

Inhalt

1	Begriffsbestimmungen	1
2	Geschichtliche Entwicklung	4
3	Theorie der Injektionen	11
3.1	Grundlegende Betrachtungen	11
3.2	Das Fließ- und Erstarrungsverhalten der Injektionsmittel	13
3.3	Der Injektionsdruck	19
3.4	Die Reichweite	24
3.5	Die Injektionszeit	31
3.6	Anwendungsbereiche	32
3.6.1	Durchlässigkeit und Injizierfähigkeit	32
3.6.2	Untere Anwendungsgrenze von Lösungen	33
3.6.2.1	Porensysteme im Lockergestein	34
3.6.2.2	Kluftsysteme im Festgestein	35
3.6.3	Untere Anwendungsgrenze von Suspensionen	35
3.6.3.1	Porensysteme im Lockergestein	35
3.6.3.2	Kluftsysteme im Festgestein	37
3.6.4	Untere Anwendungsgrenze von Emulsionen	38
3.6.5	Obere Anwendungsgrenzen	39
4	Beschreibung der Baugrundeigenschaften	40
4.1	Überblick	40
4.2	Festgestein	41
4.2.1	Verwitterung	41
4.2.2	Trennflächen	42
4.2.2.1	Allgemeine Betrachtung	42
4.2.2.2	Raumstellung	48
4.2.2.3	Anzahl, Öffnungsweite	51
4.2.2.4	Mechanische Festigkeit, Beschaffenheit	53
4.2.3	Verkarstung	53
4.2.4	Durchlässigkeit	55
4.2.5	Wasserabpreßversuch	56
4.2.5.1	Grundlagen	56
4.2.5.2	Einpreßdruck	57
4.2.5.3	Einpreßzeit	61
4.2.5.4	Packer	62
4.2.5.5	Auswerten der Ergebnisse	64
4.2.6	Andere Durchlässigkeitsversuche	69
4.2.6.1	Versickerungsversuch	69
4.2.6.2	Oszillationsversuch	69
4.2.6.3	Geophysikalische Verfahren	70

4.3	Lockergestein	70
4.3.1	Kornverteilung	70
4.3.2	Schichtung	71
4.3.3	Durchlässigkeit	71
4.3.4	Weitere Bodenkennwerte	72
4.4	Grund- und Kluftwasser	73
5	Planung von Injektionsarbeiten	74
5.1	Überblick	74
5.2	Abdichtung von Festgestein	75
5.2.1	Injektionskriterien	75
5.2.2	Position des Einpreßkörpers und Bohrrichtung	88
5.2.3	Tiefe des Einpreßkörpers im Untergrund	94
5.2.4	Anordnung der Bohrlöcher und Bohrlochreihen	97
5.2.5	Injektionsmittel	99
5.2.6	Einpreßdruck und Einpreßgeschwindigkeit	102
5.2.7	Injektions- und Kontrollgang	105
5.2.8	Wirksamkeit von Abdichtungen im Festgestein	112
5.3	Verfestigung von Festgestein	117
5.3.1	Notwendigkeit der Verfestigung	117
5.3.2	Abmessungen des Einpreßkörpers	118
5.3.3	Anordnung der Bohrlöcher	120
5.3.4	Injektionsmittel	121
5.3.5	Einpreßdruck	121
5.3.6	Wirksamkeit von Verfestigungen im Festgestein	123
5.4	Abdichtung von kohäsionslosem Lockergestein durch Auffüllinjektion	124
5.4.1	Notwendigkeit der Abdichtung	124
5.4.2	Position und Abmessungen des Einpreßkörpers	124
5.4.3	Anordnung der Bohrlöcher und Injektionsdruck	127
5.4.4	Injektionsmittel	128
5.4.5	Wirksamkeit von Abdichtungen in kohäsionslosem Lockergestein durch Auffüllinjektion	129
5.5	Verfestigung von kohäsionslosem Lockergestein durch Auffüllinjektion	129
5.5.1	Notwendigkeit der Verfestigung	129
5.5.2	Position und Abmessungen des Einpreßkörpers	132
5.5.3	Anordnung der Bohrlöcher und Injektionsdruck	135
5.5.4	Injektionsmittel	135
5.5.5	Wirksamkeit von Verfestigungen im Lockergestein durch Auffüllinjektion	138
5.6	Verfestigung von kohäsivem Lockergestein durch Aufbrechinjektion Notwendigkeit der Verfestigung	140
5.6.1		140
5.6.2	Anordnung der Bohrlöcher und Reihenfolge der Verpressung	142
5.6.3	Injektionsdruck	143
5.6.4	Injektionsmittel	144

5.6.5	Wirksamkeit von Verfestigungen im Lockergestein durch Aufbrech- injektion	144
5.7	Verdichtungsinjektion	145
6	Probeinjektionen	149
6.1	Allgemeine Betrachtung	149
6.2	Festgestein	149
6.3	Lockergestein	155
7	Ausführung von Injektionsarbeiten	156
7.1	Überblick	156
7.2	Herstellen der Bohrlöcher	157
7.2.1	Allgemeine Betrachtung	157
7.2.2	Bohren im Festgestein	158
7.2.2.1	Drehbohren	160
7.2.2.2	Schlagbohren	162
7.2.3	Bohren im Lockergestein	165
7.2.3.1	Kohäsionsloser Boden	166
7.2.3.2	Kohäsiver Boden	166
7.2.4	Bohrausrüstung	167
7.2.4.1	Bohrmaschinen	167
7.2.4.2	Bohrspülung	169
7.2.4.3	Bohrkronen	176
7.2.4.4	Bohrgestänge und Futterrohre	180
7.2.5	Kernbohren	185
7.2.5.1	Kernbohren im Festgestein	185
7.2.5.2	Kernbohren im Lockergestein	188
7.2.5.3	Seilkernbohren	190
7.2.6	Bohrlochabweichung	190
7.3	Herstellen des Einpreßkörpers	194
7.3.1	Vorgang	194
7.3.2	Injektion im Festgestein	197
7.3.2.1	Absteigende Injektion	197
7.3.2.2	Aufsteigende Injektion	198
7.3.2.3	Injizieren an der Felsoberfläche	198
7.3.2.4	Einpressen mehrerer Injektionsmittel	199
7.3.2.5	Injektion von Karst	201
7.3.3	Injektion im Lockergestein	204
7.3.3.1	Abdichten und Verfestigen von kohäsionslosem Boden durch Auffüllinjektion	204
7.3.3.2	Verfestigen von kohäsivem Boden durch Aufbrechinjektion	207
7.3.3.3	Einpressen mehrerer Injektionsmittel	212
7.3.4	Injektionsausrüstung	213
7.3.4.1	Misch- und Einpreßstation	213
7.3.4.2	Mischer und Rührwerke	218
7.3.4.3	Injektionspumpen	221

7.3.4.4	Registriergeräte	225
7.3.4.5	Packer	229
7.3.4.6	Ventilrohr und Ventilrohrverfahren	235
8	Injektionsmittel	239
8.1	Übersicht	239
8.2	Suspensionen auf Zementbasis	241
8.2.1	Zement	241
8.2.2	Wasser	242
8.2.3	Fließeigenschaften	242
8.2.4	Sedimentierverhalten	243
8.2.5	Durchlässigkeit	247
8.2.6	Festigkeit	248
8.2.6.1	Druckfestigkeit	248
8.2.6.2	Scherfestigkeit	250
8.2.6.3	Zugfestigkeit	250
8.2.7	Füllstoffe	250
8.2.7.1	Gesteinsmehle, Schlacken und Aschen	250
8.2.7.2	Ton	252
8.2.7.3	Sand	253
8.2.8	Zusatzmittel	253
8.2.9	Dauerbeständigkeit und Erosionsstabilität	255
8.2.10	Temperatureinfluß	256
8.3	Silikatgele	259
8.3.1	Zusammensetzung und Fließeigenschaften	259
8.3.2	Eigenschaften injizierter Medien	260
8.3.2.1	Durchlässigkeit	260
8.3.2.2	Festigkeit	261
8.3.2.3	Dauerbeständigkeit und Erosionsstabilität	265
8.3.2.4	Temperatureinfluß	270
8.3.2.5	Umweltverträglichkeit	271
8.4	Andere chemische Injektionsmittel	276
8.4.1	Acrylamide und Lignosulfonate	278
8.4.2	Phenoplaste und Aminoplaste	278
8.4.3	Schaumstoffe	279
8.5	Bitumen	283
8.5.1	Bitumenemulsion	283
8.5.2	Heißbitumen	284
9	Prüfverfahren	285
9.1	Prüfen der Bohrlöcher	285
9.1.1	Bohrlochstabilität	285
9.1.2	Bohrlochabweichung	285
9.1.3	Fernsehsondierung	288
9.2	Prüfen der Injektionsmittel	289

9.2.1	Suspensionen	292
9.2.2	Silikatgele	293
9.2.3	Andere Injektionsmittel	294
9.3	Prüfen des Injektionskörpers	294
9.3.1	Prüfungen während der Herstellung	294
9.3.2	Prüfungen nach der Herstellung	295
9.3.2.1	Abdichtungsinjektionen	296
9.3.2.2	Verfestigungsinjektionen	297
10	Düsenstrahlinjektion	301
10.1	Allgemeines	301
10.2	Beschreibung der Verfahren	302
10.3	Anwendungsbereich	305
10.4	Verfahrenstechnik	307
10.4.1	Grundlegende Einflüsse	307
10.4.2	Druck und Einwirkradius	308
10.4.3	Arbeitsfortschritt	309
10.4.4	Materialbedarf	310
10.5	Maschinen und Geräte	311
10.5.1	Übersicht	311
10.5.2	Bohrgeräte	311
10.5.3	Düsenträger und Düsen	312
10.5.4	Mischanlagen	313
10.5.5	Hochdruckpumpen	313
10.6	Eigenschaften der fertigen Elemente	314
10.6.1	Zusammensetzung der Suspensionen	315
10.6.2	Druckfestigkeit der fertigen Elemente	315
10.6.3	Durchlässigkeit der fertigen Elemente	318
10.7	Ausführungsbeispiele	319
10.7.1	Geometrische Anordnung der Bohrpunkte	319
10.7.2	Abdichtung	320
10.7.3	Verfestigung	321
10.7.4	Sonstige Anwendungen	323
11	Bauvertrag und Ausschreibung	326
11.1	Einführung	326
11.2	Leistungsbeschreibung	327
11.3	Allgemeine Vertragsbedingungen	328
11.3.1	Mengenermittlung und Mengenänderungen	328
11.3.2	Haftung	329
11.3.3	Gewährleistung	329
11.3.4	Abrechnung	330
11.3.4.1	Injektionsarbeiten ohne zugesicherte Eigenschaften des Einpreßkörpers	331
11.3.4.2	Injektionsarbeiten mit zugesicherten Eigenschaften des Einpreßkörpers	335
11.4	Technische Ausführungsbestimmungen	336

11.4.1	Bohrarbeiten	336
11.4.2	Packersetzen	337
11.4.3	Wasserabpreßversuche	337
11.4.4	Injizieren	338
11.4.5	Bohrlochsondierungen	340
11.4.6	Zugesicherte Eigenschaften	340
11.5	Leistungsverzeichnis	340
11.5.1	Leistungsverzeichnis für Injektionsarbeiten unter einem Steinschüttdamm	341
11.5.2	Leistungsverzeichnis für Injektionsarbeiten zur Gebäude- unterfangung	344
 Literatur		 345
Verzeichnis genannter Firmen		357
Umrechnungstabellen		359
Sachverzeichnis		367