

Bemessungshinweise für Zuganker mit Geotextilsäcken

Institut für Bauen im alpinen Raum (IBAR)



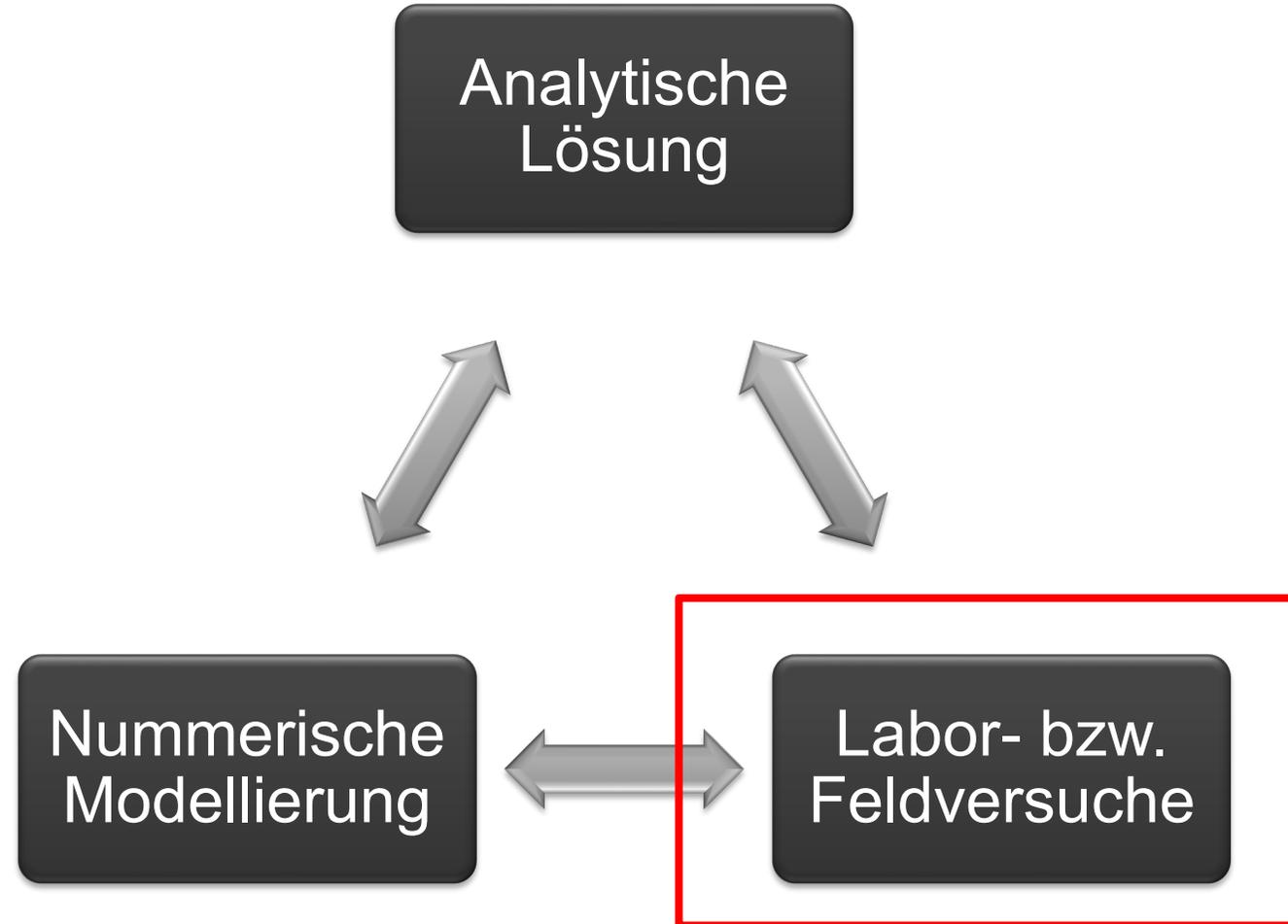
Bemessungshinweise für Zuganker mit Geotextilsäcken

Agenda

- ✓ Vorgehen in der Geotechnik
- ✓ Überblick Laborversuche
- ✓ FE Modellierung
- ✓ Traglast Zuganker
- ✓ Fazit / Diskussion

Bemessungshinweise für Zuganker mit Geotextilsäcken

Vorgehen in der Geotechnik



Bemessungshinweise für Zuganker mit Geotextilsäcken

Überblick Laborversuche

Vorhandene Labor- bzw. Feldversuche:

- ✓ Feldversuche in Felsberg
- ✓ Prüfkisten
- ✓ Ausziehversuche

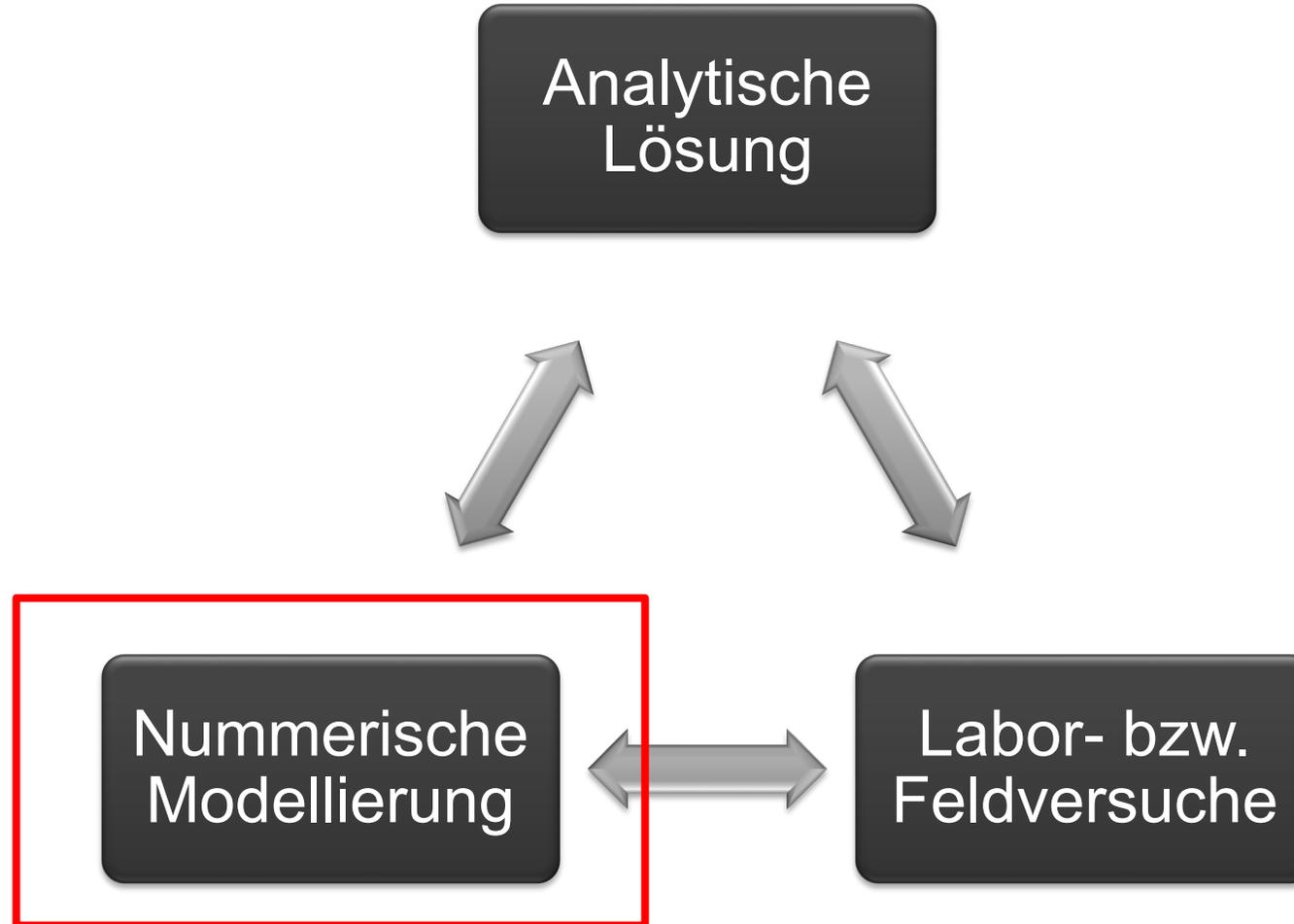
Erkenntnisse:

- ⇒ Ankerform
- ⇒ Zusammenhang Mörtel und Geotextilsack
- ⇒ Traglast je nach Geotextilsack
- ⇒ Einbau Methode

Wie können diese Versuche für die Bemessung von Geotextilanker verwendet werden?

Bemessungshinweise für Zuganker mit Geotextilsäcken

Vorgehen in der Geotechnik



Bemessungshinweise für Zuganker mit Geotextilsäcken

FE Modellierung: Prozess und Ziele

Modellierung Ausziehversuche

- Validierung Eingabewerte bzw. Materialeigenschaften
- Verständnis über Systemverhalten

Modellierung Labor- und Feldversuche

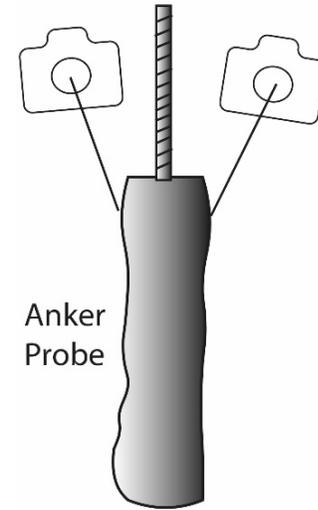
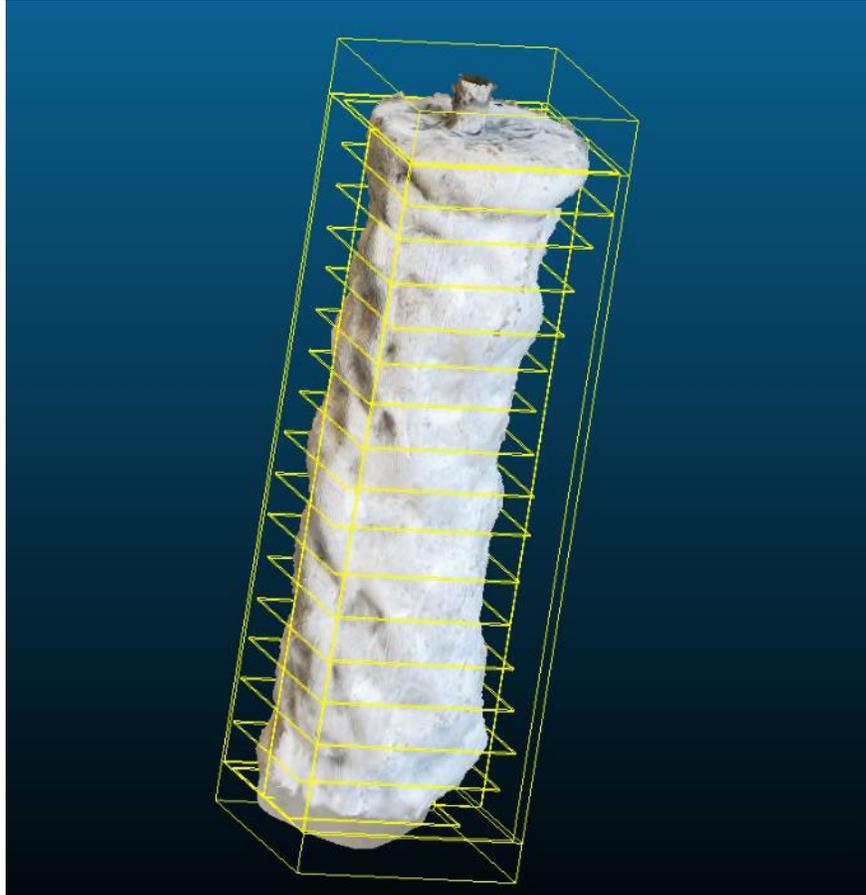
- Anpassung Randbedingungen
- Ergänzende Validierung der Eingabewerte
- Verständnis über Systemverhalten

Variationsanalyse

- Untersuchung Bruchmechanismus
- Untersuchung Systemverhalten
- Analytische Lösung führen können

Bemessungshinweise für Zuganker mit Geotextilsäcken

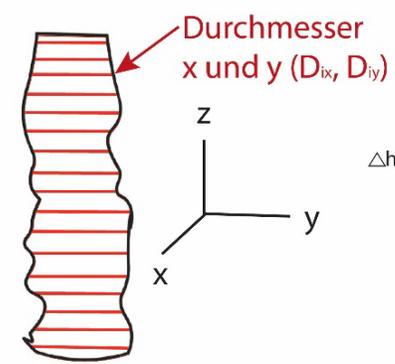
FE Modellierung: Scan- Daten für Geometrie



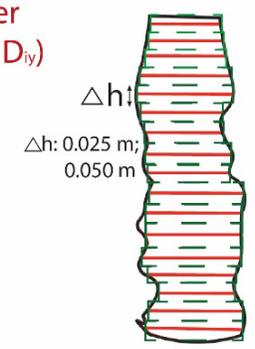
Pix4Dmapper



CloudCompare

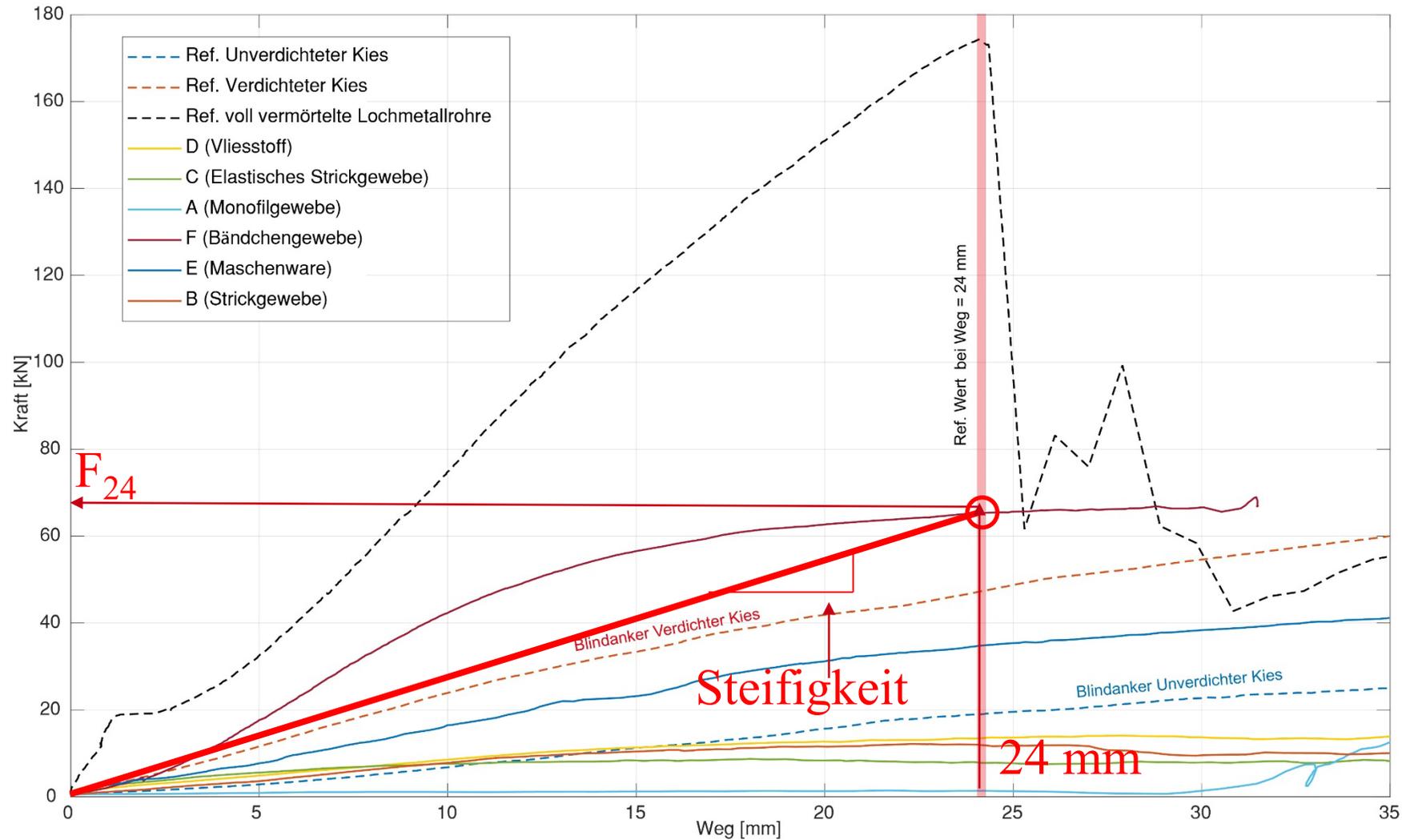


Geometrie



Bemessungshinweise für Zuganker mit Geotextilsäcken

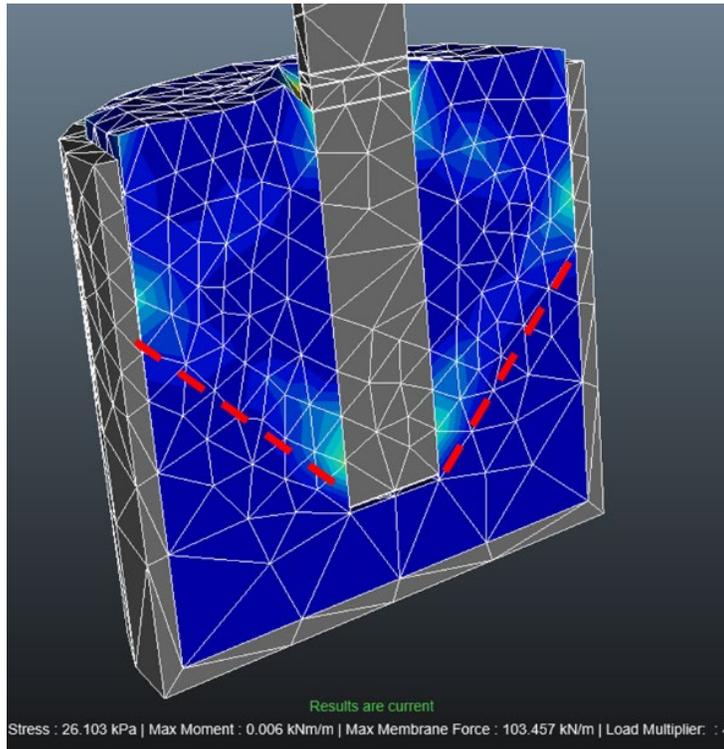
FE Modellierung: Kraft – Weg Diagramm für mechanische Eigenschaften



Bemessungshinweise für Zuganker mit Geotextilsäcken

FE Modellierung: Rotationssymmetrie

3D Model



Rotationssymmetrie

Freie Länge Anker/ Scherloch:
 $s = \text{variable je nach Ankerdurchmesser}$

Zuglast und Result Point für Kraft / Weg Diagramm

Bewegung in y-Richtung fixiert 0.11 m

Anker Radius: R

Anker Länge: L

Achse der Rotationssymmetrie

Oberfläche Prüfzylinder als Scherfuge: $\phi = 10^\circ$

Kies:
 $\phi = 35^\circ, c = 0.01 \text{ KPa}$
 $E = 12 v = 0.25 (-)$

Bewegung in x- und y-Richtung fixiert

Prüfzylinder als steifes Material

0.45 m

0.185 m

Material
Name: HaTe 50.005_Verbund
Material Model: Mohr-Coulomb
Color: click to change
Reducible Strength: Yes

Stiffness
Parameter Set: A
E (kPa): 0.0261
v: 0.25

Strength
c (kPa): 347
 ϕ (°): $1E-3$

Flow Rule
Flow Rule: Associated

Tension Cut-Off
Tension Cut-Off: Yes

Unit weights
 γ_{sat} (kN/m³): 0.01
 γ_{dry} (kN/m³): 0.01

Initial Conditions
 K_0 : 0.58

Hydraulic Model
 K_x (m/day): $1E-3$
 K_y (m/day): $1E-3$

Advanced Settings

Anker Verbund als Mohr-Coulomb mit Kohäsion

Properties | Stage Manager | Project | Customize

Bemessungshinweise für Zuganker mit Geotextilsäcken

FE Modellierung: Material Modellierung

Kies:

- ✓ Mohr-Coulomb Material
- ✓ Eigenschaften gemäss Laborversuche

Anker (Stahl und Mörtel):

- ✓ Elastisches Material
- ✓ Elastizitätsmodul:

$$E_A = \frac{E_S \cdot A_S + E_M \cdot A_M}{A_S + A_M}$$

Trennschicht Geotextilanker/Boden:

- ✓ Mohr-Coulomb Material
- ✓ Verbundkraft:
- ✓ Elastizitätsmodul:

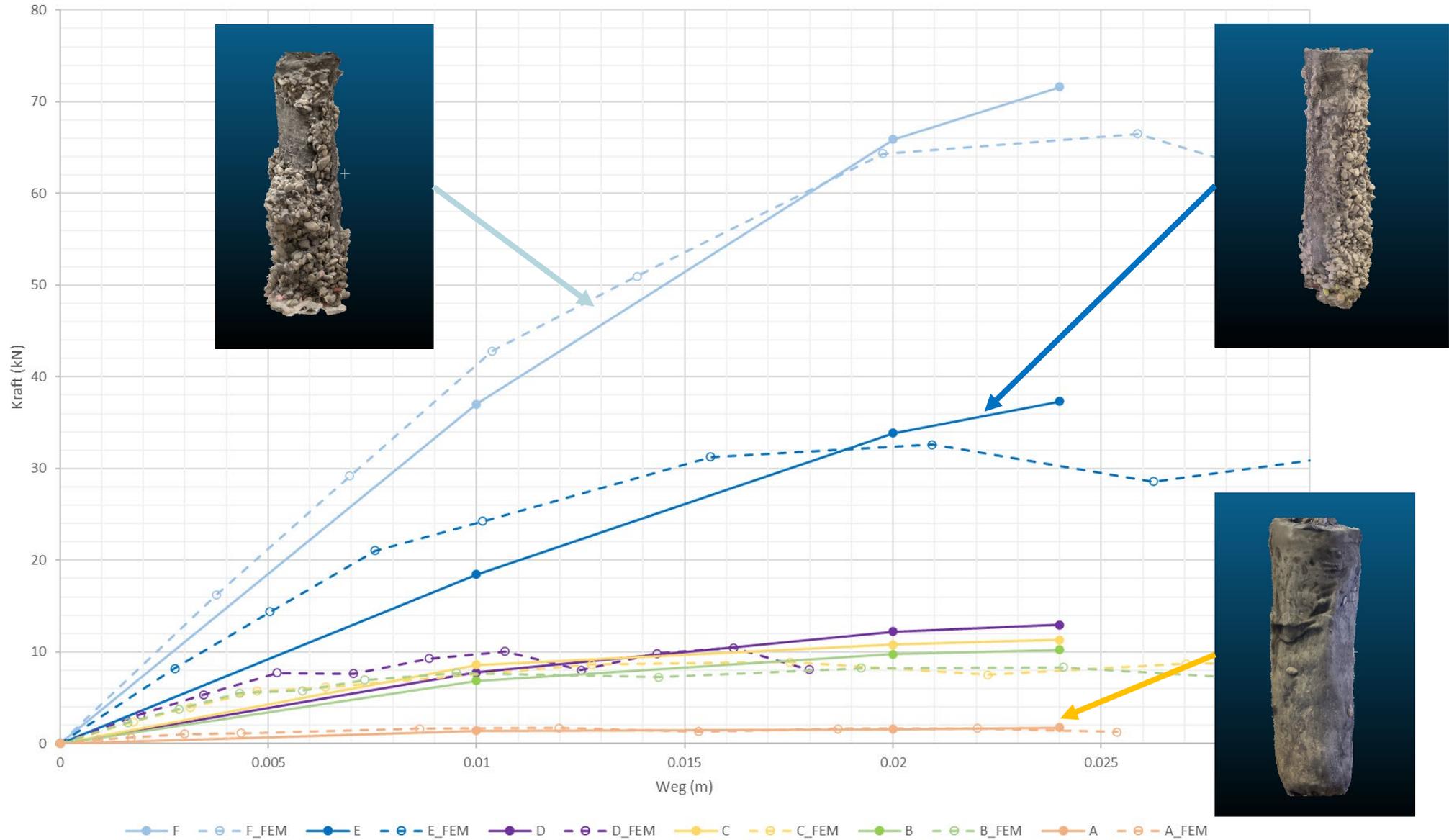
$$\tau_A = \frac{F_{24}}{2 \cdot \pi R \cdot L}$$

$$E_v = \frac{\left[2(1 + \nu) \frac{t_{FEM}}{\delta} \tau_A \right]}{1'000}$$

Eigenschaft	A	F
L (m)	0.40	0.45
R (mm)	55	73
F_{24} (kN)	1.75	71.61
τ_A (kN/m ²)	13	347
E_v (kN/m ²)	0.0013	0.0361

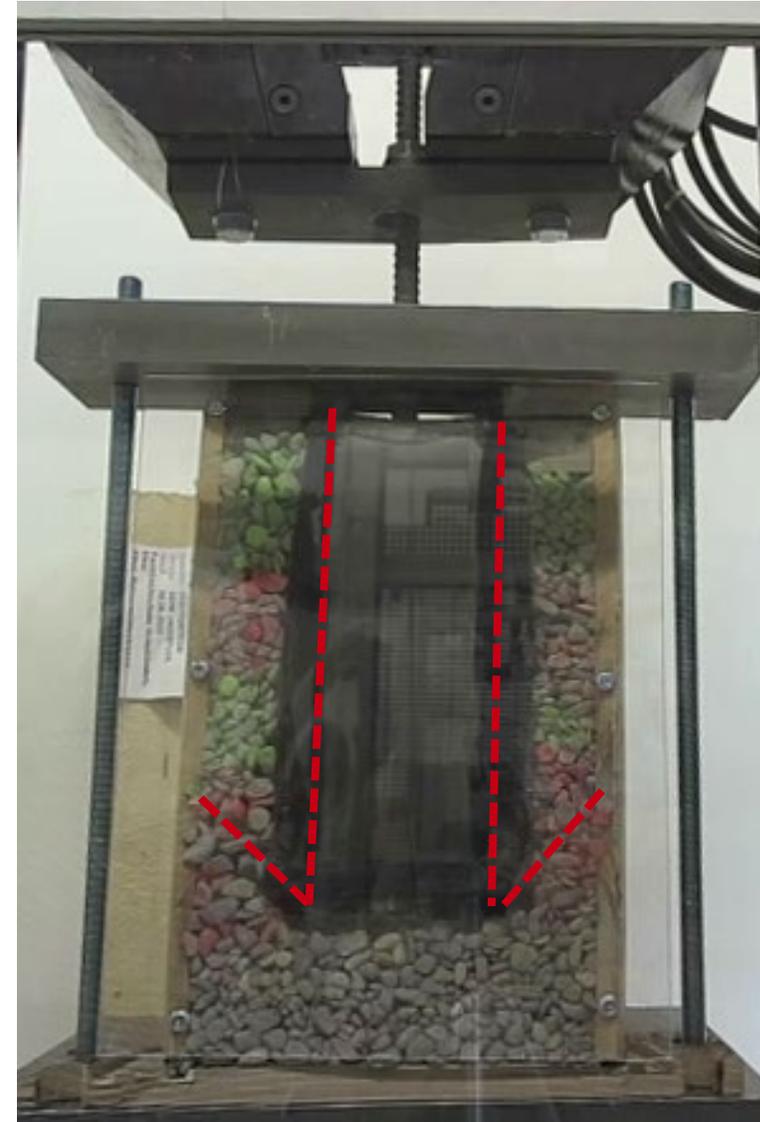
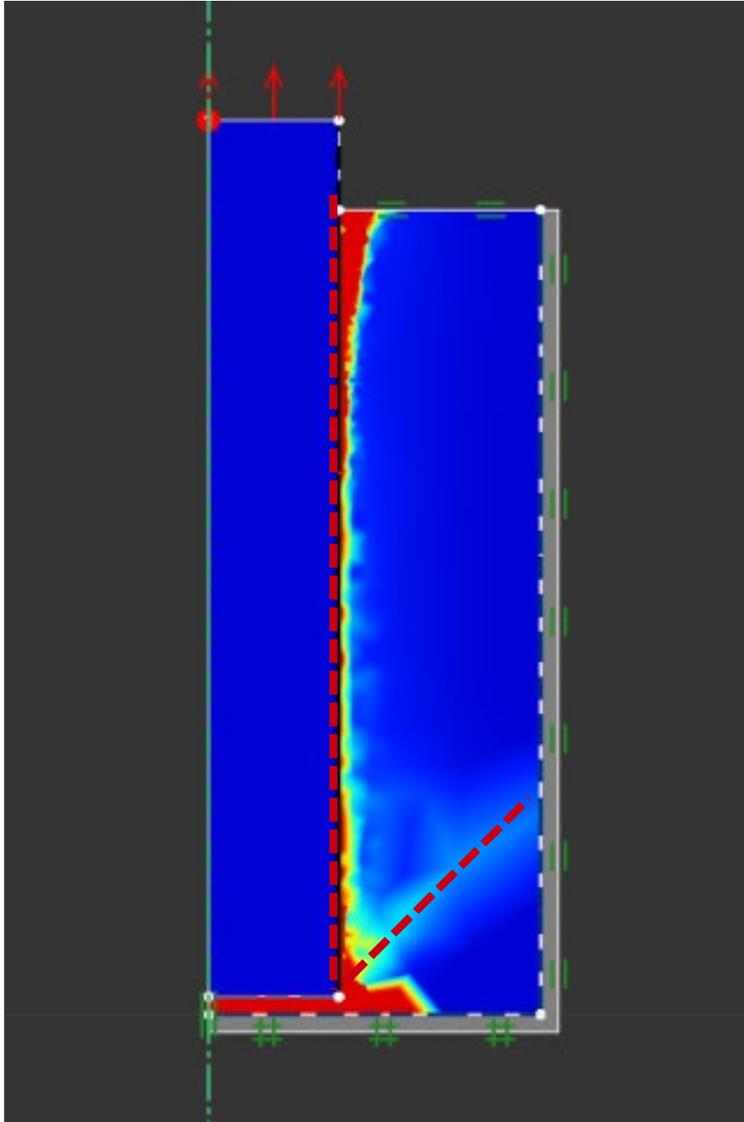
Bemessungshinweise für Zuganker mit Geotextilsäcken

FE Modellierung: Elastoplastic Multiplier Analysis



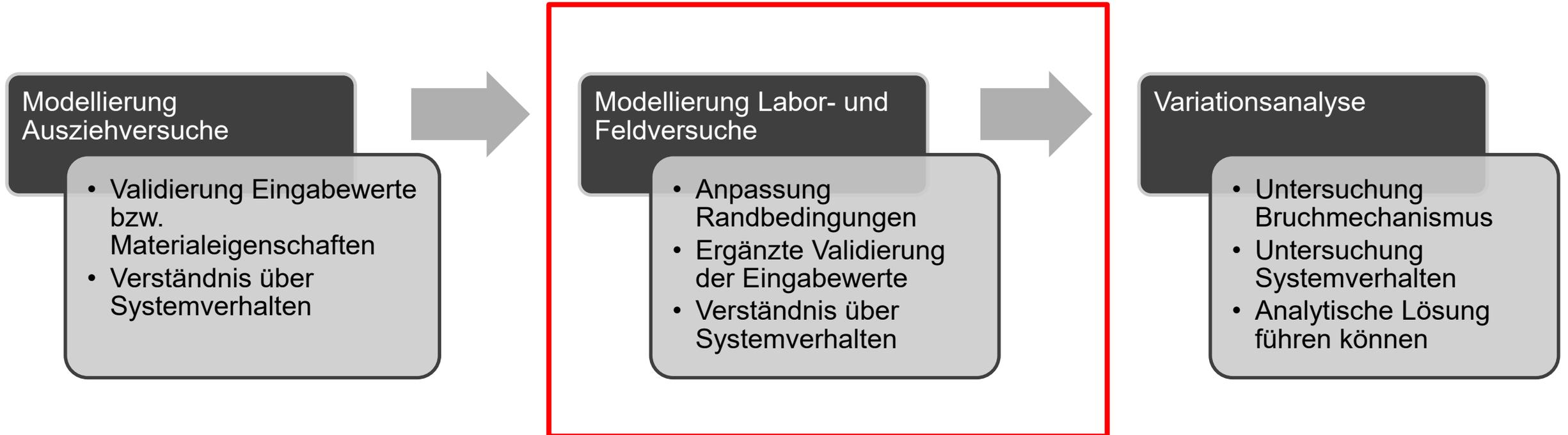
Bemessungshinweise für Zuganker mit Geotextilsäcken

FE Modellierung: Bruchmechanismus



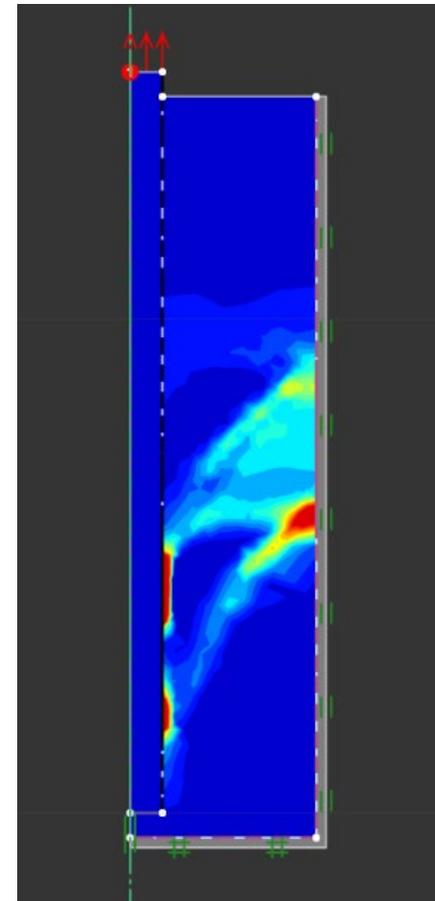
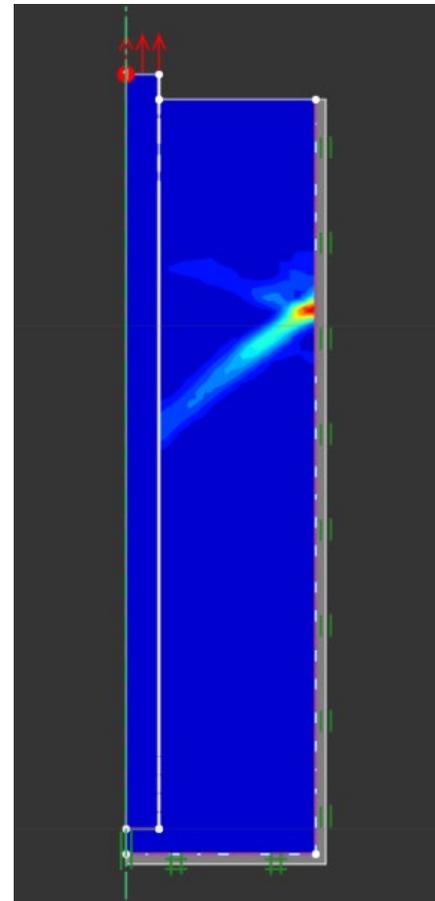
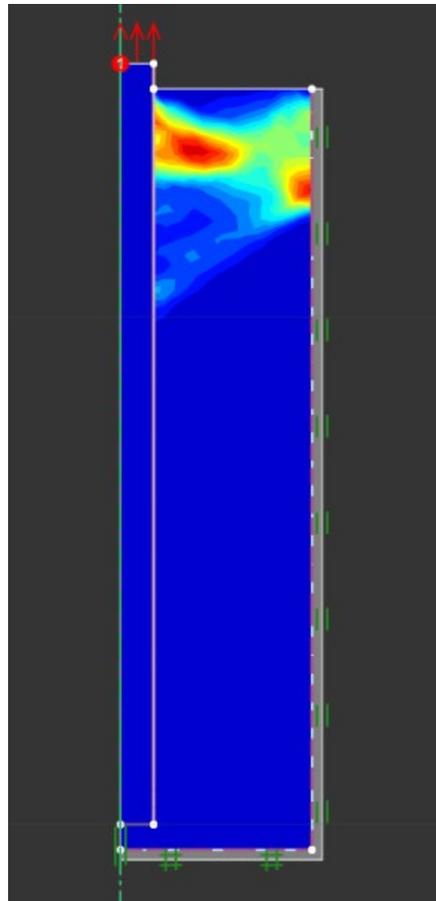
Bemessungshinweise für Zuganker mit Geotextilsäcken

FE Modellierung: Prozess und Ziele



Bemessungshinweise für Zuganker mit Geotextilsäcken

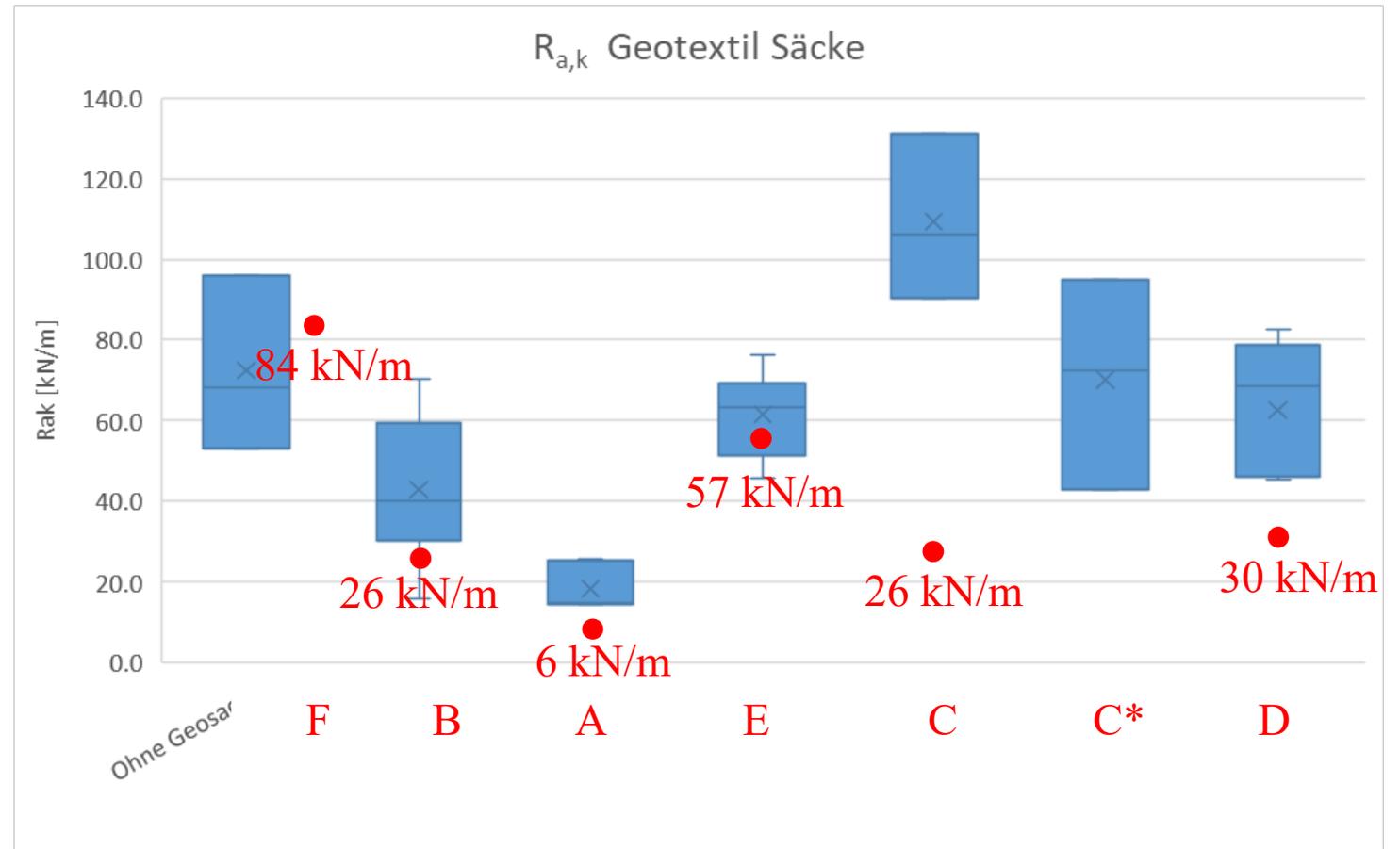
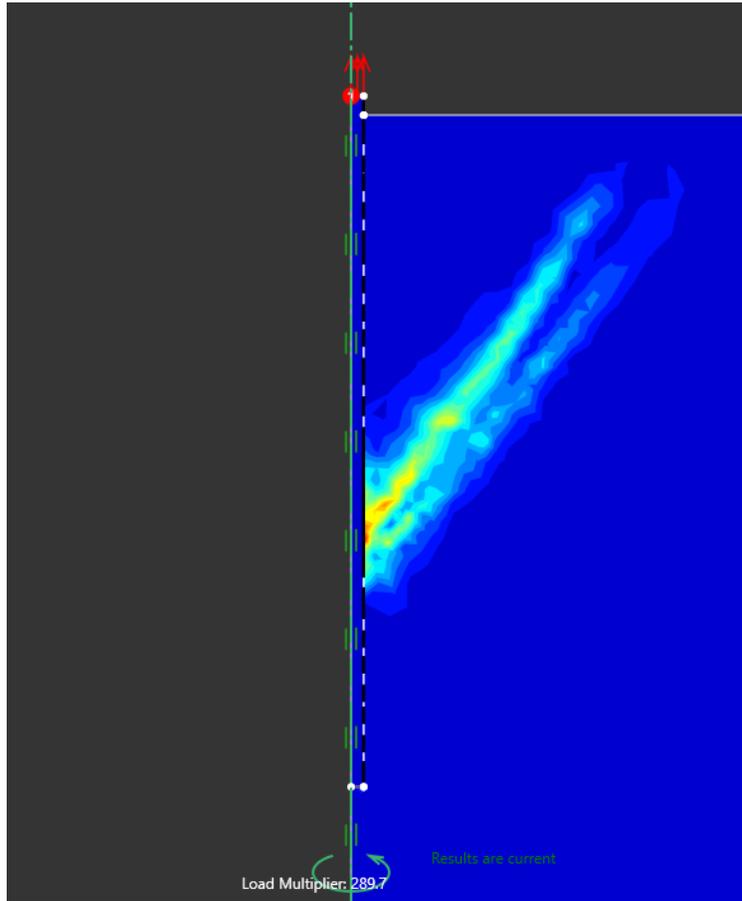
FE Modellierung: Weitere Validierungen / Prüfbox



Traglast (kN)	A	B	F
Labor	7.5	19.0	60.0
FEM	5.8	27.4	86.4

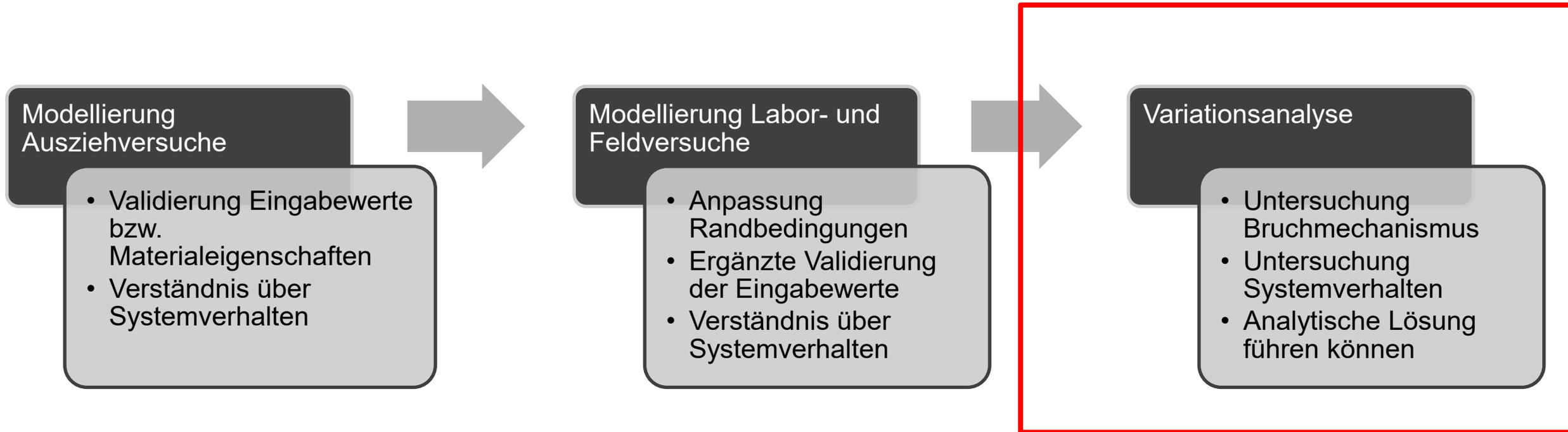
Bemessungshinweise für Zuganker mit Geotextilsäcken

FE Modellierung: Weitere Validierungen / Feldversuche



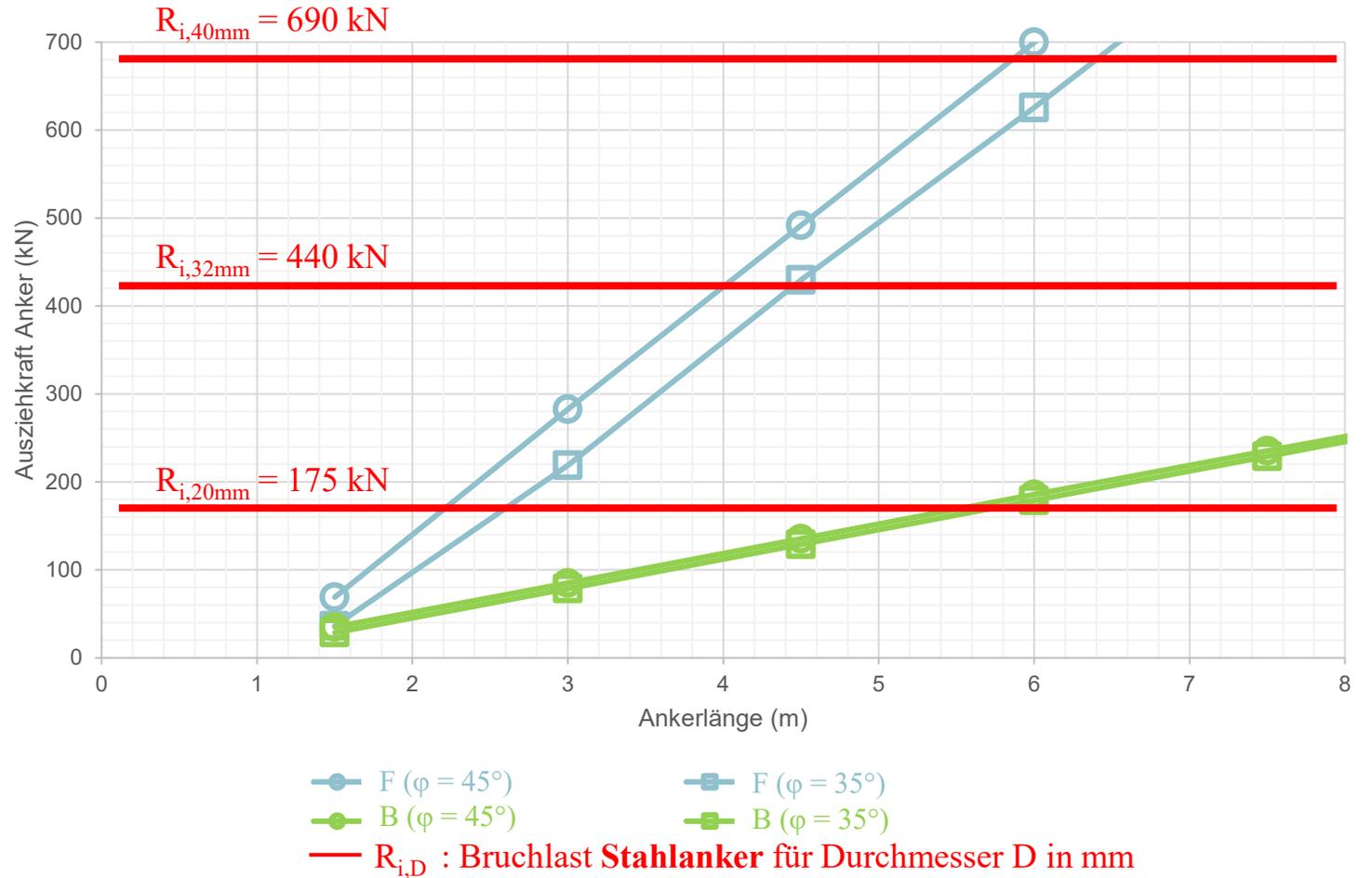
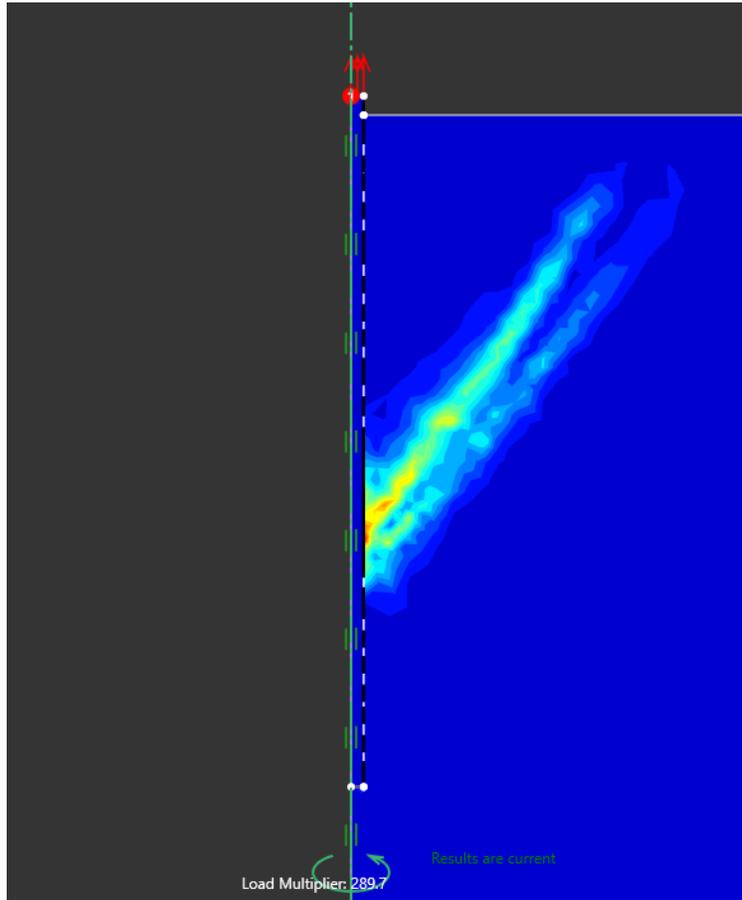
Bemessungshinweise für Zuganker mit Geotextilsäcken

FE Modellierung: Prozess und Ziele



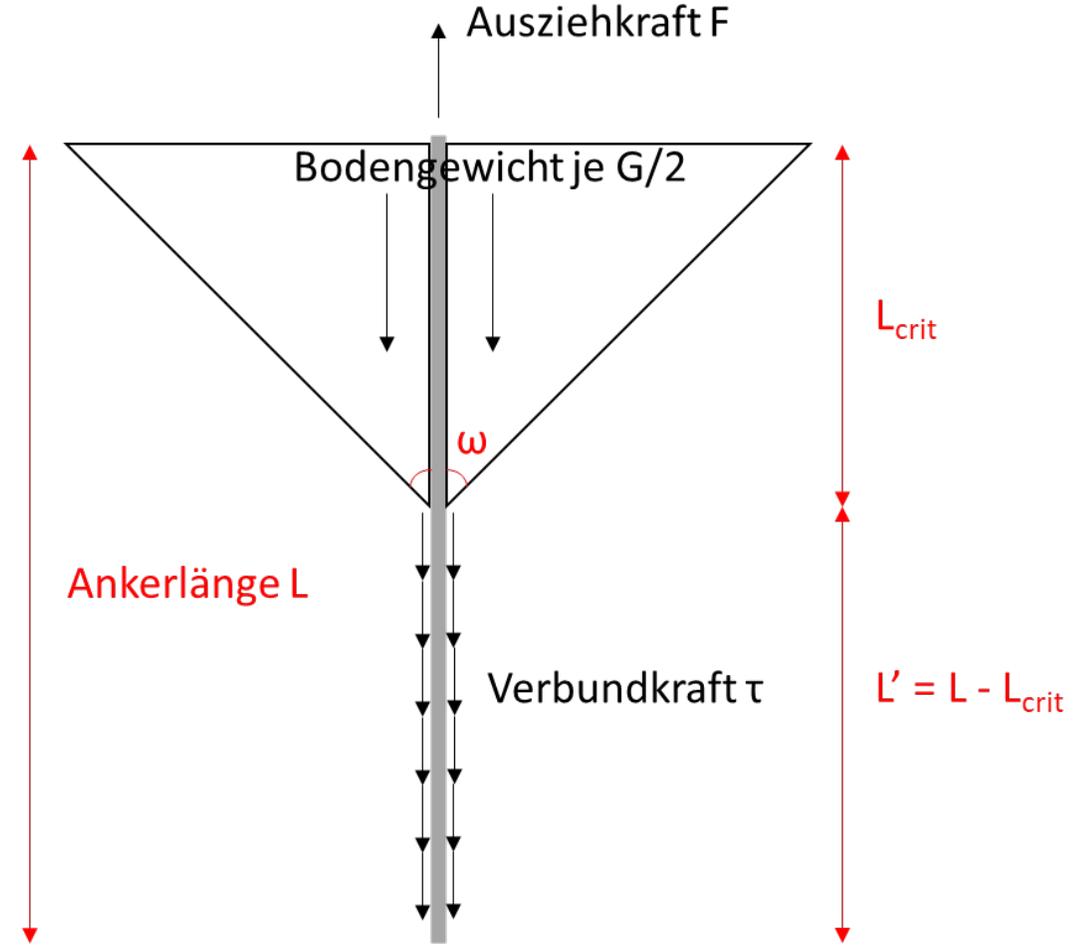
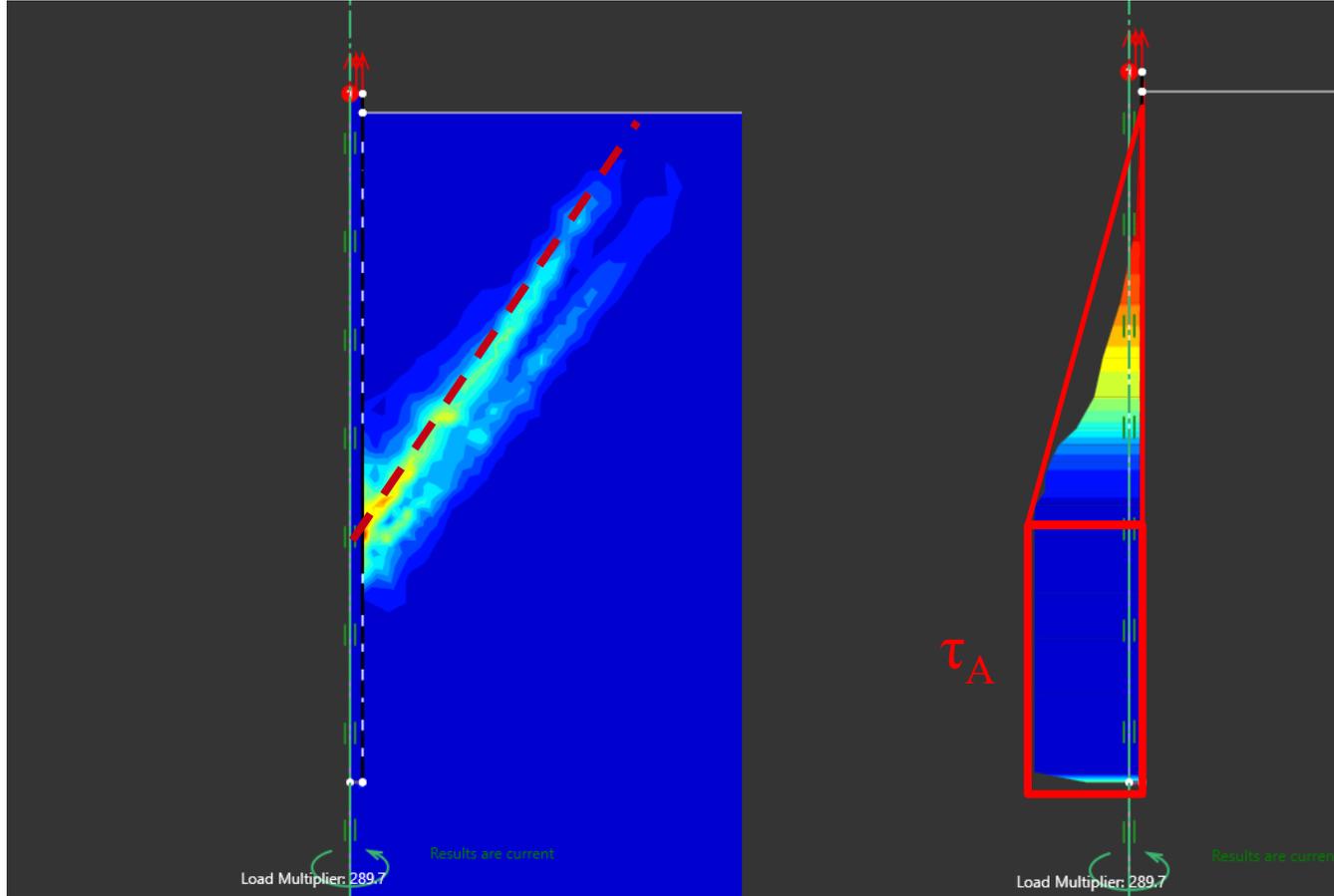
Bemessungshinweise für Zuganker mit Geotextilsäcken

FE Modellierung: Parameter Analyse



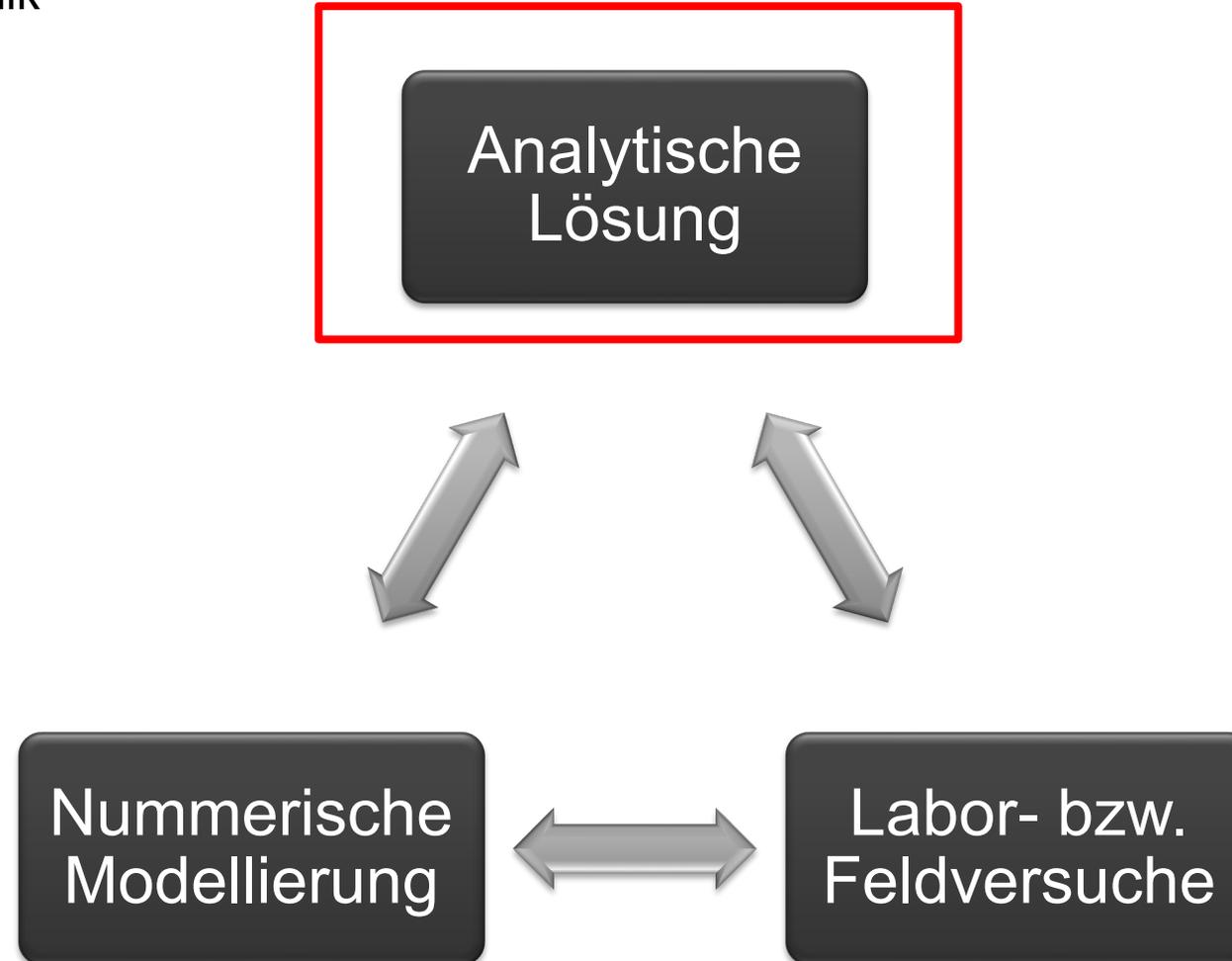
Bemessungshinweise für Zuganker mit Geotextilsäcken

Zuganker: Bruchmechanismus



Bemessungshinweise für Zuganker mit Geotextilsäcken

Vorgehen in der Geotechnik



Bemessungshinweise für Zuganker mit Geotextilsäcken

Zuganker: Traglast

Anker Traglast:

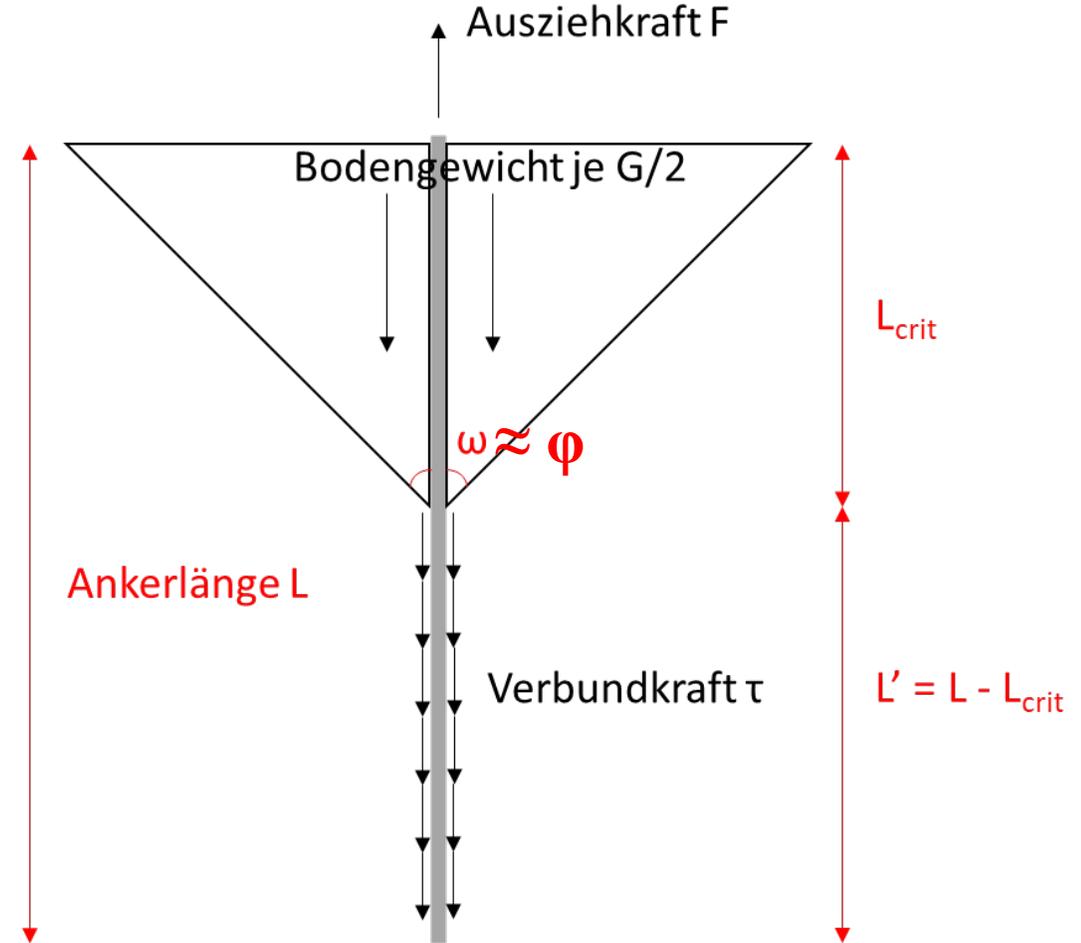
$$R_A = G + \tau_A \cdot \pi \cdot D \cdot L'$$

Bodengewicht G:

$$G = \frac{1}{3} \pi \cdot \tan^2 \varphi \cdot L_{crit}^3 \cdot \gamma_{Boden}$$

Kritische Länge L_{crit} :

$$L_{crit} = \frac{1}{\tan \varphi} \sqrt{\frac{3 \cdot D}{\gamma_{Boden}}} \tau_A$$



Bemessungshinweise für Zuganker mit Geotextilsäcken

Zuganker: Traglast

Anker Traglast:

$$R_A = G + \tau_A \cdot \pi \cdot D \cdot L'$$

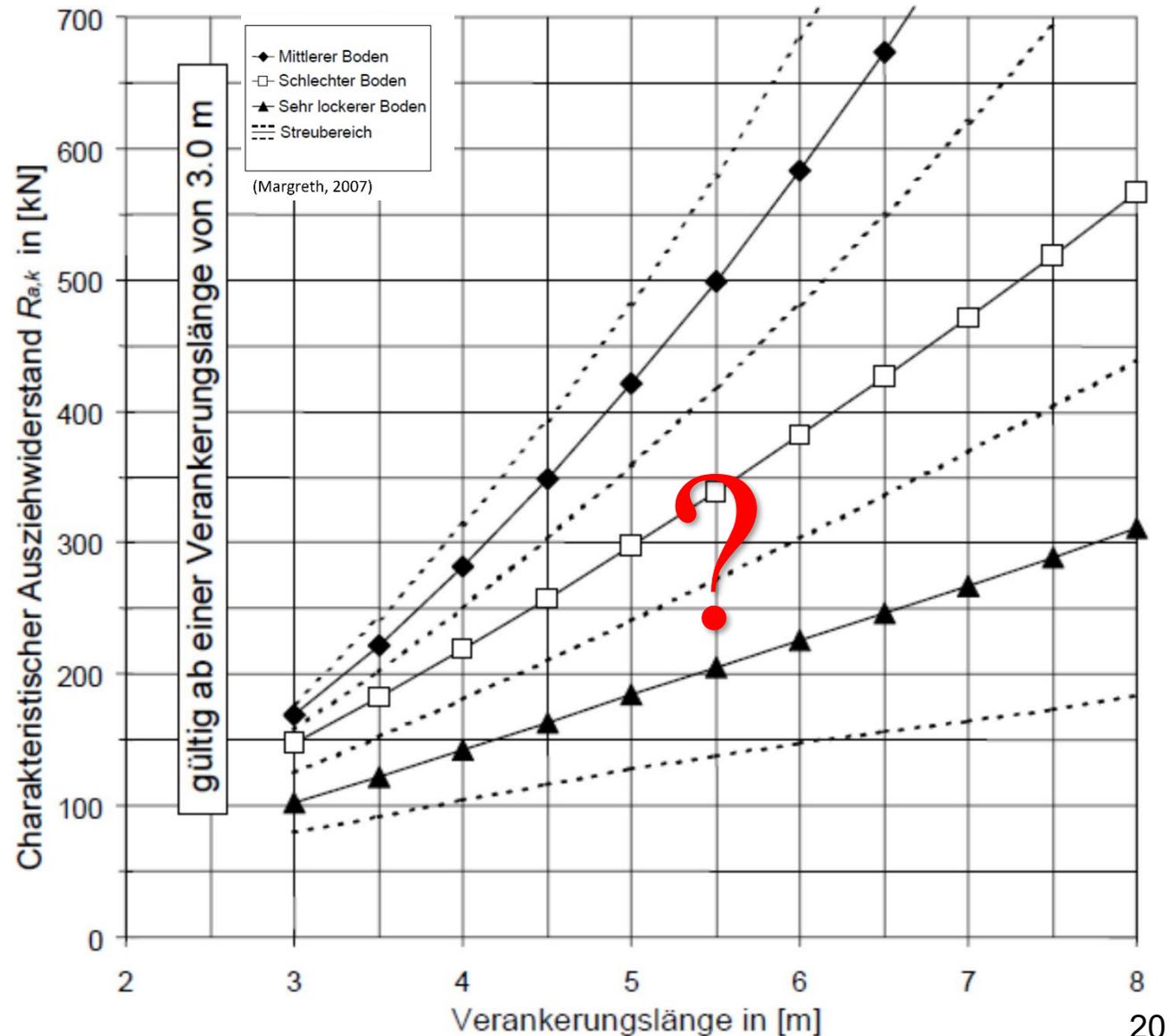
Bodengewicht G:

$$G = \frac{1}{3} \pi \cdot \tan^2 \varphi \cdot L_{crit}^3 \cdot \gamma_{Boden}$$

Kritische Länge L_{crit} :

$$L_{crit} = \frac{1}{\tan \varphi} \sqrt{\frac{3 \cdot D}{\gamma_{Boden}} \tau_A}$$

Beispiel: $\gamma_{Boden} = 18 \text{ kN/m}^3$, $D = 0.13 \text{ m}$, $\varphi = 35^\circ$



Bemessungshinweise für Zuganker mit Geotextilsäcken

Zuganker: Traglast

Anker Traglast:

$$R_A = G + \tau_A \cdot \pi \cdot D \cdot L'$$

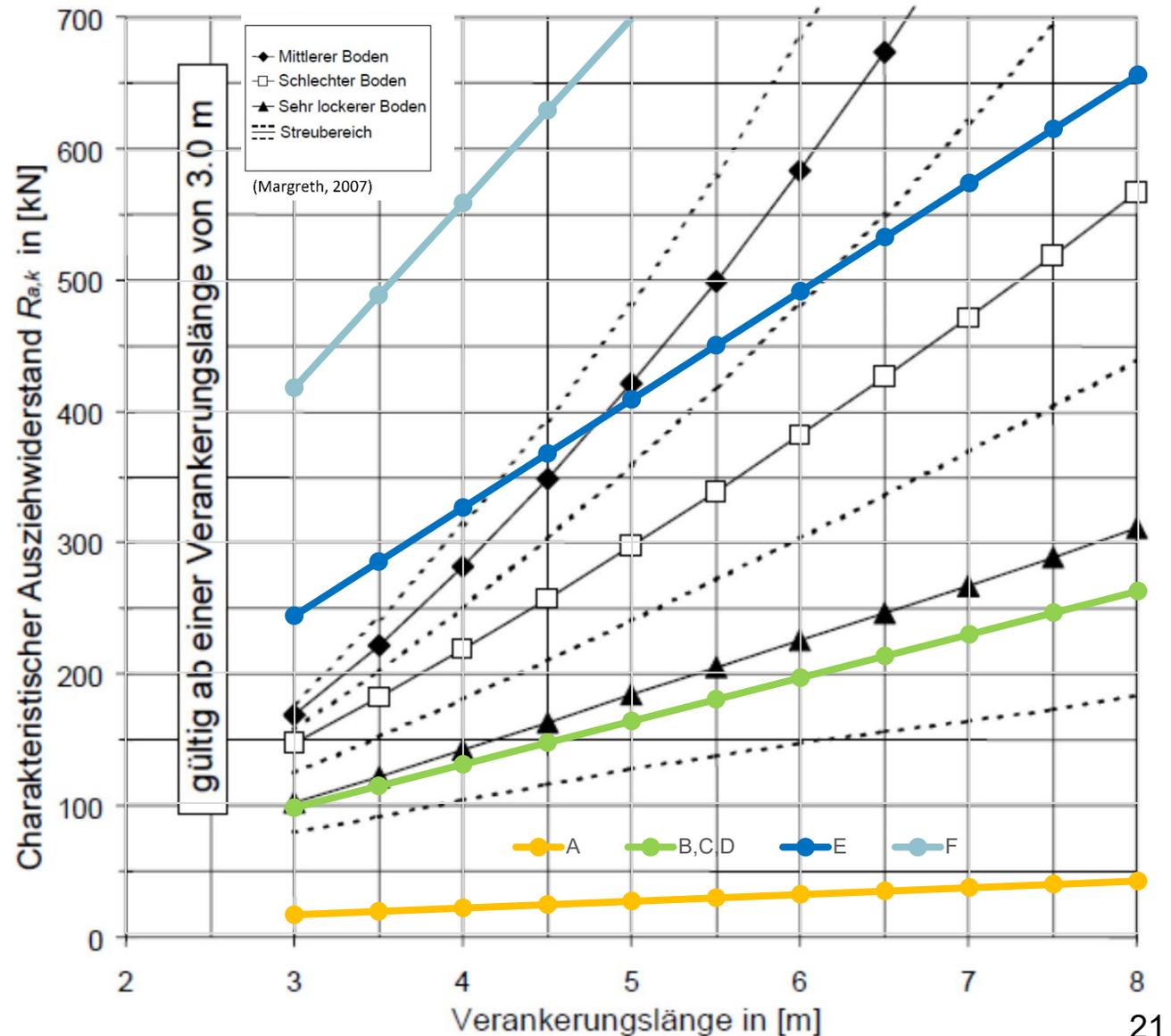
Bodengewicht G:

$$G = \frac{1}{3} \pi \cdot \tan^2 \varphi \cdot L_{crit}^3 \cdot \gamma_{Boden}$$

Kritische Länge L_{crit} :

$$L_{crit} = \frac{1}{\tan \varphi} \sqrt{\frac{3 \cdot D}{\gamma_{Boden}} \tau_A}$$

Beispiel: $\gamma_{Boden} = 18 \text{ kN/m}^3$, $D = 0.13 \text{ m}$, $\varphi = 35^\circ$



Bemessungshinweise für Zuganker mit Geotextilsäcken

Zuganker: Traglast

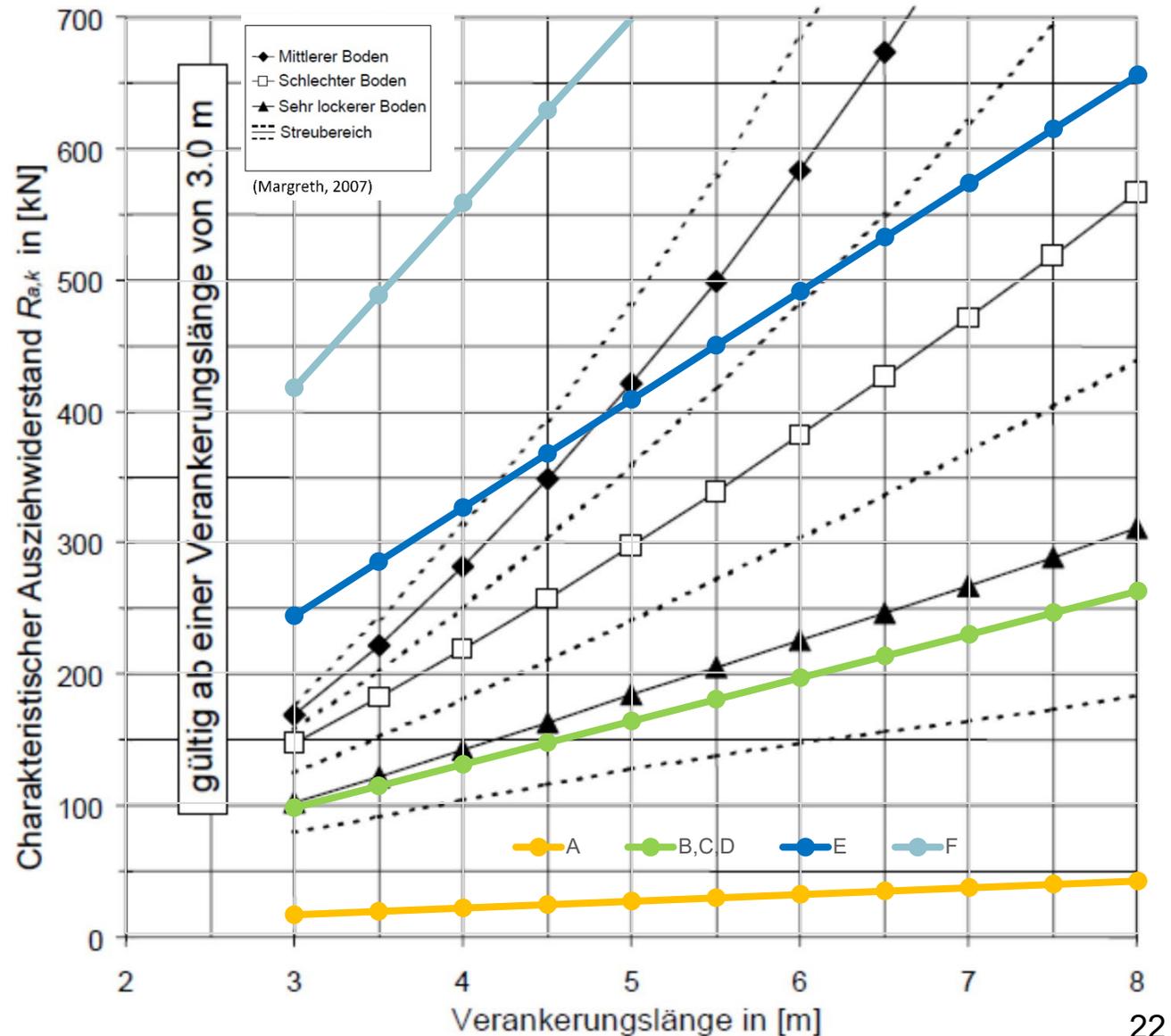
Anker Traglast:

$$R_A = G + \tau_A \cdot \pi \cdot D \cdot L'$$

Geotextil-sack	Öffnungsweite	Steifigkeit	τ_A (kN/m ²)
A	klein	hoch	13
B,C,D	Undurchlässig	Gering bis sehr gering	81 bis 94
E	gross	hoch	203
F	mittel	mittel	347

$$L_{crit} = \frac{1}{\tan\varphi} \sqrt{\frac{G}{\gamma_{Boden}} \tau_A}$$

Beispiel: $\gamma_{Boden} = 18 \text{ kN/m}^3$, $D = 0.13 \text{ m}$, $\varphi = 35^\circ$



Bemessungshinweise für Zuganker mit Geotextilsäcken

Fazit

- ✓ Aus den Laborversuchen lassen sich folgende Werte berechnen:
 - ✓ **Geometrische** Angaben
 - ✓ **Verbundkraft** τ_A
 - ✓ Elastizitätsmodul Geotextilsack-Boden Trennfläche
- ✓ Aus dem Bruchmechanismus ist mit einer **kritischen Länge** L_{crit} zu rechnen:
 - ✓ Innerhalb dieser Länge ist ein Bodenkeil beim Anker angehängt
 - ✓ Unterhalb der Länge ist voller Verbundkraft mobilisiert
 - ✓ Die Länge ist abhängig vom Verbundkraft und innere Reibungswinkel des Bodens
- ✓ Der **Tragwiderstand** des Zugankers lässt sich aus folgenden Komponenten berechnen:
 - ✓ Gewicht des aktivierten Keils
 - ✓ Verbundkraft in der restlichen Länge
 - ✓ Eine gute **Schätzung** der Tragfähigkeit für eine **Vorbemessung**

Bemessungshinweise für Zuganker mit Geotextilsäcken

Diskussion

Verbundkraft ist ein wesentliches Teil der Bemessung. Abhängigkeit der Verbundkraft von:

- Beachten Scherfläche in Baulaborversuche
- Boden Porosität
- Verhältnis Geotextilsack Öffnungsweite / Grösstkorn Mörtel
- Geotextilsack / Mörtel Durchlässigkeit
- Auswahl Boden für Laborversuche eventuell mit Feld Bedingungen abstimmen

Fachhochschule Graubünden
Pulvermühlestrasse 57
7000 Chur
T +41 81 286 24 24
info@fhgr.ch

Vielen Dank für eure Aufmerksamkeit.

Fachhochschule Graubünden
Scola auta spezialisada dal Grischun
Scuola universitaria professionale dei Grigioni
University of Applied Sciences of the Grisons

swissuniversities

