

Baugrund

## Gelände- und Böschungsbruchberechnungen

DIN  
4084

Subsoil; analysis of base and slope failure

Ersatz für DIN 4084  
Teil 1 und Teil 2

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 zu dieser Norm siehe Beiblatt 1 zu DIN 4084. Ein weiteres Beiblatt zu DIN 4084 mit Berechnungsbeispielen ist in Vorbereitung.

## Inhalt

|                             | Seite |                                     | Seite |
|-----------------------------|-------|-------------------------------------|-------|
| 1 Geltungsbereich und Zweck | 1     | 7 Vereinfachung des Schichtenbildes | 2     |
| 2 Mitgeltende Normen        | 1     | 8 Maßgebende Scherfestigkeit        | 2     |
| 3 Begriff                   | 2     | 9 Lastfälle                         | 3     |
| 4 Anwendung                 | 2     | 10 Gleitlinie                       | 3     |
| 5 Unterlagen                | 2     | 11 Berechnungsverfahren             | 3     |
| 6 Ansatz der Lasten         | 2     | 12 Sicherheit                       | 8     |

## 1 Geltungsbereich und Zweck

Diese Norm gilt für

- Stützbauwerke an Geländesprüngen, unabhängig von ihrer Konstruktion und Gründungsart,
- Böschungen in Lockergestein, unabhängig von ihrer Gestalt, sofern der ebene Formänderungszustand angenommen werden kann und bei ihnen die Möglichkeit eines Bruchs besteht (Bild 1a) und Bild 1b)).

Die Norm befaßt sich mit den Berechnungsgrundlagen und einfachen gebräuchlichen Berechnungsverfahren zur Ermittlung der Standsicherheit längs kreiszylindrischer Gleitflächen und enthält Angaben über die zu fordernde Sicherheit.

## 2 Mitgeltende Normen

|                   |                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| DIN 1054          | Baugrund; Zulässige Belastung des Baugrunds                                                                                                                                                                   |
| DIN 1055 Teil 2   | Lastannahmen für Bauten; Bodenkenngößen; Wichte, Reibungswinkel, Kohäsion, Wandreibungswinkel                                                                                                                 |
| DIN 4017 Teil 1   | Baugrund; Grundbruchberechnungen von lotrecht mittig belasteten Flachgründungen                                                                                                                               |
| 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 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 4022 Teil 3   | (z. Z. noch Entwurf) Baugrund und Grundwasser; Benennen und Beschreiben von Bodenarten und Fels; Schichtenverzeichnis für Bohrungen mit durchgehender Gewinnung von gekernten Proben im Boden (Lockergestein) |
| DIN 4023          | Baugrund- und Wasserbohrungen; Zeichnerische Darstellung der Ergebnisse                                                                                                                                       |
| DIN 4085          | (z. Z. noch Entwurf) Baugrund; Berechnung des Erddrucks für Grundbauwerke                                                                                                                                     |
| DIN 4094 Teil 1   | Baugrund; Ramm- und Drucksondiergeräte; Abmessungen und Arbeitsweise der Geräte                                                                                                                               |
| DIN 4094 Teil 2   | Baugrund; Ramm- und Drucksondiergeräte; Anwendung und Auswertung                                                                                                                                              |
| DIN 4125 Teil 1   | Erd- und Felsanker; Verpreßanker für vorübergehende Zwecke im Lockergestein; Bemessung, Ausführung und Prüfung                                                                                                |
| DIN 4125 Teil 2   | Erd- und Felsanker; Verpreßanker für dauernde Verankerungen (Daueranker) im Lockergestein; Bemessung, Ausführung und Prüfung                                                                                  |
| DIN 18 137 Teil 1 | (Vornorm) Baugrund; Untersuchung von Bodenproben; Bestimmung der Scherfestigkeit; Begriffe und grundsätzliche Versuchsbedingungen                                                                             |

Fortsetzung Seite 2 bis 8

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

### 3 Begriff

Ein Gelände- oder Böschungsbruch im Sinne dieser Norm tritt ein, wenn ein Stützbauwerk oder eine Böschung in einem Einschnitt oder an einem Damm mit einem Teil des umgebenden Erdreichs einen Gleitkörper bildet und auf einer Gleitfläche, auf welcher der Scherwiderstand des Bodens überwunden wird, abrutscht. Die Gleitfläche erscheint in einer Schnittebene als Gleitlinie. Die Sicherheit des Gleitkörpers gegen Abrutschen wird Gelände- oder Böschungsbruchsicherheit genannt.

### 4 Anwendung

Die nachstehend angeführten Berechnungsverfahren zur Ermittlung der Gelände- oder Böschungsbruchsicherheit gehen davon aus, daß versuchsweise mehrere Gleitflächen durch den Boden gelegt werden und für jede einzelne die Sicherheit gesondert ermittelt wird. Der kleinste Wert der Sicherheit, welcher sich auf diese Weise ergibt, wird als die Gelände- oder Böschungsbruchsicherheit bezeichnet. Nachweise nach dieser Norm ersetzen keinen der anderen erforderlichen Sicherheitsnachweise.

### 5 Unterlagen

Für die Sicherheitsnachweise dieser Norm müssen folgende Unterlagen vorhanden sein:

- a) Angaben über die allgemeine Gestaltung und die Maße des Stützbauwerks oder der Böschung, die ungünstigsten Wasserstände sowie die Werte und Arten der Belastungen, die zur Berechnung für die verschiedenen Lastfälle notwendig sind.
- b) Baugrundaufschlüsse nach  
DIN 1054  
DIN 4021 Teil 1  
DIN 4022 Teil 1  
DIN 4022 Teil 3 (z. Z. noch Entwurf)  
DIN 4023  
DIN 4094 Teil 1  
DIN 4094 Teil 2
- c) die bodenmechanischen Kenngrößen des Baugrunds, insbesondere die Wichten der einzelnen Bodenschichten und die Scherparameter ( $\varphi'$ ,  $c'$ ) der im Bereich der Gleitfläche anstehenden Bodenarten, die bei bindigen Böden für den konsolidierten Zustand – Endstandsicherheit – und gegebenenfalls für den nicht konsolidierten Zustand – Anfangsstandsicherheit ( $\varphi_u$ ,  $c_u$ ) – zu ermitteln sind.  
Hierzu gehören gegebenenfalls Angaben über den Porenwasserüberdruck in bindigen Böden, die unter Eigenlast und Belastung konsolidieren.  
Bei bindigen Böden ist unter Umständen die Restscherfestigkeit (Scherfestigkeit nach sehr großer Verschiebung) zu bestimmen.

### 6 Ansatz der Lasten

In den Sicherheitsnachweisen wird eine Scheibe von einem Meter Dicke des Gleitkörpers betrachtet. Dabei sind folgende Lasten zu berücksichtigen (Bild 1a) und Bild 1b)):

- a) Lasten in oder auf dem Gleitkörper, wobei Verkehrslasten nur insoweit angesetzt werden, als sie ungünstig wirken,
- b) Eigenlast des Gleitkörpers einschließlich des Stützbauwerks unter Berücksichtigung des Grund- und des Außenwasserspiegels sowie des nach Abschnitt 6c) gewählten Ansatzes für die Wasserdrucklasten (Wichte  $\gamma$ ,  $\gamma_r$  oder  $\gamma'$  nach Tabelle 1).
- c) Wasserdrucklasten, wahlweise nach einem der zwei folgenden Ansätze ermittelt:
  - ca) Wasserdruck vereinfacht
    - bei einem Geländesprung (Bild 2a):  
in senkrechter Richtung Sohlwasserdruck auf das Stützbauwerk nach DIN 19 702 „Berechnung der Standsicherheit von Wasserbauten; Richtlinien“ auf einer Waagerechten in Höhe der Bauwerkssohle; in waagerechter Richtung Wasserdruckunterschied (Wasserüberdruck) bis zur Unterkante der Gleitfläche oder
    - bei einer Böschung (Bild 2b):  
in waagerechter Richtung Wasserdruckunterschied bis zur Unterkante der Gleitfläche.
  - cb) Porenwasserdruck  $u$  auf die Gleitfläche aus dem Strömungsbild sowie Wasserdrücke auf die sonstigen Begrenzungsflächen (Bild 3a) und Bild 3b)).  
Voraussetzung für die verfeinerte Bestimmung des Porenwasserdrucks aus der Strömung ist das Strömungsbild in Gestalt von Strom- und Potentiallinien für die ungünstigsten Voraussetzungen.  
Angenähert kann der Porenwasserdruck aus der Orthshöhe  $h_s$  der Sickerlinie über der Gleitlinie ermittelt werden. Damit wird eine waagerechte Strömung angenommen.
- d) Porenwasserüberdruck infolge von Konsolidation,
- e) gegebenenfalls Scherkräfte in oder infolge von Konstruktionsteilen, die durch die Gleitfläche geschnitten werden.

### 7 Vereinfachung des Schichtenbildes

In den meisten Fällen kann das Schichtenbild im gesamten Gleitbereich durch gradlinige Schichtgrenzen wiedergegeben werden.

### 8 Maßgebende Scherfestigkeit

Die maßgebenden Scherfestigkeiten sind nach DIN 1055 Teil 2, Ausgabe Februar 1976, Abschnitt 4, zu ermitteln. Bei bindigen Böden ist dem Nachweis der Sicherheit die Anfangs- und die Endscherfestigkeit nach DIN 18 137 Teil 1 (Vornorm) zugrunde zu legen. Die Scherfestigkeit, die zur geringeren Sicherheit führt, ist maßgebend.

Tabelle 1. **Ansatz der Bodenwichten zur Ermittlung der Eigenlasten der einzelnen Lamellen und der Wasserdrucklasten nach Abschnitt 6 c)**

| Wasserdruck-<br>ansatz nach<br>Abschnitt                                                                                                                                                     | Ansatz der Bodenwichten zur Ermittlung von $G_i$<br>in den Gleichungen (1) und (2) nach Abschnitt 11.2 |                                         | Ansatz des Wasserdrucks in den<br>Gleichungen (1) und (2) nach<br>Abschnitt 11.2                                                   |                                                                                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                              | Höhenlage zum<br>Wasserspiegel                                                                         | $G_i$<br>in den Gleichungen (1) und (2) | $\sum M$ in<br>(Gleichung (1))                                                                                                     | $u_i$ in<br>Gleichung (2)                                                            |
| 6 ca)<br>vereinfacht                                                                                                                                                                         | über Grundwasser-<br>spiegel oder<br>Sickerlinie                                                       | $\gamma$                                | Moment um den<br>Gleitkreismittel-<br>punkt aus horizon-<br>taler Wirkung des<br>Wasserdruckunter-<br>schieds<br>(Wasserüberdruck) | $u_i = 0$                                                                            |
|                                                                                                                                                                                              | unterhalb<br>Grundwasser-<br>spiegel bzw.<br>Sickerlinie oder<br>Außenwasser-<br>spiegel               | $\gamma'$                               |                                                                                                                                    |                                                                                      |
| 6 cb)<br>aus Porenwasser-<br>druck und übrigen<br>Wasserdrücken                                                                                                                              | über Sickerlinie                                                                                       | $\gamma$                                | $\sum M = 0$                                                                                                                       | $u_i = 0$                                                                            |
|                                                                                                                                                                                              | unterhalb<br>Sickerlinie bzw.<br>Außenwasser-<br>spiegel                                               | $\gamma_r$                              |                                                                                                                                    | $u_i$ aus Potential-<br>liniennetz oder<br>vereinfacht<br>$u_i = \gamma_w \cdot h_s$ |
| $\gamma$ Wichte des feuchten Bodens in $\text{kN/m}^3$<br>$\gamma_r$ Wichte des wassergesättigten Bodens in $\text{kN/m}^3$<br>$\gamma'$ Wichte des Bodens unter Auftrieb in $\text{kN/m}^3$ |                                                                                                        |                                         |                                                                                                                                    |                                                                                      |

## 9 Lastfälle

Der Berechnung ist der für den Gelände- oder Böschungsbruch ungünstigste Lastfall, eingestuft als Lastfall 1, 2 oder 3 nach DIN 1054, Ausgabe November 1976, zugrunde zu legen, da davon die erforderlichen Sicherheiten nach Abschnitt 12 abhängen.

## 10 Gleitlinie

Im allgemeinen genügt es, einen Kreis als Gleitlinie zu wählen. Wenn beim Verfahren nach Abschnitt 11.2 die Kreisgleitlinie im unteren Geländeabschnitt steiler als die gerade Erdwiderstandsgleitlinie für den Rankineschen Sonderfall wird, ist der Erdwiderstand anzusetzen.

Ferner sind logarithmische Spiralen, gegebenenfalls in Verbindung mit Kreisen und Geraden, als Gleitlinien geeignet. Schließlich können durch die geologischen Verhältnisse bestimmte Gleitlinien vorgegeben sein.

Die ungünstigste Lage der Gleitlinie ist durch Versuch zu bestimmen. Sie geht in der Regel bei massiven Stützbauwerken durch den hinteren Fußpunkt und bei Böschungen in einheitlichen Böden mit  $\varphi > 5^\circ$  durch deren Fußpunkt.

## 11 Berechnungsverfahren

### 11.1 Allgemeines

Die in diesem Abschnitt vorgeschlagenen Verfahren gelten für den ebenen Fall und für kreisförmige Gleitlinien. Sie unterscheiden sich danach, ob der Gleitkörper in lotrechte Lamellen unterteilt wird oder nicht.

Andere Verfahren sind zulässig.

### 11.2 Lamellenverfahren

Der Gleitkörper wird in möglichst gleichbreite Lamellen unterteilt. Die Sicherheit beträgt dann (siehe Bild 1a) und Bild 1b):

$$\eta = \frac{r \cdot \sum T_i + \sum M_s}{r \cdot \sum G_i \cdot \sin \vartheta_i + \sum M} \quad (1)$$

mit

$$T_i = \frac{[G_i - (u_i + \Delta u_i) \cdot b_i] \tan \varphi_i + c_i \cdot b_i}{\cos \vartheta_i + \frac{1}{\eta} \tan \varphi_i \cdot \sin \vartheta_i} \quad (2)$$