

2. Es werden folgende Grenzzustände unterschieden:
 - a) Der Grenzzustand der Tragfähigkeit ist ein Zustand des Tragwerks, dessen Überschreitung unmittelbar zu einem rechnerischen Einsturz oder anderen Formen des Versagens führt. Er wird im Handbuch Eurocode 7, Band 1 als ULS (Ultimate Limit State) bezeichnet. Beim Grenzzustand ULS werden fünf Fälle unterschieden, siehe Absätze 3, 4 und 5.
 - b) Der Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit ist ein Zustand des Tragwerks, bei dessen Überschreitung die für die Nutzung festgelegten Bedingungen nicht mehr erfüllt sind. Er wird im Handbuch Eurocode 7, Band 1 als SLS (Serviceability Limit State) bezeichnet.
3. Eurocode 7-1 definiert folgende Grenzzustände:
 - a) EQU: Gleichgewichtsverlust des als starrer Körper angesehenen Tragwerkes ohne Mitwirkung von Bodenwiderständen. Die Bezeichnung ist abgeleitet von „equilibrium“.
 - b) STR: Inneres Versagen oder sehr große Verformung des Tragwerkes oder seiner Bauteile, wobei die Festigkeit der Baustoffe für den Widerstand entscheidend ist. Die Bezeichnung ist abgeleitet von „structure“.
 - c) GEO: Versagen oder sehr große Verformung des Baugrunds, wobei die Festigkeit des Bodens oder des Felses für den Widerstand entscheidend ist. Die Bezeichnung ist abgeleitet von „geotechnics“.
 - d) UPL: Gleichgewichtsverlust des Bauwerkes oder Baugrundes infolge von Auftrieb oder Wasserdruck. Die Bezeichnung ist abgeleitet von „uplift“.
 - e) HYD: Hydraulischer Grundbruch, innere Erosion oder Piping im Boden, verursacht durch Strömungsgradienten. Die Bezeichnung ist abgeleitet von „hydraulic“.
4. Für die Übertragung auf die Vorgaben der DIN 1054 muss der Grenzzustand GEO aufgeteilt werden in GEO-2 und GEO-3:
 - a) GEO-2: Versagen oder sehr große Verformung des Baugrunds im Zusammenhang mit der Ermittlung der Schnittgrößen und der Abmessungen, d. h. bei der Inanspruchnahme der Scherfestigkeit beim Erdwiderstand, beim Gleitwiderstand, beim Grundbruchwiderstand und beim Nachweis der Standsicherheit in der tiefen Gleitfuge.
 - b) GEO-3: Versagen oder sehr große Verformung des Baugrunds im Zusammenhang mit dem Nachweis der Gesamtstandfestigkeit, d. h. bei der Inanspruchnahme der Scherfestigkeit beim Nachweis der Sicherheit gegen Böschungsbruch und Geländebruch sowie, in der Regel, beim Nachweis der Standsicherheit von konstruktiven Böschungssicherungen.
5. Der Nachweis der Standsicherheit von konstruktiven Böschungssicherungen kann je nach konstruktiver Ausbildung und Funktion entweder nach den Regeln des Grenzzustands GEO-2 oder nach den Regeln des Grenzzustands GEO-3 behandelt werden.

6. Die Grenzzustände EQU, UPL und HYD umfassen:

- Nachweis der Sicherheit gegen Kippen EQU,
- Nachweis der Sicherheit gegen Aufschwimmen UPL,
- Nachweis der Sicherheit gegen hydraulischen Grundbruch HYD.

Bei diesen Grenzzuständen gibt es nur Einwirkungen, keine Widerstände. Maßgebend ist die Grenzzustandsbedingung

$$E_{\text{dst};d} = E_{\text{dst};k} \cdot \gamma_{\text{dst}} \leq E_{\text{stb};k} \cdot \gamma_{\text{stb}} = E_{\text{stb};d}$$

d. h. die destabilisierende Einwirkung $E_{\text{dst};k}$, multipliziert mit dem Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_{\text{dst}} \geq 1$, darf höchstens so groß werden wie die stabilisierende Einwirkung $E_{\text{stb};k}$, multipliziert mit dem Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_{\text{stb}} < 1$.

7. Die Grenzzustände STR und GEO-2 beschreiben das Versagen von Bauwerken und Bauteilen bzw. das Versagen des Baugrundes. Dazu gehören:

- der Nachweis der Tragfähigkeit von Bauwerken und Bauteilen, die durch den Baugrund belastet bzw. durch den Baugrund gestützt werden,
- der Nachweis, dass die Tragfähigkeit des Baugrundes, z. B. in Form von Erdwiderstand, Grundbruchwiderstand oder Gleitwiderstand, nicht überschritten wird.

Dabei wird der Nachweis, dass die Tragfähigkeit des Baugrundes nicht überschritten wird, genauso geführt wie bei jedem anderen Baumaterial. Maßgebend ist immer die Grenzzustandsbedingung

$$E_d = E_k \cdot \gamma_F \leq R_k / \gamma_R = R_d$$

d. h. die charakteristische Schnittgröße E_k , multipliziert mit dem Teilsicherheitsbeiwert γ_F für Einwirkungen bzw. γ_E für Beanspruchungen, darf höchstens so groß werden wie der charakteristische Widerstand R_k , dividiert durch den Teilsicherheitsbeiwert γ_R .

8. Der Grenzzustand GEO-3 ist eine Besonderheit des Erd- und Grundbaus. Er beschreibt den Verlust der Gesamtstandsicherheit. Dazu gehören:

- Nachweis der Sicherheit gegen Böschungsbruch,
- der Nachweis der Sicherheit gegen Geländebruch.

Maßgebend ist immer die Grenzzustandsbedingung

$$E_d \leq R_d$$

d. h. der Bemessungswert E_d der Beanspruchungen darf höchstens so groß werden wie der Bemessungswert R_d des Widerstands. Hierbei werden die geotechnischen Einwirkungen und Widerstände mit den Bemessungswerten

$$\begin{aligned} \tan \varphi'_d &= \tan \varphi'_k / \gamma_\varphi & \text{und} & & c'_d &= c'_k / \gamma_c & \text{bzw.} \\ \tan \varphi_{u,d} &= \tan \varphi_{u,k} / \gamma_{\varphi u} & \text{und} & & c_{u,d} &= c_{u,k} / \gamma_{cu} \end{aligned}$$

der Scherfestigkeiten ermittelt, d. h. der Tangens des Winkels der inneren Reibung φ und die Kohäsion c werden mit den Teilsicherheitsbeiwerten γ_φ und γ_c bzw. $\gamma_{\varphi u}$ und γ_{cu} abgemindert.

9. Der Grenzzustand SLS beschreibt den Zustand des Bauwerks, bei dem die für die Nutzung festgelegten Bedingungen nicht mehr erfüllt sind, ohne dass seine Tragfähigkeit verloren geht. Er liegt dem Nachweis zugrunde, dass die zu erwartenden Verschiebungen und Verformungen mit dem Zweck des Bauwerks vereinbar sind. Bei Baugruben schließt der Grenzzustand SLS auch die Gebrauchstauglichkeit benachbarter Bauwerke und baulicher Anlagen mit ein.

1.5 Stützung von Baugrubenwänden (EB 67)

1. Als nicht gestützt werden Baugrubenwände bezeichnet, die weder ausgesteift noch verankert sind und deren Standsicherheit nur auf ihrer Einspannung im Boden beruht.
2. Als nachgiebig gestützt werden Baugrubenwände bezeichnet, wenn die Auflagerpunkte der Wand stark nachgeben können, z. B. bei stark geneigter Abstützung zur Baugrubensohle hin und bei nicht oder nur gering vorgespannten Anker.
3. Als wenig nachgiebig gestützt werden Baugrubenwände in folgenden Fällen bezeichnet:
 - a) Die Steifen werden zumindest kraftschlüssig verkeilt.
 - b) Verpressanker bei Baugrubenwände werden i. d. R. auf 80 % der errechneten charakteristischen Beanspruchung vorgespannt und festgelegt, siehe Kap. 7.
 - c) Es wird eine kraftschlüssige Verbindung mit Pfählen hergestellt, die nachweislich unter Belastung nur eine geringe Kopfbewegung erleiden.
4. Als annähernd unnachgiebig gestützt werden Baugrubenwände bezeichnet, wenn der Bemessung entsprechend EB 22, Absatz 1 (Abschn. 9.5) ein erhöhter aktiver Erddruck zugrunde gelegt wird und die Steifen bzw. Anker entsprechend EB 22, Absatz 10 vorgespannt und festgelegt werden.
5. Als unnachgiebig gestützt werden Baugrubenwände nur dann bezeichnet, wenn sie nach EB 23 (Abschn. 9.6) für einen abgeminderten oder für den vollen Erdruchdruck bemessen und die Stützungen entsprechend vorgespannt werden. Bei verankerten Baugrubenwänden müssen die Anker darüber hinaus in einer unnachgiebigen Felsschicht verankert oder wesentlich länger sein als rechnerisch erforderlich.

Wenn die Anforderungen nach Absatz 4 oder Absatz 5 erfüllt werden und darüber hinaus

- eine biegesteife Baugrubenwand angeordnet wird und
- unzuträgliche Fußverschiebungen verhindert werden,

3

Größe und Verteilung des Erddrucks

3.1 Abhängigkeit der Erddrucklast von der gewählten Bauweise (EB 8)

1. Die Größe der Erddrucklast hängt in starkem Maße davon ab, inwieweit sich eine Baugrubenwand im Zuge des Baugrubenaushubs bewegen und verformen kann. Maßgebend dafür sind
 - die Nachgiebigkeit der Stützung, hierzu siehe EB 67 (Abschn. 1.5),
 - die Nachgiebigkeit des Erdauflagers, hierzu siehe EB 14 (Abschn. 5.3) und EB 19 (Abschn. 6.3),
 - der Abstand der Stützungspunkte und die Biegesteifigkeit der Baugrubenwand.

Im Hinblick auf die Biegesteifigkeit können in der Regel Ortbetonwände, insbesondere Schlitzwände und Pfahlwände, als biegesteif bzw. verformungsarm, Spundwände und Trägerbohlwände als biegeweich angesehen werden.

2. Geht man von dem theoretischen Fall aus, dass sowohl beim Einbringen von Spundwänden oder Ortbetonwänden als auch beim Aushub der Baugrube jegliche Bewegung und Entspannung des Erdreichs vermieden wird, dann ist damit zu rechnen, dass die Wand durch den Erdruheindruck belastet wird. Da es jedoch in der Praxis nicht möglich ist, Baugrubenwände völlig verformungs- und bewegungsfrei zu halten, ist in der Regel die wirksame Erddrucklast aus Bodeneigengewicht kleiner als die Erdruhedrucklast E_{0g} .
3. Bei mehrfach ausgesteiften Spundwänden mit verhältnismäßig geringem Abstand der Stützungspunkte sowie allgemein bei ausgesteiften Ortbetonwänden ist damit zu rechnen, dass ein Erddruck auftritt, der zwischen dem Erdruheindruck und dem aktiven Erddruck liegt, wenn die Steifen mit mehr als 30 % der für den Vollaushubzustand errechneten charakteristischen Kraft vorgespannt werden. Für mehrfach ausgesteifte Trägerbohlwände gilt dies ebenfalls, sofern die Steifen auf mehr als 60 % der für den Vollaushubzustand errechneten charakteristischen Kraft vorgespannt werden.

4. Werden die Steifen bei geringeren als den im Absatz 3 genannten Kräften festgelegt, so darf bei Baugruben in mitteldicht oder dicht gelagerten nichtbindigen Böden bzw. mindestens steifen bindigen Böden angenommen werden, dass beim Freilegen der Wand Verformungen und Bewegungen in der Größenordnung von 1‰ der Wandhöhe auftreten. Diese reichen in der Regel aus, um den Erddruck vom Erdruhedruck auf den aktiven Erddruck absinken zu lassen. Bei nicht gestützten, im Boden eingespannten Baugrubenwänden ist dies im Allgemeinen unabhängig von den anstehenden Bodenarten der Fall.
5. Bei verankerten Baugrubenwänden richtet sich die Größe der zu erwartenden Erddrucklast in erster Linie danach, bei welcher Kraft die Anker festgelegt werden. Hierzu siehe EB 42 (Abschn. 7.2).
6. Zum Ansatz des Erddrucks in den Rückbauzuständen siehe EB 68 (Abschn. 3.8).

3.2 Größe des aktiven Erddrucks bei unbelasteter Geländeoberfläche (EB 4)

1. Der charakteristische Wert der Erddrucklast E_a aus Bodeneigengewicht und gegebenenfalls aus Kohäsion darf nach der klassischen Erddrucktheorie mit ebenen Gleitflächen ermittelt werden, sofern die in DIN 4085 angegebenen Grenzen für die Erddruckneigung eingehalten sind.
2. Die Wahl des charakteristischen Erddruckneigungswinkels $\delta_{a,k}$ richtet sich nach EB 89 (Abschn. 2.3). Er darf bei Trägerbohlwänden, Spundwänden und Ortbetonwänden mit positivem Vorzeichen angesetzt werden, wenn die daraus resultierenden Vertikalkräfte sicher in den Untergrund abgeleitet werden können. Anderenfalls ist nach EB 84 (Abschn. 4.8) ein kleinerer oder ein negativer Erddruckneigungswinkel in die Berechnung einzuführen. Dies kann erforderlich werden, wenn große Vertikalkräfte in die Baugrubenwand eingeleitet werden, z. B. bei Hilfsbrücken oder bei geneigten Verankerungen.
3. Bei nicht oder nachgiebig gestützten Baugrubenwänden, die sich um den Fußpunkt oder um einen tiefer gelegenen Punkt drehen, ist die horizontale Erddrucklast aus Bodeneigengewicht und Kohäsion bei durchgehend bindigem Boden auf zwei Wegen zu ermitteln:
 - a) mit den charakteristischen Scherfestigkeiten entsprechend EB 2 (Abschn. 2.2), wobei die infolge der Kohäsion nach Bild EB 4-1c) entstehenden rechnerischen Zugspannungen nicht berücksichtigt werden dürfen,
 - b) als Mindesterddruck mit dem Ersatzreibungswinkel $\varphi'_{\text{Ers},k} = 40^\circ$ nach Bild EB 4-1e), wobei das Verhältnis δ_k/φ'_k nach EB 89, Absatz 5 (Abschn. 2.3) auf $\delta_{a,k}/\varphi'_{\text{Ers},k}$ übertragen wird.

Maßgebend ist die größere Erddruckresultierende.

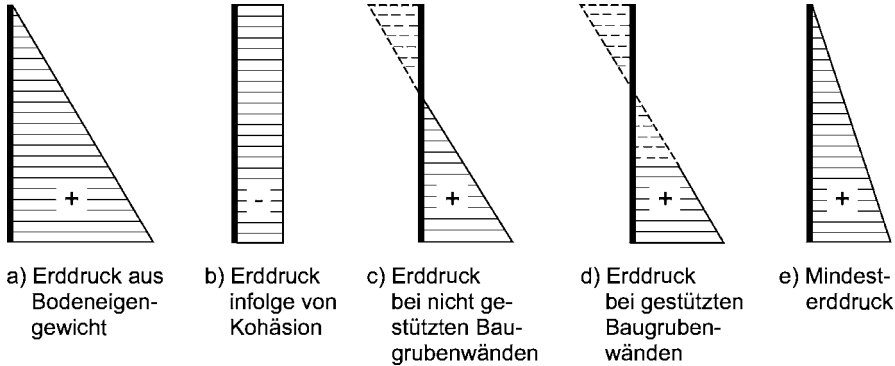


Bild EB 4-1 Ermittlung des aktiven Erddrucks bei durchgehend bindigem Boden

Sofern die zu erwartende Größe des Erddrucks durch langfristige Messungen bei ähnlichen Verhältnissen hinreichend bekannt ist und im Einzelfall am Verbau überprüft wird, darf der Ersatzreibungswinkel bis auf $\varphi'_{\text{Ers,k}} = 45^\circ$ heraufgesetzt werden.

4. Bei geschichtetem Boden ist wie folgt vorzugehen:

- Die Erddruckordinaten der nichtbindigen Schichten sind stets mit den charakteristischen Scherfestigkeiten nach EB 2 (Abschn. 2.2) zu ermitteln. Sie sind maßgebend für die Ermittlung der Erddrucklast der betreffenden Schicht.
- Die Erddruckordinaten der bindigen Schichten sind entsprechend den Angaben im Absatz 3 sowohl mit den charakteristischen Scherfestigkeiten nach EB 2 (Abschn. 2.2) entsprechend Bild EB 4-2b) als auch mit dem Ersatzreibungswinkel $\varphi'_{\text{Ers,k}}$ entsprechend Bild EB 4-2c) zu ermitteln.

Maßgebend ist die größere Erddruckresultierende der jeweiligen Schicht. Die Gesamtlast ergibt sich aus der Addition der maßgebenden Erddrucklasten der einzelnen Schichten.

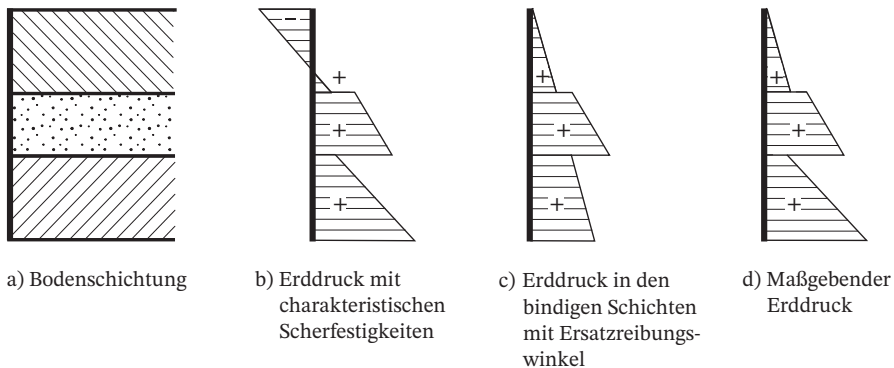


Bild EB 4-2 Ermittlung der Gesamtlast des aktiven Erddrucks bei teilweise bindigen Bodenschichten

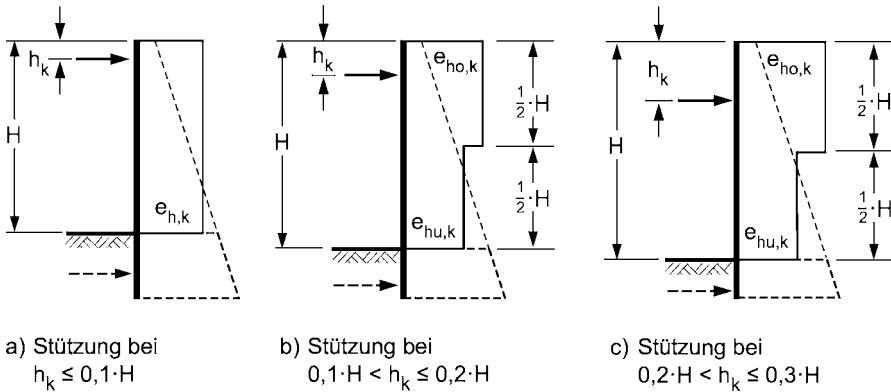


Bild EB 69-2 Lastfiguren für einmal gestützte Trägerbohlwände

3. Bei zweimal gestützten Trägerbohlwänden dürfen folgende Lastfiguren als wirklichkeitsnah angenommen werden:

- a) ein abgestuftes Rechteck mit dem Lastsprung in Höhe der unteren Steifenlage und $e_{h0,k}$: $e_{hu,k} = 2,00$ entsprechend Bild EB 69-3a), sofern die obere Steifen- oder Ankerlage etwa in Höhe der Geländeoberfläche, die untere Lage in der oberen Hälfte der Baugrubentiefe H angeordnet ist;
- b) ein Trapez entsprechend Bild EB 69-3b), sofern die obere Steifen- oder Ankerlage unterhalb der Geländeoberfläche, die untere Lage etwa auf halber Höhe der Baugrubentiefe H angeordnet ist;
- c) ein Trapez entsprechend Bild EB 69-3c), sofern die beiden Steifen- oder Ankerlagen sehr tief angeordnet sind.

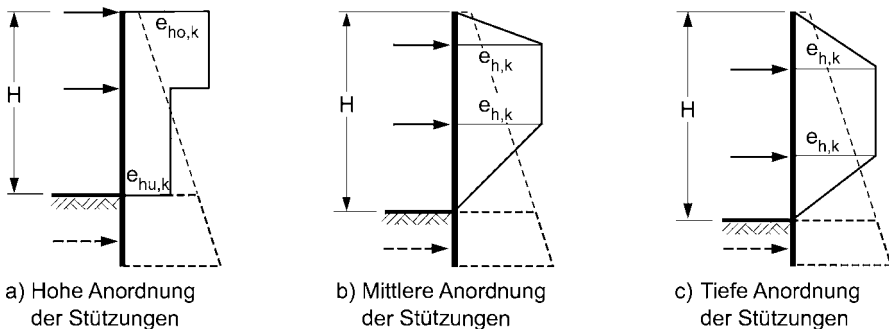


Bild EB 69-3 Lastfiguren für zweimal gestützte Trägerbohlwände

4. Bei dreimal oder öfter gestützten Trägerbohlwänden mit etwa gleichen Stützweiten darf das Trapez entsprechend Bild EB 69-4 als wirklichkeitsnahe Lastfigur angenommen werden. Die Resultierende des Erddrucks soll dabei im Bereich von $z_c = 0,50 \cdot H$ bis $z_c = 0,55 \cdot H$ liegen.

5. Die hier empfohlenen Lastfiguren berücksichtigen nicht den vorangegangenen Bauzustand. Bei genaueren Festlegungen ergibt sich die Lastfigur eines neuen

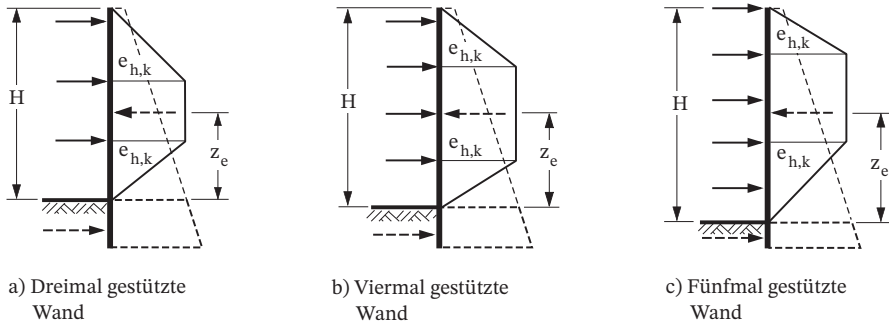


Bild EB 69-4 Lastfiguren für dreimal oder öfter gestützte Trägerbohlwände

Bauzustandes immer aus der Lastfigur des vorangegangenen Bauzustandes und dem Erddruckzuwachs durch den zusätzlichen Aushubschritt. Dieser Erddruckzuwachs lagert sich überwiegend an der zuletzt eingebauten Stützung an [89, 90]. Dies ist insbesondere bei Baugruben in geschichtetem Boden zu beachten. Stützungen, die tiefer angeordnet sind als bei 30 % der Wandhöhe H , haben auf die Form der Lastfigur keinen nennenswerten Einfluss.

5.3 Bodenreaktionen und Erdwiderstand bei im Boden frei aufgelagerten Trägerbohlwänden (EB 14)

1. Der charakteristische Erdwiderstand vor Bohlträgern darf bei nichtbindigem Boden entsprechend dem in [20] vorgeschlagenen, in [52] und [168] weiterentwickelten Berechnungsvorschlag ermittelt werden. Stehen die Bohlträger so dicht nebeneinander, dass sich die Erdwiderstandseinflüsse überschneiden, dann sind die errechneten Erdwiderstandskräfte entsprechend abzumindern. Dazu ist der Erdwiderstand sowohl mit als auch ohne Annahme einer Überschneidung zu ermitteln. Der jeweils kleinere Wert ist für die weitere Berechnung maßgebend. Hierzu siehe [52]. Wird der für nichtbindige Böden abgeleitete Berechnungsvorschlag auf bindige Böden angewendet, dann ist der Anteil des Erdwiderstands infolge von Kohäsion bis auf die Hälfte des errechneten Wertes abzumindern, sofern keine genaueren Untersuchungen zugrunde gelegt werden. Hierzu siehe [21] und [93].
2. Der Bemessungserdwiderstand ergibt sich aus dem mit den Scherparametern ϕ'_k und c'_k ermittelten charakteristischen Erdwiderstand durch Division mit dem Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_{R,e}$ nach EB 79 (Abschn. 2.4).
3. Bei Anwendung der in EB 79 (Abschn. 2.4) angegebenen Teilsicherheitsbeiwerte zur Ermittlung der Bemessungswerte des Erdwiderstands für die Aufnahme der Auflagerkraft im Boden ist in der Regel mit erheblichen Fußverschiebungen zu rechnen. Nur dann, wenn der Bemessungserdwiderstand mit dem Anpassungsfaktor $\eta_{R,e} = 0,80$ abgemindert wird, darf unterstellt werden, dass bei nichtbin-