

DIN 18137-1

ICS 93.020

Ersatz für
DIN 18137-1:1990-08**Baugrund, Untersuchung von Bodenproben –
Bestimmung der Scherfestigkeit –
Teil 1: Begriffe und grundsätzliche Versuchsbedingungen**

Soil, investigation and testing –
Determination of shear strenght –
Part 1: Concepts and general testing conditions

Sol, reconnaissance et essai –
Détermination de la résistance au cisaillement –
Partie 1: Définitions et conditions d'essai générales

Gesamtumfang 32 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

Inhalt

Seite

Vorwort	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Formelzeichen	5
4 Begriffe	7
5 Versuchsanordnungen und Versuchsbedingungen	24
5.1 Allgemeines	24
5.2 Versuchsanordnungen für kontrollierte Hauptspannungen und feste Hauptspannungsrichtungen in einem Zonenbruch	25
5.2.1 Randbedingungen	25
5.2.2 Konsolidieren	25
5.2.3 Abscheren	25
5.3 Versuchsanordnungen für die Untersuchung von Scherfugen	25
5.3.1 Randbedingungen	25
5.3.2 Konsolidieren	26
5.3.3 Abscheren	26
5.4 Versuchsanordnung für Bildung eines Zonenbruches unter eingepägten Randschubspannungen	26
5.4.1 Randbedingungen	26
5.4.2 Konsolidieren	26
5.4.3 Abscheren	26
6 Wahl der Versuchsart und des Versuchsverfahrens	26
6.1 Ermittlung der Scherparameter c' und φ' des dränierten, wassergesättigten Bodens	26
6.1.1 Wassersättigung	26
6.1.2 Wassergesättigte bindige Böden	27
6.1.3 Wassergesättigte nichtbindige Böden	27
6.2 Bestimmung der Restscherfestigkeit wassergesättigter bindiger Böden	27
6.2.1 Wassersättigung und Konsolidation	27
6.2.2 Arten des Scherversuchs	27
6.3 Bestimmung des effektiven Reibungswinkels φ' bei trockenen nichtbindigen Böden	28
6.3.1 Anfangsdichte	28
6.3.2 Scherversuch	28
6.4 Bestimmung der totalen Scherparameter c_u und φ_u des undränierten, bindigen Bodens	28
6.4.1 Wassersättigung	28
6.4.2 Rekonsolidation bzw. Konsolidation	28
6.4.3 Art des Scherversuchs	28
6.4.4 Untersuchung der Geschwindigkeitsabhängigkeit von c_u	29
6.5 Bestimmung der Scherparameter dräniert teilgesättigter Böden	29
6.5.1 Anfangsdichte und Anfangswassergehalt	29
6.5.2 Art des Scherversuchs	29
7 Anforderungen an eine Versuchsserie	30
8 Kriterien für das Erreichen des Grenzzustands beim Versuch	30
8.1 Grenzzustand bei Scherfugen	30
8.2 Grenzzustand bei einem Zonenbruch	30
8.2.1 D-Versuch	30

8.2.2	CU-Versuch an einem wassergesättigten, normalkonsolidierten bindigen Boden zur Bestimmung der effektiven Scherparameter.....	31
8.2.3	CU-Versuch an einem überkonsolidierten bindigen Boden	31
8.2.4	UU- und CU-Versuch zur Bestimmung der totalen Scherparameter	31
8.3	Beendigung des Versuchs bei Erreichen einer Verformungsgrenze	31
	Literaturhinweise	32

Bilder

Bild 1 —	Beispiel einer Grenzbedingung (Grenzfläche) im Raum der drei effektiven Hauptspannungen.....	9
Bild 2 —	Schubspannung τ und Porenzahl e in Abhängigkeit vom Scherweg x bei einer Scherfuge unter konstanter effektiver Normalspannung σ' in einem Boden mit Restscherfestigkeit $\tau_R < \tau_k$	11
Bild 3 —	(τ, σ') -Diagramm der Scherfestigkeit einer Scherfuge in einem bindigen Boden	12
Bild 4 —	Grenzbedingung nach Mohr-Coulomb im (τ, σ') -Diagramm	13
Bild 5 —	Beispiele für effektive Spannungspfade in einem undrännierten Versuch von Proben mit gleicher Rekonsolidationsspannung $\sigma'_{vm} = \sigma'_{v3}$ und die Grenzbedingung nach Mohr-Coulomb im $\frac{\sigma'_1 + \sigma'_3}{2}, \frac{\sigma'_1 - \sigma'_3}{2}$ -Diagramm	14
Bild 6 —	Zusammenhang zwischen Scherfestigkeit τ_f , effektiver Normalspannung σ' und Wassergehalt w_f im Grenzzustand bei einer Scherfuge in wassergesättigtem bindigem Boden	20
Bild 7 —	Sekantenreibungswinkel φ'_0 eines nichtbindigen Bodens bei einer gekrümmten Umhüllenden im (τ, σ') -Diagramm	20
Bild 8 —	Scherparameter c_u und φ_u , Beispiele	23
Bild 9 —	Beispiel eines Triaxialversuches zur Bestimmung der Geschwindigkeitsabhängigkeit von c_u	29

Tabellen

Tabelle 1 —	Formelzeichen	5
-------------	---------------------	---

Vorwort

Dieses Dokument wurde vom Arbeitsausschuss NA 005-05-03 AA „Baugrund; Laborversuche“ im Normenausschuss Bauwesen (NABau) des DIN Deutsches Institut für Normung e. V. erarbeitet.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. Das DIN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

DIN 18137 *Baugrund, Untersuchung von Bodenproben — Bestimmung der Scherfestigkeit* besteht aus:

- *Teil 1: Begriffe und grundsätzliche Versuchsbedingungen*
- *Teil 2: Triaxialversuch*
- *Teil 3: Direkter Scherversuch*

Änderungen

Gegenüber DIN 18137-1:1990-08 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Anpassung an DIN 18137-2 und DIN 18137-3;
- b) redaktionelle Überarbeitung.

Frühere Ausgaben

DIN 18137-1: 1972-03, 1990-08

1 Anwendungsbereich

Die Kenntnis der Scherfestigkeit wird für erdstatische Berechnungen im Erdbau und Grundbau benötigt. In der Norm werden die zur Kennzeichnung der Scherfestigkeit dienenden Parameter sowie die zu ihrer Bestimmung geeigneten Versuchsbedingungen definiert. Dabei werden rein mechanische Beanspruchungen vorausgesetzt.

Die Norm gilt auch für künstlich verfestigte Böden, soweit die viskosen (geschwindigkeitsabhängigen) Eigenschaften gegenüber den plastischen (geschwindigkeitsunabhängigen) Eigenschaften vernachlässigbar sind. Parameter, welche sich auf viskose Eigenschaften der Böden beziehen, werden in dieser Norm nicht behandelt.

Die in dieser Norm benutzten Begriffe beziehen sich auf Versuche an Probekörpern. Um die Versuche mit den behandelten Verfahren genügend genau auswerten zu können, wird angenommen, dass die Probekörper homogen sind.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

DIN 18130-1, *Baugrund — Untersuchung von Bodenproben — Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwerts — Teil 1: Laborversuche*

E DIN 18135, *Baugrund — Untersuchung von Bodenproben — Eindimensionaler Kompressionsversuch*

3 Formelzeichen

Tabelle 1 — Formelzeichen

Nr.	Formelzeichen, Indizes	Benennung	Einheit	Begriffe in Abschnitt, Bild, Gleichung
1	σ	totale Normalspannung (Druck positiv)	kN/m ²	4.1
2	τ	totale und effektive Schubspannung	kN/m ²	4.1
3	u	Porenwasserdruck	kN/m ²	4.2
4	σ'	effektive Normalspannung	kN/m ²	4.3
5	$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$	totale Hauptspannungen, $\sigma_3 \leq \sigma_2 \leq \sigma_1$	kN/m ²	Bild 1
6	$\sigma'_1, \sigma'_2, \sigma'_3$	effektive Hauptspannungen	kN/m ²	Bild 1
7	$\bar{q}$	Deviatorspannung	kN/m ²	4.4, Bild 1, Gleichung (2)
8	q	Hauptspannungsdifferenz, $q = \sigma_1 - \sigma_3$	kN/m ²	
9	p	totaler isotroper Druck	kN/m ²	4.6, Gleichung (3)
10	p'	effektiver isotroper Druck	kN/m ²	4.6, Gleichung (4)
11	$\max \sigma'$	größte Konsolidationsspannung, die der Boden je erfahren hat	kN/m ²	4.35.7

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Nr.	Formelzeichen, Indizes	Benennung	Einheit	Begriffe in Abschnitt, Bild, Gleichung
12	σ'_V	Vergleichsspannung der Konsolidation	kN/m ²	4.34, Gleichung (8)
13	$\max \sigma'_V$	Vergleichsspannung für max σ'	kN/m ²	4.35.5
14	σ'_{Vm}	größte Vergleichsspannung der Konsolidation im Versuch	kN/m ²	6.1.2.1
15	$\dot{\varepsilon}, \dot{\varepsilon}_1, \dot{\varepsilon}_2, \dot{\varepsilon}_3$	Dehnungsgeschwindigkeit (auch Dehnungsrate); Hauptkomponenten	s ⁻¹	
16	φ	Reibungswinkel	°	4.29
17	φ'	effektiver Reibungswinkel	°	4.37.1.3, Gleichung (5), Gleichung (6)
18	φ'_w	effektiver Reibungswinkel für gleichen Wassergehalt	°	4.37.1.8, Bild 6
19	φ'_s	Winkel der Gesamtscherfestigkeit	°	4.37.1.5, Gleichung (11), Gleichung (12), Bild 3, Bild 6
20	φ'_k	kritischer Reibungswinkel	°	4.37.2.2
21	φ'_0	Sekantenreibungswinkel	°	4.37.2.3
22	φ_u	totaler Reibungswinkel des undränierten Bodens	°	4.38.3, Gleichung (7)
23	c	Kohäsion	kN/m ²	4.30
24	c_c	Kapillarkohäsion	kN/m ²	4.31
25	c'	effektive Kohäsion	kN/m ²	4.37.1.2, Gleichung (5), Gleichung (6); Bild 3, Bild 4
26	c'_w	effektive Kohäsion für gleichen Wassergehalt	kN/m ²	4.37.1.7, Bild 6
27	c_u	(totale) Kohäsion des undränierten Bodens	kN/m ²	4.38.2, Gleichung (7)
28	λ_{cs}	Kohäsionskonstante für Scherfugen	1	Gleichung (9)
29	λ_c	Kohäsionskonstante für Zonenbruch	1	Gleichung (10)
30	α'	Neigungswinkel der geraden Umhüllenden im $(\sigma'_1 + \sigma'_3)/2, (\sigma_1 - \sigma_3)/2$ -Diagramm	°	4.27, Bild 5
31	b'	Ordinatenabschnitt der geraden Umhüllenden im $(\sigma'_1 + \sigma'_3)/2, (\sigma_1 - \sigma_3)/2$ -Diagramm	kN/m ²	4.27, Bild 5
32	e	Porenzahl	1	
33	w	Wassergehalt	1	
34	x	Scherweg	mm	Bild 2
35	f	Faktor	1	Bild 9

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Nr.	Formelzeichen, Indizes	Benennung	Einheit	Begriffe in Abschnitt, Bild, Gleichung
36	f	Index für im Grenzzustand	–	
37	k	Index für kritisch(-er Grenzzustand)	–	4.16
38	R	Index für Restscherfestigkeit	–	4.25, Bild 2, Bild 3

4 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

4.1

totale Spannungen

(en: total stresses)

Normalspannung σ bzw. Schubspannung τ , die sich aus der Normal- bzw. Tangentialkomponente der gesamten auf eine gedachte ebene Schnittfläche mittig wirkenden Kraft, bezogen auf die gesamte Größe dieser Schnittfläche, ergeben

4.2

Porenwasserdruck

(en: pore pressure)

u

Druck des freien Porenwassers, d. h., des mit einem Piezometer messbaren Wasserdrucks

4.3

effektive Spannungen

(en: effective stresses)

die effektive (auch wirksame) Normalspannung σ' eines wassergesättigten Bodens ist die totale Normalspannung, vermindert um den Porenwasserdruck

$$\sigma' = \sigma - u \quad (1)$$

ANMERKUNG 1 Die effektive Schubspannung ist gleich der totalen Schubspannung τ .

ANMERKUNG 2 Es wird angenommen, dass die effektiven Spannungen die allein vom Korngerüst getragenen Anteile der totalen Spannungen sind.

4.4

Deviatorspannung

(en: deviatoric stress)

< bei einem räumlichen Spannungszustand > der Abstand $\bar{q}$ des Spannungspunktes im Raum der drei Hauptspannungen $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ bzw. $\sigma'_1, \sigma'_2, \sigma'_3$ von der Geraden $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3$ bzw. $\sigma'_1 = \sigma'_2 = \sigma'_3$

ANMERKUNG 1 Siehe Bild 1, dort für die Grenzbedingung dargestellt.

ANMERKUNG 2 Im Sonderfall $\sigma_2 = \sigma_3$ ist

$$\bar{q} = \sqrt{2/3} \cdot |s_1 - s_3| \quad (2)$$

4.5

Schubwiderstand

Scherwiderstand

(en: shear resistance)

Deviatorspannung bzw. Schubspannung als Reaktion des Bodens auf Randspannungen und Randverschiebungen, die beim Scherversuch in den Probekörper eingeprägt werden

4.6

mittlerer Druck

(en: mean stress)

der totale bzw. effektive mittlere Druck ist

$$p = (\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3)/3 \quad (3)$$

$$p' = (\sigma'_1 + \sigma'_2 + \sigma'_3)/3 \quad (4)$$

4.7

Grenzbedingung

(en: limit condition)

diejenige Gleichung zwischen den Spannungskomponenten, durch welche die von einem Bodenkörper aufnehmbaren Spannungen begrenzt werden

ANMERKUNG 1 Im Raum der drei Hauptspannungen $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ stellt die Grenzbedingung eine Fläche dar, welche das Gebiet der erreichbaren von den nicht erreichbaren Spannungen abgrenzt (siehe Bild 1). Der Abstand $\bar{q}_f$ eines Punktes dieser Fläche (Grenzfläche) von der Geraden für allseitig gleiche Spannung $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3$ ist die Deviatorspannung in dem die Grenzbedingung erfüllenden Spannungszustand.

ANMERKUNG 2 Die Grenzbedingung eines wassergesättigten bindigen Bodens kann sowohl durch die totalen (totale Grenzbedingung) als auch durch die effektiven Spannungen (effektive Grenzbedingung) ausgedrückt werden.

4.8

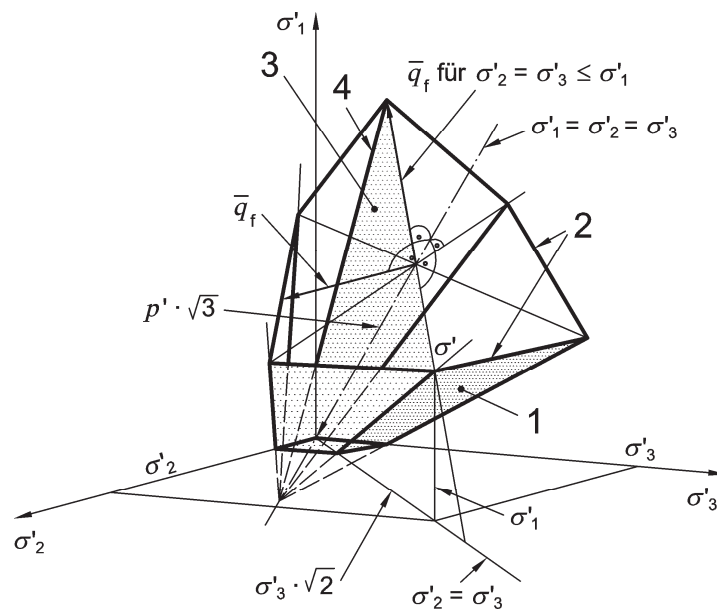
Scherfestigkeit

(en: shear strength)

Schubwiderstand in einem die Grenzbedingung erfüllenden Spannungszustand

ANMERKUNG 1 Siehe Bild 1.

ANMERKUNG 2 Die Scherfestigkeit in einer Scherfuge ist die Schubspannung τ_f , die im Grenzzustand auftritt.



Legende

- 1 Grenzbedingung (Grenzfläche) nach Mohr-Coulomb Gleichung (6)
 - 2 Schnitt der Grenzfläche 1 mit einer Ebene $\sigma'_1 + \sigma'_2 + \sigma'_3 = \text{const.}$
 - 3 Ebene $\sigma'_2 = \sigma'_3$
 - 4 Grenzbedingung (Gerade) für $\sigma'_2 = \sigma'_3 < \sigma'_1$
- $\bar{q}_f$ Abstand eines Punktes der Grenzfläche von der Geraden $\sigma'_1 = \sigma'_2 = \sigma'_3$, Deviatorspannung im Grenzzustand

Bild 1 — Beispiel einer Grenzbedingung (Grenzfläche) im Raum der drei effektiven Hauptspannungen

4.9

Scherversuch

(en: shear test)

Versuch zur Bestimmung der Scherfestigkeit bzw. des Grenzzustands eines Probekörpers durch kontrollierte Einwirkung von Spannungen und/oder Verschiebungen

4.10

Abscheren

(en: shearing)

Vorgang bei einem Scherversuch, die Deviatorspannung bis zum Erreichen der Scherfestigkeit (Grenzbedingung) zu ändern

4.11

Spannungspfad

(en: stress path)

Aufeinanderfolge von effektiven bzw. totalen Spannungszuständen, die bei einem Versuch durchlaufen werden

ANMERKUNG Beispiele effektiver Spannungspfade zeigt Bild 5.

4.12

Grenzzustand

(en: limit state)

Zustand der Spannungen und Dehnungsänderungen des Bodens, in welchem die Spannungen die Grenzbedingung erfüllen

ANMERKUNG Ein Grenzzustand ist im Versuch dadurch ausgezeichnet, dass bei fortgesetzter Gestaltänderung und

- veränderter Volumenänderung (undrännierter Versuch an wassergesättigter Probe) der Schubwiderstand und die totalen oder effektiven Normalspannungen konstant oder extrem werden;
- unbehinderter Volumenänderung (drännierter Versuch) der Schubwiderstand und die effektiven Normalspannungen konstant oder extrem werden.

4.13

plastisches Versagen

(en: plastic failure)

(unbegrenztes) Anwachsen der Verformungen in einem Grenzzustand

4.14

Zonenbruch

(en: zone rupture)

plastisches Versagen unter kontinuierlicher Verformung einer räumlichen Zone

4.15

Scherfuge

(en: shear band)

dünnere, flächenhafter Bereich, in welchem Scherverformungen beim plastischen Versagen konzentriert stattfinden

ANMERKUNG 1 Scherfugen können sich im Probekörper bei Einprägung von Randspannungen und/oder Randverschiebungen frei oder kinematisch erzwungen ausbilden.

ANMERKUNG 2 Bei der Versuchsauswertung muss davon ausgegangen werden, dass in den Bruchzonen bzw. Scherfugen, die im Probekörper durch den Versuch erzeugt wurden, die Spannungen und Dehnungen gleichmäßig verteilt sind.

4.16

kritischer Grenzzustand

(en: critical state)

derjenige Grenzzustand, der bei volumenkonstanter Formänderung und gleichbleibender effektiver Spannung stattfindet, wobei die Porenzahl gleich der kritischen Porenzahl e_k ist

ANMERKUNG Siehe Bild 2 und Bild 3.

4.17

kritische Porenzahl

(en: critical void ratio)

e_k

Porenzahl im kritischen Grenzzustand

4.18

überkritisch bzw. unterkritisch dichter Boden

(en: overcritically, undercritically dense soil)

Boden, dessen Porenzahl e kleiner bzw. größer ist als die zur herrschenden effektiven Spannung gehörige kritische Porenzahl e_k