

Inhaltsverzeichnis

	Vorwort	<i>V</i>
1	Einleitung	<i>1</i>
2	Entwicklung der Ankertechnik, gültiges technisches Regelwerk, Symbole	<i>5</i>
2.1	Entwicklung der Ankertechnik	<i>5</i>
2.2	Technisches Regelwerk	<i>7</i>
2.3	Symbole	<i>10</i>
3	Herstellung und Bauarten von Verpressankern	<i>11</i>
3.1	Ankerbohrverfahren	<i>11</i>
3.1.1	Bohrungen im Lockergestein	<i>11</i>
3.1.2	Bohrungen in Fels	<i>13</i>
3.1.3	Bohrungen gegen drückendes Wasser	<i>13</i>
3.1.4	Selbstbohrende Anker	<i>14</i>
3.1.5	Ankereinbau und Verpressen	<i>15</i>
3.1.6	Nachverpressen	<i>17</i>
3.1.7	Montage des Ankerkopfes	<i>18</i>
3.1.8	Spannen und Festlegen	<i>19</i>
3.2	Bauarten von Verpressankern	<i>20</i>
3.2.1	Verbundanker	<i>20</i>
3.2.2	Druckrohranker	<i>22</i>
3.2.3	Anker mit aufweitbarem Verpresskörper	<i>23</i>
3.2.4	Anker mit ausbaubarem Zugglied	<i>25</i>
3.2.5	Anker mit der Möglichkeit zur Regulierung der Ankerkräfte	<i>26</i>
4	Ankerwerkstoffe und Ankerbauteile	<i>29</i>
4.1	Zugglieder	<i>29</i>
4.1.1	Zugglieder für Einstabanker	<i>29</i>
4.1.2	Zugglieder für Litzenanker	<i>29</i>
4.1.3	Zugglieder für Bündelanker (Mehrstabanker)	<i>32</i>
4.1.4	Zugglieder aus Stahlrohren	<i>32</i>

VIII | *Inhaltsverzeichnis*

- 4.1.5 Zugglieder aus Edelstahl Rostfrei 32
- 4.1.6 Zugglieder aus Glasfasern 33
- 4.1.7 Zugglieder aus Aramid oder Kohlefasern 33
- 4.2 Ankerköpfe 33
- 4.3 Verpresskörper 35
- 4.4 Korrosionsschutz 36
- 4.5 Abstandhalter 38

- 5 Tragfähigkeit von Verpressankern 39**
- 5.1 Tragfähigkeit des Stahlzuggliedes 39
 - 5.1.1 Tragfähigkeit bei vorwiegend ruhender Belastung 39
 - 5.1.2 Tragfähigkeit bei nicht vorwiegend ruhender Belastung 40
 - 5.1.3 Haftverbund von Stahlzuggliedern in Zementmörtel 40
- 5.2 Bodenmechanische Tragfähigkeit von Ankern 41
 - 5.2.1 Krafteintragung vom Anker in den Baugrund 41
 - 5.2.2 Abschätzung der bodenmechanischen Tragfähigkeit 48
 - 5.2.3 Erhöhung der Ankertragfähigkeit durch Nachverpressung 51

- 6 Prüfungen an Ankern nach DIN EN 1537 und DIN SPEC 18537 55**
- 6.1 Allgemeines 55
- 6.2 Untersuchungsprüfungen an Ankern 57
- 6.3 Eignungsprüfungen 58
- 6.4 Abnahmeprüfung 65
- 6.5 Gruppenprüfung 67
- 6.6 Schwellbelastungsprüfung 67
- 6.7 Anker nachprüfung 68

- 7 Überwachung eingebauter Anker 71**
- 7.1 Optische Kontrollen der sichtbaren Ankerteile 71
- 7.2 Ankerkraftüberwachung mit Abhebeversuchen 72
- 7.3 Im Bohrloch eingebaute Kontrolleinrichtungen 75
 - 7.3.1 Optische Sensoren/Lichtwellenleitersensoren (LWL-Sensoren) 75
 - 7.3.2 Potentialmessungen mit eingebauten Elektroden 76
 - 7.3.3 Reflektometrische Impulsmessungen 76
- 7.4 Überwachung der Ankerkräfte mit fest installierten Kraftmesseinrichtungen 77
- 7.5 Indirekte Überwachung mit Extensometern 79
- 7.6 Prüfung durch elektrische Widerstandsmessungen 79

- 8 Schadensmöglichkeiten bei Verpressankern 83**
- 8.1 Schäden durch Korrosion der Stahlzugglieder und Ankerkopfteile 83
- 8.2 Schäden durch konstruktive Mängel des Bauentwurfes 86
 - 8.2.1 Schäden durch ungenügende Berücksichtigung des Schichtaufbaus 87
 - 8.2.2 Fehlender Ansatz des Wasserdrucks 89
 - 8.2.3 Zu schwache Dimensionierung der Kopfauflager 90

- 8.3 Schäden durch schlecht geplanten Bauablauf 90
- 8.4 Beschädigung von Ankern durch den Transport 91
- 8.5 Beschädigung von Ankern bei der Lagerung und beim Einbau 92
- 8.6 Beschädigung eingebauter Anker durch den Baustellenbetrieb 93
- 8.7 Schäden an Ankern durch aggressive Inhaltsstoffe in Grundwasser und Boden 94
 - 8.7.1 Maßnahmen bei hohem Sulfatgehalt 97
 - 8.7.2 Maßnahmen bei hohem Gehalt an kalklösender Kohlensäure 99
 - 8.7.3 Maßnahmen bei hohem Ammoniumgehalt oder Magnesiumgehalt 99
- 8.8 Schäden durch nicht fachgerechte Herstellung der Anker 100
 - 8.8.1 Beschädigung des Korrosionsschutzes beim Einbau 101
 - 8.8.2 Ungenügende Begrenzung des Verpresskörpers 101
 - 8.8.3 Undichtigkeiten und Bodenaustrag bei der Ankerherstellung gegen drückendes Grundwasser 101
 - 8.8.4 Ankerversagen durch fehlende oder zu weit auseinanderliegende Abstandhalter 102
 - 8.8.5 Schäden durch zu hohe Verpressdrücke 104
 - 8.8.6 Schäden durch nicht haltende Litzenverkeilungen 105
 - 8.8.7 Ankerversagen durch ungenügenden Winkelausgleich 110
 - 8.8.8 Ankerversagen infolge Bodenauflockerung bei der Kampfmittelerkundung 111
- 9 Beispiele für den Einsatz von Verpressankern 113**
 - 9.1 Baugrubenwandverankerungen 113
 - 9.1.1 Berliner Baugruben im Grundwasser 113
 - 9.1.2 Bergseitige Baugrubensicherung für den Neubau der Landesbausparkasse in Stuttgart 113
 - 9.2 Verankerte Stütz- und Futtermauern 116
 - 9.2.1 Stützmauer Rötteln 116
 - 9.2.2 Futtermauern an der BAB A7 bei Aalen 117
 - 9.3 Verankerungen von Hängen und Böschungen 121
 - 9.3.1 Hangsicherung Zaisersweiher 121
 - 9.3.2 Sicherung einer Wohnbebauung auf einem Rutschhang durch verankerte Tiefbrunnen 121
 - 9.3.3 Verankerung der Krone eines Autobahndammes 123
 - 9.4 Auftriebssicherungen 126
 - 9.5 Abgespannte Konstruktionen 128
 - 9.5.1 Neckarbrücke in Stuttgart-Hofen 128
 - 9.5.2 Kylltalbrücke im Zuge des Baus der BAB A60 128
 - 9.6 Ertüchtigung der Staumauer der Talsperre Muldenberg in Sachsen 129
 - 9.7 Kavernen 131
 - 9.7.1 Kaverne Goldisthal 131
 - 9.7.2 Kaverne Kraftwerk Waldeck II 132

x | *Inhaltsverzeichnis*

- 10 Berechnung von Verankerungen 133**
 - 10.1 Grundsätze 133
 - 10.2 Verankerungen beim Baugrubenverbau und bei Ufersicherungen 133
 - 10.3 Hangsicherungen durch Verankerung 134
 - 10.4 Auftriebssicherungen durch Verankerung 135
 - 10.5 Verankerte Seilabspannungen 135
 - 10.6 Andere Anwendungen 136

- 11 Vernagelungen von Boden und Fels 137**
 - 11.1 Verfahrensbeschreibung 137
 - 11.2 Historische Entwicklung und Anwendungsgrenzen 141
 - 11.3 Baurechtliche Aspekte 142
 - 11.4 Nagelwerkstoffe und Zubehör 143
 - 11.5 Bauarten von Nägeln 147
 - 11.6 Herstellung, Transport, Lagerung und Einbau der Nägel 149
 - 11.7 Prüfungen an Nägeln 150
 - 11.8 Schadensmöglichkeiten 153
 - 11.9 Beispiele für Vernagelungen 155
 - 11.9.1 Vernagelte Baugrubenwand an der B29 – Umfahrung Schorndorf 155
 - 11.9.2 Vernagelung eines Hanganschnittes im Glimmerschiefer 155
 - 11.9.3 Böschungsvernagelung im Zuge der B312 bei Reutlingen 158
 - 11.9.4 Erhöhung der Standsicherheit von Bahndämmen durch flächenhafte Bewehrung 158

- 12 Berechnung von Vernagelungen 163**
 - 12.1 Statische Berechnung von Vernagelungen mit einer Außenhaut aus Spritzbeton 163
 - 12.1.1 Nachweis der äußeren Standsicherheit 164
 - 12.1.2 Bemessung der Nägel 168
 - 12.1.3 Bemessung der Außenhaut aus Spritzbeton 170
 - 12.2 Nachweis der Standsicherheit bei der Vernagelung alter Stützmauern aus Naturstein 171
 - 12.2.1 Allgemeines 171
 - 12.2.2 Nachweis der äußeren Standsicherheit 173
 - 12.2.3 Bemessung der Nägel 173
 - 12.2.4 Nachweis der Einleitung der Nagelkopfkräfte in die Mauern 174
 - 12.3 Vernagelung von rutschgefährdeten Böschungen 175
 - 12.3.1 Vernagelung mit Nägeln oder Zugpfählen 175
 - 12.3.2 Vernagelung mit gleichzeitiger Stabilisierungsinjektion („Injektionsvernagelung“, „Injektionsverdübelung“) 176

13	Zugpfähle	181
13.1	Zugpfähle aus Stabstählen mit aufgerolltem Gewinde	181
13.1.1	Pfähle mit Traggliedern aus Stahl B500B und S555/700 (Gewindepfähle, GEWI-Pfähle)	182
13.1.2	Soiljet-GEWI-Pfähle	183
13.2	Rohrverpresspfähle mit aufgerolltem Gewinde	186
13.2.1	Pfähle mit Traggliedern aus Feinkornbaustahl (Verpresspfähle TITAN)	186
13.2.2	Pfähle mit Traggliedern aus Vergütungsstahl (Verpresspfähle DYWI Drill)	189
13.3	Pfähle mit Traggliedern aus Rundstahl	190
13.4	Bemessung von Zugpfählen	192
13.5	Prüfung von Zugpfählen (statische axiale Probelastungen)	192
13.5.1	Probelastungen an Bauwerkspfählen	192
13.5.2	Prüfregime	194
13.5.3	Auftragung und Beurteilung der Prüfergebnisse	195
13.6	Rammpfähle aus Stahlprofilen (RV-Pfähle, MV-Pfähle) und Gussrohren	195
13.6.1	Rammverpresspfähle (RV-Pfähle) und Mantelverpresspfähle (MV-Pfähle)	195
13.6.2	Rüttel-Injektionspfähle (RI-Pfähle)	196
13.6.3	Pfähle aus duktilem Gusseisen	198
14	Anker und Nägel im Tunnel- und Bergbau	201
14.1	Allgemeines	201
14.2	Bauarten von Gebirgsankern	202
14.2.1	Kunstharzklebeanker	202
14.2.2	Schlitzkeilanker, Gleitkeilanker, Spreizhülsenanker	203
14.2.3	Zementmörtelanker	204
14.2.4	Expansionsanker „Swellex“	205
14.3	Zugglieder von Gebirgsankern	206
14.3.1	Zugglieder aus Stahl	206
14.3.2	Gebirgsanker aus GFK	206
14.4	Prüfungen an Gebirgsankern	208
	Literatur	209

