	Erdstatische Berechnungsverfahren Tragfähigkeit des Baugrundes bei Belastung durch Flächenfundamente	TGL 11 464/02
		Gruppe 200 00

Методы расчета статике грунтов; Несущая способность плиточных фундаментов

Earth Static Methods of Calculation; Bearing Capacity of Shallow Foundations

Deskriptoren: **Flächenfundament; Tragfähigkeit**

Umfang 12 Seiten

Verantwortlich/bestätigt: 1. 3. 1985, VEB Spezialbaukombinat Wasserbau, Weimar

Uwe Friedrich
 Kapellenstraße 12
 403 Bockau/Erzg.

Verbindlich ab 1. 8. 1986

Dieser Standard gilt nur für vorwiegend statisch belastete Flächenfundamente mit rechteckigen, ebenen Sohlflächen auf Lockergestein nach TGL 11 460/02.

Inhaltsverzeichnis	Seite
1. Begriffe und Formelzeichen	1
2. Grundsätze	2
3. Grundlagen für die Berechnung	2
4. Berechnung der Tragfähigkeit	3
5. Berechnung mit summarischem Sicherheitsfaktor	6
6. Nachweis der Tragfähigkeit	6

1. BEGRIFFE UND FORMELZEICHEN

Tabelle 1 Begriffe

Benennung	Erklärung
Flächenfundament	Fundament, das Bauwerkslasten vorwiegend mittels seiner Sohlfläche auf den Baugrund überträgt
Tragfähigkeit	im Sinne dieses Standards Festigkeitseigenschaft des Baugrundes, die ausreichende Sicherheit gegen den Bruch des Baugrundes gewährleistet. Als Maß dient die auf die Sohlfläche des Flächenfundamentes bezogene Normalkomponente der nach Richtung, Angriffspunkt und Größe festgelegten äußeren Kraft.
Grenztragfähigkeit	Festigkeitseigenschaft des Baugrundes, deren Überschreitung den Bruch des Baugrundes (Grundbruch) durch Bildung von Gleitflächen bewirkt.
Streifenfundament	Flächenfundament mit einem Seitenverhältnis $\bar{B}/\bar{L} < 0,2$
Gründungsebene	Horizontalebene durch den höchsten Punkt der Sohlfläche, siehe Bild 1
Bruchbereich	im Bruchzustand von Gleitflächen eingeschlossener Bereich des Baugrundes

Tabelle 2 Formelzeichen

Benennung	Erklärung
1. Geometrische Größen	
A	Fundamentgrundrißfläche bezogen auf die Horizontale
\bar{A}	wirksamer Flächenanteil von A
a _{cr}	kritischer Abstand von Einzelfundamenten
B	Fundamentbreite, kleinere Grundrißabmessung, projiziert auf die Horizontale, siehe Bild 2
\bar{B}	wirksame Fundamentbreite, kleinere reduzierte Grundrißabmessung, projiziert auf die Horizontale, siehe Bild 3
D _{min}	kleinste Einbindetiefe, siehe Bild 1
D _{max}	größte Einbindetiefe, siehe Bild 1
e mit Index B oder L	Ausmittigkeiten, projiziert auf die Horizontale, siehe Bild 2
h ₁	Schichtdicke, siehe Bild 4
h _{cr}	kritische Schichtdicke
L	Fundamentlänge, größere Grundrißabmessung, projiziert auf die Horizontale, siehe Bild 2
\bar{L}	wirksame Fundamentlänge, größere reduzierte Grundrißabmessung, projiziert auf die Horizontale
α	Sohlneigungswinkel, siehe Bild 1
$\delta\bar{B}, \delta\bar{L}$	Komponenten des Lastneigungswinkels, siehe Bild 1

Fortsetzung der Tabelle 2 Seite 2

Fortsetzung der Tabelle 2

Benennung	Erklärung
2. Kräfte, Spannungen	
F _S	Scherkraft, siehe Bild 4
G	Eigenlast des Erdkörpers, siehe Bild 4
g	maßgebende Auflast in derjenigen Gründungsebene, in der der Tragfähigkeitsnachweis zu führen ist, siehe Bild 1 und 4
M	Lastmoment bezogen auf die Mittelachse der Sohlfläche
N	Normalkomponente der Last bezogen auf die Sohlfläche, siehe Bild 1
T	Tangentiale Komponente der Last bezogen auf die Sohlfläche, siehe Bild 1
R ⁿ	Tragfähigkeit
ΔR _g ⁿ	Tragfähigkeitserhöhung
R _f	Grenztragfähigkeit
3. Beiwerte	
i _B , i _g , i _c	Lastneigungsbeiwerte
m _B , m _g , m _c	Anpassungsfaktoren
N _B , N _g , N _c	Tragfähigkeitsbeiwerte
s _s	summarischer Sicherheitsfaktor
s _B , s _g , s _c	Formbeiwerte
η	Aussteifungsbeiwert
ξ _B , ξ _g , ξ _c	Sohlneigungsbeiwerte
4. Kennwerte des Lockergesteins nach TGL 11 459	
5. Indizes	
B	infolge Fundamentbreite
c	infolge Kohäsion
g	infolge Auflast
n	normativ
1	obere Schicht nach Abschnitt 4.9.
2	untere Schicht nach Abschnitt 4.9.

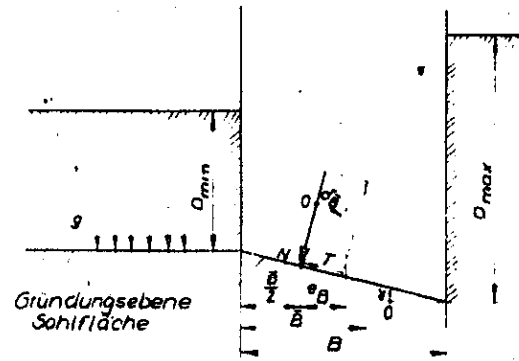


Bild 1

2. GRUNDSÄTZE

2.1. Der Nachweis der Tragfähigkeit ist im Regelfall nach dem in diesem Standard vorgeschriebenen Berechnungsverfahren, dem die Theorie des Grenzgleichgewichts des Baugrundes zugrunde liegt, durchzuführen.

In begründeten Fällen darf dieses Berechnungsverfahren abgewandelt oder durch ein anderes erprobtes Verfahren ersetzt werden, wenn die Zustimmung der zuständigen staatlichen Bauaufsicht vorliegt. In diesen Fällen sind die für die Berechnung wichtigen Ableitungen anzugeben.

2.2. Nach Grenzzuständen ist zu rechnen, wenn Materialfaktoren für den Baugrund vorliegen. Anderenfalls darf mit summarischem Sicherheitsfaktor gerechnet werden.

2.3. Die Tragfähigkeit darf nur bis zur Grenze der für das Bauwerk oder Bauwerksteil zulässigen Verformung in Anspruch genommen werden.

3. GRUNDLAGEN FÜR DIE BERECHNUNG**3.1. Baugrund**

Der Baugrund muß nach TGL 11 458/01 untersucht sein. Die ermittelte Baugrundsichtung ist durch zweckmäßige Zusammenfassung von Einzelschichten so zu vereinfachen, daß die Tragfähigkeit der maßgebenden Gründungsschichten mit dem Berechnungsverfahren dieses Standards berechnet werden kann.

Für die Berechnung der Tragfähigkeit dürfen nur solche bodenphysikalischen Kennwerte verwendet werden, die sich aus Prüfungen an Lockergesteinsproben, Korrelationen anerkannter Baugrunduntersuchungsstellen oder darauf begründeten gesicherten Erfahrungswerten ergeben.

3.1.1. Stark- und hochbindiger Baugrund

Ist die Fließgrenze $w_L > 0,35$ und der Plastizitätsindex $I_p > 0,20$, müssen mit Ausnahme der folgenden Fälle die scheinbare Kohäsion (c_u) und der scheinbare Reibungswinkel (Φ_u) angesetzt werden.

Mit der wirksamen Kohäsion (c') und dem wirksamen Reibungswinkel (Φ') darf gerechnet werden, wenn eines oder mehrere der folgenden Kriterien erfüllt sind:

– Die Lasteintragszeit (t) genügt der Bedingung nach Formel (1).

$$t \geq \frac{8 B^2 \gamma_w}{E_{ok}} \quad (1)$$

- Die Belastung des Baugrundes ist kleiner als die Belastung vor Aushub und/oder es waren andere Vorbelastungen wirksam.
- Es ist die Standsicherheit eines bereits längere Zeit stehenden Bauwerkes nachzuweisen.

3.1.2. Mittel-, schwach- und nichtbindiger Baugrund

Es darf mit der wirksamen Kohäsion (c') und dem wirksamen Reibungswinkel (ϕ') gerechnet werden. Bei mittelbindigem Baugrund ist im Falle extrem kurzer Lasteintragszeiten, z. B. bei Silofüllungen, die Bedingung nach Formel (1) zu prüfen. Bei Nichterfüllung der Bedingung ist mit c_u und ϕ_u zu rechnen.

3.1.3. Grundwassereinfluß

Der Grundwasserspiegel ist innerhalb seiner möglichen Schwankungsgrenzen so anzusetzen, daß sich die geringste Tragfähigkeit ergibt.

Oberhalb des Grundwasserspiegels ist für die Tragfähigkeitsberechnung die natürliche Rohwichte (γ_n), unterhalb des Grundwasserspiegels die Rohwichte unter Auftrieb (γ') anzusetzen.

3.2. Gründungskonstruktion

Für die Berechnung der Tragfähigkeit müssen Breite und Länge des zu berechnenden Fundamentes, seine Lage im Baugrund, die Lage aussteifender Elemente, z. B. Querwände, Kellerfußboden, sowie die Abmessungen und die Lage benachbarter Fundamente vorgegeben sein.

3.3. Belastungsansätze

Für die Berechnung der Tragfähigkeit sind alle aus dem Bauwerk resultierenden Lasten (N, T, M) getrennt nach Lastfällen, einschließlich der Eigenlast und dem Auftrieb des Fundamentes, bezogen auf die Sohlfläche, zu ermitteln. Der maßgebende ungünstigste Lastfall ist in der Regel in folgenden Lastkombinationen enthalten:

- max N, zugeordnete T und M
- max T, zugeordnete N und M
- max M, zugeordnete N und T
- min N, zugeordnete T und M

Bauzustände sind zu berücksichtigen.

Aus diesen Lastkombinationen sind die maßgebende Ausmittigkeit und der maßgebende Lastneigungswinkel zu berechnen, oder bei zweiseitiger Ausmittigkeit die Komponenten e_B , e_L parallel zur kleinen und zur großen Fundamentseite, bei zweiseitiger Lastneigung die Komponenten δ_B , δ_L parallel zur kleinen und zur großen wirksamen Fundamentseite. Stützender Erddruck darf als von außen auf das Fundament einwirkende Kraft angenommen und den vorgenannten Lastkombinationen zugerechnet werden, wenn

- $D_{\min} \leq 4 \bar{B}_0$ (\bar{B}_0 = wirksame Fundamentbreite ohne Einwirkung von stützendem Erddruck) oder $D_{\min} > 4 \bar{B}_0$ und $D_{\min} > 2 B$ ist,
- das den stützenden Erddruck bewirkende Lockergestein bis zur Standarddichte $\rho_{d,S} \geq 0,95$ verdichtet ist und seine mechanischen Eigenschaften bekannt sind,
- der stützende Erddruck während der Nutzungszeit des Bauwerkes jederzeit erhalten werden kann.

Stützender Erddruck darf höchstens in der Größe angelegt werden, die zusammen mit den vorgenannten Last-

fällen einen Lastneigungswinkel $\delta = 0$ ergibt. Die Berechnung des Erddruckes ist nach TGL 11 464/03 durchzuführen.

4. BERECHNUNG DER TRAGFÄHIGKEIT

In die Rechenvorschriften dieses Abschnittes sind die Rechenlasten nach TGL 32 274/01 und die Rechenwerte für den Reibungswinkel, die Kohäsion und die Rohwichte des Lockergesteins einzusetzen.

4.1. Tragfähigkeitsformeln

Die zur Fundamentsohle normale Komponente der Tragfähigkeit ist nach den Formeln (2) bis (5) zu berechnen.

$$R^n = R_B^n + R_g^n + R_c^n \quad (2)$$

$$R_B^n = \bar{A} \cdot \bar{B} \cdot \gamma_B \cdot N_B \cdot i_B \cdot \xi_B \cdot \eta \cdot m_B \quad (3)$$

$$R_g^n = \bar{A} \cdot g \cdot N_g \cdot i_g \cdot \xi_g \cdot \eta \cdot m_g \quad (4)$$

$$R_c^n = \bar{A} \cdot c \cdot N_c \cdot i_c \cdot \xi_c \cdot \eta \cdot m_c \quad (5)$$

4.2. Seitliche Auflast

Bei der Berechnung der in Höhe der Gründungsebene vorhandenen seitlichen Auflast (g) dürfen alle ständig und allseitig neben dem Fundament wirkenden Lasten, z. B. Eigenlast des Lockergesteins, Kellerfußboden, berücksichtigt werden.

Es sind drei Tiefenbereiche zu unterscheiden:

$D_{\min} \leq D_{0,cr}$: Die Auflast (g) darf in Formel (4) voll eingesetzt werden.

$D_{\min} \geq D_{u,cr}$: Mit der Auflast ($g_{0,cr}$) ist der Tragfähigkeitsanteil ($R_{g,cr}^n$) nach Formel (4) zu berechnen und um den Tragfähigkeitsanteil (ΔR_g^n) nach Formel (6) zu erhöhen.

$$\Delta R_g^n = 0,5 \cdot R_{g,cr}^n + \bar{A} (g_{u,cr} - 1,5 g_{0,cr}) \quad (6)$$

- $D_{0,cr} < D_{\min} < D_{u,cr}$: Zwischen den Tragfähigkeitsanteilen $R_{g,cr}^n$ und $R_{g,cr}^n + \Delta R_g^n$ ist zu interpolieren.

$g_{0,cr}$ ist die Auflast in der Tiefe $D_{0,cr} = 2\bar{B}$

$g_{u,cr}$ ist die Auflast in der Tiefe $D_{u,cr} = 4\bar{B}$

4.3. Ausmittige Belastung

Bei ausmittiger angreifender Belastung ist anstelle der Fundamentfläche (A) mit der wirksamen kleineren Fundamentfläche (\bar{A}) zu rechnen. Für Rechteckfundamente mit $L - B \geq 2 (e_L - e_B)$, siehe Bild 2, und für Streifenfundamente gilt Formel (7) und (8).

$$\bar{B} = B - 2 \cdot e_B \quad (7)$$

$$\bar{L} = L - 2 \cdot e_L \quad (8)$$

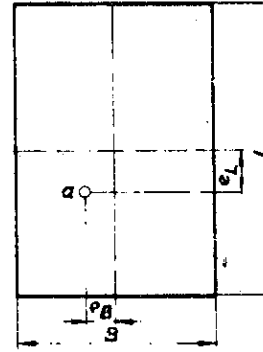
Für Rechteckfundamente mit $L - B < 2 (e_L - e_B)$ gilt Formel (9) und (10)

$$\bar{B} = L - 2 \cdot e_L \quad (9)$$

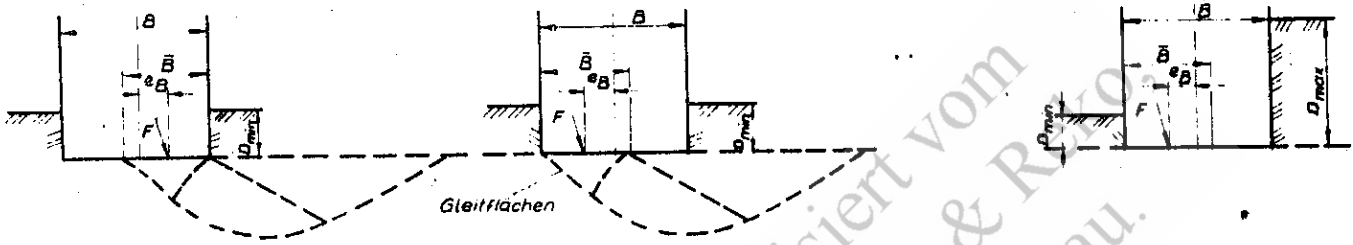
$$\bar{L} = B - 2 \cdot e_B \quad (10)$$

Ist die Last zusätzlich geneigt, muß zwischen gleichsinniger und nicht gleichsinniger Ausmittigkeit unterschieden werden, siehe Bild 3a bis Bild 3c. Im Fall b ändert sich die Berechnung gegenüber dem Fall a nicht. Im Fall c sind zwei Nachweise zu führen:

- mit ausmittig-lotrechter Belastung bei Einbindetiefe (D_{min})
- mit ausmittig-geneigter Belastung bei Einbindetiefe (D_{max}).



a = Lastangriffspunkt
Bild 2



Fall a: e_B gleichsinnig
Bild 3a

Fall b: e_B nicht gleichsinnig
Bild 3b

Fall c: e_B nicht gleichsinnig
Bild 3c

4.4. Tragfähigkeitsbeiwerte

Die Tragfähigkeitsbeiwerte (N_B, N_g, N_c) sind nach den Formeln (11) bis (13) zu berechnen.

$$N_B = (1 + \tan \phi) (0,2 \cdot 10^{2,5 \cdot \tan \phi} + 0,05) - 0,25 \quad (11)$$

$$N_g = (\sqrt{1 + \tan^2 \phi} + \tan \phi)^2 e^{\pi \cdot \tan \phi} \quad (12)$$

$$N_c = \frac{N_g - 1}{\tan \phi}; \text{ für } \phi = 0 \text{ ist } N_{c,0} = 2 + \pi \quad (13)$$

4.5. Lastneigung

Die Lastneigungsbeiwerte (i_B, i_g, i_c) sind nach den Formeln (14) bis (16) zu berechnen.

$$i_B = (1 - 0,57 \cdot \tan \delta)^7 \quad (14)$$

$$i_g = (1 - 0,70 \cdot \tan \delta)^3 \quad (15)$$

$$i_c = (1 - 0,59 \cdot \tan \delta)^4 \quad (16)$$

Im Fall $\phi = 0$ ist $i_g = 1$ zu setzen und i_c nach Abschnitt 4.6. zu berechnen.

Bei zweiseitiger Lastneigung sind im Regelfall zwei Nachweise mit den Formeln (2) bis (5) zu führen:

- mit dem Lastneigungswinkel ($\delta_{\bar{B}}$)
- mit dem Lastneigungswinkel (δ_{\square}) und Einsetzen von \square statt \bar{B} in Formel (3) und in die Rechenvorschriften nach Abschnitt 4.2. und 4.9.

4.6. Sohlneigung

Die tragfähigkeitserhöhende Wirkung geneigter Fundamentsohlen darf, wenn α und δ entsprechend Bild 1 gleichsinnig sind, durch die Sohlneigungsbeiwerte (ξ_B, ξ_g, ξ_c) nach den Formeln (17) und (18) berücksichtigt werden.

$$\xi_B = (1 + \tan^2 \alpha) e^{-4,2\alpha (\phi - 0,105)} \quad (17)$$

$$\xi_g = \xi_c = \sqrt{1 + \tan^2 \alpha} \cdot e^{-\alpha \cdot \tan \phi} \quad (18)$$

Für $\alpha = 0$ gilt $\xi_B = \xi_g = \xi_c = 1$.

Im Fall $\phi = 0$ ist der kombinierte Lastneigungs-Sohlneigungsbeiwert nach Formel (19) mit dem Hilfswert nach Formel (20) zu berechnen.

$$i_c \cdot \xi_c = \sqrt{1 + \tan^2 \alpha} \cdot \frac{2}{2 + \pi} \left(\frac{1}{2} + \frac{\pi}{4} + \varphi_r + \frac{\tan \varphi_r}{1 + \tan^2 \varphi_r} - \alpha \right) \quad (19)$$

$$\text{Hilfswert } \tan \varphi_r = \sqrt{\frac{c \cdot \bar{A} \cdot \sqrt{1 + \tan^2 \alpha} - R^n \cdot \tan \delta}{c \cdot \bar{A} \cdot \sqrt{1 + \tan^2 \alpha} + R^n \cdot \tan \delta}} \quad (20)$$

Mit $\alpha = 0, \phi = 0$ und $\xi_c = 1$ ergibt sich aus Formel (19) der Wert i_c ; andererseits mit $\delta = 0$ und $i_c = 1$ der Wert ξ_c . Da die Tragfähigkeit (R^n) zunächst unbekannt ist, darf dafür näherungsweise N in Formel (20) eingesetzt werden.

4.7. Fundamentform

Der Einfluß der Fundamentform wird durch das Seitenverhältnis der wirksamen Fundamentgrundrißfläche mittels Formbeiwerten (s_B, s_g, s_c) nach den Formeln (21) bis (23) berücksichtigt.

$$s_B = 1 - 0,25 \cdot \frac{\bar{B}}{L} \quad (21)$$

$$s_g = 1 + 1,8 \cdot \frac{\bar{B}}{L} \cdot \sin \phi \quad (22)$$

$$s_c = 1 + 0,3 \cdot \frac{\bar{B}}{L} \quad (23)$$

Für Streifenfundamente darf $s_B = s_g = s_c = 1$ in die Formeln (3) bis (5) eingesetzt werden.

Bei Abständen $a \leq a_{cr} = 1,3 \bar{B}$ zwischen Einzelfundamenten einer Fundamentgruppe ist außer dem Tragfähigkeitsnachweis für das Einzelfundament der Nachweis für die Fundamentgruppe unter Annahme eines ideellen Einzelfundamentes zu führen. Die Abmessungen des ideellen Einzelfundamentes sind entsprechend den Umrißmaßen der Fundamentgruppe festzulegen.

4.8. Ausgesteifte Fundamente

Schräg ausmittigt belastete Fundamente dürfen nach TGL 11 463/03 als lotrecht mittig belastet berechnet werden, wenn sie durch entsprechende Bauelemente ausgesteift sind. Sind zusätzlich zu dieser Bedingung unterschiedlich große Auflasten, z. B. infolge D_{min} , D_{max} , siehe Bild 1, gegeben, dann sind zwei Nachweise der Tragfähigkeit (R^n) erforderlich mit der Auflast (g) für

- D_{max} und Einsetzen von D_{max} statt D_{min} in die Rechenvorschriften nach Abschnitt 4.2.
- D_{min} nach Abschnitt 4.2. und Einsetzen des Aussteifungsbeiwertes (β) nach Formel (24).

$$\beta = 1 + 0,63 \cdot \tan \phi + 1,07 \cdot \tan^2 \phi \quad (24)$$

4.9. Zweischichtiger Baugrund

Unterscheiden sich unterhalb der Gründungsebene im Bereich der kritischen Schichtdicke (h_{cr}) nach Formel (25) die Kennwerte der Scherfestigkeit so sehr, daß die Schichten nicht zu einer Schicht zusammengefaßt werden können, müssen beide im Tragfähigkeitsnachweis berücksichtigt werden.

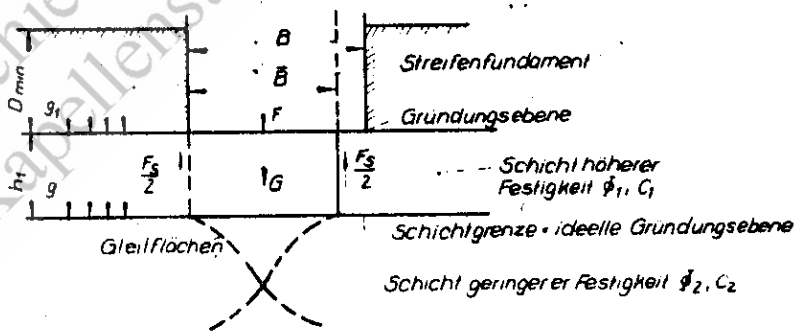


Bild 4

Für Rechteckfundamente gilt Formel (29)

$$F_S = \left[\frac{\tan \phi_1}{1 + \tan^2 \phi_1} \cdot (\gamma_1 \cdot h_1^2 + 2 \cdot g_1 \cdot h_1) + 2 \cdot h_1 \cdot c_1 \right] (L + \bar{B}) \quad (29)$$

Beim Nachweis für die untere Schicht sind der Sohlnigungswinkel $\alpha = 0$ und der Aussteifungsbeiwert $\beta = 1$ einzusetzen. Ausmittige Belastung ist nach Abschnitt 4.3. zu berücksich-

$$h_{cr} = \bar{B} \cdot \cos(\varphi_1 - \phi_1) e^{\left(\frac{\pi}{2} - \varphi_1 + \phi_1\right) \tan \phi_1} \quad (25)$$

mit $0 \leq \varphi_1 < \pi$ und nach Formel (26)

$$\cot \varphi_1 = \sqrt{(1 + \tan^2 \phi_1) \frac{\tan \phi_1 - \tan \delta}{\tan \phi_1 + \tan \delta}} - \tan \phi_1 \quad (26)$$

Wenn $\phi_1 = 0$, ist $\cot \varphi_1 = \tan \varphi_1$ nach Formel (20) zu berechnen. Wie im Abschnitt 4.6. darf näherungsweise N statt R^n eingesetzt werden.

Fall 1: Die obere Schicht hat eine höhere Scherfestigkeit

Bei $h_1 < h_{cr}$ ist außer dem Tragfähigkeitsnachweis für die obere Schicht ein zweiter Nachweis für die untere Schicht zu führen und dazu die Schichtgrenze als ideelle Gründungsebene anzunehmen.

Sauberkeitsschichten mit $h_1 \leq 10$ cm werden beim Tragfähigkeitsnachweis nicht berücksichtigt. Die Eigenlast (G) des Lockergesteinskörpers unter dem Fundament ist bei der Lastkombination nach Abschnitt 3.3. zu berücksichtigen. Die kritische Schichtdicke ($h_{cr,0}$) darf vereinfacht nach Formel (27) unter Annahme $\delta = 0$ berechnet werden.

$$h_{cr,0} = \bar{B} \cdot \frac{e^{\varphi_1} \cdot \tan \phi_1}{2 \cdot \cos \varphi_1} \cdot \cos \phi_1 \quad (27)$$

φ_1 ist nach Formel (26) zu berechnen.

Die Tragfähigkeit der unteren Schicht ergibt sich nach Formel (2) zuzüglich einer Scherkraft (F_S) nach den Formeln (28) und (29).

Für Streifenfundamente, siehe Bild 4, gilt Formel (28).

$$F_S = \frac{\tan \phi_1}{1 + \tan^2 \phi_1} (\gamma_1 \cdot h_1^2 + 2 \cdot g_1 \cdot h_1) + 2 \cdot h_1 \cdot c_1 \text{ je m} \quad (28)$$

tigen; jedoch sind der Lastangriffspunkt und der Lastneigungswinkel in der Gründungsebene, nicht in der ideellen Gründungsebene, zu ermitteln.

Fall 2: Die obere Schicht hat eine geringere Scherfestigkeit

Die Tragfähigkeitsberechnung erfolgt nach Formel (2) wie für eine einheitliche Schicht mit sinngemäß nach Formel (30) gemittelten Kennwerten der Lockergesteine. Bei $h_1 \geq 0,35 h_{cr}$ gilt $\tan \phi = \tan \phi_1$.

$$\tan \phi = \frac{h_1 \cdot \tan \phi_1 + (0,35 \cdot h_{cr} - h_1) \tan \phi_2}{0,35 \cdot h_{cr}} \quad (30)$$

4.10. Anpassungsfaktoren nach Tabelle 3.

Tabelle 3 Anpassungsfaktoren (m_B , m_g , m_c)

Lockergestein	m_B	m_g	m_c
bindig	$IC \leq 1$	$0,4 \cdot IC + 0,6$	
	$IC > 1$	1,0	
nichtbindig	1,0	$0,3 \cdot ID + 0,7$	$0,3 \cdot ID + 0,6$

5. BERECHNUNG MIT SUMMARISCHEM SICHERHEITSFAKTOR

5.1. Voraussetzungen

Stützender Erddruck, siehe Abschnitt 3.3., darf höchstens zur Hälfte des nach TGL 11 464/03 sich ergebenden Wertes berücksichtigt werden. Die Grenztragfähigkeit ist sinngemäß nach Abschnitt 4. zu berechnen.

Gegenüber dem Berechnungsverfahren nach Abschnitt 4. sind dabei folgende Änderungen zu berücksichtigen:

- Anstelle der Tragfähigkeit (R^N) wird mit Formel (2) die Grenztragfähigkeit (R_f) ermittelt.
- Statt Rechenlasten sind Normlasten zu verwenden.
- Die Rechenwerte von Reibungswinkel, Kohäsion und Rohwichte sind durch Normwerte zu ersetzen.
- In Formel (6) erhält der zweite Summand die Form $\bar{A}(g_{u,cr} - 1,5 g_{cr}) \eta_s$
- Für die Ausmittigkeiten gilt $e_B \leq B/3$ und $e_L \leq L/3$.
- In Formel (20) ist R_f statt R^N einzusetzen; näherungsweise darf $N \cdot \eta_s$ eingesetzt werden.
- Die Anpassungsfaktoren m_B , m_g , m_c sind gleich 1 zu setzen.

5.2. Summarischer Sicherheitsfaktor nach Tabelle 4

Tabelle 4 Summarischer Sicherheitsfaktor (η_s)

Lastkombination	η_s für Lockergestein	
	bindig mit $IC \leq 1$ und nichtbindig	bindig mit $IC > 1$
1	2,0	1,8
2	1,8	1,65
3	1,65	1,5

Entsprechend TGL 32 274/01, Abschnitt Lastkombinationen, bedeuten:

- Lastkombination 1: Diejenige Grundkombination mit einer kurzzeitigen Last, die für den Tragfähigkeitsnachweis den ungünstigsten Wert ergibt.
- Lastkombination 2: Diejenige Grundkombination mit allen gleichzeitig möglichen kurzzeitigen Lasten, die für den Tragfähigkeitsnachweis den ungünstigsten Wert ergibt. Dazu gehören auch Montagezustände und sonstige kurzfristige Bauzustände, z. B. Freischachtungen des Fundamentes.

- Lastkombination 3: Diejenige Sonderkombination, die für den Tragfähigkeitsnachweis den ungünstigsten Wert ergibt. Die Lastkombination 3 ist nur zu untersuchen, wenn in anderen Vorschriften keine Festlegungen dazu getroffen sind.

6. NACHWEIS DER TRAGFÄHIGKEIT

Der Tragfähigkeitsnachweis ist mit dem ungünstigsten Lastfall zu führen.

Die nach Abschnitt 4. berechnete Tragfähigkeit ist ausreichend, wenn der Nachweis nach Formel (31) erbracht wird.

$$R^N \geq N \quad (31)$$

Die nach Abschnitt 4. bei Verwendung des summarischen Sicherheitsfaktors nach Abschnitt 5. berechnete Tragfähigkeit ist ausreichend, wenn der Nachweis nach Formel (32) erbracht wird.

$$R_f \geq \eta_s \cdot N_n \quad (32)$$

Hinweise

Ersatz für TGL 11 464/02 Ausg. 10.72

Änderungen gegenüber Ausg. 10.72: Inhaltlich und redaktionell vollständig überarbeitet und durch Erläuterungen, weitere Hinweise und Anwendungsbeispiele ergänzt.

In vorliegendem Standard ist auf folgende Standards Bezug genommen:

TGL 11 458/01; TGL 11 459; TGL 11 460/02; TGL 11 463/03; TGL 11 464/03; TGL 32 274/01

Baugrundmechanik; Prüfungen an Lockergesteinsproben im Laboratorium, Bestimmung des Wassergehaltes siehe TGL 11 462/02

- - - Bestimmung der Konsistenzgrenzen siehe TGL 11 462/03

- - - Bestimmung der Rohdichte siehe TGL 11 462/06

- - - Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit siehe TGL 11 462/11

- - - Bestimmung der Scherfestigkeit im Flachschergerät siehe TGL 11 462/12

Erdstatische Berechnungsverfahren; Setzungen siehe TGL 11 464/01

Statik und Festigkeit; Formelzeichen, Einheiten siehe TGL 19 326

Baukonstruktionen und Gründungen; Grundsätze für die Berechnung siehe TGL 38 792

Erläuterungen, Hinweise, Anwendungsbeispiele und Rechenhilfsmittel

Die Erläuterungen und Hinweise haben das Ziel, den Gebrauch des Standards zu erleichtern, Anregung für die Erweiterung der Anwendungsmöglichkeiten zu geben und Zweifelsfälle weitgehend auszuschließen. Letzteres kann bei der Kompliziertheit des Gesamtkomplexes nur unvollständig erreicht werden. Sie entstanden auf der Grundlage von schriftlichen und mündlichen Hinweisen aus dem Mitarbeiterkollektiv (ca. 20 Betriebe und Institutionen) sowie aus der Sicht des Standardbearbeiters. Für Formeln, deren manuelle Berechnung einen größeren Aufwand erfordern, sind Tabellen beigefügt.

Zu Abschnitt 1.

Zu beachten ist, daß die Winkelgrößen nicht nur in Verbindung mit Winkelfunktionen auftreten. In die Formeln (17), (18), (19), (25), (27), (36) und (40) sind diese Werte in rad (Bogenmaß) einzusetzen.

Zu Abschnitt 2.1.

Die Beiwerte im Standard sind aus der Theorie des Grenzgleichgewichts des Baugrundes für die wichtigsten Fälle ab-

geleitet worden. Wenn Zweifel über das Zutreffen der Standardfestlegungen für einzelne Aufgaben bestehen, empfiehlt sich ein Tragfähigkeitsnachweis durch eine Grundbruchberechnung mit der ungünstigsten Gleitfläche. Das Prinzip der Grundbruchberechnung ist z. B. bei Kézdi (1970), Bobe-Hubacek (1983) und Schultze (1980) dargestellt.

Ein Kippsicherheitsnachweis braucht neben dem Tragfähigkeitsnachweis nicht geführt zu werden.

Begründete Fälle für Abwandlungen des Berechnungsverfahrens sind z. B. die Vorschriften für Berechnung von Schachtgreifergründungen.

Zu Abschnitt 3.1.

Die Zusammenfassung von Einzelschichten erfolgt nach folgenden Prinzipien:

- Schichten unterhalb des Bruchbereiches, siehe Erläuterungen zu Abschnitt 4.9., werden nicht berücksichtigt.
- Die Zusammenfassung erfolgt nur, wenn mehr als 2 Schichten im Bruchbereich anstehen.
- Das vereinfachte Schichtbild ergibt im Regelfall zwei Schichten, in besonderen Fällen nur eine Schicht im Bruchbereich.
- Die Zusammenfassung erfolgt vereinfacht durch Mittelbildung bei den bodenphysikalischen Kennwerten über die anteiligen Schichthöhen (h_i) nach Formel (33) und Bild 14

$$(\tan \phi)_{\text{Mittel}} = \frac{\sum h_i \cdot \tan \phi_i}{h_{\text{cr}}} \quad (33)$$

Formel (33) ist für c und γ sinngemäß anwendbar.

Das vereinfachte Schichtbild sollte durch einen Baugrundfachmann geprüft werden.

Als gesicherte bodenphysikalische Erfahrungswerte (Normwerte) können auch die Kennwerte nach TGL 32 274/02 angesehen werden.

Zu Abschnitt 3.1.1. und 3.1.2.

Der Formel (1) liegt die Annahme zugrunde, daß die Baugrundsicht innerhalb des Bruchbereiches und darunter einheitlich aus geringdurchlässigem Lockergestein besteht. Steht unterhalb der geringdurchlässigen Schicht im Bruchbereich oder an dessen unterer Grenze noch eine Schicht höherer Durchlässigkeit (mindestens 10fach) an, kann die mit Formel (1) berechnete Lasteintragungszeit (t) auf die Hälfte reduziert werden.

Zu Abschnitt 3.1.3.

Der höchstmögliche Grundwasserspiegel ergibt im Regelfall die geringste Tragfähigkeit. Wenn sich der höchste Grundwasserspiegel unterhalb der Gründungsebene, aber innerhalb des Bruchbereiches befindet, kann sinngemäß nach Formel (33) eine mittlere Rohwichte (γ_B) berechnet und der Tragfähigkeitsnachweis wie für eine einheitliche Schicht geführt werden.

Zu Abschnitt 3.3.

Stützender Erddruck ist eine Bodenreaktion, die ein Bestandteil der drei im Bild 5 dargestellten, zur Tragfähigkeit beitragenden Teilkkräfte ist. Die Berücksichtigung dieses Erddruckes im Lastansatz ist eine Rechenvereinfachung, siehe Brinch-Hansen (1970).



Bild 5

Passiver Erddruck darf wegen der für seine Aktivierung erforderlichen Verformungen nicht in voller Höhe angesetzt werden. Wenn die Erddruckberechnung mit Rechenwerten erfolgt, ist die erforderliche Sicherheit durch die in den Rechenwerten enthaltenen Materialfaktoren im Regelfall gewährleistet. Bei Berechnung mit Normwerten und summarischem Sicherheitsfaktor darf aus dem gleichen Grunde nach Abschnitt 5.1. maximal der halbe passive Erddruck, siehe auch TGL 11 464/04, berücksichtigt werden.

Für Baugrund lockerer bis mitteldichter Lagerung bzw. plastischer Konsistenz ergibt sich z. B. nach TGL 11 464/03 für die Aktivierung der halben passiven Erddruckkraft eine notwendige Verformung (Δa) von $1/10$ der für die volle passive Erddruckkraft (E_p) erforderlichen Verformung (Δa_{E_p}), d. h. bei Annahme einer Wandhöhe (h) von 1 m eine Horizontalverschiebung von 8 mm. Erforderlichenfalls muß der stützende Erddruck weiter abgemindert werden. In diesem Fall kann bei Verwendung von Normwerten und summarischem Sicherheitsfaktor der stützende Erddruck nach Formel (34) berechnet werden.

$$\frac{E}{E_p} = \frac{E_0}{E_p} + 10 \left(0,5 - \frac{E_0}{E_p} \frac{\Delta a}{\Delta a_{E_p}}\right) \quad (34)$$

$$\Delta a \leq 0,1 \cdot \Delta a_{E_p}$$

Eine Abminderung des stützenden Erddruckes ist auch vorzunehmen, wenn er sich bei benachbarten Fundamenten nicht in voller Höhe ausbilden kann, Beispiel Bild 6.

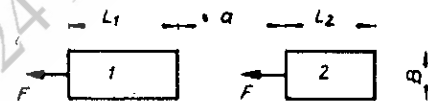


Bild 6

Dabei darf nur der Erddruck für Fundament 1 in berechneter Höhe angesetzt werden. Für Fundament 2 und weitere Fundamente ist er mit dem Abminderungsfaktor (k_a) nach Formel (35) bzw. (35a) zu multiplizieren.

$$\text{für } a \leq a_{\text{cr}} \text{ gilt } k_a = \frac{a}{a_{\text{cr}}} \left(2 - \frac{a}{a_{\text{cr}}}\right) \quad (35)$$

$$\text{für } a > a_{\text{cr}} \text{ gilt } k_a = 1 \quad (35a)$$

Der Wert a_{cr} ist aus Formel (36) zu berechnen oder Tabelle 13 zu entnehmen; a nach Bild 6.

$$a_{\text{cr}} = 1,5 \cdot h \cdot \cos \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\phi}{2}\right) e^{\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right) \tan \phi} \quad (36)$$

h = Wandhöhe entsprechend TGL 11 464/03, $h \leq D_{\text{min}}$

Die Erhaltung des stützenden Erddruckes während der Nutzungsdauer des Bauwerkes muß bei späteren Baumaßnahmen gesichert werden, z. B. sollen Aufgrabungen nur abschnittsweise durchgeführt werden.

Zu Abschnitt 4.

Das Tragfähigkeits-Berechnungsverfahren ist in bezug auf das zugrunde liegende mechanische Modell ein Berechnungsverfahren, das der im Bauwesen eingeführten Berechnung nach Grenzzuständen entspricht. Da in einigen Bereichen des Bauwesens noch bestimmte Grundlagen für die Berechnung nach Grenzzuständen fehlen, ist der Abschnitt 4. so aufgebaut, daß er mit nur wenigen Änderungen, die im

Abschnitt 5.1. zusammengefaßt sind, auch für die Berechnung mit Normativwerten und summarischem Sicherheitsfaktor gültig ist.

Zu Abschnitt 4.2.

Die Berechnung wird an einem Beispiel erläutert, siehe Bild 7

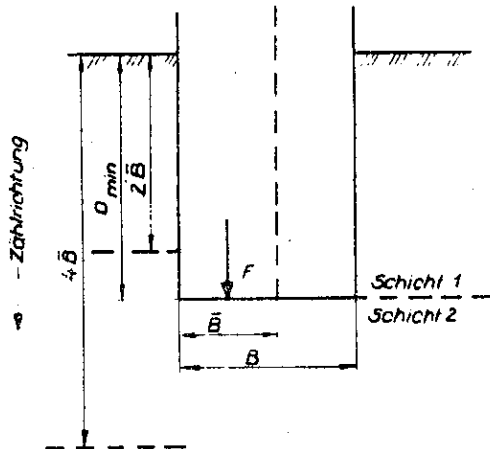


Bild 7

Baugrund:

- Schicht 1 (über der Gründungsebene), $\gamma_n = 20,0 \text{ kN/m}^3$
- Schicht 2 (unter der Gründungsebene), $\phi = 34^\circ$

Grundwasserspiegel in Höhe der Gründungsebene,

nach Tabelle 5
nach Tabelle 4

$$\begin{aligned} \gamma_B &= \gamma' = 11,0 \text{ kN/m}^3 \\ N_g &= 29,4 \\ \eta_s &= 2,0 \end{aligned}$$

Streifenfundament: $B = 1,8 \text{ m}$, $\bar{B} = 1,0 \text{ m}$,
 $\bar{A} = 1,0 \text{ m}^2$, $D_{min} = 2,5 \text{ m}$, $\delta = 0$.

Einbindetiefe: $D_{o,cr} < D_{min} < D_{u,cr}$; $2,0 < 2,5 < 4,0 \text{ m}$

$$\begin{aligned} \text{Auflast in der Gründungsebene: } g &= \gamma_n \cdot D_{min} \\ &= 20,0 \text{ kN/m}^3 \cdot 2,5 \text{ m} \\ &= 50,0 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Grenztragfähigkeitsanteil für } D_{o,cr}: \\ g_{o,cr} &= \gamma_n \cdot 2 \bar{B} = 20,0 \text{ kN/m}^3 \cdot 2 \cdot 1,0 \text{ m} = 40,0 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{f,g,cr} &= \bar{A} \cdot g_{o,cr} \cdot N_g \cdot i_g \cdot \xi_g \cdot s_g \cdot \delta \\ &= 1,0 \text{ m}^2 \cdot 40,0 \text{ kN/m}^2 \cdot 29,4 \text{ kN} \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \\ &= 1176,0 \text{ kN nach Formel (4)} \end{aligned}$$

Grenztragfähigkeitsanteil für $D_{u,cr}$:

$$\begin{aligned} g_{u,cr} &= g + \gamma_B (4\bar{B} - D_{min}) \\ &= 50,0 \text{ kN/m}^2 + 11,0 \text{ kN/m}^3 (4 \cdot 1,0 \text{ m} - 2,5 \text{ m}) \\ &= 66,5 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta R_{f,g} &= 0,5 R_{f,g,cr} + \bar{A} (g_{u,cr} - 1,5 g_{o,cr}) \eta_s \\ &= 0,5 \cdot 1176,0 \text{ kN} + 1,0 \text{ m}^2 (66,5 \text{ kN/m}^2 - 1,5 \cdot 40,0 \text{ kN/m}^2) 2,0 = 601,0 \text{ kN nach Formel (6)} \end{aligned}$$

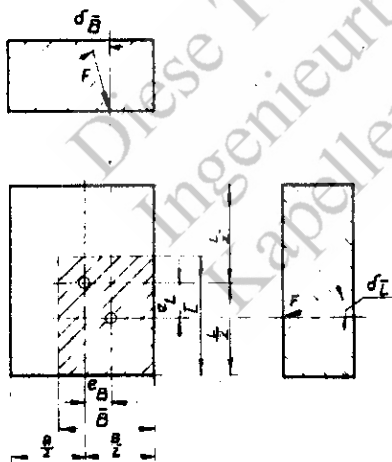
Grenztragfähigkeitsanteil für D_{min} :

$$\begin{aligned} R_{f,g} &= R_{f,g,cr} + \Delta R_{f,g} \frac{D_{min} - 2\bar{B}}{2\bar{B}} \\ &= 1176,0 \text{ kN} + 601,0 \text{ kN} \frac{2,5 \text{ m} - 2 \cdot 1,0 \text{ m}}{2 \cdot 1,0 \text{ m}} \\ &= 1326,0 \text{ kN} \end{aligned}$$

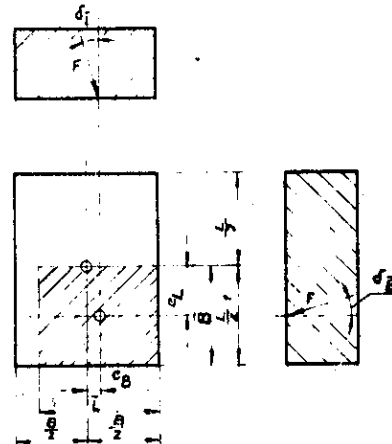
Zu Abschnitt 4.3.

Bei ausmittiger Belastung von Rechteckfundamenten sind zwei Fälle zu unterscheiden, siehe Bild 8 und 9. In beiden Fällen gilt:

$$A = B \cdot L \text{ und } \bar{A} = \bar{B} \cdot \bar{L}$$



Fall: $L - B > 2(e_L - e_B)$
Bild 8



Fall: $L - B < 2(e_L - e_B)$
Bild 9

Zu Abschnitt 4.4.

Die Tragfähigkeitsbeiwerte können Tabelle 5 entnommen werden.

Zu Abschnitt 4.5.

Die Lastneigungsbeiwerte können Tabelle 6 entnommen werden. Für $\phi = 0$ gilt die Tabelle 9 mit $\alpha = 0$.

Die erforderlichen zwei Nachweise bei zweiseitiger Lastneigung sichern gegen einen möglichen Grundbruch einerseits in Richtung der Seite \bar{B} (Normalfall) und andererseits im Falle einer hinreichend großen auf die Seite \bar{B} gerichteten Lastkomponente (parallel zu \bar{L}) einen möglichen Grundbruch in Richtung der Seite \bar{L} , siehe Bild 10.

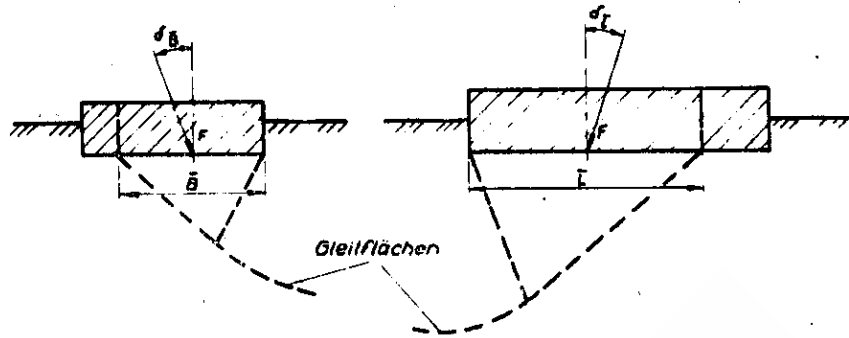


Bild 10

Der Fall $\delta \bar{B} = 0; \delta \bar{L} \neq 0$, z. B. bei Scheibenfundamenten, ist unter den gleichen Gesichtspunkten zu sehen. Das geforderte Einsetzen von \bar{L} statt \bar{B} in Formel (5) gilt nicht für den Beiwert s_B . Dieser Wert hat für beide Nachweise die gleiche Größe und ist für $\bar{B} \leq \bar{L}$ zu berechnen.

Zu Abschnitt 4.6.

Die Sohlnegungsbeiwerte können den Tabellen 7 und 8 entnommen werden. Für $\Phi = 0$ gilt Tabelle 9. Diese Tabelle enthält das Produkt von Lastneigungs- und Sohlnegungsbeiwerten.

Wenn die Fundamentsohle und die in dieser Ebene angreifende Kraft (Last) nicht gleichsinnig geneigt sind, ist das angegebene Verfahren nicht anwendbar. Die Sohlnegung sollte dann konstruktiv verändert oder beim Auftreten mehrerer Lastfälle mit entgegengesetzter Lastneigung sollte eine horizontale Fundamentsohle vorgesehen werden.

Zu Abschnitt 4.7.

Erläuterungen zu den Formbeiwerten hat Weiss (1979) gegeben. Bei Anwendung der Formbeiwerte gilt das Prinzip, daß die Auflösung eines größeren Fundaments in kleinere Einzelfundamente niemals mittels der Formbeiwerte ($s_g > 1$) zu einer Erhöhung der Tragfähigkeit der Fundamentgruppe gegenüber dem größeren Fundament führen darf. Die Einhaltung dieses Prinzips wird durch den geforderten Nachweis für die Fundamentgruppe abgesichert. Die auf die Fundamentgruppe einwirkenden Lasten werden für den Gruppennachweis zu einer Resultierenden zusammengefaßt.

Da es bei der Anordnung mehrerer Fundamente zueinander eine Vielzahl von Fällen gibt, die sich nicht in einem einzigen und einfachen Berechnungsverfahren zusammenfassen lassen, muß jeweils eingeschätzt werden, auf welche Weise ein Grundbruch im Falle des Versagens auftreten würde. Dementsprechend sind gegebenenfalls auch mehrere Nachweise für Fundamentgruppen zu führen, z. B. nach Bild 11 für die Fundamentgruppen 1 - 2 - 3 und 4 - 5 - 6 und 1 - 4 und 3 - 6. Die Kombination 2 - 5 scheidet aus, da ein Grundbruch hier durch die Gruppen 1 - 4 und 3 - 6 behindert wird (tragfähigkeitserhöhende Wirkung von Nachbarlasten).

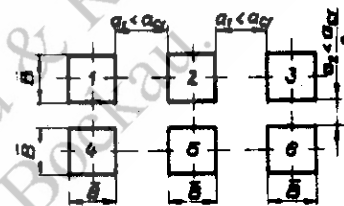
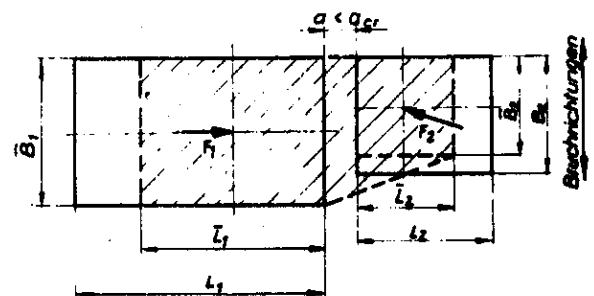


Bild 11

Aus Überlegungen zum möglichen Grundbruch ergibt sich auch, daß für das Abstandskriterium (a_{cr}) bei benachbarten Fundamenten unterschiedlicher Breite die Breite des kleineren Fundamentes (B_2) einzusetzen ist. Der Nachweis für die Fundamentgruppe ist hier allerdings schwierig. Näherungsweise wäre zunächst ein ideales Einzelfundament nach Bild 12 zu konstruieren und dieses unregelmäßige Vieleck nach den im Abschnitt über „Berechnung bei nicht rechteckiger Sohlfäche“ genannten Regeln nachzuweisen.



schraffiert = ideales Einzelfundament

Bild 12

Ein grundbruchförderndes Zusammenwirken unterschiedlich tief gegründeter Einzelfundamente kann nur erfolgen, wenn nach Bild 13 auch das tiefere Fundament mit der höheren Tragfähigkeit den Bruchzustand erreicht. Deshalb ist die größere Einbindetiefe für den Gruppennachweis näherungsweise maßgebend.

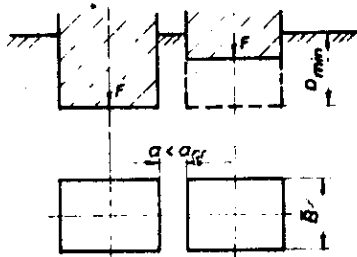


Bild 13

Zu Abschnitt 4.8.

Die Aussteifungsbeiwerte können Tabelle 5 entnommen werden. Die Höhe der Beanspruchung aussteifender Bauelemente ist bei schräg ausmittigt belasteten Fundamenten aus den angreifenden Horizontalkräften und Momenten zu ermitteln. Bei dem Berechnungsverfahren mit Aussteifungsbeiwert tritt zusätzlich eine Horizontalbeanspruchung X der Aussteifungselemente auf, siehe Wendt (1981)

$$X_f = k_f \cdot R_f \text{ mit } k_f = \tan \phi (1 + 2 \tan^2 \phi) \quad (37)$$

Die Beziehung zwischen R_f und X_f nach Formel (37) gilt für den Bruchzustand. Für den Gebrauchslastzustand, z. B. $N_n \leq R_f/\eta_s$ nach Formel (32), gilt Formel (38)

$$X_n \leq k_f \cdot N_n \quad (38)$$

$X_n = k_f \cdot N_n$ ist damit die obere Grenze der zusätzlichen Horizontalbeanspruchung, die mit Sicherheit nicht überschritten wird.

Zu Abschnitt 4.9.

Die kritische Schichtdicke h_{cr} bzw. $h_{cr,0}$ nach Formel (25) bzw. (27) ist mit der Maximaltiefe des Bruchbereichs, siehe Bild 14, bei geneigter Last bzw. $\delta = 0$ identisch. Sie kann auch Tabelle 10 entnommen werden. Damit wird deutlich, daß für den Tragfähigkeitsnachweis Schichten außerhalb des Bruchbereichs nicht zu berücksichtigen sind.

Zu Abschnitt 4.10

Die Anpassungsfaktoren beruhen auf dem Vergleich der im Berechnungsverfahren verwendeten Theorie mit experimentellen Ergebnissen. Sie stellen demnach keine Sicherheitsfaktoren im probabilistischen Sinne dar.

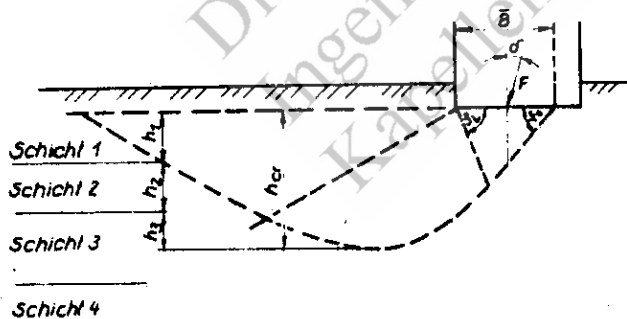


Bild 14

Zu Abschnitt 5.2.

Für Fundamente an Geländesprüngen oder Böschungen kann der Geländebruchsicherheitsnachweis, siehe TGL 11 463/03, maßgebend sein. Für diesen Nachweis gelten die Sicherheitsfaktoren dieses Standards nicht.

Berechnung bei nicht rechteckiger Sohlfläche:

Für diesen Fall ist ein brauchbares allgemeingültiges Verfahren bei Wendt, (1973), angegeben. Der häufigste Fall, kreis-

förmige Sohlfläche, ist mit Ersatzflächenmaßen nach Tabelle 11 sinngemäß wie ein Rechteckfundament zu berechnen.

U-förmige Fundamente können nach Smolczyk, (1976), wie ein Rechteckfundament mit $\bar{B} = A/L$, siehe Bild 15, berechnet werden. Sinngemäß ist bei I-förmigen Fundamenten zu verfahren. Die Aussparungen dürfen dabei 20% der Fläche $A = B \cdot L$ nicht überschreiten. Das gilt auch für Rechteckfundamente mit geschlossenen Aussparungen, siehe Bild 16, die wie volle Fundamente mit den Abmessungen B, L berechnet werden können. Für die Berechnung von Brückenwiderlagern mit angehängten Flügeln ist die Vorschrift 126/82 der Staatlichen Bauaufsicht zu beachten.

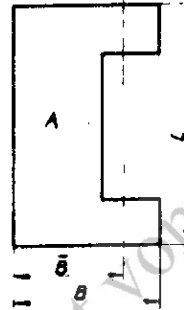


Bild 15

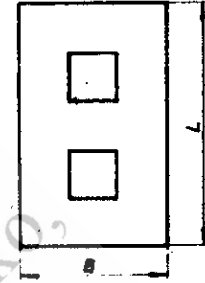


Bild 16

Wirkung von Nachbarlasten:

Streifenfundamente zwischen stabilisierenden Querscheiben werden nach der Vorschrift 6/84 der Staatlichen Bauaufsicht zur Projektierung und Ausführung von Gründungen für Bauten in Wandkonstruktion berechnet.

Die tragfähigkeitserhöhende Wirkung von Linien- oder begrenzten Streckenlasten, die innerhalb des Bruchbereiches wirken, kann vereinfacht durch gleichmäßige Verteilung der Hälfte dieser Lasten (FG) über die horizontale Länge (LG) des Bruchbereiches, siehe Bild 17, berücksichtigt werden. Damit wird die maßgebende Auflast in der Gründungsebene nach Formel (39):

$$g = \gamma_D \cdot D_{min} + \frac{FG}{2 LG} \quad (39)$$

γ_D = Rohwichte des Lockergesteins oberhalb der Gründungsebene
FG je Längeneinheit

Die Länge (LG) folgt aus Formel (40):

$$LG = \frac{\bar{B}}{2} \cdot \frac{\cos(\phi_1 - \phi)}{\cos(45^\circ + \frac{\phi}{2})} e^{\left(\frac{3}{4}\pi + \frac{\phi}{2} - \phi_1\right) \tan \phi} \quad (40)$$

mit ϕ_1 nach Formel (26) für $\Phi_1 = \Phi$.

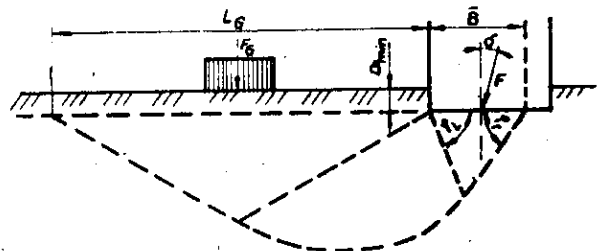


Bild 17

Die relative Länge des Bruchbereiches (LG/\bar{B}) kann Tabelle 12 entnommen werden. Die Werte LG/\bar{B} unterscheiden sich von den für „gewichtslosen“ Untergrund aus der Literatur bekannten Werten um den Faktor 0,5. Damit wird berücksichtigt, daß die Länge des Bruchbereiches bei Fundamenten

geringer Einbindetiefe kürzer (Kleiner Bruchbereich) als für „gewichtlosen“ Untergrund (Großer Bruchbereich) ist. Die Tragfähigkeitserhöhung durch Nachbarlasten darf nur dann in Anspruch genommen werden, wenn nachgewiesen wird, daß auch nach den übrigen Fundamentseiten die Tragfähigkeit gewährleistet ist. Beim Nachweis mit dem Lastneigungswinkel δ [1], siehe Abschnitt 4.5., 2. Anstrich, wird in Formel (40) \bar{c} statt \bar{b} eingesetzt.

Fundamente an Böschungen:

Das Verfahren für Nachbarlasten kann sinngemäß auf die Berechnung von Fundamenten an Böschungen angewendet werden, wenn der Schnittpunkt der Gleitlinie für Großen Bruchbereich mit der Gründungsebene unter der Geländeoberfläche liegt, siehe Bild 18.

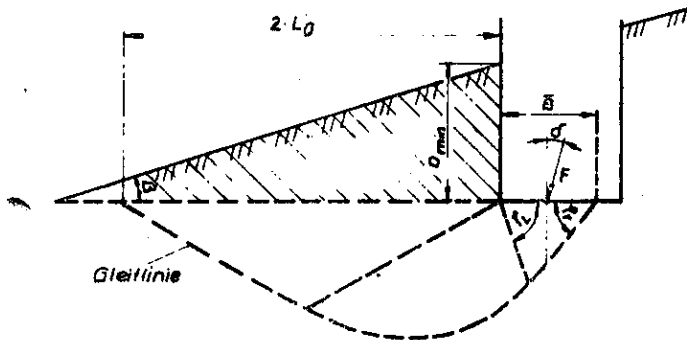


Bild 18

Diese Bedingung wird erfüllt, wenn das Kriterium nach Formel (41)

$$D_{min} \geq 2 \cdot LG \cdot \tan \beta \quad (41)$$

mit $\beta =$ Böschungswinkel

zutrifft.

In diesem Fall wird die trapezförmige Auflast – im Bild 18 schraffiert – gleichmäßig über die Länge $2 \cdot LG$ des Bruchbereiches verteilt und als maßgebende Auflast ergibt sich nach Formel (42)

$$g = \gamma D (D_{min} - LG \cdot \tan \beta) \quad (42)$$

Wenn die Tragfähigkeit mit vorstehendem Verfahren nachgewiesen wird, darf auf einen Geländebruchnachweis verzichtet werden. Falls die Böschungslinie die Gleitlinie schneidet, siehe Bild 19, $D_{min} < 2 \cdot LG \cdot \tan \beta$, kann eine Ersatzböschungslinie durch Punkt S mittels Flächenausgleich ($A_1 = A_2$) mit der Neigung (β) angenommen werden. Diese Neigung und die Einbindetiefe, die sich mit der Ersatzböschungslinie ergibt, kann in Formel (42) eingesetzt werden. Falls ein Flächenausgleich nicht möglich ist, muß mit Gelände-neigungsbeiwerten, z. B. nach Lang/Huder (1984) gerechnet werden.

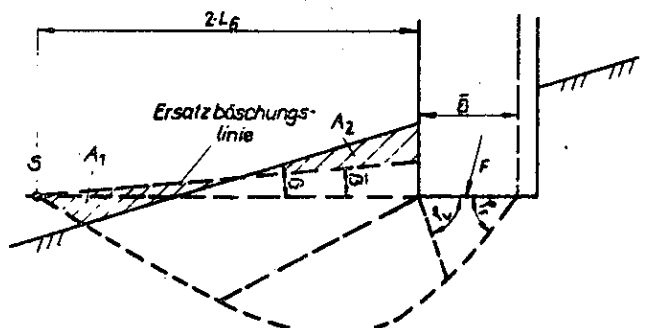


Bild 19

Literaturverzeichnis

Bobe, R./Hubacek, H. (1983)
Bodenmechanik
VEB Verlag für Bauwesen, Berlin

Brinch-Hansen, J. (1970)
A revised and extended formula for bearing capacity
Geoteknik Institut, Copenhagen, Bulletin No. 28, S. 5

Kézdi, A. (1970)
Handbuch der Bodenmechanik, Band II, Verlag für Bauwesen, Berlin
Verlag der Ungarischen Akademie der Wissenschaften, Budapest

Lang, H. J./Huder, J. (1984)
Bodenmechanik und Grundbau
Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo

Schultze, E. (1980)
Grundbruchuntersuchung
(Grundbautaschenbuch Teil 1)
Vorlag von W. Ernst u. Sohn, Berlin, München, Düsseldorf

Smolczyk, U. (1976)
Sonderfragen beim Standsicherheitsnachweis von Flachfundamenten
Mitt. der Deutschen Forschungsgesellschaft für Bodenmechanik an der Technischen Universität Berlin, H. 32, S. 111

Weiss, K. (1979)
Ergebnisse über Untersuchungen zur Tragfähigkeit des Baugrundes
Freiberger Forschungshefte Nr. A 617, S. 73
(Vorträge zum Ehrenkolloquium für Prof. Dr.-Ing. Köhler)
VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie

Wendt, D. (1973)
Erdstatische Berechnungsverfahren, Tragkraft von Flächenfundamenten
Schriftenreihe der Bauforschung, Reihe Ingenieur- und Tiefbau, H. 46, S. 15
Bauinformation, DDR, Berlin

Wendt, D. (1981)
Zur Überarbeitung von TGL 11 464/02
Bauplanung – Bautechnik, H. 2, S. 62

Beiwerte und Umrechnungsfaktoren sind den Tabellen 5–13 zu entnehmen. Zwischenwerte dürfen geradlinig eingeschaltet werden.

Tabelle 5 Tragfähigkeits- und Aussteifungsbeiwerte $N_B, N_G, N_C, \bar{\theta}$

Grad	N_B	N_G	N_C	$\bar{\theta}$
0	0	1,00	5,14	1,00
2	0,05	1,20	5,63	1,02
4	0,12	1,43	6,19	1,05
6	0,21	1,72	6,81	1,08
8	0,32	2,06	7,53	1,11
10	0,46	2,47	8,34	1,14
12	0,64	2,97	9,28	1,18
14	0,86	3,59	10,40	1,22
16	1,16	4,34	11,60	1,27
18	1,54	5,26	13,10	1,32
20	2,04	6,40	14,80	1,37
22	2,70	7,82	16,90	1,43
24	3,57	9,60	19,30	1,49
26	4,75	11,80	22,30	1,56
28	6,37	14,70	25,80	1,64
30	8,59	18,40	30,10	1,72
32	11,70	23,20	35,50	1,81
34	16,10	29,40	42,20	1,91
36	22,50	37,80	50,80	2,02
38	31,80	48,90	61,40	2,15
40	45,90	64,20	75,30	2,28
42	67,60	85,40	93,70	2,43
44	102,00	115,00	118,00	2,61

Tabelle 6 Lastneigungsbeiwerte i_B, i_g, i_c für $\Phi > 0$

δ_B, δ_L Grad	i_B	i_g	i_c
0	1,00	1,00	1,00
2	0,87	0,93	0,92
4	0,75	0,86	0,85
6	0,65	0,80	0,77
8	0,56	0,73	0,71
10	0,48	0,67	0,64
12	0,41	0,62	0,59
14	0,34	0,56	0,53
16	0,29	0,51	0,48
18	0,24	0,46	0,43
20	0,20	0,41	0,38
22	0,16	0,37	0,34
24	0,13	0,33	0,30
26	0,10	0,29	0,26
28	0,08	0,25	0,22
30	0,06	0,21	0,19
32	0,05	0,18	0,16
34	0,03	0,15	0,13

Tabelle 7 Sohneigungsbeiwerte ξ_B

Φ Grad	ξ_B für α in Grad			
	5	10	15	20
5	1,01	1,05	1,09	1,16
10	0,98	0,98	0,99	1,02
15	0,95	0,92	0,90	0,90
20	0,92	0,86	0,82	0,79
25	0,89	0,81	0,75	0,70
30	0,86	0,76	0,68	0,61
35	0,84	0,71	0,62	0,54
40	0,81	0,67	0,56	0,48
45	0,79	0,63	0,51	0,42

Tabelle 8 Sohneigungsbeiwerte ξ_g, ξ_c

Φ Grad	ξ_g, ξ_c für α in Grad			
	5	10	15	20
5	1,00	1,00	1,01	1,03
10	0,99	0,99	0,99	1,00
15	0,98	0,97	0,97	0,97
20	0,97	0,95	0,94	0,94
25	0,96	0,94	0,92	0,90
30	0,95	0,92	0,89	0,87
35	0,94	0,90	0,86	0,83
40	0,93	0,88	0,83	0,79
45	0,92	0,85	0,80	0,75

Tabelle 9 Kombinierte Lastneigungs- und Sohneigungsbeiwerte $i_c \cdot \xi_c$ für $\Phi = 0$

α Grad	für $\frac{i_c \cdot \xi_c}{R^n \cdot \tan \delta}$ $c\bar{A} \sqrt{1 + \tan^2 \alpha}$					
	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
0	1,0	0,96	0,90	0,84	0,74	0,50
5	0,97	0,93	0,87	0,81	0,71	0,47
10	0,95	0,90	0,85	0,78	0,68	0,44
15	0,93	0,89	0,83	0,76	0,66	0,41
20	0,92	0,87	0,82	0,75	0,65	0,39

Tabelle 10 Relative kritische Schichtdicke h_{cr}/\bar{B}

Φ Grad	h_{cr}/\bar{B} für δ in Grad							
	0	5	10	15	20	25	30	35
5	0,79	0	0	0	0	0	0	0
10	0,89	0,59	0	0	0	0	0	0
15	1,01	0,78	0,50	0	0	0	0	0
20	1,16	0,94	0,71	0,45	0	0	0	0
25	1,35	1,13	0,90	0,67	0,41	0	0	0
30	1,59	1,35	1,11	0,87	0,63	0,39	0	0
35	1,90	1,63	1,36	1,10	0,85	0,61	0,36	0
40	2,35	2,01	1,70	1,39	1,11	0,85	0,59	0,35
45	3,00	2,57	2,16	1,79	1,45	1,13	0,84	0,58

Tabelle 11 Relative Ersatzflächenmaße $\bar{A}/R^2, \bar{B}/R, \bar{L}/R$

α/R	\bar{A}/R^2	\bar{B}/R	\bar{L}/R
0	3,14	1,77	1,77
0,10	2,74	1,60	1,72
0,20	2,35	1,42	1,65
0,30	1,96	1,24	1,58
0,40	1,59	1,06	1,49
0,50	1,23	0,88	1,39
0,60	0,89	0,71	1,27
0,70	0,59	0,53	1,12
0,80	0,33	0,35	0,93
0,90	0,12	0,18	0,67

R = Radius der Kreisfläche; $\bar{B} \cdot \bar{L} = \bar{A}$

Tabelle 12 Relative Länge L_G/\bar{B}

Φ Grad	L_G/\bar{B} für δ in Grad							
	0	5	10	15	20	25	30	35
5	0,63	0	0	0	0	0	0	0
10	0,79	0,52	0	0	0	0	0	0
15	0,99	0,76	0,49	0	0	0	0	0
20	1,26	1,03	0,77	0,49	0	0	0	0
25	1,63	1,36	1,09	0,81	0,50	0	0	0
30	2,14	1,82	1,50	1,18	0,86	0,52	0	0
35	2,89	2,47	2,06	1,67	1,29	0,92	0,55	0
40	4,01	3,44	2,89	2,38	1,90	1,44	1,01	0,59
45	5,81	4,97	4,19	3,46	2,80	2,19	1,63	1,12

Tabelle 13 Relativer kritischer Abstand a_{cr}/h für stützenden Erddruck

a_{cr}/h für Φ in Grad									
0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
1,06	1,19	1,34	1,52	1,74	2,02	2,38	2,86	3,52	4,50