

Inhaltsverzeichnis

2.1 Erdbau

Hans-Henning Schmidt und Thomas Rumpelt

1	Einleitung	1
2	Regelwerke, Gesetze des Umweltschutzes	1
3	Begriffe	3
4	Baustoffe, Klassifikation und Kennwerte	3
4.1	Allgemeines	3
4.2	Bodenkenngrößen	5
5	Entwurf und Berechnung von Erdbauwerken	8
5.1	Baugrunderkundung	8
5.2	Nachweise	9
5.3	Regelböschungsneigungen	11
5.4	Beurteilung der Gesamtstandsicherheit	12
5.5	Entwässerungsmaßnahmen für Erdbauwerke	14
5.6	Landschaftsplanung	16
6	Erdbauverfahren/Erdbaumaschinen	16
6.1	Erdbaumaschinen zum Gewinnen, Transportieren und Einbauen	16
6.2	Gewinnen mit Hydraulikbagger	19
6.3	Maschinen zum Transport	21
6.4	Maschinen zum Einbauen und Verteilen	21
6.5	Verdichten	21
6.6	Spezialgeräte	24
7	Planung und Organisation von Erdbaustellen	25
7.1	Vermessung	25
7.2	Massenverteilung	25
7.3	Leistungsermittlung	25
7.4	Verfahren zur Gewinnung	34
7.5	Einbauverfahren	36
7.6	Verdichtungstechniken	38
7.7	Einbaukriterien	39
8	Qualitätssicherung: Prüfungen, Anforderungen und Beobachtungen	39
8.1	Allgemeines	39
8.2	Prüfungen	40
8.3	Verdichtungsanforderungen für den Straßenbau	40
8.4	Prüfmethoden im Straßenbau	49
8.5	Verdichtungsprüfung bei Felsschüttungen	50
8.6	Beobachtungen	50
9	Bodenbehandlung mit Bindemitteln	51
9.1	Anwendungen und Reaktionsmechanismen	51
9.2	Bodenverfestigung und Bodenverbesserung	53
9.3	Bodenaufbereitung	54
10	Einschnitte	55

10.1	Allgemeines	55
10.2	Einschnitte im Fels	55
11	Dämme und Auffüllungen	88
12	Baugruben und Gräben	90
12.1	Baugruben	90
12.2	Gräben	90
12.3	Schmale Gräben	91
13	Hinterfüllungen und Überschüttungen von Bauwerken	92
14	Lärmschutzwälle	94
15	Abdichtungen	94
16	Kultivieren	96
17	Literatur	97

2.2 Baugrundverbesserung

Wolfgang Sondermann und Klaus Kirsch

1	Einleitung und Überblick	101
2	Baugrundverbesserung durch Verdichten	103
2.1	Statische Methoden	103
2.2	Dynamische Methoden	115
3	Baugrundverbesserung durch Bewehren	132
3.1	Methoden ohne verdrängende Wirkung	132
3.2	Methoden mit verdrängender Wirkung	141
4	Literatur	153

2.3 Injektionen

Wolfgang Hornich und Gert Stadler

1	Einführung	159
2	Klassifizierung von Injektionsanwendungen	160
3	Spezialanwendungen	165
3.1	Vorspanninjektion	165
3.2	Biologische Verfahren	165
3.3	Injektion von thermoplastischen Schmelzen	166
4	Grundlagen zur Beurteilung der Injizierbarkeit von Boden und Fels	167
4.1	Porenanteil in Sedimenten	168
4.2	Hohlraumstruktur und -volumen im Fels	170
4.3	Wasser im Boden und Fels	173
5	Strömungsvorgänge des Injektionsgutes im Boden und Fels	173
6	Erkundung des Untergrundes	176
7	Injektionsmittel und Ausgangsstoffe für Injektionsmischungen	178
8	Planung von Injektionsarbeiten	182
9	Kosten von Injektionen	184
10	Ausführung und Überwachung von Injektionsarbeiten	185
10.1	Geräteausstattung, Mess-, Regel- und Steuertechnik	185
10.2	Verarbeitungsparameter GIN, TPA, PDA	187
11	Anwendungsbeispiele	189
11.1	Injektionsmaßnahmen im Zuge der Bergung der TBM Amsteg	189
11.2	Tiefliegende Weichgelsohle, Krefeld	191

11.3	Kölnbreinsperre	193
11.4	Kompensationsinjektionen Bologna	195
12	Literatur	198

2.4 Unterfangung und Verstärkung von Gründungen

Karl Josef Witt

1	Begriffe	199
2	Grundsätzliche Überlegungen	199
3	Unterfangungen	201
3.1	Unterfangungswände nach DIN 4123	201
3.2	Unterfangung durch Injektion und Vermörtelung	205
3.3	Unterfangung durch Pfahlkonstruktionen	211
3.4	Komplexe Konstruktionen zur Unterfangung und Unterfahung	216
4	Verstärkung von Gründungen	221
4.1	Ursachen und Schadenstypen	221
4.2	Schadensphänomene und Verstärkungsmaßnahmen	222
5	Schlussbemerkung	228
6	Literatur	228
7	Zitierte Regelwerke	231

2.5 Bodenvereisung

Wolfgang Orth

1	Verfahrensprinzip und Anwendungen	233
1.1	Wirkungsweise	233
1.2	Schachtbau	234
1.3	Baugruben und Unterfangungen	234
1.4	Tunnelbau	237
1.5	Probenahme	240
2	Vereisungsverfahren	240
2.1	Stickstoffvereisung	240
2.2	Solevereisung	242
3	Frostausbreitung	244
3.1	Grundlagen der Wärmeleitung	244
3.2	Thermische Eigenschaften von gefrorenen Böden	246
3.3	Künstlich erzeugte Frostausbreitung	249
3.4	Klimatisch bedingte Frostausbreitung	266
3.5	Kontrolle der Frostausbreitung	269
4	Mechanisches Verhalten gefrorener Böden	270
4.1	Grundlagen	270
4.2	Deformationsverhalten gefrorener Böden	273
5	Eigenschaften von Eis	289
6	Frostwirkungen	292
6.1	Gefrieren	292
6.2	Tauen	295
6.3	Frostempfindlichkeitskriterien	295
6.4	Frischbeton auf gefrorenem Boden	296
7	Hinweise zur Berechnung von Frostkörpern	297

8	Verwendete Zeichen und Symbole	299
9	Literatur	300

2.6 Verpressanker

Lutz Wichter und Wolfgang Meiniger

1	Prinzip von Verpressankern und Entwicklung der Ankertechnik	303
2	Anforderungen an Verpressanker und Voraussetzungen für den Einbau	306
3	Technisches Regelwerk für Verpressanker	306
4	Ankerwerkstoffe und Ankerbauteile	307
4.1	Zugglieder	307
4.2	Ankerköpfe	309
4.3	Verpresskörper	311
4.4	Korrosionsschutz	312
4.5	Abstandhalter	314
5	Herstellung von Verpressankern	314
5.1	Ankerbohrverfahren	314
5.2	Ankereinbau und Verpressen	318
5.3	Nachverpressen	320
5.4	Montage des Ankerkopfes	321
5.5	Spannen und Festlegen	322
6	Bauarten von Verpressankern	322
6.1	Verbundanker	323
6.2	Druckrohranker	324
6.3	Anker mit aufweitbarem Verpresskörper	325
6.4	Anker mit ausbaubarem Zugglied	326
6.5	Anker mit der Möglichkeit zur Regulierung der Ankerkräfte	328
7	Ankerkräfte und Kraftabtragung im Boden	329
7.1	Tragfähigkeit des Stahlzugglieds	329
7.2	Bodenmechanische Tragfähigkeit von Ankern	331
8	Prüfungen an Ankern	341
8.1	Prüfungen an Ankern nach DIN 4125	341
8.2	Prüfungen an Ankern nach DIN EN 1537	351
8.3	Überwachung eingebauter Anker	355
9	Entwurfsgrundsätze für verankerte Konstruktionen	363
9.1	Auswahl des Ankertyps und des Herstellungsverfahrens	363
9.2	Anordnung der Anker	363
10	Bemessung von Verankerungen	365
11	Literatur	366

2.7 Bohrtechnik

Gordian Ulrich und Georg Ulrich

1	Einführung	367
2	Trockenbohrverfahren	367
2.1	Seilgeführte Werkzeuge	367
2.2	Drehende Werkzeuge	369
2.3	Kellybohrverfahren	371
2.4	Schneckenbohrverfahren (Continuous Flight Auger, CFA)	373

2.5	Verdrängerbohrverfahren	379
2.6	Bohrgeräte	383
2.7	Verrohrungsanlagen	384
3	Spülbohrverfahren	385
3.1	Direktes Spülbohren (Rotary Drilling)	386
3.2	Indirektes Spülbohren (Reverse Circulation Drilling)	388
4	Geothermiebohrungen	391
5	Bohrverfahren für den Baugrundaufschluss	394
6	Sonderbohrverfahren	395
6.1	Vibrationsbohrverfahren „Sonic Drilling“	395
6.2	Aufsatz- und Offshorebohranlagen – Fly Drill	397
7	Literatur	398

2.8 Horizontalbohrungen und Rohrvortrieb

Hermann Schad, Tobias Bräutigam und Hans-Joachim Bayer

1	Einleitung	401
2	Horizontalbohrungen	404
2.1	Gesteuerte Horizontalbohrtechnik	404
2.2	Verdrängungshämmer	423
2.3	Horizontalrammen	424
2.4	Erdbohr- und Pressbohrverfahren	426
3	Rohrvortrieb	428
3.1	Grundlagen der Rohrvortriebstechnik	428
3.2	Maschinen und Geräte für den Rohrvortrieb	433
3.3	Vortriebsrohre	434
3.4	Bauausführung	436
3.5	Schmierung	439
3.6	Verdämmung	439
4	Grabenlose Erneuerung von Leitungen	440
4.1	Voraussetzungen für die Anwendung grabenloser Verfahren zur Leitungserneuerung	441
4.2	Rohrberstverfahren (Berstlining)	441
4.3	Rohrauswechselverfahren	444
4.4	Ringraumverfüllung	447
4.5	Wahl des Materials für die neue Leitung	447
4.6	Ausschälen von Leitungen	448
5	Literatur	448

2.9 Rammen, Ziehen, Pressen, Rütteln

Fritz Berner und Wolfgang Paul

1	Einleitung	451
2	Einbringgut	451
2.1	Verdrängungspfähle (Rammpfähle)	451
2.2	Spundbohlen	453
2.3	Kombinierte Spundwandssysteme	454
2.4	Kanaldielen	454
2.5	Leichtprofile	454

2.6	Stahlträger	455
3	Geräte	455
3.1	Geräteträger	455
3.2	Mäkler	457
3.3	Geräte – Ramm- und Vibrationstechnik	460
3.4	Geräte – Einpresstechnik	465
3.5	Rammhilfsmittel	469
4	Einbringtechnik	471
4.1	Baugrundbeurteilung	471
4.2	Einbringverfahren gemäß Baugrund	472
4.3	Einbringhilfen	473
5	Einbringen von Spundbohlen	475
5.1	Herstellen von Rammelementen	475
5.2	Fortlaufendes Einbringen	475
5.3	Staffelweises Einbringen	476
5.4	Fachweises Einbringen	477
5.5	Einrammen kombinierter (gemischter) Wände	477
5.6	Abweichen von der Soll-Lage	478
5.7	Maßnahmen gegen das Abweichen	479
5.8	Schallarmes Einbringen	481
6	Ziehen	482
6.1	Maßnahmen vor und während des Einrammens	482
6.2	Ziehvorgang	483
7	Literatur	483

2.10 Grundwasserströmung – Grundwasserhaltung

Bernhard Odenwald, Uwe Hekel und Henning Thormann

1	Grundwasserhydraulik	485
1.1	Grundlagen	485
1.2	Berechnung von Grundwasserströmungen	498
1.3	Vertikal-ebene Berechnung von stationären Grundwasserströmungen	500
1.4	Vertikal-ebene Berechnung von instationären Grundwasserströmungen	527
1.5	Rotationssymmetrische Berechnung von stationären Grundwasserströmungen	536
1.6	Rotationssymmetrische Berechnung von instationären Grundwasserströmungen	563
1.7	Dreidimensionale Berechnung von Grundwasserströmungen	580
1.8	Berechnung von Grundwasseranreicherungen	581
1.9	Entwässerung durch Unterdruck	581
1.10	Einfluss der Grundwasserströmung auf den Boden	582
2	Ermittlung geohydraulischer Parameter	583
2.1	Übersicht und Bewertung der Bestimmungsverfahren	583
2.2	Abschätzung der Durchlässigkeit nach Erfahrungswerten	584
2.3	Abschätzung der Durchlässigkeit mithilfe der Kornverteilung	585
2.4	Pump- und Injektionsversuche	587
2.5	Einfache Bohrlochversuche (offene Systeme)	599
2.6	Spezielle Bohrlochversuche (geschlossene Systeme)	605
2.7	Laborversuche	607

3	Grundwasserhaltung.....	608
3.1	Wasserhaltungen und Wasserhaltungsverfahren.....	608
3.2	Grundlagen für die Planung und Dimensionierung.....	611
3.3	Offene Wasserhaltung und Dränagen.....	616
3.4	Vertikale Brunnen – Grundwasserabsenkung durch Schwerkraft.....	619
3.5	Entwässerung durch Unterdruck.....	633
3.6	Wiederversickerung.....	639
3.7	Wasserhaltung und Umwelttechnik.....	642
3.8	Wasserhaltung innerhalb dichter Baugruben.....	645
4	Literatur.....	652

2.11 Abdichtungen und Fugen im Tiefbau

Alfred Haack

1	Allgemeines.....	655
1.1	Vorbemerkung.....	655
1.2	Aufgabe und Anforderungen.....	655
1.3	Begriffe.....	657
2	Planungsgrundlagen.....	658
2.1	Einfluss von Boden, Bauwerk und Bauweise.....	658
2.2	Einfluss des Wassers.....	661
2.3	Einfluss der Nutzung.....	662
3	Auswahl und Anwendungsbereiche der Stoffe.....	663
4	Systeme.....	665
4.1	Abdichtungen aus Bitumenbahnen.....	665
4.2	Kombinierte Kunststoff-, Elastomer- und Bitumenabdichtungen.....	667
4.3	Kunststoffmodifizierte Bitumendickbeschichtungen (KMB).....	668
4.4	Kunststoff- bzw. Elastomer-Bahnenabdichtungen, lose verlegt.....	669
4.5	Weitere Formen der Flächenabdichtung im Schwimmbad- und Behälterbau.....	672
4.6	Stahlblechabdichtungen.....	673
4.7	Konstruktionen aus wasserundurchlässigem Beton (WUB-KO).....	674
4.8	Sonderformen.....	675
5	Bemessung.....	676
5.1	Abdichtungen nach DIN 18195.....	676
5.2	Konstruktionen aus wasserundurchlässigem Beton (WUB-KO).....	685
6	Ausführung.....	687
6.1	Abdichtungen nach DIN 18195.....	687
6.2	Fugenabdichtungen in Konstruktionen aus wasserundurchlässigem Beton (WUB-KO).....	720
7	Sicherheit, Prüfung und Überwachung.....	728
8	Literatur.....	729
8.1	Normen.....	729
8.2	Richtlinien und Merkblätter.....	730
8.3	Fachliteratur.....	733

2.12 Geokunststoffe in der Geotechnik und im Wasserbau*Fokke Saathoff und Gerhard Bräu*

1	Allgemeines	737
2	Grundlagen und Begriffe	737
2.1	Einteilung der Geokunststoffe	737
2.2	Geotextilien	739
2.3	Geotextilverwandte Produkte	744
2.4	Dichtungsbahnen	746
2.5	Dichtungsbahnverwandte Produkte	747
2.6	Rohstoffe	748
2.7	Funktionen	749
2.8	Hinweise zur Bauausführung	755
2.9	Prüfverfahren	756
3	Einsatzbereiche	758
3.1	Küstenschutz	758
3.2	Verkehrswasserbau	773
3.3	Wasserwirtschaft, Kulturwasserbau und kleine Fließgewässer	785
3.4	Staudambau	787
3.5	Deponiebau	793
3.6	Landverkehrswegebau	803
4	Hinweise zur Vertragsgestaltung	827
4.1	Lieferbedingungen	827
4.2	Qualitätssicherung	827
4.3	Ausschreibung	828
4.4	Abrechnung und Gewährleistung	828
5	Schlussbemerkung	828
6	Literatur	829

2.13 Ingenieurbiologische Verfahren zur Böschungssicherung*Rolf Johannsen und Eva Hacker*

1	Einleitung	835
1.1	Ingenieurbiologie und Geotechnik	835
1.2	Ingenieurbiologische Wirkungen von Pflanzen und Pflanzenbeständen auf Böschungen und Hangstandorten	835
2	Grundsätzliche Aspekte bei der Verwendung von Pflanzen für Sicherungszwecke	839
2.1	Aufbau und Lebensweise höherer Pflanzen	839
2.2	Biotechnische Eigenschaften von Pflanzen	840
2.3	Entwicklung von Pflanzenbeständen auf Böschungen	845
2.4	Böschungen und Hänge als Pflanzenstandorte	847
3	Planung, Ausführung und Pflege ingenieurbiologischer Maßnahmen, Sicherheitsbetrachtungen	850
3.1	Planung ingenieurbiologischer Maßnahmen im Rahmen der HOAI-Verträge ..	850
3.2	Leistungsphasen der Objektplanung	851
3.3	Ausführung ingenieurbiologischer Maßnahmen	853
3.4	Sicherheitsbetrachtungen	853

4	Ingenieurbioologische Lösungen für geotechnische Probleme an Böschungen und Hängen	856
4.1	Schutz vor Flächen- und Rillenerosion auf Rohbodenböschungen	856
4.2	Schutz vor Rinnenerosion	857
4.3	Sanierung von Grabenerosionen	859
4.4	Kleinflächige oberflächennahe Rutschungen in homogenem nichtbindigen Böden	860
4.5	Kleinflächige oberflächennahe Rutschungen in bindigen Böden	862
4.6	Rutschungen stark geneigter Oberbodenandeckungen bzw. Vegetationstragschichten	862
4.7	Regenwasserableitung auf Böschungen	865
4.8	Vegetation und Dränagen	868
4.9	Vegetation und Dichtungen	869
4.10	Vegetation und Stützbauwerke	869
4.11	Gestaltung und Begrünung von Felsböschungen	871
5	Baustoffe für ingenieurbioologische Böschungssicherungen	873
5.1	Lebende Baustoffe – Gräser, Kräuter, Hochstauden	873
5.2	Lebende Baustoffe – Bäume und Sträucher	874
5.3	Begrünungshilfsstoffe	876
5.4	Baustoffe und Bauelemente aus Holz, Reisig und Pflanzenfasern	878
5.5	Natursteine und Erden	880
6	Ansiedlung von Vegetationsstrukturen mit ingenieurbioologischen Bauweisen ..	880
6.1	Anmerkungen zum Stand und zu den Regeln der Technik	880
6.2	Ingenieurbioologische Bauweisen zur Initiierung von Landschaftsrasen, Wiesen, Röhricht und Hochstaudenbeständen	882
6.3	Ingenieurbioologische Bauweisen zur Initiierung von Gehölzbeständen	884
6.4	Konsolidierungsbauten	888
7	Schutz, Pflege und Unterhaltung von ingenieurbioologisch wirksamen Pflanzenbeständen	890
7.1	Schutz von ingenieurbioologischen Maßnahmen	891
7.2	Anwuchs- und Entwicklungspflege	892
7.3	Unterhaltung und Entwicklung von Pflanzenbeständen	893
8	Bewertung von ingenieurbioologischen Böschungssicherungen und Stützbauwerken aus der Sicht von Natur und Landschaft	895
9	Vegetationskundliche Erhebungen zur Unterstützung geotechnischer Untersuchungen an problematischen Böschungen, Hängen und Altablagerungen	897
10	Literatur	900
	Anhang	904
	Stichwortverzeichnis	921
	Inserentenverzeichnis	941