

Bachelor-Thesis Studiengang Bauingenieurwesen

Grundlagen & Anwendung bodenmechanischer Stoffmodelle

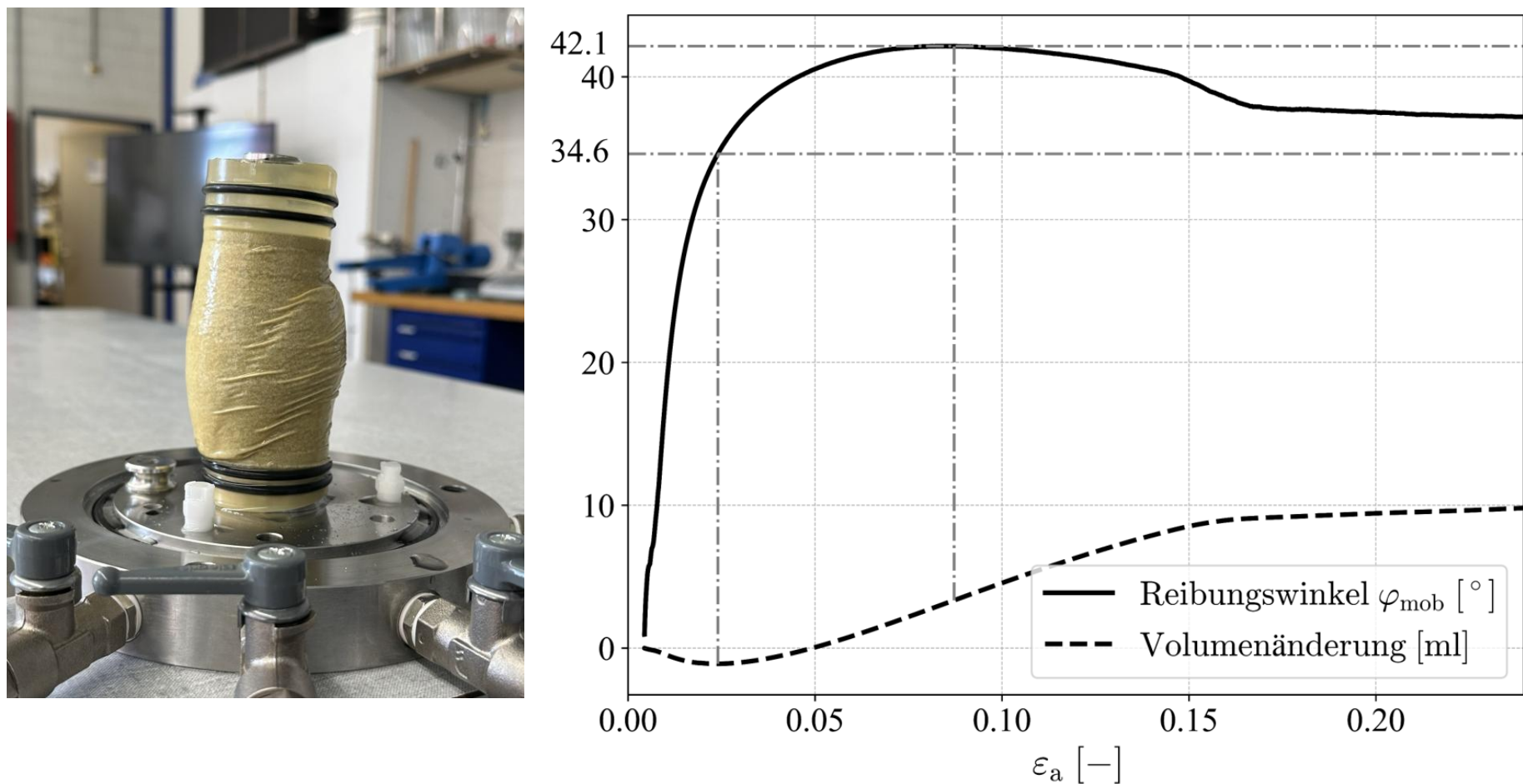


Abb. 1: Bestimmung Reibungswinkel aus drainiertem Triaxialversuch

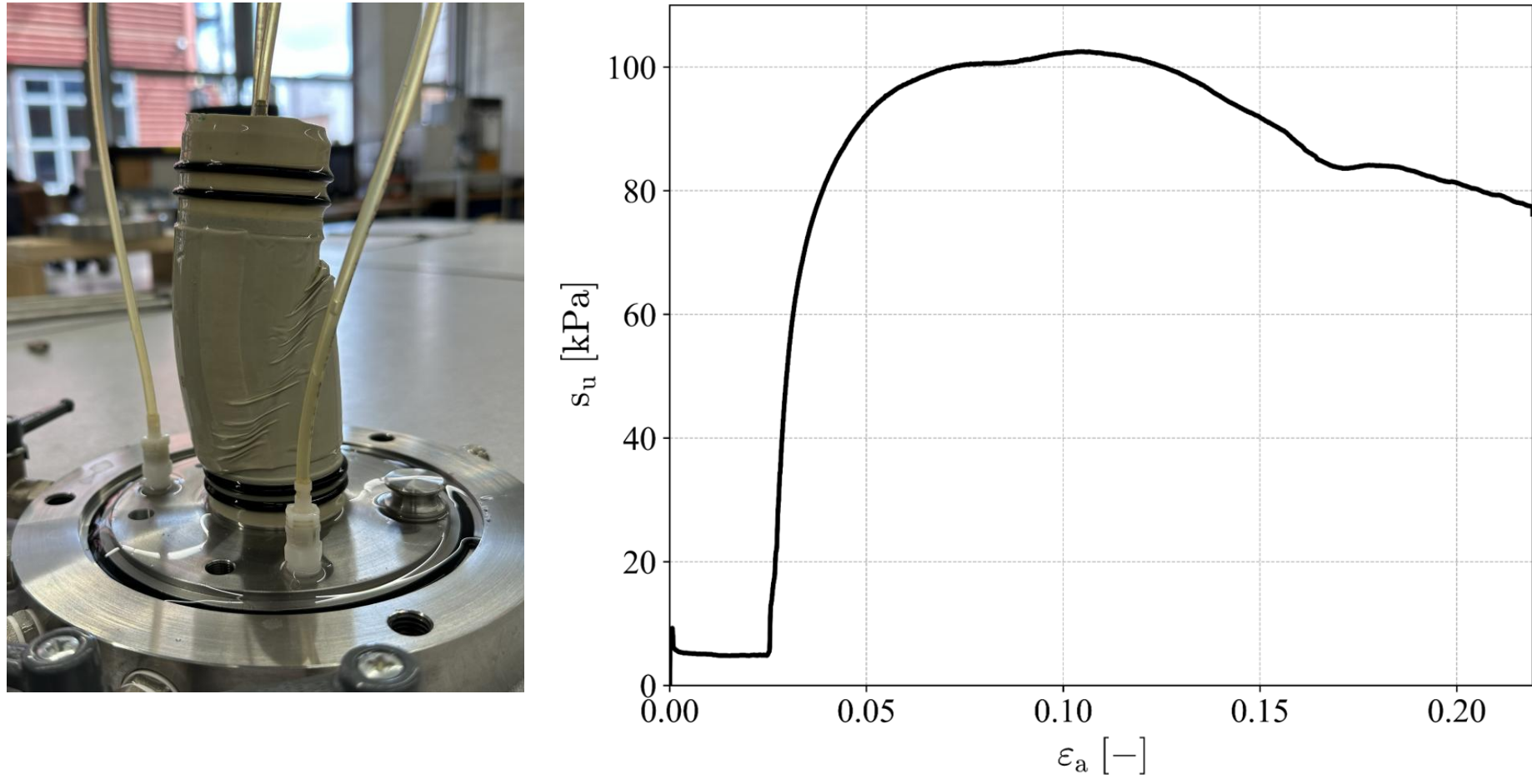


Abb. 2: Bestimmung undrainierte Scherfestigkeit aus Triaxialversuch

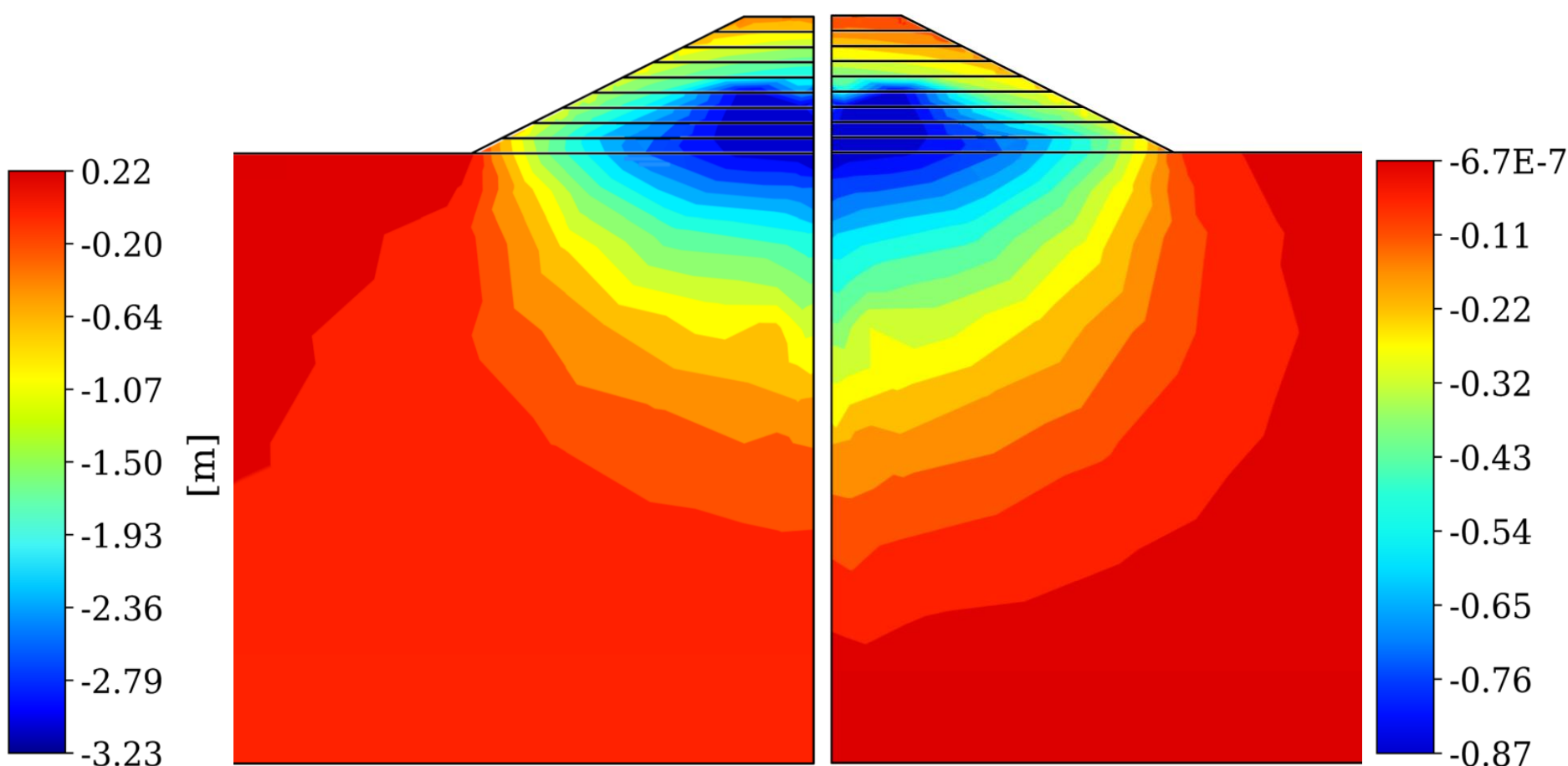


Abb. 3: Setzungen nach Modified Cam Clay (MCC) links & Hardening Mohr-Coulomb (HMC) rechts

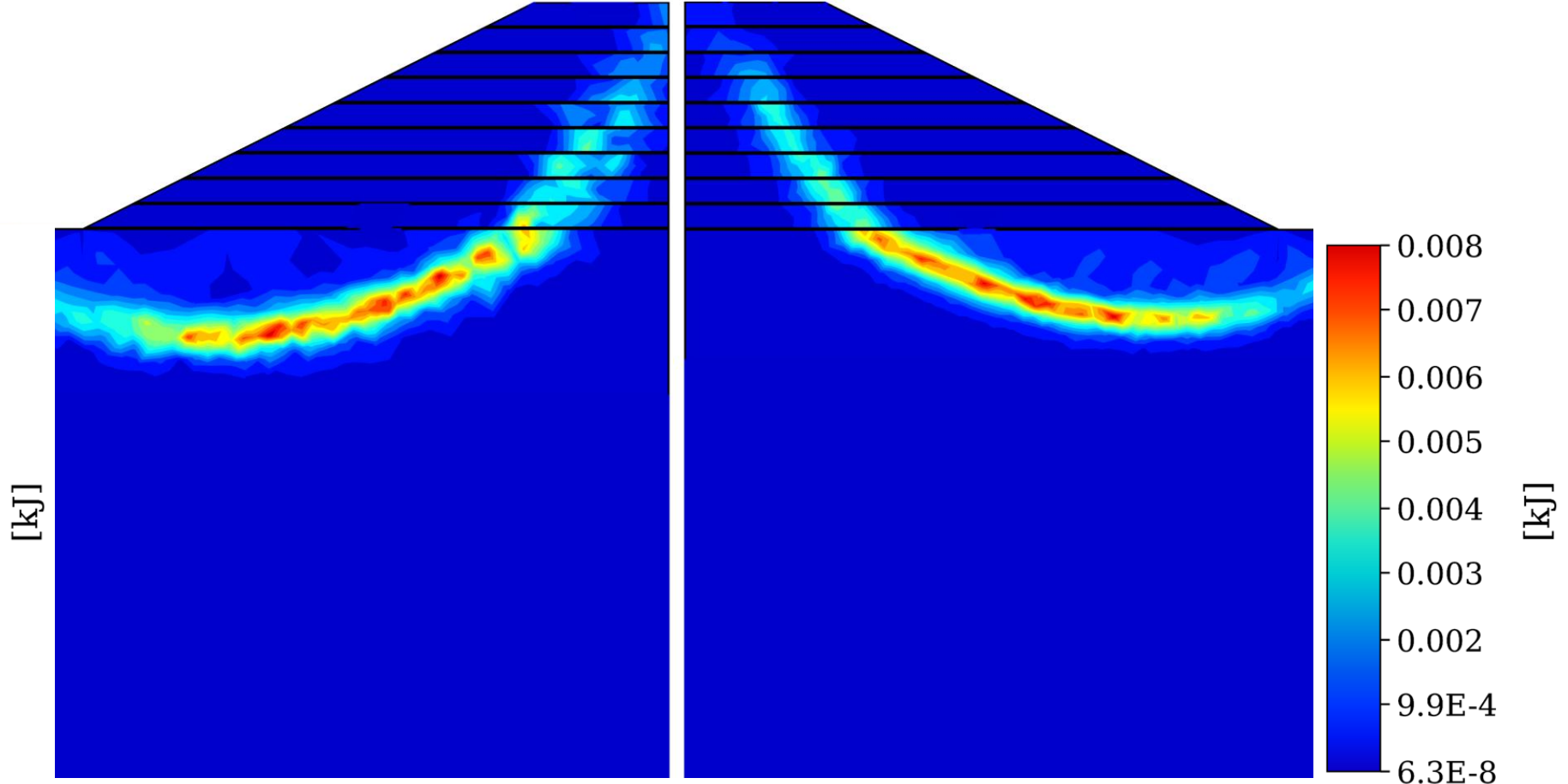


Abb. 4: Böschungsstabilität nach Modified Cam Clay (MCC) links & Hardening Mohr-Coulomb (HMC) rechts (Festigkeitsreduktion)

Setzungen unterhalb Damm (Langzeitbetrachtung)		
Bauzustand	MCC	HMC
1. Schüttetappe	0.31 m	0.14 m
5. Schüttetappe	1.65 m	0.54 m
Endzustand	3.05 m	0.76 m

Abb. 5: Simulationsergebnisse der Setzungen

Sicherheitsfaktor Böschungsstabilität (Kurzzeitbetrachtung) = $\frac{\tan(\varphi)}{\tan(\varphi_{red})}$ bzw. $\frac{s_u}{s_{u,red}}$		
Bauzustand	MCC	HMC
1. Schüttetappe	1.33	2.26
5. Schüttetappe	1.13	1.62
Endzustand	1.10	1.44

Abb. 6: Simulationsergebnisse der Böschungsstabilität

Fragestellung

Bodenmechanische Stoffmodelle bilden die Grundlage für die Bemessung von geotechnischen Strukturen. In der Praxis werden abhängig von Bauwerk und Randbedingung unterschiedlich detaillierte Modelle verwendet. Einfache Stoffmodelle wie Mohr-Coulomb oder Tresca ermöglichen eine robuste Aussage zum Bruchzustand. Werden zustandsabhängiges Verhalten, Volumenänderungen oder Spannungs-Dehnungs-Verhalten relevant, stossen sie jedoch an ihre Grenzen.

In dieser Arbeit wird untersucht, welchen Mehrwert höherwertige Stoffmodelle wie Modified Cam Clay und Hardening Soil bieten. Im Vordergrund steht dabei der Zusammenhang zwischen Laborversuch, Parameterermittlung und numerischer Anwendung. Die Triaxialversuche an Sand (Abb. 1) und Lehm (Abb. 2) dienen als Grundlage, um das reale Bodenverhalten mit den Modellannahmen zu vergleichen.

Methodik

Die Analyse erfolgt in drei Schritten. Zunächst werden die ausgewählten Stoffmodelle theoretisch eingeordnet. Anschliessend werden Laborversuche durchgeführt. Abb. 1 und 2 zeigen die Bodenproben nach dem Versuch. Aus den Versuchsdaten werden zentrale Kennwerte wie der Reibungswinkel des Sandes und die undrainierte Scherfestigkeit des Lehms bestimmt. Abschliessend werden die gewonnenen Parameter für die Simulation einer Dammschüttung auf weichem Untergrund verwendet (Abb. 3 & 4).

Ergebnisse

Die Laborversuche zeigen, dass Sand und Lehm ein deutlich unterschiedliches Spannungs-Dehnungs-Verhalten aufweisen. Während beim Sand vor allem der Reibungswinkel und die Dilatanz massgebend sind, steht beim Lehm das undrainierte Verhalten mit der Entwicklung der Scherfestigkeit im Vordergrund. Die Versuchsauswertungen in Abb. 1 und 2 zeigen damit die Grundlage für die anschliessende Modellierung.

Die numerische Anwendung verdeutlicht, dass die Wahl des Stoffmodells einen grossen Einfluss auf die berechneten Resultate hat (Abb. 5 & 6). Modified Cam Clay prognostiziert deutlich grössere Setzungen als Hardening Mohr-Coulomb, wie der Vergleich in Abb. 5 zeigt. Auch bei der Böschungsstabilität ergeben sich unterschiedliche Sicherheitsreserven (Abb. 6). Der Vergleich zeigt, dass kein Stoffmodell grundsätzlich «gut» oder «schlecht» ist. Entscheidend ist, ob die Modellannahmen zum Bodenverhalten und zur betrachteten Fragestellung passen. Höherwertige Stoffmodelle können zusätzliche Einblicke liefern, erfordern aber eine sorgfältige Parameterwahl und Plausibilisierung.

Raphaël Yves Mächler

Betreuer:
Prof. Dr. André Arnold

Experte:
Dr. Andreas Schmid