

1 Tiefbauunfälle

Einsätze bei Tiefbauunfällen zählen zu den Hilfeleistungseinsätzen. Diese Einsätze stellen an die Feuerwehr oft hohe Anforderungen, auf die sie sich gründlich vorbereiten muss. Im Einsatzfall kann die Hilfe von fachkundigem Personal (z. B. Sachkundiger Bau, Statiker etc.) sehr wertvoll sein. Wegen der Gefahren, die beim Tiefbau auftreten können, beschäftigen sich die Unfallverhütungsvorschriften der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) sehr eingehend mit diesem Thema.

In der DGUV Vorschrift 38 »Bauarbeiten« sind grundsätzliche Festlegungen über Tiefbaustellen aufgeführt. In der DGUV Regel 101-008 »Arbeiten im Spezialtiefbau« und der DGUV Information 201-049 »Tiefbauarbeiten« ist genau beschrieben, welche Sicherheitsanforderungen zu erfüllen sind. Im Besonderen werden in der DGUV Information 201-049 im Themenblock »Arbeitsverfahren« Maßnahmen für ein sicheres Arbeiten genannt:

- geböschte Gräben,
- verbaute Gräben (waagerechter und senkrechter Verbau),
- geböschte Baugruben,
- Trägerbohlwände/Spundwände,
- Ausschachtungen neben Gebäuden sowie
- Gründungen neben Fundamenten/Unterfangungen.

Darüber hinaus schreibt die DIN 4124:2012-01 »Baugruben und Gräben – Böschungen, Verbau, Arbeitsraumbreiten« die Arbeitsweise eindeutig vor.

Wenngleich bei einem Hilfeleistungseinsatz sicherlich nicht immer die entsprechenden Vorschriften eingehalten werden können, so sollte doch die Fachkenntnis der Feuerwehrangehörigen so groß sein, dass – soweit wie möglich – nach den entsprechenden Vorschriften gearbeitet werden kann. Die Unfallverhütungsvorschrift erlaubt zwar im Falle der Menschenrettung eine Abweichung von den Vorschriften, dies darf aber im Einsatzfall nicht zu einem leichtsinnigen und unüberlegten Handeln der Einsatzkräfte führen.

1.1 Eigenarten des Bodens

Durch das Ausheben von Gräben für den Leitungsverbau oder zur Erstellung von Baugruben wird der natürliche Gleichgewichtszustand im Boden gestört (Kraft = Gegenkraft). Die dabei freiwerdenden Kräfte müssen durch eine entsprechende, vom Ausschachtenden einzubringende Vorrichtung, welche die Gegenkraft aufbringen kann, aufgenommen werden.

Der gewachsene Boden weist durch Haftfestigkeit und Reibung eine gewisse Scherfestigkeit auf. Diese Scherfestigkeit ist abhängig vom Boden und den äußeren Einflüssen (z. B. Regen, Frost, Einwirkung von Kräften etc.). Beim Ausheben eines Grabens reichen diese Werte je nach Tiefe und Böschungswinkel nicht aus, um das Gefüge des Bodens zu erhalten. Mit Ausnahme von

schwerem Fels besteht bei vielen Böden die Gefahr, dass diese nicht genügend standfest sind und nachgeben bzw. einbrechen. Aus diesem Grund muss beim Erstellen von Gräben ausreichend angebösch, fachmännisch verbaut oder durch andere Maßnahmen (Spundwände, Spritzbeton etc.) gesichert werden.

1.1.1 Standfestigkeit der Böden

Zur Beurteilung der Standfestigkeit und der daraus zu wählenden Sicherungsmethode sind die Böden in folgende Klassen eingeteilt:

- 1) nicht bindige oder weiche bindige Böden,
- 2) steife oder halbfeste bindige Böden,
- 3) Fels.

1) Nicht bindiger oder weicher bindiger Boden

Weich ist ein bindiger Boden, wenn er sich kneten lässt.

Mutterboden: Oberste Bodenschicht, mit Humus und Ton durchsetzt.

Leichter Boden: Nichtbindende Sande und Kiese (bis ca. 60 mm Korngröße) mit keiner oder nur geringer Bindung mit lehmigen oder tonigen Bodenarten.

In Bild 1 wird der erforderliche Böschungswinkel bei nicht bindigen oder weichen bindigen Böden dargestellt, er beträgt hier 45°.

2) Steifer oder halbfester bindiger Boden

Ein bindiger Boden ist steif, wenn er sich schwer kneten, aber in der Hand zu 3 mm dicken Röllchen ausrollen lässt, ohne zu reißen und zu zerbröckeln. Ein bindiger Boden ist halbfest, wenn er beim

Böschungswinkel 45° (1:1)

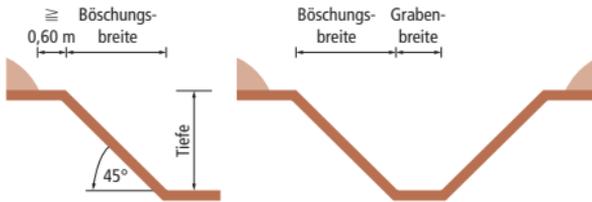


Bild 1:
Erforderlicher
Böschungswinkel
bei nicht bindigen oder weichen bindigen
Böden (Grafik:
W. Kohlhammer
GmbH)

Ausrollen zu 3 mm dicken Röllchen zwar bröckelt und reißt, aber doch noch feucht genug ist, um ihn erneut zu einem Klumpen formen zu können.

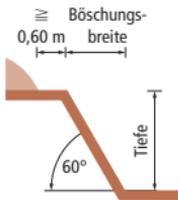
Mittelschwerer Boden: nicht bindige Böden über 60 mm Korngröße, z. B. Gesteinsschotter und Gerölle.

Bindiger, mittelschwerer Boden (mit dem Spaten lösbar): Boden, der in naturfeuchtem Zustand einen erheblichen Zusammenhang hat: stark lehmiger Sand, sandiger Lehm, Lehm, Mergel, Löss oder Lößlehm.

Schwerer Boden (muss mit der Hacke besonders aufgelockert werden): Boden mit festem Zusammenhang und von zäher Beschaffenheit: stark ausgetrocknete, bindige, mittelschwere Böden (stark lehmiger Sand, sandiger Lehm, Lehm, Mergel, Löss oder Lößlehm), fetter, steifer Ton, nicht bindige Böden über 60 mm Korngröße, stark mit Geröll und Steinen bis 200 mm Korngröße durchsetzt (kein Bauschutt).

In Bild 2 wird der erforderliche Böschungswinkel bei steifen oder halbfesten bindigen Böden dargestellt, er beträgt hier 60°.

Böschungswinkel 60° (1:0,58)



Böschungsbreite = 0,58 x Tiefe



Bild 2:
Erforderlicher Böschungswinkel bei steifen oder halbfesten bindigen Böden (Grafik: W. Kohlhammer GmbH)

3) Fels

Locker gelagerte Gesteinsarten, die stark brüchig, schiefrig oder verwittert sind, chemisch verfestigte Sand- oder Kiesschichten und Mergelschichten mit Steinen über 200 mm Korngröße durchsetzt.

Fest gelagerte Gesteinsarten. Bei einfallenden Schichten, auf denen das Gestein abgleiten kann, ist die Seite des Hangenden (= Lagebezeichnung für Gestein, das eine Bezugsschicht überlagert) besonders zu sichern (ggf. abböschern oder verbauen).

Die Böschungswinkel sind unter Berücksichtigung der möglichen Belastungen (Baustellenverkehr o.Ä.), Erschütterungen (z. B. fließender Verkehr) sowie der Zeit, über die eine Baugrube offen zu halten ist (Einflüsse der Witterung) gewählt und erlauben ein sicheres Arbeiten – ohne die Gefahr, dass durch nachrutschendes Erdreich Personen verschüttet werden. In Bild 3 wird der Böschungswinkel bei Fels dargestellt.

Auch für den Rettungseinsatz der Feuerwehr wäre das Abböschern sicherheitstechnisch gesehen die beste Möglichkeit, nur lässt es sich in der Praxis in den seltensten Fällen durchführen.

Böschungswinkel 80° (1:0,18)

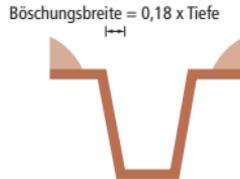
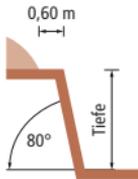


Bild 3:
Böschungswinkel
bei Fels (Grafik:
W. Kohlhammer
GmbH)

Hierzu ein kurzes Beispiel: Ein Graben, der bis in eine Tiefe von 8 m einzubringen ist, müsste bei mittelschwerem Boden und einer Grabenbreite von 1 m eine Baugrube von 10,2 m Breite aufweisen, was kaum auszuführen ist. Hinzu kommen noch Probleme durch die Masse des Aushubs und den benötigten Platz für dessen Ablagerung.

- Bedeutung kann dieses Verfahren also nur dann haben, wenn
- ein Verbau undurchführbar ist und
 - entsprechende Erdbaumaschinen vorhanden sind sowie genügend Platz für das auszuhebende Erdreich zur Verfügung steht.

1.1.2 Masse verschiedener Bodenarten

Der Regelfall ist also der fachgerechte Verbau. Daher sind wegen der dabei aufzunehmenden Kräfte die Massen der einzelnen Bodenarten von Bedeutung. Sie können der Tabelle 1 entnommen werden.

Tabelle 1: Masse der Bodenarten

Bodenart	Masse [kg/m ³]
Mutterboden	1700
Sand und Kies, erdfeucht	1800
Sand und Kies, nass	2000
Gerölle	1900
Lehm, Ton, Mergel	2100
Kalkstein	2200
Granit und Syenit	2800

Aufgrund der großen Massen pro Kubikmeter Boden ist leicht ersichtlich, welche großen Kräfte auf einen Verschütteten wirken. Daraus ergeben sich schwerste Verletzungen, auch wenn die Menge des Schüttgutes nur gering erscheint. Betrifft die Verschüttung auch den Brustkorb des Eingeklemmten, wird ein Atmen fast unmöglich. Die Freilegung des Brustkorbes zur Sicherung der Atmung hat daher als Erstmaßnahme, nach Einhaltung des Eigenschutzes, die höchste Priorität (Bild 4).

1.1.3 Erddruck

Geht man von der Überlegung aus, dass bei aufgestauten Flüssigkeiten die Druckkraft auf eine Seitenwand von der Größe der Seitenfläche, der Stauhöhe der Flüssigkeit und dem spezifischen Gewicht der Flüssigkeit abhängt, also

$$F_s \text{ [N]} = A \times h \times \gamma,$$

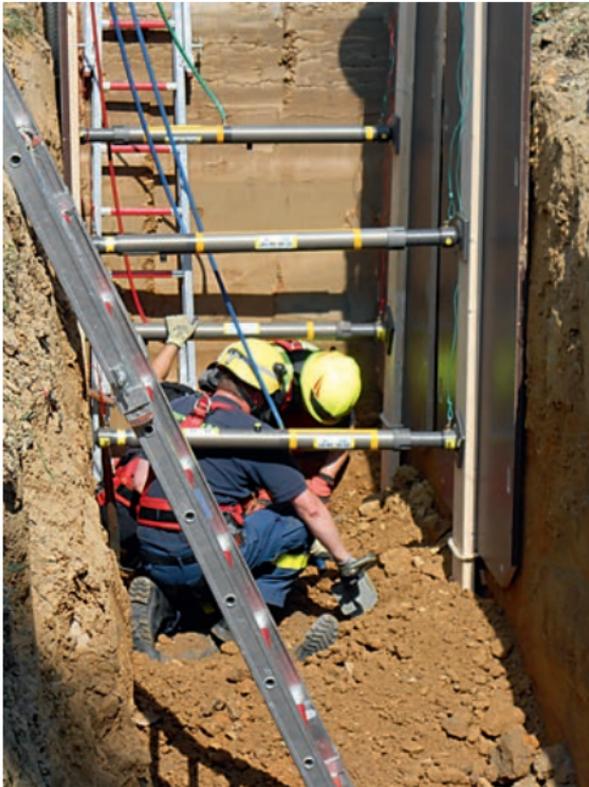


Bild 4:
Nach erfolgter
Eigensicherung
muss zuerst der
Brustkorb des
Verschütteten
freigelegt wer-
den. (Foto: Irakli
West, Fa. Para-
tech)

so müsste auch beim Druck auf die Seitenwand eines Grabenverbau eine Steigerung dieser Kraft entsprechend der Grabentiefe auftreten.

Umfangreiche Versuche und Untersuchungen haben jedoch schon in den 1940er-Jahren ergeben, dass diese Überlegung für die Praxis unzutreffend ist und zu folgenschweren Fehlkonstruktionen bei Grabenverbauverfahren geführt hat (Bilder 5 und 6).

Die oben angeführten Untersuchungen haben vielmehr gezeigt, dass sich der Erddruck nach folgender Erddruckverteilung



Bild 5:
Gefahr des Ab-
rutschens bei
unsachgemäß
ausgeführtem
Böschungswinkel

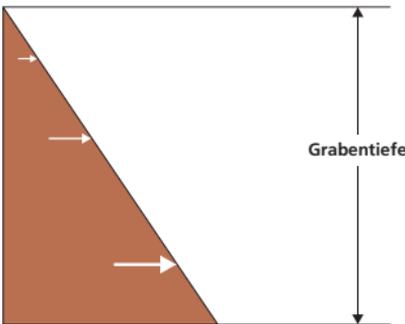


Bild 6: Unzutreffende Annahme
über die Zunahme des Erddrucks
(Grafik: W. Kohlhammer GmbH)

einstellt: Er erreicht schon bei geringer Tiefe einen Wert, der weit über dem nach den anfänglichen Überlegungen zu Erwartenden liegt (Bild 7).

In Bild 8 wird der Erddruck pro Quadratmeter Wandfläche für verschiedene Böden dargestellt.

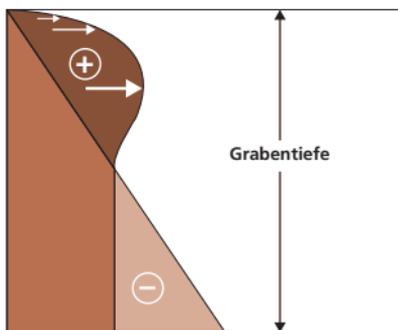


Bild 7: Tatsächliche Erddruckverteilung (Grafik: W. Kohlhammer GmbH)

+ (im Vergleich zu Bild 6):
nicht berücksichtigter Erddruck =
zusätzliche Belastung des Verbaus
– (im Vergleich zu Bild 6):
zu viel angenommener Erddruck

Für die statische Berechnung von Stützwänden muss man also davon ausgehen, dass eine gleichmäßig verteilte Druckkraft über die gesamte Fläche der Grabenwand wirkt, die linear mit der Grabentiefe zunimmt.

Bei einer Grabentiefe von neun Metern und beim Vorliegen von erdfeuchtem Kies bzw. Sand ergibt sich für jeden Quadratme-

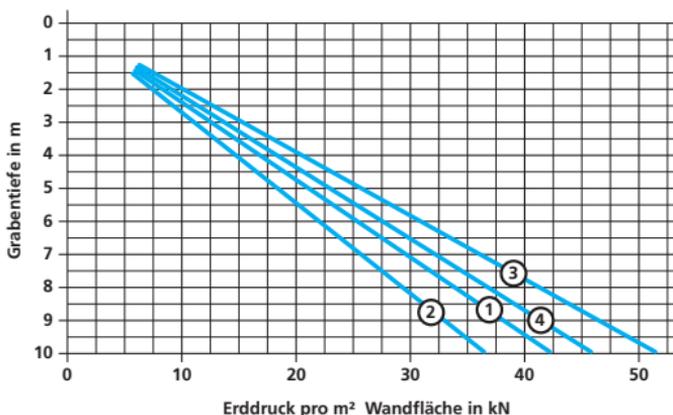


Bild 8: Erddruck pro Quadratmeter Wandfläche in kN (Grafik: W. Kohlhammer GmbH)

- | | |
|----------------------------|---------------------------|
| 1) Mutterboden erdfeucht | 3) Sand und Kies nass |
| 2) Sand und Kies erdfeucht | 4) Lehm und Ton erdfeucht |