

Global- und Teilsicherheitskonzept bei der Ankerbemessung

**Bundesanstalt für Wasserbau – Dienststelle Hamburg
Dr.-Ing. Martin Pohl**



Gliederung

- Normen
- Vergleich der Bemessungsansätze und Nachweise nach alter und neuer Norm
 - für: Verpressanker
 - Verpresspfähle (Mikropfähle)
- Berechnungsbeispiele & -ergebnisse
- Zusammenfassung

Normen

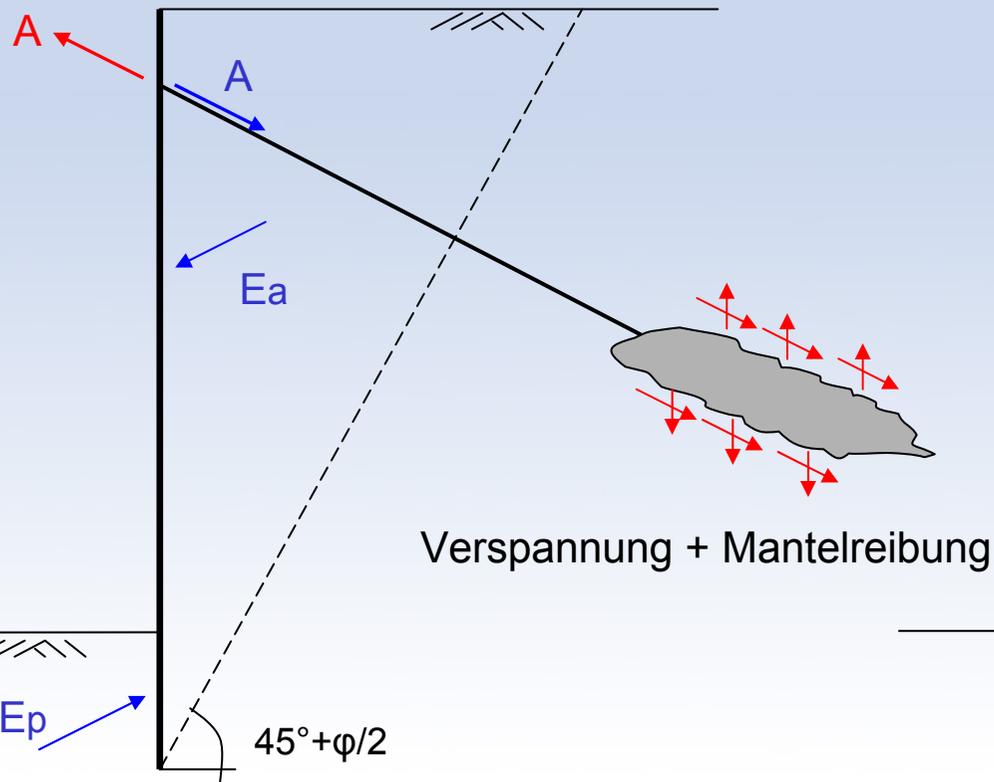
DIN 1054 (1976 / 2005) + EN 1997-1 (2005)

EAU (1990 / 2004)

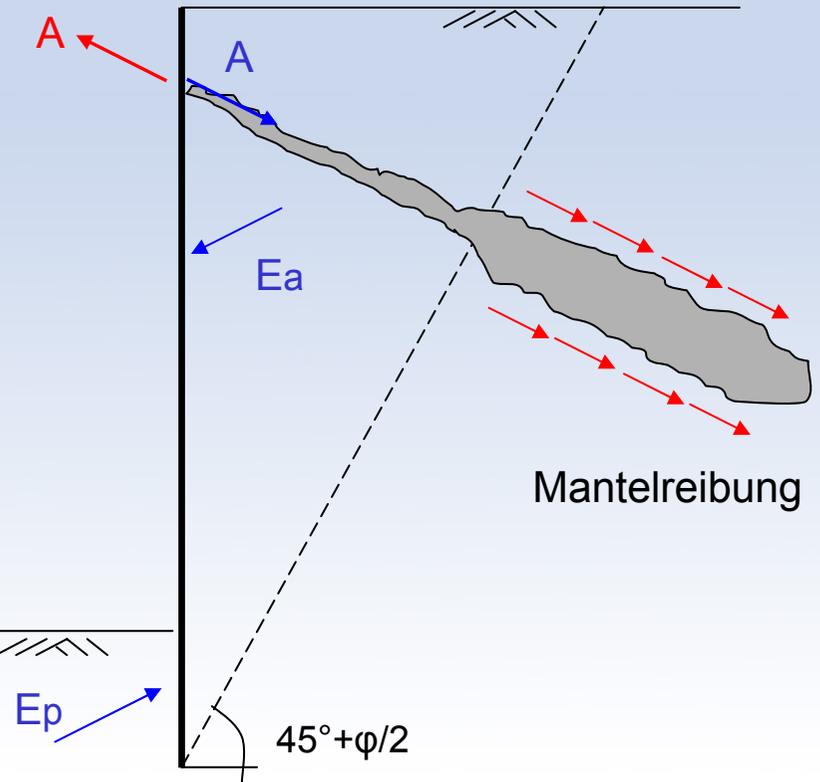
- Verpressanker: DIN 4125 (1990)
 DIN EN 1537 (2001) **lt. BMVBS nicht anzuwenden !**
- Verpresspfähle: DIN 4128 (1983)
 DIN EN 14199 (2001)

Bemessungsansatz

Verpressanker:



Verpresspfahl:



Bemessungsansatz

Nachweise:

Äußere Tragfähigkeit

Verpresskörper-Boden (Mantelreibung, Verspannung)

Innere Tragfähigkeit

Stahlzugglied (Anker), Rissbreite (Pfahl)

Standicherheit des Gesamtsystems

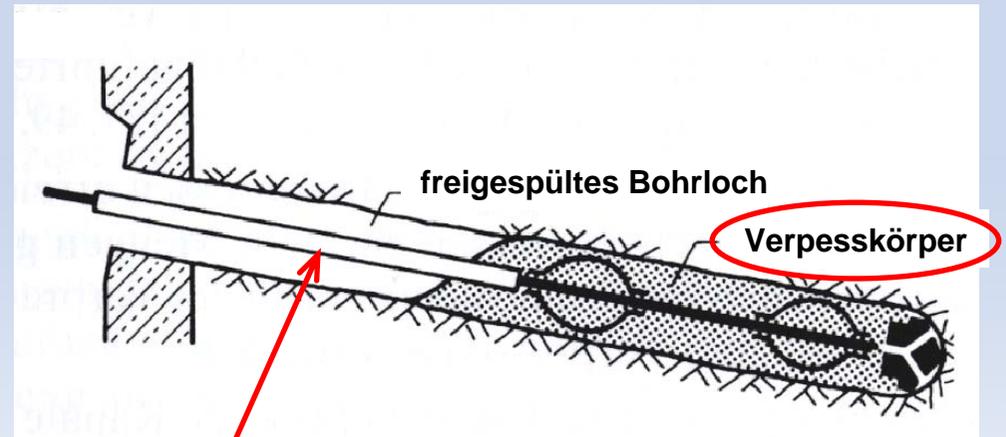
Tiefe Gleitfuge

Knicksicherheitsnachweis (Pfahl), wenn $c_u < 10$ bzw. 15 kN/m^2
(DIN 4128) (DIN 1054)

Bemessungsansatz - Verpressanker

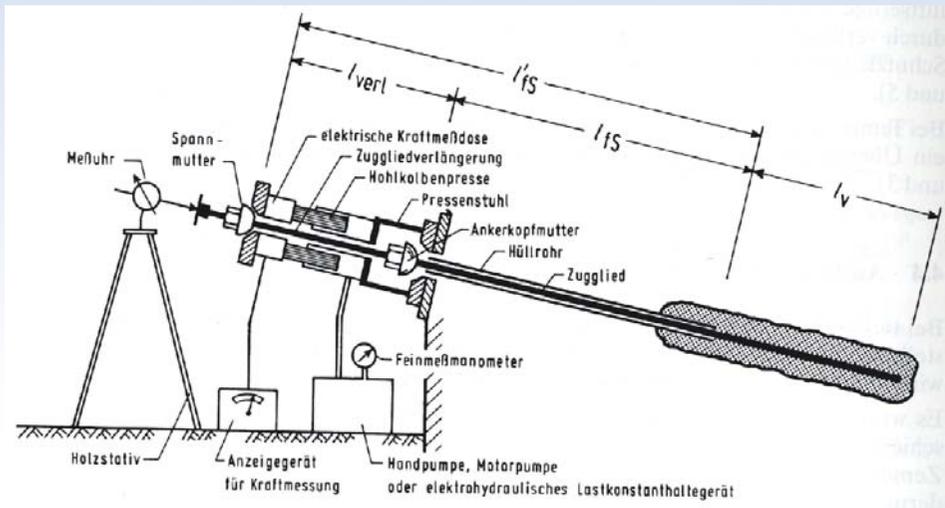
Bemessung: Stahlzugglied
 Verpresskörperlänge

in situ: Eignungsprüfung
 Abnahmeprüfung



[Quelle: Grundbautaschenbuch, 6. Auflage]

Stahlzugglied



Bemessungsansatz – Verpressanker

Kraftübertragung:

Ankerkopf – **Stahlzugglied** – Verpresskörper

DIN 4125

$$\text{zul } A \leq F_s / \eta_s$$

DIN 1054 (2005)

$$E_k \cdot \gamma_G \leq R_{ik} / \gamma_M$$

Tabelle 1. Sicherheitsbeiwerte η_K und η_S

1	2	3	4	5
Lastfall nach DIN 1054	Verpreßkörper: η_K		Stahlzugglied: η_S	
	Regel-fall	Erdruhe-druck	Regel-fall	Erdruhe-druck
1	1,50	1,33	1,75	1,33
2	1,33	1,25	1,50	1,25
3	1,25	1,20	1,33	1,20

Einwirkung bzw. Beanspruchung

Formelzeichen

Lastfall

LF 1 LF 2 LF 3

GZ 1B: Grenzzustand des Versagens von Bauwerken und Bauteilen

Beanspruchungen aus ständigen Einwirkungen allgemein ^a	γ_G	1,35	1,20	1,00
Beanspruchungen aus ständigen Einwirkungen aus Erdruhedruck	γ_{E0g}	1,20	1,10	1,00
Beanspruchungen aus ungünstigen veränderlichen Einwirkungen	γ_Q	1,50	1,30	1,00

Widerstand

Formelzeichen

Lastfall

LF 1 LF 2 LF 3

Verpressankerwiderstände

Widerstand des Stahlzuggliedes	γ_M	1,15	1,15	1,15
Herauszieh-widerstand des Verpresskörpers	γ_A	1,10	1,10	1,10



Bemessungsansatz – Verpressanker

Kraftübertragung:

Verpresskörper - Boden

DIN 4125

$$zul A \leq F_k / \eta_k$$

DIN 1054 (2005)

$$E_k \cdot \gamma_G \leq R_{ak} / \gamma_A$$

Tabelle 1. Sicherheitsbeiwerte η_K und η_S

1	2	3	4	5
Lastfall nach DIN 1054	Verpreßkörper: η_K		Stahlzugglied: η_S	
	Regel-fall	Erdruhe-druck	Regel-fall	Erdruhe-druck
1	1,50	1,33	1,75	1,33
2	1,33	1,25	1,50	1,25
3	1,25	1,20	1,33	1,20

Einwirkung bzw. Beanspruchung

Formelzeichen

Lastfall

LF 1 | LF 2 | LF 3

GZ 1B: Grenzzustand des Versagens von Bauwerken und Bauteilen

Beanspruchungen aus ständigen Einwirkungen allgemein ^a	γ_G	1,35	1,20	1,00
Beanspruchungen aus ständigen Einwirkungen aus Erdruchedruck	γ_{E0g}	1,20	1,10	1,00
Beanspruchungen aus ungünstigen veränderlichen Einwirkungen	γ_Q	1,50	1,30	1,00

Widerstand

Formelzeichen

Lastfall

LF 1 | LF 2 | LF 3

Verpressankerwiderstände

Widerstand des Stahlzuggliedes	γ_M	1,15	1,15	1,15
Herauszieh-widerstand des Verpresskörpers	γ_A	1,10	1,10	1,10

Bemessungsansatz - Verpressanker

Kraftübertragung: Verpresskörper - Boden

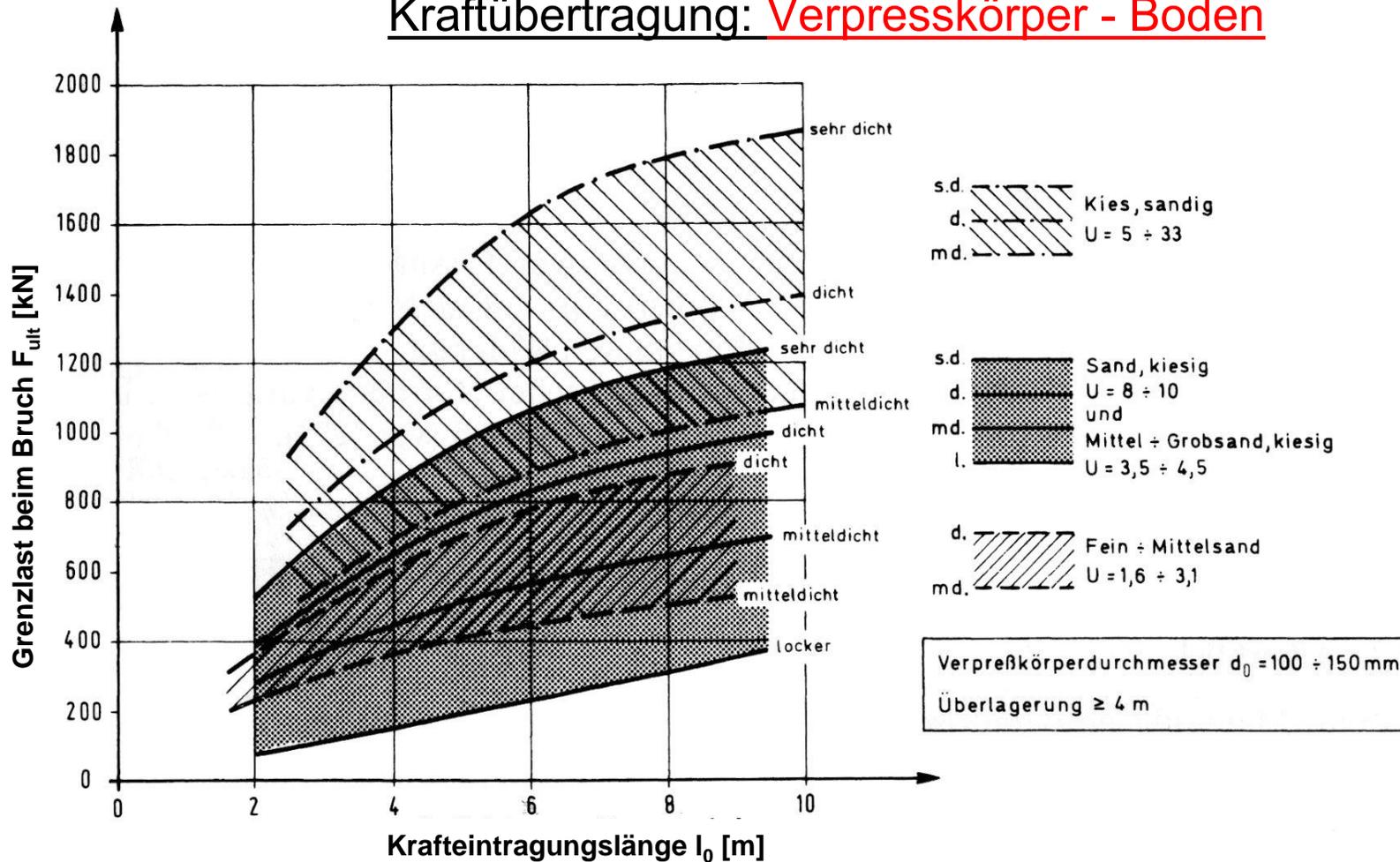


Bild 10. Grenzlast von Ankern in nichtbindigen Böden [Quelle: Grundbautaschenbuch, 6. Auflage]

Bemessungsansatz - Verpressanker

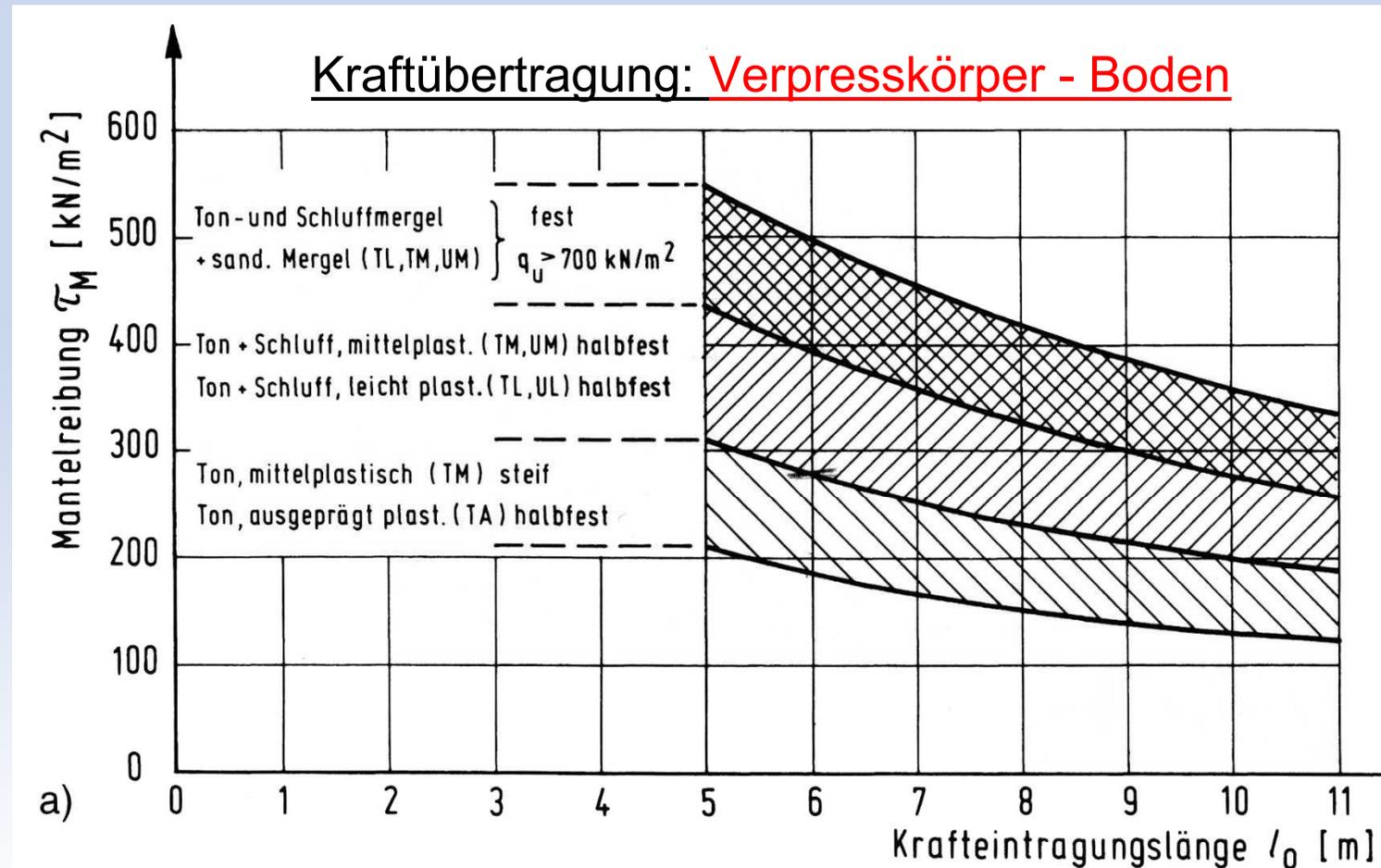


Bild 12. Grenzwerte der mittleren Mantelreibung bei Ankern in bindigen Böden (mit und ohne Nachverpressung). a) mit Nachverpressung, b) ohne Nachverpressung

[Quelle: Grundbautaschenbuch, 6. Auflage]

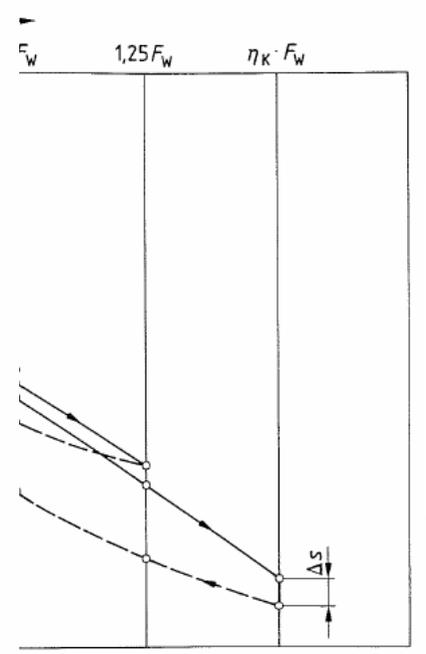
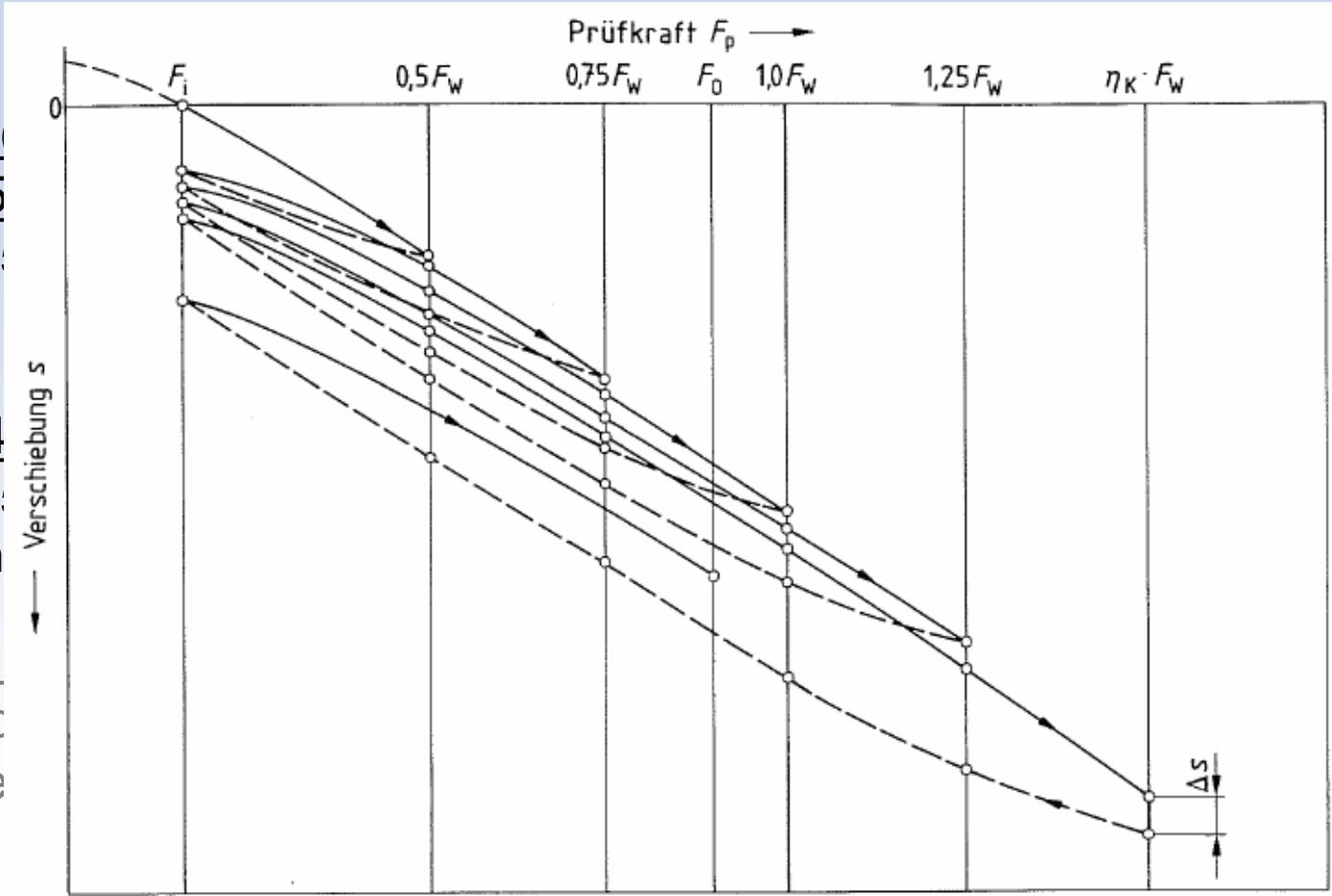
Bemessungsansatz - Verpressanker

Eignungsprüfung: an mindestens 3 Ankern je Hauptbodenart

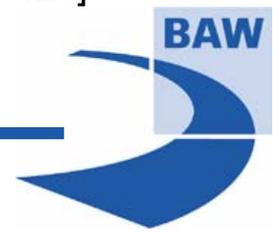
Prüfkraft
 DIN 4125
 bis zur 1,
 $k_s \leq 2 \text{ mm}$

DIN 1054
 bis zur 1,
 $k_s \leq 2 \text{ mm}$

DIN EN 1
 Mindestfc
 Stahlgüte



DIN 4125]



Bemessungsansatz - Verpressanker

DIN 4125

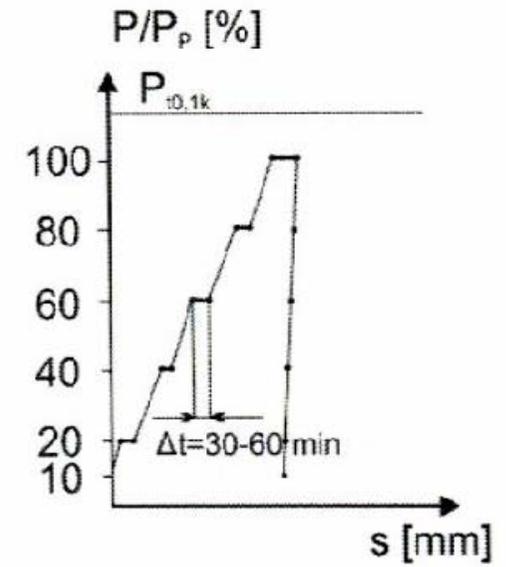
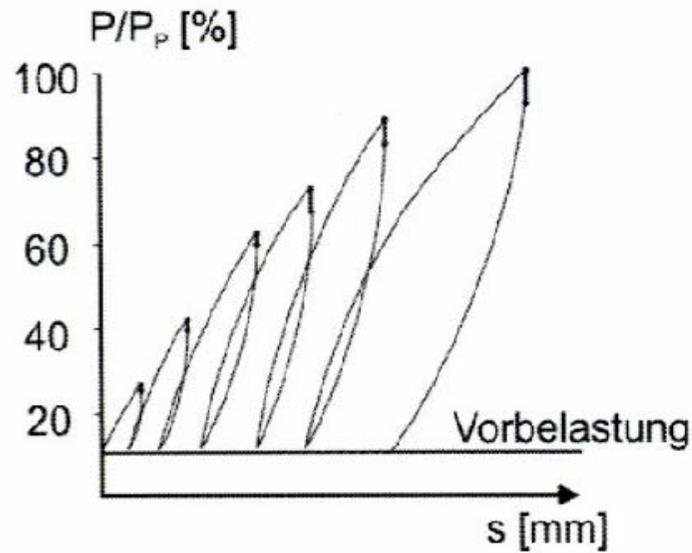
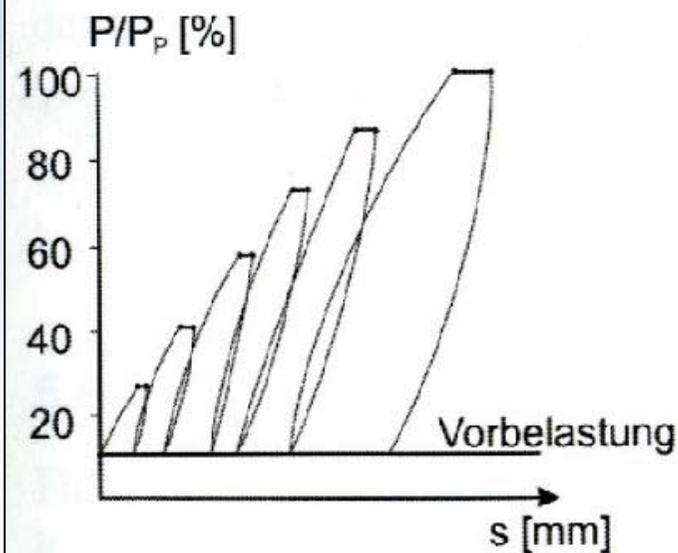
DIN 1054 (2005) / DIN EN 1537

Eignungsprüfung :

Prüfverfahren 1

Prüfverfahren 2

Prüfverfahren 3



Bemessungsansatz - Verpressanker

Abnahmeprüfung: jeder Anker
mit anschließender Vorspannung ($F_0 \approx 0,8 - 0,9 F_w$)
(hier: Permanentanker, LF1)

Prüfkraft nach DIN 4125:
bis zur 1,5-fachen Gebrauchslast (1,5 F_w)

Prüfkraft nach DIN 1054:
bis zur 1,5-fachen Gebrauchslast (1,5 E_k)

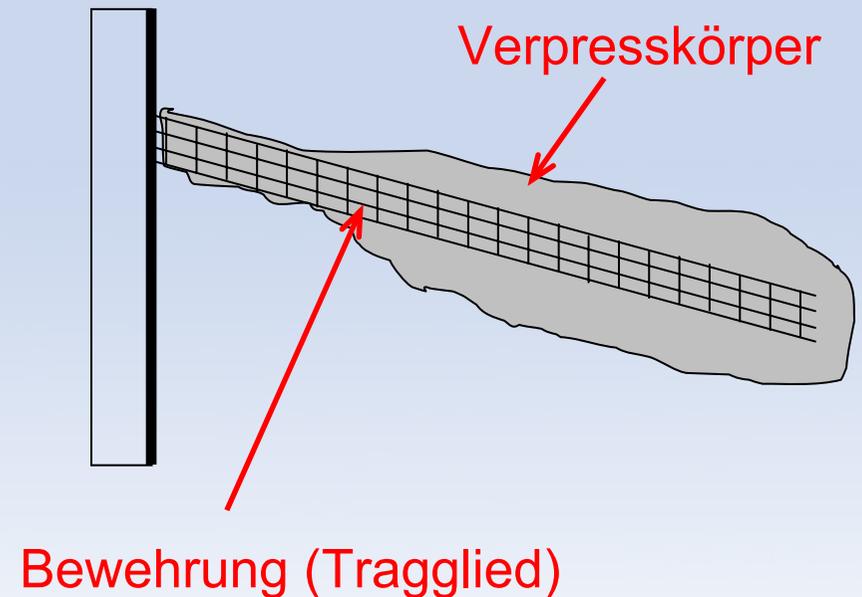
Prüfkraft nach DIN EN 1537:
Stärkere Begrenzung der erlaubten Stahlspannung

Bemessungsansatz - Verpresspfahl

Bemessung: Verpresskörperlänge

Nachweis der:
Brauchbarkeit der Bewehrung / Tragglied
Beschränkung der Rissbreite

in situ: Eignungsprüfung



Bemessungsansatz - Verpresspfähle

DIN 4128

DIN 1054 (2005) / DIN EN 14199

$$\text{zul } A \leq F / \eta$$

$$E_k \cdot \gamma_G \leq R_{tk} / \gamma_P$$

Tabelle 2. Sicherheitsbeiwerte η für Verpresspfähle

Verpresspfähle als	η bei Lastfall nach DIN 1054			
	1	2	3	
Druckpfähle	2,0	1,75	1,5	
Zugpfähle mit	0 bis 45° Abweichung zur Vertikalen	2,0	,75	1,5
	80° Abweichung zur Vertikalen	3,0	,5	2,0
Bei Zugpfählen sind die Werte zwischen 45 und 80° zu interpolieren				

Einwirkung bzw. Beanspruchung	Formelzeichen	Lastfall		
		LF 1	LF 2	LF 3
GZ 1B: Grenzzustand des Versagens von Bauwerken und Bauteilen				
Beanspruchungen aus ständigen Einwirkungen allgemein ^a	γ_G	1,35	1,20	1,00
Beanspruchungen aus ständigen Einwirkungen aus Erdruchdruck	γ_{E0g}	1,20	1,10	1,00
Beanspruchungen aus ungünstigen veränderlichen Einwirkungen	γ_Q	1,50	1,30	1,00
Widerstand	Formelzeichen	Lastfall		
		LF 1	LF 2	LF 3
Pfahlwiderstände				
Pfahldruckwiderstand bei Probelastung	γ_{Pc}	1,20	1,20	1,20
Pfahlzugwiderstand bei Probelastung	γ_{Pt}	1,30	1,30	1,30
Pfahlwiderstand auf Druck und Zug aufgrund von Erfahrungswerten	γ_P	1,40	1,40	1,40



Bemessungsansatz - Verpresspfähle

DIN 4128

DIN 1054 (2005) / DIN EN 14199

Kraftübertragung: **Verpresskörper - Boden**

Tabelle 3. Grenzmantelreibungswerte für Verpreßpfähle

Bodenart	Druckpfähle MN/m ²	Zugpfähle MN/m ²
Mittel- und Grobkies	0,20	0,10
Sand und Kiessand	0,15	0,08
Bindiger Boden	0,10	0,05

Tabelle D.1 — Charakteristische Werte für die Pfahlmantelreibung $q_{s 1,k}$ bei verpressten Mikropfählen im Ausnahmefall, dass keine Pfahlprobelastungen ausgeführt werden.

Bodenart	$q_{s 1,k}$ MN/m ²
Mittel- und Grobkies ^a	0,20
Sand und Kiessand ^a	0,15
Bindiger Boden ^b	0,10

^a Lagerungsdichte $D \geq 0,40$ (nach DIN 18126) bzw. Spitzenwiderstand $q_c \geq 10$ MN/m² der Drucksonde

^b Konsistenzzahl $I_C \approx 1,0$ (nach DIN 18122-1) bzw. Scherfestigkeit im undränierten Zustand $c_{u,k} \geq 150$ kN/m²

Bemessungsansatz - Verpresspfähle

Pfahlprobelastung (Eignungsprüfung):

DIN 4128: an mindestens 2 Pfählen bzw. 3 % aller Pfähle dort, wo für Tragfähigkeit ungünstigstes Bodenprofil zu erwarten ist

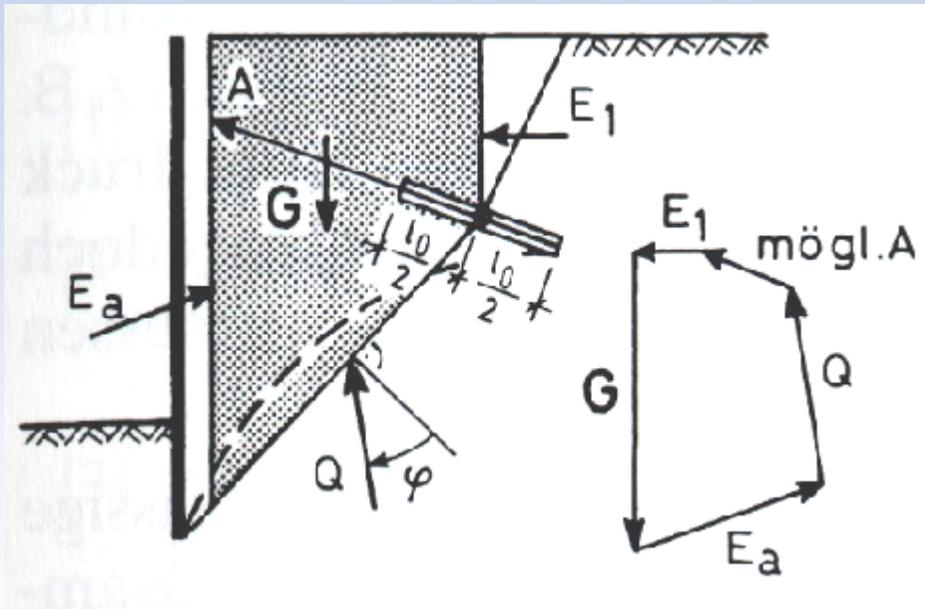
DIN EN 14199: an 2 Pfählen bei ersten 25 Pfählen und jeweils 1 für die nächsten 25 Pfähle (Zugpfähle)

bei 100 Pfählen:



Nachweis der Standsicherheit in der Tiefen Gleitfuge

mögliche Ankerkraft muss größer sein
als vorhandene Ankerkraft



[Quelle: Grundbautaschenbuch, 6. Auflage]

EAU 1990

$$\eta = \frac{A_{\text{mögl}}}{A_{\text{vorh}}} > 1,5$$

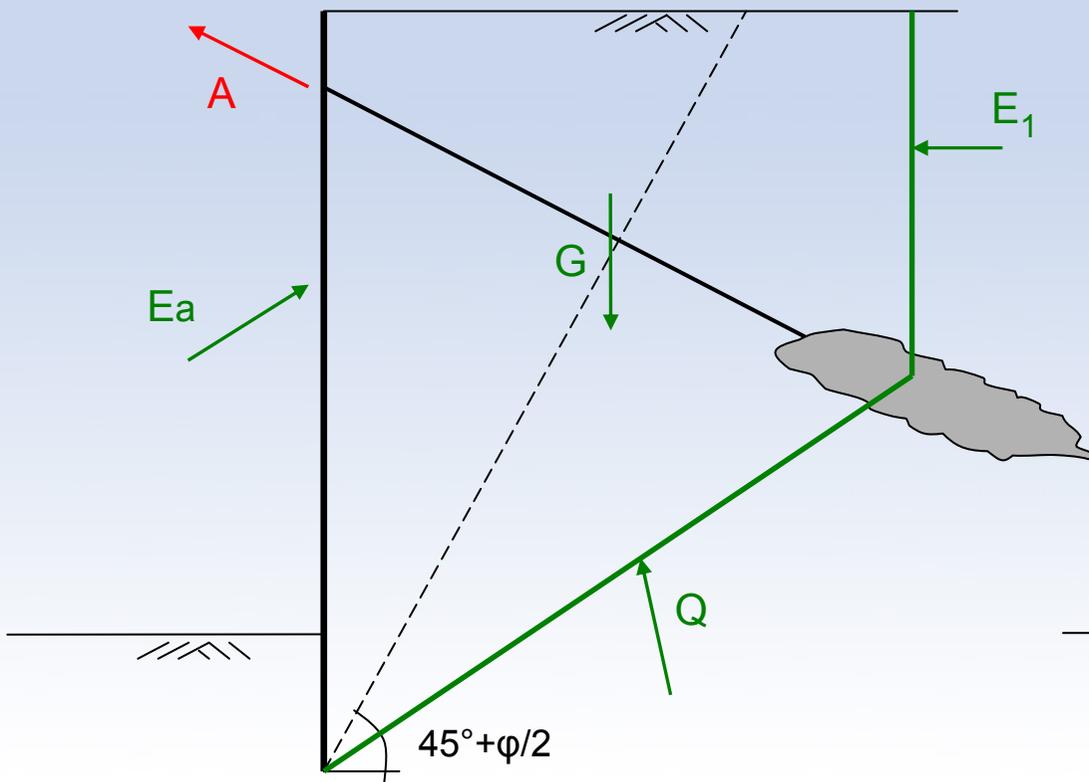
EAU 2004 (GZ 1B)

$$A_{G,k} \cdot \gamma_G < \frac{A_{\text{mögl},k}}{\gamma_{Ep}}$$

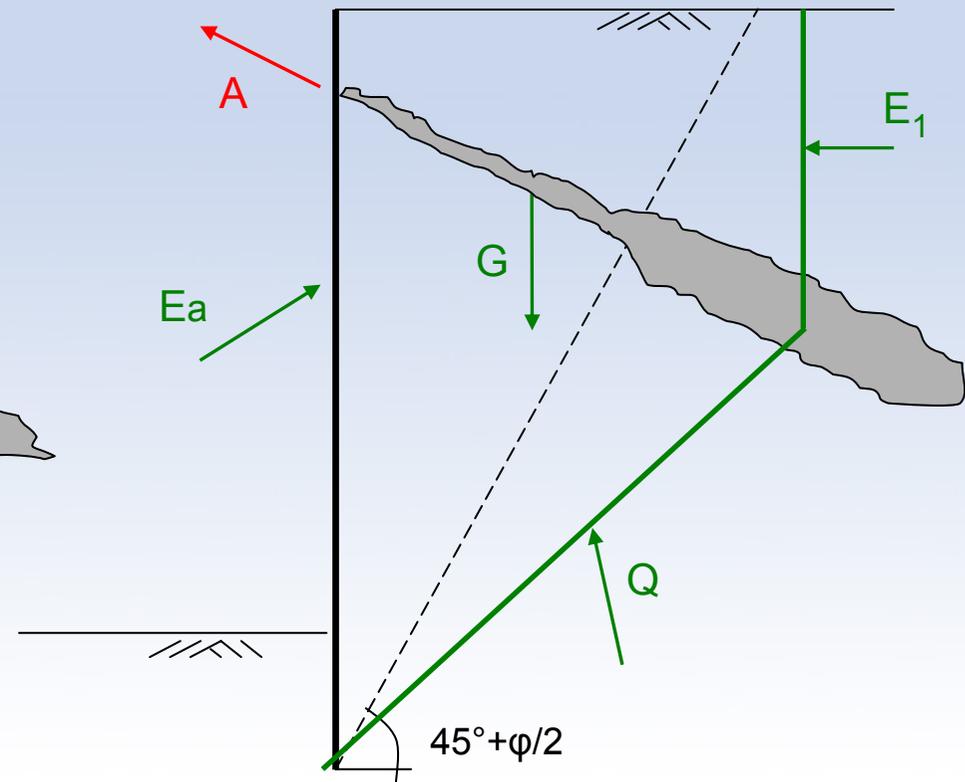
$$A_{G,k} \cdot \gamma_G + A_{Q,k} \cdot \gamma_Q < \frac{A_{\text{mögl},k}}{\gamma_{Ep}}$$

Nachweis der Standsicherheit in der Tiefen Gleitfuge

Verpressanker:

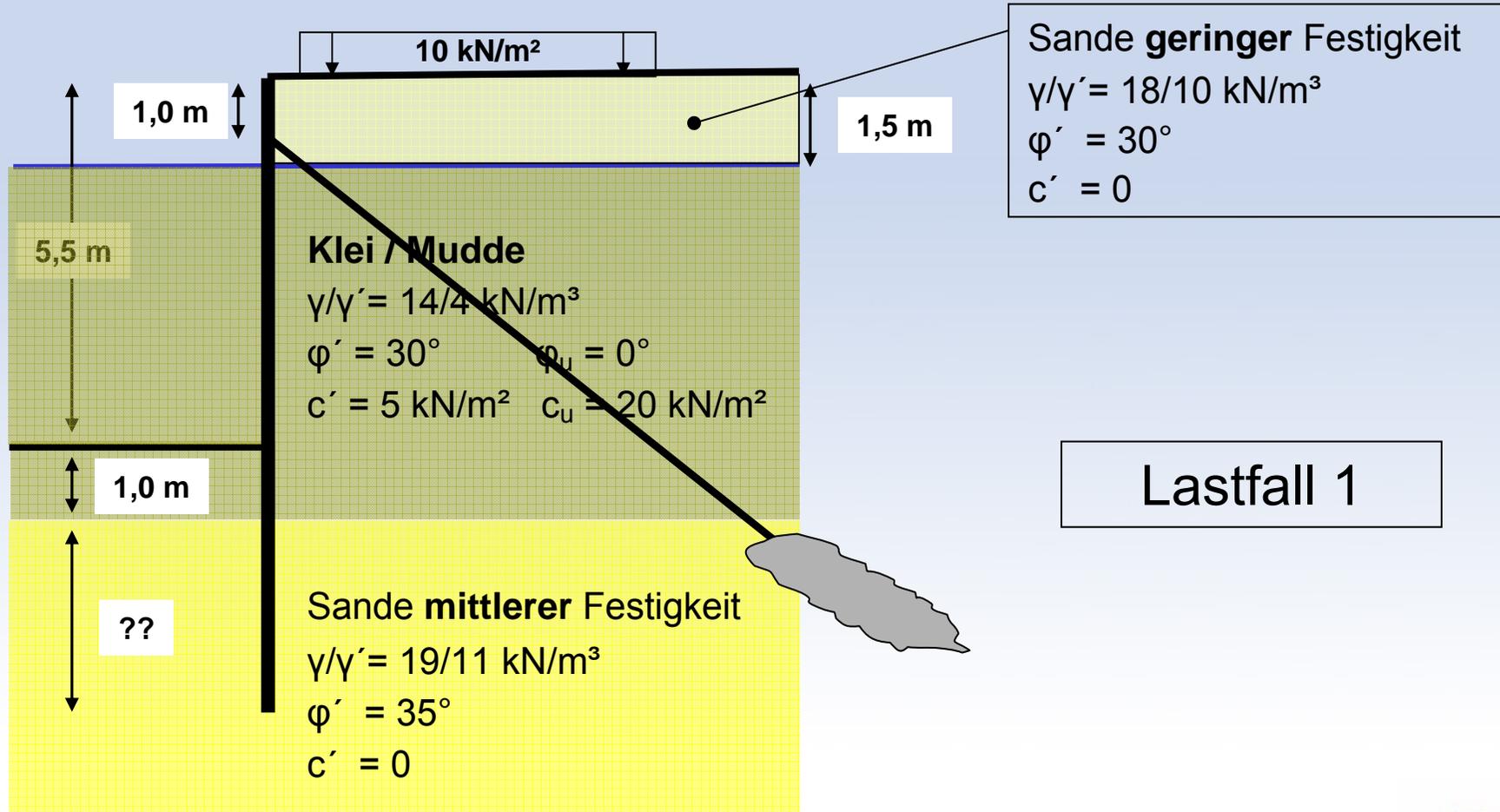


Verpresspfahl:



Berechnungsquerschnitt

Wasserstraßen + Häfen an der Küste



Berechnungsergebnisse Verpressanker

Eingangsgrößen:

aus erdstatischer Berechnung (frei aufgelagerte Wand):

erf. $A = 220 \text{ kN}$ [Ankerabstand = 4,0 m, erf. $A = 55 \text{ kN/m}$]

gewählt:

Bohrlochdurchmesser = 150 mm

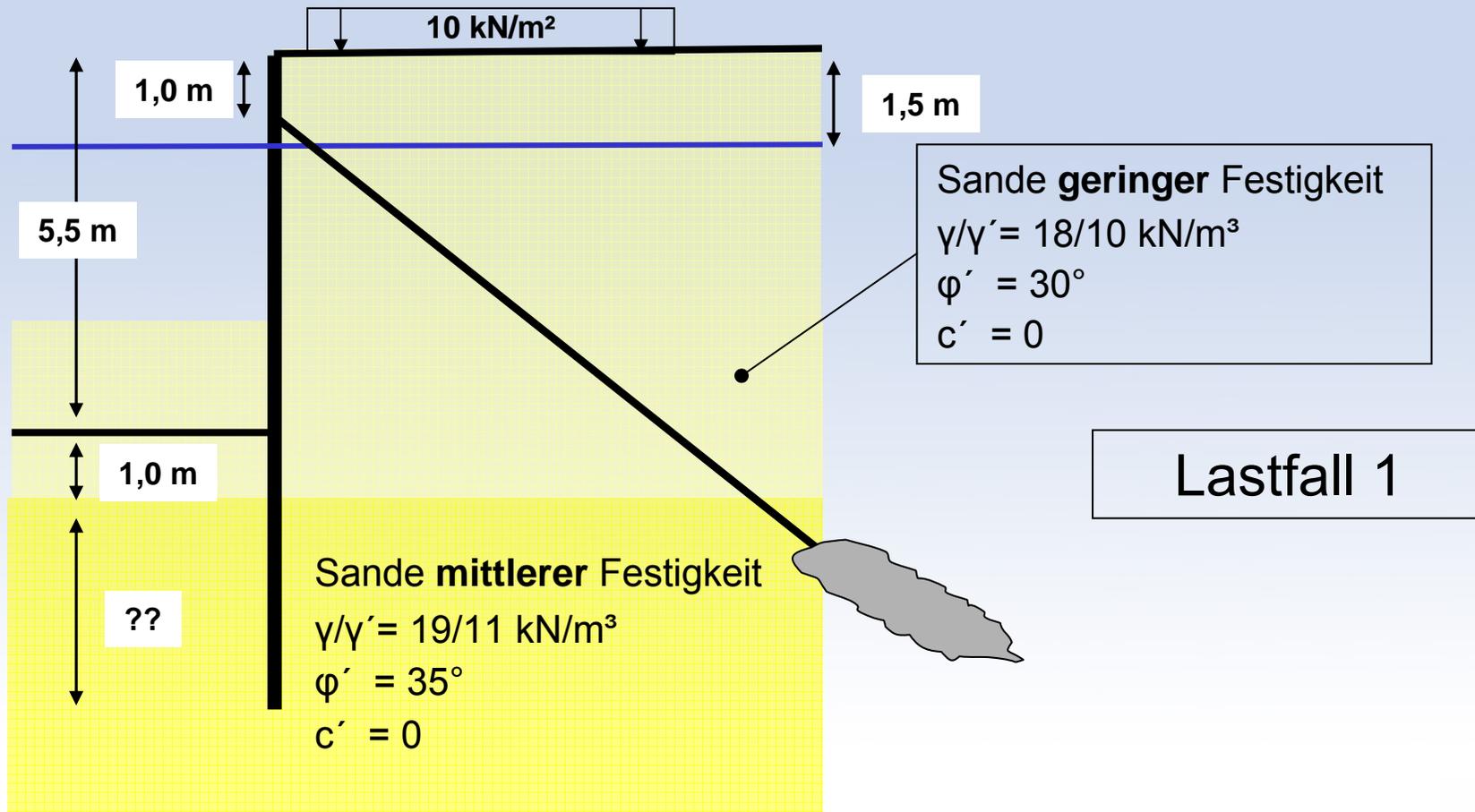
Ankerneigung gegenüber Horizontalen = 40°

⇒ freie Stahllänge $\geq 8,6 \text{ m}$ (Verpresskörper in unterer Sandschicht)

Stahlgüte 1570/1770 N/mm² (β_s / β_z bzw. $f_{y,k} / f_{t,k}$)

Berechnungsquerschnitt

Wasserstraßen + Häfen an der Küste



Berechnungsergebnisse Verpressanker

Eingangsgrößen:

aus erdstatischer Berechnung (frei aufgelagerte Wand):

erf. $A = 240 \text{ kN}$ [Ankerabstand = 4,0 m, erf. $A = 60 \text{ kN/m}$]

gewählt:

Bohrlochdurchmesser = 150 mm

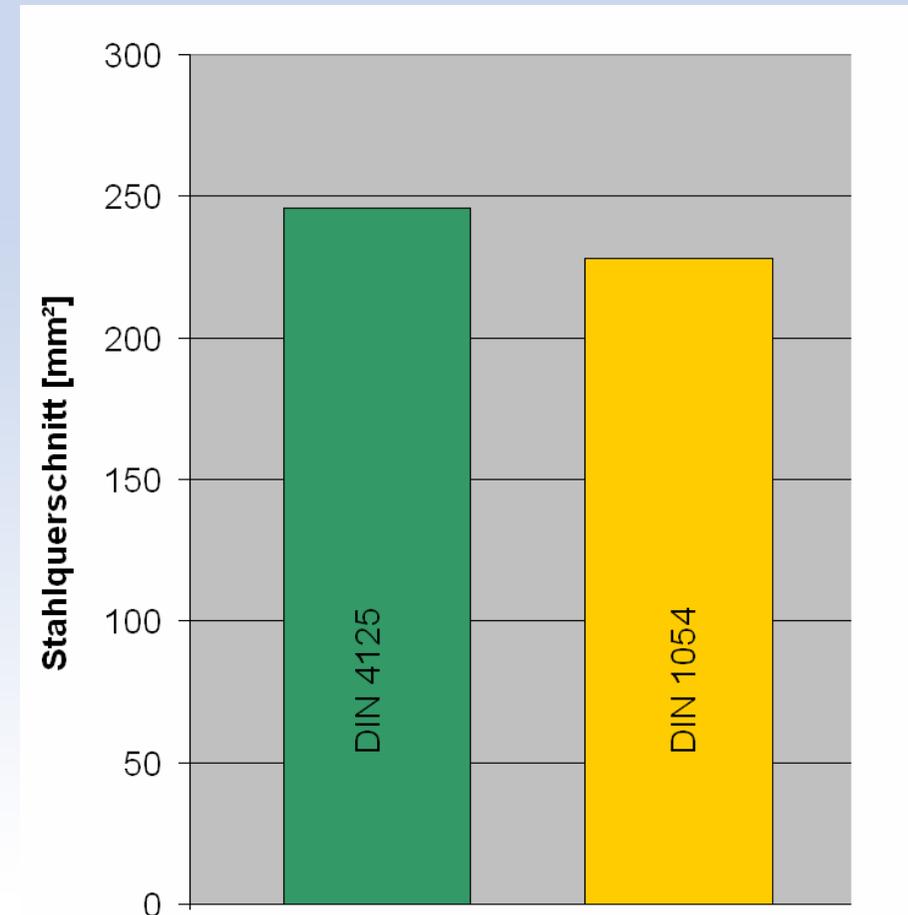
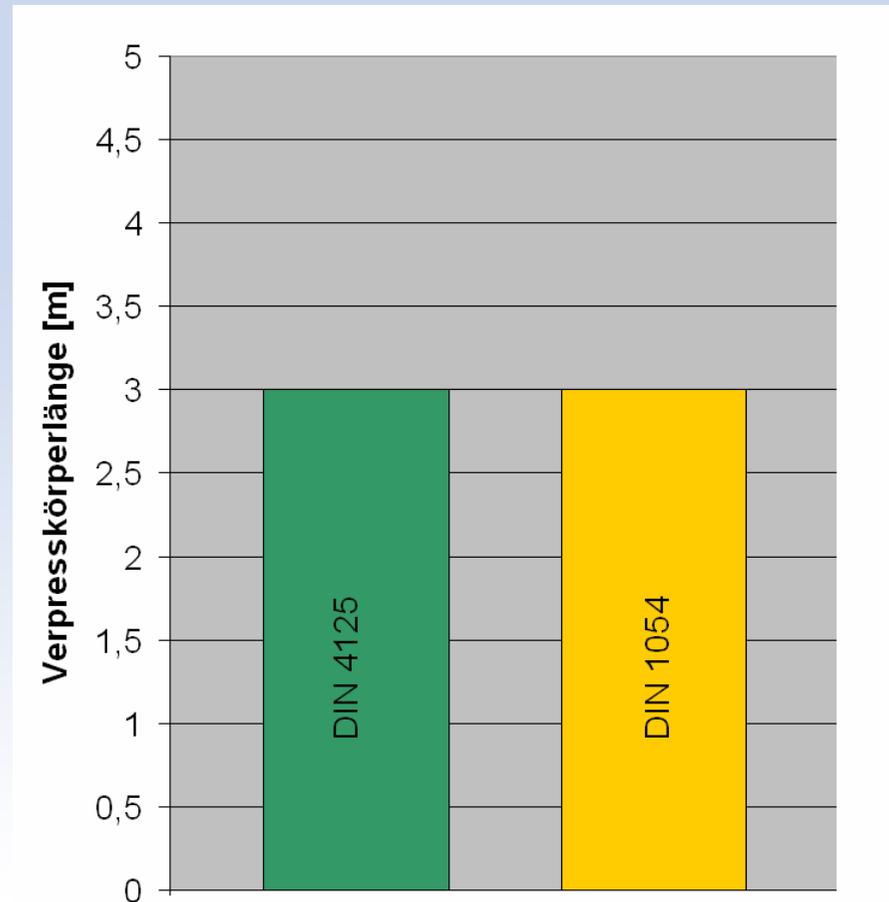
Ankerneigung gegenüber Horizontalen = 40°

⇒ freie Stahllänge $\geq 8,6 \text{ m}$ (Verpresskörper in unterer Sandschicht)

Stahlgüte 1570/1770 N/mm^2 (β_s / β_z bzw. $f_{y,k} / f_{t,k}$)

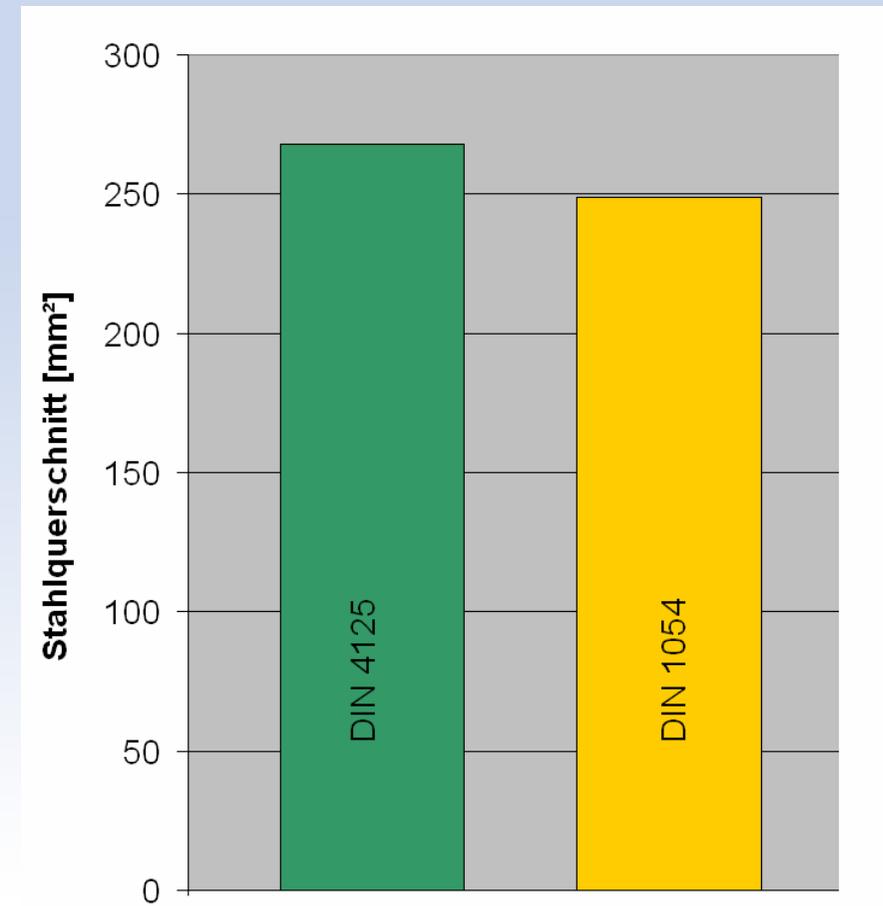
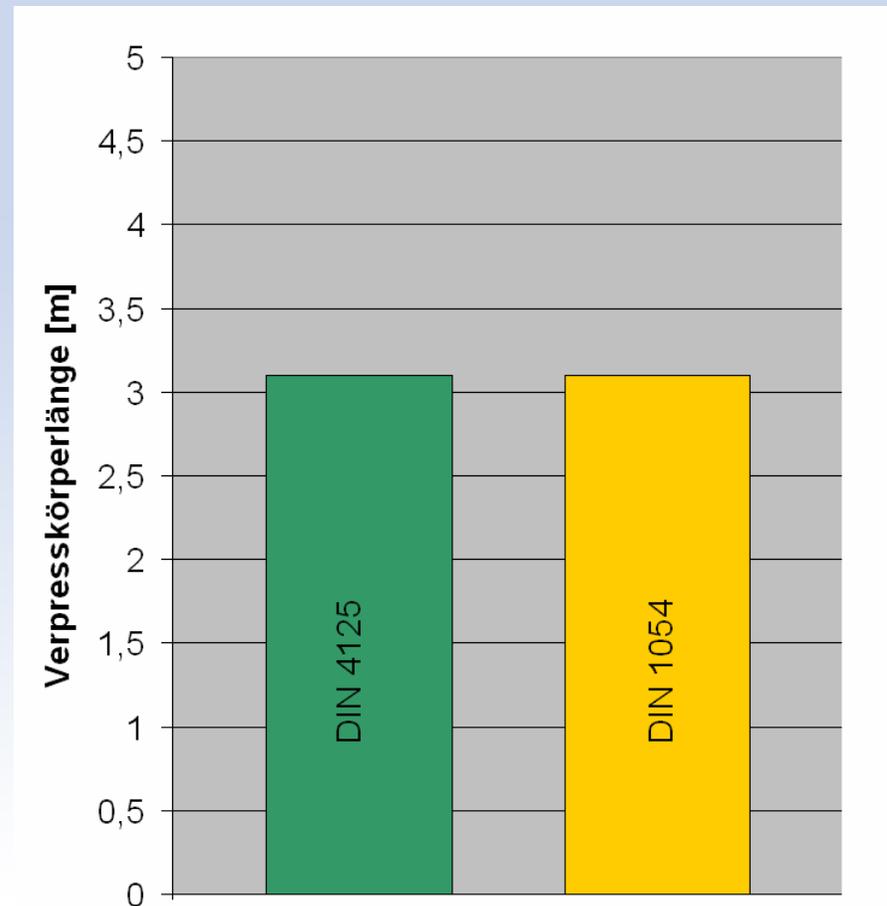
Berechnungsergebnisse Verpressanker

vorwiegend **bindiger** Querschnitt



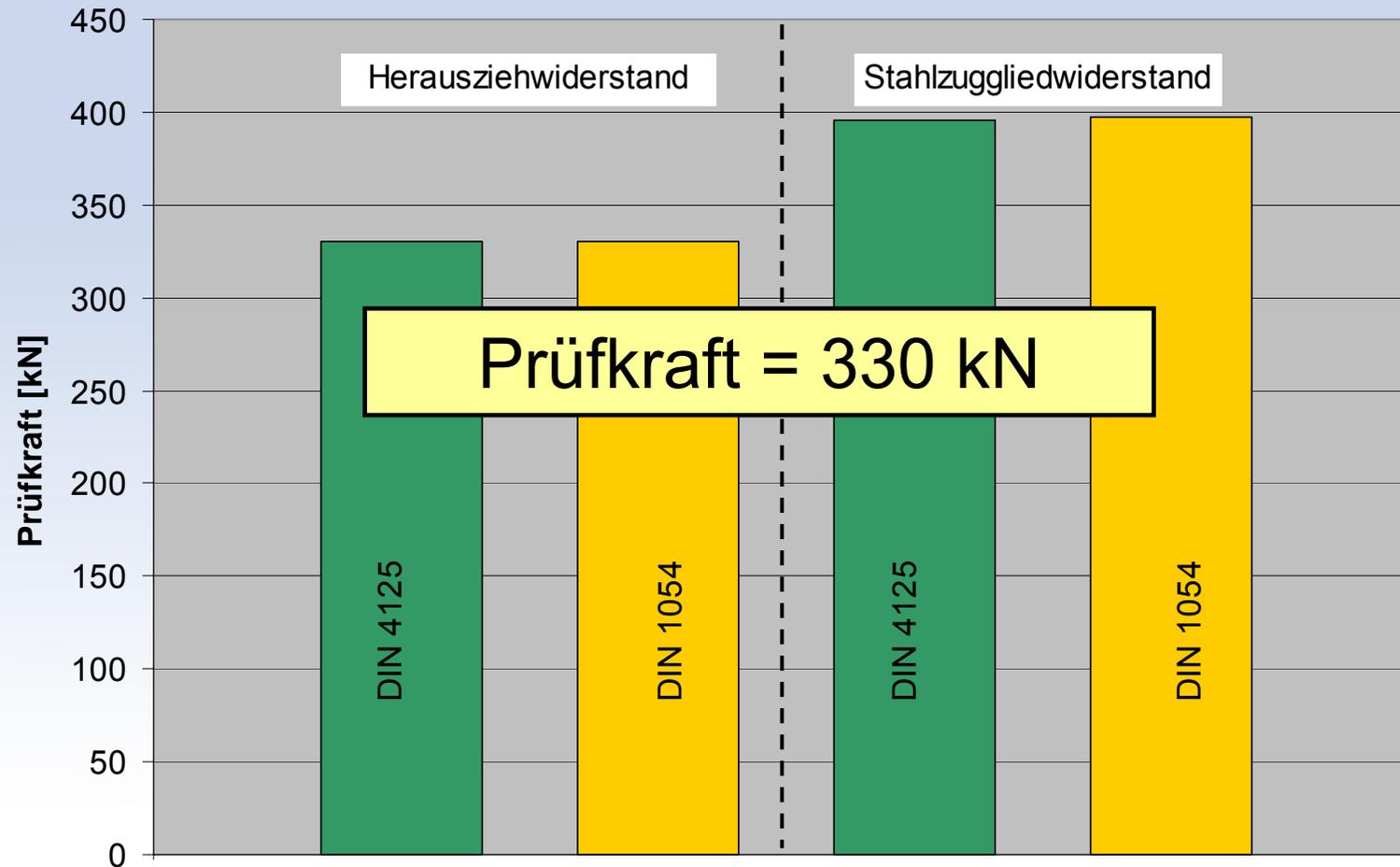
Berechnungsergebnisse Verpressanker

nicht bindiger Querschnitt



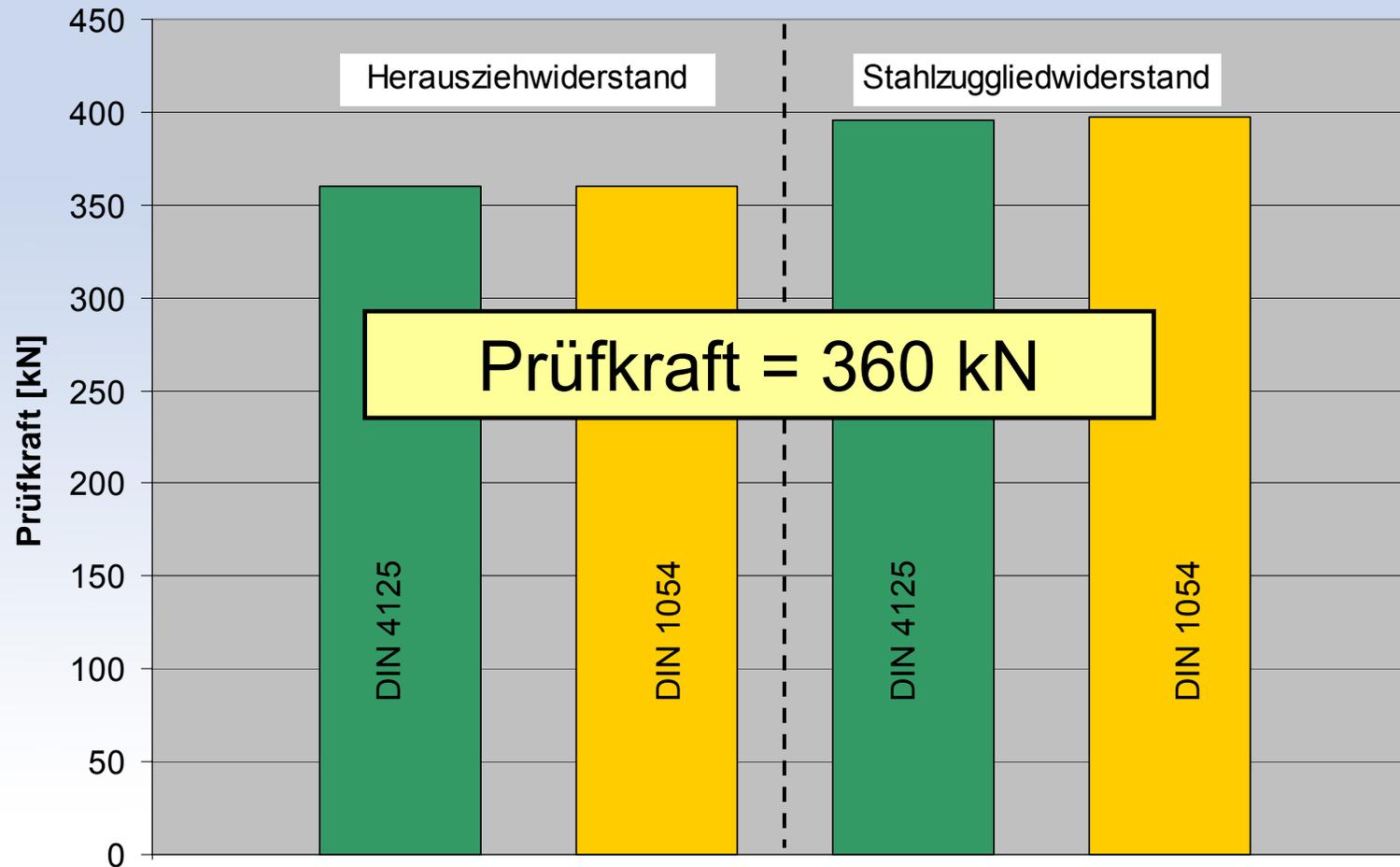
Berechnungsergebnisse Verpressanker

Prüfkraft - vorwiegend **bindiger** Querschnitt



Berechnungsergebnisse Verpressanker

Prüfkraft - **nicht bindiger** Querschnitt



Berechnungsergebnisse **Verpresspfähle**

Eingangsgrößen:

aus erdstatischer Berechnung (frei aufgelagerte Wand):

erf. $A = 220 \text{ kN}$ bzw. 240 kN [Ankerabstand = $4,0 \text{ m}$]

gewählt:

Bohrlochdurchmesser = 150 mm

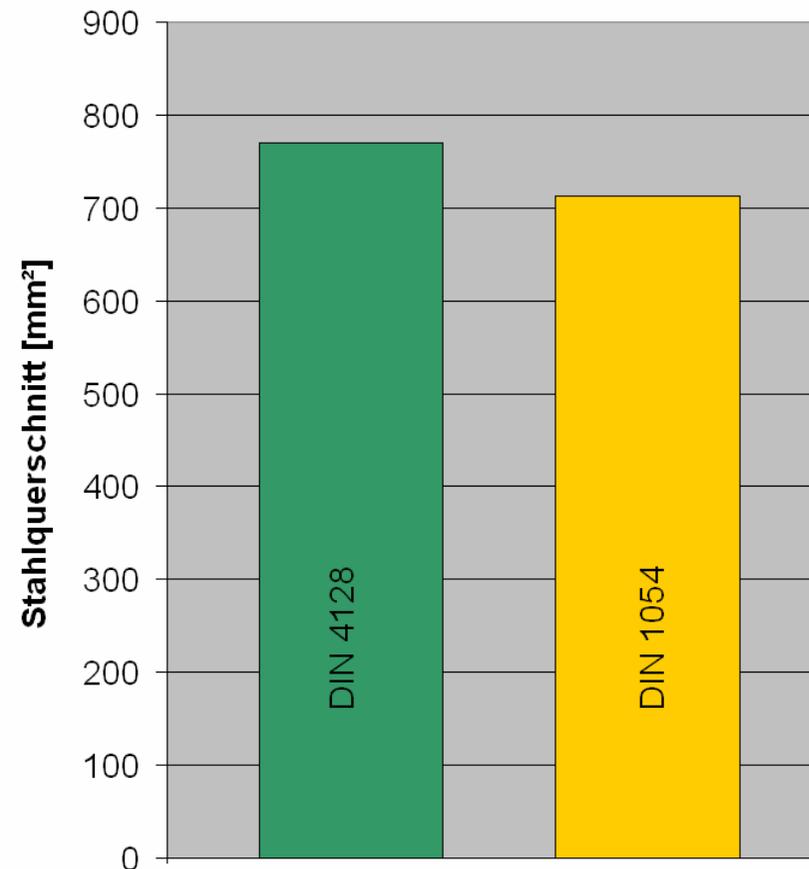
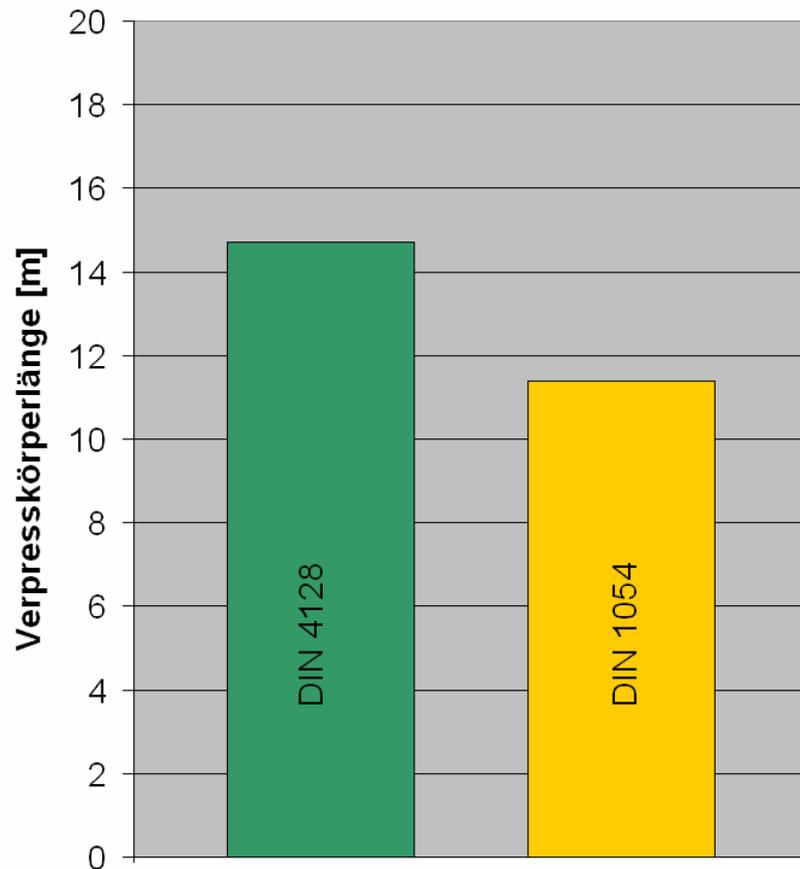
Ankerneigung gegenüber Horizontalen = 40°

$\geq 8,6 \text{ m}$ (Verpresskörper in unterer Sandschicht)

Stahlgüte $500/580 \text{ N/mm}^2$ (β_s / β_z bzw. $f_{y,k} / f_{t,k}$)

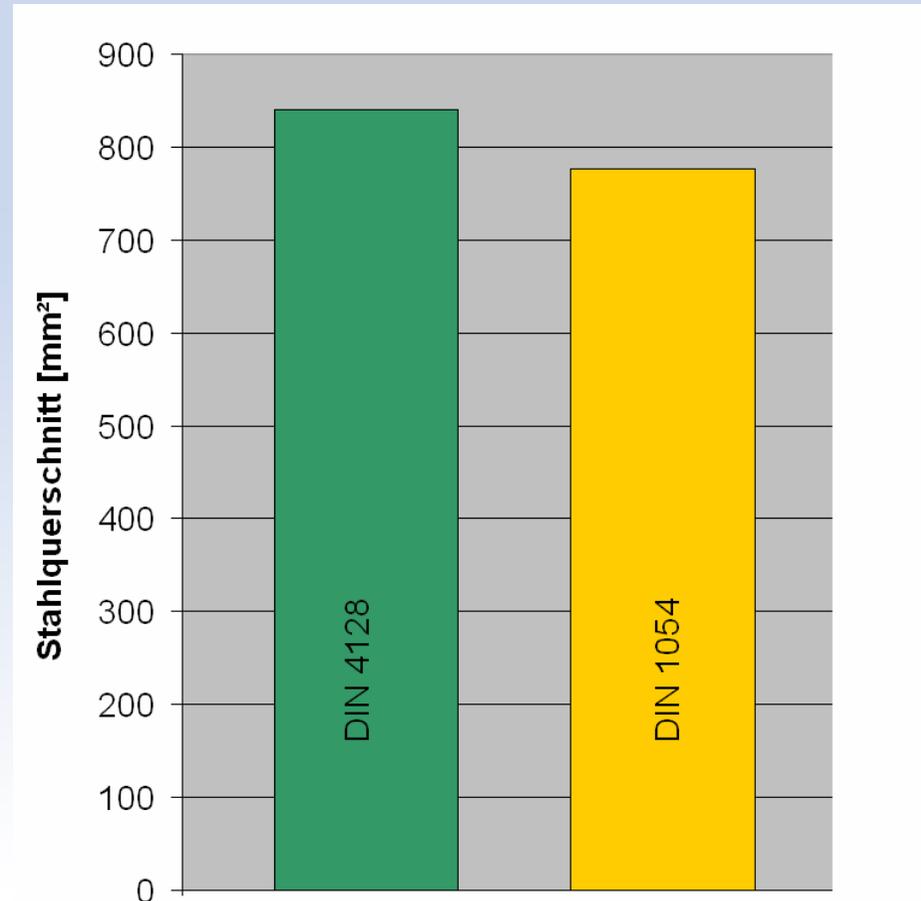
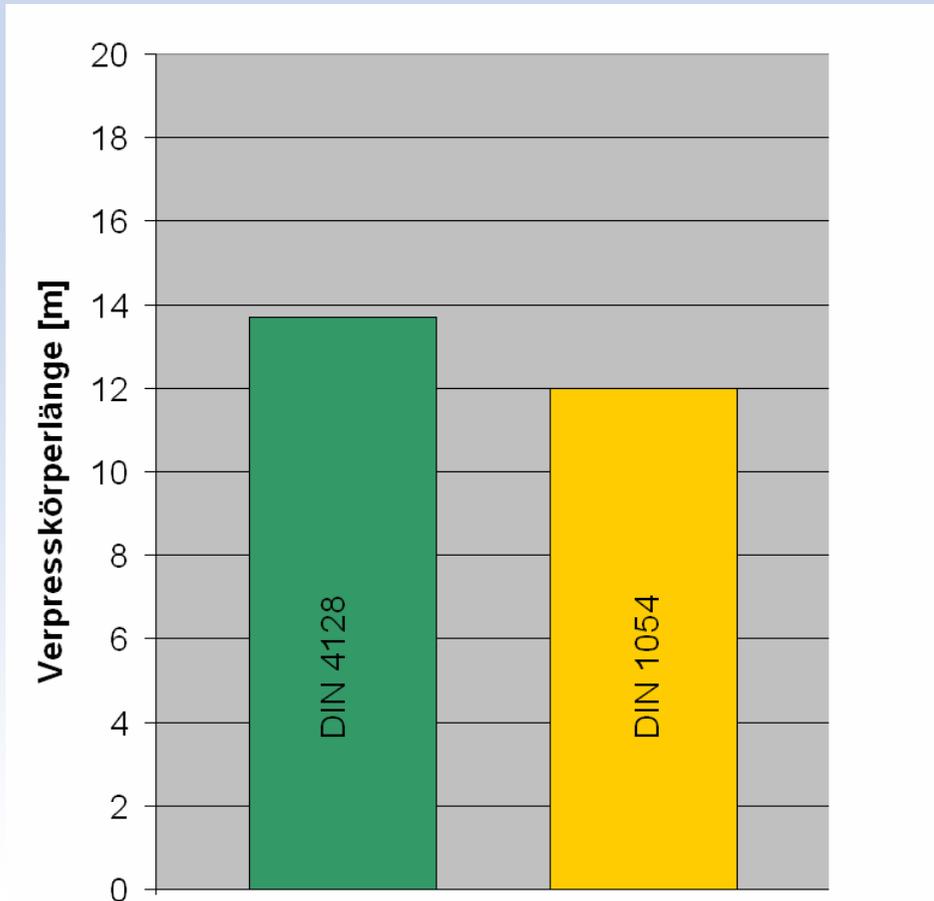
Berechnungsergebnisse Verpresspfähle

vorwiegend **bindiger** Querschnitt



Berechnungsergebnisse Verpresspfähle

nicht bindiger Querschnitt



Zusammenfassung

Sicherheitsniveau bleibt erhalten !!

Verpressanker: Abweichungen zwischen DIN EN 1537 und DIN 1054
⇒ DIN Bericht abwarten !!

Verpresspfähle: DIN 1054 größere Mantelreibung für tragfähige Böden

Global- und Teilsicherheitskonzept bei der Ankerbemessung

Bundesanstalt für Wasserbau – Dienststelle Hamburg
Dr.-Ing. Martin Pohl

