

Inhaltsverzeichnis

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

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	Ankernachprüfung	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 Bauentwurfs	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 Autobahndamms	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

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	Böschungsverriegelung 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 äußereren 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 äußereren 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 („Injektionsverriegelung“, „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 Probefbelastungen)	192
13.5.1	Probefbelastungen 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