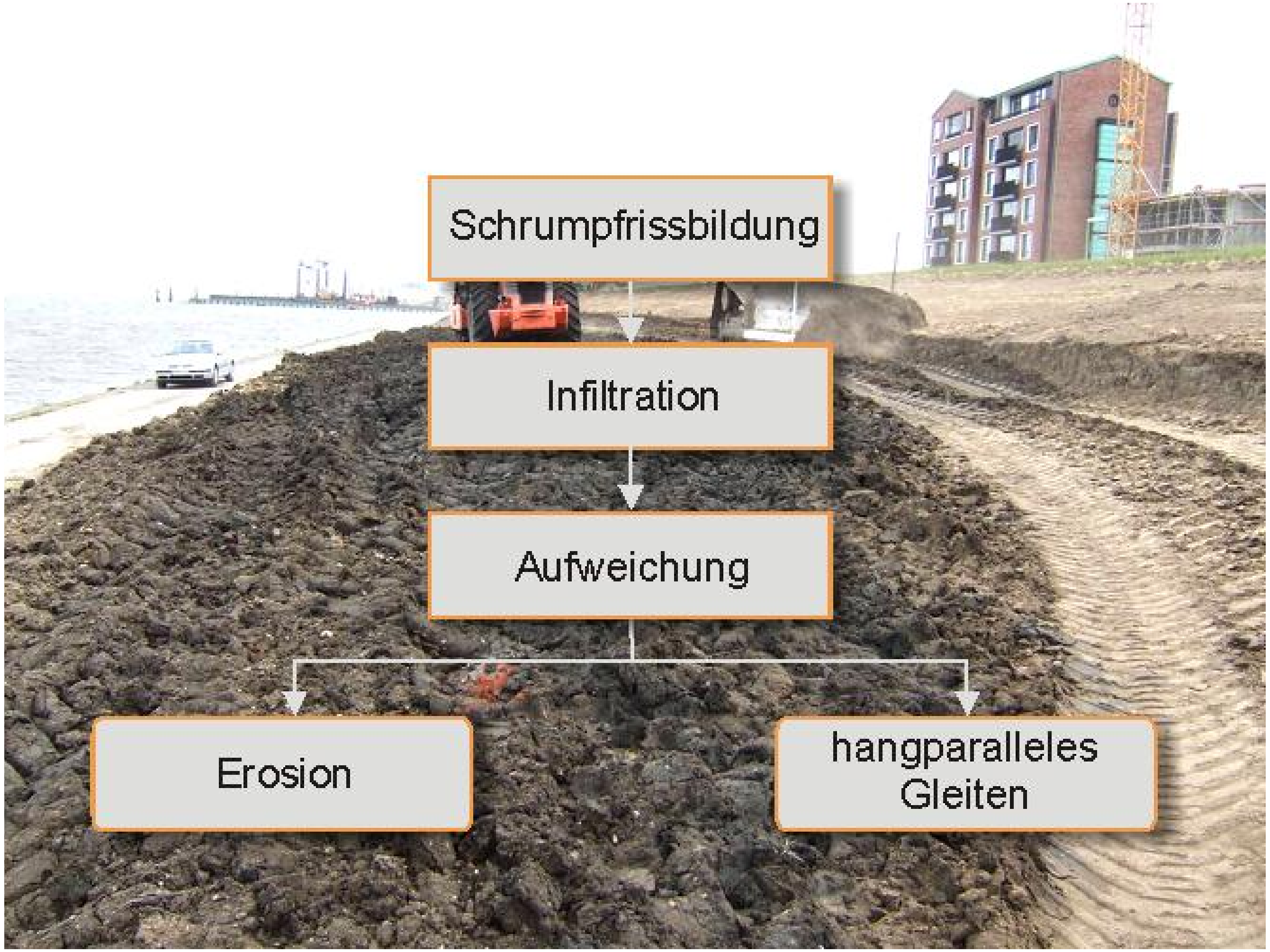
Analyse bodenmechanischer Prozesse zur funktionalen Optimierung von (INTBEM A)

(Pohl, Richwien, Vavrina, Weißmann)
In Zusammenarbeit mit INTBEM B,
NLKWN, Forschungsstelle Küste

Bodenmechanische Prozesse



Schrumpfrissbildung

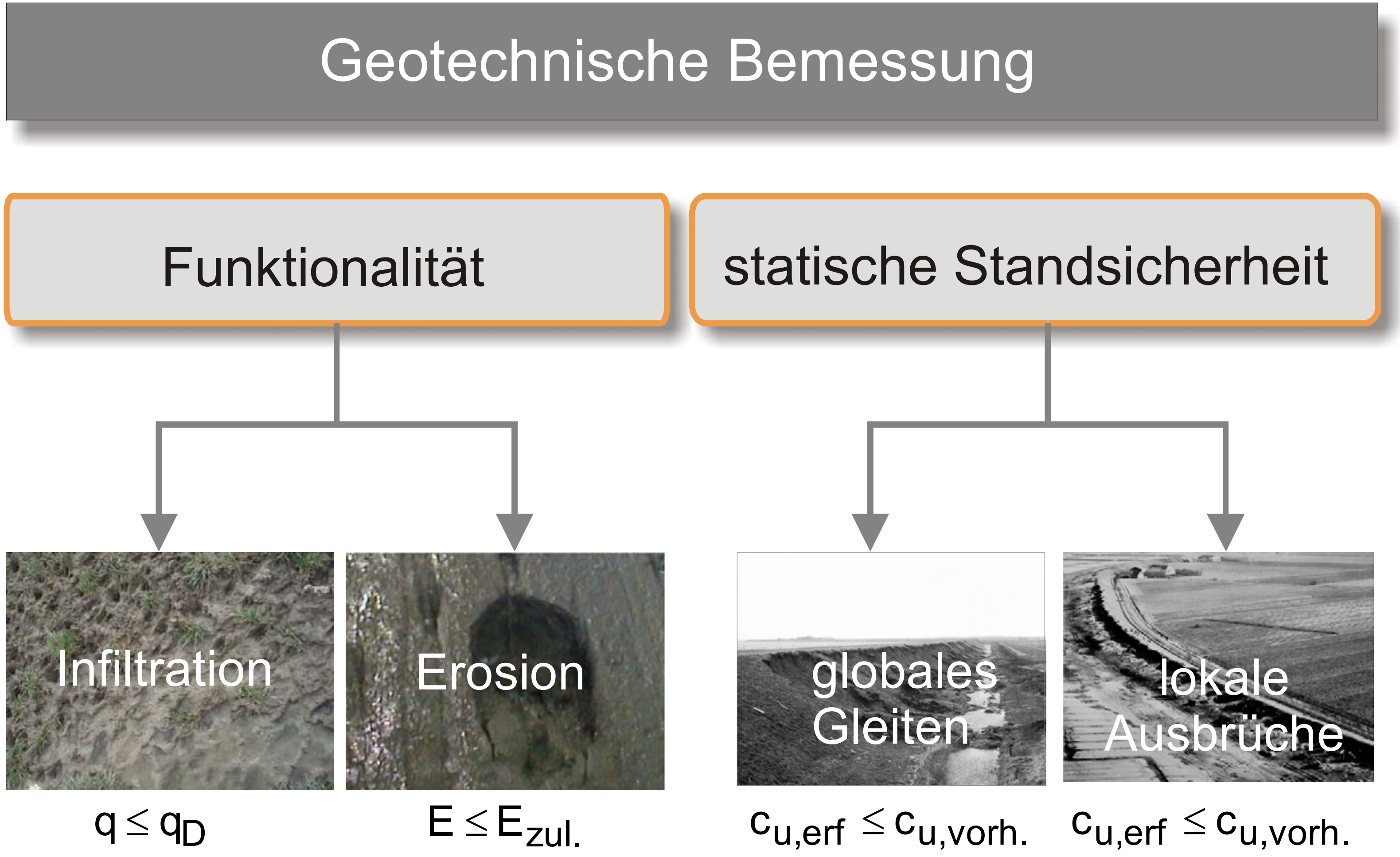
Infiltration

Aufweichung

Erosion

hangparalleles Gleiten

Bemessungsansatz



Geotechnische Bemessung

Funktionalität

statische Standsicherheit

Infiltration

$q \leq q_D$

Erosion

$E \leq E_{zul.}$

globales Gleiten

$c_{u,erf} \leq c_{u,vorh.}$

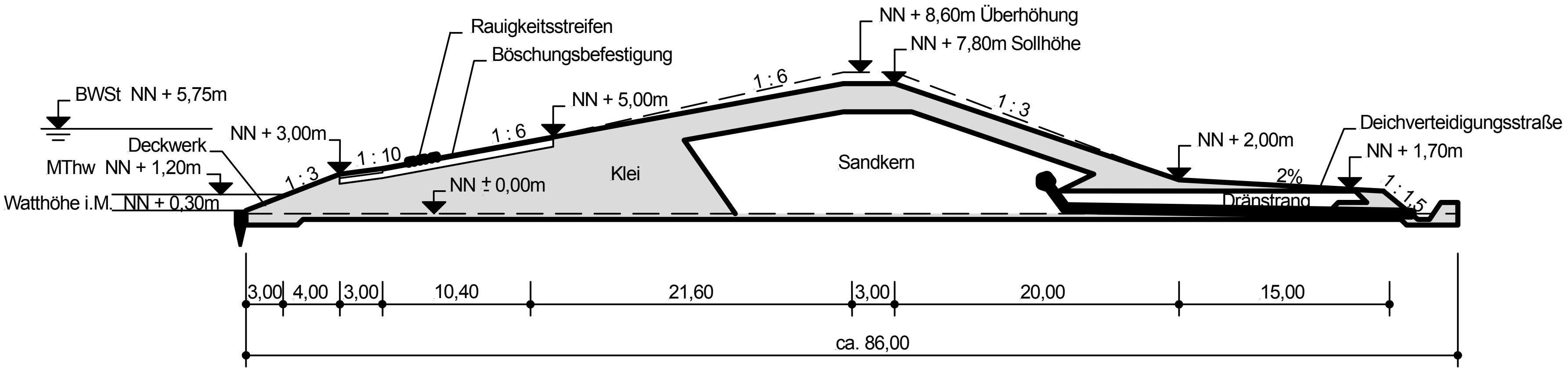
lokale Ausbrüche

$c_{u,erf} \leq c_{u,vorh.}$

Beispiel

- Schardeich -

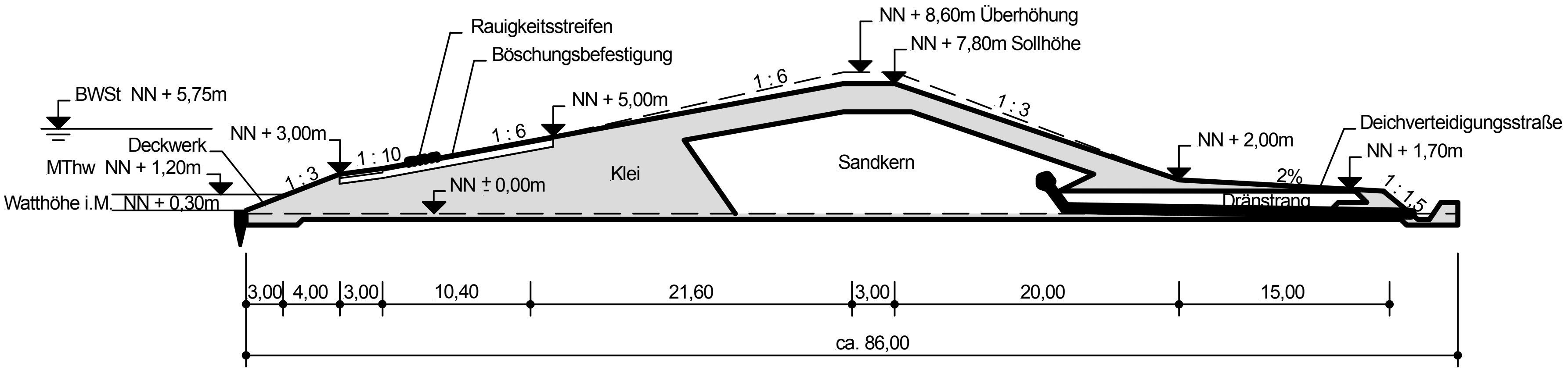
		Boden 1	Boden 2	Boden 3
d_R	[m]	0,25	0,50	0,75
k_r	[m/s]	$5 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-7}$	$5 \cdot 10^{-8}$
w_L	[-]	0,20	0,50	0,9
w_P	[-]	0,10	0,25	0,4
ρ_s	[g/cm³]	2,68		
γ_r	[kN/m³]	20	20	20
$c_{u,wP}$	[kN/m²]	5	20	35
K	[m³/(Ns)]	$1 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-8}$	$1 \cdot 10^{-9}$
τ_0	[N/m²]	5	7,5	10


Rauigkeitsstreifen
Böschungsbefestigung
NN + 8,60m Überhöhung
NN + 7,80m Sollhöhe
BWSt NN + 5,75m
NN + 5,00m
1 : 6
1 : 3
Deckwerk
NN + 3,00m
1 : 6
1 : 10
MThw NN + 1,20m
1 : 3
Watthöhe i.M. NN + 0,30m
NN ± 0,00m
Klei
Sandkern
NN + 2,00m
Deichverteidigungsstraße
NN + 1,70m
2%
1 : 1,5
Dränstrang
3,00
4,00
3,00
10,40
21,60
3,00
20,00
15,00
ca. 86,00

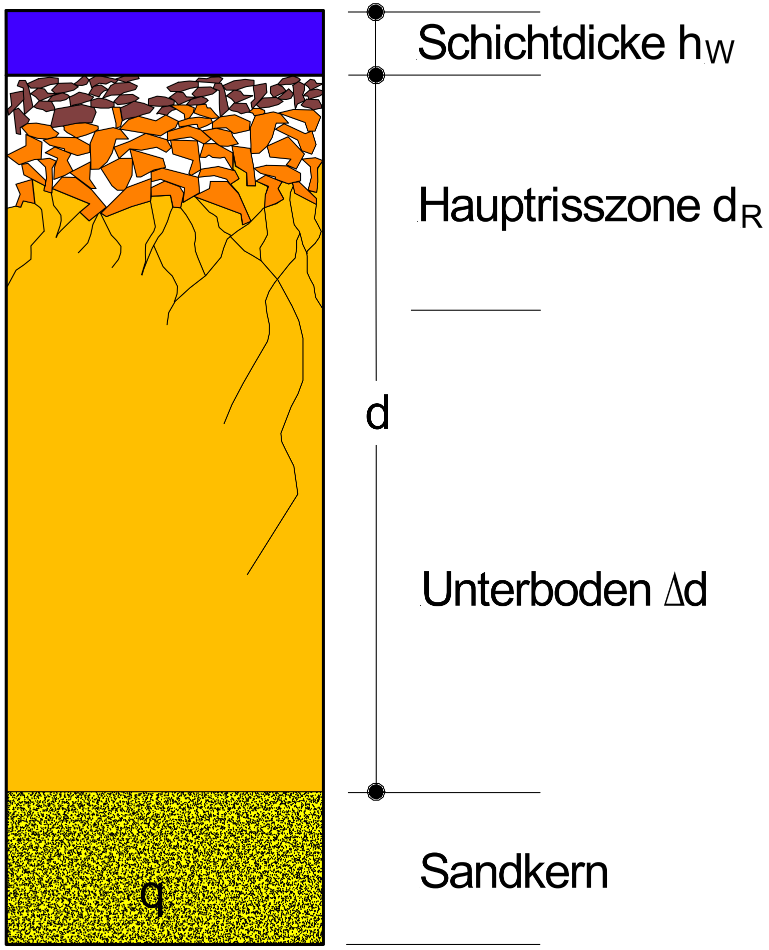
Beispiel

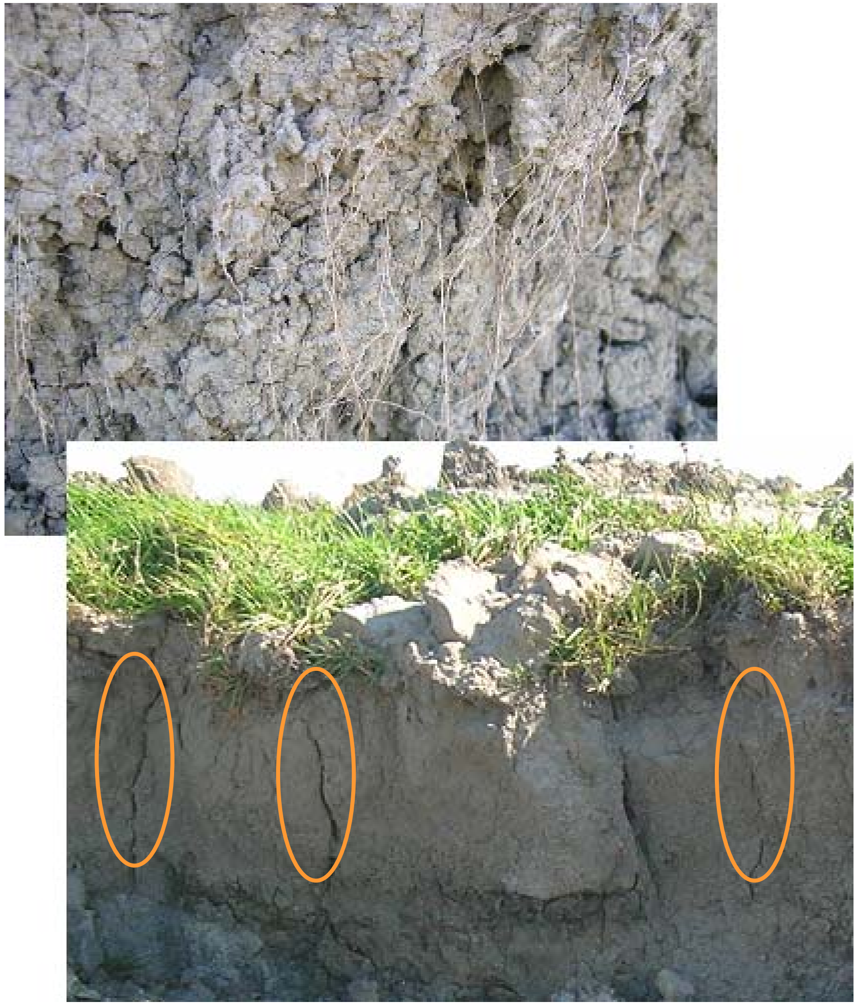
- Schardeich -

		Boden 1	Boden 2	Boden 3
d_R	[m]	0,25	0,50	0,75
k_r	[m/s]	$5 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-7}$	$5 \cdot 10^{-8}$
w_L	[-]	0,20	0,50	0,9
w_P	[-]	0,10	0,25	0,4
ρ_s	[g/cm³]	2,68		
γ_r	[kN/m³]	20	20	20
$c_{u,sat}$	[kN/m²]	5	20	35
K	[m³/(Ns)]	$1 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-8}$	$1 \cdot 10^{-9}$
τ_0	[N/m²]	5	7,5	10

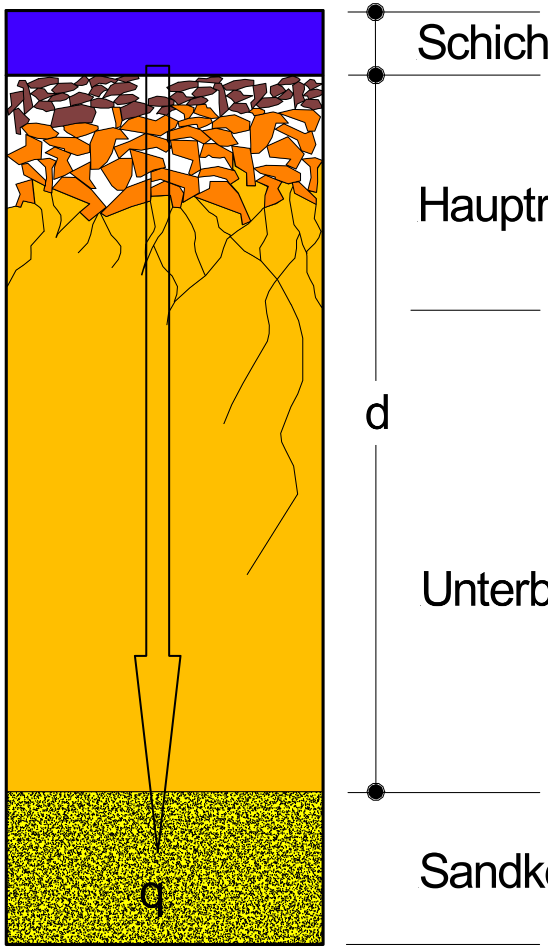

Rauigkeitsstreifen
Böschungsbefestigung
NN + 8,60m Überhöhung
NN + 7,80m Sollhöhe
BWSt NN + 5,75m
NN + 5,00m
NN + 3,00m
Deckwerk
MThw NN + 1,20m
Watthöhe i.M. NN + 0,30m
1 : 3
1 : 10
1 : 6
1 : 6
1 : 3
NN ± 0,00m
Klei
Sandkern
NN + 2,00m
Deichverteidigungsstraße
NN + 1,70m
2%
1 : 1,5
Dränstrang
3,00
4,00
3,00
10,40
21,60
3,00
20,00
15,00
ca. 86,00

Schrumpfrissbildung und Infiltration


Schichtdicke h_W
Hauptrisszone d_R
d
Unterboden Δd
Sandkern
q



Schrumpfrissbildung und Infiltration


Schichtdicke h_W
Hauptrisszone d_R
d
Unterboden Δd
Sandkern
q

Dicke der Abdeckung:

$$d \geq d_R + \Delta d$$

Zusatzdicke:

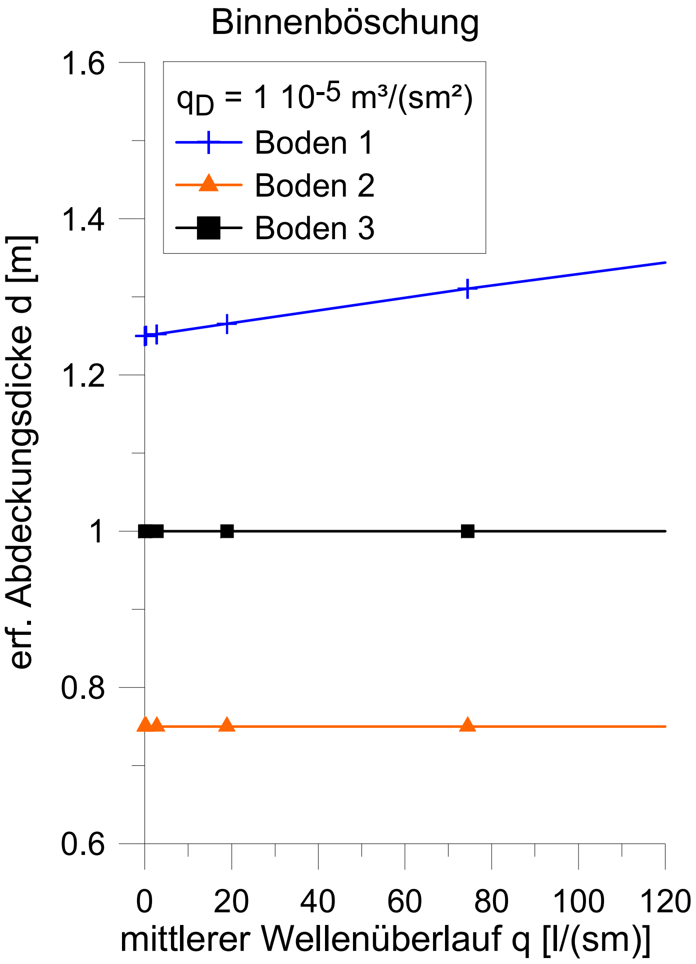
$$\Delta d = \frac{k_r}{q_D - k_r}\left(h_W + d_R\right)$$

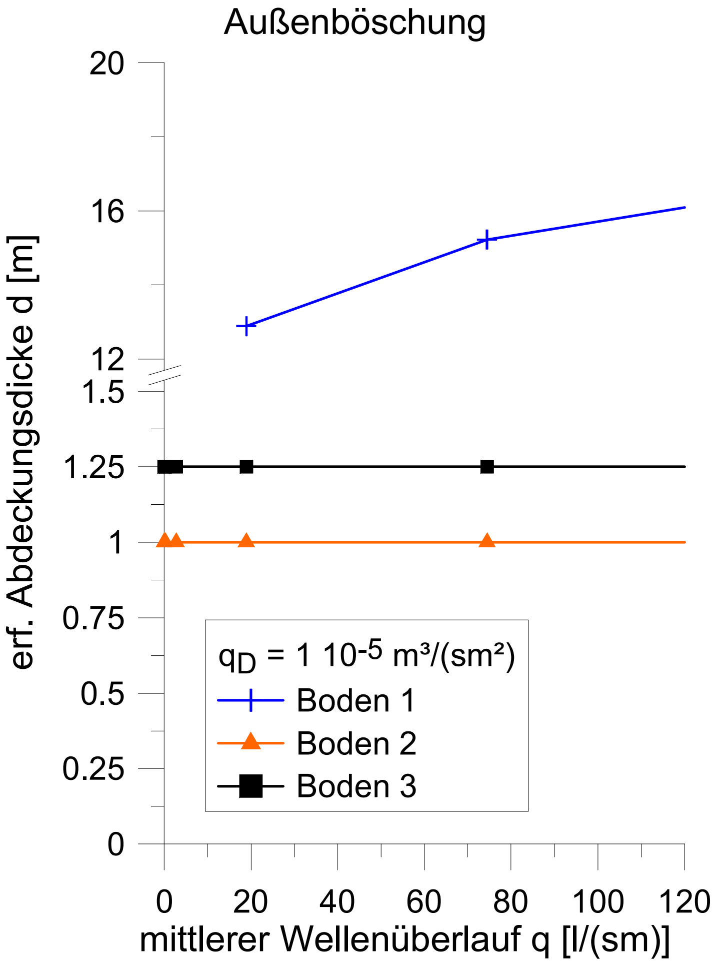
$$\geq 0{,}25\ \text{m (binnen)}$$

$$\geq 0{,}5\ \text{m (seeseitig)}$$

Infiltration

- Beispiel f = 0,02 -


Binnenböschung


Außenböschung

Erosion

$$E = k \cdot \int (\tau - \tau_0) \cdot t \cdot dt$$

Einwirkung:

τ: Sohlschubspannung

t: Zeit

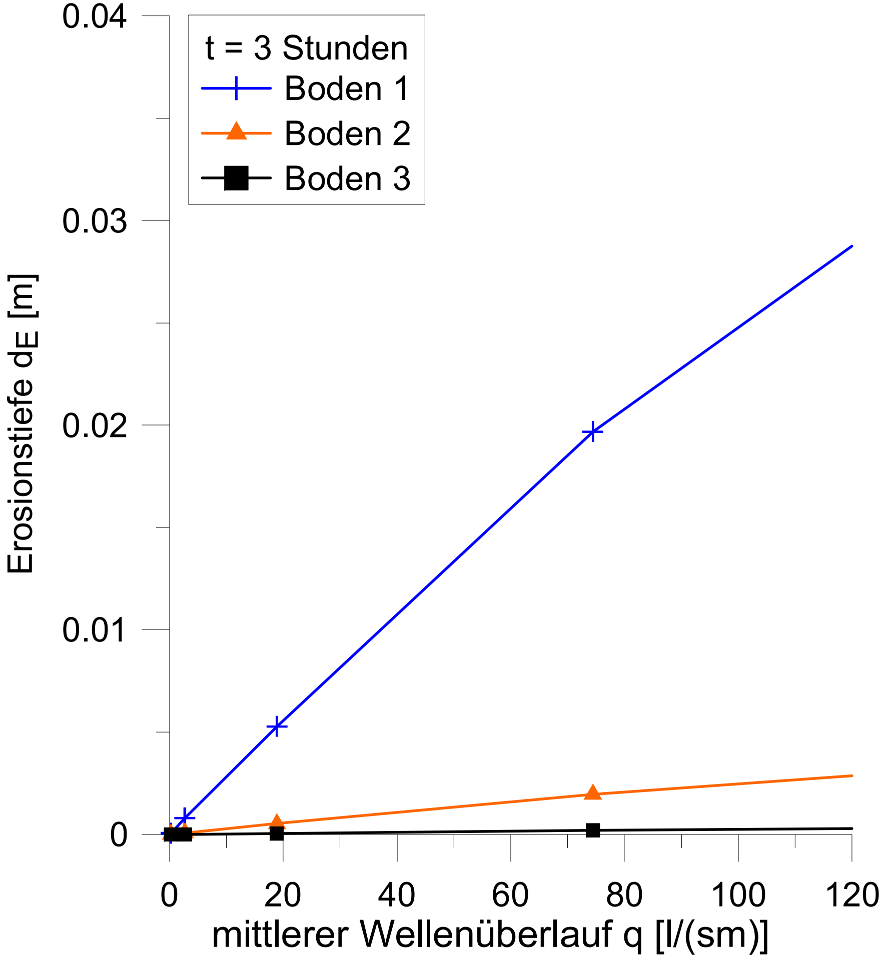
Widerstand:

k: Erosionskoeffizient

τ_0: kritische Sohlschubspannung

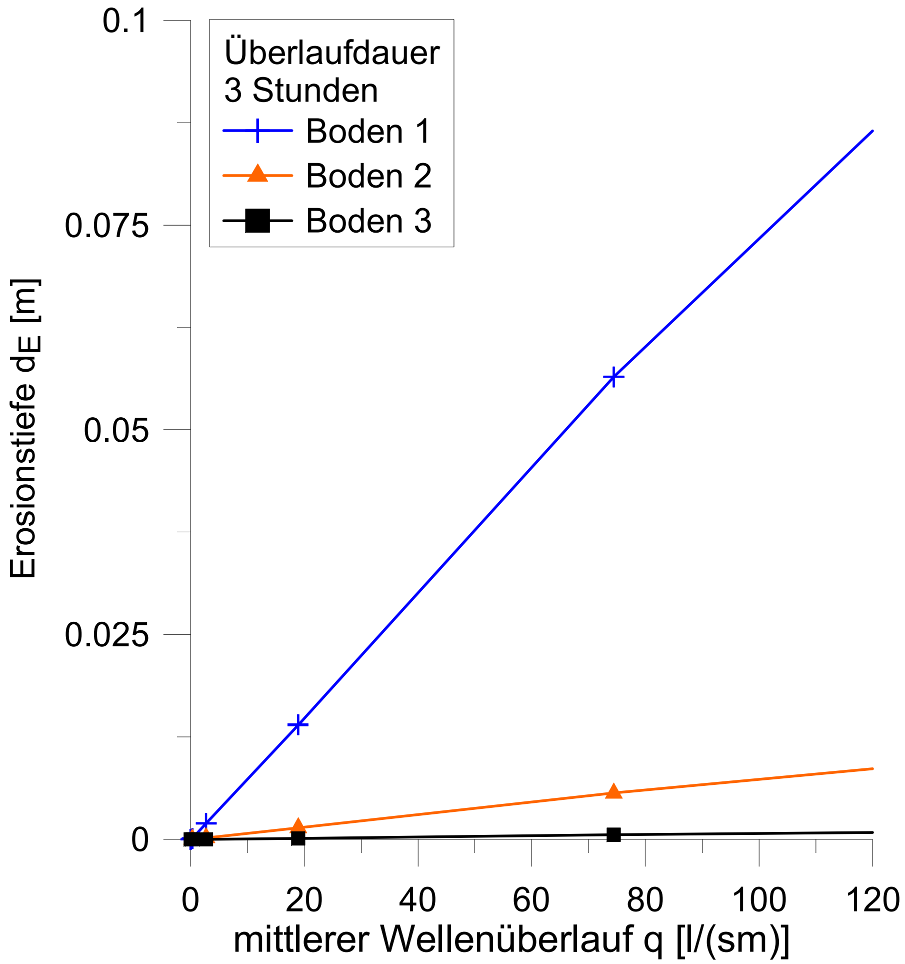
Erosion

- Beispiel f = 0,02 -



Erosion

- Beispiel f = 0,02 -

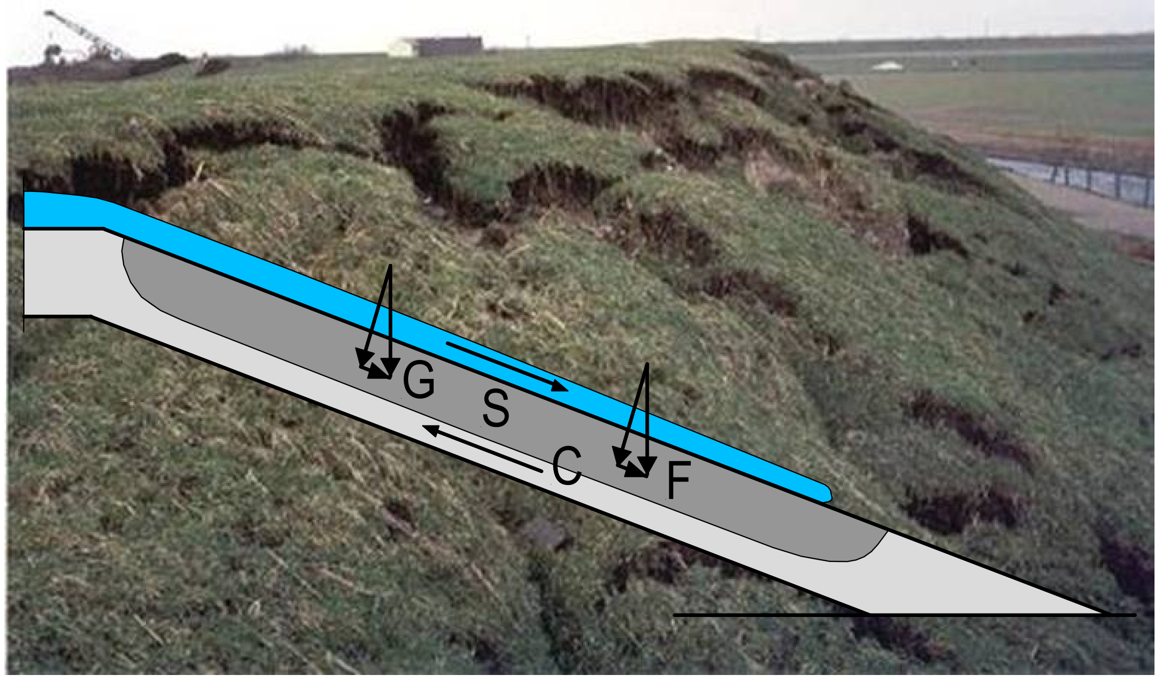


Hangparalleles Gleiten

Grenzzustandsgleichung:

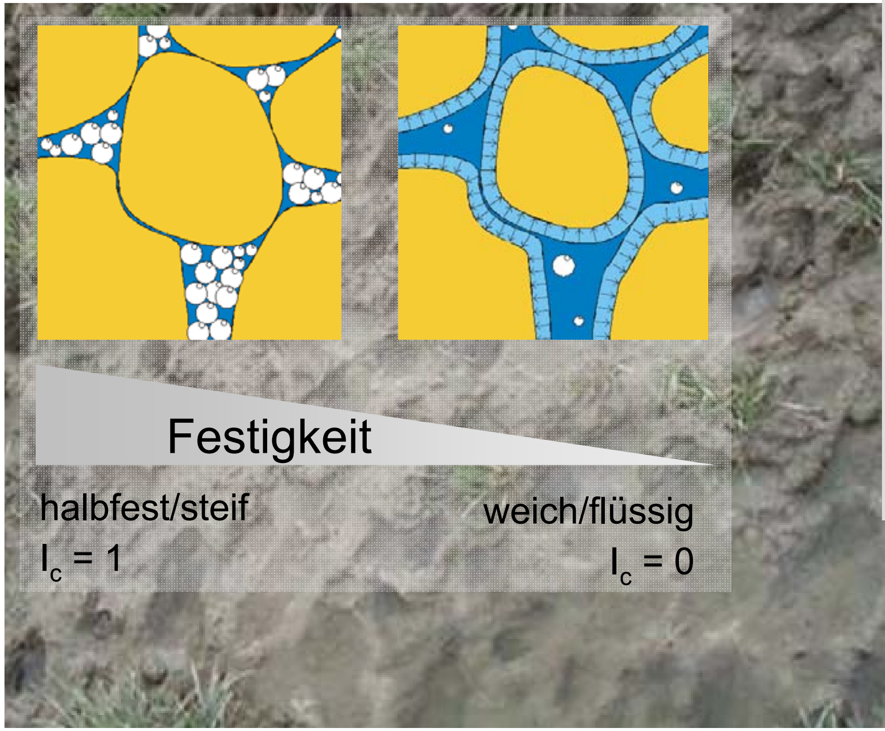
$$C \geq G_{||} + F_{||} + S$$

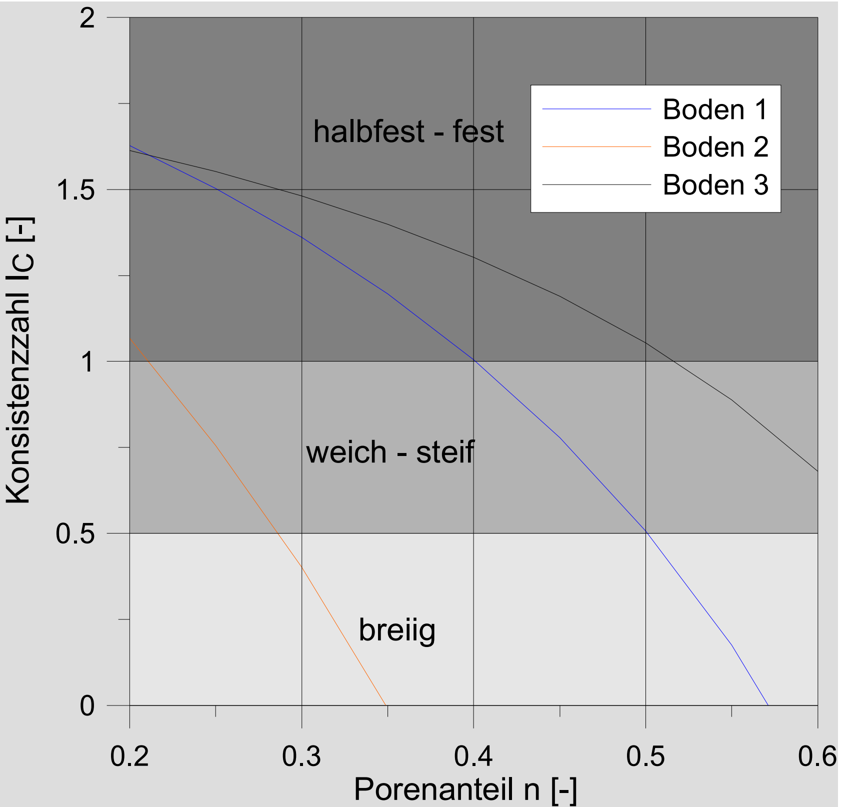
$$\Leftrightarrow \text{erf.}\, c_u = \gamma_{cu} \left(d \sin\beta \, (\gamma_r \, \gamma_G + i \, \gamma_w \, \gamma_Q) + \gamma_w \, h_w \, I_E \, \gamma_Q \right)$$



Hangparalleles Gleiten

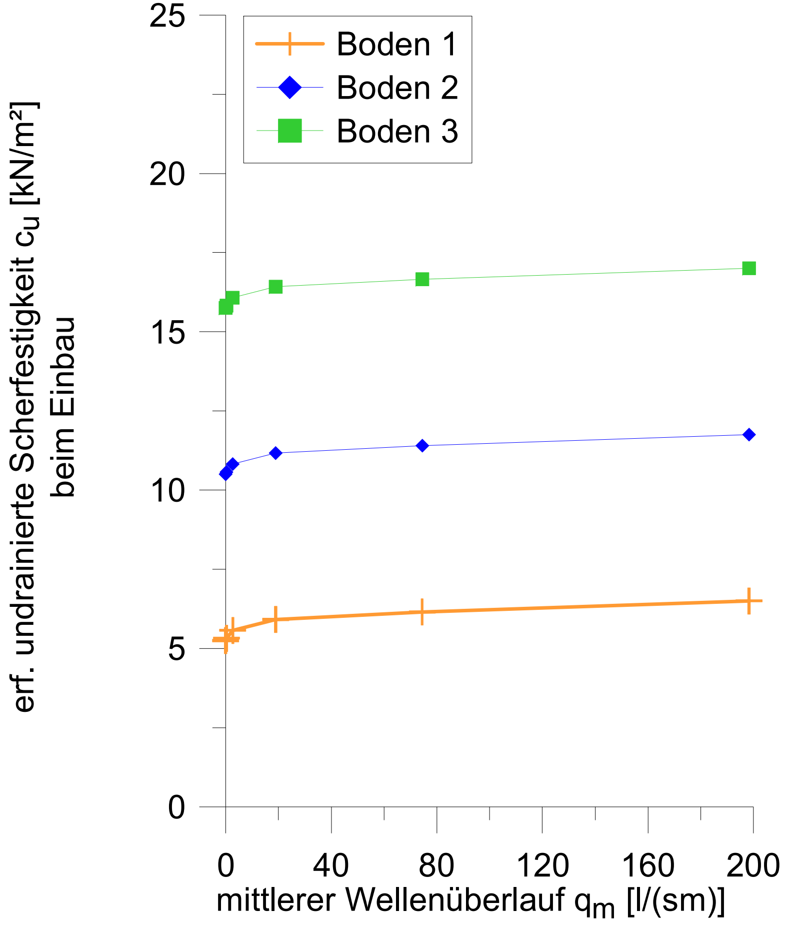
- Festigkeit bei Vernässung -

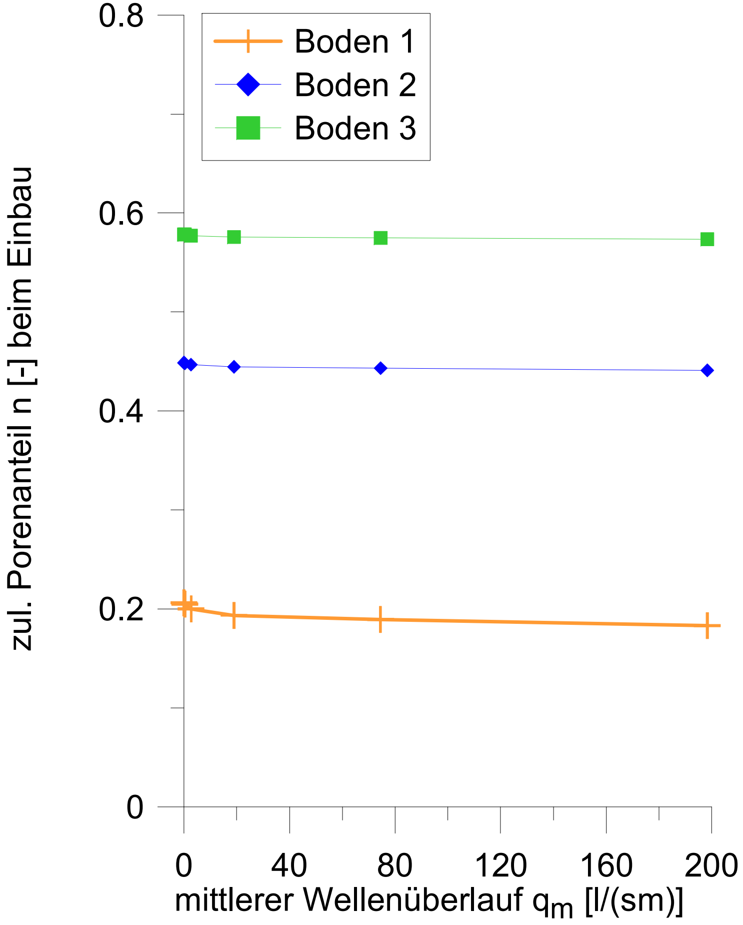

Festigkeit
halfest/steif
I_c = 1
weich/flüssig
I_c = 0



Hangparalleles Gleiten

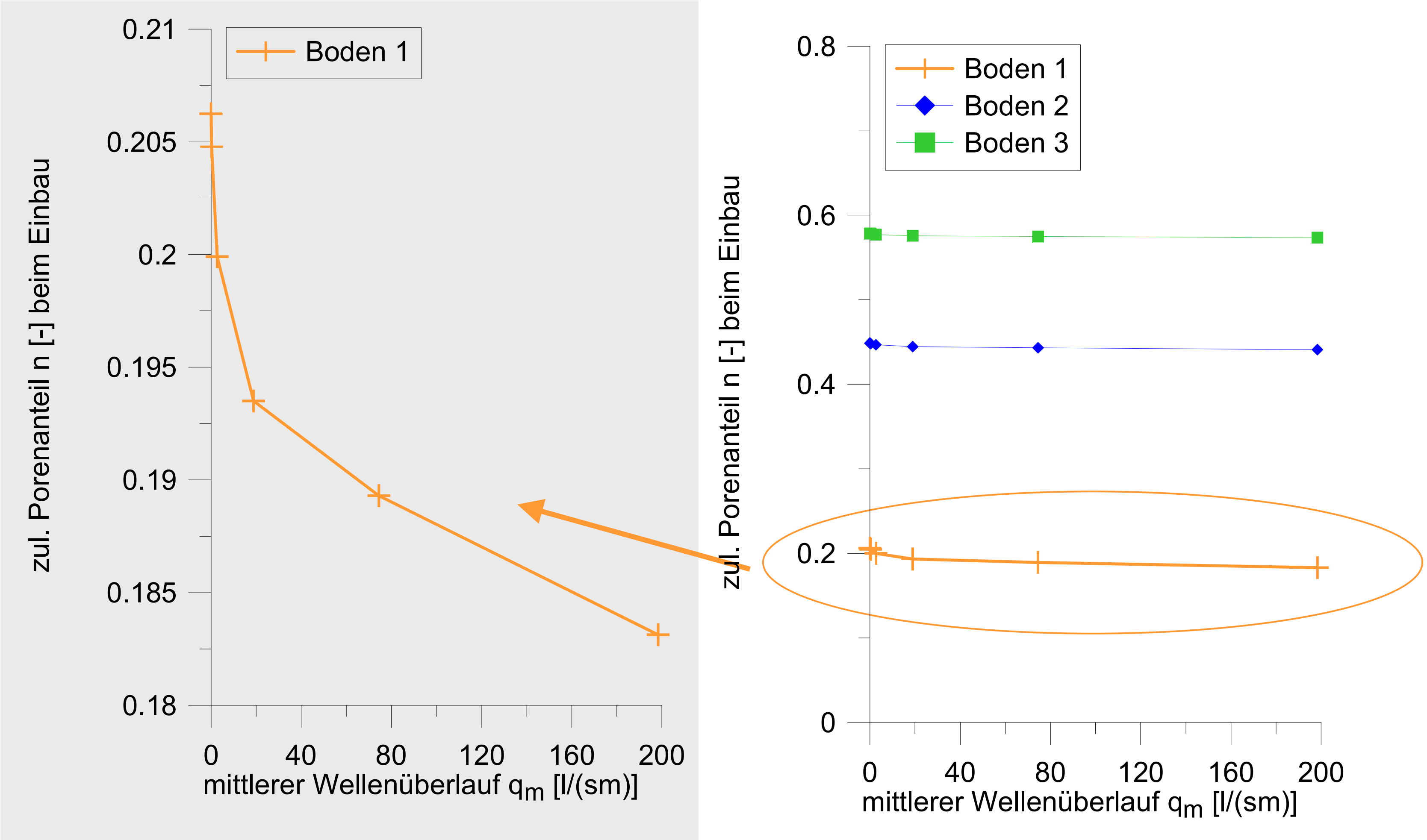
- Beispiel -





Hangparalleles Gleiten

- Beispiel -

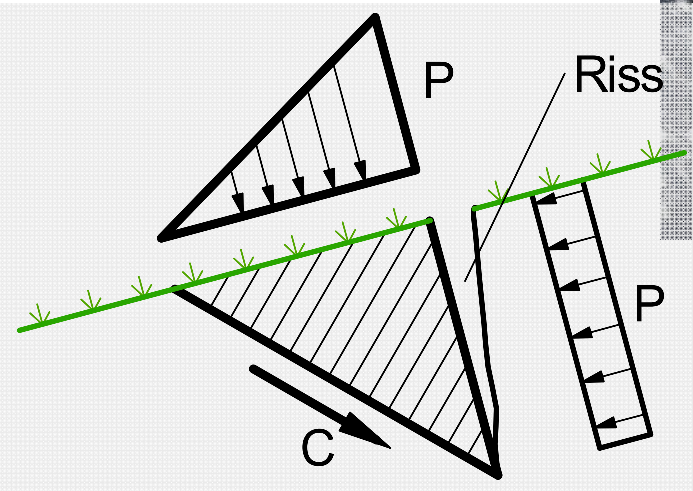


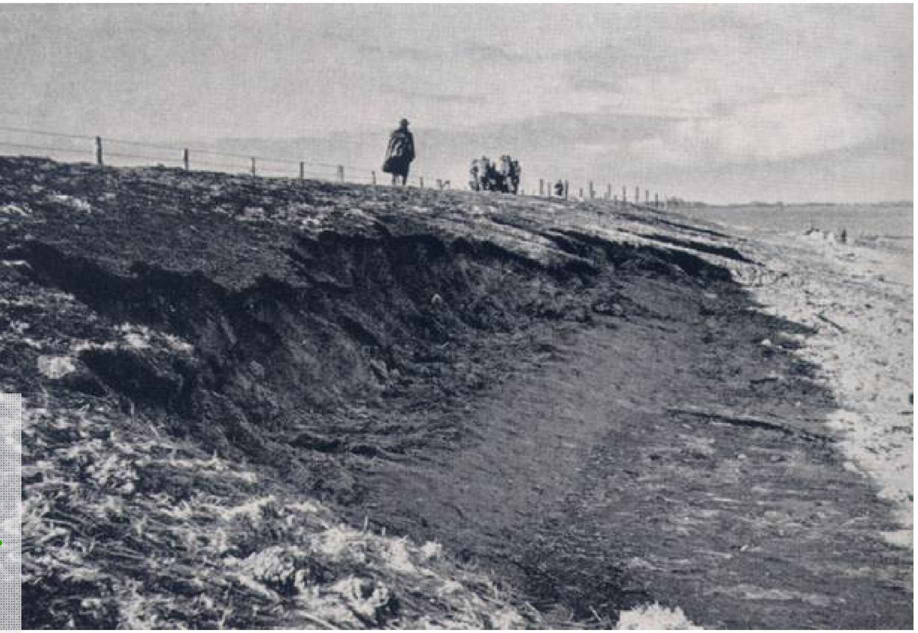
Druckschlag

Grenzzustandsgleichung:

$$C \geq P_{II} - C_W$$

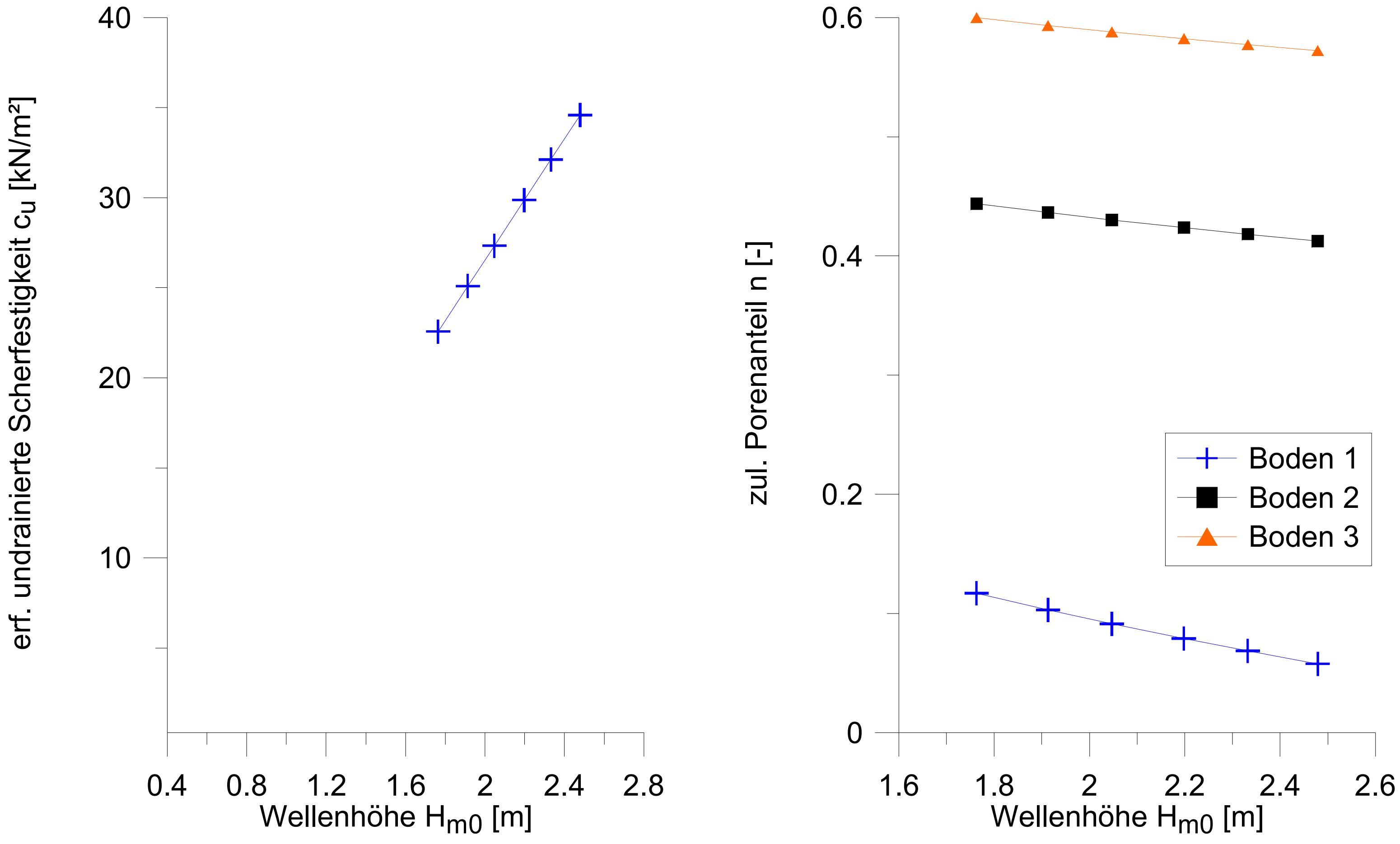
$$\text{erf.}\, c_u = \frac{p_{max} \cos\vartheta \; \gamma_Q \; \gamma_{cu}}{\left(\dfrac{1}{\sin\vartheta} + \dfrac{d_W}{l_r \tan\vartheta}\right)} - c_W$$





Druckschlag

- Beispiel f = 0,02 -



Zusammenfassung und Ausblick:

- Die Bemessungsansätze erlauben die Bewertung der Deichsicherheit für beliebige Überlaufszenarien.
- Voraussetzung ist die Kenntnis der Überlaufmenge und der bodenmechanischen Kenngrößen
- Sicherheitsreserven werden ausgewiesen, Sicherheitsdefizite aufgezeigt
- Aus den Ergebnissen können die objektiv erforderlichen Maßnahmen direkt abgeleitet werden.

Optionen der Verbesserung der Deichsicherheit:

Einwirkungen:

- Änderung der Geometrie
- Böschungsneigung
- Berme
- Deichhöhe

Widerstände:

- Grasnarbe verbessern
- Dicke der Abdeckung
- Verdichtung der Abdeckung
- Ertüchtigung der Abdeckung

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!