

STADT PADERBORN

**Gutachten über
verschiedene Versickerungsmöglichkeiten
von Niederschlagswasser im
Bebauungsplangebiet Nr. S 199
„Meerhof“ in Paderborn**



Weil · Winterkamp · Knopp
Partnerschaft für Umweltplanung

48231 Warendorf · Molkenstr. 5
Tel.: 02581/93 66-0 · Fax: 02581/93 66-1

18.07.96

INHALTSVERZEICHNIS

1 AUSGANGSSITUATION UND AUFGABENSTELLUNG	3
2 PEDOLOGISCHE UND HYDROGEOLOGISCHE ERGEBNISSE	4
2.1 ÜBERBLICK	4
2.2 UNTERSUCHUNGSUMFANG UND ERGEBNISSE	5
2.2.1 Bodenaufbau	6
2.2.2 Vorbelastungen	6
2.3 GRUNDWASSER	6
2.3.1 Grundwasserstände	6
2.3.2 Wasserdurchlässigkeit	8
2.4 Ergebnisdiskussion	9
3 ENTWÄSSERUNGSKONZEPT	11
3.1 Planungsziele	11
3.2 Randbedingungen	11
3.3 Möglichkeiten der Versickerung	12
3.3.1 Grundlagen der Bemessung	13
3.3.2 Dezentrale Flächenversickerung	14
3.3.3 Muldenversickerung	16
3.3.4 Mulden-Rigolenversickerung	18
3.4 Planungskonzept	19
3.4.1 Private Flächen	19
3.4.2 Öffentliche Flächen	20
4 ANFORDERUNG AN BAU UND BETRIEB DER ANLAGEN	25
5 LITERATUR	27
6 ANHANG	28

1 AUSGANGSSITUATION UND AUFGABENSTELLUNG

Die geordnete Entwässerung von Dach- und Verkehrsflächen und die Sammlung und Reinigung der Schmutzwässer ist eine wesentliche Voraussetzung für die Entwicklung von Siedlungsgebieten. Die bisher favorisierte Art der Niederschlagsentwässerung durch die Ableitung in Misch- oder Trennkanälen bringt jedoch verschiedene wasserwirtschaftliche Probleme mit sich, wie z. B.

- eine verminderte Grundwasserneubildungsrate
- geringere Niedrigwasserführung in Oberflächengewässern
- erhöhte Scheitelabflüsse im Kanalnetz und in den Fließgewässern
- Schadstoffeinträge in die Fließgewässer bei Mischwasserentlastungen nach Starkniederschlägen

Niederschlagsmengen, die versickert werden, bleiben dagegen dem natürlichen Wasserkreislauf erhalten und bedeuten eine Minderbelastung von Kanalnetzen, Kläranlagen und Vorflutern.

§ 51a Landeswassergesetz Nordrhein-Westfalen schreibt daher vor, daß Niederschlagswasser von Grundstücken, die nach dem 01. Januar 1996 erstmals bebaut, befestigt oder an die öffentliche Kanalisation angeschlossen werden, vor Ort zu versickern, zu verrieseln oder ortsnah in ein Gewässer einzuleiten ist, sofern dies ohne Beeinträchtigung des Wohls der Allgemeinheit möglich ist. Abwasserbeseitigungspflichtig ist der Grundstückseigentümer. Ist eine Versickerung auf dem Grundstück nicht möglich, wird die Gemeinde abwasserbeseitigungspflichtig.

Vor diesem Hintergrund ergab sich für die Stadt Paderborn für den in Aufstellung befindlichen Bebauungsplan S 199 „Meerhof“ die Notwendigkeit, die Versickerungsfähigkeit des Bodens überprüfen zu lassen.

Aus diesem Anlaß wurde die **WWK Partnerschaft für Umweltplanung, Warendorf**, vom Amt für Stadtentwässerung und Wasserwirtschaft der Stadt Paderborn mit Schreiben vom 07.05.1995 beauftragt, die erforderlichen Leistungen für bodenkundliche Untersuchungen zur Überprüfung der Versickerungsfähigkeit des Untergrundes und die Erarbeitung einer gutachterlichen Beurteilung von Möglichkeiten der Niederschlagsbeseitigung im Plangebiet zu erbringen.

Ausgehend von der vorgenannten Aufgabenstellung umfaßt die gutachterliche Stellungnahme zwei Teiluntersuchungen, die inhaltlich wie im zeitlichen Ablauf aufeinander folgen und aufbauen:

- **die Prüfung der pedologischen / hydrogeologischen Voraussetzungen für eine Versickerung durch Ermittlung des Grundwasserflurabstandes und der Durchlässigkeit des Untergrundes**

sowie

- die planerische Erarbeitung eines Entwässerungskonzeptes unter Berücksichtigung der Ergebnisse der pedologischen / hydrogeologischen Untersuchung sowie der vorliegenden Entwurfsplanung (Stand Juni 1996) des Bebauungsplangebietes

Grundsätzliches Planungsziel ist dabei, durch Kombination von Versickerung, Speicherung und Ableitung die niederschlagsbedingten Abflussspenden des künftig bebauten Gebietes denen des vormals landwirtschaftlich genutzten Gebietes weitestmöglich anzugleichen.

2 PEDOLOGISCHE UND HYDROGEOLOGISCHE ERGEBNISSE

2.1 ÜBERBLICK

Das Plangebiet liegt westlich von Paderborn im nordwestlichen Teil der Ortschaft Sande zwischen der B 64 im Süden und dem Boker Kanal im Norden (s. Abb. 1) im Bereich der Lippe-Niederterrasse.

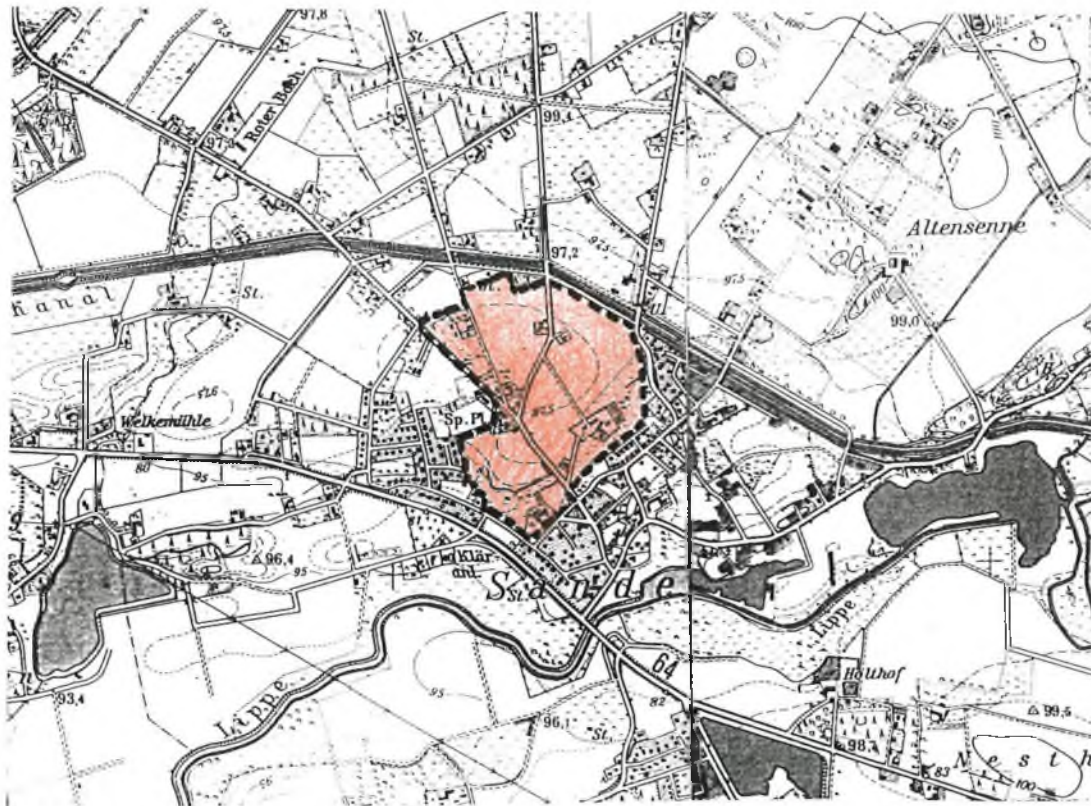


Abb. 1: Lage des Gebietes im Raum (Quelle: TK 1:25.000, Blätter Delbrück und Paderborn)

Bei Höhen zwischen ca. 98,5 - 95,5 m NN fällt das Gelände insgesamt nur schwach (0,5 %) nach Süden hin ab (siehe Plan 23.1). Die größten Geländeneigungen liegen mit 1,5 % im mittleren und östlichen Teil des Gebietes, fast ebene Flächen finden sich hauptsächlich im nördlichen Teil.

Im Gebiet stehen überwiegend 1-2 m mächtige pleistozäne bis holozäne Flugsanddecken an, die von den Talsanden der Oberen Niederterrasse unterlagert sind. Auf grundwasserfreien höhergelegenen Flugsandflächen konnten sich Podsol-Böden entwickeln, bei Grundwassereinfluß haben sich aus den Fein- bis Mittelsanden Gley-Podsol-Böden gebildet (vgl. Plan Nr. 23.2). Im östlichen und südlichen Randbereich sind jüngere Moorbildungen (Anmoor) aus humosen schwarzgrauen Sanden verbreitet. Hier tritt der Grundwassereinfluß deutlicher hervor, wie die Verbreitung von z. T. podsolierten Gleyen sowie Naß- und Anmoorgleyen verdeutlicht. Auch der nördliche Randbereich des Plangebietes wird bis zum Boker Kanal von z. T. podsolierten Gleyen und Naßgleyen eingenommen.

2.2 UNTERSUCHUNGSUMFANG UND ERGEBNISSE

Grundlage für die Festsetzung des Untersuchungsumfanges und Beurteilungsmaßstab für die anschließende gutachterliche Bewertung sind

- die im Entwurf vorliegende „Richtlinie zur Versickerung und ortsnahe Einleitung von Niederschlagswasser von befestigten Flächen“ des Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft Nordrhein-Westfalen

sowie

- das ATV-Arbeitsblatt A 138 „Bau und Bemessung von Anlagen zur dezentralen Versickerung von nicht schädlich verunreinigtem Niederschlagswasser“

Bei der Auswertung werden darüber hinaus die bereits in 1995 niedergebrachten sechs Sondierungen von je 4 m Tiefe berücksichtigt, deren Schichtenverzeichnisse vorliegen und die zu Grundwassermeßstellen der Stadt (Meßstellen-Nr. 32-37) ausgebaut wurden (Lage s. Plan 23.2).

Da die zu erstellende gutachterliche Studie verlässliche Aussagen zur Versickerungsfähigkeit des Untergrundes im gesamten Plangebiet treffen soll, erfolgte eine Verdichtung des Sondierasters der vorhandenen, jeweils ca. 250-500 m auseinanderliegenden Sondierungen durch das Niederbringen weiterer Rammkernsondierungen. Hiermit sollen eventuelle Inhomogenitäten der bodenkundlichen Verhältnisse und damit der Versickerungsfähigkeit ermittelt werden. Die Sondierungen wurden so platziert, daß sie die Rasterweite der Sondierungen auf rund 150 m reduzieren und dabei etwa im Bereich der vorgesehenen Grünflächen, im unmittelbaren Straßenseitenraum sowie in Flächen für den Gemeinbedarf liegen, um möglichst sichere Aussagen über eventuell dort vorzusehende und zu bemessende Versickerungsanlagen zu ermöglichen (Lage der Sondierbohrungen SB 1 - SB 20 s. Plan 23.2).

Folgendes Untersuchungsprogramm wurde durchgeführt:

- rasterförmiges Niederbringen von 20 Sondierungsbohrungen
- einfache Lagevermessung der Sondieransatzpunkte
- Aufnahme der Schichtfolge
- Feststellen des Grundwasserstandes
- Entnahme von Bodenproben an 5 repräsentativen Stellen
- Ermittlung der Wasserdurchlässigkeit an fünf Bodenproben (nach HAZEN und BEYER)

- Zeichnerische Darstellung der Untersuchungsergebnisse

Zur Auswertung wurden ferner die Geologische Karte 1 : 25.000, Blatt 4217 Delbrück sowie die Bodenkarte 1 : 25.000, Blatt 4217 Delbrück, verwendet.

2.2.1 Bodenaufbau

Die Bohrungen erschlossen einen gleichmäßigen Aufbau des Untergrundes und bestätigen damit lokal die Angaben der ausgewerteten geologischen und bodenkundlichen Kartenblätter:

Im ganzen Gebiet stehen durchweg Fein- bis Mittelsande an. Ihre Mächtigkeit geht über die Bohrendtiefe von 3 m hinaus.

Der humose, ebenfalls fein- bis mittelsandige Oberboden (Mutterboden) erreicht Mächtigkeiten zwischen 0,4 - 0,8 m. Die Sondierbohrungen SB 17 und SB 18 liegen im Straßenseitenraum bzw. in Siedlungsnähe und sind im Oberboden durch 1,0 m bzw. 1,3 m mächtige anthropogene Auffüllungen aus Sand, Ziegel und Mutterboden gekennzeichnet.

2.2.2 Vorbelastungen

Durch die Sondierbohrungen wurden keine Vorbelastungen des Bodens durch Kontaminationen festgestellt. Auch nach Angabe des Amtes für Stadtentwässerung der Stadt Paderborn sind innerhalb des Plangebietes keine Altstandorte oder Altablagerungen oder entsprechende Verdachtsfälle bekannt.

2.3 GRUNDWASSER

2.3.1 Grundwasserstände

Bei den Bohrarbeiten am 12.06.1996 wurde der Grundwasserstand allgemein zwischen 1,60 m und 2,10 m unter Gelände angetroffen (Tab. 2). An den sechs ausgebauten Meßstellen wurden am 11.06.1996 Wasserstände von 1,55 m bis 2,10 m unter GOK gemessen. Die geringsten GW-Flurabstände (< 1,80 m) wurden analog der Reliefsituation im südlichen Teil sowie im östlichen und westlichen Randbereich des Plangebietes gemessen. Die höchsten Flurabstände liegen hauptsächlich im nordöstlichen Plangebiet (s. Plan 23.2).

Tab. 1: Grundwasserflurabstände in den Meßstellen 32-37 (Meßzeitraum Oktober 1995 bis Juni 1996)

Meßstelle Nr.	Grundwasserflurabstände (G) [in m unter GOK] am						$G_{\max} - G_{\min}$ [m]
	26.10.95	21.11.95	12.12.95	01.04.96	29.05.96	11.06.96	
32	1,65	1,65	1,80	1,60	1,81	1,65	0,21
33	1,50	1,50	1,55	1,40	1,58	1,70	0,30
34	1,85	1,85	1,94	1,80	1,94	2,10	0,30
35	1,60	1,60	1,66	1,60	1,72	1,80	0,20
36	1,35	1,35	1,42	1,30	1,40	1,55	0,25
37	1,45	1,45	1,52	1,40	1,50	1,60	0,20

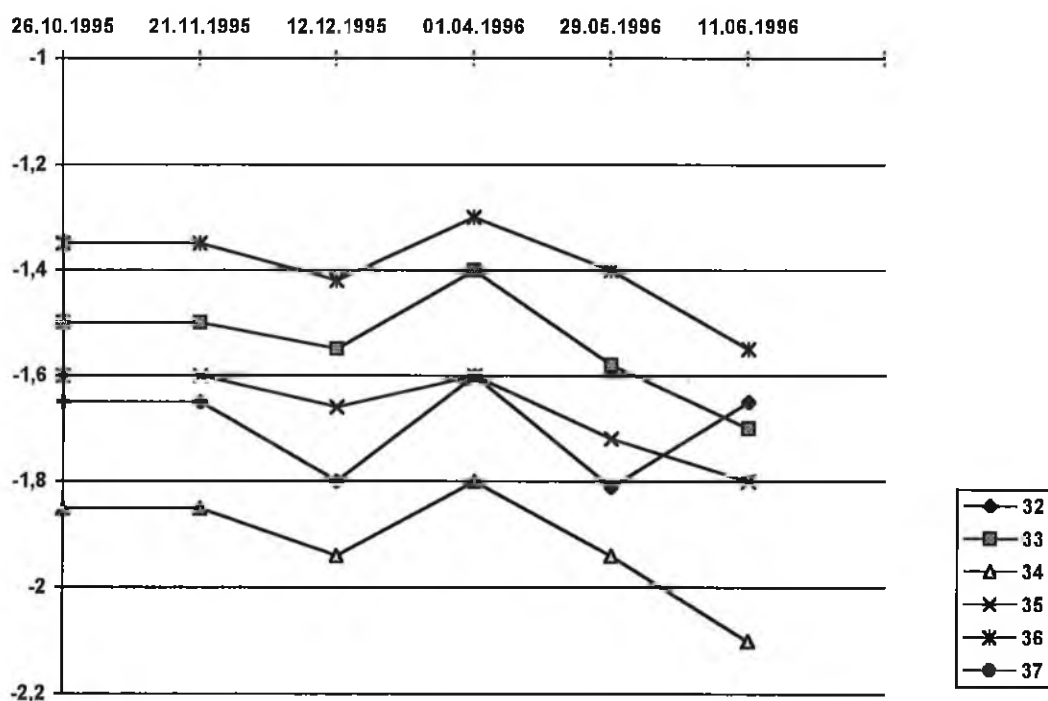


Abb. 2: Ganglinien der Grundwasserflurabstände in den Meßstellen 32-37 (Meßzeitraum Oktober 1995 bis Juni 1996)

Die Schwankungsamplitude der GW-Stände an den sechs Meßstellen ist im Meßzeitraum mit 0,2 - 0,3 m relativ gering, wobei die jeweils geringsten Flurabstände (1,3 m - 1,8 m) durchweg im April 1996 gemessen wurden (s. Tab. 1, Abb. 2).

Für die übrigen 20 Sondierbohrungen können ähnliche Schwankungsbreiten wie für die sechs Meßstellen angenommen werden, da die allgemeine geologische Situation (s. o.) keine hydrogeologischen Besonderheiten erwarten läßt. Nach lagemäßiger Zuordnung der Sondierbohrungen zu den Meßstellen können für den Meßzeitraum analog folgende höchste GW-Stände angegeben werden:

Tab. 2: Grundwasserflurabstände in den Sondierbohrungen 12.06.1996

Sondierbohrung Nr.	GW-Stand unter GOK 12.06.96 [m]	SB zugeordnet zu Meßstellen-Nr.	berechneter höchster GW-Stand unter GOK [m]
SB 1	1,80	33	1,60
SB 2	1,30*	-	-
SB 3	1,80	35	1,60
SB 4	1,80	35	1,60
SB 5	2,10	35	1,90
SB 6	2,10	35	1,90
SB 7	1,80	33	1,50
SB 8	1,80	35	1,60
SB 9	2,00	35	1,80
SB 10	2,10	35	1,90
SB 11	1,70	36	1,45
SB 12	1,60	32	1,39
SB 13	1,80	34	1,50
SB 14	1,80	34	1,50
SB 15	1,60	37	1,40
SB 16	1,60	32	1,39
SB 17	1,80	37	1,60
SB 18	1,60	37	1,40
SB 19	1,60	32	1,39
SB 20	1,60	37	1,40

*GW-Stand lokal deutlich abweichend (Störung bei Sondierung vermutet)

Die geringsten Flurabstände (ca. 1,40 m) bezogen auf den Meßzeitraum Oktober 1995 bis Juni 1996 treten danach im Bereich der SB 11, 12, 15, 16, 18-20 – also im südlichen Teil sowie im östlichen Randbereich des Plangebietes – auf.

2.3.2 Wasserdurchlässigkeit

Aus fünf Sondierbohrungen (SB 1, 5, 8, 16 und 17) wurden aus 0,5 - 1,5 m Tiefe Mischproben entnommen und Korngrößenanalysen durchgeführt. Die Ergebnisse sind als Kornverteilungskurven im Anhang (Anlage 1) beigelegt.

Die Größenordnung der Wasserdurchlässigkeit kann nach HAZEN und BEYER wie folgt ermittelt werden:

$$k_f = C \cdot d_{10}^2$$

Dabei sind

$$C = 0,01$$

Mittelwert nach Beyer abhängig vom Ungleichförmigkeitsgrad $U = d_{60}/d_{10}$

$$d_{10} = 0,1 - 0,15 \text{ mm}$$

sog. wirksamer Korndurchmesser bei 10 Gew. %

Es ergeben sich folgende Durchlässigkeitsbeiwerte:

Tab. 3: Ermittelte k_f -Werte (nach HAZEN und BEYER)

Sondier-bohrung Nr.	k_f -Wert [m/s]
SB 1	$1,0 \cdot 10^{-4}$
SB 5	$1,2 \cdot 10^{-4}$
SB 8	$1,0 \cdot 10^{-4}$
SB 16	$1,7 \cdot 10^{-4}$
SB 17	$2,3 \cdot 10^{-4}$

2.4 Ergebnisdiskussion

Die im Entwurf vorliegende „Richtlinie zur Versickerung und ortsnahe Einleitung von Niederschlagswasser von befestigten Flächen“ des MURL nennt als eine Voraussetzung für die Versickerung eine hinreichende Durchlässigkeit mit einem Grenz-Durchlässigkeitsbeiwert für die Wasseraufnahme von $k_f \geq 5 \cdot 10^{-6}$ m/s. Zur Einhaltung einer Mindestaufenthaltszeit des Niederschlagswassers in der Filterstrecke darf ein Wert von $k_f \geq 1 \cdot 10^{-3}$ m/s nicht überschritten werden.

Mit k_f -Werten in der Größenordnung von $1-2,3 \cdot 10^{-4}$ m/s sind die anstehenden Gesteine gut wasserdurchlässig. Sie entsprechen auch den in der Richtlinie genannten Anforderungen an die (Grenz-) Durchlässigkeit.

Die höchsten gemessenen Grundwasserstände von 1,30 bis 1,80 m unter Flur würden einen Teil der in dem o. g. Richtlinienentwurf genannten Versickerungsmethoden nicht zulassen (vgl. Tab. 4).

Tab. 4: Versickerungsmethoden und GW-Flurabstand (nach o. g. Richtlinienentwurf)

Versickerungsmethode	Sohlstand (m)	GW-Flurabstand (m)
Großflächige Versickerung im Einzelfall	--	< 1,5
Großflächige Versickerung	--	> 1,5
Flächenversickerung	1,0	> 1,5
Versickerungsbecken	1,0	> 1,5
Mulde	--	> 2,0
Mulden-Rigolensystem	1,0	> 2,0
Rigolen- und Rohrversickerung	1,0	> 2,0
Versickerungsschacht	1,0	> 2,5

Ausgeschlossen würden aufgrund unzureichender Grundwasserflurabstände danach der Bau von Mulden, Mulden-Rigolensystemen, Rigolen- und Rohrversickerungen sowie die Anlage von Versickerungsschächten.

Aus gutachterlicher Sicht wird empfohlen, über die nach dem Richtlinienentwurf zulässigen Möglichkeiten hinaus eine Versickerung durch reinigungseffektive, hydraulisch gering bean-

spruchte Anlagen unter Berücksichtigung der jeweiligen Schadstoffbelastung der Niederschlagsabflüsse zuzulassen.

Nach ATV (1994) werden unterschiedliche Einsatzbereiche für Versickerungsanlagen in Abhängigkeit von den abflußwirksamen Fläche und der Schadstoffbelastung des Niederschlagswassers (außerhalb von Wasserschutzgebieten) empfohlen (Tab. 5).

Tab. 5: Empfohlene Einsatzbereiche der Versickerungsanlage in Abhängigkeit von den abflußliefernden Flächen außerhalb von Wasserschutzgebieten (vgl. ATV, 1994)

Art der Versickerungsanlage Flächen/Gebietsdefinitionen		dezentrale Flächenversickerung	dezentrale (Seiten)Muldenversickerung Mulden-Rigolen-Element	zentrale Versickerungsbecken mit $A_{\text{red}} : A_{\text{z}} < 15 : 1$	zentrale Versickerungsbecken mit $A_{\text{red}} : A_{\text{z}} > 15 : 1$	dezentrale Schacht-, Rohr-, Rigolenversickerung	zentrale Schacht-, Rohr-, Rigolen- versickerung mit $A_{\text{red}} : A_{\text{z}} < 15 : 1$	zentrale Schacht-, Rohr-, Rigolen- versickerung mit $A_{\text{red}} : A_{\text{z}} > 15 : 1$
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	Dachflächen in Wohngebieten und vergleichbaren Gewerbegebieten	●	●	●	●	●	●	○
2	Rad- und Gehwege in Wohngebieten	●	●	●	◐	○	○	○
3	Hofflächen in Wohngebieten und vergleichbaren Gewerbegebieten	●	●	●	◐	○	○	○
4	Straßen mit DTV < 2.000 Kfz	●	●	●	◐	○	○	○
5	Dachflächen in Industrie- und sonstigen Gewerbegebieten	●	●	●	◐	○	○	○
6	Straßen mit DTV 2.000 bis 15.000 Kfz	●	●	●	◐	○	○	○
7	Parkierungsflächen	●	◐	◐	◐	○	○	○
8	Straßen mit DTV > 15.000 Kfz	●	◐	◐	◐	○	○	○
9	Landwirtschaftliche Hofflächen	●	◐	○	○	○	○	○
10	Hofflächen und Straßen in Industrie- und sonstigen Gewerbegebieten	—	—	—	—	—	—	—

Erläuterungen:

- in der Regel zulässig
- ◐ in der Regel zulässig, mit der Möglichkeit, eingetragene Stoffe zu entfernen
- nur in Ausnahmefällen zulässig, mit der Möglichkeit, eingetragene Stoffe zu entfernen
- nur nach Vorbehandlung in Sonderanlagen zulässig
- nicht zulässig

DTV durchschnittliche tägl. Verkehrsbelastung

Hinsichtlich der Reinigungseffektivität werden die Versickerungsanlagen in sieben Kategorien unterteilt (Tab. 5, Spalten 2 - 8.), wobei die Reinigungsleistung von links nach rechts abnimmt.

Die potentielle Verschmutzung der Abflüsse von Dachflächen in Wohn- und von der Emissionssituation vergleichbaren Gewerbegebieten (Tab. 5, Zeile 1) wird als so gering eingestuft, daß sie in der Regel in allen Versickerungsanlagen bis auf hydraulisch hoch belastete Schacht-, Rohr- und Rigolenversickerungsanlagen versickert werden können.

Die Abflüsse von den in den Zeilen 2 - 9 genannten Flächen sind höher belastet, wobei die Stoffbelastung von oben nach unten zunimmt. Hier sind in der Regel nur Versickerungsanlagen mit Oberbodenpassage zulässig.

Bei der nachfolgenden Konzeption des Entwässerungskonzeptes für das Plangebiet „Meerhof“ werden diese Empfehlungen berücksichtigt.

3 ENTWÄSSERUNGSKONZEPT

3.1 Planungsziele

Folgende Planungsziele sollen mit dem Entwässerungskonzept für Niederschlagsabflüsse erreicht werden:

- weitestmögliche Sicherung der Grundwasserneubildung im Plangebiet
- Verhinderung einer qualitativen Beeinträchtigung des Grundwassers durch qualifiziertes Trennsystem für Niederschlagswasser ggf. mit Vorreinigung sowie durch die Wahl geeigneter Versickerungsanlagen (vgl. Tab. 5)
- Reduzierung der abflußwirksamen Flächen auf das erforderliche Mindestmaß
- größtmögliche dezentrale Versickerung und geringstmögliche Ableitung, d. h. möglichst systemimmanente Regenwasserbewirtschaftung
- Vorrangig oberflächige Ableitung des Regenwassers von versiegelten Flächen
- Naturnahe Behandlung des Regenabflusses durch geeignete Versickerungsanlagen
- größtmögliche Ausnutzung des natürlichen Gefälles (der Reliefsituation)
- Harmonische Integration der Entwässerungseinrichtungen in den Straßenseitenraum bzw. die Freiflächengestaltung

3.2 Randbedingungen

Randbedingungen sind durch die Ergebnisse der hydrogeologischen Erkundungen sowie die städtebaulichen Vorgaben für das entwässerungstechnische Planungskonzept gegeben:

- die ermittelte Wasserdurchlässigkeit des Bodens beträgt zwischen $1 \cdot 10^{-4}$ m/s bis $2,3 \cdot 10^{-4}$ m/s

- die höchsten gemessenen Grundwasserstände der sechs im Gebiet liegenden Peilbrunnen liegen zwischen ca. $\geq 1,3$ m - 1,8 m unter Geländeoberkante sowie ca. 1,39 m bis 1,90 m an den 20 Sondierbohrungen
- die höchsten GW-Stände (um ca. 1,30 - 1,50 m) treten im südlichen Plangebiet sowie im östlichen und westlichen Randbereich auf
- die Schwankungsamplituden waren an den Meßstellen im Zeitraum Oktober 1995 bis Juni 1996 mit ca. 20 - 30 cm relativ gering
- die Grundflächenzahlen im Plangebiet liegen zwischen 0,3 und 0,4. Es sind damit große Garten- und Freiflächen vorhanden, so daß generell auch auf den einzelnen privaten Grundstücken Maßnahmen zur Regenwasserversickerung verwirklicht werden können.
- Öffentliche Grünanlagen stehen für dezentrale oder semizentrale Versickerungsanlagen zur Verfügung

3.3 Möglichkeiten der Versickerung

Die obere belebte und durchlüftete Bodenzone stellt den wichtigsten Filter und Puffer gegenüber eingetragenen Stoffen für das Grundwasser dar. Deshalb sollten im Planbereich vorrangig solche Versickerungsanlagen zum Einsatz kommen, bei denen die Niederschlagswässer durch den Oberboden versickert werden können.

Je nach hydraulischer Belastung ist die eingetragene Stofffracht in Versickerungsanlagen bei gleicher Schadstoffkonzentration der Niederschläge unterschiedlich hoch. Hydraulisch und damit auch von der Stofffracht geringer belastete Versickerungsanlagen sind daher hinsichtlich des Grundwasserschutzes zu bevorzugen.

Nach ökologischen (Grundwasserschutz), planerischen und betrieblichen Bewertungskriterien kann die Muldenversickerung als für die dezentrale (ggf. auch semizentrale) Versickerung günstigste Form im Plangebiet angesehen werden. Mulden-Rigolen-Elemente sind in diesem Zusammenhang den Mulden zuzurechnen, da die Niederschlagsabflüsse grundsätzlich nur über die Mulde in die Rigole gelangen. Die Flächenversickerung unterscheidet sich in der Bewertung lediglich durch den hohen Flächenbedarf von der Muldenversickerung. Variationen der Muldentiefe und -gestalt lassen die Anpassung an unterschiedlichste Grundstücksverhältnisse zu.

Die Muldenversickerung ist für den Grundwasserschutz besonders günstig, weil nachweislich in den stark belebten Bodenhorizonten die größte Reinigungswirkung auf das Wasser ausgeübt wird (vgl. GOLWER (1985), GROTEHUSMANN (1992), SIEKER ET AL. (1993)). Für die Muldenversickerung als Regelform der dezentralen und semizentralen Versickerung sprechen weitere Gründe:

- gute Integrationsmöglichkeiten in vorhandene Grünflächen
- geringer Investitions- und Unterhaltungsaufwand
- hohe Lebensdauer
- gute Kontrollierbarkeit

Aus den Planungszielen, den genannten Randbedingungen sowie den vorgenannten Ausführungen ergeben sich für das Gebiet grundsätzlich folgende Versickerungsmöglichkeiten.

1. dezentrale Flächenversickerung (auch breitflächig über die Straßenschulter) mit hydraulischen Belastungen von $A_s = 50 - 100 \% \cdot A_{red}$
2. dezentrale Muldenversickerung mit: $A_s = 10 - 20 \% \cdot A_{red}$
3. dezentrale Mulden-Rigolenversickerung mit $A_s = 10 - 20 \% \cdot A_{red}$ und Sohlabstand der Rigole zum höchsten Grundwasserstand > 1 m
4. zentrale Versickerungsbecken mit $A_s \geq 7 \% \cdot A_{red}$ und Abstand Beckensohle zum Grundwasser > 1 m
5. zentrale Versickerungsbecken mit $A_s < 7 \% \cdot A_{red}$ und Abstand Beckensohle zum Grundwasser > 1 m

Für Teilbereiche des Plangebietes ist im Einzelfall zu prüfen, ob eventuell auch Rohr- und Rigolenversickerungen mit geringer hydraulischer Belastung zugelassen werden können. Hierfür wäre ein Mindestabstand des höchsten Grundwasserstandes von > 1 m unter der Anlagensohle erforderlich, und es dürften nur unbelastete Abflüsse von Dachflächen aus Wohngebieten versickert werden.

3.3.1 Grundlagen der Bemessung

Bei der Bemessung von dezentralen Regenwasserversickerungsanlagen kann nach ATV-Arbeitsblatt A138 bei der Berechnung der Zuflüsse vom Blockregenprinzip ausgegangen werden. Die Belastungsniederschläge weisen demnach eine konstante Intensität auf und können aus Regenstatistiken entnommen werden. Bei der Zuflußberechnung wird davon ausgegangen, daß aus den Niederschlägen ohne Abflußbildungsverluste und ohne Zeitverzögerung nach der Formel

$$Q_z = 10^{-7} \cdot r_{T(n)} \cdot A_{red} \quad [m^3 / s]$$

$r_{T(n)}$ = Regenspende der Dauerstufe T und der Häufigkeit n [l/s/ha]

A_{red} = angeschlossene befestigte Fläche [m²]

die Zuflüsse bestimmt werden¹. Für dezentrale Versickerungsanlagen wird nach A138 empfohlen, bei der Bemessung die Häufigkeit des Bemessungsregens mit $n = 0,2/a$ festzulegen. Die maßgebliche Dauerstufe des Belastungsregens muß bei dezentralen Versickerungsanlagen mit Speichermöglichkeiten analytisch oder iterativ bestimmt werden, da

¹ Für die Vorbemessung der Versickerungsanlagen kann auf Abflußbildungsverluste verzichtet werden. Im Rahmen der späteren detaillierten technischen Entwässerungsplanung sind die Abflußbeiwerte zugrunde zu legen, wie sie sich aus der tatsächlichen Belagwahl (Bitumendecke, Naturstein-/Betonpflaster, Betongittersteine etc.) ergeben. Es wird empfohlen, im Plangebiet vorrangig durchlässige, unbegrünte (Mineralboden, Drainasphalt, durchlässige Pflasterung) oder begrünte (Schotterrasen, Rasengittersteine) Deckmaterialien einzusetzen, um die zu versickernden Niederschlagsabflüsse möglichst gering zu halten.

Zielgröße der Bemessung das Volumen ist. Für Flächenversickerung wird in der Regel $T = 10$ min, bei großen und flachgeneigten angeschlossenen Flächen $T = 15$ min angesetzt.

Es werden die Regenauswertungen nach REINHOLD benutzt. Nach Auskunft des StUA Bielefeld kann für den Planbereich eine Regenspende der Dauerstufe 15 min und der Häufigkeit $n = 1$ mit

$$r_{15(1)} = 116 \text{ [l/s/ha]}$$

angesetzt werden. Die Bemessung gilt für $0,05 < n < 4$ und $T \leq 150$ min. Für alle Berechnungen wird der geringste ermittelte Durchlässigkeitsbeiwert ($1 \cdot 10^{-4}$ m/s) angesetzt.

Die Berechnung erfolgt mit Hilfe des EDV-Programms „A138+ – Programm für die Bemessung von Versickerungsanlagen nach ATV-Arbeitsblatt A138 –“

3.3.2 Dezentrale Flächenversickerung

Prinzip

Flächenförmige Versickerung über eine durchlässige Oberfläche. Infiltration über feinkörnige Deckschichten. Auch Versickerung im (unversiegelten) Seitenraum undurchlässiger Flächen.

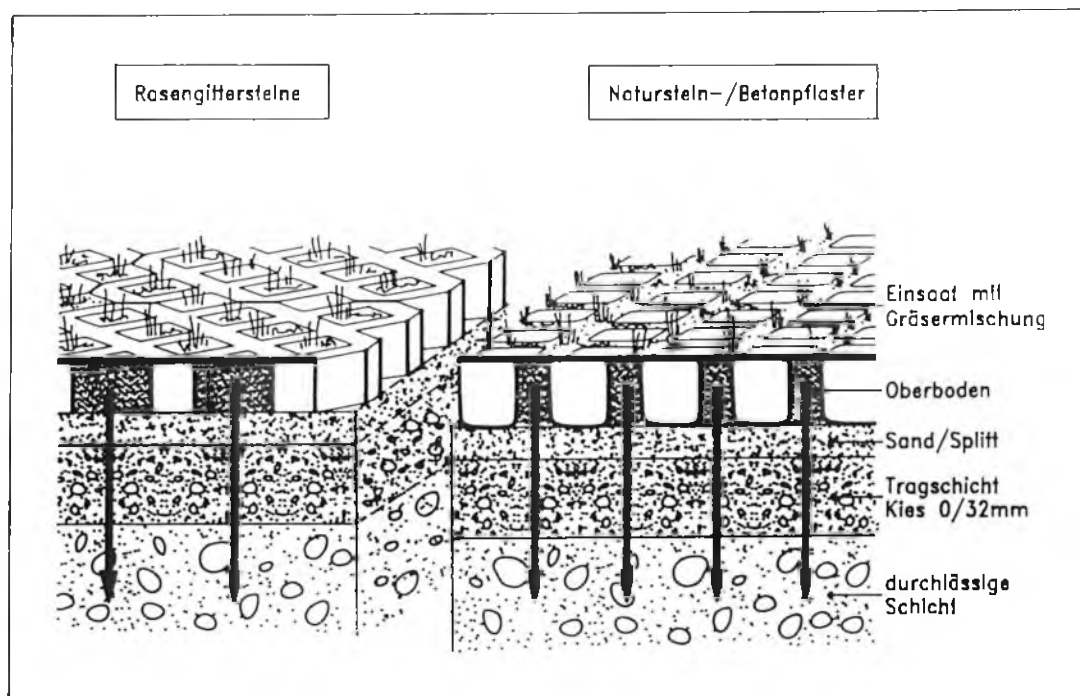


Abb. 3: Flächenversickerung (Schnitt), nach GEIGER (1995)

Bemessung

Aufgrund der ermittelten Durchlässigkeiten von $k_f \geq 1 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$ ist eine flächige Versickerung im Gebiet grundsätzlich denkbar. Zielgröße der Bemessung ist die erforderliche Versickerungsfläche. Das hydraulische Gefälle wird zu 1 angesetzt.

$$A_s = \frac{A_{red}}{(10^7 \cdot k_f) / (2 \cdot r_{T(n)}) - 1} \quad [\text{m}^2]$$

Für die Flächenversickerung werden nach A138 folgende Bemessungsregendauern angesetzt:

$T = 10 \text{ min}$ (allgemein)

$T = 15 \text{ min}$ (für große und flachgeneigte angeschlossene Flächen)

Beispielbemessung:

gegeben: $A_{red} = 100 \text{ m}^2$

ortsspezifische Regenspende $r_{15(1)} = 116 \text{ l/s/ha}$

$k_f = 1 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$

gewählt: Häufigkeit $n = 0,2/a$

Versickerung auf nicht befestigter Fläche (z. B. Verkehrsflächenabflüsse breitflächig über die Straßenschulter)

Tab. 6: Beispielbemessung für dezentrale Flächenversickerung

		$T = 10 \text{ min}$	$T = 15 \text{ min}$
$r_{15(0,2)}$	$[\text{l/s/ha}]$	261,30	206,90
A_s	$[\text{m}^2]$	109,48	70,57

A_{red} angeschlossene befestigte Fläche $[\text{m}^2]$

T Dauer des Bemessungsregens $[\text{min}]$

k_f Durchlässigkeitsbeiwert $[\text{m/s}]$

$r_{15(0,2)}$ Regenspende der Dauerstufe $T = 15 \text{ min}$ und der Häufigkeit $n = 0,2/a$

A_s erforderliche Versickerungsfläche $[\text{m}^2]$

Der Flächenbedarf beträgt je nach Bemessungsregendauer zwischen etwa 70 % und 110 % der angeschlossenen befestigten Fläche.

3.3.3 Muldenversickerung

Prinzip

Flächenförmige Versickerung über eine belebte Bodenschicht, Infiltration über feinkörnige Deckschichten mit zusätzlicher Filterwirkung

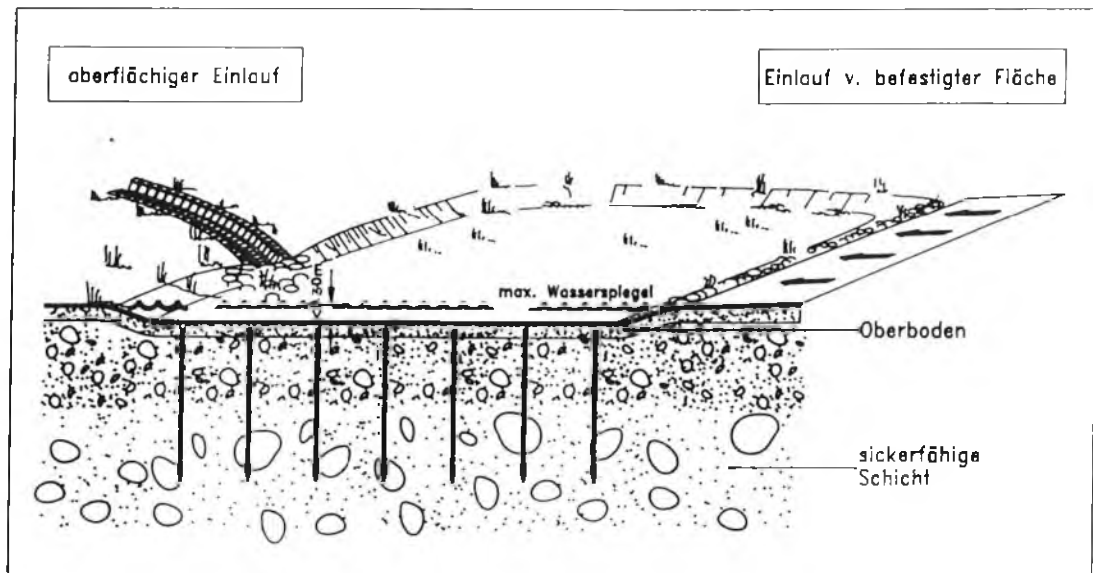


Abb. 4: Muldenversickerung (Schnitt) nach GEIGER (1995), verändert.

Bemessung

Zielgröße bei der Muldenbemessung ist das notwendige Speichervolumen. Über die Dauer eines Einstauereignisses wird die gesamte Muldenfläche als versickerungswirksam angesehen. Damit ist die Versickerungsrate über ein Ereignis konstant. Bei Verwendung der Regenreihen nach REINHOLD und $n = 0,2$ ergibt sich für die Volumenbemessung:

$$V_s = 2,57 \cdot 10^{-4} \cdot (A_{red} + A_s) \cdot r_{15(l)} \cdot \frac{T}{T + 9} - A_s \cdot T \cdot 60 \cdot \frac{k_f}{2} \quad [m^3]$$

Die maßgebliche Dauer des Bemessungsregens ist dabei zunächst unbekannt. Sie ergibt sich aus der Bedingung $\frac{dV_s}{dT} = 0$ und Auflösung der Gleichung nach T sowie für $n = 0,2$:

$$T = \sqrt{\frac{3,85 \cdot 10^{-5} \cdot (A_{red} + A_s) \cdot r_{15(l)}}{A_s \cdot k_f / 2}} - 9 \quad [\text{min}]$$

Beispielbemessung:

gegeben: $A_{\text{red}} = 100 \text{ m}^2$
 ortsspezifische Regenspende $r_{15(1)} = 116 \text{ l/s/ha}$
 $k_f = 1 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$
 maximale Entleerungszeit = 24 h
 gewählt: Häufigkeit: $n = 0,2/a$
 Muldenfläche: $A_s = 10 \text{ bis } 20 \text{ m}^2$

Tab. 7: Beispielbemessungen für die Muldendimensionierung mit unterschiedlicher Versickerungsfläche

Muldenfläche [m ²] (= % · A_{red})	Muldenvolumen [m ³]	mittlere Muldentiefe [m]	Regenspende [l/s/ha]	maßgebliche Regendauer [min]	Entlastungs- dauer [h]
10	1,66	0,17	158,4	22,4	0,9
11	1,62	0,15	165,3	21,0	0,8
12	1,58	0,13	171,9	19,9	0,7
13	1,54	0,12	178,1	18,9	0,7
14	1,51	0,11	184,0	18,0	0,6
15	1,47	0,10	189,7	17,2	0,5
16	1,44	0,09	195,1	16,5	0,5
17	1,41	0,08	200,2	15,8	0,5
18	1,39	0,08	205,1	15,2	0,4
19	1,36	0,07	209,1	14,7	0,4
20	1,34	0,07	214,4	14,2	0,4

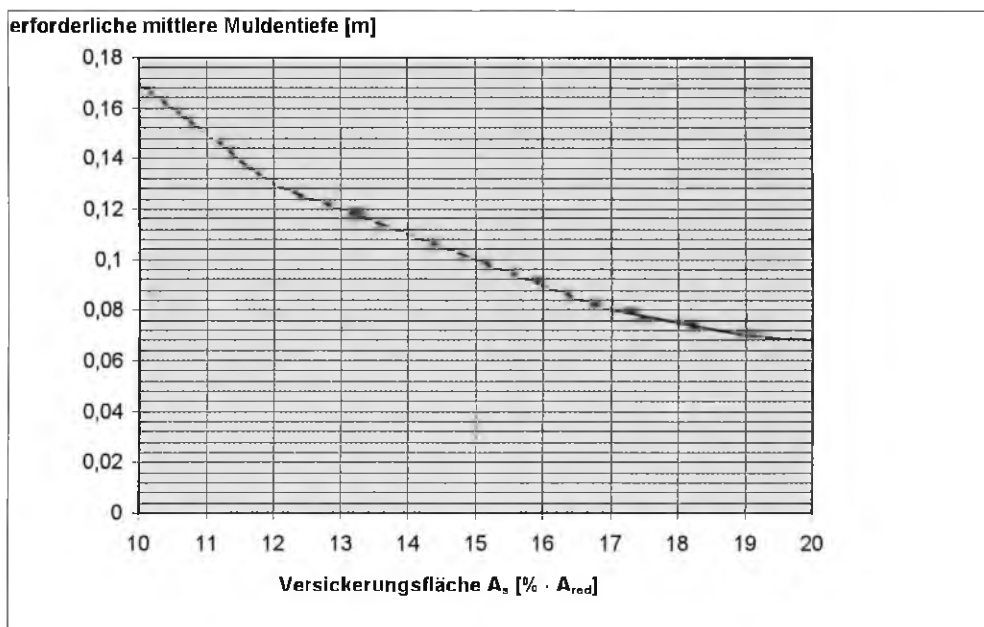


Abb. 5: Erforderliche mittlere Muldentiefe in Abhängigkeit von der Versickerungsfläche (= Muldenfläche)

Wie aus den Beispielberechnungen in Tab. 7 sowie Abb. 5 ersichtlich ist, ergeben sich je nach Größe der gewählten Mulden-(Versickerungs)fläche unterschiedliche Muldentiefen, die für

eine vielfältige und an die örtliche Situation angepaßte Gestaltung der Mulden innerhalb öffentlicher und privater Freiflächen ausreichend Spielraum lassen.

Eine Versickerungsfläche $< 10\%$ der angeschlossenen abflußwirksamen Fläche wäre bei entsprechender Vergrößerung der Muldentiefe grundsätzlich möglich. Die erforderliche Mehrtiefe geht jedoch zu Lasten einer geringeren Bodenpassage des Niederschlagswassers und damit der Reinigungsleistung des Bodens und führt außerdem zu einer höheren hydraulischen Belastung der Anlage.

Aus Gründen des Grundwasserschutzes wird eine Muldenfläche von $A_s \geq 10\% \cdot A_{red}$ empfohlen.

3.3.4 Mulden-Rigolenversickerung

Prinzip

Retention durch Mulden und Speicherung, stark verzögerte Ableitung oder Versickerung durch darunter bzw. seitlich angeordnete Rigolen.

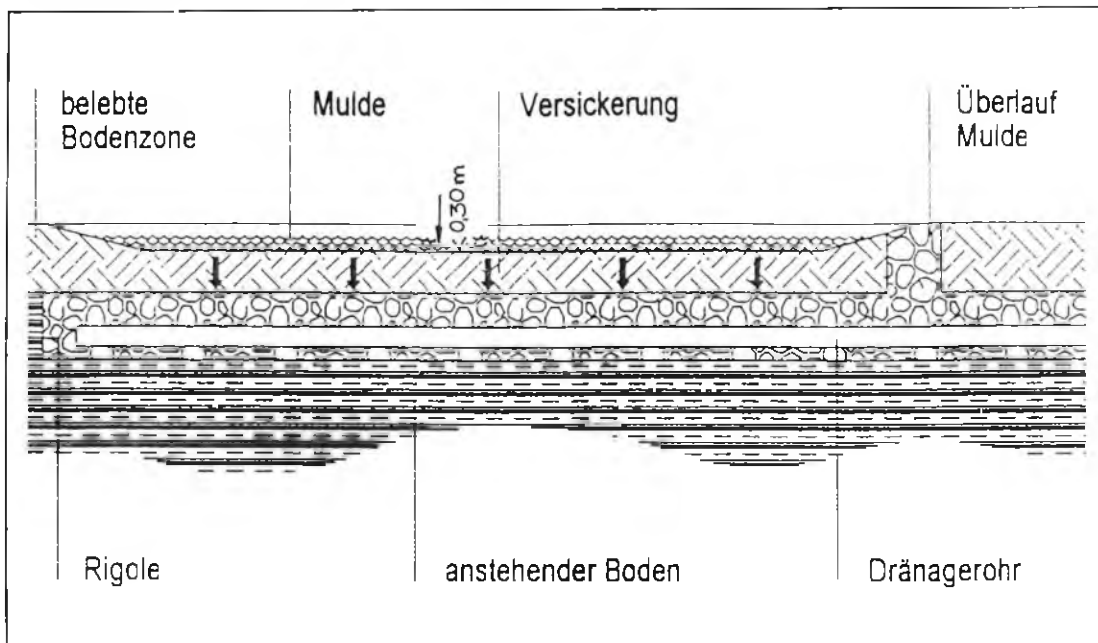


Abb. 6: Mulden-Rigolen-Element

Mulden-Rigolen-Elemente sind in erster Linie für solche Verhältnisse gedacht, wo der dezentralen Versickerung durch zu geringe Bodendurchlässigkeiten ($k_f < 1 \text{ bis } 5 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$) physikalische Grenzen gesetzt sind. Die Versickerungsleistung ist dann so gering, daß die erforderlichen Speichervolumina der einzelnen Anlagen unverhältnismäßig anwachsen und vor allem die Entleerungsdauern sehr lang werden.

Fehlende natürliche Speicherfähigkeit unterhalb der Mulde wird bei der Mulden-Rigolen-Versickerung durch Bodenaustausch gegen hochporiges Material (Kies, Lavagranulat o. ä.) hergestellt. Im Plangebiet sind bei Bodendurchlässigkeiten von $k_f \geq 1 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$ bereits ausreichende Versickerungsleistungen mit relativ geringem Flächenbedarf ($10\% \cdot A_{red}$) und kurzer

Einstaudauer durch einfache Mulden zu erreichen (s. Kap. 3.3.3). Eine zusätzliche unter der Mulde angeordnete Rigole – bei der im übrigen auch ein Grundwasserflurabstand von >1 m unter Anlagensohle einzuhalten wäre – ist bei einer Muldenfläche von $A_s \geq 10 \% \cdot A_{red}$ unsinnig bzw. überflüssig.

Eine Beispielbemessung von Mulden-Rigolen-Elementen ist für $A_s \geq 10 \% \cdot A_{red}$ somit nicht erforderlich.

3.4 Planungskonzept

3.4.1 Private Flächen

Für die privaten Flächen wird eine dezentrale Muldenversickerung auf dem jeweiligen Grundstück empfohlen, da die Verfügbarkeit von Freiflächen relativ groß, der Flächenbedarf mit $A_s \geq 10 \% \cdot A_{red}$ vergleichsweise gering und der Gestaltungsspielraum deshalb vielfältig ist.

Die Breite der Mulde sollte mindestens 1,60 m betragen, um die max. Einstautiefe 0,3 m nicht zu überschreiten. Die Muldenböschungen sollten flacher als 1 : 2 und möglichst ausgerundet ausgebildet werden.

Als weitere Versickerungsart – allerdings mit einem etwa 7- bis 11-fachen Flächenbedarf gegenüber der Muldenversickerung – wäre auch die Flächenversickerung eine grundsätzlich denkbare Versickerungsmöglichkeit auf den privaten Flächen.

Die Mulden-Rigolen-Versickerung bringt gegenüber der Muldenversickerung keine höhere Versickerungsleistungen.

Die übrigen Versickerungsarten wie Rigolen- und Rohrversickerung sowie Schachtversickerung können wegen des zeitweise relativ hoch anstehenden Grundwassers und der dann zu geringen Bodenpassage des Sickerwassers allgemein für das Gebiet nicht empfohlen werden. Die Zulässigkeit solcher Anlagen ist im Einzelfall unter Berücksichtigung der lokalen Grundwasserverhältnisse zu prüfen.

3.4.2 Öffentliche Flächen

Im Hinblick auf Flächenverfügbarkeit und -bedarf werden unter Berücksichtigung der oben genannten Versickerungsmöglichkeiten zwei alternative Konzepte entwickelt:

1. Dezentrales Mulden-Rinnen-System
2. Semizentrale Versickerungsmulden

Dezentrales Mulden-Rinnen-System

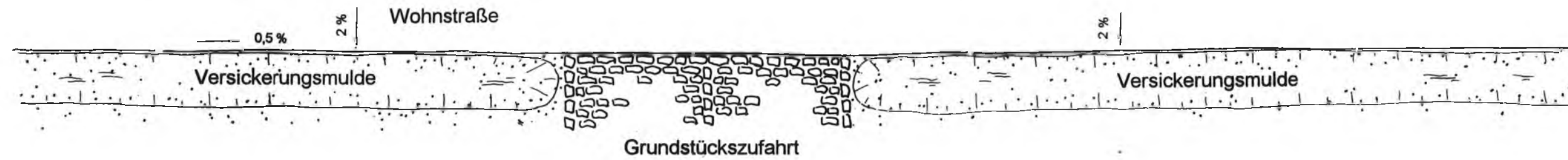
Für ein dezentrales Mulden-Rinnen-System wird folgendes Planungskonzept vorgeschlagen:

Die Niederschlagsabflüsse von der Ostenländerstraße werden als belastet eingestuft, in einem Regenkanal gesammelt und unter Vorschaltung von Anlagen zur Schadstoffminimierung (Abscheider für Leichtflüssigkeiten, Sedimentfang, Filterbecken) innerhalb des Grünzuges südlich der Ostenländerstraße in einer Mulde versickert. Die Niederschlagsabflüsse von den übrigen Erschließungs-, Anlieger- und Wohnstraßen werden entweder direkt oder über kurze Wege in offenen Rinnen zu einseitig angeordneten straßenbegleitenden Mulden geleitet, die als **Mulden-Rinnen-Systeme** ausgebildet sind. Die einzelnen Teil-Systeme werden so konzipiert, daß die über Rinnen verbundenen Mulden im Versagensfall (z. B. bei Frost) mit einem Notüberlauf in die öffentlichen Grünanlagen entwässern können, wo ebenfalls Versickerungsmulden mit größerer Speicherfunktion zur Verfügung stehen (vgl. Plan 23.3). Nur dort, wo eine Notableitung in öffentliche Grünanlagen aufgrund von bestimmten Lage- und Gefälleverhältnissen nicht möglich ist, erfolgt ein Notüberlauf durch Anschluß an vorhandene Regenwasserkanäle benachbarter bebauter Bereiche.

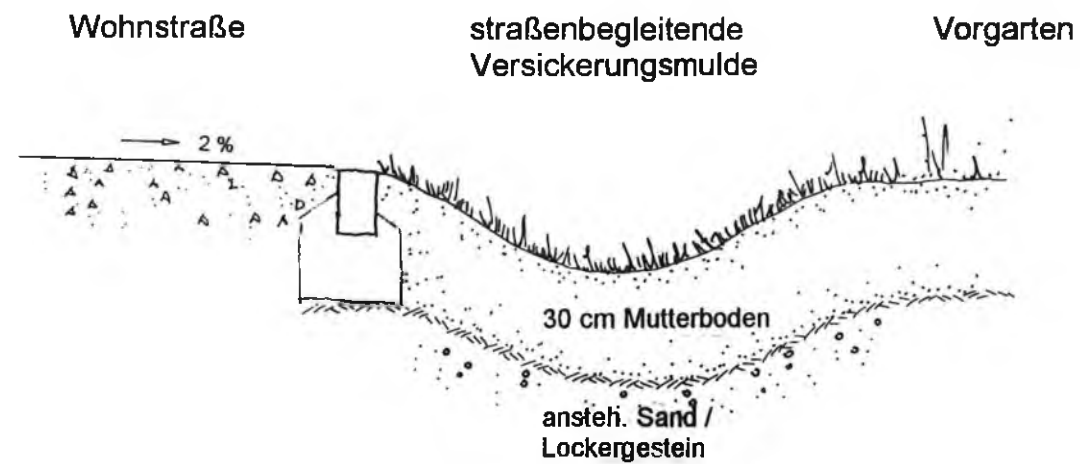
In Längsrichtung werden die straßenbegleitenden Mulden von den Grundstückszufahrten unterbrochen, die damit Querriegel bilden, den schnellen Abfluß des Wassers verhindern und gleichzeitig die Mulden in Sickersegmente gliedern (vgl. Abb. 7 A-D). Die Sohlen der einzelnen Mulden sollten eben sein, das Freibord zur Straße ca. 5 cm betragen und das Längsgefälle der einzelnen Teilsysteme dem der Straße entsprechen (z. B. 0,5 %).

Durch Rinnen bzw. durch Absenkung kann im Zufahrtsbereich unter Beachtung des Längsgefälles das erforderliche Freibord von 5 cm (= Überlaufniveau der einzelnen Mulde) hergestellt werden (vgl. Abb. 7 C).

A Aufsicht



B Muldenquerschnitt



C Rinnenquerschnitt



D Längsschnitt Mulden-Rinnen-System

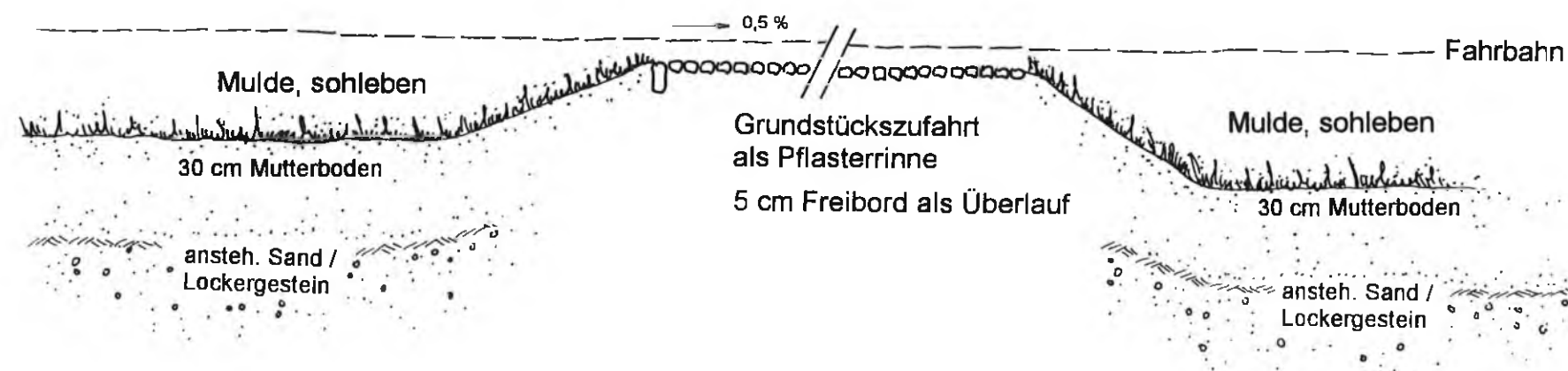


Abb. 7 Systemskizze Mulden -
Rinnen - System



Entsprechend der gutachterlich empfohlenen Versickerungsfläche für Mulden mit $A_s \geq 10 \% \cdot A_{red}$ ergeben sich unterschiedliche Mindestbreiten für die straßenbegleitenden Versickerungsmulden (Tab. 8, Spalte 4). Das erforderliche Volumen wird mit einer mittleren Muldentiefe von 0,17 m sichergestellt, wodurch sich bei den erforderlichen Mindestmuldenbreiten sehr steile Muldenböschungen ergeben würden.

Tab. 8: Muldendimensionierung im Straßenseitenraum

Straßenart	A_{red}^* lfd. m Straße [m ²]	erforderl. Muldenvo- lumen / lfd. m Straße [m ³]	Mindestmuldenbreite für $A_s = 10 \% \cdot A_{red}$ [m]	mittlere Muldentiefe [m]
1	2	3	4	5
Wohnstraße	4,75	0,08	0,475	0,17
Wohnstraße	5,5	0,09	0,55	0,17
Anliegerstraße	7,5	0,12	0,75	0,17
Sammelstraße	9,5	0,16	0,95	0,17
Sammelstraße	10,0	0,17	1,0	0,17

* aus Fahrbahn, Gehweg, Radweg, Parkstreifen etc.

Aus erdstabilen, unterhaltungstechnischen und insbesondere gestalterischen Aspekten sollten die Muldenböschungen flacher als erforderlich ausgebildet werden.

Für eine mittlere Muldentiefe von 0,17 m ergäbe sich z. B. bei einer erdstabil hergestellten Böschungsneigung von 1 : 2 eine erforderliche Muldenbreite von 1,36 m; die max. Muldentiefe läge bei 0,34 m.

Bei offen zugänglichen Mulden sollte die einstaubare Tiefe nach GEIGER (1995) nicht mehr als 0,3 m betragen, damit spielende Kinder auch bei einem Einstau nicht gefährdet werden.

Die gestalterische Einbindung von Mulden in die (bzw. als) Grünbereiche der Straßenseitenräume kann bei ausreichender Breite vielfältig sein. Durch eine artenreiche Bepflanzung aus Gräsern, Stauden, Sträuchern und Bäumen können die „technischen Bauwerke“ zu bedeutenden Gestaltungselementen im Plangebiet werden.

Tab. 9 gibt einen Überblick über die für das Gebiet empfohlenen Muldendimensionierungen bezogen auf die verschiedenen Straßenarten und unter Berücksichtigung der vorgenannten Aspekte:

Tab. 9: Empfehlungen zur Muldendimensionierung im Straßenseitenraum

Straßenart	A_{red}^* lfd. m Straße [m ²]	empfohl. Muldenbreite [m]	empf. mittlere Muldentiefe [m]	zusätzliches Muldenvolumen [%]	ausgelegt für Regenhäufigkeit [1/a]
1	2	3	4	5	6
Wohnstraße	4,75	1,3	0,15	137,5	0,015
Wohnstraße	5,5	1,4	0,15	133,0	0,018
Anliegerstraße	7,5	1,6	0,15	100,0	0,029
Sammelstraße	9,5	2,0	0,15	87,5	0,030
Sammelstraße	10,0	2,0	0,15	76,5	0,035

Das Mehrvolumen beträgt zwischen ca. 77 % und 138 % gegenüber dem erforderlichen (vgl. Tab. 8 und 9), womit theoretisch 30- bis 65-jährliche Regenerereignisse ($n = 0,035$ bis $0,015$) im Straßenseitenraum aufgenommen und versickert werden könnten.

Für ein 5-jährliches Ereignis (gem. ATV 138) ergeben sich für die gutachterlich empfohlenen Muldenbreiten folgende Mindestmuldentiefen:

Tab. 10: Empfohlene Muldenbreiten und erforderliche mittlere Mindestmuldentiefen

Straßenart	A_{red}^* lfd. m Straße [m ²]	empfohl. Muldenbreite [m]	erforderl. mittlere Mindestmuldentiefe [m]
Wohnstraße	4,75	1,3	0,04
Wohnstraße	5,5	1,4	0,05
Anliegerstraße	7,5	1,6	0,06
Sammelstraße	9,5	2,0	0,06
Sammelstraße	10,0	2,0	0,07

Für die gewählten Muldenbreiten liegen die erforderlichen mittleren Mindestmuldentiefen je nach Straßenart zwischen 4 - 7 cm.

Bei sehr geringen Muldentiefen ist Mißbrauch durch Befahren bzw. parkende Autos (Bodenverdichtung) möglich, wodurch die Versickerungsfunktion dauerhaft beeinträchtigt werden könnte. Sehr flach ausgebildete Mulden sollten deshalb nur dort angeordnet werden, wo eine deutliche optische Abgrenzung der Fahrbahn (z. B. durch Geh- und/oder Radwege) möglich ist.

Insgesamt ergeben sich hinsichtlich der Gestaltung und Dimensionierung der Versickerungsmulden für die Entwässerungsplanung vielfältige Möglichkeiten, um örtliche Zwangspunkten oder spezielle Randbedingungen berücksichtigen zu können.

Flächenbedarf

Der Flächenbedarf für die straßenbegleitenden Versickerungsmulden liegt bei den empfohlenen Muldendimensionierungen (Tab. 9) bei ca. 5.100 m² (ohne Notableitungsmulden).

Die bereits als Verkehrsgrün geplanten Flächen können zusätzlich in einem Umfang von ca. 2.100 m² als Mulden-Rinnen-System ausgebildet werden.

Es ergibt sich insgesamt eine versickerungswirksame Fläche von $A_s \approx 7.200 \text{ m}^2$.

Die angeschlossene abflußwirksame Fläche beträgt $A_{red} \approx 42.000 \text{ m}^2$ (ohne Ostenländerstraße).

Daraus ergibt sich mit $A_s \approx 17 \% \cdot A_{red}$ insgesamt eine geringe hydraulische Belastung der Versickerungsanlagen.

2. Semizentrale Versickerungsmulden

Das Konzept sieht für den überwiegenden Teil der Verkehrsflächen des Gebietes die oberflächennahe Abführung des Niederschlagswassers in offenen Rinnen oder Gräben zu semizentralen Versickerungsmulden vor (s. Plan 23.4).

Die Niederschlagsabflüsse von der Ostenländerstraße werden in einem Regenkanal gesammelt und unter Vorschaltung von Anlagen zur Schadstoffminimierung innerhalb des Grünzuges südlich der Ostenländerstraße in einer Mulde versickert (s. o.).

Die als Verkehrsgrün geplanten Flächen werden für ein Mulden-Rinnen-System (s. o.) zur Entwässerung angrenzender abflußwirksamer Flächen genutzt. Soweit sich kein günstiger Anschluß an eine Versickerungsmulde ergibt, werden örtlich weitere Verkehrsflächen über offene Rinnen diesem System zugeführt. Das System erhält die bereits beschriebenen Notüberläufe zum Regenkanal.

Für die Entwässerungsrinnen wurden Längen von max. etwa 100 m bis zur Einleitung in eine Versickerungsmulde angesetzt und das natürliche Gefälle weitestmöglich berücksichtigt. Es wird zunächst von einer einseitig angeordneten Straßenentwässerung ausgegangen. Die Mulden werden vorrangig in den vorgesehenen öffentlichen Grünflächen geplant.

Hieraus ergibt sich die Anordnung von insgesamt 20 Versickerungsmulden im Plangebiet, von denen 14 in geplanten öffentlichen Grünflächen und 6 Mulden in bisher zur Bebauung vorgesehenen Bereichen liegen (s. Plan 23.4). Für die in den öffentlichen Grünflächen angeordneten 14 Mulden werden keine Notüberläufe vorgesehen, für die übrigen Mulden ist für den Versagensfall (Frost) entweder ein Anschluß an einen (vorhandenen) Regenwasserkanal (Ostenländerstraße, falls erford. Sennemühlenweg) möglich. Denkbar ist auch die Ausbildung als Mulden-Rigolen-Element mit Notüberlauf in den frostfreien Rigolen-Körper. Dies ist im Einzelfall zu prüfen.

Die Größe der Mulden ergibt sich aus der angeschlossenen Verkehrsfläche sowie der Bedingung $A_s = 10 \% \cdot A_{\text{red}}$. Sie liegt bei einer mittleren Muldentiefe von 0,17 m zwischen 40 m² und 280 m².

Die Einleitung des Niederschlagswasser aus den offenen Rinnen erfordert im Einlauf der Mulde spezielle Vorkehrungen zur Vermeidung von Auskolkungen sowie zur gleichmäßigen Verteilung (z. B. Kies- oder Steinschüttungen).

Da die Mulden offen zugänglich sind, sollte eine maximale Einstautiefe von etwa 0,3 m nicht überschritten werden (s. o.).

Flächenbedarf

Der Flächenbedarf für die 20 Versickerungsmulden liegt bei den vorgenannten Muldendimensionierungen bei insgesamt ca. 2.250 m².

Die als Verkehrsgrün geplanten Flächen werden in einem Umfang von ca. 2.100 m² als Mulden-Rinnen-System ausgebildet.

Daraus ergibt sich insgesamt eine versickerungswirksame Fläche von $A_s \approx 4.350 \text{ m}^2$.

Die angeschlossene abflußwirksame Fläche beträgt $A_{red} \approx 42.000 \text{ m}^2$ (ohne Ostenländerstraße). Mit $A_s \approx 10 \% \cdot A_{red}$ ergibt sich ebenfalls eine geringe hydraulische Belastung der Versickerungsanlagen.

4 ANFORDERUNG AN BAU UND BETRIEB DER ANLAGEN

Auf Flächen, die zur Versickerung von Regenwasser vorgesehen sind, müssen bei der Erstellung von Straßen und Gebäuden Bodenverdichtungen vermieden werden. Während der Bauphase sind folgende Punkte zu berücksichtigen (vgl. GEIGER 1995, S. 237):

- Flächen, über die später Regenwasser versickert oder auf denen eine Anlage zur Versickerung errichtet werden soll, sind während der gesamten Bauphase freizuhalten und zu schützen und zu keiner Zeit mit Baufahrzeugen zu befahren.
- Solche Flächen dürfen auch nicht zur Erstellung der Versickerungsanlagen befahren werden, maschineller Einsatz muß deshalb vom Rand aus erfolgen.
- Aushubarbeiten sind so auszuführen, daß die Durchlässigkeit erhalten bleibt.
- Versickerungsanlagen dürfen erst nach vollständiger Beendigung der Baumaßnahmen auf dem Grundstück in Betrieb genommen werden. Um Einschwemmen und Erosion zu verhindern, sollten auch ehemalige Bau- und Lagerflächen bereits ausreichend begrünt bzw. bewachsen sein, bevor eine Versickerungsanlage in Betrieb genommen wird.
- Trotz aller Vorsichtsmaßnahmen entstandene Bodenverdichtungen müssen durch eine Auflockerung rückgängig gemacht werden. Notfalls ist der verdichtete Boden gegen durchlässiges Material auszutauschen.
- Es sollte eine Prüfliste (s. Beispiel im Anhang) vom Bauleiter ausgefüllt und bei der Bauabnahme dem Architekten oder Planer beziehungsweise Bauherren übergeben werden.

Es ist sicherzustellen, daß im Einflußbereich öffentl. oder privater Versickerungsanlagen keine anthropogenen Verunreinigungen (z. B. Altlasten) vorhanden sind, die zu Belastungen von Sicker- und Grundwasser führen können.

Bei der Pflege und Unterhaltung der Versickerungsmulden dürfen selbstverständlich keine Pflanzenbehandlungs- und Schädlingsbekämpfungsmittel (PSM) eingesetzt werden.

Auf Tausalz sollte im Einzugsgebiet der Versickerungsmulden verzichtet werden. Ein erhöhter Salzgehalt im Sickerwasser kann insbesondere zu einer erhöhten Mobilisierung von Cadmium führen (GROTEHUSMANN 1995).

Um die Funktionsfähigkeit der Anlagen (normalerweise 30 bis 50 Jahre) auf Dauer zu erhalten, sind regelmäßige Unterhaltung sowie Kontrollen mindestens einmal jährlich vorzugsweise vor Beginn der Frostperiode erforderlich. Bei der Muldenversickerung können dabei folgende Arbeiten anfallen:

- Mähen und sonst übliche Grünpflegemaßnahmen der begrünten Mulde
- Freihalten der versickerungswirksamen Fläche von gröberen Stoffanreicherungen (Laub, tierische Exkremente, sonst. Grobstoffe)
- bei semizentralen Versickerungsmulden Aufweitung des Zulaufes und Schutz gegen Auskolkung

Bei Rückgang der Versickerungsleistung sind folgende Maßnahmen durchzuführen:

- Schälen der obersten Mutterbodenschicht mit anschließender Neuansaat
- Auflockern der oberen Schicht durch Einfräsen von Sand
- Notfalls Austauschen der Humusschicht bzw. des Mutterbodens

Warendorf, 17. Juli 1996

WWK Weil • Winterkamp • Knopp
Partnerschaft für Umweltplanung

5 LITERATUR

- ATV (1990): Arbeitsblatt A138 -Bau und Bemessung entwässerungstechnischer Anlagen zur Versickerung von nicht schädlich verunreinigtem Niederschlagswasser, Verlag GFA, St. Augustin.
- ATV (1994): Arbeitsbericht des Fachausschusses 1.4.1 „Versickerung von Niederschlagsabflüssen“, Veröffentlichung in Vorbereitung.
- EMSCHERGENOSSENSCHAFT (HRSG.) (1993): Wohin mit dem Regenwasser? Arbeitshilfen für einen ökologisch ausgerichteten Umgang mit dem Regenwasser in Baugebieten. Emscher Park Planungsgrundlagen. Materialien zum Umbau des Emscher-Systems, Heft 7. Essen.
- GEIGER W. (1995): Neue Wege für das Regenwasser: Handbuch zum Rückhalt und zur Versickerung von Regenwasser in Baugebieten. Hrsg. Emschergenossenschaft, Essen, und Internationale Bauausstellung Emscher Park GmbH, Gelsenkirchen. – München, Wien: Verlag R. Oldenbourg GmbH.
- GOLWER A. (1985): Qualitätsaspekte der Versickerung, Mitteilungen des Instituts für Wasserwirtschaft, Hydrologie und Landwirtschaftlichen Wasserbau, Universität Hannover, Heft 57.
- GOLWER A. (1991): Belastung von Böden und Grundwasser durch Verkehrswege, Forum Städte-Hygiene, 42.
- GROTEHUSMANN, D. (1995): Versickerung von Niederschlagsabflüssen unter Berücksichtigung des Grundwasserschutzes. Dissertation am Fachbereich Bauingenieur- und Vermessungswesen der Universität Hannover.
- HAASE, R. (1986): Regenwasserversickerung in Wohngebieten, Schriftenreihe des Fachbereichs Landespflanze der Universität Hannover, Heft 14.
- LANDESHAUPTSTADT HANNOVER (HRSG.) (1995): Leitlinien für den Umgang mit Regenwasser in Baugebieten. In: Schriftenreihe kommunaler Umweltschutz, Heft Nr. 3, 4., überarb. und erw. Aufl., Hannover.
- MERTENS, H. (1972): Bodenkarte von Nordrhein-Westfalen 1 : 25.000, Erläuterungen zu Blatt 4217 Delbrück. Hrsg.: Geolog. Landesamt Nordrhein-Westfalen, Krefeld.
- MURL (1995): Richtlinie zur Versickerung und ortsnahen Einleitung von Niederschlagswasser von befestigten Flächen. Entwurf des Rderl. d. Ministers für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft (Stand 02.11.1995), Düsseldorf.
- SIEKER, F. H. RÜFFER, R. LESCHBER UND W. BISCHOFBERGER (1993): Möglichkeiten und Grenzen der entwässerungstechnischen Versickerung unter Berücksichtigung des Schutzes von Boden und Grundwasser, Abschlußbericht zum BMFT-Forschungsvorhaben 02 WT 8901.

SKUPIN, K. (1983): Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1 : 25.000, Erläuterungen zu Blatt 4217 Delbrück. Hrsg.: Geolog. Landesamt Nordrhein-Westfalen, Krefeld.

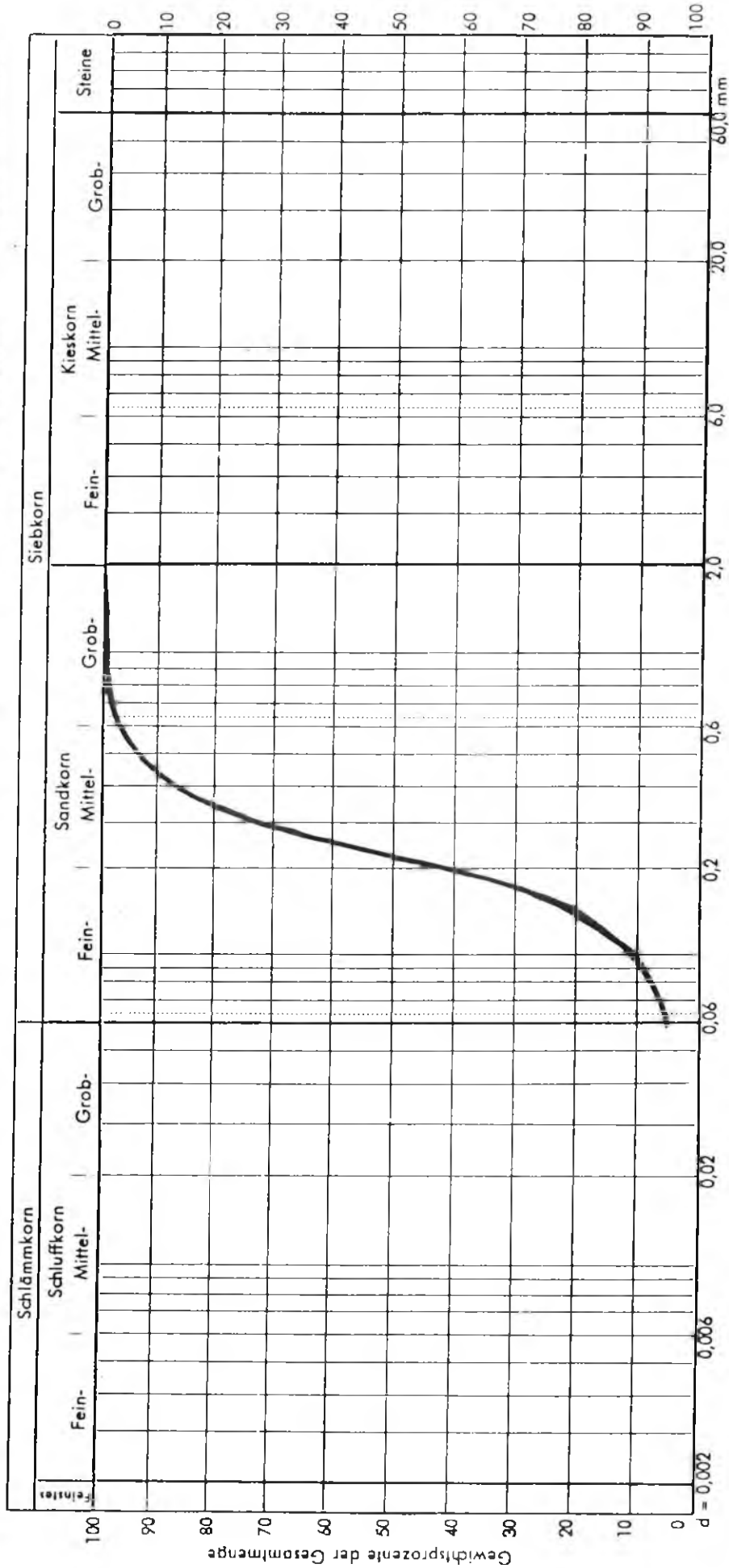
6 ANHANG

Anlage 1 Kornverteilungskurven

Anlage 2 Beispiel einer Prüfliste des Bauleiters für Anlagen zur Versickerung von Regenwasser in Neubaugebieten

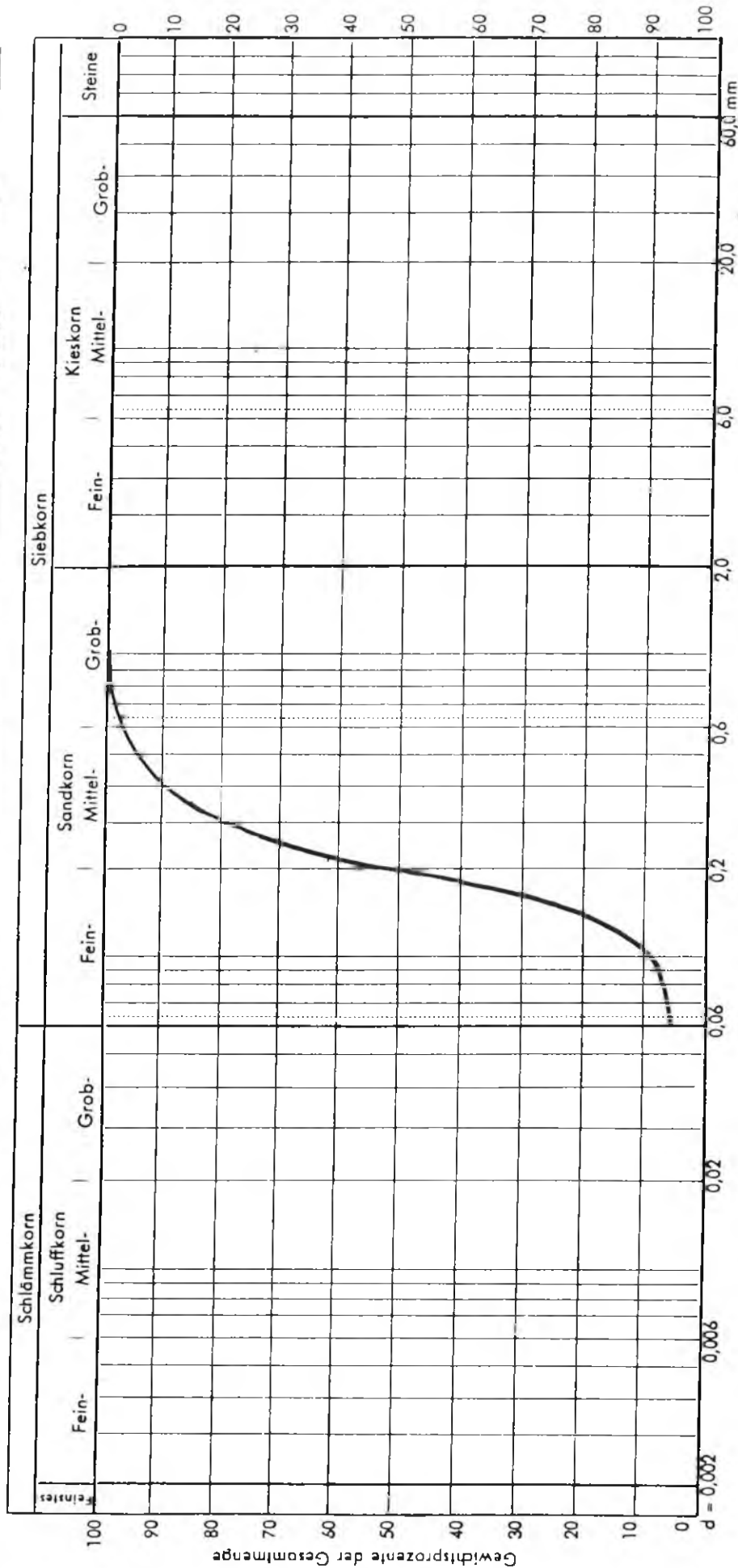
Kornverteilungskurve

Bauvorhaben: B-Plan Meerhof, Sande Entnahmestelle: SB 1 Tiefe: 0,5 - 1,5 m Datum:
 Bodenart: Sand Art der Entnahme: gestört Entnahmetag: Entnahme durch: Dr. Lange



Kornverteilungskurve

Bauvorhaben: B-Plan Meerhof, Sande Entnahmestelle: SB 5 Tiefe: 0,5 - 1,5 m Datum: _____
 Bodenart: Sand Art der Entnahme: gestört Entnahmetag: _____ Entnahme durch: Dr. Lange



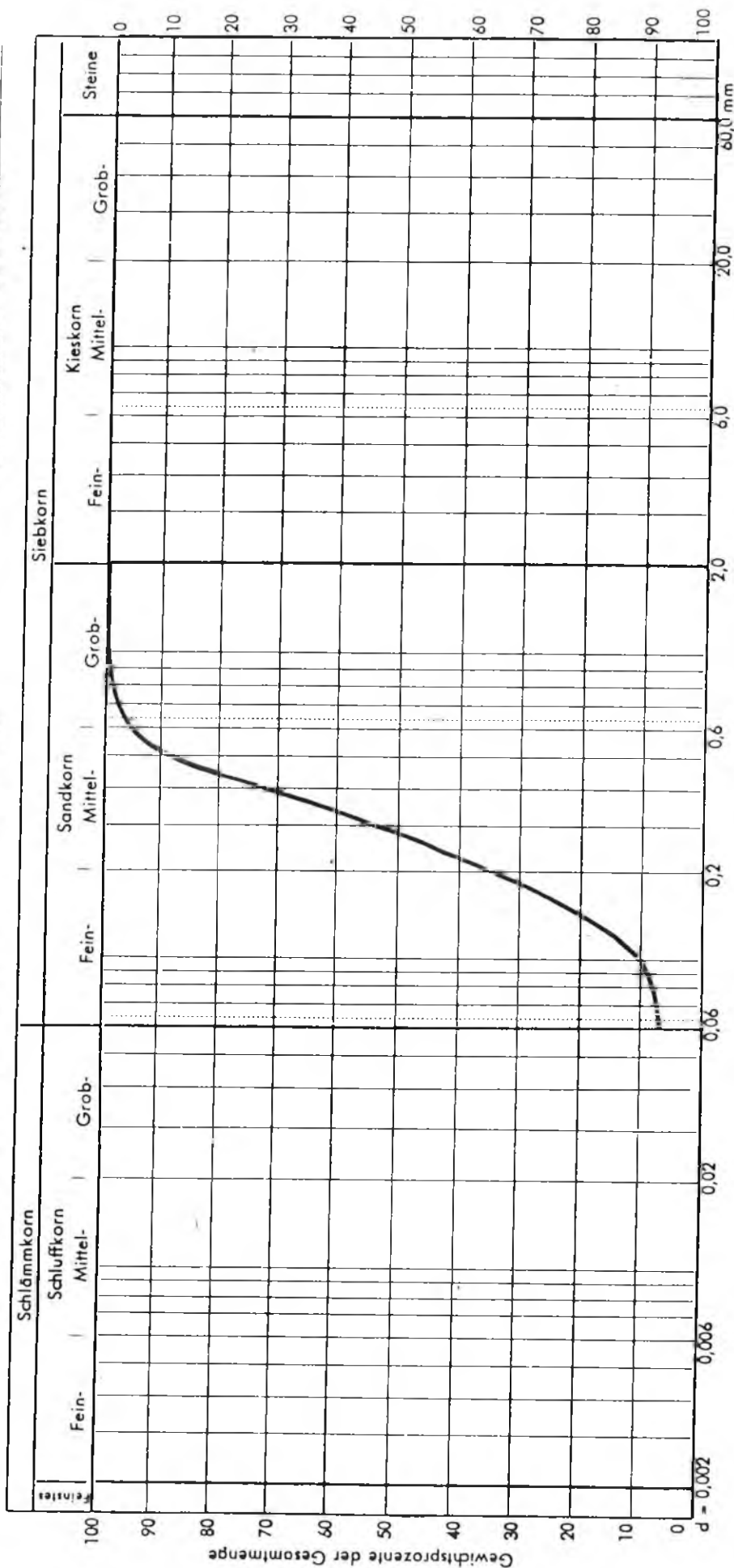
Arbeitsweise: Naßsiebung Ungleichförmigkeitsgrad $U = \frac{d_{60\%}}{d_{10\%}} = \frac{2.0}{0.06} = 33.3$



Weil · Winterkamp · Knopp
 Partnerschaft für Umweltplanung
 48231 Warendorf · Molenstr. 5
 Tel.: 02581/93 66-0 · Fax: 02581/93 66-1

Kornverteilungskurve

Bauvorhaben: B-Plan Meerhof, Sande Entnahmestelle: SB 8 Tiefe: 0,5 - 1,5 m Datum:
 Bodenart: Sand Art der Entnahme: gestört Entnahmetag: Entnahme durch: Dr. Lange



Arbeitsweise: Naßsiebung

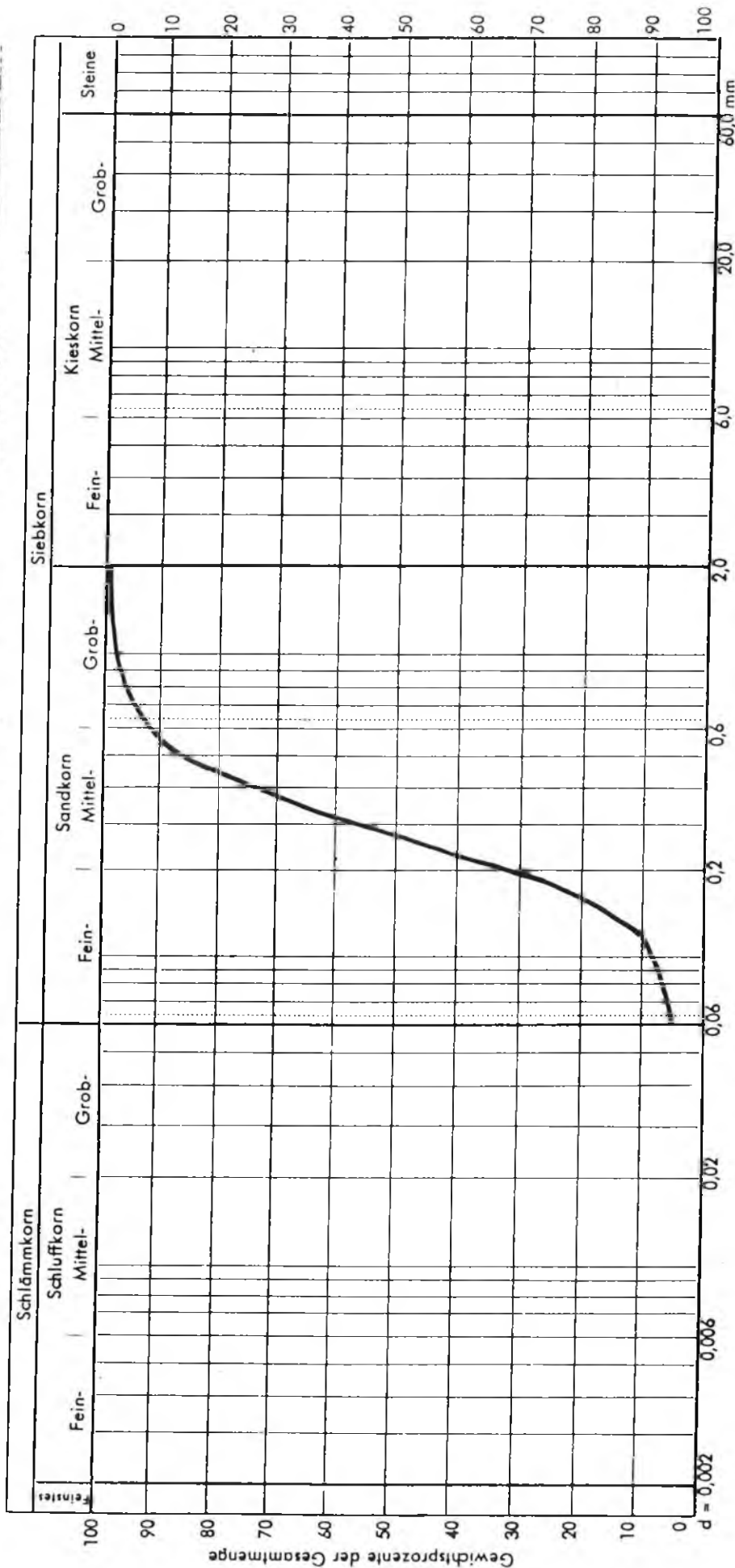
Ungleichförmigkeitsgrad $U = d_{60\%} / d_{10\%} = 3,3$



Weil + Winterkamp + Knopp
 Partnerschaft für Umweltplanung
 48231 Warendorf · Molkensstr. 5
 Tel.: 02581/93 66-0 · Fax: 02581/93 66-1

Kornverteilungskurve

Bauvorhaben: B-Plan Meerhof, Sande Entnahmestelle: SB 16 Tiefe: 0,5 - 1,5 m Datum:
 Bodenart: Sand Art der Entnahme: gestört Entnahmetag: Entnahme durch: Dr. Lange

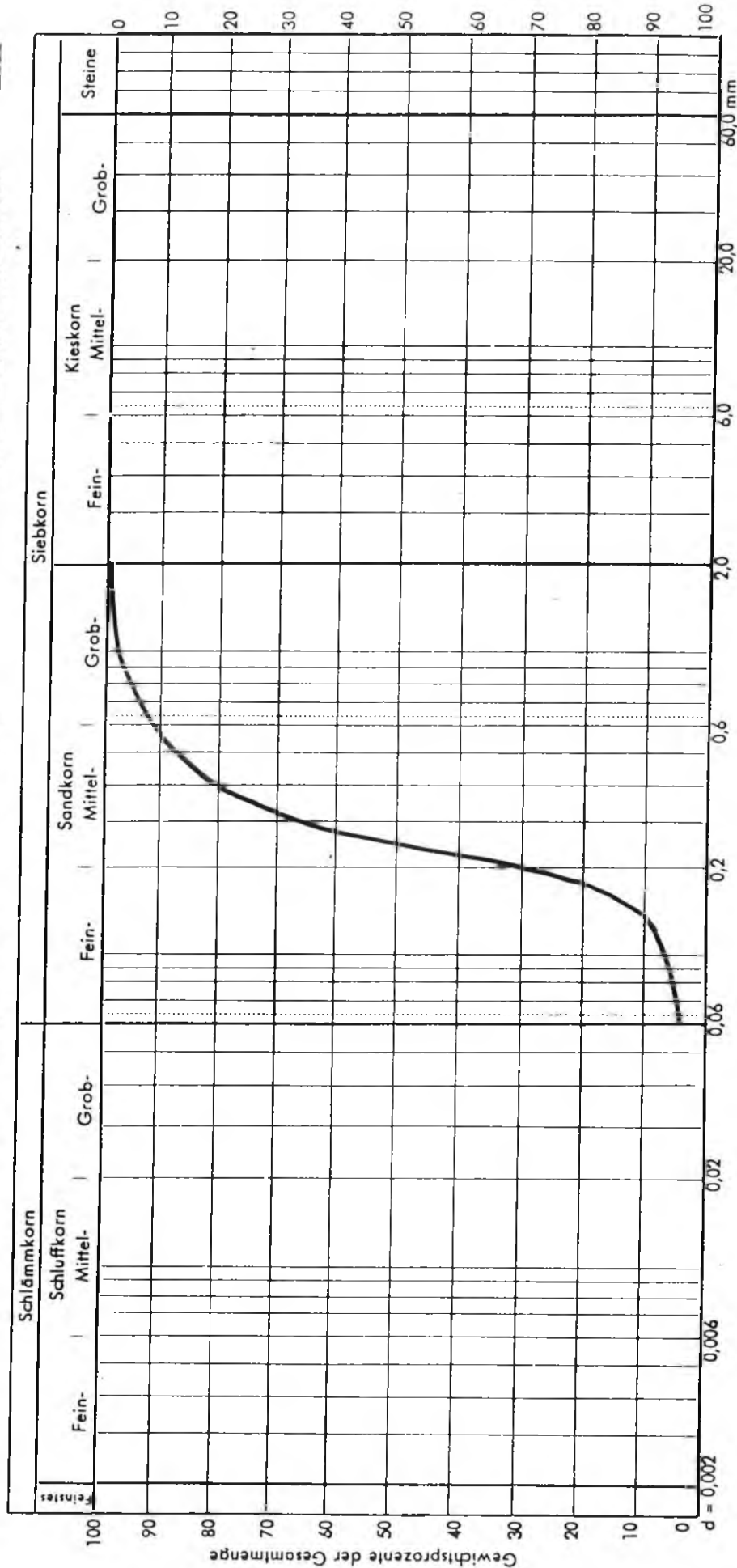


Arbeitsweise: Naßsiebung

Ungleichförmigkeitsgrad $U = d_{60\%} / d_{10\%} = \underline{2,46}$

Kornverteilungskurve

Bauvorhaben: B-Plan Meerhof, Sande Entnahmestelle: SB 17 Tiefe: 0,5 - 1,5 m Datum: _____
 Bodenart: Sand Art der Entnahme: gestört Entnahmetag: _____ Entnahme durch: Dr. Lange



Arbeitsweise: Naßsieb

Ungleichförmigkeitsgrad $U = \frac{d_{60\%}}{d_{10\%}} = \frac{1,86}{0,075} = 24,8$

Anlage 2: Prüfliste des Bauleiters für Anlagen zur Versickerung von Regenwasser in Neubaugebieten (aus GEIGER 1995)

1. Allgemeines zum Bauablauf des Hauses

		Tag	Monat	Jahr
1.1	Beginn des Bodenaushub	_____	_____	_____
1.2	Fertigstellung Bau	_____	_____	_____
1.3	Beginn Begrünung	_____	_____	_____
1.4	Bauabnahme der Anlage(n) zur Regenwasserversickerung	_____	_____	_____

2. Ausweisung und Nutzung der für die Versickerung von Regenwasser vorgesehenen Grundstücksflächen (in Neubaugebieten)

2.1 Waren die betroffenen Flächen auf allen Lageplänen ausgewiesen? ☐ ja ☐ nein

2.2 Wurden die betroffenen Flächen abgesteckt? ☐ ja ☐ nein

Wenn ja, wann abgesteckt?

_____ Tag _____ Monat _____ Jahr

Entfernung der Absteckung

_____ Tag _____ Monat _____ Jahr

2.3 Mußten auf den betroffenen Flächen Aushub, Schnee oder Baumaterialien gelagert werden? ☐ ja ☐ nein

Art der Materialien

von

bis

Tag Monat Jahr Tag Monat Jahr

.....

.....

.....

Betroffene Flächen sind auf einem Lageplan einzutragen!

2.4 Stand während der Bauzeit des Hauses/der Häuser Regenwasser auf den zur Versickerung von Regenwasser ausgewiesenen Flächen? ☐ ja ☐ nein

3. Befahren der für die Versickerung von Regenwasser vorgesehenen Flächen

3.1 Mußten über die zur Versickerung von Regenwasser vorgesehenen Flächen Materialien an- bzw. abtransportiert werden? ☐ ja ☐ nein

3.2 Wurde ein Fahrweg eingerichtet? ☐ ja ☐ nein

3.3 Welche Vorkehrungen wurden bei diesem Weg getroffen?

3.4 Welche Nutzlast hatten die Fahrzeuge?

☐
ca. 20 to

☐
ca. 10 to

☐
ca. 5 to

☐
ca. 2 to

☐
< 2 to

4. Durchgeführte Zusatzmaßnahmen

4.1 Wurden verdichtete Bereiche wieder aufgelockert? ☐ ja ☐ nein

Wenn ja, bis zu welcher Tiefe?

☐
ca. 0,1 m

☐
ca. 0,3 m

☐
ca. 0,5 m

4.2 Wurde Boden ausgetauscht? ☐ ja ☐ nein

Bereiche sind im Lageplan einzuzeichnen!

4.3 Wurden die für die Versickerung von Regenwasser vorgesehenen Flächen abgesperrt und freigehalten? ☐ ja ☐ nein

5. **Abweichungen beim Bau und bei der Gestaltung der Anlage(n) zur Versickerung von Regenwasser.**

Im folgenden sind alle Abweichungen zu verzeichnen:

.....
Datum

.....
Unterschrift