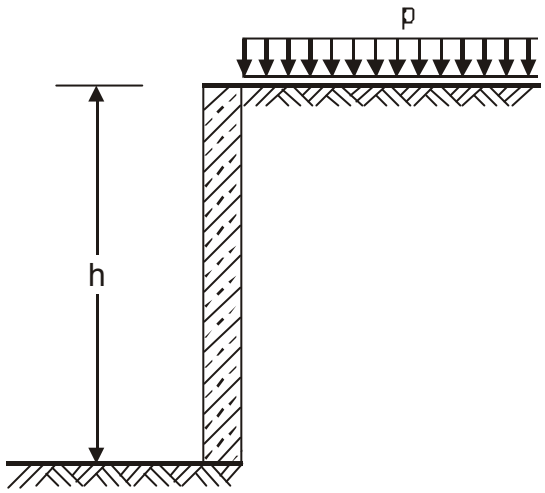
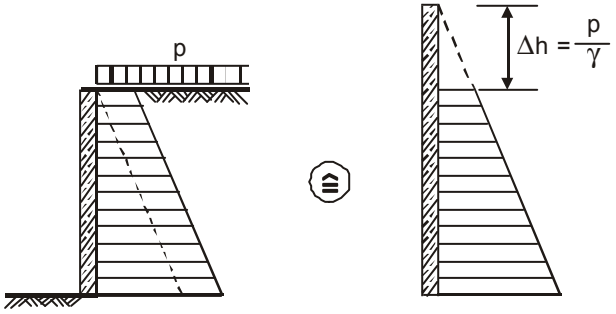
# Erddruck infolge unbegrenzter Flächenlast

**System:**




**Rankine-Lösung:**



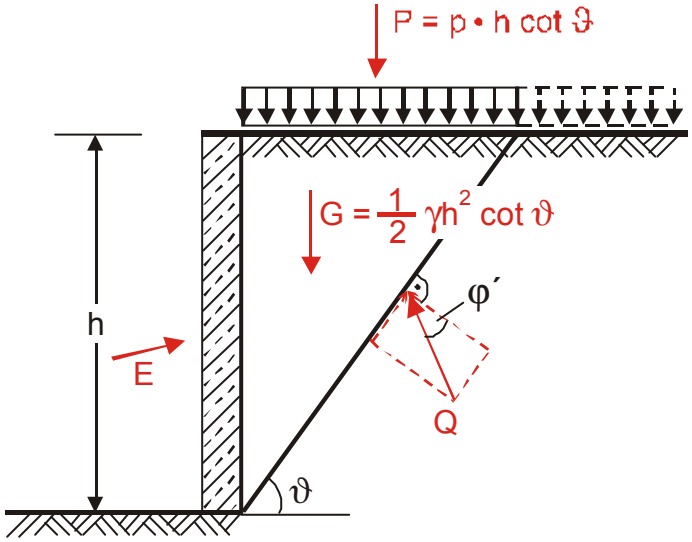

$$\left.\begin{aligned} \sigma_1 = \sigma_z &= \gamma z + p \\ \sigma_3 = \sigma_x &= e_a \end{aligned}\right\} \Rightarrow e_a = (\gamma z + p) k_a - c' 2\sqrt{k_a}$$

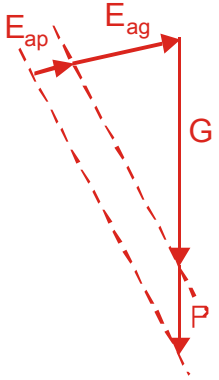
$$e_{ap} = p\, k_a \qquad k_a = \frac{1-\sin\varphi'}{1+\sin\varphi'}$$

$$E_{ap} = \int_0^h e_{ap}\, dz = p\, h\, k_a$$

# Erddruck infolge unbegrenzter Flächenlast

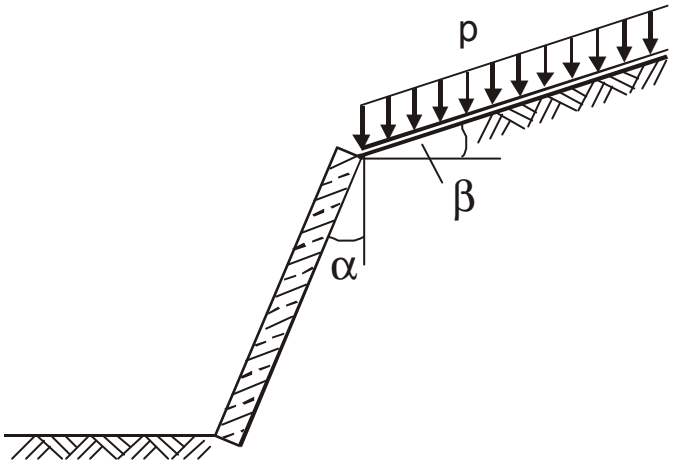
**Coulomb-Lösung (a=b=0):**




$$\frac{E_{ap}}{E_{ag}} = \frac{P}{G} = \frac{2p}{g\,h} \quad \Rightarrow \quad E_{ap} = \frac{2p}{g\,h}\,\frac{1}{2} g\,h^2\,k_a = p\,h\,k_a$$

# Allgemeine Gleichungen für Erddruck aus unbegrenzter Flächenlast




Aktiv: $$E_{ah} = \frac{1}{2} g\, h^2\, k_{ah} + phk_{aph} - c'hk_{ach}$$

$$k_{aph} = k_{ah} \frac{\cos a \cos b}{\cos(a + b)}$$

Passiv: $$E_{ph} = \frac{1}{2} g\, h^2\, k_{ph} + phk_{pph} + c'hk_{pch}$$

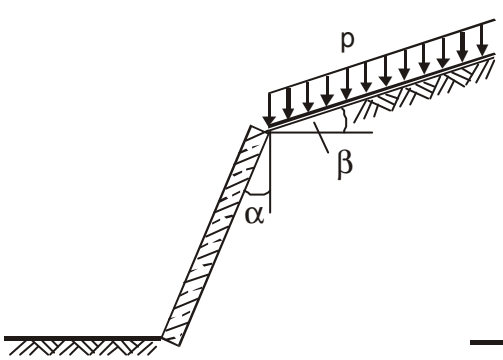
$$k_{pph} = k_{ph} \frac{\cos a \cos b}{\cos(a + b)}$$

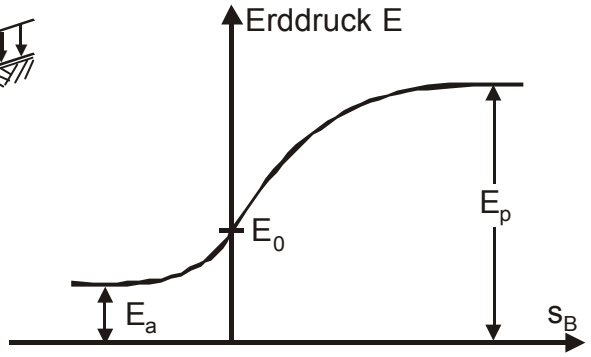
d. h. für $\alpha = 0$ <u>oder</u> $\beta = 0$:

$$k_{aph} = k_{ah} \quad \Rightarrow \quad E_{ah} = \left( \frac{1}{2} g\, h^2 + ph \right) k_{ah} - c'hk_{ach}$$

$$k_{pph} = k_{ph} \quad \Rightarrow \quad E_{ph} = \left( \frac{1}{2} g\, h^2 + ph \right) k_{ph} + c'hk_{pch}$$

# Zusammenfassung: Resultierender Erddruck für homogenen Boden

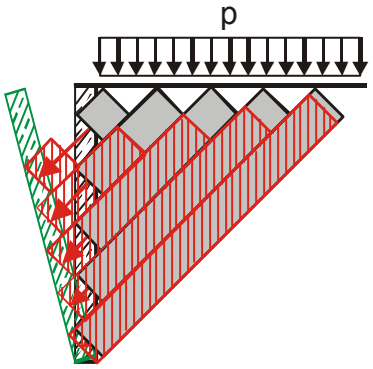


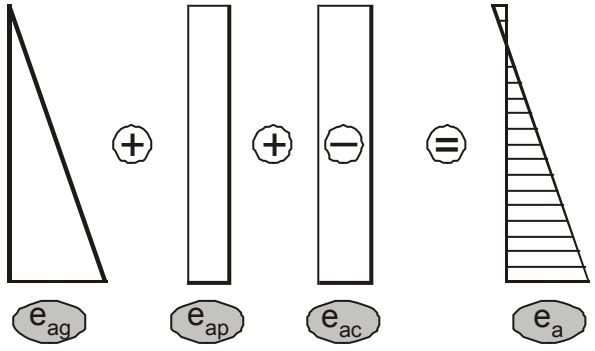




$$E_{ah} = \frac{1}{2} g\, h^2 k_{ah} + ph k_{aph} - c'hk_{ach}$$

$$E_{ph} = \frac{1}{2} g\, h^2 k_{ph} + c'hk_{pch} \left( + ph k_{pph} \right)$$

# Klassische Erddruckverteilung, aktiver Fall



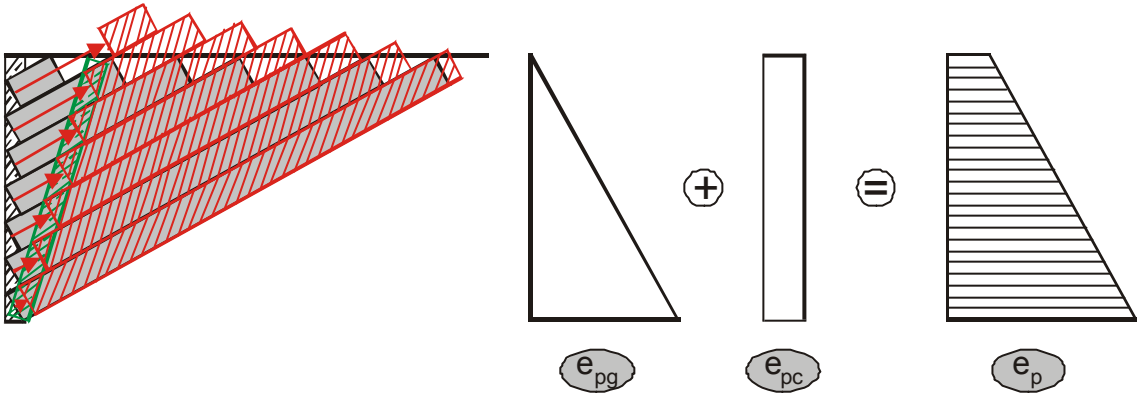




Spannungsverteilung:

$$e_{ah}(z) = g\, z k_{ah} + p k_{aph} - c' k_{ach}$$

Voraussetzung: Fußpunktdrehung!

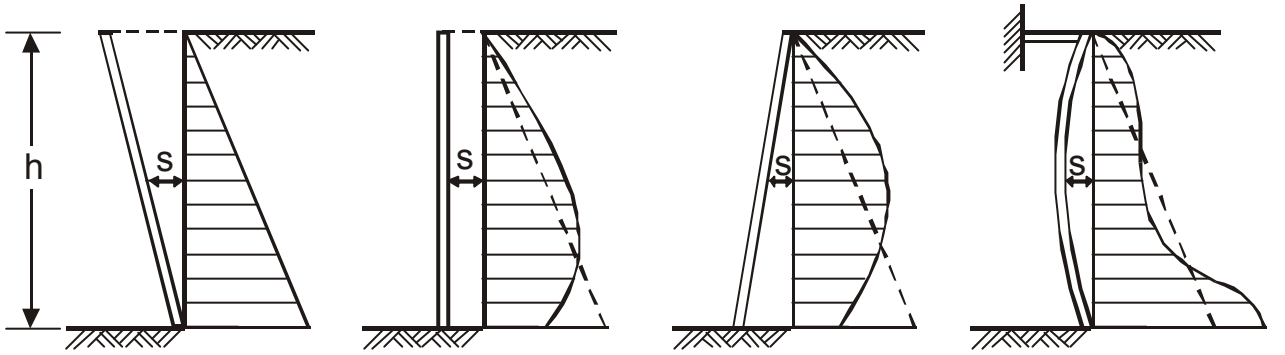
# Klassische Erddruckverteilung, passiver Fall




$$e_{ph}(z) = g\, z k_{ph} + c' k_{pch} \; (+ p k_{pph})$$

Voraussetzung: Fußpunktdrehung!

# Erddruckverteilung abhängig von der Wandverformung




a) Fußpunkt-drehung | b) Parallel-verschiebung | c) Kopfpunkt-drehung | d) Elastische Wand

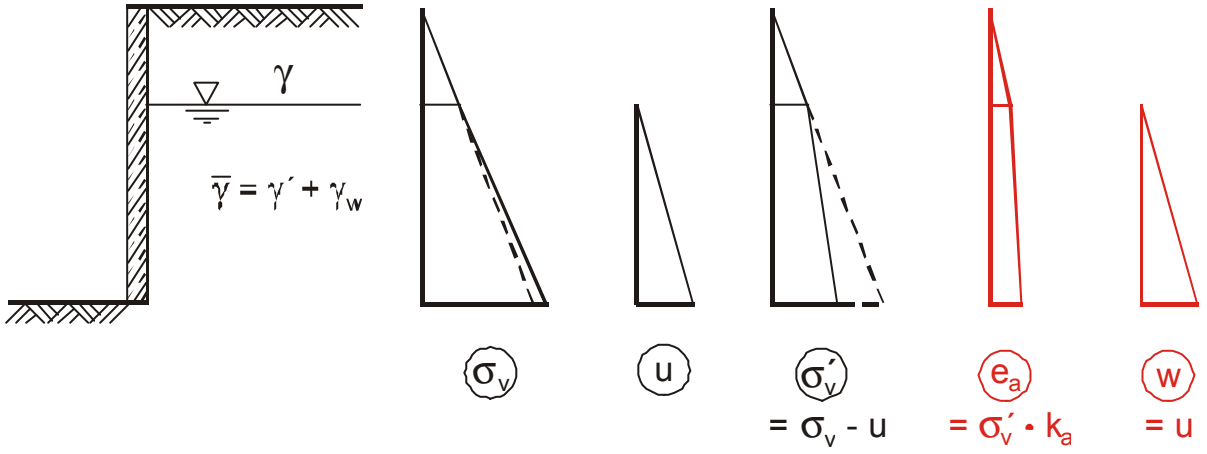
Vorgehensweise: a) Berechnung der klassischen Erddruckverteilung
b) Erddruckumlagerung → Ansatz systemabhängiger Lastfiguren

# Berücksichtigung von Grundwasser

$$e_a = s_v' \, k_a - c' \, k_{ac} = (s_v - u) k_a - c' k_{ac}$$

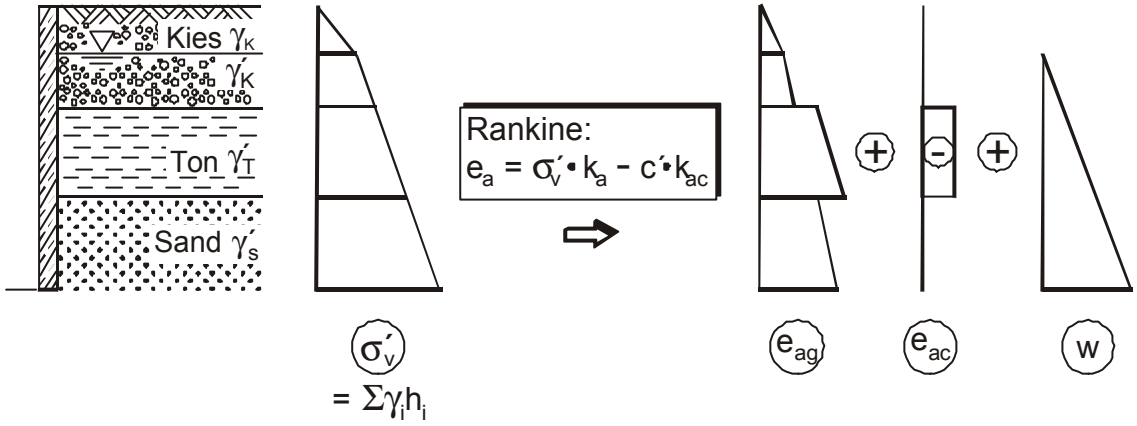
$$w = u$$

($e_a$ ggfs. umlagern, w nicht umlagern!)

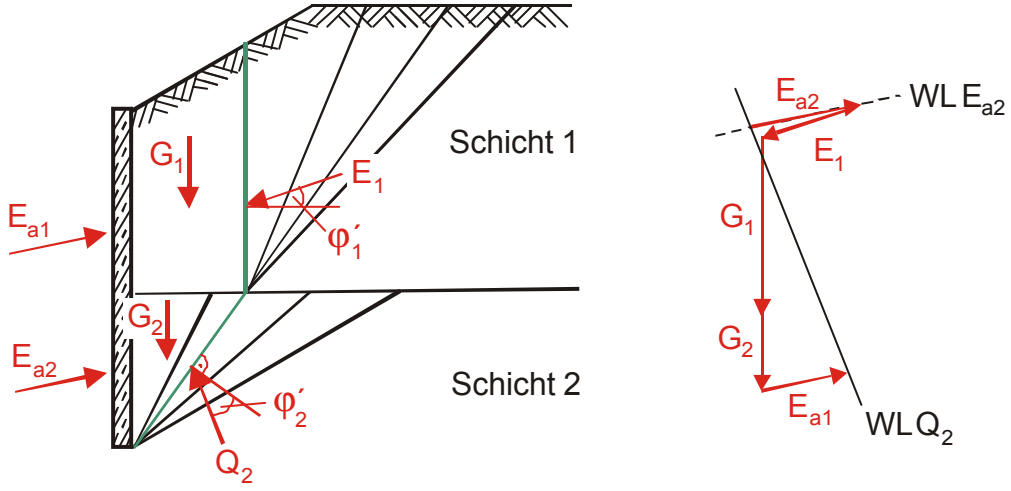



$$s_v' = \Sigma (g_i h_i) \quad mit \quad g_i = g \;\; bzw. \, g'$$

# Geschichteter Baugrund

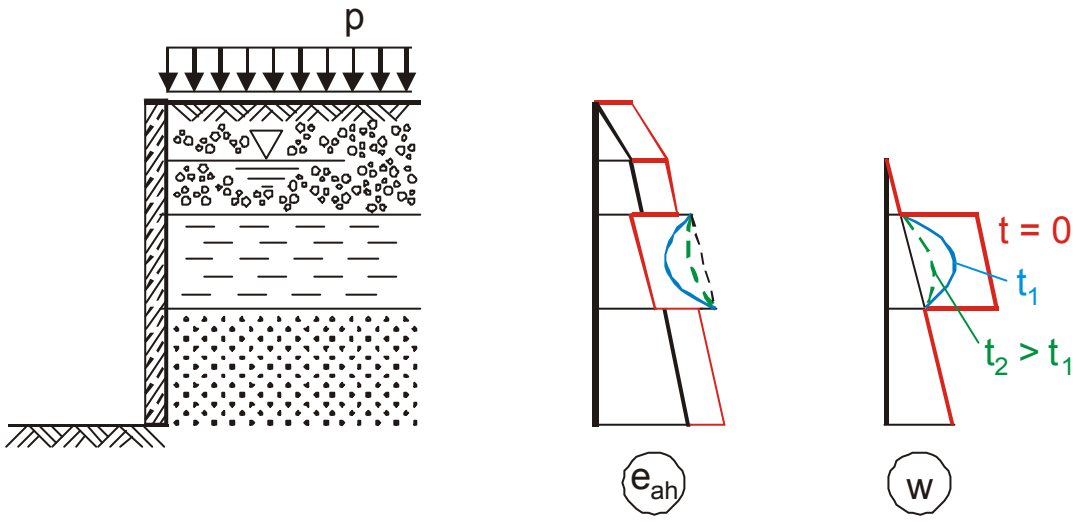



Verallgemeinerung der Rankine-Lösung (statische Methode)




Grafische Lösung (kinematische Methode)

# Berücksichtigung unkonsolidierter Schichten

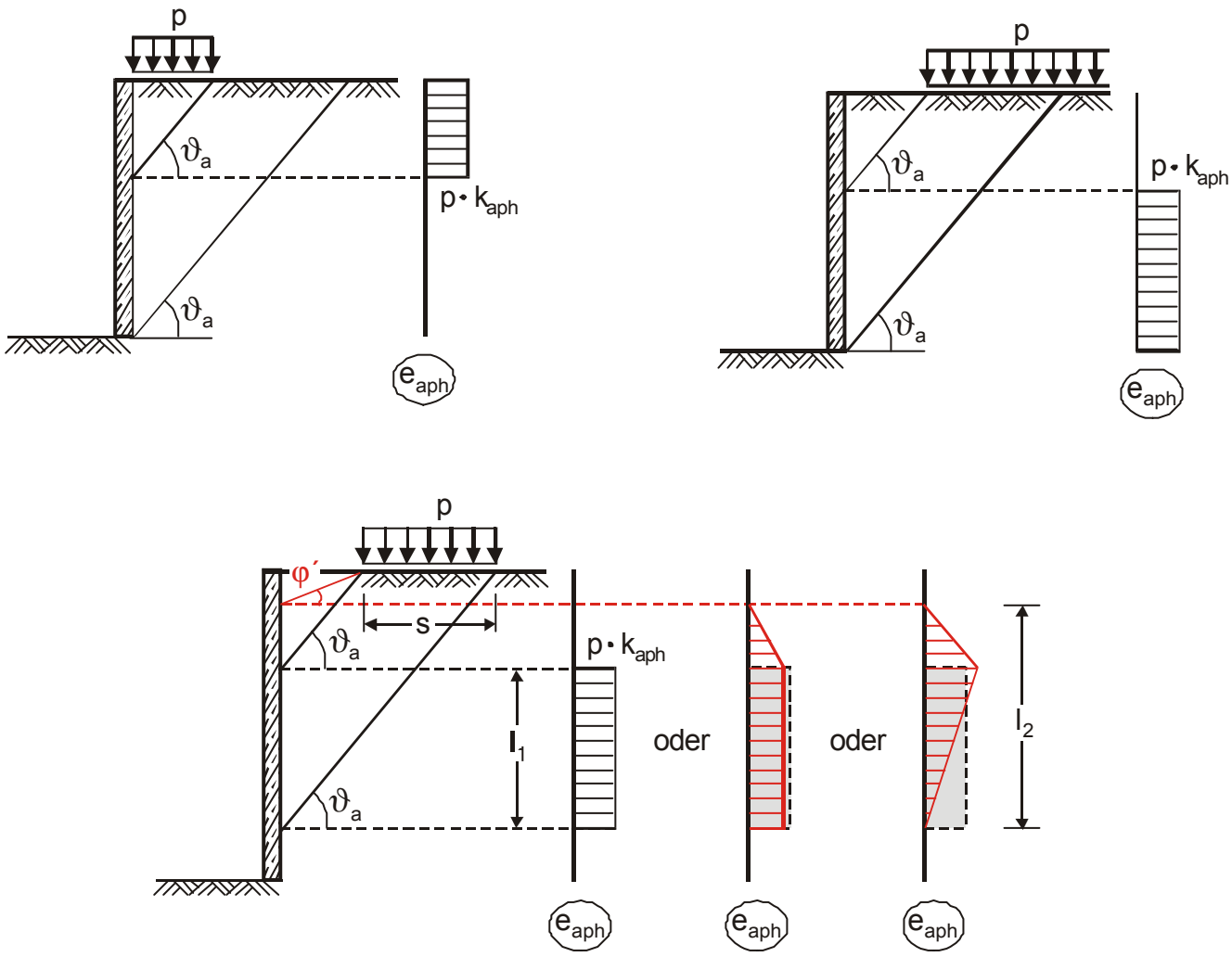



Tonschicht: wassergesättigt, für p nicht konsolidiert

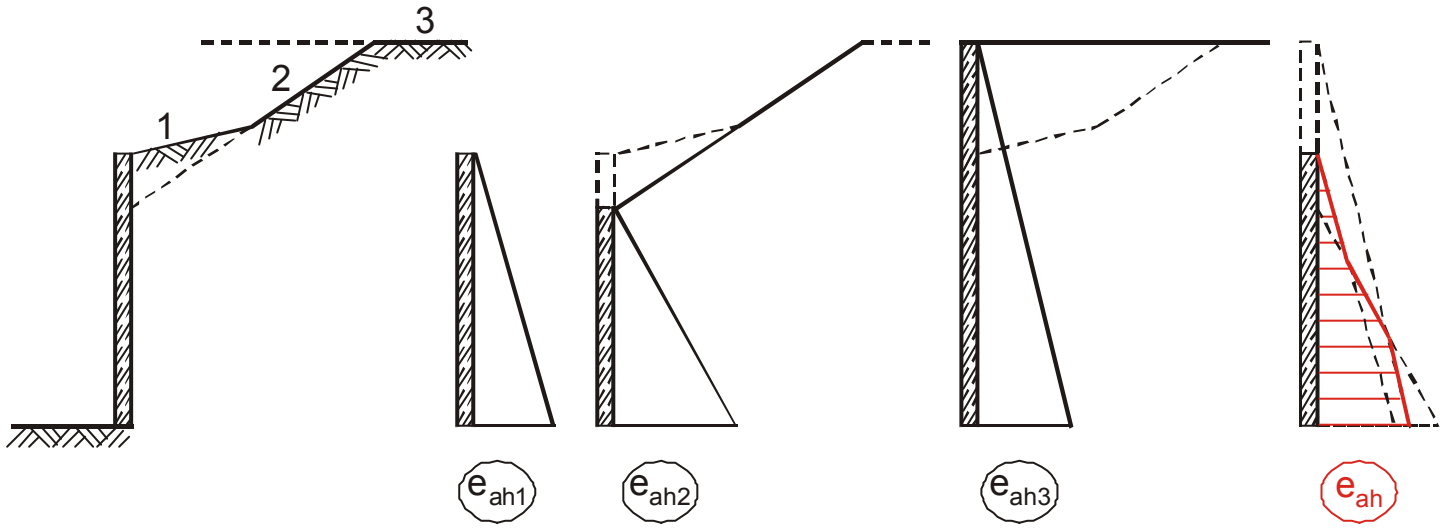
→Anfangszustand (t=0): $\Delta w = p$, $\Delta e_{ah} = 0$

Endzustand: $\Delta w = 0$, $\Delta e_{ah} = p\ k_{aph}$

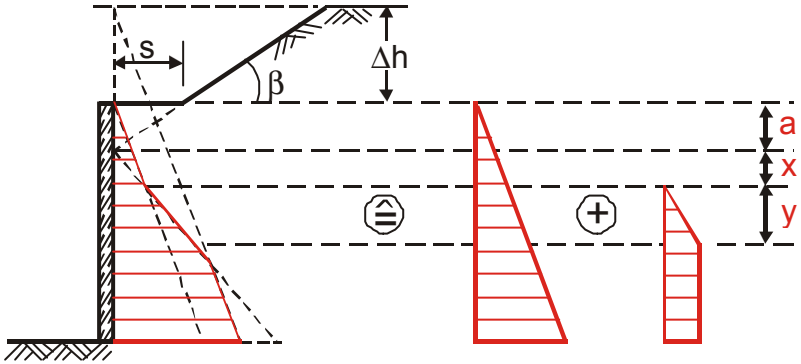
# Erddruck aus begrenzten Flächenlasten



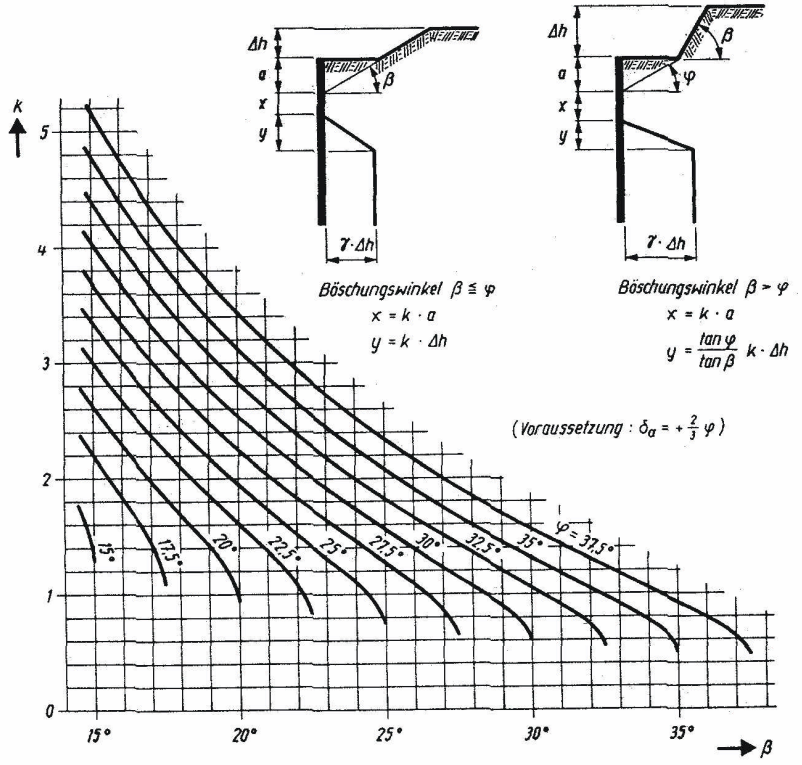
# Sonderfall: Gebrochene Geländeoberkante
# Verfahren von Jenne



# Ergebnis nach Jenne für eine Berme

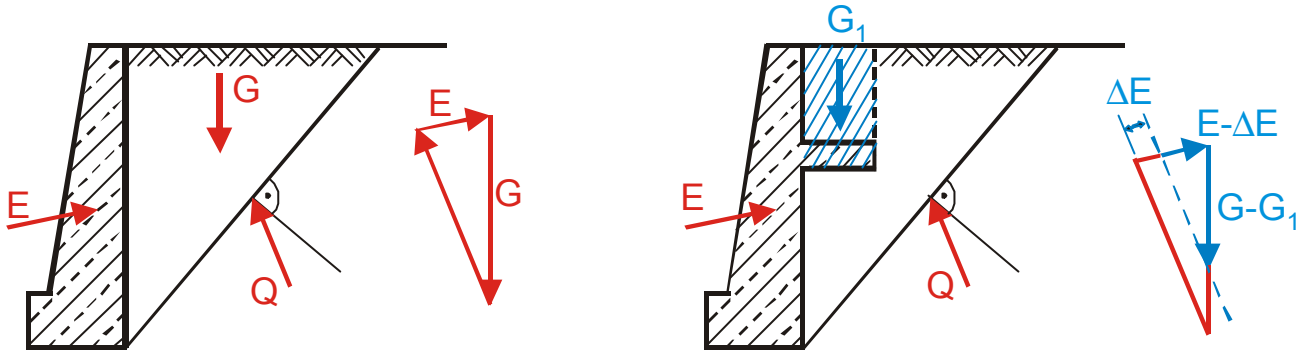



Achtung: Für $\beta > \varphi'$ sind keine Erddruckbeiwerte definiert !

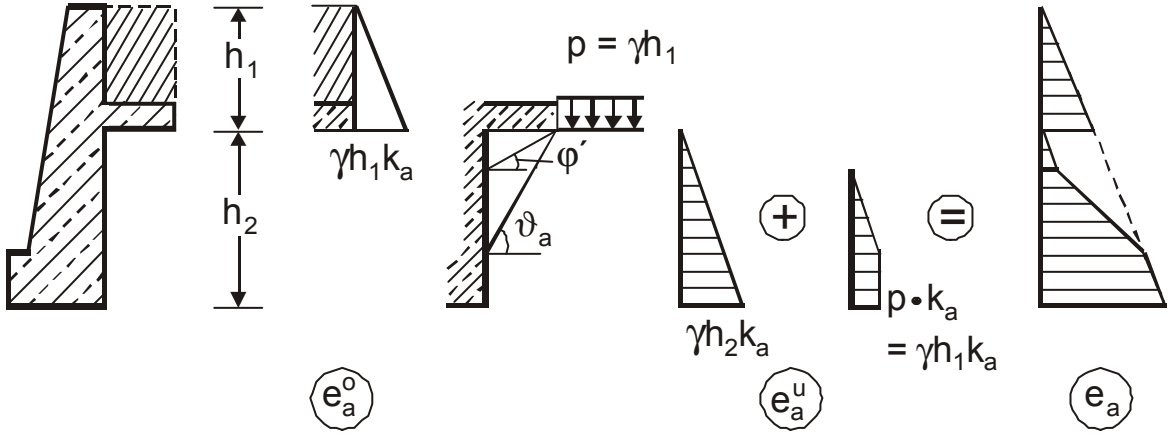


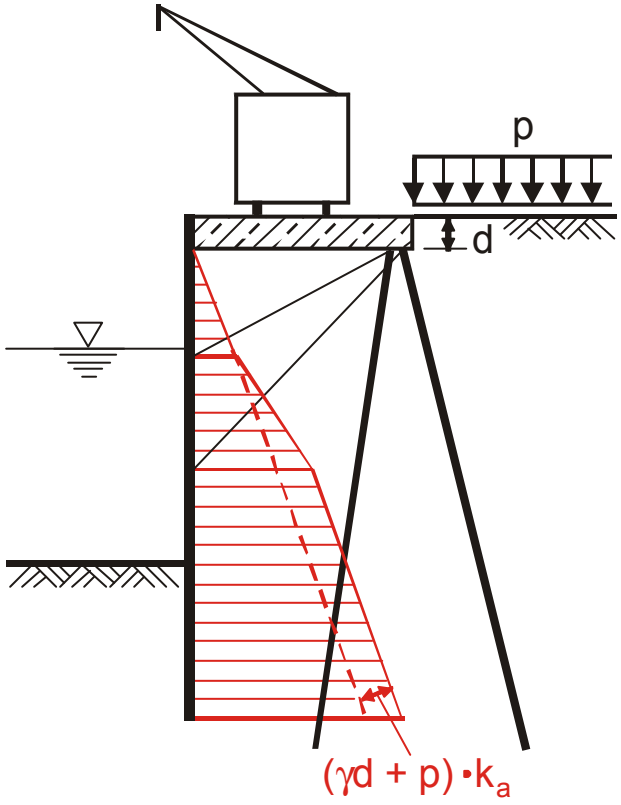
# Erddruckabschirmung

Ein rückwärtiger Sporn reduziert den Erddruck



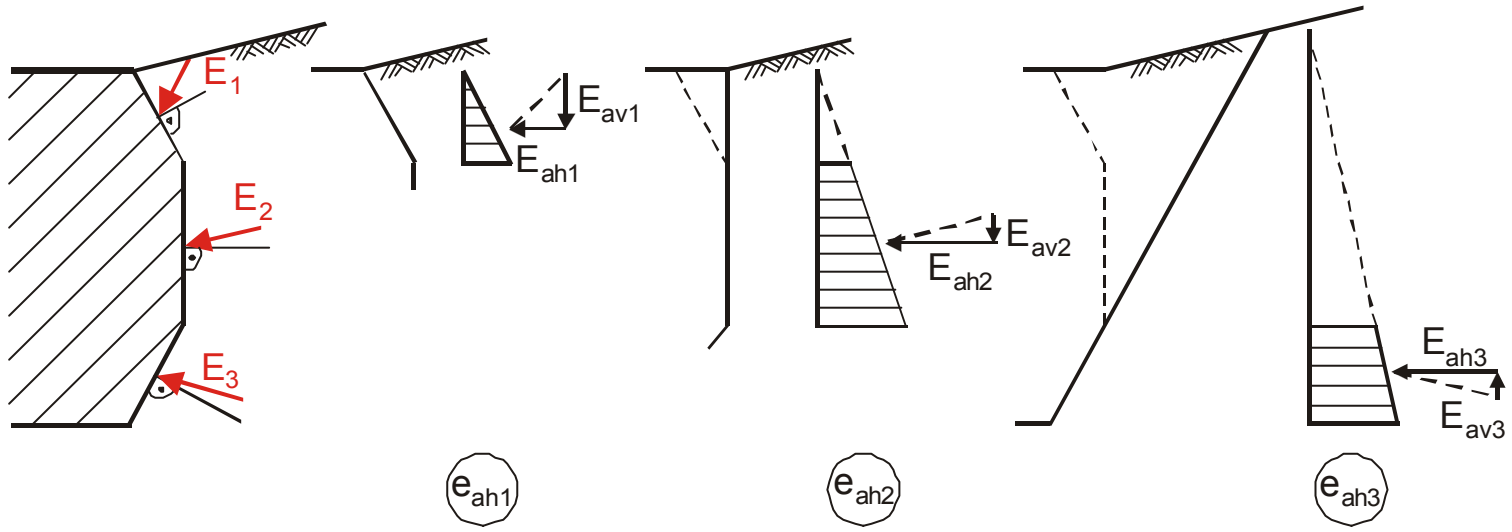

Rechnerische Ermittlung:



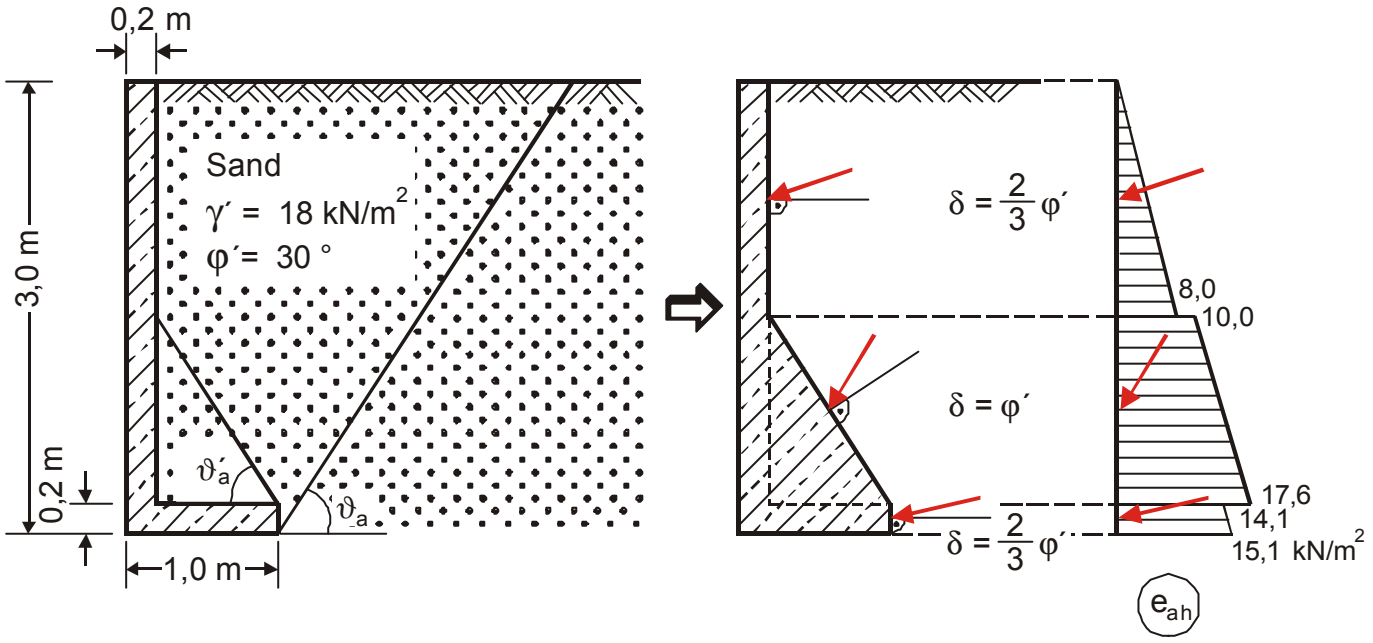



Beispiel Erddruckabschirmung:
pfahlgegründete Pierplatte

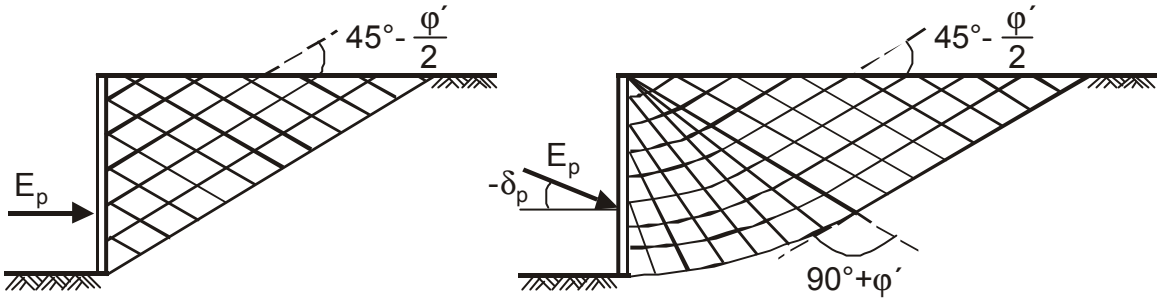
# Erddruckermittlung bei geknickter Wand



# Beispiel Erddruck auf geknickte Wand: Winkelstützmauer



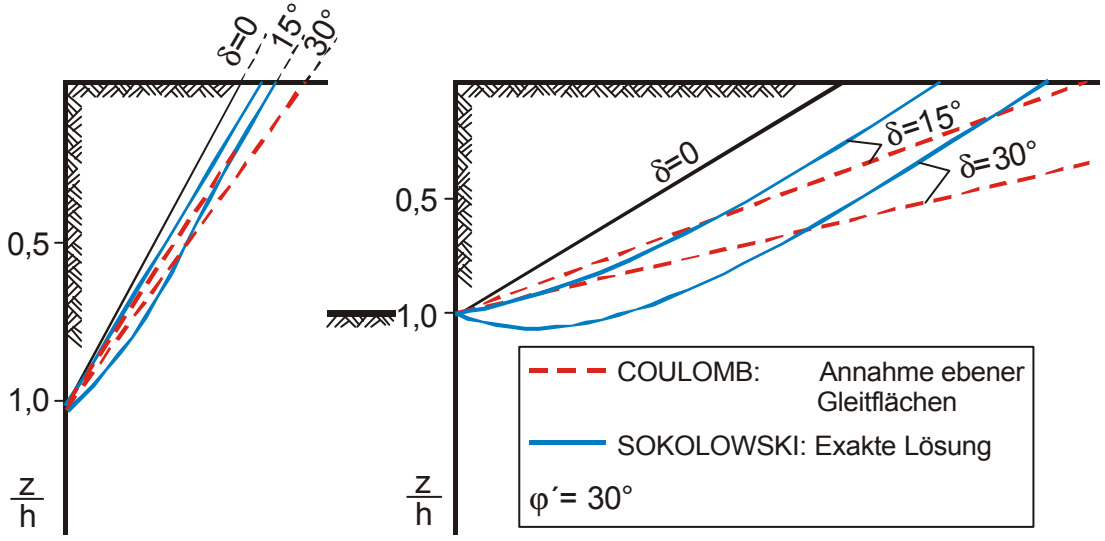
# Gekrümmte Gleitflächen




a) RANKINE - Fall
$\delta = 0$

b) nach SOKOLOWSKI
$\delta \neq 0$

Genaue Lösung für $\delta_p < 0$ mit statischer Methode nach Sokolowski

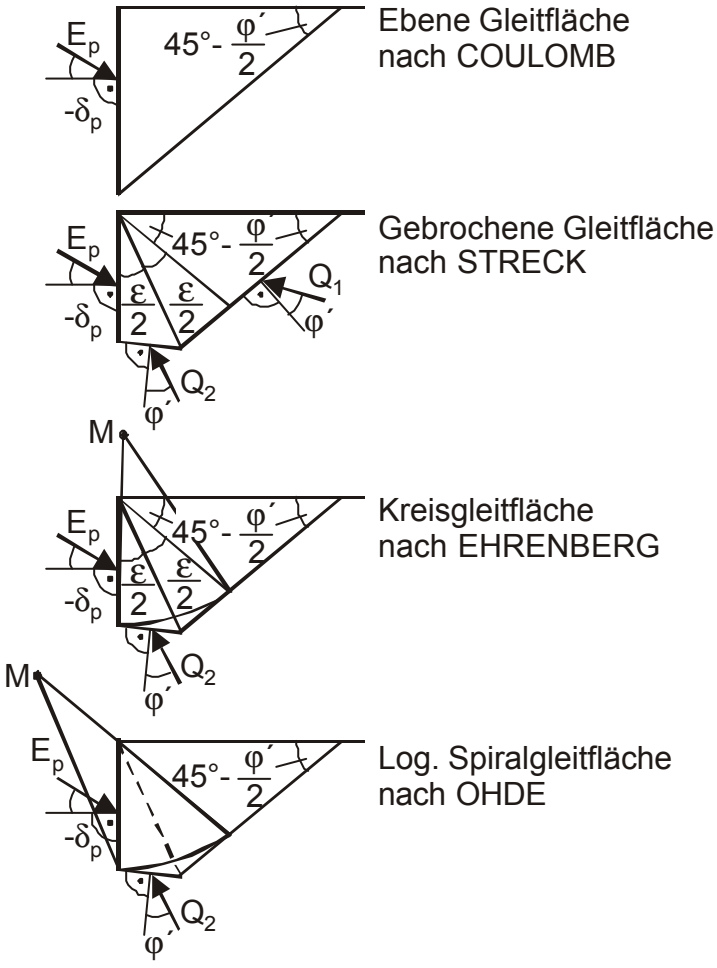


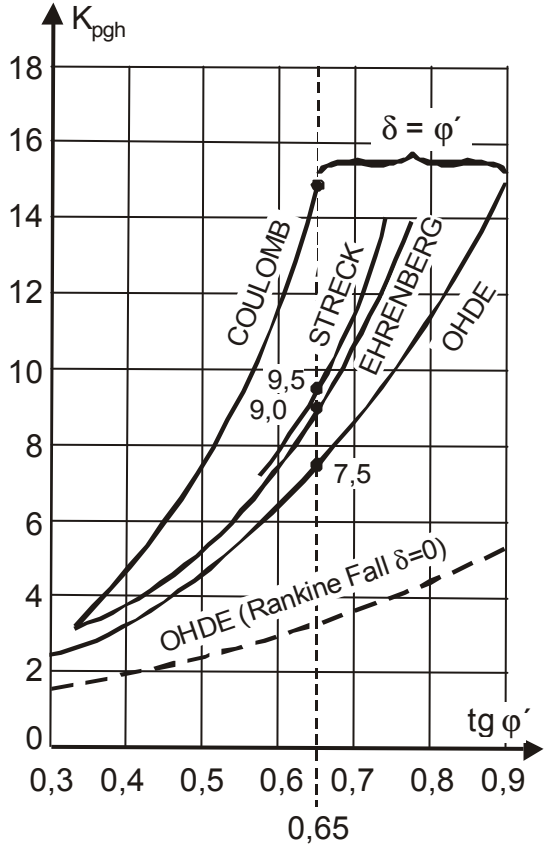

Aktiver Erddruck

Passiver Erddruck

Vergleich aktive und passive Gleitfugen abhängig von δ für $\varphi' = 30°$

# Kinematische Methode: Vergleich unterschiedlicher Ansätze zur Berücksichtigung einer Gleitfugenkrümmung



# Berücksichtigung gekrümmter Gleitfugen

Aktiver Erddruck: Es darf immer mit ebenen Gleitfugen gerechnet werden.
Voraussetzung: $\delta_a \leq 2/3\ \varphi'$.

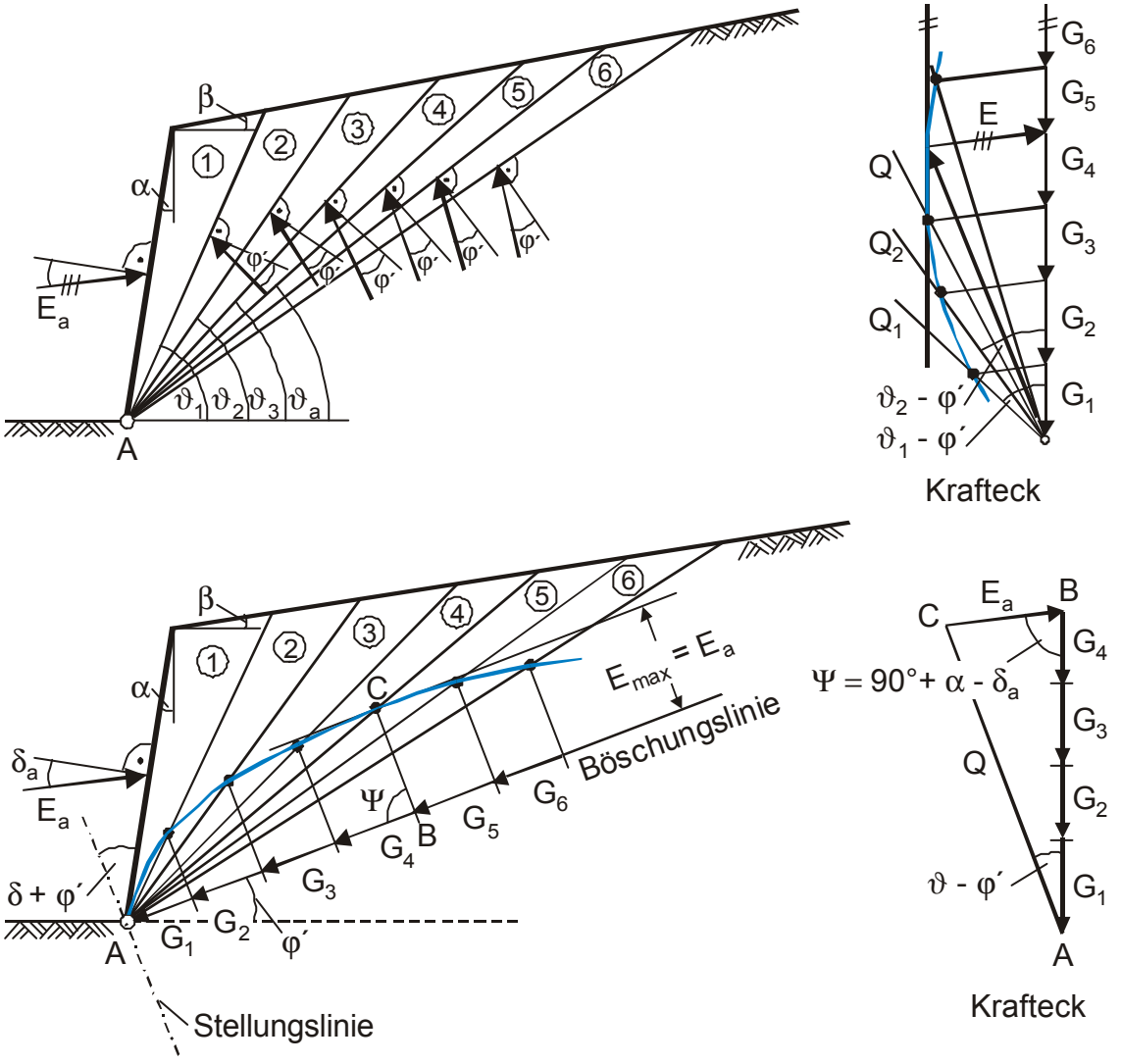
Passiver Erddruck: Ebene Gleitfugen für $\varphi' \leq 35°$ (bzw. 30° bei nicht „verzahnter" Wandfläche), dann aber $|\delta_p| \leq 2/3\ \varphi'$.
Grundsätzlich gekrümmte Gleitfugen für $\varphi' > 35°$, dann darf aber maximal auch $|\delta_p| = \varphi'$ angesetzt werden.

Erddruckbeiwerte für $\alpha = \beta = 0$:

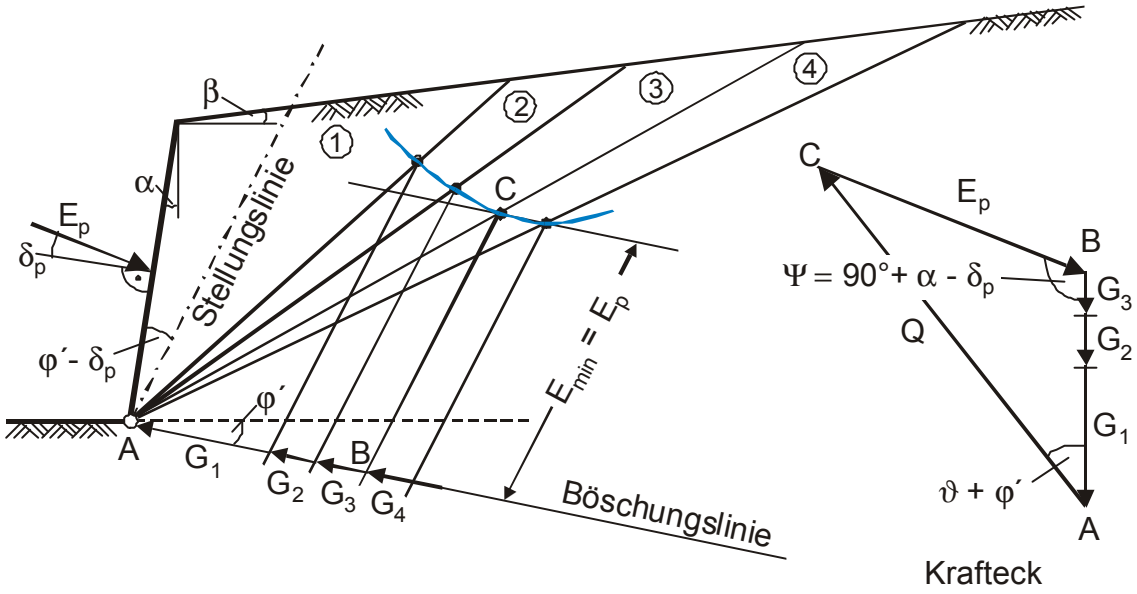
| φ | $K_{ah}$ | | $K_{ph}$ | | | | | φ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\delta = \pm 0$ | $d = +\frac{2}{3} j$ | $\delta = \pm 0$ | $d = -\frac{1}{3} j$ | $d = -\frac{1}{2} j$ | $d = -\frac{2}{3} j$ | $d = -j$ | |
| 10° | 0,70 | 0,65 | 1,42 | 1,52 | 1,56 | 1,61 | | 10° |
| 12,5° | 0,64 | 0,58 | 1,55 | 1,69 | 1,76 | 1,83 | | 12,5° |
| 15° | 0,59 | 0,52 | 1,70 | 1,89 | 1,99 | 2,10 | | 15° |
| 17,5° | 0,54 | 0,47 | 1,86 | 2,13 | 2,27 | 2,42 | | 17,5° |
| 20° | 0,49 | 0,43 | 2,04 | 2,40 | 2,60 | 2,81 | | 20° |
| 22,5° | 0,45 | 0,38 | 2,24 | 2,72 | 2,99 | 3,30 | | 22,5° |
| 25° | 0,41 | 0,35 | 2,46 | 3,09 | 3,47 | 3,91 | | 25° |
| 27,5° | 0,37 | 0,31 | 2,72 | 3,54 | 4,06 | 4,70 | | 27,5° |
| 30° | 0,33 | 0,28 | 3,00 | 4,08 | 4,81 | 5,74 | | 30° |
| 32,5° | 0,30 | 0,25 | 3,32 | 4,74 | 5,76 | 7,15 | | 32,5° |
| 35° | 0,27 | 0,22 | 3,69 | 5,56 | 7,02 | 9,15 | | 35° |
| 37,5° | 0,24 | 0,20 | 4,11 | 6,59 | 7,94 | 9,34 | 10,49 | 37,5° |
| 40° | 0,22 | 0,18 | 4,60 | 7,89 | 9,76 | 11,74 | 13,44 | 40° |
| 45° | 0,17 | 0,14 | 5,83 | 11,76 | 15,49 | 19,66 | 23,71 | 45° |

Kph - Werte unter Annahme gekrümmter Gleitflächen

# Grafische Erddruckermittlung
# Culmann-Verfahren für aktiven Erddruck



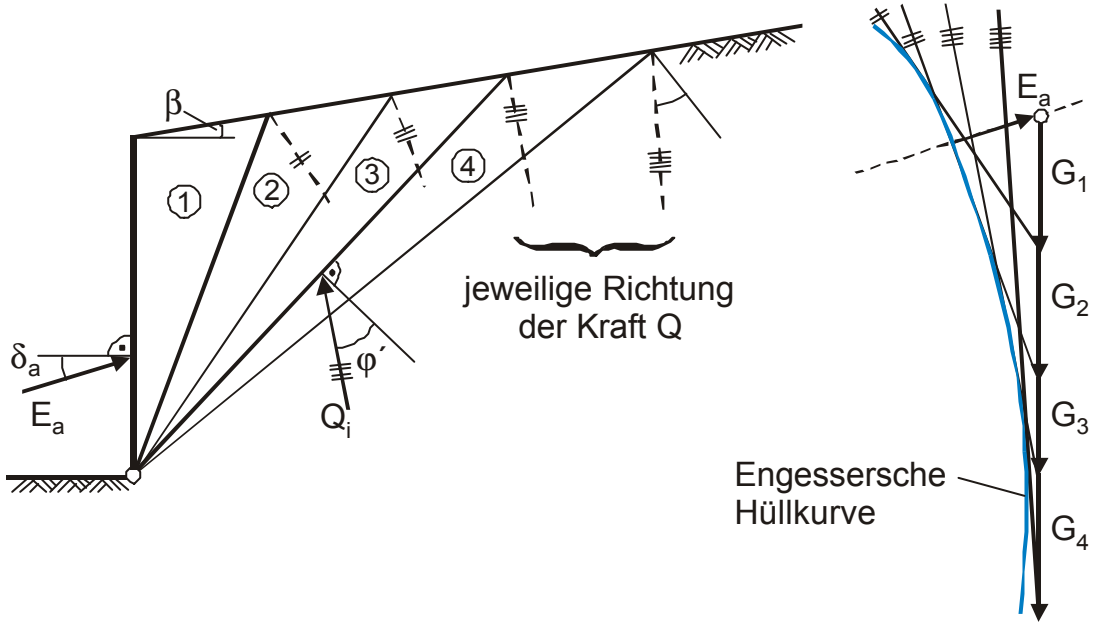
# Grafische Erddruckermittlung
# Culmann-Verfahren für passiven Erddruck



# Grafische Erddruckermittlung nach Engesser

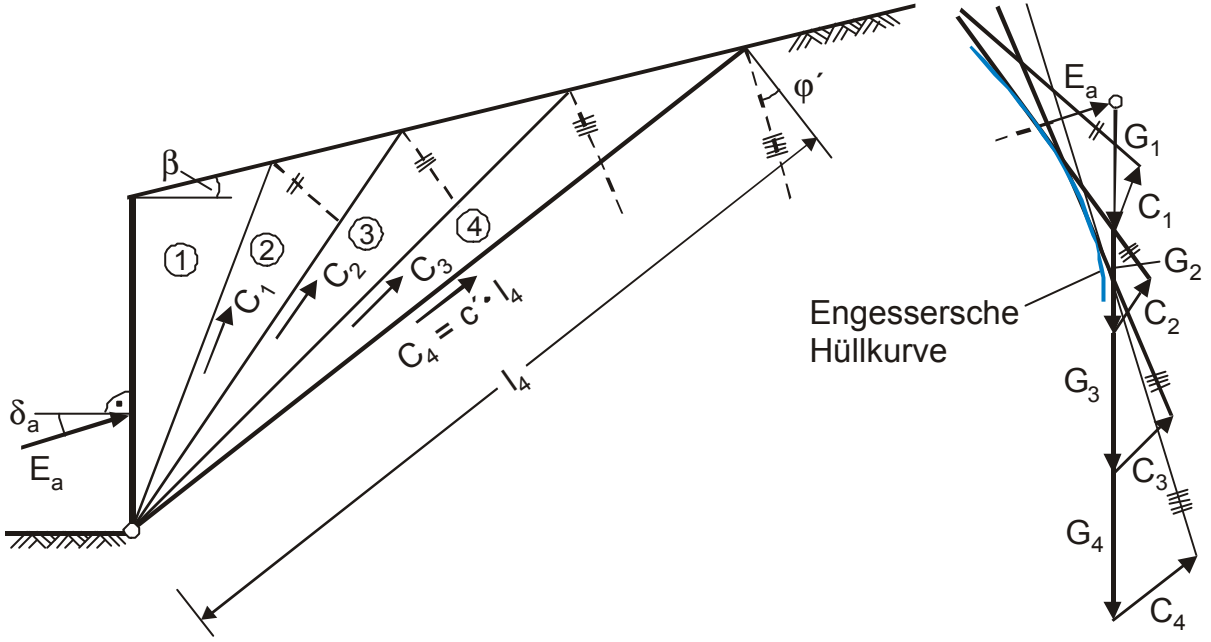
Günstig für kohäsive Böden sowie
zur Berücksichtigung zusätzlicher Kräfte

## Aktiver Erddruck ohne Kohäsion:

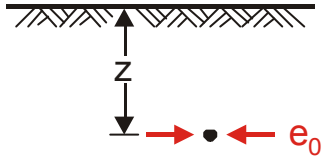


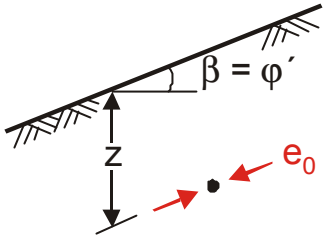
# Grafische Erddruckermittlung nach Engesser

## Aktiver Erddruck mit Kohäsion:



# Ansätze zur Ermittlung des Erdruhedrucks




$$e_0 = \gamma \cdot z \cdot k_0$$

$\beta = 0^0$ :

$k_0 \approx 1 - \sin \varphi'$ (NC)

bzw. $k_0 \approx (1 - \sin \varphi') \cdot OCR^{\lambda}$ (OC)

$\beta = \varphi'$ :

$k_0 \approx \cos \varphi'$ (NC)

bzw. $k_0 \approx \cos \varphi' \cdot OCR^{\lambda}$ (OC)