Inhaltsverzeichnis

1 Einteilung und Benennung von Böden ................................................................. 1
  1.1 Bodenmechanische und geologische Begriffe ....................................................... 1
  1.1.1 Bezeichnungen .................................................................................................. 1
  1.1.2 Erdauflage, Erdezeitalter und Gesteinsbildungen ............................................... 2
  1.1.3 Nutzung von Boden oder Fels ........................................................................... 4
  1.2 Normen und Kriterien zur Einteilung ................................................................. 4
  1.3 Einteilung nach Korngrößen und organischen Bestandteilen .............................. 7
  1.3.1 Kornstrukturen grob- und feinkörniger Böden .................................................... 7
  1.3.2 Einteilung reiner Bodenarten ............................................................................ 10
  1.3.3 Einteilung zusammengesetzter Böden ............................................................... 11
  1.3.4 Einteilung von Böden mit organischen Bestandteilen ....................................... 15
  1.4 Einstufung in Boden- und Felsklassen ............................................................... 16
  1.5 Kennzeichnungen nach DIN 4023 ....................................................................... 17
  1.6 Erkennung von Bodenarten mit Hilfe einfacher Verfahren ............................... 20
  1.6.1 Reiheversuch .................................................................................................... 21
  1.6.2 Schneideversuch ............................................................................................... 21
  1.6.3 Trockenfestigkeitsversuch ............................................................................... 21
  1.6.4 Konsistenzbestimmung bindiger Böden ............................................................ 22
  1.6.5 Plastizität bindiger Böden (Knetversuch) ............................................................ 22
  1.6.6 Ausquetschversuch .......................................................................................... 22
  1.6.7 Schüttelversuch ............................................................................................... 23

2 Wasser im Baugrund .......................................................................................... 25
  2.1 Allgemeines ......................................................................................................... 25
  2.2 Regelwerke .......................................................................................................... 26
  2.3 Begriffe ............................................................................................................... 26
  2.4 Kapillarwasser ..................................................................................................... 28
  2.5 Porenwinkelwasser ............................................................................................. 30
  2.6 Hygroskopisches Wasser .................................................................................... 31
  2.7 Betonangreifende Grundwässer und Böden ........................................................ 31
  2.8 Untersuchungen der Grundwasserbedingungen ................................................ 33
  2.9 Grundwassermessstellen ..................................................................................... 35
  2.10 Wasserdruckfähigkeit von Böden ..................................................................... 39

3 Geotechnische Untersuchungen ........................................................................ 41
  3.1 Untersuchungsziel ............................................................................................... 41
  3.2 Regelwerke .......................................................................................................... 42
  3.3 Verantwortung für die Untersuchungen ............................................................. 42
  3.4 Planung der Untersuchungen ............................................................................. 42
  3.5 Untersuchungsverfahren ..................................................................................... 43
  3.6 Untersuchungen von Baugrund und Grundwasser ............................................. 45
    3.6.1 Voruntersuchungen ......................................................................................... 46
    3.6.2 Hauptuntersuchungen .................................................................................... 47
    3.6.3 Baubegleitende Untersuchungen ................................................................. 48
3.6.4 Baugrund- und Bauwerksüberwachung nach der Bauausführung ........................................... 49
3.7 Untersuchungen von Boden und Fels als Baustoff ................................................................. 49
3.7.1 Voruntersuchungen .............................................................................................................. 50
3.7.2 Hauptuntersuchungen ....................................................................................................... 50
3.7.3 Baubegleitende Untersuchungen ...................................................................................... 51
3.8 Geotechnische Kategorien (GK) ............................................................................................... 51
3.8.1 Geotechnische Kategorie GK 1 ......................................................................................... 51
3.8.2 Geotechnische Kategorie GK 2 ......................................................................................... 52
3.8.3 Geotechnische Kategorie GK 3 ......................................................................................... 54
3.9 Erforderliche Maßnahmen ....................................................................................................... 57
3.9.1 Geotechnische Kategorie GK 1 ......................................................................................... 57
3.9.2 Geotechnische Kategorie GK 2 ......................................................................................... 57
3.9.3 Geotechnische Kategorie GK 3 ......................................................................................... 58
3.10 Geotechnischer Bericht ......................................................................................................... 58
3.10.1 Geotechnischer Untersuchungsbericht .......................................................................... 59
3.10.2 Aus- und Bewertung der geotechnischen Untersuchungsergebnisse ................................ 59
3.10.3 Folgerungen, Empfehlungen und Hinweise ...................................................................... 60
3.11 Geotechnischer Entwurfsbericht ........................................................................................... 60

4 Bodenuntersuchungen im Feld ................................................................................................. 61
4.1 Allgemeines ............................................................................................................................ 61
4.2 Direkte Aufschlüsse .................................................................................................................. 61
4.2.1 Untersuchungszweck ......................................................................................................... 61
4.2.2 Untersuchungsverfahren ................................................................................................... 61
4.2.3 Regelwerke ....................................................................................................................... 63
4.2.4 Richtwerte für Aufschlussabstände ................................................................................... 63
4.2.5 Mindestwerte für Aufschlussstiefen ................................................................................ 65
4.2.6 Schurf ................................................................................................................................ 71
4.2.7 Untersuchungsschacht ...................................................................................................... 71
4.2.8 Untersuchungsstollen ....................................................................................................... 71
4.2.9 Bohrung ........................................................................................................................... 72
4.2.10 Verfahren zur Probenentnahme im Boden ....................................................................... 75
4.2.11 Probenentnahme mit Entnahmegeräten aus Schürfen und Bohrlöchern ....................... 76
4.2.12 Darstellung von Aufschlussergebnissen ........................................................................ 81
4.3 Sondierungen (indirekte Aufschlussverfahren) ..................................................................... 83
4.3.1 Allgemeines ....................................................................................................................... 83
4.3.2 DIN-Normen .................................................................................................................... 84
4.3.3 Rammsondierungen nach DIN EN ISO 22476-2 ............................................................... 84
4.3.4 Drucksondierungen nach DIN EN ISO 22476-1 und -12 ................................................ 86
4.3.5 Bohrochrammsondierungen nach DIN 4094-2 und DIN EN ISO 22476-3 ...................... 89
4.3.6 Korrelationen zwischen Sondierergebnissen und Bodenkenngrößen ............................ 91
4.3.7 Wahl des Sondiergeräts ................................................................................................... 96
4.3.8 Flügelscherversuch (Felduntersuchung) ........................................................................... 98
4.4 Plattendruckversuch ............................................................................................................. 100
4.4.1 Untersuchungszweck und Versuchsbedingungen ............................................................. 100
4.4.2 DIN-Norm ....................................................................................................................... 101
4.4.3 Begriffe ........................................................................................................................... 101
4.4.4 Geräte für den Plattendruckversuch ................................................................................ 101
4.4.5 Verformungsmodul $E_V$ ................................................................................................ 102
4.4.6 Bettungsmodul $k_s$ ........................................................................................................ 104
4.5 Aussagekraft von Bodenuntersuchungen ........................................................................... 105
4.6 Beobachtungsmethode ........................................................................................................ 106
<table>
<thead>
<tr>
<th>Paragraph</th>
<th>Title</th>
<th>Page</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>5.1</td>
<td>Mehrphasensysteme des Bodens</td>
<td>109</td>
</tr>
<tr>
<td>5.2</td>
<td>Korngrößenverteilung</td>
<td>112</td>
</tr>
<tr>
<td>5.2.1</td>
<td>DIN-Normen</td>
<td>113</td>
</tr>
<tr>
<td>5.2.2</td>
<td>Siebanalyse</td>
<td>113</td>
</tr>
<tr>
<td>5.2.3</td>
<td>Schlämmanalyse (Sedimentationsanalyse)</td>
<td>116</td>
</tr>
<tr>
<td>5.2.4</td>
<td>Siebung und Sedimentation</td>
<td>118</td>
</tr>
<tr>
<td>5.2.5</td>
<td>Kenngrößen der Körnungslinie</td>
<td>119</td>
</tr>
<tr>
<td>5.2.6</td>
<td>Filterregel von Terzaghi</td>
<td>120</td>
</tr>
<tr>
<td>5.2.7</td>
<td>Bodenklassifikation nach DIN 18196 und DIN EN ISO 14688-2</td>
<td>121</td>
</tr>
<tr>
<td>5.3</td>
<td>Wassergehalt</td>
<td>128</td>
</tr>
<tr>
<td>5.3.1</td>
<td>DIN-Normen</td>
<td>128</td>
</tr>
<tr>
<td>5.3.2</td>
<td>Definition des Wassergehalts</td>
<td>128</td>
</tr>
<tr>
<td>5.3.3</td>
<td>Mit w in Beziehung stehende Kenngrößen feuchter Böden</td>
<td>129</td>
</tr>
<tr>
<td>5.3.4</td>
<td>Mit w in Beziehung stehende Kenngrößen gesättigter Böden</td>
<td>130</td>
</tr>
<tr>
<td>5.3.5</td>
<td>Bestimmung des Wassergehalts durch Ofentrocknung</td>
<td>131</td>
</tr>
<tr>
<td>5.3.6</td>
<td>Bestimmung des Wassergehalts durch Schnellverfahren</td>
<td>131</td>
</tr>
<tr>
<td>5.4</td>
<td>Dichte</td>
<td>132</td>
</tr>
<tr>
<td>5.4.1</td>
<td>DIN-Normen</td>
<td>132</td>
</tr>
<tr>
<td>5.4.2</td>
<td>Definitionen</td>
<td>132</td>
</tr>
<tr>
<td>5.4.3</td>
<td>Mit (\rho) und (\rho_d) in Beziehung stehende Kenngrößen</td>
<td>132</td>
</tr>
<tr>
<td>5.4.4</td>
<td>Feldversuche nach DIN 18125-2</td>
<td>134</td>
</tr>
<tr>
<td>5.4.5</td>
<td>Laborversuche nach DIN EN ISO 17892-2</td>
<td>137</td>
</tr>
<tr>
<td>5.5</td>
<td>Kornichte</td>
<td>137</td>
</tr>
<tr>
<td>5.5.1</td>
<td>DIN-Normen</td>
<td>137</td>
</tr>
<tr>
<td>5.5.2</td>
<td>Definition der Kornichte</td>
<td>138</td>
</tr>
<tr>
<td>5.5.3</td>
<td>Bestimmung mit dem Kapillarpyknometer</td>
<td>138</td>
</tr>
<tr>
<td>5.6</td>
<td>Organische Bestandteile</td>
<td>140</td>
</tr>
<tr>
<td>5.6.1</td>
<td>DIN-Norm</td>
<td>140</td>
</tr>
<tr>
<td>5.6.2</td>
<td>Definition des Glühverlustes</td>
<td>140</td>
</tr>
<tr>
<td>5.6.3</td>
<td>Versuchsdurchführung und -auswertung</td>
<td>141</td>
</tr>
<tr>
<td>5.6.4</td>
<td>Bodenklassifikation nach DIN 18196</td>
<td>142</td>
</tr>
<tr>
<td>5.7</td>
<td>Kalkgehalt</td>
<td>142</td>
</tr>
<tr>
<td>5.7.1</td>
<td>DIN-Normen</td>
<td>143</td>
</tr>
<tr>
<td>5.7.2</td>
<td>Qualitative Bestimmung des Kalkgehalts</td>
<td>143</td>
</tr>
<tr>
<td>5.7.3</td>
<td>Bestimmung des Kalkgehalts nach DIN 18129</td>
<td>144</td>
</tr>
<tr>
<td>5.8</td>
<td>Zustandsgrenzen (Konsistenzgrenzen)</td>
<td>144</td>
</tr>
<tr>
<td>5.8.1</td>
<td>DIN-Normen</td>
<td>144</td>
</tr>
<tr>
<td>5.8.2</td>
<td>Qualitative Bestimmung der Konsistenzgrenzen</td>
<td>145</td>
</tr>
<tr>
<td>5.8.3</td>
<td>Definitionen</td>
<td>145</td>
</tr>
<tr>
<td>5.8.4</td>
<td>Bestimmung der Fließgrenze</td>
<td>146</td>
</tr>
<tr>
<td>5.8.5</td>
<td>Bestimmung der Ausrollgrenze</td>
<td>148</td>
</tr>
<tr>
<td>5.8.6</td>
<td>Bestimmung der Schrumpfgrenze</td>
<td>149</td>
</tr>
<tr>
<td>5.8.7</td>
<td>Bodenklassifikation nach DIN 18196</td>
<td>150</td>
</tr>
<tr>
<td>5.8.8</td>
<td>Plastische Bereiche und ansetzbarer Sohlwiderstand nach DIN 1054</td>
<td>152</td>
</tr>
<tr>
<td>5.9</td>
<td>Proctordichte (Proctorversuch)</td>
<td>153</td>
</tr>
<tr>
<td>5.9.1</td>
<td>DIN-Norm</td>
<td>153</td>
</tr>
<tr>
<td>5.9.2</td>
<td>Definitionen</td>
<td>154</td>
</tr>
<tr>
<td>5.9.3</td>
<td>Geräte für den Proctorversuch</td>
<td>154</td>
</tr>
<tr>
<td>5.9.4</td>
<td>Durchführung und Auswertung des Proctorversuchs</td>
<td>155</td>
</tr>
<tr>
<td>5.9.5</td>
<td>Anforderungen aus Regelwerken an den Verdichtungsgrad (D_{PR})</td>
<td>159</td>
</tr>
<tr>
<td>5.10</td>
<td>Dichte nichtbindiger Böden (lockerste u. dichteste Lagerung)</td>
<td>162</td>
</tr>
</tbody>
</table>
5.12 Einaxiale Zusammendrückbarkeit .............................................. 176
5.12.1 Allgemeines ........................................................................ 176
5.12.2 DIN-Normen ..................................................................... 178
5.12.3 Begriffe (nach DIN 18135) ................................................... 178
5.12.4 Kompressionsversuch (Oedometerversuch) .............................. 179
5.12.5 Steifemodul ....................................................................... 184
5.12.6 Modellgesetz für Setzungszeiten .......................................... 188
5.12.7 Kompressionsbeiwert .......................................................... 189
5.13 Scherfestigkeit ..................................................................... 190
5.13.1 Allgemeines ........................................................................ 190
5.13.2 DIN-Normen ..................................................................... 191
5.13.3 Begriffe nach DIN 18137-1 .................................................... 191
5.13.4 Rahmenscherversuch ............................................................ 195
5.13.5 Triaxialversuch nach DIN 18137-2 ........................................ 198
5.13.6 Auswertung des Triaxialversuchs .......................................... 201
5.14 Einaxiale Druckfestigkeit .......................................................... 206
5.14.1 DIN-Norm ........................................................................... 206
5.14.2 Definitionen ....................................................................... 206
5.14.3 Druck-Stauchungs-Diagramm ................................................. 207
5.15 Charakteristische Werte von Bodenkenngrößen ......................... 208
5.15.1 Forderungen von DIN EN 1997-1 und DIN 1054 ..................... 208
5.15.2 Werte gemäß DIN 1055-2 .................................................... 209
6 Spannungen und Verzerrungen ....................................................... 215
6.1 Darstellungen ..................................................................... 215
6.1.1 Koordinatensysteme ............................................................. 215
6.1.2 Spannungs- und Deformationszustände .................................. 217
6.1.3 Spannungstransformation in kartesischen Koordinatensystemen .......................................................................... 218
6.2 Sonderfälle ........................................................................ 219
6.2.1 Hauptspannungen ................................................................. 220
6.2.2 Ebene Spannungs- und Deformationszustände ...................... 221
6.2.3 Symmetrie- und Antimetrieebenen ....................................... 222
6.3 Spannungs-Verzerrungs-Beziehungen ....................................... 223
6.3.1 Stoffgesetze bei Hooke'schem Material ................................. 223
6.3.2 Steifemodul, Elastizitätsmodul und Schubmodul .................... 225
6.3.3 Bilinear-elastische und nichtlineare Stoffgesetze ...................... 226
6.4 Rechnerische Druckspannungen im Baugrund ............................ 226
6.4.1 Eigenlast aus trockenem oder erdfeuchtem Boden .................... 226
6.4.2 Totale und effektive Druckspannungen .................................. 227
6.5 Vereinfachungen zur Lastausbreitung ........................................ 229
<table>
<thead>
<tr>
<th>Seite</th>
<th>Inhalt</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>6.6</td>
<td>Halbraum unter vertikaler Punktlast $F$ .................................................. 230</td>
</tr>
<tr>
<td>6.6.1</td>
<td>Spannungen und Deformationen nach Boussinesq ........................................ 231</td>
</tr>
<tr>
<td>6.6.2</td>
<td>Spannungen nach Fröhlich ........................................................................... 233</td>
</tr>
<tr>
<td>6.7</td>
<td>Halbraum unter horizontaler Punktlast $F$ ................................................. 235</td>
</tr>
<tr>
<td>6.8</td>
<td>Halbraumspannungen infolge vertikaler Linienlast $f$ .................................. 237</td>
</tr>
<tr>
<td>6.8.1</td>
<td>Spannungen nach Boussinesq ....................................................................... 237</td>
</tr>
<tr>
<td>6.8.2</td>
<td>Spannungen nach Fröhlich ........................................................................... 238</td>
</tr>
<tr>
<td>6.9</td>
<td>Halbraumspannungen infolge horizontaler Linienlast $f$ ................................ 238</td>
</tr>
<tr>
<td>6.10</td>
<td>Halbraumspannungen infolge vertikaler Streifenlast $q$ ................................ 239</td>
</tr>
<tr>
<td>6.11</td>
<td>Halbraumspannungen unter schlaffen Rechtecklasten .................................. 240</td>
</tr>
<tr>
<td>6.12</td>
<td>Spannungen $\sigma_z$ unter Eckpunkten schlaffer Rechtecklasten ................ 242</td>
</tr>
<tr>
<td>6.13</td>
<td>Beiwerte für vertikale Normalspannungen des Halbraums ............................ 246</td>
</tr>
<tr>
<td>6.14</td>
<td>Spannungen $\sigma_z$ infolge beliebiger Lasten ........................................... 249</td>
</tr>
<tr>
<td>7</td>
<td>Berechnungsgrundlagen der aktuellen Normen .............................................. 253</td>
</tr>
<tr>
<td>7.1</td>
<td>Allgemeines ................................................................................................. 253</td>
</tr>
<tr>
<td>7.2</td>
<td>Einwirkungen, geotechnische Kenngrößen, Widerstände .............................. 254</td>
</tr>
<tr>
<td>7.2.1</td>
<td>Begriffe ....................................................................................................... 254</td>
</tr>
<tr>
<td>7.2.2</td>
<td>Einwirkungen .............................................................................................. 255</td>
</tr>
<tr>
<td>7.2.3</td>
<td>Geotechnische Kenngrößen ......................................................................... 256</td>
</tr>
<tr>
<td>7.2.4</td>
<td>Widerstände .................................................................................................. 256</td>
</tr>
<tr>
<td>7.3</td>
<td>Charakteristische und repräsentative Werte .................................................. 256</td>
</tr>
<tr>
<td>7.3.1</td>
<td>Charakteristische Werte ............................................................................... 256</td>
</tr>
<tr>
<td>7.3.2</td>
<td>Repräsentative Werte ................................................................................... 257</td>
</tr>
<tr>
<td>7.4</td>
<td>Grenzzustände ............................................................................................. 258</td>
</tr>
<tr>
<td>7.5</td>
<td>Bemessungssituationen und Teilsicherheitsbeiwerte ...................................... 260</td>
</tr>
<tr>
<td>7.5.1</td>
<td>Allgemeines ................................................................................................. 260</td>
</tr>
<tr>
<td>7.5.2</td>
<td>Bemessungssituationen ................................................................................. 260</td>
</tr>
<tr>
<td>7.5.3</td>
<td>Teilsicherheitsbeiwerte ................................................................................. 261</td>
</tr>
<tr>
<td>7.6</td>
<td>Bemessungswerte .......................................................................................... 264</td>
</tr>
<tr>
<td>7.6.1</td>
<td>Allgemeines ................................................................................................. 264</td>
</tr>
<tr>
<td>7.6.2</td>
<td>Bemessungswerte von Einwirkungen ............................................................. 265</td>
</tr>
<tr>
<td>7.6.3</td>
<td>Bemessungswerte von geotechnischen Kenngrößen ....................................... 266</td>
</tr>
<tr>
<td>7.6.4</td>
<td>Bemessungswerte von Bauwerkseigenschaften ............................................ 266</td>
</tr>
<tr>
<td>7.7</td>
<td>Rechnerische Nachweisführung der Tragsicherheit .................................... 266</td>
</tr>
<tr>
<td>7.7.1</td>
<td>Verlust der Lagesicherheit (EQU) ................................................................. 267</td>
</tr>
<tr>
<td>7.7.2</td>
<td>Versagen im Tragwerk und im Baugrund (STR und GEO) ............................ 267</td>
</tr>
<tr>
<td>7.7.3</td>
<td>Versagen durch Aufschwimmen (UPL) .......................................................... 269</td>
</tr>
<tr>
<td>7.7.4</td>
<td>Versagen durch hydraulischen Grundbruch (HYD) ........................................ 269</td>
</tr>
<tr>
<td>7.8</td>
<td>Beobachtungsmethode ................................................................................... 270</td>
</tr>
<tr>
<td>8</td>
<td>Sohldruckverteilung ...................................................................................... 273</td>
</tr>
<tr>
<td>8.1</td>
<td>Allgemeines ................................................................................................. 273</td>
</tr>
<tr>
<td>8.2</td>
<td>Kennzeichnende Punkte und Linien .............................................................. 275</td>
</tr>
<tr>
<td>8.3</td>
<td>Bodenpressungen in der Sohlfuge nach DIN-Normen .................................... 275</td>
</tr>
<tr>
<td>8.3.1</td>
<td>Regelwerke ................................................................................................... 275</td>
</tr>
<tr>
<td>8.3.2</td>
<td>Gleichmäßige Verteilung und ansetzbare Sohlwiderstände nach DIN 1054 .... 276</td>
</tr>
<tr>
<td>8.3.3</td>
<td>Geradlinige Verteilung ............................................................................... 281</td>
</tr>
</tbody>
</table>
9 Setzungen .......................................................... 291
  9.1 Allgemeines .................................................. 291
  9.2 Regelwerke .................................................. 291
  9.3 Begriffe ...................................................... 292
  9.4 Kennzeichnende Punkte und Linien ................. 294
  9.5 Elastisch-isotroper Halbraum mit Einzellant ....... 294
  9.6 Elastisch-isotroper Halbraum mit konstanter Rechtecklast $\sigma_0$ ................. 296
  9.7 Grenztiefe für Setzungsberechnungen ................ 296
  9.8 Halbraum mit konstanter Kreislast $\sigma_0$ ............. 299
  9.9 Grundlagen für Setzungsberechnungen nach DIN 4019 ................. 299
    9.9.1 Erforderliche Berechnungsunterlagen .......... 299
    9.9.2 Sohl- und Baugrundspannungen ................. 300
  9.10 Zusammendrückungsmodul (Rechenmodul) $E^*$ ........ 300
    9.10.1 Module des linear-elastischen Halbräums ....... 300
    9.10.2 Ermittlung von $E^*$ aus Labor- und Feldversuchen ................. 301
    9.10.3 Ermittlung von $E^*$ aus Setzungsbeobachtungen ................. 302
    9.10.4 Wahl von $E^*$ für Setzungsberechnungen ................. 302
  9.11 Setzungsgleichungen nach DIN 4019 .................. 303
    9.11.1 Allgemeines ........................................ 303
    9.11.2 Setzung der Eckpunkte schlaffer, konstanter Rechtecklasten ................. 304
    9.11.3 Setzung starrer Rechteckfundamente bei zentrischer Belastung ................. 305
    9.11.4 Setzungen unter konstanter kreisförmiger Last ................. 311
  9.12 Gleichungen für Verdrehungen nach DIN 4019 ........ 312
    9.12.1 Allgemeines ........................................ 312
    9.12.2 Setzungen bzw. Verdrehungen rechteckiger Fundamente ................. 314
    9.12.3 Verdrehung starrer Streifenfundamente ................. 317
  9.13 Indirekte Setzungsberechnung nach DIN 4019 ........ 318
    9.13.1 Ablauf der Setzungsermittlung ................ 318
    9.13.2 Anwendungsbeispiel mit schlaffer, konstanter Rechtecklast (nach [33]) ................. 319
    9.13.3 Setzungen und Verdrehungen infolge lotrechter Baugrundspannungen ................. 321
    9.14 Setzungen infolge horizontaler Belastungskomponenten ................. 322
    9.14.1 Ansatz waagerechter Lasten und Sohlspannungen ................. 322
    9.14.2 Anwendungsbeispiel ................................ 323
    9.15 Setzungen infolge von Grundwasserabsenkung ........ 324
    9.16 Berechnung des Zeitverlaufs von Setzungen ........ 326
      9.16.1 Konsolidationssetzung ................. 326
      9.16.2 Kriechsetzung ................................ 327
    9.17 Setzungsproblematik bei Hochbauten ................. 327
      9.17.1 Gegenseitige Beeinflussung ................. 328
      9.17.2 Mulden- und Sattellage ......................... 330
      9.17.3 Setzungen bei inhomogener Baugrund ................. 330
    9.18 Beanspruchungsveränderungen infolge von Setzungen ................. 330
    9.19 Zulässige Setzungsgrößen ................................ 331

10 Erddruck .......................................................... 337
  10.1 Allgemeines ............................................. 337
<table>
<thead>
<tr>
<th>Kapitel</th>
<th>Titel</th>
<th>Seitenzahl</th>
</tr>
</thead>
<tbody>
<tr>
<td>10.2</td>
<td>Regelwerke</td>
<td>337</td>
</tr>
<tr>
<td>10.3</td>
<td>Angaben nach DIN 4085</td>
<td>337</td>
</tr>
<tr>
<td>10.3.1</td>
<td>Begriffe</td>
<td>337</td>
</tr>
<tr>
<td>10.3.2</td>
<td>Erforderliche Unterlagen</td>
<td>340</td>
</tr>
<tr>
<td>10.3.3</td>
<td>Allgemeines zur Erddruckermittlung</td>
<td>340</td>
</tr>
<tr>
<td>10.4</td>
<td>Erdruhedruck</td>
<td>342</td>
</tr>
<tr>
<td>10.4.1</td>
<td>Unbelastetes horizontales Gelände</td>
<td>342</td>
</tr>
<tr>
<td>10.4.2</td>
<td>Unbelastetes geneigtes Gelände</td>
<td>343</td>
</tr>
<tr>
<td>10.4.3</td>
<td>Erdruhedruck nach DIN 4085</td>
<td>344</td>
</tr>
<tr>
<td>10.5</td>
<td>Wirkungen der Stützwandbewegung</td>
<td>347</td>
</tr>
<tr>
<td>10.5.1</td>
<td>Erddruckkräfte</td>
<td>348</td>
</tr>
<tr>
<td>10.5.2</td>
<td>Bruchfiguren</td>
<td>349</td>
</tr>
<tr>
<td>10.6</td>
<td>Zonenbruch nach Rankine</td>
<td>350</td>
</tr>
<tr>
<td>10.7</td>
<td>Linienbruch nach Coulomb</td>
<td>355</td>
</tr>
<tr>
<td>10.7.1</td>
<td>Aktiver Erdruck</td>
<td>355</td>
</tr>
<tr>
<td>10.7.2</td>
<td>Passiver Erdruck</td>
<td>356</td>
</tr>
<tr>
<td>10.8</td>
<td>Verallgemeinerung der Erddrucktheorie von Coulomb</td>
<td>357</td>
</tr>
<tr>
<td>10.8.1</td>
<td>Aktiver Erdruck nach Müller-Breslau</td>
<td>358</td>
</tr>
<tr>
<td>10.8.2</td>
<td>Passiver Erdruck nach Müller-Breslau</td>
<td>359</td>
</tr>
<tr>
<td>10.8.3</td>
<td>Aktiver Erdruck bei Böden mit Kohäsion</td>
<td>360</td>
</tr>
<tr>
<td>10.8.4</td>
<td>Passiver Erdruck bei Böden mit Kohäsion</td>
<td>360</td>
</tr>
<tr>
<td>10.9</td>
<td>Aktiver Erdruck gemäß DIN 4085</td>
<td>361</td>
</tr>
<tr>
<td>10.9.1</td>
<td>Voraussetzungen der Berechnungsformeln</td>
<td>364</td>
</tr>
<tr>
<td>10.9.2</td>
<td>Formeln für Erdrücke und Erddruckkräfte aus Bodeneigenlast</td>
<td>366</td>
</tr>
<tr>
<td>10.9.3</td>
<td>Verteilung des Erdrucks aus Bodeneigenlast</td>
<td>369</td>
</tr>
<tr>
<td>10.9.4</td>
<td>Gleichmäßig verteilte vertikale Last auf ebener Geländeoberfläche</td>
<td>372</td>
</tr>
<tr>
<td>10.9.5</td>
<td>Vertikale Linien- und Streifenlasten auf ebener Geländeoberfläche</td>
<td>378</td>
</tr>
<tr>
<td>10.9.6</td>
<td>Horizontale Linien- oder schmale Streifenlasten</td>
<td>380</td>
</tr>
<tr>
<td>10.9.7</td>
<td>Erddruckanteil aus Kohäsion</td>
<td>381</td>
</tr>
<tr>
<td>10.9.8</td>
<td>Ministerddruck</td>
<td>383</td>
</tr>
<tr>
<td>10.10</td>
<td>Passiver Erdruck gemäß DIN 4085</td>
<td>384</td>
</tr>
<tr>
<td>10.10.1</td>
<td>Formeln für Erdrücke und Erddruckkräfte infolge Bodeneigenlast</td>
<td>387</td>
</tr>
<tr>
<td>10.10.2</td>
<td>Vertikale Flächenlasten auf ebener Geländeoberfläche</td>
<td>392</td>
</tr>
<tr>
<td>10.10.3</td>
<td>Erddruckanteil aus Kohäsion</td>
<td>395</td>
</tr>
<tr>
<td>10.10.4</td>
<td>Mobilisierbare Erddruckskraft</td>
<td>398</td>
</tr>
<tr>
<td>10.11</td>
<td>Grafische Bestimmung des Erdrucks nach Culmann</td>
<td>399</td>
</tr>
<tr>
<td>10.12</td>
<td>Sonderfälle gemäß DIN 4085</td>
<td>401</td>
</tr>
<tr>
<td>10.12.1</td>
<td>Verdichtungserdruck</td>
<td>401</td>
</tr>
<tr>
<td>10.12.2</td>
<td>Silodruck</td>
<td>402</td>
</tr>
<tr>
<td>10.12.3</td>
<td>Erdruck bei dynamischen Anregungen des Bodens</td>
<td>403</td>
</tr>
<tr>
<td>10.12.4</td>
<td>Erdruck bei vertikaler Durchströmung des Bodens</td>
<td>403</td>
</tr>
<tr>
<td>10.13</td>
<td>Zwischenwerte des Erdrucks</td>
<td>404</td>
</tr>
<tr>
<td>10.13.1</td>
<td>Erdruck zwischen aktivem Erdruck und Erdruhedruck</td>
<td>404</td>
</tr>
<tr>
<td>10.13.2</td>
<td>Erdruck zwischen Erdruhedruck und passivem Erdruck</td>
<td>404</td>
</tr>
</tbody>
</table>

11 Grundbruch .......................................................... 405

11.1 Allgemeines ......................................................... 405
11.2 DIN-Normen ......................................................... 405
11.3 Begriffe .......................................................... 406
11.4 Einflussgrößen und Modelle des Versagenszustands ............. 406
11.5 Theorie von Prandtl ................................................................. 406
11.5.1 Voraussetzungen .............................................................. 406
11.5.2 Spannungs- und Winkelbeziehungen in den Rankine-Zonen ........ 407
11.5.3 Bedingungen in der Übergangszone, Prandtl-Zone ................. 408
11.5.4 Grundbruchformel nach Prandtl, Lösung für die Übergangszone .. 408

11.6 Verfahren von Buisman .......................................................... 410
11.7 Grundbruchsicherheit nach DIN 1054 und DIN 4017 .................... 411
11.7.1 Allgemeines ...................................................................... 411
11.7.2 Anwendungserfordernisse .................................................. 413
11.7.3 Kenngrößen des Baugrunds ................................................. 413
11.7.4 Nachweis der Grundbruchsicherheit gemäß DIN 1054 und DIN EN 1997-1 ................................................................. 414
11.7.5 Einwirkungen .................................................................... 414
11.7.6 Grundbruchwiderstände ..................................................... 416
11.7.7 Grundwerte der Tragfähigkeitsbeiwerte und Formbeiwerte ....... 417
11.7.8 Lastneigungsbeiwerte .......................................................... 421
11.7.9 Geländeneigungsbeiwerte .................................................... 425
11.7.10 Sohleigungsbeiwerte .......................................................... 426
11.7.11 Berücksichtigung von Bermenbreiten ................................. 427
11.7.12 Durchstanzen .................................................................... 428
11.7.13 Abmessungen von Gleitkörpern unter Streifenfundamenten .. 429

12 Gleiten und Kippen .................................................................. 433
12.1 Gleiten .................................................................................. 433
12.1.1 Allgemeines ...................................................................... 433
12.1.2 DIN-Normen ..................................................................... 433
12.1.3 Gleitsicherheit von Flach- und Flächengründungen nach DIN 1054 ........ 434
12.1.4 Gebrauchstauglichkeit nach DIN 1054 .................................. 437
12.1.5 Maßnahmen bei nicht erfüllter Gleitsicherheit ...................... 438
12.2 Kippen ................................................................................... 438
12.2.1 Allgemeines ...................................................................... 438
12.2.2 DIN-Normen ..................................................................... 440
12.2.3 Kippsicherheit von Flach- und Flächengründungen nach DIN 1054 ........ 440
12.2.4 Gebrauchstauglichkeit nach DIN 1054 .................................. 441
12.2.5 Ungleichmäßige Setzungen bei hohen Bauwerken ................. 444

13 Geländebruch .......................................................................... 445
13.1 Allgemeines .......................................................................... 445
13.2 DIN-Normen ........................................................................ 445
13.3 Begriffe nach DIN 4084 .......................................................... 445
13.4 Erforderliche Unterlagen für Berechnungen gemäß DIN 4084 ........ 446
13.5 Sonderfall der ebenen Gleitfläche .......................................... 447
13.6 Lamellenverfahren (schwedische Methode) ............................... 449
13.7 Berechnungen nach Normen ................................................... 452
13.7.1 Anwendungsbereich ......................................................... 452
13.7.2 Grenzzustand, Einwirkungen und Widerstände ...................... 453
13.7.3 Grenzzustandsbedingung .................................................... 455
13.7.4 Arten der Bruchmechanismen und besondere Bedingungen .... 455
13.7.5 Bruchmechanismen mit einem Gleitkörper oder zusammengesetzt ................................................................................. 456
13.7.6 Lamellenverfahren mit kreisförmig gekrümmten Gleitlinien .... 457
13.7.7 Lamellenfreie Verfahren mit kreisförmigen und geraden Gleitlinien .................................................................................... 459
13.7.8 Zusammengesetzte Bruchmechanismen mit geraden Gleitlinien .................................................................................... 461
13.7.9 Anwendungsbeispiele (mit Programm berechnet) ................. 463