

Inhalt

Vorwort zur 2. Auflage	1
Danksagung	3
Vorwort zur 1. Auflage	5
1 Allgemeines, Übersicht der Normen und Arbeitsblätter	7
1.1 Allgemeines	7
1.1.1 Historisches	7
1.1.2 Brunnenalterung im Spiegel von Literatur und Patentschriften	8
1.1.3 Arten der Brunnenalterung und ihre relative Bedeutung	10
1.2 Einige Kennzahlen der deutschen Wasserversorgungswirtschaft	14
1.3 Brunnen in der Wasserversorgungswirtschaft	14
1.4 Regenerierung und Sanierung: Begriffe	19
1.5 Gesetze, Normen und technische Regeln	20
2 Brunnenanströmung, Brunnenbetrieb und Instandhaltung	23
2.1 Brunnenbauformen	23
2.2 Brunnenanströmung	28
2.2.1 Radialsymmetrische Brunnenanströmung	28
2.2.2 Laminare und turbulente Strömung	31
2.2.3 Druckverluste bei der Brunnenanströmung	34
2.2.4 Reale Brunnenanströmung	37
2.3 Wasserandrang und Fassungsvermögen	41
2.4 Hydraulische Brunnenbemessung	44

2.5	Brunnenbetrieb	49
2.6	Brunneninstandhaltung	52
2.7	Brunnenmonitoring	62
2.8	Einfluss der Brunnenalterung auf die Brunnenhydraulik und den Brunnenbetrieb	72
3	Chemische Prozesse der Brunnenalterung	77
3.1	Korrosion	77
3.1.1	Begriffe	77
3.1.2	Elektrochemische Korrosion	77
3.1.3	Mikrobiell induzierte Korrosion	79
3.1.4	Alterung von nicht-metallischen Werkstoffen	80
3.2	Verockerung: Eisen- und Manganoxide	81
3.2.1	Chemische Prozesse der Verockerung	81
3.2.2	Mischungsprozesse als Auslöser der Verockerung	84
3.2.3	Massenbilanzierung der Verockerung: Beispielrechnungen	88
3.2.4	Mineralbestand und Geochemie der Verockerung	89
3.2.5	Alterung von Eisen- und Manganoxiden	91
3.2.6	Struktureller Aufbau der Verockerung	95
3.2.7	Mikrobiologie der Verockerung	95
3.2.8	Verockerung und Brunnenhydraulik	104
3.2.9	Verockerungsanfälligkeit	105
3.3	Versinterungen (Karbonate)	105
3.4	Aluminiumhydroxid-Inkrustationen	108
3.5	Sulfide	109
3.6	Sulfate (Gips)	111
3.7	Verschleimungen	111
3.8	Passiv inkorporierte Bestandteile von Inkrustationen	112
3.9	Verteilung von Inkrustationen im Brunnen	112
4	Mechanische Brunnenalterungsprozesse	123
4.1	Partikel-induzierte Alterung	123
4.1.1	Mobilisierung und Transport von Partikeln im porösen Medium	123
4.1.2	Partikelfiltration im porösen Medium	127
4.1.3	Filtrationsprozesse am Brunnen	132
4.1.4	Abrasion	137
4.1.5	Versandung	138
4.2	Setzungen	142

4.3	Pflanzenwurzeln	151
4.4	Vandalismus	151
5	Sonderformen der Alterung.....	153
5.1	Alterungsprozesse in Horizontalfilterbrunnen	153
5.2	Alterungsprozesse in Infiltrationsbrunnen	154
5.3	Alterungsprozesse in Festgesteinsbrunnen.....	159
5.4	Alterungsprozesse in speziellen Wasserfassungen.....	160
5.4.1	Geothermische Brunnen und Anlagen	160
5.4.2	Felddrainagen	160
5.4.3	Drainagesysteme von sauren Grubenwässern	161
5.4.4	Drainagesysteme von Deponien und Abwassersystemen	161
5.5	Alterungsprozesse von Brunnenpumpen	161
5.5.1	Pumpe und Motor – grundsätzlicher Aufbau	161
5.5.2	Pumpenbetrieb	162
5.5.3	Erwärmung und Kühlung.....	164
5.5.4	Verockerung von Pumpen.....	167
5.5.5	Sandverschleiß	169
5.5.6	Korrosion von Pumpenteilen	171
5.5.7	Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen des Pumpenbetriebs	172
6	Identifizierung und Quantifizierung der Brunnenalterung	175
6.1	Kamerabefahrung	175
6.2	Leistungspumpversuche	179
6.3	Bohrlochgeophysik in Brunnen	185
6.4	Direkte Messung der Inkrustationsneigung von Brunnen	202
6.5	Beprobung und Untersuchung von Inkrustationen.....	203
6.6	Partikelzählung	205
6.7	Massenbilanzierung des bei Regenerierungen entfernten Materials	205
6.8	Hydrogeochemische Modellierungen.....	208
6.9	Wann regeneriere ich einen Brunnen?	210
6.10	Sanierung oder Neubau eines Brunnens?.....	214

7	Kostenbetrachtungen bei der Regenerierung und Sanierung	225
7.1	Ökonomische Grundlagen und Bewertungsmaßstäbe für Brunnen	225
7.2	Finanzmathematische Grundlagen	228
7.3	Anwendung der Annuitätsmethode bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung von Brunnen	231
7.4	Anwendung der Diskontierungsmethode bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung von Brunnen	234
7.5	Wirtschaftlichkeit von Regenerier- und baulichen Maßnahmen bei Brunnen	237
7.6	Kostenspannbreiten von Regenerierungs- und Sanierungsmaßnahmen	239
8	Mechanische Regenerierverfahren	243
8.1	Grundlagen und Funktionsprinzipien	243
8.2	Bürsten und Auspumpen	254
8.3	Hydraulische Methoden	257
8.3.1	Suffosion der gelösten Ablagerungen	257
8.3.2	Kolben	257
8.3.3	Intensiventnahme	259
8.3.4	Mehrkammergeräte	269
8.3.5	Niederdruckinnenspülung („Jetting“)	271
8.3.6	Hochdruckspülverfahren	273
8.3.7	Außenspülung mit Lanzen	277
8.4	Thermische Verfahren	278
8.4.1	Dampfinjektion („Geysir-Verfahren“)	278
8.4.2	Regenerierung mit tiefkaltem Kohlendioxid (CO ₂)	279
8.5	Impulsverfahren	282
8.5.1	Anregung und Wirkungsweise	282
8.5.2	Sprengstoff	286
8.5.3	Gaszündung	288
8.5.4	Druckentspannung komprimierter Gase	289
8.5.5	Ultraschall	290
8.5.6	Roto-Kavitation	292
8.6	Methodenvergleich	293

9	Chemische Brunnenregenerierung	297
9.1	Genehmigung	297
9.2	Reaktionsmechanismen	297
9.2.1	Grundlagen	297
9.2.2	Auflösen von Eisen- und Manganoxiden	298
9.2.3	Auflösen von Karbonaten (Versinterungen)	303
9.2.4	Auflösen von Aluminiumhydroxiden	304
9.2.5	Auflösen von Sulfiden	304
9.2.6	Auflösen von Sulfaten (Gips)	305
9.2.7	Oxidation/Auflösen von Biomasse (Schleim)	305
9.2.8	Entfernung von Bohrspülungsresten	306
9.3	Kombination von Chemikalien	307
9.4	Zusatzstoffe und Hilfsmittel	308
9.5	Regenerierchemikalien im Vergleich	309
9.6	Chemische Regenerierung in der Praxis	311
9.6.1	Allgemeines	311
9.6.2	Sicherheit beim Transport und auf der Baustelle	313
9.6.3	Sind chemische Regenerierungen überhaupt notwendig?	316
9.7	Entsorgung der Rückstände	316
9.7.1	Allgemeines	316
9.7.2	Neutralisation von anorganischen Säuren	317
9.7.3	Entsorgung von organischen Säuren	318
9.7.4	Neutralisation von Basen	318
9.7.5	Entsorgung von Reduktionsmitteln	318
9.7.6	Entsorgung von Feststoffen und Schlämmen	319
10	Sanierung und Rückbau	321
10.1	Grundlagen Brunnensanierung	321
10.2	Grundlagen Brunnenrückbau	325
10.3	Sanierung von Brunnen	327
10.3.1	Identifikation und Bewertung von Schäden an Brunnen	327
10.3.2	Ausführungsrisiken von Teil- und Komplettsanierungen	330
10.3.3	Möglichkeiten und Grenzen der Sanierungsmethoden	336
10.3.3.1	Entscheidungskriterien	336
10.3.3.2	Einschubverrohrungen	338
10.3.3.3	Ringraumverpressungen	342
10.3.3.4	Überbohren und Ausbohren des Ausbaus	345
10.4	Sanierung von Horizontalfilterbrunnen	354
10.5	Rückbaumethoden	356

11	Praktische Durchführung einer Regenerierung	367
11.1	Planung	367
11.1.1	Problemdefinition	367
11.1.2	Leistungsverzeichnis	370
11.1.3	Auswahl des Verfahrens	372
11.1.4	Auswahl des durchführenden Unternehmens	373
11.1.5	Genehmigung durch die Behörden	375
11.2	Ausführung	376
11.2.1	Baustelleneinrichtung	376
11.2.2	Arbeitssicherheit	378
11.2.3	Prozessüberwachung	382
11.2.4	Entsorgung der Rückstände	383
11.3	Nachhaltigkeit von Regeneriermaßnahmen	383
11.4	Verkeimung	386
11.4.1	Allgemeines	386
11.4.2	Verkeimung bei Verwendung organischer Regeneriermittel	387
11.4.3	Andere Verkeimungsursachen	387
11.4.4	Gegenmaßnahmen	388
11.5	Mechanische Schäden bei Brunnenregenerierungen	389
11.6	Nach der Regenerierung: Probleme und offene Fragen	390
11.6.1	Wann ist die nächste Regenerierung fällig?	390
11.6.2	Die Leistungszunahme nach der Regenerierung war nur gering – was nun?	391
12	Prävention	395
12.1	Mikrobizide Verfahren	395
12.1.1	Einleitung	395
12.1.2	Chemische Desinfektion	395
12.1.3	Erhitzen („Pasteurisieren“)	397
12.1.4	Ionisierende Bestrahlung	397
12.1.5	Einsatz von Bakteriophagen	399
12.2	Chemische und physikalische Verfahren	400
12.2.1	Chemische Inhibierung	400
12.2.2	Säuerung	400
12.2.3	Elektrochemische Verfahren	401
12.2.4	Magnetische Verfahren	402

12.3	Planerische, bautechnische und betriebliche Maßnahmen.....	403
12.3.1	Planung, Bohrverfahren, Ausbau und Entwicklung.....	403
12.3.2	Betrieb.....	405
12.3.3	Saugstromsteuerung.....	407
12.3.4	Druckbegasung mit Inertgas.....	409
12.3.5	Unterirdische Enteisung.....	410
12.3.6	Tiefengestaffelte Entnahme.....	411
12.3.7	Filterkiesspülungsrohre.....	412
13	Die zehn Gebote der Brunnenregenerierung.....	415
14	Literaturverzeichnis.....	417
15	Stichwortverzeichnis.....	447
16	Abbildungsverzeichnis.....	459
17	Tabellenverzeichnis.....	479
18	Anhang.....	483