

8. Auflage



# GRUNDBAU-TASCHENBUCH

## Teil 1: Geotechnische Grundlagen

Karl Josef Witt (Hrsg.)



**8. Auflage**

# **GRUNDBAU-TASCHENBUCH**

## **Teil 1: Geotechnische Grundlagen**

**Karl Josef Witt (Hrsg.)**



**8. Auflage**

---

# **GRUNDBAU-TASCHENBUCH**

**Teil 1. Geotechnische Grundlagen**

---

**Karl Josef Witt (Hrsg.)**

Herausgeber und Schriftleiter  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Karl Josef Witt  
Bauhausuniversität Weimar  
Professur für Grundbau  
Coudraystraße 11 C  
99421 Weimar

Titelbild: Bohrkern mit gefalteten Gipslagen. Dipl.-Geol. Gerald Wiesner,  
witt&partner geoprojekt GmbH, Weimar

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie;  
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© 2017 Wilhelm Ernst & Sohn, Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG,  
Rotherstraße 21, 10245 Berlin, Germany

Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung in andere Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieses  
Buches darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form – durch Fotokopie,  
Mikrofilm oder irgendein anderes Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von  
Datenverarbeitungsmaschinen, verwendbare Sprache übertragen oder übersetzt werden.

All rights reserved (including those of translation into other languages). No part of this book may be  
reproduced in any form – by photoprinting, microfilm, or any other means – nor transmitted or translated  
into a machine language without written permission from the publisher.

Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen, Handelsnamen oder sonstigen Kennzeichen in diesem Buch  
berechtigt nicht zu der Annahme, daß diese von jedermann frei benutzt werden dürfen. Vielmehr kann es  
sich auch dann um eingetragene Warenzeichen oder sonstige gesetzlich geschützte Kennzeichen handeln,  
wenn sie als solche nicht eigens markiert sind.

Umschlaggestaltung: Sonja Frank, Berlin  
Satz: Reemers Publishing Services GmbH, Krefeld  
Druck und Verarbeitung:

Printed in the Federal Republic of Germany.  
Gedruckt auf säurefreiem Papier.

Print ISBN: 978-3-433-03151-3  
ePDF ISBN: 978-3-433-60724-4  
ePub ISBN: 978-3-433-60726-8  
eMobi ISBN: 978-3-433-60725-1  
oBook ISBN: 978-3-433-60727-5

---

## Vorwort

Die 8. Auflage des Grundbau-Taschenbuchs setzt das Format der bisherigen Auflagen konsequent fort. Auch die aktuelle Fassung bringt den Stand der Wissenschaft und den Stand der Technik auf dem Gebiet des geotechnischen Ingenieurwesens in seinen wesentlichen Sparten zusammen.

Wozu eine neue Auflage, was hat sich in den vergangenen nahezu 9 Jahren geändert? Was bietet Ihnen dieser neue Grundlagenband?

Über die nationale Anwendung der *Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau* liegt mittlerweile reichlich Erfahrung vor und es gibt sogar ausgearbeitete Vorschläge einer Vereinfachung. Die *Baugrunduntersuchungen im Feld* orientieren sich nun an EC 7, Teil 2. Der Beitrag zu den *Eigenschaften von Boden und Fels* ist nach wie vor ein unersetzbares Nachschlagewerk und hilft dem Nichtexperten zum Verständnis der bodenmechanischen Zusammenhänge. Neu ist der Überblick zu den *statistischen Methoden* und der *probabilistischen Bemessung*, wenngleich auch eine Anwendung Erfahrung im Umgang mit diesen Methoden verlangt. Die *Charakterisierung von Schadstoffen im Baugrund und Grundwasser* ist beim Gestalten der Umwelt noch mehr in den Fokus gerückt. Der Beitrag zum *Erddruck* wurde den aktualisierten Regelwerken angepasst, neben dem *Wie* wird auch das *Warum* erläutert. Während sich wissenschaftlich das Zeitalter der *Stoffgesetze für Böden* dem Ende zu nähern scheint, sind viele wertvolle Ansätze in der Praxis noch nicht angekommen, gewinnen aber gerade mit den modernen *numerischen Verfahren in der Geotechnik* zunehmend an Bedeutung. Für *Festgestein* scheinen die Stoffgesetze und die ingenieurpraktische Beschreibung noch komplexer zu sein. Hier trennen sich die Lehrmeinungen zwischen Kontinuumsansätzen und der Simulation mit diskreten Elementen, während in der Praxis die Empirie dominiert. Kenntnisse der *Bodendynamik* werden mit den zyklischen und dynamischen Belastungen des Baugrundes sowie mit erhöhten Anforderungen an den Erschütterungsschutz von der geotechnischen Ingenieurpraxis abverlangt. Nach wie vor ist die verlässliche Prognose der Standsicherheit ein zentrales Thema im Schnittfeld Bodenmechanik und Ingenieurgeologie. Der Beitrag zu den *Massenbewegungen* gibt hierzu Erläuterungen und Beispiele. Ein modernes und effektives Monitoring geotechnischer Bauwerke ist nicht nur dort gefordert, wo die Möglichkeiten der exakten Berechnungen mangels Kenntnis der Materialien oder Komplexität der Natur enden. Das Kapitel *Ingenieurgeodäsie – Zustandsdokumentation und Überwachungsmessungen* wurde vollkommen neu zusammengestellt. Die zeitgemäßen Methoden der *Instrumentierung und des Monitorings* werden mit neuen Beispielen vorgestellt.

Wie liest man dieses Buch? Natürlich nicht von vorn nach hinten! Ich benutze es in meiner Ingenieurpraxis und Beratungstätigkeit immer wieder als Nachschlagewerk, finde dort Antworten und Lösungen, wo das gefühlte Expertenwissen an seine Grenze kommt und ich Zusammenhänge vertieft verstehen möchte. Und nicht zuletzt greife ich

dann zum Grundbau-Taschenbuch, wenn ich mehr darüber erfahren möchte, was hinter der Vielzahl von Regeln in Empfehlungen, Richtlinien und Normen steht.

Meinen herzlichen Dank an alle Autoren für das große Engagement, dafür, dass sie ihr Expertenwissen hier zusammengetragen und zur Verfügung gestellt haben. Und Dank an den Verlag Ernst & Sohn für die Realisierung dieses für die Geotechnik so wichtigen Buches, hier ganz besonders an die Lektorin, Frau Dipl.-Ing. R. Herrmann.

Weimar, Januar 2017

*Karl Josef Witt*

## Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort</b> .....	V
<b>Autoren-Kurzbiografien</b> .....	XIX
<b>Verzeichnis der Autoren</b> .....	XXV

### 1.1 Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau

*Martin Ziegler*

1	Einführung .....	1
1.1	Allgemeines .....	1
1.2	Historischer Rückblick .....	4
2	Sicherheitskonzepte .....	9
2.1	Allgemeines .....	9
2.2	Globales Sicherheitskonzept .....	9
2.3	Teilsicherheitskonzept .....	10
3	Aufbau und Inhalte des Normenhandbuchs .....	11
3.1	Allgemeines .....	11
3.2	Inhaltsübersicht .....	11
3.3	Anwendungsbereich .....	13
3.4	Geotechnische Planung .....	13
3.5	Wichtige Begriffe der neuen Sicherheitsnorm .....	15
4	Grenzzustände und Nachweise .....	28
4.1	Allgemeines .....	28
4.2	Grenzzustände der Tragfähigkeit ULS .....	28
4.3	Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit SLS .....	34
4.4	Teilsicherheitsbeiwerte nach Normenhandbuch .....	35
5	Zukünftige Normung im Umfeld des EC 7 .....	38
5.1	Entwicklung in Deutschland .....	38
5.2	Entwicklung in Europa .....	40
6	Zitierte Normen und Empfehlungen .....	42
7	Literatur .....	44

### 1.2 Baugrunduntersuchungen im Feld

*Klaus-Jürgen Melzer, Edwin Fecker und Tilman Westhaus*

1	Grundlagen .....	45
1.1	Normen und Richtlinien .....	45
1.2	Voruntersuchung .....	48

1.3	Hauptuntersuchung .....	48
1.4	Berichterstattung .....	52
2	Baugrundaufschluss durch Schürfe, Bohrungen und Probenentnahmen ..	53
2.1	Allgemeines .....	53
2.2	Bohrgeräte und Ausrüstung .....	54
2.3	Anforderungen .....	54
2.4	Aufschluss im Boden .....	55
2.5	Aufschluss im Fels .....	60
2.6	Aufschluss der Grundwasserverhältnisse .....	63
2.7	Behandlung, Transport und Aufbewahrung der Proben .....	66
2.8	Berichterstattung .....	66
3	Baugrundaufschluss durch Sondierungen .....	67
3.1	Allgemeines .....	67
3.2	Rammsondierungen .....	69
3.3	Standard Penetration Test und Bohrlochrammsondierung .....	75
3.4	Drucksondierungen .....	81
3.5	Flügelscherversuche .....	91
3.6	Gewichtssondierungen .....	94
4	Bohrlochaufweitungsversuche .....	98
4.1	Geräte und Versuchsdurchführung .....	98
4.2	Auswertung .....	104
5	Bestimmung der Dichte .....	110
5.1	Gravimetrische Verfahren .....	110
5.2	Radiometrische Verfahren .....	111
6	Geophysikalische Verfahren .....	113
6.1	Allgemeines .....	113
6.2	Beschreibungen der wichtigsten Verfahren .....	118
7	Literatur .....	121
8	Normen und Richtlinien .....	135

### **1.3 Eigenschaften von Boden und Fels – ihre Ermittlung im Labor**

*Paul von Soos und Jens Engel*

1	Boden und Fels – Begriffe und Entstehung .....	139
2	Eigenschaften der Böden .....	140
2.1	Bodenschichten .....	140
2.2	Bodenproben .....	140
2.3	Durchführen und Auswerten von Laborversuchen .....	141
2.4	Bodeneigenschaften und Laborversuche .....	144
3	Eigenschaften von Fels .....	144
4	Kennwerte und Eigenschaften der festen Bodenkörper .....	145
4.1	Korngrößenverteilung .....	145
4.2	Korndichte .....	148
4.3	Mineralaufbau .....	149
4.4	Kornform und Kornrauigkeit .....	151

4.5	Spezifische Kornoberfläche .....	151
4.6	Gehalt an organischen Bestandteilen .....	152
4.7	Kalkgehalt .....	153
5	Kennwerte und Eigenschaften des Kornhaufens .....	153
5.1	Gefüge des Boden .....	153
5.2	Porenanteil und Porenzahl .....	154
5.3	Ermittlung der Dichte des Bodens .....	158
5.4	Grenzen der Lagerungsdichte .....	158
5.5	Wassergehalt .....	160
5.6	Konsistenzgrenzen .....	160
5.7	Wasseraufnahmevermögen nach <i>Enslin</i> .....	163
5.8	Verdichtungsverhalten in Abhängigkeit vom Wassergehalt .....	164
5.9	Absolute Porengröße und Filterwirkung .....	166
5.10	Kapillarität .....	167
5.11	Wasserdurchlässigkeit .....	170
5.12	Luftdurchlässigkeit .....	174
6	Versuche zur Ermittlung des Spannungs-Verformungs-Verhaltens .....	175
6.1	Allgemeines .....	175
6.2	Kompressionsversuch (Druckversuch mit verhinderter Seitendehnung) ..	178
6.3	Dreiaxialer Druckversuch .....	188
6.4	Einaxialer Druckversuch .....	192
6.5	Dreiaxialer Druckversuch mit $\sigma_2 \geq \sigma_3$ und zweiaxialer Druckversuch ...	192
6.6	Hohlzylinderversuch .....	193
6.7	Messen von Kriechverformungen .....	193
7	Scherfestigkeit; Ermittlung der Scherparameter .....	195
7.1	Allgemeines .....	195
7.2	Dreiaxialer Druckversuch .....	202
7.3	Ermittlung der einaxialen Druckfestigkeit .....	205
7.4	Rahmenscherversuch .....	206
7.5	Kreisringscherversuch .....	206
7.6	Versuch mit dem „Einfachschergerät“ (simple shear) .....	207
8	Ermittlung der Zugfestigkeit .....	208
9	Eigenschaften von Festgestein – felsmechanische Laborversuche .....	208
9.1	Vorbemerkung .....	208
9.2	Einaxialer Druckversuch an Gesteinsproben .....	209
9.3	Punktlastversuche an Gesteinsproben .....	209
9.4	Dreiaxialer Druckversuch an Gesteinsproben .....	210
9.5	Scherwiderstand in Felstrennflächen .....	213
9.6	Festigkeit des geklüfteten Fels .....	214
9.7	Zugversuche an Gesteinsproben .....	215
9.8	Kriechversuche an Gesteinsproben .....	215
9.9	Einaxiale Relaxationsversuche an Gesteinsproben .....	216
9.10	Quellversuche an Gesteinsproben .....	216
9.11	Ermittlung der Zerfallsbeständigkeit von Gesteinen – Siebtrommelversuch .....	217
10	Benennen, Beschreiben und Klassifikation von Boden und Fels .....	218

10.1	Benennen und Beschreiben von Boden .....	218
10.2	Benennen und Beschreiben von Fels .....	220
10.3	Bodenklassifikation .....	223
10.4	Felsklassifikation .....	226
11	Literatur .....	232

#### **1.4 Statistik und Probabilistik in der geotechnischen Bemessung**

*Maximilian Huber und Karl-Josef Witt*

1	Einleitung .....	243
2	Sicherheit und Zuverlässigkeit in der geotechnischen Bemessung .....	244
2.1	Begriffe und Überblick .....	244
2.2	Teilsicherheitsbeiwerte und probabilistische Bemessung .....	247
2.3	Grundlagen der Statistik .....	249
2.4	Grundlagen der Geostatistik .....	252
3	Grundlagen der probabilistischen Methoden .....	256
3.1	Bewertung der Unsicherheit von Systemen .....	256
3.2	Monte-Carlo-Simulation .....	259
3.3	First Order Reliability Method .....	259
3.4	Antwortflächenverfahren .....	259
3.5	Sensitivitätsanalyse .....	260
4	Komplexe Fragestellungen der probabilistischen Bemessung .....	260
5	Berücksichtigung von Messungen in einer probabilistischen Analyse im Rahmen der Beobachtungsmethode .....	261
5.1	Datenassimilation und inverse Analyse .....	261
5.2	Probabilistische Analyse von Bestandsbauwerken .....	261
6	Anwendung von probabilistischen Methoden in der Geotechnik .....	262
6.1	Teilsicherheitskonzept in der DIN EN 1997-1 (EC 7, Teil 1) .....	262
6.2	Regelungen in den nationalen Anhängen des EC 7 .....	264
6.3	Literaturüberblick zur probabilistischen Bemessung .....	265
7	Zusammenfassung .....	269
8	Literatur .....	271
	Normen, Empfehlungen und Richtlinien .....	277
9	Anhang .....	278
9.1	Statistische Momente .....	278
9.2	Maximum-Likelihood-Methode .....	278
9.3	Zusammenhang zwischen Normalverteilung und Log-Normalverteilung .....	280
9.4	Bayes'sches Updaten .....	281
9.5	Variogramm .....	282
9.6	FORM .....	284

## 1.5 Charakterisierung von Schadstoffen im Baugrund und Grundwasser

*Andreas Claussen*

1	Grundlagen .....	287
2	Anorganische Matrix des Untergrunds .....	288
3	Organische Matrix des Untergrunds .....	289
4	Schadstoff .....	292
5	Anorganische Schadstoffe .....	294
6	Organische Schadstoffe .....	296
6.1	Allgemeines .....	296
6.2	Mineralölartige Kohlenwasserstoffe (KW-Index) .....	296
6.3	Einkernige aromatische Kohlenwasserstoffe .....	299
6.4	Mehrkernige aromatische Kohlenwasserstoffe .....	302
6.5	Halogenierte Kohlenwasserstoffe .....	302
7	Bewertungsmatrix .....	304
8	Untersuchungserfordernisse .....	306
9	Untersuchungsplanung .....	307
10	Grundlagen der Bewertung .....	308
10.1	Allgemeines .....	308
10.2	Bewertung von Verdachtsflächen .....	308
10.3	Arbeits- und Gesundheitsschutz .....	310
10.4	Gefährdungen über Bodenluft .....	311
10.5	Verwertungsmöglichkeiten oder Entsorgungserfordernisse .....	311
11	Literatur .....	314

## 1.6 Erddruck

*Achim Hettler*

1	Einführung .....	317
2	Begriffe, Formelzeichen und Indizes .....	318
2.1	Begriffe .....	318
2.2	Formelzeichen .....	319
2.3	Indizes .....	320
3	Methoden zur Ermittlung des Erddrucks .....	321
3.1	Übersicht .....	321
3.2	Kinematische Methoden beim aktiven Erddruck .....	322
3.3	Kinematische Methoden beim passiven Erddruck .....	325
3.4	Statische Methoden .....	329
3.5	Versuche und Messungen .....	335
3.6	Finite-Elemente-Methode .....	348
4	Ebener aktiver Erddruck .....	363
4.1	Grundsätzliche Überlegungen .....	363
4.2	Bodeneigengewicht, großflächige Auflasten und Kohäsion .....	365
4.3	Kohäsion, rechnerische Zugspannungen und Mindesterdruk .....	367
4.4	Vertikale Linien- und Streifenlasten .....	371

4.5	Horizontale Linien- und Streifenlasten .....	377
4.6	Geschichteter Boden .....	377
4.7	Geknickter Geländeverlauf .....	379
4.8	Geknickte Wandflächen .....	380
4.9	Verteilung des aktiven Erddrucks .....	381
5	Erdruehdruck .....	381
5.1	Bodeneigengewicht und großflächige Auflasten .....	381
5.2	Punkt-, Linien- und Streifenlasten .....	386
6	Ebener passiver Erddruck .....	390
6.1	Grundsätzliche Überlegungen .....	390
6.2	Eigengewicht, großflächige Auflasten und Kohäsion bei Parallelbewegung .....	391
6.3	Drehung um den Kopf- oder den Fußpunkt .....	395
6.4	Verteilung des passiven Erddrucks .....	397
7	Räumlicher aktiver Erddruck .....	398
7.1	Grundsätzliche Überlegungen .....	398
7.2	Kreiszylindrische Flächen .....	400
7.3	Stützwände quer zur Böschung .....	403
8	Räumlicher passiver Erddruck .....	405
8.1	Übersicht .....	405
8.2	Fußwiderstand vor Bohlträgern nach <i>Weißbach</i> .....	406
8.3	Verfahren nach DIN 4085 für begrenzte Wandabschnitte .....	408
9	Sonderfälle .....	409
9.1	Verdichtungserddruck .....	409
9.2	Silodruck .....	411
9.3	Wiederholte quasistatische Beanspruchungen .....	413
9.4	Dynamische Beanspruchungen .....	415
9.5	Einfluss des Grundwassers auf den Erddruck .....	415
9.6	Winkelstützwände .....	418
9.7	Weitere Hinweise .....	421
10	Mobilisierung des Erddrucks .....	424
10.1	Übersicht .....	424
10.2	Grenzwerte der Verschiebung bei Erreichen des aktiven Erddrucks .....	425
10.3	Grenzwerte der Verschiebung bei Erreichen des passiven Erddrucks .....	426
10.4	Mobilisierungsfunktionen .....	428
11	Anwendungshinweise .....	433
11.1	Erddruckneigung und Wandreibungswinkel .....	433
11.2	Ansatz des Erddrucks in Abhängigkeit der Verschiebung .....	436
11.3	Erddruckumlagerung .....	439
11.4	Erddruck als günstige Einwirkung .....	440
12	Literatur .....	441
Anhang	.....	448

**1.7 Stoffgesetze für Böden***Dimitrios Kolymbas und Ivo Herle*

1	Einführung .....	458
2	Frequently asked questions .....	459
3	Bedeutung von Stoffgesetzen für die Geotechnik .....	461
4	Merkmale des Bodenverhaltens .....	462
4.1	Elementversuche .....	462
4.2	Kompressionsverhalten .....	463
4.3	Scherverhalten .....	465
4.4	Druck- und Dichteabhängigkeit .....	468
4.5	Verhalten undrännierter Proben .....	469
4.6	Kritische Zustände .....	470
4.7	Einfluss der Deformationsgeschichte .....	472
4.8	Zyklisches Verhalten .....	473
4.9	Realität .....	473
5	Mathematische Struktur von Stoffgesetzen .....	474
5.1	Grundbegriffe, Tensoren .....	474
5.2	Elastische Stoffe im Allgemeinen .....	475
5.3	Einfluss der Geschichte .....	476
5.4	Homogenität .....	477
5.5	Invarianz, Isotropie, Objektivität .....	478
5.6	Eindeutigkeit .....	479
5.7	Maßstabeffekt .....	480
5.8	Kontinuumsmechanische und diskrete Betrachtungen .....	480
6	Hierarchie und Bestandteile von Stoffgesetzen .....	481
6.1	Lineare Elastizität .....	481
6.2	Elastoplastische Stoffgesetze .....	483
6.3	Hypoplastische Stoffgesetze .....	493
6.4	Antwortumhüllende .....	494
7	Besondere Fragestellungen .....	495
7.1	Wassergesättigter Boden .....	495
7.2	Stoffgesetze für teilgesättigten Boden .....	497
7.3	Stoffgesetze für schnelle Verformungen .....	497
7.4	Zeitabhängigkeit .....	498
7.5	Zementierung .....	498
7.6	Kornbruch .....	499
7.7	Thermische, chemische und biologische Effekte .....	499
8	Ergänzende Aspekte von Stoffgesetzen .....	499
8.1	Allgemeinheit .....	499
8.2	Kalibrierung .....	499
8.3	Stoffkonstanten und Zustandsgrößen .....	500
8.4	Thermodynamische Konsistenz .....	501
8.5	Große Verformungen .....	501
8.6	Entfestigung .....	502
8.7	Höhere Kontinua .....	502

9	Stoffgesetze in der Praxis .....	503
10	Literatur .....	504

## **1.8 Stoffgesetze und Bemessungsansätze für Festgestein**

*Erich Pimentel*

1	Einführung .....	511
2	Allgemeine Eigenschaften .....	511
2.1	Fels und Boden .....	511
2.2	Diskontinuitäten .....	514
2.3	Genität, Tropie und Betrachtungsbereich .....	519
2.4	Bruch- und Verformungsverhalten .....	522
3	Stoffgesetze .....	525
3.1	Allgemeines .....	525
3.2	Elastisches Materialverhalten .....	525
3.3	Elastoplastisches Materialverhalten .....	527
3.4	Viskoplastisches Materialverhalten .....	534
3.5	Trennflächen .....	535
3.6	Homogenisierung .....	544
3.7	Schädigungsmodelle .....	546
4	Durchströmung des Gebirges .....	547
4.1	Allgemeines .....	547
4.2	Durchströmung von Gestein und einer Trennfläche .....	548
4.3	Homogenisierung .....	550
4.4	Nicht homogenisierbare Fälle und Sonderfälle .....	551
5	Bemessungsansätze .....	552
5.1	Allgemeines .....	552
5.2	Gleiten – ebener Fall .....	555
5.3	Gleiten – räumlicher Fall .....	557
5.4	Kippen .....	560
5.5	Knicken .....	565
5.6	Steinfall .....	566
6	Literatur .....	569

## **1.9 Bodendynamik**

*Christos Vrettos*

1	Einleitung .....	573
2	Schwingungen einfacher Systeme .....	574
2.1	Allgemeines .....	574
2.2	Freie Schwingungen .....	575
2.3	Erzwungene, gedämpfte Schwingungen .....	577
2.4	Viskose Dämpfung .....	579
3	Wellenausbreitung im Boden .....	581

3.1	Allgemeines .....	581
3.2	Eindimensionale Wellenausbreitung .....	582
3.3	Verhalten von Wellen an Trennflächen .....	583
3.4	Ausbreitung von vertikal propagierenden Wellen in einer Bodenschicht .....	584
3.5	Oberflächenwellen .....	585
4	Bodenverhalten bei zyklischer Belastung .....	587
4.1	Spannungs-Dehnungs-Verhalten .....	587
4.2	Äquivalent-lineares Modell .....	590
4.3	Nichtlineare Modelle .....	601
4.4	Zyklische Setzungen .....	606
5	Messung von dynamischen Bodenkenngrößen .....	608
5.1	Feldversuche .....	608
5.2	Laborversuche .....	613
6	Dynamisch belastete Fundamente .....	616
6.1	Steifigkeitsfunktionen .....	616
6.2	Boden-Bauwerk-Interaktion .....	621
6.3	Pfahlgründungen .....	622
7	Literatur .....	623

## **1.10 Numerische Verfahren in der Geotechnik**

*Peter-Andreas von Wolffersdorff und Helmut F. Schweiger*

1	Einleitung .....	633
2	Besonderheiten der Geotechnik .....	634
3	Bedeutung der Stoffmodelle für den Baugrund .....	637
4	Die verschiedenen numerischen Verfahren .....	640
4.1	Übersicht über numerische Verfahren .....	640
4.2	Kurzbeschreibung mathematischer und mechanischer Grundlagen .....	649
5	Verformungsberechnungen typischer geotechnischer Aufgaben .....	672
5.1	Vorbemerkungen .....	672
5.2	Gründungen .....	672
5.3	Dämme .....	682
5.4	Gesicherte Böschungen und Verbaukonstruktionen .....	687
6	Standsicherheitsberechnungen typischer geotechnischer Aufgaben .....	697
6.1	Vorbemerkungen .....	697
6.2	Verkehrsbauliche Dämme .....	697
6.3	Wasserbauliche Dämme .....	698
6.4	Böschungen .....	702
6.5	Baugrubenwände .....	707
7	Weitere Anwendungen numerischer Verfahren .....	708
7.1	Vorbemerkungen .....	708
7.2	Verformungsberechnungen beim Einsatz von Geokunststoffen .....	708
7.3	Dynamische Verformungsberechnungen bei Erdbebenbeanspruchungen .....	711
8	Schlussbemerkungen .....	713
9	Literatur .....	714

**1.11 Massenbewegungen***Dieter D. Genske*

1	Einleitung .....	721
2	Mechanismen .....	732
2.1	Gleiten .....	733
2.2	Kippen, Knicken, Abscheren .....	742
2.3	Fallen .....	746
2.4	Fließen .....	748
2.5	Kriechen und Driften .....	754
3	Auslöser .....	758
3.1	Veränderung der Hanggeometrie .....	758
3.2	Veränderung der Bergwasserverhältnisse .....	759
3.3	Veränderung der Lasten .....	762
3.4	Veränderung der Festigkeit .....	763
4	Erkennen von Bewegungspotenzialen .....	764
4.1	Erkundung .....	764
4.2	Geomorphologische Ansprache .....	765
4.3	Bodenansprache .....	766
4.4	Gebirgsansprache .....	769
4.5	Hydrogeologische Ansprache .....	775
4.6	Biologische Ansprache .....	776
4.7	Anthropogene Ansprache .....	777
4.8	Synthesekarte .....	777
5	Gefahrenabwehr .....	778
5.1	Gefährdungskarten .....	778
5.2	Monitoring .....	780
5.3	Schutzmaßnahmen .....	782
5.4	Stabilisierungsmaßnahmen .....	785
5.5	Geokompatible Böschungsausbildung .....	786
6	Klimawandel .....	788
6.1	Trigger im Klimawandel .....	788
6.2	Driver des Klimawandels .....	788
6.3	Anpassung an den Klimawandel .....	790
7	Zusammenfassung und Ausblick .....	791
8	Literatur .....	792

**1.12 Ingenieurgeodäsie – Zustandsdokumentation und Überwachungsmessung***Otto Heunecke*

1	Aufgabenbereiche der Ingenieurgeodäsie .....	815
2	Inhalte ingenieurgeodätischer Überwachungsmessungen .....	816
3	Rekapitulation geodätischer Grundlagen .....	818
3.1	Allgemeines .....	818

3.2	Geodätische Bezugssysteme .....	819
3.3	Korrekturen und Reduktionen geodätischer Observablen .....	822
3.4	Koordinatentransformationen .....	825
3.5	Geodätische Netzausgleichung .....	827
4	Ingenieurgeodätische Messverfahren .....	831
4.1	Allgemeines .....	831
4.2	Bestimmung einzelner Messgrößen .....	832
4.3	Linienweise Messungen .....	840
4.4	3-D-Koordinatenbestimmungen .....	844
4.5	Geosensornetze .....	853
5	Auswertemethoden .....	855
5.1	Allgemeines .....	855
5.2	Deskriptive Verformungsanalyse .....	855
5.3	Zeitreihenauswertung .....	858
5.4	Integrierte Auswertemodelle .....	862
6	Literatur .....	864

### **1.13 Instrumentierung und Monitoring in der Geotechnik**

*Hans Jakob Becker, Marcel Hubrig, Markus Stolz, Arno Thut und  
Holger Wörsching*

1	Einleitung .....	867
2	Ziel geotechnischer Messungen .....	868
2.1	Instrumentierung und Feldversuche in der Sondierphase .....	869
2.2	Sicherheit und Beweissicherung .....	869
2.3	Qualitätskontrolle .....	869
2.4	Instrumentierungen bei der Beobachtungsmethode .....	869
3	Messgrößen .....	870
3.1	Messgrößen im Baugrund .....	870
3.2	Messgrößen während der Bauausführung .....	871
3.3	Messgrößen in Tragteilen .....	872
3.4	Messgrößen bei angrenzenden Objekten .....	872
3.5	Messgrößen bei permanenten Bauwerken .....	873
3.6	Messgrößen bei Sanierungen von Bauwerken .....	873
4	Messkonzept .....	874
4.1	Begriffe der Messtechnik .....	874
4.2	Sensoren und Sensorsysteme .....	875
4.3	Instrumentierung .....	877
4.4	Monitoring .....	878
4.5	Datenerfassungsarten .....	879
4.6	Datenmanagement .....	880
5	Messinstrumente in der Geotechnik .....	885
5.1	Verschiebungsmessungen .....	885
5.2	Messungen des Porenwasserzustands .....	910
5.3	Dehnungs-, Kraft- und Spannungsmessungen .....	919

---

5.4	Temperaturmessungen .....	921
5.5	Prüfungen .....	924
5.6	Immissionsmessungen / Erschütterungsmessungen .....	926
6	Fallbeispiele .....	928
6.1	Tiefe Baugruben, angrenzende Gebäude .....	928
6.2	Probeschüttungen, Barcelona und Venedig .....	939
6.3	Kavernen und Staumauerbau: Pumpspeicherwerk Limmern .....	941
6.4	Überwachung instabiler Hänge .....	952
6.5	Probelastungen an Tragteilen und Pfählen .....	957
6.6	Sanierung eines Bauwerks: Adlertunnel .....	960
6.7	Anwendung von linienweisen Messungen .....	964
7	Literatur .....	966
	<b>Stichwortverzeichnis</b> .....	969
	<b>Inserentenverzeichnis</b> .....	987

---

## Autoren-Kurzbiografien

**Hans Jakob Becker**, Jahrgang 1972, studierte Geodäsie an der Technischen Universität Darmstadt. Der Berufseinstieg erfolgte im Tunnelbau. Ab 2000 als Projektleiter für messtechnische Instrumentierung und Monitoring bei der Solexperts AG in der Schweiz leistete er maßgebliche Mitarbeit zur Weiterentwicklung der Systeme zur Datenerfassung und zum Datenmanagement. Seit 2013 ist er Leiter der Abteilung Geotechnik.

**Andreas Claussen**, Jahrgang 1960, studierte an der Albert-Ludwigs-Universität in Freiburg i. Br. Diplom-Geographie mit der Fachrichtung Hydrologie. Im Anschluss an das Studium promovierte er als wissenschaftlicher Angestellter des Instituts für Bodenkunde der Universität Hamburg über die bodenmechanischen und chemischen Eigenschaften von thermisch und nassmechanisch gereinigten Bodenmaterialien. Vom Institut für Bodenkunde wechselte er in ein Ingenieurbüro für Grundbau, Bodenmechanik und Umweltechnik und bearbeitete schwerpunktmäßig unterschiedlichste altlastverdächtige Flächen und Altlasten. Seit 2001 ist er in einem Planungsbüro mit Fragen des Bodenschutzes und der Bodenbewertung sowie der Altlastensanierung und des Flächenrecyclings befasst. Seit 2008 ist er von der HK Hamburg als Sachverständiger gemäß § 2 Abs. 1 der HmbVVSU nach §18 BBodSchG für das Sachgebiet 2 Gefährdungsabschätzung für den Wirkungspfad Boden – Gewässer anerkannt.

**Jens Engel**, Jahrgang 1963, ist seit 2003 Professor für Geotechnik an der Hochschule für Technik und Wirtschaft (FH) Dresden. Zu den Schwerpunkten an der Hochschule gehören Forschungsprojekte aus den Bereichen Eigenschaften von Böden, Bauen mit Geokunststoffen, Entwicklung neuer Grundbaukonstruktionen, Geotechnische Datenbanken und Deponiebau. Im Rahmen der Mitwirkung in Ausschüssen und Arbeitsgruppen ist er u. a. in die Weiterentwicklung geotechnischer Untersuchungsverfahren eingebunden. Er ist Sachverständiger für Bodenmechanik, Erd- und Grundbau und betreut als selbstständiger beratender Ingenieur Baumaßnahmen aus den Bereichen Grundbau, Deponiebau, Erd- und Dammbau sowie Verkehrsbau. Nach dem Studium des Bauingenieurwesens in Dresden und einem Aufenthalt an der Universität Karlsruhe promovierte er an der Technischen Universität Dresden über die Entwicklung bodenmechanischer Datenbanken und habilitierte an der gleichen Universität über Verfahren zur Bestimmung der Eigenschaften von Böden.

**Edwin Fecker**, Jahrgang 1944, studierte an den Universitäten Freiburg und Karlsruhe Geologie. Am Institut für Boden- und Felsmechanik in Karlsruhe promovierte er mit einer Arbeit über den Spitzenreibungswiderstand auf großen Klufflächen. Umfangreiche praktische Erfahrung hat er sich zunächst als Assistent am Institut für Boden- und Felsmechanik und schließlich als Geschäftsführer eines Ingenieurbüros für Baugeologie und Baumesstechnik erworben. 1991 wurde er zum Honorarprofessor der Universität Tübingen bestellt. Von 1996 bis zu seinem Ruhestand 2009 war er Geschäftsführer und Gesellschafter des Geotechnischen Ingenieurbüros Professor Fecker

und Partner GmbH. Er ist Mitglied mehrerer Ausschüsse und Arbeitsgruppen des DIN, der UNESCO und des Europarats.

**Dieter D. Genske**, geboren 1956, studierte Geo- und Ingenieurwissenschaften in Deutschland (Wuppertal, Aachen) und den USA und promovierte über ein probabilistisches Sicherheitskonzept für Böschungen bei Bernhard Walz und Karl-Heinz Heitfeld. Im Rahmen eines Post-Doktorats der Alexander von Humboldt-Stiftung ging er an die Universität von Kyoto (Japan). 1990 wurde er Projektmanager bei der Deutschen Montan Technologie DMT Essen und leitete eine Reihe von Großprojekten, u. a. im Rahmen der Internationalen Bauausstellung IBA Emscher Park und der Entwicklung des Berliner Spreebogens als neuen Regierungssitz. Dieter D. Genske unterrichtete an verschiedenen Hochschulen in Deutschland, den Niederlanden und der Schweiz und wurde zu Forschungsaufenthalten nach Südafrika und Japan eingeladen. In Afrika und Osteuropa führte er eine Reihe von Projekten zur Entwicklungszusammenarbeit durch. Sein interaktives Distance Learning-Projekt wurde durch den Rat der Eidgenössischen Technischen Hochschulen ausgezeichnet. Seine Forschungsschwerpunkte sind Umwelt- und Geotechnik. Dieter Genske lehrte an der TU Delft und der ETH Lausanne/Zürich und ist nun Studiendekan an der Hochschule Nordhausen (Thüringen).

**Ivo Herle**, geboren 1966, hat sein Studium des Bauingenieurwesens an der Technischen Universität in Prag im Jahr 1989 abgeschlossen und war anschließend wissenschaftlicher Mitarbeiter des Instituts für Theoretische und Angewandte Mechanik (ITAM) der Tschechischen Akademie der Wissenschaften. 1993 wechselte er an das Institut für Bodenmechanik und Felsmechanik der Universität Karlsruhe, wo er im Jahr 1997 promovierte. Nach seiner Rückkehr an die Tschechische Akademie der Wissenschaften wurde er im Jahr 2000 stellvertretender Direktor und lehrte gleichzeitig an der Karls-Universität in Prag. Mit einer Förderung des Marie-Curie Individual Fellowship Programms forschte er ab 2002 am Institut für Geotechnik und Tunnelbau der Universität Innsbruck, wo er 2003 habilitierte. Seit 2004 ist er Professor für Bodenmechanik und Grundbau an der Technischen Universität Dresden. Seine Forschungsschwerpunkte sind theoretische und experimentelle Untersuchungen des mechanischen Bodenverhaltens, Standsicherheit von Böschungen und numerische Modellierung von geotechnischen Randwertproblemen.

**Achim Hettler**, Jahrgang 1953, leitet seit 1994 als Nachfolger von Prof. Weißenbach den Lehrstuhl für Baugrund – Grundbau an der Technischen Universität Dortmund. Er ist Mitglied in zahlreichen Normenausschüssen und Obmann des Arbeitskreises Baugruben sowie des DIN-Ausschusses „Baugrund; Berechnungsverfahren“. Seit Jahren Mitglied im Vorstand der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik und Leiter der Fachsektion „Bodenmechanik“. Forschungsschwerpunkte sind u.a. Themen zu Baugruben und Erddruckfragen. Nach dem Studium des Bauingenieurwesens in Karlsruhe und in Lyon Promotion und Habilitation am Institut für Bodenmechanik und Felsmechanik bei Prof. Gudehus in Karlsruhe. Seitdem über 20-jährige praktische Erfahrung u.a. bei einem großen Baukonzern im Spezialtiefbau, bei einem überregionalen Planungsbüro in der Geotechnik und bei der Sanierung von großen Altstandorten. In den letzten Jahren verstärkte Tätigkeit als Sachverständiger für Schäden im Grundbau und für Altlasten. Autor des Buches „Gründung von Hochbauten“ und Koautor der Bücher „Der

Bausachverständige vor Gericht“ (zusammen mit Stefan Leupertz, ehemals Richter am BGH) sowie der 2. Auflage von „Baugruben, Berechnungsverfahren“ (zusammen mit Anton Weißenbach).

**Otto Heunecke**, Jahrgang 1960, studierte von 1983 bis 1989 an der Universität Hannover Vermessungswesen. Von 1989 bis 2002 war er wissenschaftlicher Mitarbeiter, seit 1999 Oberingenieur am Geodätischen Institut in Hannover, an dem er 1995 mit einer Arbeit für die Anwendung der Kalman-Filterung auf die Auswertung von Überwachungsmessungen promovierte. Seit 2002 hat er die Professur für Ingenieurgeodäsie im Institut für Geodäsie an der Universität der Bundeswehr München. Seine Forschungsschwerpunkte liegen im Bereich automatisierter Verfahren bei Überwachungsaufgaben und der Nutzung neuer Messverfahren wie etwa dem terrestrischen Laserscanning. Er ist Mitglied in verschiedenen Arbeitskreisen zu Themen der Ingenieurgeodäsie.

**Maximilian Huber**, geboren 1979, studierte Bauingenieurwesen und Wirtschaftsingenieurwesen an der Technischen Universität Graz. Danach sammelte er erste Erfahrungen in der Industrie, bevor er als akademischer Mitarbeiter am Institut für Geotechnik der Universität Stuttgart arbeitete, an dem er 2013 bei Prof. P. A. Vermeer zum Thema „*Soil variability and its consequences in geotechnical engineering*“ promovierte. Danach setzte er seinen akademischen Werdegang am *Graduiertenkolleg GRK 1462-Modellqualität* der Bauhaus-Universität Weimar fort. Nach seiner Anstellung bei Deltares (NL) ist Maximilian Huber beim technischen Büro der Firma Ed. Züblin AG beschäftigt.

**Marcel Hubrig**, Jahrgang 1976, studierte an der Technischen Universität Dresden Geodäsie. Seit 2002 ist er Mitarbeiter der Firma Solexperts AG in die Schweiz. Er leitet messtechnische Instrumentierungen in Großprojekten im Bereich Staumauern und Kavernen sowie Monitoringprojekte im innerstädtischen Bereich.

**Dimitrios Kolymbas**, geboren 1949 in Athen, besuchte dort die deutsche Schule und studierte in Karlsruhe Bauingenieurwesen. Am Institut für Boden- und Felsmechanik dieser Universität hat er 1978 promoviert und 1988 habilitiert. Sein Hauptforschungsgebiet sind Stoffgesetze für Böden, er hat die Theorie der Hypoplastizität als Alternative zur Elastoplastizität eingeführt. Als Oberingenieur am o. g. Institut befasste er sich u. a. mit der Gründung des Kernkraftwerks Neckarwestheim 2 und war Mitglied von zwei Sonderforschungsbereichen. Seit 1994 ist er ordentlicher Professor für Geotechnik und Tunnelbau an der Universität Innsbruck. Er hat zahlreiche Konferenzen und Kurse organisiert sowie mehrere Bücher, darunter die Lehrbücher „Geotechnik“ (4. Ausgabe 2016) und „Tunnelling and Tunnel Mechanics“ (letzte Ausgabe 2008), veröffentlicht.

**Klaus-Jürgen Melzer**, Jahrgang 1935, studierte an der RWTH Aachen Bauingenieurwesen. Am Institut für Verkehrswasserbau, Grundbau und Bodenmechanik promovierte er mit einer Arbeit über Sonden für Baugrunduntersuchungen, wobei er gleichzeitig praktische Erfahrung in der Grundbauberatung sammelte. 1968 ging er zur USA Waterways Experiment Station, Vicksburg, MI, wo sich der Schwerpunkt seiner Tätigkeit auf die Untersuchung der Mobilität geländegängiger Fahrzeuge verschob. 1974 bis

1993 arbeitete er bei der Battelle-Organisation, wo er u. a. sieben Jahre die Battelle Motor- und Fahrzeugtechnik GmbH als alleiniger Geschäftsführer leitete. Danach war er bis zum Erreichen des Ruhestands als Berater für mittelständische Industrieunternehmen tätig. In der gesamten Zeit hielt er die enge Verbindung zu seinem ursprünglichen Fachgebiet aufrecht. So leitete er u. a. von 1984 bis 1993 den Normenausschuss „Feldversuche“. Er gehörte und gehört auch noch heute verschiedenen internationalen und nationalen Ausschüssen und professionellen Gesellschaften an.

**Erich Pimentel**, geboren 1958, studierte an der Päpstlichen Katholischen Universität von Peru Bauingenieurwesen und arbeitete anschliessend zweieinhalb Jahre in Lima für ein geotechnisches Ingenieurbüro. Danach absolvierte er ein Aufbaustudium am Institut für Bodenmechanik und Felsmechanik der Universität Karlsruhe. Dort promovierte er als wissenschaftlicher Mitarbeiter des Lehrstuhls für Felsmechanik mit einer Arbeit über das Quellverhalten von diagenetisch verfestigtem Tonstein. Seit 2004 ist er an der Professur für Untertagbau des Institutes für Geotechnik der ETH Zürich als Dozent und Oberassistent sowie als Leiter des dortigen Felslabors tätig. Darüber hinaus ist er seit 2008 im Vorstand der Geotechnik Schweiz und seit 2010 zusätzlich als Sekretär dieser Gesellschaft tätig.

**Helmut F. Schweiger**, Jahrgang 1954, studierte Bauingenieurwesen an der Technischen Universität Graz und Finite-Elemente-Methoden an der University of Wales, Swansea (Dissertation 1989). Danach intensive Beschäftigung mit numerischen Methoden in der Geotechnik im Rahmen seiner Forschungs- und Lehrtätigkeit am Institut für Bodenmechanik und Grundbau der Technischen Universität Graz. Seine Habilitation erfolgte 1995, seit 1999 ist er Leiter der Arbeitsgruppe „Numerische Geotechnik“. Sein Forschungsschwerpunkt liegt in der Weiterentwicklung und Anwendung numerischer Methoden auf praktische Aufgabenstellungen in der Geotechnik, insbesondere unter Berücksichtigung moderner Stoffgesetze. Er ist im „Editorial Board“ einiger internationaler Fachzeitschriften, wie z. B. *Computers and Geotechnics*, *International Journal of Geomechanics* und war von 2004 bis 2007 im „Advisory Panel“ von *Geotechnique*. Er ist Mitglied mehrerer „Technical Committees“ der ISSMGE und war im internationalen Expertenkomitee zur Klärung des Einsturzes der tiefen Baugrube „Nicoll Highway“ in Singapur.

**Paul von Soos**, Jahrgang 1925, begann 1944 das Studium des Bauingenieurwesens zunächst an der Technischen Universität Budapest und setzte es an der TH München fort, wo er 1950 diplomierte. Der weitere Berufsweg führte ihn als Betriebsleiter zum Institut und heutigen Prüfamts für Grundbau und Bodenmechanik der TU München, das er als Akademischer Direktor bis zum Eintritt in den Ruhestand leitete. Die Schwerpunkte lagen nicht nur auf dem Gebiet des bodenmechanischen Versuchswesens, an dessen Entwicklung und Standardisierung er maßgeblich beteiligt war, er war ebenso wissenschaftlich, lehrend und beratend bei herausfordernden Projekten des über- und unterirdischen Verkehrswegebbaus, des Wasserbaus und des Ingenieurbaus tätig. Seine Erfahrungen und sein sicheres Urteilsvermögen brachte und bringt er auch in die Mitarbeit bei zahlreichen Arbeitskreisen und Ausschüssen ein, von denen er jene für „Laborversuche“ und für die „Untersuchung von Boden und Fels“ über Jahrzehnte als Obmann leitete.

**Markus Stolz**, Jahrgang 1975, studierte an der Technischen Universität München Bauingenieurwesen. Nach einer Anstellung bei der Firma Ed. Züblin AG wechselte er 2004 zur Firma Solexperts AG in die Schweiz. Seit 2010 ist er für das Tochterunternehmen MeSy-Solexperts GmbH tätig und leitet dort die Abteilung Geotechnik am Firmensitz in Kempten. Gegenwärtig ist er Mitglied des Arbeitskreises „AK 2.10 Geomesstechnik“ der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e. V.

**Arno Thut**, geboren 1939. Abschluss als Dipl.-Bauing an der ETH Zürich 1963. Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Versuchsanstalt für Wasser- und Erdbau an der ETH Zürich bis 1969. Abschluss mit Dissertation. 1969 bis 1973 Aufenthalte in Marokko, Leitung Sondierkampagne für Stauwerke, Paris Studienbüro Solétanche, und in München Bauleitung Injektionen und Anker für Staudamm. 1973 bis 2014 Aufbau der Solexperts AG, Schweiz und Filialen in Frankreich und Deutschland, als Besitzer und Geschäftsleiter, Expertisen für Abdichtungen bei Stauwerken sowie Geotechnische und Hydrogeologische Instrumentierungen und Feldversuche. Ab 2014 Experte bei Solexperts AG und Besitzer der GEO IMMO AG, Beteiligung an GEOEXPERTS, Zilina, Slowakische Republik, Geotechnische Instrumentierungen.

**Christos Vrettos**, Jahrgang 1960, studierte Bauingenieurwesen an der Universität Karlsruhe. Als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Boden- und Felsmechanik promovierte er dort im Jahre 1988. Postdoktorand an der Universität Kyoto in Japan und am M.I.T. in Boston. Anschließend bis 1996 OBERINGENIEUR am Grundbauinstitut der TU Berlin, wo er habilitierte. Umfangreiche praktische Erfahrung durch die nachfolgende Tätigkeit in dem Technischen Büro eines Baukonzerns und in einem großen geotechnischen Planungsbüro. Seit 2004 leitet er den Lehrstuhl für Bodenmechanik und Grundbau an der TU Kaiserslautern. Berater für bedeutende Projekte im In- und Ausland. Forschungsschwerpunkte umfassen die dynamische Boden-Bauwerk-Interaktion, die experimentelle Bodendynamik, die Modellierung und Dimensionierung von Gründungen und geotechnischen Bauwerken sowie die Terramechanik.

**Tilman Westhaus**, Jahrgang 1958, studierte Bauingenieurwesen an der RWTH Aachen und promovierte 1988 am Institut für Statik der Technischen Universität Braunschweig. Danach war er bis 1992 bei der Philipp Holzmann AG im Spezialtiefbau tätig. Bis 1997 war er Geschäftsführer / Gesellschafter der Baugrundinstitut Franke – Meißner und Partner GmbH und seit 1997 ist er Geschäftsführer / Gesellschafter der Baugrundinstitut Dr.-Ing. Westhaus GmbH. Seit 1994 ist er Prüfsachverständiger für Erd- und Grundbau nach Bauordnungsrecht. Er ist ferner Prüfer bei der Ingenieurkammer Hessen für die Zulassung von öffentlich bestellten und vereidigten Sachverständigen für Geotechnik. Darüber hinaus ist er seit 2000 Mitglied im Normenausschuss Bauwesen im DIN NA 005-05 09 AA Arbeitsausschuss Baugrund, Feldversuche, geotechnische Messtechnik, Spiegelausschuss zum CEN/TC 341 und seit 2014 als Obmann im DIN und auf europäischer Ebene Vertreter Deutschlands im CEN/TC 341 und bei der Neufassung des EC 7.2 für den Bereich Felduntersuchungen.

**Karl Josef Witt**, geboren 1951, ist seit 1997 Universitäts-Professor für Geotechnik an der Bauhaus-Universität Weimar und ist Gesellschafter sowie wissenschaftlicher Berater des Ingenieurbüros witt & partner geoprojekt GmbH. Seine Forschungsschwerpunkte decken den Bereich Bodenstrukturen, Sicherheit von geotechnischen Bauwerken

und Umweltgeotechnik ab. Er ist Mitglied zahlreicher Ausschüsse und Arbeitsgruppen, Sachverständiger und Vermittler bei komplexen Schadens- und Streitfällen sowie gefragter Prüflingenieur für Erd- und Grundbau. Er studierte an der Universität Karlsruhe Bauingenieurwesen und promovierte am Institut für Grundbau Bodenmechanik und Felsmechanik mit einer Arbeit über Filtrationseigenschaften weitgestufter Erdstoffe. Die über 30-jährige praktische Erfahrung und die Nähe zu Projekten des Erd- und Grundbaus im Schnittbereich zwischen Ingenieurpraxis und Wissenschaft hat er sich zunächst in einem wasserbaulichen Planungsbüro und schließlich als Beratender Ingenieur in einem geotechnischen Planungsbüro erworben.

**Peter-Andreas von Wolffersdorff**, geboren 1951, ist seit 2000 Geschäftsführer der BAUGRUND DRESDEN Ingenieurgesellschaft GmbH. Er studierte an der HAB Weimar, der heutigen Bauhaus-Universität, Bauingenieurwesen und promovierte dort im Bereich kommunaler Tiefbau zu bodenmechanischen Stoffgesetzen. Seine wissenschaftliche Laufbahn setzte er Ende der 1980er-Jahre an der Universität Karlsruhe am Institut für Boden- und Felsmechanik bei Prof. Gudehus fort und schloss diese Zeit mit der Habilitation zu Verformungen von Stützkonstruktionen ab. Umfangreiche praktische Erfahrungen sammelte er während seiner Tätigkeit im technischen Büro der Ed. Züblin AG in Stuttgart, wo er an vielfältigen Bauvorhaben des Verkehrswegebau, Wasserbaus und Grundbaus im In- und Ausland mitwirkte. Er hat Lehraufträge an der OTH Regensburg und an der TU Bergakademie Freiberg, an der er seit 2010 auch als Gastprofessor in der Lehre tätig ist. Er ist ehrenamtlich in verschiedenen Ausschüssen des DIN und der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik tätig. Seine langjährigen Erfahrungen bei der Anwendung numerischer Berechnungsmethoden setzt er u. a. als Obmann des Arbeitskreises „Numerik in der Geotechnik“ der DGGT um.

**Holger Wörsching**, Jahrgang 1975, studierte an der Universität Karlsruhe Bauingenieurwesen und war anschließend als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Boden- und Felsmechanik an der Universität Karlsruhe tätig. 2006 Wechsel zur Solexperts AG in der Schweiz und Leitung zahlreicher In-situ-Versuche sowie messtechnische Instrumentierungen und Überwachungen in Europa und Afrika. Er ist gegenwärtig Schweizer Delegierter der ISO TC-182/WG2 Geotechnical Monitoring.

**Martin Ziegler**, Jahrgang 1954, ist seit April 2000 Inhaber des Lehrstuhls für Geotechnik im Bauwesen und Leiter des Instituts für Grundbau, Bodenmechanik, Felsmechanik und Verkehrswasserbau an der RWTH Aachen University. Er ist in verschiedenen mit der Normung befassten Gremien engagiert, so u. a. als Mitglied in verschiedenen Sachverständigenausschüssen des Deutschen Instituts für Bautechnik, im Normenausschuss zur DIN 1054, im Lenkungsausschuss der Initiative Praxisgerechte Regelwerke im Bauwesen e. V. (PRB) und auf europäischer Ebene in verschiedenen Arbeitsgruppen innerhalb des SC7 Geotechnical Design. Im Rahmen seiner Forschungsarbeiten zur Normung hat er u. a. an der Erarbeitung eines Leitfadens zur Vereinfachung von Bemessungsnormen mitgewirkt und zahlreiche Vergleichsrechnungen zu den verschiedenen Nachweisverfahren innerhalb Europas durchgeführt. Er ist Verfasser des Buches Geotechnische Nachweise nach EC 7 und DIN 1054 in der Reihe Bauingenieur-Praxis. Vor seiner Berufung an die RWTH Aachen University hat er in der Bauindustrie langjährige Erfahrungen in Planung und Bauausführung anspruchsvoller geotechnischer Projekte gesammelt.

## Verzeichnis der Autoren

Dipl.-Ing. Hans Jakob Becker  
Solexperts AG – Swiss Precision  
Geomonitring  
Mettlenbachstrasse 25  
8617 Mönchaltorf  
Schweiz

*(1.13 Instrumentierung und Monitoring  
in der Geotechnik)*

Dr. rer. nat. Andreas Claussen  
melchior + wittpohl Ingenieur-  
gesellschaft  
Rödingsmarkt 43  
20459 Hamburg  
*(1.5 Charakterisierung von Schadstoffen  
im Baugrund und Grundwasser)*

Prof. Dr.-Ing. Jens Engel  
Hochschule für Technik und Wirtschaft  
Dresden  
FB Bauingenieurwesen/Architektur  
Friedrich-List-Platz 1  
01069 Dresden  
*(1.3 Eigenschaften von Boden und Fels –  
ihre Ermittlung im Labor)*

Prof. Dr.-Ing. Edwin Fecker  
Geotechnisches Ingenieurbüro  
Prof. Fecker & Partner GmbH  
Am Reutgraben 9  
76275 Ettlingen  
*(1.2 Baugrunduntersuchungen im Feld)*

Prof. Dr.-Ing. Dieter D. Genske  
Hochschule Nordhausen, Fachbereich  
Ingenieurwissenschaften  
Weinberghof 4  
99734 Nordhausen  
*(1.11 Massenbewegungen)*

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Ivo Herle  
Technische Universität Dresden  
Institut für Geotechnik  
Georg-Bähr-Straße 1a  
01062 Dresden  
*(1.7 Stoffgesetze für Böden)*

Prof. Dr.-Ing. habil. Achim Hettler  
Technische Universität Dortmund  
Lehrstuhl Baugrund-Grundbau  
August-Schmidt-Straße 8  
44227 Dortmund  
*(1.6 Erddruck)*

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Otto Heunecke  
Universität der Bundeswehr München  
Institut für Geodäsie  
Werner-Heisenberg-Weg 39  
85579 München  
*(1.12 Ingenieurgeodäsie – Zustands-  
dokumentation und Überwachungsmes-  
sung)*

Dr.-Ing. Maximilian Huber  
Cottastraße 65  
70180 Stuttgart  
*(1.4 Statistik und Probabilistik in der  
geotechnischen Bemessung)*

Dipl.-Ing. Marcel Hubrig  
Solexperts AG – Swiss Precision Geo-  
monitoring  
Mettlenbachstrasse 25  
8617 Mönchaltorf  
Schweiz  
*(1.13 Instrumentierung und Monitoring  
in der Geotechnik)*

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Dimitrios  
Kolymbas  
Universität Innsbruck  
Institut für Infrastruktur  
Arbeitsbereich Geotechnik und  
Tunnelbau  
Techniker Straße 13  
6020 Innsbruck  
Österreich  
*(1.7 Stoffgesetze für Böden)*

Dr.-Ing. Klaus-Jürgen Melzer  
Drosselweg 7a  
61440 Oberursel  
*(1.2 Baugrunduntersuchungen im Feld)*

Dr.-Ing. Erich Pimentel  
ETH Zürich  
Institut für Geotechnik  
Stefano-Francini-Platz 5  
8093 Zürich  
Schweiz  
*(1.8 Stoffgesetze und Bemessungsansätze  
für Festgestein)*

Ao. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn.  
M. Sc. Helmut F. Schweiger  
Technische Universität Graz  
Institut für Bodenmechanik und  
Grundbau  
AG Numerische Geotechnik  
Rechbauerstraße 12  
8010 Graz  
Österreich  
*(1.10 Numerische Verfahren in der  
Geotechnik)*

Dipl.-Ing. Paul von Soos  
Reußweg 30  
81247 München  
*(1.3 Eigenschaften von Boden und Fels –  
ihre Ermittlung im Labor)*

Dipl.-Ing. Markus Stolz  
Mesy-Solexperts GmbH  
Lindauer Straße 4  
87439 Kempten  
*(1.13 Instrumentierung und Monitoring  
in der Geotechnik)*

Dr. Arno Thut  
Solexperts AG – Swiss Precision  
Geomonitoring  
Mettlenbachstrasse 25  
8617 Mönchaltorf  
Schweiz  
*(1.13 Instrumentierung und Monitoring  
in der Geotechnik)*

Univ. Prof. Dr.-Ing. Christos Vrettos  
Technische Universität Kaiserslautern  
FG Bodenmechanik und Grundbau  
Erwin-Schrödinger-Straße 6  
67663 Kaiserslautern  
*(1.9 Bodendynamik)*

Dr.-Ing. Tilman Westhaus  
Baugrundinstitut  
Dr.-Ing. Westhaus GmbH  
An der Helling 32  
55252 Mainz-Kastel  
*(1.2 Baugrunduntersuchungen im Feld)*

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Karl Josef Witt  
Bauhaus-Universität Weimar  
Professur Grundbau  
Coudraystraße 11 C  
99421 Weimar  
*(1.4 Statistik und Probabilistik in der  
geotechnischen Bemessung)*

Prof. Dr.-Ing. habil. Peter-Andreas  
von Wolffersdorff  
BAUGRUND DRESDEN Ingenieur-  
gesellschaft mbH  
Kleiststraße 10a  
01129 Dresden  
*(1.10 Numerische Verfahren in der  
Geotechnik)*

Dipl.-Ing. Holger Wörsching  
Solexperts AG – Swiss Precision Geo-  
monitoring  
Mettlenbachstrasse 25  
8617 Mönchaltorf  
Schweiz  
*(1.13 Instrumentierung und Monitoring  
in der Geotechnik)*

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Martin Ziegler  
RWTH Aachen University  
Geotechnik im Bauwesen  
Mies-van-der-Rohe-Straße 1  
52074 Aachen  
*(1.1 Sicherheitsnachweise im Erd- und  
Grundbau)*

