

## Abschlussbericht des Projektes

# Innovative Experimente zur Verdeutlichung mechanischer Zusammenhänge

Dipl.-Ing. Dr. techn. Barbara Schneider-Muntau<sup>1</sup>

Den Lehrenden des Arbeitsbereiches für Geotechnik und Tunnelbau der Universität Innsbruck ist eine gute Didaktik im Unterricht sehr wichtig. Sie setzten dies mit innovativen Lehrkonzepten um, welche 2008 mit dem Lehre Plus Preis der Universität Innsbruck für exzellente Lehre honoriert wurden.

Ein Teil dieses Lehrkonzeptes ist es, einfache mechanische Zusammenhänge anhand anschaulicher Experimente den Studierenden zu vermitteln.

Die ersten Experimente und deren Evaluierung wurden 2015 auf der Konferenz 'Improving University Teaching' mit einem Poster und einem Artikel (<http://www.iutconference.com/category/2015-proceedings/>) präsentiert. Der große Nutzen der Experimente überzeugte auch die Fachjury, die dies mit der Verleihung des Posterpreises zum Ausdruck brachte.

Die Experimente werden im 2. Jahr des Bachelorstudienganges Bauingenieurwesen in den ersten 10 Minuten jeder Übungseinheit der Übungen Bodenmechanik und Grundbau gezeigt. Die Studierenden führen die Experimente selbstständig durch und verstehen so die mechanischen Zusammenhänge. Die meisten Experimente stehen zur Wiederholung auf der Homepage auch als Film zur Verfügung (<https://www.uibk.ac.at/geotechnik/labor/modellv.html.de>).

Durch die finanzielle Unterstützung des Vizerektorats für Lehre konnten weitere einfache geotechnische Experimente aufgebaut werden, mit denen komplexe mechanische Inhalte den Studierenden anschaulich und einfach erklärt werden können. Folgende Fragestellung können wir zukünftig u.A. zusätzlich veranschaulichen (eine vollständige Auswahl der Lehrexperimente befindet sich auf unserer Homepage):

## 1 Nagelwände



Abbildung 1: Model einer Nagelwand, bestehend aus Fließ (Spritzbeton) und Metallstiften (Nägel)

Durch die einfache Spritzbetonsicherung kann die Böschungsneigung deutlich vergrößert werden

(von 40° auf 55°, Abb. 1). Im Modell wird die Nagelwand durch ein Fließ (Spritzbeton) mit Metallstiften (Nägel) simuliert.

## 2 Steifigkeit beim Triaxialversuch und beim Ödometerversuch



Abbildung 2: Verformungen mit und ohne behinderte Seitendehnung

Die Verformung einer Bodenprobe ist von den Randbedingungen abhängig. In der Geotechnik werden Triaxialversuche (ohne behinderte Seitendehnung) und Ödometerversuche (mit behinderter Seitendehnung) verwendet. Die Vertikalverformung ist stark von dieser Randbedingung abhängig, siehe Abb. 2. Die Seitendehnung kann durch den Kunststoffzylinder behindert werden. Die Bodenprobe wird dabei durch den gelben Schaumstoff simuliert.

## 3 Spannungen in Tunnelquerschnitten



Abbildung 3: Spannungsverteilung in Abhängigkeit der Tunnelgeometrie

Tunnel werden meistens mit einem runden Querschnitt ausgeführt. Die Visualisierung der Zugspannungen mittels Polfilter zeigt deutlich die ungünstigeren Spannungen in den Ecken bei einem rechteckigen Tunnelquerschnitt.

## 4 Dilatanz und Kontraktanz beim Boden

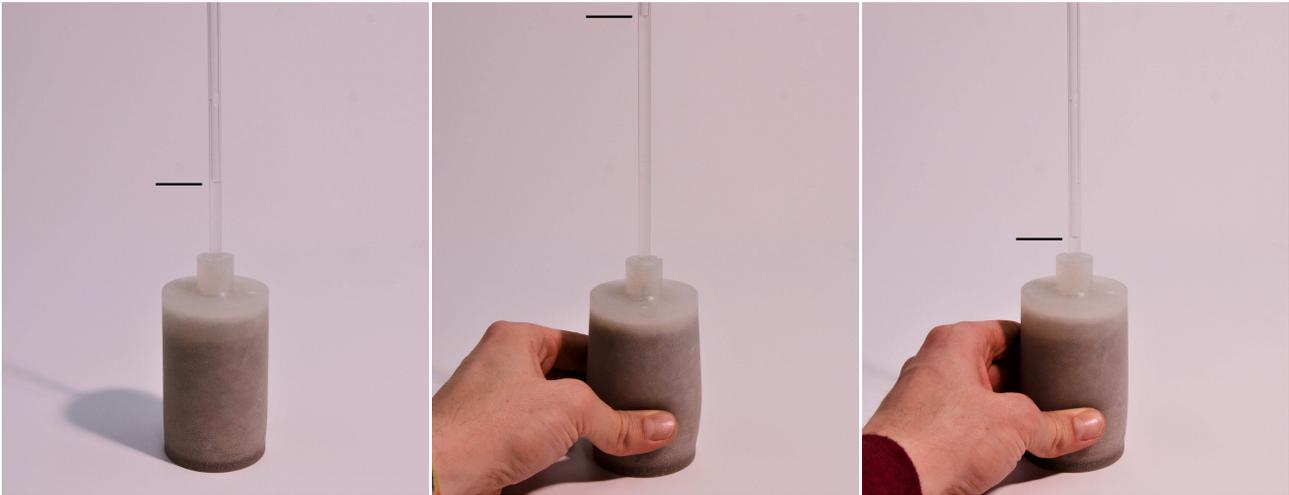


Abbildung 4: Kontraktantes Verhalten bei einem lockeren Boden, dilatantes Verhalten bei einem dichten Boden

Lockerer Boden verdichtet sich bei Belastung (Kontraktanz), dichter Boden lockert sich bei Belastung auf (Dilatanz). Dies kann durch das Dilatanzmodell dargestellt werden, Abb. 4. Bei Volumenverkleinerung wird das im Porenraum befindliche Wasser ausgedrückt, der Wasserpegel steigt. Bei Volumenvergrößerung wird das im Porenraum befindliche Wasser eingesogen, der Pegel sinkt.

## 5 Danksagung

Es hat sich gezeigt, dass durch Modelle komplexe bodenmechanische Zusammenhänge einfach veranschaulicht werden können. Die Abmessungen der Modelle wurden so gewählt, dass diese leicht transportierbar sind und ohne großen Aufwand in die Lehrveranstaltungen mitgenommen werden können. Besonders erfreulich ist die Tatsache, dass diese Modelle nicht nur in der Lehre Einsatz finden werden, sondern sich ebenso gut für die Veranschaulichung geotechnischer Zusammenhänge bei öffentlichkeitswirksamen Veranstaltungen (Lange Nacht der Forschung, Junge Uni, usw.) eignen und bei diesen auch zukünftig eingesetzt werden.

Besonderer Dank gilt dem Vizerektorat für Lehre, das durch seine finanzielle Unterstützung den Aufbau der Lehrmodelle ermöglicht hat. Ein weiterer Dank geht an die Labormitarbeiter Stefan Tilg und Franz Berger für die gute Zusammenarbeit und die tatkräftige Unterstützung und an Hansjörg Töchterle für die gelungenen Aufnahmen der Modelle.