

MINISTERIALBLÄTT

FÜR DAS LAND NORDRHEIN-WESTFALEN

34. Jahrgang	Ausgegeben zu Düsseldorf am 4. Dezember 1981	Nummer 101
---------------------	--	-------------------

Inhalt

I.

Veröffentlichungen, die in die Sammlung des bereinigten Ministerialblattes
für das Land Nordrhein-Westfalen (SMBL. NW.) aufgenommen werden.

Glied.-Nr.	Datum	Titel	Seite
232340	23. 10. 1981	RdErl. d. Ministers für Landes- und Stadtentwicklung DIN 4017 – Baugrund; Grundbruchberechnungen	2148

II.

Veröffentlichungen, die nicht in die Sammlung des bereinigten Ministerialblattes
für das Land Nordrhein-Westfalen (SMBL. NW.) aufgenommen werden.

Datum	Seite
13. 11. 1981	2181
Landschaftsverband Westfalen-Lippe	
Bek. – Öffentliche Auslegung des Entwurfs der Haushaltssatzung für das Haushaltsjahr 1982	2181
Hinweise	
Inhalt des Gemeinsamen Amtsblattes des Kultusministeriums und des Ministeriums für Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen	
Nr. 10 v. 25. 10. 1981	2181
Inhalt des Gesetz- und Verordnungsblattes für das Land Nordrhein-Westfalen	
Nr. 55 v. 5. 11. 1981	2182
Nr. 56 v. 6. 11. 1981	2182

232340

I.

**DIN 4017 – Baugrund
Grundbruchberechnungen**

RdErl. d. Ministers für Landes- und Stadtentwicklung
v. 23. 10. 1981 – V B 2 – 470.116

1 Die Normen

DIN 4017, Ausgabe August 1979 *) – Baugrund;

Anlage 1 Teil 1 –; Grundbruchberechnungen von lotrecht mittig belasteten Flachgründungen

Anlage 2 Teil 2 –; Grundbruchberechnungen von schräg und außermittig belasteten Flachgründungen werden hiermit nach § 3 Abs. 3 der Landesbauordnung (BauO NW) als technische Baubestimmung bauaufsichtlich eingeführt.

Anlage 3 Beiblatt 1 zu DIN 4017 Teil 1
(Ausgabe August 1979)*)
–; –; Erläuterungen und Berechnungsbeispiele

und

Anlage 4 Beiblatt 1 zu DIN 4017 Teil 2
(Ausgabe August 1979)*)
–; –; Erläuterungen und Berechnungsbeispiele werden bekanntgegeben.

Die Ausgaben August 1979 von DIN 4017 Teile 1 und 2 ersetzen die jeweiligen Ausgaben September 1974 (Teil 1) und September 1970 (Teil 2), die mit RdErl. v. 9. 9. 1975 (MBI. NW. S. 1734) bauaufsichtlich eingeführt wurden.

2 Bei Anwendung der Normen DIN 4017 Teile 1 und 2, Ausgabe August 1979, ist folgendes zu beachten:

Die Rechenwerte für die Wichte des Bodens γ sowie die Scherparameter c und ϕ sind – außer in den Fällen von DIN 4017 Teil 1, Abschnitt 8, letzter Absatz – durch Baugrundgutachten festzulegen.

3 Der RdErl. v. 9. 9. 1975 (MBI. NW. S. 1734/SMBI. NW. 232340), mit dem DIN 4017 Teil 1, Ausgabe September 1974, und DIN 4017 Teil 2, Ausgabe September 1970, bauaufsichtlich eingeführt wurden, wird hiermit aufgehoben.

4 Das Verzeichnis der nach § 3 Abs. 3 BauO NW eingeführten technischen Baubestimmungen, Anlage zum RdErl. v. 16. 11. 79 (SMBI. NW. 2323), erhält in Abschnitt 5.1 bei DIN 4017 Teil 1 folgende Fassung:

Spalte 1: 4017
Teil 1

Spalte 2: August
1979

Spalte 3: Baugrund; Grundbruchberechnungen von lotrecht mittig belasteten Flachgründungen

Spalte 4: 23. 10. 1981

Spalte 5: MBI. NW. S. 2148
SMBI. NW. 232340

Spalte 6: Beiblatt 1 zu DIN 4017 Teil 1 (Ausgabe August 1979) mit Erläuterungen und Berechnungsbeispielen; bekanntgegeben: RdErl. v. 23. 10. 1981 (MBI. NW. 1981 S. 2148/SMBI. NW. 232340)

Abschnitt 5.1 bei DIN 4017 Teil 2 Vornorm erhält folgende Fassung:

Spalte 1: 4017
Teil 2

Spalte 2: August
1979

Spalte 3: Baugrund; Grundbruchberechnungen von schräg und außermittig belasteten Flachgründungen

Spalte 4: 23. 10. 1981

Spalte 5: MBI. NW. S. 2148
SMBI. NW. 232340

Spalte 6: Beiblatt 1 zu DIN 4017 Teil 2 (Ausgabe August 1979) mit Erläuterungen und Berechnungsbeispielen; bekanntgegeben: RdErl. v. 23. 10. 1981 (MBI. NW. 1981 S. 2148/SMBI. NW. 232340)

5 Weitere Stücke der Normen DIN 4017 Teile 1 und 2, Ausgabe August 1979, sind beim Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstr. 4–10, 1000 Berlin 30, erhältlich.

*) Druckfehler des Erstdruckes (erste Ausgabe) dieser Ausgabe sind berichtigt – vgl. „DIN-Mitteilungen“ Heft 11/80

Baugrund

Grundbruchberechnungen von lotrecht mittig belasteten Flachgründungen

DIN
4017
Teil 1

Diese Norm entstand in mehrjährigen Beratungen eines gemeinsamen Ausschusses des Fachbereichs Baugrund des Normenausschusses Bauwesen im DIN Deutsches Institut für Normung e. V. und der Deutschen Gesellschaft für Erd- und Grundbau.

Sie ist den obersten Bauaufsichtsbehörden vom Institut für Bautechnik, Berlin, zur bauaufsichtlichen Einführung empfohlen worden.

Die Benennung „Last“ wird für Kräfte verwendet, die von außen auf ein System einwirken; das gilt auch für zusammengesetzte Wörter mit der Silbe „Last“ (siehe DIN 1080 Teil 1).

Erläuterungen und Berechnungsbeispiele zu dieser Norm siehe Beiblatt 1 zu DIN 4017 Teil 1.

1 Geltungsbereich und Zweck

Diese Norm soll eine einfache und einheitliche Grundlage für Grundbruchberechnungen von Flachgründungen geben. Sie befaßt sich mit den Berechnungsgrundlagen und Berechnungsverfahren, die zur Ermittlung der Bruchlast in der Gründungsfuge führen. Sie gibt die einzusetzende Sicherheit an. Die Berechnungsverfahren beruhen auf der Annahme annähernd richtungsunabhängiger Scherparameter für jede in Betracht kommende Schicht.

Diese Norm gilt für lotrecht mittig belastete Flachgründungen mit geringer Gründungstiefe d und mit der Gründungsbreite b (siehe Bild 1), bei denen die Fundamente als starr angenommen werden können. Die Sohlfläche wird als waagerechte Ebene vorausgesetzt.

Anmerkung: Grundbruchberechnungen von außermittig und schräg belasteten Flachgründungen siehe DIN 4017 Teil 2.

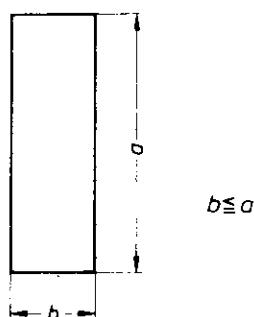
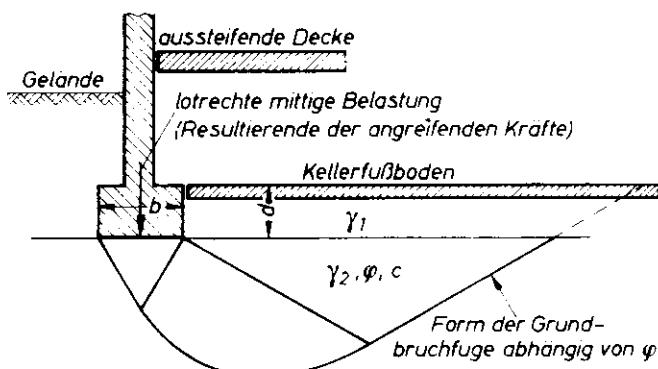


Bild 1. Grundbruch unter einem lotrecht und mittig belasteten Grundkörper bei einheitlicher Schichtung im Bereich des Gleitkörpers

Frühere Ausgaben: 03.65, 09.74

Änderung August 1979:
An DIN 1054 und DIN 1080 Teil 1 angepaßt.

DIN 4017 Teil 1

2 Mitgettende Normen

- DIN 1054 Baugrund; Zulässige Belastung des Baugrunds
- DIN 1055 Teil 2 Lastannahmen für Bauten; Bodenkenngrößen; Wichte, Reibungswinkel, Kohäsion, Wandreibungswinkel
- DIN 1080 Teil 1 Begriffe, Formelzeichen und Einheiten im Bauingenieurwesen; Grundlagen
- DIN 1080 Teil 6 Begriffe, Formelzeichen und Einheiten im Bauingenieurwesen; Bodenmechanik und Grundbau
- DIN 4017 Teil 2 Baugrund; Grundbruchberechnungen von schräg und außermittig belasteten Flachgründungen
- DIN 4021 Teil 1 Baugrund; Erkundung durch Schürfe und Bohrungen sowie Entnahme von Proben; Aufschlüsse im Boden
- DIN 4021 Teil 2 Baugrund; Erkundung durch Schürfe und Bohrungen sowie Entnahme von Proben; Aufschlüsse im Fels
- DIN 4021 Teil 3 Baugrund; Erkundung durch Schürfe und Bohrungen sowie Entnahme von Proben; Aufschluß der Wasserverhältnisse
- DIN 4022 Teil 1 Baugrund und Grundwasser; Benennen und Beschreiben von Bodenarten und Fels; Schichtenverzeichnis für Untersuchungen und Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben
- DIN 4023 Baugrund- und Wasserbohrungen; zeichnerische Darstellung der Ergebnisse
- DIN 18137 Teil 1 (Vornorm) Baugrund; Untersuchung von Bodenproben, Bestimmung der Scherfestigkeit, Begriffe und grundsätzliche Versuchsbedingungen

3 Begriff

Ein Grundbruch tritt ein, wenn ein Gründungskörper so stark belastet wird, daß sich unter ihm im Untergrund mehr oder weniger ausgeprägte Gleitbereiche bilden, in denen der Scherwiderstand des Bodens überwunden wird; die dabei aufgenommene Last ist die Bruchlast. Bei der Darstellung der Lastsetzungslinie kommt dies dadurch zum Ausdruck, daß die Kurve sich einer lotrechten oder steil abfallenden Tangente nähert. Ein Grundbruch kann auch eintreten, wenn bei gleichbleibender Last der Scherwiderstand des Bodens abnimmt oder eine seitliche Auflast entfernt wird.

4 Anwendung

Grundbruchberechnungen sind nur durchzuführen, wenn sie in DIN 1054 verlangt oder wenn die zulässigen Bodenpressungen nach DIN 1054 überschritten werden.

Sie können besonders bei Gründungskörpern mit geringer Gründungstiefe oder Gründungsbreite oder bei Böden mit geringem Scherwiderstand erforderlich werden.

Wegen der vereinfachten Annahmen und der oft unsicheren Mittelbildung hinsichtlich der Schichtung des Baugrunds und der Bodenkenngrößen kann die Bruchlast nur angenähert ermittelt werden.

5 Unterlagen

Für eine Grundbruchberechnung müssen die folgenden Unterlagen vorhanden sein:

- a) Angaben über die allgemeine Durchbildung des Bau-

werks, die Abmessungen und Tiefe des Gründungskörpers, den Wert und die Art seiner Belastung für die verschiedenen Lastfälle

- b) Baugrundaufschlüsse nach
DIN 1054,
DIN 4021 Teil 1,
DIN 4021 Teil 2,
DIN 4021 Teil 3,
DIN 4022 Teil 1 und
DIN 4023
- c) die Kenngrößen des Baugrunds, insbesondere der Scherfestigkeit der im Bereich der Gleitfläche anstehenden Bodenarten, bei bindigen Böden für den konsolidierten Zustand (Endstandsicherheit) und den nicht konsolidierten Zustand (Anfangsstandsicherheit).

6 Ansatz der Lasten**6.1 Umlagerung der Lasten**

Bei dem Ansatz der Lasten darf berücksichtigt werden, daß bei statisch unbestimmt gegründetem System eine Entlastung durch Umlagerung der Lasten auf nicht ausgenutzte Bauwerksteile stattfinden kann.

6.2 Lastarten

Folgende Lastarten sind zu berücksichtigen:

- a) lotrechte Lasten nach DIN 1054 oberhalb der Oberkante des Gründungskörpers
- b) Eigenlast des Gründungskörpers
- c) Belastung aus Sohlwasserdruck.

7 Vereinfachung des Schichtenbildes

Das Schichtenbild darf im Gleitbereich unter und neben dem Bauwerk (siehe Bild 1) durch eine oder mehrere waagerechte oder geneigte ebene Schichtgrenzen wiedergegeben werden.

8 Maßgebende Scherfestigkeit

Im Interesse der Wirtschaftlichkeit und Sicherheit sind für jede Schicht möglichst zutreffende Rechenwerte für die Wichte des Bodens $\text{cal } \gamma$ und die Scherparameter $\text{cal } \varphi, \text{cal } c$ festzulegen. Zur Ermittlung der Grundbruchsicherheit ist derjenige Scherparameter der Rechnung zugrunde zu legen, welcher die kleinste Bruchlast ergibt.

Tabelle 1. Erfahrungswerte für mittlere Reibungswinkel $\text{cal } \varphi$ bei nichtbindigen Böden (Rechenwerte)

Lagerung	$\text{cal } \varphi^1)$
locker ²⁾	32,5°
mitteldicht	35°
dicht	37,5°

¹⁾ Diese Reibungswinkel stimmen mit den entsprechenden Angaben nach DIN 1055 Teil 2, Ausgabe Februar 1976, Tabelle 1, nicht ganz überein, da sie andere Abschläge zur Berücksichtigung der Inhomogenität des Untergrunds in Verbindung mit den Ungenauigkeiten bei Probeentnahme und Versuchsdurchführung enthalten.

²⁾ Bei lockarem Boden ist eine Grundbruchuntersuchung erst dann zulässig, wenn die Lagerungsdichte ist:

$$D > 0,2 \text{ bei gleichförmigem Boden mit } U < 3$$

$$D > 0,3 \text{ bei ungleichförmigem Boden mit } U \geq 3$$

Dies sind bei bindigen (schwach durchlässigen), einfach verdichteten, wassergesättigten Böden meist die Scher-

parameter aus dem „unentwässerten“ Versuch (Anfangsstandsicherheit) c_u und φ_u . Bei stark vorbelastetem Boden ist die Scherfestigkeit aus dem „entwässerten“ Versuch (Endstandsicherheit) mit den Scherparametern c' und φ' (siehe DIN 18137 Teil 1 (Vornorm)) einzusetzen.

Bei nichtbindigen (stark wasserdurchlässigen) Böden ist $c_u = c' = 0$ und $\varphi_u = \varphi' = \varphi$.

Wenn über die Scherfestigkeit nichtbindiger Böden keine genauen Untersuchungsergebnisse vorliegen, können die empirischen Werte nach Tabelle 1 verwendet werden, durch die der Einfluß der Lagerungsdichte D und der Ungleichförmigkeitszahl U auf den Reibungswinkel φ näherungsweise erfaßt wird (siehe Beiblatt zu DIN 1054, Ausgabe November 1976, Erläuterungen zu Abschnitt 4.2.1 und zu Abschnitt 4.2.1.3).

9 Berechnungsverfahren

Durch die Grundbruchberechnung wird die Bruchlast in der Sohle ermittelt.

9.1 Vereinfachte Verfahren

9.1.1 Rechnerisches Verfahren

Bei einfacher Bodenschichtung und bei einfachen Grundwasserverhältnissen kann die Grundbruchlast angenähert nach der folgenden Gleichung berechnet werden (siehe Bild 1):

$$V_b = b \cdot a \cdot \sigma_{0f} \quad (1)$$

$$= b \cdot a \left(c \cdot N_c \cdot v_c + \gamma_1 \cdot d \cdot N_d \cdot v_d + \gamma_2 \cdot b \cdot N_b \cdot v_b \right)$$

Einfluß der Kohäsion Gründungstiefe Gründungsbreite

Darin bedeuten:

V_b Grundbruchlast in kN

σ_{0f} mittlere Sohlnormalspannung in kN/m² in der Gründungsfuge beim Grundbruch

b Breite des Gründungskörpers bzw. Durchmesser des Kreisfundamentes in m, $b < a$

a Länge in m des Gründungskörpers

d geringste Gründungstiefe in m unter Geländeoberfläche bzw. Kellerfußboden

c Kohäsion des Bodens in kN/m²

N_c Tragfähigkeitsbeiwert für den Einfluß der Kohäsion c

N_d Tragfähigkeitsbeiwert für den Einfluß der seitlichen Auflast $\gamma_1 \cdot d$

N_b Tragfähigkeitsbeiwert für den Einfluß der Gründungsbreite b

v_c Formbeiwert für den Einfluß der Grundrißform (Kohäsionsglied)

v_d Formbeiwert für den Einfluß der Grundrißform (Tiefenglied)

v_b Formbeiwert für den Einfluß der Grundrißform (Breitenglied)

γ_1 Wichte des Bodens in kN/m³ oberhalb der Gründungssohle

γ_2 Wichte des Bodens in kN/m³ unterhalb der Gründungssohle

9.1.2 Zeichnerisches Verfahren

Die Bruchlast kann auch durch Zeichnen der in Frage kommenden Gleitflächen und deren rechnerische Auswertung für die nach Lage und Form ungünstigste Gleitfläche bestimmt werden.

9.2 Verfeinerte Verfahren

In geeigneten Fällen können verfeinerte Verfahren angewandt werden. Hierzu gehören die rechnerische Unter-

suchung von Bruchfiguren nach der Plastizitätstheorie und die Auswertung von Probebelastungen oder Modellversuchen.

9.3 Berücksichtigung des Schichtenwechsels

Für eine näherungsweise Berechnung bei verschiedenen Schichten sind die Bodenkenngrößen φ , c und γ zu mitteln. Bei rechnerischen Verfahren ist diese Mittelung nur zulässig, wenn die Reibungswinkel der einzelnen Schichten nicht mehr als 5° vom Mittelwert abweichen.

10 Tragfähigkeitsbeiwerte

Die Tragfähigkeitsbeiwerte N_c , N_d und N_b nach Abschnitt 9.1 hängen außer vom Reibungswinkel des Bodens von der

Tabelle 2. Tragfähigkeitsbeiwerte (siehe auch Bild 2)

φ	N_c	N_d	N_b
0°	5,0	1,0	0
5°	6,5	1,5	0
10°	8,5	2,5	0,5
15°	11,0	4,0	1,0
20°	15,0	6,5	2,0
22,5°	17,5	8,0	3,0
25°	20,5	10,5	4,5
27,5°	25	14	7
30°	30	18	10
32,5°	37	25	15
35°	46	33	23
37,5°	58	46	34
40°	75	64	53
42,5°	99	92	83

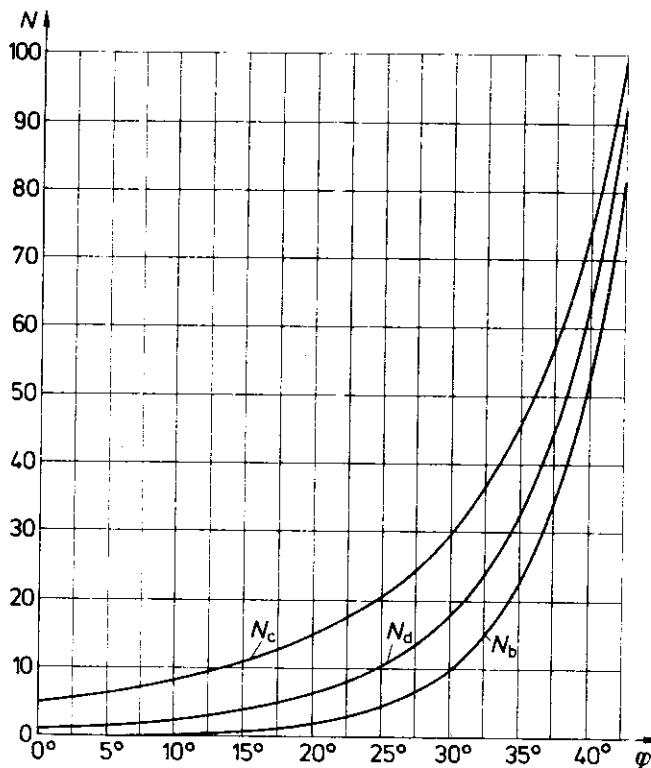


Bild 2. Tragfähigkeitsbeiwerte N_c , N_d und N_b in Abhängigkeit vom Reibungswinkel φ

Tabelle 3. Formbeiwerte

Grundrißform	$v_c (\varphi \neq 0)$	$v_c (\varphi = 0)$	v_d	v_b
Streifen	1,0	1,0	1,0	1,0
Rechteck	$\frac{v_d \cdot N_d - 1}{N_d - 1}$	$1 + 0,2 \cdot \frac{b}{a}$	$1 + \frac{b}{a} \cdot \sin \varphi$	$1 - 0,3 \cdot \frac{b}{a}$
Quadrat/Kreis	$\frac{v_d \cdot N_d - 1}{N_d - 1}$	1,2	$1 + \sin \varphi$	0,7

gewählten Gleitfuge, der Rauhigkeit der Gründungskörpersohle und den vereinfachenden Annahmen ab. Sie können Tabelle 2 und Bild 2 entnommen werden. Da die Beiwerte mit steigendem Reibungswinkel sehr stark anwachsen, ist bei großen Reibungswinkeln auf eine möglichst genaue Bestimmung von φ besonderer Wert zu legen. Die Ergebnisse werden hierdurch wesentlich beeinflußt.

11 Formbeiwerte

Die Formbeiwerte v_c , v_d und v_b nach Abschnitt 9.1.1 können für die hauptsächlich vorkommenden Grundrisse der Fundamente aus Tabelle 3 entnommen werden.

12 Sicherheit

Die Sicherheit ist wahlweise nach Abschnitt 12.1 oder nach Abschnitt 12.2 nachzuweisen, wobei derjenige gewählt werden darf, der zu den wirtschaftlichsten Fundamentabmessungen führt.

12.1 Bezugsgröße: Last

Die zulässige Last V_{zul} wird dadurch bestimmt, daß man die Grundbruchlast V_b durch die Grundbruchsicherheit η_p teilt:

$$zul V = \frac{V_b}{\eta_p} \quad (2)$$

Der Wert der Grundbruchsicherheit η_p ist DIN 1054 zu entnehmen.

12.2 Bezugsgröße: Scherbeiwerte

Die zulässige Last V_{zul} wird bei homogenen Böden dadurch bestimmt, daß die Grundbruchlast V_b mit den nach stehenden Scherbeiwerten berechnet wird.

$$zul \tan \varphi = \frac{\tan \varphi}{\eta_r} \quad (3)$$

$$zul c = \frac{c}{\eta_c} \quad (4)$$

Die Sicherheitsbeiwerte nach Tabelle 4 dürfen nicht unterschritten werden.

Tabelle 4. Sicherheitsbeiwerte

Lastfall nach DIN 1054, Ausgabe November 1976, Abschnitt 2.2	η_r	η_c
1	1,25	2,00
2	1,15	1,50
3	1,10	1,30

	<p>Baugrund</p> <h2>Grundbruchberechnungen</h2> <p>von schräg und außermittig belasteten Flachgründungen</p>	<p>DIN</p> <p>4017</p> <p>Teil 2</p>
--	--	--

Diese Norm entstand in mehrjährigen Beratungen eines gemeinsamen Ausschusses des Fachbereichs Baugrund des Normenausschusses Bauwesen im DIN Deutsches Institut für Normung e. V. und der Deutschen Gesellschaft für Erd- und Grundbau.

Sie ist den obersten Bauaufsichtsbehörden vom Institut für Bautechnik, Berlin, zur bauaufsichtlichen Einführung empfohlen worden.

Die Benennung „Last“ wird für Kräfte verwendet, die von außen auf ein System einwirken; das gilt auch für zusammengesetzte Wörter mit der Silbe „...Last“ (siehe DIN 1080 Teil 1).

Erläuterungen und Berechnungsbeispiele zu dieser Norm siehe Beiblatt 1 zu DIN 4017 Teil 2.

1 Geltungsbereich und Zweck

Diese Norm soll eine einfache und einheitliche Grundlage für Grundbruchberechnungen von Flachgründungen geben. Sie befaßt sich mit den Berechnungsgrundlagen und Berechnungsverfahren, die zur Ermittlung der Bruchlast in der Gründungsfuge führen. Sie gibt die einzusetzende Sicherheit an. Die Berechnungsverfahren beruhen auf der Annahme annähernd richtungsunabhängiger Scherparameter für jede in Betracht kommende Schicht.

Diese Norm gilt für schräg und außermittig belastete Flachgründungen mit rechteckigem Grundriß, die besonders bei Stützmauern, Ufermauern und Rahmenstielen, bei Brückenwiderlagern und turmartigen Bauwerken sowie bei Giebelwänden vorkommen (siehe Bild 1).

DIN 4017 Teil 1, Ausgabe August 1979, bleibt für den vorliegenden Fall mit Ausnahme der Abschnitte 6, 9 und 12 gültig. Ferner ist DIN 4017 Teil 1, Ausgabe August 1979, ohne Einschränkung anzuwenden, wenn der schräg und außermittig belastete Baukörper durch das Erdreich, durch Aussteifungen, Decken oder andere Bauteile am Verkanten gehindert wird, sich also wie ein lotrecht und mittig belasteter Gründungskörper bewegen muß (siehe DIN 4017 Teil 1, Ausgabe August 1979, Bild 1).

Von dieser Norm darf in besonderen Fällen abgewichen werden, wenn auf Grund genauer Feststellungen der Beschaffenheit des Baugrunds und sorgfältiger Berechnung nachgewiesen wird, daß ausreichende Standsicherheit des Bauwerks gesichert ist.

2 Mitgeltende Normen

- DIN 1054 Baugrund; Zulässige Belastung des Baugrunds
- DIN 1055 Teil 2 Lastannahmen für Bauten; Bodenkenngrößen; Wichte, Reibungswinkel, Kohäsion, Wandreibungswinkel
- DIN 1080 Teil 1 Begriffe, Formelzeichen und Einheiten im Bauingenieurwesen; Grundlagen
- DIN 1080 Teil 6 Begriffe, Formelzeichen und Einheiten im Bauingenieurwesen; Bodenmechanik und Grundbau
- DIN 4017 Teil 1 Baugrund; Grundbruchberechnungen von lotrecht mittig belasteten Flachgründungen
- DIN 4021 Teil 1 Baugrund; Erkundung durch Schürfe und Bohrungen sowie Entnahme von Proben; Aufschlüsse im Boden

DIN 4021 Teil 2 Baugrund; Erkundung durch Schürfe und Bohrungen sowie Entnahme von Proben; Aufschlüsse im Fels

DIN 4021 Teil 3 Baugrund; Erkundung durch Schürfe und Bohrungen sowie Entnahme von Proben; Aufschluß der Wasserverhältnisse

DIN 4022 Teil 1 Baugrund und Grundwasser; Benennen und Beschreiben von Bodenarten und Fels; Schichtenverzeichnis für Untersuchungen und Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

DIN 4023 Baugrund- und Wasserbohrungen; zeichnerische Darstellung der Ergebnisse

3 Begriff

Ein Grundbruch tritt ein, wenn ein Gründungskörper so stark belastet wird, daß sich unter ihm im Untergrund mehr oder weniger ausgeprägte Gleitbereiche bilden, in denen der Scherwiderstand des Bodens überwunden wird. Die dabei aufgenommene Last ist die Bruchlast. Bei der Darstellung der Lastsetzungslinie kommt dies dadurch zum Ausdruck, daß die Kurve sich einer lotrechten oder steil anfallenden Tangente nähert. Ein Grundbruch kann auch eintreten, wenn bei gleichbleibender Last der Scherwiderstand des Bodens abnimmt oder eine seitliche Auflast entfernt wird.

Ein Grundbruch kann sowohl bei lotrechter mittiger als auch bei außermittiger und schräger Belastung der Sohlfuge eintreten. In den letzteren Fällen bilden sich mehr oder weniger ausgeprägte Gleitbereiche nur nach einer Richtung hin aus. Die schräge wie auch die außermittige Belastung hat zur Folge, daß die Grundbruchlast in diesen Fällen gegenüber lotrechter mittiger Belastung erheblich verringert und die Grundbruchgefahr vergrößert wird. Beim Auftreten einer klaffenden Sohlfuge überträgt nur ein Teil des Gründungskörpers die Last auf den Untergrund.

4 Anwendung

Grundbruchberechnungen sind nur durchzuführen, wenn die zulässigen Bodenpressungen nach DIN 1054 überschritten oder wenn sie in DIN 1054 verlangt werden.

Sie können besonders bei Gründungskörpern mit geringer Gründungstiefe oder Gründungsbreite oder bei Böden mit geringem Scherwiderstand erforderlich werden.

Wegen der vereinfachten Annahmen und der oft unsicheren Mittelbildung hinsichtlich der Schichtung des Baugrunds und der Bodenkenngrößen kann die Bruchlast nur angenähert ermittelt werden.

Frühere Ausgaben: 09.70

Änderung August 1979:

Vornormcharakter aufgehoben. An DIN 1054 und Formezeichen an DIN 1080 Teil 1 angepaßt.

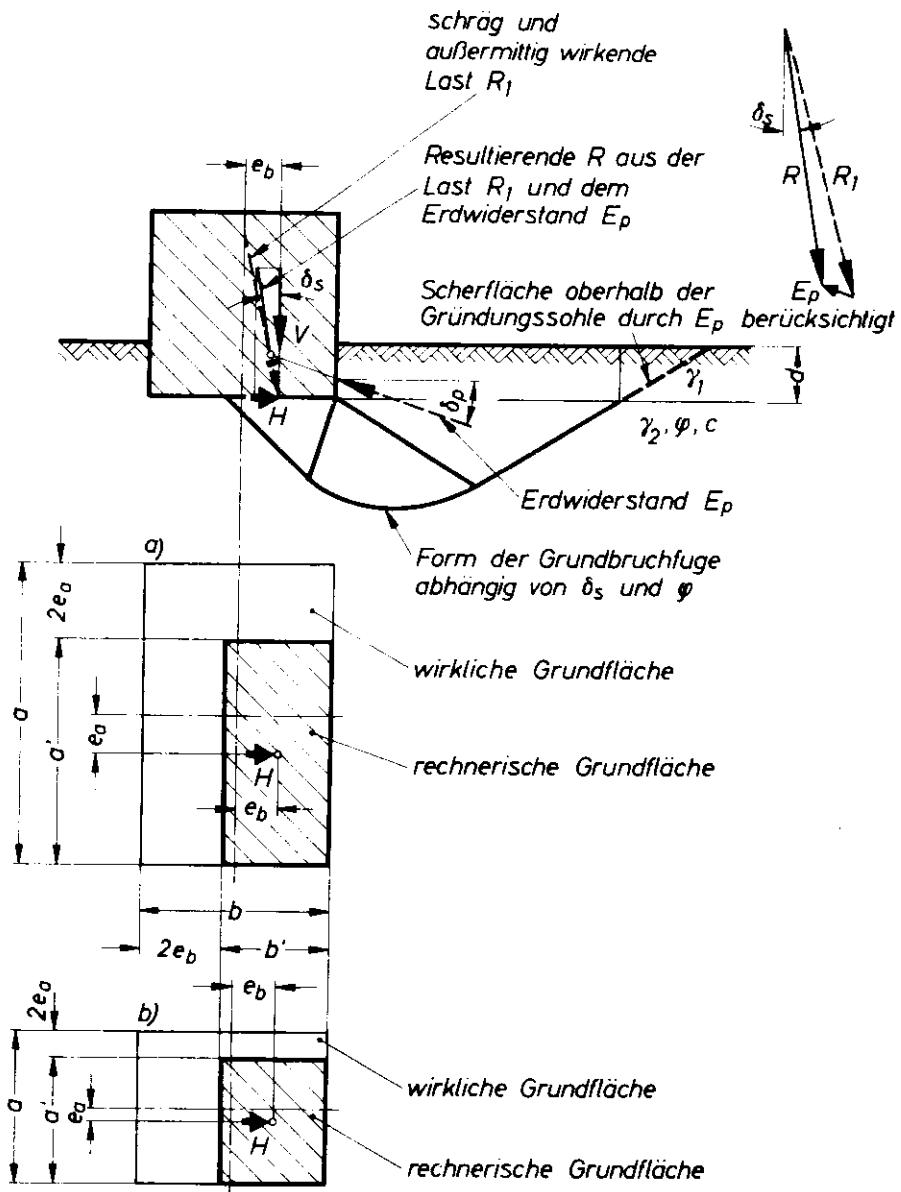


Bild 1. Grundbruch unter einem in Richtung der kurzen Seite b schräg und außermittig belasteten Fundament bei einheitlicher Schichtung im Bereich des Gleitkörpers.

Wirkliche und rechnerische Grundfläche eines einseitig schräg und über beide Achsen außermittig belasteten Rechteckfundaments

- langgestreckter Grundriß $a > b$
- gedrungener Grundriß $a < b$

Anmerkung zu Bild 1: Man beachte im Fall b), daß jedoch $b' < a'$ für den Grundbruchnachweis maßgebend ist.

5 Unterlagen

Für eine Grundbruchberechnung müssen die folgenden Unterlagen vorhanden sein:

- Angaben über die allgemeine Durchbildung des Bauwerks, die Abmessungen und Tiefe des Gründungskörpers, den Wert und die Art seiner Belastung für die verschiedenen Lastfälle
- Baugrundaufschlüsse nach DIN 1054,
DIN 4021 Teil 1,
DIN 4021 Teil 2,
DIN 4021 Teil 3,
DIN 4022 Teil 1,
DIN 4023

c) die Kenngrößen des Baugrunds, insbesondere der Scherfestigkeit der im Bereich der Gleitfläche anstehenden Bodenarten, bei bindigen Böden für den konsolidierten Zustand (Endstandsicherheit) und den nicht konsolidierten Zustand (Anfangsstandsicherheit).

6 Ansatz der Lasten

6.1 Umlagerung der Lasten

Bei dem Ansatz der Lasten darf berücksichtigt werden, daß bei statisch unbestimmt gegründetem System eine Entlastung durch Umlagerung der Lasten auf nicht ausgenutzte Bauwerksteile stattfinden kann.

DIN 4017 Teil 2

6.2 Lastarten

Folgende Lastarten sind zu berücksichtigen:

- lotrechte Lasten nach DIN 1054 oberhalb der Oberkante des Gründungskörpers
- Eigenlasten des Gründungskörpers
- Last aus Sohlwasserdruck
- Lasten aus Erddruck und seitlichem Wasserdruck. Der Erdwiderstand (siehe Bild 1) darf unter Beachtung der in Abschnitt 8 genannten Sicherheit auf die volle Gründungstiefe d für eine ebene Gleitfläche mit dem Wandreibungswinkel

$$\delta_p = -\frac{1}{2} \varphi$$

φ Scherwinkel in Grad

oder für eine gekrümmte Gleitfläche mit

$$\delta_p = -\frac{2}{3} \varphi$$

eingesetzt werden, wenn gewährleistet ist, daß der den Erdwiderstand erzeugende Boden weder dauernd noch vorübergehend entfernt wird und daß die für die Aktivierung notwendige Verschiebung ohne schädliche Auswirkungen für das Bauwerk eintreten kann. Bei der Ermittlung des Neigungswinkels δ_s der Resultierenden darf der Erdwiderstand nur bis zum Wert der ihn hervorruhenden waagerechten Kräfte berücksichtigt werden.

- sonstige Horizontallasten am Bauwerk und am Gründungskörper.

7 Berechnungsverfahren

Durch die Grundbruchberechnung wird die Bruchlast in der Sohle ermittelt. Vor der Grundbruchuntersuchung ist zu prüfen, ob in der Sohlfuge die Gleitsicherheit nach DIN 1054 vorhanden ist.

7.1 Vereinfachtes Verfahren

Bei einfacher Bodenschichtung und bei einfachen Grundwasserverhältnissen kann die lotrechte Komponente der Bruchlast angenähert nach der folgenden Gleichung berechnet werden (siehe Bild 1), wobei φ und c nach DIN 4017 Teil 1, Ausgabe August 1979, Abschnitt 8, einzusetzen sind.

$$V_b = A' \cdot \sigma_{0f} = a' \cdot b' \cdot \sigma_{0f} \quad (1a)$$

wobei b' stets die kleinere Seite der rechnerischen Grundfläche ist

$$\sigma_{0f} = \frac{(c \cdot N_c \cdot x_c \cdot v'_c + \gamma_1 \cdot d \cdot N_d \cdot x_d \cdot v'_d + \gamma_2 \cdot b' \cdot N_b \cdot x_b \cdot v'_b)}{\text{Einfluß der Kohäsion}} \quad (1b)$$

Darin bedeuten:

V_b lotrechte Komponente der Grundbruchlast in kN

σ_{0f} mittlere Sohnormalspannung in kN/m² in der rechnerischen Grundfläche beim Grundbruch

A' rechnerische Grundfläche in m²:

Beim Rechteck $A' = a' \cdot b'$; bei anderen Sohlflächenformen sinngemäß, wobei die rechnerische Restfläche A' in ein flächengleiches Rechteck umzuwandeln ist.

a' rechnerische Länge in m für den in Richtung der Seite a außermittig belasteten Gründungskörper mit der Länge a nach Abschnitt 7.1.2

b' rechnerische Breite in m für den schräg in der Richtung der Seite b außermittig belasteten Gründungskörper mit der Breite b nach Abschnitt 7.1.2

c Kohäsion des Bodens in kN/m²

d geringste Gründungstiefe in m unter Geländeoberfläche in Lastrichtung oder in Richtung der Außermittigkeit

N_c Tragfähigkeitsbeiwert für den Einfluß der Kohäsion c nach DIN 4017 Teil 1

N_d Tragfähigkeitsbeiwert für den Einfluß der seitlichen Auflast $\gamma_1 \cdot d$ nach DIN 4017 Teil 1

N_b Tragfähigkeitsbeiwert für den Einfluß der Gründungsbreite b nach DIN 4017 Teil 1

x_c, x_d, x_b Neigungsbeiwerte nach Abschnitt 7.1.1

v'_c, v'_d, v'_b Formbeiwerte abhängig von $b'/a' < 1$ entsprechend den Beiwerten v_c, v_d, v_b nach DIN 4017 Teil 1

γ_1 Wichte des Bodens oberhalb der Gründungssohle in kN/m³

γ_2 Wichte des Bodens unterhalb der Gründungssohle in kN/m³

7.1.1 Neigungsbeiwerte

Die Neigungsbeiwerte hängen hauptsächlich von der Neigung der Resultierenden der Lasten zur Lotrechten auf der Sohlfuge $\tan \delta_s = H/V$ und von der Richtung von H ab. Da die Beiwerte mit zunehmendem Neigungswinkel der Last stark abnehmen, wenn H parallel zur kürzeren Seite gerichtet ist, muß auf eine möglichst genaue Bestimmung dieser Winkel, d. h. im wesentlichen der Horizontallasten, Wert gelegt werden.

Bei der Berechnung der Neigungsbeiwerte kann folgendermaßen verfahren werden:

7.1.1.1 Horizontallast parallel zur kleineren Seite b' :

- Für den Fall $\varphi_u = 0; c_u > 0$

Neigungsbeiwert x_d für den Einfluß der Tiefe

$$x_d = 1$$

Neigungsbeiwert x_c für den Einfluß der Kohäsion

$$x_c = 0,5 + 0,5 \sqrt{1 - \frac{H_b}{A' \cdot c_u}}$$

Bei der Bemessung von Fundamenten für gegebene Lasten und Bodenkenngrößen muß A' von vornherein so gewählt werden, daß der Ausdruck

$$\frac{H_b}{A' \cdot c_u} \leq 1$$

ist.

- Für den Fall $\varphi > 0; c \geq 0$

Neigungsbeiwert x_d für den Einfluß der Tiefe

$$x_d = \left(1 - 0,7 \frac{H_b}{V_b + A' \cdot c \cdot \cot \varphi} \right)^3$$

Darin bedeuten:

$H_b = \eta_p \cdot H$ (horizontale Bruchlast)

$V_b = \eta_p \cdot V$ (lotrechte Bruchlast)

Neigungsbeiwert x_b für den Einfluß der Breite

$$x_b = \left(1 - \frac{H_b}{V_b + A' \cdot c \cdot \cot \varphi} \right)^3$$

Neigungsbeiwert x_c für den Einfluß der Kohäsion

$$x_c = x_d - \frac{1 - x_d}{N_d - 1}$$

Soweit x von dem Wert der Bruchlast abhängig ist, muß die Sicherheit η_p entweder nach Abschnitt 8.1 zunächst

DIN 4017 Teil 2

geschätzt und die Bruchlast nach Gleichung (1b) durch Probieren bestimmt oder bei der Berechnung nach Abschnitt 8.2 gleich 1 gesetzt werden.

7.1.1.2 Horizontallast parallel zur größeren Seite a'

- a) Für den Fall $\varphi_u = 0; c_u \neq 0$
 x -Werte wie in Abschnitt 7.1.1.1.
- b) Für den Fall $\varphi \neq 0; c \neq 0$; sofern das Seitenverhältnis größer als 2 ist

$$x_d = x_b = 1 - \frac{H_b}{V_b + A' \cdot c \cdot \cot \varphi}$$

mit den Bedeutungen wie in Abschnitt 7.1.1.1

x_c wie in Abschnitt 7.1.1.1.

7.1.2 Berücksichtigung der Außermittigkeit

Außermittig belastete Streifengründungen oder Gründungskörper mit rechteckiger Grundfläche können wie mittig belastete Fundamente mit einer rechnerischen Breite b' bzw. rechnerischen Länge a' berechnet werden.

Versteht man unter e_a und e_b die Abstände der Resultierenden von den Mittelachsen des Gründungskörpers, so erhält man die rechnerische Breite b' bzw. die rechnerische Länge a' zu:

$$\begin{aligned} a' &= a - 2e_a \\ b' &= b - 2e_b \end{aligned}$$

7.1.3 Berücksichtigung einer schrägen Sohlfuge

Eine schräge Sohlfuge dient der Erhöhung der Gleitsicherheit. Für die Grundbruchberechnung kann sie näherungsweise dadurch berücksichtigt werden, daß durch den tiefsten Punkt des Fundaments eine waagerechte Sohlfuge gelegt wird.

7.2 Verfeinerte Verfahren

Siehe DIN 4017 Teil 1, Ausgabe August 1979, Abschnitt 9.2.

7.3 Zeichnerische Verfahren

Siehe DIN 4017 Teil 1, Ausgabe August 1979, Abschnitt 9.1.2.

7.4 Berücksichtigung des Schichtenwechsels

Siehe DIN 4017 Teil 1, Ausgabe August 1979, Abschnitt 9.3.

8 Sicherheit

Die Sicherheit ist nach einem der Ansätze in den Abschnitten 8.1 und 8.2 nachzuweisen.

8.1 Bezuggröße: Last

Die zulässige lotrechte Komponente zur V der angreifenden Lasten wird dadurch bestimmt, daß man die Grundbruchlast V_b durch die Sicherheit η_p teilt:

$$\text{zul } V = \frac{V_b}{\eta_p} \quad (2)$$

Der Wert der Sicherheit η_p ist DIN 1054 zu entnehmen. Der Erdwiderstand darf nach DIN 1054, Ausgabe November 1976, Abschnitt 4.1.3.3 eingesetzt werden.

8.2 Bezuggröße: Scherbeiwerte

Die zulässige lotrechte Komponente zur V der angreifenden Lasten wird dadurch bestimmt, daß die Grundbruchlast V_b mit den nachstehenden Scherbeiwerten berechnet wird.

$$\text{zul } \tan \varphi = \frac{\tan \varphi}{\eta_r} \quad (3)$$

$$\text{zul } c = \frac{c}{\eta_c} \quad (4)$$

Die Sicherheitsbeiwerte der folgenden Tabelle dürfen nicht unterschritten werden:

Lastfall nach DIN 1054, Ausgabe November 1976, Abschnitt 2.2	η_r	η_c
1	1,25	2,00
2	1,15	1,50
3	1,10	1,30

Erddruck- und Erdwiderstandskräfte müssen hierbei unter Verwendung von $\text{zul } \varphi$ und $\text{zul } c$ berechnet werden.

Baugrund

Grundbruchberechnungen

von lotrecht mittig belasteten Flachgründungen

Erläuterungen und Berechnungsbeispiele

Beiblatt 1 zu
DIN 4017
Teil 1

Dieses Beiblatt enthält Informationen zu DIN 4017 Teil 1,
jedoch keine zusätzlichen genormten Festlegungen.

Diese Erläuterungen beziehen sich auf die Ausgabe August 1979 der Norm DIN 4017 Teil 1. Sie dienen dazu, etwaige Zweifelsfälle bei der Auslegung der Norm möglichst auszuschließen.

Sie sind von Regierungsbaudirektor Dr.-Ing. Zweck, Karlsruhe, unter Benutzung der dem Arbeitsausschuß „Berechnungsverfahren“ des NABau Fachbereichs „Baugrund“ und der Deutschen Gesellschaft für Erd- und Grundbau von den einzelnen Mitarbeitern, insbesondere der Herren Dr.-Ing. Muhs, Dr.-Ing. Bendel, Dr.-Ing. Kany und Dipl.-Ing. Wullmann als Mitglieder des Unterausschusses zur Neufassung von DIN 4017 Teil 1 gegebenen Anregungen aufgestellt und von Herrn Dr.-Ing. Weiß und Herrn Dr.-Ing. Böttger überarbeitet.

Die Benennung „Last“ wird für Kräfte verwendet, die von außen auf ein System einwirken; das gilt auch für zusammengesetzte Wörter mit der Silbe ... „Last“ (siehe DIN 1080 Teil 1).

Maße in m

Inhalt

1 Erläuterungen
2 Schrifttum
3 Berechnungsbeispiele

1 Erläuterungen

Zu Abschnitt 1 Geltungsbereich

Die Angaben der Norm beziehen sich auf doppelt symmetrische Grundrisse, bei denen die lotrecht mittige Belastung im Schwerpunkt angreift (siehe Beiblatt zu DIN 1054 Erläuterungen). Eine lotrecht mittige Belastung liegt auch bei Mauern mit Erddruckbelastung vor, wenn die waagerechten Kräfte durch entsprechende Aussteifung aufgenommen werden (siehe Bild 1 von DIN 4017 Teil 1). In der vorliegenden Norm werden nur diejenigen Fälle behandelt, bei welchen die Gleitbereiche die Geländeoberfläche erreichen, die Scherkräfte in dem seitlichen Boden zwischen Gelände und Gründungsohle aber vernachlässigt werden können. Sie gilt nicht für Pfahlgründungen und in der Regel nicht für tiefe Flächengründungen, sondern nur für Grundkörper, die flach in einer tragfähigen Schicht gegründet sind. Flachgründung im Sinne dieser Norm ist auch eine tiefe Bauwerksgründung, wenn der Grundbruch zur Kellersohle hin auftreten kann. Nach Terzaghi [23] kann man in homogenem Boden mit Flachgründungen rechnen, wenn die Einbindetiefe im Boden kleiner als die Breite des Grundkörpers ist. Bei größeren Tiefen geben die hier vorgeschlagenen Berechnungen unter den oben genannten Voraussetzungen zu kleine Werte.

Bei geneigter Sohlfläche (mit mäßiger Neigung) ist die Berechnung für eine Ersatzgründungsfläche in Höhe des Tiefspunktes der Grundfläche über deren Projektion durchzuführen. Die vorliegende Norm gilt nicht für Gelände- und Böschungsbrüche (siehe Bilder 1 und 2).

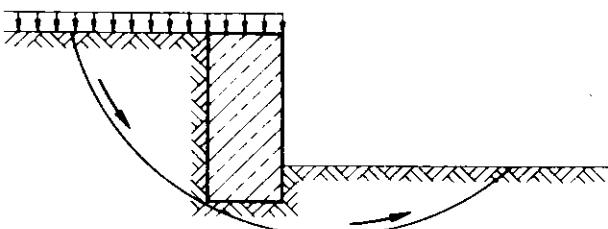


Bild 1. Geländebruch

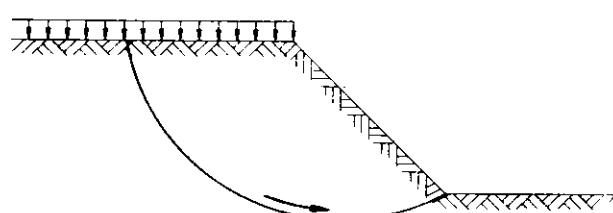


Bild 2. Böschungsbruch

Frühere Ausgaben:
DIN 4017 Teil 1: 03.65
DIN 4017 Teil 1 Beiblatt: 10.74, 11.75

Änderung August 1979:
Redaktionell überarbeitet.

Beiblatt 1 zu DIN 4017 Teil 1

Zu Abschnitt 3 Begriff

Beim Grundbruch sinkt das Bauwerk in den Boden ein, meist unter gleichzeitigem Schiestellen, wobei der Boden auf der Seite des Grundbruchs auswölbt. Dabei kann der Bruch in einer gekrümmten Gleitfläche entstehen oder ein seitliches Verdrängen des Bodens eintreten. Der Berechnung wird zur Vereinfachung der erste Fall (Bruch in einer gekrümmten Gleitfläche) zugrunde gelegt. Der andere Fall ist näherungsweise mit erfaßt.

Bei der Berechnung des Grundbruchs wird der Boden im Zustand des Bruchs untersucht. Die Bruchlast kennzeichnet den tatsächlichen Bruch des Bodens (lotrechte Tangente der ideellen Lastsetzungslinie) in gleicher Weise, wie es in der Festigkeitslehre allgemein der Fall ist. Auf die Werte der dabei auftretenden Setzungen wird nicht eingegangen. Die bis zum Auftreten des Grundbruchs sich einstellenden Setzungen können bei bindigen undurchlässigen Böden bei schneller Belastung infolge ihrer Volumenbeständigkeit gering, bei anderen Böden aber recht groß sein. Nicht selten, z.B. in weichen bindigen Böden und lockeren nichtbindigen Böden, kommt es wegen des andauernden Einsinkens des Bauwerks vor, daß die Lastsetzungslinie keine annähernd lotrechte Tangente besitzt und die Bruchlast nicht genau definiert werden kann. Für solche Fälle gibt es andere Definitionen der Bruchlast.

Zu Abschnitt 4 Anwendung

In praktischen Fällen wird es zudem nötig sein, neben der Bruchlast für den Boden die Grenzlast für das Bauwerk zu bestimmen. Die Grenzlast ist diejenige Last, welche der Baugrund im Hinblick auf ein bestimmtes Bauwerk verträgt, ohne die Standsicherheit und die Zweckbestimmung des Bauwerks zu gefährden. Die Grenzlast hängt deshalb von den zulässigen Setzungen des Bauwerks ab. Wenn sie kleiner ist als die durch den Sicherheitsfaktor dividierte Bruchlast, ist sie für die Beurteilung einer Gründung maßgebend.

Die vor dem Bruch entstehenden Setzungen können nach DIN 4019 Teil 1 berechnet werden.

Bei der Ermittlung der zulässigen Bodenpressungen von lotrecht mittig belasteten Flächengründungen ist, wie es in DIN 1054 ausgeführt wird, nachzuweisen, daß die zu erwartenden Setzungen unschädlich sind und eine Sicherheit gegen Grundbruch vorhanden ist. Nach der Ermittlung

der Bruchlast und der zulässigen Bodenspannung durch eine Grundbruchberechnung ist deshalb stets als weiteres Kriterium der Nachweis zu führen, daß die für das Bauwerk als zulässig anzusehenden Setzungen nicht überschritten werden.

Bei der Programmierung für die Anwendung von elektronischen Rechenanlagen ist auf folgendes zu achten:

Die Dateneingabe erfolgt zweckmäßig über einen Vordruck. Hierbei werden zunächst die Belastungen, Fundamentabmessungen und Wichten angegeben. Ferner enthält der Vordruck in einer Tabelle die Schichtgrenzen, Wichten, Winkel der inneren Reibung und Kohäsion der einzelnen Schichten. Der Computer berechnet dann zunächst die Eigenlast des Fundaments aus den angegebenen Abmessungen. Sodann bestimmt er die auf iterativem Weg maßgebende Grundbruchfigur (siehe Berechnungsbeispiel 2). Zweckmäßig wird hierbei der Teil der Grundbruchfigur, dem die logarithmische Spirale zugrunde liegt, vereinfacht in einen Streckenzug verwandelt. Die Schnittpunkte der Teilstrecken mit den jeweiligen Schichtgrenzen lassen sich dann analytisch bestimmen (Schnittpunkt zweier Geraden). Die Iteration kann abgeschlossen werden, wenn der Unterschied der vorletzten vor der letzten Iteration weniger als 3% beträgt. Beim Ausdruck der Ergebnisse wird zweckmäßig unterschieden zwischen einer Kurzfassung, die nur die Eingabedaten und Endergebnisse beinhaltet und einer ausführlichen Fassung, bei der auch Zwischenergebnisse jeder Iterationsstufe, insbesondere die Schnittpunkte der Grundbruchfiguren mit den horizontal angegebenen Schnittgrenzen enthalten sind.

Zu Abschnitt 5 Unterlagen

Bodenuntersuchungen zur Bestimmung der Kenngrößen des Baugrunds sind für diejenigen Schichten durchzuführen, in welchen der Grundbruch eintreten kann. Es kann damit gerechnet werden, daß der tiefste Punkt der Gleitfläche in einer Tiefe d_{gl} unter Bauwerkssohle liegt, die etwa 1- bis 2,5fachen Gründungsbreite entspricht (siehe Bilder 3 und 4). Hierbei gilt der größere Wert für Böden mit größerer Reibung. Die Untersuchungen haben sich aber nicht nur auf den Bodenbereich unter dem Bauwerk, sondern auch auf den Boden daneben so weit und so tief zu erstrecken, wie dieser durch den Grundbruch in Anspruch genommen wird (siehe Bild 3). Bild 3 und Bild 4 geben hierfür die obere Grenze an.

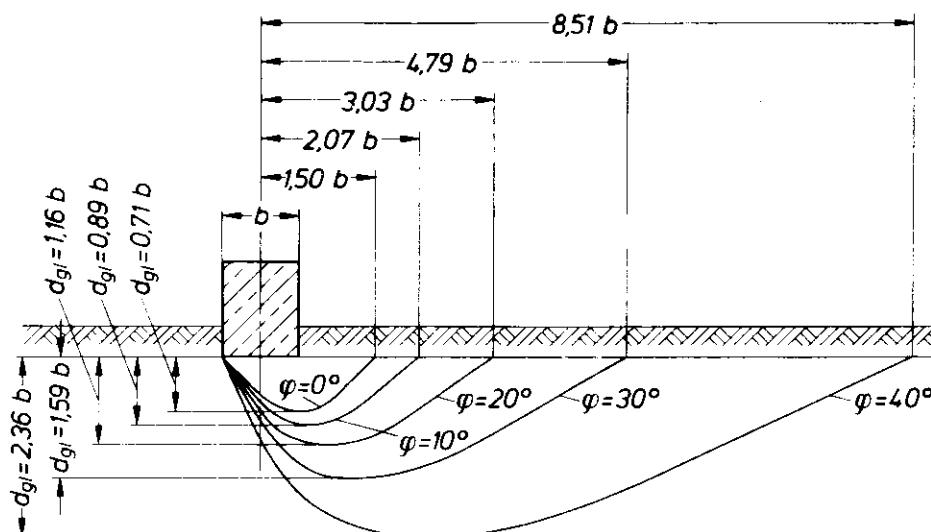


Bild 3. Lage der ungünstigsten Gleitfläche bei verschiedenen großen Reibungswinkeln in homogenem, gewichtslosem Boden

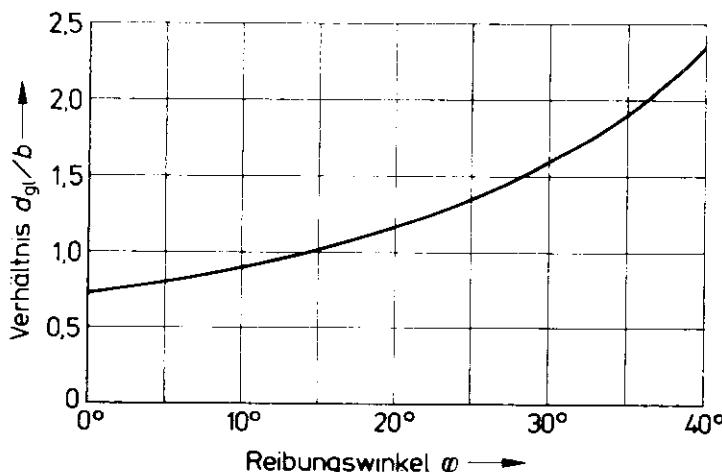


Bild 4. Beziehung zwischen Reibungswinkel φ und dem Verhältnis d_{gi}/b

Als Unterlagen für die Scherfestigkeit dienen die Schergeraden aus Versuchen für den entwässerten und unentwässerten Bodenzustand (siehe DIN 18137 Teil 1 (Vornorm)). Die Scherparameter für den wirksamen Reibungswinkel φ' und die etwaige wirksame Kohäsion c' gelten demnach für einen Zustand, bei dem der Boden nach seiner Konsolidation unter den Bauwerkslasten langsam auf Scheren beansprucht wird (Endzustand). Die Werte für die Kohäsion c_u und den etwaigen Reibungswinkel φ_u gelten für einen Zustand, bei welchem der Boden im Verhältnis zu seiner Wasserdurchlässigkeit schnell belastet wird und dabei auf Scheren beansprucht ist (Anfangszustand). Bei wassergesättigtem Ton ist $\varphi_u = 0$.

Bei nichtbindigen Böden gibt es nur die Scherdiagramme für den „entwässerten“ Scherversuch, da hier wegen der verhältnismäßig großen Durchlässigkeit die Porenwasserüberdrücke schnell verschwinden. Bei dicht gelagerten, nichtbindigen und auch vorbelasteten, festen, bindigen Böden fällt nach dem Bruch beim Gleiten die Scherfestigkeit ab. Da aber wegen des gewählten Sicherheitsbeiwertes kein Gleiten auftritt, soll die Schergerade des Bruchzustands der Berechnung zugrunde gelegt werden. Bei locker gelagerten, nichtbindigen und weichen, bindigen Böden entfällt diese Betrachtung, da die Scherfestigkeit beim Bruch gleich derjenigen beim Gleiten ist.

Zu Abschnitt 6 Ansatz der Lasten

In Bild 5 sind die oberhalb der Oberkante des Gründungskörpers wirkende Last V , die Eigenlast des Gründungskörpers G_1 mit der dazugehörigen Erd- und Wasserauflast $G_2 + G_W$, der Sohlwasserdruck und die wirksame mittlere Sohllast eingezzeichnet.

Die Last aus dem Sohlwasserdruck ist nicht immer gleich dem Auftrieb. Ein solcher Fall ist z. B. in Bild 5 dargestellt, wo der Gründungskörper unterhalb des Grundwasserspiegels nach oben kleiner wird, und dadurch der Sohlwasserdruck größer ist als der Auftrieb, der gleich der Last der durch das Bauwerk verdrängten Wassermenge ist.

Während bei Setzungsberechnungen von Bauwerken auf bindigen Böden die vorübergehend wirkenden Lasten in der Rechnung unberücksichtigt bleiben, sind für die Grundbruchberechnungen bei allen Bodenarten auch vorübergehend wirkende Lasten zu erfassen.

Dynamische Belastungen, z. B. durch Erschütterungen oder Erdbeben, können eine erhebliche Verringerung der Grundbruchsicherheit bringen. Die vorliegende Norm gilt nicht für diese Fälle.

Der ungünstigste Lastfall für die Grundbruchsicherheit tritt bei größter Sohllast und kleinster Eigenlast des Bodens auf. Da der Grundwasserstand beide Größen beeinflusst, muß dieser bei der Festlegung des ungünstigsten Lastfalles berücksichtigt werden. Mit steigendem Grundwasserstand nimmt die Eigenlast des Bodens und damit die Grundbruchsicherheit ab. Steigt das Grundwasser über die Gründungssohle, so wird einmal die Sohllast um den auftretenden Sohlwasserdruck, andererseits die seitliche Erdaulast in Höhe der Gründungssohle vermindert. Bei der Berechnung der Anfangsstandsicherheit von einfach verdichtetem oder gering überverdichtetem Boden, bei dem φ_u sehr klein ist, tritt der ungünstigste Fall im allgemeinen dann ein, wenn der Grundwasserstand in Höhe der Fundamentsohle liegt. Bei Berechnung der Endstandsicherheit, bei der der Reibungswinkel φ' größere Werte hat, nimmt die Sicherheit mit steigendem Grundwasserstand ab.

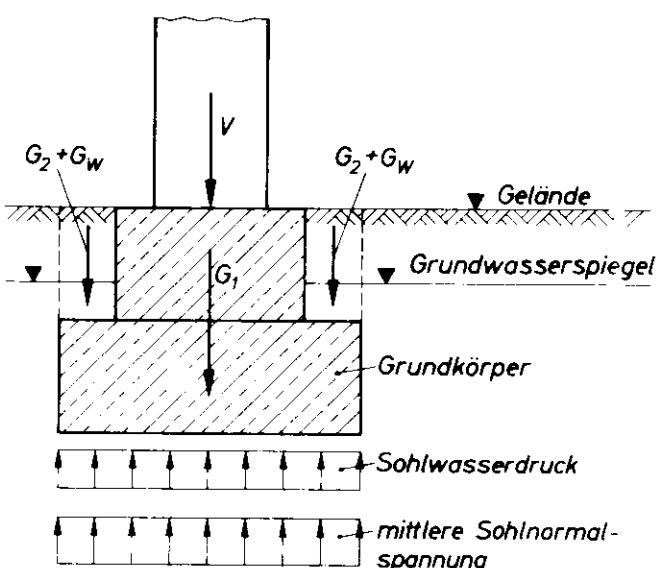


Bild 5. Ansatz der Lasten auf ein Fundament

Zu Abschnitt 7 Vereinfachung des Schichtenbildes

Angaben über die Berechnung der Grundbruchlast bei geschichteten Böden sind in den Erläuterungen zu Abschnitt 9 gegeben.

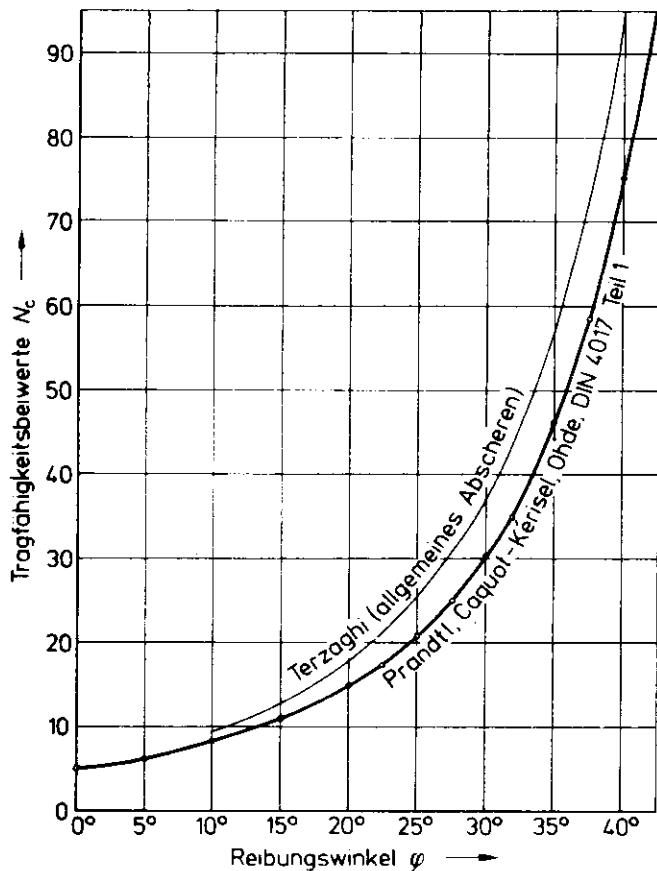
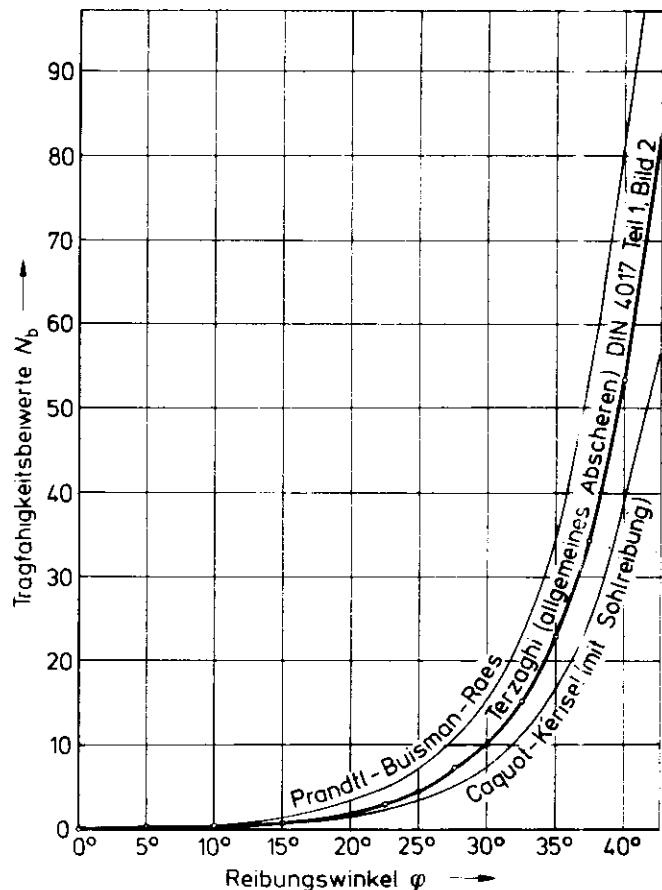
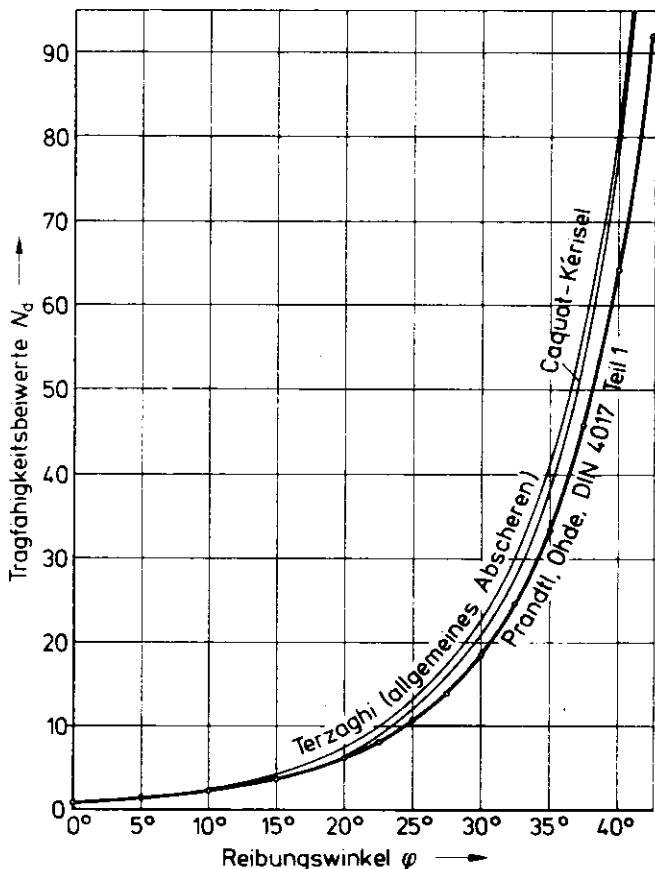
Eine Zusammenfassung von verschiedenen Bodenarten zu einer Schicht ist möglich, wenn die Scherbeiwerte und Wichten nicht stark voneinander abweichen.

Zu Abschnitt 8 Maßgebende Scherfestigkeit

Die Genauigkeit der Grundbruchberechnung hängt wesentlich von der richtigen Ermittlung der Scherbeiwerte ab. Dies gilt besonders für Böden mit Reibungswinkeln größer als 25°, da hier die Tragfähigkeitsbeiwerte mit steigendem Reibungswinkel sehr stark anwachsen (siehe Bilder 6, 7 und 8).

Bei nichtbindigen Böden hängt der Reibungswinkel außer von ihrem Kornaufbau und der Kornrauhigkeit von ihrer Lagerungsdichte ab. Er wächst etwa gradlinig mit abnehmender Porenzahl. Zwischen dem Reibungswinkel und der Porenzahl besteht etwa die Beziehung $\tan \varphi = K/e$. K ist eine Konstante, die zwischen 0,4 und 0,6 liegt, e ist die Porenzahl. Je Prozent Porenvolumenabnahme kann mit etwa 1° Erhöhung des Reibungswinkels gerechnet werden. Für nichtbindige Böden können die Reibungswinkel nach Tabelle 1 der Norm gewählt werden. Die Bezeichnungen

Beiblatt 1 zu DIN 4017 Teil 1

Bild 6. Tragfähigkeitsbeiwerte N_c für den Einfluß der KohäsionBild 8. Tragfähigkeitsbeiwerte N_b für den Einfluß der BauwerksbreiteBild 7. Tragfähigkeitsbeiwerte N_d für den Einfluß der Gründungstiefe

der Lagerungsdichte $D = (n_{\max} - n) / (n_{\max} - n_{\min})$ sind entsprechend DIN 1054 angegeben, wonach bei gleichförmigen Böden ($U < 3$) eine mitteldichte Lagerung bei Werten D von 0,3 bis 0,5 und bei ungleichförmigen Böden ($U \geq 3$) von 0,45 bis 0,65 vorliegt.

Da in den meisten Fällen eine Entnahme von ungestörten Sand- und Kiesproben zur Ermittlung der Lagerungsdichte nicht möglich ist, wird diese durch Sondierungen festgelegt. Der so gewonnenen Lagerungsdichte werden gewöhnlich aufgrund von Versuchen Reibungswinkel von 32,5°, 35° oder 37,5° zugeordnet (siehe Tabelle 1 der Norm).

Bei bindigen Böden muß zwischen den Scherbeiwerten für den entwässerten und unentwässerten Zustand des Bodens unterschieden werden.

Die Kohäsion c_u des unentwässerten Versuchs kann bei bindigen wassergesättigten Böden im Laboratorium durch Zylinderdruckversuche und im Feld durch Versuche mit der Flügelsonde oder mit Plattendruckversuchen bei Belastung bis zum Bruch (EAU¹) ermittelt werden. Da sich der c_u -Wert mit der Tiefe ändert, müssen die Versuche für verschiedene Tiefen vorgenommen werden. Wegen der großen Streuungen dieser Werte in der Natur müssen außerdem ausreichend viele Versuche bei einer bestimmten Tiefe ausgeführt werden.

¹) Empfehlungen des Arbeitsausschusses Ufereinfassungen, Verlag Wilhelm Ernst und Sohn

Für Tone gibt Terzaghi die folgenden Erfahrungswerte für verschiedene Konsistenzbereiche an.

Konsistenz	c_u kN/m ²
breiig	12,5
sehr weich	12,5 bis 25
weich	25 bis 50
steif	50 bis 100
halbfest	100 bis 200
hart	200

Da mit abfließendem Porenwasser die Scherfestigkeit des Bodens größer wird, nimmt die Grundbruchlast bei einfach verdichteten Böden bis zur Konsolidation unter der neuen Last zu.

Zu Abschnitt 9.1.1 Rechnerisches Verfahren

Die Verfahren zur Berechnung des Grundbruchs beruhen auf Arbeitshypothesen, bei denen vorausgesetzt wird, daß ein seitliches Wegdrücken des Bodens durch Überschreiten der Scherfestigkeit in einer bestimmten Gleitfläche eintritt.

Hierbei bildet sich unter dem Fundament ein Erdkeil (siehe Bild 9), durch den der seitlich davon befindliche Boden entweder nach beiden Seiten oder nach einer Seite hochgedrückt wird. Die von dem Erdkeil auf den seitlichen Boden wirkenden Kräfte Q sind in beiden Fällen vorhanden und gleich groß, so daß sich für den einseitigen und zwei-seitigen Grundbruch dieselbe Grundbruchlast ergibt. Da die Bodenverhältnisse an beiden Seiten des Bauwerks kaum völlig gleichartig sind, tritt auch bei beiderseitig gleicher Geländehöhe meistens nur ein einseitiger Bruch auf.

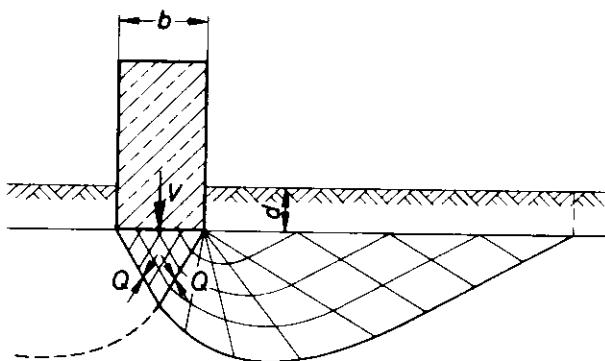


Bild 9. Gleitflächen unter einem Bauwerk beim Grundbruch

Bei Kellerwänden ist für die Berechnung des Grundbruchs meistens die Tiefe der Gründungssohle unter dem Kellerfußboden maßgebend, wenn das Ausweichen des Gründungskörpers nach innen nicht durch die üblichen Kellerquerwände oder einen massiven Kellerfußboden verhindert wird.

Bei der Ableitung der Gleichung (1) für die Grundbruchlast werden starre Gleitkörper betrachtet, die unterhalb einer waagerecht durch die Fundamentsohle gehenden Ebene liegen. Der darüber anstehende Boden ist lediglich als Auflast behandelt. Die Scherfestigkeit in der Gleitfläche, soweit sie diesen Boden schneidet, wird vernachlässigt. Die Anteile, die die Kohäsion in der Gleitfläche, die Eigenlast des Gleitkörpers und die Auflast auf dem Gleitkörper für die Grundbruchlast liefern, sind getrennt betrachtet und dann überlagert worden (siehe Bild 10).

Strenggenommen erhält man für die verschiedenen Einflüsse verschiedene ungünstige Gleitflächen. Die Fehler, die durch die Überlagerung gemacht werden, sind allerdings klein. Die tatsächliche Sicherheit ist größer als die so berechnete.

Wie in den Erläuterungen zu Abschnitt 1 ausgeführt ist, gilt die Norm nur für im Verhältnis zur Breite geringe Gründungstiefen d . Durch zusätzliche Einführung von Tiefenbeiwerten in den einzelnen Gliedern der Gleichung (Brinch-Hansen [1]) ist es möglich, den Einfluß größerer Gründungstiefen zu berücksichtigen.

Die Grundbruchgleichung (1) ergibt einen gleichmäßig verteilten Sohldruck unter der Gründung. Strenggenommen ist nur der Sohldruck aus den Anteilen der Kohäsion und der Gründungstiefe gleichmäßig verteilt, während die Sohldruckverteilung aus dem Einfluß der Gründungsbreite angenähert eine dreieckige Form hat (siehe Bild 10).

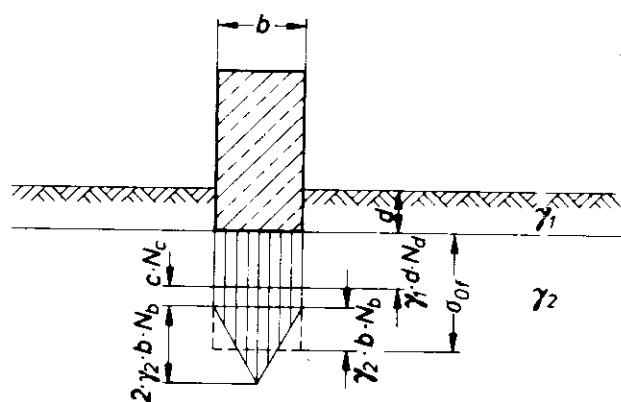


Bild 10. Sohldruckverteilung unter einem Bauwerk beim Grundbruch

Zu Abschnitt 9.1.2 Zeichnerisches Verfahren

In denjenigen Fällen, in welchen die Grundbruchgleichung (1) nicht anwendbar ist, muß nach einem zeichnerischen Verfahren mit geeignet ausgewählten Prüfflächen der kleinste Gleitwiderstand bestimmt werden.

Bei dem zeichnerischen Verfahren wird die Grundbruchlast bei Annahme verschiedener wahrscheinlicher Prüfflächen bestimmt und die für die ungünstigste Prüffläche vorhandene Grundbruchlast gesucht. Als Prüfflächen können mit ausreichender Näherung, z. B. logarithmische Spiralen mit Tangenten, gewählt werden. Kreisförmige Prüfflächen ergeben nicht immer auf der sicheren Seite liegende Ergebnisse.

Zu Abschnitt 9.3 Berücksichtigung des Schichtenwechsels

Eine einfache Bodenschichtung, die eine Anwendung der Formel ermöglicht, liegt vor, wenn entweder eine gleichmäßige Schicht vorhanden ist oder aber zwei waagerechte Schichten anstehen, deren Begrenzungsfäche etwa in Höhe der Gründungssohle liegt. In beiden Fällen braucht der Boden nur bis zu der Tiefe berücksichtigt zu werden, bis zu welcher die entstehende Gleitfläche des Grundbruchs äußerstens reicht (siehe Bild 3).

Die Gleichung (1) für die Grundbruchlast kann bei geschichtetem Boden verwendet werden, wenn mit Mittelwerten für den Reibungswinkel und die Kohäsion in der Gleitfläche gerechnet wird.

Für eine Näherungsberechnung bei verschiedenen Schichten sind der Reibungswinkel und die Kohäsion entsprechend den anteiligen Längen in der Bruchfuge zu mitteln.

Beiblatt 1 zu DIN 4017 Teil 1

Die mittlere Wichte wird als gewogenes Mittel aus den anteiligen Schichtenflächen innerhalb des Bruchkörpers gewonnen. Mit den Mittelwerten wird dann die Berechnung wie für einen einheitlichen Boden durchgeführt.

Als ein verfeinertes Verfahren kann z. B. die Gleitfläche als gekrümmter Linienzug aufgetragen werden, wobei die Gleitflächenwinkel der einzelnen Schichten zu berücksichtigen sind. Längs dieser Gleitflächen sind dann die Scherparameter c' und φ' zu mitteln, indem bei der Kohäsion die Längen der Gleitlinien bzw. beim Reibungswinkel die Normaldruckflächen innerhalb der einzelnen Schichten als Lasten verwendet werden (Schultze [21]). Der Normaldruck kann nach der Formel ermittelt werden:

$$\sigma = \gamma \cdot z \cdot \cos^2 \delta$$

δ = Tangentenwinkel der Gleitfläche gegen die Horizontale

z = Überlagerungshöhe

γ = Wichte des Bodens

Zu Abschnitt 10 Tragfähigkeitsbeiwerte

Die in die Grundbruchgleichung einzusetzenden Tragfähigkeitsbeiwerte sind Erdwiderstandsbeiwerte für den Sonderfall, daß eine lotrechte Belastung auf einem Halbraum mit waagerechter Oberfläche wirkt. Die Belastung kann dabei auf dem Halbraum aufliegen oder in einer gewissen Tiefe wirken.

Bei allen Ableitungen ist vorausgesetzt, daß ein Grundbruch in Form einer ausgeprägten Gleitfläche auftritt und die Scherfestigkeit in der gesamten Gleitfläche gleichzeitig ausgenutzt ist. Dieses ist bei ausreichend dicht gelagerten nichtbindigen und vielen bindigen Böden der Fall, nicht aber unbedingt bei locker gelagerten nichtbindigen und weichen bindigen Böden.

Die von den verschiedenen Verfassern angegebenen Tragfähigkeitsbeiwerte unterscheiden sich z. T. erheblich (siehe Bilder 6, 7 und 8). Die Ursache hierfür liegt in den unterschiedlichen Voraussetzungen, unter denen sie abgeleitet wurden.

Das gilt insbesondere für den Tragfähigkeitsbeiwert N_b . Grundsätzlich sind hier Lösungsansätze zu unterscheiden, die von statisch bestimmten Verhältnissen ausgehen und die abrutschenden Teilbereiche im Boden als starre Scheiben ansehen (hierzu zählen alle älteren Verfahren), und neuere Lösungsansätze, die die Kinematik und die plastischen Deformationen dieser abrutschenden Teilbereiche berücksichtigen (z. B. Mizuno [13], Lundgren/Mortensen [10], Larkin [9]): zu den letzteren gehören auch die Lösungsansätze der modernen Plastizitätstheorie (Davis [8]). Die Ergebnisse dieser Untersuchungen (für $d = 0$) führen zu übereinstimmenden unteren (statischen) bzw. oberen (kinematischen) Grenzwerten N_b . Die unteren Grenzwerte N_b werden nach Brinch-Hansen [3] hinreichend genau durch die Näherung

$$N_b = 0,75 (N_d - 1) \cdot \tan \varphi$$

erfaßt; die oberen Grenzwerte sind rund 10 % höher.

Demgegenüber hat Meyerhof [12] auch theoretische Tragfähigkeitsbeiwerte N_b für Fundamente mit $d \neq 0$ abgeleitet, die um 1/3 höher als die unteren Grenzwerte für N_b sind. Sie stimmen recht genau mit den Ergebnissen der umfangreichen großmaßstäblichen Belastungsversuche der Degebo überein (Muhs/Weiß [16] und Muhs [15]) und können durch die empirische Gleichung

$$N_b = (N_d - 1) \tan \varphi$$

wiedergegeben werden. Diese Gleichung ist der Norm zugrunde gelegt worden. Hierin stellen N_d die theoretischen Werte von Prandtl dar.

Die Tragfähigkeitsbeiwerte N_c und N_d , die der Norm zugrunde gelegt wurden, lauten:

$$N_c = (N_d - 1) \cot \varphi \quad (\text{Caquot [4]})$$

$$N_d = e^{\pi \cdot \tan \varphi} \cdot \tan^2 \left(45 + \frac{\varphi}{2} \right) \quad (\text{Prandtl [18]})$$

Zu Abschnitt 11 Formbeiwerte

Die ursprüngliche Grundbruchgleichung ist für Streifenfundamente aufgestellt und später durch Einführen von Formbeiwerten auf bestimmte Grundrissformen, wie Rechtecke, Quadrate und Kreise, erweitert worden. Die Formbeiwerte für das Tiefen- und das Kohäsionsglied hängen außer von der Form auch von dem Reibungswinkel des Bodens ab. Die in Tabelle 3 der Norm angegebenen Formbeiwerte sind unter Zugrundelegung neuerer Forschungsergebnisse von de Beer [7] und Weiss [24], [25] vom Ausschuß festgelegt.

Zu Abschnitt 12 Sicherheit

Die in Abschnitt 12.1 definierte Sicherheit gibt an, mit welchem Faktor die vorhandene Last bei den gegebenen Bodenverhältnissen und Fundamentabmessungen multipliziert werden kann, um die rechnerische Grundbruchlast zu erreichen. Die Sicherheit richtet sich nach der Wirklichkeitstreue des Berechnungsverfahrens und nach der Genauigkeit, mit der die äußeren Lasten und die Bodenkenngrößen festgelegt werden können. Sie ist für verschiedene Lastfälle unterschiedlich groß. Für das in Abschnitt 9.1.1 vorgeschlagene Verfahren sind die Sicherheiten nach DIN 1054, Ausgabe November 1976, Abschnitt 4.1.3.2 als Totalsicherheiten einzuführen. Sie betragen für den Lastfall 1: $\eta = 2$, für den Lastfall 2: $\eta = 1,5$ und für den Lastfall 3: $\eta = 1,3$. Die Lastfälle selbst sind in DIN 1054, Ausgabe November 1976, Abschnitt 2.2, definiert.

Die zulässige Grundbruchlast kann aber auch nach Abschnitt 12.2 dadurch bestimmt werden, daß man die Grundbruchberechnung nach Abschnitt 9.1.1 mit Scherwerten durchführt, die durch Einführung einer Sicherheit reduziert sind. Es ist dann lediglich nachzuweisen, daß die Gleichgewichtsbedingung $V = V_b$ erfüllt ist. Die in Abschnitt 12.2 für die Sicherheiten auf die Scherwerte allein angegebenen Werte sind demnach keine Partialsicherheiten auf die Scherwerte, sondern schließen alle Unsicherheiten auch aus den Lastannahmen und den Bodenkenngrößen, mit ein.

2 Schrifttum

- [1] Brinch-Hansen, J., und Lundgren, H.: Hauptprobleme der Bodenmechanik. Berlin: Springer 1960
- [2] Brinch-Hansen, J.: A general formula for bearing capacity. Bulletin, Geoteknik Institut, Copenhagen (1961), Nr. 11
- [3] Brinch-Hansen, J.: A revised and extended formula for bearing capacity. Bulletin, Geoteknik Institut, Copenhagen (1970), Nr. 28
- [4] Caquot, A., Kérisel, J.: Traité de Mécanique des Sols. Paris: Gauthier-Villars 1956
- [5] De Beer, E. E.: Grondmechanica Bd. 2 Antwerpen, Brüssel, Gent, Löwen: N.V. Standaard Booghandel, 1. Aufl. 1949 und 2. Aufl. 1956
- [6] De Beer, E. E.: Neuere Erkenntnisse über den Bruchwiderstand kohäsionsloser Böden unter Flachgründungen. Mitteilungen aus dem Institut für Verkehrswasserbau, Grundbau und Bodenmechanik der TH Aachen (1962), Heft 25

- [7] De Beer, E. E.: Proefondervindelijke bijdrage tot de studie van het grensdragvermogen en zand onder funderingen op staal. Bepaling van de vormfactor s_b . Gent. Engl. Zusammenfassung: Experimental determination of the shape factors and the bearing capacity factors. Manuscript (1969)
- [8] Davis, E. H.: Theories of plasticity and the failure of soil masses. Erschienen in Lee, I. K.: Soil Mechanics. Selected Topics. Butterworths. London: 1968
- [9] Larkin, L. A.: Theoretical bearing capacity for very shallow footings. Proc. Am. Soc. Civ. Eng. 94 (1968), SM. 6
- [10] Lundgren, H., Mortensen, K.: Determination of the theory of plasticity of the bearing capacity of continuous footings on sand. Proc. 3. Int. Conf. Soil Mech. Found. Eng. Zürich (1953), Bd. 1
- [11] Meyerhof, G. G.: The ultimate bearing capacity of foundations. Géotechnique II (1951) Nr. 4, S. 301
- [12] Meyerhof, G. G.: Neue Forschungen über die Tragfähigkeit von Flachgründungen und Pfahlgründungen. Mitteilungen aus dem Institut für Verkehrswasserbau, Grundbau und Bodenmechanik der TH Aachen (1962), Heft 25
- [13] Mizuno, T.: On the bearing power of soil in a two dimensional problem. Proc. 2. Int. Conf. Soil Mech. Found. Eng. Rotterdam (1948), Bd. 3
- [14] Muhs, H.: Neuere Erkenntnisse über die Tragfähigkeit von flachgegründeten Fundamenten aus Großversuchen und ihre Bedeutung für die Berechnung. Vorträge der Baugrundtagung 1968 in Hamburg
- [15] Muhs, H.: Die experimentelle Untersuchung der Grenztragfähigkeit nichtbindiger Böden bei lotrechter Belastung. Degebo-Mitteilungen (1971), Heft 27, 1. Aufsatz
- [16] Muhs, H., Weiss, K.: Untersuchung von Grenztragfähigkeit und Setzungsverhalten flachgegründeter Einzelfundamente im ungleichförmigen nichtbindigen Boden. Berichte aus der Bauforschung (1971), Heft 69
- [17] Ohde, J.: Grundbaumechanik. In: Hütte III, 28. Aufl. Berlin: Ernst und Sohn 1956
- [18] Prandtl, L.: Über die Härte plastischer Körper. Nachr. Ges. der Wissenschaften 1920
- [19] Schultze, E.: Die Verwendbarkeit von Gleitfeldern zur Bestimmung der Tragfähigkeit von Flachgründungen. Die Bautechnik 27 (1950), Nr. 10, S. 321
- [20] Schultze, E.: Standsicherheit der Grundbauwerke. In: Grundbautaschenbuch Band I, 2. Aufl. Berlin – München: Ernst und Sohn (1966)
- [21] Schultze, E.: Die Standsicherheit schiefer Türme. Vorträge der Baugrundtagung 1968 in Hamburg
- [22] Terzaghi, K., Jelinek, R.: Theoretische Bodenmechanik. Berlin – Göttingen – Heidelberg: Springer 1954
- [23] Terzaghi, K., Peck, R. B.: Die Bodenmechanik in der Baupraxis. Berlin – Göttingen – Heidelberg: Springer 1961
- [24] Weiss, K.: Der Einfluß der Fundamentform auf die Grenztragfähigkeit flachgegründeter Fundamente. Berichte aus der Bauforschung (1970), Heft 65
- [25] Weiss, K.: Die Formbeiwerte in der Grundbruchgleichung für nichtbindige Böden. Degebo-Mitteilungen (1973), Heft 29
- [26] Zweck, H.: Baugrunduntersuchungen durch Sonden. Bauingenieur-Praxis. Heft 71 Berlin – München: Ernst und Sohn 1969

3 Berechnungsbeispiele

3.1 Beispiel 1

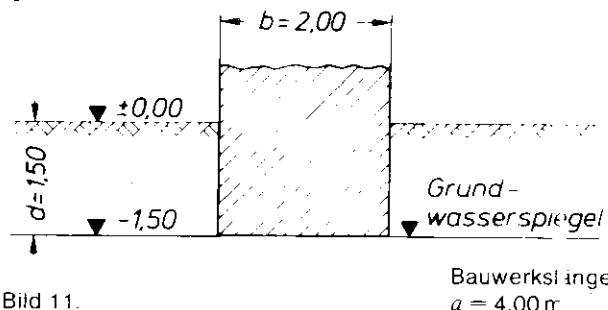


Bild 11.

Die Grundbruchlast in der Sohle des Bauwerks wird nach Gleichung (1) der Norm ermittelt:

$$V_b = b \cdot a \cdot \sigma_{0f} \\ = b \cdot a \cdot (c \cdot N_c + v_c + \gamma_1 \cdot d \cdot N_d + v_d + \gamma_2 \cdot b \cdot N_b + v_b)$$

für folgende Fälle

Fall a) Untergrund Sand

Bodenkonstanten

Wichte über Wasser = $\gamma_1 = 17,0 \text{ kN/m}^3$

Wichte unter Wasser = $\gamma_2 = 10,0 \text{ kN/m}^3$

$\varphi = 32,5^\circ$ $c = 0 \text{ kN/m}^2$

Damit wird nach Tabelle 2 der Norm

$$N_d = 25,0$$

$$N_h = 15,0$$

und nach Tabelle 3

$$v_d = 1 + \sin \varphi \cdot \frac{b}{a} = 1 + \sin 32,5^\circ \cdot \frac{2,00}{4,00} \\ = 1 + 0,5373 \cdot \frac{1}{2} = 1,27$$

$$v_b = 1 - 0,3 \cdot \frac{b}{a} = 1 - 0,3 \cdot \frac{2,00}{4,00} = 0,85$$

Nach Gleichung (1) ergibt sich mit $d = 1,50 \text{ m}$ die Bruchspannung

$$\sigma_{0f} = \gamma_1 \cdot d \cdot N_d \cdot v_d + \gamma_2 \cdot b \cdot N_b \cdot v_b \\ = 17,0 \cdot 1,50 \cdot 25,0 \cdot 1,27 \\ + 10,0 \cdot 2,00 \cdot 15,0 \cdot 0,85 \\ = 809,6 + 255,0 = 1064,6 \text{ kN/m}^2$$

Nach der Norm, Abschnitt 12, wird für die Sicherheit $\eta_p = 2,0$ die zulässige Sohllastspannung

$$\text{zul } \sigma_0 = \sigma_{0f} / \eta_p = \frac{1064,6}{2,0} = 532,3 \text{ kN/m}^2$$

und die zulässige Last

$$\text{zul } V = \text{zul } \sigma_0 \cdot a \cdot b = 532,3 \cdot 4,00 \cdot 2,00 \\ = 4258,5 \text{ kN}$$

Fall b) Untergrund weicher Ton (normal konsolidiert)

b.1) Berechnung mit der Bezugsgröße: Last

Bodenkonstanten

Wichte über Wasser = $\gamma_1 = 17,0 \text{ kN/m}^3$

Wichte unter Wasser = $\gamma_2 = 7,0 \text{ kN/m}^3$

$\varphi' = 17,5^\circ$ $\varphi_u = 0^\circ$

$c' = 10,0 \text{ kN/m}^2$ $c_u = 20,0 \text{ kN/m}^2$

Bei normal konsolidiertem Boden ist die Scherfestigkeit des unentwässerten Versuches maßgebend mit

$$c = c_u = 20,0 \text{ kN/m}^2$$

$$\varphi = \varphi_u = 0^\circ$$

Nach Tabelle 2 der Norm wird

$$N_d = 1,0$$

$$N_b = 0$$

$$N_c = 5,0$$

Beiblatt 1 zu DIN 4017 Teil 1

nach Tabelle 3

$$\nu = 1,0$$

$$\nu_c = 1 + 0,2 \cdot \frac{b}{a} = 1,1$$

Nach Gleichung (1) ergibt sich mit $d = 1,50 \text{ m}$ die Sohlelastung

$$\sigma_{0f} = c \cdot N_c \cdot \nu_c + \gamma_1 \cdot d \cdot N_d \cdot \nu_d$$

$$= 20,0 \cdot 5,0 \cdot 1,1 + 17,0 \cdot 1,50 \cdot 1,0 \cdot 1,0$$

$$= 110 + 25,50 = 135,50 \text{ kN/m}^2$$

Nach Abschnitt 12 der Norm wird mit der Sicherheit $\eta_p = 2,0$ die zulässige Sohlelastung

$$\text{zul } \sigma_0 = \sigma_{0f}/\eta_p = \frac{135,50}{2,0} = 67,8 \text{ kN/m}^2$$

Zulässige Last

$$\text{zul } V = \text{zul } \sigma_0 \cdot a \cdot b = 67,8 \cdot 4,00 \cdot 2,00$$

$$= 542,4 \text{ kN}$$

b.2) Berechnung mit der Bezugsgröße: Scherbeiwerte Bodenkennwerte wie bei b.1).

$$\text{zul tan } \varphi' = \frac{\tan \varphi'}{\eta_r}; \text{ mit } \eta_r = 1,25 \text{ (DIN 1054, Lastfall 1)}$$

$$\text{zul } c = \frac{c}{\eta_c}; \text{ mit } \eta_c = 2,00$$

Da wie bei b.1) der unentwässerte Versuch maßgebend ist:

$$\text{zul } \varphi = 0 \text{ und zul } c = \frac{20}{2} = 10 \text{ kN/m}^2$$

Nach Tabelle 2 der Norm wird:

$$N_d = 1,0; N_b = 0; N_c = 5,0$$

Nach Tabelle 3:

$$\nu_d = 1,0; \nu_c = 1 + 0,2 \cdot \frac{b}{a} = 1,1$$

Nach Gleichung (1) ergibt sich mit $d = 1,50 \text{ m}$ die zulässige Sohlelastung:

$$\text{zul } \sigma_0 = c \cdot N_c \cdot \nu_c + \gamma_1 \cdot d \cdot N_d \cdot \nu_d$$

$$= 10 \cdot 5 \cdot 1,1 + 17 \cdot 1,5 \cdot 1 \cdot 1 = 80,5 \text{ kN/m}^2$$

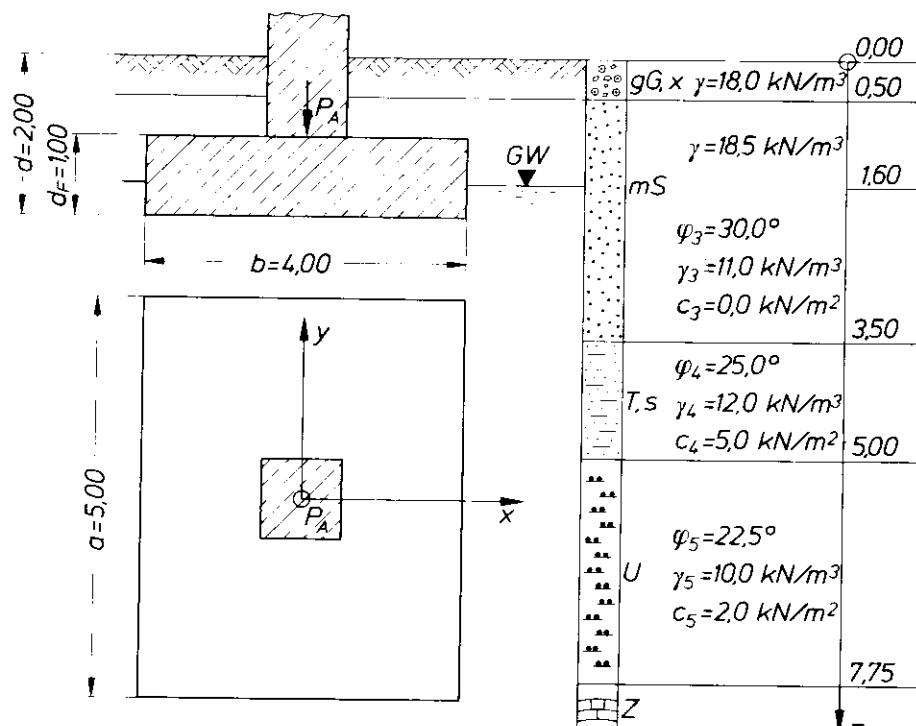


Bild 12. Aufgabenstellung

Zulässige Last:

$$\text{zul } V = \text{zul } \sigma_0 \cdot a \cdot b = 80,5 \cdot 4,00 \cdot 2,00 = 644 \text{ kN}$$

Fall c) Untergrund Geschiebemergel (vorbelastet)

Bodenkonstanten

$$\text{Wichte über Wasser} = \gamma_1 = 22,0 \text{ kN/m}^3$$

$$\text{Wichte unter Wasser} = \gamma_2 = 12,0 \text{ kN/m}^3$$

$$\varphi' = 30,0^\circ \quad \varphi_u = 0^\circ$$

$$c' = 25 \text{ kN/m}^2 \quad c_u = 50,0 \text{ kN/m}^2$$

Bei vorbelastetem Boden gilt die Scherfestigkeit des entwässerten Versuches mit

$$c = c' = 25 \text{ kN/m}^2$$

$$\varphi = \varphi' = 30^\circ$$

Nach Tabelle 2 der Norm wird

$$N_d = 18,0 \quad N_c = 30,0$$

$$N_b = 10$$

Nach Tabelle 3 ist:

$$\nu_d = 1 + \sin \varphi \cdot \frac{b}{a} = 1 + \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{4} = 1,25$$

$$\nu_c = \frac{\nu_d \cdot N_d - 1}{N_d - 1} = \frac{1,25 \cdot 18,0 - 1}{18,0 - 1} = \frac{21,50}{17} = 1,26$$

$$\nu_b = 0,85$$

Nach Gleichung (1) ergibt sich mit $d = 1,50 \text{ m}$ die Sohlelastung

$$\sigma_{0f} = c \cdot N_c \cdot \nu_c + \gamma_1 \cdot d \cdot N_d \cdot \nu_d + \gamma_2 \cdot b \cdot N_b \cdot \nu_b$$

$$= 25,0 \cdot 30,0 \cdot 1,26 + 22,0 \cdot 1,50 \cdot 18,0 \cdot 1,25$$

$$+ 12,0 \cdot 2,00 \cdot 10,0 \cdot 0,85$$

$$= 945,0 + 742,50 + 204,0 = 1891,50 \text{ kN/m}^2$$

Nach Abschnitt 12 wird mit $\eta_p = 2,0$ die zulässige Sohlelastung

$$\text{zul } \sigma_0 = \sigma_{0f}/\eta_p = \frac{1891,5}{2,00} = 945,8 \text{ kN/m}^2$$

zulässige Last

$$\text{zul } V = \text{zul } \sigma_0 \cdot a \cdot b = 945,8 \cdot 4,00 \cdot 2,00$$

$$= 7566,0 \text{ kN}$$

3.2 Beispiel 2 Berechnung der Grundbruchlast für einen mittig und lotrecht belasteten Gründungskörper auf geschichtetem Baugrund

Für einen mittig und lotrecht belasteten Gründungskörper auf geschichtetem Baugrund soll die Grundbruchsicherheit berechnet werden.

Die gegebene Belastung und die Schichtung des Baugrunds mit den Bodenkenngrößen sind aus dem Bild 12 ersichtlich.

3.2.1 Vorhandene Belastungen

Lotrechte Belastung:

Auflast aus statischer Berechnung $P_A = 6575,00 \text{ kN}$

Eigenlast des Fundaments

$P_E = (4,00 \cdot 5,00 \cdot 1,00) \cdot 24,00 = 480,00 \text{ kN}$

Auftriebskraft

$P_{\text{Auf}} = -(4,00 \cdot 5,00) \cdot 10,00 \cdot (2,00 - 1,60) = -80,00 \text{ kN}$

Gesamte lotrechte Belastung der Sohle $V = 6975,00 \text{ kN}$

3.2.2 Iterative Bestimmung der maßgebenden Bodenkenngrößen

Die iterative Ermittlung der maßgebenden Bodenkenngrößen kann nach DIN 4017 Teil 1 bei geschichtetem Baugrund nur dann erfolgen, wenn im Einflußbereich der Grundbruchfigur die Abweichung der Einzelwerte der Reibungswinkel φ vom arithmetischen Mittelwert φ_m kleiner als 5° ist.

Der Mittelwert φ_m der drei anstehenden Schichten beträgt

$$\varphi_m = \frac{30,0 + 25,0 + 22,5}{3} = 25,8^\circ$$

Die Einzelwerte φ weichen also um weniger als 5° vom Mittelwert φ_m ab.

Die Iteration wird mit dem Reibungswinkel φ_3 der direkt unter dem Fundament gelegenen Schicht begonnen. Es könnte auch mit dem Mittelwert φ_m oder einem geschätzten Wert begonnen werden.

1. Iterationsschritt:

Ermittlung der Grundbruchfigur für $\varphi_0 = 30^\circ$

(Die Bezeichnungen sind aus Bild 13 ersichtlich.)

Geometrie der Grundbruchfigur

$$\beta = 45^\circ - \frac{\varphi_0}{2} = 45^\circ - \frac{30^\circ}{2} = 30^\circ$$

$$\alpha = 45 + \frac{\varphi_0}{2} = 60^\circ$$

Damit

$$\omega = 90,00^\circ$$

Dreieckseite r_0 :

$$r_0 = \frac{b}{\sin(90^\circ - \varphi_0)} = \frac{4,00}{\sin(90^\circ - 30^\circ)} = \frac{4,00}{\sin 60,00^\circ} = 4,00 \text{ m}$$

Dreieckseite r_1 :

$$r_1 = r_0 \cdot e^{(\arctan \omega \cdot \tan \varphi_0)} = 4,00 \cdot e^{(90,00^\circ \cdot \pi/180^\circ \cdot \tan 30^\circ)} = 9,91$$

Länge der Gleitfigur l :

$$l = 2 \cdot r_1 \cdot \cos \beta = 2 \cdot 9,91 \cdot \cos 30^\circ = 17,16 \text{ m}$$

Tiefe der Gleitfigur unter Sohle max d_s :

$$\max d_s = r_0 \cdot \cos \varphi_0 \cdot e^{(\arctan \alpha \cdot \tan \varphi_0)} = 4,00 \cdot \cos 30^\circ \cdot e^{(60,00^\circ \cdot \pi/180^\circ \cdot \tan 30^\circ)} = 6,34 \text{ m}$$

d. h. die tiefste Stelle der Gleitfigur liegt bei

$$z = \max d_s + d = 8,34 \text{ m unter Gelände.}$$

Zur Vereinfachung wird die Gleitlinie bei der analytischen Berechnung durch einen Polygonzug angenähert. So ergibt sich bei dreifacher Unterteilung des Öffnungswinkels ω der logarithmischen Spirale das Polygon P_1 bis P_6 . Anschließend werden die Schnittpunkte S_{3l} und S_{3r} , bzw. S_{4l} und S_{4r} der horizontalen Schichtgrenzen mit dem Polygonzug bestimmt. Die Schnittpunkte lassen sich auch zeichnerisch ermitteln, indem die Grundbruchfigur aufgetragen und dann die Schnittpunkte aus der Zeichnung entnommen werden. Bezogen auf ein im Punkt P_1 liegendes kartesisches Koordinatensystem ergeben sich damit folgende Schnittpunkte:

$$S_{3l}(0,87; 1,50)$$

$$S_{3r}(18,56; 1,50)$$

$$S_{4l}(1,73; 3,00)$$

$$S_{4r}(15,96; 3,00)$$

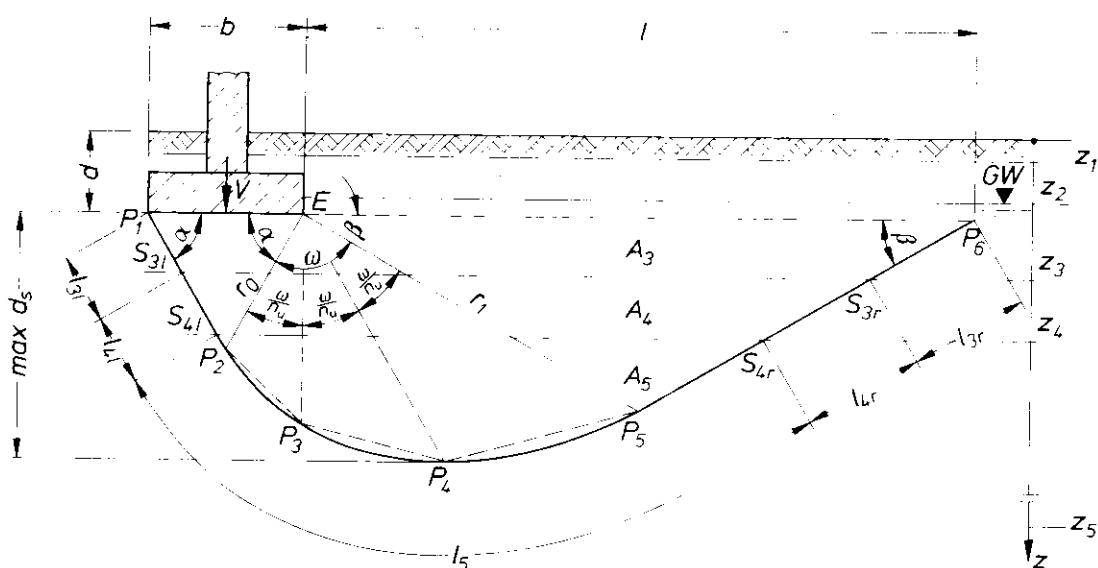


Bild 13. Grundbruchfigur für eine mittige vertikale Belastung

Beiblatt 1 zu DIN 4017 Teil 1

Damit ergeben sich anteilige Längen aus den Schnitt- und Polygonpunkten wie folgt:

$$\begin{aligned} l_3 &= l_{3l} + l_{3r} = 4,73 \text{ m} \\ l_4 &= l_{4l} + l_{4r} = 1,73 + 3,00 = 4,73 \text{ m} \\ l_5 &= 16,12 \text{ m} \end{aligned}$$

Gesamtlänge $l_{\text{tot}} = 25,58 \text{ m}$

Mit diesen anteiligen Längen ergibt sich als Ergebnis des ersten Iterationsschrittes der Winkel der inneren Reibung φ_{m1} als gewogenes Mittel.

$$\begin{aligned} \tan \varphi_{m1} &= \frac{l_3 \cdot \tan \varphi_3 + l_4 \cdot \tan \varphi_4 + l_5 \cdot \tan \varphi_5}{l_3 + l_4 + l_5} \\ &= \frac{4,73 \cdot \tan 30^\circ + 4,73 \cdot \tan 25^\circ + 16,12 \cdot \tan 22,5^\circ}{25,58} \end{aligned}$$

und damit

$$\varphi_{m1} = 24,42^\circ$$

Die Abweichung vom Ausgangswert $\varphi_0 = \varphi_1 = 30^\circ$ beträgt:

$$\Delta_1 = \frac{30,0 - 24,42}{30,0} \cdot 100 = 18,60\%$$

Die Abweichung Δ_1 ist größer als 3%. Es ist ein weiterer Iterationsschritt mit

$$\varphi_1 = \frac{24,42 + 30,00}{2} = 27,21^\circ$$

notwendig.

Die anteiligen Längen könnten auch einer maßstäblichen graphischen Darstellung der Grundbruchfigur entnommen werden.

2. Iterationsschritt:

Ermittlung der Grundbruchfigur für $\varphi_1 = 27,21^\circ$. Die Berechnung verläuft analog dem ersten Iterationsschritt.

Für die anteiligen Längen wurde errechnet:

$$\begin{aligned} l_3 &= 4,64 \text{ m} \\ l_4 &= 4,64 \text{ m} \\ l_5 &= 13,49 \text{ m} \end{aligned}$$

Der Winkel der inneren Reibung kann bestimmt werden zu:

$$\begin{aligned} \tan \varphi_{m2} &= \frac{4,64 \cdot \tan 30^\circ + 4,64 \cdot \tan 25^\circ + 13,49 \cdot \tan 22,5^\circ}{22,77} \\ \varphi_{m2} &= 24,61^\circ \end{aligned}$$

Die Abweichung ist mit 9,55% noch größer als 3%. Daher ist ein weiterer Iterationsschritt durchzuführen mit:

$$\varphi_2 = \frac{27,21 + 24,61}{2} = 25,91^\circ$$

3. Iterationsschritt:

Als Ergebnis des 3. Iterationsschritts ergibt sich:

$$\varphi_{m3} = 24,70^\circ$$

Die Abweichung Δ_1 vom Ausgangswert beträgt 4,66%, ist also noch größer als 4,0%. Ein weiterer Iterationsschritt ist daher notwendig.

$$\varphi_3 = \frac{25,91 + 24,70}{2} = 25,31^\circ$$

4. Iterationsschritt:

Ergebnis des 4. Iterationsschrittes $\varphi_{m4} = 24,74^\circ$.

Die Abweichung Δ_1 vom Ausgangswert ist mit 2,22% kleiner als 3%. Es ist also kein weiterer Iterationsschritt durchzuführen.

Der für den Grundbruchnachweis maßgebende Reibungswinkel ergibt sich zu:

$$\varphi_4 = \frac{25,31 + 24,74}{2} = 25,0^\circ$$

3.2.3 Grundbruchnachweis

Für den maßgebenden Reibungswinkel werden nun in Analogie zu Iterationsschritt 1 die geometrischen Daten der Grundbruchfigur ermittelt. Mit den anteiligen Längen

$$\begin{aligned} l_3 &= 4,57 \text{ m} \\ l_4 &= 4,57 \text{ m} \\ l_5 &= 11,75 \text{ m} \end{aligned}$$

lässt sich die maßgebende Kohäsion c berechnen als gewogenes Mittel aus den Längen

$$\begin{aligned} c &= (l_3 \cdot c_3 + l_4 \cdot c_4 + l_5 \cdot c_5) / l_{\text{tot}} \\ &= 4,57 \cdot 0,00 + 4,57 \cdot 5,00 + 11,75 \cdot 2,00 \\ &\quad 20,89 = 2,22 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Ermittlung der maßgebenden Wichten γ

a) unterhalb der Gründungssohle

Die für die Grundbruchberechnung maßgebende Wichte wird aus den anteiligen Flächen A_3 , A_4 und A_5 bestimmt.

Es ergeben sich

$$\begin{aligned} A_3 &= 23,13 \text{ m}^2 \\ A_4 &= 18,17 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

und

$$A_5 = 15,62 \text{ m}^2$$

Damit beträgt die Gesamtfläche

$$A_{\text{tot}} = 56,92 \text{ m}^2$$

und die maßgebende Wichte unterhalb der Gründungssohle als gewogenes Mittel aus den Teilflächen A

$$\begin{aligned} \gamma &= (A_3 \cdot \gamma_3 + A_4 \cdot \gamma_4 + A_5 \cdot \gamma_5) / A_{\text{tot}} \\ &= 23,13 \cdot 11,00 + 18,17 \cdot 12,00 + 15,62 \cdot 10,00 \\ &\quad 56,92 = 11,05 \text{ kN/m}^3 \end{aligned}$$

b) Wichte γ_1 oberhalb der Gründungssohle

Die für die Grundbruchberechnung maßgebende Wichte oberhalb der Gründungssohle wird über die anteiligen Höhen ermittelt.

$$\begin{aligned} \gamma_1 &= \frac{0,50 \cdot 18,00 + 1,10 \cdot 18,50 + 0,40 \cdot 11,00}{2,00} = 16,88 \text{ kN/m}^3 \end{aligned}$$

Mit den errechneten maßgebenden Bodenkenngrößen können nun die Beiwerte wie für homogenen Baugrund bestimmt werden.

Die Formeln für die einzelnen Beiwerte sind den Eräuterungen im Beiblatt 1 zu DIN 4017 Teil 1 entnommen.

Es ergeben sich:

Tragfähigkeitsbeiwerte für $\varphi = 25,0^\circ$

$$\begin{aligned} N_d &= 10,7 \\ N_c &= 20,8 \\ N_b &= 4,5 \end{aligned}$$

Formbeiwerte für $\varphi = 25,03^\circ$

$$\begin{aligned} v_d &= 1,34 \\ v_c &= 1,37 \\ v_b &= 0,76 \end{aligned}$$

Durch Einsetzen in die Gleichung zur angenäherten Berechnung der Grundbruchlast ergibt sich für die lotrechte Komponente der Bruchlast

Beiblatt 1 zu DIN 4017 Teil 1

$$\begin{aligned}
 V_b &= a \cdot b \cdot (c \cdot N_c \cdot v_c + \gamma_1 \cdot d \cdot N_d \cdot v_d \\
 &\quad + \gamma_2 \cdot b \cdot N_b \cdot v_b) \\
 &= 5,00 \cdot 4,00 \cdot (2,22 \cdot 20,8 \cdot 1,37 \\
 &\quad + 16,88 \cdot 2,00 \cdot 10,69 \cdot 1,34 \\
 &\quad + 11,05 \cdot 4,00 \cdot 4,52 \cdot 0,76) \\
 &= 13967 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Damit ergibt sich als vorhandene Sicherheit gegen Grundbruch

$$\eta_{vorb} = 2,00.$$

Die Änderung der Gleitlinien für die einzelnen Berechnungsschritte ist aus Bild 14 ersichtlich.

Anmerkung: Die Berechnung wurde mit der bei EDV-Anlagen üblichen Rechengenauigkeit durchgeführt. Die im Beispiel angegebenen Zahlenwerte sind im Regelfall nur auf 2 Stellen hinter dem Komma aufgeführt.

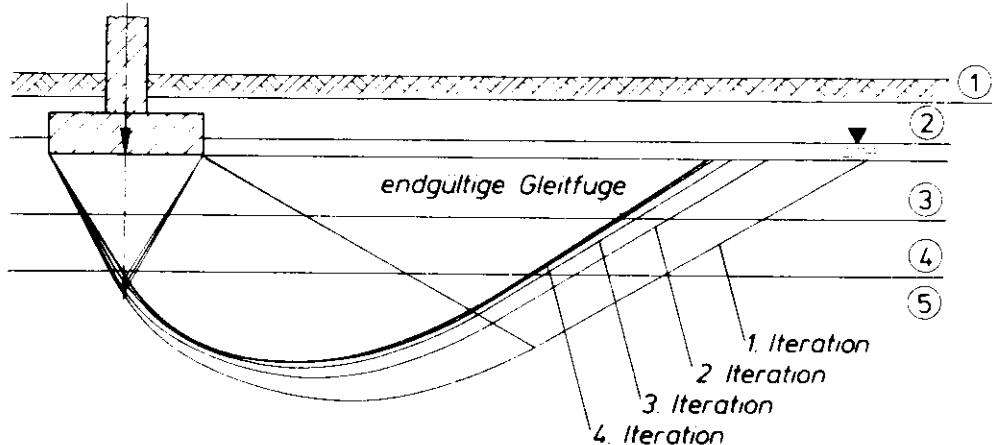


Bild 14. Änderung der Gleitfuge nach den einzelnen Iterationsschritten

DK 624.151.5.042

August 1979

Baugrund
Grundbruchberechnungen
von schräg und außermittig belasteten Flachgründungen
Erläuterungen und Berechnungsbeispiele

Beiblatt 1 zu
DIN 4017
Teil 2

Dieses Beiblatt enthält Informationen zu DIN 4017 Teil 2,
jedoch keine zusätzlichen genormten Festlegungen

Diese Erläuterungen beziehen sich auf die Ausgabe August 1979 der Norm DIN 4017 Teil 2. Sie dienen dazu, etwaige Zweifelsfälle bei der Auslegung der Norm möglichst auszuschließen.

Sie wurden von Professor Dr.-Ing. H. Domke, Aachen, unter Benutzung der vom Arbeitsausschuß „Berechnungsverfahren“ der NABau-Arbeitsgruppe Baugrund und der Deutschen Gesellschaft für Erd- und Grundbau gegebenen Anregungen der einzelnen Mitarbeiter aufgestellt und von Professor Dr.-Ing. Smoltczyk und Dr.-Ing. Böttger überarbeitet.

Die Benennung „Last“ wird für Kräfte verwendet, die von außen auf ein System einwirken, das gilt auch für zusammengesetzte Wörter mit der Silbe ... „Last“ (siehe DIN 1080 Teil 1).

Maße in m

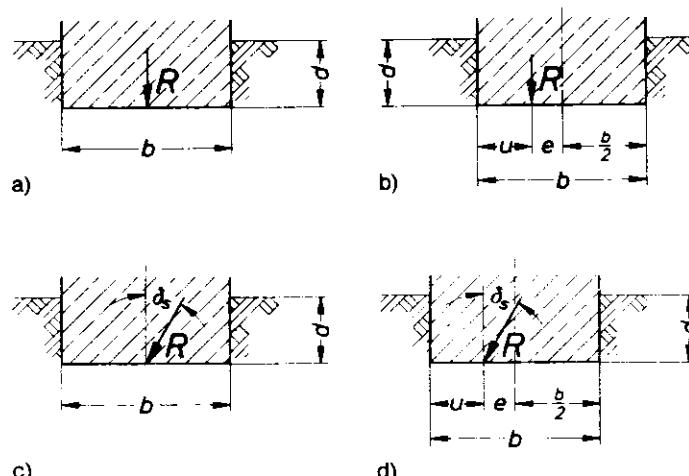
Inhalt

1	Erläuterungen
2	Schrifttum
3	Berechnungsbeispiele

1 Erläuterungen

Zu Abschnitt 1 Geltungsbereich und Zweck

Bei einem Fundamentquerschnitt können folgende Belastungen der Sohlfuge auftreten. Hierbei umfaßt die Resultierende R alle in der Bodenfuge angreifenden Kräfte (siehe Bild 1):



- a) lotrecht mittig
- b) lotrecht außermittig
- c) schräg mittig
- d) schräg außermittig

Bild 1. Mögliche Fundamentbelastungen

Frühere Ausgaben: 09.74

Änderung August 1979:
Redaktionell überarbeitet

Beiblatt 1 zu DIN 4017 Teil 2

Der Lastfall nach Bild 1 a) ist in DIN 4017 Teil 1 behandelt, die Lastfälle nach Bild 1 b), c) und d) werden in DIN 4017 Teil 2 untersucht.

Im Lastfall nach Bild 1 a) kann sich vor beiden Seiten des Fundaments je eine Gleitfläche bilden. Jedoch stellt sich infolge einer geringen Außermittigkeit der Last oder von Unterschieden in der Beschaffenheit des Bodens gewöhnlich nur eine Gleitfläche ein, von der nicht vorausgesagt werden kann, auf welcher Seite sie auftritt.

In den Lastfällen nach Bild 1 b), c) und d) ist die Lage der Gleitfläche dagegen besser vorauszusehen. Bei reiner Außermittigkeit, also nicht geneigter Last R , weicht der Boden bei allseitig gleicher Einbindetiefe (Lastfall nach Bild 1 b)) vor derjenigen Seite des Fundaments aus, auf welcher die Außermittigkeit liegt. Bei geneigter Last parallel zur kürzeren Seite (Lastfälle nach Bild 1 c) und d)) ist das Ausweichen des Bodens auf derjenigen Seite des Fundaments zu erwarten, zu welcher die waagerechte Teilkraft der Last R hinweist. Dabei bewegt sich die Spitze des Gleitliniendreiecks unter dem Fundament nach außen (Bild 2 a) und b)).

Die in den Empfehlungen angegebenen Formeln bleiben gültig, wenn eine Außermittigkeit der Resultierendengleichzeitig in Längs- und Querrichtung des Fundaments auftritt. Bei geneigten resultierenden Belastungen, die diagonal zum Fundamentgrundriß verlaufen, kann man die Resultierende in zwei zu den Seiten der Ersatzfläche parallele Komponenten zerlegen.

Wird eine schräge Sohlfuge verwendet, so ergibt sich hierbei in der Regel eine etwas höhere rechnerische Tragfähigkeit.

keit als bei einem Fundament mit waagerechter Sohlfuge und gleicher größter Gründungstiefe, wie ein Vergleich der Gleitlinien zeigt (Bild 3).

Die Tragfähigkeit eines Fundamentes mit schräger Sohlfuge kann durch unmittelbaren Ansatz aller wirkenden Kräfte auch nach anderen, unter Umständen genaueren Verfahren ermittelt werden, siehe [2], [6] und [7].

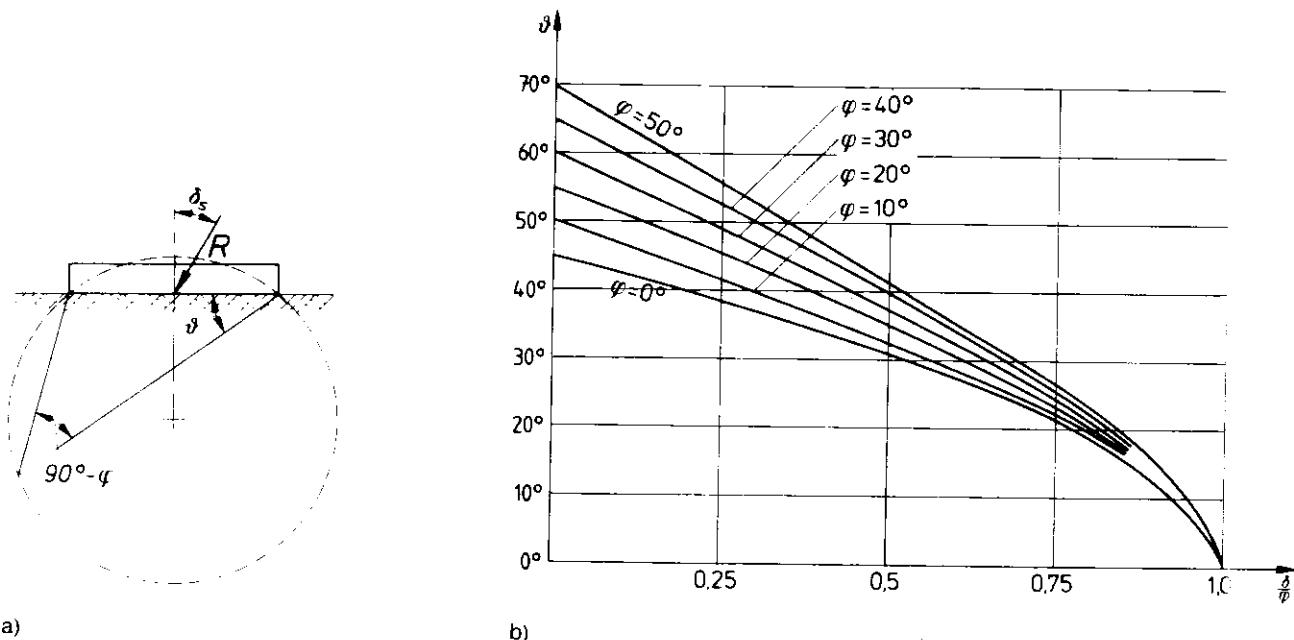
Zu Abschnitt 6 Ansatz der Lasten

Der Erddruck und Erdwiderstand (siehe DIN 4017 Teil 2, Abschnitt 6.2 d)) sind nach dem üblichen Verfahren als Eigen- und Verkehrslast anzusetzen, desgleichen der auftretende ständige beziehungsweise vorübergehende Wasserüberdruck (Bild 4 a) bis e)). Erddruck aus Verkehr sowie vorübergehend auftretender Wasserüberdruck sind zu berücksichtigen, wenn dabei ungünstigere Beanspruchungen entstehen.

Unter waagerechten Lasten am Bauwerk und am Gründungskörper (siehe DIN 4017 Teil 2, Abschnitt 6.2 e)) sind alle äußeren Belastungen zusammenzufassen wie zum Beispiel:

Windlasten, Lasten aus Temperaturänderungen, Brems- und Verzögerungslasten, Lasten aus Verankerungen, Schwinden und Kriechen von Beton, dynamische Einwirkungen, soweit sie durch statische Lasten ersetzt werden können und das Fundament unmittelbar dynamisch belastet wird.

Eine Verringerung der Baugrundbeanspruchung ist z. B. dann gegeben, wenn die angreifenden Lasten bei geringfügigem Nachgeben des Baugrunds kleiner werden.

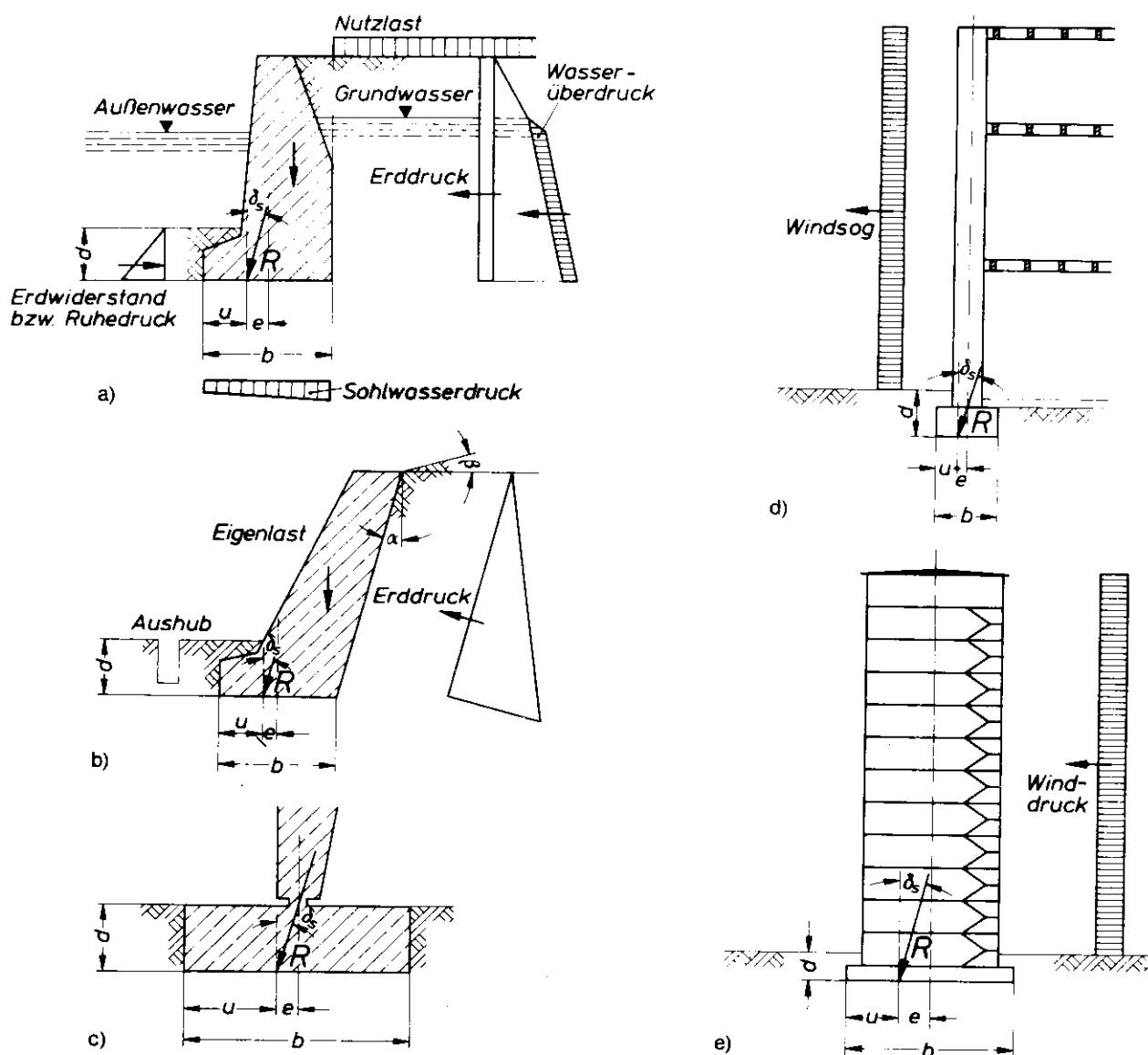
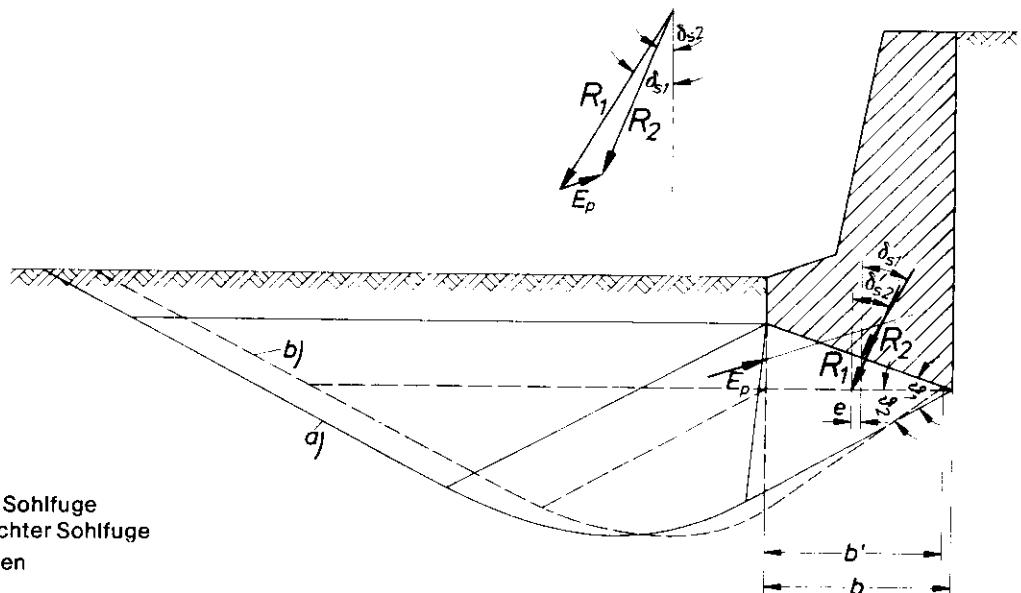


a)

b)

- a) Gleitlinienbild $\tan \delta' = \frac{\cos \delta'_s \sqrt{\cos^2 \delta'_s - \cos^2 \varphi + \cos^2 \delta'_s - \cos^2 \varphi}}{\sin \varphi \cdot \cos \varphi + \sin \delta'_s \cdot \cos \delta'_s + \sin \delta'_s \cdot \sqrt{\cos^2 \delta'_s - \cos^2 \varphi}}$ ($0 \leq \delta'_s \leq \varphi$)
- b) Diagramm zur Bestimmung von δ'
- Darin ist $\tan \delta'_s = H_b / (V_b + c \cdot \cot \varphi)$
Bei $c = 0$ ist $\delta'_s = \delta_s$

Bild 2. Gleitliniendreieck unter einem Fundament bei schiefer, mittiger Last und gewichtslosem Boden, siehe [8]



- a) Ufermauer
b) Liegende Stützmauer mit Aushubgraben
c) Rahmenfundament

Bild 4. Beispiele für den Ansatz der Lasten

- d) Giebelwand. Aussteifende Decken stehen in keiner Verbindung mit der Giebelwand
e) Turmartiges Bauwerk (Hochhaus)

Beiblatt 1 zu DIN 4017 Teil 2

Alle nach DIN 4017 Teil 2, Abschnitte 6.1 und 6.2 e) genannten Belastungen werden zu dem für den Grundbruch ungünstigsten Lastfall zusammengesetzt. Die Resultierende R aus diesem Lastfall hat die Komponenten V und H . Der Winkel zwischen V und R wird mit δ_s bezeichnet.

Die Resultierende R greift im Abstand e vom Schwerpunkt der Gründungsfläche an. Der Abstand e kann sich bei Verkantungen oder Schieffstellung des Bauwerks vergrößern. Da die waagerechten Lasten, vor allem der Erddruck und der Erdwiderstand, nicht mit der gleichen Genauigkeit wie die lotrechten Lasten ermittelt werden können, auf den Zahlenwert von δ_s und e und damit auf die Grundbruchgefährdung aber einen starken Einfluß haben, müssen diese Lastangaben besonders vorsichtig eingeführt werden und immer auf der sicheren Seite liegen.

Zu Abschnitt 7.1.1 Neigungsbeiwerte

Die Neigungsbeiwerte x sind im wesentlichen von der Neigung δ_s der Resultierenden, von der wirksamen Fundamentfläche (siehe DIN 4017 Teil 2, Abschnitt 7.1.2), vom Bodenreibungswinkel φ und der Kohäsion c abhängig, wobei, wie in DIN 4017 Teil 1, die Scherparameter nach Anfangs- und Endstandssicherheit unterschieden werden müssen.

Die angegebenen Formeln, in denen das Zusammenwirken dieser Neigungsbeiwerte dargestellt ist, fassen näherungsweise die Versuchsergebnisse verschiedener Autoren zusammen (De Beer, Brinch-Hansen, Schultze, Sokolowski). Die damit gefundenen Werte liegen auf der sicheren Seite. Mit fortschreitender Forschung ist eine weitere Angleichung dieser Werte an die tatsächlichen Verhältnisse zu erwarten.

Bei Berechnung der x -Werte muß die zunächst unbekannte Bruchlast eingesetzt werden. Dies geschieht, indem die tatsächliche Belastung mit einer geforderten Sicherheit $\eta_p = 1,3$ bis 2 multipliziert in die x -Formel eingeführt wird. Nach Einsetzen der x -Werte in die Formel (1b) erhält man die Bruchspannung σ_0 . Ergibt sich hier zur Belastung V beziehungsweise H eine andere Sicherheit als die geforderte, so muß die Ermittlung der x -Werte mit diesem neuen Wert wiederholt werden. Bei der schnellen Konvergenz genügt im allgemeinen eine Wiederholung.

In jedem Fall muß jedoch die Forderung nach einer vernünftigen Setzungsbegrenzung berücksichtigt werden (siehe DIN 4019 Teil 2).

Für den Fall $\varphi = 0$ und $c = 0$ ist eine Angabe des Neigungsbeiwertes für den Einfluß der Breite unterblieben, weil in Formel (1b) der Wert N_b für $\varphi = 0$ ebenfalls zu 0 wird und damit das ganze Glied über den Einfluß der Gründungsbreite entfällt.

Die Einführung von Neigungsbeiwerten x_b und x_d für den Fall, daß H parallel zur größeren Seite wirkt, folgt der Regelung, die in DIN 1054 aufgrund von großmaßstäblichen Versuchen [9], [10] und [11] festgelegt worden ist.

Zu Abschnitt 7.1.2 Berücksichtigung der Außermittigkeit

Nach [3] werden die Abmessungen der wirksamen Gründungsfläche durch die Maße a' und b' so bestimmt, daß die lotrechte Komponente der Resultierenden durch den Schwerpunkt der Ersatzfläche $a' \cdot b'$ geht.

Bei kreisförmiger Sohlfläche empfiehlt sich die in Bild 5 dargestellte Lösung. Für den weiteren Nachweis wandelt man die schraffierte Fläche A' in ein Rechteck mit $a' = A'/b'$ um. Siehe auch die Hinweise in den Erläuterungen zu DIN 1054, Ausgabe November 1976.

Zu Abschnitt 7.1.3**Berücksichtigung einer schrägen Sohlfuge**

Eine genauere Untersuchung mit den Verfahren nach [2], [6] und [7] führt in vielen Fällen zu wirtschaftlicheren Fundamentabmessungen.

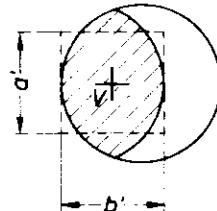


Bild 5. Ersatzflächenform beim Kreisfundament

2 Schrifttum

- [1] Brinch-Hansen, Lundgren (1960): Hauptprobleme der Bodenmechanik. Berlin/Göttingen/Heidelberg
- [2] Förster, W. (1959): Zur Tragfähigkeit des Baugrunds bei geneigter Sohlfuge und schrägem Lastangriff. Bauplanung – Bautechnik 13, S. 516
- [3] Meyerhof (1953): The Bearing Capacity of Foundations under Eccentric and Inclined Loads. Proc. I. Int. Conf. Soil Mech. Found. Eng. Zürich, Vol. 1, S. 440
- [4] Muhs (1969): Tragfähigkeit von flachgegründeten Fundamenten aus Großversuchen und ihre Bedeutung für die Berechnung. Bautechnik 46, S. 181
- [5] Schultze (1952): Der Widerstand des Baugrunds gegen schräge Sohlpressungen. Bautechnik 29, S. 336
- [6] Spang (1968): Gründungssohle von Fundamenten bei schrägem und außermittigem Kraftangriff. Straßen- und Tiefbau, S. 340
- [7] Vereinigung Schweiz. Straßenfachmänner (1966): Stützmauern. Grundlagen zur Berechnung und Konstruktion, Bemessungstabellen, Bild 1, Zürich, Verlag VSS
- [8] Smoltczyk, U. (1960): Ermittlung eingeschränkt plastischer Verformungen im Sand unter Flachfundamenten, Verlag W. Ernst & Sohn Berlin, S. 16-20
- [9] Muhs, H., Weiß, K.: Die Grenztragfähigkeit von flach geprägten Streifenfundamenten unter geneigter Belastung nach Theorie und Versuch. Sonderdruck aus „Berichte aus der Bauforschung“, Verlag W. Ernst & Sohn, Heft 101/1975
- [10] Muhs, H., Weiß, K.: Der Einfluß der Lastneigung auf die Grenztragfähigkeit flach geprägter Einzelfundamente. „Berichte aus der Bauforschung“. Verlag W. Ernst & Sohn, Heft 62/1969
- [11] Muhs, H., Weiß, K.: Der Einfluß von Neigung und Außermittigkeit der Last auf die Grenztragfähigkeit flach geprägter Einzelfundamente. „Berichte aus der Bauforschung“, Verlag W. Ernst und Sohn, Heft 73/1972

3 Berechnungsbeispiele**3.1 Beispiel 1****3.1.1 Aufgabenstellung**

Für eine Stützmauer (Bild 6) soll die Fundamentbreite bemessen werden. Dabei ist der Lastfall 1 der DIN 1054 zugrunde zu legen.

$$\begin{aligned}E_{1h} &= 21,3 \text{ kN/m} \\E_{1v} &= 9,2 \text{ kN/m} \\E_{2h} &= 183,3 \text{ kN/m} \\E_{2v} &= 79,1 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

Untersucht werden die folgenden Varianten: Baugrund 1, Baugrund 2, Grundwasser a) tief unter der Gründungssohle und Grundwasser b) in Höhe der Gründungssohle.

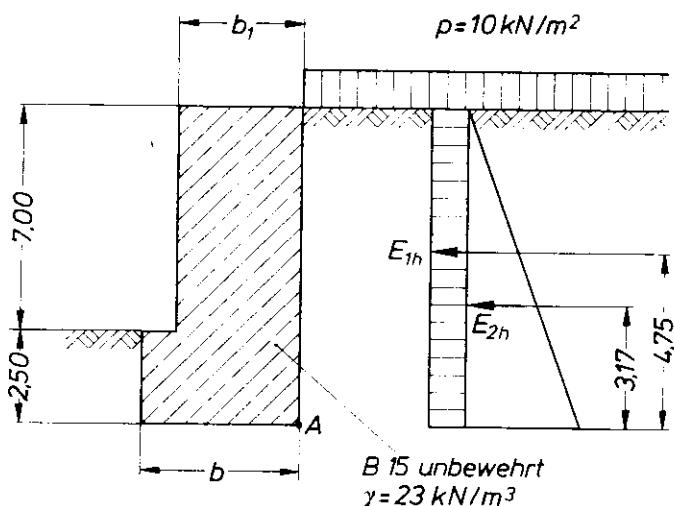


Bild 6. Aufgabenstellung Beispiel 1

Baugrund 1

Auf großer Tiefe steht Mittelsand an mit einer Kornwichte von $\gamma_s = 26,5 \text{ kN/m}^3$, einem Porenanteil von $n = 35\%$ und einem Wassergehalt oberhalb des Grundwasserspiegels von $w = 5\%$. Der innere Reibungswinkel beträgt $\varphi' = 35^\circ$.

Baugrund 2

Auf großer Tiefe steht halbfester Ton an mit einer Kornwichte von $\gamma_s = 27,0 \text{ kN/m}^3$, einem Porenanteil von $n = 45\%$ und einem Wassergehalt oberhalb des Grundwasserspiegels von $w = 22\%$. Der innere Reibungswinkel beträgt $\varphi' = 15^\circ$, die Kohäsion $c' = 50 \text{ kN/m}^2$.

Anmerkung: Die Stützmauer wird in beiden Fällen mit Bodenart 1 hinterfüllt.

Grundwasser

- a) tief unter der Gründungssohle
- b) in Höhe der Gründungssohle

3.1.2 Berechnung der Wichten

Oberhalb des Grundwasserspiegels:

$$\gamma = (1 + w)(1 - n) \cdot \gamma_s$$

Unterhalb des Grundwasserspiegels:

$$\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma' = (1 - n)(\gamma_s - \gamma_w)$$

Baugrund 1:

$$\gamma = (1 + 0,05)(1 - 0,35) \cdot 26,5 = 18,1 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma' = (1 - 0,35)(26,5 - 10) = 10,7 \text{ kN/m}^3$$

Baugrund 2:

$$\gamma = (1 + 0,22)(1 - 0,45) \cdot 27,0 = 18,1 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma' = (1 - 0,45)(27 - 10) = 9,4 \text{ kN/m}^3$$

3.1.3 Erddruckermittlung

$$\text{für } \varphi' = 35^\circ, \delta = \frac{2}{3} \varphi'; \alpha = \beta = 0; K_{ah} = 0,22; \gamma = 18,1 \text{ kN/m}^3$$

obere Erddruckordinate:

$$e_{ah} = 0,224 \cdot 10 = 2,24 \text{ kN/m}^2$$

untere Erddruckordinate:

$$e_{ah} = 2,24 + 0,22 \cdot 18,1 \cdot 9,5 \\ = 2,24 + 38,59 = 40,83 \text{ kN/m}^2$$

Resultierender Erddruck

$$\text{aus } p: E_{ah} = 2,24 \cdot 9,5 = 21,3 \text{ kN/m}; h_p = \frac{9,5}{2} = 4,75 \text{ m}$$

$$E_{av} = E_{ah} \cdot \tan \delta = 9,2 \text{ kN/m}$$

$$\text{aus } \gamma \cdot h: E_{ah} = \frac{1}{2} 38,59 \cdot 9,5 = 183,3 \text{ kN/m}; \\ h_e = \frac{9,5}{3} = 3,17 \text{ m} \\ E_{av} = E_{ah} \cdot \tan \delta = 79,1 \text{ kN/m}$$

Momente aus E_{ah} bezogen auf Punkt A (= Hinterkante der Stützmauer):

$$\text{aus } p: M_A = 21,3 \cdot 4,75 = 101,2 \text{ kN m/m} \\ \text{aus } \gamma \cdot h: M_A = 183,3 \cdot 3,17 = 581,1 \text{ kN m/m} \\ M_A = 682,3 \text{ kN m/m}$$

3.1.4 Vorbemessung nach DIN 1054

Diese Vorbemessung wird als Vergleichsrechnung durchgeführt. Sie ist nicht Vorbedingung einer Berechnung nach DIN 4017 Teil 2.

Zulässige Bodenpressung nach DIN 1054, Ausgabe November 1976, Abschnitt 4.2.

Es handelt sich um ein setzungsunempfindliches Bauwerk. Die zu erwartende Fundamentbreite ist $> 2,00 \text{ m}$.

Einbindetiefe $d = 2,50 \text{ m}$.

Baustoff der Stützmauer ist Stampfbeton mit $\gamma = 23 \text{ kN/m}^3$.

3.1.4.1

Baugrund 1: nichtbindiger Boden.

Nach DIN 1054, Ausgabe November 1976, Tabelle 2, gilt für mittige Belastung:

$$\text{zul } \sigma_m = 700 + (d - 2,0) \cdot \gamma = 700 + 0,5 \cdot 18,1 = 709 \text{ kN/m}^2$$

Die gleiche Spannung gilt bei ausmittigem Lastangriff für die Teilfläche A', deren Schwerpunkt der Lastangriffspunkt ist, sofern auch die reduzierte Fundamentbreite $b' \geq 2,00 \text{ m}$ ist. Bei Rechteckfundamenten sind z.B. die Seitenlängen um das doppelte Maß der Lastexzentrität zu verkleinern. Vorstehende zulässige Pressung ist wegen der Neigung der Resultierenden mit dem Faktor $f = \left(1 - \frac{H}{V}\right)^2$ abzumindern.

Im Fall, daß das Grundwasser in Höhe der Gründungssohle ansteht, ist zusätzlich noch um 40% abzumindern.

3.1.4.2

Baugrund 2: bindiger Boden = halbfester Ton.

DIN 1054, Tabelle 6, für $b = 2,00 \text{ m}$:

$$\text{zul } \sigma_m = 230 + 0,5 \cdot 18,1 = 239 \text{ kN/m}^2$$

Bei Fundamentbreiten zwischen 2,00 und 5,00 m müssen die Tabellenwerte um 10% je Meter zusätzlicher Fundamentbreite herabgesetzt werden:

b m	Tabellenwert nach DIN 1054 kN/m^2	$\Delta \sigma$ kN/m^2	$\text{zul } \sigma_m$ kN/m^2
2,00	230	9	239
3,00	207	9	216
4,00	184	9	193
5,00	161	9	170

Da die Fundamentsetzungen für die Festlegungen der Tabellenwerte maßgebend waren, brauchen Abminderungen für schräge Lasten und hohen Grundwasserspiegel nicht vorgenommen zu werden. Ausmittige Last wird, wie unter Abschnitt 3.3.1.1 beschrieben, durch Reduzierung auf eine Teilfläche A' berücksichtigt.

Beiblatt 1 zu DIN 4017 Teil 2

3.1.4.3 Form der Stützmauer

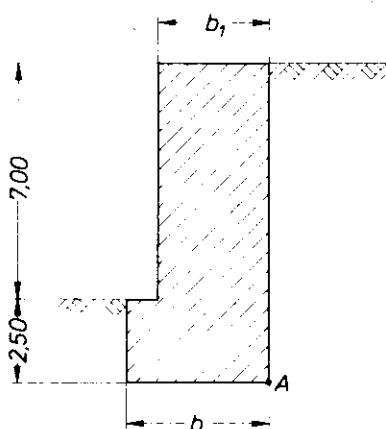


Bild 7.

Die Eigenlast der Stützmauer wird so gewählt, daß $\gamma \cdot b_1 \cdot h$ allein ausreicht, um die Forderung der Gleitsicherheit einzuhalten. Durch den Sporn der Mauer ist die Gleitsicherheit tatsächlich höher.

Auf den Ansatz des halben Erdwiderstandes (DIN 1054, Ausgabe November 1976, Abschnitt 4.1.3.3) vor dem Fundamentfuß wird hier verzichtet.

3.1.4.4 Maß b_1

$$\text{erf } V = \frac{\nu \cdot H}{\mu}$$

$$\mu_1 = \tan \varphi' = \tan 35^\circ = 0,70$$

$$\mu_2 = \tan 15^\circ = 0,268$$

$$\nu = 1,5 = \text{erforderliche Gleitsicherheit nach DIN 1054, Ausgabe November 1976, Abschnitt 4.1.3.3}$$

$$\Sigma E_{ah} = 183,3 + 21,3 = 204,6 \text{ kN/m} = \text{Resultierende der horizontalen Erddruckkomponenten}$$

$$\Sigma E_{av} = 79,1 + 9,2 = 88,3 \text{ kN/m} = \text{Summe der vertikalen Erddruckkomponenten}$$

$$M_A = 682,3 \text{ kN m/m} = \text{Moment aus dem Erddruck, bezogen auf Punkt A} (= \text{Hinterkante der Stützmauer})$$

3.1.4.4.1 Für Baugrund 1

$$\text{erf } V = \frac{1,5 \cdot 204,6}{0,70} = 438,4 \text{ kN/m}$$

$$\text{erf } G_{\text{Mauer}} = 438,4 - 88,3 = 350 \text{ kN/m}$$

$$b_1 = \frac{350}{23,0 \cdot 9,5} = 1,60 \text{ m}$$

3.1.4.4.2 Für Baugrund 2

$$\text{erf } V = \frac{1,5 \cdot 204,6}{0,268} = 1145,1 \text{ kN/m}$$

$$\text{erf } G_{\text{Mauer}} = 1145,1 - 88,3 = 1056,8 \text{ kN/m}$$

$$b_1 = \frac{1056,8}{23,0 \cdot 9,5} = 4,84 \text{ m}$$

angenommene Breite $b_1 = 4,80$

Bei Anordnung eines Sporns wird b_1 zu 4,50 m angenommen.

3.1.5 Bemessung für Baugrund 1

3.1.5.1 Grundwasser tief unter der Gründungssohle. Geschätzte Fundamentbreite:

$$b = 3,25 \text{ m}$$

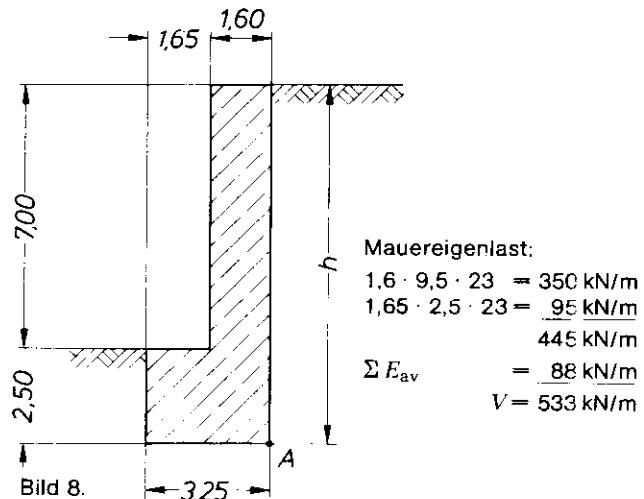


Bild 8.

Abminderungsfaktor:

$$f = \left(1 - \frac{H}{V}\right)^2 = \left(1 - \frac{204,6}{533}\right)^2 = 0,38$$

$$M_m = M_A - E_{av} \cdot \frac{b}{2} - b_1(h-d) \cdot \gamma \cdot \frac{b-b_1}{2} = 682,3 - 88 \cdot 1,625 - 1,6 \cdot 7 \cdot 23 \cdot \frac{1,65}{2} = 327 \text{ kN m/m}$$

$$e = \frac{327}{533} = 0,614 \text{ m; somit}$$

$$\text{reduzierte Seitenlänge: } b' = 3,25 - 2 \cdot 0,614 = 2,02 \text{ m}$$

Nach DIN 1054, Ausgabe November 1976, Tabelle 2 und mit Abminderungsfaktor

$$\text{zul } \sigma = (700 + 0,5 \cdot 18) \cdot 0,38 = 269 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{vorh } \sigma = \frac{533}{2,02} = 264 \text{ kN/m}^2 < 269$$

Nachweis nach DIN 1054, Ausgabe November 1976, Abschnitt 4.2.1, Absatz c:

$$1,4 \cdot 3,25 \cdot \frac{204,6}{533} = 1,75 \text{ m} < \text{vorh } d = 2,5 \text{ m}$$

Nachweis für ständige Last:

$$V = 445 + 79 = 524 \text{ kN/m}$$

$$M_A = 581 \text{ kN m/m}$$

$$M_m = 581 - 79 \cdot 1,625 - 1,6 \cdot 7 \cdot 23 \cdot \frac{1,65}{2} = 240 \text{ kN m/m}$$

$$e = \frac{240}{524} = 0,458 \text{ m} < \frac{b}{6} = \frac{3,25}{6} = 0,54 \text{ m}$$

d. h. die Fuge klafft unter ständiger Last nicht.

3.1.5.2 Grundwasser in Höhe der Gründungssohle. Geschätzte Fundamentbreite:

$$b = 4,00 \text{ m.}$$

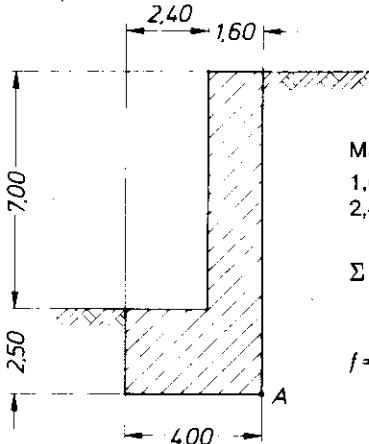


Bild 9.

Mauereigenlast:

$$1,6 \cdot 9,5 \cdot 23 = 350 \text{ kN/m}$$

$$2,4 \cdot 2,5 \cdot 23 = 138 \text{ kN/m}$$

$$488 \text{ kN/m}$$

$$\Sigma E_{av} = 88 \text{ kN/m}$$

$$V = 576 \text{ kN/m}$$

$$f = \left(1 - \frac{204,6}{576}\right)^2 = 0,416$$

Beiblatt 1 zu DIN 4017 Teil 2

Weitere Abminderung um 40% wegen Grundwasser in Sohlhöhe!

$$\text{zul } \sigma = 709 \cdot 0,416 \cdot 0,6 = 177 \text{ kN/m}^2$$

$$M_m = 682,3 - 88 \cdot 2,0 - 1,6 \cdot 7 \cdot 23 \cdot \frac{2,4}{2} = 197 \text{ kNm/m}$$

$$e = \frac{197}{576} = 0,342 \text{ m}; b' = 4,00 - 2 \cdot 0,342 = 3,32 \text{ m}$$

$$\text{vorh } \sigma = \frac{576}{3,32} = 173,5 \text{ kN/m}^2 < 177$$

Bedingung nach DIN 1054, Ausgabe November 1976, Abschnitt 4.2.1, Absatz c):

$$\tan \delta_s = \frac{H}{V} = \frac{204,6}{576} = 0,355$$

$$1,4 \cdot b' \cdot \tan \delta_s = 1,4 \cdot 3,32 \cdot 0,355 = 1,65 \text{ m} < 2,5 \text{ m.}$$

Ein Nachweis nach DIN 1054, Ausgabe November 1976, Abschnitt 4.3, braucht nicht geführt zu werden.

3.1.6 Bemessung für Baugrund 2:

3.1.6.1 Grundwasser tief unter der Gründungssohle. Ge schätzte Fundamentbreite: 5,80 m

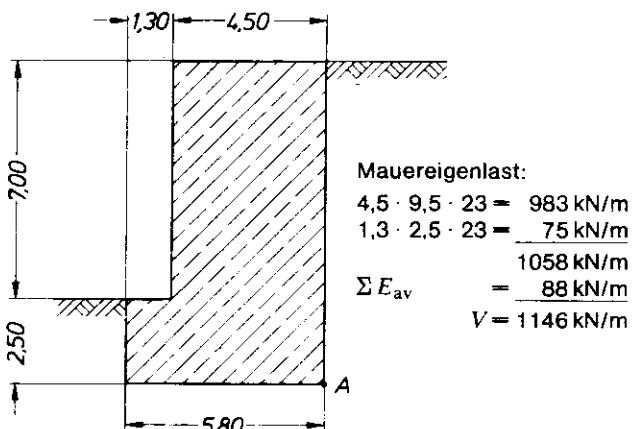


Bild 10.

$$\text{Gleitsicherheit: vorh } v = \frac{0,268 \cdot 1146}{204,6} = 1,5 = \text{erf } v$$

$$M_m = 682,3 - 88 \cdot 2,9 - 4,5 \cdot 7 \cdot 23 \cdot \frac{1,3}{2} = -44,0 \text{ kNm/m}$$

$$e = \frac{44}{1146} = -0,038 \text{ m},$$

d. h. die Exzentrizität geht zur anderen Seite, wo wegen der größeren Einbindetiefe kein Grundbruch eintreten kann.

Die erforderliche Fundamentbreite ist größer als 5,00 m, somit ist ein überschläglicher Nachweis nach DIN 1054, Ausgabe November 1976, Abschnitt 4.2 nicht zulässig. Es muß nach DIN 1054, Ausgabe November 1976, Abschnitt 4.3 bemessen werden, d. h. der Grundbruch ist maßgebend.

3.1.6.2 Grundwasser in Höhe der Gründungssohle

Da in DIN 1054 für hochstehendes Grundwasser keine Abminderung vorgesehen ist, gelten die gleichen Verhältnisse wie bei Abschnitt 3.3.5.1.

3.1.6.3 Hätte der Ton **feste** Konsistenz, so würde gelten: $\text{zul } \sigma = 300 \cdot 0,7 + 9 = 219 \text{ kN/m}^2 > 194,9 \text{ kN/m}^2$.

Das unter Abschnitt 3.3.5.1 gewählte Bauwerk wäre dann für **beide** Grundwasserlagen bei genauer Einhaltung (E_p vernachlässigt) der Gleitsicherheit ausreichend bemessen.

3.1.7 Berechnung nach DIN 4017 Teil 1

3.1.7.1 Tragfähigkeitsformeln und Beiwerthe

$V_b = A' \sigma_{0f} = a' \cdot b' \cdot \sigma_{0f}$ lotrechte Komponente der Bruchlast mit

$$\sigma_{0f} = c \cdot N_c \cdot x_c \cdot v'_c + \gamma_1 \cdot d \cdot N_d \cdot x_d \cdot v'_d + \gamma_2 \cdot b' \cdot N_b \cdot x_b \cdot v'_b$$

Da es sich hier um ein Streifenfundament handelt, werden die Formbeiwerthe nach DIN 4017 Teil 1, Ausgabe August 1979, Tabelle 3

$$v'_c = v'_d = v'_b = 1,0$$

Tragfähigkeitsbeiwerthe nach DIN 4017 Teil 1, Ausgabe August 1979, Tabelle 2

Baugrund 1

$$\varphi' = 35^\circ; \quad c' = 0 \\ N_d = 33,3 \quad N_b = 23,3$$

Baugrund 2

$$\varphi' = 15^\circ; \quad c' = 50 \text{ kN/m}^2 \\ N_c = 11,0; \quad N_d = 3,9; \quad N_b = 0,8$$

Sicherheitsbeiwert nach DIN 4017 Teil 2, Abschnitt 8.1 und DIN 1054, Ausgabe November 1976, Abschnitt 4.1.3.2

bei Lastfall 1: $\eta_p \geq 2,0$

$$\text{Damit wird: } \text{zul } V = \frac{V_b}{\eta_p}$$

Sicherheitsbeiwert nach DIN 4017 Teil 2, Abschnitt 8.2

$$\eta_r = 1,25; \quad \eta_c = 2,0$$

$$\text{zul } \tan \varphi' = \frac{\tan \varphi'}{\eta_r}; \quad \text{zul } c' = \frac{c'}{\eta_c}$$

Baugrund 1

$$\varphi' = 35^\circ; \quad \tan \varphi' = 0,70$$

$$\text{zul } \tan \varphi' = \frac{0,70}{1,25} = 0,56$$

$$\text{zul } \varphi' = 29,2^\circ$$

dazu: $N_d = 16,9; N_b = 8,9$ (aus DIN 4017 Teil 2, Tabelle 2 interpoliert)

Baugrund 2

$$\varphi' = 15^\circ; \quad \tan \varphi' = 0,268$$

$$\text{zul } \tan \varphi' = \frac{0,268}{1,25} = 0,214$$

$$\text{zul } \varphi' = 12,1^\circ$$

dazu: $N_c = 9,3; N_d = 3,0; N_b = 0,4$ (aus DIN 4017 Teil 2, Tabelle 2 interpoliert)

$$\text{zul } c' = \frac{50}{2,0} = 25 \text{ kN/m}^2$$

3.1.7.2 Nachweis für Baugrund 1

3.1.7.2.1 Grundwasser tief unter der Gründungssohle

Gemäß Vorbemessung nach DIN 1054 ergab sich eine erforderliche Breite von $b = 3,25 \text{ m}$.

Der Grundbruchnachweis wird mit $b = 2,90 \text{ m}$ geführt.

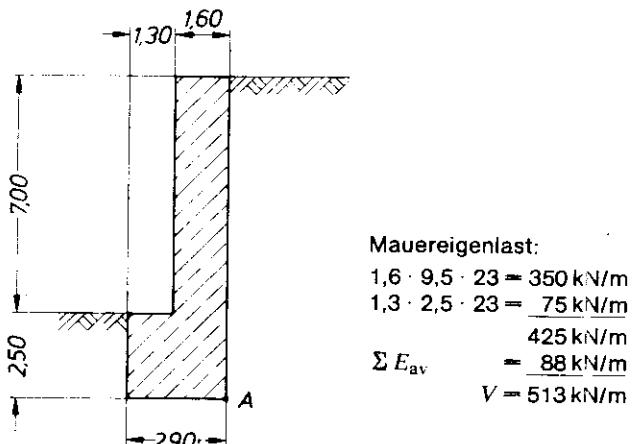


Bild 11.

Beiblatt 1 zu DIN 4017 Teil 2

Gleitsicherheit: $v = \frac{513 \cdot 0,7}{204,6} = 1,76 > 1,5$ ist eingehalten.

$$M_m = 682,3 - 88 \cdot 1,45 - 1,6 \cdot 7,0 \cdot 23 \cdot \frac{1,3}{2} = 387,3 \text{ kNm/m}$$

$$e = \frac{387,3}{513} = 0,755$$

nach DIN 4017 Teil 2, Abschnitt 7.1.2:

$$b' = 2,90 - 2 \cdot 0,755 = 1,39 \text{ m}$$

Neigungsbeiwerte nach DIN 4017 Teil 2, Abschnitt 7.1.1 b):

$$\tan \delta_s = \frac{204,6}{513} = 0,399$$

$$x_d = (1 - 0,7 \cdot 0,399)^3 = 0,374$$

$$x_b = (1 - 0,399)^3 = 0,217$$

a) Bruchsicherheit nach DIN 4017 Teil 2, Abschnitt 8.1:

$$\sigma_{0f} = 18,1 \cdot 2,5 \cdot 33 \cdot 0,374 \cdot 1 + 18,1 \cdot 1,49 \cdot 23 \cdot 0,217 \cdot 1 = 558,5 + 134,6 = 693,1 \text{ kN/m}^2$$

$$V_b = 693,1 \cdot 1,39 = 1032,7 \text{ kN/m}$$

$$\eta = \frac{954,8}{513} = 1,86 > 2,0$$

b) Bruchspannung mit Sicherheit nach DIN 4017 Teil 2, Abschnitt 8.2:

$$\text{zul } \sigma_0 = 18,1 \cdot 2,5 \cdot 16,7 \cdot 0,374 \cdot 1 + 18,1 \cdot 1,49 \cdot 9 \cdot 0,217 \cdot 1 = 282,6 + 52,7 = 335,3 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{zul } V = 335,3 \cdot 1,39 = 499,6 \text{ kN/m} < \text{vorh } V = 513 \text{ kN/m}$$

Da wahlweise nach DIN 4017 Teil 2, Abschnitt 8.1 oder 8.2, die Sicherheit nachgewiesen werden darf, sind die gewählten Maße bei Einhaltung der erforderlichen Sicherheit nach DIN 4017 Teil 2, Abschnitt 8.1, ausreichend.

3.1.7.2.2 Grundwasser in Höhe der Gründungssohle

Die Vorbemessung nach DIN 1054 ergab $b = 4,00 \text{ m}$.

Für die Grundbruchberechnung reichen 3,05 m aus:

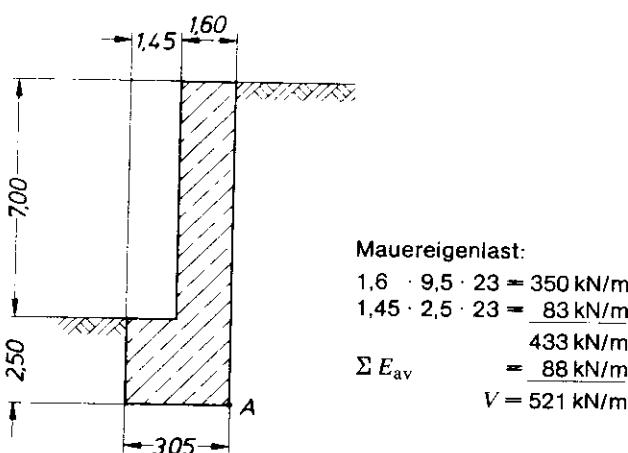


Bild 12.

$$M_m = 682,3 - 88 \cdot 1,525 - 1,6 \cdot 7 \cdot 23 \cdot \frac{1,45}{2} = 361,3 \text{ kNm/m}$$

$$e = \frac{361,3}{521} = 0,693 \text{ m} \rightarrow b' = 3,05 - 2 \cdot 0,693 = 1,66 \text{ m}$$

$$\tan \delta_s = \frac{204,6}{521} = 0,393$$

$$x_d = (1 - 0,7 \cdot 0,393)^3 = 0,381$$

$$x_b = (1 - 0,393)^3 = 0,224$$

a) Bruchsicherheit nach DIN 4017 Teil 2, Abschnitt 8.1:

$$\sigma_{0f} = 18,1 \cdot 2,5 \cdot 33 \cdot 0,381 \cdot 1 + 10,7 \cdot 1,66 \cdot 23 \cdot 0,224 \cdot 1 = 568,9 + 91,5 = 660,4 \text{ kN/m}^2$$

$$V_b = 660,4 \cdot 1,66 = 1063 \text{ kN/m}$$

$$\eta = \frac{1063}{521} = 2,04 > 2,0$$

b) Bruchspannung nach DIN 4017 Teil 2, Abschnitt 8.2:

$$\text{zul } \sigma_0 = 18,1 \cdot 2,5 \cdot 16,7 \cdot 0,381 \cdot 1 + 10,7 \cdot 1,66 \cdot 9 \cdot 0,224 \cdot 1 = 287,0 + 35,8 = 322,8 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{zul } V = 322,8 \cdot 1,66 = 535,8 \text{ kN/m} > 521 \text{ kN/m}$$

3.1.8 Nachweis für Baugrund 2

3.1.8.1 Grundwasser tief unter der Gründungssohle

$b = \text{gewählt: } 5,00 \text{ m}$

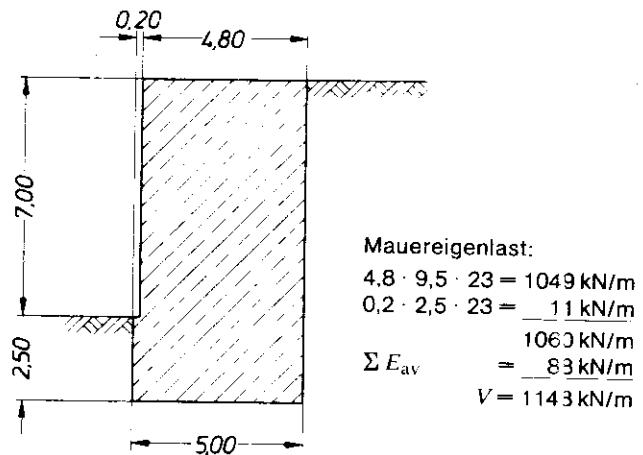


Bild 13.

$$M_m = 682,3 - 88 \cdot 2,5 - 4,8 \cdot 7 \cdot 23 \cdot \frac{0,2}{2} = 385 \text{ kNm/m}$$

$$e = \frac{385}{1148} = 0,335 \text{ m}$$

$$b' = 5 - 2 \cdot 0,335 = 4,33 \text{ m}$$

$$\text{Gleitsicherheit: } v = \frac{1148 \cdot 0,268}{204,6} = 1,504 > 1,5$$

Neigungsbeiwerte nach DIN 4017 Teil 2, Abschnitt 7.1.1 b):

a) Sicherheit nach DIN 4017 Teil 2, Abschnitt 8.1:

$$H_b = \eta_p \cdot H = 2 \cdot 204,6 = 409,2 \text{ kN/m}$$

$$V_b = \eta_p \cdot V = 2 \cdot 1148 = 2296 \text{ kN/m}$$

$$\cot \varphi' = \cot 15^\circ = 3,73$$

$$x_d = \left(1 - 0,7 \cdot \frac{409,2}{2296 + 4,33 \cdot 50 \cdot 3,73} \right)^3$$

$$x_d = (1 - 0,7 \cdot 0,132)^3 = 0,748$$

$$x_b = (1 - 0,132)^3 = 0,654$$

$$x_c = 0,748 - \frac{1 - 0,748}{3,9 - 1} = 0,661$$

b) Sicherheit nach DIN 4017 Teil 2, Abschnitt 8.2:

$$\cot \varphi' = \cot 12,1^\circ = 4,66$$

$$x_d = \left(1 - 0,7 \cdot \frac{204,6}{1148 + 4,33 \cdot 25 \cdot 4,66} \right)^3$$

$$x_d = (1 - 0,7 \cdot 0,124)^3 = 0,761$$

$$x_b = (1 - 0,124)^3 = 0,672$$

$$x_c = 0,761 - \frac{1 - 0,761}{3,0 - 1} = 0,642$$

Beiblatt 1 zu DIN 4017 Teil 2

c) Bruchsicherheit nach DIN 4017 Teil 2, Abschnitt 8.1

$$\sigma_{0f} = 50 \cdot 11 \cdot 0,661 + 18,1 \cdot 2,5 \cdot 4 \cdot 0,748 + 18,1 \cdot 4,33 \cdot 1 \cdot 0,654 \\ = 365,2 + 135,4 + 51,2 = 551,8 \text{ kN/m}^2$$

$$V_b = 551,8 \cdot 4,33 = 2389,3 \text{ kN/m}$$

$$\eta = \frac{2389,3}{1148} = 2,08 > 2,0$$

d) Bruchspannung mit einer Sicherheit nach DIN 4017 Teil 2, Abschnitt 8.2

$$\text{zul } \sigma_0 = 25 \cdot 9,5 \cdot 0,642 + 18,1 \cdot 2,5 \cdot 3,1 \cdot 0,761 + 18,1 \cdot 4,33 \cdot 0,7 \cdot 0,672 \\ = 153,7 + 106,7 + 36,9 = 297,3 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{zul } V = 297,3 \cdot 4,33 = 1287 \text{ kN/m} > \text{vorh } V = 1148 \text{ kN/m}$$

3.1.8.2 Grundwasser in Höhe der Gründungssohle

Die unter Abschnitt 3.1.8.1 gewählten Abmessungen werden beibehalten, daher können die gleichen Neigungsbeiwerte verwendet werden:

a) Bruchsicherheit nach DIN 4017 Teil 2, Abschnitt 8.1

$$\sigma_{0f} = 365,2 + 135,4 + 9,4 \cdot 4,33 \cdot 1 \cdot 0,654 \\ = 365,2 + 135,4 + 26,6 = 527,2 \text{ kN/m}$$

$$V_b = 527,2 \cdot 4,33 = 2282,8 \text{ kN/m}$$

$$\eta = \frac{2282,8}{1148} = 1,989 < 2,0$$

b) Bruchsicherheit nach DIN 4017, Teil 2, Abschnitt 8.2

$$\text{zul } \sigma_0 = 153,7 + 106,7 + 9,4 \cdot 4,33 \cdot 0,7 \cdot 0,672 \\ = 153,7 + 106,7 + 19,1 = 279,5 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{zul } V = 279,5 \cdot 4,33 = 1210 \text{ kN/m} > \text{vorh } V = 1148 \text{ kN/m}$$

Da nach DIN 4017 Teil 2, Abschnitt 8.2 die zulässige Last eingehalten ist, sind die Abmessungen ausreichend.

3.1.9 Zusammenstellung der Ergebnisse

	Grundwasser tief unter der Sohle		Grundwasser in Höhe der Sohle	
	1 (nichtbindig)	2 (bindig)	1 (nichtbindig)	2 (bindig)
Baugrund				
DIN 1054	3,25	5,80	4,00	5,80
Fußbreite der Mauer in m	DIN 4017 Teil 2	2,90	5,00	3,05
Kronenbreite der Mauer in m		1,60	4,80	1,60
				4,80

Anmerkung: Die Kronenbreite ergibt sich aufgrund der Forderung einer ausreichenden Gleitsicherheit (DIN 1054, Ausgabe November 1976, Abschnitt 4.1.3.3). Während DIN 1054, Ausgabe November 1976 in Abschnitt 4.2, Tabelle 6 die zulässiger Bodenpressungen von der Konsistenz (Ton halbfest, fest) abhängig macht, gehen beim Nachweis nach DIN 4017 Teil 2 nur die Kennwerte für Reibung und Kohäsion ein.

3.2 Beispiel 2 Berechnung der Grundbruchlast für einen ausmittig und schräg belasteten Gründungskörper auf geschichtetem Baugrund

3.2.1 Aufgabenstellung

Für einen ausmittig und schräg belasteten Gründungskörper auf geschichtetem Baugrund soll die Grundbruchsicherheit berechnet werden. Die gegebene Belastung und die Schichtung des Baugrunds mit den Bodenkenngrößen sind aus dem Bild 14 ersichtlich.

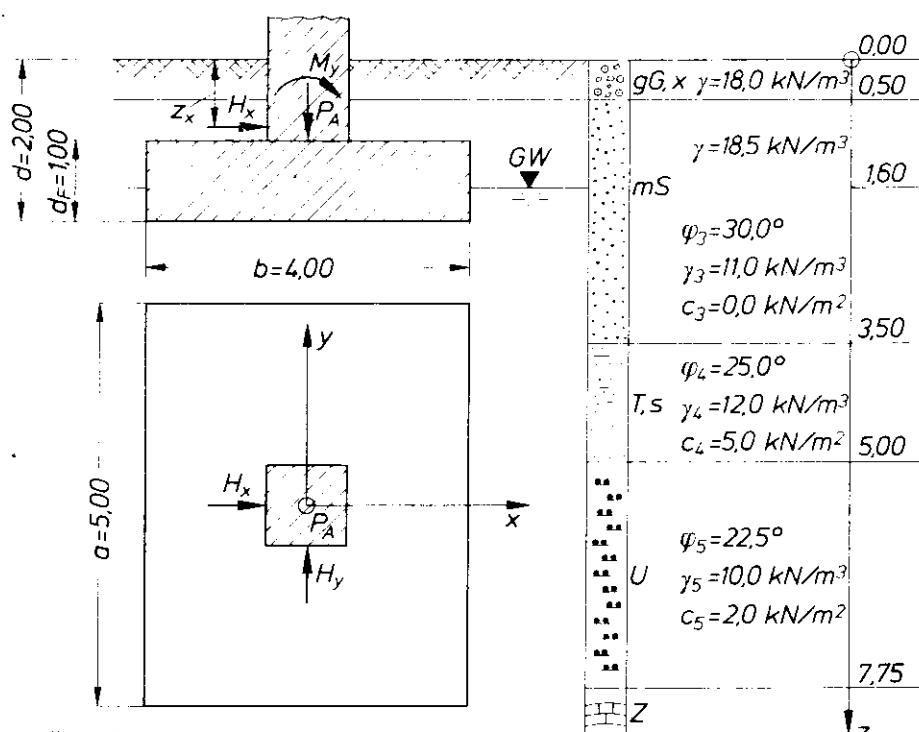


Bild 14. Aufgabenstellung Beispiel 2

Beiblatt 1 zu DIN 4017 Teil 2

3.2.2 Vorhandene Belastungen

Vertikalbelastung:

Auflast aus statischer Berechnung $P_A = 4230,00 \text{ kN}$

Eigenlast des Fundaments

$$P_E = (4,00 \cdot 5,00 \cdot 1,00) \cdot 24,00 = 480,00 \text{ kN}$$

Auftriebskraft

$$P_{\text{Auf}} = -(4,00 \cdot 5,00) \cdot 10,00 \cdot (2,00-1,60) = -80,00 \text{ kN}$$

Gesamte Vertikalbelastung der Sohle $V = 4630,00 \text{ kN}$

Horizontalbelastung:

aus statischer Berechnung

$$H_x = 450,00 \text{ kN}$$

$$H_y = -300,00 \text{ kN}$$

Abstand zur O.K. Gelände

$$z_x = 1,00 \text{ m}$$

$$z_y = 1,00 \text{ m}$$

Momentenbelastung:

vorhandene Momente

$$M_y = 1865,00 \text{ kNm}$$

$$M_x = -857,50 \text{ kNm}$$

Anteil aus H-Belastung

$$M_y = 450,00 \text{ kNm}$$

$$M_x = -300,00 \text{ kNm}$$

Gesamte Momentenbelastung

$$M_{y,\text{tot}} = 2315,00 \text{ kNm}$$

$$M_{x,\text{tot}} = -1157,50 \text{ kNm}$$

Ausmittigkeiten:

$$\text{parallel zur } x\text{-Achse: } e_x = \frac{M_{y,\text{tot}}}{V} = \frac{2315,00}{4630,00} = 0,50 \text{ m}$$

$$\text{parallel zur } y\text{-Achse: } e_y = \frac{M_{x,\text{tot}}}{V} = \frac{-1157,50}{4630,00} = -0,25 \text{ m}$$

Rechnerische Fundamentabmessungen:

$$b' = b - 2e_x = 4,00 - 2 \cdot 0,50 = 3,00 \text{ m}$$

$$a' = a - 2e_y = 5,00 - 2 \cdot 0,25 = 4,50 \text{ m}$$

3.2.3 Iterative Bestimmung der maßgebenden Bodenkenngrößen

Die iterative Ermittlung der maßgebenden Bodenkenngrößen kann nach DIN 4017 Teil 1 bei geschichtetem Baugrund nur dann erfolgen, wenn im Einflußbereich der Grundbruchfigur die Abweichung der Einzelwerte der Reibungswinkel φ vom arithmetischen Mittelwert φ_m kleiner als 5° ist.

Der Mittelwert φ_m der drei anstehenden Schichten beträgt $\varphi_m = \frac{30,0 + 25,0 + 22,5}{3} = 25,8^\circ$

Die Einzelwerte φ weichen also um weniger als 5° vom Mittelwert φ_m ab.

Die Berechnung wird hier wegen der Wirkung einer größeren Momentenbelastung und einer größeren Horizontalkraft in x -Richtung nur in dieser Richtung durchgeführt. Der Rechengang für die y -Richtung verläuft analog.

Neigung δ_s der Lastresultierenden gegen die Vertikale:

$$\text{Mit } \tan \delta_s = \frac{H_x}{V} = \frac{450,0}{4630,0} = 0,097$$

wird $\delta_s = 5,55^\circ$.

Die Iteration wird mit dem Reibungswinkel φ_3 der direkt unter dem Fundament gelegenen Schicht begonnen. Es könnte auch mit dem Mittelwert φ_m oder einem geschätzten Wert begonnen werden.

1. Iterationsschritt:

Ermittlung der Grundbruchfigur für $\varphi_0 = 30^\circ$

(Die Bezeichnungen sind aus Bild 15 ersichtlich.)

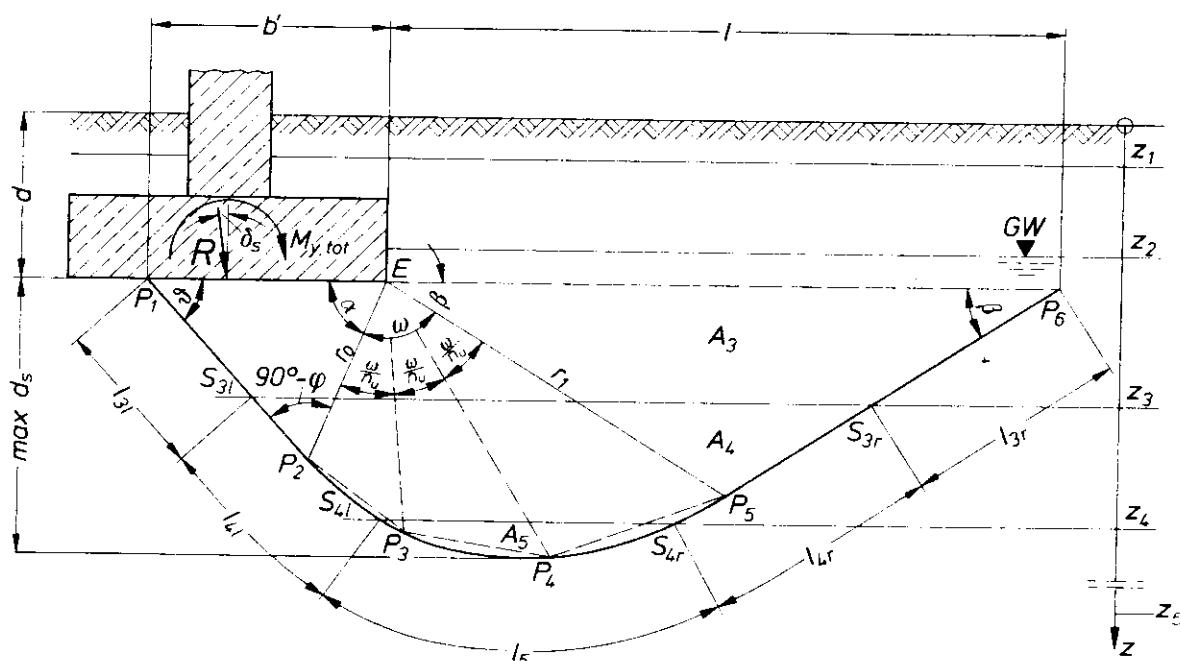


Bild 15. Grundbruchfigur für ausmittige und schräge Belastung

Beiblatt 1 zu DIN 4017 Teil 2

Geometrie der Grundbruchfigur

$$\beta = 45^\circ - \frac{\varphi_0}{2} = 45^\circ - \frac{30^\circ}{2} = 30^\circ$$

Damit ergibt sich die fiktive Größe a zu:

$$a = \frac{1 - \tan^2 \beta}{2 \cdot \tan \delta_s} = \frac{1 - \tan^2 30^\circ}{2 \cdot 0,0972} = 3,429$$

$$\tan \omega = a + \sqrt{a^2 - \tan^2 \beta} = 3,429 + \sqrt{3,429^2 - \tan^2 30^\circ} = 6,810$$

Damit

$$\omega = 81,646^\circ$$

$$\alpha = 180^\circ - \beta - \omega$$

$$= 180^\circ - 30^\circ - 81,646^\circ = 68,354^\circ$$

$$\delta = \omega - \beta = 81,646^\circ - 30^\circ = 51,64^\circ$$

Dreiecksseite r_0 :

$$r_0 = \frac{b'}{\sin(90^\circ - \varphi_0)} \cdot \sin \beta \\ = \frac{3,00}{\sin(90^\circ - 30^\circ)} \cdot \sin 51,64^\circ = 2,71 \text{ m}$$

Dreiecksseite r_1 :

$$r_1 = r_0 \cdot e^{(\arctan \omega - \tan \varphi_0)} \\ = 2,71 \cdot e^{(81,64^\circ - \pi/180^\circ \cdot \tan 30^\circ)} = 6,18 \text{ m}$$

Länge der Gleitfigur l :

$$l = 2 \cdot r_1 \cdot \cos \beta = 2 \cdot 6,18 \cdot \cos 30^\circ = 10,71 \text{ m}$$

Tiefe der Gleitfigur unter Sohle max d_s

$$\max d_s = r_0 \cdot \cos \varphi_0 \cdot e^{(\arctan \omega - \tan \varphi_0)} \\ = 2,71 \cdot \cos 30^\circ \cdot e^{(51,64^\circ - \pi/180^\circ \cdot \tan 30^\circ)} \\ = 3,95 \text{ m}$$

d. h. die tiefste Stelle der Gleitfigur liegt bei

$$z = \max d_s + d = 5,95 \text{ m} \text{ unter Gelände.}$$

Zur Vereinfachung wird die Gleitlinie bei der analytischen Berechnung durch einen Polygonzug angenähert. So ergibt sich bei dreifacher Unterteilung des Öffnungswinkels ω der logarithmischen Spirale das Polygon P_1 bis P_6 . Anschließend werden die Schnittpunkte S_{3l} und S_{3r} , bzw. S_{4l} der horizontalen Schichtgrenzen mit dem Polygonzug bestimmt. Die Schnittpunkte lassen sich auch zeichnerisch ermitteln, indem die Grundbruchfigur aufgetragen und danach die Schnittpunkte aus der Zeichnung entnommen werden. Bezogen auf ein im Punkt P_1 liegendes kartesisches Koordinatensystem ergeben sich damit folgende Schnittpunkte:

$$S_{3l} (1,18; 1,50)$$

$$S_{3r} (11,11; 1,50)$$

$$S_{4l} (2,61; 3,00)$$

$$S_{4r} (8,51; 3,00).$$

Damit ergeben sich anteilige Längen aus den Schnitt- und Polygonpunkten wie folgt:

$$l_3 = l_{3l} + l_{3r} = 1,91 + 3,00 = 4,91 \text{ m}$$

$$l_4 = l_{4l} + l_{4r} = 2,08 + 3,00 = 5,08 \text{ m}$$

$$l_5 = 6,27 \text{ m}$$

$$\text{Gesamtlänge } l_{\text{tot}} = 16,27 \text{ m}$$

Mit diesen anteiligen Längen ergibt sich als Ergebnis des ersten Iterationsschrittes der Winkel der inneren Reibung φ_m als gewogenes Mittel:

$$\tan \varphi_m = \frac{l_3 \cdot \tan \varphi_3 + l_4 \cdot \tan \varphi_4 + l_5 \cdot \tan \varphi_5}{l_3 + l_4 + l_5} \\ = \frac{4,91 \cdot \tan 30^\circ + 5,08 \cdot \tan 25^\circ + 6,27 \cdot \tan 22,5^\circ}{16,27} \\ = 0,48$$

und damit

$$\varphi_m = 25,62^\circ$$

Die Abweichung vom Ausgangswert $\varphi_0 = 30^\circ$ beträgt:

$$\Delta_i = \frac{30,0 - 25,62}{30,0} \cdot 100 = 14,57 \%$$

Die Abweichung Δ_i ist größer als 3%. Es ist ein weiterer Iterationsschritt mit

$$\varphi_{\text{neu}} = \frac{25,62 + 30,00}{2} = 27,81^\circ$$

notwendig.

Die anteiligen Längen könnten auch einer maßstäblichen graphischen Darstellung der Grundbruchfigur entnommen werden.

2. Iterationsschritt:

Ermittlung der Grundbruchfigur für $\varphi_m = 27,81^\circ$

Die Berechnung verläuft analog dem ersten Iterationsschritt.

Für die anteiligen Längen wurde errechnet:

$$l_3 = 4,85 \text{ m}$$

$$l_4 = 5,29 \text{ m}$$

$$l_5 = 4,63 \text{ m}$$

Der Winkel der inneren Reibung kann bestimmt werden zu:

$$\tan \varphi_m = \frac{4,85 \cdot \tan 30^\circ + 5,29 \cdot \tan 25^\circ + 4,63 \cdot \tan 22,5^\circ}{14,79} \\ = 0,48$$

$$\varphi_m = 25,94^\circ$$

Die Abweichung ist mit 6,73% noch größer als 3%. Daher ist ein weiterer Iterationsschritt durchzuführen mit:

$$\varphi_{\text{neu}} = \frac{27,81 + 25,94}{2} = 26,87$$

3. Iterationsschritt:

Das Ergebnis des 3. Iterationsschrittes ist:

$$\varphi_m = 26,08^\circ$$

Die Abweichung Δ_i vom Ausgangswert beträgt 2,9%, ist also kleiner als 3,0%. Ein weiterer Iterationsschritt ist nicht notwendig.

Der für den Grundbruchnachweis maßgebende Reibungswinkel φ ergibt sich zu:

$$\varphi = \frac{26,87 + 26,08}{2} = 26,48^\circ$$

3.2.4 Grundbruchnachweis

Für den maßgebenden Reibungswinkel werden nun in Analogie zu Iterationsschritt 1 die geometrischen Daten der Grundbruchfigur ermittelt. Mit den anteiligen Längen

$$l_3 = 4,83 \text{ m}$$

$$l_4 = 5,46 \text{ m}$$

$$l_5 = 3,68 \text{ m}$$

lässt sich die maßgebende Kohäsion c berechnen als gewogenes Mittel aus den Längen

$$c = \frac{(l_3 \cdot c_3 + l_4 \cdot c_4 + l_5 \cdot c_5) / l_{\text{tot}}}{13,98} = 2,48 \text{ kN/m}^2$$

Ermittlung der maßgebenden Wichten

a) unterhalb der Gründungssohle

Die für die Grundbruchberechnung maßgebende Wichte wird aus den anteiligen Flächen A_3 , A_4 und A_5 bestimmt.

Es ergeben sich

$$A_3 = 14,79 \text{ m}^2$$

$$A_4 = 9,03 \text{ m}^2$$

und

$$A_5 = 0,97 \text{ m}^2$$

Damit beträgt die Gesamtfläche

$$A_{\text{tot}} = 24,80 \text{ m}^2$$

Beiblatt 1 zu DIN 4017 Teil 2

und die maßgebende Wichte unterhalb der Gründungssohle als gewogenes Mittel aus den Teilstücken A

$$\gamma = (A_3 \cdot \gamma_3 + A_4 \cdot \gamma_4 + A_5 \cdot \gamma_5) / A_{\text{tot}}$$

$$= \frac{14,79 \cdot 11,00 + 9,03 \cdot 12,00 + 0,97 \cdot 10,00}{24,80}$$

$$= 11,32 \text{ kN/m}^3$$

b) Wichte γ_1 oberhalb der Gründungssohle

Die für die Grundbruchberechnung maßgebende Wichte oberhalb der Gründungssohle wird über die anteiligen Höhen ermittelt.

$$\gamma_1 = \frac{0,50 \cdot 18,00 + 1,10 \cdot 18,50 + 0,40 \cdot 11,00}{2,00} = 16,87 \text{ kN/m}^3$$

Mit den errechneten maßgebenden Bodenkenngrößen können nun die Beiwerke wie für homogenen Baugrund bestimmt werden.

Die Formeln für die einzelnen Beiwerke sind den Erläuterungen im Beiblatt 1 zu DIN 4017 Teil 1 entnommen.

Es ergeben sich:

Tragfähigkeitsbeiwerte für $\varphi = 26,48^\circ$

$$N_d = 12,48$$

$$N_c = 23,04$$

$$N_b = 5,72$$

Formbeiwerke für $\varphi = 26,48^\circ$

$$v'_d = 1,29$$

$$v'_c = 1,32$$

$$v'_b = 0,80$$

Neigungsbeiwerte für $\varphi = 26,48^\circ$

$$x_d = 0,81$$

$$x_c = 0,79$$

$$x_b = 0,73$$

Durch Einsetzen in die Gleichung zur angenäherten Berechnung der Grundbruchlast ergibt sich für die lotrechte Komponente der Bruchlast

$$V_b = a' \cdot b' \cdot (c \cdot N_c \cdot x_c \cdot v'_c + \gamma_1 \cdot d \cdot N_d \cdot x_d \cdot v'_d + \gamma_2 \cdot b' \cdot N_b \cdot x_b \cdot v'_b)$$

$$= 4,50 \cdot 3,00 \cdot (2,48 \cdot 23,05 \cdot 1,32 \cdot 0,79 + 16,87 \cdot 2,00 \cdot 12,48 \cdot 1,30 \cdot 0,81 + 11,33 \cdot 3,00 \cdot 5,72 \cdot 0,80 \cdot 0,74)$$

$$V_b = 8341,0 \text{ kN}$$

und damit als vorhandene Sicherheit gegen Grundbruch

$$\eta_{\text{vorh}} = 1,80$$

Die Änderung der Gleitlinien für die einzelnen Berechnungsschritte ist aus Bild 16 ersichtlich.

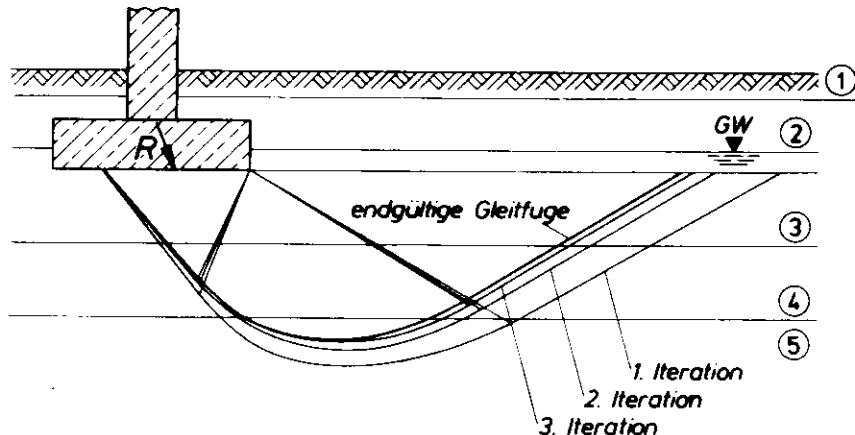


Bild 16. Änderung der Grundbruchfigur nach den einzelnen Iterationsschritten

Anmerkung: Die Berechnung wurde mit der bei EDV-Anlagen üblichen Rechengenauigkeit durchgeführt. Die im Beispiel angegebenen Zahlenwerte sind im Regelfall nur auf 2 Stellen hinter dem Komma aufgeführt.

II.**Landschaftsverband Westfalen-Lippe****Bekanntmachung
des Landschaftsverbandes Westfalen-Lippe**

Betr.: Öffentliche Auslegung des Entwurfs der Haushaltssatzung für das Haushaltsjahr 1982

Auf Grund des § 25 der Landschaftsverbandsordnung für das Land Nordrhein-Westfalen vom 12. Mai 1953 (GV. NW. S. 271), zuletzt geändert durch Gesetz vom 15. Mai 1979 (GV. NW. S. 408), in Verbindung mit § 66 Abs. 3 der Gemeindeordnung für das Land Nordrhein-Westfalen in der Neufassung der Bekanntmachung vom 1. Oktober 1979 (GV. NW. S. 594), wird bekanntgegeben, daß der Entwurf der Haushaltssatzung des Landschaftsverbandes Westfalen-Lippe für das Haushaltsjahr 1982 mit den Anlagen

vom 10. bis 18. Dezember 1981

während der Dienststunden im Verwaltungsgebäude des Landschaftsverbandes Westfalen-Lippe in Münster, Landeshaus Freiherr-vom-Stein-Platz 1, Zimmer 297, zur Einsichtnahme öffentlich ausliegt. Einwendungen gegen den Entwurf der Haushaltssatzung und ihre Anlagen können bis spätestens drei Wochen vor dem Termin für die Beratung und Beschußfassung des Entwurfs der Haushaltssatzung durch die Landschaftsversammlung erhoben werden (§ 8 der Hauptsatzung des Landschaftsverbandes Westfalen-Lippe vom 17. 12. 1979 (GV. NW. 1980 S. 22). Als Termin für diese Beschußfassung ist der 19. 2. 1982 vorgesehen.

Münster, den 13. November 1981

Neseke
Direktor des Landschaftsverbandes
Westfalen-Lippe

- MBl. NW. 1981 S. 2181.

Hinweise**Inhalt des Gemeinsamen Amtsblattes des Kultusministeriums
und des Ministeriums für Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen**

Nr. 10 v. 25. 10. 1981

(Einzelpreis dieser Nummer 7,80 DM zuzügl. Portokosten)

A. Amtlicher Teil**I Kultusminister**

Personalnachrichten	375
Bekanntmachung der Neufassung des Schulverwaltungsge- setzes (SchVG) vom 1. Oktober 1981	376
Sammelinkasso-Vereinbarungen über Versicherungsverträ- ge von Dienstkräften des Landes. RdErl. d. Kultusministers v. 1. 10. 1981	384
Landespersonalvertretungsgesetz; hier: Zusammensetzung der Hauptpersonalräte beim Kultusminister des Landes Nordrhein-Westfalen. HdErl. d. Kultusministers v. 30. 9. 1981	385
Erhebung von Statistikdaten. RdErl. d. Kultusministers v. 6. 10. 1981	389
Bestimmung des zentralen Ausbildungsarchivs gemäß § 6 Abs. 1 der Verordnung über die Ausbildung und Prüfung für die Laufbahn des gehobenen Archivdienstes im Lande Nord- rhein-Westfalen vom 28. Juli 1981 (GV. NW. S. 466). RdErl. d. Kultusministers v. 17. 8. 1981	389
Nutzung der Erfahrungen der aus dem Auslandsschuldienst zurückkehrenden Lehrer. RdErl. d. Kultusministers v. 5. 10. 1981	389
Öffentlich-rechtliche Vereinbarung über die Errichtung des Kultursekretariats Gütersloh. Bek. d. Kultusministers v. 4. 9. 1981	390
Rahmenvertrag über die Versicherung der Halter beamten- eigener oder privateigener Kraftfahrzeuge und der Fahrer von Dienstkraftfahrzeugen; hier: Berichtigung	392
Richtlinien zum Berufsgrundschuljahr (Stundentafel); hier: Berichtigung	392

II Minister für Wissenschaft und Forschung

Personalnachrichten

Ungültigkeitserklärung eines Dienstausweises. Bek. d. Kan-
zlers der Fachhochschule Köln v. 15. 9. 1981

393

Ungültigkeitserklärung eines Dienstausweises. Bek. d. Di-
rektors der Zentralstelle für die Vergabe von Studienplätzen
Dortmund v. 5. 10. 1981

393

B. Nichtamtlicher Teil

Stellenausschreibungen im Geschäftsbereich des Kultusmi- nisters	393
Stellenausschreibung des Bundesrechnungshofes	394
Deutsche Fremdsprachenassistenten für Großbritannien, Frankreich, die Westschweiz, Belgien, die Niederlande, Ita- lien, Spanien und die Republik Irland 1982/83	395
Jugendwettbewerb „Wissen, was Sache ist“	395
Shankar's Internationaler Mal- und Aufsatzwettbewerb für Kinder, New Delhi 1982	395
Bildbroschüre „Kreise in Nordrhein-Westfalen“	395
Inhaltsverzeichnis des Ministerialblattes für das Land Nord- rhein-Westfalen für die Ausgaben vom 22. Oktober bis 9. No- vember 1981	396
Inhaltsverzeichnis des Gesetz- und Verordnungsblattes für das Land Nordrhein-Westfalen für die Ausgaben vom 14. Ok- tober bis 12. November 1981	398

C. Anzeigenteil

Kostenpflichtige Stellen- und Werbeanzeigen	400
---	-----

- MBl. NW. 1981 S. 2181.

Inhalt des Gesetz- und Verordnungsblattes für das Land Nordrhein-Westfalen

Nr. 55 v. 5. 11. 1981

Glied.- Nr.	Datum	(Einzelpreis dieser Nummer 1,80 DM zuzügl. Portokosten)	Seite
20301	13. 10. 1981	Fünfte Verordnung zur Änderung der Laufbahnverordnung	604
822	10. 6. 1981	Erster Nachtrag zur Satzung des Landesverbandes der Innungskrankenkassen Westfalen-Lippe	604
24	9. 1981	Nachtrag zu der Genehmigungsurkunde des Regierungspräsidenten Düsseldorf vom 6. September 1904 und den hierzu ergangenen Nachträgen für die Kleinbahn von Krefeld nach dem Rheinhafen bei Krefeld-Linn (Städtische Eisenbahn Krefeld)	605
		Öffentliche Bekanntmachung über eine weitere Teilgenehmigung vom 8. Oktober 1981 für das Kernkraftwerk Kalkar (Bescheid Nr. 7/4 SNR); Datum der Bekanntmachung: 5. November 1981	605

– MBl. NW. 1981 S. 2182.

Nr. 56 v. 6. 11. 1981

Glied.- Nr.	Datum	(Einzelpreis dieser Nummer 1,60 DM zuzügl. Portokosten)	Seite
223	29. 9. 1981	Verordnung zur Regelung der ersten Wahlen zu den Organen der Fachhochschule für Bibliotheks- und Dokumentationswesen in Köln	608
237	27. 10. 1981	Verordnung zur Änderung der Verordnung zur Bestimmung von Gebieten mit erhöhtem Wohnungsbedarf	614

– MBl. NW. 1981 S. 2182.

Einzelpreis dieser Nummer 9,50 DM

Bestellungen, Anfragen usw. sind an den August Bagel Verlag zu richten. Anschrift und Telefonnummer wie folgt für

Abonnementsbestellungen: Am Wehrhahn 100, Tel. (0211) 380301 (8.00–12.30 Uhr), 4000 Düsseldorf 1

Bezugspreis halbjährlich 70,80 DM (Kalenderhalbjahr). Jahresbezug 141,60 DM (Kalenderjahr), zahlbar im voraus. Abbestellungen für Kalenderhalbjahresbezug müssen bis zum 30. 4. bzw. 31. 10. für Kalenderjahresbezug bis zum 31. 10. eines jeden Jahres beim Verlag vorliegen.

Die genannten Preise enthalten 6,5% Mehrwertsteuer

Einzelbestellungen: Grafenberger Allee 100, Tel. (0211) 6888293/294, 4000 Düsseldorf 1

Einzellieferungen gegen Voreinsendung des vorgenannten Betrages zuzügl. Versandkosten (je nach Gewicht des Blattes), mindestens jedoch DM 0,80 auf das Postscheckkonto Köln 85 16-507. (Der Verlag bittet, keine Postwertzeichen einzusenden.) Es wird dringend empfohlen, Nachbestellungen des Ministerialblattes für das Land Nordrhein-Westfalen möglichst innerhalb eines Vierteljahres nach Erscheinen der jeweiligen Nummer beim Verlag vorzunehmen, um späteren Lieferschwierigkeiten vorzubeugen. Wenn nicht innerhalb von vier Wochen eine Lieferung erfolgt, gilt die Nummer als vergriffen. Eine besondere Benachrichtigung ergeht nicht.

Herausgegeben von der Landesregierung Nordrhein-Westfalen, Haroldstraße 5, 4000 Düsseldorf 1
Verlag und Vertrieb: August Bagel Verlag, Düsseldorf, Am Wehrhahn 100

Druck: A. Bagel, Graphischer Großbetrieb, 4000 Düsseldorf

ISSN 0341-194 X