

## "Überbemessen" wir in der Geotechnik? Ergebnisse der Schweizer Umfrage zur Dimensionierung in der Geotechnik, Teil der internationalen Umfrage der ISSMGE

Dr. Dimitrios Terzis; dimitrios.terzis@epfl.ch

**ZUSAMMENFASSUNG:** In den Jahren 2020 und 2021 haben die International Society of Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (ISSMGE) und ihre jungen Mitglieder eine Umfrage gestartet - beinahe 260 Antworten wurden eingereicht. Die Frage war so einfach wie kompliziert: «Überbemessen wir in der Geotechnik?»

Die Untersuchung beinhaltete einfache geotechnische Probleme mit Ton oder Sand, die auf tatsächlichen geotechnischen Daten von zwei Teststandorten basierten. Die Antworten wurden analysiert und auf der internationalen Konferenz, die vom 1. bis 5. Mai 2022 in Sydney stattfand, vorgestellt. Dieser Artikel stellt die Ergebnisse der Schweizer Ausgabe der Umfrage vor und vergleicht sie mit den Ergebnissen anderer Regionen, den Modellberechnungen sowie den auf Zuverlässigkeit basierenden Lösungen des Technischen Komitees (TC) 304, das sich auf die "Praxis des geotechnischen Ingenieurwesens und der Risikobewertung und des Risikomanagements" fokussiert. Die Schweizer Ausgabe behandelte nur eines der 10 untersuchten Probleme. Für dieses Problem gingen 9 Antworten ein, welche mit den 34 Antworten der anderen Mitgliedgesellschaften der ISSMGE verglichen wurden. Die Ergebnisse wurden auf ihre Tendenzen zur Überbemessung analysiert. Die Ziele dieser ISSMGE-Umfrage waren einerseits Erkenntnisse über die Umsetzung des vorhandenen Wissens und anderer-

seits die Verbesserung des Niveaus der Praxis in der Industrie.

**SCHLÜSSELWÖRTER :** geotechnisches Design, Überbemessung, Bemessung und Planung, Praxisumfrage

### EINLEITUNG:

Die Umfrage erhielt insgesamt 260 Antworten zu den zehn gestellten geotechnischen Problemen. Die Herkunft der Antworten ist in Abbildung 1 dargestellt. Es wurden nicht alle zehn Probleme gleich oft beantwortet. Für das Problem des Baugrubenabschlusses, das von der Schweizer Ausgabe behandelt wurde (Abbildung 2), gingen 43 Antworten ein, von denen 9 aus der Schweiz stammten.

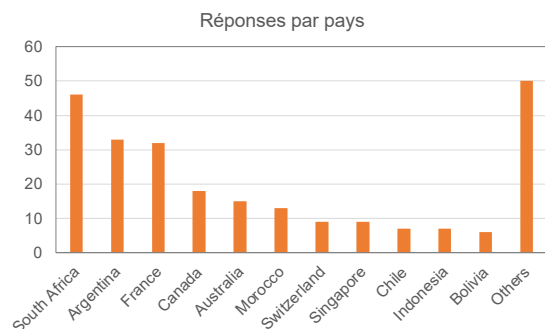


Abbildung 1: Verteilung der Antworten nach Teilnehmerland

### STRUCTURE:

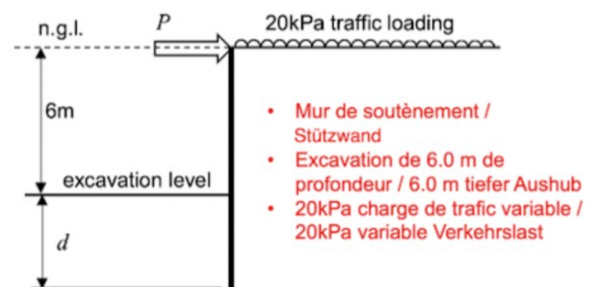


Abbildung 2: Baugrubenabschluss (Sandboden)

Es handelt sich um ein Entwurfsproblem, bei dem die Teilnehmer die erforderliche Einbindetiefe ( $d$ ), die Auflagerkraft auf den Stützpunkt ( $P$ ) und das maximale Biegemoment ( $M_{max}$ )

einer Baugrubenwand bestimmen sollten.

**ERGEBNISSE** : Aufgeschlüsselt nach Anzahl der eingegangenen Antworten wird die erforderliche Einbindetiefe in Abbildung 3 und die Auflagekraft in Abbildung 4 dargestellt. Der durchschnittliche Reibungswinkel, den die Teilnehmer für ihre Berechnungen verwendeten, betrug  $32,7^\circ$  für die Schweizer und  $34^\circ$  für die anderen.

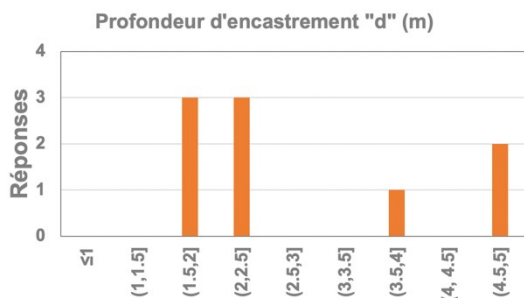


Abbildung 3: Antworten auf die Frage nach der Einbindetiefe

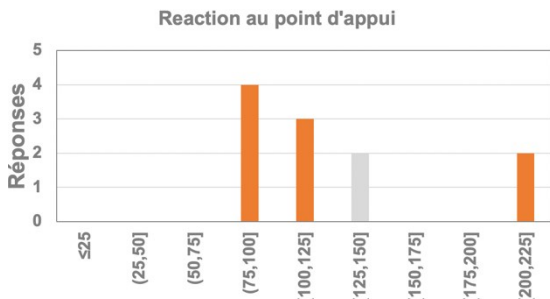


Abbildung 4: Antworten auf die Frage zur Auflagekraft. In Grau die freien Antworten für den Fall Erdbeben.

TC 304 (Shuku et al. 2020) führte eine deterministische und probabilistische Analyse der erforderlichen Einbindetiefe und Auflagekraft durch. Ihre Antworten sind in Abbildung 5 als rote, gestrichelte Linien dargestellt.

Für einen zusätzlichen Vergleich wurde ein Entwurf für Grenzzustände auf der Grundlage des Entwurfsansatzes 1, Kombination 2 (GEO) des Eurocodes EN1997-1:2004 durchgeführt.

Der durchschnittliche charakteristische Wert des Reibungswinkels ( $\phi'_k$ ) wurde auf  $34^\circ$  festgelegt (gleich dem durchschnittlichen Reibungswinkel, der von den Teilnehmern verwendet wurde). Diese Berechnung, welche eine freie Auflagerung der Baugrubenwand im Erdreich annahm, wurde auf der Modelllösung für eine 1-Mal abgestützte Wand basiert, die von Orr (2005) vorbereitet worden ist. Die Ergebnisse werden durch die schwarzen Linien dargestellt.

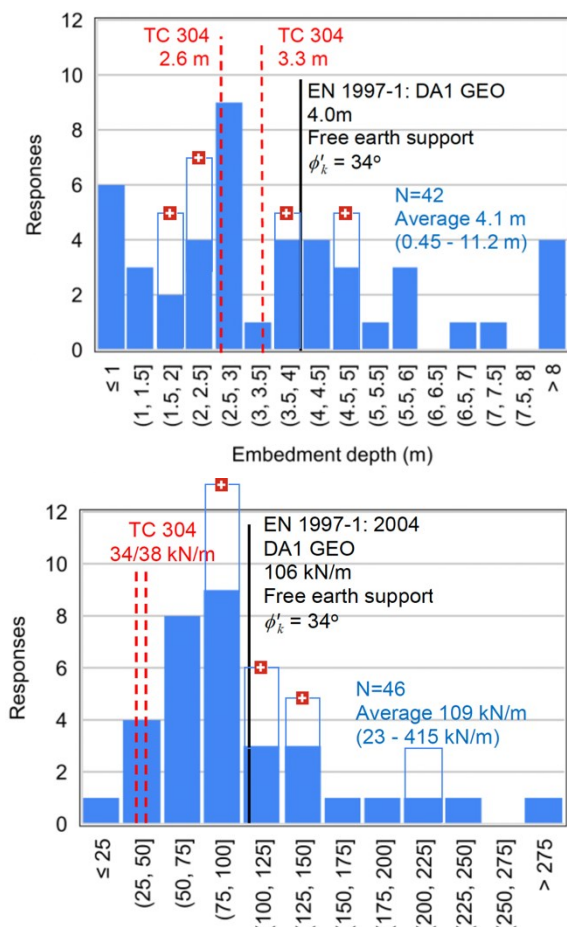


Abbildung 5: Vergleich der Antworten aus dem internationalen Bereich (blau) mit den Antworten von Teilnehmenden aus der Schweiz zu den Fragen nach der Einbindetiefe und der Auflagekraft.

Der Vergleich zwischen den Schweizer Antworten und den Ergebnissen der internationalen Umfrage zeigt, dass die Schweizer Ergebnisse weniger weit auseinander und vor allem näher an

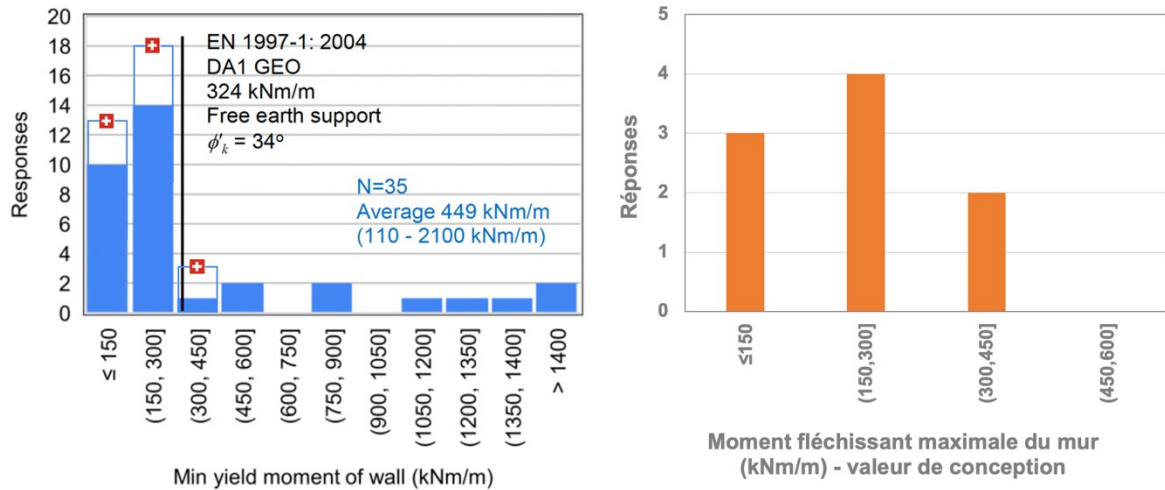


Abbildung 6: (links) Vergleich der Antworten aus dem Ausland (blau) mit den Antworten aus der Schweiz auf die Frage nach dem Biegemoment der Stützmauer; (rechts) Antworten aus der Schweiz auf die gleiche Frage

den Werten liegen, die nach der Berechnung des Eurocodes vorgeschlagen werden.

Mit Ausnahme der Einbindetiefe ( $d$ ), die von der Hälfte der Teilnehmer im Vergleich zur Referenzberechnung (Orr (2005)) unterdimensioniert wurde, folgen die von unseren Mitgliedern vorgeschlagenen Werte den in der internationalen Umfrage gefundenen Haupttrends.

Tabelle 1: Zusammenfassung der Parameter, digitalen Werkzeuge und Analysemethoden, die von den Teilnehmenden bei der Beantwortung der Schweizer Umfrage verwendet wurden (\* gibt freie Antworten an)

Parameter	min	max
$\phi'_k$	25.7°	38°
$c'$	0 kPa	3 kPa
Analysemethode	Anzahl Antworten	
Berechnung der Arbeitsbelastung	0	
Berechnung im ultimativen Grenzzustand	7	
Elastoplastische Berechnung*	1	
Deterministische und probabilistische Analyse bei der Modellierung mit finiten Elementen*	1	
Software	Anzahl Antworten	
Larix	4	
Plaxis	2	
Zsoil	1	
Optum 2G	1	
DC Baugrube	1	

Eine Zusammenfassung aller Parameter, digitalen Tools und Analysemethoden, die von den Teilnehmern unserer Gesellschaft verwendet wurden, ist in der folgenden Tabelle veranschaulicht.

### AUSSAGEKRÄFTIGE ANTWORTEN:

Unter den Antworten auf die Schweizer Umfrage gab es Ansätze, die über eine herkömmliche Dimensionierung hinausgehen. Zwei von neun Teilnehmern ergänzten ihre Antworten mit Werten für den Erdbebenfall der Reaktionskraftberechnung. Insbesondere verwendete ein Teilnehmer eine deterministische und probabilistische Analyse mithilfe von Finite-Elemente-Berechnungen (Zsoil). Die Ergebnisse dieses Ansatzes für die Einbindetiefe, die Auflagerkraft und das Moment sind gleich 2,5 m, 212 kN/m und 385 kNm/m. Die Einbindetiefe ist leicht unterdimensioniert und die anderen beiden Werte (Auflagerkraft und Moment) überdimensioniert, wie aus den Gesamtergebnissen der Umfrage hervorgeht.

## ABSCHLUSS :

Das Antwortintervall für diese Umfrage war bei der Frage nach der Einbindetiefe im Vergleich zu den anderen beiden Fragen grösser. Die Mehrheit der Teilnehmer wählte den Eurocode als Analyseverfahren, was zu konsistenten Antworten führte, unabhängig von der Erfahrung oder des Herkunftslandes der Teilnehmer. Insgesamt ist es schwierig, eine klare Antwort auf die Frage "Überdimensionieren wir geotechnische Bauwerke?" zu geben. Das einzige Problem, bei dem es Hinweise für Über- und Unterbemessung zu geben scheint, ist die Berechnung der Einbindetiefe. Die Spannweite der Antworten unserer Mitglieder war jedoch geringer als jene bei der internationalen Umfrage.

## LITERATUR

Day, P, Briaud J.L.. Are we overdesigning: Results of ISSMGE survey. Proceedings of the 20th ICSMGE-State of the Art and Invited Lectures– Rahman and Jaksa (Eds) 2022 Australian Geomechanics Society, Sydney, Australia, ISBN 978-0-9946261-6-5 511

Orr, T.L.L. 2005. Model solutions for Eurocode 7 – workshop examples. Proc. international workshop on the evaluation of Eurocode 7, Trinity College, Dublin, 31 Mar – 1 Apr 2005, 75-108.

Shuku, T., Cao, Z., Schweckendiek, T., and Redael, M. 2020. Probabilistic analysis of propped embedded retaining wall. Probabilistic solutions for survey questions in "Are we overdesigning? – a survey of international practice", 66-74. Report by ISSMGE TC 304.