

Baugrund		Vornorm
Böschungs- und Geländebruchberechnungen		DIN V
Teil 100: Berechnung nach dem Konzept mit Teilsicherheitsbeiwerten		4084-100

ICS 93.020

Deskriptoren: Baugrund, Böschungsberechnung, Geländebruchberechnung,
Sicherheitsbeiwert

Soil – Calculation of slope and embankment failure and overall stability of
retaining structures – Part 100: Analysis in accordance with the partial safety
factor concept

Sol – Calcul de faillance des talus – Partie 100: Analyse selon le concept des
coefficients de sécurité partiels

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

Inhalt

	Seite		Seite
Vorwort	2	7 Gleitlinien und Bruchmechanismen	10
1 Anwendungsbereich	2	7.1 Arten der Bruchmechanismen	10
2 Normative Verweisungen	2	7.2 Bruchmechanismus mit einem Gleitkörper	10
3 Definitionen, Formelzeichen und Indizes	3	7.3 Zusammengesetzte Bruchmechanismen	10
3.1 Definitionen	3	7.4 Besondere Bedingungen	15
3.1.1 Geländesprung, Böschung, Hang, Stützkonstruktion	3	8 Berechnungsverfahren	15
3.1.2 Böschungsbruch, Hangrutschung, Geländebruch	3	8.1 Sicherheiten	15
3.1.3 Bruchmechanismus	3	8.2 Verfahren mit Geraden und einsinnig gekrümmten Gleitlinien	15
3.1.4 Gleitkörper	3	8.2.1 Lamellenverfahren	15
3.1.5 Scherzone, Scherfuge, Gleitfläche, Gleitlinie	3	8.2.1.1 Kreisförmige Gleitlinien	15
3.1.6 Rechnerisches Grenzgleichgewicht	3	8.2.1.2 Nicht kreisförmige Gleitlinien	16
3.1.7 Ausnutzungsgrad $1/f$ des Bemessungswiderstands	3	8.2.2 Lamellenfreie Verfahren	16
3.1.8 Selbstspannendes Zugglied	3	8.2.2.1 Kreisförmige Gleitlinien	16
3.2 Formelzeichen	4	8.2.2.2 Allgemeine gerade Gleitlinie	16
3.3 Indizes	6	8.2.2.3 Böschungsparallele gerade Gleitlinie	16
4 Unterlagen	6	8.3 Bruchmechanismen mit geraden Gleitlinien ...	17
5 Einwirkungen	7	8.3.1 Allgemeines	17
5.1 Allgemeines	7	8.3.2 Blockgleit-Verfahren	17
5.2 Art der Einwirkungen	7	8.3.2.1 Allgemeines	17
6 Widerstände	7	8.3.2.2 Nachweis der Standsicherheit	17
6.1 Scherparameter des Bodens	7	8.3.3 Zusammengesetzte Bruchmechanismen mit geraden Gleitlinien	17
6.2 Kräfte von Zuggliedern, Dübeln, Pfählen und Steifen	7	8.3.3.1 Konstruktion der Bruchmechanismen	17
6.3 Scherkräfte bei Stützkonstruktionen, die durch die Gleitfläche geschnitten werden	10	8.3.3.2 Nachweis der Standsicherheit	17
6.4 Axialkräfte von Pfählen, die durch die Gleitfläche geschnitten werden	10	8.3.4 Berechnung des Ausnutzungsgrads $1/f$ des Bemessungswiderstands	17
		8.3.5 Berücksichtigung von Schichtgrenzen	19
		9 Besonderheiten bei Hängen	19
		10 Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	19

Fortsetzung Seite 2 bis 20

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

Fortsetzung Seite 2 bis 20

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

Vorwort

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

Im vorliegenden Fall enthält die Vornorm gegenüber DIN 4084:1981-07 erweiterte und ergänzte Berechnungsverfahren und berücksichtigt das Konzept der Teilsicherheitsbeiwerte unter Zugrundelegung des probabilistischen Sicherheitskonzepts nach DIN V ENV 1991-1 Eurocode 1: Grundlagen des Entwurfs, der Berechnung und der Bemessung sowie Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1: Grundlagen des Entwurfs, der Berechnung und der Bemessung; Deutsche Fassung ENV 1991-1:1995 und DIN V ENV 1997-1 Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 1: Allgemeine Regeln; Deutsche Fassung ENV 1997-1:1995. Die mit dieser Vornorm im Zusammenhang stehenden Vornormen sind mit Teil 100 gekennzeichnet:

DIN V 1054-100

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

DIN V 4017-100

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

DIN V 4019-100

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

DIN V 4085-100

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

Die darin enthaltenen weiterentwickelten Berechnungsverfahren sind unabhängig vom Sicherheitskonzept. Sie können daher sinngemäß auch im Zusammenhang mit dem globalen Sicherheitskonzept der geltenden Normen angewandt werden.

Es ist beabsichtigt, bis zum 28. 2. 1997 durch weitere Vergleichsberechnungen zu überprüfen, ob Erfahrungen aus der Praxis Änderungen oder Ergänzungen erforderlich machen. Gebeten wird, projektbezogene Vergleichsberechnungen sowie praktische Erfahrungen mit dieser Vornorm dem Normenausschuß Bauwesen (NABau), Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin, mitzuteilen.

Berechnungsbeispiele zu dieser Vornorm sind in einem Beiblatt in Vorbereitung.

1 Anwendungsbereich

Diese Vornorm gilt für den rechnerischen Nachweis der Gesamtstandsicherheit für Stützbauwerke und der notwendigen konstruktiven Bauteile an Geländesprüngen, unabhängig von ihrer Konstruktion und Gründungsart, sowie für Böschungen und Hänge in Lockergesteinen, unabhängig von ihrer Gestalt, auf der Grundlage von nach DIN 4020 vorgegebenen Schichtenbildern und Bodenkenngrößen. Sie enthält die Berechnungsgrundlagen und Berechnungsverfahren, die zur Ermittlung des Grenzzustandes der Tragfähigkeit im ebenen Fall beim Abrutschen auf angenommenen Gleitflächen benötigt werden. Die Verfahren sind näherungsweise auch dann anwendbar, wenn sich der Erdkörper ohne Bildung einer Gleitfläche verformt.

Im Abschnitt 8 sind einige Berechnungsverfahren detailliert aufgeführt, die zum Nachweis der Standsicherheit angewendet werden können. Die Reihenfolge bedeutet keine Wertung der Verfahren; es können vielmehr auch andere, in dieser Norm nicht aufgeführte Verfahren eingesetzt werden, wenn sie statisch und kinematisch einwandfrei sind und ihnen die Gleichung für den Grenzzustand zugrunde liegt. Die Frage, welches der in Abschnitt 8 aufgeführten Verfahren in einem konkreten Fall am besten geeignet ist, hängt von der Beschaffenheit und der Schichtung des Untergrunds sowie vom Vorhandensein konstruktiver Elemente (Anker, Pfähle u. a.) im Baugrund ab. Mit den angegebenen Verfahren ist die Ermittlung der erforderlichen Länge von Zuggliedern möglich, die Geländesprünge, Böschungen oder Hänge sichern sollen.

Die Vornorm gilt für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit (Grenzzustand 2) nur näherungsweise, da mit den angegebenen Verfahren Verformungen nicht berechnet werden können.

Die angegebenen Rechenverfahren gelten für den ebenen Fall; sie sind näherungsweise auch anwendbar, wenn

räumliche Einflüsse günstig wirken. Konstruktive Sicherungen durch Anker, Dübel, Stützscheiben u. ä. sind einbezogen. Versagen durch Verflüssigung des Bodens kann mit den Verfahren nicht berechnet werden.

2 Normative Verweisungen

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

DIN V 1054-100

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

DIN 1080-6

Begriffe, Formelzeichen und Einheiten im Bauingenieurwesen – Bodenmechanik und Grundbau

DIN 4014

Bohrpfähle – Herstellung, Bemessung und Tragverhalten

DIN 4020

Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke

DIN 4026

Rammpfähle – Herstellung, Bemessung und zulässige Belastung

DIN 4125

Verpreßanker – Kurzzeitanker und Daueranker – Bemessung, Ausführung und Prüfung

- DIN 4128
Verpreßpfähle (Ortbeton- und Verbundpfähle) mit kleinem Durchmesser – Herstellung, Bemessung und zulässige Belastung
- DIN 4149-1
Bauten in deutschen Erdbebengebieten – Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten
- DIN 18137-1
Baugrund, Versuche und Versuchsgeräte – Bestimmung der Scherfestigkeit – Begriffe und grundsätzliche Versuchsbedingungen
- DIN 18137-2
Baugrund, Versuche und Versuchsgeräte – Bestimmung der Scherfestigkeit – Triaxialversuch
- DIN V ENV 1991-1
Eurocode 1: Grundlagen des Entwurfs, der Berechnung und der Bemessung sowie Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1: Grundlagen des Entwurfs, der Berechnung und der Bemessung; Deutsche Fassung ENV 1991-1:1995
- DIN V ENV 1997-1
Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 1: Allgemeine Regeln; Deutsche Fassung ENV 1997-1:1994
- Empfehlungen des Arbeitsausschusses "Ufereinfassungen" EAU 1990, Herausgegeben vom Arbeitsausschuß "Ufereinfassungen" der Hafenbautechnischen Gesellschaft e.V. und der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V., 1990, Verlag Ernst und Sohn, Berlin

3 Definitionen, Formelzeichen und Indizes

3.1 Definitionen

Für die Anwendung dieser Vornorm gelten die folgenden Definitionen.

3.1.1 Geländesprung, Böschung, Hang, Stützkonstruktion

3.1.1.1 Geländesprung

Ein Geländesprung ist eine natürliche oder künstlich entstandene Stufe im Gelände, mit oder ohne Stützbauprodukt.

3.1.1.2 Böschung

Eine Böschung ist ein Erdkörper mit einer durch Abtrag oder Auffüllen künstlich hergestellten geneigten Geländeoberfläche.

3.1.1.3 Hang

Ein Hang ist ein Erdkörper mit einer natürlich entstandenen geneigten Geländeoberfläche.

3.1.1.4 Stützkonstruktion

Eine Stützkonstruktion ist eine Konstruktion zur Sicherung eines Geländesprungs, einer Böschung oder eines Hanges.

3.1.2 Böschungsbruch, Hangrutschung, Geländebruch

ANMERKUNG: Zwischen Böschungsbruch, Hangrutschung und Geländebruch besteht kein prinzipieller Unterschied.

3.1.2.1 Böschungsbruch, Hangrutschung

Ein Böschungsbruch bzw. eine Hangrutschung ist das Abrutschen eines Erdkörpers mit geneigter Geländeoberfläche infolge Ausschöpfens des Scherwiderstands des Bodens. Der rutschende Erdkörper kann sich dabei selbst verformen oder als annähernd starrer Körper abrutschen.

3.1.2.2 Geländebruch

Ein Geländebruch ist das Abrutschen einer Stützkonstruktion mit einem Teil des umgebenden Bodens infolge Ausschöpfens des Scherwiderstands des Bodens und eventuell vorhandener konstruktiver Elemente, wie bei einem Böschungsbruch.

3.1.3 Bruchmechanismus

Ein Bruchmechanismus ist das bei einem Böschungs- oder Geländebruch bzw. bei einer Hangrutschung bewegliche System aus Scherzonen und Gleitkörpern.

3.1.4 Gleitkörper

Ein Gleitkörper ist ein Erdkörper mit oder ohne Stützkonstruktion, der auf einer Gleitfläche rutscht.

3.1.5 Scherzone, Scherfuge, Gleitfläche, Gleitlinie

3.1.5.1 Scherzone

Eine Scherzone ist ein Bereich, in dem beim Böschungs- oder Geländebruch Scherverformungen im Grenzzustand des Bodens stattfinden.

3.1.5.2 Scherfuge

Eine Scherfuge ist eine dünne flächenhafte Scherzone.

3.1.5.3 Gleitfläche

Eine Gleitfläche ist die vereinfacht als Fläche angenommene Scherzone oder Scherfuge im Boden.

3.1.5.4 Gleitlinie

Eine Gleitlinie ist die Schnittkurve der Gleitfläche mit der betrachteten Schnittebene.

3.1.6 Rechnerisches Grenzgleichgewicht

Das rechnerische Grenzgleichgewicht ist das Gleichgewicht zwischen den Bemessungswerten der Einwirkungen und den mit dem Ausnutzungsgrad $1/f$ multiplizierten Bemessungswiderständen.

3.1.7 Ausnutzungsgrad $1/f$ des Bemessungswiderstands

Der Ausnutzungsgrad $1/f$ des Bemessungswiderstands ist das Verhältnis des für Gleichgewicht erforderlichen Widerstands zum Bemessungswert des Widerstands.

3.1.8 Selbstspannendes Zugglied

Ein Zugglied ist selbstspannend, wenn es durch eine angenommene Bewegung des untersuchten Bruchmechanismus eine Dehnung erfährt.

3.2 Formelzeichen

Tabelle 1: Formelzeichen

Nr	Formelzeichen	Benennung	Einheit
1	C_i	Kohäsionskraft in der äußeren Gleitfläche eines Gleitkörpers	kN/m
2	C_{ji}	Kohäsionskraft in der inneren Gleitfläche der Gleitkörper i und j	kN/m
3	E_{ij}	Erddruck auf die innere Gleitfläche der Gleitkörper i und j	kN/m
4	F	resultierende Kraft	kN/m
5	F_A	Kraft eines Zugglieds, Steifenkraft, Pfahlkraft	kN/m
6	F_{A0}	Festlegekraft vorgespannter Zugglieder	kN/m
7	G	Eigenlast einer Lamelle oder eines Gleitkörpers	kN/m
8	M_S	einwirkendes Moment der in G_i und P_{vi} nicht enthaltenen Einwirkungen um den Mittelpunkt eines Gleitkreises	kNm/m
9	M_R	widerstehendes Moment aus Kräften, die weder in F_A noch in T_S enthalten sind	kNm/m
10	P	Last, auf eine Lamelle oder einen Gleitkörper einwirkend	kN/m
11	Q_i	Gleitflächenkraft (Resultierende aus Normalkraft und Reibungskraft) in der äußeren Gleitfläche eines Gleitkörpers	kN/m
12	Q_{ji}	Gleitflächenkraft in der inneren Gleitfläche der Gleitkörper i und j	kN/m
13	R	resultierender Widerstand der in der Gleitfläche wirkenden Scherkräfte	kN/m
14	R_M	resultierendes Moment um den Gleitkreismittelpunkt aus Widerständen	kNm/m
15	S	resultierende Einwirkung aus Lasten	kN/m
16	S_M	resultierendes Moment um den Gleitkreismittelpunkt aus Einwirkungen	kNm/m
17	T	Scherkraft in der Gleitfläche einer Lamelle bzw. in der äußeren Gleitfläche eines Gleitkörpers	kN/m
18	T_S	Scherkraft eines Konstruktionsteils, das durch die Gleitfläche geschnitten wird, parallel zur Gleitfläche wirkend	kN/m
19	ΔT_i	Zusatzkraft am Gleitkörper i parallel zu dessen äußerer Gleitfläche	kN/m
20	U_i	resultierende Porenwasserdruckkraft auf die äußere Gleitfläche eines Gleitkörpers	kN/m
21	U_{ji}	resultierende Porenwasserdruckkraft auf die innere Gleitfläche der Gleitkörper i und j	kN/m
22	b	Breite einer Lamelle	m
23	c'	charakteristischer Wert der Kohäsion des dränierten Bodens nach DIN 18137-1	kN/m ²
24	c_j	charakteristischer Wert der Kohäsion in der Gleitfläche einer Lamelle oder in der äußeren Gleitfläche eines Gleitkörpers, allgemein	kN/m ²
25	c_{ji}	charakteristischer Wert der Kohäsion in der inneren Gleitfläche der Gleitkörper i und j, allgemein	kN/m ²
26	c_u	charakteristischer Wert der Kohäsion des undränierten Bodens nach DIN 18137-1	kN/m ²

(fortgesetzt)

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Nr	Formelzeichen	Benennung	Einheit
27	e	Abstand der Resultierenden F vom Gleitkreismittelpunkt	m
28	$1/f$	Ausnutzungsgrad des Bemessungswiderstands	1
29	h	Höhe einer Böschung, eines Geländesprungs oder einer Lamelle	m
30	h_c	freie Standhöhe einer senkrechten Böschung in kohäsivem Boden	m
31	h_s	Ortshöhe der Grundwasseroberfläche über der Gleitlinie	m
32	h_u	hydrostatische Druckhöhe über der Gleitlinie	m
33	h_w	Wasserspiegelhöhe	m
34	Δh	Wasserspiegeldifferenz zwischen Grundwasser und Außenwasser	m
35	$\Delta\Delta h$	Potentialunterschied zwischen zwei Potentiallinien	m
36	a_i	äußere Gleitlinie des Gleitkörpers i	—
37	i_{ij}	innere Gleitlinie zwischen den Gleitkörpern i und j	—
38	l_c	Länge einer Gleitlinie oder Bogenlänge eines Gleitkreises, soweit die Kohäsion wirkt	m
39	Δl	Länge einer Stromlinie zwischen zwei Potentiallinien	m
40	p	nicht ständige Flächenlast	kN/m ²
41	q	ständige Flächenlast	kN/m ²
42	r	Halbmesser eines Gleitkreises	m
43	u_i	Porenwasserdruck auf die äußere Gleitfläche eines Gleitkörpers	kN/m ²
44	u_{ji}	Porenwasserdruck auf die innere Gleitfläche der Gleitkörper i und j	kN/m ²
45	α	halber Öffnungswinkel eines Gleitkreises	° (Grad)
46	α_A	Winkel zwischen der Gleitrichtung des Bruchmechanismus und der Ankerrichtung im Schnittpunkt der Gleitlinie mit dem Anker	° (Grad)
47	β	Neigungswinkel der Oberfläche der Böschung zur Horizontalen	° (Grad)
48	β_m	mittlerer Böschungswinkel zweier Gleitkörperabschnitte	° (Grad)
49	β_w	Winkel zwischen der Richtung der Strömung und der Horizontalen in einer durchströmten Böschung	° (Grad)
50	$\gamma_{\varphi'}$	Teilsicherheitsbeiwert für den Reibungswinkel des dränierten Bodens	1
51	$\gamma_{\varphi u}$	Teilsicherheitsbeiwert für den Reibungswinkel des undränierten Bodens	1
52	$\gamma_{c'}$	Teilsicherheitsbeiwert für die Kohäsion des dränierten Bodens	1
53	γ_{cu}	Teilsicherheitsbeiwert für die Kohäsion des undränierten Bodens	1
54	γ_y	Teilsicherheitsbeiwert für die Wichte des Bodens	1
55	γ	Wichte des feuchten Bodens	kN/m ³
56	γ'	Wichte des Bodens unter Auftrieb	kN/m ³
57	γ_r	Wichte des wassergesättigten Bodens	kN/m ³

(fortgesetzt)

Tabelle 1 (abgeschlossen)

Nr	Formelzeichen	Benennung	Einheit
58	γ_w	Wichte des Wassers	kN/m ³
59	δ	Neigungswinkel des Erddrucks gegen die Horizontale im Lamellenschnitt	° (Grad)
60	ε	Neigungswinkel einer Resultierenden F oder einer Last P gegen die Horizontale	° (Grad)
61	ε_A	Neigungswinkel der Achse eines konstruktiven Elements oder eines Zugglieds gegen die Horizontale	° (Grad)
62	ε_{ji}	Winkel zwischen den sich schneidenden äußeren Gleitlinien a_i und a_j	° (Grad)
63	ϑ_i	Neigungswinkel der Gleitlinie gegen die Horizontale in der Schwerlinie einer Lamelle bzw. einer äußeren Gleitlinie eines Gleitkörpers	° (Grad)
64	$\Delta\vartheta_j$	Winkel zwischen der äußeren Gleitlinie a_j und der inneren Gleitlinie i_j am Gleitkörper j	° (Grad)
65	ϑ_{ji}	Neigungswinkel der inneren Gleitlinie i_j gegen die Horizontale	° (Grad)
66	φ	charakteristischer Wert des Reibungswinkels längs der äußeren Gleitlinie eines Gleitkörpers, allgemein	° (Grad)
67	φ'	charakteristischer Wert des Reibungswinkels des dränierten Bodens nach DIN 18137-1	° (Grad)
68	φ_u	charakteristischer Wert des Reibungswinkels des undränierten Bodens nach DIN 18137-1	° (Grad)
69	φ'_k	charakteristischer Wert des kritischen Reibungswinkels eines nichtbindigen Bodens nach DIN 18137-1	° (Grad)
70	φ_m	charakteristischer Wert des mittleren Reibungswinkels längs eines Lamellenschnittes, allgemein	° (Grad)
71	φ_{ji}	charakteristischer Wert des Reibungswinkels längs der inneren Gleitlinie der Gleitkörper i und j , allgemein	° (Grad)
72	ν	Winkel zur Beschreibung der Volumenzunahme eines Bodens beim Abscheren (Dilatanzwinkel)	° (Grad)
73	ξ	Formbeiwert für die Verteilung der Normalspannung in einer Gleitlinie	1

3.3 Indizes

Tabelle 2: Indizes

Nr	Indizes	Benennung für
1	i, j, k	fortlaufende Numerierung von Lamellen, Gleitkörpern oder Kräften
2	m	Mittelwert
3	v, h	vertikal, horizontal
4	A	Ankerkraft bzw. Ankerkraftkomponenten
5	O	Festlegekraft des Zugglieds

4 Unterlagen

Für die Sicherheitsnachweise müssen folgende Unterlagen vorhanden sein:

Angaben über

- die konstruktive Ausbildung, die Baustoffe und die Maße der Stützkonstruktion bzw. der Böschung,
- die normalen und extremen Wasserstände,
- die Einwirkungen,
- die im Bereich der möglichen Bruchmechanismen anstehenden Schichten nach DIN 4020 und bereits vorhandene Gleitflächen,
- die charakteristischen Werte der Wichten und Scherparameter der im Bereich der möglichen Bruchmechanismen anstehenden Bodenarten.