

	Schlitzwände Teil 100: Berechnung nach dem Konzept mit Teilsicherheitsbeiwerten	Vornorm DIN V 4126-100
--	---	---

ICS 93.020

Deskriptoren: Bauwesen, Schlitzwand, Berechnung, Eigenschaft, Standsicherheit

Diaphragm walls — Part 100: Analysis in accordance with the partial safety factor concept

Parois moulées — Partie 100: Analyse selon le concept avec des coefficients de sécurité partiels

Eine Vornorm ist das Ergebnis einer Normungsarbeit, das wegen bestimmter Vorbehalte zum Inhalt oder wegen des gegenüber einer Norm abweichenden Aufstellungsverfahrens vom DIN noch nicht als Norm herausgegeben wird. Zur vorliegenden Vornorm ist kein Entwurf veröffentlicht worden.

Inhalt

	Seite		Seite
Vorwort	2	6 Prüfung der mechanischen Eigenschaften stützender Flüssigkeiten	9
1 Anwendungsbereich	2	6.1 Messung der Fließgrenze $\tau_{F(t,T)}$	9
2 Normative Verweisungen	2	6.2 Messung der Scherspannung τ_D	13
3 Definitionen	2	6.3 Gerät zur direkten Messung des Druckgefälles f_{s0} bei Tonsuspensionen und bei selbsterhärtenden Suspensionen	13
3.1 Schlitzwand	3	6.4 Messung der Marsh-Zeiten t_M und t_{M1500}	15
3.2 Kontraktorverfahren	3	6.5 Filterpreßversuch	16
3.3 Ortbeton-Schlitzwand	3	6.6 Nachweis der notwendigen Kennwerte	16
3.4 Fertigteilschlitzwand	3	7 Standsicherheit der mit stützender Flüssigkeit gefüllten Schlitzte	16
3.5 Bewehrte Einphasenschlitzwand	3	7.1 Sicherheit gegen den Zutritt von Grundwasser in den Schlitz	16
3.6 Einphasenschlitzwand	3	7.2 Sicherheit gegen Abgleiten von Einzelkörnern oder Korngruppen	16
3.7 Tonbetonschlitzwand	3	7.3 Sicherheit gegen Unterschreiten des statisch erforderlichen Flüssigkeitsspiegels	16
3.8 Selbsterhärtende Suspension	3	7.4 Sicherheit gegen den Schlitz gefährdende Gleitflächen im Boden	16
3.9 Tonbeton	3	8 Standsicherheit erhärteter Ortbeton-Schlitzwände	17
3.10 Leitwände	3	8.1 Standsicherheitsnachweis	17
3.11 Schlitzwandelement	3	8.2 Stahlbetonbemessung und Verbundspannungen	17
3.12 Stützende Flüssigkeit	4	8.3 Wandreibungswinkel	19
3.13 Rheologische Parameter	4	9 Bauliche Durchbildung	19
3.14 Filtratwasserabgabe f	5	9.1 Anforderungen	19
3.15 Tongehalt g_{15}	5	9.2 Betondeckung	19
3.16 Dichte ρ'_s des nicht getrockneten Tons, bezogen auf das Feststoff- und Wasservolumen	5	9.3 Bewehrungsanordnung	19
3.17 Korngröße d_{10}	5	9.4 Fugen zwischen den Schlitzwandelementen	20
3.18 Druckgefälle	5	9.5 Maßabweichungen	20
3.19 Stützkraft	5		
3.20 Zusatzmittel	5		
3.21 Füllstoffe	5		
3.22 Homogenisieren	5		
4 Formelzeichen	7		
5 Bautechnische Unterlagen	8		

Fortsetzung Seite 2 bis 20

Normenausschuß Bauwesen (NABau) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

Vorwort

Diese Vornorm entstand in mehrjährigen Beratungen eines gemeinsamen Ausschusses des Fachbereichs "Grundbau, Geotechnik" des Normenausschusses Bauwesen im DIN Deutsches Institut für Normung e.V. und der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V.

Im vorliegenden Fall enthält die Vornorm gegenüber DIN 1054 erweiternde und ergänzende Berechnungsverfahren und berücksichtigt das Konzept der Teilsicherheitsbeiwerte unter Zugrundelegung des probabilistischen Sicherheitskonzeptes nach DIN V ENV 1991-1 Eurocode 1: Grundlagen des Entwurfs, der Berechnung und der Bemessung sowie Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1: Grundlagen des Entwurfs, der Berechnung und der Bemessung; Deutsche Fassung ENV 1991-1:1995 und DIN V ENV 1997-1 Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 1: Allgemeine Regeln; Deutsche Fassung ENV 1997-1:1995. Die mit dieser Vornorm im Zusammenhang stehenden Vornormen sind mit Teil 100 gekennzeichnet:

DIN V 1054-100

Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau – Teil 100: Berechnung nach dem Konzept mit Teilsicherheitsbeiwerten

DIN V 4017-100

Baugrund – Berechnung des Grundbruchwiderstands von Flachgründungen – Teil 100: Berechnung nach dem Konzept mit Teilsicherheitsbeiwerten

DIN V 4019-100

Baugrund – Setzungsberechnungen – Teil 100: Berechnung nach dem Konzept mit Teilsicherheitsbeiwerten

DIN V 4084-100

Baugrund – Böschungs- und Geländebruchberechnungen – Teil 100: Berechnung nach dem Konzept mit Teilsicherheitsbeiwerten

DIN V 4085-100

Baugrund – Berechnung des Erddrucks – Teil 100: Berechnung nach dem Konzept mit Teilsicherheitsbeiwerten

Gebeten wird, projektbezogene Vergleichsberechnungen sowie praktische Erfahrungen mit dieser Vornorm dem Normenausschuß Bauwesen (NABau), Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin, mitzuteilen.

1 Anwendungsbereich

Diese Vornorm gilt für vertikale Schlitzwände mit einer Mindeststennndicke von 40 cm. Sie soll der Vereinheitlichung der Bemessung von Schlitzwänden dienen. Diese Schlitzwände können als Teile einer Baukonstruktion einen bleibenden oder – z. B. als Baugrubenwände – einen vorübergehenden Zweck haben. In beiden Fälle können sie eine tragende oder eine dichtende oder eine tragende und dichtende Funktion ausüben. Als tragende Konstruktion sind sie nicht nur zur Aufnahme von normal zur Wandfläche wirkenden horizontalen Erd- und Wasserlasten, sondern auch zur Aufnahme von parallel zu der Wand wirkenden Lasten, z. B. zur Übertragung vertikaler Lasten auf den Boden, geeignet. Schlitzwände werden durch Aneinanderreihen von Schlitzwandelementen, die auch T-, I- oder andere Grundrißformen besitzen können, gebildet.

2 Normative Verweisungen

Diese Vornorm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nur zu dieser Vornorm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation.

DIN 1053-1 : 1990-02

Mauerwerk – Rezeptmauerwerk – Berechnung und Ausführung

DIN V 1054-100

Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau – Teil 100: Berechnung nach dem Konzept mit Teilsicherheitsbeiwerten

DIN 1055-2

Lastannahmen für Bauten – Bodenkenngrößen, Wichte, Reibungswinkel, Kohäsion, Wandreibungswinkel

DIN 4123 : 1972-05

Gebäudesicherung im Bereich von Ausschachtungen – Gründungen und Unterfangungen

DIN 18126

Baugrund, Versuche und Versuchsgeräte – Bestimmung der Dichte nichtbindiger Böden bei lockerster und dichtester Lagerung

DIN 53018-1 : 1976-03

Viskosimetrie – Messung der dynamischen Viskosität newtonscher Flüssigkeiten mit Rotationsviskosimetern – Grundlagen

DIN 53018-2 : 1976-03

Viskosimetrie – Messung der dynamischen Viskosität newtonscher Flüssigkeiten mit Rotationsviskosimetern – Fehlerquellen und Korrekturen bei Zylinder-Rotationsviskosimetern

DIN 53135 : 1968-06

Filterpapiere für chemische Analysen – Einteilung, Bezeichnung, Haupteigenschaften, Prüfverfahren

DIN V ENV 1992-1-1 : 1992-06

Eurocode 2 – Planung von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1: Grundlagen und Anwendungsregeln für den Hochbau; Deutsche Fassung ENV 1992-1-1:1991

ISO/CD 9690

Production and control of concrete – Classification of chemically aggressive environmental conditions affecting concrete
(Herstellung und Überwachung von Beton – Klassifizierung von chemisch aggressiven Umweltbedingungen)

3 Definitionen

Für die Anwendung dieser Vornorm gelten die folgenden Definitionen.

3.1 Schlitzwand

Eine Schlitzwand ist eine Wand, die in im Baugrund ausgehobenen flüssigkeitsgeschützten Schlitzen erstellt wird.

3.2 Kontraktorverfahren

Das Kontraktorverfahren ist ein Verfahren zum Einbau von Beton unter einer stützenden Flüssigkeit. Dabei wird der Beton ohne Ver- und Entmischung mit Hilfe eines Betonierrohrs durch die stützende Flüssigkeit hindurch eingebracht.

3.3 Ortbeton-Schlitzwand

Eine Ortbeton-Schlitzwand ist eine Wand aus unbewehrtem oder bewehrtem Ortbeton nach DIN V ENV 1992-1-1, die in im Baugrund unter stützender Flüssigkeit ausgehoben Schlitzen hergestellt wird. Der Beton wird im Kontraktorverfahren in flüssigkeitsgestützte Schlitze eingebaut, wobei die stützende Flüssigkeit verdrängt wird. Eine Ortbeton-Schlitzwand ist insoweit eine Zweiphasenschlitzwand.

3.4 Fertigteilschlitzwand

Eine Fertigteilschlitzwand besteht aus Fertigteilen, die in Schlitze abgesenkt werden, die eine selbsterhärtende Suspension enthalten. Gegebenenfalls kann ein Teil der selbsterhärtenden Suspension gegen einen Baustoff höherer Festigkeit ausgetauscht werden.

3.5 Bewehrte Einphasenschlitzwand

Eine bewehrte Einphasenschlitzwand ist eine Schlitzwand aus einer selbsterhärtenden Suspension, die mit Stahlprofilen, Betonstahlmatten oder anderen geeigneten Bauteilen bewehrt ist.

3.6 Einphasenschlitzwand

Eine Einphasenschlitzwand ist eine Schlitzwand mit dichtender Funktion aus einer selbsterhärtenden Suspension, die zugleich als stützende Flüssigkeit dient. Dichtende Elemente, wie Dichtungsbahnen oder Spundwände, können eingebaut werden.

3.7 Tonbetonschlitzwand

Eine Tonbetonschlitzwand besteht aus Tonbeton. Der Aushub erfolgt unter einer stützenden Flüssigkeit, und der Tonbeton wird im Kontraktorverfahren eingebaut. Die Tonbetonschlitzwand ist insoweit eine Zweiphasenschlitzwand.

3.8 Selbsterhärtende Suspension

Die selbsterhärtende Suspension enthält Wasser, Ton (z. B. Bentonit), Bindemittel (z. B. Zement), ferner z. B. Flugasche, Füllstoffe, andere Zusätze und Zusatzmittel. Sie ist durch zeit- und temperaturabhängiges Erhärten gekennzeichnet.

3.9 Tonbeton

Tonbeton ist ein Beton, üblicherweise mit niedrigem Zementgehalt, der Bentonit und/oder Tonpulver enthält. Er kann auch andere Baustoffe wie Flugasche oder andere Zusätze und Zusatzmittel enthalten.

3.10 Leitwände

Leitwände sind parallele Wände geringer Tiefe mit vorübergehender Funktion, die üblicherweise aus Beton und auf der Baustelle hergestellt werden. Sie dienen als Führung für das Aushubwerkzeug und sichern die Schlitzwandungen im Bereich des schwankenden Spiegels der stützenden Flüssigkeit gegen Einsturz.

3.11 Schlitzwandelement

Ein Schlitzwandelement ist eine Betoniereinheit bei der Schlitzwandherstellung. Die Schlitzwandelemente werden in der Regel durch Abstellkonstruktionen voneinander getrennt. Die Abmessungen der Schlitzwandelemente werden wie folgt benannt (siehe Bild 1):

- d_n Nenndicke (Breite des Aushubwerkzeugs)
- d_a Ausbruchdicke
- l_E Länge (Achsabstand der Abstellkonstruktionen)
- t Tiefe
- h Wandhöhe

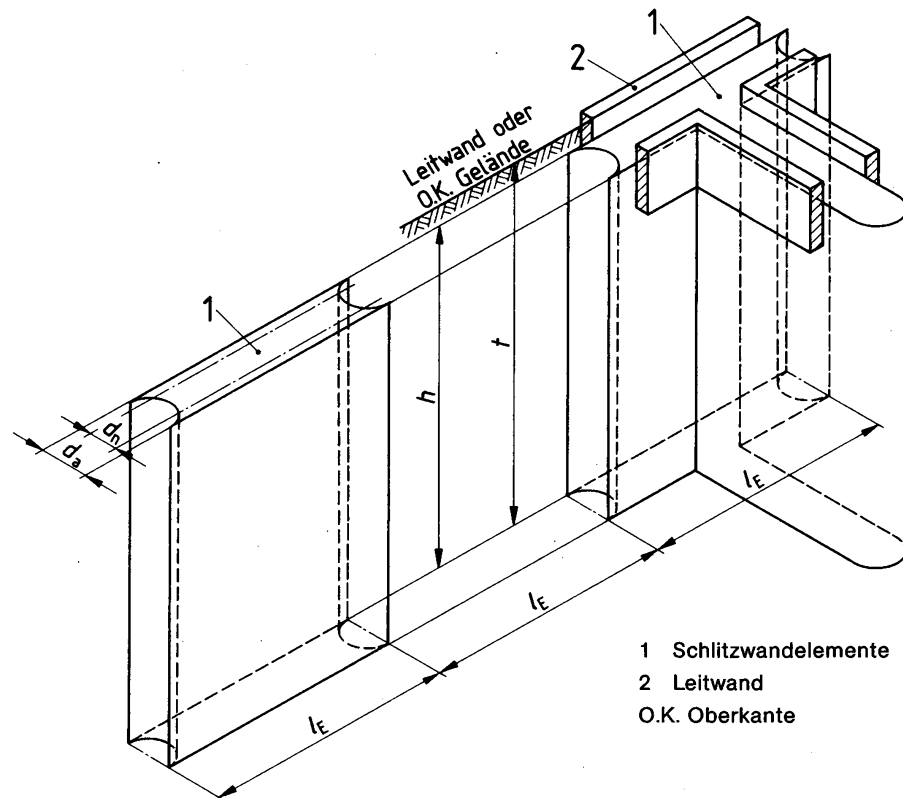


Bild 1: Schlitzwandelemente und Leitwände

3.12 Stützende Flüssigkeit

Eine stützende Flüssigkeit ist eine Flüssigkeit mit mechanischen Eigenschaften, die den Nachweis nach Abschnitt 7 zulassen, daß der flüssigkeitsgestützte Schlitz ausreichend standsicher ist. Überwiegend werden verwendet:

- Suspensionen (Aufschlämungen) von sehr feinkörnigen, festen Stoffen, vorzugsweise von Bentoniten oder anderen ausgeprägt plastischen Tonen, in Wasser;
- selbsterhärtende Suspensionen (siehe 3.8).

3.13 Rheologische Parameter

3.13.1 Geschwindigkeitsgefälle D

Bei ebener Parallelströmung in Richtung x (Geschwindigkeit v_x , siehe Bild 2) ist die Änderung der Geschwindigkeit senkrecht zur Strömungsrichtung, das Geschwindigkeitsgefälle D , definiert als der Grenzwert des Quotienten aus dem Geschwindigkeitsunterschied $v_x = v_{x2} - v_{x1}$ zwischen zwei Ebenen 1 und 2 und ihrem Abstand Δy :

$$D = \lim_{\Delta y \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta v_x}{\Delta y} \right) = \frac{dv_x}{dy} \quad (1)$$

Die im Bild 2 strichpunktierte Linie AB heißt Geschwindigkeitsprofil. In einer solchen laminaren Strömung wirkt zwischen benachbarten Flüssigkeitsschichten eine Scherspannung τ in Richtung x .

3.13.2 Scherspannung $\tau_{D,T}$

Die Scherspannung $\tau_{D,T}$ ist die Scherspannung beim Geschwindigkeitsgefälle D in s^{-1} und der Temperatur T in $^{\circ}C$.

3.13.3 Fließgrenze $\tau_{F(t,T)}$

Die Fließgrenze $\tau_{F(t,T)}$ einer stützenden Flüssigkeit ist die Scherspannung, ab der Fließen eintritt (Bruchscherspannung). Sie hängt von der Temperatur T und bei thixotropen

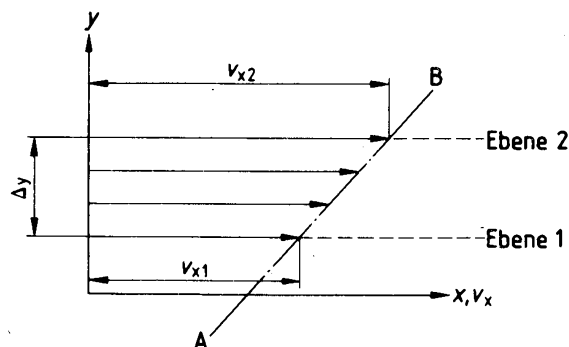


Bild 2: Definition des Geschwindigkeitsgefälles

Flüssigkeiten von der Zeit t der thixotropen Verfestigung ab.

Die thixotrope Verfestigung ist die Zunahme der Fließgrenze einer thixotropen Flüssigkeit während der Ruhezeit nach Abschluß einer Fließbewegung. Sie ist reversibel und verläuft nach Bild 3. Die Fließgrenze besitzt beim Abschluß der Fließbewegung ($t = 0$) ihren Mindestwert $\text{dyn } \tau_F$ (dynamische Fließgrenze) und nähert sich im Verlauf der Ruhezeit asymptotisch ihrem maximalen Grenzwert $\text{stat } \tau_F$ (statische Fließgrenze). Die Grenzwerte und der Verlauf der Kurve sind temperaturunabhängig.

Die Zeit t der thixotropen Verfestigung, nach der die Fließgrenze gemessen wurde, wird ebenso wie die Temperatur T , die während der thixotropen Verfestigung und der Messung geherrscht hat, im Index angeschrieben, um die Fließgrenze zu kennzeichnen. Zur Vereinfachung wird für $t = 1 \text{ min}$ und $T = 20^{\circ}C$ auf die Angabe im Index verzichtet: τ_F bedeutet also die Fließgrenze nach einer Verfestigungszeit von 1 min bei $20^{\circ}C$.

Die statische Fließgrenze $\text{stat } \tau_F$ wird bei Tonsuspensionen genügend genau durch $\tau_{F(16h)}$ angenähert.

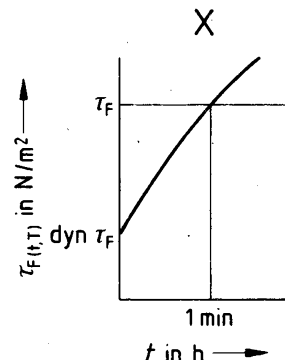
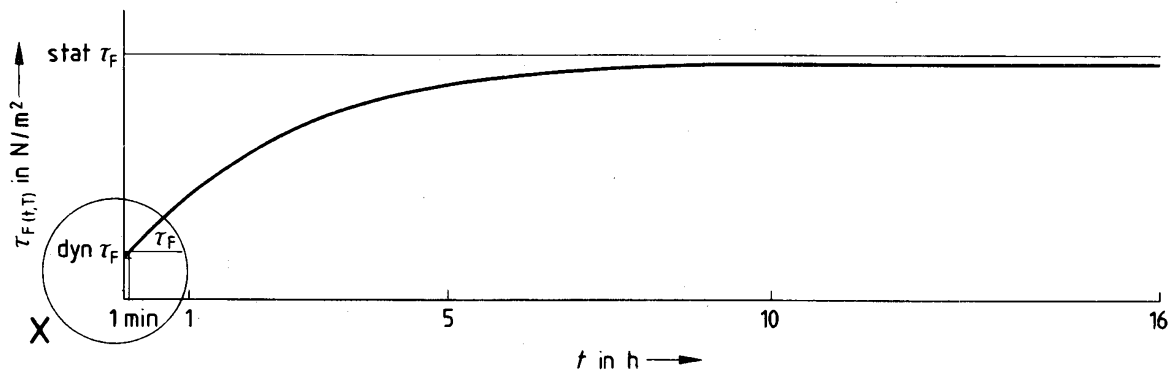


Bild 3: Thixotrope Verfestigung

3.13.4 Fließfunktion

Die Fließfunktion $\tau = f(D)$ gibt die Abhängigkeit der Scherspannung vom Geschwindigkeitsgefälle an. Sie ist temperatur- und bei thixotropen Flüssigkeiten auch vorschichtungsabhängig. Unter der scheinbaren Viskosität η an der Stelle D der Fließfunktion wird das Verhältnis verstanden:

$$\eta = \frac{\tau}{D} \quad (2)$$

Bei Newtonschen Flüssigkeiten lautet die Fließfunktion:

$$\tau = \eta_N D \quad (3)$$

η_N ist konstant und deshalb "die" Viskosität.

Bei Binghamischen Flüssigkeiten lautet die Fließfunktion:

$$\tau = \tau_F + \eta' D \quad (4)$$

η' ist die differentielle Viskosität. Beliebige Fließfunktionen können in einem kleinen Intervall von D und τ durch ihre Sekante oder Tangente ersetzt und so durch eine Bingham-Fließfunktion angenähert behandelt werden.

Unter der kinematischen Viskosität wird die Größe verstanden:

$$\eta_k = \frac{\eta}{\gamma_F} \quad \text{bzw.} \quad \eta_{Nk} = \frac{\eta_N}{\gamma_F} \quad (5)$$

3.13.5 Marsh-Zeiten

Die Marsh-Zeit t_M ist die Zeit in s, die das Volumen 1000 cm³ der stützenden Flüssigkeit bei einer Temperatur von 20° benötigt, um aus dem Marsh-Trichter (siehe 6.4) auszulaufen; die Marsh-Zeit t_{M1500} ist die entsprechende Zeit, die das Volumen 1500 cm³ benötigt.

3.14 Filtratwasserabgabe f

Die Filtratwasserabgabe f ist das Volumen des Filtratwassers in cm³ im Filterpreßversuch (nach 6.5).

3.15 Tongehalt g_{15}

Der Tongehalt g_{15} ist der Tongehalt in kg/m³ Suspension, der beim Filterpreßversuch (nach 6.5) eine Filtratwasserabgabe $f = 15 \text{ cm}^3$ ergibt.

3.16 Dichte ρ'_s des nicht getrockneten Tons, bezogen auf das Feststoff- und Wasservolumen

Die Dichte ρ'_s des nicht getrockneten Tons, bezogen auf das Feststoff- und Wasservolumen, ist ein Rechenwert, der für die Berechnung der Mischrezepturen notwendig ist. Er wird aus der Korndichte ρ'_s und dem Wassergehalt q_w des Tons nach der Gleichung

$$\rho'_s = \frac{\rho_s \rho_w (1 + w)}{\rho_w + (\rho_s \cdot w)} \quad (6)$$

berechnet. ρ_w ist die Dichte des Wassers. Bei $\rho_w = 1 \text{ t/m}^3$ vereinfacht sich die Gleichung

$$\rho'_s = \frac{\rho_s (1 + w)}{1 + (\rho_s \cdot w)} \quad (7)$$

3.17 Korngröße d_{10}

Die für den Durchlässigkeitsbeiwert maßgebende Korngröße eines Bodens ist die Korngröße d_{10} , die der Ordinate 10 % Massenanteil des Siebdurchgangs der Körnungslinie entspricht.

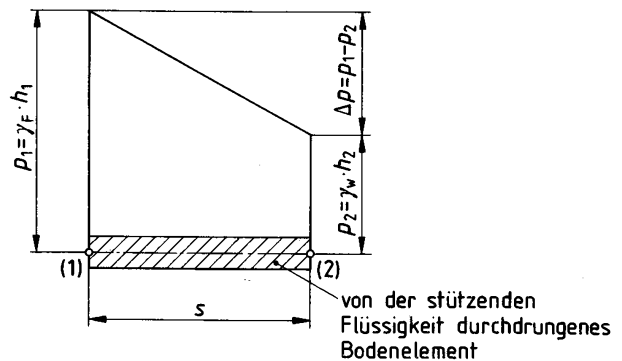
3.18 Druckgefälle

Das Druckgefälle f_{s0} einer infolge ihrer Fließgrenze τ_F im Porenraum eines Bodens stagnierten (zum Stillstand

gekommenen) stützenden Flüssigkeit ist das Verhältnis des längs der Eindringtiefe s an das Korngerüst abgegebenen Flüssigkeitsdruckes Δp zur Eindringtiefe s der Flüssigkeit:

$$f_{s0} = \frac{\Delta p}{s} \quad (8)$$

Der längs der Eindringtiefe s an das Korngerüst abgegebene Flüssigkeitsdruck $p = p_1 - p_2$ ist nach Bild 4 die Differenz der am Anfang (1) und am Ende (2) der Eindringtiefe im Porenraum herrschenden Flüssigkeitsdrücke. Die Größe f_{s0} stellt gleichzeitig die Kraft dar, die die stützende Flüssigkeit auf eine Volumeneinheit des Bodens in ihrem Eindringbereich am Ende des Strömungsvorgangs ausübt.



h_1 Flüssigkeitshöhe

h_2 Grundwasserhöhe

$$f_{s0} = \frac{\Delta p}{s} \quad (9)$$

Bild 4: Verlauf des Flüssigkeitsdruckes entlang der Eindringtiefe s und Berechnung der Druckdifferenz Δp

3.19 Stützkraft

Die Stützkraft S ist der Anteil der hydrostatischen Druckkraft S_H der stützenden Flüssigkeit, der für die Stützung des ungünstigsten Gleitkörpers verfügbar bleibt (Grenzfälle siehe Bild 5).

3.20 Zusatzmittel

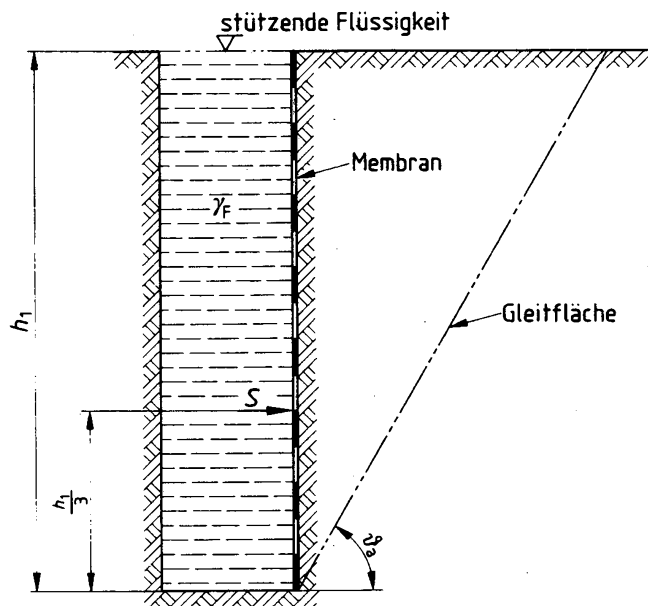
Zusatzmittel sind chemisch wirksame Stoffe, die der stützenden Flüssigkeit mit dem Zweck beigegeben werden, deren mechanische Eigenschaften, vorzugsweise das Fließ-, Eindringungs- und Stabilitätsverhalten, zu verändern.

3.21 Füllstoffe

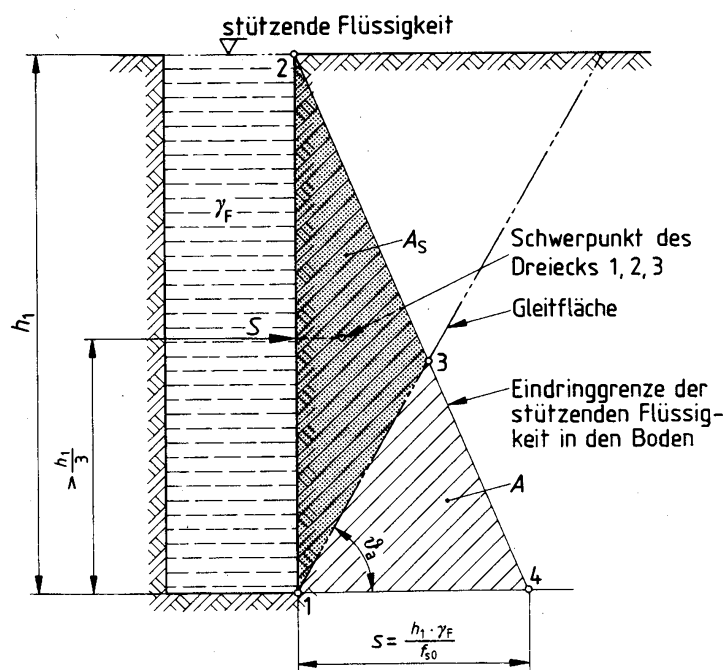
Füllstoffe sind chemisch nicht wirksame Stoffe, die der stützenden Flüssigkeit planmäßig mit dem Zweck beigegeben werden, vorzugsweise deren Dichte und Eindringungsverhalten zu verändern.

3.22 Homogenisieren

Homogenisieren ist das Durchrühren der stützenden Flüssigkeit im Schlitz mit dem Zweck, aufgetretene Entmischungen rückgängig zu machen.



- a) $f_{s0} \rightarrow \infty$
 $S = S_H$ (Membranwirkung)



- b) $0 < f_{s0} < \infty$
 $S = S_H \cdot A_s / A$
(Strömungskraft im Gleitkörper am Ende des Strömungsvorgangs) mit
 A_s Fläche des Dreiecks 1, 2, 3
 A Fläche des Dreiecks 1, 2, 4

Bild 5: Grenzfälle der Stützwirkung