

# Werkstandard

April 1974

VEB  
Projektierung  
Wasserwirtschaft

Fassung und Ableitung von Oberflächen- und  
Grundwasser an Einschnittsböschungen zur  
Verhinderung von Böschungsrutschungen

WAPRO  
807

Verbindlich ab 1. 7. 1974

Dieser Standard gilt nicht für Tagebauböschungen  
und Uferbefestigungen im Mittelwasserbereich von Wasserläufen.  
Die Festlegungen des Standards sind zur Anwendung empfohlen.

Inhaltsverzeichnis	Seite
1. Voruntersuchung	2
1.1. Vorerkundung der Trasse	2
1.2. Ingenieurgeologisches Gutachten	2
1.3. Hydrologisches Gutachten	2
1.4. Baugrundgutachten	2
2. Grundsätze und Probleme bei Einschnitts- böschungen	3
2.1. Standsicherheit von Einschnittsböschungen	3
2.2. Böschungsrutschungen	3
2.3. Herstellen der Einschnitte	4
3. Verfahren zur Sicherung der Böschung vor den schädlichen Einflüssen des Oberflächen- und Grundwassers (Schichtenwasser)	5
3.1. Fassung und Ableitung des Oberflächenwassers	5
3.1.1. Maßnahmen oberhalb des Einschnittes	5
3.1.2. Maßnahmen innerhalb des Einschnittes	7
3.1.3. Böschungsrinnen	8
3.1.4. Schema zur Regulierung des Oberflächenwasserabflusses	9
3.2. Grundwasserfassung- und -ableitung	9
3.2.1. Sickerschlitze	10
3.2.2. Vorschüttungen, Filterbeton, Stützkörper	13
3.2.3. Brunnenentwässerung	15
3.2.4. Entwässerungstollen - Fall- und Steckfilter	17
3.2.5. Schlitzwände, Spurdwände, Injektionen	17
3.3. Vorübergehende Verfahren zur Sicherung vor schädlichen Einflüssen des Oberflächen- und Grundwassers	18
Anlage 1: Hinweise zur Anwendung der im Abschnitt 3. beschriebenen Verfahren	19
Anlage 2: Filterbemessung eines Längstiefensickers	22

Fortsetzung Seite 2 bis 26

Bestätigt: 29. 4. 1974 Direktor, Halle (Saale)

## 1. Voruntersuchung

Voruntersuchungen dienen der Erkundung der geologischen und hydrologischen Verhältnisse im Untergrund und führen mit den Ergebnissen von erdstoffphysikalischen Untersuchungen zu Kennzahlen für die Planung, Projektierung und Ausführung von Bauwerken.

### 1.1. Vorerkundung der Trasse

Einen allgemeinen Überblick über den geologischen Aufbau des Baugrundes erhält man durch die vorhandenen geologischen Karten 1 : 25000. Auch die Schichtenverzeichnisse von bereits durchgeführten Aufschlüssen in der Umgebung des geplanten Baugebietes geben Auskunft über die Untergrundverhältnisse. Durch eine Geländebegehung sind die örtlichen Gegebenheiten näher zu untersuchen und mit den topographischen und geologischen Karten zu vergleichen. Dabei können vorhandene natürliche und künstliche Einschnitte, Bauwerke, Gräben, Quellen, Brunnen, Pegel oder auch standortkennzeichnende Pflanzen Hinweise über die mögliche Beschaffenheit des Baugrundes geben. Zu beachten sind ferner die Fließrichtung der vorhandenen Gewässer, das mögliche Einzugsgebiet, die Versickerung von Oberflächenwässern und Veränderungen, die auf Bodenbewegungen hindeuten, wie Aufwölbungen, Geländeabsätze oder Risse an vorhandenen Bauwerken oder Böschungen, schiefe Bäume usw. Die Vorerkundung dient dabei nur dem Zwecke, eine erste Übersicht über die zu erwartenden Untergrundverhältnisse zu erhalten, um auf deren Grundlage exakte Aufträge für die Gutachten geben zu können.

### 1.2. Ingenieurgeologisches Gutachten

Das ingenieurgeologische Gutachten muß komplexe Aussagen über den Aufbau des untersuchten Untergrundes enthalten.

Im besonderen sind Angaben über zu erwartende Unregelmäßigkeiten des Baugrundes zu fordern, z.B. Verwerfungen, Einschlüsse, Fallen und Streichen, Kluftbildung bei Fels.

### 1.3. Hydrologisches Gutachten

Im hydrologischen Gutachten müssen spezielle Angaben enthalten sein über

- Anzahl und Lage der Grundwasserhorizonte
- regionale Grundwasserdynamik - gespannt, ungespannt, Grundwasserfließrichtung usw.-
- HW-Ganglinien
- Wasserstände der Vorfluter
- Durchlässigkeitsbeiwerte  $k$
- Profildurchlässigkeiten  $T$  der zu berücksichtigenden Grundwasserleiter
- Speicherkoeffizienten  $S$  der GW-Leiter, die angeschnitten werden könnten
- Grundwasserneubildung  $W$  im Einzugsbereich

Zur Ermittlung der  $k$ -Werte sind gegebenenfalls Pumpversuche nach TGL 23 864 durchzuführen.

### 1.4. Baugrundgutachten

Baugrundgutachten werden auf der Grundlage von Baugrundaufschlüssen und unter Berücksichtigung der ingenieurgeologischen und hydrologischen Gutachten erstellt. Die Anleitungen für die Erstellung des Baugrundgutachtens geben die Festlegungen nach TGL 11458 "Baugrunduntersuchungen - Allgemeine Grundsätze und Vorschriften". Bei der Auswahl der Baugrundaufschlüsse sind TGL 11457 "Baugrunduntersuchungen - Umfang und Auswahl von Aufschlüssen" und ingenieurgeologische Aussagen heranzuziehen.

Die Aufschlüsse sollen Art, Mächtigkeit, Lagerung und Neigung der einzelnen Baugrundschichten sowie sich einstellende Grundwasserstände auch über den Bereich der Böschung hinaus erkunden. Sie sind bis unter eventuell vorhandene Gleitflächen und geplante Einschnittstiefen abzuteufen.

Bei Sondierungen ist der Werkstandard des VEB Baugrund BGS 001 "Prüfungen im Feld, Sondierungen mit der leichten Rammsonde" und bei Bohrungen TGL 11 456 "Baugrunduntersuchungen, Bohr- und Schürfarbeiten - Probeentnahme" zu beachten.

Der Einsatz von mittelbaren Baugrundaufschlüssen, wie seismische, dynamische oder geoelektrische Verfahren, ist zur Verdichtung der punktförmigen Aussagen der direkten Aufschlüsse möglich.

Im Baugrundgutachten sind die für die durchzuführenden erdstatischen Berechnungen erforderlichen erdstoff-physikalischen Kennwerte anzugeben.

Die T-, S- und W-Werte aus dem hydrologischen Gutachten sind auf Vollständigkeit zu überprüfen und gegebenenfalls nach WAFRO 8.01 zu berechnen.

Aussagen über mögliche Böschungeneigungen, Böschungshöhen, anzuordnende Bermen, örtliche Sicherungsmaßnahmen gegen mögliche Gefahrenmomente u.ä. müssen enthalten sein. Damit kann im Baugrundgutachten die mögliche Grundkonzeption für die Ausführung der Böschung festgelegt werden.

## 2. Grundsätze und Probleme bei Einschnittsböschungen

### 2.1. Standsicherheit von Einschnittsböschungen

Die Standsicherheit der Böschungen eines Einschnittes ist unerlässlich für den Bestand des geplanten Vorhabens. Sie ist nach WAFRO 4.1a zu berechnen.

Beim Standsicherheitsnachweis sind die Erdstoffkennwerte, das Wechselspiel zwischen Wasser und Erdstoff und die Geometrie des Bauwerkes zu beachten.

Besondere Aufmerksamkeit ist dem Vorhandensein einfallender Gleit- und Verwitterungsschichten sowie dem Verhalten rutschgefährdeter Böden, wie z.B. Bänderton, zu widmen.

### 2.2. Böschungsrutschungen

#### 2.2.1. Begriff

Rutschungen entstehen bei Störungen des Kräfteverhältnisses im Erdstoff des Böschungssystems. Durch Einwirkung von Eigengewicht, Belastung und Strömungsdruck wird im Bereich der Rutschzone die Haft- und Scherfestigkeit überschritten. Die Bodenmassen verlagern sich in Richtung der kleinsten Widerstandskraft, also böschungsabwärts. Dabei tritt eine Setzungs- (Vertikal-) und eine Horizontalbewegung ein. Eine damit verbundene Auflockerung führt zu einer weitgehenden Gefügeänderung.

#### 2.2.2. Ursachen

Die Ursache von Rutschungen ist stets die Tatsache, daß das Verhältnis von Belastung zur Scherkraft den Wert 1,0 überschreitet.

Die Veränderung des Gleichgewichtes - Überbelastung - wird in vielen Fällen durch das in den Erdkörper oder in die zu Rutschungen neigende Böschung eindringende Wasser hervorgerufen.

Ungenügende Vorerkundung und die daraus resultierenden mangelhaften Angaben für die Standsicherheitsuntersuchungen können zu falschen Schlussfolgerungen führen und dadurch Gründe für spätere Rutschungen sein.

Weiterhin können folgende Umstände Rutschungen verursachen:

- Unsachgemäße Bauausführung des Einschnittes, z.B. Unterschneidungen der Böschungen, fehlende Entwässerung
- Mangelhafte Ableitung von Oberflächen- und Grundwasser
- Erosionserscheinungen infolge fehlender Böschungsendeckung
- Frosteinwirkung

- Veränderung der Nutzungsarten im Einzugsgebiet, wie Umwandlung von Wiese in Acker und Kahlschläge
- Suffosion - Herauswaschen der feinsten Bodenteilechen durch die Strömung des Wassers und die damit verbundene Auflockerung des Bodens
- Auswaschung und Ausspülung - Kolkwirkung - an fließendem oder stehendem Gewässer infolge Wellenschlag
- Verwitterungserscheinungen - Rißbildungen
- Sprengungen und Erschütterungen.

### 2.2.3. Verlauf und Arten der Rutschungen

In Abhängigkeit von den vorhandenen geologischen Verhältnissen können folgende Rutschungen auftreten:

#### a) Gleitflächenbruch

Die Rutschung erfolgt entweder auf bestimmten rechnerisch nachweisbaren Gleitflächen oder bei geschichteten Böden auf geologisch vorgegebenen Gleitflächen wie tonige Zwischenschichten oder Verwitterungsschichten zwischen Deck- und Grundgebirge, wobei der Einfallwinkel dieser Schichten und die Möglichkeit des Wasserzutrittes von entscheidender Bedeutung sind.

#### b) Böschungfußausbruch

Werden bei tieferen Einschnitten wassergesättigte Kieseinlagerungen angeschnitten, so kann infolge hohen Strömungsdruckes das Wasser, verbunden mit erheblichen Rutschungserscheinungen, durchbrechen.

#### c) Abgleiten infolge Frosteinwirkung

Bei diesen Rutschungen sind 2 Kriterien zu unterscheiden:

- durch Wasserstau unter einer gefrorenen wasserhaltigen Erdschicht, hervorgerufene Überbelastung, die dann zu Rutschungen führt, sobald der Boden auftaut
- Verlust der Scherfestigkeit bei Frostaufgang durch Ausdehnung des in der Frostzone vorhandenen und angereicherten Wassers und der damit verbundenen Gefügauflockerung - Weichmassenrutschungen und Fließerscheinungen - .

#### d) Böschungsgrundbruch

Stehen im Untergrund weiche bindige Schichten an, so kann es bei breiten Einschnitten durch Wegfall der Auflast vor dem Böschungsfuß zum Böschungsgrundbruch kommen. [1]

### 2.3. Herstellen der Einschnitte

Die Baggerung des Einschnittes und die Herstellung der Böschung haben projektgemäß zu erfolgen. Unterschnidungen der Böschungen sind nicht zulässig.

Vor Beginn der Bauarbeiten sind Sicherungsmaßnahmen zur Ableitung des Oberflächenwassers aus dem umliegenden Gelände einzuleiten.

Während der Bauausführung ist eine ordnungsgemäße Wasserhaltung unerlässlich. Aus tretendes Grundwasser, das Rutschungen verursachen könnte, ist sofort beim Anschneiden ordnungsgemäß zu fassen und abzuleiten.

Am Böschungsrand sollen Auflasten, z.B. Aufschüttungen, Bauwerke, vermieden werden. Empfehlenswert ist die Ausrundung des oberen planierten Böschungsrandes mit einem Radius = 5,0 m.

Die Böschungen sind zur Vermeidung von Erosionen sofort nach Fertigstellung mit Rasen zu begrünen oder zu bepflanzen.

Bei komplizierten und nicht eindeutig erkennbaren oder erfaßbaren Grundwasserverhältnissen ist zu untersuchen, ob auf die Durchführung aufwendiger Entwässerungsmaßnahmen verzichtet werden kann und statt dessen zur Verminderung der Rutschgefahr eine Böschungsabflachung oder eine Trassenverschiebung vorteilhafter ist.

### 3. Verfahren zur Sicherung der Böschung vor schädlichen Einflüssen des Oberflächen- und Grundwassers (Schichtenwasser)

Die nachfolgend aufgeführten Verfahren sind mit speziellen Hinweisen für ihre Anwendung in Anlage 1 zusammengefaßt. Für die Einschnitte wurde eine Unterteilung in 3 Gruppen vorgenommen, die nur im Rahmen dieses Standards Gültigkeit besitzt:

- flache Einschnitte bis 2,00 m Tiefe,
- mittlere Einschnitte bis 6,00 m Tiefe,
- tiefe Einschnitte über 6,00 m Tiefe.

#### 3.1. Fassung und Ableitung des Oberflächenwassers

##### 3.1.1. Maßnahmen oberhalb des Einschnittes

Das oberhalb des Einschnittes anfallende und ihm zufließende Oberflächenwasser ist in parallel zur Böschungsoberkante anzulegenden Gräben zu fassen. Das Wasser ist möglichst außerhalb des Einschnittes einem Vorfluter zuzuleiten. Ist diese Art der Ableitung zu aufwendig, muß das gesammelte Wasser in Abständen von ca. 100 m in festen Böschungsrinnen senkrecht zur Böschung abgeführt und in den Einschnittsgraben oder in den dort verlaufenden Vorfluter eingeleitet werden.

##### 3.1.1.1. Bemessungsgrundlagen für Auffangegräben

Zur Bemessung der Auffangegräben ist die maßgebende Niederschlagsfläche zu ermitteln und der größte vorkommende Regen zugrunde zu legen. Bei der Berechnung des Abflusses ist die Versickerung im Niederschlagsgebiet entsprechend den örtlichen Verhältnissen zu berücksichtigen. Bei Niederschlagsgebieten < 5 ha kann auf die Ermittlung des Abflusses verzichtet werden. Die Auffangegräben erhalten dann folgende Abmessungen:

Sohle  $\geq 0,50$  m  
Tiefe  $\geq 0,50$  m

Böschungsneigung 1:1,5 oder entsprechend der Ausbautart.

Das Längsgefälle soll im Normalfalle  $\geq 3$  ‰ sein. Kann dies wegen geringem Geländegefälle nicht erreicht werden, ist der Auffangegraben mit glatten Wandungen, z.B. aus Beton- sowie Steinzeughalbschalen, Kanaltrögen für Versorgungsleitungen oder aus glattem Pflaster, herzustellen. Wird aus o.g. Gründen auf eine hydraulische Berechnung verzichtet und somit  $V_{\max}$  nicht ermittelt, ist folgende Profilbefestigung anzustreben:

J = 3,0 bis 20 ‰ Sohle und Böschung aus Rasensoden oder Rasensaat, sofern keine Profildichtung erforderlich ist.

J = 20 bis 50 ‰ Betonfertigteile und Pflaster

J > 50 ‰ Rauhes Pflaster (Rauhbettrinne) oder Gefällestufen einbauen:

Ist die Geschwindigkeit  $V_{\max}$  aufgrund einer hydraulischen Berechnung ermittelt worden, ist die o.g. Profilbefestigung zu überprüfen und erforderlichenfalls zu verändern.

Die Auffanggräben sollen mind. 2,00 m von der Böschungsoberkante entfernt sein. Bei geringem Wasseranfall und nicht rutschgefährdeten Einschnitten kann der Auffanggraben muldenförmig in nachstehender Form ausgebildet werden.

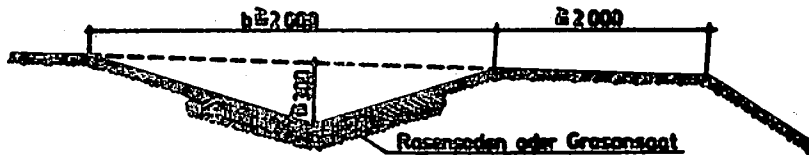


Bild 1 : Muldenförmiger Auffanggraben

Die Auffanggräben bei rutschgefährdeten Böschungen müssen zur Unterbindung von Versickerung und Aufweichung eine wasserdichte Auskleidung erhalten. Als Dichtungsmaterial kann Lehm, Ton, Kunststoffolie, Beton, Betonfertigteile und Pflaster auf Unterbeton verwendet werden. Schneidet der Auffanggraben eine wasserundurchlässige Schicht an, so ist die Dichtung ausreichend tief in diese einzubinden. Bei schwer durchlässigem Boden kann bei genügendem Grabengefälle, >3 ‰, auf eine Dichtung verzichtet werden.

3.1.1.2. Ausführung der Auffanggräben  
Es sind folgende Ausführungen möglich:

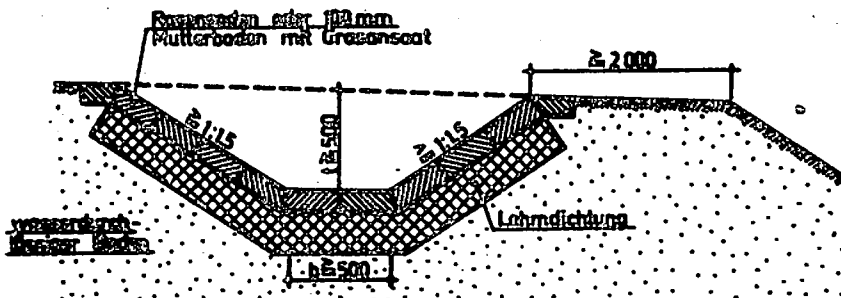


Bild 2 : Auffanggraben mit Lehm- oder Kunststoffdichtung

Statt des Lehmes kann auch Kunststoffolie als Dichtungselement verwendet werden. (siehe [3] und [4] )

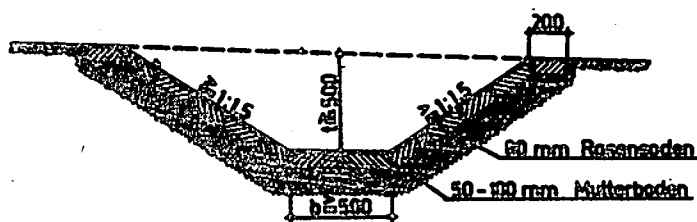


Bild 3 : Auffanggraben mit Rasenboden

Stehen keine Rasensoden zur Verfügung, ist eine Mutterbodenandeckung von 10 cm Dicke vorzusehen. Die Flächen sind mit Gras anzusäen. Zu beachten sind hierbei WAFRO 51/3 bis 5.

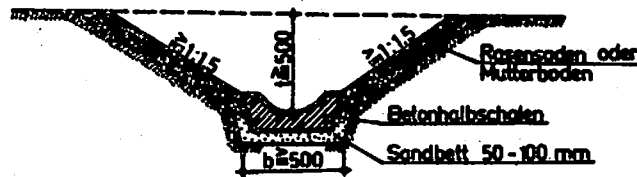


Bild 4 : Auffanggraben aus Fertigteilen

Verwendung von Beton- oder Steinzeughalbschalen sowie Betonelemente für Versorgungskanäle - Kabelkanaltröge. Fertigteile auf Sandbett von mind. 5 cm Dicke verlegen. Stöße mit Dichtungsmasse spachteln oder verfugen.

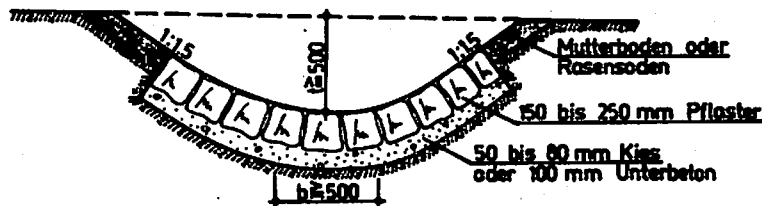


Bild 5 : Auffanggraben aus Pflastersteinen

Wetterbeständige Großpflaster-, Schichten- und Bruchsteine verwenden. Pflasterfugen mit Mutterboden, gemischt mit Grassamen, verstopfen. Bei Geschwindigkeiten  $V_m > 2,5$  m/s sind die Fugen mit Zementmörtel zu verfüllen. Pflasterung dann auf ein 10 cm dickes Unterbetonbett B 160 versetzen.

Beginn und Ende jeder Pflasterung durch eine Herdschwelle aus Beton oder durch eine Reihe großer Steine gegen Unterspülung sichern.

#### Auffanggraben mit Lebendverbau

Bei Lebendverbau sind TGL 22 742 und WAFRO 51 zu beachten.

#### 3.1.2. Maßnahmen innerhalb des Einschnittes

Bei tiefen Einschnitten muß zur Verhinderung von Oberflächenerosionen das auf den Böschungsflächen anfallende Niederschlags- und Schmelzwasser systematisch gefaßt und abgeleitet werden. Dies gilt besonders für den Zeitraum unmittelbar nach der Fertigstellung, wenn die Böschungsbefestigung noch nicht voll wirksam geworden ist. Unabhängig von den bei der Standsicherheitsberechnung ermittelten Bermen sind bei Einschnitten von über 8,0 m Tiefe Bermen von mind. 1,0 m Breite mit einer Querneigung von 5 bis 8 % hangwärts bei gleichzeitiger Längsentwässerung zur Ableitung des Tagewassers anzulegen. Eine Querneigung talwärts ist möglich, jedoch muß dann die Befestigung der Bermenkante nachgewiesen werden. Befahrbare Bermen müssen eine Mindestbreite von 3,0 m erhalten.

#### 3.1.2.1. Befestigung der Böschungsflächen

Die Böschungsflächen sind sofort nach Fertigstellung der Baggerung anzusäen. Ob Kultur- oder Mutterbodenschichten aufgebracht werden müssen ist von den anstehenden Erdstoffen abhängig.

Für größere Böschungsf lächen empfiehlt sich eine anschließende Gehölzbe pflanzung. Die Auswahl der durchzuführenden Maßnahmen ist entsprechend den örtlichen Bedingungen, wie Klima, Hanglage, Bodenarten usw., und der Bedeutung des Bauwerkes unter Hinzuziehung geeigneter Fachkräfte zu treffen. (siehe WAFRO 51 und TGL 22 742/1 bis 3)

### 3.1.2.2. Auffangegräben

Das von den Böschungen den Bermen zufließende Wasser ist in Auffangegräben zu fassen und den Böschungsrinnen oder Ableitungsgräben zuzuleiten. Das Wasser ist zügig und bei rutschgefährdeten Böschungen ohne jegliche Versickerung und Verzögerung abzuleiten. Die Gräben werden ihrem Zweck entsprechend nach Abschnitt 3.1.1.1. und 3.1.1.2. bemessen und hergestellt.

### 3.1.2.3. Anwendung ingenieurbio logischer Maßnahmen

Wo es die Verhältnisse zulassen und eine Versickerung bei wenig rutschempfindlichen Böden zu keinen Schäden führt, ist die Oberflächenwasserableitung sinnvoll in die ingenieurbio logische Bauweise einzubeziehen.

Die Hangmulden sollten mit Palisaden bzw. Buschlagen verbaut werden (siehe WAFRO 51/10,11)

Ein wirkungsvoller Böschungsschutz ergibt sich, wenn ingenieurbio logische und wasserbauliche Maßnahmen so kombiniert werden, daß sie sich gegenseitig ergänzen.

### 3.1.3. Böschungsrinnen

Böschungsrinnen sind so herzustellen, daß keine Schäden auf den Böschungen eintreten können. Aus Gründen der Anpassung an das Landschaftsbild sind Betonrinnen zu vermeiden. Am Anfang jeder Böschungsrinne ist zur Vermeidung von Unterspülungen eine Herdschwelle von mind. 0,80 m Tiefe und 0,30 m Dicke anzuordnen.

Das Längsgefälle entspricht allgemein der Böschungsneigung. Bei zwischengeschalteten Bermen ist darauf zu achten, daß keine zu starke Gefälleverminderung eintritt.

Die Böschungsrinnen sind nach der anfallenden Wassermenge mit nachstehend angegebenen Mindestbreiten und -tiefen herzustellen. Sie werden je nach Erfordernis als Schuß-, Raubbettrinnen oder als abgetreppte Rinnen - Kaskaden - ausgebildet.

Am Böschungsfuß ist vor der Einmündung in den Vorfluter meist ein Tosbecken oder eine Profilerweiterung notwendig. Die Einmündung in den Vorfluter soll in einer Krümmung tangential oder auf geraden Strecken spitzwinklig erfolgen.

#### 3.1.3.1. Schußrinnen

Schußrinnen können aus Betonfertigteilen, Bruch- oder Pflastersteinen muldenförmig hergestellt werden. Die Pflasterung ist bei geringer Beanspruchung in ein 5 bis 8 cm dickes Kies-, Sand- oder Splittbett zu versetzen. Bei starker Beanspruchung und ungünstigen Bodenverhältnissen ist statt des Kiessandes Unterbeton B 160 mit einer Mindestdicke von 0,20 m zu verwenden. Um ein Reißen der Rinne zu verhindern, ist gegebenenfalls eine Stahlbewehrung einzulegen.

Die zulässigen Fließgeschwindigkeiten sind nach TGL 80-24907/1 zu ermitteln.

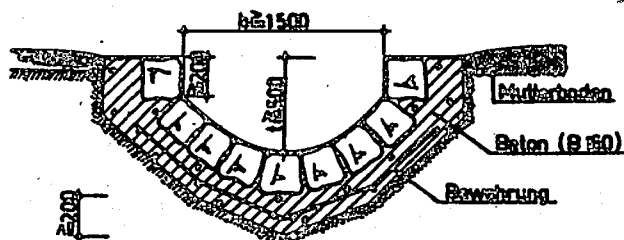


Bild 6 : Schußrinne aus Pflaster in Unterbeton



3.1.3.2. Rauhbettrinnen

Rauhbettrinnen werden mulden- oder trapezförmig hergestellt.

Die Steine werden als Packlage dicht an dicht in ein 0,20 bis 0,25 m dickes Kiesel- oder Splittbett gesetzt.

Bei größerer Beanspruchung der Rinne sind die Steine in einen Betonunterbau zu versetzen. Der Rand der Rinne kann zusätzlich gegen Unterspülung mit einer entsprechenden Bepflanzung gesichert werden.

Rauhbettrinnen tragen auf Grund ihrer Beschaffenheit zur Verminderung der Fließgeschwindigkeit bei und werden somit bei starkem Gefälle,  $J > 1:20$  und größeren Einschnitten angewendet.

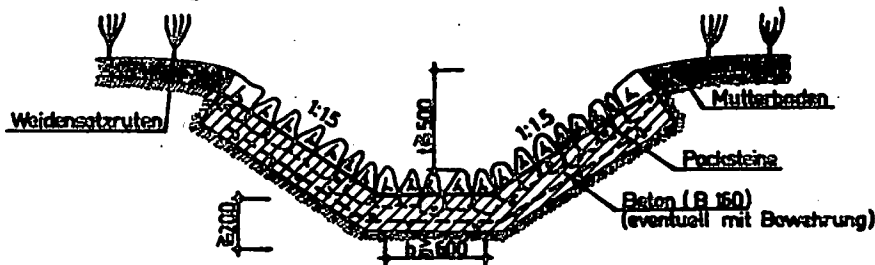


Bild 7 : Trapezförmige Rauhbettrinne

3.1.3.3. Abgetrepte Rinnen (Kaskaden)

Abgetrepte Rinnen erfordern eine aufwendige Bemessung und sind schwieriger herzustellen als Schuß- und Rauhbettrinnen. Sie sollten deshalb nur bei Einschnittstiefen  $\approx 3,00$  m, Anwendung finden und sonst nach Möglichkeit vermieden werden.

3.1.3.4. Hangmulden

Wenn der Einschnitt ingenieurbologisch-verbaut werden soll, können bei geringen Tiefen, flachen Böschungen und nicht in Auffanggräben konzentriert zufließenden Oberflächenwässern statt der massiven Böschungsrinnen Hangmulden in ingenieurbio- logischer Bauweise nach Abschnitt 3.1.2.3. angelegt werden.

3.1.4. Schema zur Regulierung des Oberflächenwasserabflusses

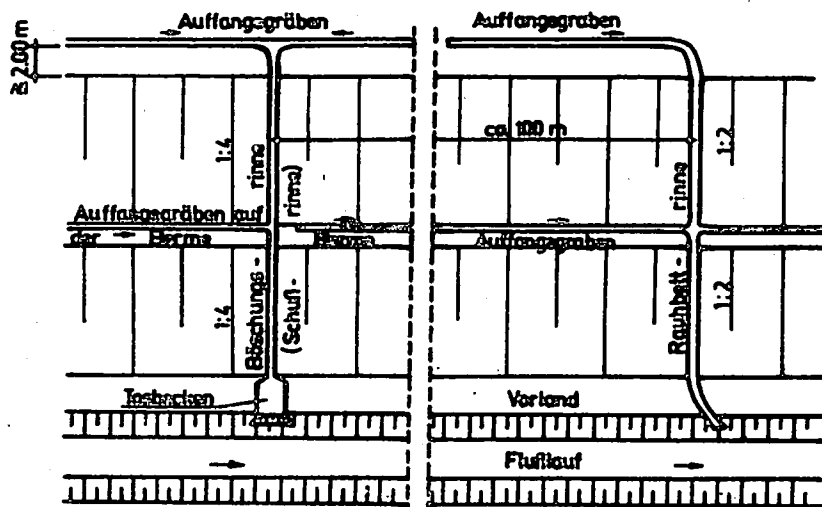


Bild 8 Regulierung des Oberflächenabflusses

3.2. Grundwasserfassung und -ableitung

Nachstehende Sicherungsmaßnahmen sind nur in gefährdeten Bereichen vorzusehen. Bei durchgehenden Schichten grobkörnigen Lockergesteines werden Sicherungsmaßnahmen kaum erforderlich sein, wenn nicht durch Herausspülen der Feinteile eine Gefügauflockerung zu erwarten ist (Suffosion).

Nachfolgend beschriebene Verfahren sind bei der Projektierung nicht starr zu übernehmen; sie sind vom Projektanten entsprechend den jeweiligen Bedingungen anzuwenden.

### 3.2.1. Sickerschlitze

Sickerschlitze sind nach dem Filterprinzip aufgebaute Sand- oder Kiespackungen und dienen der geregelten Fassung und Ableitung von Grund- und Schichtenwasser. Die Eignung des vorgesehenen Filtermaterials ist nach WAPRO 4.04. nachzuweisen. (Siehe Beispiel Anlage 2)

Zur Abführung des Wassers ist eine Sohlentwässerung vorzusehen, die bei Verwendung von Rohren und Halbschalen in frostfreier Tiefe entsprechend TGL 11 466 zu verlegen ist. An der Erdoberfläche ist eine Abdeckung aus Mutterboden und Rasensoden aufzubringen, um den Eintritt des Oberflächenwassers zu verhindern.

Die Sickerschlitze müssen mind. 0,40 m tief in die wasserundurchlässige Schicht einbinden. Bei sehr starkem Wasserandrang ist das Maß der Einbindung auf 0,50 m zu erhöhen.

#### 3.2.1.1. Längstiefensicker, allgemeine Forderungen

Die Abmessungen der Längstiefensicker ergeben sich aus der erforderlichen hydraulischen Leistungsfähigkeit und den konstruktiven Erfordernissen.

Bei Wassereinzugsgebieten  $< 0,10 \text{ km}^2$  kann auf eine hydraulische Berechnung verzichtet werden. Hier sind den Bemessungen die nachstehend angegebenen Mindestabmessungen zugrunde zu legen. Bei Einzugsgebieten  $> 0,10 \text{ km}^2$  ist unter Verwendung der im hydrologischen Gutachten angegebenen Werte ein hydraulischer Nachweis zu führen. Zur Bemessung kann TGL 20 286 herangezogen werden.

Für die Sohlentwässerung der Längstiefensicker werden Rohre verwendet. Es eignen sich hierfür gelochte oder geschlitzte Steinzug- oder Betonrohre, Betonfilterrohre und Kunststofffilterrohre mit Fein- und Grobschlitzen. Die Rohre sollen einen Mindestdurchmesser von 200 mm haben.

In [4] wird angegeben, daß die Loch- oder Schlitzweite nicht größer als die mit 60 % vertretene Korngröße des angewendeten Filtermaterials sein soll.

Das Längsgefälle soll ohne hydraulischen Nachweis 4 ‰ nicht unterschreiten. Bei Gefällen  $< 4 \text{ ‰}$  sind Hoch- und Tiefpunkte anzuordnen. Mit hydraulischem Nachweis kann bis auf 2 ‰ herabgegangen werden.

In Abständen von ca. 50,0 m sind Kontrollschächte anzuordnen, desgleichen bei Gefällewechsel, Änderung des Durchmessers, Richtungsänderung und Rohrzusammenführungen. Am Beginn der Rohrleitung soll das erste Rohr mit einem Stein, Ziegel oder einer Platte abgeschlossen werden.

Längstiefensicker münden in einen Vorfluter oder in eine Böschungsrinne aus.

Sie können auch einer Quersickerung (siehe Abschnitt 3.2.1.2.) zugeleitet werden. Die Ausmündung ist ähnlich der der Dränagen mit Klappe oder Gitter zu versehen und soll über MW, jedoch mind. 0,20 m über der Sohle liegen.

Folgende Sohlbreiten werden in Abhängigkeit von der Tiefe empfohlen:

- Sohlbreite ■ 0,80 m bei einer Tiefe von  $\leq 2,50 \text{ m}$
- Sohlbreite ■ 1,00 m bei einer Tiefe von  $> 2,50 \text{ m}$ .

3.2.1.1.1. Längstiefensicker oberhalb der Böschung

Längstiefensicker werden außerhalb des Rutschungsbereiches entsprechend dem Verlauf der wassertragenden Schicht angelegt.

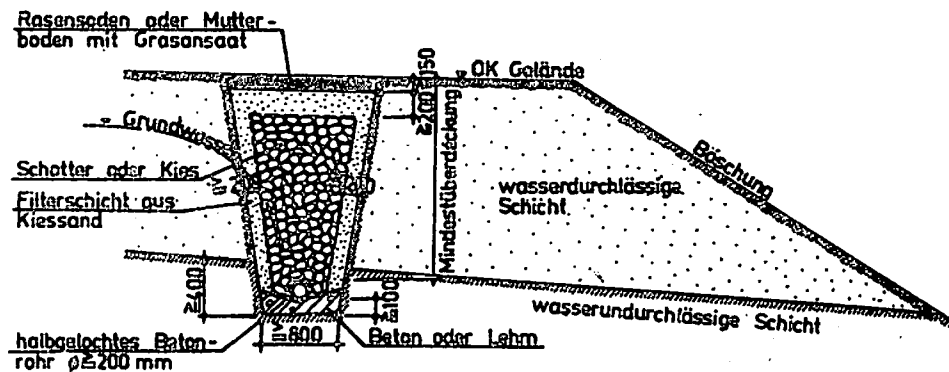


Bild 9 : Längstiefensicker bei hohem Grundwasserandrang

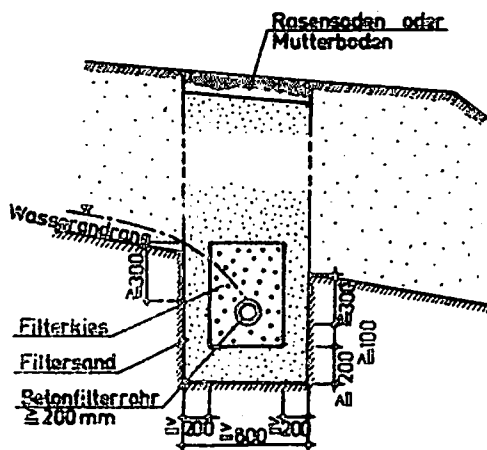


Bild 10 : Längstiefensicker mit Filterrohren bei Schichtenwasserandrang

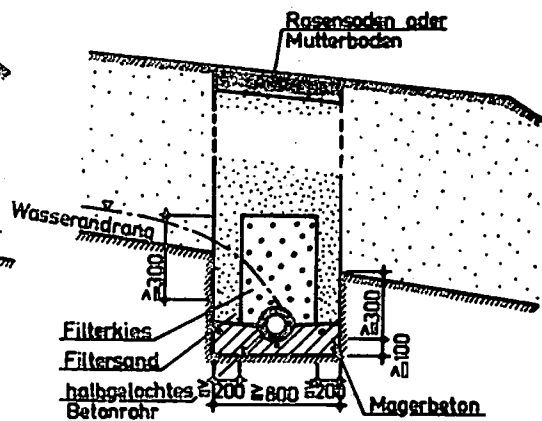


Bild 11 : Längstiefensicker mit halbgelochten Betonrohren bei Schichtenwasserandrang

3.2.1.1.2. Längstiefensicker innerhalb der Böschung

Längstiefensicker werden nur dann in die Böschung oder am Fuß eingebaut, wenn die wasserstauende Schicht so tief liegt, daß ein Abfangen des Wassers oberhalb der Böschung nicht möglich oder unwirtschaftlich ist. Sie sind unter Einhaltung der vorgeschriebenen Tiefen - frostfreie Lagerung der Rohre - längs der ausstreichenden wasserundurchlässigen Schicht anzulegen.

Eine vorherige Abflachung der darüber befindlichen Böschung wird aus Sicherheitsgründen - Gefahr des Nachrutschens - empfohlen.

Für die Sohlentwässerung sind im allgemeinen Rohre zu verwenden. Bei kurzen Sickers können für die Sohlentwässerung statt der Rohre auch Faschinen, abgedeckte Halbschalen oder Steine eingebaut werden. In diesem Falle muß das Längsgefälle > 20 ‰ sein.

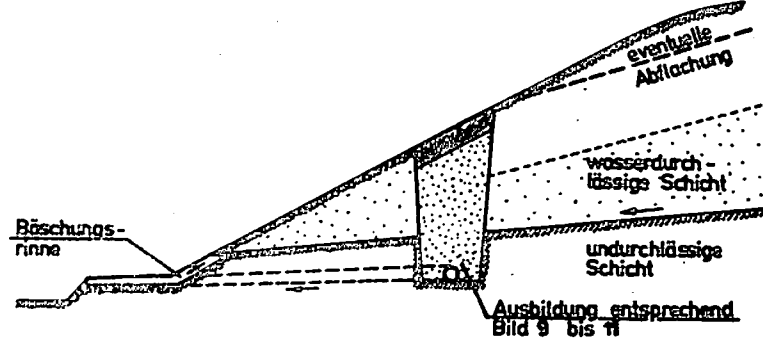
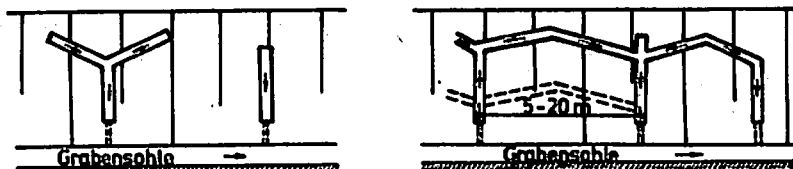


Bild 12 : Längstiefensicker innerhalb der Böschung

### 3.2.1.2. Quersickerungen

Quersickerungen dienen der Entwässerung einzelner nasser Stellen und flächenhafter Durchfeuchtung ganzer Böschungen. Sie sind nur in schwach bindigen Böden einzubauen. Die Schlitzte werden mit wetterbeständigen Bruchsteinen dicht ausgepackt und oben gegen den Zutritt von Oberflächenwasser mit Rasensoden oder bindigem Mutterboden abgedeckt. Die Lagerfugen der Packung sollen senkrecht zur Böschung stehen. Zur Vermeidung von Verschlämmungen ist die Steinpackung mit einer Filterschicht zu umgeben. Für die Sohlentwässerung werden Halbschalen oder Steindräns, seltener Rohre, verwendet. Quersickerungen werden senkrecht oder schräg zur Böschung, je nach dem Grad der Ver-nässung und des anstehenden Bodens, im Abstand von 5,0 bis 20,0 m angelegt. Neben der Entwässerung üben sie zugleich eine Stützwirkung aus.



a) einzelne nasse Stellen

b) flächenhafter Wasseraustritt

Bild 13: Quersickerungen

Um die Stabilität des Bodens bei rutschgefährdeten Böschungen nicht zu gefährden, sind die Sickerungen nur in kurzen Abschnitten herzustellen.

Für die Ausmündungen gelten die gleichen Forderungen wie für die der Längstiefensicker. Breite und Tiefe der Sickerungen richten sich nach der Art der Wasseraustrittsstellen. Als Richtwerte werden folgende von der Tiefe abhängige Schlitzbreiten angegeben:

- Tiefe  $\leq 1,00$  m : Breite 0,80 bis 1,00 m
- Tiefe  $\geq 1,00$  m : Breite 1,00 bis 1,20 m

Das Längsgefälle beträgt bei abgetrepten Schlitzten 1:10. Sonst entspricht es der Böschungsneigung.

Bei Quersickerungen in feinsandigen und schluffigen Böden muß der Filter den Filterregeln entsprechen.

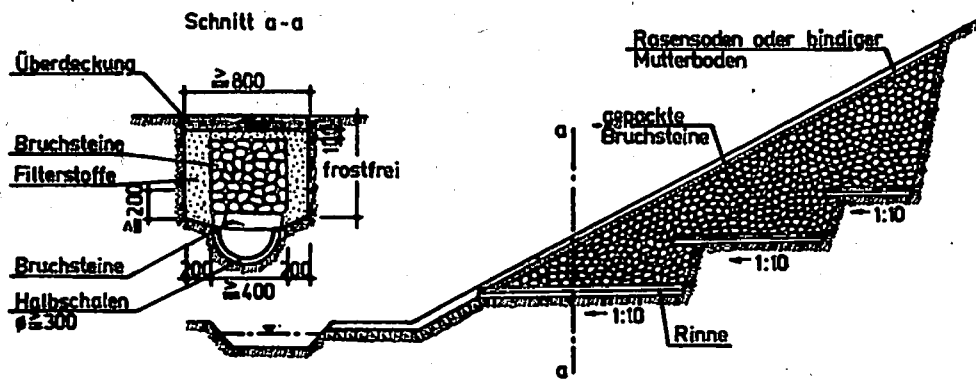
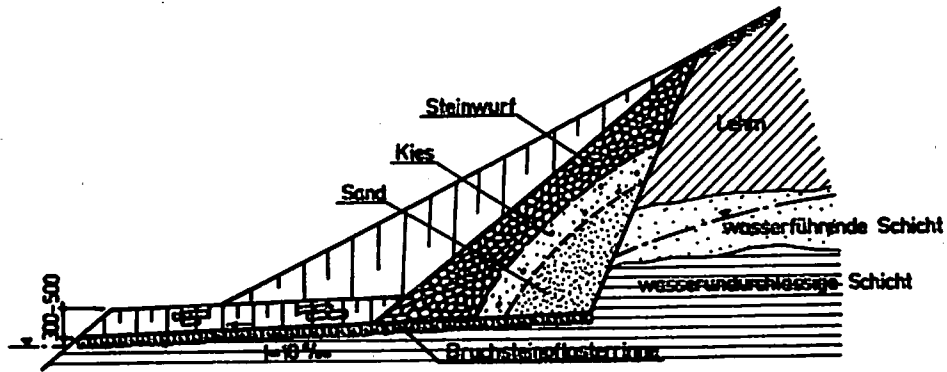


Bild 14: Quersickerung aus Bruchsteinen

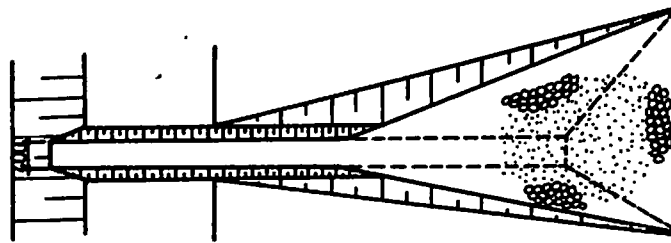
### 3.2.1.3. Quellfassungen

Das am Hang in Quellen austretende Grundwasser wird in Quellfassungen oder Schachtbrunnen, wie sie in der Wassergewinnung üblich sind, gefaßt und in Böschungsrinnen zur Einschnittssole abgeleitet.

Das am Böschungsfuß quellförmig austretende Grundwasser wird durch eine in die Böschung einzubauende Sickerung gefaßt und durch eine Rohrleitung oder eine Rinne abgeleitet.



Schnitt



Grundriss

Bild 15: Quellfassung am Böschungsfuß

### 3.2.2. Vorschüttungen, Filterbeton, Stützkörper

#### 3.2.2.1. Vorschüttungen

Vorschüttungen dienen einerseits der Belastung und andererseits der Entwässerung der Böschungsfläche.

Sie sind die einfachsten Stützeinrichtungen, die im unteren Teil der Böschung angelegt werden. Sie bestehen aus einer Aufschüttung aus Filtermaterial - Sand, Kies, Gesteinschutt - und wirken gleichzeitig als Drainage. Form und Abmessungen richten sich nach dem Profil des Hanges und nach bodenmechanischen und statischen Erfordernissen.

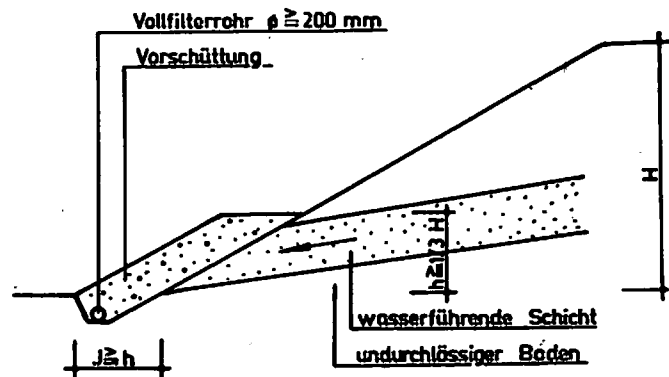


Bild 16 Vorschüttung

In der Regel ist die Bemessung der Vorschüttung in einer erdstatischen Berechnung nachzuweisen. Nur bei Ausführungen  $H \leq 2,00 \text{ m}$  kann darauf verzichtet werden. Bei Vorschüttungen ohne statischen Nachweis soll die Höhe mindestens  $1/3$  der Böschungshöhe betragen, die Breite soll gleich der Höhe sein. [5]

Zur Gruppe der Vorschüttungen gehören die Böschungfilter, die aus einer Böschung austretendes Wasser aufnehmen und weiterleiten und dabei dem vorhandenen Strömungsdruck durch ihr Eigengewicht so entgegenwirken, daß hydraulischer Grundbruch vermieden wird.

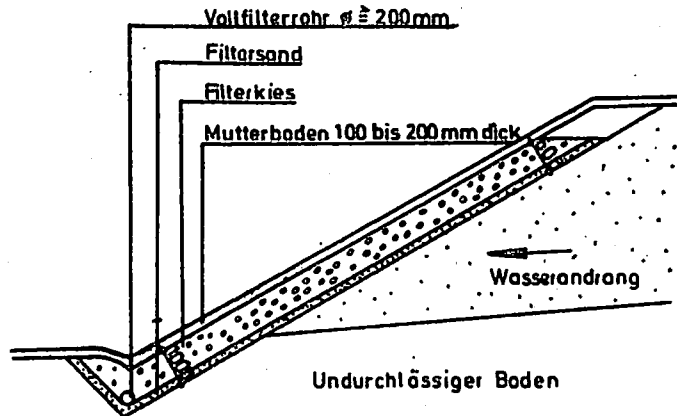


Bild 17 Böschungflächenfilter

Der Filteraufbau hat nach WAFRO 4.04 zu erfolgen.

Im unteren Teil des Böschungsfilters wird ein Filterrohr zur Fassung und Abführung des Sickerwassers angeordnet.

### 3.2.2.2. Filterbeton

Es handelt sich hierbei um miteinander durch Zement, Bitumen oder Kunststoff verkittete Körner in Form von Platten zur Aufnahme und Abgabe von Grund-, Sicker- und Schichtwasser, die nur soweit durchlässig sind, daß der anliegende durchlässige Boden nicht eindringen kann. [6]

Im Wasserbau sind Fertigteilplatten zu bevorzugen. Die Korngröße des Grundmaterials ist den Filterregeln entsprechend auszuwählen. Die Fertigteile gewährleisten eine gleichmäßige Güte durch industrielle Fertigung.

Der Einbau der Platten erfolgt auf Böschungen mit einer Neigung 1 : 1,5 oder flacher.

Die Böschung wird in der gewählten Neigung eben hergestellt. Bei Lehm, Schluff und Feinsanden wird eine 50 mm dicke Ausgleichsschicht aus Sand aufgebracht, um eine gleichmäßige Auflagefläche für die darauf zu verlegenden Filterbetonplatten zu schaffen.

Die Fugen zwischen den Platten sind mit Zementmörtel zu vergießen.

Die Abmessungen der Platten sind bei einer Rohwichte von etwa  $1,7 \text{ Mp/m}^3$  500 x 700 mm oder 600 x 600 mm. Die Dicke soll 100 mm sein.

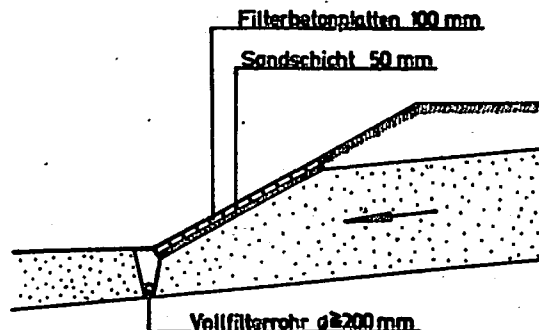


Bild 18 Wassertfassung mit Filterbetonplatten

Die Problematik des Einbaues der Filterbetonplatten besteht vor allem in der Frage der Frostbeständigkeit. Der Filterbeton kann zur Ausbildung von Sammelkanälen, z.B. am Böschungsfuß, herangezogen werden.

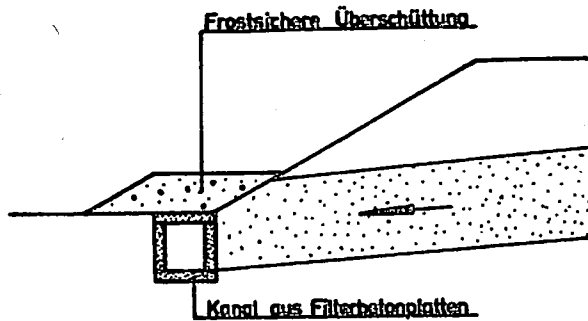


Bild 19 Wasserfassung am Böschungsfuß

Die Entwicklung des Filterbetons ist noch nicht abgeschlossen; bei einer Anwendung müssen die neuesten Erkenntnisse berücksichtigt werden.

### 3.2.2.3. Stützbauwerk

Stützbauwerke werden errichtet, wenn ein standfestes Böschungsprofil unter den gegebenen Bedingungen nicht zu erzielen ist. Läßt sich z.B. eine Böschung nicht genügend flach auf der gesamten Länge anlegen, so kann am Böschungsfuß ein Stützbauwerk errichtet werden.

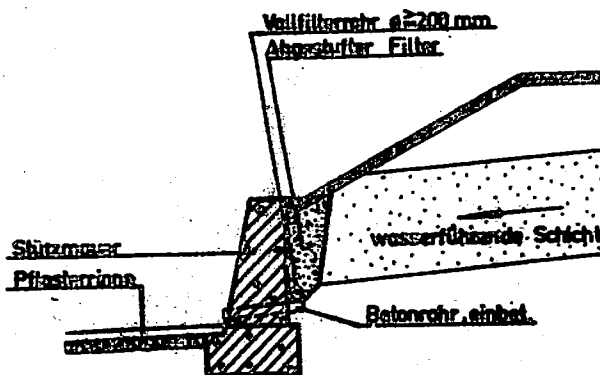


Bild 20 Böschung mit Stützmur

Der Standsicherheitsnachweis ist zu erbringen.

Im Bereich der wasserführenden Schichten und nassen Böden ist hinter dem Stützbauwerk ein Kiesfilter einzubringen. Die Längsentwässerung der Filter erfolgt durch in den unteren Bereich der Filterschicht eingelegte Filterrohre. Zur Abführung des Wassers werden Rohre in die Mauer einbetoniert.

### 3.2.3. Brunnenentwässerung

Bei tiefliegenden Grundwasserhorizonten, wechselhaften Grundwasserverhältnissen, zur Druckentlastung von gespanntem Grundwasser bei Quellaustritten oder auch bei geologisch günstigen Bedingungen ist eine Brunnenentwässerung anwendbar.

Um eine lange Funktionsfähigkeit zu garantieren, sind Brunnen möglichst nicht im Bereich der rutschgefährdeten Böschung anzuordnen.

Die Ableitung des Wassers aus den Brunnen zum Vorfluter hat durch Rohrleitungen so zu erfolgen, daß eine Versickerung und damit Gefährdung der Böschung nicht möglich ist.

### 3.2.3.1. Vertikal-Filterbrunnen

Bei Böschungsentwässerungen werden Vertikal-Filterbrunnen in der Regel nur mit Heberleitungen, die in den Einschnitt entwässern, wirtschaftlich anzuwenden sein. Bei Ausnahmen ist der Einsatz von Kreiselpumpen oder Tiefpumpen möglich. Zu beachten sind dabei die hohen Betriebskosten über die gesamte Laufzeit der Brunnen. Die Bemessung und Berechnung der Brunnen erfolgt nach WAPRO 8.01.

### 3.2.3.2. Horizontalfilterbrunnen

Auf Grund der hohen Herstellungs- und fortlaufenden Betriebskosten wird er nur in Ausnahmefällen zur Böschungs- oder Vorlandentwässerung benutzt werden können. Nähere Angaben sind [7] zu entnehmen.

### 3.2.3.3. Entlastungsbrunnen

Entlastungsbrunnen stellen im Prinzip vertikale Brunnen dar, die zur Druckentlastung von artesisch gespannten Grundwasserhorizonten angeordnet werden.

Nach dem Ausbau werden 3 Arten von Entlastungsbrunnen unterschieden:

- Einfache Sanddräns: stellen senkrechte Sickerstränge mit einem Mischfilter aus Kies dar. Sie werden hauptsächlich durch Rohrspülungen mit Spüllanze und Bohrungen mit oder ohne Verrohrung hergestellt und sind für kleine Wassermengen geeignet.
- Abgestufte Sanddräns: sind filterstabil auf den natürlichen Boden abgestimmte mehrstufige Sickerstränge, die in verrohrten Bohrungen durch Einbau von Filterkies mittels Schüttrohren hergestellt werden. Sie sind ebenfalls für kleine Wassermengen geeignet. Bei Durchfluß von sauberem Wasser besitzen diese Brunnen eine unbeschränkte Lebensdauer.
- Rohrfilterbrunnen: bestehen aus eingebauten Filterrohren mit Aufsatzrohren und einfach oder mehrfach abgestuften Schüttungsfiltren. Bedingt durch den Ausbau sind sie sehr leistungsfähig.

Nach Erfahrungswerten sollen Entlastungsbrunnen einen Mindestdurchmesser von 300 mm haben und nach Möglichkeit mindestens 3,0 m in den Grundwasserleiter eintauchen. Das austretende Wasser ist durch eine geschlossene Rohrleitung in den Vorfluter abzuführen.

### 3.2.3.4. Schluckbrunnen

Schluckbrunnen stellen wie Entlastungsbrunnen im Prinzip Vertikal-Brunnen dar. Das Verfahren beruht darauf, daß durch einen Brunnen das Wasser eines oberen Grundwasserstockwerkes in einen tieferen Grundwasserleiter, der das Bauvorhaben nicht mehr beeinflusst, abgeleitet wird.

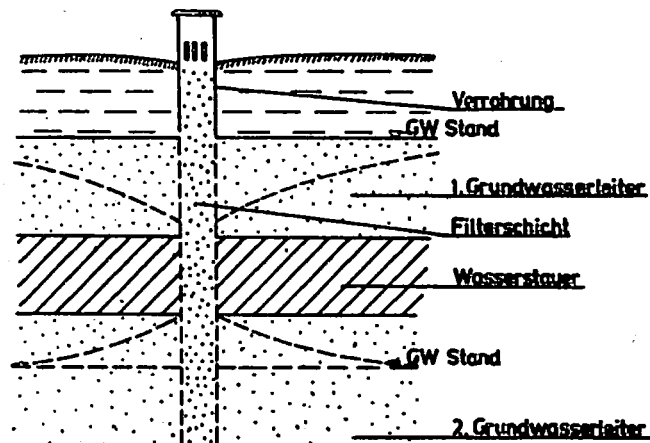


Bild 21: Schluckbrunnen als einfacher Sanddrän



Bedingung für die Wahl eines Schluckbrunnens sind also mindestens zwei voneinander unabhängige, durch einen Wasserstauer getrennte Grundwasserleiter, wovon der tieferliegende Grundwasserleiter eine gewisse Aufnahmefähigkeit und eine entsprechende Vorflut haben muß.

Schluckbrunnen werden wie Entlastungsbrunnen ausgebaut und unterschieden. Das Schluckvermögen wird nach praktischen Erfahrungen [4] wie folgt angegeben:

Einfache Sanddräns -  $\approx$  0,1 l/s,

Zweistufige Sanddräns -  $\approx$  0,5 l/s,

Rohrfilterbrunnen - abhängig von der Filterlänge im tieferen Horizont und dem dort anstehenden Boden.

Die Grenze der Wirtschaftlichkeit liegt etwa bei einer Tiefe von mind. 4,0 m. In geringeren Tiefen sind meist Sickerschächte vorteilhafter.

Eine Abart der Schluckbrunnen sind Sickerbrunnen, die im Gegensatz zu Schluckbrunnen nicht in einen Grundwasserleiter, sondern nur in eine tiefer liegende, gut durchlässige Schicht einmünden. Schluck- und Sickerbrunnen sind wie Entlastungsbrunnen billig in der Herstellung, funktionsicher und wartungsfrei.

Die Brunnen werden oben durch einfache Abdeckungen gesichert.

#### 3.2.3.5. Schachtbrunnen

Aufgrund der relativ schwierigen und materialintensiven Herstellung, verbunden mit einer langen Bauzeit und den hohen Betriebskosten werden Schachtbrunnen zur Entwässerung von Böschungen unwirtschaftlich und deshalb kaum angewendet.

#### 3.2.3.6. Sickerschächte

Eine Abart der Schachtbrunnen ist der Sickerschacht. Gesammelte Oberflächenwasser oder oberflächlich anstehende Grundwasserhorizonte werden in tiefere, unter einem Wasserstauer anstehende, durchlässige oder wasserführende Schichten abgeleitet. Im Prinzip sind damit Sickerschächte mit den Schluckbrunnen zu vergleichen. Bauliche Besonderheiten ergeben sich nicht. Die Anwendung erstreckt sich auf Ausnahmen.

#### 3.2.4. Entwässerungsstollen - Fall- und Steckfilter

Entwässerungsstollen werden von der Böschungssohle oder einem Schacht bergmännisch vorgetrieben.

Weitere Erläuterungen zur Ausführung sind der einschlägigen Literatur [8], [9] und [10] zu entnehmen.

Eine Sonderform des Entwässerungsstollens ist die Drainagegalerie, die mit dem Ausbau eines Stollens in offener Baugrube hergestellt wird.

Nach [10] liegt die wirtschaftlich begrenzte Herstellungstiefe bei max. 7,0 bis 8,0 m.

#### 3.2.5. Schlitzwände, Spundwände, Injektionen

##### 3.2.5.1. Schlitzwände

Schlitzwände können für Untergrunddichtungen und Abriegelung oder Umleitung eines Grundwasserstromes verwendet werden. Die Offenhaltung des Schlitzes während der Bauzeit erfolgt durch den Einsatz einer tixotropen Suspension und seine Verfüllung mit Materialien, die dem jeweiligen Verwendungszweck entsprechen.

Schlitzwände kommen nur für Einschnittstiefen über 8,00 m unter Gelände in Betracht.

##### 3.2.5.2. Spundwände

Spundwände werden als dichtendes Element eingesetzt und halten damit das Wasser zurück. Ihr Einsatz ist bei schwierigen Situationen, bei kleineren Abriegelungen und beengten Verhältnissen zu befürworten.

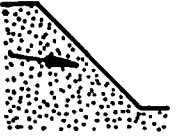



### 3.2.5.3. Injektionen

Injektionen erhöhen die Scherfestigkeit des behandelten Bodens. Es müssen hierbei in jedem Falle die Bodenbereiche verfestigt werden, in denen Gleitfugen festgestellt oder vermutet werden (siehe dazu [11] , [12] und [13] ).

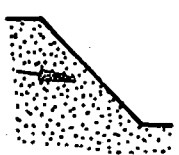

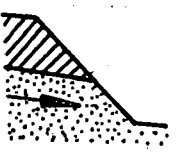
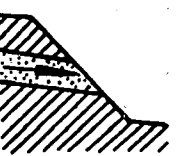
### 3.3. Verfahren zur kurzzeitigen Sicherung der Böschungen vor schädlichen Einflüssen des Oberflächen- und Grundwassers.

Während des Baues von Böschungen werden oftmals Maßnahmen für die kurzzeitige Gewährleistung der Standsicherheit zur Bauausführung notwendig. Entsprechend der geplanten Bauzeit können Verfahren, wie Grundwasserabsenkung, Spundwände und Injektionen die aus ökonomischen Gründen für einen längeren Einsatz zurückgestellt werden müssen, durchaus noch wirtschaftlich sein.

## Hinweise zur Anwendung der im Abschnitt 3. beschriebenen Verfahren

Lage der wasserführenden Schicht	Einschnitte bis 200 m Tiefe		Einschnitte bis 600 m Tiefe	
	Verfahren	Bemerkungen	Verfahren	Bemerkungen
<b>Fall 1</b> 	1. Längsdränagen 1.1 mit Dränrohren 1.2 mit Filterbetonfertigteilen als Hohlkörper zur Ableitung	Wirtschaftlichste und bautechnologisch günstigste Lösung für Normalfälle. Vorflutmöglichkeit beachten.	1. Längstiefensicker oberhalb der Böschung (3.2.1.1) 2. Vorschüttungen als Auflastfilter (3.2.2.1)	Bei diesen Tiefen günstigstes Verfahren.
	2. Längstiefensicker (3.2.1.1)	Nur auf Ausnahmefälle beschränken: wie starker Wasserandrang, besonders rutschgefährdeter Boden und unterschiedlicher Wasseraustrittshorizonte. Vorflut beachten.	3. Filterbetonplatten (3.2.2.2) 4. Stützbauwerke (3.2.2.3)	nur in Ausnahmefällen anwenden!
<b>Fall 2</b> 	1. Längsdränagen	Wirtschaftlichste und bautechnologisch günstigste Lösung für Normalfälle. Vorflut beachten.	1. Längsdränagen	Wirtschaftlichste und bautechnologisch günstigste Lösung bis 150 m Dräntiefe.
	2. Längstiefensicker (3.2.1.1)	Nur auf Ausnahmefälle beschränken: wie starker Wasserandrang, besonders rutschgefährdeter Boden und unterschiedlicher Wasseraustrittshorizonte. Vorflut beachten.	2. Längstiefensicker (3.2.1.1)	Anwendung bei Dräntiefen über 150 m bis 600 m, starkem Wasserandrang, durchlässigem Boden und unterschiedlichen Wasseraustrittshorizonten. Vorflutmöglichkeit beachten.
<b>Fall 3</b> 	1. Vorschüttungen als Auflastfilter (3.2.2.1)	Bei Wasseraustritten über der Einschnittssohle.	1. Vorschüttungen als Auflastfilter (3.2.2.1)	Bei Wasseraustritten über der Einschnittssohle
	2. Längsdränagen oberhalb der Böschung	Wirtschaftlichste und bautechnologisch günstigste Lösung für Normalfälle. Vorflut beachten.	2. Filterbetonplatten (3.2.2.2)	Problem der Frostbeständigkeit beachten
	3. Längstiefensicker (3.2.1.1) oberhalb der Böschung	Nur auf Ausnahmefälle beschränken. Vorflut beachten.	3. Filterbetonkanäle am Böschungsfuß (3.2.2.2) 4. Längstiefensicker in der Böschung (3.2.1.2) und am Böschungsfuß (3.2.1.1) 5. Stützbauwerke (3.2.2.3)	Bautechnologische Ausführung schwierig. Nur für Ausnahmefälle.
<b>Fall 4</b> 	1. Längsdränagen oberhalb der Böschung	siehe oben wie unter Fall 1	1. Filterbetonplatten (3.2.2.2)	
	2. Längstiefensicker (3.2.1.1) oberhalb der Böschung	siehe oben wie unter Fall 1	2. Längstiefensicker (3.2.1.1) oberhalb der Böschung	Anwendung nur bei flach liegenden wasserführenden Schichten bis 600 m Tiefe.
			3. Längstiefensicker (3.2.1.2) in der Böschung	Bautechnologisch schwierig auszuführen. Bei Schichten über 500 m Tiefe.



( ) bezieht sich auf den jeweiligen Abschnitt des Textes

Hinweise zur Anwendung der im Abschnitt 3. beschriebenen Verfahren		
Lage der wasserführenden Schicht	Einschnitte über 600 m Tiefe	
	Verfahren	Bemerkungen
Fall 1 	1. Schlitzwand als Filter (3.2.5.1)	Anlagen sehr aufwendig
	2. Schlitzwand, als dichtendes Element (3.2.5.1)	
	3. Spundwände (3.2.5.2)	Abriegelung von Wässern erfordert kostspielige Folgemaßnahmen
	4. Injektionen (3.2.5.3)	
	5. Entlastungsbrunnen (3.2.3.3) Schluckbrunnen (3.2.3.4)	
Fall 2 	wie bei Einschnitten bis 600 m Tiefe. Bei Wasseraustritt über 600 m Tiefe Verfahren 1. und 3. von Fall 4 anwenden.	
Fall 3 	wie bei Einschnitten bis 600 m Tiefe außer Stützkörper	
Fall 4 	wie bei Einschnitten bis 600 m Tiefe	

] bezieht sich auf den jeweiligen Abschnitt des Textes

## Hinweise zur Anwendung der im Abschnitt 3. beschriebenen Verfahren

### Sonderfälle

Fall	Verfahren	Bemerkungen	
1. Wasseroustritte an örtlich begrenzten Stellen	1. Quersickerungen (3.2.1.2) 2. Quersickerungen mit bogenförmigen Einbau von Steinpackungen (3.2.12)	Einzelne nasse Stellen  Flächenhafter Austritt	
	3. Quellsfassungen (3.2.1.3) 3.1 am Hang 3.2 am Böschungsfuß	4. Tiefensicker in der Böschung (3.2.11.2)	Bautechnologisch schwierig auszuführen
2. Gleitfugen 	1. Abflachung der Böschung 2. Vorschüttung (3.2.2.1) 3. Stützbauwerk (3.2.2.3) 4. Spundwände (3.2.5.2) 5. Schlitzwände (3.2.5.1)	6. Entwässerungsmaßnahmen 6.1 Tiefensicker (3.2.11) 6.2 Schlitzwände, entwässernd (3.2.5.1) 6.3 Brunnen 6.3.1 Vertikalbrunnen (3.2.3.1) 6.3.2 Schluckbrunnen (3.2.3.4)	In schwierigen Fällen Verlegung der Trasse vornehmen! Wahl des Verfahrens nach örtlichen und geologischen Verhältnissen, sowie Tiefe, Ausdehnungsbereich und Neigung der Gleitfuge.
3. Rutschungen infolge vorher nicht erkannter Gleitfugen Bild wie 2	1. Abflachung der Böschung 2. Vorschüttung (3.2.2.1) 3. Entwässerung mittels Brunnen (3.2.3)	4. Abriegeln des Wassers 4.1 Spundwände (3.2.5.2) 4.2 Injektoren (3.2.5.3) 4.3 Schlitzwände (3.2.5.1)	Sämtliche Verfahren sind sehr kostspielig wobei die unter 1 und 2 genannten Möglichkeiten die sichersten sind.
4. Rutschungen infolge zu steil angelegter Böschungen	1. Abflachung	sicheres Verfahren	
	2. Vorschüttungen (3.2.2.1)	Beide Verfahren möglichst kombinieren	
5. Wechselnde Wasserstände an Böschungen 	1. Auflastfilter, Vorschüttungen (3.2.2.1)	Passen sich den Bedingungen gut an	
	2. Filterbetonplatten (3.2.2.2)		
	3. Stützbauwerke (3.2.2.3)	Einschneidene Verfahren aufwendig; aber relativ sicher	
	4. Spundwände (3.2.5.2)		

( ) bezieht sich auf den jeweiligen Abschnitt des Textes

Filterbemessung eines Längstiefensickers

Der zu schützende Erdstoff - Basismaterial - sowie das zur Verfügung stehende Filtermaterial sind durch die Kornverteilungslinien bestimmt. In der Praxis ist der Schwankungsbereich der Sieblinie mit zu berücksichtigen.

a) Sicherheit gegen innere Suffosion des Basismaterials

Nach WAFRO 4.04/2 Regel 4 sind ungleichförmige Erdstoffe mit stetiger Kornverteilungslinie ohne Ausfallkörnung

bei  $U < 8$  praktisch sicher gegen innere Suffosion, wenn mitteldichte Lagerung vorhanden ist.

$$U_{\text{vorh}} = 1,57 < 8; \text{ also sicher, da } J_D = 0,5 \text{ (mitteldicht)}$$

Untersuchung auf äußere Suffosion entfällt, da Filter vorgesehen.

b) Sicherheit gegen innere Suffosion des Filtermaterials I:

Da stetige Kornverteilungslinie, aber  $U = 10$ , ist Regel 5 anzuwenden.

$$d_{\text{min}} > 1,5 \cdot 0,6 \cdot \bar{d}_p$$

$$d_{\text{min}} = 0,1 \text{ mm vorhanden.}$$

Nach WAFRO 4.04./2 Bild 1 ergibt sich für  $U = 10$  und mitteldichter Lagerung:

$$\frac{\bar{d}_p}{d_{50}} = 0,07$$

$$\text{also } \bar{d}_p = 0,07 \cdot d_{50} = 0,07 \cdot 1,5 = 0,105$$

$$d_{\text{min}} = 0,10 > 1,5 \cdot 0,6 \cdot 0,105$$

$$d_{\text{min}} = 0,10 > 0,095; \text{ also sicher.}$$

c) Kontakterosion (Typ 1/3)

Für  $U^I = 1,57$ , mit  $d_{50}^I = 0,1 \text{ mm}$  (Basismaterial)

gegen  $U^{II} = 10$  mit  $d_{50}^{II} = 1,5 \text{ mm}$  (Filter I)

ergibt sich  $A_{50} \text{ vorh.} = \frac{1,5}{0,1} = 15$  (WAFRO 4.04./3 Regel 1)

Nach WAFRO 4.04./2 Bild 2 folgt

$$A_{50} \text{ zul} = 22,1 > A_{50} \text{ vorh}; \text{ also sicher}$$

d) Durchlässigkeitsregel

Nach WAFRO 4.04./3 Regel 10 und Bild 4

ergibt sich für  $U^I = 1,57$  und  $U^{II} = 10$ :

$$= \frac{A_{10}}{\sqrt{\omega}} = 1,22$$

Mit  $A_{10} = \frac{d_{10}^{II}}{d_{10}^I} = \frac{0,20}{0,07}$  folgt

$$\omega_{\text{vorh}} = \left( \frac{A_{10}}{\omega} \right)^2 = \left( \frac{0,20}{0,07 \cdot 1,22} \right)^2 = 5,5; \text{ Regel 8 erfüllt}$$

Nach WAFRO 4.04./2 Regel 6 ist  $\alpha_{ges} = \alpha_{vorh} \geq 100$  erforderlich

(Bei besonderem Nachweis des Sickerwasserströmungsnetzes kann dieses Verhältnis auf  $\geq 15$  ermäßigt werden)

Da  $\alpha_1 \text{ vorh} = 5,5$  ist 2. Filterschicht erforderlich.

e) Suffosionssicherheit des Filtermaterials II:

Wegen  $U = 4$  und stetiger Kornverteilungslinie nach WAFRO 4.04./2 Regel 4 sicher.

f) Kontakterosion (Typ 1/3)

Für  $U^{II} = 10$ , mit  $d_{50}^{II} = 1,5 \text{ mm}$  (Filter I )

gegen  $U^{III} = 4$ , mit  $d_{50}^{III} = 6,0 \text{ mm}$  (Filter II )

ergibt sich  $A_{50 \text{ vorh}} = \frac{6,0}{1,5} = 4,0$

Nach WAFRO 4.04./3 Bild 2 folgt

$A_{50 \text{ zul}} = 17,6 > A_{50 \text{ vorh}}$ ; also sicher

g) Durchlässigkeitsregel

Nach WAFRO 4.04./3 Regel 10 und Bild 4 ergibt sich für  $U^{II} = 10$  und  $U^{III} = 4$ :

$$\omega = 0,91$$

Mit  $A_{10} = \frac{d_{10}^{III}}{d_{10}^{II}} = \frac{2,0}{0,20} = 10$  folgt

$$\alpha_2 \text{ vorh} = \left( \frac{A_{10}}{\omega} \right)^2 = \left( \frac{10}{0,91} \right)^2 = 121$$

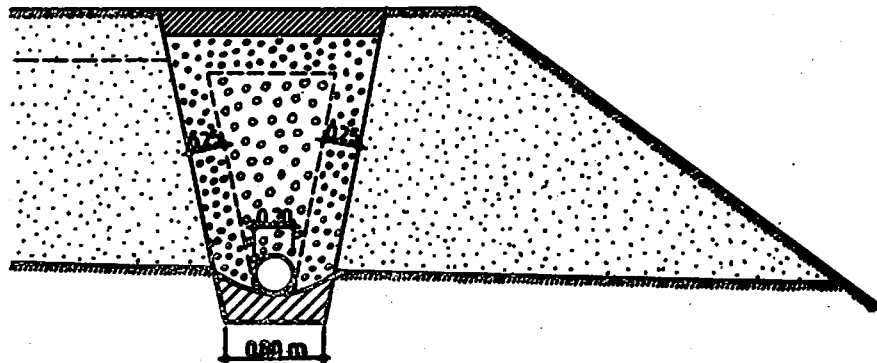
$\alpha_{ges} = \alpha_1 \text{ vorh} \cdot \alpha_2 \text{ vorh} = 5,5 \cdot 121 = 665 > 100$ ; also ausreichend.

h) Wahl der Schichtdicken

$t = 8 \cdot d_{50}$  für abgerundetes Material

$t_1 = 8 \cdot 1,5 = 12 \text{ mm}$ ; gewählt  $t_1 = 0,25 \text{ m}$

$t_2 = 8 \cdot 6,0 = 48 \text{ mm}$ ; gewählt  $t_2 = 0,30 \text{ m}$

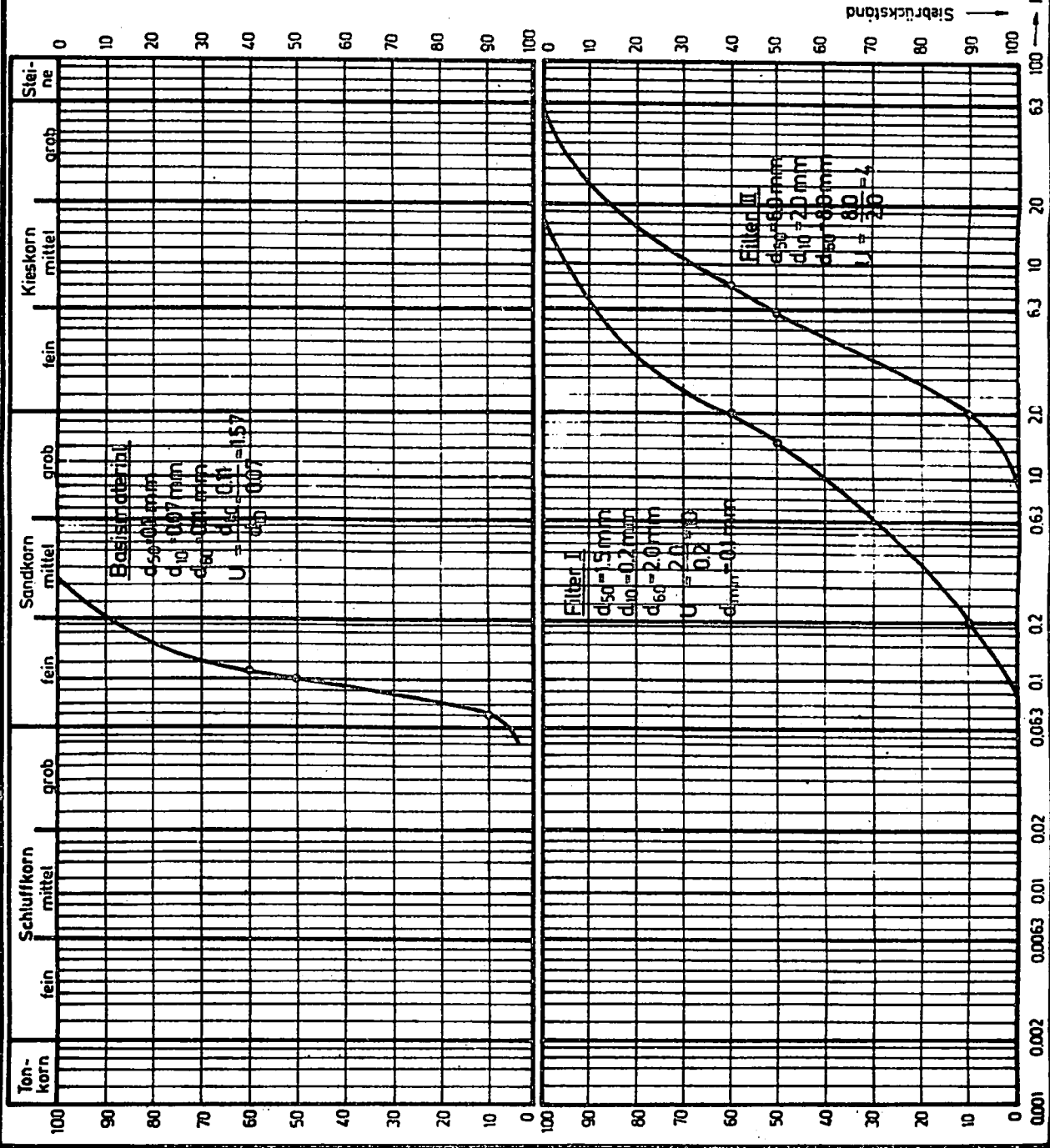


VEB Projektierung  
Wasserwirtschaft  
Außenstelle

Gutachten über die Baugrund - und  
Gründungsverhältnisse Nr. .... zu Anlage 2  
Bauvorhaben : Vertragsnummer :

Kornverteilungskurven

Verfahren									
Entnahmestelle / -tiefe									
Probe Nr.									
Erststoff									
Kornform									
Bearbeiter / Datum									
$U = \frac{d_{60}}{d_{10}}$									
$c = \frac{d_{30}^2}{d_{60} \cdot d_{10}}$									
$d_w =$									





<b>Hinweise</b>		
TGL 11 456	2.63	Baugrunduntersuchungen; Bohr- und Schürfarbeiten, Probenahme
TGL 11 457	6.71	Baugrunduntersuchungen; Umfang und Auswahl von Aufschlüssen
TGL 11 458	10.72	Baugrunduntersuchungen; Allgemeine Grundsätze und Vorschriften
TGL 11 461/04	11.63	Baugrundmechanik; Prüfung in Feld, Plattendruckprüfung
TGL 12 098	12.69	Anlagen des Straßenverkehrs, Entwässerung von Landstraßen
TGL 20 296/01	12.71	Dränanlagen, Rohrdränagen
TGL 22 738/01	12.70	Trockenhaltung von Baugruben, Wasserhaltung
TGL 22 742/01 bis 03	1.73	Ingenieurbiologische Anlagen
TGL 23 864	9.72	Hydrogeologie, Pumpversuche, geohydraulische Auswertung, Förderleistung
TGL 24 756		Eisenbahnunterbau
TGL 80-24907/01	12.70	Meliorationen, Befestigung von Gräben, zulässige Fließgeschwindigkeiten
WAPRO 4.04.		Nachweis der Beständigkeit von Erdstoffen gegenüber der Einwirkung der Sickerwasserströmung
WAPRO 4.10.		Nachweis der Standsicherheit der Böschung und der Gründung von Staudämmen
WAPRO 51		Ingenieurbiologische Bauweisen
WAPRO 8.01.		Bemessungsgrundlagen für Brunnen von Grundwasserabsenkungsanlagen

- [1] Kézdi                      Bodenmechanik, Bd. 2
- [2] Studie "Kunststoffolien zur Dichtung offener Gerinne"  
vom 30.8.1967, VEB Projektierung Wasserwirtschaft
- [3] Generelle Genehmigung zur Verwendung von Hochdruckpolyäthylen - Folie  
vom 10.4.1967
- [4] Merkblatt für die Entwässerung von Straßen  
FG, Arbeitsausschuß Entwässerung BRD
- [5] Bautechnik 12/1962              Empfehlungen für den Bau und die Sicherung von  
Böschungen, Deutsche Gesellschaft für Erd- und  
Grundbau e.V., Arbeitskreis 8a, Unterausschuß B (BRD)
- [6] Flehm:                      Filterbeton, Wissenschaftliche Zeitschrift 1962, Heft 5,  
Hochschule für Bauwesen, Cottbus
- [7] Kittner, Starke,              Wasserversorgung 1964  
Wiesel

- [8] Bergakademie Freiberg "Bergbauliche Wasserwirtschaft"  
Lbf 5/6
- [9] Montanbibliotheken 1962 "Streckenausbau"
- [10] Fuchs Baugrund- und Erdstoffmechanik 1965
- [11] Keil Ingenieurbilogie und Geotechnik
- [12] Plagemann, Langner Die Gründung von Hoch- und Ingenieurbauten,  
1958
- [13] Grundbautaschenbuch B. I, 1955
- Dyk: Entlastungsbrunnen WWT 11/56
- Hanno Müller-Kirchenbauer Zur Mechanik der FlieSandbildung und des  
hydraulischen Grundbuches  
Veröffentlichungen des Instituts für Boden-  
mechanik und Grundbau der TH Karlsruhe  
Heft 17/1964
- Kastl: Straßenbau
- DBA. Institut für Ingenieur- und Tiefbau, Leipzig  
Mitteilungen Heft 3/65, Grundwasserabsenkung  
nach dem Vakuumverfahren
- DBA. Institut für Ingenieur- und Tiefbau, Leipzig  
Mitteilungen Heft 14/64, Schlitzwandherstellung  
in der DDR
- DBA. Institut für Ingenieur- und Tiefbau, Leipzig  
Mitteilungen Heft 12/64,  
Schlitz- und Pfahlwände - Literaturstudie
- Deutsches Brennstoffinstitut Freiberg, Abt. Bergbauliche  
Wasserwirtschaft und Bodenmechanik -  
Dienstreisebericht über Konsultation  
am DBPG in Wroclaw vom 21. - 26.3.1966
- Der Bauingenieur, Heft 1965 - Bericht über die Tagung für Bodenmechanik  
in Clausthal - Zellerfeld 1965
- Deutsche Bundesbahn - Richtlinien für die Entwässerung und Fertigung der  
Erdbauten (Erdbaurichtlinien)
- Energoizdat Moskau Hydroprojekt Moskau 1960  
Vorläufige Richtlinien für Sammeldrainagen aus  
porösen Betonblöcken (Übersetzung beim Institut  
für Wasserwirtschaft)
- Hochschule für Bauwesen Wissenschaftliche Zeitschrift für HfB Leipzig,  
Leipzig Heft 4/1965 Sonderheft - Pfahl- und Schlitzwände  
im Grund- und Wasserbau
- WTJ der VVB Braunkohle, Studie zur Untersuchung der Anwendbarkeit von Schlitz-  
Bericht FG 11 wänden im Bereich der Tagebaue der Braunkohlen-  
industrie vom 21.12.1966
- VEB Entwurfs- und Ingenieurbüro des Straßenwesens  
Richtlinie Sicherungsmaßnahmen an Böschungen beim  
Autobahnneubau