

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Liste der verwendeten Symbole | XV |
| I. Griechische Symbole | XV |
| II. Lateinische Symbole | XV |
| 1 Grundlagen | 1 |
| 1.1 Grundlagen und technische Ausführung von Bentonitschmiersystemen ... | 1 |
| 1.1.1 Steuerungseinheit | 2 |
| 1.1.2 Mischbehälter | 2 |
| 1.1.3 Vorratsbehälter | 3 |
| 1.1.4 Hauptpresstation | 3 |
| 1.1.5 Vortriebsmaschine | 3 |
| 1.1.6 Schmierring | 3 |
| 1.1.7 Zwischenpresstation (Dehnerstation) | 3 |
| 1.1.8 Vortriebsrohr | 3 |
| 1.1.9 Schmierstation | 4 |
| 1.1.10 Injektionsstutzen | 4 |
| 1.1.11 Bentonitpumpe | 5 |
| 1.1.12 Druckluftzuführung | 5 |
| 1.1.13 Steuerkabel | 5 |
| 1.1.14 Bentonit- oder Zuführungsleitung | 5 |
| 1.2 Ringspaltschmierung beim Rohrvortrieb | 5 |
| 1.3 Vorbemerkungen zum Baugrund | 6 |
| 2 Bentonit und Bentonitsuspensionen | 9 |
| 2.1 Zusammensetzung und Struktur | 9 |
| 2.2 Quellverhalten | 10 |
| 2.3 Kartenhausstruktur und Thixotropie | 11 |
| 2.4 Fließgrenze, Viskosität und Gelstärke | 12 |
| 2.5 Stabilität | 17 |
| 2.6 Gebräuchliche Bentonitarten | 19 |
| 2.6.1 Natürlicher Bentonit (Ca oder Na) | 19 |
| 2.6.2 Aktivierter oder Aktivbentonit | 19 |
| 2.6.3 Bentonit mit Polymerzugabe | 20 |
| 3 Additive | 21 |
| 3.1 Polymere | 21 |
| 3.1.1 Funktionsweisen von Polymeradditiven | 21 |
| 3.2 Arten von Polymeradditiven | 25 |
| 3.2.1 Stärke | 25 |
| 3.2.2 Xanthan | 25 |
| 3.2.3 Guaran | 26 |
| 3.2.4 Modifizierte Cellulosen (PAC, MEC, HEC, CMC) | 27 |
| 3.2.5 Polyacrylamid/-acrylat | 27 |
| 3.3 Übersicht über Polymeradditive und ihre Funktionen | 28 |

| | | |
|----------|--|----|
| 4 | Fachgerechte Herstellung von Bentonitsuspensionen | 29 |
| 4.1 | Anmischen | 29 |
| 4.1.1 | Vorgehensweise beim Herstellen der Suspension | 30 |
| 4.2 | Mischtechnik | 33 |
| 4.3 | Mischanweisungen | 34 |
| 4.3.1 | Mischanweisung für Mischer mit Mischpumpe | 34 |
| 4.3.2 | Mischanweisung für Mischer mit Wasserstrahlpumpe | 35 |
| 4.4 | Quelltanks | 35 |
| 5 | Eigenschaften der Suspension und verwendete Messverfahren | 37 |
| 5.1 | Viskosität: Marsh-Trichter | 37 |
| 5.2 | Fließgrenze: Kugelharfe | 40 |
| 5.3 | Viskosität und Gelstärke: Rotationsviskosimeter | 42 |
| 5.4 | Filtratwasserabgabe und Filterkuchenbildung: Filterpresse | 43 |
| 5.5 | Dichte | 45 |
| 5.5.1 | Messung mithilfe einer Spüluingswaage | 45 |
| 5.5.2 | Messung mithilfe eines Pyknometers | 45 |
| 5.6 | Wasserhärte: Messstreifen | 46 |
| 5.7 | pH-Wert | 46 |
| 5.7.1 | Bestimmung mittels pH-Messstreifen | 46 |
| 5.7.2 | Messung mittels eines pH-Meters | 46 |
| 5.8 | Leitfähigkeit | 46 |
| 5.9 | Temperatur | 47 |
| 6 | Baugrund und Grundwasser | 49 |
| 6.1 | Geologie von Festgesteinen | 49 |
| 6.1.1 | Klassifikation von Festgesteinen | 50 |
| 6.1.2 | Mineralbestand und Mineralgefüge | 50 |
| 6.1.3 | Einaxiale Gesteinsdruckfestigkeit | 51 |
| 6.1.4 | Zugfestigkeit | 53 |
| 6.1.5 | Gebirgsfestigkeit | 54 |
| 6.1.6 | Gesteinsabrasivität | 54 |
| 6.1.7 | Trennflächengefüge | 55 |
| 6.1.8 | Verwitterungsgrad | 59 |
| 6.1.9 | Gebirgsklassifikation | 60 |
| 6.2 | Geologie von Lockergesteinen | 65 |
| 6.2.1 | Art der Minerale | 65 |
| 6.2.2 | Korngröße und Kornverteilung | 65 |
| 6.2.3 | Kornrundung | 77 |
| 6.2.4 | Poren | 78 |
| 6.2.5 | Lagerungsdichte | 80 |
| 6.2.6 | Scherfestigkeit | 82 |
| 6.2.7 | Konsistenzgrenzen | 83 |
| 6.2.8 | Quellfähigkeit | 85 |
| 6.3 | Standfestigkeit und Standzeit | 85 |
| 6.3.1 | Beurteilung der Standfestigkeit nach dem Ortsbrustverhalten | 85 |
| 6.3.2 | Beurteilung der Standzeit mithilfe des RMR- und Q-Systems | 87 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 6.4 | Hydrogeologie..... | 88 |
| 6.4.1 | Hydrogeologische Grundbegriffe..... | 88 |
| 6.4.2 | Durchlässigkeit..... | 89 |
| 6.4.3 | Bestimmung der Durchlässigkeit im Lockergestein..... | 93 |
| 6.4.4 | Bestimmung der Durchlässigkeit im Festgestein..... | 96 |
| 6.5 | Auswirkung verschiedener Gesteinseigenschaften auf die Anwendung von Bentonit..... | 100 |
| 6.6 | Kontaminationen in Baugrund, Grund- und/oder Anmachwasser..... | 101 |
| 6.6.1 | pH-Wert..... | 101 |
| 6.6.2 | Salzwasser..... | 102 |
| 6.6.3 | Wasserhärte aufgrund von Calcium- oder Magnesiumionen..... | 102 |
| 6.6.4 | Chlor..... | 103 |
| 6.6.5 | Eisen..... | 103 |
| 6.6.6 | Huminsäuren..... | 103 |
| 6.6.7 | Zement/Beton..... | 104 |
| 6.6.8 | Übersicht der Grenzwerte für Kontaminationen im Anmachwasser..... | 104 |
| 6.6.9 | Auswirkungen von Kontaminationen auf die Eigenschaften der Suspension..... | 104 |
| 7 | Bentonitsuspensionen zur Ringspaltschmierung..... | 107 |
| 7.1 | Größe des Ringspalts..... | 107 |
| 7.1.1 | Mantelreibung..... | 108 |
| 7.2 | Vertikale Position des Rohrstrangs im aufgefahrenen Hohlraum..... | 109 |
| 7.2.1 | Auftrieb..... | 110 |
| 7.2.2 | Ballastierung..... | 111 |
| 7.2.3 | Vertikale Position des Rohrstrangs in standfestem Baugrund..... | 111 |
| 7.2.4 | Vertikale Position des Rohrstrangs in nichtstandfestem Baugrund..... | 112 |
| 7.3 | Funktionen des Schmiermittels im Ringspalt..... | 113 |
| 7.3.1 | Stützfunktion..... | 114 |
| 7.3.2 | Schmierfunktion..... | 117 |
| 7.3.3 | Tragfunktion..... | 118 |
| 7.3.4 | Folgen einer schlechten Anpassung des Schmiermittels..... | 120 |
| 7.4 | Anpassung der Bentonitsuspension an den Baugrund..... | 121 |
| 7.4.1 | Grundlegende geologische Parameter..... | 122 |
| 7.4.2 | Flussdiagramme für Festgesteine..... | 122 |
| 7.4.3 | Flussdiagramme für Lockergesteine..... | 123 |
| 7.4.4 | Zusammenhänge zwischen Boden- und Schmiermittelparametern..... | 125 |
| 7.4.5 | Hydrogeologische Parameter..... | 127 |
| 7.5 | Rheologische Parameter der Bentonitsuspension..... | 127 |
| 7.5.1 | Partikelgröße..... | 128 |
| 7.5.2 | Fließgrenze..... | 129 |
| 7.5.3 | Viskosität..... | 132 |
| 7.5.4 | Gelstärke..... | 133 |
| 7.6 | Verpressmengen..... | 135 |
| 7.6.1 | Definition der Begriffe..... | 135 |
| 7.6.2 | Grundlagen für die Ermittlung der erforderlichen Verpressmenge..... | 143 |

| | | |
|------------------|---|-----|
| 7.6.3 | Berechnung der Verpressmengen V_{Maschine} und $V_{\text{Rohrstrang}}$ | 148 |
| 7.7 | Das zeitabhängige Verlustvolumen | 150 |
| 7.8 | Schmierstrategien..... | 151 |
| 7.8.1 | Intervallgesteuerte Systeme..... | 151 |
| 7.8.2 | Volumenkontrollierte Systeme..... | 153 |
| 7.8.3 | Schmierstrategien für Erst- und Nachverpressung..... | 155 |
| 7.8.4 | Besondere Schmierstrategien bei Direct Pipe® und verwandten Verfahren..... | 156 |
| 8 | Schmiertechnik | 157 |
| 8.1 | Anordnung und Abstand der Schmierstationen im Rohrstrang..... | 157 |
| 8.2 | Anzahl und Anordnung der Injektionsstutzen pro Schmierstation im Rohrquerschnitt | 158 |
| 8.3 | Rückschlagventile..... | 159 |
| 8.4 | Schmierkreislauf | 160 |
| 8.5 | Zusammenspiel zwischen dem Stützdruck an der Ortsbrust und dem Ringspaltdruck..... | 161 |
| 8.6 | Bentonitversorgung im Anfahrbereich..... | 162 |
| 8.7 | Schmiermitteldruck, Schmiermittelmenge und Druckverluste | 163 |
| 9 | Berichtswesen | 165 |
| 9.1 | Welche Parameter sollten bei der Bentonitschmierung dokumentiert werden? | 165 |
| 9.2 | Vordrucke..... | 165 |
| 10 | Listen der erforderlichen Verpressmengen | 169 |
| 10.1 | Erläuterungen der Listen..... | 169 |
| Literatur | | 199 |