

**Prof. Dr.-Ing. Gerd Möller**

# **Geotechnik kompakt**

## **Band 1: Bodenmechanik nach Eurocode 7**

**Kurzinfos  
Formeln  
Beispiele  
Aufgaben mit Lösungen**

**4., vollständig  
überarbeitete Auflage**

Beuth Verlag GmbH · Berlin · Wien · Zürich

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einteilung und Benennung von Böden</b> .....	1
<b>1.1</b>	<b>Bezeichnungen, Kriterien und Feldversuche</b> .....	1
1.1.1	Bezeichnungen .....	1
1.1.2	Kriterien zur Einteilung von Böden .....	1
1.1.3	Einteilung nach Korngrößen und Bodenarten .....	2
1.1.4	Einteilung reiner Bodenarten .....	2
1.1.5	Einteilung und Bezeichnungen zusammengesetzter Böden .....	4
1.1.6	Einteilung von Böden mit organischen Bestandteilen .....	5
1.1.7	Bodenarterkennung mit Feldversuchen gemäß DIN EN ISO 14688-1 ....	6
<b>1.2</b>	<b>Aufgaben mit Lösungen</b> .....	7
<b>2</b>	<b>Wasser im Baugrund</b> .....	10
<b>2.1</b>	<b>Regelwerke</b> .....	10
<b>2.2</b>	<b>Begriffe</b> .....	10
<b>2.3</b>	<b>Erscheinungsformen und Messungen</b> .....	11
2.3.1	Erscheinungsformen des Wassers .....	11
2.3.2	Grundwassermessstellen .....	12
<b>2.4</b>	<b>Betonangreifendes Grundwasser</b> .....	12
<b>2.5</b>	<b>Aufgaben mit Lösungen</b> .....	14
<b>3</b>	<b>Geotechnische Untersuchungen</b> .....	16
<b>3.1</b>	<b>Regelwerke</b> .....	16
<b>3.2</b>	<b>Untersuchungsziel und -verfahren</b> .....	16
<b>3.3</b>	<b>Vor- und Hauptuntersuchungen</b> .....	17
3.3.1	Baugrund .....	17
3.3.2	Baustoffgewinnung und -verarbeitung .....	17
<b>3.4</b>	<b>Geotechnische Kategorien</b> .....	18
3.4.1	Geotechnische Kategorie GK 1 .....	18
3.4.2	Geotechnische Kategorie GK 3 .....	18
<b>3.5</b>	<b>Erforderliche Maßnahmen</b> .....	19
3.5.1	Geotechnische Kategorie GK 1 .....	19
3.5.2	Geotechnische Kategorie GK 2 .....	19
3.5.3	Geotechnische Kategorie GK 3 .....	20
<b>3.6</b>	<b>Geotechnischer Bericht</b> .....	20
<b>3.7</b>	<b>Aufgaben mit Lösungen</b> .....	21

<b>4</b>	<b>Bodenuntersuchungen im Feld</b> .....	23
<b>4.1</b>	<b>Art und Umfang von Aufschlüssen</b> .....	23
4.1.1	Untersuchungszweck und Aufschlussformen .....	23
4.1.2	Richtwerte für Aufschlusstiefen und -abstände .....	23
4.1.3	Aufgaben mit Lösungen .....	26
<b>4.2</b>	<b>Direkte Aufschlussverfahren</b> .....	30
4.2.1	Schurf, Untersuchungsschacht und Untersuchungsstollen .....	30
4.2.2	Bohrung (Verfahren und Güteklassen von Bodenproben) .....	30
4.2.3	Mit Geräten entnommene Proben aus Schürfen und Bohrlöchern .....	32
4.2.4	Darstellung von Aufschlussresultaten .....	32
4.2.5	Aufgaben mit Lösungen .....	33
<b>4.3</b>	<b>Sondierungen (indirekte Aufschlussverfahren)</b> .....	33
4.3.1	Rammsondierungen .....	35
4.3.2	Drucksondierungen .....	35
4.3.3	Bohrlochrammsondierungen .....	35
4.3.4	Korrelationen zwischen Sondierergebnissen und Bodenkenntnissen ....	36
4.3.5	Flügelsondierung (Felduntersuchung) .....	37
4.3.6	Aufgaben mit Lösungen .....	37
<b>4.4</b>	<b>Plattendruckversuch</b> .....	41
4.4.1	Untersuchungszweck und Geräte .....	41
4.4.2	Begriffe und Anwendungsbeispiel .....	42
<b>4.5</b>	<b>Aussagekraft von Bodenuntersuchungen</b> .....	44
<b>4.6</b>	<b>Beobachtungsmethode</b> .....	44
<b>5</b>	<b>Laborversuche</b> .....	46
<b>5.1</b>	<b>Mehrphasensysteme des Bodens</b> .....	46
5.1.1	Kenngößen von Mehrphasensystemen .....	46
5.1.2	Aufgaben mit Lösungen .....	50
<b>5.2</b>	<b>Korngrößenverteilung (Sieb- und Schlämmanalyse)</b> .....	57
5.2.1	Charakteristische Größen der Körnungslinie .....	59
5.2.2	Bodenklassifikation nach DIN 18196 .....	60
5.2.3	Aufgaben mit Lösungen .....	65
<b>5.3</b>	<b>Wassergehalt</b> .....	78
5.3.1	Allgemeines, Definition und Bestimmung .....	78
5.3.2	Mit $w$ in Beziehung stehende Kenngrößen feuchter Böden .....	78
5.3.3	Mit $w$ in Beziehung stehende Kenngrößen gesättigter Böden .....	79
5.3.4	Aufgaben mit Lösungen .....	80
<b>5.4</b>	<b>Dichte und Korndichte</b> .....	82
5.4.1	Definitionen von Dichten und Korndichten .....	82
5.4.2	Mit $\rho$ , $\rho_d$ und $\rho_s$ in Beziehung stehende Kenngrößen feuchter Böden .	82
5.4.3	Dichtebestimmung mit Feldversuchen nach DIN 18125-2 .....	83
5.4.4	Bestimmung der Korndichte mit dem Kapillarypknometer .....	84

5.4.5	Aufgabe mit Lösung .....	84
<b>5.5</b>	<b>Organische Bestandteile und Kalkgehalt</b> .....	<b>85</b>
5.5.1	Definition des Glühverlustes und Anhaltswerte .....	85
5.5.2	Bodenklassifikation für organische Böden nach DIN 18196 .....	85
5.5.3	Bestimmung des Kalkgehalts .....	86
5.5.4	Aufgaben mit Lösungen .....	86
<b>5.6</b>	<b>Zustandsgrenzen (Konsistenzgrenzen)</b> .....	<b>88</b>
5.6.1	Definitionen, Kenngrößenbestimmungen und Bodenklassifikation .....	88
5.6.2	Plastische Bereiche und zulässige Bodenpressungen nach DIN 1054 ...	92
5.6.3	Aufgaben mit Lösungen .....	94
<b>5.7</b>	<b>Proctordichte (Proctorversuch)</b> .....	<b>98</b>
5.7.1	Definitionen .....	98
5.7.2	Versuchsdurchführung und -auswertung nach DIN 18127 .....	98
5.7.3	Aufgaben mit Lösungen .....	100
<b>5.8</b>	<b>Dichte bei lockerster und dichtester Lagerung</b> .....	<b>107</b>
5.8.1	Definitionen .....	107
5.8.2	Aufgaben mit Lösungen .....	109
<b>5.9</b>	<b>Wasserdurchlässigkeit</b> .....	<b>114</b>
5.9.1	Allgemeines .....	114
5.9.2	Definitionen .....	115
5.9.3	Beziehungen der Filtergeschwindigkeit zum hydraulischen Gefälle ...	116
5.9.4	Temperatureinfluss .....	116
5.9.5	Versuche mit veränderlichem und konstantem hydraulischem Gefälle	117
5.9.6	Aufgaben mit Lösungen .....	119
<b>5.10</b>	<b>Einaxiale Zusammendrückbarkeit</b> .....	<b>122</b>
5.10.1	Allgemeines .....	122
5.10.2	Kompressionsversuch .....	122
5.10.3	Steifemodul .....	124
5.10.4	Modellgesetz für Setzungszeiten .....	127
5.10.5	Aufgaben mit Lösungen .....	128
<b>5.11</b>	<b>Scherfestigkeit</b> .....	<b>130</b>
5.11.1	Allgemeines .....	130
5.11.2	Begriffe aus DIN 18137-1 .....	131
5.11.3	Rahmenscherversuch .....	132
5.11.4	Triaxialversuch nach DIN 18137-2 .....	134
5.11.5	Auswertung des Triaxialversuchs .....	135
5.11.6	Aufgaben mit Lösungen .....	137
<b>5.12</b>	<b>Einaxiale Druckfestigkeit</b> .....	<b>142</b>
5.12.1	Definitionen .....	142
5.12.2	Druck-Stauchungsdiagramm .....	143
<b>6</b>	<b>Spannungen und Verzerrungen</b> .....	<b>145</b>

<b>6.1</b>	<b>Grundlagen</b> .....	145
6.1.1	Darstellungen .....	145
6.1.2	Spannungs- und Verzerrungstensor .....	146
<b>6.2</b>	<b>Sonderfälle</b> .....	146
6.2.1	Hauptspannungen .....	146
6.2.2	Ebene Spannungs- und Deformationszustände .....	148
6.2.3	Aufgabe mit Lösung .....	148
<b>6.3</b>	<b>Steifemodul und Elastizitätsmodul</b> .....	149
<b>6.4</b>	<b>Rechnerische Druckspannungen im Baugrund</b> .....	149
6.4.1	Eigenlast aus trockenem oder erdfeuchtem Boden .....	149
6.4.2	Totale und effektive Druckspannungen .....	149
6.4.3	Aufgaben mit Lösungen .....	152
<b>6.5</b>	<b>Spannungen im Halbraum</b> .....	155
6.5.1	Infolge vertikaler Punktlast $F$ nach BOUSSINESQ .....	155
6.5.2	Aufgaben mit Lösungen .....	156
6.5.3	Infolge einer vertikalen Linienlast $f$ .....	157
6.5.4	Infolge einer Streifenlast $q$ .....	157
6.5.5	Aufgaben mit Lösungen .....	158
6.5.6	Spannungen $\sigma_z$ unter Eckpunkten schlaffer Rechtecklasten .....	159
6.5.7	Einflusswerte für $\sigma_z$ -Spannungen unter schlaffen Lasten .....	163
6.5.8	Spannungen $\sigma_z$ unter beliebigen schlaffen Lasten .....	164
<b>7</b>	<b>Berechnungsgrundlagen der neuen Normen</b> .....	167
<b>7.1</b>	<b>Allgemeines</b> .....	167
<b>7.2</b>	<b>Einwirkungen, geotechnische Kenngrößen und Widerstände</b> .....	168
7.2.1	Einwirkungen und Einwirkungskombinationen .....	168
7.2.2	Geotechnische Kenngrößen .....	168
7.2.3	Widerstände .....	168
<b>7.3</b>	<b>Charakteristische und repräsentative Werte</b> .....	169
7.3.1	Charakteristische Werte .....	169
7.3.2	Repräsentative Werte .....	169
<b>7.4</b>	<b>Grenzzustände</b> .....	170
<b>7.5</b>	<b>Bemessungssituationen und Teilsicherheitsbeiwerte</b> .....	171
7.5.1	Allgemeines .....	171
7.5.2	Bemessungssituationen .....	171
7.5.3	Teilsicherheitsbeiwerte .....	172
<b>7.6</b>	<b>Bemessungswerte</b> .....	175
7.6.1	Bemessungswerte von Einwirkungen .....	175
7.6.2	Bemessungswerte von geotechnischen Kenngrößen .....	176
7.6.3	Bemessungswerte von Bauwerkseigenschaften .....	176
<b>7.7</b>	<b>Tragsicherheit, Nachweisführung</b> .....	177

7.7.1	Verlust der Lagesicherheit (EQU) .....	177
7.7.2	Versagen im Tragwerk und im Baugrund (STR und GEO) .....	177
7.7.3	Versagen durch Aufschwimmen (UPL) .....	177
7.7.4	Versagen durch hydraulischen Grundbruch (HYD) .....	178
<b>7.8</b>	<b>Beobachtungsmethode .....</b>	<b>178</b>
<b>8</b>	<b>Sohldruckverteilung .....</b>	<b>180</b>
8.1	Allgemeines .....	180
8.2	Regelwerke .....	180
8.3	Kennzeichnende Punkte und Linien .....	181
8.4	Verteilung der Bodenpressungen in der Sohlfuge nach DIN 1054 .....	181
8.5	Sohldruckverteilung unter Flächengründungen nach DIN 4018 .....	187
8.6	Aufgaben mit Lösungen .....	188
<b>9</b>	<b>Setzungen .....</b>	<b>194</b>
9.1	Allgemeines .....	194
9.2	Regelwerke .....	194
9.3	Begriffe .....	194
9.4	Kennzeichnende Punkte und Linien .....	196
9.4.1	Kreis-, Streifen- und Rechteckfundamente .....	196
9.4.2	Aufgaben mit Lösungen .....	196
9.5	Elastisch-isotroper Halbraum mit Einzellast .....	197
9.6	Elastisch-isotroper Halbraum mit Rechteck- und Kreislasten $\sigma_0$ .....	198
9.7	Grenztiefe für Setzungsberechnungen .....	198
9.8	Grundlagen für Setzungsberechnungen nach DIN 4019-1 .....	199
9.9	Geschlossene Formeln bei mittiger Last nach DIN 4019-1 .....	199
9.9.1	Setzung der Eckpunkte schlaffer, konstanter Rechtecklasten .....	201
9.9.2	Setzung starrer Rechteckfundamente .....	203
9.9.3	Setzung von Kreisfundamenten .....	208
9.9.4	Aufgaben mit Lösungen .....	209
9.10	Indirekte Setzungsberechnung nach DIN 4019-1 .....	211
9.10.1	Ablauf der Setzungsermittlung .....	211
9.10.2	Aufgabe mit Lösung .....	214
9.11	Setzungen infolge von Grundwasserabsenkung .....	214
9.11.1	Lösung nach CHRISTOW .....	214
9.11.2	Aufgaben mit Lösungen .....	215
9.12	Schräge und außermittige Belastungen nach DIN 4019-2 .....	217

9.12.1	Ansatz waagerechter Lasten und Sohlspannungen .....	217
9.12.2	Setzungen und Verkantungen mittels geschlossener Formeln .....	218
9.12.3	Aufgabe mit Lösung .....	222
<b>9.13</b>	<b>Zulässige Setzungsgrößen .....</b>	<b>224</b>
<b>10</b>	<b>Erddruck .....</b>	<b>226</b>
<b>10.1</b>	<b>Regelwerke .....</b>	<b>226</b>
<b>10.2</b>	<b>Begriffe nach DIN 4085 .....</b>	<b>226</b>
<b>10.3</b>	<b>Erdruhedruck .....</b>	<b>228</b>
10.3.1	Unbelastetes horizontales und geneigtes Gelände .....	228
10.3.2	Gemäß DIN 4085 .....	229
10.3.3	Aufgaben mit Lösungen .....	230
<b>10.4</b>	<b>Wandbewegungsformen und Erddruckkräfte .....</b>	<b>232</b>
<b>10.5</b>	<b>Erddruck nach RANKINE bei unbelasteter Geländeoberfläche .....</b>	<b>233</b>
<b>10.6</b>	<b>Erddruck nach COULOMB und MÜLLER-BRESLAU .....</b>	<b>233</b>
10.6.1	Erddruck nach COULOMB .....	233
10.6.2	Verallgemeinerung nach MÜLLER-BRESLAU .....	234
10.6.3	Aufgaben mit Lösungen .....	234
<b>10.7</b>	<b>Aktiver Erddruck gemäß DIN 4085 .....</b>	<b>235</b>
10.7.1	Voraussetzungen der Berechnungsformeln .....	239
10.7.2	Formeln für Erddrücke und Erddruckkräfte aus Bodeneigenlast .....	240
10.7.3	Verteilung des Erddrucks aus Bodeneigenlast .....	242
10.7.4	Vertikale Flächen- und Linienlasten auf ebener Geländeoberfläche ....	245
10.7.5	Erddruckanteil aus Kohäsion .....	249
10.7.6	Aufgaben mit Lösungen .....	252
<b>10.8</b>	<b>Passiver Erddruck gemäß DIN 4085 .....</b>	<b>258</b>
10.8.1	Formeln für Erddrücke und Erddruckkräfte infolge Bodeneigenlast ...	260
10.8.2	Vertikale Flächenlasten auf ebener Geländeoberfläche .....	265
10.8.3	Erddruckanteil aus Kohäsion .....	267
<b>10.9</b>	<b>Grafische Bestimmung des Erddrucks nach CULMANN .....</b>	<b>269</b>
<b>10.10</b>	<b>Sonderfälle und Erddruckzwischenwerte gemäß DIN 4085 .....</b>	<b>270</b>
10.10.1	Sonderfälle .....	270
10.10.2	Zwischenwerte des Erddrucks .....	271
<b>11</b>	<b>Grundbruch .....</b>	<b>272</b>
<b>11.1</b>	<b>Allgemeines und Begriffe .....</b>	<b>272</b>
<b>11.2</b>	<b>DIN-Normen .....</b>	<b>272</b>
<b>11.3</b>	<b>Einflussgrößen und Modelle des Versagenszustands .....</b>	<b>272</b>
<b>11.4</b>	<b>Theorie von PRANDTL .....</b>	<b>273</b>

11.4.1	Voraussetzungen .....	273
11.4.2	Grundbruchformel nach PRANDTL (Lösung für die Übergangszone) ..	273
<b>11.5</b>	<b>Grundbruchberechnung nach DIN 1054 und DIN 4017 .....</b>	<b>274</b>
11.5.1	Allgemeines .....	274
11.5.2	Nachweis der Grundbruchsicherheit .....	275
11.5.3	Bodenkenngrößen .....	276
11.5.4	Einwirkungen .....	276
11.5.5	Grundbruchwiderstände .....	277
11.5.6	Grundwerte der Tragfähigkeits- und Formbeiwerte .....	278
11.5.7	Lastneigungsbeiwerte .....	287
11.5.8	Geländeneigungsbeiwerte .....	291
11.5.9	Sohlneigungsbeiwerte .....	292
11.5.10	Berücksichtigung der Bermenbreite .....	293
11.5.11	Durchstanzen .....	293
11.5.12	Abmessungen von Gleitkörpern unter Streifenfundamenten .....	294
11.5.13	Aufgaben mit Lösungen .....	296
<b>12</b>	<b>Geländebruch .....</b>	<b>300</b>
12.1	Allgemeines .....	300
12.2	DIN-Normen .....	300
12.3	Begriffe .....	301
12.4	Sonderfall der ebenen Gleitfläche .....	301
12.5	Lamellenverfahren (schwedische Methode) .....	303
12.6	Berechnungen nach DIN 1054 und DIN 4084 .....	305
12.6.1	Anwendungsbereich .....	305
12.6.2	Grenzzustand, Einwirkungen und Widerstände .....	306
12.6.3	Grenzzustandsbedingung .....	308
12.6.4	Bruchmechanismusarten .....	308
12.6.5	Bruchmechanismus mit einem Gleitkörper oder zusammengesetzt ....	308
12.6.6	Lamellenverfahren mit kreisförmig gekrümmten Gleitlinien .....	309
12.6.7	Lamellenfreie Verfahren mit geraden Gleitlinien .....	311
12.6.8	Zusammengesetzte Bruchmechanismen mit geraden Gleitlinien .....	312
12.6.9	Anwendungsbeispiele .....	314
12.6.10	Gebrauchstauglichkeit nach DIN 1054 und DIN 4084 .....	317
<b>13</b>	<b>Aufschwimmen, Gleiten und Kippen .....</b>	<b>319</b>
13.1	Aufschwimmen von Gründungskörpern .....	319
13.1.1	Allgemeines .....	319
13.1.2	Regelwerke .....	319
13.1.3	Sicherheit von Fundamenten gegen Aufschwimmen .....	319
13.1.4	Verankerte Konstruktionen .....	320
13.1.5	Sicherheitsnachweis gegen Aufschwimmen nach EAB .....	323



<b>13.2 Gleiten von Bauwerken</b> .....	325
13.2.1 Allgemeines .....	325
13.2.2 DIN-Normen .....	326
13.2.3 Gleitsicherheit von Fundamenten .....	326
13.2.4 Gebrauchstauglichkeit nach DIN 1054 .....	331
13.2.5 Aufgaben mit Lösungen .....	331
<b>13.3 Kippen von Bauwerken</b> .....	335
13.3.1 Allgemeines .....	335
13.3.2 DIN-Normen .....	335
13.3.3 Kippsicherheit von Flach- und Flächengründungen nach DIN 1054 ...	335
13.3.4 Gebrauchstauglichkeit nach DIN 1054 .....	337
13.3.5 Ungleichmäßige Setzungen bei hohen Bauwerken .....	338
13.3.6 Aufgaben mit Lösungen .....	338
<b>14 Europäische Normung in der Geotechnik</b> .....	340
<b>14.1 Allgemeines</b> .....	340
<b>14.2 Deutsche und europäische Normung</b> .....	340
<b>14.3 Eurocode 7</b> .....	341
14.3.1 Nationaler Anhang (NA) .....	342
14.3.2 DIN EN 1997-1 ergänzende deutsche Berechnungsnormen und Empfehlungen .....	343
<b>14.4 Europäische Ausführungsnormen</b> .....	343
<b>14.5 Weitere europäische geotechnische Normen</b> .....	344
<b>14.6 Bauaufsichtliche Einführung</b> .....	344
14.6.1 Allgemeines .....	344
14.6.2 Übergang von deutscher auf europäische Normung .....	345
<b>Literaturverzeichnis</b> .....	347
<b>Firmenverzeichnis</b> .....	354
<b>Stichwortverzeichnis</b> .....	355
<b>Inserentenverzeichnis</b> .....	364