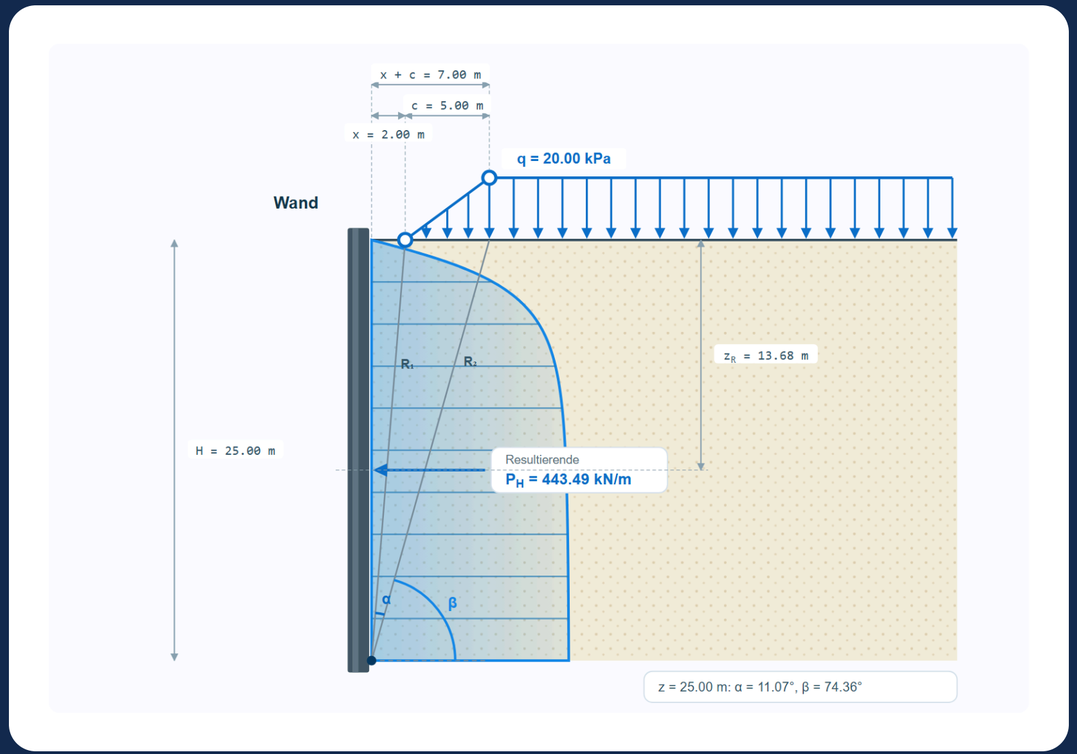
Geotechnische Vorlesung · Auflasten

# Rampenlast als Auflast

Vorlesung: eine Rampenlast, die bei null beginnt und ein Plateau erreicht; die Ordinate in einer gegebenen Tiefe wird von Hand gelöst, Profile, Resultierende und Varianten werden in Tabellen dargestellt.

- Superposition von Linienlasten
- $R_1$, $R_2$, α, β
- Starre Wand ψ = 2
- Resultierende und z_R
- Von Hand lösbar



Einführung

# Was lernen wir in dieser Vorlesung?

Die Geometrie der **Rampenlast**: Sie beginnt bei null im Abstand **x** von der Wand, steigt über die Breite **c** auf den Wert q an und setzt sich dahinter mit konstantem q fort

Ermittlung der Radien $\mathbf{R_1}$, $\mathbf{R_2}$ und der Winkel **α, β** in einer Tiefe z (im Bogenmaß)

Die geschlossene Form des seitlichen Drucks aus der **Superposition von Linienlasten**: $\sigma_H = \psi\, q/(\pi c)\,[c\beta - x\alpha + 2z\,\ln(R_2/R_1)]$

Der Unterschied zwischen **starrer Wand** ($\psi = 2$) und **halbunendlichem Medium** ($\psi = 1$)

**Resultierende $P_H$** und **Wirkungstiefe $z_R$**: Fläche und erstes Moment des Diagramms; der Einfluss von x und c

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: H = 25 m, x = 2 m, c = 5 m, q = 20 kPa; starre Wand. Eine Ordinate bei z = 5 m wird von Hand gelöst.

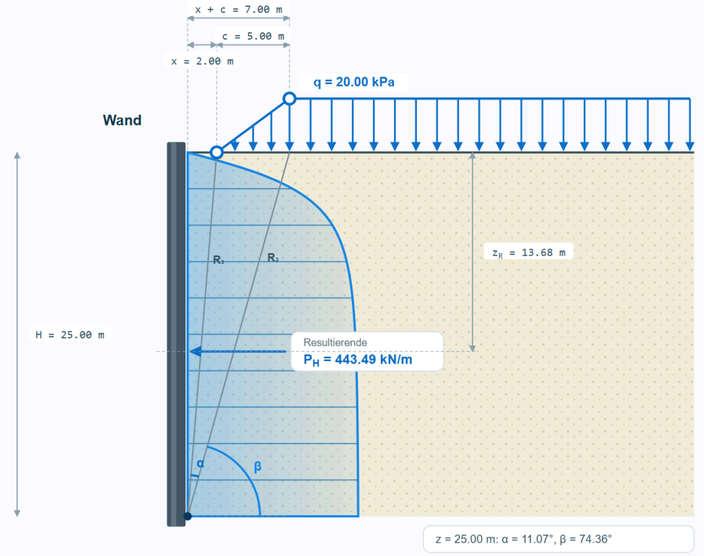
# Auf die Wand wirkende Rampenauflast

THEORIE

Die Rampenlast beginnt in horizontaler Entfernung **x** von der Wand

Die Oberflächenpressung wächst über die Rampenbreite **c** linear von null auf den vollen Wert **q** an; jenseits von **x + c** setzt sich die Auflast mit konstanter Intensität q fort

Die Last ist lang und parallel zur Wand; die Resultierende wird **pro Längeneinheit** der Wand angegeben




**H**: gesamte Wandhöhe
**x**: Abstand von der Wand bis zum Beginn der Rampe
**c**: horizontale Breite, über die die Last von 0 auf q ansteigt
**q**: vollständige Gleichlastintensität jenseits der Rampe
**z**: Tiefe unter der Geländeoberfläche, in der $\sigma_H$ berechnet wird

# Geometrie in der Tiefe z

THEORIE

In der Tiefe z sind die Längen der beiden Strahlen vom Punkt an der Wand zum **Anfang** und zum **Ende** der Rampe sowie die Winkel zwischen ihnen im Folgenden angegeben

In der Druckgleichung werden die Winkel in **Radiant** eingesetzt; Gradwerte können zur besseren Lesbarkeit in der Benutzeroberfläche und im Berechnungsbericht angezeigt werden

$$R_1 = \sqrt{x^2 + z^2} \qquad R_2 = \sqrt{(x + c)^2 + z^2}$$

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{x + c}{z} - \tan^{-1} \frac{x}{z} \qquad \beta = \frac{\pi}{2} - \tan^{-1} \frac{x + c}{z}$$

# Superposition von Linienlasten

THEORIE

Die Rampenlast ist eine stetige Reihe von Linienlasten mit der Intensität **w(s)·ds** (auf der Rampe zunehmend, auf dem Plateau konstant); die elastischen horizontalen Spannungen (Flamant) werden summiert

Die ansteigende Rampe und das Plateau erzeugen zusätzliche algebraische Terme; diese heben sich exakt auf, übrig bleiben **Winkel und ein Logarithmus**

$$\sigma_H = \psi \frac{2}{\pi} \int w(s) \frac{s^2 z}{(s^2 + z^2)^2} \, ds$$

$$\sigma_H = \psi \frac{q}{\pi c} \left[ c\beta - x\alpha + 2z \ln \frac{R_2}{R_1} \right]$$

**ψ = 1** ist ein halbunendliches Medium (keine Wand); **ψ = 2** ist eine starre, nicht nachgebende Wand, die die horizontale Spannung verdoppelt: der Standardwert des Moduls. $\sigma_H$ ist an der Geländeoberfläche null

# Fläche und erstes Moment des Diagramms

THEORIE

Die **resultierende Auflastkraft** je Längeneinheit der Wand und ihre Tiefe unter der Geländeoberfläche ergeben sich aus der Fläche und dem ersten Moment des Diagramms; das Modul berechnet beide Integrale numerisch mit voller Genauigkeit

$$P_H = \int_0^H \sigma_H(z)\,dz$$

$$z_R = \frac{\int_0^H z\,\sigma_H(z)\,dz}{P_H}$$

Im Beispiel $\mathbf{P_H = 443.49\ kN/m}$ (starre Wand) oder **221.74 kN/m** (halbunendliches Medium); in beiden Fällen $\mathbf{z_R = 13.68\ m}$, unterhalb der Geländeoberfläche

# Sechs Schritte und eine Ordinate

THEORIE

**1** · H, x, c, q werden festgelegt und ψ wird gewählt

**2** · Es wird eine Tiefe **z** zwischen Geländeoberkante und Wandfuß gewählt

**3** · $R_1$ und $R_2$ werden berechnet; **4** · α und β werden berechnet (Radiant)

**5** · $\sigma_H$ wird berechnet: q, c, x, α, β, $R_1$, $R_2$ werden eingesetzt

**6** · Iterieren und integrieren: Druckprofil, dann $P_H$ und $z_R$

$$z = 5\ \text{m}: \quad R_1 = 5.385\ \text{m} \quad R_2 = 8.602\ \text{m} \qquad \alpha = 32.661^\circ \quad \beta = 35.538^\circ$$

$$\sigma_H = \frac{20}{5\pi}\left[5(0.62025) - 2(0.57004) + 10\ln\frac{8.6023}{5.3852}\right] = 8.461\ \text{kPa}\ \ (\psi = 1) \ \ \rightarrow \ \ 16.921\ \text{kPa}\ \ (\psi = 2)$$

# Aufgabe

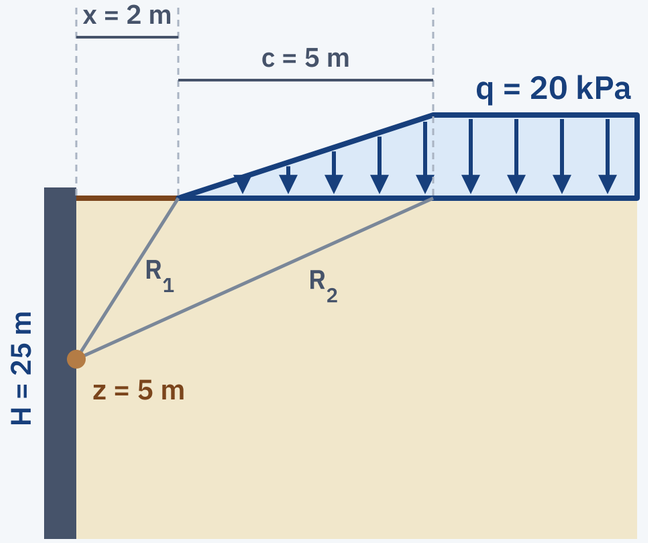
BEISPIEL

## Gegeben

| | |
|---|---|
| Wand und Last | $H = 25.0$ **m;** $x = 2.0$ **m;** $c = 5.0$ **m;** $q = 20.0$ **kPa** |
| Wand | **halbunendlicher Halbraum ($\psi = 1$) und starre Wand ($\psi = 2$)** |

## GESUCHT

In der Tiefe **z = 5 m**: **$R_1$, $R_2$, α, β** und der horizontale Druck **$\sigma_H$** (für zwei ψ-Werte); Vergleich mit dem Modul.



# Lösung (1/2)

LÖSUNG

**1** Strahlen vom Punkt an der Wand zum Anfang (x) und zum Ende (x + c) der Rampe

$$R_1 = \sqrt{2^2 + 5^2} = \sqrt{29} = \mathbf{5.3852}\ \mathrm{m}$$

$$R_2 = \sqrt{7^2 + 5^2} = \sqrt{74} = \mathbf{8.6023}\ \mathrm{m}$$

**2** Winkel (Radiant)

$$\alpha = \tan^{-1}\frac{7}{5} - \tan^{-1}\frac{2}{5} = 0.95055 - 0.38051 = \mathbf{0.57004}\ \mathrm{rad}\ \ (32.661^\circ)$$

$$\beta = \frac{\pi}{2} - \tan^{-1}\frac{7}{5} = 1.57080 - 0.95055 = \mathbf{0.62025}\ \mathrm{rad}\ \ (35.538^\circ)$$

Der Anfang der Rampe erscheint vom Punkt an der Wand unter einem Winkel von **32.66°**, ihr Ende unter **35.54°**; die Strahlen sind 5.385 und 8.602 m lang.

# Lösung (2/2)

LÖSUNG

**3** Halbunendlicher Raum (ψ = 1): die drei Terme in der Klammer

$$\sigma_H = \frac{q}{\pi c}\left[c\beta - x\alpha + 2z\ln\frac{R_2}{R_1}\right] = \frac{20}{5\pi}\left[5(0.62025) - 2(0.57004) + 10\ln\frac{8.6023}{5.3852}\right]$$

$$= 1.27324\,[3.1012 - 1.1401 + 4.6838] = 1.27324(6.6450) = \mathbf{8.461}\ \text{kPa}$$

**4** Starre Wand (ψ = 2): doppelt so groß wie der Wert des halbunendlichen Mediums

$$\sigma_H = 2 \times 8.461 = \mathbf{16.921}\ \text{kPa}$$

Bei z = 5 m ist **$\sigma_H$ = 16.921 kPa** (starre Wand; im halbunendlichen Medium 8.461). Das Modul liefert denselben Wert. Der Term x·α geht mit negativem Vorzeichen ein: Eine ansteigende Rampe verringert die Last nahe der Wand gegenüber einem vollständigen, bei x beginnenden Streifen.

Lösung in GeoTerva prüfen ↗

# Aufgabe

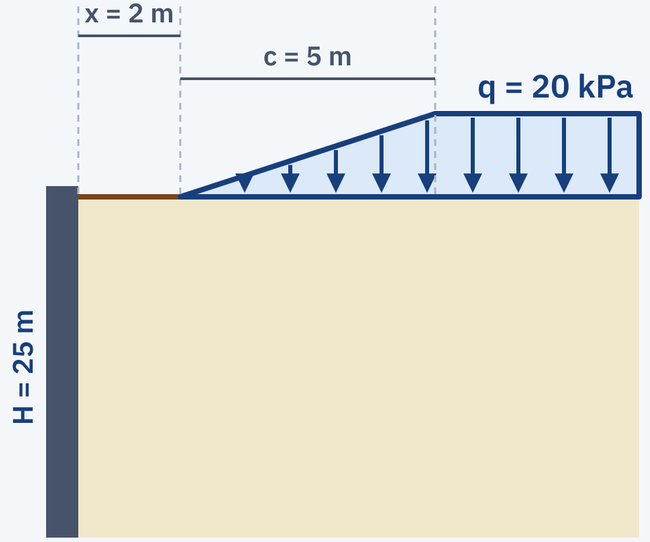
BEISPIEL

## Gegeben

| | |
|---|---|
| Modell | **Rampe aus Beispiel 1; starre Wand; Tabelle alle $H/30 = 0.833$ m** |
| In jeder Zeile | **$R_1$, $R_2$, $\alpha$, $\beta$ und $\sigma_H$; die Werte des halbunendlichen Mediums betragen die Hälfte jener der starren Wand** |

## GESUCHT

**Druckprofil** und der Wert am Wandfuß; das Verhalten des Drucks in der Tiefe (der Grenzwert der Formel für z → ∞).



# Lösung (1/2)

LÖSUNG

| z (m) | $R_1$ (m) | $R_2$ (m) | α (°) | β (°) | $\sigma_H$ (kPa) |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.00 | 2.000 | 7.000 | 0.00 | 0.00 | 0.000 |
| 0.83 | 2.167 | 7.049 | 15.83 | 6.79 | 5.109 |
| 1.67 | 2.603 | 7.196 | 26.41 | 13.39 | 9.258 |
| 2.50 | 3.202 | 7.433 | 31.69 | 19.65 | 12.275 |
| 3.33 | 3.887 | 7.753 | 33.57 | 25.46 | 14.395 |
| 4.17 | 4.622 | 8.146 | 33.60 | 30.76 | 15.877 |
| **5.00** | **5.385** | **8.602** | **32.66** | **35.54** | **16.921** |
| 5.83 | 6.167 | 9.112 | 31.27 | 39.81 | 17.665 |
| 6.67 | 6.960 | 9.667 | 29.70 | 43.60 | 18.202 |
| 7.50 | 7.762 | 10.259 | 28.09 | 46.97 | 18.596 |
| 8.33 | 8.570 | 10.883 | 26.53 | 49.97 | 18.887 |
| 9.17 | 9.382 | 11.534 | 25.06 | 52.63 | 19.107 |
| 10.00 | 10.198 | 12.207 | 23.68 | 55.01 | 19.275 |
| 10.83 | 11.016 | 12.898 | 22.41 | 57.13 | 19.405 |
| 11.67 | 11.837 | 13.606 | 21.24 | 59.04 | 19.506 |
| 12.50 | 12.659 | 14.327 | 20.16 | 60.75 | 19.586 |
| 13.33 | 13.482 | 15.059 | 19.17 | 62.30 | 19.651 |
| 14.17 | 14.307 | 15.802 | 18.26 | 63.71 | 19.703 |
| 15.00 | 15.133 | 16.553 | 17.42 | 64.98 | 19.745 |
| 15.83 | 15.959 | 17.312 | 16.65 | 66.15 | 19.780 |
| 16.67 | 16.786 | 18.077 | 15.94 | 67.22 | 19.809 |
| 17.50 | 17.614 | 18.848 | 15.28 | 68.20 | 19.833 |
| 18.33 | 18.442 | 19.624 | 14.67 | 69.10 | 19.853 |
| 19.17 | 19.271 | 20.405 | 14.11 | 69.94 | 19.870 |
| 20.00 | 20.100 | 21.190 | 13.58 | 70.71 | 19.885 |
| 20.83 | 20.929 | 21.978 | 13.09 | 71.43 | 19.897 |
| 21.67 | 21.759 | 22.769 | 12.63 | 72.10 | 19.908 |
| 22.50 | 22.589 | 23.564 | 12.20 | 72.72 | 19.918 |
| 23.33 | 23.419 | 24.361 | 11.80 | 73.30 | 19.926 |
| 24.17 | 24.249 | 25.160 | 11.42 | 73.85 | 19.933 |
| 25.00 | 25.080 | 25.962 | 11.07 | 74.36 | 19.939 |

# Lösung (2/2)

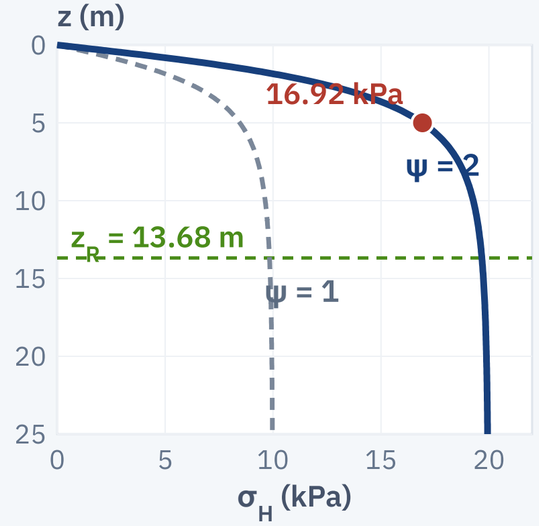
LÖSUNG

**1** An der Oberfläche und in der Tiefe

$$z = 0: \quad \sigma_H = 0 \qquad z = H = 25\,\text{m}: \quad \sigma_H = \mathbf{19.94}\,\text{kPa}$$

$$z \to \infty: \quad \alpha \to 0,\ \beta \to \tfrac{\pi}{2},\ 2z \ln \tfrac{R_2}{R_1} \to 0 \ \Rightarrow\ \sigma_H \to \psi\,\frac{q}{2}$$

Der Erddruck ist an der Oberfläche null und **nimmt mit der Tiefe zu**: der größte Wert liegt am Wandfuß (19.94 kPa). In der Tiefe gilt $\sigma_H \to \psi q/2 = \mathbf{q}$: 19.99 bei z = 50 m, 20.00 kPa bei z = 1000 m (starre Wand). Die Ordinate bei z = 5 m beträgt 16.921 kPa (fette Zeile, Beispiel 1).




Lösung in GeoTerva prüfen ↗

# Aufgabe

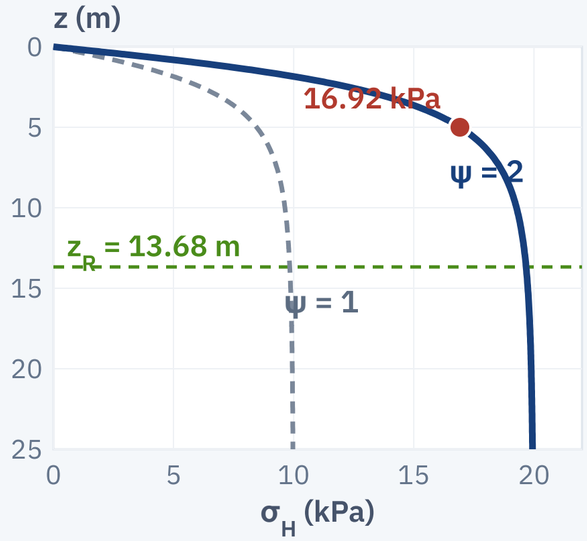
BEISPIEL

## Gegeben

| | |
|---|---|
| Modell | **Die Rampe aus Beispiel 1; starre Wand; die $H/30$-Tabelle aus Beispiel 2 ($n = 30$, $h = H/30 = 0.8333$ m)** |
| Verfahren | **Simpson-Regel; $z_R = \int z\,\sigma\,dz \,/\, P_H$** |

## GESUCHT

$P_H$ und $z_R$ (von Hand, aus der Tabelle); Werte für den halbunendlichen Halbraum; Vergleich mit dem Ergebnis des Moduls.



# Lösung (1/2)

LÖSUNG

| | $\sigma_0$ | Σ ungerade (i = 1, 3, …, 29) | Σ gerade (i = 2, 4, …, 28) | $\sigma_{30}$ |
|---|---|---|---|---|
| $\sigma_H$ (kPa) | 0.000 | 266.553 | 255.220 | 19.939 |

**1** Simpson-Summe und Fläche

$$\Sigma = \sigma_0 + 4(266.553) + 2(255.220) + \sigma_{30} = 1{,}596.59$$

$$P_H \approx \frac{h}{3}\,\Sigma = \frac{0.8333}{3}(1{,}596.59) = \mathbf{443.50}\ \mathrm{kN/m}$$

Von Hand **443.50 kN/m**; das präzise Integral des Moduls **443.49 kN/m** (Differenz 0.002 %). Im halbunendlichen Medium die Hälfte: **221.74 kN/m**.

# Lösung (2/2)

LÖSUNG

| | $z_0\sigma_0$ | Σ Einzel | Σ doppelt | $z_{30}\sigma_{30}$ |
|---|---|---|---|---|
| $z\sigma_H$ (kPa·m) | 0.000 | 3,638.41 | 3,393.35 | 498.48 |

**2** Erstes Moment und Tiefe

$$\int z\,\sigma\,dz \approx \frac{0.8333}{3}\left[0 + 4(3{,}638.41) + 2(3{,}393.35) + 498.48\right] = 6{,}066.3\ \text{kN}$$

$$z_R = \frac{6{,}066.3}{443.50} = \mathbf{13.68}\ \text{m}\ \ (\text{vom Baugrund}) \qquad H - z_R = 11.32\ \text{m}\ (\text{von der Sohle})$$

Von Hand **$z_R$ = 13.68 m**; das Modul 13.68 m. Die Resultierende 443.49 kN/m wirkt **13.68 m unterhalb der Geländeoberfläche** (11.32 m über der Sohle); ändert sich ψ, so ändert sich $z_R$ nicht.

Lösung in GeoTerva prüfen ↗

# Aufgabe

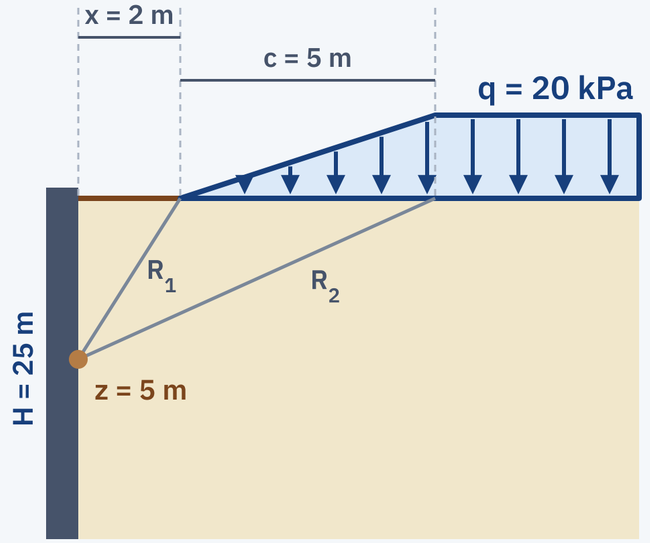
BEISPIEL

## Gegeben

| | |
|---|---|
| Modell | **Beispiel 1: $z = 5$ m; halbunendliches Medium ($\psi = 1$)** |
| Verfahren | $\sigma_H = \frac{2}{\pi} \int w(s) \frac{s^2 z}{(s^2 + z^2)^2} ds$; $w = q(s - x)/c$ **auf der Rampe,** $w = q$ **auf dem Plateau** |
| Berechnung | **Rampe: Simpson ($n = 10$, $h = 0.5$ m); Plateau: geschlossenes Integral** |

## GESUCHT

$\sigma_H$ durch getrennte Ermittlung und Summierung der Beiträge aus Rampe und Plateau; Vergleich mit der geschlossenen Form von Beispiel 1.



# Lösung (1/2)

LÖSUNG

| i | s (m) | w(s) (kPa) | f(s) = s²z/(s²+z²)² (1/m) | c | c·w·f |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 2.0 | 0.00 | 0.02378 | 1 | 0.00000 |
| 1 | 2.5 | 2.00 | 0.03200 | 4 | 0.25600 |
| 2 | 3.0 | 4.00 | 0.03893 | 2 | 0.31142 |
| 3 | 3.5 | 6.00 | 0.04414 | 4 | 1.05941 |
| 4 | 4.0 | 8.00 | 0.04759 | 2 | 0.76145 |
| 5 | 4.5 | 10.00 | 0.04945 | 4 | 1.97796 |
| 6 | 5.0 | 12.00 | 0.05000 | 2 | 1.20000 |
| 7 | 5.5 | 14.00 | 0.04955 | 4 | 2.77472 |
| 8 | 6.0 | 16.00 | 0.04837 | 2 | 1.54797 |
| 9 | 6.5 | 18.00 | 0.04671 | 4 | 3.36314 |
| 10 | 7.0 | 20.00 | 0.04474 | 1 | 0.89481 |
| | | | Σ c·w·f = | | **14.14688** |

**1** Integral der Linienlasten auf der Rampe

$$I_{ramp} = \frac{h}{3}\sum c_i\, w_i f_i = \frac{0.5}{3}(14.14688) = \mathbf{2.3578}$$

# Lösung (2/2)

LÖSUNG

**2** Plateau (s ≥ x + c = 7 m): geschlossenes Integral mit A(s) = ½[tan⁻¹(s/z) − sz/(s² + z²)]

$$A(7) = \frac{1}{2}\left[\tan^{-1}\frac{7}{5} - \frac{7(5)}{74}\right] = 0.23879 \qquad A(\infty) = \frac{\pi}{4} = 0.78540$$

$$I_{plateau} = q\,[A(\infty) - A(7)] = 20(0.78540 - 0.23879) = 10.9322$$

**3** Gesamt und ψ

$$\sigma_H = \frac{2}{\pi}\,(I_{ramp} + I_{plateau}) = \frac{2}{\pi}(2.3578 + 10.9322) = \mathbf{8.4607}\ \text{kPa}\ \ (\psi = 1)$$

$$\psi = 2: \quad \sigma_H = \mathbf{16.921}\ \text{kPa}$$

Die Superposition ergibt **8.4607 kPa**; die geschlossene Form (Beispiel 1) ergibt **8.4607 kPa**. Beide Wege sind identisch: Die Terme in den eckigen Klammern sind die Summe der Integrale von Rampe und Plateau.

Lösung in GeoTerva prüfen ↗

# Aufgabe

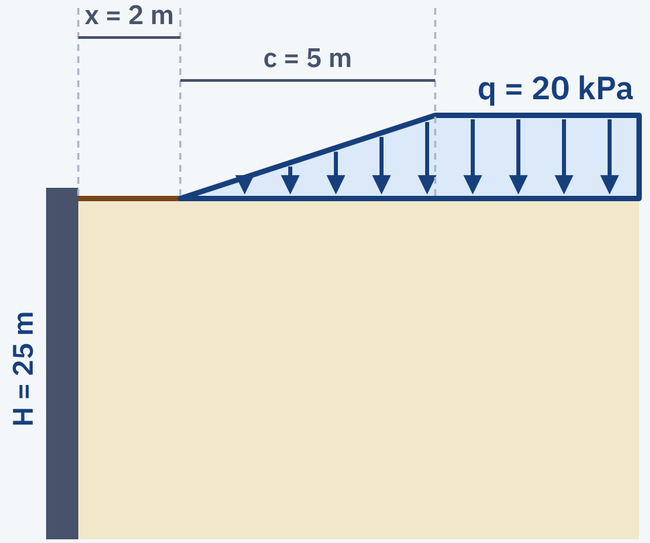
BEISPIEL

## Gegeben

| | |
|---|---|
| Modell | $H = 25.0$ **m;** $q = 20$ **kPa; starre Wand; jeweils nur eine Größe wird geändert** |
| Veränderliche | **Anfangsversatz** $x = 0; 2; 5; 10$ **m (**$c = 5$ **m) und Breite** $c = 1; 5; 10; 20$ **m (**$x = 2$ **m)** |

## GESUCHT

Für jeden Fall $P_H$, $z_R$, der Erddruck an der Sohle; Werte für den halbunendlichen Halbraum; obere Schranke (Gleichlast).



# Lösung (1/2)

LÖSUNG

| x (m), c = 5 | $P_H$ (kN/m), ψ = 2 | $P_H$ (kN/m), ψ = 1 | $z_R$ (m) | H – $z_R$ (m) | $\sigma_H$(H) (kPa) |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 468.38 | 234.19 | 13.19 | 11.81 | 19.98 |
| **2** | 443.49 | 221.74 | 13.68 | 11.32 | 19.94 |
| 5 | 407.49 | 203.75 | 14.28 | 10.72 | 19.78 |
| 10 | 352.75 | 176.38 | 15.00 | 10.00 | 19.17 |

| c (m), x = 2 | $P_H$ (kN/m), ψ = 2 | $P_H$ (kN/m), ψ = 1 | $z_R$ (m) | H – $z_R$ (m) | $\sigma_H$(H) (kPa) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 468.28 | 234.14 | 13.22 | 11.78 | 19.99 |
| **5** | 443.49 | 221.74 | 13.68 | 11.32 | 19.94 |
| 10 | 414.10 | 207.05 | 14.11 | 10.89 | 19.76 |
| 20 | 362.68 | 181.34 | 14.67 | 10.33 | 19.02 |

Je weiter sich die Rampe von der Wand entfernt (x ↑) oder je langsamer sie ansteigt (c ↑), **desto kleiner wird die Resultierende und desto tiefer liegt $z_R$**; der Druck an der Sohle liegt stets nahe bei q = 20 kPa. Die Werte für ψ = 1 sind die Hälfte derjenigen einer starren Wand.

# Lösung (2/2)

LÖSUNG

**1** Obere Schranke: Die Last beginnt an der Wandvorderseite (x = 0) und wird sofort zu q (c → 0): Gleichlast

$$\sigma_H = \psi\,\frac{q}{2} = q \quad (\text{bei beliebigem z}) \;\Rightarrow\; P_H = qH = 20 \times 25 = \mathbf{500}\ \text{kN/m}, \quad z_R = \frac{H}{2} = 12.5\ \text{m}$$

**2** Rampenbreite c → 0: Stufenlast ab x = 2 m

$$c = 0.001\ \text{m}: \quad P_H = 474.58\ \text{kN/m}, \quad z_R = 13.09\ \text{m}$$

$$\text{Streifenformel}\ (x_2 \to \infty): \quad P_H = 474.59\ \text{kN/m}, \quad z_R = 13.09\ \text{m}$$

Die Rampe von Beispiel 1 liegt zwischen diesen beiden Grenzen: **443.49 kN/m**, das sind 88.7 % der Obergrenze von 500 kN/m. Je steiler die Rampe wird, desto mehr nähert sich das Ergebnis der Streifenlast der Streifenlösung an: dieselbe Superposition. (Das Modul liefert 499.99 kN/m für x = 0, c = 0.001 m.)

Lösung in GeoTerva prüfen ↗

Zusammenfassung

# Die wichtigsten Punkte

**$\sigma_H = \psi\, q/(\pi c)\,[c\beta - x\alpha + 2z \ln(R_2/R_1)]$**; $R_1 = \sqrt{(x^2 + z^2)}$, $R_2 = \sqrt{((x + c)^2 + z^2)}$, $\alpha = \tan^{-1}((x + c)/z) - \tan^{-1}(x/z)$, $\beta = \pi/2 - \tan^{-1}((x + c)/z)$ (Bogenmaß); $\psi = 2$ für eine starre Wand, $\psi = 1$ für ein halbunendliches Medium

**Beispiel (z = 5 m)**: $R_1$ 5.385 m, $R_2$ 8.602 m; α 32.661°, β 35.538°; $\sigma_H$ = 8.461 kPa ($\psi = 1$), **16.921 kPa** ($\psi = 2$)

**Profil**: 0 an der Oberfläche, nimmt mit der Tiefe zu, nähert sich in der Tiefe dem Wert $\psi q/2 = q$ (19.94 kPa an der Sohle)

**Resultierende** $P_H = \int \sigma_H dz$ = **443.49 kN/m**, $z_R = \int z\sigma_H dz / P_H$ = **13.68 m** (ab Geländeoberkante); für $\psi = 1$: $P_H$ = 221.74 kN/m, $z_R$ unverändert

**Vergleich**: Die Resultierende nimmt ab, je weiter die Rampe von der Wand entfernt ist und je breiter sie wird; die obere Grenze ist die Gleichlast (q H = 500 kN/m), die untere Grenze die Sprunglast bei steiler werdender Rampe

# Literatur

Das, B.M. (2016). Principles of Foundation Engineering, 8th ed. Cengage Learning; diese Seite folgt diesem Werk.

**HINWEIS**

Alle Rechenbeispiele wurden mit der moduleigenen Berechnungsengine erzeugt; das Modul liefert dieselben Werte. Das Startbeispiel des Moduls ist die Stützwand mit H = 25 m, x = 2 m, c = 5 m, q = 20 kPa.

GeoTerva

Geotechnische Berechnungen online

# Von der Theorie zur Praxis

Geben Sie Ihre eigene Rampenlast, den Ausgangsabstand, die Breite und die Wandhöhe in GeoTerva ein; das Modul liefert das Spannungsdiagramm, die Resultierende mit ihrer Angriffstiefe, drei Ansichten, 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