

Inhalt

Vorwort zur 3. Auflage	XV
Vorwort zur 2. Auflage	XVII
Vorwort zur 1. Auflage	XIX
1 Allgemeines, Übersicht der Normen und Arbeitsblätter	1
1.1 Allgemeines	2
1.1.1 Historisches	2
1.1.2 Brunnenalterung im Spiegel von Literatur und Patentschriften	3
1.1.3 Arten der Brunnenalterung und ihre relative Bedeutung	8
1.2 Einige Kennzahlen der deutschen Wasserversorgungswirtschaft	13
1.3 Brunnen in der Wasserversorgungswirtschaft	14
1.4 Regenerierung und Sanierung: Begriffe	19
1.5 Gesetze, Normen und technische Regeln	22
2 Brunnenanströmung, Brunnenbetrieb und Instandhaltung	27
2.1 Brunnenbauformen	28
2.2 Brunnenanströmung	35
2.2.1 Radialsymmetrische Brunnenanströmung	35
2.2.2 Strömungsregimes am Brunnen	38
2.2.3 Druckverluste bei der Brunnenanströmung	42
2.2.4 Reale Brunnenanströmung	45
2.3 Wasserandrang und Fassungsvermögen	50
2.4 Hydraulische Brunnenbemessung	53
2.5 Brunnenbetrieb	59
2.6 Brunneninstandhaltung	62
2.7 Brunnenmonitoring	72
2.8 Einfluss der Brunnenalterung auf die Brunnenhydraulik und den Brunnenbetrieb	85
3 Chemische Prozesse der Brunnenalterung	89
3.1 Materialalterung	90
3.1.1 Begriffe	90
3.1.2 Elektrochemische Korrosion	90

3.1.3	Mikrobiell induzierte Korrosion	92
3.1.4	Alterung von nicht-metallischen Werkstoffen	93
3.2	Verockerung: Eisen- und Manganoxide	94
3.2.1	Chemische Prozesse der Verockerung	94
3.2.2	Mischungsprozesse als Auslöser der Verockerung	97
3.2.3	Massenbilanzierung der Verockerung: Beispielrechnungen.....	102
3.2.4	Mineralbestand und Geochemie der Verockerung.....	103
3.2.5	Alterung von Eisen- und Manganoxiden	106
3.2.6	Struktureller Aufbau der Verockerung	109
3.2.7	Mikrobiologie der Verockerung.....	110
3.2.8	Verockerung und Brunnenhydraulik	119
3.2.9	Verockerungsanfälligkeit	121
3.3	Versinterungen (Karbonate)	121
3.4	Aluminiumhydroxid-Inkrustationen	124
3.5	Sulfide.....	127
3.6	Sulfate (Gips)	129
3.7	Verschleimungen (Bioclogging)	129
3.8	Passiv inkorporierte Bestandteile von Inkrustationen	131
3.9	Verteilung von Inkrustationen im Brunnen.....	131
4	Mechanische Brunnenalterungsprozesse	141
4.1	Partikelinduzierte Alterung.....	142
4.1.1	Mobilisierung und Transport von Partikeln im porösen Medium.....	142
4.1.2	Partikelfiltration im porösen Medium.....	146
4.1.3	Filtrationsprozesse am Brunnen.....	151
4.1.4	Abrasion	158
4.1.5	Versandung.....	160
4.2	Setzungen	165
4.3	Pflanzenwurzeln	175
4.4	Vandalismus	176
5	Sonderformen der Alterung	179
5.1	Alterungsprozesse in Horizontalfilterbrunnen.....	180
5.2	Alterungsprozesse in Injektionsbrunnen	181
5.3	Alterungsprozesse in Festgesteinsbrunnen	187
5.4	Alterungsprozesse in speziellen Wasserfassungen.....	188
5.4.1	Geothermische Brunnen und Anlagen	188
5.4.2	Felddrainagen.....	188
5.4.3	Drainagesysteme von sauren Grubenwässern.....	189
5.4.4	Drainagesysteme von Deponien und Abwassersystemen	189
5.5	Alterungsprozesse von Grundwassermessstellen	189

5.6	Alterungsprozesse von Brunnenpumpen	191
5.6.1	Pumpe und Motor – Grundsätzlicher Aufbau	191
5.6.2	Pumpenbetrieb	192
5.6.3	Erwärmung und Kühlung	194
5.6.4	Verockerung von Pumpen	196
5.6.5	Sandverschleiß	199
5.6.6	Korrosion von Pumpenteilen	201
5.6.7	Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen des Pumpenbetriebs	202
6	Identifizierung und Quantifizierung der Brunnenalterung	205
6.1	Kamerabefahrung	206
6.2	Leistungspumpversuche	211
6.3	Bohrlochgeophysik in Brunnen	220
6.4	Direkte Messung der Inkrustationsneigung von Brunnen	245
6.5	Beprobung und Untersuchung von Inkrustationen	246
6.6	Partikelzählung	249
6.7	Massenbilanzierung des bei Regenerierungen entfernten Materials	249
6.8	Hydrogeochemische Modellierungen.....	252
6.9	Wann regeneriere ich einen Brunnen?.....	254
6.10	Regenerierung oder Sanierung bzw. Neubau eines Brunnens?.....	259
6.11	Ist der Brunnen regenerierfähig?	269
7	Kostenbetrachtungen bei der Regenerierung und Sanierung	273
7.1	Ökonomische Grundlagen und Bewertungsmaßstäbe für Brunnen	274
7.2	Finanzmathematische Grundlagen.....	278
7.3	Anwendung der Annuitätsmethode bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung von Brunnen	281
7.4	Anwendung der Diskontierungsmethode bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung von Brunnen	283
7.5	Wirtschaftlichkeit von Regenerierungen und baulichen Maßnahmen	286
7.6	Kostenspannbreiten von Regenerierungen und Sanierungen	289
8	Mechanische Regeneriervverfahren	293
8.1	Grundlagen und Funktionsprinzipien	294
8.2	Bürsten und Auspumpen.....	310
8.3	Hydraulische Methoden	313

8.3.1	Suffosion der gelösten Ablagerungen	313
8.3.2	Kolben	313
8.3.3	Intensiventnahme	316
8.3.4	Mehrkammergeräte	333
8.3.5	Niederdruck-Innenspülung („Jetting“)	337
8.3.6	Hochdruckspülverfahren	339
8.3.7	Außenspülung mit Lanzen	343
8.4	Thermische Verfahren.....	346
8.4.1	Dampfinjektion („Geysir-Verfahren“).....	346
8.4.2	Regenerierung mit tiefkaltem Kohlendioxid (CO ₂)	347
8.4.3	Regenerierung durch hydraulische Stimulation („Fracking“).....	350
8.5	Impulsverfahren.....	351
8.5.1	Anregung und Wirkungsweise.....	351

8.5.2	Sprengstoff.....	354
8.5.3	Gaszündung	357
8.5.4	Druckentspannung komprimierter Gase	358
8.5.5	Ultraschall.....	359
8.5.6	Roto-Kavitation	362
8.5.7	Funkenentladung.....	363
8.6	Chancen und Risiken der energiereichen Regeneriervverfahren	364
8.7	Methodenvergleich	365
8.8	Mechanische Regenerierung von Horizontalfilterbrunnen	368
9	Chemische Brunnenregenerierung.....	375
9.1	Genehmigung	376
9.2	Reaktionsmechanismen	376
9.2.1	Grundlagen.....	376
9.2.2	Auflösen von Eisen- und Manganoxiden.....	377
9.2.3	Auflösen von Karbonaten (Versinterungen)	383
9.2.4	Auflösen von Aluminiumhydroxiden	384
9.2.5	Auflösen von Sulfiden.....	384
9.2.6	Auflösen von Sulfaten (Gips)	385
9.2.7	Oxidation/Auflösen von Biomasse (Schleim).....	385
9.2.8	Entfernung von Bohrspülungsresten.....	386
9.2.9	Entfernung von weiteren Inkrustationstypen.....	387
9.3	Kombination von Chemikalien.....	388
9.4	Zusatzstoffe und Hilfsmittel.....	388
9.5	Regenerierchemikalien im Vergleich.....	390
9.6	Chemische Regenerierung in der Praxis	392
9.6.1	Allgemeines	392
9.6.2	Sicherheit beim Transport und auf der Baustelle	394
9.6.3	Sind chemische Regenerierungen überhaupt notwendig?	397
9.7	Entsorgung der Rückstände.....	398
9.7.1	Allgemeines	398
9.7.2	Neutralisation von anorganischen Säuren	400
9.7.3	Entsorgung von organischen Säuren	400
9.7.4	Neutralisation von Basen	401
9.7.5	Entsorgung von Reduktionsmitteln	401
9.7.6	9.7.6 Entsorgung von Feststoffen und Schlämmen	401
10	Sanierung und Rückbau	403
10.1	Grundlagen Brunnensanierung.....	404
10.2	Grundlagen Brunnenrückbau	411
10.3	Sanierung von Brunnen.....	415

10.3.1	Identifikation und Bewertung von Schäden an Brunnen	415
10.3.2	Ausführungsrisiken von Sanierungsarbeiten	430
10.3.3	Möglichkeiten und Grenzen der Sanierungsmethoden	438
10.3.3.1	Entscheidungskriterien	438
10.3.3.2	Einschubverrohrungen und Manschetten	440
10.3.3.3	Nachträgliche Ringraumverpressungen	446
10.3.3.4	Überbohren, Ausbohren und Überwaschen	449
10.4	Sanierung von Horizontalfilterbrunnen	465
10.5	Rückbaumethoden	467
11	Praktische Durchführung einer Regenerierung	483
11.1	Planung	484
11.1.1	Problemdefinition	484
11.1.2	Leistungsverzeichnis	487
11.1.3	Auswahl des Verfahrens	489
11.1.4	Auswahl des durchführenden Unternehmens	490
11.1.5	Genehmigung durch die Behörden	493
11.2	Ausführung	494
11.2.1	Baustelleneinrichtung	494
11.2.2	Arbeitssicherheit	497
11.2.3	Prozessüberwachung	501
11.2.4	Entsorgung der Rückstände	502
11.3	Nachhaltigkeit von Regeneriermaßnahmen	503
11.4	Verkeimung	507
11.4.1	Allgemeines	507
11.4.2	Verkeimung bei Verwendung organischer Regeneriermittel	508
11.4.3	Andere Verkeimungsursachen	509
11.4.4	Gegenmaßnahmen	509
11.5	Mechanische Schäden bei Brunnenregenerierungen	510
11.6	Nach der Regenerierung: Probleme und offene Fragen	512
11.6.1	Wann ist die nächste Regenerierung fällig?	512
11.6.2	Die Leistungszunahme nach der Regenerierung war gering – was nun?	513
12	Prävention	515
12.1	Mikrobizide Verfahren	516
12.1.1	Einleitung	516
12.1.2	Chemische Desinfektion	516
12.1.3	Erhitzen („Pasteurisieren“)	519
12.1.4	Ionisierende Bestrahlung	519
12.1.5	Einsatz von Bakteriophagen	521

12.2	Chemische und physikalische Verfahren.....	522
12.2.1	Chemische Inhibierung.....	522
12.2.2	Säuerung	523
12.2.3	Elektrochemische Verfahren.....	523
12.2.4	Magnetische Verfahren.....	524
12.3	Planerische, bautechnische und betriebliche Maßnahmen.....	525
12.3.1	Planung, Bohrverfahren, Ausbau und Entwicklung.....	525
12.3.2	Betrieb	528
12.3.3	Saugstromsteuerung	530
12.3.4	Druckbegasung mit Inertgas	533
12.3.5	Unterirdische Enteisung	535
12.3.6	Tiefengestaffelte Entnahme.....	536
12.3.7	Filterkiesspülungsrohre	537
13	Die zehn Gebote der Brunnenregenerierung	539
14	Literaturverzeichnis.....	541
14.1	Internetquellen:.....	567
	Bilderverzeichnis.....	569
	Tabellenverzeichnis	588
	Stichwortverzeichnis.....	591
	Inserentenverzeichnis	599