

Grundbruchnachweise

Dokumentation Grundbruch

Version: 1.0

Autor: Christian Spiering

Inhaltsverzeichnis

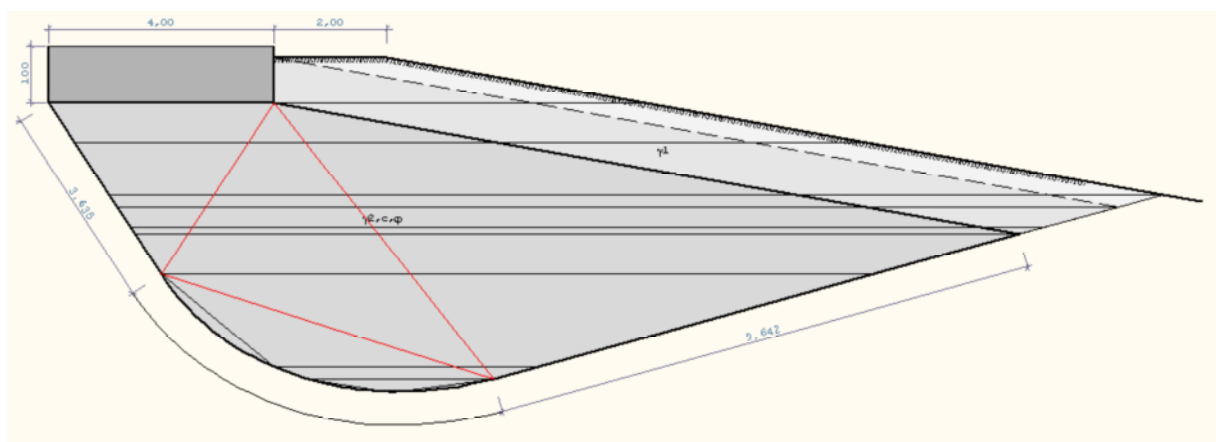
1.	Grundbruch allgemein	3
1.1.	Das Programm GBR Grundbruchnachweis	3
1.2.	Option Grundbruchnachweis	3
1.3.	Grundsätzliche Vorgehensweise	3
1.4.	Verwendete Normen – Besonderheiten.....	4
1.5.	DIN 4017 [2006-03]	5
1.5.1.	Was ist neu?	5
1.5.2.	Grundwerte der Tragfähigkeitsbeiwerte nach DIN 4017 [2006-03] 7.2.2	5
1.5.3.	Formbeiwerte nach DIN 4017 [2006-03] 7.2.3	5
1.5.4.	Lastneigungsbeiwerte nach DIN 4017 [2006-03] 7.2.4	6
1.5.5.	Geländeneigungsbeiwerte nach DIN 4017 [2006-03] 7.2.5	7
1.5.6.	Teilsicherheitsbeiwerte aus DIN 1054 [2005-01] bzw. DIN 1054 Ber 4 [2008-10]	7
1.6.	ÖNORM EN 1997-1 [2009-05] und ÖNORM B 1997 [2007-11]	8
1.7.	Gleitfläche mit geschichtetem Baugrund Quelle: ÖNORM B 4435-2 [1999-10].....	9
1.8.	DIN EN 1997-1 [2008-10] und DIN EN 1997-1 NA [2009-02]	9
1.9.	EN 1997-1.....	9

1. Grundbruch allgemein

Unter Grundbruch wird das Versagen des Baugrundes unter der Belastung eines Gründungskörpers durch Ausschöpfen der Scherfestigkeit des Bodens verstanden.

Die Nachweisführung erfolgt aktuell nach dem Teilsicherheitskonzept. Der charakteristische Grundbruchwiderstand wird unter Berücksichtigung von Fundamentbreite, Gründungstiefe sowie Kohäsion ermittelt und danach durch Sicherheitsbeiwerte dividiert. Die Einwirkungen werden mit Sicherheitsbeiwerten multipliziert. Verwendete Sicherheitsbeiwerte ergeben sich aus den Lastfällen, welche den Bemessungssituationen ständig, vorübergehend und außergewöhnlich entsprechen. Für eine erfolgreiche Nachweisführung ist es erforderlich, dass das Verhältnis von Bemessungswerten der Einwirkungen und Bemessungswerten der Widerstände kleiner 1 ist.

1.1. Das Programm GBR Grundbruchnachweis



Das Programm GBR Grundbruchnachweis führt den allgemeinen Grundbruchnachweis für mehrschichtige Böden, deren Reibungswinkel um nicht mehr als 5 Grad vom mittleren Reibungswinkel abweichen. Weiterhin werden die Nachweise für Kippen, Lagesicherheit, zulässigen Sohldruck sowie Gleiten geführt.

1.2. Option Grundbruchnachweis

Der Erwerb des Programms GBR Grundbruchnachweis schließt den Grundbruchnachweis in einigen weiteren Grundbauprogrammen der Firma Friedrich und Lochner GmbH ein. Das betrifft alle SSV-Kunden sowie Kunden, welche Grundbauprogramme lizenziert haben, welche den Grundbruchnachweis führen können.

1.3. Grundsätzliche Vorgehensweise

Der Grundbruchnachweis wird für eine homogene Bodenschicht unterhalb der Gründungssohle des Gründungskörpers geführt. Bei unterschiedlichen Bodenschichten sowie Grundwasser innerhalb der Grundbruchfigur ist es daher erforderlich, vorher die Mittelwerte aus Reibungswinkel, Wichte und Kohäsion zu ermitteln.

Zuerst wird der Mittelwert der Reibungswinkel errechnet. Je höher der Gleitflächenanteil einer Bodenschicht an der Gleitfläche der Grundbruchfigur ist, desto intensiver geht der Reibungswinkel der Bodenschicht in den Mittelwert der Reibungswinkel ein.

Da für die Berechnung der Grundbruchfigur der mittlere Reibungswinkel als Eingangsgröße benötigt wird, ist hier iterativ vorzugehen. Als Startwert für die Iteration dient das arithmetische Mittel der Reibungswinkel der einzelnen Bodenschichten. Nach nur wenigen Iterationsschritten ist eine hinreichende Genauigkeit erreicht.

Mittlerer Reibungswinkel

$$\varphi_{\text{Mittel}} = \frac{\sum_i l_i \cdot \varphi_i}{\sum_i l_i}$$

Jetzt werden mittlerer Kohäsionsbeiwert und mittlere Wichte entsprechend der Flächenanteile der Bodenschichten an der Grundbruchfigur bestimmt.

Mittlerer Kohäsionsbeiwert

$$c_{\text{Mittel}} = \frac{\sum_i A_i \cdot c_i}{\sum_i A_i}$$

Mittlere Wichte

$$\gamma_{\text{Mittel}} = \frac{\sum_i A_i \cdot \gamma_i}{\sum_i A_i}$$

Nachdem mittlere Werte für Reibungswinkel, Wichte und Kohäsion feststehen, wird der charakteristische Grundbruchwiderstand ermittelt. Im Anschluss daran werden Einwirkungen und Widerstände mit Teilsicherheitsbeiwerten behaftet. Aus Ihrem Quotient ergibt sich die Ausnutzung als Ergebnis des Nachweises.

1.4. Verwendete Normen – Besonderheiten

In dem Programm GBR ist derzeit die DIN 4017 [2006-03] implementiert. Zurzeit wird an der Implementierung der Norm EN 1997-1 gearbeitet. Dies schließt die Verwendung von EN 1997-1 in der Rohfassung sowie den zugehörigen Anwendungsdokumenten von Deutschland und Österreich ein.

1.5. DIN 4017 [2006-03]

1.5.1. Was ist neu?

Gegenüber älteren deutschen Grundbruchnormen wie DIN 4017-1:1979-08, DIN 4017-2:1979-08 und DIN V 4017-100:1996-04 wurde der Inhalt zusammengefasst und erweitert sowie die Berechnung an die DIN 1054 bzw. die Neigungsbeiwerte der EN 1997-1 angepasst. Im Folgenden werden wesentliche Formeln zur Berechnung des charakteristischen Tragwiderstands aus der DIN 4017 [2006-03] vorgestellt.

Siehe hierzu auch Bild 3 in DIN 4017 [2006-03]

Der charakteristische Tragwiderstand normal zur Sohlfläche des Gründungskörpers nach DIN 4017 [2006-03] ergibt sich zu:

$$R_n = a' \cdot b' \cdot (\gamma_2 \cdot b' \cdot N_b + \gamma_1 \cdot d \cdot N_d + c \cdot N_c) \quad \text{Gl (1)}$$

$$N_b = N_{b0} \cdot v_b \cdot i_b \cdot \lambda_b \cdot \xi_b \quad \text{Gl (2)}$$

$$N_d = N_{d0} \cdot v_d \cdot i_d \cdot \lambda_d \cdot \xi_d \quad \text{Gl (3)}$$

$$N_c = N_{c0} \cdot v_c \cdot i_c \cdot \lambda_c \cdot \xi_c \quad \text{Gl (4)}$$

Hierin bedeuten

Indizes b, c, d	Einfluss der Gründungsbreite, Kohäsion und seitlicher Auflast
Nb, Nc, Nd	Tragfähigkeitsbeiwerte
v	Formbeiwert
i	Lastneigungsbeiwert
λ	Geländeneigungsbeiwert
ξ	Sohlneigungsbeiwert
a', b'	rechnerische Ersatzbreiten aus Sohldruckfigur

1.5.2. Grundwerte der Tragfähigkeitsbeiwerte nach DIN 4017 [2006-03] 7.2.2

$$N_{b0} = (N_{d0} - 1) \cdot \tan \varphi \quad \text{Gl (5)}$$

$$N_{d0} = \tan^2 (45^\circ + \varphi / 2) \cdot e^{\pi \cdot \tan \varphi} \quad \text{Gl (6)}$$

$$N_{c0} = (N_{d0} - 1) / \tan \varphi \quad \text{Gl (7)}$$

1.5.3. Formbeiwerte nach DIN 4017 [2006-03] 7.2.3

Streifenfundamente:

Die Formbeiwerte v_b, v_d, v_c sind für den Fall Streifenfundament alle 1,0.

Rechteckfundamente:

$$v_b = 1 - 0,3 \cdot \frac{b'}{a'}$$

$$v_d = 1 + \frac{b'}{a'} \cdot \sin \varphi$$

$$v_{c(\varphi \neq 0)} = \frac{v_d \cdot N_{d0} - 1}{N_{d0} - 1}$$

$$v_{c(\varphi = 0)} = 1 + 0,2 \cdot \frac{b'}{a'}$$

1.5.4. Lastneigungsbeiwerte nach DIN 4017 [2006-03] 7.2.4

Der Lastneigungswinkel ergibt sich nach 7.2.4 zu

$$\tan \delta = \frac{T}{N} \quad \text{Gl (8)}$$

Das Programm GBR setzt den Lastneigungswinkel positiv an, wenn der horizontale Lastanteil T in Richtung der Grundbruchfigur bzw. in Richtung der passiven Rankine-Zone des Bruchkörpers weist.

Für $\varphi > 0$ und $c \geq 0$ und $\delta > 0$ ergibt sich nach DIN 4017 [2006-03] Tabelle 3

$$i_b = (1 - \tan \delta)^{m+1}$$

$$i_d = (1 - \tan \delta)^m$$

$$i_c = \frac{(i_d \cdot N_{d0} - 1)}{N_{d0} - 1}$$

Für $\varphi > 0$ und $c \geq 0$ und $\delta < 0$ ergibt sich nach DIN 4017 [2006-03] Tabelle 3

$$i_b = \cos \delta (1 - 0,04 \cdot \delta)^{(0,64+0,028 \cdot \varphi)}$$

$$i_d = \cos \delta (1 - 0,0244 \cdot \delta)^{(0,03+0,04 \cdot \varphi)}$$

$$i_c = \frac{(i_d \cdot N_{d0} - 1)}{N_{d0} - 1}$$

Für $\varphi = 0$ und $c > 0$ ergibt sich nach DIN 4017 [2006-03] Tabelle 3

$$i_b = 0 \rightarrow N_{b0} = 0$$

$$i_d = 1$$

$$i_c = 0,5 + 0,5 \cdot \sqrt{1 - \frac{T}{A' \cdot c}}$$

Der Exponent m ergibt sich in diesem Fall zu

$$m = m_{bx} \cdot \cos^2 \omega + m_{by} \cdot \sin^2 \omega$$

$$m_{bx} = (2 + a'/b') / (1 + a'/b')$$

Analog Gl (9), Gl(10), Gl(11)

$$m_{by} = (2 + b'/a') / (1 + b'/a')$$

$\omega \hat{=}$ im Grundriss gemessener Winkel von T gegenüber der Richtung von a'.

Siehe hierzu auch Bild 7 aus DIN 4017 [2006-03]

1.5.5. Geländeneigungsbeiwerte nach DIN 4017 [2006-03] 7.2.5

Die Geländeneigungsbeiwerte gelten für den Fall, dass die Böschungsneigung β kleiner als der Reibungswinkel φ des Bodens ist und der Gründungskörper etwa parallel zur Böschungskante verläuft.

Für $\varphi > 0$ und $c \geq 0$ ergibt sich nach DIN 4017 [2006-03] Tabelle 4

$$\lambda_b = (1 - 0,5 \cdot \tan\beta)^6$$

$$\lambda_d = (1 - \tan\beta)^{1,9}$$

$$\lambda_c = \frac{(N_{d0} \cdot e^{-0,0349\beta \cdot \tan\varphi} - 1)}{N_{d0} - 1}$$

Für $\varphi = 0$ und $c > 0$ und ergibt sich nach DIN 4017 [2006-03] Tabelle 4

λ_b entfällt, da $N_b=0$

$$\lambda_d = 1,0$$

$$\lambda_c = 1 - 0,4 \cdot \tan\beta$$

Berücksichtigung der Bermenbreite nach DIN 4017 [2006-03] 7.2.8

Die Bermenbreite s wird im Programm GBR über eine Ersatzeinbindetiefe d' unter Berücksichtigung der Geländeneigungsbeiwerte berücksichtigt. In jedem Fall wird eine Vergleichsrechnung mit $\beta = 0$, $d' = d$ und $s = 0$ geführt.

$$d' = d + 0,8 \cdot s \cdot \tan\beta$$

1.5.6. Teilsicherheitsbeiwerte aus DIN 1054 [2005-01] bzw. DIN 1054 Ber 4 [2008-10]

Der Grundbruchnachweis nach DIN 4017 [2006-03] und DIN 1054 [2005-01] findet im Grenzzustand 1B, Versagen von Bauwerk und Bauteilen, statt. Es kommen Teilsicherheitsbeiwerte aus DIN 1054 [2005-01] Tabelle 2 zur Anwendung.

Einwirkungen aus Tabelle 2:

$g_G = 1,35$ & $g_Q = 1,50$	Lastfall 1:	ständige Bemessungssituation
$\gamma_G = 1,20$ & $\gamma_Q = 1,30$	Lastfall 2:	vorübergehende Bemessungssituation
$\gamma_G = 1,10$ & $\gamma_Q = 1,10$	Lastfall 3:	außergewöhnliche Bemessungssituation

Widerstände aus Tabelle 3:

$\gamma_{Gr} = 1,40$	Lastfall 1:	ständige Bemessungssituation
$\gamma_{Gr} = 1,30$	Lastfall 2:	vorübergehende Bemessungssituation
$\gamma_{Gr} = 1,20$	Lastfall 3:	außergewöhnliche Bemessungssituation

1.6. ÖNORM EN 1997-1 [2009-05] und ÖNORM B 1997 [2007-11]

Betreffend Grundbruch und Gleiten ist im Nationalen Anhang ÖNORM B 1997-1-1 [2007-11] 4.4.2 definiert, dass das Formelwerk der ÖNORM B 4435-2 [1999-10] Abschnitt 6.2 und 7 zum Einsatz kommt. Dabei sind die Bodenkennwerte als charakteristische Größen anzusetzen. Weiterhin ersetzen die Tabellen 2,3 und 4 der Ö-NORM B 1997-1-1 [2007-11] den Abschnitt 10.1 und Tabelle 2 der ÖNORM B 4435-2.

Das bedeutet, dass die Tragwiderstände auf charakteristischem Niveau ermittelt werden und dann die Einwirkungen und Widerstände mit folgenden Teilsicherheitsbeiwerten behaftet werden:

Teilsicherheitsbeiwerte für Beanspruchungen - Quelle: Tabelle 2 - aus ÖNORM B 1997 [2007-11]

Beanspruchung		Symbol	Wert		
Dauer	Bedingung		BS1	BS2	BS3
ständig	ungünstig	γ_G	1,35	1,20	1,00
	günstig	γ_G	1,00	1,00	1,00
veränderlich	ungünstig	γ_Q	1,50	1,30	1,00
	günstig	γ_Q	0	0	0

Teilsicherheitsbeiwerte für Bodenkenngrößen - Quelle: Tabelle 2 - aus ÖNORM B 1997 [2007-11]

Bodenkenngröße	Symbol	Wert
effektiver Reibungswinkel*	$\gamma_{\varphi'}$	1,00
effektive Kohäsion	γ_c'	1,00
undrainierte Scherfestigkeit	γ_{cu}	1,00
einaxiale Druckfestigkeit	γ_{qu}	1,00
Wichte	γ_γ	1,00
* Dieser Beiwert wird auf $\tan \varphi'$ angewendet		

Teilsicherheitsbeiwerte für Widerstände - Quelle: Tabelle 4 - aus ÖNORM B 1997 [2007-11]

Widerstand	Symbol	Wert		
		BS 1	BS 2	BS 3
Grundbruch	$\gamma_{R,v}$	1,40	1,30	1,20
Gleiten	$\gamma_{R,h}$	1,10	1,10	1,10

Die Formeln von ÖNORM B 4435-2 [1999-10] und DIN 4017 [2006-03] sind auf den ersten Blick nicht deckungsgleich. Tauscht man jedoch einige Bezeichnungen aus und stellt einige Formeln um, so lässt sich erkennen, dass die Ermittlung des charakteristischen Grundbruchwiderstandes inhaltlich gleich ist. Unterschiede ergeben sich bei der Mittelwertbildung und den Teilsicherheitsbeiwerten.

1.7. Gleitfläche mit geschichtetem Baugrund Quelle: ÖNORM B 4435-2 [1999-10]

Analog DIN 4017 [2006-03] wird in ÖNORM B 4435-2 [1999-10] der Grundbruchnachweis für eine homogene Bodenschicht unterhalb der Gründungssohle geführt. Daher ist es bei mehreren Bodenschichten sowie Grundwasser erforderlich, vorher die Mittelwerte aus Reibung, Kohäsion und Wichte zu errechnen. Die Mittelwertbildung in ÖNORM B 4435-2 [1999-10] unterscheidet sich von der Mittelwertbildung in DIN 4017 [2006-03]. Der mittlere Reibungswinkel wird hier nicht nur entsprechend der Umfangsanteile der Bodenschichten an der Grundbruchfigur gewichtet, sondern auch entsprechend der Sohlnormalspannung in der Gleitfläche. Folgende Formel kommt zum Einsatz:

mittlerer Reibungswinkel Quelle: Gl. 36 - DIN 4435-2 [1999-10]

$$\varphi_{\text{Mittel}} = \frac{\sum_i \sigma_i \cdot l_i \cdot \tan \varphi_i}{\sum_i \sigma_i \cdot l_i}$$

Sohlnormalspannung unterhalb des Gründungskörpers Quelle: Gl.39 - DIN 4435-2 [1999-10]

$$\sigma_i = \left(\frac{Q_f}{b} + \gamma \cdot (z_i - t) \right) \cdot \cos^2 \beta_i$$

Sohlnormalspannung in übrigen Gleitabschnitten Quelle: Gl.40 DIN 4435-2 [1999-10]

$$\sigma_i = \gamma \cdot z_i \cdot \cos^2 \beta_i$$

Durch diese sich von der DIN 4017 [2006-03] unterscheidenden Vorgehensweise kommen natürlich teilweise unterschiedliche Ergebnisse heraus. Das liegt vor allem daran, dass der Reibungswinkel der Bodenschicht im tiefen Krümmungsbereich der Grundbruchfigur stärker gewichtet wird.

1.8. DIN EN 1997-1 [2008-10] und DIN EN 1997-1 NA [2009-02]

Der Entwurf zum nationalen Anhang DIN EN 1997-1 [2009-02] NA definiert auf Seite 9: Der Grundbruchwiderstand ist nach DIN 4017 (siehe E DIN 1054:2009-02) zu ermitteln.

1.9. EN 1997-1

EN 1997-1 stellt in Anhang D Formeln zur Berechnung des Grundbruchwiderstandes dar. Diese sind inhaltlich weitgehend Deckungsgleich mit Formeln aus der DIN 4017 [2006-03]. Jedoch wird kein Bezug auf eine eventuell vorhandene Böschung genommen und es werden keine Geländeneigungsbeiwerte angeboten.