

Inhalt

1	Einleitung	1
2	Standort-Untersuchung und -Charakterisierung	9
2.1	Überblick über die Feld- und Laborversuche	9
2.1.1	Drucksondierungen und Halbkugelsondierungen	9
2.1.2	<i>In-Situ</i> -Scherflügelversuche	12
2.1.3	Bohrungen und Laborprogramm	13
2.1.4	Piezometer und <i>In-Situ</i> -Dissipations-Versuche zur Bestimmung des Ruhe-Porenwasserdrucks u_0	14
2.2	Kreuzlingen-Ton	15
2.2.1	Bodenprofil	15
2.2.2	Grundlegende Eigenschaften der weichen Tonschichten	29
2.2.3	Klassifikation der Tonschichten	38
2.2.4	Verlauf <i>in situ</i> des Ruhe-Porenwasserdrucks u_0	51
2.2.5	Vorhersage der effektiven vertikalen Spannung in einer normal konsolidierten Tonablagerung anhand der Ergebnisse von Ödometerversuchen	67
2.2.6	Berechnung der vertikalen Spannungen <i>in situ</i> für die Ablagerung von Kreuzlingen	69
2.2.7	Bemerkungen zur Interpretation von CPT- und HPT-Ergebnissen in Bezug auf die Scherfestigkeit von Ton	74
2.2.8	Aus dem Netto-Spitzenwiderstand $q_{t,net}$ korrelierte Profile der undrainierten Scherfestigkeit s_u	76
2.2.9	Form der s_u -Profile bei einer Korrelation von s_u aus den während den CPTs und HPTs auftretenden Porenwasserüberdrücken	87
2.2.10	Korrelation des totalen Raumgewichts <i>in situ</i> aus den CPT- und HPT-Ergebnissen	93
2.2.11	HPTs versus CPTs	124
2.3	Wauwil-Ton	126
2.3.1	Die Ablagerung von Wauwil	126
2.3.2	Bodenprofil am untersuchten Standort und grundlegende Eigenschaften	126
2.3.3	Verlauf <i>in situ</i> des Ruhe-Porenwasserdrucks u_0	138
2.3.4	Berechnung der vertikalen Spannungen <i>in situ</i> für die Ablagerung von Wauwil	140
2.3.5	Korrelation der CPT- und HPT-Ergebnisse in Wauwil-Ton	144

3	Fliesskriterien	149
3.1	Invariante und „einfache“ Scherversuche	150
3.2	Ein unterschiedliches Mass für die Scherfestigkeit	151
3.2.1	Tresca	151
3.2.2	von Mises	153
3.2.3	Plastische Dehnungen und plastische Formänderungsarbeit	158
3.2.4	Vorhersage der plastischen Dehnungen	164
3.2.5	Voraussetzung für die direkte Vorhersage der plastischen Inkremente der Deviatordehnung ε_q	170
3.2.6	Vorhersage der plastischen Dehnungen an Singularitäten der Fliessoberfläche	171
3.2.7	Vorhersagen eines Critical-State-Modells mit einer Fliesseinhüllenden mit Tresca-Querschnitt	174
3.3	Fliesskriterien in effektiven Spannungen	183
3.3.1	Reibung oder Kohäsion	183
3.3.2	Hvorslevs Scherparameter	190
3.3.3	Scherfestigkeit überkonsolidierten Tons in nicht-normierten effektiven Spannungen	194
3.3.4	Das Drucker-Prager-Kriterium oder die Steigung M der Linie des kritischen Zustands der Cam-Clay-Modelle	200
3.3.5	Assoziierte oder nicht-assoziierte Fließregel für das Mohr-Coulomb-Kriterium	210
3.3.6	Gleitlinien-Neigungen und Bilanz der Volumenänderung	221
4	Undrainierte triaxiale Kompressions- und Extensionsversuche	233
4.1	Einbau der Triaxialproben und Drainagebedingungen	233
4.2	Konsolidation und Backpressure	234
4.3	Abscheren und Spannungsberechnung	236
4.4	Ergebnisse der isotrop-normal konsolidierten Triaxialversuche	245
4.4.1	Scherfestigkeit in effektiven Spannungen	245
4.4.2	Dehnungs-Spannungs-Verhalten	249
4.4.3	Undrainierte Scherfestigkeit und Werte von p' beim Versagen	252
4.5	Einflüsse aus Konsolidationsdauer und Abschergeschwindigkeit	253
4.6	Einfluss der Höhe des isotropen Konsolidationsdrucks	259
4.6.1	Einfluss aus einer vorherigen anisotropen Konsolidation	259
4.6.2	Isotrop-normale Konsolidation	267
4.7	Effekte der seitlichen Filterpapierstreifen	271
4.7.1	Filterpapierstreifen während isotroper Konsolidation	271
4.7.2	Filterpapierstreifen während undrainiertem Abscheren	276
4.7.3	Vereinfachte Modellierung des Aufbaus und Abbaus von Porenwasserdruck-Differenzen in einer undrainierten Triaxialprobe	283
5	Plastische Härtung	293
5.1	Beschreibung der IL- und CL-Ödometerversuche	294
5.2	Dehnungsberechnung und resultierende Werte der Steifigkeit	295
5.2.1	Weiche Proben und die Berechnung der Dehnungen	295
5.2.2	Ermittlung der Entwicklung der Steifigkeit in den CL-Ödometerversuchen	298

5.2.3	Vergleich der exakt und der konventionell ermittelten Steifigkeiten in den CL-Ödometerversuchen	305
5.3	Steifigkeit als Funktion der effektiven Spannung	308
5.3.1	Entwicklung der Steifigkeit der Schlammproben	308
5.3.2	Entwicklung der Steifigkeit der ungestörten Proben	317
5.4	Spannungs-Kompressions-Beziehungen im Ödometer	322
5.4.1	Der konventionelle Ansatz nach Terzaghi	322
5.4.2	Herleitung der Spannungs-Kompressions-Beziehungen im Ödometer	323
5.4.3	Gemeinsame Auswertung der IL- und CL-Ödometerversuche	329
5.5	Spannungs-Kompressions-Beziehungen in Invarianten	337
5.5.1	Arbeitskomplemente und Steifigkeitsmoduln	337
5.5.2	Isotrope Spannungs-Kompressions-Beziehungen	339
5.6	Scherspannungen und Kompression	345
5.6.1	Frühe Anhaltspunkte für den Einfluss der Kompression	345
5.6.2	Die Rolle der Fliesseinhüllenden	348
5.6.3	Das Prototyp-Modell von Drucker et al. (1955)	351
5.6.4	Die Modellierung undrainierter Scherbelastung	354
5.6.5	Einfluss der Scherbelastung auf die Kompression	354
5.6.6	Parameterermittlung	361
5.7	Der Schermodul	367
5.7.1	Schermodul und plastische Scherverformung	367
5.7.2	Werte für den initialen Schermodul	369
6	Modelle mit isotroper Härtung	373
6.1	Cam-Clay-Modelle	375
6.1.1	Fliesseinhüllende und Fließregel	375
6.1.2	Plastische Härtung des Modells	378
6.1.3	Vorhersagen für undrainierte Scherbelastung	380
6.1.4	Vorhersage des Auftretens der λ -Linien und der CSL im v -log p' - und im log v -log p' -Diagramm	386
6.1.5	Einige selten diskutierte Aspekte der Cam-Clay-Modelle	388
6.2	Austausch des Reibungskriteriums	395
6.2.1	Roscoe & Burland's Modellierung triaxialer Extension	395
6.2.2	Zienkiewicz & Naylor	397
6.2.3	Zienkiewicz, Humpheson & Lewis	399
6.2.4	Van Eekelen & Potts	400
6.2.5	Das Mohr-Coulomb-Cap-Modell von Schwer & Murray	402
6.3	In p' asymmetrische Fliesseinhüllende	405
6.3.1	Eine alternative Herleitung von Rowe's Spannungs-Dilatanz-Regeln	406
6.3.2	Hashiguchi und Hashiguchi & Ueno	412
6.3.3	Roscoe & Burland's Modellierung des Verhaltens in undrainierten Plane-Strain-Versuchen	416
7	Mikromechanische Perspektiven	419
7.1	Modellierung eines Metallpuders	421
7.1.1	Ursprüngliche Modellvariante	421
7.1.2	Modellvarianten für ein gekörntes Medium	425
7.1.3	Anwendung für Ton	427

7.2	Gleit-Theorie von Batdorf & Budiansky und Erweiterungen	429
7.2.1	A Mathematical Theory of Plasticity based on the Concept of Slip	429
7.2.2	Calladine's Erweiterung der Gleit-Theorie	431
7.2.3	Modifikationen	450
7.3	Partikel-Bruch	470
7.3.1	Indizien für Partikel-Bruch	470
7.3.2	Partikel-Bruch und Erstbelastungsgeraden	471
7.4	Ein kritischer Blick auf die Cam-Clay-Arbeitsgleichungen	478
7.4.1	Überschätzung der Formänderungsarbeit	478
7.4.2	Modifikationen der Cam-Clay-Arbeitsgleichungen	479
8	Jenseits eines in p' einheitlichen kritischen Zustands	481
8.1	Direkte Schlussfolgerungen aus dem beobachteten Verhalten	484
8.1.1	Kritischer Reibungszustand	484
8.1.2	Schlüsselaspekte des beobachteten Verhaltens	484
8.1.3	Erste direkte Vorhersagen	487
8.1.4	Vergleich mit Modell-Vorhersagen	491
8.1.5	Vorhersage Mohrscher Spannungskreise	493
8.2	Beziehung zum spezifischen Volumen	495
8.2.1	Pfade in Spannungs-Kompressions-Diagrammen und Vorhersage der Linie des kritischen Reibungszustands	495
8.2.2	Gleichung der Linie des kritischen Reibungszustands und Vorhersage der undrainierten Scherfestigkeit aus dem spezifischen Volumen	500
8.3	Stoffmodelle zur Vorhersage des beobachteten Verhaltens	502
8.3.1	Grundstruktur der einfachen Modelle zur Vorhersage des kritischen Reibungszustands	502
8.3.2	Modell mit elliptischer Fliesseinhüllender in p' , q und θ_σ	519
8.3.3	Eine einfache Formulierung in P' und Q nur zur Modellierung undrainierten Verhaltens	528
8.3.4	Ein allgemeines Modell in P' und Q	532
8.4	Scherband-Neigungen	540
8.4.1	Interpretation der Verformungen in einem Scherband auf Basis der Kontinuumsmechanik	540
8.4.2	Vorhersage von Koaxialität und von Scherbändern einer Neigung von 45° für isotropes plastisches Verhalten	542
8.4.3	Am Ende der undrainierten Triaxialversuche beobachtete Scherband-Neigungen	544
8.4.4	Mögliche kontinuumsmechanische Vorhersage von Scherbändern mit von 45° abweichenden Neigungen	548
9	Schlussfolgerungen	553
	Anhang	566
A	Photographien der abgescherten Proben	567

B	Notation und Konventionen	591
B.1	Notation	591
B.2	Vorzeichenkonvention	591
B.3	Tensorielle Summationskonvention	591
C	Kontinuumsmechanische Beziehungen	593
C.1	Tensor- und Vektor-Notation für Fließregeln	593
C.2	Spannungs- und Dehnungsinvarianten	595
C.3	Umrechnung der Invarianten P' , Q und p' , q	599
C.4	Herleitung einer Fliesseinhüllenden im P' - Q -Diagramm	601
C.5	Tangentieller Schermodul im undrainierten Triaxialversuch	604
	Literatur	605