

Planungshilfe für eine dezentrale Straßenentwässerung

Mai 2018

Aufgestellt:

Hoppegarten, 23.05.2018

Projektleitung: Prof. Dr. Heiko Sieker

Bearbeitung: B. Eng. Nicolas Neidhart

Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH
Rennbahnallee 109A, D-15366 Hoppegarten
Tel. +49 3342 3595-0,
Fax. +49 3342 3595-29
E-Mail: info@sieker.de
Internet: www.sieker.de



Sieker
Die Regenwasserexperten
The Stormwater Experts



Inhaltsverzeichnis

1	Einführung.....	6
2	Ziele eines modernen Regenwassermanagements.....	8
2.1	Übergeordnete Zielvorgaben	8
2.1.1	Wasserhaushaltsgesetz, Berliner Wassergesetz.....	8
2.1.2	Politische Zielvorgaben.....	8
2.1.3	Leitplanungen des Landes Berlin	8
2.2	Zielgrößen/Zielvorgaben	9
2.2.1	Entwässerungskomfort	9
2.2.2	Überflutungsschutz und Starkregen-Risikomanagement.....	9
2.2.3	Hochwasserschutz.....	11
2.2.4	Gewässerschutz (Oberflächengewässer).....	11
2.2.5	Grundwasserschutz	12
2.2.6	Wasserhaushalt / Stadtklima	13
2.2.7	Biodiversität.....	13
2.2.8	Wirtschaftlichkeit	14
3	Technische Optionen	15
3.1	Flächige Versickerung / versickerungsfähige Verkehrsflächen.....	15
3.2	Versickerungsmulden	17
3.3	Mulden-Rigolen-Elemente	19
3.4	Mulden-Rigolen-Systeme	20
3.5	Tiefbeete/Tiefbeet-Rigolen-Systeme.....	22
4	Einflussfaktoren für Anlagen zur dez. Regenwasserbewirtschaftung.....	25
4.1	Versickerungsfähigkeit des anstehenden Bodens	25
4.2	Muldenüberläufe	26
4.3	Integration von Baumpflanzungen.....	27
4.4	Flächenbedarf/Flächendargebot	29
4.5	Grundwasserflurabstand.....	31
4.6	Stoffliche Belastung des Regenwasserabflusses	31
4.7	Trinkwasserschutzzone	31
4.8	Altlasten.....	32
4.9	Drosselabfluss.....	32
4.10	Investitionskosten	33
5	Wasserbehördliche Regelungen zur dezRWB im Straßenraum	34
6	Einordnung der dezRWB in den Straßenraum.....	36
6.1	Betrachtete Regelquerschnitte.....	36
6.1.1	Wohnweg	37
6.1.2	Wohnstraße	38
6.1.3	Quartierstraße.....	39



6.2	Regelquerschnitte mit Regenwasserbewirtschaftung	39
7	Beispielprojekte	41
7.1	Realisierte Beispiele im Berliner Raum.....	41
7.1.1	Rummelsburger Bucht	41
7.1.2	Adlershof	42
7.1.3	Gewerbegebiet Hoppegarten	44
7.1.4	Ortsteil Birkenstein in Hoppegarten.....	46
7.1.5	Weitere Beispiele in Berlin	47
7.2	Weitere Beispiele außerhalb von Berlin/Brandenburg	48
7.2.1	Flughafen Münster Osnabrück	48
7.2.2	Tiefbeet-Rigolen-System in Schöenberg (BW).....	48
7.3	Aktuelle Planungen außerhalb von Berlin	50
7.3.1	Nürnberg.....	50
7.3.2	Mannheim.....	51
7.4	Internationale Beispiele.....	52
7.4.1	Portland, USA.....	52
7.4.2	Michigan, USA.....	53
8	Literaturverzeichnis.....	54
9	Anlagen.....	56
Anlage 1	Steckbriefe dezentraler Straßenentwässerungsmaßnahmen.....	56
Anlage 2	Straßenregelprofile mit Regenwasserbewirtschaftung	56

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Schwerpunkte des Wohnungsneubaus in Berlin (SenStadtWohnen, 2017).....	6
Abbildung 2:	Regenwasserversickerung in der Rummelsburger Bucht (Foto: IPS).....	7
Abbildung 3:	Aufgaben zu Überflutungsschutz und Starkregenrisikovorsorge, LUBW (2016)	10
Abbildung 4:	Auswirkungen der Versiegelung auf den Wasserhaushalt (www.berlin.de).....	13
Abbildung 5:	Versickerungsfähige Verkehrsflächen (Grafik: IPS).....	15
Abbildung 6:	Beispiel für eine versickerungsfähige Verkehrsfläche (Foto: IPS)	16
Abbildung 7:	Kombination von Sickerpflaster und Versickerungsmulde (Foto: IPS)	16
Abbildung 8:	Straßenbegleitende Versickerungsmulde in Rummelsburg (Foto: IPS).....	17
Abbildung 9:	Beispiel für eine Versickerungsmulde mit Baumbestand in Adlershof (Foto: IPS)	18
Abbildung 10:	Beispiele für Mulden-Rigolen-Elemente mit Überlauf (Fotos: IPS)	19
Abbildung 11:	Prinzipskizze eines Mulden-Rigolen-Systems (Grafik: Berliner Wasserbetriebe)	20
Abbildung 12:	Vorgaben zur Muldendimensionierung (BWB-Regelblatt 601, November 2017)	21
Abbildung 13:	Beispiel für ein Tiefbeet-Rigolen-System (Foto: IPS)	22
Abbildung 14:	Tiefbeet-Rigolen im Neben- und Hauptschluss (Grafik: IPS)	23
Abbildung 15:	Überlauf in einem Tiefbeet-Rigolen-Element mit Tauchwand (Foto: IPS)	23
Abbildung 16:	Einbau eines Tiefbeetes (Foto: IPS)	24
Abbildung 17:	Tiefbeet vor Einbau der Oberbodenschicht (Foto: IPS)	24
Abbildung 18:	Eignung von Böden für die vollständige, technische Versickerung (Grafik: IPS)	25
Abbildung 19:	Auswirkungen der Überlaufhäufigkeit auf den Flächenbedarf einer Mulde	27
Abbildung 20:	Versickerungsmulde mit Baumbestand in Rummelsburg (Foto: IPS).....	28
Abbildung 21:	Längsabwicklung des Straßenregelprofils	29
Abbildung 22:	Zusammenhang kf-Wert und Flächenbedarf	30
Abbildung 23:	Auswirkungen von Überlauf und Baumintegration.....	30
Abbildung 24:	Rigolenspeichervolumen in Abhängigkeit der Drosselspende (Grafik: IPS).....	32
Abbildung 25:	Typische Investitionskosten für dez. RWB-Anlagen (Grafik: IPS).....	33
Abbildung 26:	Wohnweg, RWB <u>Mindestbreite</u> 2m	37
Abbildung 27:	Wohnstraße	38
Abbildung 28:	Quartierstraße, RWB beispielhaft auf 20% Flächenbedarf dimensioniert.....	39
Abbildung 29:	Ergebnis-Regelquerschnitt (Beispielhaft für eine Wohnstraße).....	40
Abbildung 30:	Versickerungsmulde mit altem Baumbestand in Rummelsburg (Foto: IPS)	41
Abbildung 31:	Versickerungsmulde in Adlershof (Foto: IPS).....	42
Abbildung 32:	Versickerungsmulde in Adlershof nach Starkregen (Foto: www.adlershof.de).....	43
Abbildung 33:	Mulden-Rigolen-System in Hoppegarten (Foto: IPS)	44
Abbildung 34:	Semi-zentrales Mulden-Rigolen-Element in Hoppegarten (Foto: IPS)	45
Abbildung 35:	Muldensteine als Tiefbord (Foto: IPS)	45
Abbildung 36:	Tiefbeet-Rigolen-Element in Birkenstein (Foto: IPS).....	46



Abbildung 37:	Beispiele in Berlin, Carlsgarten (links), Zwieseler Straße (rechts), Fotos: BWB	47
Abbildung 38:	Mulden-Rigolen-System am Flughafen Münster Osnabrück	48
Abbildung 39:	Tiefbeet-Rigolen-System im Baugebiet Lehenbrunnen, Schömborg (Foto: Mall)	49
Abbildung 40:	Bauausführung Tiefbeet-Rigolen-System in Schömborg (Foto: Mall)	49
Abbildung 41:	Straßenregelquerschnitt Nürnberg Lichtenreuth, (Quelle: West8/IPS).....	50
Abbildung 42:	Perspektive der geplanten Regenwasserversickerung (Quelle: ManMadeLand).....	51
Abbildung 43:	Beispiel einer straßenbegleitenden Versickerungsanlage (Portland, USA)	52
Abbildung 44:	„Raingardens“ in Traverse City (Michigan, USA; Fotos: IPS).....	53

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Empfohlene Häufigkeiten für den Entwurf nach DIN EN 752	9
Tabelle 2:	Rechnerische Dauer zur Versickerung für verschiedene Böden	26
Tabelle 3:	Betrachtete Kombinationen von Regelquerschnitten und Randbedingungen	36

1 Einführung

Die hohe Attraktivität Berlins als Wohn- und Arbeitsort führt seit einigen Jahren zu einer regen Bautätigkeit. Allein zwischen 2012 und 2016 wuchs die Stadtbevölkerung um 220.000 Menschen (SenStadtWohnen, 2017). Durch die anhaltend hohe Nachfrage nach Miet- und Eigentumswohnungen entstehen neue Wohnquartiere (s. Abbildung 1), die über Erschließungs- und Anliegerstraßen erschlossen werden müssen. Dies führt zwangsläufig zu einer hohen Bodenversiegelung - nicht nur im Bereich der Baufelder sondern auch im öffentlichen Straßenraum. Allein in den letzten fünf Jahren (2011-2016) wurden 700 ha neu versiegelt – das entspricht einer Neuversiegelung von ca. 3.800 m² pro Tag (SenUVK 2017).

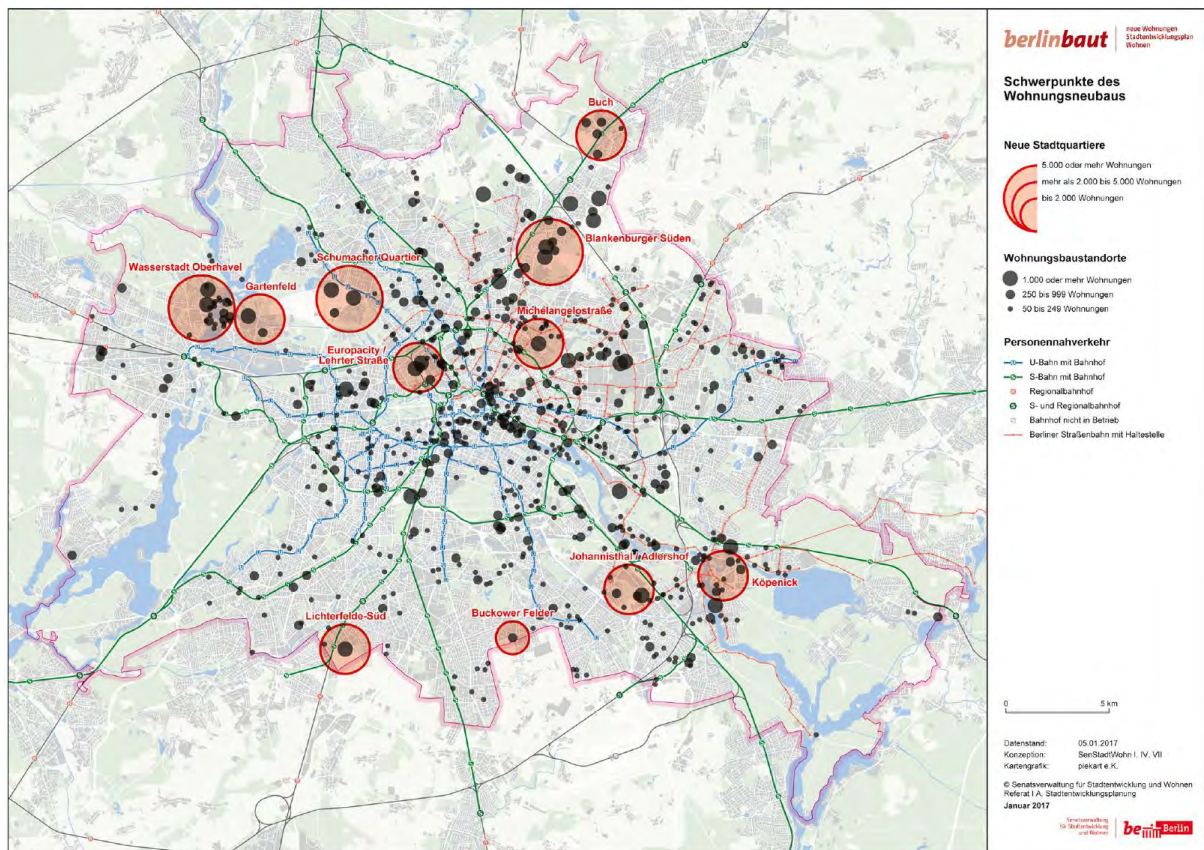


Abbildung 1: Schwerpunkte des Wohnungsneubaus in Berlin (SenStadtWohnen, 2017)

Die Flächenversiegelung verändert den Wasserhaushalt. Das Regenwasser von versiegelten Flächen fließt schneller ab, die Oberflächenabflüsse und damit die Zuflüsse zu den ohnehin bereits teilweise hydraulisch aus- bzw. überlasteten Berliner Oberflächengewässern nehmen weiter zu. Gleichzeitig steht weniger Wasser für Versickerung und Verdunstung und damit zur Kühlung der Stadt zur Verfügung (SenUVK, 2017).

Vor diesem Hintergrund ist nicht die Ableitung des Regenwassers von den neu versiegelten Flächen in die vorhandene Entwässerungsinfrastruktur (Misch- und Regenwasserkanäle) bzw. Gewässer anzustreben, sondern die Bewirtschaftung vor Ort. Dies entspricht auch den gesetzlichen Rahmenbedingungen und wasserwirtschaftlichen Zielstellungen.



Abbildung 2: Regenwasserversickerung in der Rummelsburger Bucht (Foto: IPS)

Dezentrale Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen ermöglichen eine Entwässerung, die durch ihre Orientierung am natürlichen Wasserkreislauf viele ökologische Vorteile bietet und gleichzeitig die zusätzliche Belastung der vorhandenen Entwässerungssysteme deutlich reduziert.

Die Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker (IPS) wurde von der Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz (SenUVK) beauftragt, Lösungsvorschläge in enger Abstimmung mit den Berliner Wasserbetrieben für eine dezentrale Regenwasserbewirtschaftung (dezRWB) in Straßenräumen zu erarbeiten. In einer Planungshilfe sollen die grundsätzlichen Möglichkeiten dargestellt und ihre Einsatzmöglichkeiten unter gegebenen Randbedingungen (Platzangebot, Versickerungsfähigkeit der Böden, Notwendigkeit einer Drosselung, Relief, erwartete Schadstoffbelastung des Regenwassers, benötigte Überstausicherheit, etc.) erörtert werden. Grundlage bilden die Maßnahmensteckbriefe der Monografie (SenUVK, 2018) sowie die Ergebnisse des KURAS-Projektes (KURAS, 2017).

Für typische Wohnstraßentypen wurden Regelprofile unter Berücksichtigung von Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen entwickelt. Diese Musterlösungen wurden unter Berücksichtigung der allgemein anerkannten Regeln der Technik dimensioniert und in die Regelprofile integriert. Im Teil Beispielprojekte werden darüber hinaus verschiedene praktische Gestaltungsmöglichkeiten dokumentiert.

Sie richtet sich vorrangig an Planer und Bauherren von neuen Wohnungsbaugebieten. Sie gibt Hilfestellung für die Vorauswahl geeigneter Maßnahmen und eine Abschätzung des Flächenbedarfes, z.B. im Zuge von Bauleitplanungen oder Straßensanierungskonzepten.

2 Ziele eines modernen Regenwassermanagements

2.1 Übergeordnete Zielvorgaben

2.1.1 Wasserhaushaltsgesetz, Berliner Wassergesetz

Nach § 5 Abs. 1 Wasserhaushaltsgesetz des Bundes (WHG) ist jede Person bei Maßnahmen, mit denen Einwirkungen auf ein Gewässer verbunden sein können, verpflichtet, nachteilige Veränderungen der Gewässereigenschaften zu vermeiden, die Leistungsfähigkeit des Wasserhaushalts zu erhalten sowie eine Vergrößerung und Beschleunigung des Wasserabflusses zu vermeiden.

Regenwasser, welches aus dem Bereich von bebauten oder befestigten Flächen gesammelt abfließt, ist Abwasser (§ 54 Abs. 1 Satz 1 Nr. 2 WHG) und muss so beseitigt werden, dass das Wohl der Allgemeinheit nicht beeinträchtigt wird (§ 55 Abs. 1 Satz 1 WHG).

Für die Regenwasserbewirtschaftung ist in Abhängigkeit der Belastung des Regenwassers die Versickerung des Regenwassers über die belebte Bodenzone anzustreben (§ 36a Berliner Wassergesetz). Eine Erlaubnis für das Einleiten von Abwasser in Gewässer (Direkteinleitung) darf nur erteilt werden, wenn die Menge und Schädlichkeit des Abwassers so gering gehalten wird, wie dies bei Einhaltung der jeweils in Betracht kommenden Verfahren nach dem Stand der Technik möglich ist (§ 57 WHG).

2.1.2 Politische Zielvorgaben

Das Berliner Abgeordnetenhaus hat 2017 beschlossen, die dezentrale Regenwasserbewirtschaftung als wirksamen Teil der Klimafolgenanpassung voranzubringen. Mit dem Beschluss wird der Senat aufgefordert, Maßnahmen und Instrumente für die dezentrale Regenwasserbewirtschaftung unter Beachtung der jeweiligen örtlichen Gegebenheiten und mit den Zielen der weiteren Entlastung der Kanalisation und des Gewässerschutzes nachhaltig zu entwickeln. Insbesondere sind neue Wohnquartiere bereits in der Planung an einem dezentralen Regenwassermanagement auszurichten.

2.1.3 Leitplanungen des Landes Berlin

In verschiedenen Leitplanungen des Landes Berlin wird bereits seit längerem der Einsatz dezentraler Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen gefordert.

Im Abwasserbeseitigungsplan wird als grundsätzliche Zielstellung formuliert, dass *„im Zuge von Erschließungsmaßnahmen bei Neubauvorhaben zusätzliche stoffliche und hydraulische Belastungen von Oberflächengewässern weitestgehend zu vermeiden sind. Maßnahmen zur Abflussvermeidung ist in jedem Fall der Vorrang zu geben“* (SenStadt, 2001a). Die Broschüre „Neuer Umgang mit Niederschlagswasser in Berlin“ (SenStadt 2001b) gibt entsprechende Hilfestellungen.

Der Stadtentwicklungsplan (STEP) Klima bzw. seine Fortschreibung STEP Klima KONKRET fordert: *„Seit Jahren gewinnt deshalb das Prinzip der dezentralen Rückhaltung und Versickerung an Bedeutung: Bei Starkregen sollte das Wasser dort, wo es anfällt, zurückgehalten und versickert oder verdunstet werden“* (SenStadtUm, 2016). Auch in der Biodiversitätsstrategie für Berlin sowie in der Strategie Stadtgrün gibt es Bezüge zur Regenwasserbewirtschaftung.

2.2 Zielgrößen/Zielvorgaben

Die Anforderungen an den Umgang mit Regenwasserabflüssen aus Siedlungsgebieten sind heute vielfältig. Während früher allein der Entwässerungskomfort betrachtet werden musste, sind heute zumindest die stofflichen und hydraulischen Belastungen hinsichtlich eventueller Gewässerbelastungen zu berücksichtigen. Hinzu kommen seit einigen Jahren Anforderungen des Überflutungsschutzes bei Starkregen und neuerdings auch die Betrachtung von Auswirkungen auf den Wasserhaushalt.

2.2.1 Entwässerungskomfort

Das klassische Ziel der Regenentwässerung besteht darin, den Bürgern einen bestimmten „Entwässerungskomfort“ zu bieten. Zumindest bei Niederschlägen, die unterhalb der Bemessungsansätze liegen, kann man in Deutschland meist „trockenen Fußes“ eine Straße überqueren.

Die erforderliche Entwässerungssicherheit wird über Technische Regeln normativ geregelt. Für die Bemessung von Entwässerungssystemen gibt DIN EN 752-2 Häufigkeiten von Bemessungsregen an (Tabelle 1). Prinzipiell gilt dies auch für dezentrale Entwässerungssysteme.

Tabelle 1: Empfohlene Häufigkeiten für den Entwurf nach DIN EN 752

Häufigkeit der Bemessungsregen ¹⁾ (1-mal in „n“ Jahren)	Ort	Überflutungshäufigkeit (1-mal in „n“ Jahren)
1 in 1	Ländliche Gebiete	1 in 10
1 in 2	Wohngebiete	1 in 20
1 in 2	Stadtzentren, Industrie- und Gewerbegebiete:	1 in 30
1 in 5	– mit Überflutungsprüfung, – ohne Überflutungsprüfung	–
1 in 10	Unterirdische Verkehrsanlagen, Unterführungen	1 in 50

¹⁾ Für Bemessungsregen dürfen keine Überlastungen auftreten.

Für dezentrale Versickerungsanlagen und vernetzte Bewirtschaftungsanlagen wie Mulden-Rigolen-Systeme empfiehlt DWA-A 138 (2005) abweichend von der DIN EN 752 eine Bemessungshäufigkeit von 1 in 5 Jahren auch für Wohngebiete. Nach DWA-A 138 bemessene Anlagen weisen daher zusätzliche Sicherheiten im Vergleich zu konventionellen Entwässerungssystemen auf.

Die Berliner Wasserbetriebe haben zusätzlich Regelblätter für Versickerungsmulden und Mulden-Rigolen-Systeme im öffentlichen Straßenraum, aus denen Vorgaben für die Dimensionierung folgen.

2.2.2 Überflutungsschutz und Starkregen-Risikomanagement

Bis vor wenigen Jahren blieben Starkregen bei der Planung von Entwässerungssystemen weitgehend unberücksichtigt. Die Anlagen wurden auf die durch die Normen vorgegebenen Bemessungsregen ausgelegt.

Niederschläge, die in ihrer Intensität über die Bemessungsregen hinausgehen, wurden als „höhere Gewalt“ eingestuft.

Dieser Ansatz wurde in den letzten Jahren – nicht zuletzt vor dem Eindruck der Schadensereignisse in Berlin im Sommer 2017 – zunehmend in Frage gestellt. Neue Leitfäden der Fachverbände (DWA-A M119, 2016), LUBW (2016) und andere Veröffentlichungen z.B. in BBSR (2016) definieren eine Dreiteilung der Aufgabe in 1. Bemessung, 2. Überflutungsschutz und 3. Starkregen-Risikomanagement (Abbildung 3).

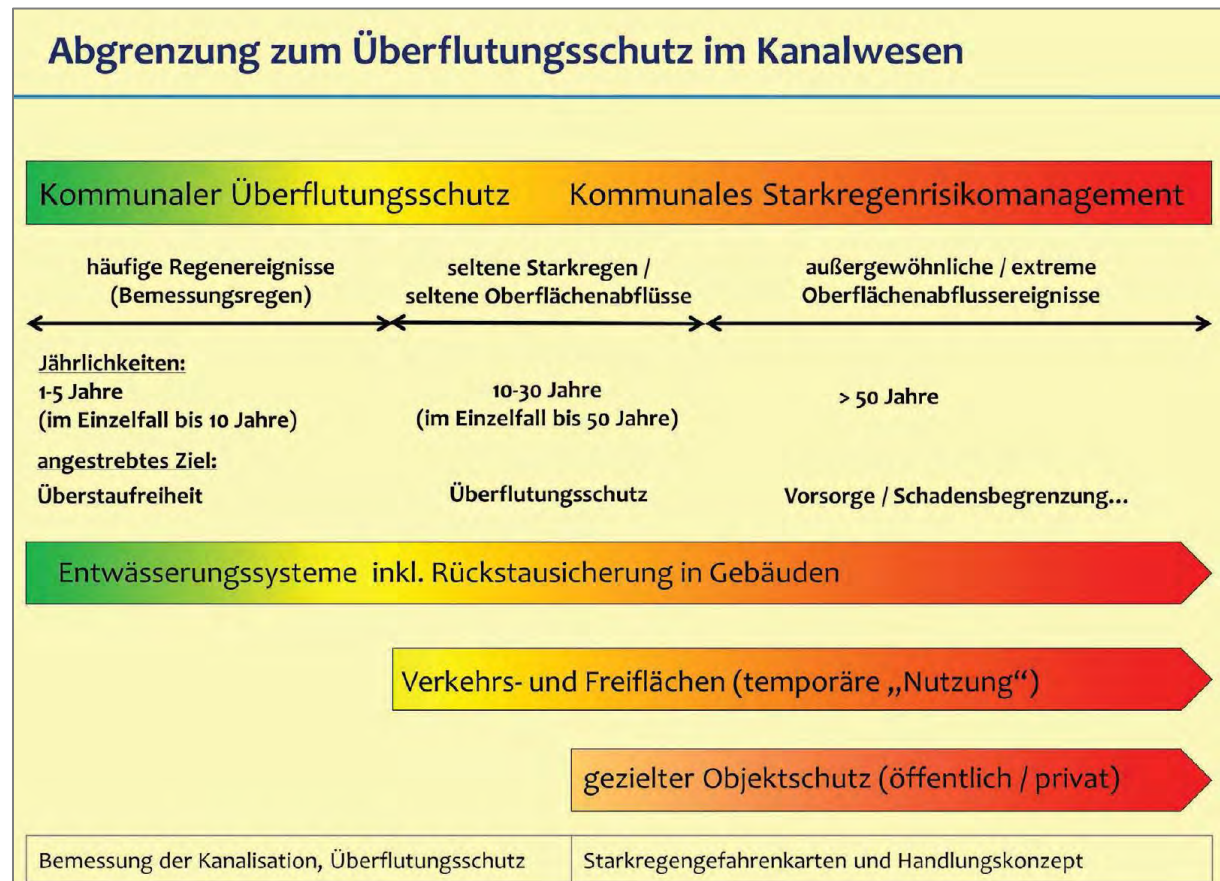


Abbildung 3: Aufgaben zu Überflutungsschutz und Starkregenrisikovorsorge, LUBW (2016)

Nach diesem neuen Verständnis sind Regenwasseranlagen – wie bisher – auf die üblichen Jährlichkeiten (meist 1-5 Jahre) zu bemessen. Für seltene Starkregen ($T=10-30$ Jahre) ist nachzuweisen („Überflutungsnachweis“), dass die Abflüsse schadlos auf den Grundstücken zurückgehalten werden können (DIN 1986-100) bzw. schadlos aus den Siedlungsgebieten herausgeführt werden können (DIN EN 752). Diese Aufgabe ist eigentlich schon länger in den Normen definiert, kam aber bislang in der Praxis selten zur Anwendung.

Für außergewöhnliche Starkregenereignisse ($T > 50-100$ a) wird die neue Aufgabe des Starkregen-Risikomanagements definiert. Für diese Ereignisse ist eine Risiko-Betrachtung durchzuführen, d.h. Schäden sollten soweit wie möglich reduziert werden. Besonders „verletzliche“ Einrichtungen wie z.B. Schulen, Kindergärten, Krankenhäuser, Feuerwehr, Versorgungseinrichtungen, etc. sollten besonders ggf. durch Objektschutzmaßnahmen geschützt werden. Es wird jedoch nicht davon ausgegangen, dass derartige Ereignisse technisch beherrschbar sind und Schäden vollständig vermieden werden können. Auch wenn ein Starkregen-Risikomanagement durch die Normen noch nicht verbindlich vorgeschrieben ist, so wird es doch von den allermeisten Experten für sinnvoll erachtet.

2.2.3 Hochwasserschutz

In Berlin sind bereits heute viele Oberflächengewässer hydraulisch ausgelastet oder sogar überlastet (SenUVK, 2017). Auch vor diesem Hintergrund wurden durch das Land Berlin Einleitbegrenzungen ausgesprochen. Bei der Planung von dezentralen Straßenentwässerungssystemen sind die maximalen Gebietsabflussspenden für die Auslegung von evtl. erforderlichen Drosselleitungen von Bedeutung.

2.2.4 Gewässerschutz (Oberflächengewässer)

Regenwasserbewirtschaftung bedeutet immer auch Regenwasserbehandlung - mit dem Ziel, Oberflächengewässer und Grundwasser vor Belastungen durch Niederschlagsabflüsse zu schützen.

Bei den hier betrachteten dezentralen Anlagen erfolgt eine Einleitung in Oberflächengewässer - wenn überhaupt - nur gedrosselt und nach vorheriger Bodenpassage.

Oberflächengewässer werden durch Niederschlagswassereinleitungen aber nicht nur stofflich belastet. Auch der sogenannte hydraulische Stress ist häufig eine Ursache dafür, dass der nach EU-Wasserrahmenrichtlinie geforderte „gute ökologische Zustand“ nicht erreicht wird. In Berlin werden daher für Bauvorhaben generell Einleitbegrenzungen ausgesprochen (SenUVK, 2017). Diese maximalen Gebietsabflussspenden dienen nicht nur dem Hochwasserschutz sondern auch der ökologischen Verbesserung der Fließgewässer.

2.2.5 Grundwasserschutz

Naturgemäß ist bei der Planung von Versickerungsanlagen der Grundwasserschutz ein wichtiges Ziel. Niederschlagswasser darf nur versickert werden, soweit eine Verunreinigung des Grundwassers nicht zu besorgen ist. In Berlin soll Niederschlagswasser grundsätzlich über die belebte Bodenschicht versickert werden (§36a BWB). Rein unterirdische Versickerungsanlagen (Sickerschächte, Rigolen ohne vorherige Reinigungsstufe) sind in Berlin für Verkehrsflächen nicht zulässig.

Gemäß der technischen Regel DWA-A 138 *„sollte die Mächtigkeit des Sickerraums, bezogen auf den mittleren höchsten Grundwasserstand, grundsätzlich mindestens 1 m betragen, um eine ausreichende Sickerstrecke für eingeleitete Niederschlagsabflüsse zu gewährleisten“.*

In Berlin muss für eine erlaubnisfreie Versickerung gemäß Niederschlagswasserfreistellungsverordnung (NWFreiV, 2016) außerhalb von Wasserschutzgebieten der Abstand zwischen der Sohle der Versickerungsanlage und dem zu erwartenden mittleren höchsten Grundwasserstand (zeMHGW) als Bemessungsgrundwasserstand mindestens einen Meter betragen oder innerhalb der weiteren Schutzzone III B eines Wasserschutzgebietes der Abstand zwischen der Sohle der Versickerungsanlage und dem zu erwartenden höchsten Grundwasserstand (zeHGW) als Bemessungsgrundwasserstand mindestens einen Meter betragen. Werte für zeMHGW bzw. zeHGW können im Geoportal der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen (FIS-Broker) abgerufen werden. Weiterhin ist gemäß NWFreiV eine erlaubnisfreie Versickerung nur zulässig, wenn eine Filtration über die belebte Bodenzone erfolgt, keine Altlasten- oder Altlastenverdachtsfläche vorliegen und die zu versickernden Flächen unter die aufgeführten Flächentypen fallen.

Versickerungsanlagen für öffentliche Straßen fallen im Regelfall nicht unter die NWFreiV. Insofern muss eine wasserrechtliche Erlaubnis beantragt werden und evtl. abweichende Anforderungen an die o.a. Vorgaben müssen mit der Wasserbehörde abgestimmt werden.

2.2.6 Wasserhaushalt / Stadtklima

Im Stadtentwicklungsplan Klima KONKRET wird der Zusammenhang zwischen Stadtklima und Siedlungsentwässerung wie folgt beschrieben: „*Urbane Ballungsräume treffen die Folgen des Klimawandels besonders stark: Weil sie stark versiegelt ist, heizt sich die Stadt schneller auf als die offene Landschaft; sie speichert Wärme und kühlt in der Nacht weniger schnell ab. Hinzu kommt: Vegetationsflächen, die gut mit Wasser versorgt sind und damit durch Verdunstung kühlen, sind in der Stadt nur in begrenztem Umfang vorhanden. Der Wärmeinseleffekt (Urban Heat Island Effect) verstärkt hier die Hitzeereignisse. ... Verkehrsflächen und Grünanlagen bieten erhebliche Potenziale für eine Anpassung im Sinne der hitzeangepassten und wassersensiblen Stadt*“ ... „*es braucht ein durchdachtes Regenwassermanagement, angenehm kühle, schattige Rückzugsorte und viel Grün, das auch bei ausbleibendem Regen genug Wasser bereithält, um durch Verdunstung zu kühlen*“ (SenStadtUm, 2016).

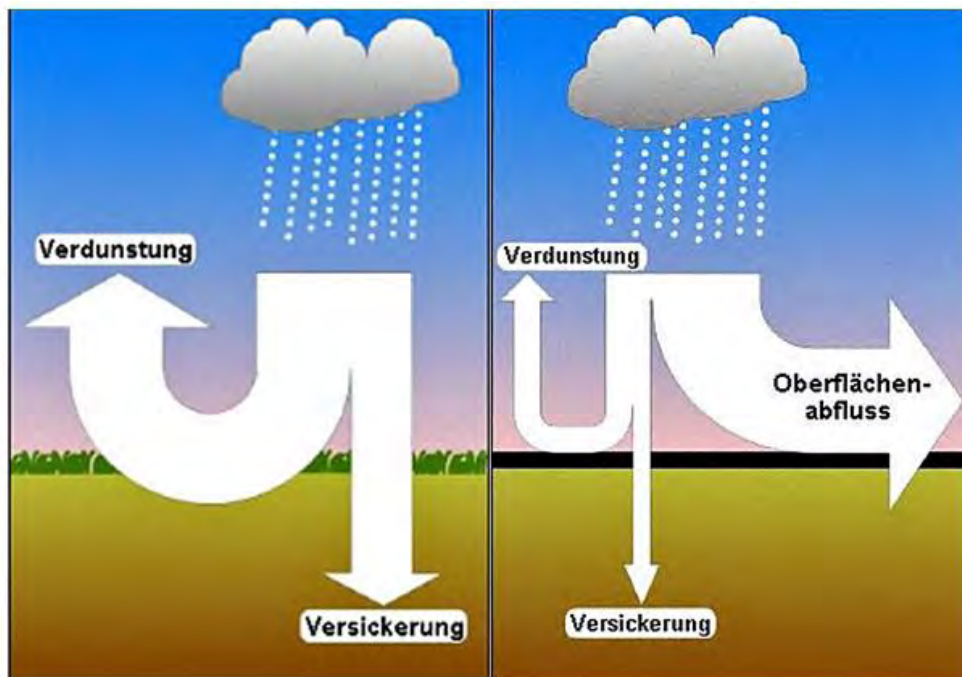


Abbildung 4: Auswirkungen der Versiegelung auf den Wasserhaushalt (www.berlin.de)

Dennoch hat der Wasserhaushalt eines Gebietes bislang in der Planungspraxis so gut wie keine Bedeutung gespielt, obwohl die bisherige Praxis der weitgehenden Ableitung von Niederschlagsabflüssen massive Auswirkungen auf die Wasserbilanz eines Einzugsgebietes und damit den Hitzeinseleffekt hat. Mit dem neuen Regelblatt DWA-A 102 (2016), das aktuell im Gelbdruck (Entwurf) vorliegt, wird die mittlere jährliche Wasserbilanz als Planungskriterium eingeführt. Nach A102 sollte für Neubaugebiete nachgewiesen werden, dass die Wasserbilanz, bestehend aus Verdunstung, Versickerung und (Direkt-)Abfluss, nicht wesentlich von dem Zustand vor der Bebauung abweicht.

2.2.7 Biodiversität

Zur Gefährdung der biologischen Vielfalt in Berlin tragen insbesondere stadtypische Ursachen bei, etwa Überbauung oder Versiegelung von Böden, Grundwasserabsenkung (SenStadtUm, 2012).

Die dezentrale Regenwasserbewirtschaftung kann einen Beitrag zum Erhalt der Biologischen Vielfalt leisten, wie das KURAS-Projekt gezeigt hat. Grüne Infrastruktur insbesondere im Straßenraum kann eine Vernetzung von inselhaften Biotopen (Biotopverbund von Trittsteinen) bewirken.

2.2.8 Wirtschaftlichkeit

Nicht zuletzt ist „Wirtschaftlichkeit“ ein wichtiges Ziel für die Planung der öffentlichen Infrastruktur. Die rechtliche Verpflichtung, bei Bauaufgaben Berlins die Grundsätze der Wirtschaftlichkeit und Sparsamkeit zu beachten, ergibt sich aus § 7 der Landeshaushaltsordnung (LHO). Für öffentliche Baumaßnahmen gilt danach das Sparsamkeitsprinzip, das verlangt, ein vorgegebenes Ziel (bzw. hier die Erfüllung der o.a. wasserwirtschaftlichen und städtebaulichen Ziele) mit möglichst geringem Mitteleinsatz zu erzielen.

Nach den bisherigen Erfahrungen sind dezentrale Regenwassersysteme meist kostengünstiger als konventionelle Kanalisationssysteme, insbesondere dann wenn Anforderungen hinsichtlich der Regenwasserbehandlung und Rückhaltung bestehen. Bei günstigen Bodenverhältnissen sind sogar erhebliche Kostenvorteile zu erzielen. Der Leitfaden für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen bei der Vorbereitung, Planung und Durchführung von Baumaßnahmen (SenStadt, 2007) gibt Hinweise für entsprechende Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen wie z.B. der Kostenvergleichsrechnung.

Für die öffentliche Hand kommt noch der Vorteil hinzu, dass Kosten verursachergerecht auf die Grundstückseigentümer verlagert werden und keine teuren zentralen Anlagen (Kanalsysteme, Retentionsbodenfilter, etc.) vorfinanziert werden müssen.

Wirtschaftlichkeit kann allerdings nicht nur aus den Investitionskosten abgeleitet werden. Selbstverständlich sind daneben Betriebskosten, die Lebensdauer von Anlagen und Zeitpunkte der Investitionen von Bedeutung. Auch die nicht in Geld messbaren (nichtmonetären) Aspekte sind bei allen Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen zu berücksichtigen (SenStadt, 2007).

3 Technische Optionen

Das Konzept der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung umfasst eine große Vielzahl an technischen und nicht-technischen Maßnahmen. Diese Planungshilfe beschränkt sich auf technische Maßnahmen, die für den Straßenraum geeignet sind.

3.1 Flächige Versickerung / versickerungsfähige Verkehrsflächen

Befestigte Flächen müssen nicht zwangsläufig vollständig versiegelt, d.h. wasserundurchlässig sein. Es gibt zahlreiche verschiedene Arten von wasserdurchlässigen Pflasterbelägen. Zu unterscheiden sind Beläge mit wasserdurchlässigen Baustoffen (haufwerksporiger Beton oder Dränasphalt) und solche, bei denen die Versickerung über die Fugen erfolgt wie z.B. bei Rasengittersteinen (Abbildung 5). Abbildung 6 zeigt ein Beispiel für einen versickerungsfähig ausgeführten Wohnweg.

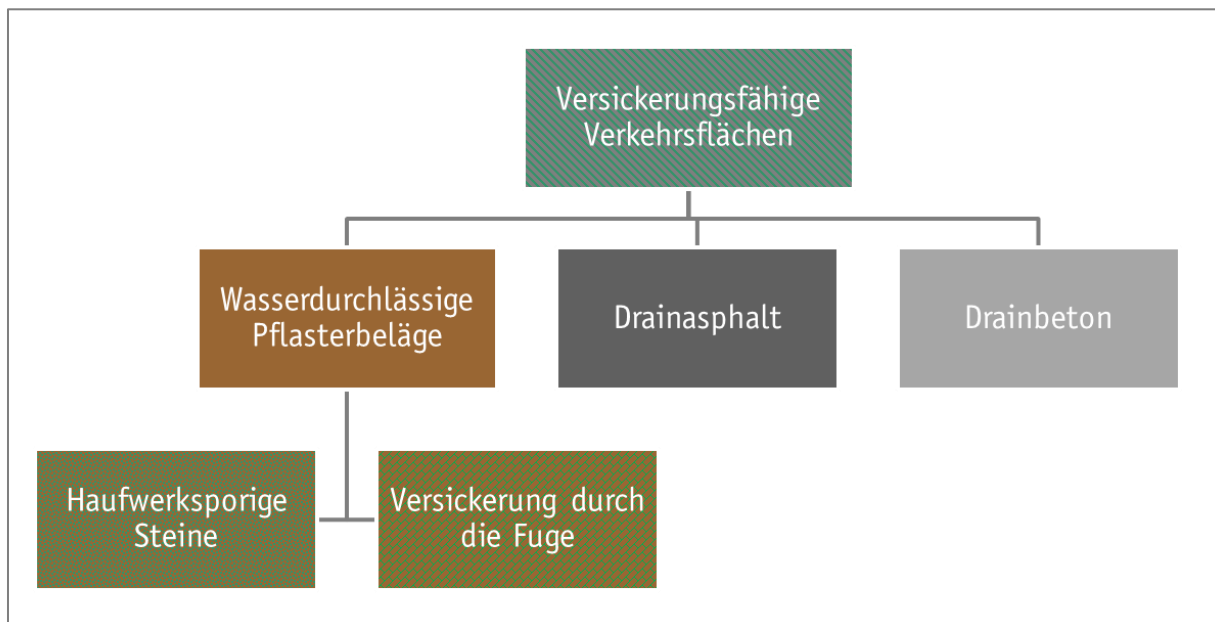


Abbildung 5: Versickerungsfähige Verkehrsflächen (Grafik: IPS)

Hinweise zur Ausführung von versickerungsfähigen Verkehrsflächen gibt das Merkblatt "M VV" der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV, 2013). Die Bemessung einer versickerungsfähigen Verkehrsfläche erfolgt analog einer Flächenversickerung nach DWA A138. Dabei ist der Unterbau in die Betrachtung einzubeziehen. Häufig werden wasserdurchlässige Beläge mit Versickerungsmulden kombiniert (Abbildung 7). Versickerungsfähige Verkehrsflächen sind nicht genehmigungspflichtig, da Regenwasser hier nicht gesammelt abgeleitet wird und damit nicht unter den Abwasserbegriff nach WHG fällt.

Unter Umständen kann es erforderlich sein, Pflasterbeläge bzw. -fugen mit stark zurück gegangener Versickerungsleistung zu reinigen. Spezielle Pflasterreinigungsmaschinen stehen hierfür zur Verfügung. Es gibt Pflastersysteme mit DiBT-Zulassung, die eine Reinigung der Abflüsse bewirken.

Weitere Details zur flächigen Versickerung über teildurchlässige Beläge gibt der Steckbrief im Anhang (Anlage 1.1).



Abbildung 6: Beispiel für eine versickerungsfähige Verkehrsfläche (Foto: IPS)



Abbildung 7: Kombination von Sickerpflaster und Versickerungsmulde (Foto: IPS)

3.2 Versickerungsmulden

Die Muldenversickerung ist eine dezentrale Versickerungsmaßnahme mit kurzzeitiger oberirdischer Speicherung des Regenwassers in dauerhaft begrünten, beliebig geformten Mulden. Ein Beispiel für eine straßenbegleitende Versickerungsmulde zeigt Abbildung 8.

Die Tiefe von Mulden im Straßenbereich beträgt üblicherweise zwischen 20 und 30 cm. Tieferen Mulden stehen Sicherheitsaspekte entgegen, außerdem wird die Entleerungszeit zu lang. Flachere Mulden verfügen meist nicht über das erforderliche Speichervermögen.

Alternativ zu der Ausformung mit Böschungen kann eine Versickerungsmulde auch mit Bordsteinen oder Rahmenelementen eingefasst werden. In diesem Falle werden die Anlagen als Tiefbeete bezeichnet (s. Abschnitt 3.5).

Die Regenabflüsse werden straßenbegleitenden Mulden entweder punktförmig über Rinnen und Formsteine (s. Abbildung 10 links) oder linienhaft über Tiefborde und Bankette zugeführt (s. Beispiele in Abbildung 8 und Abbildung 9).



Abbildung 8: Straßenbegleitende Versickerungsmulde in Rummelsburg (Foto: IPS)

Die Böschungen von Versickerungsmulden sollten nicht zu steil ausgeführt werden. Aus betrieblicher Sicht haben sich Neigungen bis max. 1:2 bewährt. Das Muldenbett sollte aus einer mindestens 30 cm mächtigen bewachsenen Oberbodenschicht bestehen.

Die Versickerung über die belebte Bodenzone stellt gleichzeitig die Aufbereitung für die Versickerung in das Grundwasser dar. Um den Grundwasserschutz zu gewährleisten, muss die Reinigungsanlage (Versickerungsmulde) dauerhaft funktionsfähig sein.

Versickerungsmulden können mit Zierrasen begrünt oder mit Bodendeckern bzw. mit Gehölzen und Stauden bepflanzt werden. Bei der Pflanzung von Bäumen in Mulden (Abbildung 9) sind die Vorgaben des Landes Berlin zu beachten.



Abbildung 9: Beispiel für eine Versickerungsmulde mit Baumbestand in Adlershof (Foto: IPS)

Die Berliner Wasserbetriebe haben für Versickerungsmulden bzw. Mulden-Rigolen-Systeme Regelblätter (600-651) veröffentlicht (Abbildung 12). Der Kf-Wert der belebten Bodenzone sollte gemäß Regelwerk $2 \cdot 10^{-5}$ m/s betragen.

Details zu Versickerungsmulden enthält der Steckbrief „Muldenversickerung“ (Anlage 1.2).

3.3 Mulden-Rigolen-Elemente

Wie die Versickerungsmulde ist auch das Mulden-Rigolen-Element (MR-Element) eine unverbundene, dezentrale Versickerungsmaßnahme. Im Vergleich zur Muldenversickerung wird zur kurzfristigen Speicherung von Regenwasser neben der oberirdisch angeordneten Mulde auch eine unterirdisch angeordnete Rigole verwendet. Die Rigole ist unterhalb der Mulde angeordnet und mit Kies, Kunststofffüllkörpern oder anderen Materialien gefüllt. Das Element Rigole wird dann zusätzlich zur reinen Muldenversickerung benötigt, wenn wegen geringer Platzverhältnisse oder mittlerer Versickerungseigenschaften der Böden eine reine Muldenversickerung nicht ausreicht.

Die Rigole in einem MR-Element wird einerseits durch die Versickerung des Regenwassers durch die Mulde gespeist, andererseits durch den (optionalen) Überlauf von der Mulde in die Rigole. Dieser Überlauf leitet Wasser direkt von der Mulde in die Rigole, wenn das Speichervolumen der Mulde erschöpft ist. Die Rigole entwässert über Versickerung auf der Sohle und den Seiten in den anstehenden Bodenkörper.

An der Oberfläche unterscheidet sich das MR-Element kaum von der Versickerungsmulde. Einzig der Überlauf von der Mulde in die Rigole verrät, dass es auch noch ein unterirdisches Bauelement gibt. Die bauliche Gestaltung der Überläufe reicht von einfachen kiesgefüllten Rohren (Abbildung 10 links) bis zu Fertigteilösungen (Abbildung 10 rechts). Grundsätzlich ist der Überlauf in der Mulde so anzulegen, dass das vollständige Volumen der Mulde ausgenutzt wird, bevor der Überlauf „anspringt“. Auch auf einen Abstand zum Zulauf ist zu achten, um Kurzschlussströmungen zu verhindern. Auf die Genehmigungsfähigkeit von Überläufen in Berlin wird in Abschnitt 5 eingegangen. Details zu Mulden-Rigolen-Elementen enthält der Steckbrief in Anlage 1.3.



Abbildung 10: Beispiele für Mulden-Rigolen-Elemente mit Überlauf (Fotos: IPS)

3.4 Mulden-Rigolen-Systeme

Durch die Vernetzung mehrerer Mulden-Rigolen-Elemente (MR-Elemente) zu einem *Mulden-Rigolen-System* (MRS) wird der Anteil des Niederschlagsabflusses, der trotz der Zwischenspeicherung in Mulde und Rigole nicht versickert werden kann, gedrosselt abgeleitet. Die Vernetzung der MR-Elemente erfolgt entweder aufeinander folgend in Entwässerungsrichtung („Reihenschaltung“ bzw. im Hauptschluss) oder *parallel* im Nebenschluss angeordnet (s. auch Abbildung 14).

Das MRS ist damit eine Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahme und schließt die Lücke zwischen den reinen Versickerungsanlagen und den Ableitungssystemen. Der Einsatzbereich beginnt i. d. R. bei Böden mit einem kf-Wert $< 1 \cdot 10^{-6}$ m/s. Bei höheren Durchlässigkeiten ist meist eine vollständige Versickerung mit den vorgenannten Maßnahmen möglich.

Gedichtete Ausführungen des MRS ermöglichen den Einsatz bei kontaminierten Böden oder bei stärker verschmutzten Niederschlagsabflüssen und entsprechen damit in ihrer Wirkungsweise den Retentionsbodenfilterbecken.

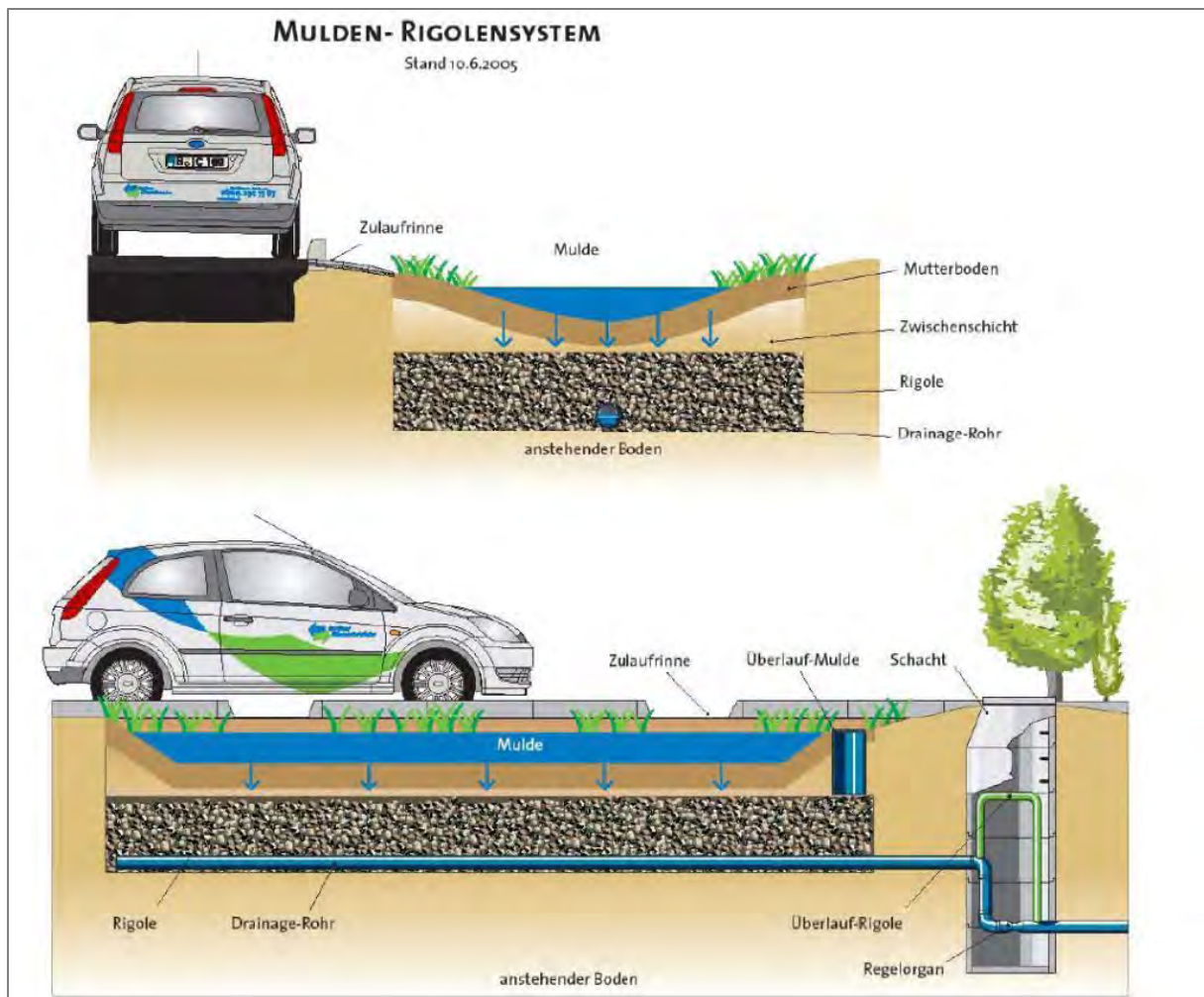


Abbildung 11: Prinzipskizze eines Mulden-Rigolen-Systems (Grafik: Berliner Wasserbetriebe)

Für Mulden-Rigolen-Systeme haben die Berliner Wasserbetriebe Regelblätter (BWB, 2017) veröffentlicht (Abbildung 12). Der Kf-Wert der belebten Bodenzone sollte gemäß Regelwerk $2 \cdot 10^{-5}$ m/s betragen.



Weitere Details zu Mulden-Rigolen-Systemen gibt der Steckbriefe in Anlage 1.4.

3.5 Tiefbeete/Tiefbeet-Rigolen-Systeme

Tiefbeet-Rigolen-Systeme sind eine Sonderform des Mulden-Rigolen-Systems. Anstelle einer breitflächigen Mulde wird die Versickerungsanlage mit einer Betonrahmeneinfassung hergestellt. Durch die Kombination des Tiefbeetes mit einer darunterliegenden Rigole aus Kunststoffkörpern wird eine besonders platzsparende Lösung erzielt. Ein Beispiel zeigt Abbildung 13.



Abbildung 13: Beispiel für ein Tiefbeet-Rigolen-System (Foto: IPS)

Wie das Mulden-Rigolen-System auch handelt es sich beim TR-System um ein kombiniertes lokales Versickerungs-Rückhalte-Ableitungssystem, das gerade bei schwierigeren Bodenverhältnissen zum Einsatz kommt. Es beinhaltet eine Versickerung über die belebte Bodenzone und Rückhaltung mit gedrosselter Ableitung. Der Drosselabfluss kann je nach den Dimensionierungsergebnissen bzw. den Vorgaben individuell eingestellt werden. Wie beim Mulden-Rigolen-System auch können Tiefbeete im Hauptschluss oder im Nebenschluss angeordnet werden (Abbildung 14).

Sofern die Bodenverhältnisse sehr günstig sind, können Tiefbeete auch ohne Rigolen bzw. Vernetzung ausgeführt werden. Tiefbeet-Rigolen eignen sich darüber hinaus auch als Verkehrsberuhigungsmaßnahme oder für die Straßenbegrünung. Den Einbau eines Tiefbeetes zeigt Abbildung 16.

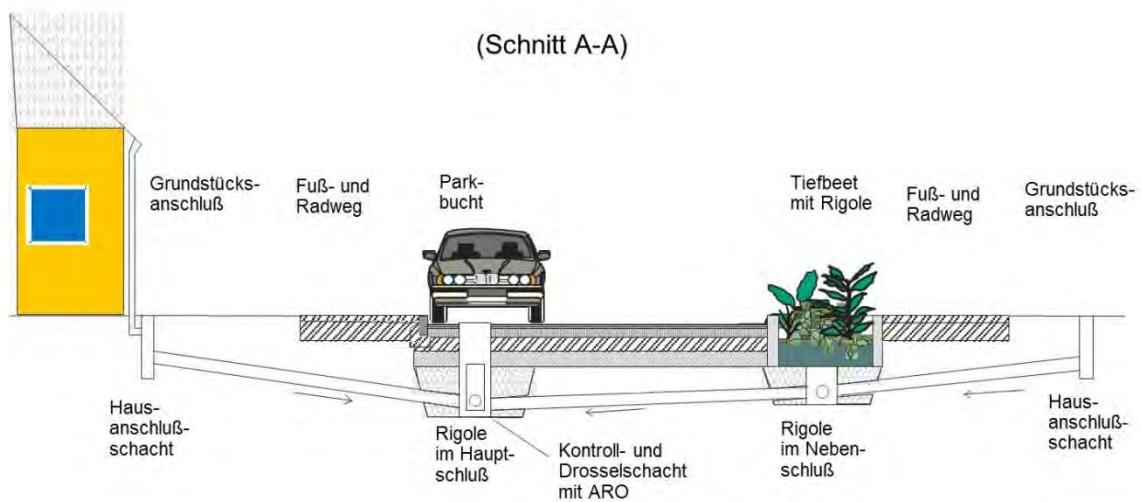
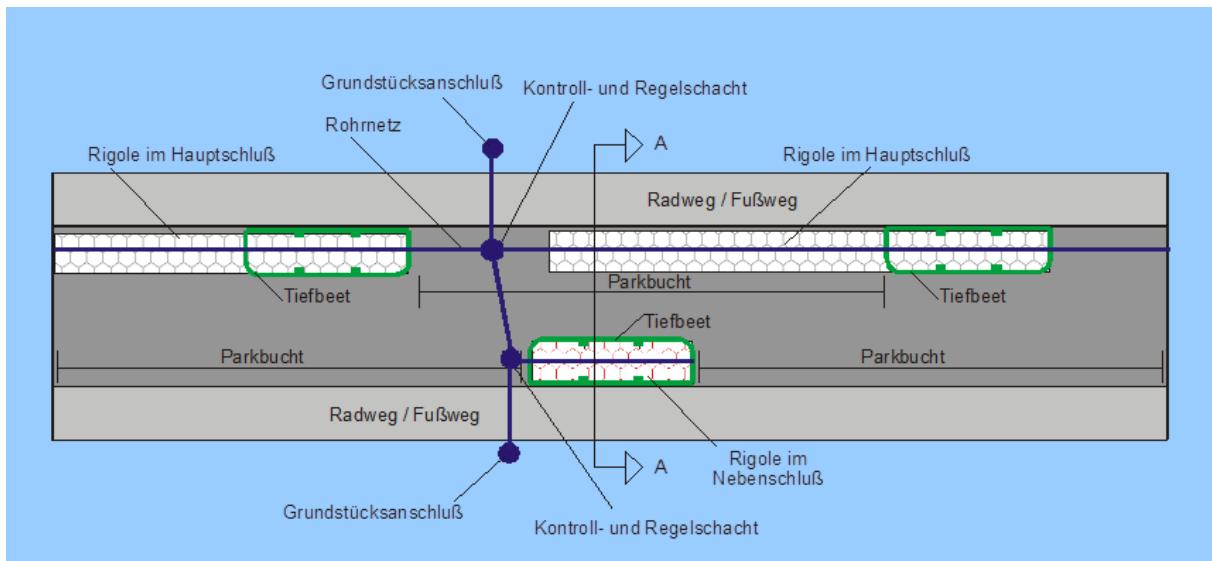


Abbildung 14: Tiefbeet-Rigolen im Neben- und Hauptschluss (Grafik: IPS)



Abbildung 15: Überlauf in einem Tiefbeet-Rigolen-Element mit Tauchwand (Foto: IPS)



Abbildung 16: Einbau eines Tiefbeetes (Foto: IPS)



Abbildung 17: Tiefbeet vor Einbau der Oberbodenschicht (Foto: IPS)

4 Einflussfaktoren für Anlagen zur dez. Regenwasserbewirtschaftung

Welche der in Kapitel 3 beschriebenen technischen Optionen unter den gegebenen lokalen Bedingungen anwendbar sind, hängt von verschiedenen Einflussfaktoren ab.

Zum einen bestimmen die Bodenverhältnisse und hier insbesondere die Versickerungsfähigkeit des anstehenden Bodens, ob und mit welcher Methode Regenwasserabflüsse versickert werden können. Die gewählte Methode wiederum ist maßgebend für den Flächenbedarf einer dezentralen Regenwasserbewirtschaftung. Dieser Flächenbedarf muss mit dem Flächendargebot des städtebaulichen Entwurfes abgeglichen werden.

Zum anderen sind qualitative Aspekte maßgeblich für Auswahl und Gestaltung einer Regenwasserbewirtschaftungsanlage. Das zur Anwendung kommende Verfahren muss unter Beachtung der stofflichen Belastung des Regenwasserabflusses sowie den Anforderungen des Grundwasserschutzes (Lage in der Trinkwasserschutzzone, Flurabstand, Altlasten, etc.) ausgewählt werden.

Nachfolgend werden die wichtigsten Einflussfaktoren für die Auswahl und Gestaltung von Regenwasserbewirtschaftungsanlagen erläutert.

4.1 Versickerungsfähigkeit des anstehenden Bodens

Die Versickerungsfähigkeit des anstehenden Bodens bestimmt, ob und mit welcher Methode Regenwasserabflüsse versickert werden können. Nach DWA-A138 (2005) ist der Bereich mit einem k_f -Wert zwischen $1 \cdot 10^{-3}$ m/s und $1 \cdot 10^{-6}$ m/s für eine vollständige, technische Versickerung geeignet (s. Abbildung 18). Bei geringeren k_f -Werten ist nur noch eine Teilversickerung möglich.

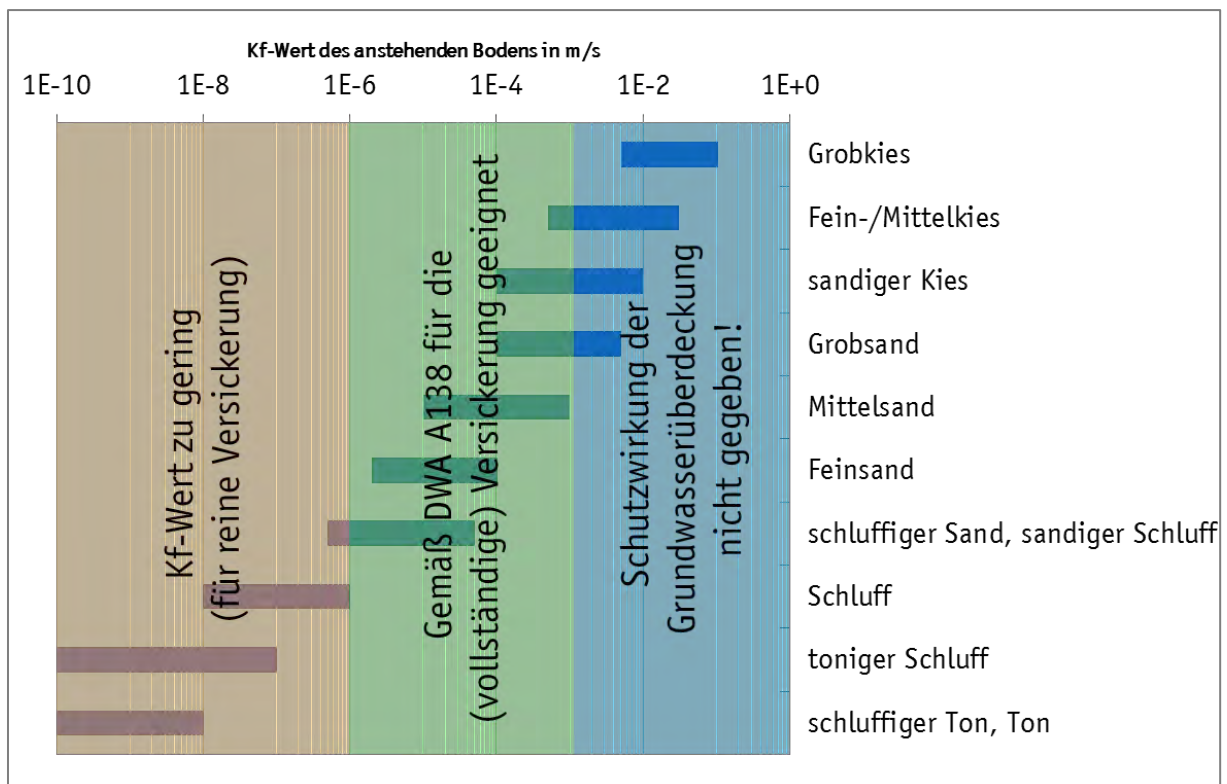


Abbildung 18: Eignung von Böden für die vollständige, technische Versickerung (Grafik: IPS)

Ein einfaches Rechenbeispiel begründet diese Einschätzung. Die jährliche Abflusshöhe von versiegelten Flächen liegt in Berlin bei ca. 450 mm (bei etwa 570 mm Jahresniederschlag und einem mittleren Abflussbeiwert von 80%). Angenommen, die Versickerungsfläche entspricht 10% der angeschlossenen versiegelten Fläche (ein typischer Wert), so liegt die jährlich zu versickernde Wassersäule bei $(10+1) \cdot 450 \approx 5000$ mm /a (Hinweis: die Versickerungsfläche selbst wird auch überregnet). Wird diese jährliche Wassersäule durch den Kf-Wert des Bodens geteilt, so ergeben sich die in Tabelle 2 aufgeführten rechnerischen Zeiträume für die Versickerung des Jahresniederschlages.

Tabelle 2: Rechnerische Dauer zur Versickerung für verschiedene Böden

Boden	Sand	Schluff	Ton
Kf-Wert	10^{-4} m/s	10^{-6} m/s	10^{-7} m/s
Dauer der Versickerung	15 Stunden	60 Tage	575 Tage
Eignung für Versickerung	Versickerung möglich	Retention erforderlich	nur mit Ableitung!

Für den Sandboden (10^{-4} m/s) wird deutlich, dass bei einer Zeitdauer von 15 h für die Versickerung des gesamten Jahresniederschlages, die technische Versickerung unproblematisch sein sollte.

Beim Schluffboden (10^{-6} m/s) beträgt die Zeitdauer bereits 60 Tage. Da die Niederschläge über das Jahr sehr ungleichmäßig verteilt fallen, ist hier eine Retention z.B. in Form von Rigolen unabdingbar. Schluffböden sind typische Anwendungsbereiche von Mulden-Rigolen-Elementen.

Beim Tonboden (10^{-7} m/s) ist es bei den o.a. Annahmen schon rechnerisch (575 Tage) nicht mehr möglich, den Jahresniederschlag vollständig zu versickern. Hier wird eine teilweise, möglichst gedrosselte Ableitung z.B. in einem Mulden-Rigolen-System erforderlich.

4.2 Muldenüberläufe

In Mulden-Rigolen-Elemente bzw. Mulden-Rigolen-Systemen werden Überläufe zwischen Mulden und Rigolen angeordnet, um den Flächenbedarf der Anlagen zu verringern und um die hydraulische Sicherheit insbesondere auch im Winter zu erhöhen. Das technische Regelwerk empfiehlt Überläufe: „Eine Entlastungsmöglichkeit der Mulden durch einen Überlauf zwischen Mulde und Rigole wird empfohlen“ (DWA-A 138, 2005).

Vor dem Überlaufen der Mulde in die Rigole findet eine mechanische Reinigung statt. Schmutzstoffe werden durch Sedimentation abgeschieden, Schwimmstoffe durch eine geeignete Ausbildung des Überlaufes (Tauchwand) zurückgehalten. Die mechanische Reinigungswirkung ist aufgrund der geringen Oberflächenbeschickung erheblich höher als z.B. bei Regenklärbecken oder anderen Sedimentationsanlagen.

Das DWA-A 138 (2005) kommt daher zu der Einschätzung, dass „der Wegfall der Reinigungswirkung einer Bodenpassage zwischen Mulde und Rigole für die geringen Überlaufwassermengen in der Regel unbedenklich ist. Allerdings sollte der Überlauf von der Mulde in die Rigole möglichst entfernt von der Zulaufstelle in die Mulde ausgeführt werden, damit ein Eintrag von Verschmutzungen in die Rigole bestmöglich vermieden wird“ (DWA-A 138, 2005). In Berlin sind Muldenüberläufe in Wohnwegen und Wohnstraßen im Einzelfall grundsätzlich erlaubnisfähig (s. Kapitel 5).

Durch die Anordnung eines typischen Überlaufes (bemessen auf $n=1$) halbiert sich der Flächenbedarf gegenüber einer Versickerungsmulde ohne Überlauf (s. Abbildung 19).

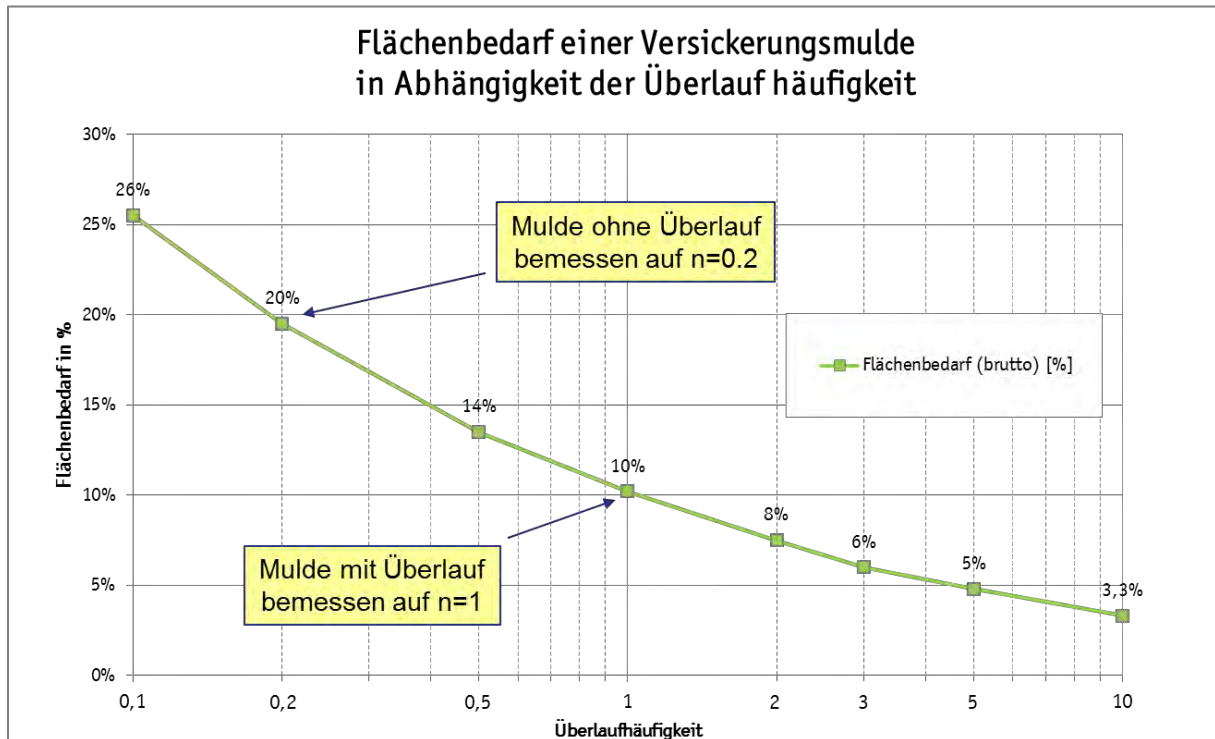


Abbildung 19: Auswirkungen der Überlaufhäufigkeit auf den Flächenbedarf einer Mulde

4.3 Integration von Baumpflanzungen

Bäume sind in Berlin ein unverzichtbares Element im öffentlichen Straßenraum. Straßenbäume verbessern nachhaltig das Stadtklima durch Sauerstoffproduktion, Staubbindung und Schattenbildung. Damit tragen sie wesentlich zum Wohlbefinden in der Stadt bei (www.berlin.de/senuvk).

Baumstandorte in Versickerungsanlagen zu integrieren, hat mehrere Vorteile:

- Knappe Flächenressourcen werden effektiv genutzt. Würden Bäume separat gepflanzt, wären breitere Straßenquerschnitte erforderlich, was wiederum die Versiegelung (Einfahrten, Kreuzungsbereiche) erhöhen würde.
- Bäume bekommen mehr Raum für ihr Wurzelwachstum und werden besser mit Wasser versorgt.
- Durch Bäume in Versickerungsanlagen erhöht sich der Verdunstungsanteil (gegenüber einfachen Rasenmulden), was stadtklimatisch positiv zu bewerten ist.
- Die Unterhaltung der Versickerungsanlagen (exklusive der Bäume selbst) wird durch die Berliner Wasserbetriebe übernommen und ist durch Gebühren finanziert.

Auf der Grundlage von Untersuchungen an Berliner Standorten (Balder, 2017) lässt sich festhalten, dass bei sachgemäßer Planung und Grünpflege eine wechselseitige Verträglichkeit (Baum à Mulde/ Mulde à Baum) erreicht werden kann und die o.g. positiven klimatischen und gestalterischen Aspekte befördert werden können. Ziel der Verwendung von Bäumen in Muldensystemen muss sein, dass sich die Gehölze in der Pflanzphase schnell

am Standort etablieren und nachfolgend ein gleichmäßiges Baumwachstum für lange Zeit folgt, ohne dass die Funktion der Mulden beeinträchtigt wird. Zur Genehmigungsfähigkeit von Bäumen in Mulden siehe Kapitel 5.

Die Versickerungsleistung im Bereich von Bäumen ist eher besser als bei einer Rasenbepflanzung. Auch das Stoffrückhaltevermögen der belebten Bodenzone wird durch Gehölze/Bäume nicht nachteilig beeinflusst.



Abbildung 20: Versickerungsmulde mit Baumbestand in Rummelsburg (Foto: IPS)

4.4 Flächenbedarf/Flächendargebot

Der Flächenbedarf einer dezentralen Regenwasserbewirtschaftungsanlage ist ein wichtiger Aspekt insbesondere im Zuge der städtebaulichen Planung. Bei der Entwicklung der Straßenquerschnitte müssen ausreichend große Flächen für die Regenwasserbewirtschaftung bereitgestellt werden, da ansonsten in späteren Planungsphasen erhebliche Konflikte und Schwierigkeiten auftreten können.

Bei der Ermittlung des Flächenbedarfes einer Anlage ist nicht nur die „Netto“-Sickerfläche im Ergebnis der wassertechnischen Bemessung von Bedeutung. Daneben sind auch Nebenflächen wie Bankette, Rückstützen für Hochborde etc. zu berücksichtigen, die i.d.R. dem Grün-/Versickerungstreifen zugerechnet werden. Dieser Gesamtflächenbedarf wird im Folgenden als Bruttofläche bezeichnet.

Weiterhin darf die Auslegung der Versickerungsanlage und damit die Ermittlung des Flächenbedarfes nicht nur auf den Breitenangaben im Straßenregelprofil basieren. Daneben sind auch Bereiche wie Kreuzungen, Einfahrten oder Haltestellen zu berücksichtigen, die sich aus der Längsabwicklung des Straßenregelprofils ergeben. Sofern Bäume vorgesehen aber nicht in die Versickerungsanlagen integriert werden, ist hierfür ebenfalls ein Flächenbedarf zu berücksichtigen (Abbildung 21).

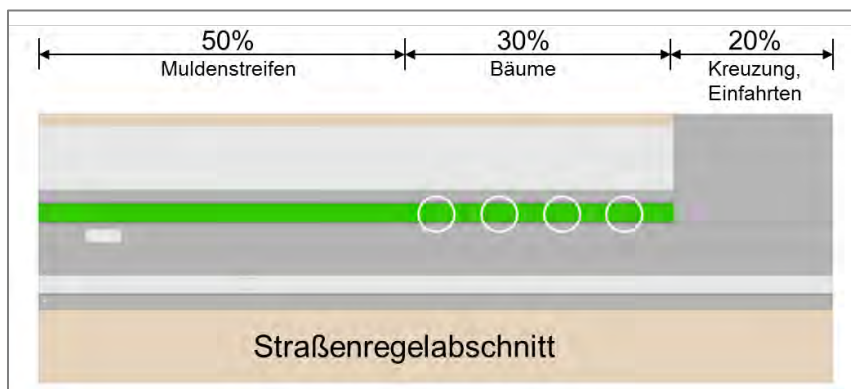


Abbildung 21: Längsabwicklung des Straßenregelprofils

Der Flächenbedarf von Mulden, MR-Elementen/-Systemen und Tiefbeeten resultiert im Wesentlichen aus der Bauart (die aus den Bodenverhältnissen folgt) und der Überlaufhäufigkeit. Im Zuge der Bearbeitung der Planungshilfe wurden für verschiedene Kombinationen dieser Faktoren Anlagen per Langzeitsimulation bemessen. Das Ergebnis dieser Bemessungen zeigt Abbildung 22.

Die Grafik in Abbildung 22 kann auf zweierlei Weise verwendet werden. Eine Möglichkeit ist, für eine gewählte Versickerungsart (Mulden, MR-Element/-System, Tiefbeet) unter Berücksichtigung der örtlichen Versickerungsverhältnisse (kf-Wert) den erforderlichen Flächenbedarf abzulesen.

Die andere Möglichkeit besteht darin, auf Basis des kf-Wertes und des zur Verfügung stehenden Flächendargebotes, die realisierbaren Verfahren zu bestimmen.

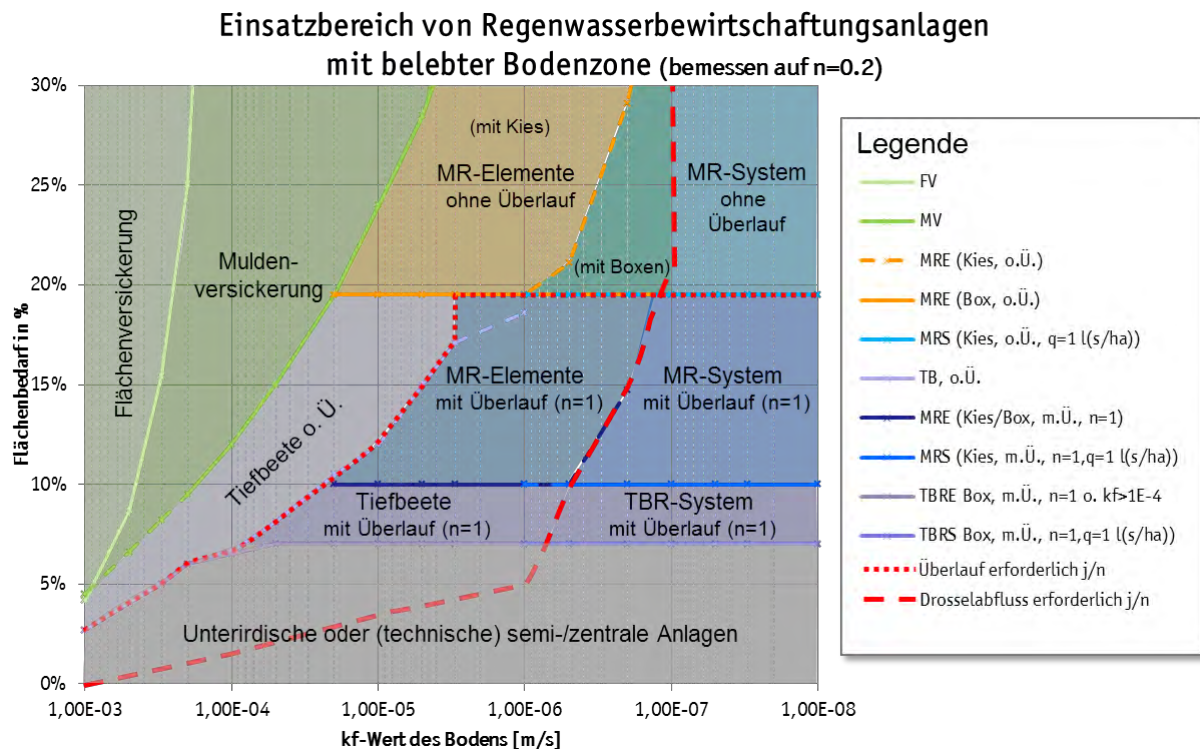


Abbildung 22: Zusammenhang kf-Wert und Flächenbedarf

Ein weiterer wichtiger Faktor ist, ob Bäume integriert oder separat in Baumscheiben gepflanzt werden. Abbildung 23 zeigt einen Regelquerschnitt für eine Straße mit Überlauf und integrierter Baumbepflanzung (links) und einen Querschnitt bei ansonsten gleichen Bedingungen ohne Überlauf und separater Baumpflanzung (rechts). Dieses Beispiel (aus einem realen Baugebiet in Berlin) verdeutlicht die Relevanz der Faktoren, bis dahingehend, dass das rechte Beispiel aufgrund des großen Flächenbedarfes kaum realisierbar wäre.

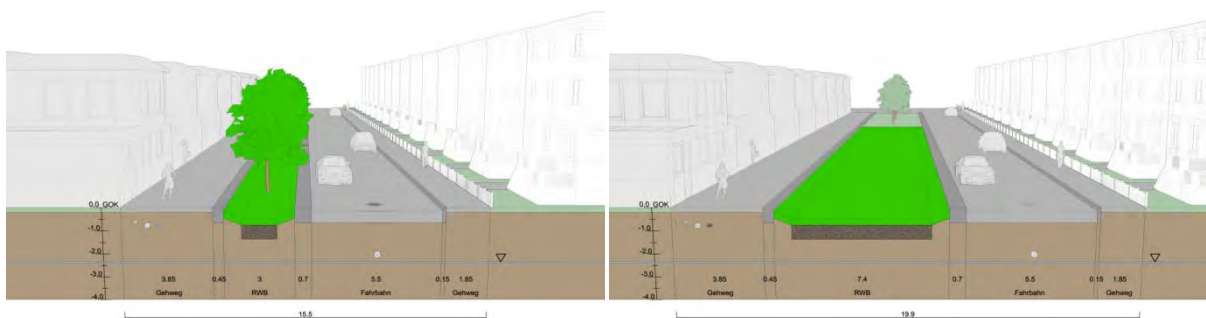


Abbildung 23: Auswirkungen von Überlauf und Baumintegration

Die vorgegebene Drosselspende (Gebietsabflussspende) hat dagegen keinen signifikanten Einfluss auf den Flächenbedarf einer Regenwasserbewirtschaftungsanlage. Zwar steigt das Rigolenvolumen an je kleiner die Drosselspende wird und sicherlich fallen auch höhere Kosten an, die Integration in den Straßenraum wird jedoch davon nicht tangiert (s. a. Abschnitt 4.9).

4.5 Grundwasserflurabstand

Wie in Kapitel 2.2.5 erläutert, ist in Berlin bei der Versickerung ein Mindestabstand zwischen der Sohle der Versickerungsanlage oder vergleichbarer Reinigungsanlage und dem Grundwasserstand einzuhalten. Die konkreten Anforderungen sind mit der Wasserbehörde abzustimmen.

Grundsätzlich stellen hohe Grundwasserstände kein Ausschlusskriterium für eine dezentrale Regenwasserbewirtschaftung dar. Bei geringen Grundwasserflurabständen kann es allerdings Einschränkungen hinsichtlich der Wahl des Versickerungsverfahrens geben. Ggf. sind Rigolen flach auszuführen oder ganz zu vermeiden. In besonderen Fällen kann es erforderlich sein, Mulden-Rigolen-Systeme gedichtet auszuführen, um eine Grundwasserabsenkung zu vermeiden. In Gebieten mit sehr geringen Flurabständen sind auch Bau und Betrieb zentraler Entwässerungssysteme (R-Kanal, ggf. Behandlungsanlagen) mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden.

4.6 Stoffliche Belastung des Regenwasserabflusses

Die Erlaubnisfähigkeit von Versickerungsanlagen hängt von der stofflichen Belastung der zu bewirtschaftenden Niederschlagsabflüsse ab. Bei Verkehrsflächen wird bislang als Maß für die Verschmutzung die durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke (DTV) herangezogen, wohlwissend dass dieser Parameter die tatsächliche Belastung von Abflüssen nur schlecht repräsentiert.

Diese Planungshilfe zielt vorrangig auf Straßen in Gebieten des Wohnungsneubaus. In Wohnwegen und Anliegerstraßen ist die Versickerung auch innerhalb der Schutzzone III (A/B) zulässig. Für Wohnsammelstraßen gilt dies nur außerhalb von Wasserschutzgebieten. Innerhalb der Schutzzone III (A/B) ist eine Einzelfallprüfung erforderlich.

Sollte aufgrund der stofflichen Belastung des Regenwasserabflusses eine Versickerung nicht zulässig sein, können Mulden- oder Tiefbeet-Rigolen-Systeme gedichtet auszuführen werden. In diesem Fall ist der Anschluss an einen Regenwasserkanal erforderlich, der das Niederschlagswasser nach Durchlaufen der Bodenpassage abführt. Die meisten wasserwirtschaftlichen Vorteile wie Behandlung, Rückhaltung und Verdunstung bleiben dann erhalten, nur die Versickerung wird unterbunden.

4.7 Trinkwasserschutzzone

Grundsätzlich ist in den weiteren Schutzzonen der Wasserschutzgebiete nur die schadlose Versickerung von schwach belastetem Niederschlagswasser über die belebte Bodenzone zulässig und bedarf einer wasserbehördlichen Erlaubnis durch die Wasserbehörde (II D 1). In der engeren Schutzzone und im Fassungsgebiet ist die Versickerung von Niederschlagswasser verboten.

4.8 Altlasten

Auch vorhandene Altlasten bzw. Altlastenverdachtsflächen sind kein Ausschlusskriterium für eine dezentrale Regenwasserbewirtschaftung. Meist werden kontaminierte Böden (insbesondere bei Wohnungsbaustandorten) ohnehin vor der Bebauung saniert, so z.B. in der Rummelsburger Bucht. In Sondersituationen sind die Anlagen gedichtet und mit gedrosseltem Ablauf auszuführen.

4.9 Drosselabfluss

Das Land Berlin gibt in Abhängigkeit des Entwässerungssystems (Trenn-/Mischkanalisation) und der Sensitivität des aufnehmenden Gewässers unterschiedliche maximale Gebietsabflussspenden an (SenUVK, 2017). Diese sind in der jeweils aktuellen Fassung zu berücksichtigen. Diese Werte gelten auch für mittelbare Einleitungen über die Kanalisation und somit auch für Drosselabflüsse von Mulden-Rigolen-Systemen.

Wie bereits in Abschnitt 4.4 dargestellt, hat die Vorgabe eines max. Drosselabflusses (Gebietsabflussspende) keinen signifikanten Einfluss auf den Flächenbedarf einer Anlage, da die Dimensionierung der belebten Bodenzone (Mulde) hiervon unabhängig ist.

Einen Einfluss hat die Drosselspende jedoch auf das erforderliche Rigolenspeichervolumen. Die Grafik in Abbildung 24 zeigt den Zusammenhang. Je kleiner die Drosselspende desto größer ist das erforderliche Speichervolumen.

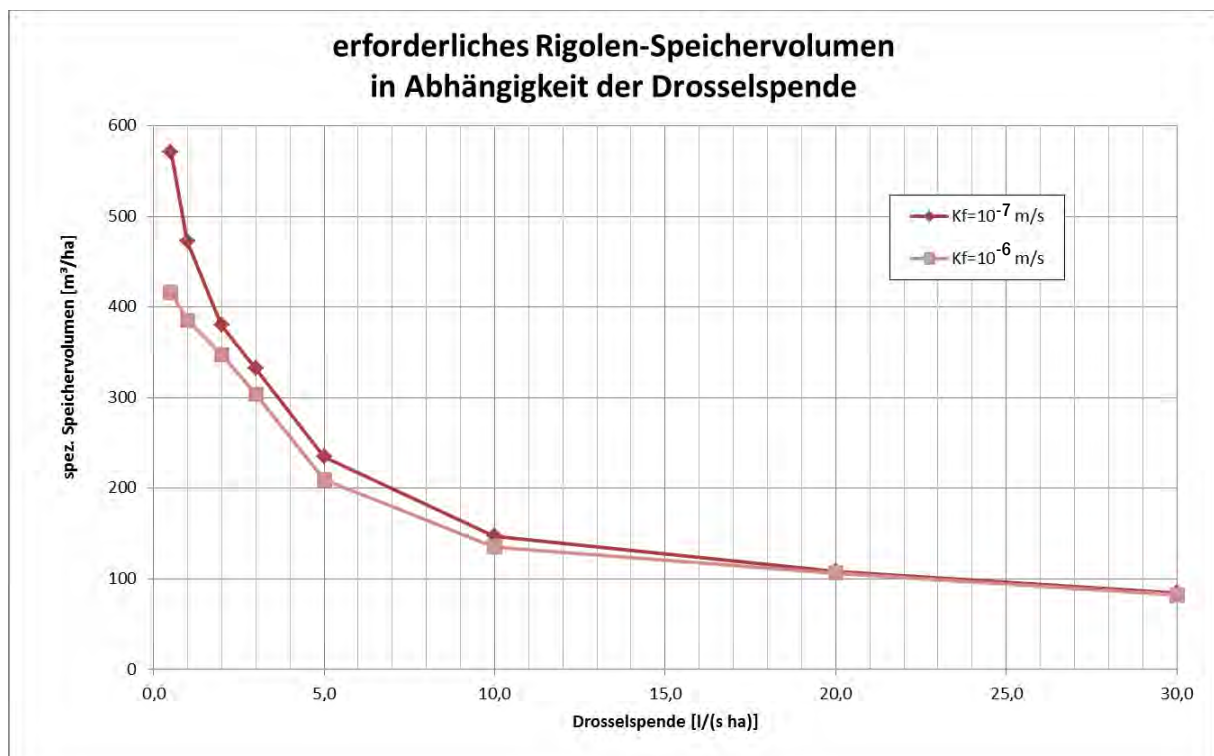


Abbildung 24: Rigolenspeichervolumen in Abhängigkeit der Drosselspende (Grafik: IPS)

Die Größe der Rigole wird üblicherweise über die Bautiefe angepasst. Falls erforderlich kann auch die Breite angepasst werden, in der Regel ist aber eine Rigole nicht breiter als die darüber liegende Mulde.

Alternativ kann auch der Speicherkoeffizient erhöht werden, indem Kunststoffkörperrigolen verwendet werden.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, die Rigole in der Länge über die Mulde unter dem Straßenaufbau weiterzuführen. Dies kommt insbesondere bei Tiefbeet-Rigolen-Systemen zur Anwendung (s. Lageplan in Abbildung 14 auf Seite 23).

4.10 Investitionskosten

Selbstverständlich stellen auch die Kosten einer Anlage einen wesentlichen Einflussfaktor bei der Auswahl eines Anlagentyps und bei der folgenden Dimensionierung dar. Abbildung 25 zeigt typische Investitionskosten für dezentrale RWB-Anlagen bezogen auf die angeschlossene, befestigte Fläche.

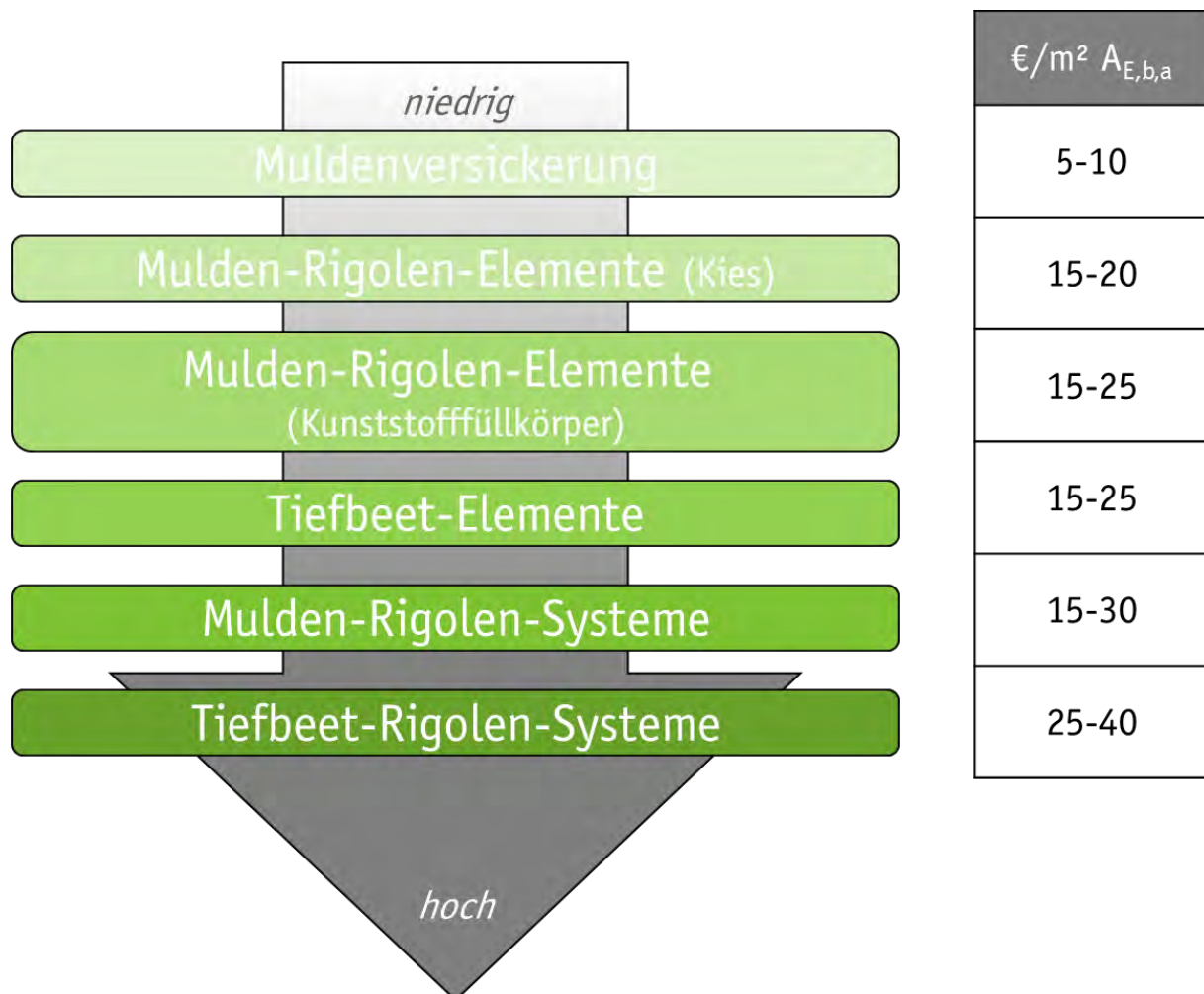


Abbildung 25: Typische Investitionskosten für dez. RWB-Anlagen (Grafik: IPS)

5 Wasserbehördliche Regelungen zur dezRWB im Straßenraum

Nach § 5 Abs. 1 Wasserhaushaltsgesetz des Bundes (WHG) ist jede Person verpflichtet, bei Maßnahmen, mit denen Einwirkungen auf ein Gewässer verbunden sein können, nachteilige Veränderungen der Gewässereigenschaften zu vermeiden, die Leistungsfähigkeit des Wasserhaushalts zu erhalten sowie eine Vergrößerung und Beschleunigung des Wasserabflusses zu vermeiden. Die Gewässer sind nachhaltig zu bewirtschaften, u.a. mit dem Ziel, möglichen Folgen des Klimawandels vorzubeugen sowie an oberirdischen Gewässern so weit wie möglich natürliche und schadlose Abflussverhältnisse zu gewährleisten und insbesondere durch Rückhaltung des Wassers in der Fläche der Entstehung von nachteiligen Hochwasserfolgen vorzubeugen (vgl. § 6 Abs. 1 Nr. 5 und 6 WHG).

Regenwasser, welches aus dem Bereich von bebauten oder befestigten Flächen gesammelt abfließt, ist Abwasser (§ 54 Abs. 1 Satz 1 Nr. 2 WHG) und muss so beseitigt werden, dass das Wohl der Allgemeinheit nicht beeinträchtigt wird (§ 55 Abs. 1 Satz 1 WHG). Gemäß § 27 WHG ist für oberirdische Gewässer der gute chemische und ökologische Zustand bzw. das gute ökologische Potential zu erreichen. Eine Verschlechterung ist zu vermeiden.

Auch bei Straßenbauvorhaben ist die Regenwasserbewirtschaftung grundsätzlich durch planerische Vorsorge im Vorhabengebiet sicher zu stellen. Ist eine Einleitung nicht zu vermeiden, ist diese nur in Höhe des Abflusses zulässig, der im „natürlichen“ Zustand (ohne Versiegelung) auftreten würde. Die Vorgaben des Landes Berlin zu den max. zulässigen Drosselspenden sind in der jeweils aktuellen Fassung zu berücksichtigen (s. Hinweisblatt zur Begrenzung von Regenwassereinleitungen bei Vorhaben in Berlin (BRWa-BE) zu entnehmen.

Soweit eine Verunreinigung des Grundwassers ausgeschlossen werden kann oder sonstige signifikante nachteilige Auswirkungen auf das Grundwasser nicht zu erwarten sind (Vernässungsschäden, Grundwasserschutz) ist Niederschlagswasser gemäß § 36 a des Berliner Wassergesetzes oberflächlich über die belebte Bodenschicht zu versickern. In der Planung sind daher frühzeitig Flächen in ausreichendem Maße für die Versickerung von Niederschlagswasser zu berücksichtigen.

Die Versickerung von Niederschlagswasser bedarf grundsätzlich nach §§ 8; 9; 10 und 48 des Gesetzes zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz - WHG) in Verbindung mit den §§ 14 und 16 des Berliner Wassergesetzes (BWG) einer wasserrechtlichen Erlaubnis. Eine Erlaubnis ist bei der Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz, II D – Wasserbehörde entsprechend dem Hinweisblatt zur Versickerung von Niederschlagswasser in der aktuellen Fassung zu beantragen.

Die Zulässigkeit der Versickerung ist u.a. von der Versickerungsart, dem Verschmutzungsgrad des Regenwassers, der Lage des Grundstücks innerhalb oder außerhalb eines Wasserschutzgebietes sowie den anstehenden geologischen Verhältnissen abhängig. Versickerungsanlagen sind grundsätzlich nach Arbeitsblatt DWA-A 138: „Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser“ zu bemessen und herzustellen.

Die Verordnung über die Erlaubnisfreiheit für das schadloze Versickern von Niederschlagswasser (NWfreiV) regelt darüber hinaus die erlaubnisfreie Versickerung. Hierbei sind die Anforderungen der NWfreiV in Bezug auf die oben genannten Randbedingungen der Versickerung zu beachten. Für Verkehrsflächen, die außerhalb oder in der weiteren Schutzzone III B eines Wasserschutzgebietes liegen, kann daher das auf Straßenflächen in reinen Wohngebieten mit einer durchschnittlichen täglichen Verkehrsdichte (DTV) von maximal 500 Kraftfahrzeugen anfallende Niederschlagswasser erlaubnisfrei über die belebte Bodenzone versickert werden.



Grundsätzlich ist sicherzustellen:

- Die Versickerung erfolgt über die belebte Bodenzone. In Ausnahmefällen können der Reinigungsleistung der belebten Bodenschicht vergleichbare DiBt – zugelassene Reinigungsanlagen genehmigt werden.
- Ist in besonderen Fällen eine Versickerung nicht möglich, werden ggf. außer der Drosselung des abzuleitenden Regenwassers unter Berücksichtigung der Verkehrsbelastung und der Empfindlichkeit des aufnehmenden Gewässers auch Maßnahmen zur Reinigung des Regenwassers vor Einleitung erforderlich.
- Eine Bepflanzung der Mulden ist mit Rasen, Bodendeckern, Hochstauden und Bäumen bzw. einer Kombination daraus möglich. Die Funktion der Reinigungswirkung der belebten Bodenzone ist dauerhaft sicherzustellen. Hierzu sind in Abhängigkeit der Vegetationsentwicklung über die Lebensdauer der Versickerungsanlage ggf. Anpassungen vorzunehmen.
- Die Verwendung von Bäumen in Versickerungsanlagen ist durch einen Fachplaner zu konzipieren und mit der Wasserbehörde abzustimmen. Dabei sind das Rundschreiben über die Pflanzung sowie über die Pflege und Unterhaltung von Straßengrün (SenStadtUm, I C, 2014 bzw. aktuelle Fassung) sowie die Vorgaben der Wasserbehörde zu berücksichtigen.
- Die Versickerung erfolgt nicht über Böden, durch die eine Verunreinigung des Grundwassers zu befürchten ist (Altlasten). Belastete Böden (darunter auch anthropogene Auffüllungsschichten) sind durch Böden der Zuordnungswerte Z 0 der Einbauklasse 0 (uneingeschränkter Einbau) der Mitteilung Nr. 20 der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) zu ersetzen.
- Aus Gründen des vorsorgenden Grundwasserschutzes ist von einer Entlastungsmöglichkeit von Mulden durch einen Überlauf zwischen Mulde und Rigole abzusehen. Muldenüberläufe in die Rigole mit anschließender Versickerung sind nach Einzelfallentscheidung ausschließlich in reinen Wohngebieten für die Straßenkategorie Wohnweg und Wohnstraße möglich. Bei der Anordnung von Überläufen sind die Vorgaben der Wasserbehörde zu beachten.

6 Einordnung der dezRWB in den Straßenraum

6.1 Betrachtete Regelquerschnitte

Im Folgenden werden beispielhaft Straßen-Regelquerschnitte in Anlehnung an die RAST 06 so erweitert, dass sie den Anforderungen der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung gerecht werden. Es wurden drei typische Regelprofile erstellt, für die dann Anlagen zur Regenwasserbewirtschaftung unter der Annahme verschiedener Randbedingungen bemessen und in den Regelquerschnitt eingeordnet wurden. Tabelle 3 zeigt die betrachteten Kombinationen.

Tabelle 3: Betrachtete Kombinationen von Regelquerschnitten und Randbedingungen

Nr.	Straßentyp	Randbedingungen
1.1	Wohnweg	Mulde (sehr gut durchlässiger Boden, Urstromtal)
1.2	Wohnweg	Mulde (mittel durchlässiger Boden, Sanderflächen)
1.3	Wohnweg	Mulde-Rigole Kies ohne Überlauf (mittlere Durchlässigkeit, ausreichend Flächenverfügbarkeit)
1.4	Wohnweg	Mulde-Rigole Kies mit Überlauf (gut durchlässiger Boden, beengte Platzverhältnisse)
1.5	Wohnweg	Mulde-Rigole Kies mit Überlauf (Hochfläche/Geschiebelehm, keine Vorflut vorhanden)
1.6	Wohnweg	Mulden-Rigolen-System mit Überlauf und Drosselabfluss (Hochfläche/Geschiebelehm, Schichtenwasser, mit Vorflut) Rigole wird größer
1.7	Wohnweg	Tiefbeet-Element (gut durchlässiger Boden, beengte Platzverhältnisse)
1.8	Wohnweg	Tiefbeet-Rigolen-System (schlecht durchlässiger Boden, beengte Platzverhältnisse)
1.9	Wohnweg	v-Profil, semizentrale Anlage
2.1	Wohnstraße	Mulde (sehr gut durchlässiger Boden, Urstromtal)
2.2	Wohnstraße	Mulde (mittel durchlässiger Boden, Sanderflächen)
2.3	Wohnstraße	Mulde-Rigole Kies ohne Überlauf (mittlere Durchlässigkeit, ausreichend Flächenverfügbarkeit)
2.4	Wohnstraße	Mulde-Rigole Kies mit Überlauf (gut durchlässiger Boden, beengte Platzverhältnisse)
2.5	Wohnstraße	Mulde-Rigole Kies mit Überlauf (Hochfläche/Geschiebelehm, keine Vorflut vorhanden)
2.6	Wohnstraße	Mulden-Rigolen-System mit Überlauf und Drosselabfluss (Hochfläche/Geschiebelehm, Schichtenwasser, mit Vorflut) Rigole wird größer
2.7	Wohnstraße	Tiefbeet-Element (gut durchlässiger Boden, beengte Platzverhältnisse)
2.8	Wohnstraße	Tiefbeet-Rigolen-System (schlecht durchlässiger Boden, beengte Platzverhältnisse)
3.1	Quartierstraße	Mulde (sehr gut durchlässiger Boden, Urstromtal)
3.2	Quartierstraße	Mulde (mittel durchlässiger Boden, Sanderflächen)
3.3	Quartierstraße	Mulde-Rigole Kies ohne Überlauf (mittlere Durchlässigkeit, ausreichend Flächenverfügbarkeit)

Bei den Kombinationen ist zu beachten, dass ein sehr gut durchlässiger Boden (k_f -Wert $1,0 \cdot 10^{-4}$ m/s) gegenüber einem mittel durchlässiger (k_f -Wert $1,0 \cdot 10^{-5}$ m/s) Boden keine Auswirkungen auf den Flächenbedarf hat, da die Durchlässigkeit des Oberbodens maßgebend für die Bemessung ist.

6.1.1 Wohnweg

Folgende Merkmale charakterisieren einen Wohnweg (FGSV, 2008):

- Erschließungsstraße (ES V)
- vorherrschende Bebauung mit Reihen- und Einzelhäusern
- ausschließlich Wohnen
- geringe Länge (bis ca. 100 m)
- Verkehrsstärke $q < 150$ Kfz/h
- besonderer Nutzungsanspruch: Aufenthalt
- Aufenthaltsfunktion sollte durch Mischungsprinzip verdeutlicht werden.
- Fahrgassenbreiten sollten Begegnung Rad/Pkw ermöglichen.
- Hauseingangsbereiche müssen vor Befahren gesichert werden und der Sichtkontakt muss gewährleistet sein



Abbildung 26: Wohnweg, RWB Mindestbreite 2m

Abbildung 26 stellt die für die Dimensionierung gewählte Breite der Mischverkehrsfläche dar. Die als RWB bezeichnete Zone ist in der Breite variabel und ergibt sich aus der Bemessung der jeweiligen Art der Regenwasserbewirtschaftung. Aus betrieblichen Gründen wird eine Mindestbreite von 2,0 m angesetzt.

6.1.2 Wohnstraße

Folgende Merkmale charakterisieren eine Wohnstraße:

- Zeilenbebauung, Reihen- oder Einzelhäuser
- Ausschließlich Wohnen
- Geringe Längenentwicklung (bis ca. 300 m)
- Ausschließlich Erschließungsfunktion
- Verkehrsstärke $q < 400$ Kfz/h
- Besondere Nutzungsansprüche: Aufenthalt, Parken
- Fahrbahnbreiten sollen PKW/PKW-Begegnungen ermöglichen
- Ggf. Ausweichstellen für PKW/Müllfahrzeug anordnen
- Radverkehr wird auf Fahrbahn geführt
- Gehwegbreite > 2 m
- I.d.R. Tempo 30-Zone

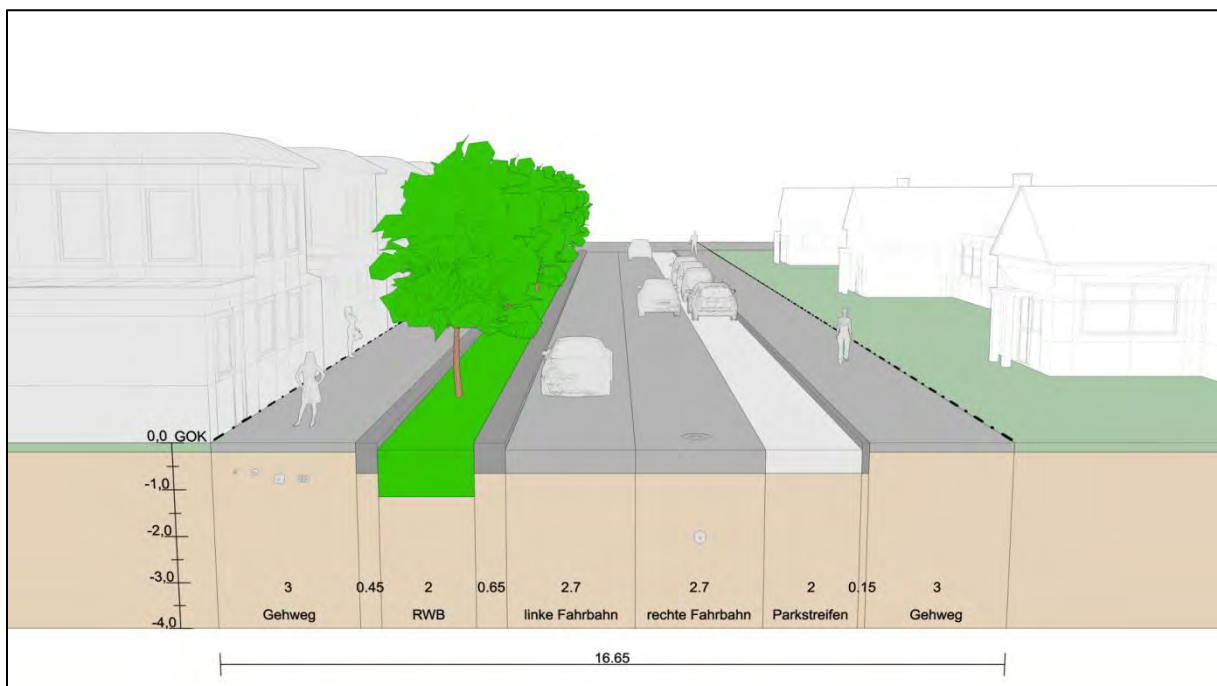


Abbildung 27: Wohnstraße

Abbildung 27 stellt die für die Dimensionierung gewählten Einzelbreiten der Zonen einer Wohnstraße (Gehweg/Fahrbahn/Parkstreifen/...) dar. Die als RWB bezeichnete Zone ist in der Breite variabel und ergibt sich aus der Bemessung der jeweiligen Art der Regenwasserbewirtschaftung.

6.1.3 Quartierstraße

Folgende Merkmale charakterisieren eine Quartierstraße

- Erschließungsstraße/Hauptverkehrsstraße (ES IV, HS IV)
- geschlossene, dichte Bebauung
- gemischte Nutzung aus Wohnen, Gewerbe u. Dienstleistung
- Abschnittslängen zwischen 100 m und 300 m
- Straßenraumbreiten ab 12 m
- Verkehrsstärke q 400 Kfz/h bis 1000 Kfz/h
- besondere Nutzungsansprüche: Fußgänger-Längsverkehr, Parken
- Linienbusverkehr möglich, je nach Nutzungsmischung auch Schwerverkehr.
- Aus der hohen Nutzungsdichte ergibt sich eine hohe Parkraumnachfrage im Straßenraum.
- Straßenraumgestaltung muss zur Verbesserung der Freiraumqualität beitragen.
- Bei Längen über 200 m soll Abschnittsbildung durch Unterbrechung der Parkreihen in Kombination mit z. B. Plateauaufpflasterungen erfolgen.

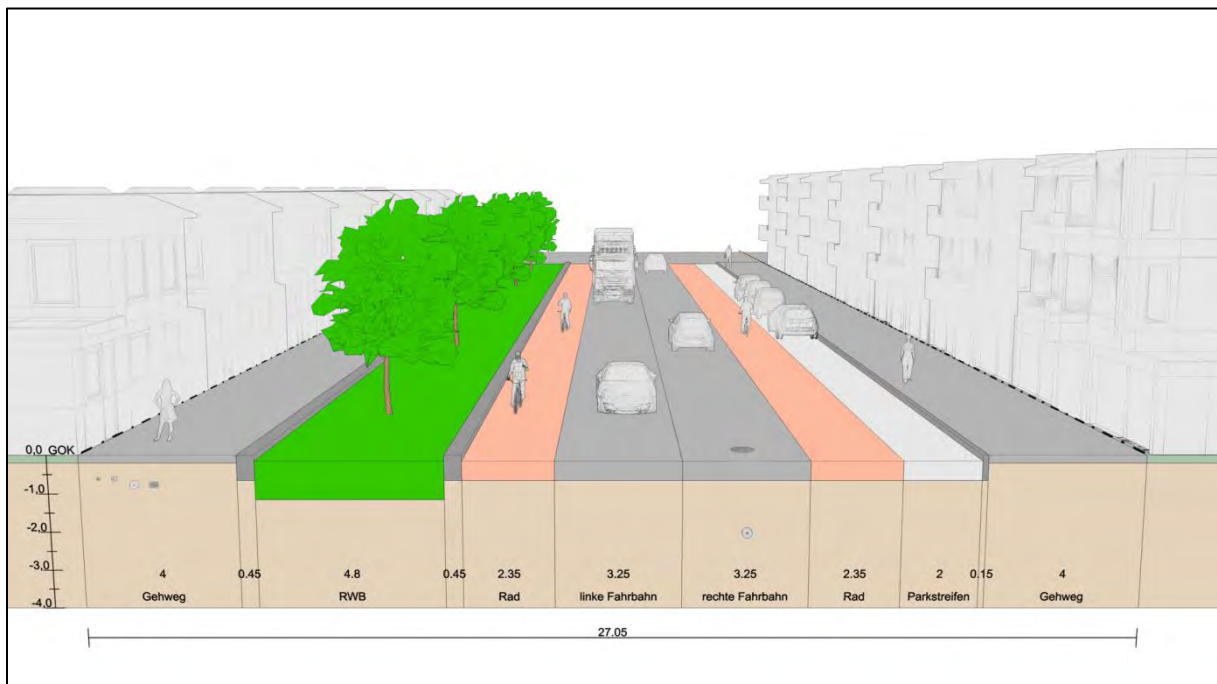


Abbildung 28: Quartierstraße, RBW beispielhaft auf 20% Flächenbedarf dimensioniert

Abbildung 28 stellt die für die Dimensionierung gewählten Einzelbreiten der Zonen einer Quartierstraße (Gehweg/Rad/Fahrbahn/Parkstreifen/...) dar. Die als RBW bezeichnete Zone ist in der Breite variabel und ergibt sich aus der Bemessung der jeweiligen Art der Regenwasserbewirtschaftung.

6.2 Regelquerschnitte mit Regenwasserbewirtschaftung

Die Regelquerschnitte für alle in Tabelle 3 betrachteten Kombinationen finden sich in Anlage 2. Ein Beispiel für einen Regelquerschnitt mit Regenwasserbewirtschaftung zeigt Abbildung 29. In der Tabelle im oberen Bereich

des Regelquerschnittes sind die jeweiligen Randbedingungen (Straßenraumbreite, Bodenverhältnisse), die gewählte Maßnahme sowie die resultierenden Abmessungen (Breite, Flächenbedarf) aufgeführt. Der Querschnitt selbst zeigt beispielhaft die Integration in den Straßenraum.

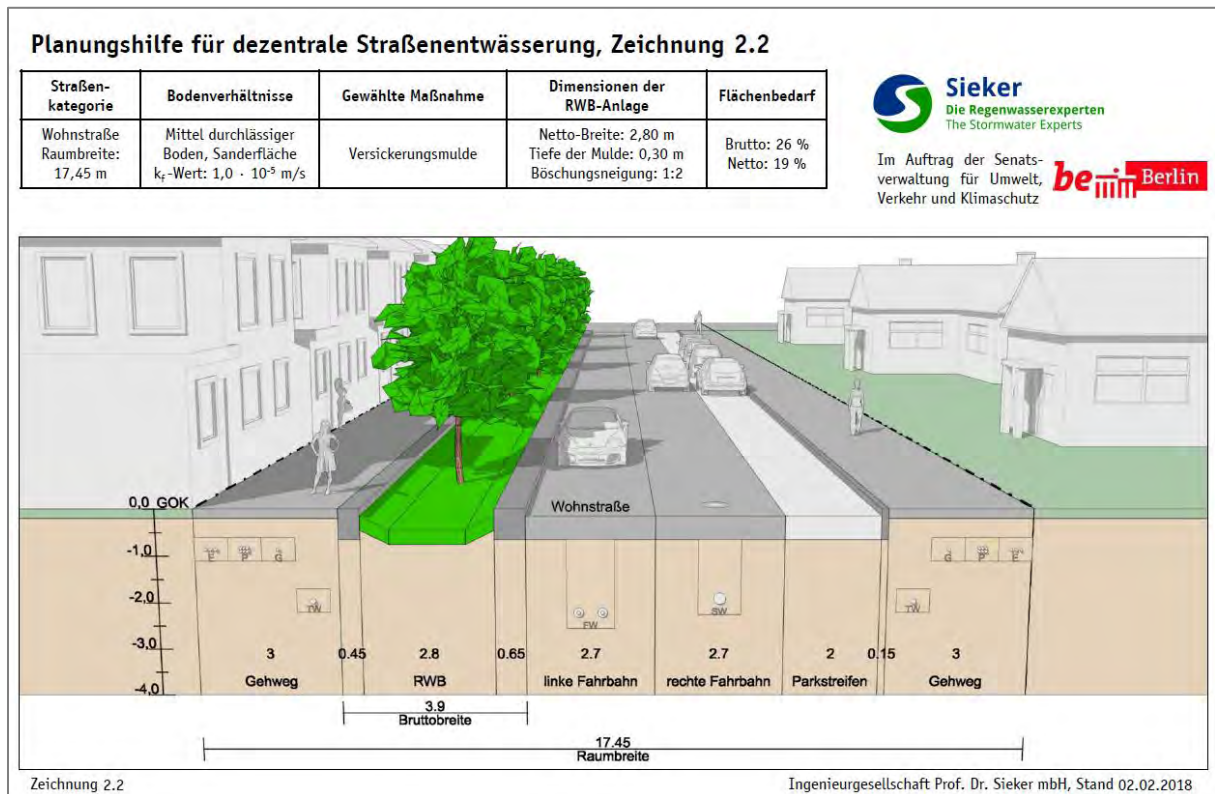


Abbildung 29: Ergebnis-Regelquerschnitt (Beispielhaft für eine Wohnstraße)

Die Regelquerschnitte sind als Anregung für die Integration der Regenwasserbewirtschaftung in den Straßenraum zu verstehen.

7 Beispielprojekte

7.1 Realisierte Beispiele im Berliner Raum

7.1.1 Rummelsburger Bucht

Rund um die Rummelsburger Bucht entstand Mitte der 90er Jahre ein ca. 130 ha großes Areal als Erholungs-, Wohn- und Arbeitsstandort. Das Neubaugebiet war eines der ersten in Berlin, in dem weitgehend auf eine Ableitung verzichtet und stattdessen das Regenwasser dezentral bewirtschaftet wird. Auf den Baufeldern wurden extensive Dachbegrünungen und intensive Begrünungen auf Tiefgaragen sowie Versickerungsmulden realisiert. Ein [Videobeitrag](#) von Bloomberg TV dokumentiert das hier realisierte „Sponge-City“-Konzept.

Durch die Lage im Urstromtal sind die Versickerungsleistungen der Böden eher hoch, allerdings bei teilweise recht geringen Grundwasserflurabständen. Zum Zeitpunkt der Planung lagen große Teile des Gebietes in der Schutzzone IIIB.

Im Bereich öffentlicher Straßen wurden sowohl einfache Versickerungsmulden und unverbundene MR-Elemente als auch verbundene MR-Systeme errichtet. In Straßen mit höherer Verkehrs- und damit Schmutzbelastung kommen gedichtete MR-Systeme mit Drosselablauf zum Einsatz. Die u.a. Abbildung 30 sowie Abbildung 2, Abbildung 8 und Abbildung 20 zeigen Anlagen an der Rummelsburger Bucht.



Abbildung 30: Versickerungsmulde mit altem Baumbestand in Rummelsburg (Foto: IPS)

7.1.2 Adlershof

Die Wissenschaftsstadt Berlin Adlershof ist Deutschlands größter Wissenschafts- und Technologiepark. Auf einem Gebiet von 4,2 km² sind über 1.000 Unternehmen und wissenschaftliche Einrichtungen mit ca. 17.000 Mitarbeitern tätig. Hinzu kommen rund 6.700 Studenten.

Adlershof wurde als weitgehend abflussloses Siedlungsgebiet entwickelt. Mit Ausnahme der Hauptverkehrsstraßen mit ihrer erheblichen Verkehrsbelastung werden die Straßen und Plätze im Gebiet nicht über die Kanalisation entwässert. Gleiches gilt für einen Großteil der Grundstücke. Regenwasser wird in Rasenmulden gesammelt und versickert dort (Abbildung 31). Dabei wird es durch die Bodenpassage gereinigt und reichert das Grundwasser an (SenStadtUm, 2016).

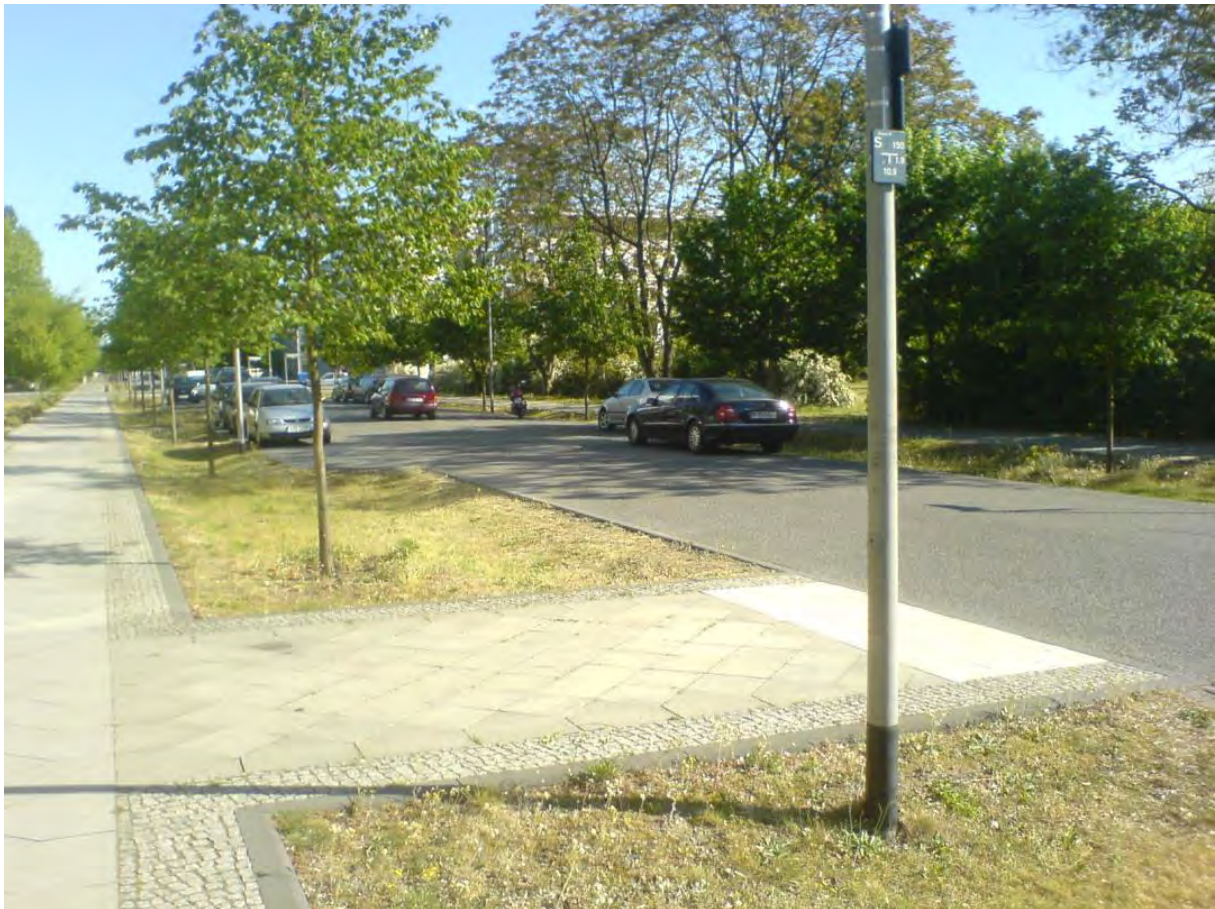


Abbildung 31: Versickerungsmulde in Adlershof (Foto: IPS)

Die Erfahrungen in Adlershof mit dem Verhalten bei Starkregen sind sehr positiv. Selbst infolge der Extremniederschläge im Sommer 2017 sind dort – anders als in anderen Stadtteilen Berlins – keine größeren Überflutungsschäden aufgetreten.



Abbildung 32: Versickerungsmulde in Adlershof nach Starkregen (Foto: www.adlershof.de)

7.1.3 Gewerbegebiet Hoppegarten

Seit 1993 entsteht in der "Rennbahn"-Gemeinde Hoppegarten ein ca. 160 ha großes Industrie- und Gewerbegebiet. Von Beginn an stellten dabei die Vorflutverhältnisse eine schwierige Randbedingung dar. Die bestehende Einleitgenehmigung wurde bereits nahezu vollständig von der Altbebauung ausgeschöpft, eine Erhöhung war wegen der Auslastung des Wernergrabens nicht möglich. Andererseits erlauben die Bodenverhältnisse (Geschiebemergel, $k_f = 10^{-7}$ m/s) keine vollständige Versickerung des Regenwassers.

Im Zuge der Planung wurde deshalb eines der größten Regenwasserbewirtschaftungssysteme in Deutschland geplant und umgesetzt. Wichtigstes Element des Systems sind zahlreiche vernetzte Mulden-Rigolen-Elemente, sowohl auf den privaten Grundstücken als auch im öffentlichen Bereich. Zusätzlich sind semizentrale Versickerungsanlagen errichtet worden.



Abbildung 33: Mulden-Rigolen-System in Hoppegarten (Foto: IPS)

Die Zuleitung zu den Mulden erfolgt größtenteils über Tiefborde, sogenannte Mulden-Steine (Abbildung 35). Die Rigolen sind im Nebenschluss angeordnet und leiten in einen in der Straßenmitte liegenden Sammelkanal ein. Der Drosselabfluss des Mulden-Rigolen-Systems ist im Gebiet auf 10 l/(s ha) begrenzt. Die letztendliche Drosselung auf unter 1 l/(s ha) wird über semizentrale Anlagen realisiert, die Teil der öffentlichen Grünfläche sind und auch als Ausgleichsmaßnahme anerkannt wurden (Abbildung 34).



Abbildung 34: Semi-zentrales Mulden-Rigolen-Element in Hoppegarten (Foto: IPS)



Abbildung 35: Muldensteine als Tiefbord (Foto: IPS)

7.1.4 Ortsteil Birkenstein in Hoppegarten

Im Zuge des Straßenausbaus für die Straße „Im Grund“ im Ortsteil Birkenstein der Gemeinde Hoppegarten wurde eine dezentrale Lösung für die Regenentwässerung geplant und umgesetzt. Bei nur 8 m Straßenraumbreite war der Straßenausbau mit 5,50 m Fahrbahnbreite und 1,50 m Gehwegbreite vorgesehen.

Von der zuständigen Wasserbehörde wurde ein maximaler Drosselabfluss von 5 l/(s ha) vorgegeben. Um die vorgegebene Drosselung der Abflüsse über eine zentrale Anlage zu erreichen, hätte entweder ein Rückhaltebecken oder ein Stauraumkanal vorgesehen werden müssen. Für ein Rückhaltebecken war im Baugebiet kein geeigneter Standort vorhanden. Darüber hinaus wären beide Lösungen mit hohen Kosten verbunden gewesen.



Abbildung 36: Tiefbeet-Rigolen-Element in Birkenstein (Foto: IPS)

Deshalb wurde eine Bewirtschaftung des Regenwassers mittels eines Mulden- und Tiefbeet-Rigolen-Systems (mit gedrosselter Einleitung) geplant und ausgeführt. Neben der damit erreichten höheren Reinigung des Regenwassers wurde durch die versetzte Anordnung der Tiefbeete im Straßenraum gleichzeitig eine Verkehrsberuhigung geschaffen, ein wichtiger Aspekt in der gerne als Umfahrung eines beschränkten Bahnübergangs genutzten Straße.

7.1.5 Weitere Beispiele in Berlin



Abbildung 37: Beispiele in Berlin, Carlsgarten (links), Zwieseler Straße (rechts), Fotos: BWB

7.2 Weitere Beispiele außerhalb von Berlin/Brandenburg

7.2.1 Flughafen Münster Osnabrück

Der Airportpark FMO ist ein Gewerbegebiet für Dienstleistung, Gewerbe und Logistik am Flughafen Münster Osnabrück. Das Areal ist charakterisiert durch relativ schlecht durchlässige Böden und hohe Grundwasserstände. Aufgrund der hohen Anforderungen an den Gewässerschutz (FFH-Gebiet Eltingmühlenbach) wurde ein Mulden-Rigolen-System für die Regenentwässerung realisiert.



Abbildung 38: Mulden-Rigolen-System am Flughafen Münster Osnabrück (Foto: IPS)

7.2.2 Tiefbeet-Rigolen-System in Schömberg (BW)

Die Gemeinde Schömberg im Schwarzwald hat 2004 im Baugebiet Lehenbrunnen 40 Baugrundstücke erschlossen. Aufgrund der sehr schlechten Versickerungsbedingungen (Ölschiefer in 1-4 m Tiefe) wurde ein Retentionssystem für die Entwässerung bestehend aus Retentionszisternen für die Grundstücke und Tiefbeet-Rigolen für die öffentlichen Verkehrsflächen konzipiert und umgesetzt.

Im Luftbild in Abbildung 39 sind Retentionszisternen und Tiefbeet-Rigolen gut zu erkennen. Interessant ist, dass auch die privaten Retentionsanlagen bereits im Zuge der Erschließungsmaßnahme mit errichtet wurden und als Teil des erschlossenen Grundstückes mit veräußert wurden.



Abbildung 39: Tiefbeet-Rigolen-System im Baugebiet Lehenbrunnen, Schömburg (Foto: Mall)



Abbildung 40: Bauausführung Tiefbeet-Rigolen-System in Schömburg (Foto: Mall)

Ein besonderes Augenmerk wurde auf die Überflutungssicherheit gelegt. Die Grünstreifen wurden so konzipiert, dass bei „normalen“ Niederschlägen ausgewiesene Versickerungsbereiche genutzt werden. Bei Starkregen kann der gesamte Grünstreifen und teilweise die angrenzenden Parkstreifen sowie Gehwege temporär eingestaut werden, ohne dass Wasser auf die Baufelder fließt.

7.3.2 Mannheim

Auf dem Gelände der ehemaligen US-Kaserne Taylor Barracks in Mannheim entsteht ein innovativer Gewerbe-Campus mit Medienpark. Die besondere Attraktivität und Qualität dieses ca. 46 ha großen Quartiers wird durch den hohen Grünanteil von rund 22 Prozent generiert, der den Mannheimer Grünzug komplettiert.

Das Landschaftsarchitekturbüro MAN MADE LAND aus Berlin ist mit der Freiflächenplanung für das Gebiet beauftragt. In Ergänzung dazu wurde in Zusammenarbeit mit IPS ein Regenwasserkonzept für das Planungsgebiet erarbeitet, das eine wirtschaftliche und am natürlichen Wasserkreislauf orientierte Oberflächenentwässerung für das Gelände aufzeigt. Dabei wurden verschiedenste Bausteine der Regenwasserbewirtschaftung mit den Komponenten Versickerung, Rückhaltung und Verdunstung herangezogen. Die Bedingungen für eine Versickerung des Regenwassers sind relativ günstig (Sandboden, ausreichende Grundwasserflurabstände).

Aufgrund der relativ schmalen Straßenraumbreiten wurde im Konzept auf Tiefbeete zurückgegriffen. Abbildung 42 zeigt eine Perspektive der geplanten Regenwasserversickerung.

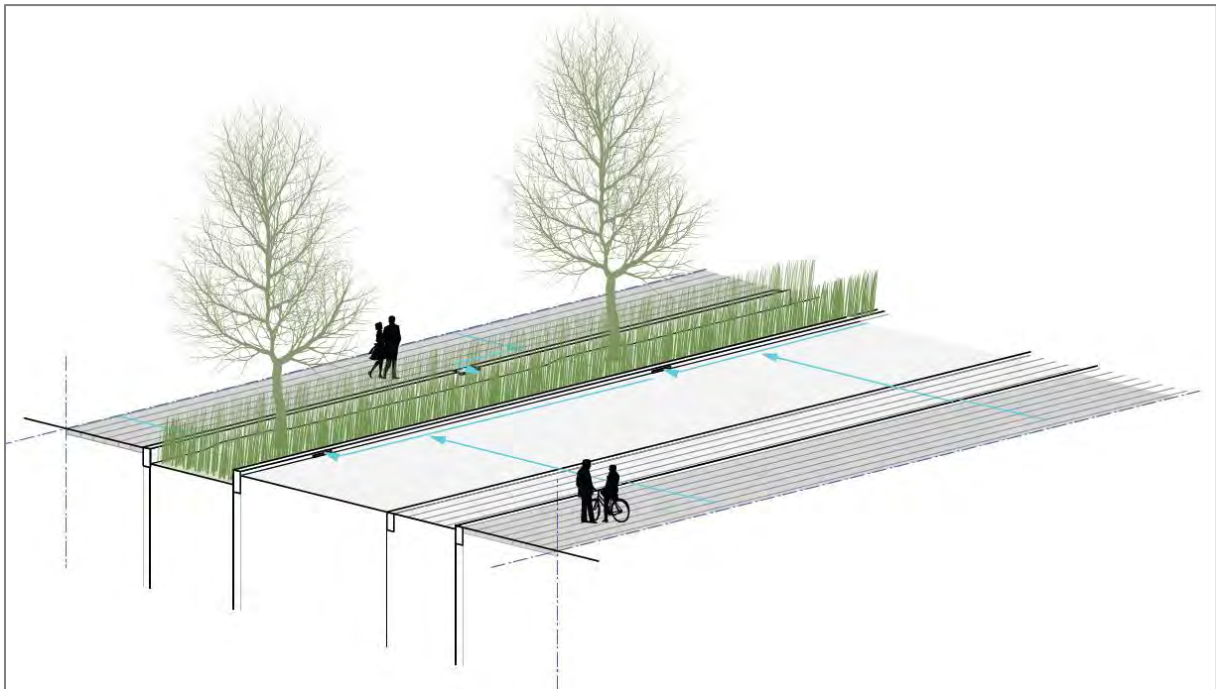


Abbildung 42: Perspektive der geplanten Regenwasserversickerung (Quelle: ManMadeLand)



7.4 Internationale Beispiele

7.4.1 Portland, USA

Die Stadt Portland im Nordwesten der USA verfolgt schon lange das Ziel einer nachhaltigen Regenwasserbewirtschaftung.

Abbildung 43: Beispiel einer straßenbegleitenden Versickerungsanlage (Portland, USA)

7.4.2 Michigan, USA

In der Stadt Traverse City werden seit Jahren konsequent dezentrale Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung („Best Management Practices for Stormwater Management“) umgesetzt.



Abbildung 44: „Raingardens“ in Traverse City (Michigan, USA; Fotos: IPS)

8 Literaturverzeichnis

- Balder (2017): Expertise zu den Auswirkungen von in Berlin realisierten Muldensystemen auf Vitalität, Gesundheit und Entwicklung von Baumbeständen sowie Empfehlungen für die weitere Vorgehensweise, Studie im Auftrag der Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz, FB Wasserwirtschaft, Prof. Dr. habil. Hartmut Balder, Dezember 2017
- BWB (2017): Regelblätter für die Planung und den Bau von Mulden-Rigolen-Systemen, Regelblätter 600-651, Berliner Wasserbetriebe, Stand 2017, download unter www.bwb.de
- DIN 1986-100 (2008): Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke, Teil 100: Bestimmungen in Verbindung mit DIN EN 752 und DIN EN 12056
- DIN EN 752 (2008): Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden, Deutsches Institut für Normung
- DWA-A 102 / BWK-A 3 (2016): Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer (Entwurf vom Oktober 2016), Herausgeber: DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.
- DWA-A 138: Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser, Merkblatt. Hennef, Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e. V. MAIN, 2005
- DWA M 119 (2016): „Risikomanagement in der kommunalen Überflutungsvorsorge – Analyse von Überflutungsgefährdungen und Schadenspotenzialen zur Bewertung von Überflutungsrisiken“, Hennef, Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e.V. (Hrsg., 2016).
- DWA-M 153: Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser, Merkblatt. Hennef, Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e. V., 2012
- FGSV (Hrsg.) (2005): RAS-Ew Richtlinie für die Anlage von Straßen, Teil : Entwässerung. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), Arbeitsgruppe "Erd- und Grundbau".
- FGSV (2013): Merkblatt für Versickerungsfähige Verkehrsflächen (M VV), Nr. 947, Herausgeber: Verlag der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen
- FLL (Hrsg.)(2005): Broschüre: Empfehlungen zur Versickerung und Wasserrückhaltung, Versickerungsrichtlinie, Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V., Bonn.
- FLL (Hrsg.) (2008): Dachbegrünungsrichtlinie, Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen, Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (FLL)
- KURAS (2017): KURAS-Leitfaden: Zielorientierte Planung von Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung, Ergebnisse des Projektes Kuras, <http://www.kuras-projekt.de>
- LUBW (2016): Leitfaden Kommunales Starkregenrisikomanagement in Baden-Württemberg, Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg
- NWFreiV (2016): Niederschlagswasserfreistellungsverordnung, Verordnung über die Erlaubnisfreiheit für das schadlose Versickern von Niederschlagswasser in Berlin, Fassung vom 28.04.2016
- SenStadt (2001a): Abwasserbeseitigungsplan Berlin unter besonderer Berücksichtigung der Immissionszielplanung, Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Oktober 2001
- SenStadt (2001b): Neuer Umgang mit Niederschlagswasser in Berlin, Broschüre, Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Dezember 2001
- SenStadt (2007): Leitfaden für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen bei der Vorbereitung, Planung und Durchführung von Baumaßnahmen Ausgabe 2007
- SenStadt (2016): Straßenbaum-Zustandsbericht Berliner Innenstadt 2015, Ergebnisse der Straßenbaum-Zustandserhebung aus CIR-Luftbildern, Senatsverwaltung für Stadtentwicklung
- SenStadtWohnen (2017): Neue Stadtquartiere für Berlin, Wohnungs- und Städtebauprogramm Wachsende Stadt, Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen, Januar 2017
- SenStadtWohnen (2017): Umweltatlas Berlin, Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen (Hrsg.) <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/umweltatlas/iinhalt.htm>



-
- SenStadtUm (2012): Berliner Strategie zur Biologischen Vielfalt, Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt, Juni 2012
- SenStadtUm (2016): Stadtentwicklungsplan Klima KONKRET, Klimaanpassung in der Wachsenden Stadt, Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt, Juni 2016
- SenUVK (2017): Hinweisblatt "Begrenzung der Regenwassereinleitung bei Bauvorhaben in Berlin (BReWa-BE)", Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz, Stand Dezember 2017
- SenUVK (2018): Monographie - Leistungsfähigkeit von Praxiserprobten Formen der dezentralen und zentralen Regenwasserbewirtschaftung im urbanen Kontext, Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz, Februar 2018



9 Anlagen

Anlage 1 Steckbriefe dezentraler Straßenentwässerungsmaßnahmen

Anlage 1.1 Steckbrief „Flächige Versickerung über teildurchlässige Beläge“

Anlage 1.2 Steckbrief „Muldenversickerung“

Anlage 1.3 Steckbrief „Mulden-Rigolen (mit und ohne Überlauf)“

Anlage 1.4 Steckbrief „Mulden-Rigolen-System mit Drosselabfluss“

Anlage 1.5 Steckbrief „Tiefbeete“

Die Steckbriefe basieren auf der „Monographie Regenwasser“ (SenUVK, 2017b) und wurden für die besonderen Bedingungen im Straßenbereich angepasst. Die in den Steckbriefen genannten Literaturquellen sind in der Monographie aufgeführt.

Anlage 2 Straßenregelprofile mit Regenwasserbewirtschaftung

Für eine Auflistung der Straßenregelprofile s. Tabelle 3 auf Seite 36.



Anlage 1: Steckbriefe dezentraler Straßenentwässerungsmaßnahmen



Anlage 2: Straßenregelprofile mit Regenwasserbewirtschaftung