

DIN 4085**DIN**

ICS 93.020

Ersatz für
DIN 4085:2011-05**Baugrund –
Berechnung des Erddrucks**Subsoil –
Calculation of earth-pressureSol –
Calcul des poussées et butées des sols

Gesamtumfang 52 Seiten

DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)



Inhalt

	Seite
Vorwort	6
1 Anwendungsbereich.....	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe, Formelzeichen und Indizes.....	7
3.1 Begriffe	7
3.2 Formelzeichen und Indizes.....	9
4 Unterlagen.....	10
5 Grundlagen.....	10
5.1 Grenzwerte des Erddrucks.....	10
5.2 Verschiebungsabhängigkeit des Erddrucks	11
5.3 Verteilung des Erddrucks	11
5.4 Vorzeichenregeln.....	12
5.5 Erddruckneigungswinkel und Wandreibungswinkel	12
5.6 Wahl der Scherparameter	12
6 Aktiver Erddruck.....	13
6.1 Allgemeines	13
6.2 Aktiver Erddruck im ebenen Fall.....	13
6.2.1 Erddruck aus Bodeneigengewicht, großflächigen Gleichlasten und Kohäsion.....	13
6.2.2 Erddruck bei nicht ebener Wand und nicht ebener Geländeoberfläche.....	15
6.2.3 Erddruck auf Winkelstützwände	15
6.2.4 Erddruck bei geschichtetem Boden.....	16
6.2.5 Mindesterddruck.....	16
6.2.6 Erddruck aus vertikalen Linien- und Streifenlasten	17
6.2.7 Erddruck aus im Grundriss begrenzten Auflasten	17
6.2.8 Erddruck aus horizontalen Linien- und Streifenlasten	18
6.2.9 Erddruck bei beliebigem Gleitflächenwinkel.....	18
6.2.10 Erddruck in einem Erdkörper	19
6.3 Aktiver Erddruck im räumlichen Fall	19
6.3.1 Schmale Wand.....	19
6.3.2 Quer- und Schrägflügelwände.....	20
7 Passiver Erddruck (Erdwiderstand)	20
7.1 Passiver Erddruck im ebenen Fall.....	20
7.2 Passiver Erddruck im räumlichen Fall	23
8 Erdruhedruck.....	25
8.1 Erdruhedruck infolge von Bodeneigengewicht.....	25
8.1.1 Waagerechtes Gelände	25
8.1.2 Geneigtes Gelände	26
8.2 Erdruhedruck infolge von großflächigen Gleichlasten	26
8.3 Erdruhedruck infolge von Punkt-, Linien- und Streifenlasten	27
8.4 Erddruckansätze mit Anteilen von Erdruhedruck.....	27
9 Erddruck bei Grundwassereinfluss	27
9.1 Erddruck bei ruhendem Grundwasser	27
9.2 Erddruck bei strömendem Grundwasser	27

10	Erddruck bei dynamischer Einwirkung.....	29
10.1	Allgemeines	29
10.2	Beanspruchung bei Erdbeben.....	29
10.3	Harmonische Beanspruchungen durch Oberflächenlasten.....	30
11	Verdichtungserddruck.....	30
12	Silodruck.....	31
Anhang A (informativ) Wandreibungswinkel		33
Anhang B (informativ) Erddruckansatz in Abhängigkeit von der Nachgiebigkeit der Stützkonstruktion bzw. der Stützung.....		34
Anhang C (informativ) Erläuterungen zum aktiven Erddruck		36
Anhang D (informativ) Erläuterungen zum passiven Erddruck (Erdrwiderstand)		40
Anhang E (informativ) Kurventafeln und Tabellen für den aktiven Erddruck		44
Anhang F (informativ) Kurventafeln und Tabellen für den passiven Erddruck (Erdrwiderstand)		48
Literaturhinweise.....		51

Bilder

Bild 1 — Größe der Erddruckkraft E in Abhängigkeit von der Wandverschiebung s bei annähernd paralleler Wandbewegung (nicht maßstäblich)	11
Bild 2 — Vorzeichenregel für die bei der Ermittlung des Erddrucks benutzten Winkel.....	12
Bild 3 — Bezeichnungen bei der Ermittlung des aktiven Erddrucks	13
Bild 4 — Näherung bei nicht ebener Wand.....	15
Bild 5 — Näherung bei nicht ebener Geländeoberfläche.....	15
Bild 6 — Ersatzwand bei Winkelstützwänden.....	16
Bild 7 — Erddruckansatz bei oberflächenparallel geschichtetem Boden	16
Bild 8 — Horizontale Verteilung des Erddrucks infolge einer im Grundriss begrenzten Auflast	17
Bild 9 — Erddruck bei Einwirken zusätzlicher Kräfte H und V auf den Gleitkeil	19
Bild 10 — Bestimmung des Erdruhedrucks auf eine geneigte Wand bei horizontalem Gelände.....	26
Bild 11 — Strömungsnetz und Wasserdruckverteilungen im ebenen Fall bei horizontaler Anströmung in homogenem Baugrund	28
Bild 12 — Kräfte an einem aktiven Gleitkeil hinter einer umströmten vertikalen ($\alpha = 0$) Stützwand	29
Bild 13 — Ansatz des Verdichtungserddrucks	31
Bild 14 — Bezeichnungen bei der Ermittlung des Silodrucks	31
Bild C.1 — Grafisches Verfahren von Culmann zur Ermittlung des Erddrucks aus Bodeneigengewicht und einer Linienlast	38
Bild C.2 — Verfahren zur Ermittlung von Größe und Neigung der aktiven Erddruckkraft in einem Erdkörper [23]	38

Bild D.1 — Gleitflächenausbildung	42
Bild D.2 — Verhältnis Bruchkörperlänge l zur Wandhöhe h im passiven Bruchzustand für $\alpha = \beta = 0$ nach [22].....	43
Bild E.1 — Erddruckbeiwerte K_{agh} und $K_{aph} = K_{agh}$ nach Gleichung (7) für ebene Gleitflächen bei $\alpha = \beta = 0$	44
Bild E.2 — Erddruckbeiwerte K_{ach} nach Gleichung (10) für ebene Gleitflächen bei $\alpha = \beta = 0$	45
Bild E.3 — Neigungswinkel ϑ_{ag} der Gleitfläche infolge von Bodeneigengewicht nach Gleichung (8) bei $\alpha = \beta = 0$	45
Bild E.4 — Formbeiwerte μ für den räumlichen aktiven Erddruck aus Bodeneigengewicht nach Gleichung (23) bzw. Gleichung (27).....	47
Bild E.5 — Formbeiwerte μ für großflächige Gleichlasten nach Gleichung (23) und Gleichung (28).....	47
Bild F.1 — Erddruckbeiwerte K_{pgh} für gekrümmte Gleitflächen nach Gleichung (41) für $\alpha = \beta = 0$ nach [22].....	48
Bild F.2 — Erddruckbeiwerte K_{pph} für gekrümmte Gleitflächen nach Gleichung (42) für $\alpha = \beta = 0$ nach [22].....	48
Bild F.3 — Erddruckbeiwerte K_{pch} für gekrümmte Gleitflächen nach Gleichung (43) für $\alpha = \beta = 0$ nach [22].....	49
Bild F.4 — Gleitflächenneigungswinkel ϑ_p am Fuß der Wand nach Abschnitt D.3 für $\alpha = \beta = 0$ nach [22]	49
Bild F.5 — Formbeiwerte μ nach Tabelle 4 bei der Berechnung des räumlichen passiven Erddrucks	50

Tabellen

Tabelle 1 — Formelzeichen	9
Tabelle 2 — Indizes.....	10
Tabelle 3 — Beiwerte nach Pregl/Sokolowski	22
Tabelle 4 — Formbeiwerte beim räumlichen Erdwiderstand in Anlehnung an [32].....	24
Tabelle 5 — Angaben zum Ansatz des Verdichtungsdrucks nach Bild 13 bei intensiver und bei leichter Verdichtung [7].....	30
Tabelle A.1 — Wandreibungswinkel	33
Tabelle B.1 — Erddruckansatz in Abhängigkeit von der Nachgiebigkeit der Stützkonstruktion bei Dauerbauwerken.....	34
Tabelle B.2 — Erddruckansatz in Abhängigkeit von der Nachgiebigkeit der Stützung bei Baugrubenwänden oder anderen kurzzeitig bestehenden Stützkonstruktionen [4].....	35
Tabelle C.1 — Anhaltswerte für die zur Erzeugung der aktiven Erddruckkraft erforderlichen Wandbewegung (s_a) und einfache Lastfiguren für die Verteilung des Erddrucks aus Bodeneigengewicht (e_{agh}) für verschiedene Arten der Wandbewegung für nichtbindigen Boden, senkrechte Wand und horizontale Geländeoberfläche	36

Tabelle C.2 — Größe der Erddruckkraft aus Streifen- oder Linienlasten E_{aVh} bzw. E_{aph} und einfache Lastfiguren für die Verteilung des Erddrucks.....	37
Tabelle D.1 — Anhaltswerte für die zur Erzeugung der passiven Erddruckkraft (Erdwiderstand), erforderlichen Wandbewegungen (s_p) und einfache Lastfiguren für die Verteilung des passiven Erddrucks aus Bodeneigengewicht (e_{pgh}) für verschiedene Arten der Wandbewegung b	40
Tabelle E.1 — Erddruckbeiwerte K_{aqh} für den aktiven Erddruck aus Linien- und Streifenlasten [32].....	46

Vorwort

Dieser Norm-Entwurf wurde vom Arbeitsausschuss NA 005-05-04 AA „Baugrund, Berechnungsverfahren“ im DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau) erarbeitet.

Die in dieser Norm enthaltenen Berechnungsverfahren sind unabhängig vom Sicherheitskonzept.

Neben den in der Norm angegebenen Berechnungsverfahren sind auch andere zulässig, wenn sichergestellt ist, dass sie den anerkannten Regeln der Technik entsprechen.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. DIN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Änderungen

Gegenüber DIN 4085:2011-05 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Vorgänger-Norm wurde vollständig überarbeitet und an neuere wissenschaftliche Erkenntnisse angepasst.

Frühere Ausgaben

DIN 4085: 1982-08, 1987-02, 2007-10; 2011-05

DIN 4085 Berichtigung 1: 2008-11

DIN V 4085-100: 1996-04

1 Anwendungsbereich

Diese Norm gilt für die Berechnung des Erddrucks auf Bauwerke und innerhalb von Erdbauwerken.

Die enthaltenen Erddruckansätze beziehen sich auf den ebenen und auf den räumlichen Fall für den aktiven und den passiven Grenzzustand sowie für dazwischen liegende Spannungszustände.

Die in die Norm aufgenommenen Regeln ermöglichen ein einheitliches Vorgehen beim Ansatz des Erddrucks in bautechnischen Berechnungen. Sie enthalten notwendigerweise dem Kenntnisstand angemessene Vereinfachungen.

Die Norm gilt nicht für bergmännisch hergestellte Bauwerke.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

DIN 4149, *Bauten in deutschen Erdbebengebieten — Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten*

DIN 18137-1, *Baugrund, Untersuchung von Bodenproben — Bestimmung der Scherfestigkeit — Teil 1: Begriffe und grundsätzliche Versuchsbedingungen*

DIN EN 1998-5, *Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben — Teil 5: Gründungen, Stützbauwerke und geotechnische Aspekte*

3 Begriffe, Formelzeichen und Indizes

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1.1

Erddruck

e

resultierende effektive Spannung aus der effektiven Normalspannung und der Schubspannung auf eine Wand

3.1.2

Erddruckbeiwert

K (mit Index)

Erddruck bezogen auf senkrechte Spannung im Boden an einem Wandpunkt

3.1.3

Erddruckkraft

E

Resultierende des Erddrucks

3.1.4

aktiver Erddruck

e_a

kleinstmöglicher Erddruck, der sich einstellt, wenn durch Bewegungen von Wand und Boden eine Entspannung im Boden bis zur vollständigen Ausnutzung der Scherfestigkeit stattfindet

3.1.5

passiver Erddruck

e_p

größtmöglicher Erddruck, der sich einstellt, wenn durch Bewegungen von Wand und Boden Pressungen im Boden bis zur vollständigen Ausnutzung der Scherfestigkeit entstehen

3.1.6

Erdwiderstand

E_p

Resultierende des passiven Erddrucks

3.1.7

Erdruhedruck

e_0

Erddruck auf eine relativ zum unbewegten Boden unverschiebbliche Wand

3.1.8

Verdichtungserddruck

e_v

Erddruck, der sich einstellt, wenn der Hinterfüllungsboden verdichtet wird

3.1.9

Mindesterddruck

Erddruck, der bei bindigem Boden bei der Bemessung eines Stützbauwerks mindestens anzusetzen ist, um eine fortschreitende Entfestigung des Bodens durch Entspannung bzw. eine Unterbemessung zu verhindern

3.1.10

erhöhter aktiver Erddruck

e'_a

Erddruck, der sich infolge von Bodeneigengewicht, Auflasten und sonstigen Einwirkungen auf eine Wand einstellt, wenn die Entspannung im Boden nicht ausreicht, um den aktiven Erddruck zu erzeugen

3.1.11

verminderter passiver Erddruck

e'_p

Erddruck, der sich infolge von Bodeneigengewicht, Auflasten und sonstigen Einwirkungen auf eine Wand einstellt, wenn die Bewegungen zwischen Boden und Wand nicht ausreichen, um den passiven Erddruck zu erzeugen

3.1.12

Silodruck

e_s

Erddruck, der sich einstellt, wenn der Bodenkörper hinter einer Wand durch eine zweite Wand derart begrenzt ist, dass der Erddruck auf die Wand kleiner ist, als wenn der Erdkörper nicht begrenzt wäre

3.1.13**Erddruckneigungswinkel** δ

Winkel zwischen der Erddruckrichtung und der Wandnormalen

3.1.14**Wandreibungswinkel**

Reibungswinkel zwischen Wand und Boden, betragsmäßig größter Erddruckneigungswinkel

3.2 Formelzeichen und Indizes

Die in dieser Norm häufig verwendeten Formelzeichen sind in Tabelle 1 angegeben.

Tabelle 1 — Formelzeichen

Nr.	Formelzeichen	Benennung	Einheit
1	b	Breite	m
2	c	Kohäsion	kN/m ²
3	C	Kraft infolge Kohäsion	kN/m
4	d	Einbindetiefe einer Wand	m
5	e	Erddruck	kN/m ²
6	E	Erddruckkraft	kN/m
7	g	Erdbeschleunigung	m/s ²
8	G	Eigenlast eines Erdkörpers	kN/m
9	h	Höhe	m
10	l	Länge, Länge der Wand in der Draufsicht	m
11	K	Erddruckbeiwert	—
12	p_v	vertikale großflächige Gleichlast	kN/m ²
13	p_v'	vertikale Streifenlast	kN/m ²
14	V	vertikale Linienlast oder die Resultierende einer vertikalen Streifenlast	kN/m
15	H	horizontale Linienlast	kN/m
16	Q	Resultierende aus Normal- und Reibungskraft in einer Gleitfläche	kN/m
17	s	Wandverschiebung	m
18	W	Resultierende des Wasserdrucks	kN/m
19	z	Tiefe unter der Schnittlinie der Geländeoberfläche mit der Wand	m
20	α	Wandneigungswinkel	°
21	β	Geländeneigungswinkel	°
22	γ	Wichte des Bodens	kN/m ³
23	δ	Neigungswinkel des Erddrucks	°
24	φ	Reibungswinkel des Bodens	°
25	μ	Formbeiwert für den räumlichen Erddruck	—
26	ϑ	Neigungswinkel der Gleitfläche	°

Die in dieser Norm häufig verwendeten Indizes sind in Tabelle 2 angegeben.

Tabelle 2 — Indizes

Nr.	Index	Benennung für
1	a	aktiver Zustand
2	c	infolge von Kohäsion
3	dyn	infolge dynamischer Einwirkung
4	g	infolge von Bodeneigengewicht
5	h	Horizontalkomponente
6	H	infolge einer horizontalen Linienlast
7	0	Ruhedruckzustand
8	p	passiver Zustand oder infolge vertikaler Oberflächenlast
9	r	räumlich
10	u	undrännierter Zustand
11	v	Vertikalkomponente
12	V	infolge einer vertikalen Linienlast

4 Unterlagen

Für die Erddruckberechnung müssen folgende Unterlagen vorliegen:

- Baugrund- und Grundwassermodell;
- Art, Abmessungen und Herstellung des Bauwerks;
- Art, Größe und Lage von Oberflächenlasten, Fundamentlasten benachbarter Bauwerke und nutzungsbedingte Lasten;
- Kenngrößen des anstehenden Bodens und/oder des Hinterfüllungsmaterials, Art des Einbaus;
- Dynamische Einflüsse aus Maschinen oder Ähnliches und Angaben über den Rechenwert der Horizontalbeschleunigung nach DIN 4149, sofern ein Erdbebeneinfluss zu berücksichtigen ist.

5 Grundlagen

5.1 Grenzwerte des Erddrucks

Die unteren und oberen Grenzwerte des Erddrucks (aktiver bzw. passiver Erddruck) sowie Erddruckbeiwerte dürfen nach zwei Methoden bestimmt werden [10, 12, 13, 15]

- Statische Methode: Konstruktion eines Spannungsfelds mit den Eigenschaften einer plastischen Zone hinter der Wand, das heißt derart, dass an jedem Punkt die Gleichgewichtsbedingungen erfüllt und die Scherparameter vollständig ausgenutzt werden. Das Ergebnis ist eine Erddruckverteilung über die Wandhöhe und der Erddruckbeiwert als Verhältnis der unter dem Erddruckneigungswinkel geneigten Erddruckordinate zur senkrechten Spannung an einem Wandpunkt.

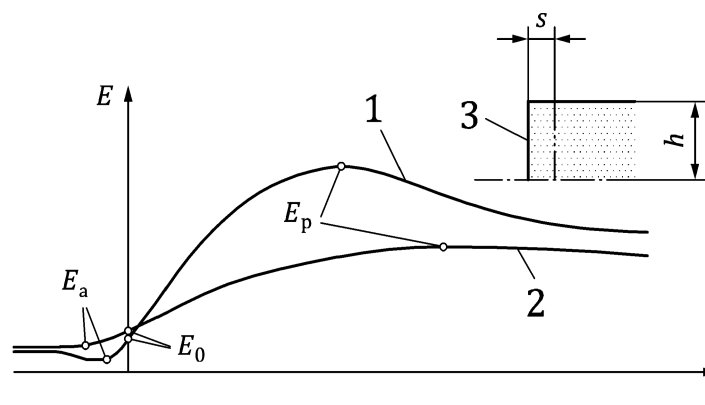
- Kinematische Methode: Herstellung des Kräftegleichgewichts an einem Gleitkörper hinter der Wand, der sich zusammen mit der Wand auf einer angenommenen, vom Wandfußpunkt aus ausgehenden Gleitfläche oder einem System von Gleitflächen (im ebenen Fall Gleitlinien genannt) verschiebt, wobei in den Gleitflächen die Scherfestigkeit vollständig ausgenutzt wird. Das Ergebnis ist eine resultierende Kraft, die Erddruckkraft in der angenommenen Richtung. Die Gleitlinien sind so zu variieren, dass die aktive Erddruckkraft zu einem Maximum bzw. die passive Erddruckkraft zu einem Minimum wird.

Bei der Berechnung des aktiven Erddrucks dürfen, wie in dieser Norm vorausgesetzt, ebene Gleitflächen angesetzt werden. Beim passiven Erddruck ist von gekrümmten bzw. von entsprechend aus ebenen oder gekrümmten Gleitflächenabschnitten zusammengesetzten Gleitflächen oder vergleichbaren Verfahren mit ebenen Gleitflächen auszugehen. Dabei dürfen bei ausreichender Sachkenntnis auch andere Verfahren, die die oben genannten mechanischen Grundsätze erfüllen, angewendet werden [13, 17, 19, 32].

ANMERKUNG Zur Vergleichbarkeit beim Erdwiderstand siehe [4, 15]

5.2 Verschiebungsabhängigkeit des Erddrucks

In Abhängigkeit von Betrag und Richtung der Verschiebung kann der Erddruck beliebige Werte zwischen aktivem Erddruck und Erdruhedruck sowie zwischen Erdruhedruck und passivem Erddruck erreichen (Bild 1).



Legende

- 1 dichte Lagerung
- 2 lockere Lagerung
- 3 Wand

Bild 1 — Größe der Erddruckkraft E in Abhängigkeit von der Wandverschiebung s bei annähernd paralleler Wandbewegung (nicht maßstäblich)

Anhaltswerte für die zur Erzeugung des aktiven bzw. passiven Grenzzustands bei nichtbindigen Böden erforderlichen Verschiebungen können Abschnitt C.1 bzw. D.1 entnommen werden. Der Erddruckansatz ist entsprechend der Nachgiebigkeit der Stützkonstruktion zu wählen, siehe Abschnitt 8.4.

Der Erdruhedruck für eine unverschiebliche Wand ist eine Funktion allein der Spannungen und der Verformungseigenschaften des Bodens in Verbindung mit den geometrischen und statischen Randbedingungen des Erdkörpers. Er ergibt sich nicht aus den Bedingungen eines plastischen Grenzzustands.

5.3 Verteilung des Erddrucks

Bei der Verteilung der Erddruckkraft aus Eigengewicht des Bodens ist zunächst von einer geradlinigen Zunahme des Erddrucks mit der Tiefe auszugehen. Gegebenenfalls ist anschließend der Erddruck entsprechend der Art der Wandbewegung umzulagern, siehe Abschnitte C.1 und D.1.

Bei gestützten Wänden sind in bestimmtem Umfang Umlagerungen des Erddrucks aus den nachgiebigeren Wandbereichen in weniger nachgiebige zu erwarten. Durch die Vorspannung von Ankern oder Steifen können ebenfalls Erddruckumlagerungen hervorgerufen werden [4, 5].

5.4 Vorzeichenregeln

Die Vorzeichen der bei der Ermittlung des Erddrucks benutzten Winkel und Bezeichnungen sind in Bild 2 definiert.

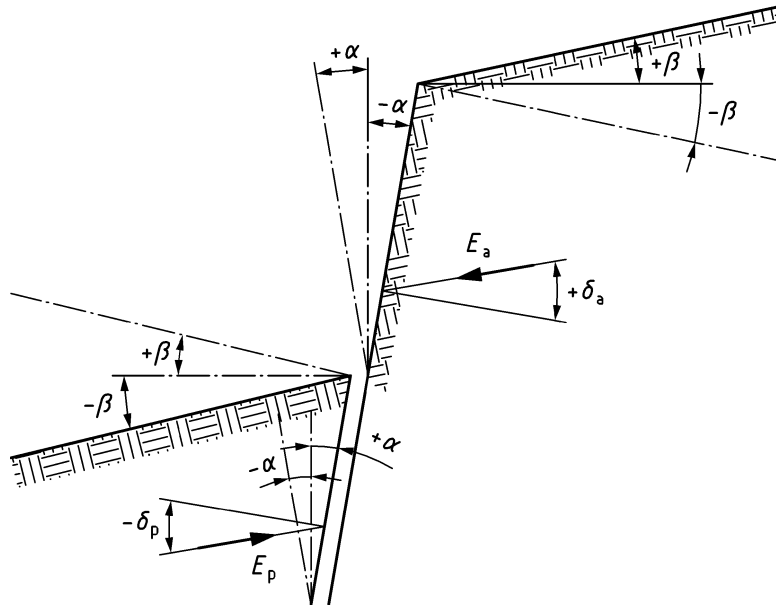


Bild 2 — Vorzeichenregel für die bei der Ermittlung des Erddrucks benutzten Winkel

ANMERKUNG Auf das Vorzeichen des Wandneigungswinkels sei besonders hingewiesen, da in der Literatur auch andere Definitionen verwendet werden.

5.5 Erddruckneigungswinkel und Wandreibungswinkel

Der Neigungswinkel δ des Erddrucks bezüglich der Wandnormalen (siehe Bild 2) ergibt sich aus den Wechselwirkungen zwischen Boden und Bauwerk. Er hängt von folgenden Einflüssen ab:

- a) vom Spannungszustand im Boden;
- b) von den Relativbewegungen zwischen Boden und Bauwerk;
- c) von der Scherfestigkeit in der Kontaktfläche (Wandreibungswinkel);
- d) vom Gleichgewicht der Vertikalkräfte einschließlich Einfluss von Ankern oder Steifen.

Der Betrag des Erddruckneigungswinkels kann maximal die Größe des Wandreibungswinkels erreichen. Dabei dürfen die Angaben in Anhang A verwendet werden.

5.6 Wahl der Scherparameter

Herrscht im Boden kein Porenwasserüberdruck oder ist dessen Größe bekannt oder zuverlässig berechenbar, so sind die Grenzwerte des Erddrucks mit den effektiven Scherparametern φ' und c' des dränierten Bodens nach DIN 18137-1 und den effektiven Spannungen zu berechnen, die unter Berücksichtigung der Porenwasserdrücke zu bestimmen sind. Befindet sich der Boden noch im Zustand der Konsolidation unter erheblichen zusätzlich aufgetragenen Oberflächenlasten, so dass wesentliche

Porenwasserüberdrücke unbekannter Größe wirken, so ist mit den Scherparametern c_u und φ_u des undrained Bodens nach DIN 18137-1 im Zustand unmittelbar nach der Aufbringung der Oberflächenlasten zu rechnen.

6 Aktiver Erddruck

6.1 Allgemeines

Die Erddruckanteile aus Bodeneigengewicht, aus Kohäsion, aus großflächigen Gleichlasten sowie aus Linien- oder Streifenlasten dürfen mit Hilfe von Erddruckbeiwerten für den Gleitflächenneigungswinkel ϑ_{ag} berechnet werden, der sich aus Bodeneigengewicht ergibt, falls nicht die Bedingungen in Abschnitt 6.2.9 maßgebend sind.

Bei Böden mit Reibung und Kohäsion können sich rechnerische Zugspannungen ergeben, die zu Null zu setzen sind. Im Fall gestützter Wände dürfen bei einer Umlagerung rechnerische Zugspannungen mit Druckspannungen aufgerechnet werden.

6.2 Aktiver Erddruck im ebenen Fall

6.2.1 Erddruck aus Bodeneigengewicht, großflächigen Gleichlasten und Kohäsion

Der Erddruck e_a setzt sich zusammen aus den Anteilen aus Bodeneigengewicht, großflächigen Gleichlasten und Kohäsion.

$$e_a = e_{ag} + e_{ap} + e_{ac} \quad (1)$$

Die Horizontal- und die Vertikalkomponente ergeben sich nach Bild 3 zu

$$e_{ah} = e_a \cdot \cos(\alpha + \delta_a) \quad (2)$$

und

$$e_{av} = e_{ah} \cdot \tan(\alpha + \delta_a) \quad (3)$$

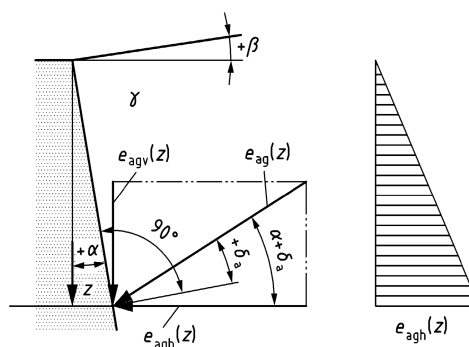


Bild 3 — Bezeichnungen bei der Ermittlung des aktiven Erddrucks

Die horizontalen Erddruckanteile lauten:

$$e_{agh}(z) = \gamma \cdot z \cdot K_{agh} \quad (4)$$

für den Anteil aus Bodeneigengewicht;

$$e_{\text{aph}} = p_v \cdot K_{\text{aph}} \quad (5)$$

für den Anteil aus großflächigen Gleichlasten; und

$$e_{\text{ach}} = -c \cdot K_{\text{ach}} \quad (6)$$

für den Anteil aus Kohäsion.

Der Erddruckbeiwert für die Horizontalkomponente des Erddrucks aus Bodeneigengewicht [33] berechnet sich aus:

$$K_{\text{agh}} = \left[\frac{\cos(\varphi - \alpha)}{\cos \alpha \cdot \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta_a) \cdot \sin(\varphi - \beta)}{\cos(\alpha - \beta) \cdot \cos(\alpha + \delta_a)}} \right)} \right]^2 \quad (7)$$

Der Gleitflächenwinkel für den aktiven Erddruck aus Bodeneigengewicht ergibt sich aus:

$$\vartheta_{\text{ag}} = \varphi + \arctan \left(\frac{\cos(\varphi - \alpha)}{\sin(\varphi - \alpha) + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta_a) \cdot \cos(\alpha - \beta)}{\sin(\varphi - \beta) \cdot \cos(\alpha + \delta_a)}}} \right) \quad (8)$$

Der Erddruckbeiwert für den Anteil aus großflächigen Gleichlasten lautet:

$$K_{\text{aph}} = \frac{\cos \alpha \cdot \cos \beta}{\cos(\alpha - \beta)} \cdot K_{\text{agh}} \quad (9)$$

Für den Anteil aus Kohäsion ergibt sich:

$$K_{\text{ach}} = \frac{2 \cdot \cos(\alpha - \beta) \cdot \cos \varphi \cdot \cos(\alpha + \delta_a)}{[1 + \sin(\varphi + \alpha + \delta_a - \beta)] \cdot \cos \alpha} \quad (10)$$

Im Sonderfall $\alpha = \beta = \delta_a = 0$ ist

$$K_{\text{agh}} = \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \quad (11)$$

und

$$\vartheta_{\text{ag}} = 45^\circ + \frac{\varphi}{2} \quad (12)$$

sowie

$$K_{\text{ach}} = 2 \cdot \sqrt{K_{\text{agh}}} \quad (13)$$

Bei vertikaler Wand ergibt sich unabhängig vom Böschungsneigungswinkel β

$$K_{\text{aph}} = K_{\text{agh}} \quad (14)$$

6.2.2 Erddruck bei nicht ebener Wand und nicht ebener Geländeoberfläche

Bei nicht ebener Wand darf die Näherung nach Bild 4 angewendet werden [16]. Dabei darf für die unterschiedlich geneigten Wandabschnitte der Erddruckbeiwert entsprechend der jeweiligen Wandneigung angesetzt werden.

Analog darf bei nicht ebener Geländeoberfläche nach Bild 5 vorgegangen werden.

Die Erddruckkraft entspricht jeweils dem Inhalt der schraffierten Fläche [16].

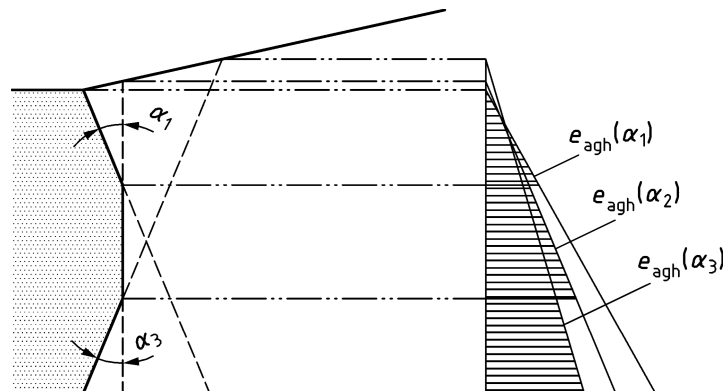


Bild 4 — Näherung bei nicht ebener Wand

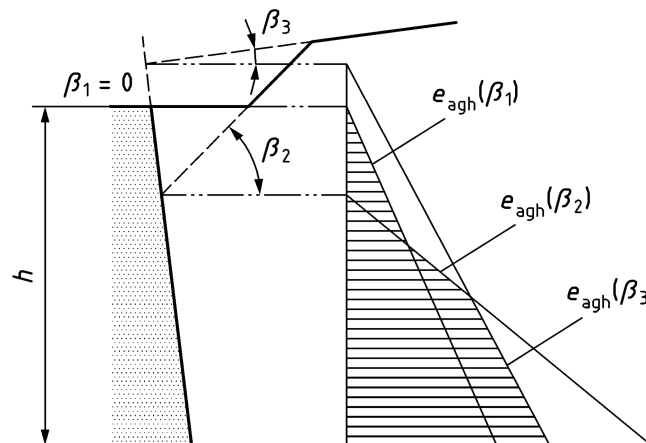


Bild 5 — Näherung bei nicht ebener Geländeoberfläche

6.2.3 Erddruck auf Winkelstützwände

Bei Winkelstützwänden wie in Bild 6 darf der aktive Erddruck für die äußere Bemessung im Schnitt *ECD* angesetzt werden mit der Näherung $\delta_a = \beta$ für den Erddruckneigungswinkel. Bei kurzer Schenkellänge *BC* liegt diese Vorgehensweise auf der sicheren Seite. In diesen Fällen darf alternativ ein Verfahren mit zwei Gleitflächen angewendet werden [15].

Auf die Wandrückseite wirkt im Schnitt *AB* ein erhöhter aktiver Erddruck. Dabei dürfen die Angaben der Tabelle B.1 in Anhang B zugrunde gelegt werden.

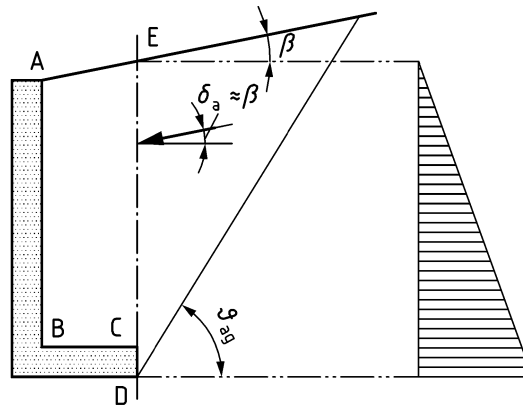


Bild 6 — Ersatzwand bei Winkelstützwänden

6.2.4 Erddruck bei geschichtetem Boden

Bei oberflächenparallel geschichtetem Boden darf nach Bild 7 verfahren werden.

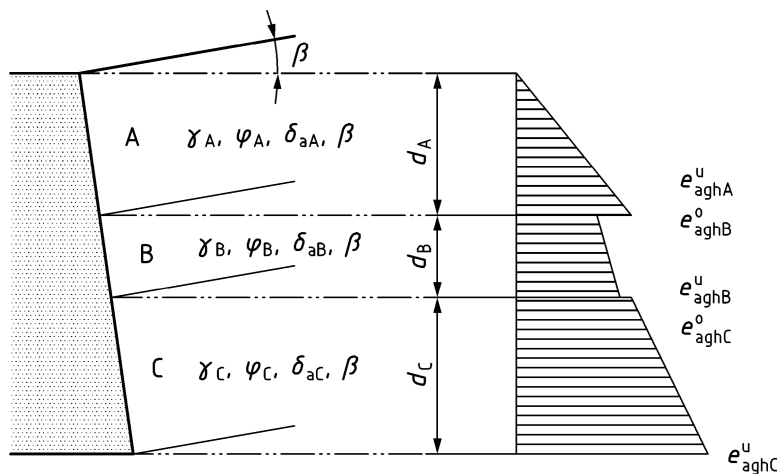


Bild 7 — Erddruckansatz bei oberflächenparallel geschichtetem Boden

Wenn Geländeoberfläche und Bodenschichtung unterschiedliche Neigungen aufweisen, darf näherungsweise ebenfalls das Vorgehen nach Bild 7 angewendet werden. In diesem Fall sind die Erddruckbeiwerte der unteren Schichten mit dem Neigungswinkel der Geländeoberfläche zu berechnen. Bei großen Unterschieden der effektiven Wichten, z. B. infolge Grundwasser, kann die Näherung zu geringe Werte für den Erddruck liefern.

6.2.5 Mindesterddruck

Bei bindigen Böden mit Kohäsion ist vergleichend eine Untersuchung durchzuführen zwischen

- Mindesterddruck und
- dem Erddruck, der sich bei Ansatz der charakteristischen Bodenkenngrößen φ' und c' ergibt. Dabei sind rechnerische Zugspannungen zu Null zu setzen. Bei wenig nachgiebig gestützten Wänden dürfen infolge Erddruckumlagerung entsprechende Druckspannungen aufgerechnet werden.

Der anzusetzende Mindesterddruck entspricht dem Erddruck, der sich bei Annahme einer Scherfestigkeit entsprechend $\varphi = 40^\circ$ und $c = 0$ infolge des Bodeneigengewichts bei Beibehaltung der geometrischen Größen α und β sowie des Verhältnisses δ_a/φ ergibt.