



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die Statik im Stahlbetonbau

Beyer, Kurt

Berlin [u.a.], 1956

6. Boden- und Seitendruck in Silozellen

[urn:nbn:de:hbz:466:1-74292](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-74292)

Dieser ist nach der Ableitung von Rankine für einen senkrechten Schnitt AC von der Länge t ebenso groß wie nach der Theorie Coulombs mit $\delta' = \alpha$ (Abb. 8). Er wirkt im Abstand $2/3 \cdot t$ von der Geländelinie parallel zu dieser. Die Größe und Richtung des Erddrucks auf eine beliebig unter einem Winkel (CAC_1) geneigte Ebene AC_1 , welche ein Prisma mit dem Gewicht G_{e1} bildet, kann durch Addition ($E_1 \uparrow G_{e1}$) oder auf Grund einer geometrischen Involution zwischen den Richtungen E_1, AC und E_2, AC_1 angegeben werden. Diese Beziehungen vereinfachen die Ermittlung des Erddrucks auf Winkelstützmauern und Gewölbe.

Müller-Breslau, H.: Erddruck auf Stützmauern. Stuttgart 1906. — Krey, H.: Erddruck. Erdwiderstand und Tragfähigkeit des Baugrundes in größerer Tiefe, 3. Aufl. Berlin 1932. — Derselbe: Betrachtungen über die Größe und Richtung des Erddrucks. Bautechn. 1923 Heft 24 u. 27. — Freund, A.: Neue Ergebnisse in der Erddrucktheorie. Zbl. Bauverw. 1920 S. 625. — Derselbe: Neue Untersuchungen zur Erddrucktheorie. Z. Bauw. 1921 S. 48. — Derselbe: Der Spannungszustand in loser Erde. Zbl. Bauverw. 1921 S. 589 u. 601; 1922 S. 599. — Derselbe: Untersuchung der Erddrucktheorie von Coulomb. Bautechn. 1924 Heft 12. — Petersen, R.: Erddruck auf Stützmauern. Berlin 1924. — Terzaghi, K.: Erdbaumechanik auf bodenphysikalischer Grundlage. Leipzig u. Wien 1925. — Franzius, O.: Versuche mit passivem Erddruck. Bauing. 1924. — Mörsch, E.: Die Berechnung von Winkelstützmauern, Wayss und Freytag-Festschrift Stuttgart 1925 und Beton und Eisen 1925. — Mohr, O.: Abhandlungen. 3. Aufl., 6. Abschn.: Die Lehre vom Erddruck. Berlin 1928. — Nádai, A.: Plastizität und Erddruck, VI. Abschn. im Handbuch der Physik, Band VI: Mechanik der elast. Körper. Berlin 1928. — v. Kármán, Th.: Verhandlung des 2. Intern. Kongr. für technische Mechanik. Zürich 1927. — v. Terzaghi, K.: Festigkeitseigenschaften der Schüttungen, Sedimente und Gele. Leipzig 1931. — Derselbe: Old earth pressure theories and new test results. Engng. News Rec. 1930. — Hülsenkamp, F.: Klassische Theorie des Erddrucks. Handbuch der physikalischen und technischen Mechanik Band IV 2. Hälfte. Leipzig 1931. — Fulton, R.: Earth pressures. Abhandlg. der Internat. Vereinigung für Brücken- und Hochbau Bd. I (1932) S. 205.

6. Boden- und Seitendruck in Silozellen.

Der Seitendruck in Großraumbunkern wird in der Regel nach der Erddrucktheorie Coulombs berechnet. Unter Umständen wird auch das Gleichgewicht der Schüttung bei der Annahme von Gleitflächen untersucht, welche sich durch die Form der Bunkertaschen ausbilden können. Das spezifische Gewicht und die innere Reibung φ sind stets nach Prüfung der ungünstigsten Verhältnisse festzusetzen.

Die Wirkung des Füllguts in Silotaschen und Behältern mit verhältnismäßig kleinem Querschnitt F wird unter der Annahme eines in jedem waagerechten Schnitt unveränderlichen Boden- und Seitendrucks p_b, p_s bestimmt. Aus dem Gleichgewicht der senkrechten Kräfte an einer durch zwei benachbarte Querschnitte (Abb. 10) gebildeten Scheibe entsteht folgende Differentialgleichung:

$$F dp_b - \gamma F dz + \mu' p_s U dz = 0. \quad (19)$$

Hierin bedeutet dp_b die Zunahme des Bodendrucks beim Fortschreiten um dz , p_s den

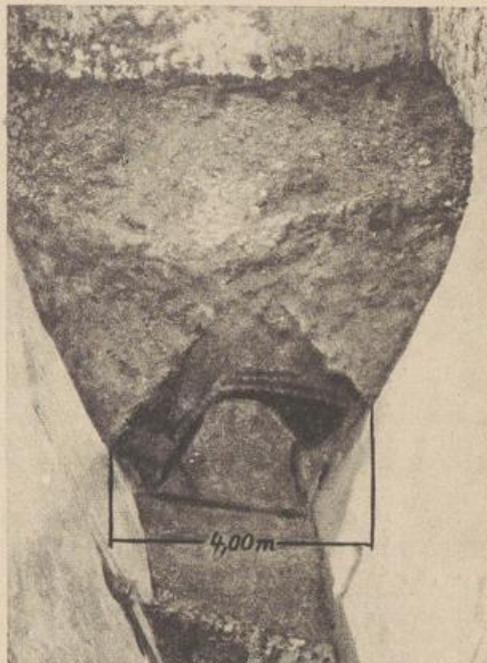


Abb. 9. Brückenbildung in einem Braunkohlenbunker als Beispiel für die Unsicherheit der Kraftwirkung in Silos.

Seitendruck an der Silowand, $\mu' = \text{tg } \delta'$ den Reibungskoeffizienten zwischen Wand und Füllung. F und U bezeichnen Fläche und Umfang der Zelle. Mit $k_1 = \phi_s/\phi_b$ wird

$$\phi_s = \frac{\gamma}{\mu'} \frac{F}{U} \left(1 - e^{-z \frac{U \mu'}{F} k_1}\right), \quad \phi_b = \frac{1}{k_1} \frac{\gamma}{\mu'} \frac{F}{U} \left(1 - e^{-z \frac{U \mu'}{F} k_1}\right). \quad (20)$$

ϕ_s und ϕ_b sind demnach Exponentialfunktionen, deren Grenzwerte für $z = \infty$

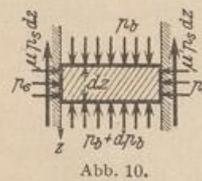


Abb. 10.

$$\phi_{s, \max} = \frac{\gamma}{\mu'} \frac{F}{U}, \quad \phi_{b, \max} = \frac{1}{k_1} \frac{\gamma}{\mu'} \frac{F}{U} \quad (21)$$

Asymptoten bestimmen. Die Tangente an den Kurven in $z = 0$ schneidet auf der Asymptote die Strecke z_0 ab (Abb. 11):

$$z_0 = \phi_{s, \max} \cdot \frac{dz}{d\phi_s} = \frac{1}{\gamma k_1} \phi_{s, \max} = \frac{1}{\mu' k_1} \frac{F}{U}, \quad (22)$$

$$\phi_s = \phi_{s, \max} \left(1 - e^{-\frac{z}{z_0}}\right), \quad \phi_b = \phi_{b, \max} \left(1 - e^{-\frac{z}{z_0}}\right). \quad (23)$$

Bei Versuchen ist das Produkt $k_1 \mu'$ nahezu als konstant mit 0,25 bis 0,30 festgestellt worden. Stützt man sich mangels besserer Erkenntnis auf die elementaren Beziehungen aus der Theorie des Erddrucks, so ist

$$k_1 = \frac{\phi_s}{\phi_b} = \text{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) \quad (24)$$

Tabelle 3. Physikalische Konstanten des Füllgutes.

Füllgut	γ t/m ³	φ	$k_1 = \text{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right)$	μ'
Gaskohle	0,9	45 ⁰	0,172	0,30
Rohbraunkohle	1,0	35 ⁰	0,271	0,30
Koks	0,6	45 ⁰	0,172	0,30
Minette	1,8	45 ⁰	0,172	0,30
Zement	1,4	40 ⁰	0,217	0,30
Kleinschlag	1,7	45 ⁰	0,172	0,30
Roggen	0,7	37 ⁰	0,248	0,44
Weizen	0,75	25 ⁰	0,406	0,30
Gerste	0,63	26 ⁰	0,390	0,45
Hafer	0,45	28 ⁰	0,361	0,47
Mais	0,72	27 ⁰ 30'	0,368	0,42
Bohnen	0,75	31 ⁰ 40'	0,312	0,44
Erbsen	0,81	25 ⁰ 20'	0,401	0,30
Leinsamen	0,66	24 ⁰ 30'	0,414	0,41
Malz	0,53	22 ⁰	0,455	0,30
Salz	1,25	40 ⁰	0,217	0,30

und $k_1 \mu'$ nach Tabelle 3 stets kleiner und damit ungünstiger als der für den Ruhezustand gemessene Mittelwert 0,25 bis 0,30.

Bei gegebenem F, U, γ, μ' wird der Reihe nach der Verhältniswert k_1 und die Strecke z_0 berechnet. Dann kann mit Hilfe der Tabelle 4 der Seitendruck ϕ_s für eine Unterteilung der Strecke z unmittelbar angegeben werden. Diese Rechenvorschrift ist in dem folgenden Beispiel angewendet worden.

Tabelle 4. Funktionswerte $1 - e^{-\zeta}$.

ζ	00	05	10	15	20	25	30	35	40	45
0,	0,000	0,049	0,095	0,139	0,181	0,221	0,259	0,295	0,330	0,362
1,	0,632	0,650	0,667	0,683	0,699	0,713	0,727	0,741	0,753	0,765
2,	0,865	0,871	0,878	0,884	0,889	0,895	0,900	0,905	0,909	0,914
ζ	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
0,	0,393	0,423	0,451	0,478	0,503	0,528	0,551	0,573	0,593	0,613
1,	0,777	0,788	0,798	0,808	0,817	0,826	0,835	0,843	0,850	0,858
2,	0,918	0,922	0,926	0,929	0,933	0,936	0,939	0,942	0,945	0,948

