

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---------------------------------------------------------------|----|
| A Die Baugrunderkundung | 1 |
| 1 Allgemeines | 1 |
| 2 Aufgaben und Methoden der Baugrunderkundung | 2 |
| 2.1 Aufgaben der Baugrunderkundung | 2 |
| 2.2 Umfang der Baugrunderkundung | 3 |
| 2.3 Methoden der Baugrunderkundung | 4 |
| 2.3.1 Allgemeines | 4 |
| 2.3.2 Geologische Karten | 5 |
| 2.3.3 Auskünfte von Nachbarn | 5 |
| 2.3.4 Rutengänger | 5 |
| 2.3.5 Boden- und Wasserverhältnisse anzeigende Pflanzen | 6 |
| 2.3.5.1 Allgemeines | 6 |
| 2.3.5.2 Wasseranzeigende Pflanzen | 7 |
| 2.3.5.3 Pflanzen, die Bodenarten anzeigen | 9 |
| 2.3.5.4 Zusammenfassung | 11 |
| 2.3.6 Handbohrer und Schlitzsonden | 11 |
| 2.3.7 Sondierungen | 13 |
| 2.3.8 Rammkernsonde | 13 |
| 2.3.9 Standardsonde | 13 |
| 2.3.10 Schürfgruben | 13 |
| 2.3.11 Baugrundaufschlussbohrungen nach DIN 4021 | 15 |
| 2.3.12 Geophysikalische Untersuchungen | 15 |
| 2.3.13 Spezialuntersuchungen | 16 |
| B Historische Entwicklung in der Bohrtechnik | 17 |
| 1 Allgemeines | 17 |
| 2 Entwicklung der Verfahren und Geräte | 17 |
| 3 Entwicklung der Baugrunderkundung | 21 |
| 4 Chronik der Bohrtechnik | 22 |
| C Grundzüge der Ingenieur-Geologie | 26 |
| 1 Allgemeines | 26 |
| 2 Die Gesteine | 30 |
| 2.1 Aufbau des Erdkörpers | 30 |

| | | |
|----------|-----------------------------------------------------------|-----------|
| 2.1.1 | Die Erdkruste | 31 |
| 2.1.1.1 | Exogene (äußere) Kräfte | 31 |
| 2.1.1.2 | Endogene (innere) Kräfte | 32 |
| 2.2 | Die Festgesteine | 34 |
| 2.2.1 | Tiefen- und Ganggesteine | 34 |
| 2.2.2 | Ergussgesteine oder Vulkanite | 35 |
| 2.2.3 | Die Schichtgesteine | 37 |
| 2.2.3.1 | Allgemeines | 37 |
| 2.2.3.2 | Mechanische Schichtgesteine | 38 |
| 2.2.3.3 | Chemische Schichtgesteine | 41 |
| 2.2.3.4 | Organische Schichtgesteine | 41 |
| 2.2.3.5 | Umwandlungsgesteine | 42 |
| 2.2.3.6 | Gesteinsbildende Mineralien | 43 |
| 2.2.3.7 | Schlussbetrachtung | 44 |
| 2.3 | Lagerungsformen der Festgesteine | 44 |
| 2.3.1 | Allgemeines | 44 |
| 2.3.2 | Lagerungsformen der Erstarrungsgesteine | 44 |
| 2.3.3 | Lagerungsformen der Schichtgesteine (Sedimente) | 45 |
| 2.3.3.1 | Schichtenbiegungen (Falten) | 46 |
| 2.3.3.2 | Schichtenzerreiungen (Verwerfungen) | 46 |
| 2.3.3.3 | Abschiebungen | 47 |
| 2.3.3.4 | Überschiebungen | 47 |
| 2.3.3.5 | Verschiebung | 47 |
| 2.3.3.6 | Überlagerungen | 48 |
| 3 | Die Böden (Lockergesteine) | 49 |
| 3.1 | Allgemeines | 49 |
| 3.2 | Einteilung der Böden | 51 |
| 4 | Grundwasser und Quellen | 52 |
| 4.1 | Der Wasserkreislauf | 52 |
| 4.2 | Das Grundwasser | 53 |
| 4.2.1 | Grundbegriffe der Hydrologie | 53 |
| 4.3 | Die Quellen | 55 |
| 4.3.1 | Allgemeines | 55 |
| 5 | Die Minerale | 57 |
| 5.1 | Allgemeines | 57 |
| 5.2 | Entstehung | 57 |
| 5.3 | Physikalische Eigenschaften | 58 |
| 5.4 | Magnetische Eigenschaften | 61 |
| 5.5 | Elektrische Eigenschaften | 62 |
| 5.6 | Die wichtigsten Minerale | 62 |
| 5.6.1 | Metalle | 62 |
| 5.6.2 | Metalloide und Nichtmetalle | 63 |
| 5.6.3 | Sulfide | 64 |
| 5.6.4 | Oxyde und Hydroxyde | 65 |
| 5.6.5 | Haloidsalze | 70 |
| 5.6.6 | Salze der sauerstoffhaltigen Säuren | 71 |

| | |
|-------------------------------------------------------------|-----|
| 6 Die Lagerstätten | 72 |
| 6.1 Allgemeines | 72 |
| 6.2 Einteilung der Lagerstätten | 73 |
| 6.2.1 Gliederung nach Inhalt und Entstehung | 73 |
| 6.2.2 Kennzeichnung nach der äußeren Form | 74 |
| 6.3 Aufsuchen von Lagerstätten | 77 |
| 6.4 Die Lagerstätten in Deutschland | 78 |
| 6.4.1 Allgemeines | 78 |
| 6.4.2 Die Kohlenlagerstätten | 79 |
| 6.4.3 Die Torflagerstätten und -gewinnung | 79 |
| 6.4.4 Braunkohlenlagerstätten und -gewinnung | 80 |
| 6.4.5 Steinkohlenlagerstätten und -gewinnung | 82 |
| 6.4.6 Erzlagerstätten | 83 |
| 6.4.7 Stein- und Kalisalzlagerstätten | 84 |
| 6.4.7.1 Allgemeines u. Vorkommen | 84 |
| 6.4.7.2 Entstehung der Kalilager | 85 |
| 6.4.7.3 Abbau der Kalilager | 85 |
| 6.4.8 Sonstige nutzbare Minerale, Gesteine und Erden | 89 |
| 6.4.8.1 Sonstige nutzbare Minerale | 90 |
| 6.4.8.2 Nutzbare Gesteine | 90 |
| 6.4.8.3 Nutzbare Erden | 92 |
| 6.4.8.4 Erdölvorkommen | 92 |
| 6.4.8.4.1 Entstehung des Erdöls | 92 |
| 6.4.8.4.2 Erdölförderung in Deutschland | 93 |
| 6.4.8.5 Erdgasförderung in Deutschland | 95 |
| 6.4.8.5.1 Erdgasvorkommen | 95 |
| 6.4.8.5.2 Erdgasförderung in Deutschland | 95 |
| 6.4.9 Edel- und Schmucksteine | 100 |
| 7 Zusammenfassung | 100 |
| | |
| D Bohrtechnik | 101 |
| 1 Allgemeines | 101 |
| 2 Einteilung der Bohrverfahren | 101 |
| 2.1 Allgemeines | 101 |
| 2.2 Unterscheidungsmerkmale der Bohrverfahren | 103 |
| 2.3 Beschreibung der Bohrverfahren | 104 |
| 2.3.1 Schlagbohrverfahren | 104 |
| 2.3.1.1 Allgemeines | 104 |
| 2.3.1.2 Seilfreifallbohren mit dem Greifer | 104 |
| 2.3.1.3 Seilfreifallbohren mit der Ventilschlagbüchse | 106 |
| 2.3.1.4 Seilfreifallbohren mit der Kiespumpe | 107 |
| 2.3.1.5 Seilfreifallbohren mit dem Meißel | 107 |
| 2.3.1.6 Zusammenfassung | 108 |
| 2.3.2 Drehbohrverfahren ohne Spülung | 108 |
| 2.3.2.1 Allgemeines | 108 |
| 2.3.2.2 Schneckenbohrverfahren | 108 |

| | | |
|---------|---------------------------------------------------------------|-----|
| 2.3.2.3 | Bohren mit Normalschnecken | 108 |
| 2.3.2.4 | Bohren mit Hohlbohrschnecken | 110 |
| 2.3.2.5 | Bohren mit Verdrängungsbohrschnecken | 111 |
| 2.3.2.6 | Bohren mit Drehbohrschappen | 111 |
| 2.3.2.7 | Bohren mit Trockenkernrohr | 111 |
| 2.3.2.8 | Bohren mit Rollenmeißelkernrohren | 113 |
| 2.3.3 | Rammkernbohrverfahren | 114 |
| 2.3.3.1 | Verfahren 1 (Überbohrtechnik) | 114 |
| 2.3.3.2 | Verfahren 2 (Überbohrtechnik) | 117 |
| 2.3.3.3 | Verfahren 3 (Rammhammerverfahren) | 121 |
| 2.3.4 | Drehbohrverfahren mit Spülung | 122 |
| 2.3.4.1 | Allgemeines | 122 |
| 2.3.4.2 | Bohrverfahren | 122 |
| 2.3.4.3 | Kernbohrungen mit dem Einfachkernrohr | 122 |
| 2.3.4.4 | Kernbohrungen mit dem Doppelkernrohr | 124 |
| 2.3.4.5 | Kernbohrungen mit dem Seilkernrohr | 125 |
| 2.3.4.6 | Bohren mit Spezialkernrohren | 129 |
| 2.4 | Vollbohrverfahren mit Spülung | 130 |
| 2.4.1 | Allgemeines | 130 |
| 2.4.2 | Rotarybohrverfahren mit direkter Spülung (Druckspülung) | 131 |
| 2.4.3 | Rotarybohrverfahren mit indirekter Spülung (Saugbohren) | 133 |
| 2.4.4 | Rotarybohrverfahren im Lufthebesystem | 134 |
| 2.4.5 | Counterflushbohrverfahren | 136 |
| 2.4.6 | Strahlsaugbohrverfahren | 137 |
| 2.5 | Spülungstechnik | 139 |
| 2.5.1 | Allgemeines | 139 |
| 2.5.2 | Aufgaben der Spülungszusätze | 140 |
| 2.5.3 | Bentonite | 140 |
| 2.5.4 | CMC-Polymere | 142 |
| 2.5.5 | Schaummittel | 143 |
| 2.5.6 | Messen und Überwachen von Bohrspülungen | 144 |
| 2.5.7 | Ausrüstung und Technik der Feststoffentfernung | 145 |
| 2.6 | Drehschlagbohren (Imlochhammersystem) | 147 |
| 2.6.1 | Allgemeines | 147 |
| 2.6.2 | Anwendungstechnik | 148 |
| 2.6.3 | Mögliche Bohrverfahren | 148 |
| 2.6.4 | Voraussetzungen und Hinweise für das Bohren mit Imlochhämmern | 150 |
| 2.7 | Bohrkronen, Bohrmeißel und Bohrschneiden | 153 |
| 2.7.1 | Allgemeines | 153 |
| 2.7.2 | Meißelbestückung bei Trockendrehbohrwerkzeugen | 154 |
| 2.7.2.1 | Schneidenausbildung für rollige Böden | 154 |
| 2.7.2.2 | Schneidenausbildung für bindige Böden | 155 |
| 2.7.2.3 | Meißelbestückung für Fels- bzw. felsähnliche Böden | 155 |
| 2.7.2.4 | Lösen eines Ringquerschnittes | 156 |
| 2.8 | Diamantbohrkronen für das Kernspülverfahren | 157 |
| 2.8.1 | Allgemeines | 157 |
| 2.8.2 | Parameter für das Bohren mit Diamantbohrkronen | 158 |

| | | |
|----------|----------------------------------------------------------------|------------|
| 2.8.3 | Ermittlung der erforderlichen Vorschubkraft | 159 |
| 2.8.4 | Ermittlung der Umfangsgeschwindigkeit | 160 |
| 2.8.5 | Ermittlung der Drehzahl | 161 |
| 2.8.6 | Ermittlung der Spülmengenge | 161 |
| 2.8.7 | Allgemeiner Hinweis zur Ermittlung der Bohrparameter | 162 |
| 2.8.8 | Vorgehensweise beim Einsatz von Diamantbohrwerkzeugen | 162 |
| 2.9 | Hartmetallbohrkronen | 165 |
| 2.10 | Bohrkronen für das Vollbohrverfahren mit Spülung | 166 |
| 2.10.1 | Drehend-schlagendes Verfahren (Tieflochhammersystem) | 166 |
| 2.11 | Bohrmeißel für das Spülbohrverfahren | 167 |
| 2.11.1 | Rollenmeißel | 167 |
| 2.12 | Richtungsorientiertes Bohren | 171 |
| 2.12.1 | Allgemeines | 171 |
| 2.12.2 | Anwendung des Richtbohrens | 171 |
| 2.12.3 | Schrägbohrausrüstungen | 173 |
| 2.12.4 | Messtechnik | 173 |
| E | Geräte und Werkzeuge | 175 |
| 1 | Allgemeines | 175 |
| 2 | Rammsondiergeräte | 175 |
| 2.1 | Leichte Rammsonde (DPL) | 176 |
| 2.2 | Mittelschwere und schwere Rammsondiergeräte (DPM/DPH) | 176 |
| 2.3 | Schwere Rammsondiergeräte auf Mobil- bzw. Raupenfahrwerk | 178 |
| 3 | Drucksondiergeräte | 180 |
| 4 | Standardsonde (SPT-Rammsondierung) | 181 |
| 5 | Bodenprobenentnahmegesetz | 181 |
| 6 | Bohrgeräte | 183 |
| 6.1 | Allgemeines | 183 |
| 6.2 | Drehbohrgeräte für den Baugrundaufschluss | 184 |
| 6.2.1 | Baugruppen der Drehbohrgeräte | 184 |
| 6.2.2 | Fahrwerke | 184 |
| 6.2.3 | Bohrgerätemast | 189 |
| 6.2.4 | Vorschub- bzw. Nachlasseinrichtungen | 190 |
| 6.2.5 | Abstützung | 193 |
| 6.2.6 | Antrieb der Bohrwerkzeuge | 194 |
| 6.2.7 | Spannkopf und Abfangvorrichtung | 200 |
| 6.2.8 | Verrohrungseinrichtungen | 201 |
| 6.2.9 | Seilschlagwerk | 204 |
| 6.2.10 | Winden | 205 |
| 6.2.11 | Pumpen | 207 |
| 6.2.12 | Antriebsmotor | 210 |
| 6.2.13 | Hydraulikaggregat | 212 |
| 6.2.14 | Kompressoren | 212 |
| 6.2.15 | Steuerstand | 213 |
| 6.2.16 | Sonstige Ausstattungen | 214 |

| | | |
|----------|------------------------------------------------------------|------------|
| 6.3 | Großdrehbohrgeräte | 221 |
| 6.3.1 | Allgemeines | 221 |
| 6.3.2 | Grundgeräte | 222 |
| 6.3.3 | Mast mit Vorschubeinrichtung und Rollenkopf | 223 |
| 6.3.4 | Aufrichte- und Stützzylinder | 223 |
| 6.3.5 | Winden | 224 |
| 6.3.6 | Kraftdrehköpfe und Rohrmitnehmer | 224 |
| 6.3.7 | Kellystangen | 225 |
| 6.3.8 | Verrohrungsmaschinen | 227 |
| 6.3.9 | Zusammenfassung | 227 |
| 6.4 | Hinweise für die Wahl eines Bohrgerätes | 227 |
| 6.5 | Spülbohrgeräte | 230 |
| 6.5.1 | Allgemeines | 230 |
| 6.5.2 | Schwere Spülbohrgeräte | 230 |
| 6.5.2.1 | Allgemeines | 230 |
| 6.5.2.2 | Drehbohrgeräte mit Mast und Kraftspülkopf | 231 |
| 6.5.3 | Kombinierte Drehschlaggeräte ohne Mast mit Drehtisch | 233 |
| 6.6 | Seilschlagbohrgeräte | 234 |
| 6.6.1 | Allgemeines | 234 |
| 6.6.2 | Seilbagger | 235 |
| 6.6.3 | Verrohrungsmaschinen | 236 |
| 6.6.3.1 | Oszillierende Verrohrungsmaschinen mit Axialkraft | 236 |
| 6.6.3.2 | Durchdrehende Verrohrungsmaschinen mit Axialkraft | 239 |
| 6.6.3.3 | Rohrzieheinrichtungen mit reiner Axialkraft | 240 |
| 6.6.3.4 | Vibrationsverfahren | 240 |
| 6.6.3.5 | Pneumatisches HW-Verfahren | 241 |
| 6.7 | Bohreinrichtungen für das Überlagerungsbohren | 242 |
| 6.7.1 | Allgemeines | 242 |
| 6.7.2 | Systembeschreibung | 242 |
| 7 | Werkzeuge | 245 |
| 7.1 | Allgemeines | 245 |
| 7.2 | Werkzeuge für das Trockenbohrverfahren | 245 |
| 7.2.1 | Allgemeines | 245 |
| 7.2.2 | Bohrwerkzeuge für das schlagende Bohren | 245 |
| 7.2.2.1 | Seilbohrgreifer | 246 |
| 7.2.2.2 | Ventilschlagbüchsen | 250 |
| 7.2.2.3 | Kiespumpen | 250 |
| 7.2.2.4 | Bohrmeißel | 251 |
| 7.3 | Werkzeuge für das Trockendrehbohrverfahren | 253 |
| 7.3.1 | Drehbohrwerkzeuge für das Vollbohrverfahren | 253 |
| 7.3.2 | Drehbohrwerkzeuge für das Trockenkernbohrverfahren | 261 |
| 7.3.3 | Schneidenbestückung von Trockendrehbohrwerkzeugen | 263 |
| 7.4 | Spülbohrwerkzeuge | 263 |
| 7.4.1 | Allgemeines | 263 |
| 7.4.2 | Werkzeuge für das Rotationskernbohrverfahren | 264 |
| 7.4.3 | Einfachkernrohre | 265 |
| 7.4.4 | Doppelkernrohre | 267 |

| | | |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 7.4.5 | Seilkernrohre | 271 |
| 7.4.6 | Dreifachkernrohre | 272 |
| 7.4.7 | Schalenkernrohre | 274 |
| 7.4.8 | Kernrohrtyp MD 131 | 276 |
| 7.5 | Werkzeuge für das Rotationsvollbohrverfahren | 277 |
| 7.5.1 | Allgemeines | 277 |
| 7.5.2 | Rotarybohrwerkzeuge für das Bohren mit direkter Spülung | 277 |
| 7.5.3 | Rotarybohrwerkzeuge für das Bohren mit indirekter Spülung. | 278 |
| 7.5.4 | Bohrkronen und Bohrmeißel | 278 |
| 7.5.4.1 | Bohrkronen | 278 |
| 7.5.4.2 | Rotarybohrwerkzeuge für das Bohren mit direkter Spülung | 288 |
| 7.5.4.3 | Bohrmeißel für das indirekte Spülbohrverfahren | 294 |
| 7.6 | Fangwerkzeuge | 295 |
| 7.7 | Bohrgestänge und Zubehör. | 298 |
| 7.7.1 | Allgemeines | 298 |
| 7.7.2 | Bohrgestänge mit Steckverbindung | 298 |
| 7.7.3 | Bohrgestänge mit Schraubverbindung. | 299 |
| 7.7.4 | Schraubgestänge für das Trockenbohrverfahren. | 299 |
| 7.7.5 | Schraubgestänge für das Nassspülverfahren (Rotarysystem mit Direktspülung). | 300 |
| 7.7.6 | Schraubgestänge für das Luftspülverfahren (Imlochhammersystem) | 300 |
| 7.7.7 | Schraubgestänge für das Lufthebeverfahren. | 301 |
| 7.7.8 | Gestänge mit Flanschverbindung. | 302 |
| 7.7.9 | Kellybohrgestänge für das Trockendrehbohrverfahren. | 303 |
| 7.7.10 | Schwerstangen | 303 |
| 7.7.11 | Stabilisatoren | 303 |
| 7.7.12 | Stoßdämpfer | 304 |
| 7.7.13 | Weitere Zusatzausrüstungen | 305 |
| 7.8 | Bohrlochverrohrung | 305 |
| 7.8.1 | Allgemeines | 305 |
| 7.8.2 | Stahlrohre mit Schweißverbindung | 306 |
| 7.8.3 | Stahlrohre mit Steckverbindung | 306 |
| 7.8.4 | Stahlrohre mit Schraubverbindung | 307 |
| 7.8.5 | Stahlrohre mit Schnellverbindungen (Nippelbohrrohre). | 309 |
| 7.9 | Imlochhämmer | 311 |
| 7.9.1 | Allgemeines | 311 |
| 7.9.2 | Bohrverfahren für gleichzeitiges Verrohren | 313 |
| 7.10 | Werkzeuge für das Rammkernverfahren. | 315 |
| 7.10.1 | Allgemeines | 315 |
| 7.10.2 | Neuzeitliche Verfahren. | 316 |
| 7.11 | Kernfangeinrichtungen. | 321 |
| 7.12 | Misch- und Verpressgeräte | 322 |
| 7.12.1 | Mischgeräte | 322 |
| 7.12.2 | Verpressgeräte | 322 |
| 8 | Schmierung und Wartung. | 323 |
| 8.1 | Schmierung | 323 |
| 8.2 | Eigenschaften der Schmiermittel | 324 |

| | | |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 8.3 | Handhabung der Öle und Fette | 325 |
| 8.4 | Biologisch abbaubare Öle und Fette | 326 |
| 8.5 | Allgemeine Hinweise | 327 |
| 8.6 | Wartung. | 327 |
| F | Baugrunderkundungsbohrungen | 329 |
| 1 | Allgemeines | 329 |
| 2 | Vertragsgrundlagen | 329 |
| 2.1 | Allgemeines | 329 |
| 2.2 | DIN 18 301 – ATV Bohrarbeiten | 330 |
| 2.3 | DIN 18 302 – ATV Brunnenbauarbeiten | 332 |
| 2.4 | Angebotsbearbeitung | 332 |
| 2.4.1 | Allgemeines | 332 |
| 2.4.2 | Ermittlung der Angebotspreise | 332 |
| 2.4.3 | Kalkulationsrisiken | 333 |
| 2.4.4 | Hinweise zum vertraglichen Schriftverkehr | 334 |
| 2.5 | Aufmaß und Abrechnung | 335 |
| 3 | Arbeitsvorbereitung | 336 |
| 3.1 | Allgemeines | 336 |
| 3.2 | Baustellenbesichtigung und Anfahrsbeschreibung | 337 |
| 3.3 | Gerätezusammenstellung | 338 |
| 3.4 | Transporte | 339 |
| 3.5 | Maßnahmen vor Ansatz der Bohrung | 339 |
| 4 | Grundlagen der Baugrunderkundungsbohrungen | 340 |
| 4.1 | Allgemeines | 340 |
| 4.2 | Begriffe und Definitionen | 340 |
| 4.3 | Güteklassen der Bodenproben | 341 |
| 4.4 | Entnahme von Proben | 343 |
| 4.4.1 | Allgemeines | 343 |
| 4.4.2 | Verfahren mit durchgehender Gewinnung nicht gekernter Bodenproben. | 344 |
| 4.4.3 | Verfahren mit durchgehender Gewinnung gekernter Bodenproben | 345 |
| 4.4.4 | Probeentnahme bei Spülbohrungen | 346 |
| 4.4.5 | Sonderproben | 347 |
| 4.4.6 | Bohrkerne höherer Güteklasse | 349 |
| 4.4.7 | Wasserproben | 349 |
| 4.4.7.1 | Allgemeines | 349 |
| 4.4.7.2 | Durchführung | 350 |
| 4.4.7.3 | Entnahmeregeln bei Bohrarbeiten zur Wassererschließung | 350 |
| 4.4.7.4 | Anforderungen an die Probengüte | 350 |
| 4.4.8 | Zusammenfassung | 352 |
| 5 | Anwendung der Bohrverfahren | 352 |
| 5.1 | Allgemeines | 352 |
| 5.2 | Bohrverfahren für rollige Böden und Gemischtböden | 352 |
| 5.2.1 | Verfahren oberhalb des Grundwassers | 352 |
| 5.2.2 | Verfahren unterhalb des Grundwasserspiegels | 354 |

| | | |
|-----------|-----------------------------------------------------------|------------|
| 5.3 | Verfahren in bindigen Böden | 354 |
| 5.4 | Verfahren in Fels und felsähnlichen Böden | 355 |
| 5.5 | Kleinbohrungen | 355 |
| 5.6 | Bohrungen im Deponiebereich..... | 356 |
| 5.6.1 | Allgemeines | 356 |
| 5.6.2 | Anwendbare Bohrverfahren..... | 357 |
| 5.6.2.1 | Großkalibrige Bohrungen..... | 357 |
| 5.6.2.2 | Verdrängungsbohrverfahren..... | 359 |
| 5.6.2.3 | Kleinkalibrige Bohrungen | 360 |
| 5.6.2.4 | Kernbohrverfahren | 361 |
| 6 | Vorbereitende Maßnahmen..... | 362 |
| 6.1 | Allgemeines | 362 |
| 6.2 | Einmessungen..... | 362 |
| 6.2.1 | Lageplan..... | 362 |
| 6.2.2 | Einmessen und sichern der Höhe..... | 363 |
| 6.3 | Bereitstellen von Ausbaumaterial..... | 364 |
| 6.3.1 | Allgemeines | 364 |
| 6.3.2 | Ausbauverrohrung | 364 |
| 6.3.3 | Ausbauzubehör..... | 364 |
| 6.3.4 | Schüttgüter | 365 |
| 6.3.5 | Pumpengarnitur | 365 |
| 6.4 | Sonstige Vorbereitungen..... | 365 |
| 7 | Herstellung und Kontrolle der Bohrung..... | 366 |
| 7.1 | Allgemeines | 366 |
| 7.2 | Kontrolle des Bohrloches | 366 |
| 7.3 | Kalibergerechtes Herstellen der Bohrlöcher | 366 |
| 7.4 | Abweichungen von der Bohrlochachse..... | 367 |
| 8 | Säuberung des Bohrloches | 368 |
| 8.1 | Allgemeines | 368 |
| 8.2 | Säubern einer Trockenbohrung | 368 |
| 8.3 | Säubern einer Spülbohrung | 369 |
| 9 | Verfüllung eines Bohrloches..... | 369 |
| 10 | Sicherung der Baustelle..... | 371 |
| 10.1 | Allgemeines..... | 371 |
| 10.2 | Verkehrstechnische Absicherung der Baustelle..... | 371 |
| 10.3 | Allgemeine sicherheitstechnische Maßnahmen | 372 |
| 10.4 | Maßnahmen zum Schutz gegen Vandalismus und Diebstahl..... | 372 |
| G | Bohrergebnisse erkennen und dokumentieren..... | 374 |
| 1 | Allgemeines..... | 374 |
| 2 | Geltende DIN-Vorschriften..... | 374 |
| 3 | Grundlagen der Boden- und Felserkennung..... | 375 |
| 3.1 | Allgemeines | 375 |
| 3.2 | Erkennungsmerkmale rolliger und bindiger Böden | 375 |

| | | |
|----------|-------------------------------------------------------------------------|------------|
| 3.2.1 | Korngröße und Kornform | 375 |
| 3.2.1.1 | Bestimmung der Farbe | 376 |
| 3.2.1.2 | Trockenfestigkeitsversuch. | 377 |
| 3.2.1.3 | Schüttelversuch | 377 |
| 3.2.1.4 | Knetversuch. | 377 |
| 3.2.1.5 | Reibeversuch | 378 |
| 3.2.1.6 | Schneideversuch | 378 |
| 3.2.1.7 | Bestimmung des Kalkgehaltes | 378 |
| 3.2.1.8 | Riechversuch | 378 |
| 3.2.1.9 | Bestimmung der Konsistenz. | 378 |
| 3.2.2 | Erkennungsmerkmale für Fels | 379 |
| 3.2.2.1 | Allgemeines. | 379 |
| 3.2.2.2 | Bestimmung der Körnigkeit | 379 |
| 3.2.2.3 | Bestimmung der Korngröße | 379 |
| 3.2.2.4 | Bestimmung der Raumausfüllung | 379 |
| 3.2.2.5 | Bestimmung der Kornbindung bzw. Festigkeit | 380 |
| 3.2.2.6 | Bestimmung der Mineralkornhärte | 380 |
| 3.2.2.7 | Bestimmung der Veränderlichkeit in Wasser | 380 |
| 3.2.2.8 | Bestimmung des Kalkgehaltes | 380 |
| 3.2.3 | Ausfüllen der Schichtenverzeichnisse | 380 |
| 3.2.4 | Beobachtung des Grundwassers | 380 |
| 3.2.4.1 | Allgemeines. | 380 |
| 3.2.4.2 | Grundwasserstockwerke | 381 |
| 3.3 | Ausfüllen der Formblätter | 382 |
| 3.3.1 | Allgemeines | 382 |
| 3.3.2 | Das Kopfblatt | 382 |
| 3.3.3 | Schichtenverzeichnis | 384 |
| 3.3.3.1 | Ausfüllen der Schichtenverzeichnisse | 384 |
| 3.3.3.2 | Schichtenverzeichnis für Bohrungen in Fels | 384 |
| 3.3.3.3 | Schichtenverzeichnis nach für Bohrungen im Boden | 384 |
| 3.3.3.4 | Zeichnerische Darstellung der Bohrergebnisse nach DIN 4023 | 384 |
| 3.3.4 | Schlussbemerkung | 384 |
| H | Grundwassermessstellen | 385 |
| 1 | Allgemeines. | 385 |
| 2 | Aufgabenstellung | 385 |
| 2.1 | Wasserstandsmessungen. | 386 |
| 2.2 | Grundwasserprobenahme. | 386 |
| 2.3 | Überwachung von Deponien und Altlasten | 388 |
| 2.4 | Geophysikalische Untersuchungen. | 388 |
| 3 | Herstellungsrichtlinien | 389 |
| 3.1 | Allgemeines | 389 |
| 3.2 | Bohr- und Ausbaudurchmesser. | 389 |
| 3.3 | Bohrverfahren. | 390 |
| 3.4 | Ausbaumaterial. | 390 |

| | | |
|----------|----------------------------------------------------------------------------|------------|
| 3.4.1 | Filter- und Aufsatzrohre | 390 |
| 3.4.1.1 | Transport und Lagerung | 392 |
| 3.4.1.2 | Rohrbelastung | 393 |
| 3.4.1.3 | Rohreinbau | 394 |
| 3.4.2 | Filterkies | 396 |
| 3.4.3 | Abdichtungsmaterial | 397 |
| 3.4.3.1 | Abdichtungsmaterialien auf Tonbasis | 397 |
| 3.4.3.2 | Abdichtungsmaterialien auf Suspensionsbasis | 398 |
| 3.5 | Schüttung | 398 |
| 3.5.1 | Filterkiesschüttung | 398 |
| 3.5.1.1 | Allgemeines | 398 |
| 3.5.1.2 | Kiesschüttungen in Trockenbohrlöchern | 398 |
| 3.5.1.3 | Kiesschüttungen in Spülbohrlöchern | 399 |
| 3.5.1.4 | Gegenfilter | 399 |
| 3.5.1.5 | Filterkiesüberschüttung | 399 |
| 3.5.1.6 | Filterkiesunterschüttung | 400 |
| 3.5.1.7 | Schüttechnik | 400 |
| 3.6 | Abdichtung | 401 |
| 3.6.1 | Allgemeines | 401 |
| 3.6.2 | Einbringen der Abdichtung | 401 |
| 3.6.2.1 | Einbau durch Schüttung | 401 |
| 3.6.2.2 | Einbau durch Einpressen | 403 |
| 3.7 | Abschlusskopf | 404 |
| 3.8 | Klarpumpen | 405 |
| 3.9 | Schlussabnahme, Installation und Probeentnahmen | 405 |
| 4 | Ausbaupläne | 406 |
| 4.1 | Ausbaupläne nach DIN 4021 | 406 |
| 4.1.1 | Gesamtübersicht | 406 |
| 4.1.2 | Ausbauplan bei Überfluranordnung | 407 |
| 4.1.3 | Ausbauplan bei Unterfluranordnung mit mehreren GW-Stockwerken | 407 |
| 4.2 | Ausbaupläne nach DVGW-Merkblatt W 121 | 408 |
| 4.2.1 | Überfluranordnung | 408 |
| 4.2.2 | Gesamtausbau | 410 |
| I | Untersuchungen im Bohrloch | 411 |
| 1 | Allgemeines | 411 |
| 2 | Verfahren | 411 |
| 2.1 | Slug- und Bautest | 411 |
| 2.2 | Flügelsondenmessung | 411 |
| 2.3 | Dilatometertest | 412 |
| 2.4 | Porenwasserdruckmessung | 413 |
| 2.5 | Pressiometertest | 413 |
| 2.6 | Standard Penetration Test | 414 |
| 2.7 | Wasserdurchlässigkeitstest (WD-Test) | 414 |
| 2.8 | Extensometertest | 415 |

| | | |
|----------|---------------------------------------------------------|------------|
| 2.9 | Optische Bohrlochsondierungen | 416 |
| 2.9.1 | Bohrlochfernsehverfahren | 416 |
| 2.9.2 | Bohrlochscanner | 416 |
| 2.10 | Temperaturmessungen | 417 |
| 2.11 | Gasmessungen | 418 |
| 2.12 | Strahlungsmessungen | 418 |
| 2.13 | Inklinometer- und Gleitmikrometertest | 418 |
| J | Sondierungen | 419 |
| 1 | Allgemeines | 419 |
| 2 | Rammsondierungen | 419 |
| 2.1 | Allgemeines | 419 |
| 2.2 | Hinweise der DIN 4094 | 420 |
| 2.3 | Hinweise zur Durchführung | 422 |
| 2.3.1 | Handbetrieb mit der leichten Rammsonde | 422 |
| 2.3.2 | Mittelschwere und schwere Rammsonden | 424 |
| 3 | Drucksondierungen | 424 |
| 3.1 | Allgemeines | 424 |
| 4 | Standard Penetration Test (SPT) | 427 |
| 4.1 | Allgemeines | 427 |
| 4.2 | Gerätebeschreibung | 428 |
| 4.3 | Versuchsdurchführung | 429 |
| 4.4 | Versuchsdurchführung in größeren Wassertiefen | 429 |
| 4.5 | Aufzeichnungen | 429 |
| 4.6 | Chronologische Ablaufbeschreibung | 431 |
| 5 | Flügelsondierung | 431 |
| 5.1 | Allgemeines | 431 |
| 5.2 | Gerätebeschreibung | 431 |
| 5.3 | Versuchsdurchführung | 433 |
| K | Einsatz der EDV | 434 |
| 1 | Allgemeines | 434 |
| 2 | Softwareanbieter und Leistungsumfang | 434 |
| 3 | Beispiele für die Ausgabe | 436 |
| 4 | Kontaktadressen | 440 |
| 5 | Schlussbetrachtung | 440 |
| L | Wasser im Baugrund | 441 |
| 1 | Allgemeines | 441 |
| 1.1 | Offene Wasserhaltung | 442 |
| 1.2 | Geschlossene Wasserhaltung | 442 |
| 1.2.1 | Schwerkraftentwässerung mit Saugbrunnen | 442 |

| | | |
|----------|----------------------------------------------------------------|------------|
| 1.2.2 | Grundwasserabsenkung mittels Filterbrunnen | 443 |
| 1.2.2.1 | Allgemeines | 443 |
| 1.2.2.2 | Brunnenanordnung und -ausbau | 443 |
| 1.2.2.3 | Rohrleitungen | 445 |
| 1.2.2.4 | Pumpen | 446 |
| 1.2.2.5 | Betrieb und Betriebssicherheit von Wasserhaltungsanlagen | 448 |
| 1.3 | Unterdruckentwässerung | 448 |
| 1.4 | Tiefvakuumbrunnen | 450 |
| 1.5 | Vakuumkombibrunnen | 450 |
| 1.6 | Ausgleich des Grundwasserhaushalts | 451 |
| 1.7 | Wasserdichte Baugruben | 452 |
| M | Baugrundverbesserungen | 453 |
| 1 | Allgemeines | 453 |
| 1.1 | Rütteldruckverdichtung | 453 |
| 1.1.1 | Verfahren | 454 |
| 2 | Rüttelstopfverdichtung | 456 |
| 2.1 | Allgemeines | 456 |
| 2.2 | Verfahren | 456 |
| 3 | Tiefdränagen | 457 |
| 3.1 | Allgemeines | 457 |
| 3.2 | Sanddränung | 458 |
| 3.3 | Sandwichs-Verfahren | 458 |
| 3.4 | Pappdränung | 459 |
| 4 | Dynamische Tiefenverdichtung | 459 |
| 4.1 | Allgemeines | 459 |
| 5 | Rüttelverdichtung | 460 |
| 5.1 | Allgemeines | 460 |
| 5.2 | Verfahren | 461 |
| 6 | Gefrierverfahren | 463 |
| 6.1 | Allgemeines | 463 |
| 6.2 | Technische Grundlagen | 463 |
| 6.3 | Vereisung mit Sole | 464 |
| 6.4 | Vereisung mit flüssigem Stickstoff | 465 |
| 6.5 | Kontrollen | 467 |
| 6.6 | Auftauen des Frostkörpers | 467 |
| 6.7 | Ausführungstechnische Hinweise | 467 |
| 6.8 | Literaturhinweis und Ausführungsbeispiele | 467 |
| N | Geothermie | 469 |
| 1 | Grundlagen der Geothermie | 469 |
| 1.2 | Geothermiequellen | 470 |
| 1.2.1 | Allgemeines | 470 |
| 1.2.2 | Niedertemperatur-Geothermiequellen | 470 |

| | | |
|----------|----------------------------------------------------------------|------------|
| 1.2.3 | Mitteltemperatur-Geothermiequellen | 470 |
| 1.2.4 | Hochtemperatur-Geothermiequellen | 471 |
| 1.3 | Systeme der Erdwärmegewinnung im Niedertemperaturbereich | 473 |
| 1.3.1 | Allgemeines | 473 |
| 1.3.2 | Erdwärmesonden | 474 |
| 1.3.2.1 | Allgemeines | 474 |
| 1.3.2.2 | Systembeschreibung | 474 |
| 1.3.2.3 | Funktionsweise einer erdgekoppelten Wärmepumpe | 475 |
| 1.3.2.4 | Erdwärmesondenfelder | 477 |
| 1.3.3 | Bohr- und Einbautechnik für Erdwärmesonden | 478 |
| 1.3.3.1 | Einleitung | 478 |
| 1.3.3.2 | Bohrverfahren | 478 |
| 1.3.3.3 | Einbau der Sondenrohre | 479 |
| 1.3.3.4 | Verpressung der Sondenbohrung | 479 |
| 1.3.3.5 | Bohrdurchmesser und Sondenrohre | 480 |
| 1.3.3.6 | Bohrrohre, Innengestänge und Bohrköpfe | 480 |
| 1.3.3.7 | Auswahl der Bohranlage | 481 |
| 1.3.4 | Erdberührte Bauteile | 486 |
| 1.3.4.1 | Allgemeines | 486 |
| 1.3.4.2 | Energiepfähle | 487 |
| 1.3.4.3 | Energiekörbe | 489 |
| 1.3.4.4 | Erdwärmekörbe | 490 |
| 1.3.4.5 | Erdwärmekollektoren | 491 |
| 1.3.5 | Neuere Entwicklungen | 492 |
| 1.3.6 | Energie aus dem Grundwasser | 493 |
| 1.3.6.1 | Voraussetzungen | 493 |
| 1.3.6.2 | Lage der Brunnen | 494 |
| 1.3.7 | Saisonale Wärmespeicher | 495 |
| 1.3.8 | Erdwärmegewinnung aus Tunneln und Bergbauanlagen | 495 |
| 1.3.9 | Genehmigungsverfahren | 495 |
| 1.3.10 | Gesetzliche Grundlagen | 496 |
| 1.3.11 | Richtlinien und Regelwerke | 496 |
| 1.4 | Zusammenfassung | 497 |
| O | Vertrags- und Rechtsfragen im Spezialtiefbau | 498 |
| 1 | Allgemeines | 498 |
| 2 | Einbeziehung der VOB | 498 |
| 3 | Allgemeine Geschäftsbedingungen | 499 |
| 4 | Allgemeine Geschäftsbedingungen Spezialtiefbau | 499 |
| 4.1 | Allgemeines | 499 |
| 4.2 | Auswirkungen der AGB Spezialtiefbau | 500 |
| 5 | Beweissicherungsklausel | 500 |
| 6 | Nachunternehmervertrag | 501 |
| 6.1 | Allgemeines | 501 |
| 6.2 | Besonderheiten des Nachunternehmervertrages | 501 |

| | | |
|-----------|-------------------------------------------------------------------|-----|
| 7 | AGB-widrige Vertragsklauseln in Subunternehmerverträgen. | 502 |
| 8 | Sondervorschläge | 504 |
| 9 | Pauschalverträge | 505 |
| 10 | Angebotsbearbeitung | 505 |
| 10.1 | Allgemeines | 505 |
| 10.2 | Ermittlung der Angebotspreise | 506 |
| 10.3 | Kalkulationsrisiken | 506 |
| 11 | Schriftverkehr am Bau | 507 |
| 12 | Aufmaß und Abrechnung | 509 |
| 13 | Bedeutung der VOB/A | 509 |
| 14 | Inanspruchnahme fremder Grundstücke | 510 |
| 14.1 | Temporäre Inanspruchnahme | 510 |
| 14.2 | Dauernde Inanspruchnahme | 511 |
| 15 | Typische Streitfälle im Spezialtiefbau | 511 |
| 15.1 | Allgemeines | 511 |
| 15.2 | Regeln | 512 |
| 15.2.1 | Grundregel der VOB/A § 9 Nr. 4 Abs. 4 zur Baugrundbeschreibung | 512 |
| 15.2.2 | Generalklausel § 9 Nr. 2 VOB/A | 512 |
| 15.2.3 | Baugrundklausel Ziff. 5 der Z-VOB/B der Deutschen Bundesbahn | 513 |
| 15.2.4 | Die anerkannten Regeln der Technik | 513 |
| 15.3 | Streitfallursachen im Spezialtiefbau | 514 |
| 15.3.1 | Allgemeines | 514 |
| 15.3.2 | Allgemeine Streitfälle | 514 |
| 15.3.3 | Fachspezifische Streitfälle | 514 |
| 16 | Zusammenfassung, Hinweise und Literaturempfehlungen | 517 |
| P | Arbeitssicherheit | 518 |
| 1 | Allgemeines | 518 |
| 2 | Begriffsbestimmungen | 518 |
| 3 | Allgemeine Anforderungen | 519 |
| 4 | Unfallursachen | 519 |
| 4.1 | Technisch bedingte Unfallursachen | 519 |
| 4.2 | Fehlende persönliche Schutzausrüstung | 519 |
| 4.3 | Organisatorisch bedingte Unfallursachen | 520 |
| 4.4 | Menschlich/persönlich bedingte Unfallursachen | 521 |
| 5 | Unfallschwerpunkte | 521 |
| 5.1 | Allgemeines | 521 |
| 6 | Besondere Bestimmungen für Bohrarbeiten | 522 |
| 7 | Arbeiten in kontaminierten Bereichen | 522 |
| 7.1 | Vorschriften und Regeln | 522 |
| 7.2 | Begriffsbestimmungen | 523 |

| | | |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------|------------|
| 7.3 | Persönliche Schutzausrüstungen bei Arbeiten in kontaminierten Bereichen | 523 |
| 7.4 | Bestimmungen für Bohrungen und Sondierungen | 523 |
| 8 | Allgemeine Hinweise für Arbeiten im Bereich von Leitungen | 526 |
| 8.1 | Arbeiten im Bereich elektrischer Freileitungen | 526 |
| 8.2 | Arbeiten im Bereich erdverlegter Leitungen | 526 |
| 8.2.1 | Allgemeine Hinweise | 526 |
| 8.2.2 | Zusätzliche Hinweise für Telefon- und Elektroleitungen | 527 |
| 8.2.3 | Zusätzliche Hinweise für Gasleitungen | 527 |
| 8.2.4 | Zusätzliche Hinweise für kreuzende Leitungen | 527 |
| 8.2.5 | Ortung von Kabeln und Leitungen | 527 |
| 8.2.5.1 | Geräte | 527 |
| 8.2.5.2 | Elektromagnetische Ortung metallischer Leitungen – Passives Verfahren | 528 |
| 8.2.5.3 | Elektromagnetische Ortung metallischer Leitungen – Aktives Verfahren | 529 |
| 8.2.5.4 | Ortung nichtmetallischer Leitungen | 529 |
| 8.3 | Weitere Hinweise zur Vermeidung von Leitungsschäden | 530 |
| 9 | Gefahren durch Kampfmittel | 531 |
| 9.1 | Allgemeines | 531 |
| 9.2 | Auffinden von Kampfmitteln | 531 |
| 9.3 | Spürgeräte | 533 |
| 9.4 | Praktische Durchführung von Suchbohrungen | 536 |
| 9.5 | Vorschriften und Regeln | 537 |
| Q | Qualitätssicherung nach DIN EN ISO 9000 ff. | 538 |
| 1 | Allgemeines | 538 |
| 2 | Definition der Qualität | 539 |
| 3 | Qualitätsmanagement | 539 |
| 4 | Das QM-System | 540 |
| 5 | Normen zum Qualitätsmanagement | 541 |
| 6 | Kosten des Qualitätsmanagements | 542 |
| 7 | Einführung des Qualitätsmanagements | 543 |
| 8 | Grobe Ablaufplanung der QM-Einführung | 543 |
| 9 | Qualitätsmanagement-Schulungen | 544 |
| 10 | Literaturhinweise | 544 |
| 11 | Schlußbemerkung | 545 |
| R | Aus- und Weiterbildung | 546 |
| 1 | Allgemeines | 546 |
| 2 | Die überbetriebliche Ausbildung | 546 |
| 2.1 | Die Einrichtungen | 546 |

| | | |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 2.2 | Ausbildungsablauf | 548 |
| 2.3 | Ausbildungsinhalte | 548 |
| 3 | Weiterbildung | 551 |
| 4 | Anschriften der Verbände und Bildungsstätten | 551 |
| Anhang | | 553 |
| | Tabellen der Gewindebohrrohre nach DIN 4918 | 553 |
| | Kunststoff-Filter- und Vollwandrohre System <i>STÜWA</i> | 554 |
| | Kunststoff-Vollwandrohre und Muffenverbindungen System <i>SBF-NORIP</i> | 555 |
| | Kiesbelagfilterrohre System <i>STÜWA</i> | 556 |
| | Zubehör für die Wasserprobenentnahme System <i>SBF-Preussag</i> | 557 |
| | Bodenklassifikation nach DIN 18 196 | 558 |
| | Zeichnerische Darstellung von Bodenarten | 560 |
| | Schematische Darstellungen von unterschiedlichen Bohrsystemen für Baugrundbohrungen und Bohrungen für GW-Messstellen | 564 |
| | Technische Regeln und DIN-Vorschriften | 567 |
| | Literaturverzeichnis | 570 |
| | Kontaktadressen | 572 |
| | Sachwortverzeichnis | 574 |