

# VERÖFFENTLICHUNGEN

des Fachgebietes Bodenmechanik und Grundbau  
der Technischen Universität Kaiserslautern

---

**Herausgeber: Prof. Dr.-Ing. C. Vrettos**

Heft 14

MECHANISCHES VERHALTEN EINES TEILGESÄTTIGTEN  
TONS: EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN,  
STOFFMODELL UND IMPLEMENTIERUNG

von

**Viktoria Schwarz**

---

KAISERSLAUTERN 2011

# Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>Kurzfassung</b>	ix
<b>Abstract</b>	xi
<b>1 Einleitung</b>	1
<b>2 Theoretische Grundlagen zu teilgesättigten Böden</b>	4
2.1 Kapillarität bei teilgesättigten Böden	4
2.2 Saugspannung als Potential	8
2.3 Ermittlung der Saugspannung	9
2.3.1 Gesamtpotential	10
2.3.2 Matrix-Potential	13
2.3.3 Osmotisches Potential	16
2.4 Ermittlung der Kapillardruckkurve	17
2.5 Porenausbildung im Ton und Einfluss auf die Kapillardruckkurve	19
2.6 Effektive Spannungen in teilgesättigten Böden	21
<b>3 Übersicht - Modelle zum mechanischen Verhalten teilgesättigter bindiger Böden</b>	24
<b>4 Stoffmodell</b>	32
4.1 Grundlagen elasto-plastischer Modelle	32
4.2 Invariantendarstellung	41
4.3 Entwicklung eines elasto-plastischen Ansatzes	41
4.3.1 Definition des Überkonsolidierungsgrades $\overline{\text{OCR}}$	44
4.3.2 Elastische Materialparameter	44
4.3.3 Plastische Materialparameter	45
4.3.4 Spannungs-Dehnungsbeziehung für Fließfläche und Kappe	45
<b>5 Triaxialversuche zur Ermittlung der Stoffparameter</b>	49
5.1 Versuchsmaterial und Probenherstellung	49
5.1.1 Material	49
5.1.2 Probenherstellung	50
5.2 Versuchstechnik und Versuchsprogramm	52
5.2.1 Versuchsstand	52

5.2.2	Probenbehandlung und Einbau	58
5.2.3	Versuchsprogramm und -durchführung	58
5.2.4	Temperatursausbreitung innerhalb der Triaxialprobe	61
5.3	Ergebnisse der Triaxialversuche	63
5.3.1	Ermittelte Spannungs-Dehnungslinien	63
5.3.2	Ermittlung der Grenzfläche	65
5.3.3	Ermittlung der Kohäsion	73
5.4	Ermittlung der Stoffparameter	75
5.4.1	Bestimmung der elastischen Parameter	76
5.4.2	Bestimmung der plastischen Parameter	78
5.4.3	Volumetrische Verfestigung	81
<b>6</b>	<b>Numerische Simulationen mittels der Finite-Elemente-Methode</b>	<b>83</b>
6.1	Grundlagen	83
6.1.1	Erfassung der Nichtlinearität	85
6.2	Programmsystem ABAQUS	87
6.3	Implementierung des Stoffmodells	88
6.4	Simulation von Laborversuchen	91
6.5	Lösung eines Randwertproblems	94
6.5.1	Einfluss des Sättigungsgrades	100
6.5.2	Einfluss der Porenzahl	102
6.5.3	Einfluss des Konsolidierungsgrades	104
6.6	Grenzen des numerischen Modells	105
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>107</b>
	<b>Literatur</b>	<b>109</b>
	<b>Notation</b>	<b>115</b>
	<b>Anhang</b>	<b>116</b>