



Nachhaltige SiedlungsWasserWirtschaft

• Grau- und Regenwasser •

© Guckelsberger - Stand: 11-2011

Nutzung und ökologisch nachhaltige Bewirtschaftung von Grau- und Regenwasser, sind eine wesentliche, ingenieurökologische Aufgabe, einer zukunftsfähigen Siedlungswasserwirtschaft. Es werden Verfahren und Konzepte aufgezeigt, die kleinräumig wie global einen Beitrag zur Schonung der endlichen, (über)lebenswichtigen Reccource Wasser leisten können.

Darüber hinaus mildern die nachfolgend dargestellten Verfahren des Regenwasser-rückhaltes und der Regenwasser-Versickerung die weltweit zu beobachtenden Umweltschäden, die u.a. als Folge zunehmender Freiflächen-Versiegelung und der damit einhergehenden schnellen und großen Abflüsse in die Kanalisation und unsere Gewässer, wo sie zu Hochwasser und massiver Bodenerosion/Erdrutsch führen.

Verwendet in:

- *Vorlesung, SiWaWi-1, Bachelor, 3.Sem., 08.11.11, 8-9.30 Uhr und 9.45 bis 11 Uhr. Aktualisiert gegenüber letztem Vortrag/Vorlesung.*
- *Vorlesung, SiWaWi-1, Bachelor, 3.Sem., 10.11.09, 8-9.30 Uhr und 9.45 bis 11 Uhr. Aktualisiert gegenüber letztem Vortrag/Vorlesung.*
-



GLIEDERUNG

4	REGEN- UND GRUNDWASSERBEWIRTSCHAFTUNG	4
4.1	Vorraussetzungen	7
4.1.1	Rechtliche Aspekte	7
4.1.2	Aspekte des Grundwasserschutzes.....	7
4.1.3	Hydraulische und wasserwirtschaftliche Grundlagen	8
4.2	Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung	9
4.2.1	Reduzierung der versiegelten Flächen	11
4.2.2	Regenwassernutzung.....	13
4.2.3	Flächenversickerung	21
4.2.4	Muldenversickerung	23
4.2.5	Rigolen-Versickerung	27
4.2.6	Mulden-Rigolen-Versickerung	29
4.3	Weitere Verfahren der Regenwasserbewirtschaftung - Übersicht.....	35
4.3.1	Schachtversickerung	35
4.3.2	Rohrversickerung.....	36
4.3.3	Beckenversickerung.....	37
4.3.4	Retentionsraumversickerung	37
5	QUELLENVERZEICHNIS	39

VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN

ABB. 4-1: WASSERHAUSHALT UNBEFESTIGTER FLÄCHEN (LINKS) UND BEFESTIGTER FLÄCHEN (RECHTS)	4
ABB. 4-2: ANWENDUNG VERSCHIEDENER BAU- UND SYSTEMELEMENTE	10
ABB. 3: SCHOTTLAND – DACHBEGRÜNUNG	12



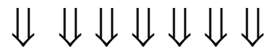
ABB. 4-4: SCHEMA EINER REGENWASSERNUTZUNG	14
ABB. 5: NACH DEM AUSHUB, AUSKLEIDEN DER MULDE MIT SAND UND SCHUTZVLIES	16
ABB. 6: PEHD-DICHTUNGSFOLIE UND MIT BASALTSPLITT ÜBERDECKTES DRAINROHR	17
ABB. 7: ALS BODENFILTERSUBSTRAT WIRD GEWASCHENER SAND 0/4 EINGEBAUT	18
ABB. 8: EIN LEICHTES VERDICHTEN NACH DEN SUBSTRATEINABU VERHINDERT SPÄTERE ABSACKUNG	19
ABB. 9: NACH BEPFLANZEN MIT AMPHIBISCHEN HELOPHYTEN WIRD DIE PFLANZENKLÄRANLAGE GEFLUTET.	20
ABB. 4-10: FLÄCHENVERSICKERUNG (SCHNITT)	21
ABB. 4-11: MULDENVERSICKERUNG	23
ABB. 12: VERSICKERUNGSKASKADEN VALLENDAR	24
ABB. 4-13: RIGOLENVERSICKERUNG	27
ABB. 4-14: MULDEN-RIGOLEN- <u>ELEMENT</u> ALS <u>VERSICKERUNGSANLAGE</u>	30
ABB. 4-15: MULDEN-RIGOLEN-MODELLKONZEPT	32
ABB. 4-16: MULDEN-RIGOLEN- <u>SYSTEM</u> ALS <u>RETENTIONSANLAGE</u>	33



4 REGEN- UND GRUNDWASSERBEWIRTSCHAFTUNG

Der natürliche Wasserkreislauf

Niederschlag



Verdunstung \Rightarrow Versickerung \Rightarrow Ober- und unterirdischer Abfluß

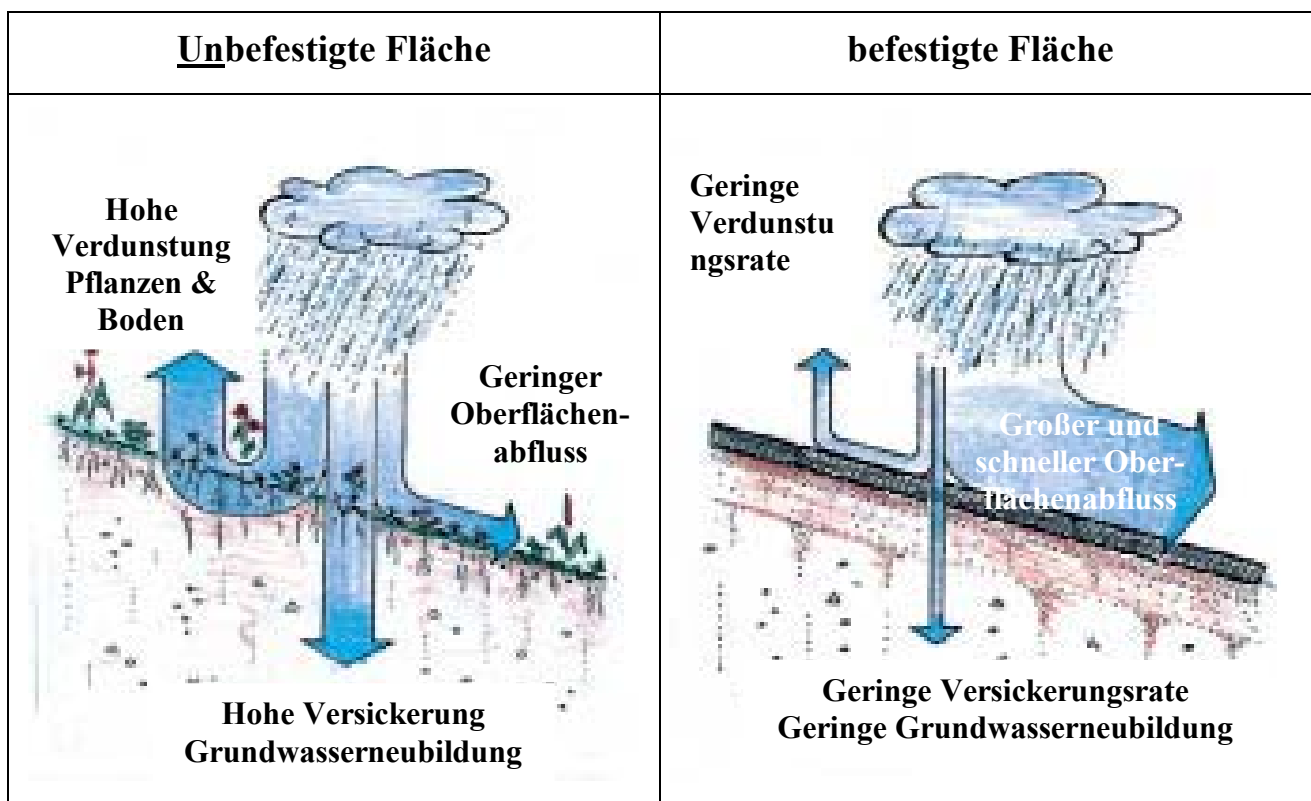


Abb. 4-1: Wasserhaushalt unbefestigter Flächen (links) und befestigter Flächen (rechts)

Niederschlag in ländlichen Regionen:

- Versickerung und Verdunstung = Quantitativer Hauptweg:
- oberirdischen Abfluß : Nur wenn Regenereignis die Versickerungs und Verdunstungsraten übersteigt.
- Hauptteil der Niederschlagsmengen versickert in Grundwasserleiter (Bild links),
- Grundwasseranreichern und langsam den Fließgewässern zuströmen.

- 4 -



-
- Untergrund übernimmt eine Pufferfunktion im natürlichen Wasserkreislauf
 - d.h. die Niederschlagsmengen verbleiben weitestgehend in der Landschaft
 - unkontrolliertes, kurzfristig, oberirdisches Abfließen (Hochwässer) bleibt auf wenige Stark-Regenereignisse beschränkt .



Niederschlag in urbanen – städtischen Gebiete

- natürliche Weg des Wassers ist nachhaltig gestört (Bild 4-1, rechts).
- Sogenannte „geordnete“ Entwässerung der Dach- und Verkehrsflächen
- kontrollierte Sammlung und Reinigung der Schmutzwässer
- SchmutzWasser möglichst schnell und restlos aus der Besiedlung ableiten !!!
- RegenWasser möglichst schnell und restlos aus der Besiedlung **ableiten ????**
 - *Sofortige SchmutzWasserAbleitung i.d.R. (nicht immer !) die optimalste Lösung !*
 - *Sofortige RegenWasserAbleitung führt zu wasserwirtschaftliche Probleme !*

Wesentliche Nachteile der Regenwasser**ableitung** :

- sinkende Grundwasserneubildungsraten durch Verhinderung der Versickerung und durch Drainagewirkung der Kanäle
- verminderte Niedrigwasserführung der Oberflächengewässer mit dem denkbaren Extrem daß sich unsere Gewässer zu Wadis (Gewässer die nur bei Regen Wasser führen) entwickeln.
- Überlastung von Kanal und Kläranlagen
- häufigere und oft stark verschmutzte Scheitelabflüsse im Kanalnetz und in den Fließgewässern, die zur morphologischen Schädigung des Gewässers führen.
- erhöhter punktueller Schadstoffeintrag in Fließgewässer
- Hohe Investitionskosten für Regenwasserkanäle und riesige Regenwasserbehandlungsanlagen, die nur sehr selten ausgelastet sind => verstärkter Kapitalbedarf der Entsorgungspflichtigen (Gemeinden).Folge: erhöhten Gebührenbelastungen der Haushalte



4.1 Vorraussetzungen

4.1.1 Rechtliche Aspekte

- **WHG § 1a (2)** „...Jederman ist verpflichtet Verunreinigung des Wassers oder eine sonstige nachteilige Veränderung seiner Eigenschaften zu verhüten..“
- **WHG § 2 (1)** „...GewässerBenutzung bedarf der behördlichen Erlaubnis (§7)“
- **LWG** : Von **versiegelten Flächen abfließendes Regenwasser als Abwasser** eingestuft und unterliegt dem **Anschluß- und Benutzungszwang** für die öffentliche Kanal isation = **Gebührenpflichtig !!!**

Bestrebungen: Regenwasser **nicht** mehr = Abwasser – kein Anschlußzwang !

4.1.2 Aspekte des Grundwasserschutzes

FLÄCHE / GEBIETSDEFINITION	BEWERTUNG DES NIEDERSCHLAGSABFLUSSES
Dachflächen in Wohn- und vergleichbaren Gewerbegebieten	unbedenklich
Rad und Gehwege in Wohngebieten Hofflächen in Wohn- und vergleichbaren Gewerbegebieten mit < 2.000 Kfz pro Tag Dachflächen in sonstigen Gewerbe und Industriegebieten Straßen mit 2.000 - 15.000 Kfz pro Tag Parkplätze Landwirtschaftliche Hofflächen	tolerierbar
Hofflächen und Straßen in sonstigen Gewerbe- und Industriegebieten	nicht tolerierbar



4.1.3 Hydraulische und wasserwirtschaftliche Grundlagen

- **Zeitbeiwertverfahren zur Ermittlung der zufließenden Regenwassermengen**
 - Charakteristik des Einzugsgebietes A_E , mit Art der Oberflächen (befestigt oder unbefestigt), sowie das Geländeprofil (flach oder abschüssig) bestimmen maßgeblich wieviel Regenwasser bei einem Regenereignis zum Abfluss kommt.

- **Sickergesetz nach DARCY für die ungesättigte Bodenzone**
 - Wieviel Regenwasser kann von welcher Bodenart in welcher Zeit in den Untergrund Infiltriert werden ?
 - k_f = Durchlässigkeitsbeiwert in m/s



4.2 Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung

- Entsiegelung befestigter Flächen
- **Begrünung von Gebäude-Dächern**
- Regenwassernutzung
- Flächenversickerung n. ATV A-138
- Muldenversickerung n. ATV A-138
- Rigolen- und Rohrversickerung n. ATV A138
- Schachtversickerung n. ATV A-138
- Mulden-Rigolen-Versickerung
- semizentrale bzw. zentrale Versickerungsbecken
- natürliche Retentionsräume
- **Retentionsbodenfilter für Regen- und Mischwasser**

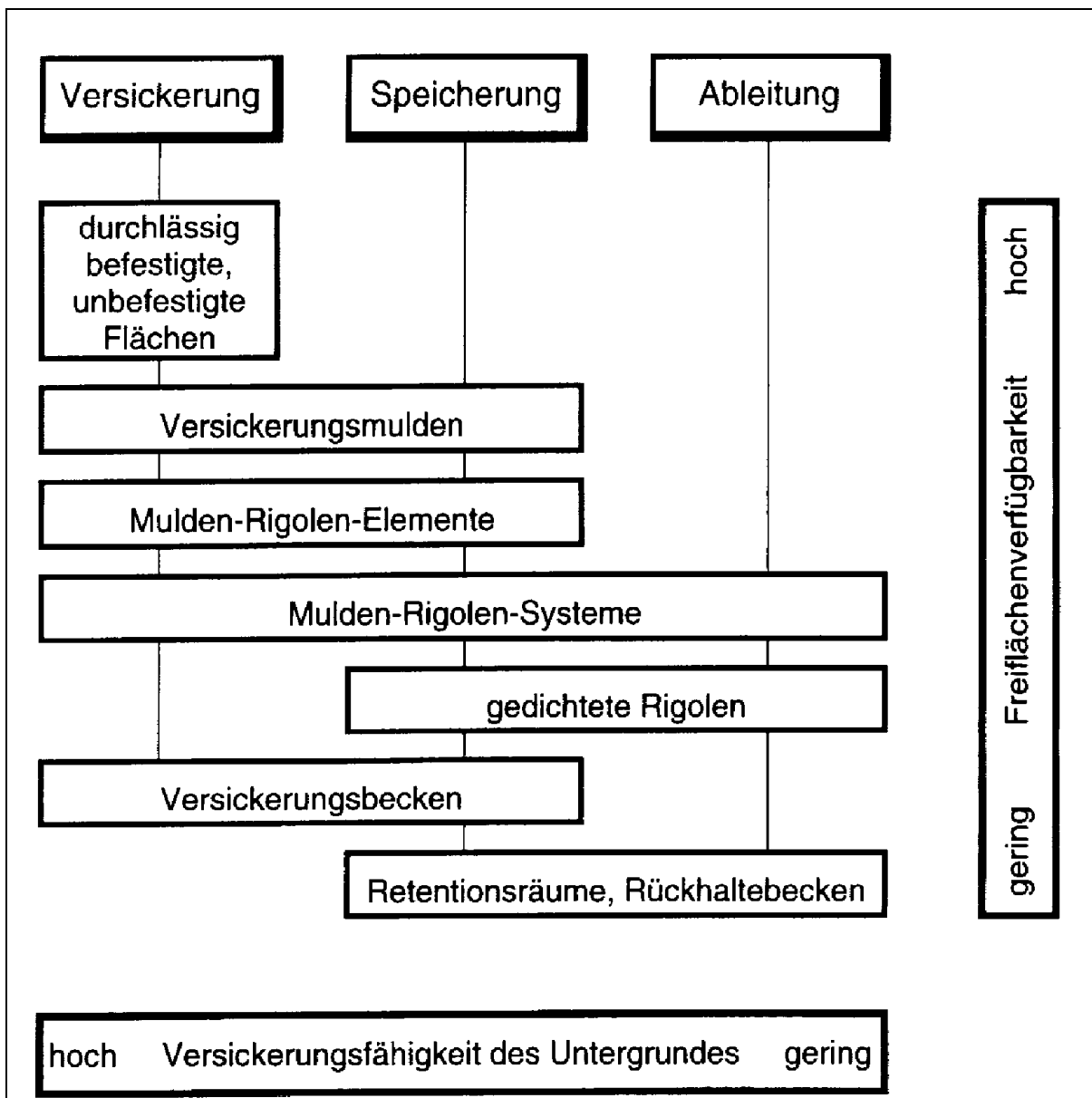


Abb. 4-2: Anwendung verschiedener Bau- und Systemelemente



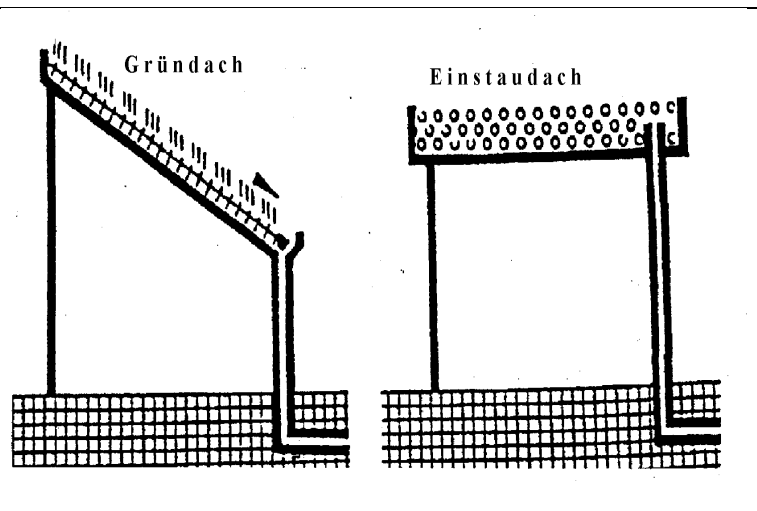
4.2.1 Reduzierung der versiegelten Flächen

Flächenentsiegelung

- ⇒ begrenzte Speicherung der Niederschläge
- ⇒ Abflußverzögerung
- ⇒ Grundwasserneubildung

Begrünung von Dachflächen

- ⇒ begrenzte WasserSpeicherung
- ⇒ vor allem Abflußverzögerung !
- ⇒ als Bestandteil dezentraler Systeme auf bebauten Grundstücken
- ⇒ oder in Verbindung mit Gemeinschaftseinrichtungen



Vegetationswirkung auf Gründächern

- + Niederschlagswasser-Speicher und -Verdunster
- + Damit weniger aufwendige Regenwasserentsorgung.
- + Versickerungseinrichtungen können daher kleiner dimensioniert werden.
- + Verringerung der Abflussspitzen, damit Kostenreduktion bei Abflussleitungen und Entlastungsbauwerken (Rückhaltebecken und Regenüberläufen).
- + Bei Versickerung des Überschusswassers wirkt Abflussverzögerung ebenfalls kostensenkend.
- + **Nachhaltig effektiv**: System aus **Dachbegrünung, Regenwassernutzung und Versickerung**



- + geringere Landschaftseingriffe und Entlastung des Landschaftshaushaltes
- + Dachbegrünung i.d.R. ökologisch und langfristig auch ökonomisch

Weiterhin:

- + Schutz vor Wärmestrahlung
- + Wärmedämmung
- + Schallschutz u. mehr !

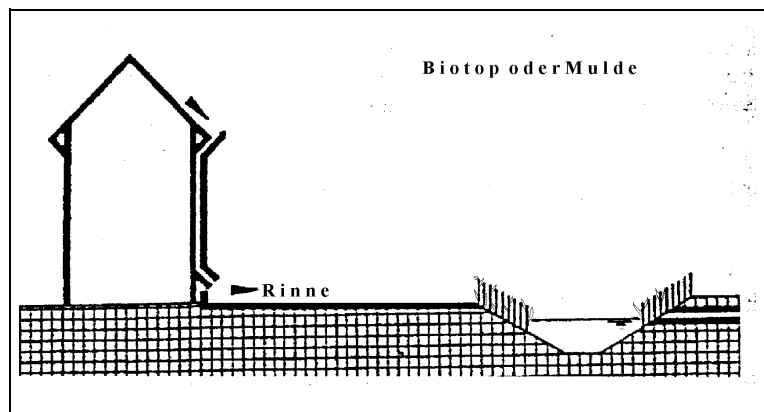


Abb. 3: Schottland – Dachbegrünung



Teiche, Feuchtbiotopen, Mulden

- ⇒ erhöhte Speicherung der Niederschläge und
- ⇒ Abflußverzögerung



4.2.2 Regenwassernutzung

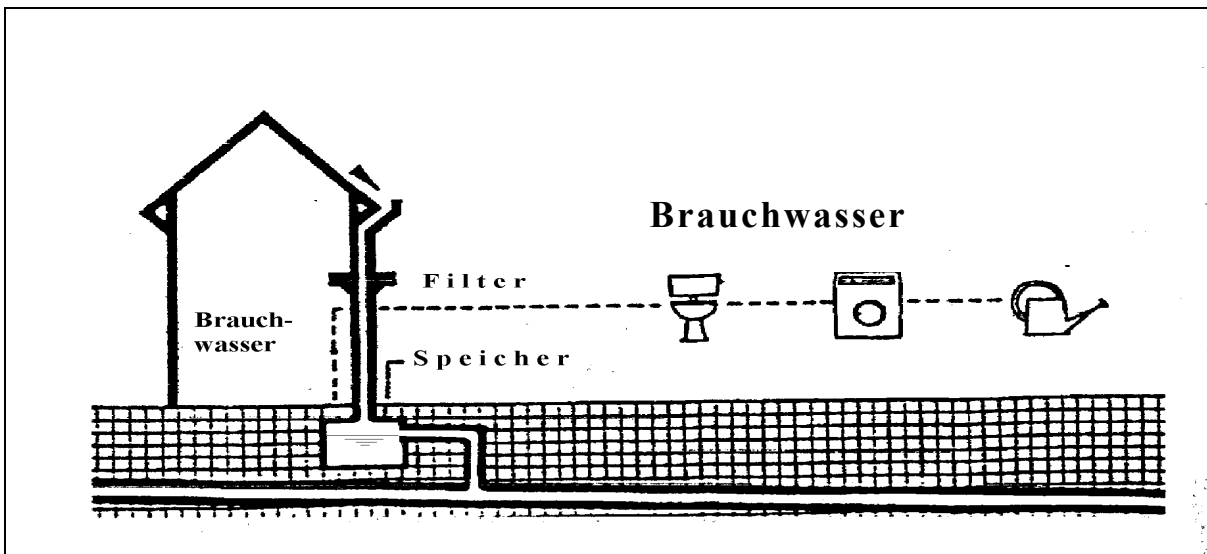
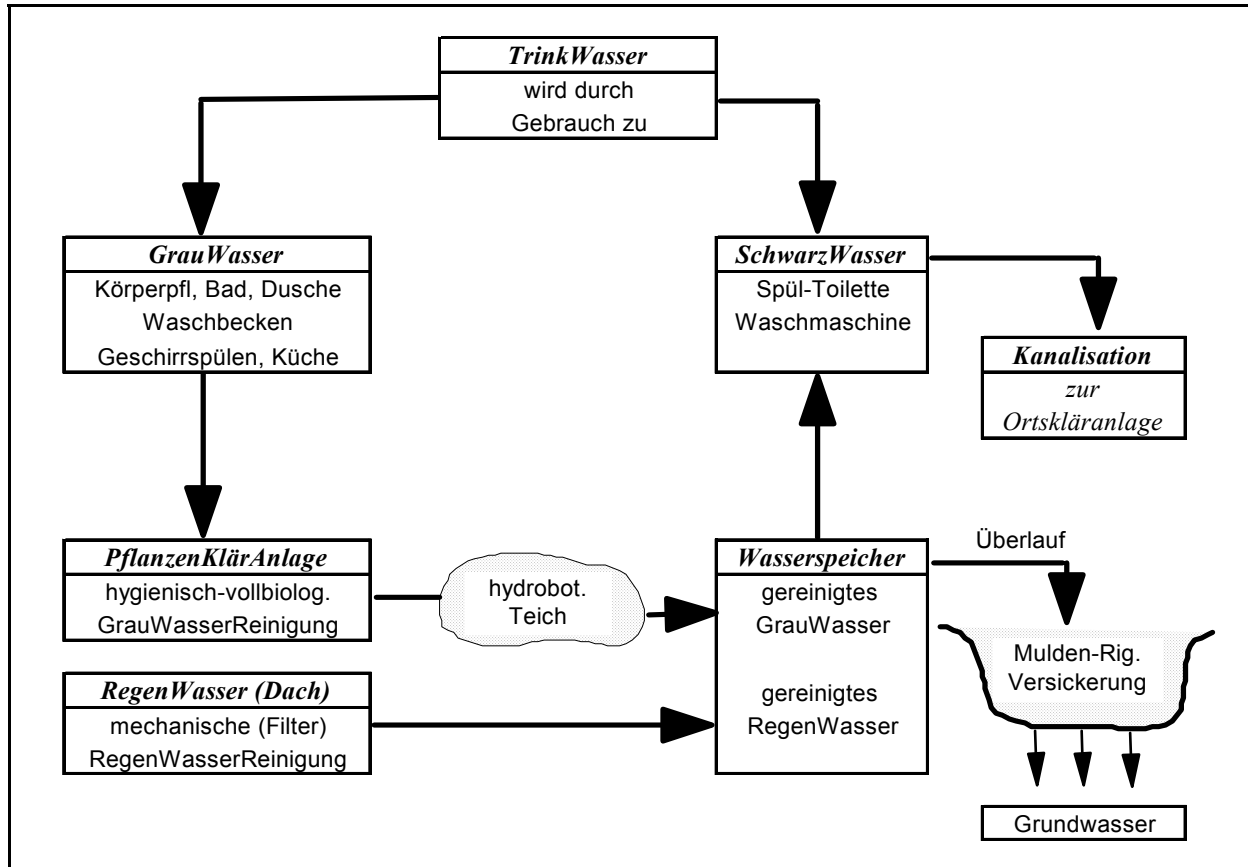


Abb. 4-4: Schema einer Regenwassernutzung



- + Realisiertes Grau- & Regenwasser-Recycling-Konzept
- + mit Wiederherstellung des „kleinen Wasserkreislaufes“
- + Kombination aus Grau- und Regenwasser-Retention-Reinigung-Nutzung





Pflanzenkläranlage zur Reinigung und Zwischenspeicherung von Regen- und Grauwasser



Abb. 5: Nach dem Aushub, auskleiden der Mulde mit Sand und Schutzvlies



Abb. 6: PEHD-Dichtungsfolie und mit Basaltsplitt überdecktes Drainrohr



Abb. 7: Als Bodenfiltersubstrat wird Gewaschener Sand 0/4 eingebaut



Abb. 8: Ein leichtes Verdichten nach den Substrateinabu verhindert spätere Absackung



Abb. 9: Nach Bepflanzen mit amphibischen Helophyten wird die Pflanzenkläranlage geflutet.



4.2.3 Flächenversickerung

- Niederschlagswasser versickert ohne vorherige Speicherung flächenförmig
- unbefestigte gewachsene Böden oder
- durchlässig befestigte Oberflächen
- Auch in den Seitenräumen versiegelter Flächen kann versickert werden.

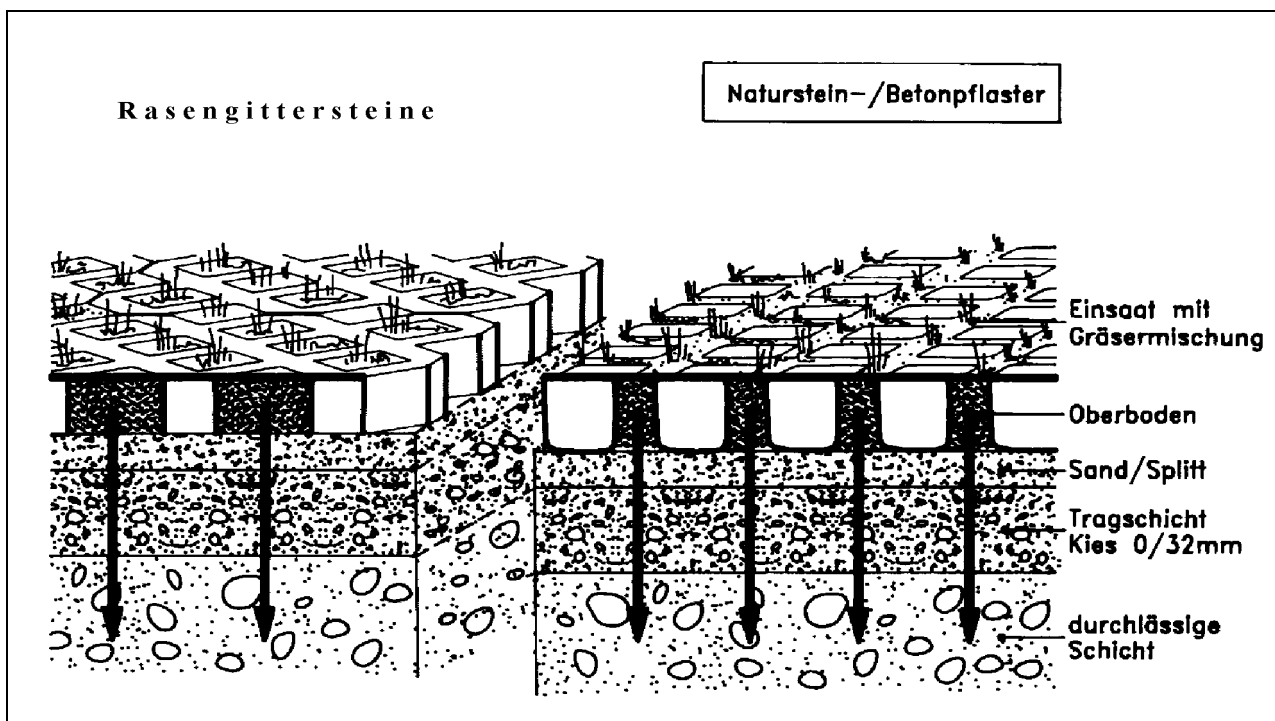


Abb. 4-10: Flächenversickerung (Schnitt)



4.2.3.1 Bemessung Flächenversickerung

Da Flächenversickerung keinen wesentlichen Aufstau ermöglicht, gilt der Grundsatz:

Versickerungsleistung des Bodens $Q_s > \text{Zufluß aus Bemessungsregen } Q_z$

Die für die Versickerung notwendige Fläche A_s berechnet sich zu

A. Bemessung durchlässig unbefestigter Flächen

$$A_s = \frac{A_{red}}{(10^7 \times kf) / (2 \times r_{T(n)}) - 1}$$

Gl.: 4-1
 A_s [m²] = verfügbare Versickerungsfläche
 A_{red} [m²] = angeschl. befestigte Fläche
 kf [m/s] = Durchlässigkeitsbeiwert gesättigte Zone
 $r_{T(n)}$ [l/sxha] = BemessungsRegenspende

B. Bemessung durchlässig befestigter Flächen (z.B. Rasengittersteine)

$$A_s = \frac{A_{red}}{(10^7 \times kf) * (1 - \alpha) / (2 \times r_{T(n)}) - 1}$$

G: 4-1
 A_s [m²] = verfügbare Versickerungsfläche
 A_{red} [m²] = angeschl. befestigte Fläche
 kf [m/s] = Durchlässigkeitsbeiwert gesättigte Zone
 $r_{T(n)}$ [l/sxha] = BemessungsRegenspende

α = undurchlässiger Anteil des Befestigungsmaterials

Zum Beispiel Rasengittersteine mit einem Lochanteil von 40%:

α = 0,6 bzw. 60 % undurchlässiger Anteil des Befestigungsmaterials
 0,4 bzw. 40 % durchlässiger Anteil des Befestigungsmaterials

Flächenversickerung in Straßenseitenräumen

Erforderliche Durchlässigkeit der Strassenseitenräume:

$$k_f > (1 + x) * 2 * 10^{-5} \quad \text{mit } x = A_{red} / A_s$$



4.2.4 Muldenversickerung

- Muldenversickerung = Variante der Oberflächenversickerung
- zeitweise WasserSpeicherung kann in Rechnung gestellt werden
- Versickerungsrate darf geringer als der Niederschlagszufluß sein
- Bei Grundstücken mit wirtschaftlich ungenutzten Grünflächen
- Seitenräume von Fuß- und Radwegen sowie untergeordneten Wegen und Plätzen
- Bei geneigtem Gelände KaskadenVersickerung in Mulden

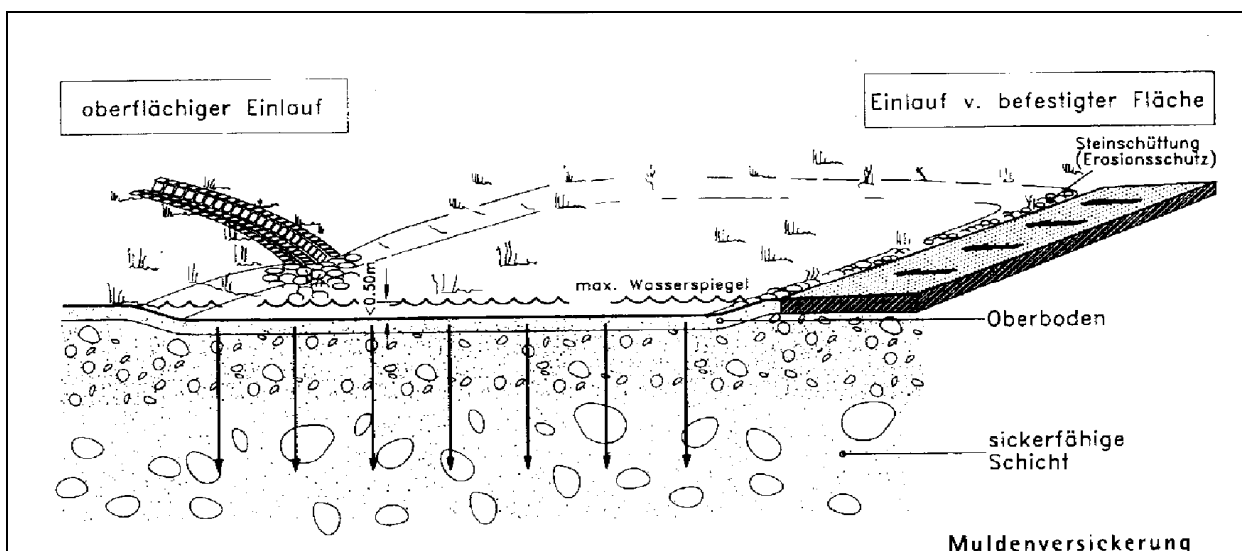


Abb. 4-11: Muldenversickerung



Abb. 12: Versickerungskaskaden Vallendar



4.2.4.1 Bemessung Muldenversickerung

- Muldenversickerung, wenn verfügbare Versickerungsfläche für Flächenversickerung nicht ausreicht.
- Versickerungsfläche A_s [m²] i.d.R. vorgegeben. Notwendiges Speichervolumen V_s der Versickerungsmulde gefragt.
- Unter der Annahme einer konstanten Versickerungsrate ergibt sich V_s aus der Differenz zwischen dem Niederschlagsvolumen Σ ($Q_z \times T$) und dem Versickerungsvolumen Σ ($Q_s \times T$), jeweils bezogen auf die Dauer des Bemessungsregens:

V_s [m³] = $(\Sigma Q_z - \Sigma Q_s) \times T \times 60$ Damit ergibt sich das Speichervolumen V_s [m³],

a) Unter Verwendung örtlicher Regenspendenlinie :

$$V_s \text{ [m}^3\text{]} = (A_{\text{red}} + A_s) \times 10^{-7} \times r_{T(n)} \times T \times 60 - A_s \times T \times 60 \times k_f/2 \times I \quad \text{Gl.: 4-2}$$

mit V_s = Speichervolumen in m³

A_{red} = angeschlossene befestigte Fläche in m²

A_s = verfügbare Versickerungsfläche in m²

k_f = Durchlässigkeitsbeiwert der gesättigten Zone in m/s

$r_{T(n)}$ = maßgebende Regenspende in l/(s * ha)

T = Dauer des Bemessungsregens in min

I = hydraulisches Gefälle in m/m = Gefälle der Wasserpegel in zwei benachbarten Bohrlöchern.

Nimmt man an, dass die Sickerleistung über die betrachtete Fläche gleich ist, so wird $I = 1$ gesetzt. Dieser Sachverhalt wird in der Regel angenommen (vgl. ATV; Gieger et.a.l. S. 56)

Das Versickerungsvolumen ergibt sich, wenn man in Gl. 4 (A-138, S. 9) vereinfachend $z = 0$ setzt und damit das hydraulische Gefälle $I = 1$ wird.



b) Unter Verwendung der Reinhold'schen Regendaten :

Die in Gleichung (4-2) anzusetzende maßgebende Regenspende $r_{T(n)}$ ist jetzt $= r_{15(1)} \times \varphi_{T(0,2)}$

Dabei ist $\varphi_{T(0,2)}$ der Zeitbeiwert der Häufigkeitsstufe $n = 0,2/a$ und der zunächst unbekanntes maßgebenden Regendauer T und ergibt sich z.B. nach ATV-A 118 zu $\varphi_{T(0,2)} = 42,8 / (T + 9)$.

Wird diese Beziehung in Gleichung (4-2) berücksichtigt, erhält man das für die Bemessung erforderliche maximale Speichervolumen V_s :

$$V_s [m^3] = 2,57 \times 10^{-4} \times (A_{red} + A_s) \times r_{15(1)} \times \frac{T}{T+9} - A_s \times T \times 60 \times \frac{kf}{2} \quad \text{Gl.: 4-3}$$

Die maßgeb. Bemessungsregendauer T ergibt sich aus der Bedingung $dV_s/dT = 0$:

$$T [\text{min}] = \sqrt{\frac{3,85 \times 10^{-5} \times (A_{red} + A_s) \times r_{15(1)}}{A_s \times \frac{kf}{2}}} - 9 \quad \text{Gl.: 4-4}$$



4.2.5 Rigolen-Versickerung

Die Bemessung einer Rigolen- und Rohrversickerungsanlage erfolgt wie bei der Muldenversickerung nach der Kontinuitätsbedingung

Zufluß - Abfluß (Versickerung) = Speicheränderung

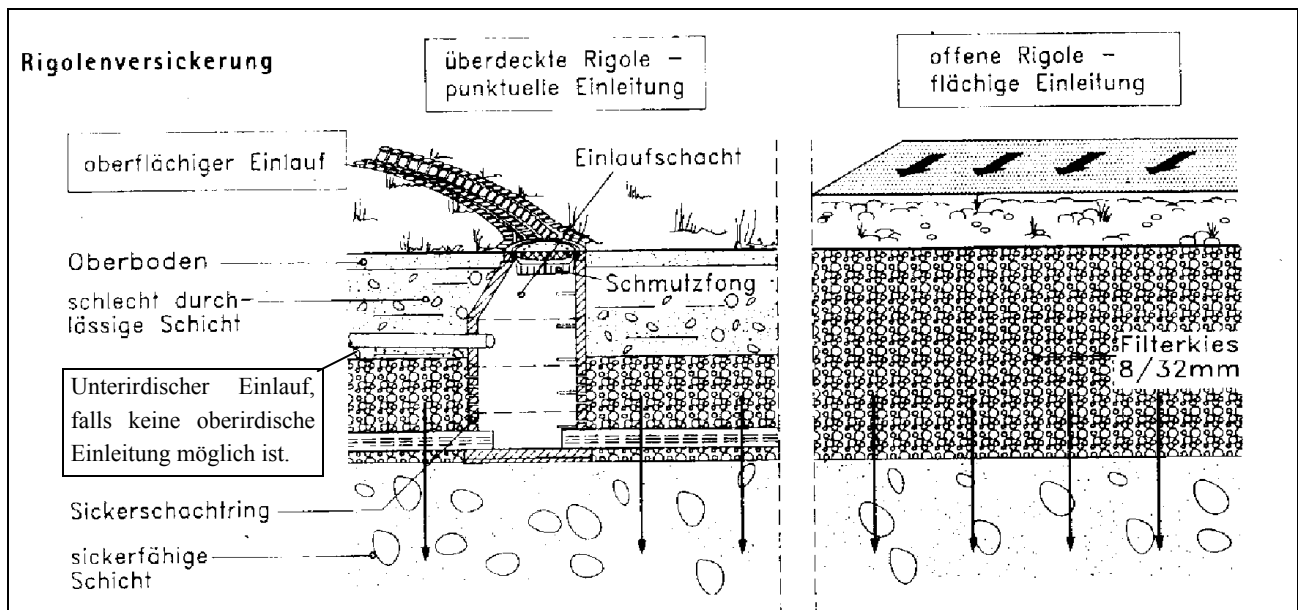


Abb. 4-13: Rigolenversickerung

4.2.5.1 Bemessung

a) Unter Verwendung örtlicher Regenspendenlinie:

Analog zu Gleichung (4-1) ergibt sich das notwendige Speichervolumen einer Rigolen- und Rohrversickerung dann wie folgt:

$$V_s [m^3] = A_{\text{red}} \times 10^{-7} \times r_{T(n)} \times T \times 60 - (b + h/2) \times L \times T \times 60 \times k_f/2 \times I \quad \text{Gl.: 4-5}$$

Für V_s kann allgemein gesetzt werden:

$$V_s [m^3] = b \times h \times L \times s \quad \text{Gl.: 4-6} \quad \text{mit } s = \text{Speicherkoefizient}$$

➤ Dabei ist „s“ bei der Rigolen- und Rohrversickerung unterschiedlich zu berechnen.



- Bei Rigolenversickerung entspricht „s“ dem Porenanteil der Kiesfüllung
- Bei Rohrversickerung stellt s den für die Speicherung nutzbaren Querschnittsanteil aus Rohrquerschnitt und Porenanteil des umgebenden Kiesbettes dar.
- RigolenQuerschnitt - mit oder ohne Rohr – wird zweckmäßig gewählt und damit vorgegeben.
- Zielgröße der Berechnung ist dann die notwendige Länge L der Rigole:

$$L \text{ [m]} = \frac{A_{\text{red}} \times 10^{-4} \times r_{T(n)} \times T \times 60}{b \times h \times s + (b + \frac{h}{2}) \times T \times 60 \times \frac{k_f}{2}} \quad \text{Gl.: 4-7}$$

b) Unter Verwendung der Reinhold'schen Regendaten :

Ausgehend von der Häufigkeitsstufe $n = 0,2/a$ erhält man bei Anwendung der Reinhold'schen Regenreihen die für die Bemessung maßgebende Länge L zu:

$$L \text{ [m]} = \frac{2,57 \times 10^{-4} \times A_{\text{red}} \times r_{15(1)} \times \frac{T}{T+9}}{b \times h \times s + (b + \frac{h}{2}) \times T \times 60 \times \frac{k_f}{2}}$$

<u>mit:</u>	$A_{\text{red}} \text{ [m}^2\text{]}$	= angeschl. befestigte / abflußwirksame Fläche
	$r_{15(1)} \text{ [l/sxha]}$	= Basisregenspende n. Reinhold
	$k_f \text{ [m/s]}$	= Durchlässigkeitsbeiwert
	$b \text{ [m]}$	= Rigolen-Sohlbreite
	$h \text{ [m]}$	= nutzbare Rigolen-Höhe
	$s_k \text{ [-]}$	= Speicherkoeffizient = Porenanteil der Kiesfüllung
	$T \text{ [min]}$	= Dauer des Bemessungsregens

$$T \text{ [min]} = \sqrt{\frac{9 \times b \times h \times s_k}{(b + \frac{h}{2}) \times 60 \times \frac{k_f}{2}}}$$



4.2.6 Mulden-Rigolen-Versickerung

Bei geringer Bodendurchlässigkeit und geringer Flächenverfügbarkeit Kombination von Sickermulden mit unterirdischen Speicher-Rigolen.

Ein Mulden-Rigolen-Element besteht aus einer begrünten Sickermulde mit einer darunter liegenden Rigole als zweitem Speicherraum.

Das Regenwasser wird möglichst oberirdisch in die Sickermulden geleitet, wo es zwischengespeichert wird und durch den ca. 30 cm mächtigen Oberboden in die Rigole perkoliert. Um lange Einstauzeiten und Flächenbedarf für die Mulde sehr gering zu halten, soll der Boden zwischen Mulde und Rigole eine Durchlässigkeit von $k_f > 1 \times 10^{-5}$ [m/s] besitzen. Das nutzbare Porenvolumen (ca. 25 - 35 %) der meist mit Kies gefüllten Rigole stellt ein weiteres unterirdisches Speichervolumen dar. Aus der Rigole sickert das Wasser allmählich gemäß der sehr geringen Durchlässigkeit des anstehenden Bodens in den Untergrund. Durch ein Sickerrohr in der Rigole kann nicht versickerndes Wasser einem Drosselschacht zugeführt und von dort sehr stark verzögert abgeleitet werden. Staut die Mulde voll ein, so findet ein Überlauf zunächst in die noch teilgefüllte Rigole oder bei deren Vollfüllung in das Ableitungssystem statt. Drossel- und Überlaufwasser können entweder in ein kleines Regenwassernetz oder direkt in nahegelegene Gewässer geleitet werden.

Mulden-Rigolen-Elemente kombinieren die Reinigungsleistung der Mulde mit der Speicherfähigkeit der Rigole.



4.2.6.1 Bemessung - Mulden-Rigolen-Element

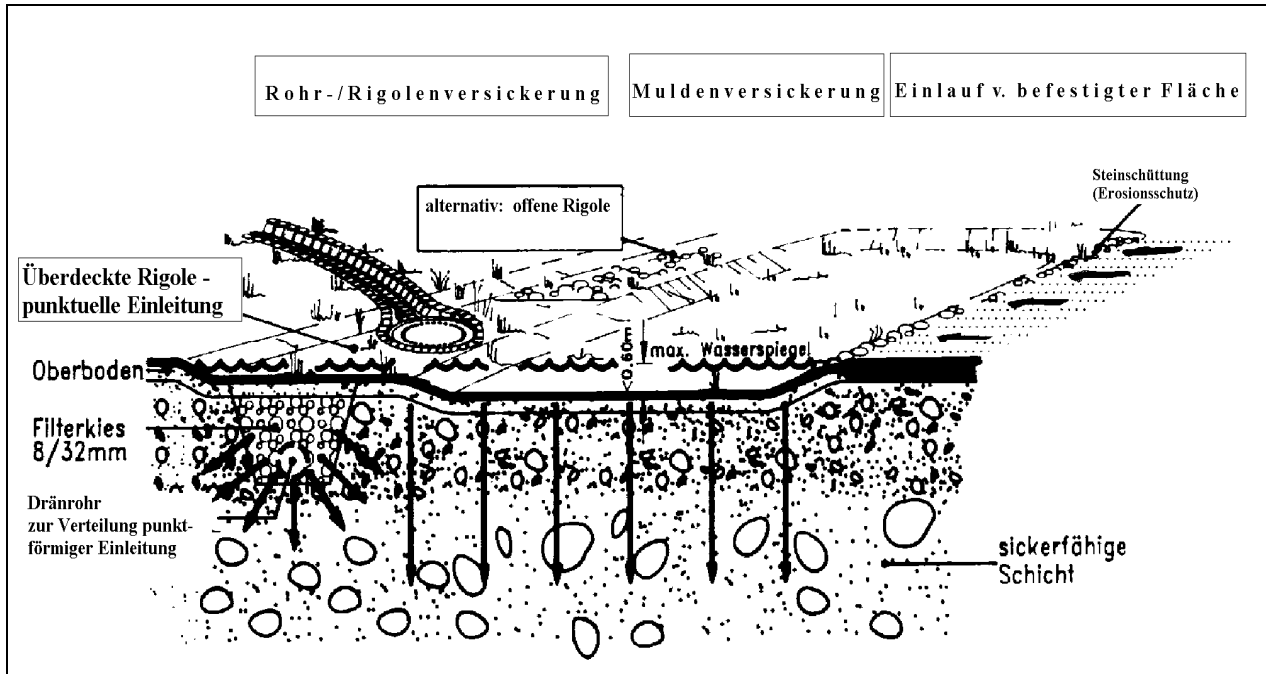


Abb. 4-14: Mulden-Rigolen-Element als Versickerungsanlage



Die Dimensionierung erfolgt separat für Mulde und Rigole !

Mulde

- Reinigung des Regenwassers
- geringfügige Speicherung
- Bemessung nach ATV-A 138 wie vor
- Versickerungsleistung + Speichervermögen > Regenzufluß

Rigole

- Zufluß Q_z - Abfluß (Versickerung) Q_s = Speicheränderung
- erforderliches Speichervolumen:

$$V_s \text{ [m}^3\text{]} = (A_{\text{red}} + A_s) \times 10^{-7} \times r_{T(n)} \times T \times 60 - (b + h/2) \times L \times T \times 60 \times k_f/2 \times I \quad \text{Gl.: 4-8}$$

$$V_s \text{ [m}^3\text{]} = b \times h \times L \times s \quad \text{Gl.: 4-9} \quad \text{mit } s = \text{Speicherkoefizient}$$

- ausgehend von der Häufigkeitsstufe $n = 0,2$ und unter Anwendung der **Rheinholdschen Regendaten** ergeben sich die Bemessungsformeln:

$$L \text{ [m]} = \frac{2,57 \times 10^{-4} \times (A_{\text{red}} + A_s) \times r_{15(1)} \times \frac{T}{T+9}}{b \times h \times s + (b + \frac{h}{2}) \times T \times 60 \times \frac{k_f}{2}}$$

Die maßgeb. Bemessungsregendauer T ergibt sich aus der Bedingung $dL/dT = 0$:

$$T \text{ [min]} = \sqrt{\frac{9 \times b \times h \times s_k}{(b + \frac{h}{2}) \times 60 \times \frac{k_f}{2}}}$$



4.2.6.2 Bemessung - Mulden-Rigolen-System

Reicht die Versickerungsleistung nicht aus, so muß eine gedrosselte Ableitung erfolgen:

⇒ Verknüpfung der einzelnen Mulden-Rigolen-Elemente zu einem Mulden-Rigolen-System, welches mit einem Vorflutgewässer oder einer leistungsfähigen Versickerungsanlage verbunden ist.

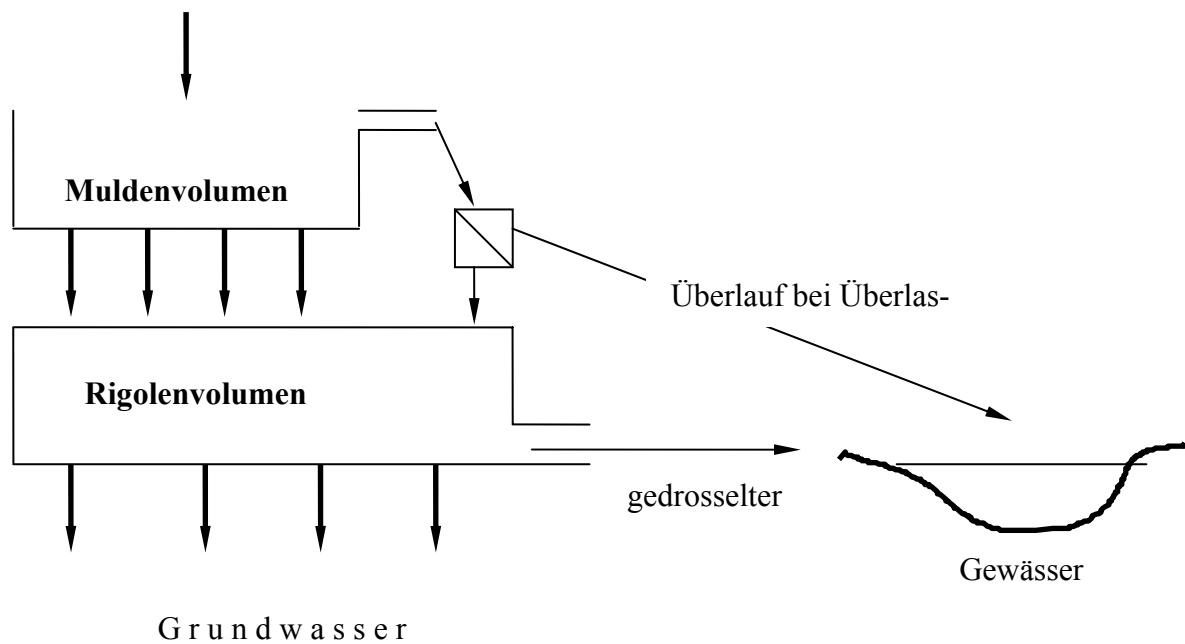


Abb. 4-15: Mulden-Rigolen-Modellkonzept

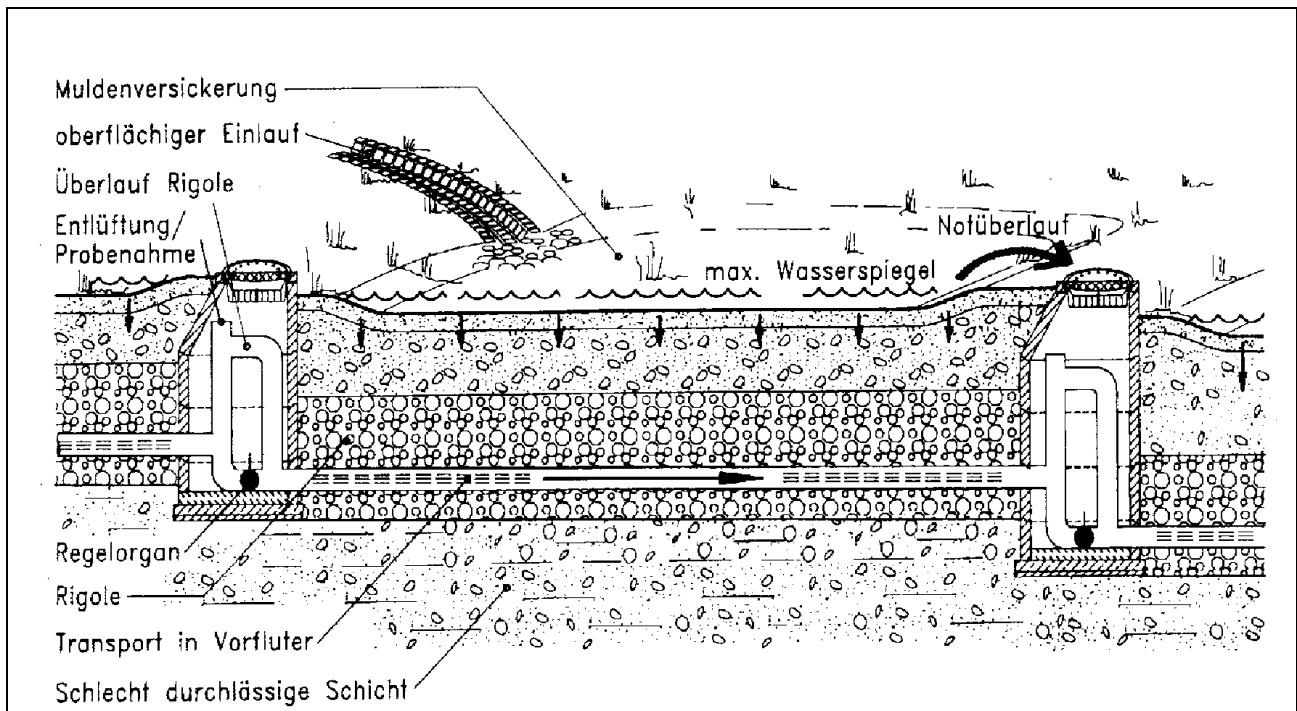


Abb. 4-16: Mulden-Rigolen-System als Retentionsanlage



Die Dimensionierung erfolgt in zwei Schritten:

(1) Vordimensionierung

Mulde

- s. Kap. „Muldenbemessung“ bzw. ATV A-138

Rigole

- Festlegung eines Drosselabflusses in Abhängigkeit der Infiltrationsrate (Exfiltration aus der Rigole wird vernachlässigt)
- Rigolenvolumen:

$$V_R [\text{m}^3] = (A_{\text{red}} + A_s) \times 10^{-7} \times r_{T(n)} \times T \times 60 - (Q_{\text{dr}} + Q_{\text{ex}}) \times T \times 60 / 1000 \quad \text{Gl.: 4-10}$$

- Ermittlung der maßgeb. Bemessungsregendauer T wie vor, bzw. nach ATV A138

Drainleitungen

- Die Abflußleistung der Drainleitungen in den Rigolen wird auf die Summe der maximalen Infiltrationswassermenge aller oberhalb liegenden Mulden festgelegt:

$$Q_{\text{dr}} [\text{l/s}] = \sum (A_{S_i} \times l_i \times k_{fM_i}) + A_{S_{(i+1)}} \times l_{(i+1)} \times k_{f(i+1)} \times 1000 \quad \text{Gl.: 4-11}$$

(2) Nachweis der Leistungsfähigkeit

- Die Vordimensionierung wird mit Hilfe der EDV über Niederschlags-Abflußmodelle auf ihrer Versagenshäufigkeit (Überstau) überprüft. Hierzu werden z.B. die Softwarepakete HYSTEM-EXTRAN, MURISIM und KOSIM eingesetzt.
 - Die o.a. Software ist an der FHW (EDV-Raum 304) installiert.

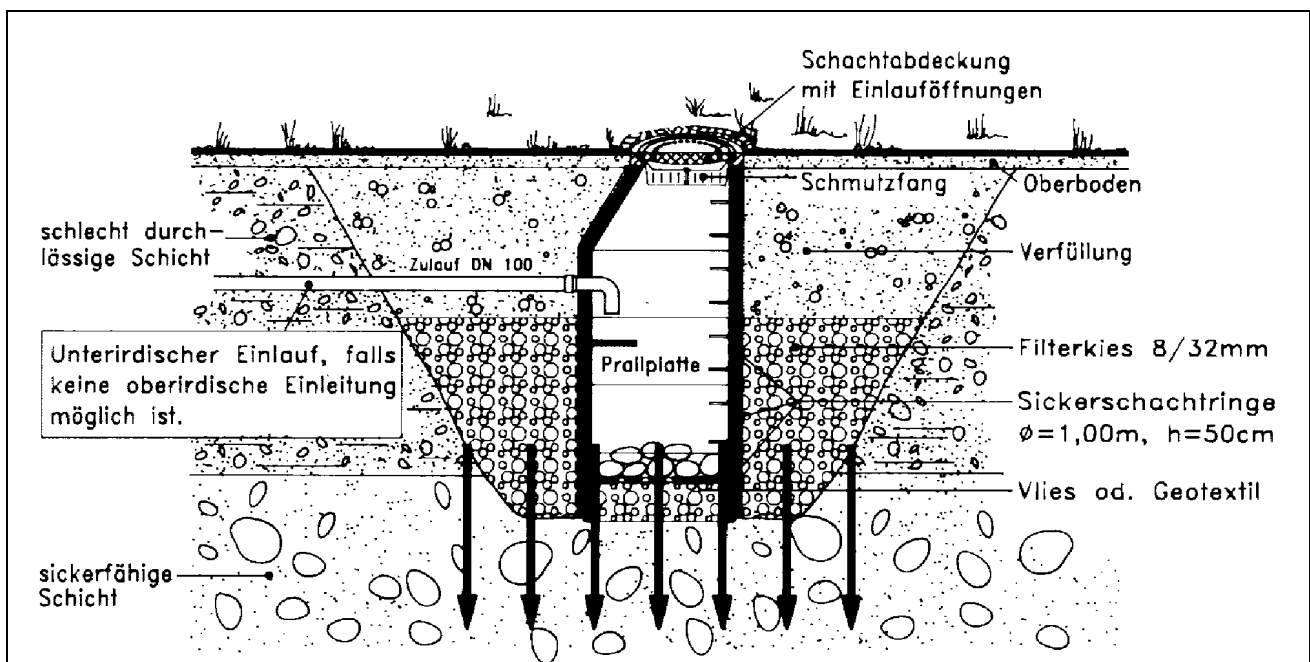


4.3 Weitere Verfahren der Regenwasserbewirtschaftung - Übersicht

- Schachtversickerung
- Rohrversickerung
- Beckenversickerung
- Retentionsraumversickerung

4.3.1 Schachtversickerung

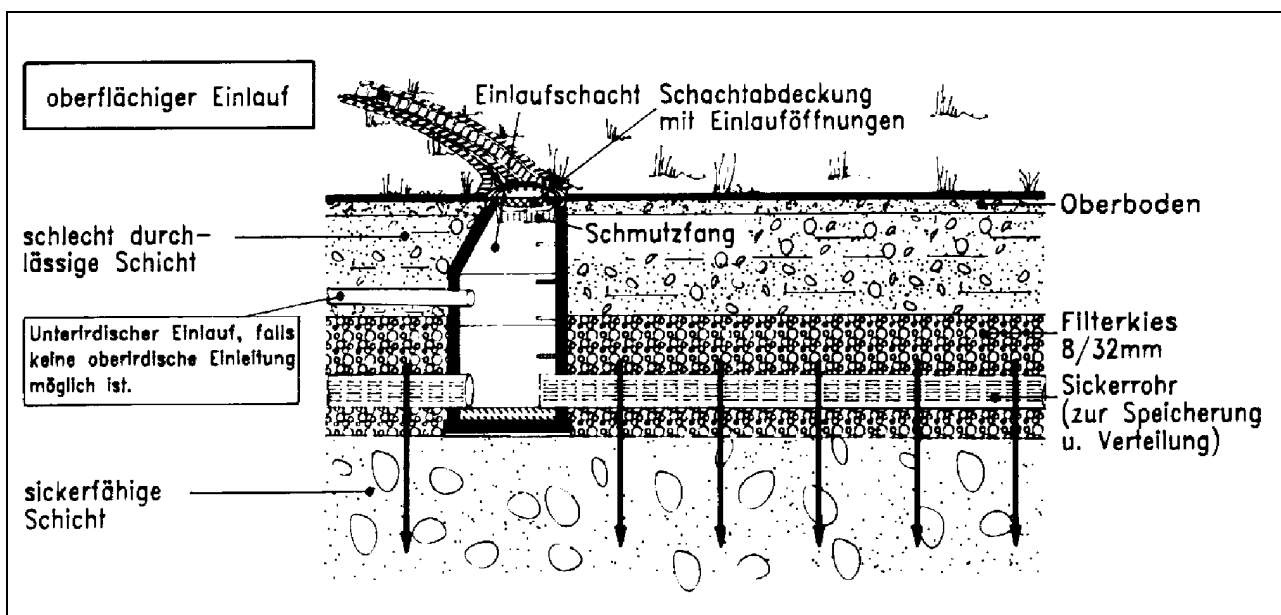
- Niederschlagswasser wird in einem durchlässigen Schacht zwischengespeichert und verzögert in den Untergrund abgegeben.
- Die Speicherung wird bei der Bemessung in Rechnung gestellt, das heißt, die Versickerungsrate des Schachtes kann geringer als der Niederschlagszufluß sein.
- Infiltration direkt in Sickerfähige Schicht, ohne Passage einer feinkörnigen Deckschicht
- Bemessung nach ATV-A138





4.3.2 Rohrversickerung

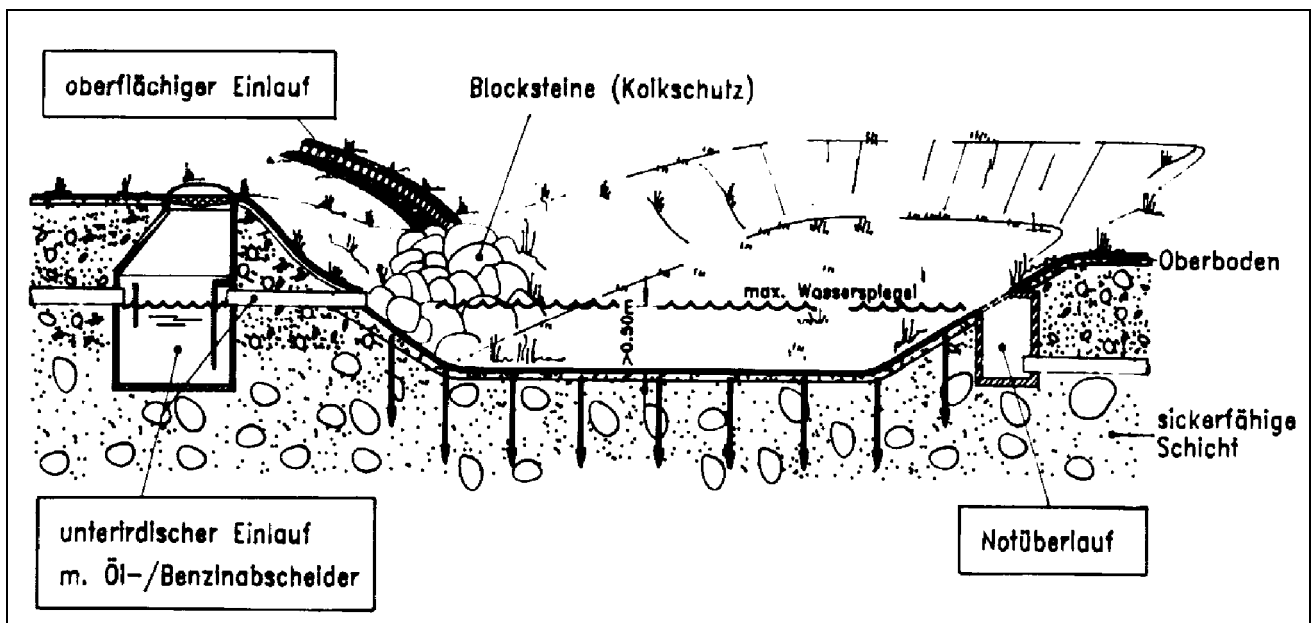
- linienförmige Versickerung mittels perforierter Sickerrohre
- Niederschlagswasser wird in einen in Kies gebetteten perforierten Rohrstrang geleitet,
- dort Zwischenspeicherung und entsprechend der Versickerungsfähigkeit des umgebenden Gesteins verzögert in den Untergrund abgegeben.
- Selbst keine oder kaum Reinigungslesitung
- Eine Kombination von Rohr- und Rigolenversickerung ist möglich. Rohr- und Rigolenversickerungsanlagen werden zweckmäßig an der Sohle oder in den Sohllinien von begrünten Speichermulden angelegt, in denen selbst eine Versickerung und außerdem eine zusätzliche Speicherung stattfinden kann





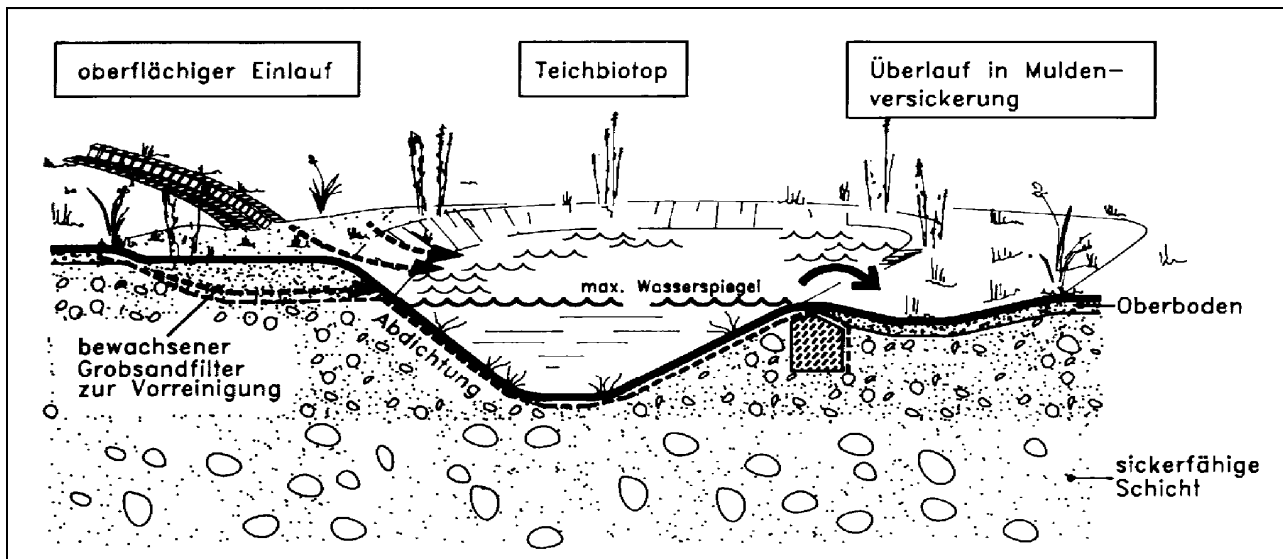
4.3.3 Beckenversickerung

- Flächenförmige Versickerung über belebte Bodenschicht, dadurch gute biologische Reinigung
- Infiltration über feinkörnige Deckschicht oder direkt in sickerfähige Schicht
- Rückhalt von ungelösten Stoffen
- Erhöhte Reinigungsleistung durch Integration von Absetzonen und -becken



4.3.4 Retentionsraumversickerung

- Retention und Filterung über eine Kombination von einem gegenüber dem Untergrund abgedichteten Teich oder Graben mit anschließendem Versickerungstreifen
- Sehr hohe Reinigungsleistung durch Sedimentation und Abbau von gelösten und ungelösten Stoffen im Teich.
- Zusätzliche biologische Reinigung durch belebte Bodenschicht der Mulde





5 QUELLENVERZEICHNIS

Nr.	Autor	Jahr	Titel - Thema	Verlag / Bezugsquelle
A	ATV A138			
A 20	ATV	1994	Planung der Kanalisation	Ernst & Sohn, Berlin
A 57	ATV	1977	ATV-A 118: Richtlinien für die hydraulische Berechnung von Schmutz-, Regen- und Mischwasserkanälen	CD-Rom Bibliothek FH Wiesbaden.
H 1	HOSANG / BLSCHOF	1998	Abwassertechnik	TeubnerVerlag Stuttgart