DIN 18917 (2002): Vegetationstechnik im Landschaftsbau - Rasen und Saatarbeiten, Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN) (Hrsg.), Berlin.

DIN 18918 (2002): Vegetationstechnik im Landschaftsbau - Ingenieurbiologische Sicherungsbauweisen - Sicherungen durch Ansaaten, Bepflanzungen, Bauweisen mit lebenden und nicht lebenden Stoffen und Bauteilen, kombinierte Bauweisen, Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN) (Hrsg.), Berlin.

DIN 18919 (2002): Vegetationstechnik im Landschaftsbau - Entwicklungs- und Unterhaltungspflege von Grünflächen, Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN) (Hrsg.), Berlin.

Direction de la Gestion de l'Eau (2003): Rapport Annuel. Ministre de l'Intérieur.

Dürr, M. (2001): Kritische Aspekte der Regenwassernutzung im Haushalt aus Sicht der Hygiene. Schriftenreihe fbr 8, Tagungsband der Internationalen Regenwassertage 2001, Mannheim.

DVGW (2006): DVGW Arbeitsblatt W 101 - Schutzgebiete für Grundwasser. - Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. (DVGW) (Hrsg.), Bonn.

DWA (2005)a: Arbeitsblatt DWA-A 138 Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (Hrsg), Hennef.

DWA (2005)b: Arbeitsblatt DWA-A 147 Betriebsaufwand für die Kanalisation - Betriebsaufgaben und Häufigkeiten, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (Hrsg), Hennef.

DWA (2005)c: Merkblatt DWA-M 178 Empfehlungen für Planung, Bau und Betrieb von Retentionsbodenfiltern zur weitergehenden Regenwasserbehandlung im Misch- und Trennsystem, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (Hrsg), Hennef.

DWA (2006): Merkblatt DWA-M 117 - Bemessung von Regenrückhalteräumen, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA) (Hrsg.), Hennef.

EBIZ-News 29/03 (2003): Regenwassernutzung. Herausgeber: Umweltberodung Lëtzebuerg a.s.b.l.

Ehl (2007): Execk(r)-Rasenstein, URL: <http://www.ehl.de>, Stand: 22.02.2007, EHL AG, Kruft.

Umweltberodung Lëtzebuerg a.s.b.l. (2003): Leitfaden für den Umweltschutz auf Gemeindeebene. Strategien - Handlungsmöglichkeiten - Checklisten. Luxemburg

ESPA (2004): Regenwassernutzung. Produktordner, ESPA Deutschland GmbH, Alzenau.

FGSV (1998): Merkblatt für Wasserdurchlässige Befestigungen von Verkehrsflächen, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), FGSV-Nr. 947 Köln.

FLL (2002): Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen, Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (FLL), Bonn.

Gantner, K. (2002): Nachhaltigkeit urbaner Regenwasserbewirtschaftungsmethoden. Dissertation, TU Berlin.

Geiger, W.; Dreiseitl, H. (2001): Neue Wege für das Regenwasser, Emschergerossenschaft Essen und Internationale Bauausstellung Emscher Park GmbH Gelsenkirchen (Hrsg.), 2. Auflage, Oldenbourg Industrieverlag GmbH, München.

Gemeinde Osburg / Prof. Dr. Beckmann - Infobroschüre zum Naturnahen Umgang mit Regenwasser im Neubaugebiet „Kirschbäumchen“, 1998

Götsch, E. (2005): Kombination von Betriebs- und Löschwasserversorgungsanlagen, Nassleitungen wieder möglich. Zwönitz.

- Großherzogtum Luxemburg** (2002): Qualité des eaux destinées à la consommation humaine, Règlement grand-ducal, Memorial - Amtsblatt des Großherzogtums Luxemburg, A-No. 115, 11. Oktober 2002.
- Grotehusmann, D.** (1995): Versickerung von Niederschlagsabflüssen unter Berücksichtigung des Grundwasserschutzes. Schriftenreihe für Stadtentwässerung und Gewässerschutz, Heft 12, Hannover.
- Gujer, W.** (2002): Siedlungswasserwirtschaft, 2. Auflage, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York.
- Hansel** (2007): Terrassen mit Holzpflaster, URL: http://www.hansel.de/hansel_os/menu_gartendetails/leistungsprofil/sitzplaetze Terrassen/holzpflaster/01.htm, Stand: 21.02.2007, Hansel Garten- und Landschaftsbau GmbH, Dresden.
- Heinrichs, F.** (1999): Dezentrale Regenwasserbewirtschaftung. Sanitärtechnisches Symposium 1999 an der Fachhochschule Münster, Fachbereich Versorgungs- und Entsorgungstechnik.
- HFN** (2004): Leitfaden für den Naturschutz auf Gemeindeebene, Stiftung Hëllef fir d`Natur (HFN)(Hrsg.), Luxemburg.
- Hofmann, T.; Fabry, W.** (1998): Regenwassermanagement natürlich mit Dachbegrünung, Bundesverband Garten-, Landschaft- und Sportplatzbau (BGL)(Hrsg.), Bad Honnef, Deutschland.
- Holländer, R.** (2001): Ergebnisse langjähriger bakteriologischer Untersuchungen an Regenwasseranlagen. Schriftenreihe fbr 8, Tagungsband der Internationalen Regenwassertage 2001, Mannheim.
- Holländer, R.; Block, D.; Walter, C.** (1993): Hygienische Aspekte bei der Wäsche mit Regenwasser. Forum Stadthygiene 44, S. 252-256.
- IBHenschel** (2007): URL: www.ibhenschel.de/industrie4.html, Stand: 16.01.2007, Ingenieurbüro Henschel, Hattingen.
- Jacoby, Marc** (2004): Analyse der Situation der Regenwassernutzung in Luxemburg, Bewertung der ökologischen und ökonomischen Effizienz im Fallbeispiel „Nonnewisen“. Diplomarbeit, Fachhochschule Aachen.
- Kaiser, M.** (2002): Naturnahe Regenwasserbewirtschaftung - Betrieb von Anlagen zur naturnahen Regenwasserbewirtschaftung, Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.), Düsseldorf.
- Knoll, S.** (2000): Hydraulische Auswirkungen von Dachbegrünungen auf die Siedlungswasserwirtschaft
- Köhler, M.; Schmidt, M.** (1999): Untersuchungen an extensiven Dachbegrünungen in Berlin
- König, K.** (1996): Regenwasser in der Architektur. Ökobuch Verlag, Staufen bei Freiburg.
- König, K.** (2000): Regenwassernutzung von A-Z - Ein Handbuch für Planer, Handwerker und Bauherren. 5. Auflage. Mallbeton-Verlag, Pfohren.
- König, K.** (2005): Regenwasser dezentral bewirtschaften: Ein Ratgeber für Kommunen und Planungsbüros. 1.Auflage, Mall GmbH (Hrsg.), Donaueschingen.
- Krampitz, E.; Holländer, R.** (1999): Longevity of pathogenic bacteria especially Salmonella in cistern water. Zentralbl Hyg Umweltmed. 1999 Sep;202(5):389-97
- Krauth, K.H.; Bondareva, O.** (2000): Anwendung von Flockungsverfahren bei der Regenwasserbehandlung. Forschungsbericht FZKA-BWPLUS, Förderkennzeichen PA 97.189, Universität Stuttgart, Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte und Abfallwirtschaft.
- LfUMN BW** (2002): Bodenfilter zur Regenwasserbehandlung im Misch- und Trennsystem, 2. Auflage des Handbuchs Wasser 4 Bd. 10, Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (Hrsg.), Karlsruhe.
- LfW** (2004): Entwicklungsvorhaben: Versickerung des Niederschlagswassers von befestigten Verkehrsflächen, 3. Zwischenbericht, Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft (Hrsg.), München.
- Lösken, G.** (2005): Vortrag im Rahmen des DWA-Seminars „Versickerung und dezentrale Rückhaltung von Regenabflüssen“ am 24.11.2005 in Veitshöchheim.
- Lücke, F.-K.** (2001): Risikobewertung der Betriebswassernutzung aus Regenwasseranlagen. Schriftenreihe fbr 8, Tagungsband der Internationalen

Regenwassertage 2001, Mannheim.

Luxcontrol S.A. (2003): Récuperation eau de pluie purge avant montre eau, Untersuchung im Auftrag des Service Écologique der Administration Communale Schifflange.

Maison de l'Eau (2007): URL: <http://www.attert.aquafil.net>, Stand: 27.08.2007, Maison de l'Eau de l'Attert asbl, Redange-sur-Attert.

Ministère de l'Intérieur (2003): Eist Waasser, Broschüre. Luxemburg

MUF (2000): Naturnaher Umgang mit Niederschlagswasser, Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz (Hrsg.), Mainz.

MUNLV NRW (2002): Naturnahe Regenwasserbewirtschaftung, Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (Hrsg.), Düsseldorf.

MURL-NRW (1998): Naturnahe Regenwasserbewirtschaftung - Zukunftsfähige Wasserwirtschaft im Einklang mit ökologischen und ökonomischen Anforderungen. Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.), Düsseldorf.

Pfister, L.; Droque, G.; Hoffmann, L.; Iffly, J.-F., Matgen, P.; Taillez, C.; Vansupeene, E.; Schoder, R.; Buchel, D.; Wiltgen, C.; Kipgen, R.; Lambert, B. (2005): Atlas hydro-climatologique du Grand-Duché de Luxembourg 2004, Centre de Recherche Public Gabriel Lippmann, Administration des Service Technique de l'Agriculture, Administration de la Gestion de l'Eau, Luxembourg.

Pfister, L.; Kwadjik, J.; Musy, A.; Bronstert, A.; Hoffmann, L. (2004): Climate Change, Land Use and Runoff Prediction in the Rhine-Meuse Basins, River Research and Application, Vol. 20, pp. 229-241.

Pfister, L.; Wagner, C.; Vansupeene, E.; Droque, G.; Hoffmann, L. (2005): Atlas climatique du Grand-Duché de Luxembourg. Musée national d'histoire naturelle, Luxembourg

REU (2000): Richtlinie 2000/60/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik, zuletzt geändert durch Entscheidung Nr. 2455/2001/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 20. November 2001, Abl. L 331,

15.12.2001, S. 1.

Roth-Kleyer, S. (2005): Wasserhaushalt und Abflussverhalten von Gründächern - Vortrag im Rahmen des World Green Roof Congress am 15.-16.09.2005 in Basel

Rott, U. (2003): Regenwassernutzung und -bewirtschaftung. Wirtschaftlichkeit und Stand der Technik. Fbr-Fachtagung „Regenwassernutzung und -bewirtschaftung in der Landschafts- und Freiraumplanung“ Frankfurt/Main, 04.11.2003

Rott, U. ; Meyer, C. (2001) : Reduzierung niederschlagsbedingter Abwassermengen durch naturnahe Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen im innerstädtischen Bereich einer Großstadt. Schriftenreihe fbr 8, Tagungsband der Internationalen Regenwassertage 2001, Mannheim.

RP Karlsruhe (2003): Naturverträgliche Regenwasserbewirtschaftung - Hinweise für Gemeinden, Planer und Grundstücksbesitzer. Regierungspräsidium Karlsruhe (Hrsg.), Karlsruhe.

Rüngeler, S. (1998): Die Funktion von Dachbegrünungen in urbanen Wasserkreisläufen. Diplomarbeit, TU Berlin.

Sartor, J. (2002): Ist die Regenwasserversickerung von bebauten Flächen wirklich naturnah? Zeitschrift Wasser und Abfall, Heft 7-8, 2002.

Schindelholz, M.; Zumstein, J. (2005): Unterhalt und Pflege des extensiv begrünten Dachs -Vortrag im Rahmen des World Green Roof Congress am 15.-16.09.2005 in Basel

Schönemann, S. (2005): Wirtschaftlichkeit von Dachbegrünungen -Vortrag im Rahmen des World Green Roof Congress am 15.-16.09.2005 in Basel.

Service Central de Législation (2003): Règlement grand-ducal du 14 mai 2003 concernant l'allocation d'une aide budgétaire aux particuliers pour la mise en place d'une installation de collecte des eaux de pluie.

Sieker, F., Sieker, H., Bandermann, S., Huhn, V., Stecker, A. (2002): Naturnahe Regenwasserbewirtschaftung in Siedlungsgebieten

Spanier, G. (2006) : Abwassergebühren und Regenwassernutzung. Vortrag im Rahmen der Fachtagung „Regenwassernutzung und -bewirtschaftung“, 22.06.2006, Luxemburg-Belair.

Stadt Münster (2008): URL: <http://www.muenster.de/stadt/tiefbauamt/versickerung.html>. Stand: Februar 2008

Tennhoff, G. (1991) : Regenwassernutzung für das Wäschewaschen im Haushalt. Mikrobiologische und waschtechnische Aspekte. Diplomarbeit, FB Haushalt und Ernährung, FH Fulda.

Umweltbundesamt (2004): Regen(ab)wasserbehandlung und -bewirtschaftung unter Berücksichtigung der Anforderungen nach § 7a WHG und einer möglichst ortsnahen Versickerung, Texte 09/04, Dessau.

Urban, W. Und Hähnlein, C. (2006): Vergleich und Bewertung des Schadstoffrückhaltevermögens einer Rigolen- und Muldenversickerung von PKW-Parkplatzflächen sowie Schadstoffanalyse eines Glasdachabflusses. - 30 S.; unveröffentl. Gutachten des FG Wasserversorgung und Grundwasserschutz der TU Darmstadt.

Winkler (2007): Yerebatan-Zisterne Istanbul, URL: http://www.eckart-winkler.de/reise/sosteuro/i_yereba.jpg, Stand: 15.08.2007

8

Anhang 1

Kompaktinformationen



MINISTÈRE DE L'INTÉRIEUR
ET À LA GRANDE RÉGION
Administration de la gestion de l'eau

KOMPAKTINFORMATION WASSERDURCHLÄSSIGE FLÄCHENBELÄGE

Anwendungsbereich	<ul style="list-style-type: none"> • Hof-/Terrassenflächen • Fahrbereiche/Kfz-Stellplätze • Fußwege/Spiel-/Bewegungsflächen 															
Wasserwirtschaftliche Bedeutung	<ul style="list-style-type: none"> • Der Regenabfluss von befestigten Flächen wird stark reduziert <table border="0"> <thead> <tr> <th>Abflussbeiwerte:</th> <th>Mittelwert</th> <th>Spitzenwert</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Rasenfläche:</td> <td>0,15</td> <td>0,4</td> </tr> <tr> <td>Schotterrasen/Kies-Splitt-Decke:</td> <td>0,3</td> <td>0,6</td> </tr> <tr> <td>Rasengittersteine/Rasenwabe:</td> <td>0,15</td> <td>0,4</td> </tr> <tr> <td>Rasenfugenpflaster/ Porenpflaster:</td> <td>0,25</td> <td>0,5</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> • weitere Wirkungen siehe Kompaktinformation Versickerung 	Abflussbeiwerte:	Mittelwert	Spitzenwert	Rasenfläche:	0,15	0,4	Schotterrasen/Kies-Splitt-Decke:	0,3	0,6	Rasengittersteine/Rasenwabe:	0,15	0,4	Rasenfugenpflaster/ Porenpflaster:	0,25	0,5
Abflussbeiwerte:	Mittelwert	Spitzenwert														
Rasenfläche:	0,15	0,4														
Schotterrasen/Kies-Splitt-Decke:	0,3	0,6														
Rasengittersteine/Rasenwabe:	0,15	0,4														
Rasenfugenpflaster/ Porenpflaster:	0,25	0,5														
Verbleib des Regenwassers	Versickerung in Untergrund, bei starkem Regen Teilabfluss in Regenwasserkanal															
Reinigungsprozesse	Biologischer Abbau in belebter Bodenzone der Plasterfugen und -aussparungen sowie Filterung in bzw. Adsorption an Füllmaterial der Fugen bzw. Pflastermaterial															
Investitionsaufwand (Material und Einbau)	<table border="0"> <tbody> <tr> <td>• Rasenfläche/Kies-Splitt-Decke</td> <td>10 bis 20 €/m²</td> </tr> <tr> <td>• Schotterrasen</td> <td>15 bis 30 €/m²</td> </tr> <tr> <td>• Holzroste</td> <td>50 bis 75 €/m²</td> </tr> <tr> <td>• Holzpflaster</td> <td>45 bis 70 €/m²</td> </tr> <tr> <td>• Rasengittersteine/Rasenwabe</td> <td>30 bis 50 €/m²</td> </tr> <tr> <td>• Rasenfugenpflaster/Porenpflaster</td> <td>40 bis 60 €/m²</td> </tr> </tbody> </table>	• Rasenfläche/Kies-Splitt-Decke	10 bis 20 €/m ²	• Schotterrasen	15 bis 30 €/m ²	• Holzroste	50 bis 75 €/m ²	• Holzpflaster	45 bis 70 €/m ²	• Rasengittersteine/Rasenwabe	30 bis 50 €/m ²	• Rasenfugenpflaster/Porenpflaster	40 bis 60 €/m ²			
• Rasenfläche/Kies-Splitt-Decke	10 bis 20 €/m ²															
• Schotterrasen	15 bis 30 €/m ²															
• Holzroste	50 bis 75 €/m ²															
• Holzpflaster	45 bis 70 €/m ²															
• Rasengittersteine/Rasenwabe	30 bis 50 €/m ²															
• Rasenfugenpflaster/Porenpflaster	40 bis 60 €/m ²															
Wartung & Pflege	<table border="0"> <tbody> <tr> <td>• bei Bewuchs</td> <td>gelegentl. mähen</td> </tr> <tr> <td>• Kies-Splitt-Decke</td> <td>gelegentl. glätten</td> </tr> <tr> <td>• Holzroste/Holzpflaster</td> <td>gelegentl. mit Holzöl behandeln</td> </tr> <tr> <td>• Porenpflaster:</td> <td>kleine Flächen : gelegentl. Kehren große Flächen : alle 5 bis 10 Jahre Intensivreinigen</td> </tr> </tbody> </table>	• bei Bewuchs	gelegentl. mähen	• Kies-Splitt-Decke	gelegentl. glätten	• Holzroste/Holzpflaster	gelegentl. mit Holzöl behandeln	• Porenpflaster:	kleine Flächen : gelegentl. Kehren große Flächen : alle 5 bis 10 Jahre Intensivreinigen							
• bei Bewuchs	gelegentl. mähen															
• Kies-Splitt-Decke	gelegentl. glätten															
• Holzroste/Holzpflaster	gelegentl. mit Holzöl behandeln															
• Porenpflaster:	kleine Flächen : gelegentl. Kehren große Flächen : alle 5 bis 10 Jahre Intensivreinigen															
Bevorzugter Einsatz bei...	<p>... Flächenbefestigung als Alternative zu undurchlässigem Belag</p> <p>... Flächen, deren Anschluss an Regenwasserkanal nur mit erheblichem Aufwand möglich ist</p>															
Bemerkungen	<ul style="list-style-type: none"> • Beläge haben an steilen Hanglagen und bei wenig durchlässigem Untergrund nur geringe Sickerwirkung • Bei nachträglichem Einbau ist ggf. auch gering durchlässige Tragschicht auszutauschen (Vermeidung von Staunässe) • Auf Belägen keine Herbizide mit wassergefährdenden Substanzen zur Entfernung von Flechten, Moos etc. einsetzen. 															

KOMPAKTINFORMATION VERSICKERUNG

Anwendungsbereich	<ul style="list-style-type: none"> • Grundstück (z.B. wasserdurchlässige Flächen, Mulden, ...) • Öffentlicher Straßenraum (z.B. offene Ableitung, Mulden-Rigolen-Elemente, wasserdurchlässige Flächen, ...) • Baugebiet (z.B. Becken) 										
Wasserwirtschaftliche Bedeutung	<ul style="list-style-type: none"> • Annäherung des urbanen an den natürlichen Wasserkreislauf • geringere Ableitung in den Kanal, Rückhalt durch Zwischenspeicherung; Dämpfung der Abflussspitze. • Entlastung der Kläranlage von Regenwasser 										
Verbleib des Regenwassers	Infiltration in Boden bzw. Grundwasser. Zugleich Förderung der Verdunstung durch oberirdische Führung des Regenwassers.										
Reinigungsprozesse	Sedimentation, Filtration, Sorption, Fällung, besonders in der belebten Bodenzone										
Investitionsaufwand (Material und Einbau, aus: BayLfw, 2000)	<table> <tr> <td>Rasengittersteine</td> <td>30 bis 40 €/m²</td> </tr> <tr> <td>Rasenfugenpflaster</td> <td>35 bis 45 €/m²</td> </tr> <tr> <td>Mulde</td> <td>35 bis 45 €/m²</td> </tr> <tr> <td>Rohr-Rigole</td> <td>120 bis 140 €/m²</td> </tr> <tr> <td>Porenpflaster</td> <td>40 bis 50 €/m²</td> </tr> </table>	Rasengittersteine	30 bis 40 €/m ²	Rasenfugenpflaster	35 bis 45 €/m ²	Mulde	35 bis 45 €/m ²	Rohr-Rigole	120 bis 140 €/m ²	Porenpflaster	40 bis 50 €/m ²
Rasengittersteine	30 bis 40 €/m ²										
Rasenfugenpflaster	35 bis 45 €/m ²										
Mulde	35 bis 45 €/m ²										
Rohr-Rigole	120 bis 140 €/m ²										
Porenpflaster	40 bis 50 €/m ²										
Wartung & Pflege	<table> <tr> <td>Bei Begrünung: Mahd</td> <td>Nach Bedarf, mind. jährlich</td> </tr> <tr> <td>Entfernen von Laub und Müll</td> <td>Im Herbst, nach Bedarf</td> </tr> <tr> <td>Inspektion (Rohr-) Rigole, Reinigung des Absetzschachtes</td> <td>halbjährlich</td> </tr> <tr> <td>Inspektion Versickerungsbecken</td> <td>halbjährlich</td> </tr> </table>	Bei Begrünung: Mahd	Nach Bedarf, mind. jährlich	Entfernen von Laub und Müll	Im Herbst, nach Bedarf	Inspektion (Rohr-) Rigole, Reinigung des Absetzschachtes	halbjährlich	Inspektion Versickerungsbecken	halbjährlich		
Bei Begrünung: Mahd	Nach Bedarf, mind. jährlich										
Entfernen von Laub und Müll	Im Herbst, nach Bedarf										
Inspektion (Rohr-) Rigole, Reinigung des Absetzschachtes	halbjährlich										
Inspektion Versickerungsbecken	halbjährlich										
Bevorzugter Einsatz bei...	<ul style="list-style-type: none"> ... ausreichend vorhandenen Flächen ... durchlässigen Böden ... nicht vulnerablem Grundwasserleiter (s. Kapitel 3.2) 										
Bemerkungen	Anlage muss vorschriftsmäßig gebaut und gewartet werden, sonst besteht Gefahr der Verunreinigung des Grundwassers bzw. Versagensgefahr.										

KOMPAKTINFORMATION REGENWASSERNUTZUNG

Anwendungsbereich	<ul style="list-style-type: none"> • privat (Toilettenspülung, Reinigen, Bewässern, ...) • öffentlich (gleiche Einsatzbereiche wie privat in Schulen, Sportplätzen, Gärtnereien etc., außerdem als Feuerlöschwasser, ...) • gewerblich (Waschanlagen, Kühlung, Betriebswasser, Prozesswasser ...) 										
Wasserwirtschaftliche Bedeutung	<ul style="list-style-type: none"> • Ersatz von Trinkwasser durch Regenwasser bei Toilettenspülung, Waschen, Bewässerung, Kühlung etc.; • Schonung der Grundwasserreserven. • verzögerte Ableitung in den Kanal, Rückhalt durch Zwischenspeicherung in Zisterne; Dämpfung der Abflussspitze. • Abflussvermeidung durch Versickerung bei Nutzung zur Bewässerung. 										
Verbleib des Regenwassers	Kanal bzw. Kläranlage. Zur Bewässerung eingesetztes Wasser gelangt in Boden und Grundwasser.										
Reinigungsprozesse	Sedimentation und Schwimmstoffabscheidung in der Zisterne. Filtration durch belebte Bodenzone bei Bewässerung.										
Investitionsaufwand	<table> <tr> <td>Anlage mit unterirdischem Speicher zur Gartenbewässerung</td> <td>ab ca. 1500 €</td> </tr> <tr> <td>Anlage zur Nutzung von Regenwasser im Haus</td> <td>durchschnittlich 4000 €</td> </tr> </table> <p>Staatliche Förderung für private Anlagen von 25 % der Investitionskosten (maximal 1000 €).</p>	Anlage mit unterirdischem Speicher zur Gartenbewässerung	ab ca. 1500 €	Anlage zur Nutzung von Regenwasser im Haus	durchschnittlich 4000 €						
Anlage mit unterirdischem Speicher zur Gartenbewässerung	ab ca. 1500 €										
Anlage zur Nutzung von Regenwasser im Haus	durchschnittlich 4000 €										
Wartung & Pflege	<table> <tr> <td>Dachrinnen, Fallrohre</td> <td>halbjährlich</td> </tr> <tr> <td>Inspektion / Reinigung des Filters</td> <td>jährlich</td> </tr> <tr> <td>Inspektion des Speichers</td> <td>jährlich</td> </tr> <tr> <td>Reinigung des Speichers</td> <td>10 Jahre</td> </tr> <tr> <td>Prüfung der Pumpe auf Dichtheit und Funktion</td> <td>jährlich</td> </tr> </table>	Dachrinnen, Fallrohre	halbjährlich	Inspektion / Reinigung des Filters	jährlich	Inspektion des Speichers	jährlich	Reinigung des Speichers	10 Jahre	Prüfung der Pumpe auf Dichtheit und Funktion	jährlich
Dachrinnen, Fallrohre	halbjährlich										
Inspektion / Reinigung des Filters	jährlich										
Inspektion des Speichers	jährlich										
Reinigung des Speichers	10 Jahre										
Prüfung der Pumpe auf Dichtheit und Funktion	jährlich										
Bevorzugter Einsatz bei...	<p>... nicht ausreichend vorhandenen Flächen für Versickerung.</p> <p>... Ausschluss von Versickerung aus Gründen des Grundwasserschutzes.</p> <p>... sehr aufwändiger Trinkwasserbereitstellung und hohen Trinkwasserpreisen.</p> <p>... Neubauten (nachträglicher Einbau eines zweiten Leitungsnetzes sehr aufwändig)</p>										
Bemerkungen	Anlage muss vorschriftsmäßig gebaut und gewartet werden, sonst besteht Gefahr der Verkeimung des öffentlichen Trinkwassernetzes!										

KOMPAKTINFORMATION GRÜNDÄCHER

Anwendungsbereich	<ul style="list-style-type: none"> • Flachdächer sowie Dächer mit einer Dachneigung bis zu 45° 	
Wasserwirtschaftliche Bedeutung	<ul style="list-style-type: none"> • Annäherung des urbanen an den natürlichen Wasserkreislauf • Verringerung des Niederschlagsabflusses durch Retention und Verdunstung, dadurch • geringere Ableitung in den Kanal, Dämpfung der Abflussspitze 	
Verbleib des Regenwassers	Je nach Aufbaudicke 40% bis nahezu 100% Retention auf dem Dach, das zum Abfluss kommende Regenwasser wird zeitverzögert an die nachgeschaltete Entwässerung abgegeben	
Reinigungsprozesse	Sedimentation, Filtration, Sorption, Fällung (bei der Bodenpassage)	
Investitionsaufwand	Extensive Dachbegrünung	20-40 €/m ²
	Intensive Dachbegrünung	ca. 90 €/m ²
Wartung & Pflege	Fertigstellungspflege	Ansaat, evtl. Nachsaat, Entfernen von unerwünschtem Fremdwuchs u. Laub (mind. eine Vegetationsperiode)
	Unterhaltungspflege	Ein bis zwei Kontrollgänge pro Jahr: Freiräumen von Dachabläufen, Entfernen von Fremdbewuchs und Laub, evtl. Nachsaat
Bevorzugter Einsatz bei...	<ul style="list-style-type: none"> • Garagen, Carports • Flachdächer bzw. flach geneigte Dächer 	

KOMPAKTINFORMATION ABLEITUNG IN OFFENEN GERINNEN

Anwendungsbereich	<ul style="list-style-type: none"> • Versickerung nicht oder nicht ausreichend möglich • Ableitung vom Grundstück (Regenwasser von Dach- und anderen befestigten Flächen) • Ableitung im öffentlichen Raum (öffentl. Plätze, Straßenraum, ...) 										
Wasserwirtschaftliche Bedeutung	<ul style="list-style-type: none"> • Annäherung des urbanen an den natürlichen Wasserkreislauf • geringere Ableitung in den Kanal, Dämpfung der Abflussspitze • Möglichkeit zur teilweisen Versickerung oder Verdunstung im Verlauf der offenen Ableitung 										
Verbleib des Regenwassers	Oberflächengewässer (zentral oder semizentral, bei Ableitung vom Grundstück auch dezentral)										
Reinigungsprozesse	Sedimentation, Filtration, Sorption bei bewachsenen Ableitungsrinnen										
Investitionsaufwand	<table> <tr> <td>Fläche mit Quergefälle zum Straßenrand</td> <td>0 €/m²</td> </tr> <tr> <td>Straßenbegleitend (Mulde, Graben, Rigole)</td> <td>ab 30 €/m²</td> </tr> <tr> <td>Pflastermulde, Pflasterrinne</td> <td>ab 80 €/m²</td> </tr> <tr> <td>Kastenrinne</td> <td>ab 200 €/m²</td> </tr> <tr> <td>Rohrleitung</td> <td>ab 100 €/m²</td> </tr> </table>	Fläche mit Quergefälle zum Straßenrand	0 €/m ²	Straßenbegleitend (Mulde, Graben, Rigole)	ab 30 €/m ²	Pflastermulde, Pflasterrinne	ab 80 €/m ²	Kastenrinne	ab 200 €/m ²	Rohrleitung	ab 100 €/m ²
Fläche mit Quergefälle zum Straßenrand	0 €/m ²										
Straßenbegleitend (Mulde, Graben, Rigole)	ab 30 €/m ²										
Pflastermulde, Pflasterrinne	ab 80 €/m ²										
Kastenrinne	ab 200 €/m ²										
Rohrleitung	ab 100 €/m ²										
Wartung & Pflege	<table> <tr> <td>Bei Begrünung: Mahd</td> <td>Nach Bedarf, halbjährlich mind. jährlich</td> </tr> <tr> <td>Entfernen von Laub und Müll</td> <td>Im Herbst, nach Bedarf</td> </tr> <tr> <td>Inspektion der Anschlüsse (Einlauf in offene Rinne, evtl. Auslauf)</td> <td>jährlich</td> </tr> </table>	Bei Begrünung: Mahd	Nach Bedarf, halbjährlich mind. jährlich	Entfernen von Laub und Müll	Im Herbst, nach Bedarf	Inspektion der Anschlüsse (Einlauf in offene Rinne, evtl. Auslauf)	jährlich				
Bei Begrünung: Mahd	Nach Bedarf, halbjährlich mind. jährlich										
Entfernen von Laub und Müll	Im Herbst, nach Bedarf										
Inspektion der Anschlüsse (Einlauf in offene Rinne, evtl. Auslauf)	jährlich										
Bevorzugter Einsatz bei...	<ul style="list-style-type: none"> • undurchlässigen Böden • ausreichender Straßenbreite 										
Bemerkungen	Um Schäden zu vermeiden, ist beim Bau und Unterhalt der Elemente zur offenen Ableitung die gleiche Sorgfalt anzuwenden wie bei den Anlagen zur Versickerung.										

KOMPAKTINFORMATION RÜCKHALTUNG

Anwendungsbereich	<ul style="list-style-type: none"> • Baugebiet (möglichst offene, naturnahe Rückhaltung am Tiefpunkt des Bebauungsgebiets)
Wasserwirtschaftliche Bedeutung	<ul style="list-style-type: none"> • Niederschlagsabflussverhältnisse wie bei unbebauter, natürlicher Situation • Dämpfung der Abflussspitze zum Schutz der Gewässer • reduzierte Abflussmenge durch die ableitende Kanalisation
Verbleib des Regenwassers	Infiltration in Boden bzw. Grundwasser / Verdunstung
Reinigungsprozesse	Sedimentation, Filtration
Investitionsaufwand	Offene Rückhaltung ab 60 €/m ² Geschlossene Rückhaltung ab 200 €/m ³
Wartung & Pflege	Bei Begrünung eventuell Mähen Nach Bedarf (im Herbst) Entfernen von Laub und Müll Jährliche Inspektion der Rückhaltung
Bevorzugter Einsatz bei...	... undurchlässigen Böden ... vulnerablem Grundwasserleiter

8

Anhang 2 Fallbeispiele



MINISTÈRE DE L'INTÉRIEUR
ET À LA GRANDE RÉGION
Administration de la gestion de l'eau

A 2.1 FALLBEISPIEL REGENWASSERBEHANDLUNG IN EINEM WOHNGBIET

Die in Kapitel 5.4.1 aufgezeigten drei Varianten werden in diesem Kapitel anhand eines Fallbeispiels dargestellt. Die Kenndaten des im Folgenden betrachteten Baugebiets sind wie folgt:

GEBIETSKENNDATEN:		
Gesamtfläche des Bebauungsgebiets:		2,42 ha
Wohneinheiten:	25 Einfamilienhäuser	Dachfläche je 110 m ² Hof-/Wegeflächen je 33 m ²
	1 Doppelhaus	Dachfläche 180 m ² Hof-/Wegeflächen 30 m ²
	1 Mehrfamilienhaus	Dachfläche 270 m ² Hof-/Wegeflächen 40 m ²
Flächensummen AE,i:	Dachflächen: Hof-/Wegeflächen auf Privatgrundstücken: Öffentliche Straßenflächen	3.200 m ² 895 m ² 2.000 m ²
Abflussbeiwerte Ψ_m [-]:	Dachflächen: Hof-/Wegeflächen auf Privatgrundstücken: Öffentliche Straßenflächen	0,9 ca. 0,5 ¹ 0,75 ²
Undurchlässige Flächen Au:	Dachflächen: Hof-/Wegeflächen auf Privatgrundstücken: Öffentliche Straßenflächen:	2.880 m ² ca. 450 m ² 1.500 m ²
	Summe:	4.830 m ² = 0,483 ha

¹ Wie die Praxis zeigt, lassen sich Vorgaben zu Flächenbelägen auf privaten Flächen nicht bindend umsetzen. Anstelle von Rasengittersteinen ($\Psi_m=0,15$) oder Verbundsteinpflaster mit Fugen ($\Psi_m=0,25$) werden von den Anwohnern oftmals undurchlässigere Beläge wie z.B. Asphalt ($\Psi_m = 0,9$) oder Pflaster mit Fugen ($\Psi_m = 0,5$) ausgeführt. Dem wird im vorliegenden Beispiel durch die Berücksichtigung eines mittleren Ψ_m von 0,5 Rechnung getragen.

² Es wird angenommen, dass die wenig befahrenen Wohnstraßen und Plätze als Pflaster mit dichten Fugen ($\Psi_m = 0,75$) ausgeführt werden.

Die genannten geometrischen Planungsrandbedingungen werden in vier Planungsvarianten so verändert, dass daraus komplett unterschiedliche Regenwassersysteme resultieren.

Folgende vier Varianten werden betrachtet:

- Variante 1: Naturnahe Regenwasserbewirtschaftung bei sehr gut durchlässigem Untergrund
- Variante 2: Naturnahe Regenwasserbewirtschaftung bei bedingt durchlässigem Untergrund
- Variante 3: Regenwasserbewirtschaftung im Trennsystem bei gut durchlässigem Untergrund
- Variante 4: Regenentwässerung im Trennsystem bei undurchlässigem Untergrund

Der Bemessungsgang ergibt sich aus Kapitel 5.4.2. Weitere Regelungen enthält das Regelwerk der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (DWA). Die Berechnungen beruhen auf einer Langzeit-Kontinuumsimulation des Niederschlags über 20 Jahre am Pegel Birkenfeld. Die Niederschlagsstation Birkenfeld ist mit den Niederschlagsverhältnissen in Luxemburg vergleichbar und weist einen $r_{15, n=1} = 113,9 \text{ l/s} \cdot \text{ha}$ auf (Luxemburg: $110 \text{ l/s} \cdot \text{ha}$)

Die Ergebnisse der entsprechenden Bauwerksauslegung - in diesem Fall durchgeführt mit der Fachsoftware KOSIM XL (ITWH Hannover) - sind hier lediglich auszugsweise zusammengefasst.

Zur Bemessung von dezentralen Versickerungsanlagen werden in der Regel Regenereignisse der Häufigkeit $0,2 \text{ 1/a}$ angesetzt (DWA-A 138, 2005). Diese Häufigkeit bildet daher die Grundlage der Bemessung dezentraler Versickerungsanlagen in den Varianten 1 und 2. Liegt im Falle des Versagens einer Anlage ein erhöhtes Gefährdungspotenzial vor, ist dies, entsprechend der Vorgaben der DIN EN 752-4, bei der angesetzten Überschreitungshäufigkeit zu berücksichtigen.

Zur Verifizierung und Einstufung des einfachen Bemessungsansatzes nach Kapitel 5.4.2 wird für Variante 4 das erforderliche Volumen des Regenrückhaltebeckens zusätzlich gemäß DWA-A 117 (2006) mit den in diesem Leitfaden genannten Vorgaben mit einem Drosselabfluss gemäß $r_{15, n=1}$ und einem Zulauf der Überschreitungshäufigkeit $n=0,1 \text{ 1/a}$ errechnet.

VARIANTE 1: NATURNAHE REGENWASSERBEWIRTSCHAFTUNG BEI SEHR GUT DURCHLÄSSIGEM UNTERGRUND**BESCHREIBUNG:**

- Ziel dieser Variante ist es, die Möglichkeiten der naturnahen Regenwasserbewirtschaftung unter optimalen Voraussetzungen darzustellen.
- Maximalvariante mit vollständigem Rückhalt und Versickerung
- Verzicht auf Regenwasserkanal (Ableitung in offenen Gräben)
- Nur Notüberläufe werden in das Gewässer eingeleitet.

ÖRTLICHE GEGEBENHEITEN:

- Geeignete Höhen-/Gefälleverhältnisse
- Sehr gut versickerungsfähiger Boden mit $k_f = 5 \cdot 10^{-5}$ m/s
- Kein Trinkwasserschutzgebiet
- Vulnerabilitätsstufe 1, ggf. 2: vorzusehende Maßnahme in Abstimmung mit AGE: Versickerung über 30 cm bewachsene Oberbodenschicht
- Vorfluter: Großer Flachlandbach, $b_{Sp} = 2$ m, $v < 0,5$ m/s

MASSNAHMEN:**Gebäude:**

- Gründächer auf Garagen-Flachdächern vorschreiben.
- Dezentrale Kleinspeicher (Zisternen) als Regenwassernutzungsanlagen vorschreiben.
- Einleitung der Abflüsse von Dachflächen in dezentrale Versickerungsanlagen (z.B. Mulden)³.
- Bemessungsereignis $n=0,2$ 1/a.

Grundstück:

- Nicht überbaubare Grundstücksflächen intensiv begrünen.
- Stellplätze, Zufahrten, Wege nach Möglichkeit durchlässig befestigen.
- Einleitung der Abflüsse von geeigneten⁴ Hof- und Stellflächen in dezentrale Versickerungsanlagen.
- Bemessungsereignis $n=0,2$ 1/a.

Öffentliche Flächen:

- Versickerung der Straßenabläufe der schwach befahrenen Wohnstraßen in straßenbegleitenden Mulden und in öffentlichen Grünbereichen.
- Bemessungsereignis nach DWA-ATV A138: $n=0,2$ 1/a (Mulden-Rigolen)
- Offene Gräben zur Straßenentwässerung.

Baugebiet:

- Kein zentrales Regenrückhaltebecken erforderlich.
- Notüberlauf der Versickerungsanlagen über offene Gräben an weiterführende Entwässerungselemente oder an den Vorfluter.

Vorfluter:

- Nur Notüberläufe bei Ereignissen seltener als $n=0,1$ 1/a

HINWEISE:

- Zeitweiliger Einstau der Retentions-/Versickerungseinrichtungen
- Pflege und Instandhaltung Versickerungseinrichtungen

³ Bei der Dimensionierung der semizentralen und dezentralen Einrichtungen nicht berücksichtigt.

⁴ Eignung von Niederschlagsabflüssen für die Versickerung siehe ATV-A 138 (DWA, 2005a)

PLANERISCHE UMSETZUNG



VARIANTE 2: NATURNAHE REGENWASSERBEWIRTSCHAFTUNG BEI BEDINGT DURCHLÄSSIGEM UNTERGRUND**BESCHREIBUNG:**

Ziel dieser Variante ist es, bei Ausnutzung der eingeschränkten Versickerungseigenschaften des Bodens die Einleitung in das Gewässer sicher auf das zulässige Maß zu begrenzen.

- Teilweiser Rückhalt und Versickerung des Regenwassers in der Fläche.
- Ableitung des Regenwassers in offenen Gräben.
- Zentrales Rückhaltebecken mit Versickerungsfunktion.
- Gedrosselte Einleitung in das Gewässer

ÖRTLICHE GEGEBENHEITEN:

- Geeignete Höhen-/Gefälleverhältnisse
- Bedingt geeignete Verhältnisse mit geringer Versickerungsleistung
 $k_f = 1 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$
- Kein Trinkwasserschutzgebiet
- Vulnerabilitätsstufe 1, ggf. 2: vorzusehende Maßnahme in Abstimmung mit AGE: Versickerung über 30 cm bewachsene Oberbodenschicht.
- Vorfluter: wie Variante 1

MASSNAHMEN:**Gebäude:**

- Gründächer auf Garagen-Flachdächern vorschreiben.
- Dezentrale Kleinspeicher (Zisternen) als Regenwassernutzungsanlage vorschreiben.
- Einleitung der Abflüsse von Dachflächen in dezentrale Versickerungsanlagen (z.B. Mulden)⁵. Bemessungsereignis $n=0,2 \text{ 1/a}$.

Grundstück:

- Nicht überbaubare Grundstücksflächen intensiv begrünen.
- Stellplätze, Zufahrten, Wege nach Möglichkeit durchlässig befestigen.
- Einleitung der Abflüsse von geeigneten⁶ Hof- und Stellflächen in dezentrale Versickerungsanlagen. Bemessungsereignis $n=0,2 \text{ 1/a}$.

Öffentliche Flächen:

- Versickerung der Straßenabläufe der schwach befahrenen Wohnstraßen in straßenbegleitenden Mulden und in öffentlichen Grünbereichen.
- Bemessungsereignis gemäß DWA-ATV A138: $n=0,2 \text{ 1/a}$ (Mulden)
- Offene Gräben zur Straßenentwässerung

Baugebiet:

- Planmäßiger Überlauf der dezentralen und semizentralen Versickerungsanlagen über offene Gräben / über Straßenentwässerung in ein zentrales Regenrückhaltebecken. Drosselabfluss nach Kap. 4.6:
- $A_{red} \cdot r_{15}, n=1 = 110 \text{ l/s} \cdot \text{ha} \cdot 0,242 = 26,62 \text{ l/s}$ Angenommen: 25 l/s

Vorfluter:

- Rechnerisch erforderliches RRB-Volumen: $V_{erf} = 23,5 \text{ m}^3$
- Zulässige Regenabflussspende für Vorfluttyp „Großer Vorlandbach“ nach DWA M153: $q_r = 120 \text{ l/s} \cdot \text{ha} > r_{15}, n=1 = 110 \text{ l/s} \cdot \text{ha}$

HINWEISE:

- Ggf. Einzäunung des zentralen Beckens erforderlich.
- Zeitweiliger Einstau der Retentions-/Versickerungseinrichtungen
- Pflege und Instandhaltung Versickerungseinrichtungen

⁵ Bei der Dimensionierung der semizentralen und dezentralen Einrichtungen nicht berücksichtigt.

⁶ Eignung von Niederschlagsabflüssen für die Versickerung siehe ATV-A138 (DWA, 2005a)

PLANERISCHE UMSETZUNG



VARIANTE 3: REGENWASSERBEWIRTSCHAFTUNG IM TRENNSYSTEM BEI GUT DURCHLÄSSIGEM UNTERGRUND**BESCHREIBUNG:**

- Ziel dieser Variante ist es, bei Ausnutzung der eingeschränkten Versickerungseigenschaften des Bodens die Einleitung in das Gewässer sicher auf das zulässige Maß zu begrenzen.
- Getrennter Regenwasser- und Schmutzwasserkanal (Trennsystem)
- Zentrales Rückhaltebecken mit Versickerungsfunktion
- Gedrosselte Einleitung ins Gewässer

ÖRTLICHE GEGEBENHEITEN:

- Geeignete Höhen-/Gefälleverhältnisse
- Gut geeignete Verhältnisse mit geringer Versickerungsleistung
 $k_f = 1 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$
- Kein Trinkwasserschutzgebiet
- Vulnerabilitätsstufe 4: vorzusehende Maßnahme in Abstimmung mit AGE: Versickerung nur in einem zentralen RRB nach Vorschaltung von Sedimentationsbecken und Bodenfilter über 30 cm bewachsene Oberbodenschicht.
- Vorfluter: wie Variante 1

MASSNAHMEN:**Gebäude:**

- Gründächer auf Garagen-Flachdächern vorschreiben.
- Dezentrale Kleinspeicher (Zisternen) als Regenwassernutzungsanlagen vorschreiben.
- Einleitung des auf Dachflächen anfallenden Regenwassers über die Zisterne in den Regenwasserkanal.

Grundstück:

- Nicht überbaubare Grundstücksflächen intensiv begrünen.
- Dezentrale Muldenversickerung nicht zulässig.
- Einleitung des auf undurchlässigen Flächen anfallenden Regenwassers in den Regenwasserkanal.

Öffentliche Flächen:

- Versickerung in straßenbegleitenden Mulden und in öffentlichen Grünbereichen nicht zulässig, da die Vorschaltung von Sedimentationsbecken und Filter praktisch kaum umsetzbar.
- Anschluss der Straßenflächen an Regenwasserkanal.

Baugebiet:

- Auslauf des Regenwasserkanals in eine Sedimentationsanlage mit nachgeschaltetem Filter; ein zentrales Regenrückhaltebecken.
- Drosselabfluss nach Kap. 4.6: $A_{red} \cdot r_{15}, n=1 = 110 \text{ l/s} \cdot \text{ha} \cdot 0,242 = 26,62 \text{ l/s}$
Angenommen: 25 l/s
- Rechnerisch erforderliches RRB-Volumen: $V_{rf} = 31,0 \text{ m}^3$

Vorfluter:

- Zulässige Regenabflussspende für Vorfluttyp „Großer Vorlandbach“ nach DWA M153: $q_r = 120 \text{ l/s} \cdot \text{ha} > r_{15}, n=1$.

HINWEISE:

- Einzäunung des zentralen Beckens
- Zeitweiliger Einstau der Retentions-/Versickerungseinrichtungen
- Pflege und Instandhaltung Versickerungseinrichtungen

PLANERISCHE UMSETZUNG



VARIANTE 4: REGENENTWÄSSERUNG IM TRENNSYSTEM BEI UNDURCHLÄSSIGEM UNTERGRUND**BESCHREIBUNG:**

- Herkömmliches Trennsystem mit abgedichtetem Regenrückhaltebecken.
- Getrennter Regenwasser- und Schmutzwasserkanal
- Zentrales Rückhaltebecken
- Gedrosselte Einleitung ins Gewässer

ÖRTLICHE GEGEBENHEITEN:

- Geeignete Höhen-/Gefälleverhältnisse
- Undurchlässiger Untergrund ($k_f = 1 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$)
- Kein Trinkwasserschutzgebiet
- Vulnerabilitätsstufe nicht relevant.
- Vorfluter: wie Variante 1

MASSNAHMEN:**Gebäude:**

- Gründächer auf Garagen-Flachdächern vorschreiben.
- Dezentrale Kleinspeicher (Zisternen) als Regenwassernutzungsanlagen vorschreiben.
- Einleitung des auf Dachflächen anfallenden Regenwassers über die Zisterne in den Regenwasserkanal.

Grundstück:

- Nicht überbaubare Grundstücksflächen intensiv begrünen.
- Dezentrale Muldenversickerung nicht möglich.
- Einleitung des auf undurchlässigen Flächen anfallenden Regenwassers in den Regenwasserkanal.

Öffentliche Flächen:

- Versickerung in straßenbegleitenden Mulden und in öffentlichen Grünbereichen nicht möglich.
- Anschluss der Straßenflächen an Regenwasserkanal.

Baugebiet:

- Auslauf des Regenwasserkanals in ein zentrales Regenrückhaltebecken.
- Drosselabfluss nach Kap. 4.6:
 $A_{red} \cdot r_{15}, n=1 = 110 \text{ l/s} \cdot \text{ha} \cdot 0,242 = 26,62 \text{ l/s}$ Angenommen: 25 l/s
- Rechnerisch erforderliches RRB-Volumen: 59,6 m³

Vorfluter:

- Zulässige Regenabflussspende für Vorfluttyp „Großer Vorlandbach“ nach DWA M153: $q_r = 120 \text{ l/s} \cdot \text{ha} > r_{15}, n=1$.

HINWEISE:

- Ggf. Einzäunung des zentralen Beckens.
- Zeitweiliger Einstau der Retentionseinrichtungen.

PLANERISCHE UMSETZUNG



VERGLEICH VARIANTE 1 BIS 4:

1. VERSICKERUNGSLEISTUNG

Aus den Ergebnissen der Langzeitsimulation kann auch die Versickerungsleistung der naturnahen Bewirtschaftungselemente entnommen werden.

Variante	Beschreibung	Versickerung	
		Gesamtzeitraum (20 Jahre)	Per anno im Mittel (% Jahresniederschlag)
1	Versickerung in straßenbegleitenden Mulden und in öffentlichen Grünbereichen.	92.100 m ³	4.605 m ³
2	Naturnahe Regenwasserbewirtschaftung bei bedingt durchlässigem Untergrund	73.100 m ³	3.650 m ³
3	Regenwasserbewirtschaftung im Trennsystem bei gut durchlässigem Untergrund	200 m ³	10 m ³
4	Regenentwässerung im Trennsystem bei undurchlässigem Untergrund	0	0

2. KOSTEN : VARIANTE 1

Bezeichnung	Einheit	Kosten [€/m]	Gesamt
SW Kanal DN 250	335,00 m	400,00	134.000,00
Notüberlauf	104,00 m	100,00	10.400,00
Muldensystem	441,00	80,00	35.280,00
Hausanschluss Kanal SW	27,00 Stck.	2.500,00	67.500,00
Hausanschluss Mulden RW (Rinne)	220,00 m	50,00	11.000,00
Summe brutto			258.180,00

2. KOSTEN : VARIANTE 2

Bezeichnung	Einheit	Kosten [€/m]	Gesamt
SW Kanal DN 250	335,00 m	400,00	134.000,00
Muldensystem	441,00	80,00	35.280,00
Entwässerungsrinne Straße	50,00 m	30,00	1.500,00
Zulaufgräben Mulden zu RRB	60,00 m	100,00	6.000,00
Hausanschluss Kanal SW	27,00 Stck.	2.500,00	67.500,00
Hausanschluss Mulden RW (Rinne)	270,00 m	50,00	13.500,00
RRB	23,50 m ³	1.200,00	28.200,00
Summe brutto			285.980,00

2. KOSTEN : VARIANTE 3

Bezeichnung	Einheit	Kosten [€/m]	Gesamt
SW Kanal DN 250	335,00 m	400,00	134.000,00
RW Kanal DN 300	201,00 m	450,00	90.450,00
RW Kanal DN 400	193,00 m	500,00	96.500,00
Hausanschluss Kanal SW	27,00 Stck.	2.500,00	67.500,00
Hausanschluss Kanal RW	27,00 Stck.	2.250,00	60.750,00
Sedimentationsbecken + Filter	1,00 Stck	10.000,00	10.000,00
RRB	31,00 m ³	1.200,00	37.200,00
Summe brutto			496.400,00

2. KOSTEN : VARIANTE 4

Bezeichnung	Einheit	Kosten [€/m]	Gesamt
SW Kanal DN 250	335,00 m	400,00	134.000,00
RW Kanal DN 300	201,00 m	450,00	90.450,00
RW Kanal DN 400	193,00 m	500,00	96.500,00
Hausanschluss Kanal SW	27,00 Stck.	2.500,00	67.500,00
Hausanschluss Kanal RW	27,00 Stck.	2.250,00	60.750,00
RRB	59,60 m ³	1.200,00	71.520,00
Summe brutto			520.720,00

FAZIT:

Bei den geeigneten Randbedingungen lassen sich durch Verwendung eines naturnahen Regenwasserbewirtschaftungssystems gemäß Variante 1 Einsparungen von bis zu 50 % der Kosten für die Schmutz- und Regenentwässerung realisieren.

VERGLEICH DER BEMESSUNGSVERFAHREN FÜR VARIANTE 4:

- a) Erforderliches Volumen RRB gemäß Langzeitsimulation KOSIM: $V_{RRB} = 59,6 \text{ m}^3$
- b) Vereinfachtes Verfahren nach DWA A-117:
 - Fließzeit im Gebiet: $t_f = \text{ca. } 5 \text{ min}$
 - Maßgebliche Regendauer $D = 30 \text{ min}$
 - Abminderungsfaktor für Drosselabflussspende $q_{Dr} : f_A = 0,85$ (graphisch sinnvoll extrapoliert)

D	Regenspende $r_{D,n=0,1}$ [L/(s·ha)]	Drosselspende q_{Dr} [L/(s·ha)]	f_A [-]	f_Z [-]	V_{su} [m³]	A_u [m³]	V_{erf} [m³]
5	358,4	52,1	0,98	1,2	108,1	0,48	51,9
10	257,1	52,1	0,98	1,2	144,7	0,48	69,4
15	206,9	52,1	0,98	1,2	163,9	0,48	78,7
20	175,1	52,1	0,98	1,2	173,6	0,48	83,3
30	135,8	52,1	0,98	1,2	177,2	0,48	85,1
45	103,2	52,1	0,98	1,2	162,3	0,48	77,9
60	60,1	52,1	0,98	1,2	33,9	0,48	16,3

Für Zuschlagsfaktor f_z in Abhängigkeit vom Risikomaß = 1,20 (hoch): $V_{RRB} = 85,1 \text{ m}^3$
 Für Zuschlagsfaktor f_z in Abhängigkeit vom Risikomaß = 1,10 (gering): $V_{RRB} = 78,0 \text{ m}^3$

FAZIT:

Die nach DWA A117 (DWA, 2006) berechneten Volumina liegen je nach gewähltem Risikomaß bis zu 40 % über den mittels Langzeitsimulation ermittelten Werten. Bei der Dimensionierung des RRB lassen sich mittels Langzeitsimulation deutlich geringere Beckenvolumina nachweisen, die sich bei vorliegendem Beispiel in einer Reduktion der Baukosten des RRB um 40 % äußern. Das sind mit o.g. Kostenansätzen rund 30.000 Euro. Über die Zulässigkeit einer Langzeitsimulation entscheidet als zuständige Stelle die Wasserwirtschaftsverwaltung.

8



Anhang 3

Checkliste zum Regenwassermanagement



MINISTÈRE DE L'INTÉRIEUR
ET À LA GRANDE RÉGION
Administration de la gestion de l'eau

Zur Vereinheitlichung des Prüfverfahrens wurde eine Checkliste aufgestellt, die vom Bauherrn bzw. Antragsteller Punkt für Punkt abzuarbeiten und zu beantworten ist.

Die Checkliste beruht auf dem Vorrangprinzip: Vermeiden vor Versickern vor Rückhalten vor Ableiten.

Weitere Informationen zu den einzelnen Skalenebenen enthält [Kapitel 5](#).

Hinweise zur Handhabung:

- Die Angaben zu der Skalenebenen Gebäude und Grundstück sind für jede Einheit (Gebäude, Grundstück, Flurstück) gesondert zu erstellen.
- Die Angaben zu den Skalenebenen öffentlicher Straßenraum/Plätze, Baugebiet und Gewässer beziehen sich auf das gesamte Baugebiet und sind nur einmal auszufüllen.
- Lagepläne mit der Bezeichnung der jeweiligen Anlage sind beizufügen.

1 SKALENEBENE GEBÄUDE

1.1 Reduzierung abflusswirksamer Flächen

Der PAP sieht die Ausführung von Gründächern vor.

Ja Nein

Die Planung sieht Gründächer vor.

wenn ja, auf folgenden Gebäuden bzw. Teilgebäuden:

- Garage oder sonstige Nebengebäude
- Hauptgebäude

1.2 Regenwassernutzung

Ja Nein

Der PAP fordert die Speicherung und Nutzung von Regenwasser

Die Planung sieht die Verwendung von unbeschichteten

Dacheindeckungen aus Kupfer, Zink und / oder Blei vor.

Hinweis: Bei Verwendung solcher Materialien sind ggf. Einschränkungen bei Nutzung und Versickerung zu beachten! (siehe [Kapitel 3.2](#))

Regenwassernutzung geplant

wenn ja,

Nutzung:

- zur Gartenbewässerung
- als Brauchwasser im Gebäude

Anschluss Überlauf an:

- Regenwasserkanal
- Vorfluter oder offener Vorflutgraben (ggf. mittels Pumpstation)
- Versickerungs-/Retentionsbecken (ggf. mittels Pumpstation, s. Pkt. 2)

wenn nein,

Begründung:

.....

1.2 Unterkellerung geplant

Es ist geplant, das Gebäude zu unterkellern

Ja Nein

Es liegt ein aussagekräftiges Bodengutachten für das betroffene Grundstück vor. (Genehmigung nur bei Vorliegen eines solchen Gutachtens möglich!)

Demnach ist mit dauerhaftem Grundwasserzustrom oder Grundwasserständen höher als 1 m unter Gründungssohle zu rechnen.

wenn ja,

- Kellerausbildung als Weiße Wanne
- Kellerausbildung als Schwarze Wanne

Hinweis: Drägen sind während der Bauzeit nur zulässig, wenn das in die Baugrube eindringende Regenwasser mittels Pumpen gefördert und, wenn nötig, nach Durchlaufen einer Sedimentationsanlagen, oberflächlich dem Regenwasserableitungssystem zugeführt wird. Eine augenscheinliche Kontrolle der Ableitungssituation durch die Behörden muss jeder Zeit möglich sein. Ein Anschluss an den Schmutzwasserkanal oder einen eventuell tief liegenden Regenwasserkanal ist keinesfalls gestattet.

wenn nein,

In diesem Fall ist gegen eine Unterkellerung grundsätzlich nichts einzuwenden.

Vorgesehene Ausführungsart:

- Dränage mit Anschluss an tiefliegenden Regenwasserkanal
- Dränage mit Pumpstation und Anschluss an Regenwasserkanal
- Dränage mit Pumpstation und Anschluss an dezentrale Rückhalte- /Versickerungseinrichtungen

2 SKALENEBENE GRUNDSTÜCK

2.1 Reduzierung abflusswirksamer Flächen

Ja Nein

Verwendung wasserdurchlässiger Flächenbeläge für Garageneinfahrt und Erschließungswege

2.2 Dezentrale Regenwasserversickerung

Ja Nein

Vorbemerkung: Regenwasserversickerung ist nur möglich, wenn eine Verschmutzung von Grundwasser und Trinkwasser sicher ausgeschlossen werden kann. Beim Vorhandensein von Dachflächen mit komplett unbeschichteten Eindeckungen aus Kupfer, Zink und Blei sind besondere Vorsichtsmaßnahmen zu berücksichtigen (siehe auch DWA-ATV A 138).

Randbedingungen:

Ja Nein

Kein Trinkwasserschutzgebiet

Kein vulnerabler Grundwasserleiter

Vorliegen eines versickerungsfähigen Bodens mit $k_f > 1 \cdot 10^{-6}$ m/s

wenn alle drei Randbedingungen ja:

Dezentrale Versickerungsanlagen auf dem Grundstück geplant?

- Muldenversickerung mit Bodenpassage

Fläche / Volumen m² / m³

Mittlere Tiefe: m

- Einzäunung vorgesehen?

- Flächenversickerung mit Bodenpassage

Fläche: m²

- Notüberlauf vorgesehen?

Wohin:

Anschluss an eine unmittelbar angrenzende semizentrale Versickerungsanlage (siehe Skalenebene 4)?

- Bezeichnung der Anlage(n) im Lageplan:

2.3 Dezentraler Regenwasserrückhalt

Regenwasserrückhalt (ohne Versickerungsfunktion) auf dem Grundstück oder unmittelbar daran angrenzend geplant?

Ja Nein

wenn ja:

- Geschlossene Regenwasserrückhalteanlagen auf dem Grundstück? (in Form von Zisternen, unterirdischen Speicherbecken, etc.)
Für den Regenwasserrückhalt planmäßig zur Verfügung stehendes Volumen (ggf. oberhalb Dauerstau): m³
- Offener Regenwasserrückhalt geplant?

wenn ja:

- Dezentrale Rückhalteanlagen auf dem Grundstück?
 - Fläche / Volumen m² / m³
 - Mittlere Tiefe: m
 - Einzäunung vorgesehen?
 - Drosselabfluss: l/s
 - Anschluss an:
- Anschluss an unmittelbar angrenzende semizentrale Rückhalteanlage
 - Bezeichnung der Anlage(n) im Lageplan:
.....

3 SKALENEBENE ÖFFENTLICHE FLÄCHEN

3.1 Reduzierung abflusswirksamer Flächen

Ja Nein

Verwendung wasserdurchlässiger Flächenbeläge

3.2 Ableitung zu Behandlungsanlage bzw. Anschlusspunkt

Ja Nein

Offene natürlich bewachsene Gräben und Mulden

- Betonrinnen
- Anschluss an:
 - Regenwasserkanal
 - Schmutzwasserkanal
 - Oberirdische Vorflut

3.3 Semizentrale Versickerungsanlagen

Ja Nein

• Semizentrale Versickerungsanlagen geplant?

wenn ja:

- Seitlich der Strasse angeordnete Versickerungsmulden
- Seitlich der Strasse angeordnete Mulden-Rigolen-Elemente
- Versickerungsbeete, in die Fahrbahn integriert
- Anschluss an semizentrale Versickerungseinrichtung
- Bezeichnung der Anlage(n) im Lageplan:

wenn nein:

Begründung:
.....
.....

3.4 Semizentrale Rückhaltung

Semizentrale Rückhaltung geplant?

Ja Nein

wenn ja:

- Seitlich der Strasse angeordnete Rückhaltegräben
- Anschluss an semizentrale Rückhalteeinrichtung

Bezeichnung im Lageplan:

.....

- keine Rückhaltung

wenn nein:

Begründung:

.....

4 SKALENEBENE BAUGEBIET

4.1 Zentrale Regenwasserversickerung im Baugebiet vorgesehen?

Ja Nein

wenn ja:

Bezeichnung der Anlage(n) im Lageplan:

.....

- Anzahl der gemeinsam angeschlossenen Grundstücke:

Hinweis: Bei der Festlegung des Rückhaltevolumens und des Drosselabflusses sind die Informationen in Kap. 4.2 und 4.6 zu beachten.

- Fläche / Volumen m² / m³
Mittlere Tiefe: m

- Einzäunung vorgesehen?

- Drosselabfluss: l/s

- Notüberlauf bei Ereignissen $n < 0,1$ 1/a vorgesehen?

wohin:.....

wenn nein:

Begründung:

.....

4.2 Zentrales Regenwasserrückhaltebecken

(ohne Versickerungsfunktion) im Baugebiet vorgesehen ?

Ja Nein

wenn ja:

Bezeichnung der Anlage(n) im Lageplan:

.....

- Anzahl der gemeinsam angeschlossenen Grundstücke:

Hinweis: Bei der Festlegung des Rückhaltevolumens und des Drosselabflusses sind die Vorgaben in Kap.4.6 zu beachten.

- Fläche / Volumen m² / m³
Mittlere Tiefe: m

- Einzäunung vorgesehen?

- Drosselabfluss: l/s

- Notüberlauf bei Ereignissen $n < 0,1$ 1/a vorgesehen?

wohin:.....

wenn nein:

Begründung:

.....

5 SKALENEBENE GEWÄSSER

Baugebiet entwässert in:

5.1 Natürliches Gewässer

- Anschluss an unmittelbar angrenzendes natürliches Gewässer
- Anschluss an ein in einer technisch-wirtschaftlich vertretbaren Entfernung befindliches Gewässer (nähere Angaben zum Gewässer siehe Pkt. 5.3)
- Anschluss an natürlichen Vorfluter technisch-wirtschaftlich nicht vertretbar.

Ja Nein

Entfernung vom Übergabepunkt des Baugebiets zur Einleitung in nächstgelegenes natürliches Gewässer : m

5.2 Künstliche Vorflut (z.B. Regenwasserkanal)

- Anschluss an künstliche Vorflut

Ja Nein

Bezeichnung der Vorflut im Lageplan:

- Hydraulische Kapazität der künstlichen Vorflut ausreichend.

Entfernung vom Übergabepunkt Baugebiet zur Einleitung in nächstgelegene künstlichen Vorflut: m

- Vorflut und weiterführendes Regenwasserkanalsystem mündet in Gewässer (nähere Angaben zum Gewässer siehe 5.3):

5.3 Maßnahmen zum Schutz des Gewässers

Name des Gewässers

.....

Charakterisierung des Gewässers:

Fließgewässer

- großer Fluss (MQ>50m³/s)
- kleiner Fluss (bSp > 5m)
- großer Bach (bSp 1-5m; vf <=0,5m/s)
- kleiner Bach (bSp: <1m; vf: >=0,3m/s) < 2h Fließzeit bei MQ bis zum nächsten kleinen See
- Badegewässer
- Vulnerabilitätsstufe 3
- Vulnerabilitätsstufe 4

Stehende, gestaute und sehr langsam fließende Gewässer

- See (> 1km²), gestauter großer Fluss
- in unmittelbarer Nähe von Erholungsgebieten
- kleiner See, gestaute kleine Bäche, Fließgeschwindigkeit bei MQ < 0,1m/s
- Vulnerabilitätsstufe 3
- Vulnerabilitätsstufe 4

MQ: Mittlerer Abfluss / bSp: Wasserspiegelbreite / vf: Fließgeschwindigkeit

Qualitative und / oder quantitative Einleitungsbedingungen nach **Ja Nein**

Leitfaden, Kapitel 4.6.2, Tabelle 4.7 (vgl. ATV-M153) erfordern

den Bau eines zentralen Rückhaltebeckens:

wenn ja:

Geplantes Rückhaltevolumen gem. Leitfaden Kap. 5.4.2: m³

(Gewässerverträglicher) Drosselabfluss: l/s

6 ZUSAMMENSTELLUNG DER WICHTIGSTEN GEBIETSKENNDATEN:

6.1 Skalenebenen Gebäude und Grundstück

Gesamtfläche des Grundstücks: A1,G= m²

Befestigungsarten und deren Flächen:

Dachflächen: m²

Undurchlässig versiegelte Hof- und Verkehrsflächen, m²

Terrassen:

Durchlässig befestigte Hof- und Verkehrsflächen, m²

Terrassen:

Flächen für dezentrale Regenwasserbewirtschaftung:A1,R= m²

6.2 Skalenebene Öffentliche Flächen

Gesamtfläche des Straßenraums

(Strassen, Wege, Erschließung): A2,S= m²

DTV Straßenname..... Kfz/24 h

Straßenname..... Kfz/24 h

Straßenname..... Kfz/24 h

Gesamtfläche öffentliche Plätze: A2,P= m²

Flächen für semizentrale Regenwasserbewirtschaftung:

A2,R= m²

Befestigungsarten und deren Flächen:

Asphalt: m²

Wassergebundene Decken: m²

Pflaster: m²

Schotter / Split (einschl. Schotterrasen): m²

6.3 Skalenebene Baugebiet

Gesamtfläche des Baugebiets: Ages= ha

Anteil Grundstücksfläche an Gesamtfläche: %

$VG = A1,G / Ages$

Anteil Erschließung an Gesamtfläche %

$VS = A2,S / Ages$

Anteil Öffentliche Flächen an Gesamtfläche: %

$VS+P = (A2,S + A2,P) / Ages$

**Anteil Flächen zur Regenwasserbewirtschaftung
an Gesamtfläche:**

$VR = (A1,R + A2,R) / Ages$ %

..... %