

Hans-Jürgen Lang · Jachen Huder
Peter Amann · Alexander M. Puzrin

Bodenmechanik und Grundbau

Das Verhalten von Böden und Fels und
die wichtigsten grundbaulichen Konzepte

8., ergänzte Auflage

 Springer

Hans-Jürgen Lang · Jachen Huder
Peter Amann · Alexander M. Puzrin

Bodenmechanik und Grundbau

Das Verhalten von Böden und Fels und
die wichtigsten grundbaulichen Konzepte

8., ergänzte Auflage

 Springer

Hans-Jürgen Lang · Jachen Huder · Peter Amann · Alexander M. Puzrin

Bodenmechanik und Grundbau

Hans-Jürgen Lang · Jachen Huder
Peter Amann · Alexander M. Puzrin

Bodenmechanik und Grundbau

Das Verhalten von Böden und Fels
und die wichtigsten
grundbaulichen Konzepte

8., ergänzte Auflage

Mit 364 Abbildungen und 42 Tabellen

 Springer

Prof. Hans-Jürgen Lang
Weidstr. 20
8103 Unterengstringen
Switzerland

Prof. Dr. Jachen Huder
Greifenseestr. 31
8603 Schwerzenbach
Switzerland

Prof. Dr.-Ing. Peter Amann
Am Stettbach 11
64367 Mühlthal
Germany
prof.amann@t-online.de

Prof. Dr. Alexander M. Puzrin
ETH Zürich
Institut für Geotechnik
Wolfgang-Pauli-Strasse 15
8093 Zürich
Switzerland
alexander.puzrin@igt.baug.ethz.ch

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen
Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet
über <<http://dnb.ddb.de>> abrufbar.

ISBN 978-3-540-34331-8 Springer Berlin Heidelberg New York

ISBN 3-540-43815-7 7. Aufl. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Springer ist ein Unternehmen von Springer Science+Business Media
springer.de

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1982, 1984, 1985, 1990, 1994, 1996, 2003 und 2007

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Satz und Herstellung: LE- \TeX Jelonek, Schmidt & Vöckler GbR, Leipzig, Germany
Einbandgestaltung: WMXDesign GmbH, Heidelberg
68/3100YL - 5 4 3 2 1 - Gedruckt auf säurefreiem Papier

Vorwort zur achten Auflage

Die vorliegende 8. Auflage unterscheidet sich von der 7. Auflage von 2002 neben der Bereinigung von Unstimmigkeiten vor allem durch die Überarbeitung des Kapitels 9 „Stabilitätsprobleme“. Anlass zu dieser Überarbeitung war nicht zuletzt der inzwischen stattgefundene Generationenwechsel in der Autorenschaft. Für die Lösung der Stabilitätsprobleme wurde neu die Behandlung als unterer und oberer Grenzwert nach den Näherungsmethoden der Plastizitätstheorie aufgenommen. Dabei wurde Wert auf die Beibehaltung des Grundkonzepts, nämlich der Beachtung der Genauigkeit des System-Modells und des Rechen-Modells im Hinblick auf die praktische Anwendung im Grundbau gelegt (vgl. Vorwort zur 1. Auflage 1982). Weiter wurden die Gemeinsamkeiten der Stabilitätsprobleme, nämlich die Art des Bruches (Scherbruch), der Bruchmechanismus und die Wirkung des Grundwassers zusammen mit der Unterscheidung von Beanspruchung und Festigkeit stärker hervorgehoben. Mit den eingebrachten Ergänzungen musste die Nummerierung des Kapitels 9 nahezu vollständig geändert werden. Der Inhalt des Buches ist nach Ansicht der Autoren nach wie vor das Grundwissen in Bodenmechanik und Grundbau, das ein universitär diplomierter Ingenieur unabhängig von den Veränderungen der Studienstufen und Bezeichnung der Abschlüsse beherrschen sollte. Das Buch ist in den Prüfungen an der ETH-Zürich als Lösungshilfe zugelassen. In der Oberstufe dient es als Nachschlagwerk und wird durch zusätzliche Umdrucke zu aktuellen Themen und Forschungsergebnissen ergänzt. An dieser Stelle sei all jenen gedankt, die bei der Überarbeitung mitgewirkt haben, insbesondere Herrn Prof. Puzrin für seine Anregungen und Mitarbeit, Herrn Dipl.-Ing. ETH Ivo Sterba und Frau Dr. Sophie Messerklinger für die Überarbeitung der Ergänzungen und Korrekturen. Frau Mengia Amberg und Frau Esther Schilling sei für die Ausführung der Zeichnungen und des Manuskriptes gedankt.

Zürich, im Mai 2006

H.-J. Lang · J. Huder · P. Amann · A. Puzrin

Vorwort zur siebten Auflage

Die vorliegende 7. Auflage unterscheidet sich von der 6. Auflage von 1996 neben der Bereinigung von Unstimmigkeiten vor allem durch die Aufnahme zusätzlicher Abschnitte zur Wasserhaltung (Kapitel 7.2 und 7.11) und die vollständige Neufassung des Abschnittes 14.5 zu den allgemeinen Randbedingungen des aktiven und passiven Erddruckes. Durch Letzteres konnten die Tabellen I bis K entfallen, weil die Berechnung von Erddruckbeiwerten aus den angegebenen Gleichungen leicht über die handelsüblichen Taschenrechner bewerkstelligt werden kann. Die Sammlung von Anwendungs- und Berechnungsbeispielen wurden dementsprechend ergänzt und ein weiteres zur Stabilität einer Felsböschung hinzugefügt. Die Ergänzungen entstammen der Projekterfahrung der Autoren und wurden für den Abdruck vereinfacht, wobei im Unterricht auf die Gesamtproblematik ausführlich eingegangen wird. Schliesslich wurden aus pädagogischen Gründen diejenigen Textstellen stärker gekennzeichnet, bei denen die im Bauwesen Tätigen von sich aus zwischen totalen und effektiven Spannungen zu unterscheiden wissen. Diese Unterscheidung wird bekanntlich in der Praxis (und teilweise auch im Buch) aus Gründen der Vereinfachung nicht immer konsequent durchgeführt.

Das Buch wird für den Unterricht in der Grundstufe eingesetzt und ist in den Prüfungen an der ETH als Lösungshilfe zugelassen. In der Oberstufe dient es als Nachschlagwerk und wird durch zusätzliche Umdrucke zu aktuellen Themen ergänzt.

An dieser Stelle sei all jenen gedankt, die bei der Überarbeitung mitgewirkt haben, insbesondere Frau Prof. Springman für ihre Anregungen und den Herren Prof. Felix Bucher, Dr. Markus von Moos und Dipl.-Ing. Carlo Scapozza für die Überarbeitung der Ergänzungen und Korrekturen. Frau Mengia Amberg und Frau Monica Dekanovsky sei für die Ausführung der Zeichnungen und des Manuskriptes gedankt.

Zürich, im August 2002

H.-J. Lang · J. Huder · P. Amann

Vorwort zur sechsten Auflage

Die vorliegende 6. Auflage unterscheidet sich gegenüber der 5. Auflage von 1994 neben der Bereinigung von Unstimmigkeiten hauptsächlich durch die Aufnahme von zwei neuen Kapiteln.

Das neue Kapitel 16 „Boden und Fels“ enthält eine Einführung, die den Studierenden des Bauingenieurwesens an der ETH Zürich im Rahmen der Vorlesung „Grundlagen Bodenmechanik/Grundbau II“ (4. Semester) als Vorbereitung auf die weiterführenden Lehrveranstaltungen über Felsmechanik/Felsbau sowie Grund- und Felsbau gegeben wird. Zweck dieser Vorbereitung ist es vor allem, die engen Bezüge zwischen der Behandlung von Problemen grund- und felsbaulicher Art aufzuzeigen, aber auch die Besonderheiten von Fels gegenüber den Lockergesteinen herauszustellen.

Das neue Kapitel 17 „Beispiele“ soll es den Studierenden des 3. und 4. Semesters erleichtern, die in den Kapiteln 1 bis 14 dargestellten Sachverhalte zu verstehen. Dies soll durch Beispiele erreicht werden, in denen bestimmte Überlegungen (auch zahlenmässig) besprochen werden. Der Sinn besteht vor allem auch darin, dass die Studierenden in nachvollziehbarer Art eigene Überlegungen kontrollieren können. Das Kapitel 17 ersetzt Unterlagen, die bisher separat zu den Lehrveranstaltungen „Grundlagen Bodenmechanik/Grundbau I und II“ abgegeben wurden. Klar ist, dass solche Beispiele bei grundbaulichen Fragen durchaus auch problematisch sein können, weil es im Rahmen eines Lehrbuches weder möglich noch sinnvoll ist, auf alle denkbaren Verzweigungen der behandelten Sachverhalte einzugehen. Die Autoren verweisen deshalb ausdrücklich auf den Abschnitt 17.0 „Einführung“.

Zürich, im Februar 1996

H.-J. Lang · J. Huder · P. Amann

Vorwort zur ersten Auflage

Das vorliegende Buch entspricht im Wesentlichen, jedoch mit einigen Ergänzungen, den Vorlesungen über Bodenmechanik und Grundbau im Grundstudium der Abteilung für Bauingenieurwesen und teilweise auch derjenigen für Kulturtechnik der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich (ETHZ), wie sie von Lang gehalten werden. Diese Lehrveranstaltungen haben im Laufe der Zeit die üblichen Wandlungen erfahren, bis die hier vorliegende Konzeption eines Grundkurses Bodenmechanik/Grundbau entstanden war. Diese Lehrveranstaltungen sind mit insgesamt 144 Stunden Vorlesungen und Übungen dotiert. Da der Schwerpunkt der Vorlesungen schon im 3. und 4. Semester liegt, sind die voraussetzbaren Grundlagen eingeschränkt, was sich in der Behandlung des Stoffes widerspiegelt. Die Autoren betrachten diesen Grundkurs als diejenige Basisinformation über das Verhalten von Böden und die wichtigsten grundbaulichen Konzepte, welche an alle Studierenden des Bauingenieurwesens und womöglich auch der Kulturtechnik herangetragen werden sollte. Davon unberührt bleiben selbstverständlich weiterführende Lehrveranstaltungen im Vertiefungsstudium.

Die Begriffe Bodenmechanik und Grundbau sind untrennbar, und es erscheint nicht sinnvoll, eine gegenseitige Abgrenzung suchen zu wollen. Der Grundkurs soll es ermöglichen, den Studierenden an folgende Ziele zu führen:

- die grundsätzlichen Folgen von Eingriffen in den Boden zu erkennen,
- die wichtigsten bodenmechanisch/grundbaulichen Konzepte zu verstehen,
- die Probleme dort zu erkennen, wo sie mit ihrem Schwerpunkt wirklich liegen,
- einfache grundbauliche Probleme selbständig beurteilen zu können, und
- vor allem auch erkennen zu können, wann die eigenen Fähigkeiten dies nicht mehr zulassen.

Das Hauptproblem an grundbaulichen Aufgaben ist häufig die Uneinheitlichkeit und Kompliziertheit der durch die Natur gegebenen Randbedingungen, wie z. B. Aufbau des Bodens und dessen hydrologische Verhältnisse. Diese Schwierigkeit kann nur durch eine vernünftige Vereinfachung zu einem *Modell* überwunden werden; einer der anspruchsvollsten Aspekte grundbaulicher Probleme. „Vernünftig“ im Zusammenhang mit der Modellbildung heisst, dass das Modell einerseits einfach genug ist, um praktikabel zu sein, andererseits aber doch in den wirklich massgebenden

Punkten die Natur repräsentiert. Diese Modellbildung kann man nicht aus Büchern in allgemeiner Form lernen; hier hilft nur die Praxis im konkreten Fall weiter. Dennoch setzt dieses Buch in seinen einzelnen Kapiteln oftmals stillschweigend ein vernünftiges Modell voraus. Zum Entstehen dieses Buches haben Frau Th. Frei und Frau H. Gehri beigetragen. Ihnen sei an dieser Stelle herzlich gedankt.

Zürich, im März 1982

H.-J. Lang · J. Huder

Inhaltsverzeichnis

1	Grundbegriffe	1
1.1	Einführung	1
1.2	Die Korngrößenverteilung.....	1
1.3	Die Kenngrößen des Naturzustandes	3
1.4	Weitere, abgeleitete Kenngrößen	3
1.5	Die Lagerungsdichte D	4
1.6	Der Durchlässigkeitsbeiwert k	4
1.7	Die Plastizitätseigenschaften der Böden	6
1.8	Die Liquiditätszahl I_L	6
1.9	Die Aktivitätszahl I_A	8
1.10	Die Struktur der Böden	8
1.11	Klassifikation der Böden	10
2	Totale und effektive Spannungen	13
2.1	Einführung	13
2.2	Spannungen im elastisch-isotropen Halbraum	13
2.3	Totale Spannung, Porenwasserdruck und effektive Spannung	15
2.4	Spannungsänderungen und Porenwasserüberdruck.....	17
2.5	Porenwasserdruck im teilweise gesättigten Boden.....	19
2.6	Spannungsverhältnisse in unbelasteten und belasteten geschichteten Böden	20
2.7	Der Ruhedruck.....	22
2.8	Spannungen durch Kapillarkräfte.....	23
3	Spannungsausbreitung im Boden	25
3.1	Einführung	25
3.2	Einfluss einer vertikalen Einzelkraft P	26
3.3	Einfluss einer horizontalen Einzelkraft H	28
3.4	Einfluss von Linienlasten	29
3.5	Unendlich lange Streifenlasten.....	29
3.6	Allgemeine Flächenlasten	31
3.7	Berechnung mit Hilfstafeln.....	33
3.8	Berechnung mit Einflusskarten	33
3.9	Randbedingungen in der Natur.....	35
4	Künstliche Verdichtung von Böden	37
4.1	Einführung	37
4.2	Die Zustandsdarstellung	38
4.3	Die Proctorkurve	38
4.4	Einfluss der Bodenart	39

4.5	Eigenschaften des verdichteten Bodens	40
4.6	Verdichtungskontrolle	42
4.7	Beurteilung der Brauchbarkeit gegebener Böden als Dammschüttmaterial	43
4.8	Böden mit Überkorn	43
4.9	Beeinflussung des Wassergehaltes	45
4.10	Auswirkungen der Verdichtung auf den Spannungszustand im Boden	46
4.11	Maschinelle Verdichtung.....	48
5	Formänderungseigenschaften der Böden	49
5.1	Das Verhalten eines elastischen Materials und von Böden ..	49
5.2	Der Zusammendrückungsmodul M_E bzw. E_v und der Steifemodul E_s	51
5.3	Der Ödometerversuch: Das Zusammendrückungsdiagramm	52
5.4	Der Kompressionsbeiwert C_c	53
5.5	Normal und überkonsolidierte Böden	54
5.6	Die Zeit-Setzungs-Kurve aus dem Ödometerversuch	55
5.7	Der Konsolidationsgrad U	56
5.8	Die Konsolidationstheorie	56
5.9	Die Verteilung der Porenwasserüberdrücke innerhalb der konsolidierenden Tonschicht	60
5.10	Näherungsverfahren für beliebige Randbedingungen	61
5.11	Die Bestimmung des Durchlässigkeitsbeiwertes k von gesättigten Tonen	63
5.12	Mehrdimensionale Konsolidation	63
5.13	Mehrschichtprobleme	65
5.14	Nichtplötzliche Belastung	66
5.15	Beschleunigung des Konsolidationsvorganges	67
5.16	Kontrollen des Konsolidationsvorganges	68
5.17	Deformationen, deren Verlauf nicht mittels der Konsolidationstheorie ermittelt werden kann	68
6	Festigkeitseigenschaften der Böden	71
6.1	Einführung	71
6.2	Das Bruchgesetz von Mohr-Coulomb	71
6.3	Die Darstellung des Bruchkriteriums im p', q -Diagramm ...	72
6.4	Versuche zur experimentellen Ermittlung der Scherparameter	73
6.5	Das Prinzip des triaxialen Scherversuches	75
6.6	Der triaxiale KD-Versuch	75
6.7	Der triaxiale KU-Versuch	75
6.8	Scherfestigkeit körniger Böden	77
6.9	Scherfestigkeit bindiger Böden (Tone)	79
6.10	Grenzgleichgewichtszustände	81
6.11	Scherdeformationen von Böden	83
6.12	Abschätzen des Scherwinkels φ'	85
7	Einflüsse des Grundwassers im Boden	87
7.1	Das Strömungsnetz	87
7.2	Die Bestimmung des k -Wertes	89

7.3	Wasserdrücke im ruhenden Grundwasser.....	93
7.4	Der Strömungsdruck.....	93
7.5	Der Druckabbau beim Durchströmen von Schichtpaketen, bestehend aus Schichten unterschiedlicher Durchlässigkeit	95
7.6	Die Anisotropie geschichteter Böden	96
7.7	Wasserdrücke im strömenden Grundwasser	96
7.8	Der hydraulische Grundbruch	99
7.9	Verminderung des Druckes im Grundwasser (Entspannung)	102
7.10	Messsysteme zur Messung des Potentials	103
7.11	Wasserhaltung in Baugruben	105
7.12	Innere Erosion und Filter	107
8	Setzungsberechnung	109
8.1	Einführung	109
8.2	Prinzip der Setzungsberechnung.....	109
8.3	Setzungsberechnung in Tabellenform	111
8.4	Einflusstiefe der Zusatzbelastung	112
8.5	Berücksichtigung von kombinierten Be- und Entlastungen	113
8.6	Auftrieb und Gebäudegewicht	114
8.7	Gewichtsausgleich.....	115
8.8	Vorbelastung.....	115
8.9	Überbelastung.....	116
8.10	Schlaffe und starre Lasten	118
8.11	Setzungsdifferenzen	119
8.12	Zulässige Setzungen und Setzungsdifferenzen.....	120
8.13	Schwerpunktverlagerung und Stabilität von hohen Bauwerken	120
9	Stabilitätsprobleme	123
9.0	Problemstellung	123
9.0.1	Einführung	123
9.0.2	Die gemeinsamen Eigenschaften der Stabilitätsprobleme.....	123
9.0.3	Die Lösung des Stabilitätsproblems	124
9.1	Böschungstabilität	125
9.1.1	Einführung	125
9.1.2	Vereinfachungen gegenüber der Natur	127
9.1.3	Die schwedische Methode der Stabilitätsberechnung	128
9.1.4	Die Einflüsse des Wassers	130
9.1.5	Das vereinfachte Verfahren nach Bishop.....	133
9.1.6	Das vereinfachte Verfahren nach Janbu	133
9.1.7	Die Praxis der Stabilitätsberechnung	135
9.1.8	Die unendlich lange Böschung in einem Reibungsmaterial	136
9.1.9	Die allgemeine Berechnung des Sicherheitsgrads .	136
9.1.10	Die kinematischen Methoden von Culmann und Taylor	137

9.1.11	Hilfsmittel zur Ermittlung der Standsicherheit einfacher Böschungen im homogenen Boden.....	139
9.1.12	Geometrie des Bruches; andere Methoden.....	141
9.1.13	Einführung von Ankerkräften in die Stabilitätsberechnung	142
9.2	Tragfähigkeit.....	142
9.2.1	Einführung	142
9.2.2	Problemstellung	143
9.2.3	Die Näherungsmethoden für den undrainierten Zustand	143
9.2.4	Die statische Methode für den drainierten Zustand	144
9.2.5	Die allgemeine Tragfähigkeitsformel	145
9.2.6	Die Tragfähigkeitsfaktoren N_c , N_q und N_γ	146
9.2.7	Allgemeines und örtliches Abscheren	147
9.2.8	Einflüsse des Porenwasserdruckes	148
9.2.9	Grösse der Sicherheit F_{stat}	148
9.2.10	Andere Randbedingungen	148
9.2.11	Exzentrizität des Lastangriffes	149
9.2.12	Formfaktoren s	150
9.2.13	Tiefenfaktoren d	150
9.2.14	Lastneigungsfaktoren i	150
9.2.15	Geländeneigungsfaktoren g	150
9.2.16	Fundamentneigungsfaktoren b'	151
9.2.17	Undrainierte Belastung ($\varphi = 0$).....	151
9.2.18	Abgleiten des Fundamentes auf der Fundamentsohle	152
9.2.19	Der Begriff der „zulässigen Bodenpressung“.....	153
9.3	Erddruck.....	153
9.3.1	Einführung.....	153
9.3.2	Die Erddrucktheorie von Rankine.....	154
9.3.3	Deformationen und Erddruck	154
9.3.4	Verteilung des Erddruckes	155
9.3.5	Wirkung der Kohäsion	156
9.3.6	Kurzfristige Stabilität und Wirkung des Grundwassers	157
9.3.7	Die Erddrucktheorie von Coulomb.....	157
9.3.8	Der Erddruck als Stabilitätsproblem (nach Coulomb)	158
9.3.9	Der Einfluss der Kohäsion.....	160
9.3.10	Der Einfluss von Auflasten auf dem Gelände.....	162
9.3.11	Der Einfluss der Wandreibung.....	162
9.3.12	Zusammenfassung der Näherungsverfahren und Einflüsse	163
9.3.13	Allgemeine Randbedingungen.....	163
9.3.14	Grafische Ermittlung des Erddruckes.....	164
9.3.15	Die freie Standhöhe h_c	164
9.3.16	Erddruck in geschichteten Böden.....	165
9.3.17	Erddruck auf eine Winkelstützmauer.....	167
9.3.18	Abschirmung des Erddruckes	168
9.3.19	Einfluss des Wassers auf den Erddruck	169

9.3.20	Erddruck-Umlagerung	169
9.3.21	Gewölbewirkung	170
10	Vertikale Baugrubenabschlüsse	173
10.1	Problemstellung	173
10.2	Übersicht über die wichtigsten Wandsysteme.....	173
10.3	Belastungen der Wände	177
10.4	Bauzustände	179
10.5	Die nicht abgestützte, im Boden eingespannte Wand.....	180
10.6	Die einfach abgestützte Wand	182
10.7	Mehrfach abgestützte Wand	187
10.8	Erdwiderstand vor schmalen Druckflächen	188
10.9	Systemsicherheit und Abstützungen	189
11	Die Sohldruckverteilung unter Fundamenten	191
11.1	Einführung	191
11.2	Allgemeiner Grundsatz.....	191
11.3	Die relative Steifigkeit K	192
11.4	Das Spannungstrapezverfahren	193
11.5	Das Bettungsmodulverfahren (Bettungszifferverfahren)....	194
11.6	Der Bettungsmodul k_s	196
11.7	Das Steifezahlverfahren	198
11.8	Bemerkungen zu den Verfahren	200
11.9	Das starre Fundament	201
12	Tiefgründung	203
12.1	Einführung	203
12.2	Baugrundverbesserung.....	203
12.3	Pfahlarten.....	205
12.4	Der Lasttransport in Pfählen	206
12.5	Die Abschätzung von Spitzenwiderstand und Mantelreibung	207
12.6	Die negative Mantelreibung.....	208
12.7	Rammpfähle in sensitiven Böden	210
12.8	Die Setzung von Einzelpfählen	210
12.9	Die Gruppenwirkung.....	213
12.10	Die horizontale Belastung von Pfählen	213
13	Sicherheitsüberlegungen	217
13.1	Einführung	217
13.2	Stabilitätsprobleme	218
13.3	Böschungstabilität	221
13.4	Tragfähigkeit von Fundamenten.....	222
13.5	Erddruckprobleme.....	223
13.6	Ableiten und Kippen von Fundamenten	226
13.7	Hydraulischer Grundbruch	226
13.8	Auftriebssicherheit von Bauwerken	226
13.9	Deformationen (Setzungen)	227
13.10	Zusammenfassung	227
14	Ausgewählte Beispiele	229
14.0	Einführung	229