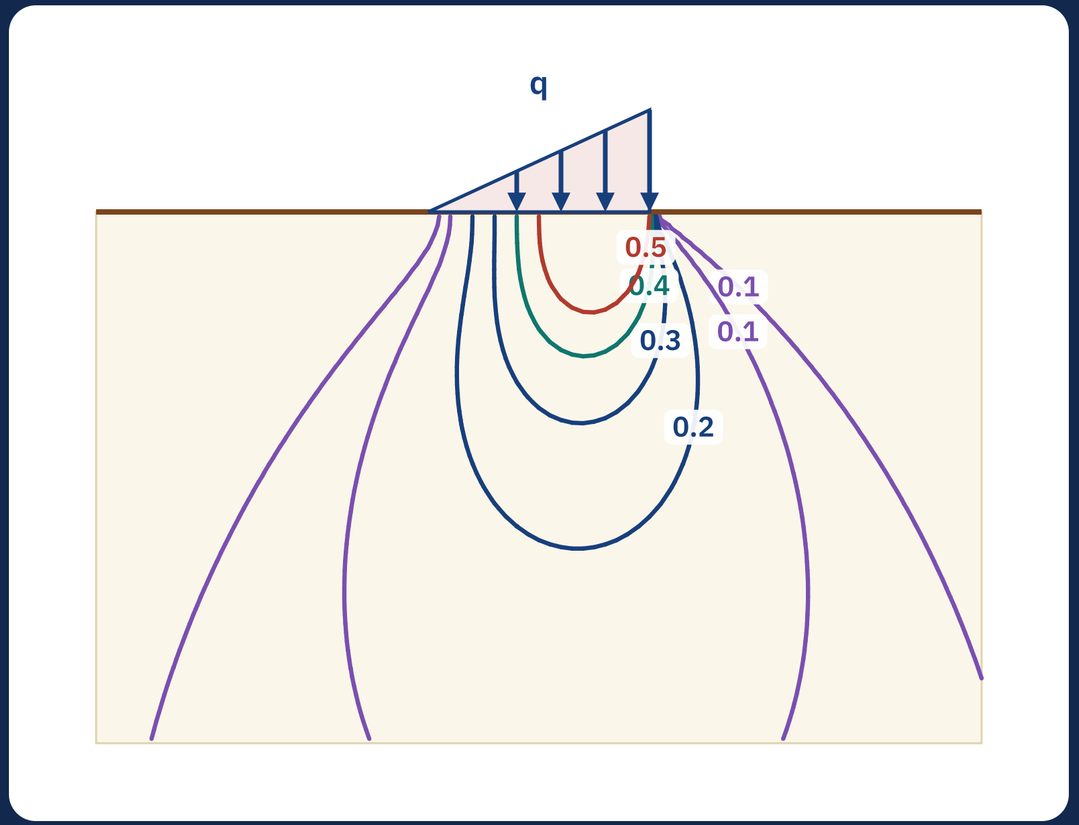
Geotechnische Vorlesungspräsentation · Spannungen im Baugrund

Spannung unter einer dreieckförmigen Streifenlast

Vorlesung: dreieckige Streifenlast, die entlang einer Kante von null auf q ansteigt; ein Punkt von Hand, Profile, symmetrisches Dreieck und Damm.

- Integral der Linienlast
- Winkelform
- Gleiten der Geländekante
- Auflast = Gleichlast + Dreiecke
- Von Hand lösbar



Einführung

Was lernen wir in dieser Vorlesung?

Den vertikalen Spannungszuwachs unter einer Streifenlast, die von null an einem Rand **linear bis q** am anderen Rand anwächst (Dammböschung, gegen eine Wand gelagerter Haufwerk, Fuß einer Auffüllung): das Integral einer Linienlast der Intensität (q/B) r dr

Winkelform: $\Delta\sigma_z = (q/2\pi)[(2x/B)\alpha - \sin 2\delta]$; die Definition von α und δ sowie das **Vorzeichen** von δ

Dass die Spannung an der Oberfläche der Last folgt und in der Tiefe ausschwingt und zum **vorderen Sporn** hin in den Streifen wandert; der **Spiegel**fall mit der Nullkante auf der rechten Seite

Eine Einzellast **vollständig von Hand**; mit zwei Streifen ein **symmetrisches Dreieck**; mit gleichmäßigem Streifen + zwei Dreiecken eine **Dammauflast**

VORLESUNGSABLAUF

Jedes Thema wird in **drei Schritten** behandelt:

1 · **Theorie**: Formel und Begründung

2 · **Aufgabe**: Gegeben und Gesucht

3 · **Lösung**: Schritt für Schritt, mit Zahlen

Beispiel: q = 100 kN/m², B = 2 m, Last null bei x = 0, q bei x = B; Punkt A bei x = –1 m, z = 1.5 m.

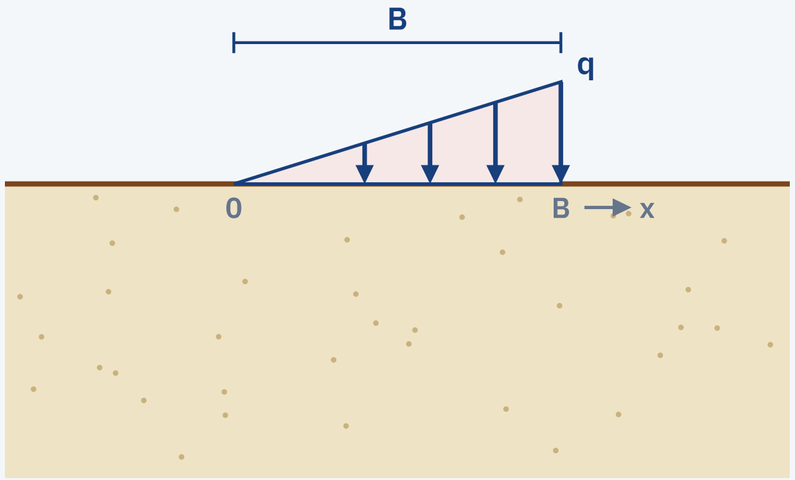
Dreiecksstreifen: von null bis q an einem Rand

THEORIE

Die Böschung einer Hinterfüllung, ein gegen die Wand gelagerter Haufen, der Fuß eines Dammes: eine Streifenlast, deren Intensität von null an einem Rand bis zum Wert **q** am anderen Rand zunimmt. Zusammen mit einer Gleichlast bildet sie die **Hinterfüllungslast**

Elastischer Streifen, Breite B, unendliche Länge; die Last ist **q·x/B** im Bereich $0 \le x \le B$ und sonst null (ebener Verzerrungszustand)

Der Boden ist ein homogenes, isotropes, linear elastisches halbunendliches Medium; $\Delta\sigma_z$ ist nur der durch die Last hervorgerufene Zuwachs



Schnitt: die Last ist null bei x = 0 und q bei x = B; gleiche Spannung in jedem Schnitt

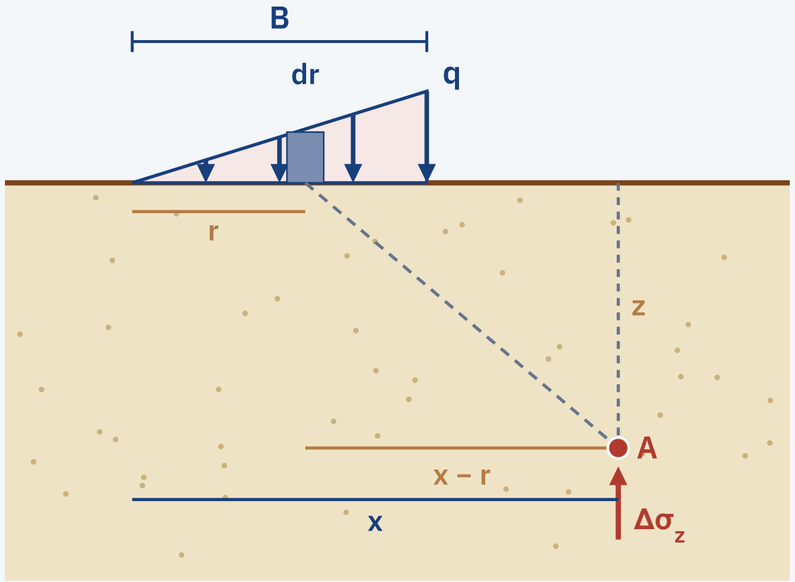
Linienlast der Intensität (q/B) r dr

THEORIE

Der elementare Streifen an der Stelle r trägt je Längeneinheit die Last **(q/B) r dr**. Er wird als **Linienlast** im horizontalen Abstand x − r vom Punkt A aufgefasst und über die Breite summiert

$$\Delta\sigma_z = \int_0^B \frac{2\,(q/B)\,r\,dr\,z^3}{\pi\,[(x-r)^2+z^2]^2} = \frac{1}{B}\,\frac{2q}{\pi}\int_0^B \frac{z^3\,r\,dr}{[(x-r)^2+z^2]^2}$$

Das Integral ist **elementar**; mit den Winkeln aus der Abbildung angeschrieben, steht das Ergebnis auf der nächsten Folie. Numerische Kontrolle (q = 100, B = 2, x = −1, z = 1.5): Simpson-Wert des Integrals **4.4699 kPa**, geschlossene Form **4.4699 kPa**



$\Delta\sigma_z = (q/2\pi)[(2x/B)\,\alpha - \sin 2\delta]$

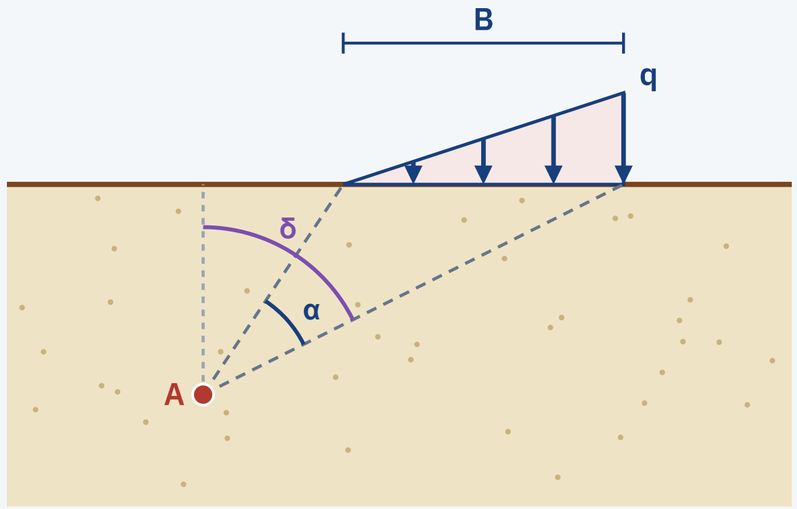
THEORIE

$$\Delta\sigma_z = \frac{q}{2\pi}\left(\frac{2x}{B}\,\alpha - \sin 2\delta\right)$$

$$\alpha = \tan^{-1}\frac{x}{z} - \tan^{-1}\frac{x-B}{z} \qquad \delta = \tan^{-1}\frac{x-B}{z}$$

α ist im Bogenmaß angegeben. **δ** ist der Winkel von der Vertikalen durch A zu der Geraden, die zur **hohen Kante** gezogen wird. Das Vorzeichen ist wichtig: Liegt die hohe Kante auf der +x-Seite von A, ist δ negativ

Mit Arkustangenten ergibt sich das Vorzeichen von selbst; das Ergebnis gilt **für jedes x**: neben, unter oder hinter dem Streifen. x wird von der **Nullkante** zur belasteten Kante hin gemessen



A (x = −1, z = 1.5): α und δ (δ negativ)

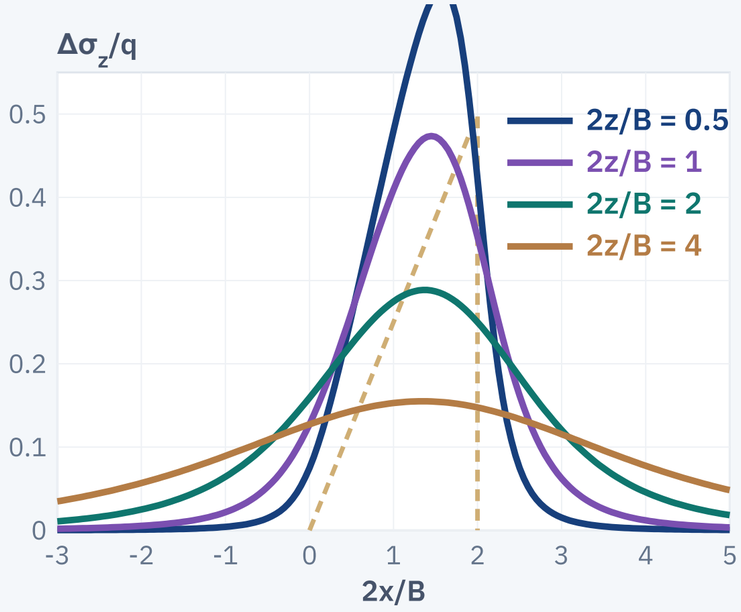
Folgt der Last an der Oberfläche, breitet sich in der Tiefe aus

THEORIE

Im oberflächennahen Bereich **folgt die Spannung der Last selbst**; in größerer Tiefe **breitet sich die Spannung aus**, und ihr Größtwert **verschiebt sich zum Streifeninneren hin**

Das Maximum liegt bei 2z/B = 0.5 bei 2x/B = 1.58 (0.65 q); bei 2z/B = 4 bei 2x/B = 1.34 (0.15 q): in großer Tiefe bleibt es unter dem **Schwerpunkt** der Last (x = 2B/3, also 2x/B = 1.33)

Außerhalb der Nullkante (x < 0) ist die Spannung klein, aber nicht null; es liegt keine Last vor, der Boden trägt dennoch Spannung



Δσz/q — 2x/B (Last als gelbes gestricheltes Dreieck)

$\Delta\sigma_z/q$-Werte

THEORIE

2z/B \ 2x/B	-2.0	-1.0	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0
0.25	0.0001	0.0006	0.0392	0.2516	0.4969	0.7272	0.4604	0.0024	0.0003
0.50	0.0008	0.0041	0.0749	0.2574	0.4797	0.6448	0.4220	0.0152	0.0019
1.00	0.0053	0.0217	0.1273	0.2620	0.4092	0.4726	0.3524	0.0622	0.0119
1.50	0.0140	0.0447	0.1528	0.2473	0.3341	0.3598	0.2952	0.1010	0.0285
2.00	0.0249	0.0643	0.1592	0.2235	0.2749	0.2870	0.2500	0.1206	0.0457
3.00	0.0448	0.0854	0.1469	0.1774	0.1979	0.2017	0.1872	0.1259	0.0691
4.00	0.0567	0.0894	0.1273	0.1431	0.1529	0.1545	0.1476	0.1154	0.0775
6.00	0.0622	0.0798	0.0955	0.1010	0.1042	0.1047	0.1024	0.0909	0.0740

$\Delta\sigma_z = q \cdot$ (Tabellenwert). Die Zelle $2x/B = -1$, $2z/B = 1.5$ ist 0.0447: das öffnende Beispiel des Moduls. Die Last erstreckt sich über $0 \le 2x/B \le 2$; der belastete Rand ist $2x/B = 2$.

Wenn der Nullrand rechts liegt; mehrere Streifen

THEORIE

Bei einem Streifen kann auch der **rechte Rand** null sein: Dies ist das **Spiegelbild** des Streifens im Beispiel; es wird dieselbe Gleichung verwendet, und x wird vom **Nullrand** zum höheren Rand hin gemessen (ist der rechte Rand null, gilt $x = x_L + B - x_A$)

Da der Baugrund elastisch ist, wird die Spannung jedes Streifens getrennt ermittelt und aufsummiert. Die Streifen dürfen sich nicht überlagern (sie können am Rand aneinanderstoßen); im Modul werden höchstens acht Streifen eingegeben, jeder mit eigenem q, B, linkem Rand und eigener Richtung

Werden die beiden Dreiecke spiegelbildlich nebeneinander gesetzt, ergibt sich eine **symmetrische Dreieckslast**; eine Gleichstreifenlast plus zwei Dreiecke bilden die **Damm**last

$$\Delta\sigma_z = \sum_k \Delta\sigma_{z(k)}$$

Aufgabe

BEISPIEL

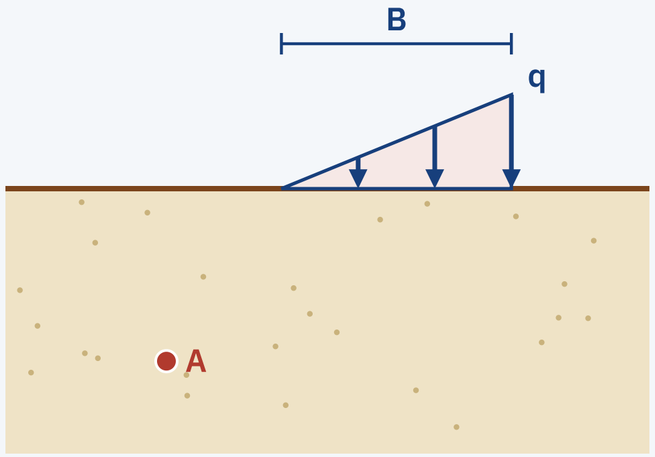
Gegeben

Streifenlast	**Flexibel, vertikal; null bei $x = 0$, linearer Anstieg auf q bei $x = B$: $q = 100$ kN/m², $B = 2$ m**
Punkt A	**$x = -1$ m (1 m außerhalb der Nullkante), $z = 1.5$ m**

GESUCHT

Die Winkel **α** und **δ**, **$\Delta\sigma_z/q$** und **$\Delta\sigma_z$**;

Vergleich mit dem Spiegelstreifen, bei dem die Nullkante rechts liegt.



Lösung (1/2)

LÖSUNG

1 Von der Oberfläche gemessene Winkel (von A zur hohen Kante und zur Nullkante)

$$\alpha_1 = \tan^{-1}\frac{1.5}{3} = 26.57^\circ \qquad \alpha_2 = \tan^{-1}\frac{1.5}{1} = 56.31^\circ$$

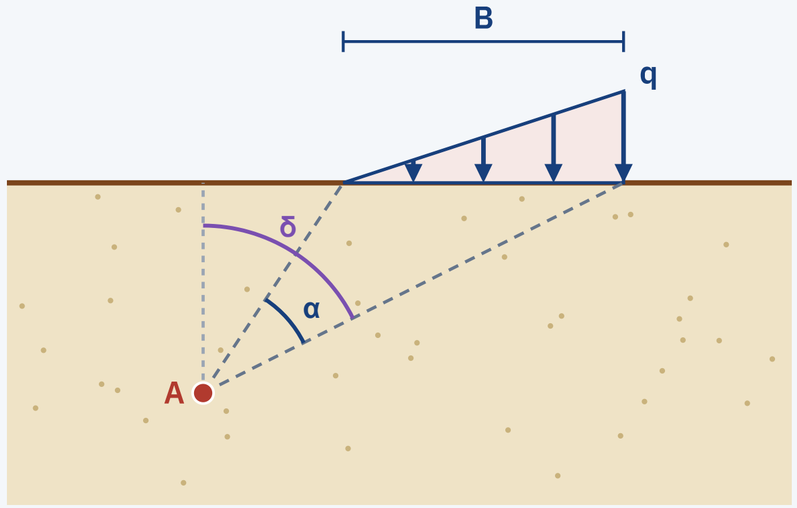
$$\alpha = \alpha_2 - \alpha_1 = 29.74^\circ \qquad \delta = -(90^\circ - \alpha_2 + \alpha) = \mathbf{-63.43}^\circ$$

2 Dieselben Winkel aus der Gleichung (x = −1 m, B = 2 m, z = 1.5 m)

$$\alpha = \tan^{-1}\frac{x}{z} - \tan^{-1}\frac{x-B}{z}$$

$$= \tan^{-1}(-0.6667) - \tan^{-1}(-2) = 29.74^\circ = \mathbf{0.5191}\ \text{rad}$$

$$\delta = \tan^{-1}\frac{x-B}{z} = \tan^{-1}\frac{-3}{1.5} = \mathbf{-63.43}^\circ$$



Beide Wege ergeben **dieselben** Winkel: α = 29.74° (0.5191 rad), δ = -63.43°. δ ist **negativ**, weil die höhere Kante (x = B = 2 m) auf der +x-Seite von A liegt.

Lösung (2/2)

LÖSUNG

3 Einflusswert und Spannung

$$\frac{\Delta\sigma_z}{q} = \frac{1}{2\pi}\left[\frac{2x}{B}\,\alpha - \sin 2\delta\right] = \frac{1}{2\pi}\left[(-1)(0.5191) - \sin(-126.87^\circ)\right]$$

$$= \frac{1}{2\pi}\left[-0.5191 + 0.8000\right] = \mathbf{0.0447} \qquad \Delta\sigma_z = 0.0447\,(100) = \mathbf{4.47}\ \mathrm{kPa}$$

4 Gespiegelter Streifen: Nullrand rechts (linker Rand 0, B = 2 m), Punkt A bei x = 3 m

$$x = x_L + B - x_A = 0 + 2 - 3 = -1\ \mathrm{m} \;\Rightarrow\; \text{gleicher Wert: } \Delta\sigma_z = \mathbf{4.47}\ \mathrm{kPa}$$

1 m außerhalb der Nullkante wirkt keine Last, dennoch beträgt die Spannung **4.47 kPa** (4.5 % von q). Im Spiegelstreifen ist das Gegenstück zu A x = 3 m; das Modul liefert in beiden Fällen dasselbe Ergebnis.

Lösung in GeoTerva prüfen ↗

Aufgabe

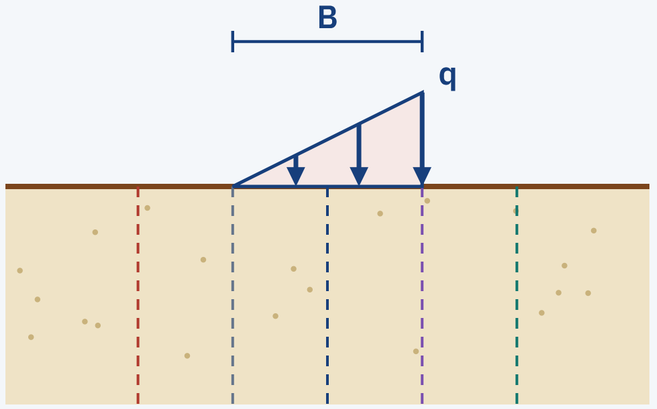
BEISPIEL

Gegeben

Streifenlast	**Streifen aus Beispiel 1: $q = 100$ kN/m², $B = 2$ m ($x = 0$ null, $x = 2$ hohe Kante)**
Handrechnung	**Bei $z = 1.5$ m unter der hohen Kante ($x = B$) und unter der Nullkante ($x = 0$)**
Profil	**Geraden $x = -1,\ 0,\ 1,\ 2,\ 3$ m; $z = 0.5$ … 8 m**

GESUCHT

An den beiden Randpunkten ist $\Delta\sigma_z$ von Hand zu ermitteln; die Änderung der Spannung mit der Tiefe entlang fünf Geraden.



Lösung (1/2)

LÖSUNG

1 Unter dem höheren Rand (x = B = 2 m, z = 1.5 m): δ = 0

$$\alpha = \tan^{-1}\frac{2}{1.5} - \tan^{-1}(0) = \mathbf{0.9273} \qquad \delta = 0 \;\Rightarrow\; \sin 2\delta = 0$$

$$\frac{\Delta\sigma_z}{q} = \frac{1}{2\pi}\left[(2)(0.9273) - 0\right] = 0.2952 \;\Rightarrow\; \Delta\sigma_z = \mathbf{29.52}\ \mathrm{kPa}$$

2 Unter der Nullkante (x = 0, z = 1.5 m): 2x/B = 0

$$\alpha = \tan^{-1}(0) - \tan^{-1}\frac{-2}{1.5} = 0.9273 \qquad \delta = -0.9273 \;\Rightarrow\; \sin 2\delta = -0.9600$$

$$\frac{\Delta\sigma_z}{q} = \frac{1}{2\pi}\left[(0)(0.9273) - (-0.9600)\right] = 0.1528 \;\Rightarrow\; \Delta\sigma_z = \mathbf{15.28}\ \mathrm{kPa}$$

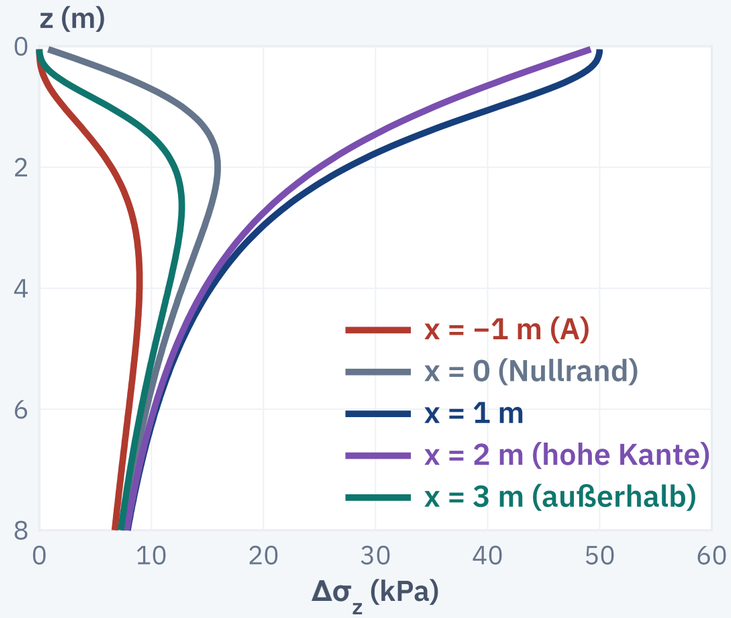
Unter der hohen Kante in einer Tiefe z = 1.5 m beträgt die Spannung **29.52 kPa** (30 % von q); unter der Kante mit dem Wert null ist, obwohl die Last null ist, eine Spannung von **15.28 kPa** vorhanden: Spannungen treten nicht nur unter der Last, sondern auch in deren Umgebung auf.

Lösung (2/2)

LÖSUNG

z (m)	x = −1 m (A)	x = 0 (Null)	x = 1 m	x = 2 m (hoch)	x = 3 m (außerhalb)
0.5	0.41	7.49	47.97	42.20	1.52
1.0	2.17	12.73	40.92	35.24	6.22
1.5	**4.47**	**15.28**	**33.41**	**29.52**	**10.10**
2.0	6.43	15.92	27.49	25.00	12.06
3.0	8.54	14.69	19.79	18.72	12.59
4.0	8.94	12.73	15.29	14.76	11.54
6.0	7.98	9.55	10.42	10.24	9.09
8.0	6.73	7.49	7.88	7.80	7.27

Unterhalb der höheren Kante beginnt die Spannung an der Oberfläche nahe **q/2 = 50 kPa** (42.2 kPa bei z = 0.5 m) und nimmt mit der Tiefe ab; **unterhalb der Nullkante** wächst sie zunächst an und erreicht bei z ≈ 2 m mit 15.9 kPa ihr Maximum. Außerhalb des Streifens (x = −1 m) ist der Wert im Bereich von z ≈ 4 m am größten (8.9 kPa bei z = 4 m).



Lösung in GeoTerva prüfen ↗

Aufgabe

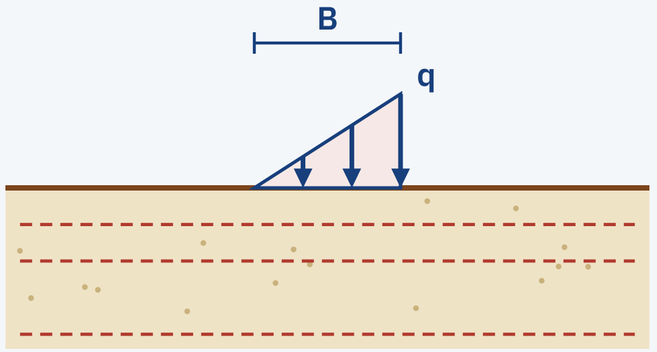
BEISPIEL

Gegeben

Streifenlast	$q = 100$ **kN/m², $B = 2$ m: $2x/B = x$ (m), $2z/B = z$ (m)**
Geraden	**horizontale Geraden in der Tiefe $z = 0.5,\ 1,\ 2,\ 4$ m; $x = -2$ … 4 m**
Handrechnung	**bei $z = 2$ m, $x = 2B/3 = 1.333$ m (Schwerpunkt der Last)**

GESUCHT

In jeder Tiefe die Änderung von **$\Delta\sigma_z$** entlang x, **Lage und Wert des Maximums**; wie sich das Maximum mit der Tiefe verschiebt.



Lösung (1/3)

LÖSUNG

z (m)	x = -2 m	x = -1 m	x = 0 m	x = 0.5 m	x = 1 m	x = 2 m	x = 2 m	x = 3 m	x = 4 m
0.5	0.08	0.41	7.49	25.74	47.97	64.48	42.20	1.52	0.19
1	0.53	2.17	12.73	26.20	40.92	47.26	35.24	6.22	1.19
2	2.49	6.43	15.92	22.35	27.49	28.70	25.00	12.06	4.57
4	5.67	8.94	12.73	14.31	15.29	15.45	14.76	11.54	7.75

Nahe der Oberfläche (z = 0.5 m) folgt die Spannung der Last und ist nahe dem belasteten Rand größer (etwa 65 kPa); mit zunehmender Tiefe **breitet sich** die Kurve **aus**, und der Spitzenwert **nimmt ab** (15.5 kPa bei z = 4 m). Links vom Streifen (x < 0) sind die Werte klein, aber nicht null.

Lösung (2/3)

LÖSUNG

1 x = 2B/3 = 1,333 m, z = 2 m

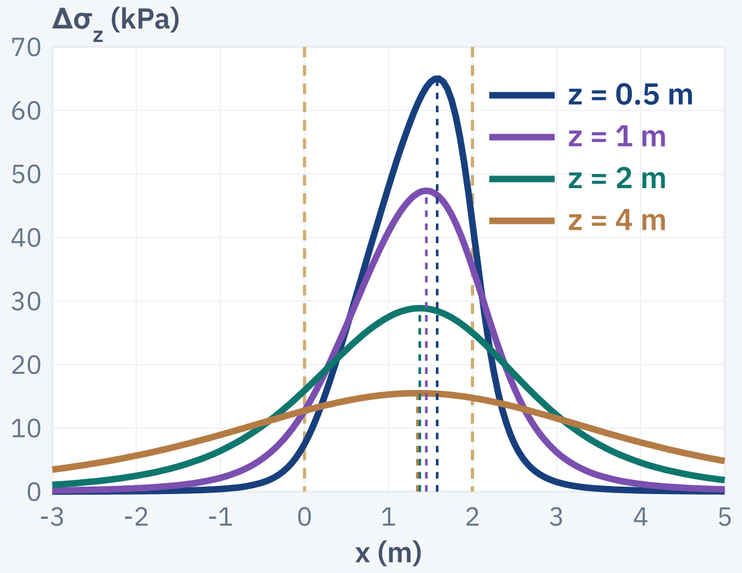
$$\alpha = \tan^{-1}\frac{1.333}{2} - \tan^{-1}\frac{-0.667}{2} = 0.9098$$

$$\delta = -0.3218 \;\Rightarrow\; \sin 2\delta = -0.6000$$

$$\frac{\Delta\sigma_z}{q} = \frac{1}{2\pi}\left[(1.333)(0.9098) - (-0.6000)\right] = 0.2885$$

$$\Delta\sigma_z = \mathbf{28.85}\ \text{kPa}$$

Für z = 2 m beträgt der Scheitelwert der Kurve 28.87 kPa; der Wert unter dem Schwerpunkt der Last (28.85 kPa) liegt sehr nahe daran.



Lösung (3/3)

LÖSUNG

z (m)	2z/B	Spitze: x (m)	Spitze: 2x/B	Spitze: $\Delta\sigma_z$ (kPa)	Krone: $\Delta\sigma_z/q$
0.5	0.5	1.579	1.579	**65.04**	0.6504
1	1	1.450	1.450	**47.36**	0.4736
2	2	1.372	1.372	**28.87**	0.2887
4	4	1.344	1.344	**15.49**	0.1549
8	8	1.336	1.336	**7.90**	0.0790

Der Scheitelwert beginnt nahe der Geländeoberfläche etwas innerhalb des höheren Randes (2x/B ≈ 1.58) und nähert sich mit zunehmender Tiefe dem **Schwerpunkt der Last** (2x/B = 1.333) an: 1.336 bei z = 8 m. Der Scheitelwert **nimmt** mit der Tiefe **ab**: 65.0 kPa → 7.9 kPa.

Lösung in GeoTerva prüfen ↗

Aufgabe

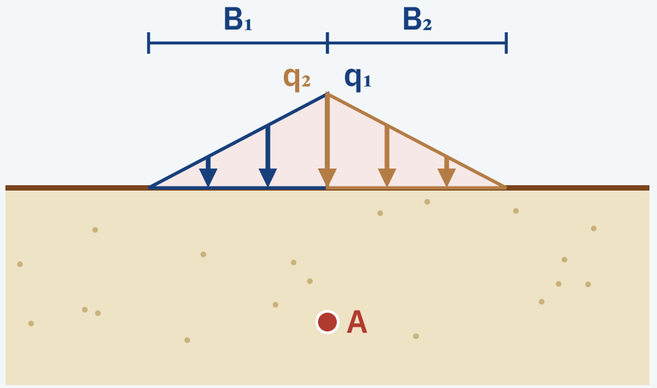
BEISPIEL

Gegeben

1. Streifen	$q_1 = 100$ **kN/m², $B_1 = 2$ m, linker Rand** $x_{L1} = 0$**, Null am linken Rand (0 … 2 m)**
2. Streifen	$q_2 = 100$ **kN/m², $B_2 = 2$ m, linker Rand** $x_{L2} = 2$ **m, Null rechts (2 … 4 m); die beiden Streifen vereinigen sich bei** $x = 2$
Punkte	$z = 1.5$ **m bei** $x = 2$ **m (unter der Krone) und** $x = 0$ **(linker Nullrand);** $x = 0 \ldots 5$ **m**

GESUCHT

Die Summe von $\Delta\sigma_z$ an zwei Punkten von Hand; um zu zeigen, dass die Spannung einer symmetrischen Last **symmetrisch** ist.



Lösung (1/2)

LÖSUNG

1 Unterhalb des Kammes (x = 2 m): beide Streifen liegen an ihrer eigenen hohen Kante

$$x_1 = 2 - 0 = 2\ \text{m} \qquad x_2 = x_{L2} + B - x_A = 2 + 2 - 2 = 2\ \text{m}$$

$$\Delta\sigma_{z(1)} = \Delta\sigma_{z(2)} = 29.52\ \text{kPa}\ \ (\text{Beispiel 2}) \ \Rightarrow\ \Delta\sigma_z = \mathbf{59.03}\ \text{kPa}$$

2 Unterhalb der linken Nullkante (x = 0)

$$x_1 = 0 - 0 = 0 \ \Rightarrow\ \Delta\sigma_{z(1)} = 15.28\ \text{kPa}\ \ (\text{Beispiel 2})$$

$$x_2 = 2 + 2 - 0 = 4\ \text{m} \ \Rightarrow\ \Delta\sigma_{z(2)} = 2.85\ \text{kPa}; \qquad \Delta\sigma_z = 15.28 + 2.85 = \mathbf{18.13}\ \text{kPa}$$

Unter der Spitze beträgt die Spannung **59.03 kPa**, unter der linken Nullkante **18.13 kPa**. Das Modul liefert für beide Streifen dieselben Werte.

Lösung (2/2)

LÖSUNG

x (m)	1. Streifen (kPa)	2. Streifen (kPa)	Summe (kPa)
0	15.28	2.85	**18.13**
1	33.41	10.10	**43.50**
2	29.52	29.52	**59.03**
3	10.10	33.41	**43.50**
4	2.85	15.28	**18.13**
5	0.97	4.47	**5.44**

Die Summe ist **symmetrisch** zur Achse des Dammes (x = 2 m): 18.13 kPa bei x = 0 und x = 4 m, 43.50 kPa bei x = 1 und x = 3 m. Die Werte der beiden Streifen sind zueinander spiegelbildlich: Der Wert des 1. Streifens bei x ist gleich dem Wert des 2. Streifens bei 4 – x.

Lösung in GeoTerva prüfen ↗

Aufgabe

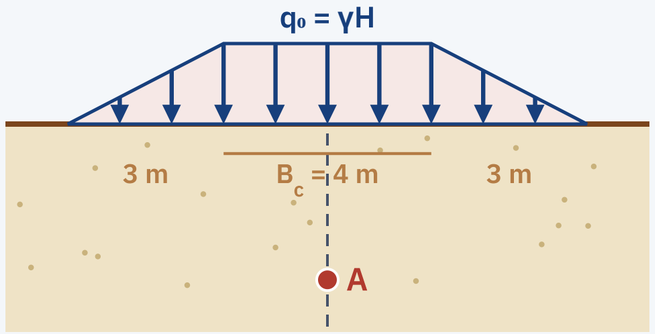
BEISPIEL

Gegeben

Auffüllung	**Kronenbreite $B_c = 4$ m ($x = -2 \ldots 2$), zwei Böschungen mit 3 m + 3 m horizontaler Breite; $q_0 = \gamma H = 100$ kN/m²**
Verwitterung	**gleichmäßiger Streifen $B = 4$ m (vertikale Streifenlösung) + zwei dreieckförmige Streifen $B = 3$ m (null am Außenrand)**
Punkt A	**unter der Achse $x = 0$, $z = 3$ m**

GESUCHT

Der Anteil der drei Teile und das **gesamte $\Delta\sigma_z$**; das Tiefenprofil und ein Vergleich mit der Berechnung derselben Last als einzelner breiter gleichmäßiger Streifen.



Lösung (1/3)

LÖSUNG

1 Gleichförmiger (Kronen-)Abschnitt: x = 0, b = 2 m, z = 3 m

$$\frac{\Delta\sigma_z}{q} = \frac{2}{\pi}\left[\tan^{-1}\frac{b}{z} + \frac{bz}{b^2+z^2}\right] = \frac{2}{\pi}\left[0.5880 + 0.4615\right] = 0.6682 \;\Rightarrow\; \Delta\sigma_{z,c} = \mathbf{66.82}\ \mathrm{kPa}$$

2 Linke Böschung: Nullkante x = −5 m, B = 3 m; für A: x = 0 − (−5) = 5 m

$$\alpha = \tan^{-1}\frac{5}{3} - \tan^{-1}\frac{5-3}{3} = 0.4424 \qquad \delta = 0.5880 \;\Rightarrow\; \sin 2\delta = 0.9231$$

$$\frac{\Delta\sigma_z}{q} = \frac{1}{2\pi}\left[(3.333)(0.4424) - (0.9231)\right] = 0.0878 \;\Rightarrow\; \Delta\sigma_{z,s} = \mathbf{8.78}\ \mathrm{kPa}$$

Da die rechte Böschung ein Spiegelbild ist, ergibt sich für A derselbe Wert: x = x_L + B − x_A = 2 + 3 − 0 = 5 m. Summe: 66.82 + 2(8.78) = **84.37 kPa**; die Lösungen des Moduls für gleichmäßigen Streifen und Dreieck ergeben denselben Wert.

Lösung (2/3)

LÖSUNG

x (m)	Spitzenwert (kPa)	Linke Böschung	Rechte Böschung	Summe
0	66.82	8.78	8.78	**84.37**
1	60.71	4.57	16.15	**81.43**
2	44.80	2.44	25.00	**72.24**
5	7.72	0.51	15.92	**24.15**
8	1.51	0.16	2.49	**4.16**

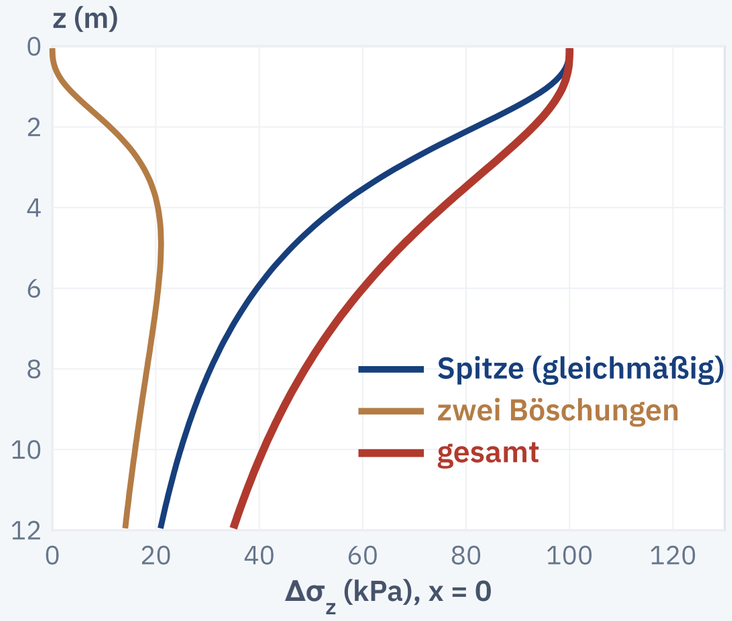
In der Tiefe z = 3 m beträgt die Spannung unter dem Damm auf der Achse **84.37 kPa**, am Böschungsfuß (x = 5 m) **24.15 kPa** und 3 m außerhalb des Fußes (x = 8 m) **4.16 kPa**. An den rechts gelegenen Punkten (x > 0) dominiert die rechte Böschung, an den links gelegenen die linke; die Achse (x = 0) wird als **Symmetrieachse** betrachtet.

Lösung (3/3)

LÖSUNG

z (m)	Spitze (gleichmäßig)	Zwei Böschungen	Summation der Auffüllung	Einzelner Streifen (B = 10 m)
1	95.95	2.79	**98.73**	99.68
2	81.83	11.13	**92.96**	97.73
3	66.82	17.55	**84.37**	93.68
4	54.98	20.42	**75.40**	88.10
6	39.58	20.48	**60.06**	75.54
8	30.58	18.30	**48.87**	64.17
12	20.84	14.04	**34.88**	47.74

An der Oberfläche liegt die Spannung q_0 nahe bei 100 kPa; mit zunehmender Tiefe nimmt der Anteil des Kammes ab, während der **Anteil der Böschungen** zunimmt (am größten bei z = 4 – 6 m, 20.5 kPa). Wäre dieselbe Last ein einziger breiter gleichmäßiger Streifen (B = 10 m), so ergäbe sich bei z = 6 m 75.5 kPa: die drei dreieckförmigen Böschungen tragen die Hälfte der Last.



Lösung in GeoTerva prüfen ↗

Zusammenfassung

Die wichtigsten Punkte

Winkelform: $\Delta\sigma_z = (q/2\pi)[(2x/B)\,\alpha - \sin 2\delta]$; $\alpha = \tan^{-1}(x/z) - \tan^{-1}[(x - B)/z]$, $\delta = \tan^{-1}[(x - B)/z]$; x wird von der Kante bei null gemessen, δ ist negativ, wenn die höhere Kante auf der +x-Seite liegt; das Ergebnis gilt für jedes x

Beispiel (q = 100 kPa, B = 2 m; A: x = −1, z = 1.5 m): α = 29.74° (0.5191 rad), δ = -63.43° → $\Delta\sigma_z/q$ = **0.0447**; **$\Delta\sigma_z$ = 4.47 kPa**; im gespiegelten Streifen derselbe Wert

Ränder (z = 1.5 m): 29.52 kPa unter dem hohen Rand, 15.28 kPa unter dem Nullrand. Das **Maximum** nimmt mit der Tiefe ab und wandert zum Schwerpunkt der Last (x = 2B/3)

Superposition: zwei gespiegelte Streifenlasten symmetrisch zur Achse ergeben ein Dreieck (59.03 kPa unter dem Scheitel); der gleichmäßige Streifen plus zwei dreieckige Auffüllungen bilden den Damm (84.37 kPa bei z = 3 m unter der Achse)

Literatur

Das, B.M. (2018). Principles of Geotechnical Engineering, 9th ed. Cengage Learning.

HINWEIS

Alle Zahlenbeispiele wurden mit der Berechnungsengine des Moduls selbst erzeugt; das Modul liefert dieselben Werte. Das Modul öffnet mit q = 100 kN/m², B = 2 m und A (x = −1 m, z = 1.5 m); der Streifen mit der Nullkante rechts ist das Spiegelbild dieses Streifens.

GeoTerva

Geotechnische Berechnungen online

Von der Theorie zur Praxis

Geben Sie Ihre eigenen Dreiecksstreifen (q, B, linker Rand, Richtung) und den Punkt A in GeoTerva ein; das Modul liefert die Spannung, die Isospannungslinien, das Tiefenprofil, die schrittweise Lösung und den Bericht zusammen.

Modul öffnen →

Theorieseite →

Auf dem Smartphone öffnen

Die Beispielmodule erfordern keine Registrierung.

Falls Sie sie in Ihren Vorlesungen verwenden möchten: info@geoterva.com