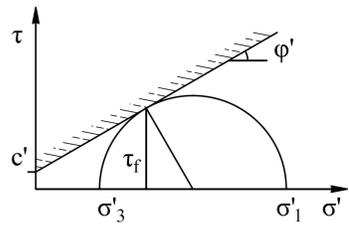


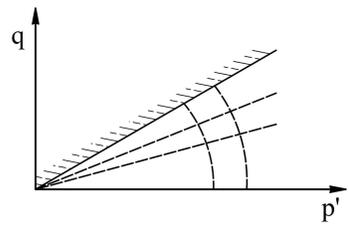
Vergleich analytischer Berechnungsmodelle mit der FE-Methodik

Stoffmodelle

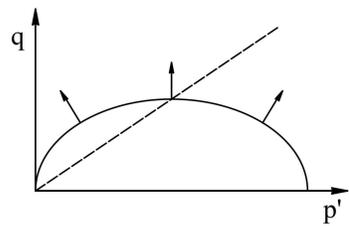
Mohr-Coulomb



Hardening-Soil

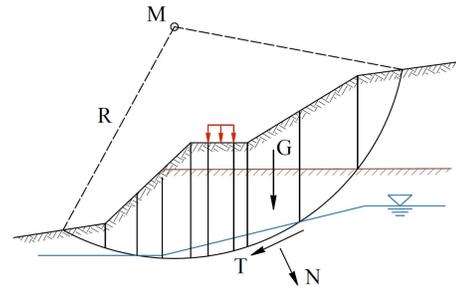


Modified-Cam-Clay

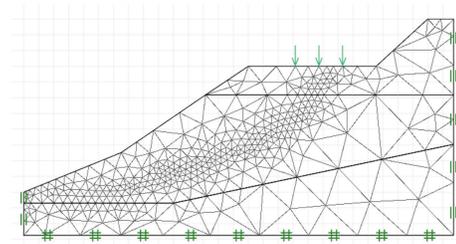


Berechnungsverfahren

Analytisch:
Lamellenverfahren

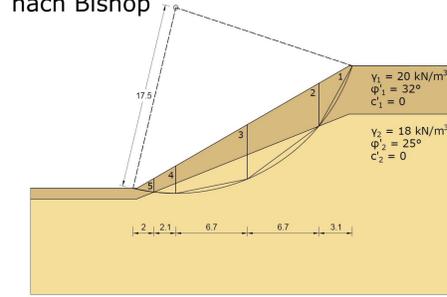


Numerisch:
Festigkeitsreduktion



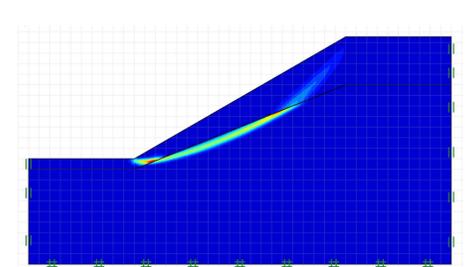
Berechnungsanalyse - Zweischichtiger Bodenaufbau

Massgebender Bruchkörper nach Bishop



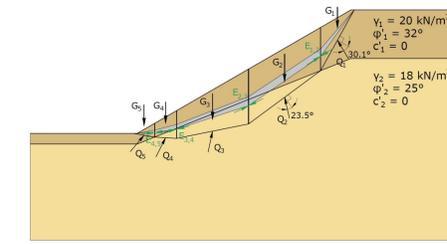
$$F = 1.13$$

Scherzone als Resultat der Festigkeitsanalyse

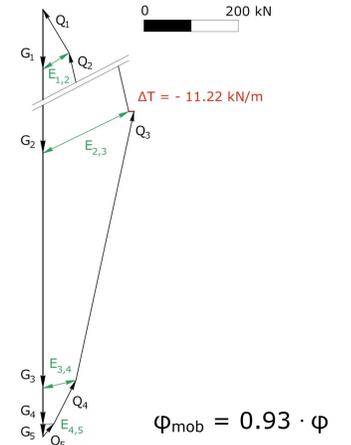


$$F = 0.995 \pm 1.8\%$$

Blockgleitverfahren mit geneigten Erddrücken



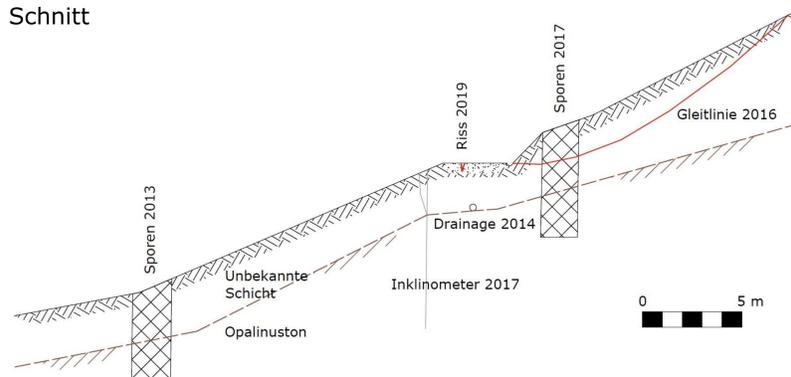
$$F = 1.07$$



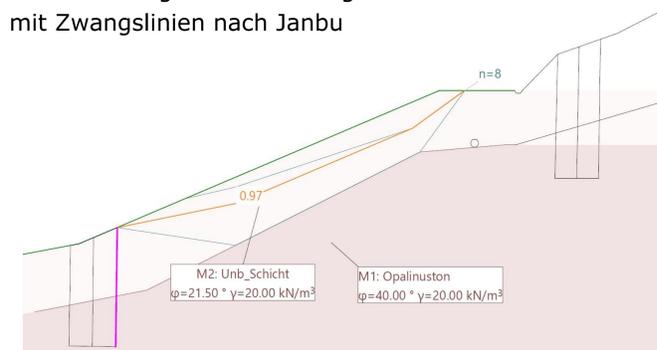
$$\Phi_{mob} = 0.93 \cdot \Phi$$

Analyse einer realen Böschung

Schnitt



Rückrechnung der Scherfestigkeit mit Zwangslinien nach Janbu



Problemstellung

In der Geotechnik kommt die Finite-Elemente-Methode immer öfters zum Einsatz, unterschiedlichste Problemstellungen lassen sich damit modellieren. Auf herkömmliche analytische Verfahren wird dabei vermehrt verzichtet.

Durch die Beurteilung der Stabilität von Böschungen werden die analytischen und numerischen Berechnungsmethoden angewendet und miteinander verglichen. Ziel der Gegenüberstellung ist es, Vor- und Nachteile der Verfahren zu ermitteln, Modellgrenzen zu erkennen und schliesslich Empfehlungen zur Verwendung beider Methoden abzugeben.

Eine vertiefte Auseinandersetzung mit Stoff- und Berechnungsmodellen spielt dabei eine zentrale Rolle. Ein bodenme-

chanisches Grundverständnis ist erforderlich, um je nach geotechnischer Problemstellung ein passendes Modell zu wählen.

Lösungskonzept

Eine vielverbreitete analytische Berechnungsmethode für Böschungen ist das Lamellenverfahren. Zur Überprüfung kann das Blockgleitverfahren verwendet werden, der Stabilitätsfaktor wird dabei grafisch ermittelt. FE-Programme bieten die Möglichkeit, eine Festigkeitsreduktionsanalyse durchzuführen. Damit ergibt sich keine klar definierte Gleitlinie, sondern Zonen, welche die Scherfestigkeit erreicht haben.

Für die analytischen Methoden wird das Bruchgesetz nach Mohr-Coulomb vorausgesetzt. FE-Programme erlauben

zusätzlich die Verwendung von Stoffmodellen wie das Hardening Soil- oder das Modified Cam Clay-Modell. Hiermit kann ver- und entfestigendes Bodenverhalten simuliert werden.

Die Berechnungsanalyse besteht aus verschiedenen beispielhaften Böschungssituationen. Dabei werden mehrschichtige Böden, eine Böschung mit strömendem Grundwasser und eine mit Auflast am Böschungskopf untersucht. Zusätzlich wird ein realer Hang analysiert, welcher bereits etappenweise gesichert wurde. Trotz der Massnahmen entstand in der Waldstrasse ein Riss. Anhand einer Rückrechnung erhält man den Reibungswinkel der unbekanntes Schicht. Wie sich herausstellt, eignet sich die Finite-Elemente-Methode für vordefinierte Gleitlinien

nicht. FE-Programme können jedoch hilfreich sein, wenn nicht triviale Bruchkörper in einer Böschung zu erwarten oder gebrauchstaugliche Aspekte zu untersuchen sind. Eine korrekte Verwendung der Stoffmodelle ist jedoch Voraussetzung und der Aufwand dementsprechend gross. Für gewöhnliche Böschungen oder Rückrechnungen bieten sich weiterhin die herkömmlichen analytischen Verfahren an. Sie liefern nachvollziehbare Resultate und sind vergleichsweise einfach in der Anwendung.

Martin Büeler

Betreuer:
Dr. André Arnold
Experte:
Jürg Nyfeler