Institut für
sozial-ökologische
Forschung (ISOE)

Gunter Vogt
Aicha Vack

Wohin mit dem Regenwasser?

Ersteinschätzung der Wiesbadener Siedlungsflächen auf ihre Versickerungseignung

Gutachten im Auftrag des Umweltamtes der Stadt Wiesbaden

Frankfurt am Main, 1996

Materialien Soziale Ökologie (MSÖ 10)

Materialien Soziale Ökologie (MSÖ 10)
ISSN 1617-3120

Wohin mit dem Regenwasser?

Ersteinschätzung der Wiesbadener Siedlungsflächen
auf ihre Versickerungseignung

Gutachten im Auftrag des Umweltamtes der Stadt Wiesbaden

Dipl.-Ing. Gunter Vogt, Dr.rer.nat. Aicha Vack

herausgegeben von:
Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE) GmbH
Hamburger Allee 45
60486 Frankfurt am Main

Frankfurt am Main, 1996

Inhaltsverzeichnis

0 Kurzfassung

1 Einleitung
1.1 Ziele
1.2 Vorgehensweise
1.3 Materialien

2 Grundwasserschutz bei Regenwasserversickerung
2.1 Vorgaben zum Grundwasserschutz
2.2 Schadstoffgruppen und -eintragspfade
2.3 Schadstoffeintragspfade und Grundwasserschutz
2.4 weitere Kriterien zum Grundwasserschutz

3 Standorteignung für Regenwasserversickerung
3.1 Vorgaben zum Sickervermögen
3.2 Abschätzung der Wasserleitfähigkeiten
3.3 Standorttypeneinteilung
3.4 Mindestabstand zu Gebäuden
3.5 Regenwasserversickerung am Hang
3.6 Erläuterungen zur Karte

4 Sickertechniken
4.2 Zuordnung der Sickertechniken zu Standorttypen
4.3 Bemessung der Sickeranlagen

5 Bestimmung des potentiell versickerbaren Anteils der Niederschläge

6 Empfehlungen / Ausblick

7 Grenzen des Gutachtens

8 Literatur

0 Kurzfassung

Kurzfassung Ziel des Gutachtens ist es, für die Stadt Wiesbaden, durch die Identifikation von für die Versickerung von Niederschlagswasser geeigneter Flächen, die Ermittlung des Potentials an versickerbarem Niederschlagswasser sowie die Bestimmung geeigneter Versickerungsmethoden und -anlagen, die Voraussetzungen für die Schaffung und Verabschiedung einer Versickerungssatzung zu schaffen. Einzuhaltende Anforderungen bei der Versickerung von Niederschlagswasser sind 1. Schutz des Grundwassers vor Schadstoffeinträgen, 2. ein ausreichendes Sickervermögen der Böden und des Untergrunds und 3. die Vermeidung von Schäden (Gebäude, Hangrutsche) .

Zu 1: Bei dezentraler Regenwasserversickerung lassen sich drei Eintragspfade für Schadstoffe unterscheiden: Einträge über Niederschläge, Abspülen von Hof- und Verkehrsflächen sowie Mobilisierung von Schadstoffen in Böden. Das Filterpotential der Böden ist in der Regel in der Lage, geringe Einträge durch Niederschläge – bei geringen Bodenbelastungen – zurückzuhalten. Deutlich erhöhte Schadstoffgehalte im Abflusswasser von Verkehrsflächen und Industrie-/Gewerbe-Hofflächen oder bei Versickerung auf Ablagerungen stellen eine Bedrohung des Grundwassers dar. Um einen Schutz des Grundwassers zu gewährleisten, sind Verbote bzw. Einschränkungen der Versickerung von Niederschlagswasser notwendig; eine Klassifizierung zur Ermittlung von Ausschlussflächen – in Abhängigkeit des Schadstoffeintrags – erfolgt über die beiden Kriterienlisten „Verkehrsflächen“ und „Industrie- und Gewerbebranchen“. Folgende weitere Kriterien berücksichtigen zusätzlich den Aspekt des Grundwasserschutzes: Versickerungsverbot in Wasserschutzgebieten (Zone I und II) und bei sehr hoher Wasserleitfähigkeiten der Böden, Mindestabstände zur Grundwasseroberfläche von 1,5 m.

Zu 2: Das Sickervermögen eines Standortes wird anhand dessen Wasserleitfähigkeit beurteilt; diese Kenngröße wurde über Bodenarten abgeschätzt. Ergebnis sind sechs Standorttypen mit unterschiedlicher Eignung für Regenwasserversickerung. Ihnen werden spezifische Sickertechniken zugeordnet:

- Auf Standorten mit sandigem Untergrund kann mit einfachen Methoden – z.B. Muldenversickerung – Niederschlagswasser versickert werden.
- Sickeranlagen auf Standorten mit lehmigem Untergrund benötigen, wenn keine Einzelfallprüfung vorgenommen wird, einen Überlauf, da das Sickervermögen des Standorts nicht in jedem Fall ausreichend ist: Sofern die grundstücksbezogene Messung und Beurteilung ein ausreichendes Sickervermögen ergibt, ist die Installation einfacherer Sickeranlagen möglich.
- Auf Standorten mit tonigem Untergrund und Standorten mit hohen Grundwasserständen ist keine erlaubnisfreie Versickerung des Niederschlagwassers möglich.
- Standorte auf klüftigem Festgestein erlauben keine Versickerung in dicht bebauten Gebieten, jedoch bei Einzelgehöften.

- Für Standorte mit anthropogen verändertem Untergrund ist eine grundstücksbezogene Einzelfallprüfung notwendig. Die Flächenzuordnung für das Stadtgebiet Wiesbadens erfolgte über die pedologische, geologische und Bodenschätzungskarte.

Zu 3: Um Gebäudevernässungen zu vermeiden, ist ein Mindestabstand von 6 m zwischen Sickeranlagen und Gebäuden einzuhalten. Regenwasserversickerung am Hang stellt zusätzliche Anforderungen, um mögliche Schäden zu vermeiden: Hangneigungen und vermutete wasserstauende Schichten wurden berücksichtigt. Die Ergebnisse der flächenhaften Untersuchungen werden in einer erläuternden Karte dargestellt: Auf einer Grundkarte sind die Standorttypen eingetragen. Ein durchsichtiges Auflagepapier zeigt die Ausschlußflächen (kritische Hangflächen, Wasserschutzgebiete, Flächen mit geringem Schadstoffrückhaltevermögen).

Auf Grundlage der Wiesbadener Flächenstatistik und den eigenen Arbeiten erfolgte eine Abschätzung des maximalen Anteils der Niederschlagsabflüsse versiegelter Flächen, der potentiell versickert werden kann. Die für die einzelnen Gemarkungen abgeschätzten Potentiale fallen sehr unterschiedlich aus; die höchsten Potentiale finden sich auf den ebenen Flächen der Niederterrasse entlang des Rheins. Das Gesamtpotential zur Regenwasserversickerung beträgt in Wiesbaden 587 ha versiegelter Fläche bzw. 3,59 Mio. Kubikmeter pro Jahr; dies entspricht einem Anteil von 15 % des Niederschlags auf den versiegelten Flächen.

Abschließend werden Empfehlungen zur weiteren Umsetzung des Gutachtens gegeben: Hinsichtlich der zu schaffenden Satzung wird empfohlen, diese auf Basis der sechs Standorttypen zu erstellen. Erlaubnisfreie Sickeranlagen sollten durch Handwerks- oder Ingenieursbetriebe geplant, gebaut oder abgenommen werden und anzeigepflichtig sein. Die Satzung sollte durch Maßnahmen wie Öffentlichkeitsarbeit, finanzielle Anreize und Erstellung eines Pflegeleitfadens für Sickeranlagen begleitet werden. Darüber hinaus sollte nicht aus dem Blick verloren werden, dass Entsiegelung und Regenwassernutzung sinnvolle Ergänzungen zur Regenwasserversickerung sind.

1 Einleitung

Regenwasserversickerung besitzt gegenüber der zentralen Ableitung der Niederschläge in der Kanalisation zahlreiche Vorteile. Das Niederschlagswasser stellt ein weitgehend ungenutztes Potential zur Gestaltung der Stadtlandschaft dar: über Wasserläufe, Wasserspielplätze oder Wasserkunstwerke kann das Lebenselement Wasser in der Stadt sichtbar gemacht und eine „urbane Natur“ geschaffen werden. Anlagen zur Regenwasserversickerung stellen ein solches Gestaltungselement dar. Das Sichtbarmachen des Wassers in der Stadt kann dazu beitragen, ein zunehmendes Bewußtsein für die Wasserproblematik zu entwickeln und damit einen sparsamen Umgang mit Wasser zu erreichen. Ökologisch wünschenswerte Auswirkungen sind Kappen der Hochwasserspitzen, Erhöhung der Niedrigabflüsse, Verbesserung des Stadtklimas und Erhöhung der Grundwasserneubildung. Die Versickerung von Niederschlagswasser kann zu einer kleineren Dimensionierung der Regenwasserrückhaltebecken und zu einer erhöhten und ausgeglicheneren Reinigungsleistung in den Kläranlagen führen[1].

1.1 Ziele des Gutachtens

Das Gutachten gibt einen Überblick über die Möglichkeiten und Grenzen, in Wiesbaden Regenwasser zu versickern. Voraussetzungen für eine Versickerung von Niederschlagswasser sind: einerseits müssen die Böden in der Lage sein, die durch Zuleitung von versiegelten Flächen vervielfachte Wassermengen zu versickern, ohne dass Vernässungsschäden an Gebäuden auftreten; andererseits muss ein Schutz des Grundwassers vor Schadstoffeinträgen gewährleistet sein. Das Gutachten liefert notwendige Grundlagen zur Schaffung einer Versickerungssatzung; zur Planung der Entwässerung in Neubaugebieten bzw. zu deren Umstellung im Bestand ermöglicht das Gutachten eine Ersteinschätzung; desweiteren können die Informationen des Gutachtens zur inhaltlichen Genehmigung einzelner Anlagen herangezogen werden.

1.2 Vorgehensweise

Die rechtlichen Anforderungen zu Regenwasserversickerung (Wasserhaushaltsgesetz, Hessisches Wassergesetz, Hessisches Nachbarrecht, Wiesbadener Trinkwasserschutzgebietsverordnungen) und deren Umsetzung in den technischen Normen und erläuternden Publikationen der Abwassertechnischen Vereinigung (ATV 1992 & 1995) bilden den Ausgangspunkt des Gutachtens: diese Vorgaben werden für die Wiesbadener Verhältnisse umgesetzt – teilweise mittels Ergänzungen und weiteren Differenzierungen. Ergebnis sind Flächenausweisungen in der Karte, sofern eine direkte

---

[1] Feldmann 1992 errechnete – bei einer Reduzierung der abflußwirksamen Fläche um 47 % – eine Entlastungswassermenge von 43 %; der Spitzenwasserabfluß wurde um 31 % vermindert; das Volumen von Regenwasserrückhaltebecken ließe sich um 49 % reduzieren.

Umsetzung möglich ist; Aspekte, die sich nicht flächenhaft umsetzen ließen[2], wurden über Kriterienlisten erfasst: vor der Einstufung eines Grundstückes als zur Versickerung von Regenwasserversickerung geeignet müssen diese herangezogen, abgeprüft und eventuelle Einschränkungen berücksichtigt werden.

1.3 Materialien

Die Beurteilung der Schadstoffbelastung Wiesbadens erfolgte in erster Linie über den Luftreinhalteplan Rhein-Main und Gutachten zu Altflächen, Grundwasserschäden sowie Baugrunduntersuchungen, ergänzt durch Gespräche mit Fachleuten. Grundlage der Flächeneinstufung bezüglich deren Eignung zur Versickerung von Niederschlägen bilden die bodenkundliche Karte, die geologische Karte und die Karte der Bodenschätzung. Daten aus den Archiven der Hessischen Landesanstalt für Bodenforschung und des Katasteramts, bodenkundliche und (hydro-) geologische Gutachten des Tiefbau und Umweltamtes, sowie Gespräche mit ortskundigen Fachleuten wurden zur Ergänzung und Überprüfung des Kartenmaterials herangezogen. Die Bewertung der erhobenen Daten erfolgte unter Auswertung der Fachliteratur zu Regenwasserversickerung und auf Grundlage zahlreicher Gespräche mit Fachleuten auf dem Gebiet der Regenwasserversickerung aus Wissenschaft und Praxis.

2 Grundwasserschutz bei Regenwasserversickerung

Regenwasserversickerung bedeutet eine Erhöhung des Schadstoffbelastungspotentials im Bereich der Sickeranlagen:

- die vervielfachte Wasserzufuhr bedeutet in der Regel auch eine vervielfachte Zufuhr an Schadstoffen;
- das Abspülen von Schadstoffen der Abflußflächen kann die Schadstoffzufuhr weiter erhöhen;
- anaerobe Verhältnisse im Boden – durch verlängerte nasse Phasen – können die Mobilität von Schadstoffen erhöhen;
- die erhöhten Sickerraten können eine erhöhte Schadstoffauswaschung zur Folge haben.

Grundwasserschutz bei Regenwasserversickerung muss deshalb der besonderen Beanspruchung des Filterpotentials der Böden bei Regenwasserversickerung Rechnung tragen: Niederschlagsabflüsse, die das Filtervermögen der Böden überbeanspruchen, dürfen nicht versickert werden oder müssen zuvor gereinigt werden.

---

[2] Punktförmige Emissionsquellen, bspw. Gewerbebetriebe unterliegen häufigen Ortswechseln und sind aufgrund des Kartenmaßstabs nicht darstellbar.

2.1 Vorgaben zum Grundwasserschutz

Das Arbeitsblatt A 138 der Abwassertechnischen Vereinigung (ATV 1992) enthält folgende Vorgaben, um den – im Wasserhaushaltsgesetz und Hessischen Wassergesetz geforderten – Boden- und Grundwasserschutz bei dezentraler Regenwasserversickerung zu gewährleisten:

- es wird „nicht schädlich verunreinigtes Niederschlagswasser“ vorausgesetzt, das aus „nicht durch Emission oder Immissionen besonders beeinflußten Gebieten“ – stammt;
- es dürfen „keine anthropogenen Verunreinigungen des Untergrundes oder geogene Stoffanreicherungen mit hohem Freisetzungspotential“ vorhanden sein (ATV 1995); ein Mindestabstand zur Grundwasseroberfläche muss eingehalten werden;
- die Wasserleitfähigkeit des Bodens darf einen Wert von 5 x 10-3 m/s nicht überschreiten[3];
- innerhalb der Schutzzonen I und II von Heil- und Trinkwasserschutzgebieten ist die Versickerung von Niederschlagswasser- generell untersagt.

Während sich die letzten drei Kriterien direkt umsetzen lassen, erfordern die ersten drei Kriterien weitere Präzisierungen. Auf Grundlage des Vorschlags der ATV-Arbeitsgruppe „Versickerung von Niederschlagswasser“ (ATV 1995) werden die abflußliefernden Flächen anhand ihrer Nutzung (Wohngebiete, Verkehrsflächen, Industriegebiete) unterschieden; die Niederschlagsabflüsse werden als „unbedenklich“, „tolerierbar“ und „nicht tolerierbar“ eingestuft (Abbildung 1). Das vorliegende Gutachten setzt diesen Vorschlag für die Wiesbadener Verhältnisse um; gleichzeitig werden Begriffe wie „nicht schädlich verunreinigtes Niederschlagswasser“ oder „nicht durch Emission oder Immission besonders beeinflusste Gebiete“ präzisiert, differenziert und ergänzt.

2.2 Schadstoffgruppen und -eintragspfade

Grundlage der Ermittlung und Einstufung der relevanten Schadstoffe bildet

- einerseits der Luftreinhalteplan Rhein-Main (HMUEB 1991), der die mengenmäßig wichtigsten in Wiesbaden emittierten Stoffe enthält, und
- andererseits zahlreiche Fachveröffentlichungen über das Vorkommen von Schadstoffen in Niederschlägen, in Stadtböden, bei Regenwasserversickerung und im Grundwasser.

Das Verhalten von Schadstoffen im Boden kann – sofern keine außergewöhnlich hohen Konzentrationen vorliegen – über drei Eigenschaften beschrieben werden:

- die Stoffe werden im Boden abgebaut bzw. gepuffert (Säurebildner und abbaubare organische Verbindungen);
- die Stoffe reichern sich im Boden an (Schwermetalle und bodenimmobile organische Verbindungen);

---

[3] Aufgrund der kurzen Verweildauer im Boden wäre eine ausreichende Reinigung des versickernden Wasser nicht mehr gewährleistet.

- die Stoffe werden mit dem Sickerwasser verlagert oder ausgewaschen (bodenmobile organische Verbindungen).

Nach diesem Verhalten können folglich drei Schadstoffgruppen unterschieden werden.

In Bezug auf Regenwasserversickerung lassen sich drei relevante Eintragspfade für Schadstoffe identifizieren:

- über die Niederschläge flächenhaft eingetragene Schadstoffe,
- durch Abspülen von Hofflächen (Industrie- und Gewerbebetriebe) sowie von Verkehrsflächen verursachte Schadstoffeinträge,
- Mobilisierung und Auswaschung bereits im Boden vorhandener Schadstoffe (Altflächen).

Zwischen dem Eintragspfad „Niederschlag" und den beiden Eintragspfaden „Hof-/Verkehrsflächen" und „Ablagerungen" bestehen erhebliche Unterschiede in der Menge der eingetragenen Schadstoffe: die Stoffeinträge über den Eintragspfad „Niederschlag" sind wesentlich geringer. Diese Bewertung des Eintrags an Schadstoffen über Niederschläge bei Regenwasserversickerung (vgl. Grothehusmann 1995) gilt auch für Wiesbadener Verhältnisse: Die Auswertung des Luftreinhalteplans Rhein-Main (HMUEB 1991) ergab eine – gegenüber der Verteilung der emittierten Mengen – sehr gleichmäßige Verteilung der Luftschadstoffe, ohne Hinweise auf für den Grundwasserschutz bedrohliche Schadstoffgehalte in der Luft zu geben. Des weiteren zeigt der Luftreinhalteplan Rhein Main (HMUEB 1991) für Wiesbaden eine deutliche Reduktion der emittierten Schadstoffe in der Vergangenheit und prognostiziert eine weitere Abnahme für die Zukunft.

Abbildung 1: Qualitative Bewertung der Niederschlagsabflüsse in Abhängigkeit der Flächennutzung (Quelle: ATV 1995).

	Fläche/Gebietsdefinition	Bewertung des Niederschlagsabflusses
1.	Dachflächen in Wohn- und vergleichbaren Gewerbegebieten	unbedenklich
2 3 4. 5 6. 7. 8. 9.	Rad- und Gehwege in Wohngebieten Hofflächen in Wohn- u. vergleichbaren Gewerbegebieten Straßen DTV < 2 000 Kfz Dachflächen in sonstigen Gewerbe-/Industriegebieten Straßen mit DTV 2 000 bis 15 000 Kfz Parkierungsflächen Straßen mit DTV > 15 000 Kfz Landwirtschaftliche Hofflächen	tolerierbar
10.	Hofflächen und Straßen in sonstigen Gewerbe-/Industriegebieten	nicht tolerierbar

Im folgenden wird für die oben genannten Eintragspfade und Schadstoffgruppen untersucht, ob die Gefahr einer Anreicherung im Boden oder Auswaschung ins Grundwasser besteht. Ist dies der Fall, werden, sofern möglich, Maßnahmen zur Verhinderung von Immissionen vorgeschlagen; ansonsten werden die betroffenen Flächen als nicht zur Versickerung von Niederschlägen geeignet eingestuft.

2.3 Schadstoffeintragspfade und Grundwasserschutz

Die unterschiedlichen Schadstoffgruppen und die unterschiedlichen Eintragspfade erfordern verschiedene Schutzstrategien für die Umweltmedien Boden und Grundwasser. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die drei Eintragspfade von Schadstoffen bei Regenwasserversickerung und entsprechende Verbote und Einschränkungen, um den notwendigen Grundwasserschutz zu gewährleisten.

Einträge an Schwermetallen und Säurebildnern über Niederschläge

Der pH-Wert eines Bodens beeinflusst maßgeblich die Löslichkeit von Schwermetallen und damit deren Auswaschungsgefährdung. Böden mit niedrigen pH-Werten sind nicht in der Lage, Schwermetalle zurückzuhalten; sie sind deshalb *nicht* zur Versickerung von Niederschlagswasser geeignet[4]. Anhand der Bodenkarte wurden diejenigen Flächen mit versauerten Böden identifiziert und gekennzeichnet; Grenze bildete ein pH-Wert von 6,0. Versauerte Böden entstehen in Wiesbaden in erster Linie aus dem Verwitterungsmaterial der an den Taunushängen anstehenden Festgesteine Serizerit-Gneis, Phyllit und Bunte Schiefer[5].

Diese Einteilung der Böden – anhand deren pH-Wert -wird durch das Merkblatt 212 „Filtereigenschaften des Bodens gegenüber Schadstoffen“ des Deutschen Verbands für Wasserbau und Kulturtechnik (DVWK) bestätigt. Dieses Merkblatt erlaubt die Bestimmung eines schadstoff- und standortspezifischen Bodenfiltervermögens für Schwermetalle (DVWK 1988); die Bewertung des Bindungsvermögens der Böden erfolgt in fünf Stufen: „sehr gering“, „gering“, „mittel“, „hoch“ und „sehr hoch“. Die Schadstoffmessungen in Wiesbadener Böden aus dem Luftreinhalteplan Rhein-Main (HMUEB 1991; Wannemacher 1991) zeigen vor allem Anreicherungen der beiden Schwermetalle Blei und Nickel. Eine flächendeckende Abschätzung des Bindungsvermögens der Böden Wiesbadens für diese beiden Schwermetalle – anhand des DVWK-Merkblattes – zeigt, dass sämtliche Böden mit einem pH-Wert von mindestens 6 der höchsten Stufe des Filterpotentials – „sehr hoch“ – zuzuordnen sind; die ausgeschlossenen Böden mit niedrigem pH-Wert werden mit „mittel“ und „gering“ – bezüglich ihres Bindungsvermögens – bewertet. Tabelle 2 zeigt die Ergebnisse der Auswertung das Bodenfiltervermögens; die Böden Wiesbadens wurden in 12 Gruppen zusammengefasst.

Böden mit niedrigen pH-Werten sind außerdem nicht in der Lage, versauerte Niederschläge abzupuffern; langfristig ist durch Sickerwässer mit niedrigen pH-Werten eine Versauerung der Grundwässer zu erwarten. Bei Regenwasserversickerung stellt

---

4 Durch eine Kalkung der Versickerungsflächen ließe sich der Gefahr einer Schwermetallmobilisierung und –auswaschung begegnen.

5 Teilweise sind die Taunushänge – und damit diese Gesteinsformationen – mit einer kalkhaltigen Lößdecke bedeckt; auf diesen Standorten ist ein ausreichend hoher ph-Wert des Oberbodens gegeben. Zudem weisen Stadtböden – durch Beimischungen kalkhaltigen, anthropogenen Materials – oft einen höheren ph-Wert aus.

sich dieses Problem nicht, da der saure pH-Wert der Niederschläge im Abflußwasser um mehrere pH-Einheiten in den neutralen Bereich angehoben wird – einerseits durch den Kontakt mit den Oberflächenmaterialien von Dach-, Hof- und Straßenflächen; andererseits durch Reaktionen mit Staubpartikeln (Bullermann & Klein 1989; Förster 1993). Da der pH-Wert der Böden, und damit ihre Pufferkapazität gegenüber Säurebildnern, bei der Bestimmung ihres Filtervermögens gegenüber Schwermetallen berücksichtigt wurde, ist in jedem Fall ein ausreichender Schutz gewährleistet.

Tabelle 1: Klassifizierung der Schadstoffeintragspfade und Einschränkungen der Versickerung zum Schutz des Grundwasssers.

Schadstoff-quelle	**Schadstoff-eintrag**	**Versickerung**	**Grundwasserschutz**
Niederschläge	Lufteintrag von Schadstoffen	Versickerung	Natürliches Reinigungsvermögen der belebten Bodenschicht (teilweise Melioration durch Aufkalkung)
Verkehrsflächen Hofflächen	Abspülen von Schadstoffen	Verbot	Ausnahmen bei Vorreinigung, regelm. Bodenaustausch, Flächenversickerung, Versickerung über belebte Bodenschicht (in Abhängigkeit der Belastung)
Altflächen	Mobilisierung von Schadstoffen	Verbot	Ausnahme: Versickerung auf benachbarten unbelasteten Grundstücken; branchenspezifische Einstufung von Verdachtsflächen

Tabelle 2: Rückhaltevermögen der Wiesbadener Böden gegenüber Blei, Nickel, Dieselöl, Anthraceen und Per.

Standort	**Bodeneigenschaften**					**Blei**	**Nickel**	**Dieselöl**	**PAK**	**PER**
Bodentyp	pH-Wert	Humus	Ton	Sesquioxide	Ton/Unterboden	**schadstoff- und bodenspezifische Bewertung des Rückhaltevermögens**				
Ranker	7,5	3	10		10	sehr hoch	sehr hoch	hoch	sehr hoch	gering
Rendzina	7,5	2,5	30	1	50	sehr hoch	sehr hoch	sehr hoch	sehr hoch	gering
Pararendzina	7,5	1,5	5	0,5	5	sehr hoch	sehr hoch	hoch	sehr hoch	gering
Braunerde (Sand)	7,5	2,5	10	0,5	0	sehr hoch	sehr hoch	hoch	sehr hoch	gering
Braunerde (Lehm)	7,5	2,5	20	1,5	10	sehr hoch	sehr hoch	sehr hoch	sehr hoch	gering
Braunerde (Ton)	7,5	2,5	40	1,5	30	sehr hoch	sehr hoch	hoch	sehr hoch	gering
Parabraunerde (pH 7)	7	2	20	1,5	20	sehr hoch	sehr hoch	sehr hoch	sehr hoch	gering
Parabraunerde (pH 6)	6	2	20	1,5	20	sehr hoch	sehr hoch	sehr hoch	sehr hoch	gering
Parabraunerde (pH 4)	4	2	10	1,5	10	sehr hoch	mittel	hoch	sehr hoch	gering
Pseudogley	4	5	10	2	30	sehr hoch	gering	hoch	sehr hoch	sehr gering
Gley	7	3	10	0,5	30	sehr hoch	sehr hoch	sehr hoch	sehr hoch	sehr gering
Auenböden	8	3	20	1	10	sehr hoch	sehr hoch	sehr hoch	sehr hoch	sehr gering

Einträge an organischen Verbindungen über Niederschläge

Eine belebte Oberbodenschicht aus Wurzeln, Bodenleben und Humus ermöglicht den Abbau und Rückhalt organischer Schadstoffe:

- Das Bodenleben ist in der Lage, abbaubare organische Verbindungen in unschädliche mineralische Verbindungen umzuwandeln;
- in der Humusschicht können nicht (oder nur langsam) abbaubare organische Verbindungen festgelegt und zurückgehalten werden.

Da sämtliche Böden in der Regel eine belebte Oberbodenschicht besitzen, wäre ein ausreichender Grundwasserschutz – für geringe Einträge über Niederschläge – prinzipiell gegeben. Bei verschiedenen Sickeranlagentypen wird die belebte Oberbodenschicht jedoch entfernt – Rigolen- und Röhrensickeranlagen und Sickerschächte. Für einen Schutz des Grundwassers vor Einträgen an organischen Verbindungen bieten sich folgende Regelungen an:

- Sickeranlagen mit einer belebten Oberbodenschicht (Mulden und Mulden-Rigolen) sind generell solchen ohne eine belebte Oberbodenschicht vorzuziehen;
- außerhalb des Gebietes des Lufreinhalteplanes[6] können in Ausnahmefällen auch Sickeranlagen ohne eine belebte Bodenschicht betrieben werden;
- Sickeranlagen ohne belebte Oberbodenschicht sollten weiterhin erlaubnispflichtig sein.

Neben den DVWK-Regeln für Bodenfiltervermögen gegenüber Schwermetallen existiert ein entsprechendes Konzept zur Abschätzung des Filtervermögens von Böden gegenüber organischen Verbindungen (Litz 1993). Die Wiesbadener Böden wurden entsprechend des Konzeptes mit und ohne belebten Oberboden klassifiziert; als Beispiel für einen abbaubaren Stoff wurde Dieselöl ausgewählt, für einen sich im Boden anreichernden Stoff ein PAK, Benzo(a)pyren. Während die Variante mit belebter Oberbodenschicht durchgehend ein hohes bis sehr hohes Bindungs- und Abbauvermögen zeigt, wird dieses bei der Variante ohne belebten Oberboden durchgehend als gering eingestuft[7]. Für organische Schadstoffe der Kategorien „abbaubar“ und „sich anreichernd“ wird die zentrale Bedeutung der Eigenschaften der belebten Bodenschicht für den Grundwasserschutz bestätigt; Tabelle 2 zeigt die Ergebnisse der Bewertung des Bodenfiltervermögens der in 12 Gruppen zusammen gefassten Wiesbadener Böden.

Aufgrund der erhöhten Schadstoffzufuhr (über die Zufuhr vervielfachter Niederschlagsmengen) in den Sickergruben wird vermutet, dass – aufgrund der Anreicherung von Schadstoffen – ein Austausch des belasteten Bodens der Sickeranlagen in Zeiträumen von mehreren Jahrzehnten erforderlich sein kann (ATV 1995). Zur Zeit

---

6 Das Gebiet des Luftreinhalteplans – im Sinne des Arbeitsblattes A 138 (ATV 1992) – „ein durch Emission und Immission besonders belastetes Gebiet“ ; hier ist eine Versickerung über die belebte Bodenschicht unumgänglich.

7 Der ph-Wert der Böden spielt dagegen keine oder nur eine untergeordnete Rolle.

existieren weder wissenschaftliche Langzeituntersuchungen noch konkrete Empfehlungen für die Praxis. Der Luftreinhalteplan prognostiziert eine weitere Abnahme der Luftschadstoffemissionen; die Zeitspannen, in denen ein Bodenaustausch notwendig würde, vergrößern sich weiter.

Bodenmobile Spurenschadstoffe, wie leichflüchtige Chlorkohlenwasserstoffe oder BTX-Aromate, lassen sich in geringen Konzentrationen in Niederschlägen, Sickerwasser und Grundwasser nachweisen (Schleyer et al. 1994). Das Rückhaltevermögen der Böden für solche Stoffe ist generell gering, wie Bewertung des Rückhaltevermögens der Wiesbadener mit dem Verfahren nach Litz 1993 bestätigt (Tabelle 2). Für diese Stoffgruppen können – sowohl unter natürlichen Verhältnissen als auch bei Regenwasserversickerung – Grundwasserbelastungen – auch bei den sehr geringen Konzentrationen in den Niederschlägen – nicht ausgeschlossen werden. Grundwasserschutz ist nur über eine Reduktion der Emissionen zu erreichen.

Schadstoffeinträge über Abschwemmung von Hofflächen

Den mengenmäßig relativ geringen Einträgen an Mikroschadstoffen über Niederschläge stehen deutlich höhere Schadstoffeinträge durch Abschwemmungen von Hofflächen von Industrie- und Kleingewerbebetrieben gegenüber. Betriebliche Emissionen entstehen beim Umfüllen, durch Spritzer, durch Abtropfen von Stoffen, als Lagerungsverluste oder als Abgase; sie gelangen auf die Hofflächen und werden mit dem Niederschlagsabflußwasser abgespült. Die Zusammensetzung der Schadstoffe im Abflußwasser der Hofflächen ist branchentypisch.

Grundlage der Zuordnung von Schadstoff(grupp)en zu einzelnen Branchen bilden branchentypische Schadstofflisten zur Altflächenerkundung; (von Hofflächen abgeschwemmte Schadstoffe stellen einen Eintragspfad, der zur Entstehung von Altflächen führen kann, dar). Die für den Boden- und Grundwasserschutz besonders kritischen Stoffgruppen sind bodenmobile und sich im Boden anreichernde Schadstoffe; sie stehen bei der Betrachtung des Eintragpfades „Hofflächen“ im Mittelpunkt. Die Einstufung basiert auf folgenden Studien, Schriften und Regelwerken:

- Luftreinhalteplan Rhein-Main – 1. Fortschreibung (HMUEB 1991),
- Bundes-Immissionsschutz-Gesetz (BImschG),
- Branchentypische Inventarisierung von Bodenkontaminationen – ein erster Schritt zur Gefährdungsabschätzung ehemaliger Betriebsgelände (UBA 1986),
- Altlastenhandbuch – Teil 1: Altlastenbewertung (MELUF BW 1987),
- Inventarisierung von Bodenkontaminationen auf Geländen mit ehemaliger Nutzung aus dem Dienstleistungsbereich (UBA 1989),
- Informationsschrift Altlasten und Altablagerungen (LAGA 1993).

Die erstellte Branchenliste (Tabelle 3) gibt diejenigen Betriebstypen an, bei denen eine Versickerung des Abflußwassers der Hofflächen eine Verunreinigung des Grundwassers nicht aussschließen lässt; die einzelnen Branchen sind mit den Bezeichnungen und Nummern der „Branchenliste der LH Wiesbaden“ aufgeführt.

Landwirtschaftsbetriebe[8] und Betriebe, die nur aufgrund des Schadstoffs „Mineralöl“ erfasst werden (in der Tabelle mit * gekennzeichnet), können das Niederschlagswasser von Hofflächen versickern, falls für eine ausreichende Vorreinigung – entsprechend § 19g Wasserhaushaltsgesetz – in einem nach unten abgedichteten Absetzbecken gesorgt wird. Um Schadstoffeinträge durch Unfälle zu verhindern, ist außerdem eine Möglichkeit, den Wasserzufluß in die Sickergrube zu unterbrechen.

Tabelle 3: Verbote bzw. Einschränkungen der Versickerung von Niederschlagsabflusswasser von Hofflächen einzelner Industrie- bzw. Gewerbebranchen.

Branchen	Nummer	Stoffe
Bekleidung, Textil, Leder	120	Schwermetalle, Mineralöl, Säuren
Chemie, Pharmazeutik, Kosmetik, sanitärer und Pflegebedarf	130	sämtliche Schadstoffe
Elektrotechnik, Feinmechanik, Optik, Schmuck- und Spielwaren	150	Schwermetalle, BTX, LCKW
Papier, Papierwaren, Druckerzeugnisse	160 854	Schwermetalle, BTX, Säuren
Fahrzeuge und Maschinen	170	Schwermetalle, MIneralöl, LCKW
Metallwaren, Holz, Holzwaren, Glas, Bau- und Installationsbedarf	180	BTX, Schwermetalle, Säuren, PAK, Pestizide
Kfz-Handwerker, Lackierer, Karosseriebauer, Einzelhandel mit Kraftfahrzeugen, Teilen und Zubehör	245 271 273 274 372	Mineralöl, LCKW
Einzelhandel mit Brennstoffen, Heizöl, Mineralölerzeugnissen, Tankstellen*	341 343 345 349	Mineralöl, BTX
Großhandel mit Brennstoffen, Heizöl und Mineralölerzeugnissen*	441 443 445 446 449	Mineralöl, BTX
Chemische Reinigungen und Färbereien	224 623 626	LCKW
Verkehrsgewerbe*	671 673-677 691	Mineralöl
Land- und Forstwirtschaft, Weinbau*	819	Pestizide, Mineralöl, Mineraldünger
Energieerzeugung	842	BTX, PAK, Schwermetalle, Säuren
Schrottverwertung, Altmaterial	880	Mineralöl, Schwermetalle, BTX, LCKW

8 Voraussetzung ist ein Verzicht auf Pestizide (ökologisch wirtschaftende Betriebe) oder ein ordnungsgemäßer Umgang mit Pestiziden und Düngemitteln bei Lagerung, Abfüllung, Reinigung und Entsorgung.

Schadstoffeinträge über Abschwemmung von Verkehrsflächen

Abrieb von Reifen- und Bremsmaterial, Verluste an Treib-, Schmierstoffen und Frostschutzmitteln, Abrieb von Straßenmaterial und Abgase lagern sich (teilweise) auf den Verkehrsflächen ab und werden mit den Niederschlägen abgespült. Das Abflusswasser enthält deutlich erhöhte Konzentration an Schwermetallen und organischen Schadstoffen; bei dessen Versickerung besteht ein wesentlich höheres Gefährdungspotential für das Grundwasser als bei Versickerung des Dachabflusswassers. Der aktuelle Arbeitsbericht der Arbeitsgruppe „Niederschlagsversickerung" (ATV 1995) teilt die Verkehrsflächen in Gruppen mit unterschiedlichem Gefährdungspotential ein; eine ähnliche Kategorisierung findet sich im Merkblatt „Beseitigung des Niederschlagswasser von befestigten Verkehrsflächen" des Bayrischen Landesamts für Wasserwirtschaft (BLW 1991). Diese beiden Listen wurden kombiniert, sowie teilweise ergänzt (Parkierungsflächen) und weiter differenziert (Wiesbadener Wasserschutzgebiete). Tabelle 4 stellt diesen Kategorien die geforderten Einschränkungen bei der Auswahl der Versickerungstechniken bzw. ein Verbot der Versickerung von Niederschlägen gegenüber.

Niederschlagswasser viel befahrener Straßen und häufig frequentierter Parkplätze stellen eine Bedrohung des Grundwassers dar (Golwer 1991; Remmler & Schöttler 1995). Für einen umfassenden Grundwasserschutz ist eine Vorreinigung oder ein regelmäßiger Austausch des Bodens erforderlich; der Bodenaustausch könnte mit dem „Bankettschälen"[9] verbunden werden. Größere Parkierungsflächen (mehr als 100 Stellplätze) erfordern eine Versickerung über Grünstreifen zwischen den Parkplätzen, die eine regelmäßige Entfernung des Bankquettschälgutes erlauben; eine Versickerung über durchlässige Beläge ist nicht möglich, da ein Bodenaustausch aus ökonomischen Gründen nicht durchführbar ist. Ist aus Gründen der Verkehrssicherheit ein Einsatz von Tausalz bei Schnee und Eis notwendig, ist eine Versickerung des Abflusswassers dieser Verkehrsflächen nicht möglich. Die Tausalze selbst sind bodenmobil und können ausgewaschen werden; außerdem mobilisieren Tausalze andere Schadstoffe, die dann ins Grundwasser ausgewaschen werden können; desweiteren verschlämmen Böden mit hohen Salzgehalten: die Bodenstruktur und der Porenraum werden zerstört; die Wasserleitfähigkeit wird herabgesetzt.

Schadstoffeinträge durch Mobilisierung aus Dachmaterialien

Die Oberflächenmaterialien von Dachflächen können sowohl Schadstoffe zurückhalten als auch freisetzen (Bullerman & Klein 1989; Förster 1993). In Neubaugebieten sollte – bei geplanter Regenwasserversickerung – auf Dachmaterialien mit einem schadstofffreisetzenden Potential verzichtet werden: Dachmaterialien aus Kupfer

---

9 Abgestorbene Pflanzen und von den Straßen abgeschwemmte Partikel führen zu einem „Höhenwachstum" der Böden am Straßenrand; dieses sogenannte Bankquett muss regelmäßig entfernt werden, sonst staut sich das Niederschlagswasser auf den Straßen und gefährdet die Verkehrssicherheit; mit dem Bankquettschälgut wird auch ein Großteil der Schadstoffe entfernt.

und Zink führen zu einer hohen Kupfer- bzw. Zinkbelastung der Abflusswässer und der Böden in den Versickerungsmulden (Boller & Häflinger 1996); Dachoberflächen aus Teer (Bitumen) weisen ein geringes Puffervermögen gegenüber Säuren auf. Begrünte Dächer und Kiesdächer weisen ein hohes Rückhaltevermögen für Schadstoffe auf. Dächer aus Tonziegeln oder Eternit (Faserzement) verhalten sich gegenüber verschiedenen Schadstoffen unterschiedlich, ohne überdurchschnittliche Veränderungen hervorzurufen.

Tabelle 4: Verbote bzw. Einschränkungen der Versickerung von Niederschlagsabflusswasser von Verkehrsflächen.

Art der Verkehrsfläche	**Versickerungsmöglichkeiten**
Straßen in Wasserschutzgebieten (Zone I und II)	keine Versickerung
Straßen in Wasserschutzgebieten (Zone III/alte VO)	keine Versickerung
Straßen in Gewerbe- und Industriegebieten	keine Versickerung
Parkierungsflächen (Umschlag wassergefährdender Stoffe)	keine Versickerung
Straßen (DTV größer 15000 Kfz) Parkierungsflächen über 100 Kfz	Flächenversickerung & regelm. Bodenaustausch oder Versickerung nach Vorreinigung
Straßen in Wasserschutzgebieten (Zone III/neue VO)	Flächenversickerung Muldenversickerung (nur IIIb)
Straßen (DTV bis 15000 Kfz) Parkierungsflächen bis 100 Kfz	Flächen- und Muldenversickerung
Rad- und Gehwege in Wohngebieten	Flächen- und Muldenversickerung
(DTV= durchschnittlicher täglicher Verkehr)	

Erfassung der Schadstoffeinträge durch Mobilisierung aus Altflächen

Ablagerungen im Sinne der §§ 74 und 77 (HWG)können durch Regenwasserversickerung mobilisiert werden, so dass dann eine Gefährdung des Grundwassers zu besorgen ist. Auf Flächen, auf denen solche Ablagerungen bekannt sind oder vermutet werden, darf deshalb kein Niederschlagswasser versickert werden. Eine Versickerung des Niederschlagswassers von diesen Flächen ist auf angrenzenden, unbelasteten Flächen möglich; diese Alternative ist vor allem für Neubaugebiete interessant, bei denen auf ein Misch- oder Trennkanalsystem verzichtet werden soll.

Die noch zunehmende Kenntnis von Ablagerungen und deren sich evt. ändernde Bewertung erfordert einen laufende Aktualisierung der Daten; deshalb ist eine Über-

nahme des derzeitigen Stands in die Karte nicht sinnvoll. Die Ermittlung von Ausschlussflächen erfolgt anhand von Kriterien und Listen. Auszuschließen sind:

- Alle Ablagerungen, die auf der Liste „Verdachts- und Altflächen der LH Wiesbaden“, geführt bei dem Sachgebiet 360301 AG 1 im Umweltamt Wiesbaden, erfasst werden. Werden Flächen aus dieser Liste saniert, so ist in einer Einzelfallprüfung festzustellen, ob bzw. unter welchen Bedingungen eine Versickerung möglich ist.
- Für die Stadt Wiesbaden existiert ein Kataster der Gewerbeanmeldungen, das zur ungefähr 6000 Flächen umfasst. Zur Einstufung dieser Flächen bezüglich deren Eignung zu Regenwasserversickerung kann die Branchenliste des Abschnittes „Schadstoffeinträge über Abschwemmungen von Hofflächen“, herangezogen werden. Flächen, auf denen Gewerbe abgemeldet wurden, in denen nach der Branchenliste Einschränkungen bzw. Verbote der Regenwasserversickerung bestehen, müssen weiterhin von der Versickerung ausgenommen werden.
- Die Böden des Gebietes oberhalb des Kranzplatzes weisen hohe – wahrscheinlich durch die Heilquellen verursachte – Arsengehalte natürlichen Ursprungs auf; dieses Gebiet ist bezüglich der Eignung zu Regenwasserversickerung anthropogenen Ablagerungen gleichzustellen: eine Versickerung von Niederschlagswasser würde eine potentielle Bedrohung des Grundwassers darstellen. Ergeben weitergehende Untersuchungen eine Vergrößerung des von Arsenbelastungen betroffenen Gebietes, müssen die zusätzlichen Flächen ebenfalls von der Versickerung von Niederschlägen ausgeschlossen werden; umgekehrt erlaubt eine Eingrenzung des Gebietes, eine Freigabe der entsprechenden Flächen zur Versickerung von Niederschlägen. Stadtböden weisen oft erhöhte Schadstoffgehalte auf; für eine flächendeckende Beurteilung sämtlicher Wiesbadener Böden ist keine ausreichende Datengrundlage vorhanden. Im Gegensatz zu den berücksichtigten Altflächen und potentiellen Altflächen stellen Stadtböden allerdings ein weitaus geringeres Risiko dar.

2.4 Weitere Kriterien zum Grundwasserschutz

Mindestabstände zur Grundwasseroberfläche

Der Erlass des Hessischen Umweltministeriums vom 30.5.1994 zum § 51 (3) des Hessischen Wassergesetzes schreibt für sämtliche Sickeranlagen einen Mindestgrundwasserabstand von 1,50 m vor, um eine ausreichende Reinigung der Sickerwässer zu gewährleisten. Entscheidend für den Abstand ist nicht die Oberfläche des Geländes, sondern die Tiefenlage der versickernden Bodenschicht: eine Sickeranlage mit einer 0,50 m tiefen Mulde würde folglich einen Mindestgrundwasserabstand von 2,00 m erfordern. Auenböden und Gleyböden sind durch anstehendes Grundwasser im obersten Meter des Bodens gekennzeichnet; sie sind also zur Versickerung von Niederschlagswasser nicht geeignet. Anhand des vorliegenden Kartenmaterials wurden die entsprechenden Flächen – vor allem entlang der Taunusbäche – gekennzeichnet.

Für die Flächen am Rheinufer wurden ungefähr 150 Grundwasserstände von Brunnen und aus geologischen Profilen ausgewertet: an wenigen Stellen ließen sich zwar

Grundabwasserstände, die einen Mindestabstand von 2,00 m unterschritten, feststellen; in deren Umgebung sind jedoch regelmäßig deutlich tiefere Grundwasserstände vorhanden. Weitere Hinweise auf hohe Grundwasserabstände gaben Informationen über den Bau wasserdichter Keller (Architekturbüros) und Hochwasserschäden (Berufsfeuerwehr).

- Von Wassereintritten in das Kanalsystem – infolge hoher Grundwasserstände – sind in erster Linie die Gebiete der Innenstadt betroffen.
- Mit wasserdichten Kellern bzw. Drainagen werden in erster Linie Gebäude an Hangflächen versehen.
- Einsätze der Feuerwehr wegen vernässter Keller bei Hochwässer fanden in den letzten Jahren nur in den direkt an das Rheinufer angrenzenden Straßenzügen statt.

Neben den grundwasserbeeinflussten Böden wurden die direkt an das Rhein- und Mainufer angrenzenden Flächen – infolge zumindest zeitweise zu hoher Grundwasserstände – als zur Versickerung von Niederschlagswasser nicht geeignet eingestuft.

Wasserschutzgebiete

In den Schutzzonen I und II der Trinkwasserschutzgebiete ist eine Versickerung von Niederschlägen generell untersagt (ATV 1992); gleiches gilt für die Schutzzonen I und II der Wiesbadener Heilquellen. Niederschlagswasser von Dächern kann in den Zonen IIIA und IIIB der Trinkwasserschutzgebiete und den Zonen III und IV der Heilquellenschutzgebiete versickert werden. Die Verordnung zum Schutz der Trinkwassergewinnungsanlagen von 1980 verbietet die Versickerung von Niederschlagswasser von Verkehrsflächen auch in Zone III; hiervon sind die Trinkwasserschutzgebiete im Norden Wiesbadens (Stollen im Taunus) und das Trinkwasserschutzgebiet Erbenheim betroffen. Für die restlichen Trinkwasserschutzgebiete gelten die Hinweise der „Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete“ (DVGW 1975) und der „Richtlinien für bautechnische Maßnahmen an Straßen in Wassergewinnungsgebieten“ (FGSV 1982). Flächenversickerung über die Straßenschulter mit einer belebten Oberbodenschicht ist in der Zone III erlaubt, zusätzlich eine Versickerung über Mulden mit belebter Oberbodenschicht in der Zone IIIB. Das nicht formal ausgewiesene Trinkwasserschutzgebiet „Petersaue“ und die nicht formal ausgewiesenen äußeren Schutzzonen der Heilquellenschutzgebiete wurden in der Karte nicht berücksichtigt.

Höchstwerte der Wasserleitfähigkeit

Flächen, die durch Kiese mit sehr hohen Leitfähigkeiten – über 5 x 10-3 m/s – gekennzeichnet sind, konnten nicht identifiziert werden.

3 Standorteignung für Regenwasserversickerung

Um eine zügige Ableitung des Niederschlagwassers zu gewährleisten und einen längeren Einstau von Wasser in den Sickeranlagen zu verhindern, werden nur Böden mit einer hohen Sickerleistung als geeignet betrachtet. Ein längerer Wassereinstau kann zur Zerstörung des Bodengefüges und des Porenraums führen: die Sickerleistung nimmt ab, es kommt zur Selbstdichtung der Anlage; gleichzeitig können anaerobe Verhältnisse bei längerem Wassereinstau zur Mobilisierung und Auswaschung von Schadstoffen führen.

3.1 Vorgaben zum Sickervermögen

Die Sickerleistung von Böden für ihre Eignung zur Regenwasserversickerung wird im ATV-Arbeitsblatt A 138 (ATV 1992) anhand der Wasserleitfähigkeit beurteilt; dieser Kennwert wird auch als Durchlässigkeitsbeiwert oder kurz als kf-Wert bezeichnet. Die Angabe der Wasserleitfähigkeiten in Zehnerpotenzen deutet schon auf sehr große Unterschiede in der Leistungsfähigkeit der Böden bezüglich deren Vermögen, Wasser abzuleiten, hin: Ein Boden mit einer um eine Zehnerpotenz höheren Wasserleitfähigkeit kann in der gleichen Zeit eine zehnfache Wassermenge ableiten. Mögliche Wasserleitfähigkeitswerte von Böden erstrecken sich über ein Dutzend Zehnerpotenzen: eine Wertespanne über drei Zehnerpotenzen wird als zur Regenwasserversickerung geeignet betrachtet; Orientierungswerte bilden eine Höchstleitfähigkeit 5 x 10-3 m/s (zu schnelle Ableitung für eine ausreichende Schadstoffreinigung) und eine Mindestleitfähigkeit 5 x 10-6 m/s (Gewährleistung einer effektiven Ableitung).

Exkurs: Kenngröße Wasserleitfähigkeit

Wasserleitfähigkeiten sind keine stabilen, unveränderlichen Eigenschaften von Böden: Wurzeln oder Regenwürmer lockern die Böden und erhöhen deren Wasserleitfähigkeit; Bodenverdichtungen – bspw. durch Befahren mit schweren Maschinen – dagegen senken die Leitfähigkeit. Stadtböden besitzen in vielen Fällen – aufgrund Beimischungen anthropogenen Materials mit gröberen Partikeln – höhere Wasserleitfähigkeiten (bspw. Wolff 1993). Schichten oder Horizonte eines Bodens können verschiedene Wasserleitfähigkeiten besitzen. Zur Beurteilung der Eignung für Regenwasserversickerung reicht eine ausschließliche Berücksichtigung des Oberbodens, der durch Wurzeln und Regenwurmgänge in der Regel günstigere Wasserleitfähigkeitswerte besitzt, nicht aus: Horizonte oder Schichten im Unterboden mit eventuell verminderter Wasserleitfähigkeit müssen ebenfalls berücksichtigt werden.

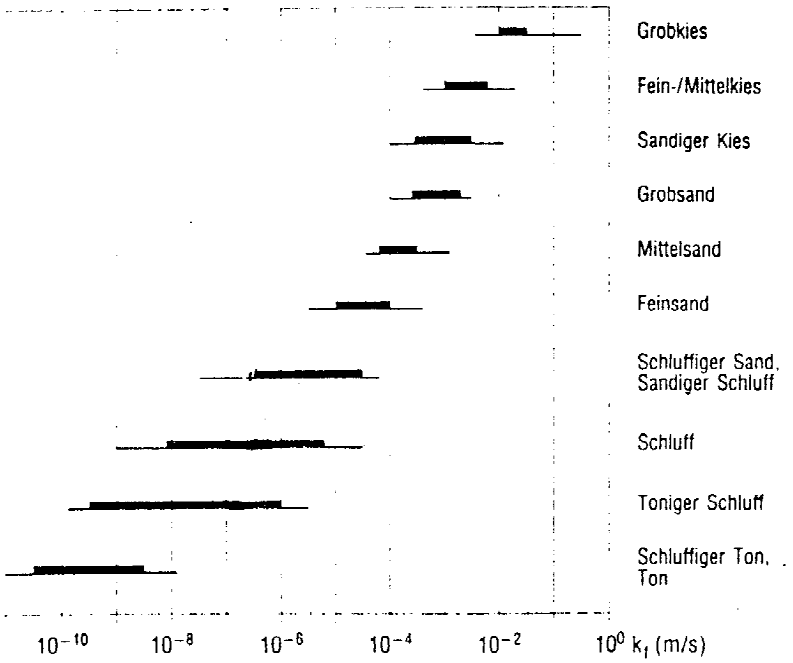
Während des Betriebs einer Sickeranlage wird eine Abnahme der Wasserleitfähigkeit vermutet: Verkrustungen der Oberfläche oder auf ihr abgelagertes Material können die Infiltration des Wassers in den Boden herabsetzen; feinkörniges, in den Boden eingeschwemmtes Material kann Bodenporen verstopfen; desweiteren kann die Wasserleitfähigkeit des Bodens durch Zerstörung des Bodengefüges (Sackungsdich-

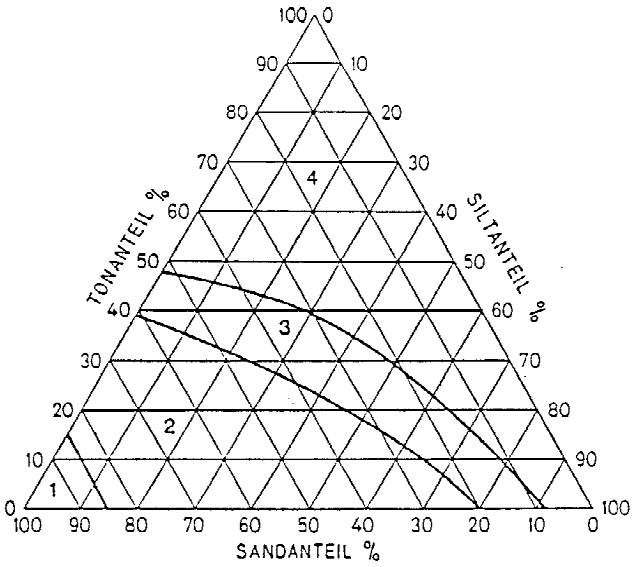
tung) herabgesetzt werden. Pflanzenwurzeln und Bodenleben wirken diesen betriebsbedingten Bodenverdichtungen entgegen (Selbstregeneration); folglich sind Sickeranlagen mit einer belebten Bodenschicht – nicht nur aus Gründen des Boden- und Grundwasserschutzes – sondern auch wegen der Selbstregeneration des Porenraumes, und damit der Wasserleitfähigkeit, vorzuziehen.

3.2 Abschätzung der Wasserleitfähigkeiten

Gemessene Wasserleitfähigkeitswerte liegen für das Stadtgebiet Wiesbadens nicht flächendeckend vor; eine direkte Umsetzung des Kriteriums Mindestwasserleitfähigkeit gemäß dem Arbeitsblatt A 138 der ATV ist somit nicht möglich; Wasserleitfähigkeiten lassen sich jedoch indirekt aus Bodenarten abschätzen. Das ATV-Arbeitsblatt A 138 enthält einen Vorschlag zu einer solchen Umschlüsselung (Abbildung 2); weitere Möglichkeiten wurden bodenkundlichen und hydrogeologischen Lehrbüchern (Scheffer & Schachtschabel 1989; Hartge & Horn 1991; Hölting 1992) sowie der bodenkundlichen Kartieranleitung (AG Boden 1994) entnommen. Desweiteren existiert ein Vorschlag zur direkten Bestimmung der Versickerungseignung von Böden anhand der Bodenarten (Boller 1988 / Abbildung 2).

Abbildung 2: Umschlüsselung von Bodenarten in Wasserleitfähigkeitsspannen (Quelle: ATV 1992) und Beurteilung des Sickervermögens anhand von Bodenarten (Quelle: Hantzsche et al. 1982 in Boller 1988).





Zone 1	Sehr gute Durchlässigkeit, geringe Filterwirkung
Zone 2	Gute Durchlässigkeit, geeignet für Versickerung von Abwasser
Zone 3	Mässige Durchlässigkeit, Perkolationstests
Zone 4	Ungeeignet für Versickerung

Grundlage der flächendeckenden Ermittlung der Bodenarten – und damit indirekt der Wasserleitfähigkeit – bilden folgende drei Karten:

- geologische Karte,
- bodenkundliche Karte,
- Bodenschätzungskarte.

Sofern die geologischen Verhältnisse im Untergrund die Versickerung von Niederschlagswasser – trotz günstiger Wasserleitfähigkeiten des Oberbodens – nicht erlauben, wurden diese zur Charakterisierung des Standortes herangezogen: solche Restriktionen bilden Festgesteine, tonig verwitternde Gesteine und hohe Grundwasserstände.

Sowohl die bodenkundliche Karte als auch diejenige auf Grundlage der Bodenschätzung weisen Lücken im Bereich der Wiesbadener Innenstadt auf. Über geologische Profile wurden diese Lücken in den Karten geschlossen; Quellen der geologischen Profile waren Baugrunduntersuchungen aus dem Archiv der Hessischen Landesanstalt für Bodenforschung, Altlastengutachten des Umweltamtes Wiesbadens, sowie weitere bodenkundliche und geologische Unterlagen und Gutachten des Umwelt- und Tiefbauamtes Wiesbadens. Die Angaben der geologischen Karte wurden mit fast 500 geologischen Profilen verglichen. Der geologische Untergrund bildet in der Regel das Ausgangsmaterial der Bodenbildung: Es ließ sich eine weitgehende Übereinstimmung – zwischen den Bodenarten der geologischen Profilen und denjenigen den Angaben der geologischen Karte – feststellen, so dass die geologische Karte zur Bestimmung der Bodenarten im Innenstadtgebiet herangezogen werden kann. Gebiete, in denen gehäuft Differenzen zwischen Untergrund und Profilen bestanden und/oder geologische Profile mit mächtigen anthropogenen Auffüllungen dominierten, wurden als anthropogen stark beeinflusste Gebiete abgegrenzt.

3.3 Standorttypeneinteilung

Die Flächen des Stadtgebietes Wiesbadens wurden in verschiedene Standorttypen mit unterschiedlichen Eigenschaften für Regenwasserversickerung eingeteilt:

- Standorte auf sandigem Untergrund (kf > 5 x 10-6 m/s),
- Standorte auf lehmigem Untergrund (kf um 5 x 10-6 m/s),
- Standorte auf tonigem Untergrund (kf < 5 x 10-6 m/s),
- Standorte auf klüftigem Festgestein (kein grundstücksbezogener kf-Wert),
- Standorte auf anthropogen verändertem Untergrund (unbekannter kf-Wert),
- Standorte mit grundwasserbeeinflussten Böden (vgl. Abschnitt „Mindestabstände zur Grundwasseroberfläche“).

Standorte auf sandigem Untergrund

Angaben zu Wasserleitfähigkeiten von Sanden (und lehmigen Sanden) liegen zwischen

- 1 x 10-3 m/s und 5 x 10-6 m/s (ATV 1992),
- 1 x 10-3 m/s und 1 x 10-5 m/s (Hölting 1992),
- 4 x 10-5 m/s und 2 x 10-6 m/s (AG Boden 1994),
- 4 x 10-3 m/s und 4 x 10-5 m/s (Scheffer & Schachtschabel 1989),
- 4 x 10-3 m/s und 4 x 10-5 m/s (Hartge & Horn 1991);

Die Leitfähigkeiten liegen in der Regel oberhalb der von der ATV geforderten Mindestleitfähigkeit von 5 x 10-6 m/s. Stau- oder Verdichtungshorizonte, die eine Versickerung beeinträchtigen würden, sind bei Sandböden nicht zu erwarten. Auf Sandstandorten ist – auch bei längerfristigem Betrieb – nicht mit einer Abnahme des Sickervermögens zu rechnen, sofern die Sickeranlagen sorgfältig gepflegt werden.

Eine Besichtigung bereits bestehender Sickeranlagen auf Wiesbadener Sandstandorten und Erkundigungen bei für deren Unterhalt zuständigen Personen bestätigen diese Einschätzung: es gab keine Probleme mit einer mangelnden Versickerungsleistung; auch wurden keine Beobachtungen über ein Nachlassen der Versickerungsleistung berichtet. Standorte auf sandigem Untergrund finden sich im Stadtgebiet Wiesbadens auf der Niederterrasse des Rheins im Bereich von Kostheim, Kastel und Amöneburg.

Exkurs: Versickerungseffektivität der Sandstandorte

Die Leistungsfähigkeit des Standorttyps „Sand“ für Regenwasserversickerung kann durch folgende Überschlagsrechnung veranschaulicht werden; folgende Annahmen wurden für diese Berechnung getroffen:

- die mittlere Jahresniederschlagshöhe in Wiesbaden beträgt 650 mm;
- das Verhältnis zwischen versiegelter Zuflussfläche und Muldenfläche zur Versickerung beträgt 10 zu 1: die Wasserzufuhr in die Sickergrube beträgt also 6 500 mm;
- die Wasserleitfähigkeit eines Sandstandortes wurde mit 1 x 10-5 m/s angenommen, einen für einen Sandstandort ungünstigen Wert;
- die Berechnung berücksichtigt keine Verdunstung.

Unter diesen für einen Sandstandort eher ungünstigen Annahmen ergibt sich folgende Bilanz: würde der gesamte verzehnfachte Jahresniederschlag von 6500 mm auf einmal zugeführt, so würden 8 Tage ausreichen, um ihn abzuleiten; während der restlichen 357 Tagen wäre die Sickermulde leer und der Muldenboden „trocken“.

Standorte auf lehmigem Untergrund

In der Literatur finden sich folgende Wertespannen für Wasserleitfähigkeiten von Lehmen:

- 5 x 10-5 m/s bis 1 x 10-8 m/s (ATV 1992),
- 1 x 10-5 m/s bis 1 x 10-9 m/s (Hölting 1992),
- 2 x 10-5 m/s bis 8 x 10-7 m/s (AG Boden 1994),
- 4 x 10-3 m/s bis 1 x 10-7 m/s (Scheffer & Schachtschabel 1989),
- 4 x 10-3 m/s bis 1 x 10-9 m/s (Hartge & Horn 1991).

Die Wasserleitfähigkeit der Bodenart Lehm kann sowohl dies- als auch jenseits der von der ATV gesetzten Mindestwasserleitfähigkeit liegen; eine pauschale Eignung dieser Standorte für Regenwasserversickerung ist somit – gemäß den Anforderungen des Arbeitsblattes A 138 der ATV – nicht gegeben[10]. An diese Verhältnisse angepasste Sickeranlagen benötigen einen Überlauf in Oberflächengewässer, Feuchtgebiete oder die Kanalisation, da bei außergewöhnlich hohen Niederschlagsereignissen das Sickervermögen und der Speicherraum nicht ausreicht.

Lehmstandorte besitzen oft Verdichtungs- oder Stauhorizonte im oberen Meter des Bodenprofils: die Sickerleistung des Gesamtbodens ist herabgesetzt. Beim Bau der Sickeranlage sollte dieser Bodenhorizont gegen Bodenmaterial mit einer höheren Wasserleitfähigkeit ausgetauscht werden. In Stadtböden existieren solche Verdichtungs- oder Stauhorizonte durch intensive Bodenumlagerungen bei Bautätigkeiten oft nicht mehr. Weite Teile der Innenstadt Wiesbadens, die südöstlichen Vororte, sowie Schierstein und Biebrich sind von Lehmdecken unterschiedlicher Mächtigkeit bedeckt.

Standorte auf tonigem Untergrund

Die Wasserleitfähigkeit von Tonböden wird in der Literatur über folgende Wertespannen charakterisiert:

- von 5 x 10-6 bis 1 x 10-11 m/s (ATV 1992),
- von 1 x 10-6 bis 1 x 10-9 m/s und kleiner (Hölting 1992),
- von 5 x 10-6 bis 1 x 10-7 m/s (AG Boden 1994),
- von 4 x 10-3 bis 1 x 10-9 m/s (Scheffer & Schachtschabel 1989),
- von 4 x 10-3 bis 1 x 10-8 m/s(Hartge & Horn 1991).

Tonstandorte sind für Regenwasserversickerung nicht geeignet: die Untergrenzen der Wasserleitfähigkeit von Tonböden liegen bereits im Bereich der geforderten Mindestwasserleitfähigkeit[11]. Höhere Wasserleitfähigkeitswerte beruhen auf Wurzel-

---

[10] Eine Überschlagsrechnung – entsprechend derjenigen bei den Sandstandorten – ergibt eine Zeit von 75 Tagen, um einen verzehnfachten Jahresniederschlag abzuleiten; während der restlichen 290 Tage wäre die Sickermulde leer und der Muldenboden „trocken“. Die Berechnung beruht auf einer mittleren Wasserleitfähigkeit von 1x10-6 m/s für Lehmstandböden; dieser Wert liegt bereits unterhalb der geforderten Mindestwasserleitfähigkeit von 5 x 10-6 m/s.

[11] Die Zufuhr eines verzehnfachten Jahresniederschlags in eine Sickergrube würde bei einer für Tonstandorte sehr günstigen Wasserleitfähigkeit von 1x 10-7 m/s – entsprechend der Berechnung im

bzw. Regenwurmröhren und Schrumpfungsrissen; sie sind nur im Oberboden bzw. nur während trockener Zeitspannen gegeben, können also zur Beurteilung der Gesamtstandortseignung nicht herangezogen werden.

Standorte tonigen Untergrundes finden sich oft im unteren Bereich der Hänge – vor allem in der Innenstadt, teilweise auch in den östlichen Vororten. Folgende geologische Einheiten wurden diesen Standorten zugerechnet: Hydrobien-Schichten, Corbicula-Kalk, Cerithien-Kalk und Cyrenen-Mergel. Liegen über diesen undurchlässigen Schichten nur geringmächtige Grundwasserleiter, besteht die Gefahr, daß das versickerte Niederschlagswasser über die undurchlässigen Schichten abläuft und austritt (vgl. Abschnitt „Versickerung am Hang"). Da der wasserstauende Untergrund entscheidend für die Standortcharakteristik ist, wurden diese Flächen ebenfalls den Standorten „Ton" zugerechnet. Über den tonigen Gesteinen bzw. dessen Verwitterungsmaterial finden sich teilweise noch dünne Lößdecken: für die grundsätzlichen Eigenschaften dieses Standorttyps spielen die Lößdecken aber keine Rolle.

Standorte auf klüftigen Festgesteinen

Von Klüften durchzogene Festgesteine besitzen keine einheitliche Wasserleitfähigkeit; während in den Klüften Wasser versickern kann, ist das Festgestein selbst wasserundurchlässig. In bebauten Gebieten ist – aufgrund der unbekannten Lage der Klüfte – eine Versickerung von Niederschlagswasser nicht möglich: bei nicht vorhandenen Klüften könnte versickerndes Wasser auf den anstehenden Festgesteinsschichten auf unterhalb liegende Gebäude zulaufen und deren Keller möglicherweise vernässen. Bei Einzelgehöften oder der untersten Häuserreihe eines Hangs besteht diese Gefahr nicht, da sich unterhalb der Sickergrube keine Gebäude befinden: die Versickerung von Niederschlägen ist möglich.

Der nördliche Teil Wiesbadens ist durch klüftiges Festgestein gekennzeichnet; der Standort „klüftiges Festgestein" umfasst die geologischen Einheiten bunte Schiefer, Serizerit-Gneis und Phyllite. Über dem Festgestein und dessen Verwitterungsmaterial findet sich teilweise noch eine dünne Lößdecke, die die grundsätzlichen Eigenschaften dieses Standorttyps nicht verändert.

Standorte auf anthropogen verändertem Untergrund

Auf diesen Flächen ist eine Bestimmung der Bodenart durch umfangreiche anthropogene Materialumlagerungen mit den vorhandenen Informationen nicht möglich: eine individuelle Bestimmung der Eignung zu Regenwasserversickerung ist auf jedem einzelnen Grundstück notwendig.

Abschnitt Sandstandorte – eine Zeit von 750 Tagen zur Versickerung beanspruchen: eine vollständige Versickerung der Niederschläge wäre also innerhalb eines Jahres nicht möglich.

3.4 Mindestabstand zu Gebäuden

Benachbarte Grundstücke dürfen durch die Versickerung von Niederschlagswasser nicht beeinträchtigt werden (Hessisches Nachbarrecht). Um Vernässungen an benachbarten Gebäuden auszuschließen, ist ein Mindestabstand von 6,00 m zwischen Sickergruben und diesen Gebäuden notwendig. Bei Böden mit hohen Wasserleitfähigkeiten (kf > 1 x 10-4 m/s) sind auch geringere Abstände möglich; gleiches gilt für nicht unterkellerte Gebäude oder Gebäude mit wasserdichten Kellern. An Hängen können größere Abstände erforderlich werden, um mögliche Gebäudevernässungen auszuschließen.

3.5 Regenwasserversickerung am Hang

Weder das ATV-Arbeitsblatt A 138 (ATV 1992) noch der ATV-Arbeitsbericht (ATV 1995) noch die wissenschaftliche Literatur enthalten Hinweise zur Versickerung von Regenwasser auf Hangflächen. Bei Regenwasserversickerung an Hängen stellen sich zwei zusätzliche Problemkomplexe:

- unterhalb der Sickeranlage liegende Gebäude können von Vernässungen bedroht sein, falls sich dicht unterhalb der Bodenoberfläche ein wasserundurchlässiger Bodenhorizont oder eine wasserundurchlässige Schicht befindet *(Abbildung 3)*; der Mindestabstand von 6,00 m zum nächsten Gebäude ist dann nicht in jedem Fall ausreichend;
- wird das Niederschlagswasser gesamter Straßenzüge oder Stadtteile versickert, können – durch eine erhöhte Grundwasserneubildung – Grundwasserströme am Hang beeinflusst werden: Vernässungen auch an weiter entfernten Gebäuden sind möglich; ehemalige, versiegte Quellen könnten wieder aktiviert werden; schließlich kann die Gefahr, dass auf dicht bebauten Hängen Hangrutsche ausgelöst werden, nicht ausgeschlossen werden.

Beispielhaft lassen sich die Hänge im Bereich Wiesbadens *(Abbildung 4)* folgendermaßen darstellen: auf einem wasserundurchlässigem Sockel aus Tonen oder Festgestein liegt eine wasserdurchlässige Sand- und Kiesschicht, die den Grundwasserleiter bildet; eine Lößschicht überdeckt die Kuppe, teilweise den gesamten Hang. (Thews 1971; Thews 1974; Stengel-Rutkowski 1983) Dieser Aufbau kann bei flächendeckender Versickerung auf der Hangkuppe oder dem Oberhang zu Wasseraustritten an den Tonschichten führen: in diesen Bereichen besteht die Gefahr von Vernässungen der Gebäude, die Möglichkeit, das versiegte Quellen wieder aktiviert werden, sowie die Gefahr des Auslösens von Hangrutschen. Bei Regenwasserversickerung an Hängen sind folgende Punkte zu beachten:

- Für jede einzelne Sickeranlage zu prüfen, ob für ein unterhalb liegendes Gebäude die Gefahr einer Vernässung besteht; dabei müssen Wasserleitfähigkeit der Böden, Hausabstand, Hangneigung sowie Vorhandensein und Tiefenlage eines wasserstauenden Untergrundes zu berücksichtigt werden.
- Dies gilt nicht für die unterste Häuserreihe eines Hangs und für unterhalb liegende Gebäude ohne Keller bzw. mit wasserdichten Kellern.

- Sickeranlagen am Hangs sollten immer hangparallel angerichtet werden, damit sich das versickernde Wasser über eine größere Fläche verteilen kann.
- Bei flächendeckender Versickerung, bspw. in Baugebieten, sind hydrogeologische Untersuchungen erforderlich, die mögliche Veränderungen der Grundwasserströme (Wassermengen und Fließrichtungen) und deren Auswirkungen abschätzen.
- Versickerungsanlagen an Hängen sollten weiterhin erlaubnispflichtig bleiben.

Abbildung 3: Regenwasserversickerung am Hang (Quelle: Verbandsgemeinde Kaiserslautern-Süd 1992, in: Abwasserverband Saar 1995).

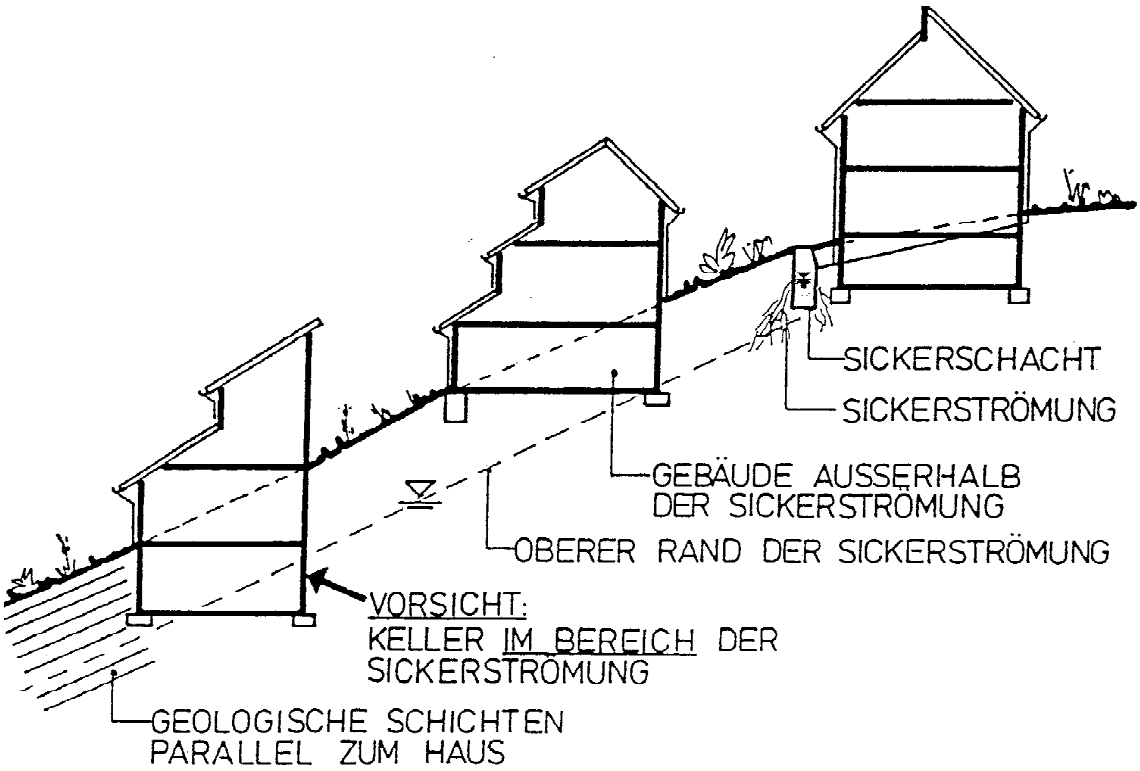
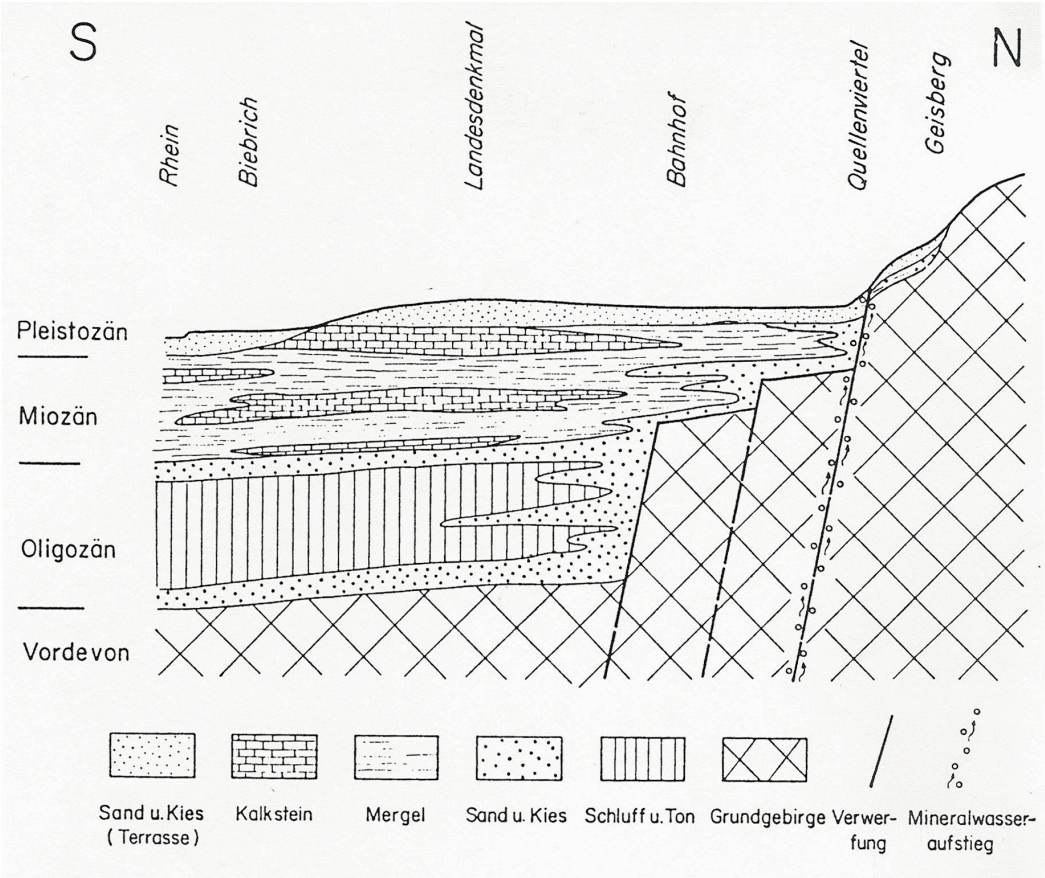


Abbildung 4: Geologischer Aufbau des teritiären Untergrunds von Wiesbaden (Quelle: Thews 1971).



Für eine grundstücksbezogenen Einzelfallprüfung am Hang spricht auch, daß vor allem an Hängen mit Inhomogenitäten bei den einzelnen Standorttypen zu rechnen ist: Ursache sind Bodenumlagerungen aus vergangenen Zeiten, bspw. durch Erosion oder Hangrutsche.

3.6 Erläuterungen zur Karte

(1) Die Grundkarte zeigt flächenhaft das Vorkommen der einzelnen Standorttypen (vgl. Legende):

- Standorte mit sandigem Untergrund (Mulden- bzw. Flächenversickerung)
- Standorte mit lehmigen Untergrund (Sickeranlagen mit Überlauf oder Einzelfallprüfung)
- Standorte mit tonigem Untergrund (keine Versickerung)
- Standorte auf klüftigem Festgestein (keine Versickerung in dicht bebauten Gebieten)
- Standorte mit hohen Grundwasserständen (keine Versickerung)
- Standorte mit anthropogen gestörtem Untergrund (Einzelfallprüfung)

Das vorhandene Datenmaterial erlaubt nur eine grobe Einteilung und Abgrenzung der Flächen; auch auf als ungünstig eingestuften Flächen kann eine Versickerung

von Niederschlagswasser möglich sein, bspw. Bei – natürlich oder anthropogen verursachten – Inhomogenitäten innnerhalb größerer Flächen oder im Grenzbereich zweier Flächen: auf Grundlage grundstücksbezogener Messungen und Bewertungen, die ein ausreichendes Sickervermögen ergeben, ist – unter Einhaltung der sonstigen Einschränkungen – die Versickerung von Niederschlagswasser möglich.

(2) Das durchsichtige Auflagepapier zeigt Flächen, auf denen weitere Einschränkungen zu beachten sind (vgl. Legende):
- Für Regenwasserversickerung kritische Hangflächen (Einzelfallprüfung)
- Flächen, auf denen Böden mit niedrigen ph-Werten vorkommen können (Versickerung nach Anhebung des Boden-ph-Wertes)
- Wasserschutzgebiete (Verbot in Zone I und II; Einschränkungen in Zone III)
- Gebiet des Luftreinhalteplanes (keine Sickeranlagen ohne belebte Oberbodenschicht)

(3) Nicht in der Karte dargestellt sind Verbote oder Einschränkungen, die bei Versickerung des Abflusswassers von Hofflächen (Industrie und Gewerbe), Verkehrsflächen, Flächen mit Ablagerungen zu beachten sind. Ausschlussflächen sind gemäß den Vorgaben in den Abschnitten „Schadstoffeinträge über Abschwemmungen von Hofflächen“, „Schadstoffeinträge über Abschwemmungen von Verkehrsflächen“ sowie „Erfassung der Schadstoffeinträge durch Mobilisierung von Ablagerungen“ im Kap. 2.3 zu ermitteln.

4 Versickerungstechniken

Das ATV-Arbeitsblatt A 138 (ATV 1992) und der aktuelle Bericht der ATV-Arbeitsgruppe (ATV 1995) unterscheiden folgende Versickerungstechniken:
- Flächenversickerung,
- Muldenversickerung,
- Rigolen-/Röhrenversickerung,
- Schachtversickerung,
- Versickerung über Mulden-Rigolen,
- Beckenversickerung.

*4.1 Sickertechnike*n

Flächenversickerung

Bei Flächenversickerung wird das Niederschlagswasser ohne eine Möglichkeit zur Zwischenspeicherung versickert; es wird zwischen Versickerung über durchlässige Beläge *(Abbildung 5a)* und Versickerung über die Wege- bzw. Straßenschulter *(Abbildung 5b)* unterschieden. Eine Versickerung von Niederschlägen bei befestigten Flächen ist über durchlässige Beläge, Fugen zwischen Befestigungsmaterialien oder über Rasengittersteine möglich. Im Zuge einer Bodenentsiegelung können Bodenversiegelungen teilweise rückgängig gemacht, teilweise durch wasserdurchlässige

Beläge ersetzt werden[12]. Das Versickern der Niederschläge von Wegen und Straßen über Straßenschulter fällt ebenfalls unter Flächenversickerung: das Wasser verteilt sich entlang der Böschung; der Anteil des zugeleiteten Wassers bleibt minimal.

Muldenversickerung

Muldenversickerung bedeutet, dass die Niederschläge von Dach-, Hof- und/oder Wegeflächen gesammelt und in eine vegetationsbewachsene Mulde *(Abbildung 5c)* geleitet werden, wo sie über die belebte Oberbodenschicht versickern. Der Muldenraum dient als Zwischenspeicher für außergewöhnlich hohe Niederschlagsereignisse; die belebte Oberbodenschicht sorgt für einen Abbau und Rückhalt von Schadstoffen. Das Verhältnis zwischen Dach-, Hof- oder Wegefläche zu notwendiger Sickerfläche der Mulde sollte bei 10 zu 1 liegen, um eine zügige Versickerung zu gewährleisten: von einer Sickermulde wird dann ungefähr die zehnfache Niederschlagsmenge aufgenommen und versickert.

Rigolen-, Röhren- & Schachtversickerung

Bei Rigolen-, Röhren- & Schachtversickerung erfolgt die Versickerung des Niederschlagswasser nicht über eine belebte Bodenschicht: das Niederschlagswasser wird direkt in den Unterboden eingeleitet.

- Eine Rigolenanlage besteht aus einem kiesgefüllten Graben, über den Niederschlagswasser in den Untergrund eingeleitet wird *(Abbildung 5e)*;
- bei Röhrenversickerung wird das Niederschlagswasser aus einem unterirdischen Röhrensystem versickert;
- Sickerschächte unterscheiden sich von Rigolen durch: sie sind nicht kiesgefüllt; ihre versickerungsaktive Grundfläche ist kleiner; sie sind durch einen Deckel verschlossen *(Abbildung 5f)*.

Die positiven Auswirkungen der belebten Oberbodenschicht – Reinigung des Niederschlagswassers und Regeneration der Wasserleitfähigkeit – entfallen bei diesen drei Versickerungsmethoden.

Versickerung über Mulden-Rigolen (mit Überlauf)[13]

Mulden-Rigolen sind eine Kombination aus Sickermulden und Rigolen: der Speicherraum der Mulde wird durch einen zweiten Speicherraum, der Rigole, die unterhalb der Mulde liegt, erweitert. Dabei kann der Muldenboden durch eine Boden-

---

12 Ausführliche Hinweise zu Versickerung über wasserdurchlässige Beläge und zur Entsiegelung von Flächen finden sich bei Zeh 1986, Muth 1994 sowie bei Mohs & Meiners 1994.

13 Gemäß der derzeitigen Entwässerungssatzung für Wiesbaden vom 01.01.1996 können keine Versickerungsanlagen mit Überlauf in die Kanalisation installiert werden, da gemäß § 3 (2) ein Anschluss- und Benutzungsrecht für Abwasser, für das die Pflicht zur Überlassung gemäß § 5 (unter anderem Niederschlagswasser, das versickert wird) entfällt, nicht besteht.

schicht mit optimalen Sickereigenschaften ersetzt werden. Bei ungünstigen Untergrundverhältnissen kann die Rigole mit einer Überlaufeinrichtung zu Teichen, Bächen, Feuchtgebiete oder der Kanalisation ausgerüstet werden *(Abbildung 5d)*. Durch die Reinigung des Niederschlagswassers in der belebten Oberbodenschicht bestehen keine Bedenken bezüglich Verunreinigungen von Gewässern. Diese Kombination von Mulde, Rigole und Überlauf ermöglicht eine optimale Ausnutzung eines begrenzten Sickervermögens des Untergrundes: sobald die maximale Sickerkapazität erreicht und der Speicherraum gefüllt ist, wird weiteres Niederschlagswasser über den Überlauf abgeleitet. Ein Mulden-Rigolen-System entsteht durch Vernetzung mehrerer Mulden-Rigolen-Elemente durch Überleitungen: Verbindungen zwischen den einzelnen Elementen ermöglichen eine optimale Ausnutzung des gesamten Speicherraums sämtlicher Rigolenelemente.

Abbildung 5a/b: Flächenversickerung über durchlässige Beläge bzw. die Wegschulter (Quelle: Emschergenossenschaft 1993).

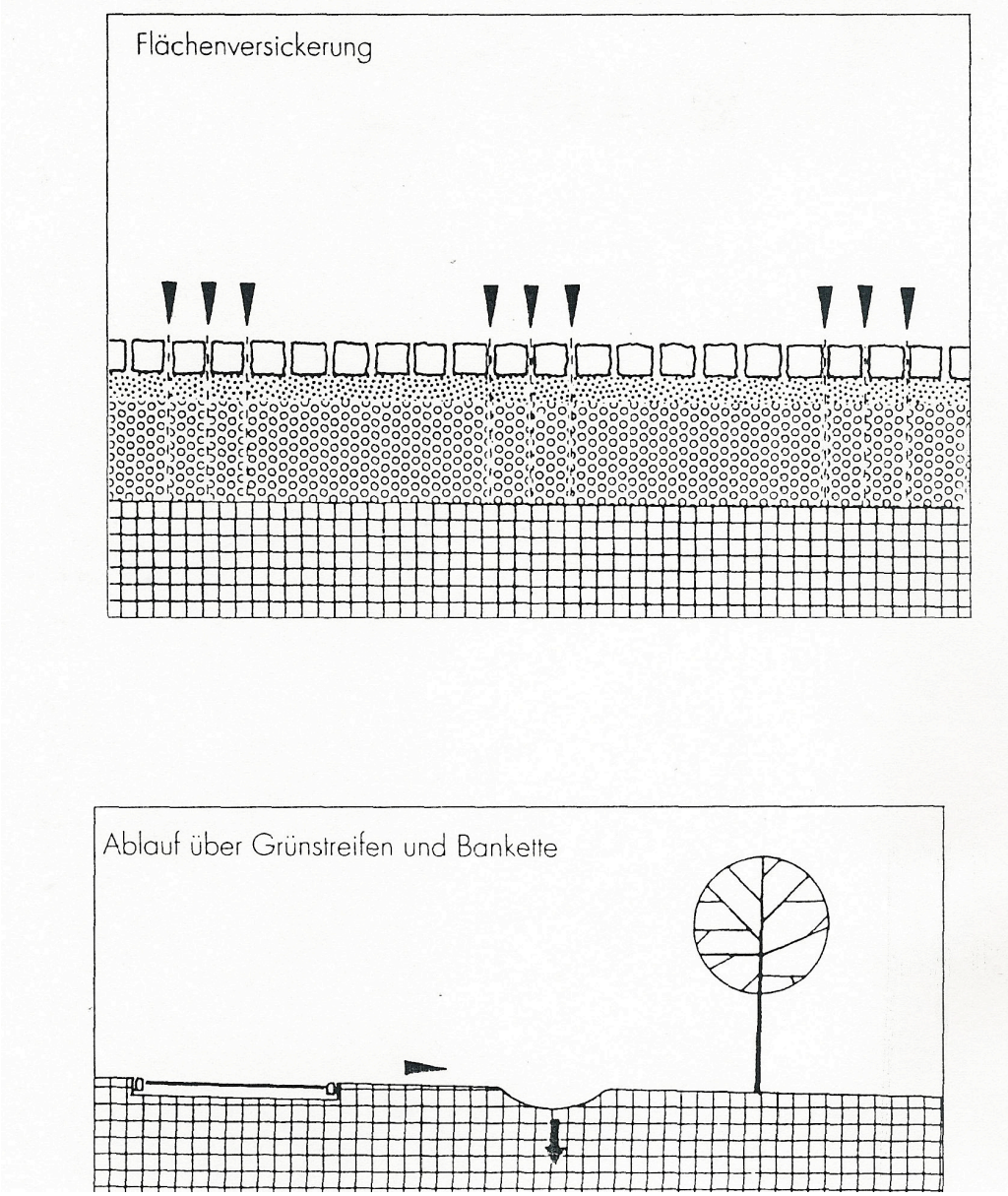
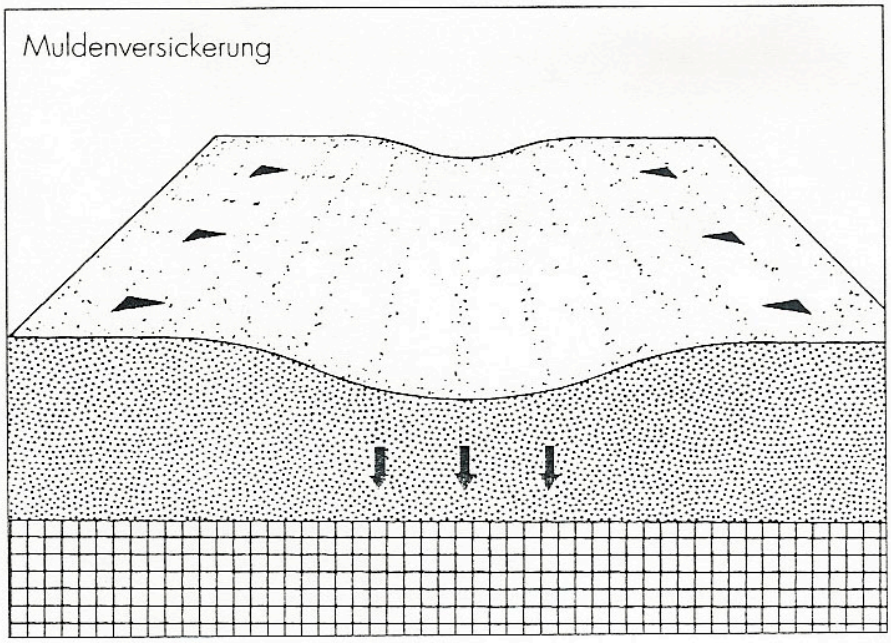


Abbildung 5c/d: Regenwasserversickerung über die belebte Bodenschicht – Sickermulden bzw. Muldenrigolen (Quelle: Emschergenossenschaft 1993).



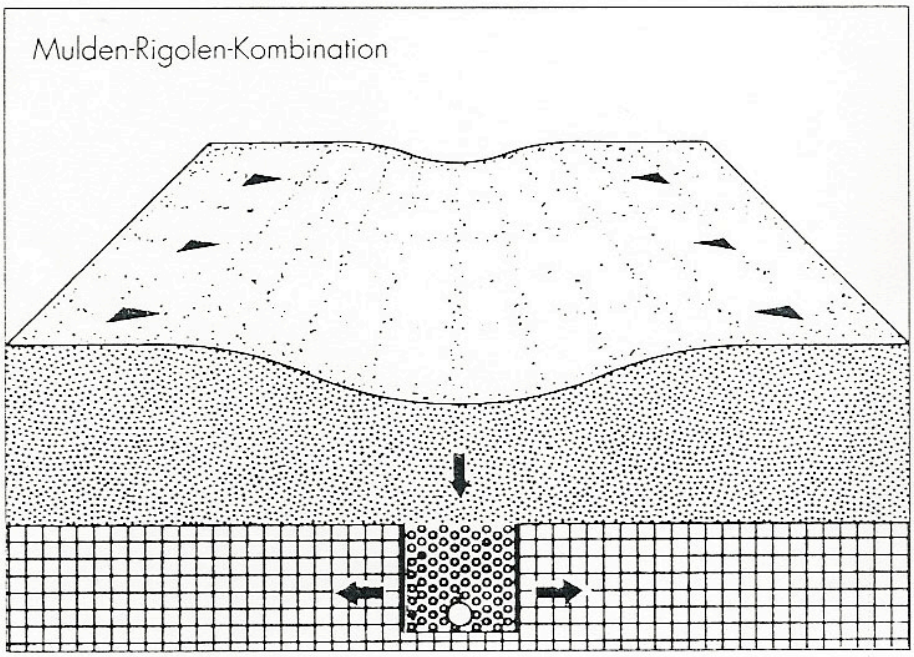
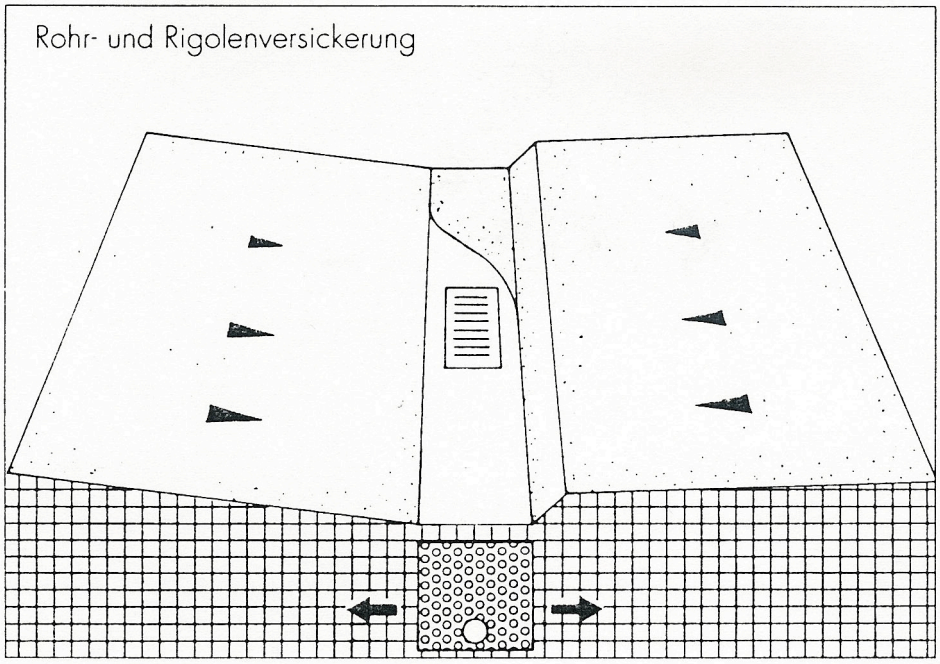
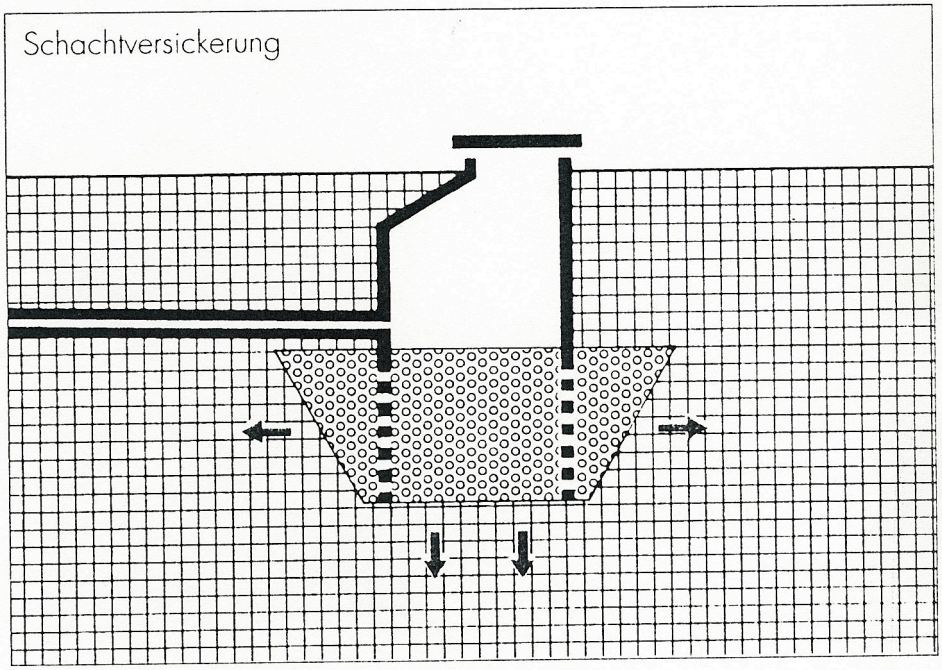


Abbildung 5e/f: Regenwasserversickerung über den belebten Oberboden – Rigolen bzw. Sickerschächte (Quelle: Emschergenossenschaft 1993).





Beckenversickerung
Sickermulden, in denen das Niederschlagswasser mehrerer Grundstücke zusammengeführt und zentral versickert werden, werden Versickerungsbecken genannt. Die konzentrierte Versickerung von Niederschlägen stellt an die hydrologische und die stoffliche Belastbarkeit besondere Anforderungen; desweiteren besteht durch die konzentrierte Versickerung die Möglichkeit kleinräumiger Erhöhungen des Grundwasserspiegels. Grundstücksbezogene Gutachten sind erforderlich, um die dauerhafte Funktionstüchtigkeit grundstücksübergreifender Sickeranlagen zu gewährleisten.

4.2 Zuordnung der Sickertechniken zu Standorten

In *Tabelle 5* werden den einzelnen Standorttypen, Versickerungstechniken, die an deren Besonderheiten angepasst sind, zugeordnet.

Standorte mit sandigem Untergrund
Sandstandorte besitzen eine sehr hohe Wasserleitfähigkeit; auf diesen Flächen sind sämtliche Formen der Versickerung von Niederschlägen möglich. Sickermulden mit einer belebten Oberbodenschicht ermöglichen auf Sandstandorten eine effektive und unaufwendige Versickerung von Niederschlägen; eine sorgfältige Anlage und Pflege der Mulde gewährleistet deren dauerhafte Versickerungsfähigkeit und einen umfassenden Schutz des Grundwassers. Anlagen ohne belebte Oberbodenschicht – Rigolen, Röhren oder Schächte – sollten nur in Ausnahmefällen installiert werden (vgl. 2.3).

Standorte mit lehmigem Untergrund
Da die Wasserleitfähigkeit der Lehmstandorte sowohl dies- als auch jenseits des von der ATV gesetzten Orientierungswertes liegen kann, sind „einfache“ Sickermulden nicht in jedem Fall möglich. Angepasste Versickerungssysteme sind Mulden-Rigolen, mit einer Überlaufeinrichtung aus der unterirdischen Rigole in Oberflächengewässer, andere Mulden-Rigolen-Elemente oder die Kanalisation.

Lehmstandorte können prinzipiell eine ausreichende Wasserleitfähigkeit – im Sinne der ATV A 138 (ATV 1992) – besitzen: wird auf einem Grundstück ein ausreichendes Sickervermögen nachgewiesen, können Lehmstandorte wie Sandstandorte behandelt werden; Versickerung über „einfache“ Mulden ist möglich. Da bei Lehmböden während der Betriebszeit mit einer möglichen Verdichtung der Böden, d.h. mit einer Abnahme der Wasserleitfähigkeit, zu rechnen ist, ist es sinnvoll nur Sickeranlagen mit einer belebten Oberbodenschicht zu installieren: Wurzeln und Bodenleben sorgen für eine kontinuierliche Lockerung des Bodens, sind folglich in der Lage, mögliche Verdichtungen des Muldenbodens zu regenerieren.

Liegt eine geringmächtige Lehmdecke über einer Schicht mit hoher Wasserleitfähigkeit kann die Lehmdecke durch ein Material mit höherer Wasserleitfähigkeit ersetzt werden; ein Überlauf wäre nicht mehr notwendig. Solche Standorte sind in erster Linie auf der Hochfläche zwischen Erbenheim, Nordenstadt, Amöneburg und Kostheim/ Kastel zu erwarten.

Tabelle 5: Zuordnung der Sickertechniken zu Standorttypen.

	Standort mit sandigem Untergrund	**Standort mit lehmigem Untergrund**	**Standort mit tonigem Untergrund**	**Standort auf klüftigem Festgestein***	**Standort mit anthropogen beeinflußtem Untergrund**
Flächenversickerung	**ja**	**ja**	nein	nein	Einzelfall-prüfung
Versickerung über Mulden	**ja**	Einzelfall-prüfung	nein	nein	Einzelfall-prüfung
Versickerung über Rigolen-, Röhren- & Schächte**	**ja**	Einzelfall-prüfung	nein	nein	Einzelfall-prüfung
Versickerung über Mulden-Rigolen mit Überlauf	(ja)	**ja**	nein	nein	Einzelfall-prüfung
* bei Einzelgehöften wie Standort Lehmböden ** Muldenversickerung ist vorzuziehen					

Standorte mit tonigem Untergrund

Tonstandorte eignen sich aufgrund ihrer geringen Wasserleitfähigkeit nicht zur Versickerung von Niederschlägen; deren vorwiegende Lage in Wiesbaden an Hängen spricht zusätzlich für einen Verzicht auf Maßnahmen zur Versickerung von Niederschlägen.

Standorte auf klüftigem Festgestein

Für Standorte auf klüftigem Festgestein gilt zunächst dasselbe wie für die Standorte mit Tonböden: Festgesteine sind wasserundurchlässig und damit nicht in der Lage, das versickernde Niederschlagswasser abzuleiten; allerdings ist eine Versickerung des Wassers in den Klüften möglich. Die unbekannte Lage der Klüfte verbietet eine Versickerung des Niederschlagswassers in dicht bebauten Gebieten, um Vernässungen von Gebäuden auszuschließen. Bei Einzelgehöften oder der untersten Häuserreihe eines bebauten Hanges ist eine Versickerung möglich, da unterhalb der Sickeranlage keine Gebäude liegen.

Standorte mit anthropogen verändertem Untergrund
Die anthropogen stark beeinflussten Flächen – durch Umlagerungen von Bodenmaterial – erfordern eine grundstücksbezogene Bestimmung der Versickerungsvermögens; je nach Versickerungsleistung können den Flächen – entsprechend der obigen Standorttypen – Versickerungstechniken zugeordnet werden.

4.3 Bemessung der Sickeranlagen

Versickerungsanlagen müssen auch in der Lage sein, Starkregenereignisse aufnehmen und ableiten zu können; da das Sickervermögen des anstehenden Bodens einer umgehenden Versickerung der Wassermengen von Starkregenereignissen oft nicht gewachsen ist, werden überdurchschnittliche Niederschläge zwischengespeichert – im Mulden-, Rigolen oder Schachtraum. Das ATV-Arbeitsblatt A 138 (ATV 1992) und der aktuelle Arbeitsbericht der ATV Arbeitsgruppe (ATV 1995) liefern die Berechnungsgrundlage für die Größe des notwendigen Zwischenspeicherraums der Sickermulde. Mit Hilfe des Standardregens nach REINHOLD wird die maximale Höhe eines einzelnen Regenereignisses, das nur alle fünf Jahre einmal eintritt, errechnet. Dies bedeutet: einmal in fünf Jahren würde die Speicherraum der Sickermulde zur Aufnahme eines einzelnen außergewöhnlichen Regenereignisses nicht ausreichen; die Sickergrube würde überlaufen, das Wasser neben der Grube versickern[14]. Als Standardregen für Wiesbaden wird in der Regel ein Wert von 150 mm/(ha x s) verwendet. In Abhängigkeit der Größe der zu entwässernden Fläche und der Sickerfläche, des Standorts und der gewählten Sickeranlage erfolgt die grundstückbezogene Bemessung des Speicherraumes (bspw. Muldentiefe oder Rigolenvolumen).

5 Bestimmung des potentiell versickerbaren Anteils der Niederschläge

Die folgende Berechnung schätzt den maximalen Anteil der Niederschläge ab, der potentiell mit den beschriebenen Techniken dezentraler Regenwasserversickerung dem Naturhaushalt wieder zugeführt werden kann; Grundlage der Abschätzung (für den Bestand) bilden die im Gutachten ermittelten Restriktionen durch Grundwassergefährdung, Bodenakkumulation, ungünstige Standortverhältnisse sowie zu hohe Bebauungsdichte. Potential ist hierbei die maximal mögliche Wassermenge, die versickerbar ist und nicht die Menge die tatsächlich versickert wird. Der Aufwand zur Umsetzung dieses Potentials fällt in den einzelnen Gemarkungen augrund verschiedener Standorteigenschaften und verschiedener Flächennutzungen unterschiedlich aus. Die weitgehende Verwirklichung dieses Versickerungspotentials im Bestand ist ein langfristiger Prozess in der Größenordnung von einigen Jahrzehnten. Dieser Prozess muss durch begleitende Maßnahmen (Schaffung einer Versickerungssatzung, Information, ökonomische Anreize etc.) unterstützt und eingeleitet werden;

---

[14] Da die Annahmen der Berechnung auf der sicheren Seite liegen – es wurde bspw. nicht berücksichtigt, dass ein Teil des Wassers verdunstet-, ist zu erwarten, dass solche Ereignisse noch seltener auftreten.

von der Intensität dieser Maßnahmen hängt auch ab, wie schnell und langfristig, wie weit das Potential realisiert werden kann. Bei einer aktiven Politik zur Umsetzung können schätzungsweise auf die gesamte Fläche von Wiesbaden bezogen um Bestand in 10 Jahren 10 Prozent des Potentials erreicht werden. Schnellere und weitgehendere Erfolge lassen sich unaufwendiger in Neu- und Verdichtungsbaugebieten erzielen.

Die Abschätzung des Potentials erfolgt für die einzelnen Gemarkungen und das Gesamtgebiet. In einem ersten Schritt werden die Flächen mit ungeeigneten Flächennutzungen ermittelt (Stadtkerne, Altflächen, Verkehrsflächen, sowie Hofflächen von Gewerbe und Industrie), in einem zweiten Schritt diejenigen mit ungeeigneten bzw. ungünstigen natürlichen Voraussetzungen (hohe Grundwasserstände, Ton- und Festgesteine, sowie Hänge). Für die restlichen Flächen erfolgt die Berechnung der Wassermengen über unterschiedliche Jahresniederschlagshöhen: 750 mm für die Gemeinden im Taunus, 550 mm für Amöneburg, Kastel und Kostheim, sowie 650 mm für Wiesbaden und die restlichen Gemeinden.

Ausgehend von der aktuellen Wiesbadener Statistik „Stadtgebietsfläche nach Nutzungsarten und Gemarkungen“ vom 31.12.1994 wurden die versiegelten Flächen ermittelt. Die versiegelten Flächen ergeben sich aus den beiden Kategorien „Gebäude und Freiflächen“ sowie „Verkehrsflächen“; aus der Kategorie „Gebäude und Freiflächen“ wurden die Flächen „Gewerbe und Industrie“ und „Stadtkerne“ getrennt behandelt. Unter folgenden Annahmen wurden für die einzelnen Gemarkungen jene Flächen ermittelt, die für eine dezentrale Versickerung der Niederschläge nicht oder nur eingeschränkt geeignet sind:

- Die Verkehrsflächen dieser Statistik enthalten auch die außerörtlichen Verkehrsflächen; diese werden jedoch nicht über das Kanalsystem entwässert, sondern über die Straßenschulter versickert. Für Gemarkungen mit überdurchschnittlichen Anteilen an Verkehrflächen wurde ein realistischerer Wert – 25% der bebauten Fläche (Berlekamp & Pranzas 1990) – angenommen. Für Verkehrsflächen wurden – bei Annahme 100% iger Versiegelung – ein Versickerungspotential von 20% angenommen (Straßen, Gehwege und Plätze in locker bebauten Wohngebieten der Außenbereiche – sowohl durch Versickerung über Straßenschulter als auch über durchlässige Beläge oder Flächenentsiegelung).
- Die Versiegelungsgrade von Gewerbe- und Industrieflächen wurden auf 70% geschätzt (Schoss 1977), die sich jeweils zur Hälfte auf Hof- und Dachflächen aufteilen. Hofflächen von Gewerbe- und Industriebetrieben wurden in der Berechnung generell von der Versickerung von Niederschlägen ausgenommen. Desweiteren wurden sämtliche Gewerbe- und Industrieflächen mit flächenhaft bedeutenden Altflächen von der Versickerung ausgeschlossen.
- Für die Flächen „Wohnen“, „Öffentliche Zwecke“ und „Handel und Wirtschaft“ wurde ein durchschnittlicher Versiegelungsgrad von 50% angenommen (Berlekamp & Pranzas 1986). Stadtkerne mit dichter Bebauung erlauben in der Regel nicht das Einhalten des Mindestabstands zwischen Sickergruben und Gebäuden;

sämtliche Stadtkerne wurden als zu 100% versiegelt und als nicht für die Versickerung von Niederschlagswasser geeignet betrachtet.

Bei der Ermittlung der Flächen mit ungeeigneten und ungünstigen natürlichen Standortbedingungen für Regenwasserversickerung wurde ferner angenommen, dass sich die Flächennutzungen der jeweiligen Gemarkung anteilsmäßig auf die einzelnen Standorttypen der Gemarkung verteilen[15]. Die Abschätzung beruht auf folgenden Annahmen:

- auf ebenen Flächen gilt: Sandstandorte können das Wasser zu 100% versickern, Lehmstandorte zu 70%, Festgesteinstandorte und Tonstandorte zu 0%;
- entlang des Rheinufers und in der Innenstadt wurden 5% grundwasserbeeinflusster Standorte, die keine Versickerung erlauben, angenommen;
- für Hänge wurden die standortbezogenen Werte folgendermaßen korrigiert[16]: Lehmstandorte mit einem 10% Versickerungspotential (Flächen mit lockererer Bebauung und unterste Häuserreihen am Hang) und Festgesteinstandorte mit 5% (unterste Häuserreihen am Hang);
- anthropogen beeinflusste Standorte wurden wie der Durchschnitt der jeweiligen Gemarkung behandelt.

Die ermittelten Flächen, Wassermengen und Anteile (vgl. Tab. 6) beziehen sich auf die versiegelten Flächen im Bereich der einzelnen Gemarkungen; Ergebnis sind Abschätzungen der Niederschlagsmengen, die dem Naturhaushalt – über Versickerung – wieder zugeführt werden können und im Zusammenhang mit Versickerungsanlagen als Gestaltungselemente der Stadtlandschaft nutzbar sind.

Eine Erhöhung des abgeschätzten Potentials wäre über detaillierte Erkundungen (im Bereich problematischer Standortsverhältnisse), durch grundstücksübergreifende Versickerung (Versickerung der Niederschläge von Stadtkernen oder Altflächen auf angrenzenden Grundstücken) bzw. nach Vorreinigung verschmutzten Abflusswassers möglich (bei Hofflächen von Gewerbe und Industrie).

6 Empfehlungen & Ausblick

Bewertung der Potentiale für Regenwasserversickerung

Die naturräumlichen Voraussetzungen zu dezentraler Regenwasserversickerung sind in Wiesbaden sehr unterschiedlich. Die größten Potentiale besitzen die (weitgehend) ebenen Flächen im Bereich der Nieder- und Hochterrassen; dabei erlauben die sandigen Flächen im Bereich der Niederterrasse von Amöneburg, Kastel und Kostheim

---

15 Dies bedeutet, dass angenommen wird, dass beispielsweise die Standorttypen „Sand“ und „grundwasserbeeinflußt“ in Kostheim jeweils die gleichen Anteile der Flächennutzungen „Wohnen“, „Gewerbe und Industrie“ sowie „Verkehr“ umfassen.

16 Der 70%ige Flächenausschluss umfasst einerseits Flächen, auf denen Regenwasserversickerung aufgrund dichter Bebauung zu Gebäudevernässungen führen kann, als auch Flächen, die durch Bodenumlagerungen am Hang gekennzeichnet sind und deren Inhomogenitäten eine ungünstigere Einstufung erfordern.

eine einfachere und unaufwendigere Umsetzung als die restlichen lößbedeckten Flächen. Die Erschließung der hängigen Flächen – anstehendes Festgestein des Taunus sowie lößbedeckte Bergrücken mit teilweise an den Hangfüßen anstehenden tonigen Gesteinen – ist in den dicht bebauten Gebieten nur begrenzt möglich; Regenwasserversickerung in diesen Gebieten erfordert einen zusätzlichen Aufwand für Erkundung und bei den Versickerungstechniken.

Tabelle 6: Abschätzung des maximalen Anteils der Niederschläge der einzelnen Gemarkungen, die auf versiegelten Flächen fallen und versickert werden könnten (Versickerungspotential).

Gemarkung	potentielle Sickerflächen (ha)	potentielle Wassermengen (Mio m3)	Anteil
Auringen	2	0,01	0,03
Biebrich	95	0,62	0,17
Bierstadt	36	0,24	0,17
Breckenheim	1	0,01	0,01
Delkenheim	29	0,19	0,23
Dotzheim	7	0,05	0,03
Erbenheim	29	0,19	0,17
Frauenstein	1	0,01	0,02
Heßloch	0	0	0,03
Igstadt	0	0	0,01
Kastel	152	0,84	0,38
Kloppenheim	1	0	0,02
Kostheim	80	0,44	0,4
Medenbach	1	0,01	0,02
Naurod	2	0,02	0,03
Nordenstadt	43	0,28	0,33
Rambach	1	0,01	0,02
Schierstein	68	0,44	0,26
Sonneburg	4	0,03	0,03
Alt-Wiesbaden	34	0,22	0,03
Summe	587	3,59	0,15

Unter dem Gesichtspunkt der derzeitigen Bebauung bieten Neubaugebiete den größten Spielraum zur Umsetzung von Konzepten dezentraler Regenwasserversickerung; da hier auch ungünstige Standortverhältnisse über Lage und Art der Versickerungstechniken kompensiert werden können. Dieser Spielraum nimmt über Baugebiete, deren Bestand verdichtet wird, zur Umstellung im Bestand ab. Ein weiteres

ebenfalls einfach zu erschließendes Potential besteht bei den Einzelgehöften außerhalb der dicht bebauten Gebiete.

Hinweise zur Schaffung einer Versickerungssatzung

In formal ausgewiesenen Trinkwasser- und Heilquellenschutzgebiete ist eine erlaubnisfreie Versickerung von Niederschlagswasser über eine Versickerungssatzung nicht möglich (HWG §44 (3)): Sickeranlagen in Wasserschutzgebieten sind prinzipiell erlaubnispflichtig.

Die Umsetzung des Gutachtens in eine Satzung sollte auf der Basis der Standorttypen erfolgen. Aufgrund der in der Karte nicht erfassbaren Inhomogenitäten und ungenauen Grenzen muss sichergestellt werden, dass tatsächlich der entsprechende Standorttyp vorliegt. Die geplante Satzung sollte Bau und Planung, zumindest aber die Abnahme der einzelnen Sickeranlage durch einen Handwerks- oder Ingenieursbetrieb vorschreiben, damit deren ordnungsgemäße Installation, sowohl bezüglich des Standorts (bspw. bei Inhomogenitäten) als auch bezüglich der Anlagentechnik, gewährleistet ist. Zusätzlich muss sichergestellt werden, dass Ausschlussflächen, die über Kriterienlisten festgelegt sind, ermittelt und berücksichtigt werden.

Desweiteren wird empfohlen, die Genehmigung von Versickerungsanlagen auf problematischen Flächen weiterhin als erlaubnispflichtig zu belassen. (Hierunter fallen die Versickerung auf Industrie- und Gewerbeflächen, die Versickerung an Hängen, die Versickerung auf anthropogen gestörten Standorten und die Versickerung über Anlagen ohne belebte Oberbodenschicht.) Auch für erlaubnisfreie Versickerungsanlagen sollte eine Anzeigepflicht festgeschrieben werden, um einen Überblick über den Umfang der Regenwasserversickerung im Stadtgebiet Wiesbadens zu haben, um eventuelle Kontrollen (bspw. Überprüfung der Rechtmäßigkeit einer Gebührenermäßigung oder Missbrauchs der Anlage durch Versickerung gefährlicher Stoffe) durchführen zu können und um bei Änderungen eventueller juristischer oder technischer Vorgaben gezielt reagieren zu können.

Regenwasser(versickerung) in der Stadtlandschaft

Regenwasser in der Stadt darf nicht länger als zu „entsorgendes Abwasser“ betrachtet werden, sondern muss als Potential zur Gestaltung der Stadtlandschaft begriffen und genutzt werden: Wasser ist ein Element für die Entwicklung eines „urbanen Naturhaushaltes“. Aus ökologischer Sicht ist Wasser in der Stadt wünschenswert; verdunstendes Wasser wirkt als natürliche Klimaanlage: es führt zur Verbesserung des städtischen Klimas und damit zu einer Steigerung der Lebensqualität. Die Bewirtschaftung des Regenwassers durch Bürger und Bürgerinnen kann auch ein Bewusstsein für urban-ökologische Zusammenhänge fördern. Schließlich kann Regenwasser ein wichtiges Gestaltungselement in der Stadtlandschaft sein, beispielsweise durch die Strukturierung öffentlicher Räume durch Wasserrinnen und

Wasserläufe, Wasserspielplätze für Kinder oder der Einbezug von Niederschlagswasser (und dessen Versickerung) in Kunstwerke an öffentlichen Gebäuden. Anregungen und Beispiele für einen kreativen Umgang mit Niederschlagswasser in der Stadtlandschaft zeigt das Buch „Neue Wege für das Regenwasser“ (Geiger & Dreiseitl 1995).

Kombination von Regenwasserversickerung mit Nutzung, Verdunstung und Entsiegelung

Regenwasserversickerung ist nur ein Baustein für einen anderen Umgang mit Regenwasser in der Stadtlandschaft. Regenwasser kann über Zisternen gesammelt und zur Gartenbewässerung oder auch als Brauchwasser genutzt werden. Eine Nutzung des Regenwassers ist nach dem Hessischen Wassergesetz §51 (3) einer Versickerung vorzuziehen. Eine Minimierung der Bodenversiegelung während der Planung bzw. nachträgliche Maßnahmen zur Bodenentsiegelung führen zu einer Reduzierung der zu versickernden Niederschlagsmengen. Dach- und Fassadenbegrünungen verdunsten Regenwasser und wirken als eine natürliche Klimaanlage in der Stadt. Vor allem auf Flächen mit nicht optimalen Verhältnissen für Regenwasserversickerung (Hanglagen und Lehmstandorte) bieten sich Kombinationen von Nutzung, Verdunstung und minimierter Versiegelung mit Maßnahmen zur Versickerung des (restlichen) Niederschlagswassers an: den Sickeranlagen werden verminderte Wassermengen zugeleitet, folglich wird das Versickerungsvermögen der Standorte und Anlagen in geringerem Maße beansprucht.

Förderung dezentraler Regenwasserversickerung

Zur Verbreitung dezentraler Regenwasserversickerung ist – neben der Schaffung einer Versickerungssatzung – Öffentlichkeitsarbeit notwendig: die Bevölkerung sollte – bspw. mit Hilfe des Umweltladens – über Hintergründe und Ziele dezentraler Regenwasserbewirtschaftung informiert und zur Umsetzung angeregt werden. Weitere Anreize zur Förderung dezentraler Regenwasserversickerung sind über Zuschüsse für den Bau von Sickeranlagen – bspw. aus der Grundwasserabgabe – oder ein Gebührensplitting[17] zwischen Niederschlagswasser und Schmutzwasser bei der Berechnung der Abwassergebühren möglich. Damit die Bürger und Bürgerinnen der übernommen Verantwortung für die Versickerung von Niederschläge und den damit verbundenen Ansprüchen an den Grundwasserschutz gerecht werden können, sollten grundsätzliche Informationen zu Regenwasserversickerung, Sickeranlagen und deren Pflege als Leitfaden bzw. Pflichtenheft zusammengestellt werden[18].

---

[17] Auch bei Sickeranlagen mit Überlauf ist zumindest eine teilweise Befreiung von den Regenwassergebühren sinnvoll, da bei Starkregenereignissen nur ein Teil der Niederschläge und dieser mit einer Verzögerung in die Kanalisation gelangt; dies bedeutet eine Entlastung der Kläranlagen (vgl. auch Fußnote 1 und Feldmann 1992).

[18] Die Autoren des Gutachtens halten es für sinnvoll, nach der Schaffung einer Niederschlagsversickerungssatzung für Wiesbaden mit vor allem sozialwissenschaftlichen Methoden zu bestimmen,

Hinweise zur Pflege von Sickeranlagen
Um eine dauerhafte Funktionsfähigkeit einer Sickeranlage zu gewährleisten, sind Laub und andere größere Partikel regelmäßig aus der Sickergrube zu entfernen; desgleichen ist der Zulauf zur Sickergrube freizuhalten, um den ungehinderten Zufluss von Niederschlagswasser zu gewährleisten. Begrünte Sickeranlagen sollten erst, wenn die Pflanzendecke geschlossen ist in Betrieb genommen werden, da sonst die Gefahr von Bodenverdichtungen – durch Verschlämmung und Erosion – besteht. Für Sickergruben gelten die üblichen Grünpflegemaßnahmen wie regelmäßiges Mähen und Ausbessern einer lückenhaften Grasnarbe.

Von einem Nachlassen der Versickerungsleistung sind in der Regel nur die obersten Zentimeter betroffen; eine Bodenlockerung (bspw. durch Vertikulieren), eine Neuansaat oder ein Einfräsen von Sand stellen in der Regel wieder ein ausreichendes Sickervermögen her[19]. Die Lebensdauer einer Versickerungsanlage wird in der Literatur (bspw. Geiger & Dreiseitl 1995) – bei sorgfältiger Pflege – mit mindestens 30 bis 50 Jahren angegeben. Im Bereich der Sickergrube und deren Zufluss dürfen keine Pflanzenschutzmittel eingesetzt werden, um eine Grundwassergefährdung auszuschließen. Desgleichen ist der Einsatz von Tausalz bei Schnee und Eisglätte auf Flächen, deren Niederschlagswasser den Sickergruben zugeführt wird, zu untersagen.

Flächen die auf den Sickeranlagen errichtet werden sollen, dürfen anschließend nicht mehr von schweren Baufahrzeugen befahren werden, um Bodenverdichtungen, die zu einer Abnahme des Sickervermögens führen, zu vermeiden. Andernfalls ist eine tiefgründige Lockerung oder ein tiefgründiger Bodenaustausch notwendig, und das erforderliche Sickervermögen wieder herzustellen. Wurden Hänge terrassiert, dürfen Sickeranlagen nicht im aufgeschütteten Bereich angelegt werden: bei Betrieb der Anlage besteht sonst die Gefahr des Abrutschens des terrassierten Bereiches. In der Literaturliste sind Texte, die weitere Anregungen und ausführlichere Hinweise zur Förderung, Umsetzung und Pflege dezentraler Regenwasserversickerung geben, mit einem „*“ gekennzeichnet.

---

wie die Realisierung des ermittelten Potentials gezielt und effektiv in Angriff genommen werden könnte. Ein solches Gutachten sollte zwei Schwerpunkte haben: Einerseits wären Restriktionen der Realisierung (z.B. Widersprüche zwischen derzeitigen Nutzungen nicht versiegelter Flächen und ihrer Nutzung zur Regenwasserversickerung) zu ermitteln und Wege zu deren Beseitigung aufzuzeigen. Andererseits könnten Informationen und Fördermaßnahmen wesentlich gezielter und mit mehr Erfolg eingesetzt werden, wenn bekannt wäre, welche Institutionen (wie z. B. Ortsbeiräte, lokale Handwerkerverbände, Architektenverbände, Maklervereinigungen, Schulen, Wohnungsbaugenossenschaften etc.) erfolgreich als Multiplikatoren und Vorbilder bei der Realisierung fungieren könnten und wie diese gezielt in ein Umsetzungskonzept eingebunden werden könnten.

[19] Bei gravierenderen Störungen der Versickerungsleistung kann ein Austausch der gesamten Humusschicht vonnöten sein; die Gruben sollten mit Rasenmatten bepflanzt oder bis die Neuansaat eine geschlossene Pflanzendecke bildet nicht genutzt werden.

Anhaltspunkte zu einer möglichen Vorgehensweise bei verpflichtender Regenwasserversickerung

Soll in Bauleitplänen eine Versickerung des Niederschlagswassers verpflichtend vorgeschrieben werden, sind detaillierte Gutachten der pedo-, geo- und hydrologischen Verhältnisse vor Ort notwendig,

- um kleinflächige Inhomogenitäten berücksichtigen zu können,
- um die optimalen Standorte der Sickeranlagen bestimmen zu können und
- um übergeordnete Auswirkungen abschätzen zu können.

Folgende Hinweise aus der Praxis verschiedener Ingenieurbüros geben Anhaltspunkte für eine mögliche Vorgehensweise. Weder in der wissenschaftlichen noch in der ingenieurstechnischen Literatur existieren Hinweise zur meßtechnischen Ermittlung des Sickervermögens eines Standorts für Regenwasserversickerung. In der ingenieurlichen Praxis werden unterschiedliche Kombinationen bodenkundlicher Methoden verwendet. In der Regel werden Erkundungen des Bodenprofilaufbaus mit Versickerungsversuchen kombiniert. Die Tiefe der untersuchten Bodenprofile schwankt bei den verschiedenen Ingenieurbüros zwischen einem Meter anhand eines Bohrstockprofils und mehreren Metern anhand von Rammkernsondierungen. Eine Ersteinschätzung der Wasserleitfähigkeit ist über die ermittelten Bodenarten möglich; ein besonderes Augenmerk muß auf eventuell wasserstauende Schichten oder Horizonte gelegt werden.

Werden größere Flächen auf ihre Eignung für Regenwasserversickerung getestet werden, bietet es sich an, zuerst die bereits vorhandenen geologischen Profilbeschreibungen aus Baugrunduntersuchungen und anderen Quellen auszuwerten. Falls diese nicht ausreichen um die gesamte Fläche zu charakterisieren, sollten weitere Profilbeschreibungen über Sondierungen vorgenommen werden. Kann die Fläche als einheitlich charakterisiert werden, reicht ein oder wenige Versickerungsversuche aus, um die Fläche bezüglich ihrer Eignung für Regenwasserversickerung zu bewerten. Ist die Fläche durch einen Gradienten gekennzeichnet, sind Versickerungsversuche entlang dieses Gradienten notwendig. Ist die Fläche durch Inhomogenitäten gekennzeichnet, sollten die Versickerungsversuche jeweils am Standort der einzelnen Sickeranlagen erfolgen. Die Einschätzung des Sickervermögens einer Fläche muss stets die Informationen aus dem Aufbau der Profile und aus den Versickerungsversuchen berücksichtigen.

Versickerungsversuche lassen sich mittels Ringinfiltrometer (DIN 19 682, Blatt 7), künstlich angelegten Sickergruben (BLW 1995, Orth & Ebers 1988) oder Open-End-Tests[20] (DIN 19 682, Blatt 8) durchführen[21]. Teilweise werden die Versickerungsver-

---

[20] Open-End-Tests messen teilweise (bzw. vor allem) eine horizontale Wasserleitfähigkeit; bei geschichteten oder horizontierten Böden ergeben sich unbrauchbare messwerte, da für Regenwasserversickerung ausschließlich die vertikale Wasserleitfähigkeit entscheidend ist.

[21] HMUEB 1993 und Niedersächsisches Sozialministerium 1993 enthalten Anleitungen zur Bestimmung des Sickervermögens, die von den interessierten Bürger und Bürgerinnen selbst durchgeführt werden können.

suche an der Geländeoberfläche durchgeführt, teilweise in der Tiefe der Sohle der geplanten Sickergrube; teilweise wird über die belebte Oberbodenschicht versickert, teilweise nach deren Entfernung[22] direkt in den Untergrund. Nach länger anhaltender Trockenheit bilden sich auf tonhaltigen Böden Schrumpfungsrisse: in diesen Rissen rasch versickerndes Wasser täuscht eine zu hohe Leitfähigkeit vor; gleiches gilt für Böden mit überdurchschnittlich vielen Pflanzenwurzel- und Regenwurmröhren.

Bei Regenwasserversickerung am Hang ist zusätzlich auszuschliessen, dass unterhalb der Sickeranlage liegende Gebäude vernässt werden können: neben Hausabstand und Wasserleitfähigkeit sind Hangneigung und wasserstauende Schichten zu berücksichtigen. Zusätzlich ist zu prüfen, dass eine Veränderung der Grundwasserströme (Fließrichtung und Wassermengen) keine nachteiligen Auswirkungen hat. Gegenüber Städten Norddeutschlands besitzt Wiesbaden deutlich ungünstigere pedologische und hydrogeologische Voraussetzungen zur Versickerung von Niederschlagswasser. Um die Möglichkeiten, Regenwasser zu versickern, ausschöpfen zu können, sollten bisherige und zukünftige Erfahrungen kontinuierlich gesammelt und ausgewertet werden.

7 Grenzen des Gutachtens

Die Genauigkeit des vorhandenen Datenmaterials bildet die Grenze der möglichen Aussagen der Karte und des Gutachtens. Die als einheitlich kategorisierten Flächen der Karte können kleinflächig auch Flächen anderer Kategorien (Inhomogenitäten) enthalten, bspw. durch anthropogene Störungen oder geogene Bodenumlagerungen am Hang. In der Natur existieren keine scharfen Grenzen wie sie die geologischen oder bodenkundlichen Karten enthalten: der Übergang zwischen den pedologischen oder geologischen Einheiten erfolgt in der Regel fließend. Im Bereich der – aus anderen Karten übernommenen – Grenzlinien können Flächen der benachbarten Kategorie vorkommen.

Flächendeckende Regenwasserversickerung (bspw. in Neubaugebieten) kann übergeordnete Auswirkungen zur Folge haben – bspw. Veränderungen von Grundwasserströmen. Eine Abschätzung solcher „Summeneffekte“ ist auf Grundlage des vorhandenen Datenmaterials nicht möglich. Desweiteren kann flächendeckende Regenwasserversickerung zu Veränderungen der Grundannahmen und Rahmenbedingungen führen, bspw. über einen Anstieg des Grundwasserspiegels von 1,70 m über den Mindestabstand von 1,50 m hinaus auf 1,30 m. Eine solche Änderung der Rahmenbedingungen würde in Zukunft eine neue Bewertung notwendig werden lassen.

---

[22] Bei Entfernung des belebten Oberbodens besteht die Gefahr, dass die Oberfläche durch aufgewirbelte Bodenteilchen verschlämmt und zu niedrige Werte gemessen werden. Eine Bedeckung des Bodens mit Kies und ein vorsichtiges Einleiten des Wassers sind Voraussetzung für eine exakte Bestimmung des Sickervermögens.

8 Literatur

AG Boden, 41994: Bodenkundliche Kartieranleitung, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 392 S.

Abwassertechnische Vereinigung (ATV), 1992: Bau und Bemessung von Anlagen zur dezentralen Versickerung von nicht schädlich verunreinigtem Niederschlagswasser. ATV Regelwerk A 138, St. Augustin, 15 S.

Abwassertechnische Vereinigung (ATV), 1995: Hinweise zur Versickerung von Niederschlagsabflüssen – Arbeitsbericht der ATV-Arbeitsgruppe 1.4.1 „Versickerung von Niederschlagswasser". Korrespondenz Abwasser 42 (5), 797 – 806

* *Abwasser Verband Saar, 1995:* Siedlungsentwässerung im Wandel – Ansätze für einen ökologischeren und kosten bewussten Umgang mit Regenwasser. Saarbrücken, 80 S.

* *Baudirektion des Kantons Zürich/ Amt für Gewässerschutz und Wasserbau, 1991:* Retention und Versickerung von Meteorwasser im Liegenschaftsbereich – Planungsgrundlagen und Beispiele. Zürich, 64 S.

Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft (BLW), 1991: Beseitigung des Niederschlagswassers von befestigten Verkehrsflächen aus der Sicht des Gewässerschutzes. Merkblatt 4.3-4, 17 S.

Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft (BLW), 1995: Arbeitshilfe für die Durchführung von Sickertests. 2 S.

Berlekamp, L.-R. & Pranzas, N., 1986: Methode zur Erfassung der Bodenversiegelung von städtischen Wohngebieten. Natur & Landschaft 61, 92 – 95

Berlekamp, L.-R. & Pranzas, N., 1990: Erhebung von Bodenversiegelungen in Ballungsräumen. in: D. Rosenkranz et al., Bodenschutz – Ergänzbares Handbuch, Abschnitt 3355, 24 S.

Boller, M., 1988: Versickerung von Meteorwasser und Abwasser. Verband Schweizerischer Abwasserfachleute – Verbandsbericht 372, 29 S.

Boller, M. & M. Häfliger, 1996: Verbleib von Schwermetallen bei unterschiedlicher Meteorwasserentsorgung. gwa 76, 3 – 15

Borgwardt, S., 1994: Der Abflussbeiwert – Kritische Anmerkungen zur DIN 1986 Teil 2. Das Gartenamt 11/94, 756 – 760

Bullermann, M. & B. Klein, 1989: Regenwassernutzung in privaten und öffentlichen Gebäuden – qualitative Aspekte. Schriftenreihe WAR 40, 5 – 200

Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau (DVWK), 1988: Filtereigenschaften des Bodens gegenüber Schadstoffen – Berurteilung der Fähigkeit von Böden, zugeführte Schwermetalle zu immobilisieren. Merkblätter zur Wasserwirtschaft 212, 8 S.

Deutscher Verein des Gas- und Wasserfachs (DVGW), 1975: Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete – 1.Teil: Schutzgebiete für Trinkwasser. Arbeitsblatt W 101, 12 S.

Diederich, G. et al., 1985: Erläuterungen zu den Übersichtskarten 1:300 000 der Grundwasserergiebigkeit, der Grundwasserbeschaffenheit und der Verschmutzungsempfindlichkeit des Grundwassers von Hessen. Geologische Abhandlungen Hessen 87, 51 S.

* *Emschergenossenschaft, 1993:* Wohin mit dem Regenwasser? – Arbeitshilfe für einen ökologisch ausgerichteten Umgang mit Regenwasser in Baugebieten. Essen, 48 S.

Feldmann, Kl., 1992: Versickerung im Beispiel – Städtebau, Voraussetzungen, abwassertechnische Konsequenzen, Kosten. awt – abwassertechnik 6/92, 20 – 22

Förster, J., 1993: Dachflächen als Interface zwischen atmosphärischer Grenzschicht und Kanalsystem: Untersuchungen zum Transportverhalten ausgewählter organischer Umweltchemikalien an einer Experimentaldachsystem. Dissertation, Bayreuth

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), 1982: Richtlinien für bautechnische Maßnahmen an Straßen in Wassergewinnungsgebieten (RiStWag). 21 S.

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

Golwer, A., 1991: Belastung von Böden und Grundwasser durch Verkehrswege. Forum Städte-Hygiene 42, 266 – 275

Grotehusmann, D., 1995: Versickerung von Niederschlägen unter Berücksichtigung des Grundwasserschutzes. Schriftenreihe Stadtentwässerung & Grundwasserschutz 12, 231 S. & Anlagen

Grottker, M., 1992: Qualitative Aspekte der Meteorwasserversickerung. vsa-Verbandsbericht 445, 22 S.

Hartge, K. H. & R. Horn, 21991: Einführung in die Bodenphysik – Kapitel **5**: Wasserbewegung im Boden. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 138 – 165

Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie und Bundesangelegenheiten (HMUEB), 1991: Luftreinhalteplan Rhein-Main – 1. Fortschreibung. 451 S.

* *Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie und Bundesangelegenheiten (HMUEB), 1993:* Entsiegeln und versickern – Informationen zur durchlässigen Befestigung von Oberflächen und zur Versickerung von Regenwasser. Wiesbaden, 24 S.

Hölting, B., 41992: Hydrogeologie – Einführung in die Allgemeine und Angewandte Hydrogeologie. Ferdinand Enker Verlag, Stuttgart, 415 S.

* *Kommunale Umwelt-AktioN* (*U.A.N.), 1993:* Regenwasserversickerung. Schriftenreihe der Kommunalen Umwelt-AktioN 16, 88 S.

* *Landeshauptstadt Hannover, 1995:* Leitlinien für den Umgang mit Regenwasser in Baugebieten. Schriftenreihe kommunaler Umweltschutz 3, 44 S.

Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA),21993: LAGA – Informationsschrift Altablagerungen und Altlasten. Erich Schmidt Verlag, Berlin

Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), 1978: Richtlinien für Heilquellenschutzgebiete. Flöttmann, Gütersloh

Litz, N., 1993: Verhalten von Umweltchemikalien in Böden – Bewertungsverfahren für die Umweltplanung. Zeitschrift für Pflanzenernährung & Bodenkunde 156, 203 – 208

Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Umwelt und Forsten Baden-Württemberg (MELUF BW), 1987: Altlastenhandbuch – Teil 1: Altlastenbewertung. Wasserwirtschaftsverwaltung 18, 110 S.

* *Niedersächsisches Sozialministerium, 1995:* Umgang mit Regenwasser in Baugebieten. Hannover, 20 S.

Orth, J. P. & Th. Ebers, 1988: Maßnahmen und Auswirkungen von Abwasser- und Niederschlagsversickerungen auf Boden und Grundwasser. Berichte aus Wassergütewirtschaft & Gesundheitsingenieurswesen (TU München) 84

Pernak, K.-D. & R. Leschber, 1992: Tiefenverteilung persistenter Schadstoffe im Sediment einer Regenwasserversickerungsanlage. Vom Wasser 79, 323 – 331

Remmler, Fr. & U. Schöttler, 1995: Regenwasserversickerung – wasserwirtschaftliche Verbesserung oder Verunreinigung von Boden und Grundwasser. Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft 146, 122 – 130

Scheffer, F. & Schachtschabel, P., 121989: Lehrbuch der Bodenkunde – Kapitel XVI: Bodenwasser. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 171 – 204

Schleyer, R. et al., 1994: Auswirkungen organischer Luftschadstoffe auf die Qualität des Grundwassers. in: J. Matschullat & G. Müller, Geowissenschaften und Umwelt, Springer, Berlin, 105 – 113

Schoss, H.-D., 1977: Die Bestimmung des Versiegelungsfaktors nach Messtischblatt-Signaturen. Wasser & Boden 29, 138 – 140

* *Stadt Essen, 1994:* Niederschlagswasser – umweltverträglich beseitigt – Leitfaden für Bauherren, Planer und Investoren. Essen, 24 S.

* *Stadt Freiburg im Breisgau, o. J.:* Alles Gute kommt von oben! – Eine Information zum Grundwasserschutz durch Regenwasserversickerung. Freiburg im Breisgau, 8 S.

* *Stadt Laatzen, 1993:* Die Möglichkeiten der Oberflächenwasserversickerung im Bereich der Stadt Laatzen. Laatzen, 28 S.

* *Stadt Leverkusen, 1992:* Bodenentsiegelung – Die Chance, ein Stück Natur zurück zu gewinnen. Leverkusen, 24 S.

* *Stadt Münster, 1994:* Grün gegen Grau – Innenstadtprogramm zur Verbesserung der Wohnqualität. Münster, 32 S.

* *Stadt Essen, 1994:* Niederschlagswasser – umweltverträglich beseitigt – Leitfaden für Bauherren, Planer und Investoren. Essen, 24 S.

* *Stadt Freiburg im Breisgau, o. J.:* Alles Gute kommt von oben! – Eine Information zum Grundwasserschutz durch Regenwasserversickerung. Freiburg im Breisgau, 8 S.

* *Stadt Laatzen, 1993:* Die Möglichkeiten der Oberflächenwasserversickerung im Bereich der Stadt Laatzen. Laatzen, 28 S.

* *Stadt Leverkusen, 1992:* Bodenentsiegelung – Die Chance, ein Stück Natur zurück zu gewinnen. Leverkusen, 24 S.

* *Stadt Münster, 1994:* Grün gegen Grau – Innenstadtprogramm zur Verbesserung der Wohnqualität. Münster, 32 S.

Stengel-Rutkowski, W., 1983: Geologie und Wasserversorgung im Gebiet des früheren Herzogtums Nassau. Jahrbücher des Nassauischen Vereins für Naturkunde 106, 14 – 26

Thews, J.-D., 1971: Hydrogeologie des Stadtgebietes von Wiesbaden. in: Stadtwerke Wiesbaden (ESWE), Die Sicherstellung der Trinkwasserversorgung Wiesbadens, 23 – 34

Thews, J.-D., 1974: Die hydrogeologischen Verhältnisse im Einzugsgebiet und Infiltrationsgelände des Wasserwerks Schierstein. in: Stadtwerke Wiesbaden (ESWE), Künstliche Grundwasseranreicherung am Rhein, 55 – 63

Umweltbundesamt (UBA), 1986: branchentypische Inventarisierung von Bodenkontaminationen – ein erster Schritt zur Gefährdungsabschätzung. UBA-Texte 31/86

Umweltbundesamt (UBA), 1989: Inventarisierung von Bodenkontaminationen auf Geländen mit ehemaliger Nutzung aus dem Dienstleistungsbereich. UBA-Texte 16/89

* *Verbraucherzentrale, 1994:* Regenwasser für Haus und Garten. Bonn, 48 S.

Wannemacher, U., 1991: Eine Untersuchung über den Zusammenhang zwischen atmosphärischer und pedosphärischer Schwermetallbelastung in Ballungsgebieten. Geologisches Jahrbuch Hessen 119, 259 – 276

Wolff, R., 1993: Erfassung, Beschreibung und funktionale Bewertung der Eigenschaften von Stadtböden am Beispiel Hamburgs. Hamburger Bodenkundliche Arbeiten 21, 365 S.

Zeh, H., 1986: Bau durchlässiger und bewachsener Plätze. Schriftenreihe Umweltschutz 50, 60 S.

Anhang: Herleitung des Versickerungspotentials

Das Versickerungspotential (Tabelle 6) wurde anhand der folgenden Daten und Formeln berechnet (vgl. Tabelle 7).

Formeln

Spalte VI (versiegelte Fläche) = (I-II-V)·0,5+II·0,7+III+V

Spalte VII (potentielle Sickerfläche 1. Schritt unter Berücksichtigung von Industrie & Gewerbe, Ablagerungen, Verkehr, Stadtkerne) = (I-II-V)·0,5+(II-IV) ·0,35+III·0,2

Spalte XIII (potentielle Sickerfläche 2. Schritt unter Berücksichtigung der Standortverhältnisse = VII·(VIII+0,7·IX+0,1·X+0,05·XI)

Spalte XIV (potentiell versickerbare Wassermenge)

= XIII·550/100000 für Kastel, Kostheim

= XIII·750/100000 für Auringen, Medenbach, Naurod

= XIII·650/100000 für alle anderen Stadtteile

Spalte XV (Sickerflächen als Anteil der versiegelten Fläche) = XIII/VI

Tabelle 7: Datengrundlage und Herleitung des Versickerungspotentials für Wiesbaden

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV
	Gebäude (ha)	Gewerbe (ha)	Verkehr (ha)	Altflächen (ha)	Stadtkern (ha)	versiegelte Flächen (ha)	potentielle Sickerflächen I (ha)	Sand (1,0)	Lehm/Ebene (0,7)	Lehm/Hang (0,1)	Festgestein (0,05)	Ton/Grundwasser (0,0)	pot. Sickerflächen II (ha)	pot. Wassermengen (Mio. m3)	Anteil an versiegelter Fläche
Auringen	56	1	18		15	54	24			0,5	0,5		2	0,01	0,03
Biebrich	537	133	245	50	55	567	252		0,5	0,25		0,25	95	0,62	0,17
Bierstadt	203	8	89		35	209	100		0,5		0,25	0,25	36	0,24	0,17
Breckenheim	61	0	20		20	61	25			0,33		0,67	1	0,01	0,01
Delkenheim	124	23	53		15	127	62		0,67			0,33	29	0,19	0,23
Dotzheim	272	19	75		15	222	140			0,33	0,33	0,33	7	0,05	0,03
Erbenheim	184	35	61	25	25	172	78		0,5	0,25		0,25	29	0,19	0,17
Frauenstein	43	1	14		10	41	19				1		1	0,01	0,02
Heßloch	14	0	8		5	18	6			0,67	0,33		0	0,00	0,03
Igstadt	37	2	12		15	39	13			0,33		0,67	0	0,00	0,01
Kastel	365	99	196	80	15	405	171	0,75	0,2			0,05	152	0,84	0,38
Kloppenheim	34	1	11		15	36	12				1		1	0,00	0,02
Kostheim	182	44	89	15	25	201	84	0,95				0,05	80	0,44	0,40
Medenbach	40	1	13		15	41	15			0,2	0,8		1	0,01	0,02
Naurod	86	2	28		15	79	41				1		2	0,02	0,03
Nordenstedt	151	17	50		10	133	78		0,8			0,2	43	0,28	0,33
Rambach	32	1	23		10	45	16				1		1	0,01	0,02
Schierstein	245	42	119	25	25	263	119		0,80	0,15		0,05	68	0,44	0,26
Sonnenburg	154	1	50		15	134	79				1		4	0,03	0,03
Alt-Wiesbaden	1170	32	418	25	235	1127	538			0,5	0,25	0,25	34	0,22	0,03
Summe	3988	461	1591	220	590	3973	1871						587	3,59	0,15