

Inhalt

1	Historische Entwicklung der Wassergewinnung	1
1.1	Wie entstand eine Wasserversorgung?	1
1.2	Das Fassen von Quellen	4
1.3	Entwicklung des Brunnenbaus.....	7
1.4	Brunnen als Grundstein einer modernen Wasserversorgung	17
2	Einige Kennzahlen zur Wasserversorgung in Deutschland	25
2.1	Hydrologische und wasserwirtschaftliche Voraussetzungen für die Brunnenplanung	25
2.2	Wasserbedarf als Grundlage der Brunnenplanung.....	29
3	Grundwasserfassungen.....	37
3.1	Allgemeine Hinweise.....	37
3.2	Schachtbrunnen	37
3.2.1	Entwicklung und heutige Nutzungsmöglichkeiten	37
3.2.2	Konstruktive Eigenschaften von Schachtbrunnen	41
3.2.3	Schwachstellen eines Schachtbrunnens	46
3.2.4	Anforderungen an den Bau von Schachtbrunnen	48
3.3	Bohrbrunnen	50
3.3.1	Allgemeines.....	50
3.3.2	Entwicklungen in der Gestaltung des Bohrbrunnens	54
3.3.3	Heutige Anforderungsprofile an Bohrbrunnen	57
3.4	Sickerrohrleitungen	61
3.4.1	Sickerrohrleitungen im Lockergestein	61
3.4.2	Sickerrohrleitungen im Festgestein	65
3.5	Horizontalfilterbrunnen	67
3.5.1	Allgemeines.....	67
3.5.2	Herstellungsverfahren für die Stränge.....	70
3.5.3	Bemessungsgrundsätze	77
3.5.4	Einfluss der Strangposition auf die Ergiebigkeit.....	81
3.6	HDD-Brunnen („verlaufsgesteuert hergestellter“ Horizontalbrunnen)	86
4	Verwendungsgebiete des Bohrbrunnens.....	95
4.1	Allgemeines.....	95
4.2	Bohrbrunnen für die Wassergewinnung.....	96
4.3	Bohrbrunnen für die Grundwasserabsenkung	100
4.4	Bohrbrunnen zur Grundwasseranreicherung und Uferfiltratgewinnung.....	103
4.4.1	Allgemeines.....	103
4.4.2	Betriebstechnische Problemstellung bei der Grundwasseranreicherung	107

4.4.3	Einflussgrößen auf die Infiltrationsleistung von Schluckbrunnen	111
4.4.4	Bemessungshinweise für Schluckbrunnen	118
5.	Ausbildung des Bohrbrunnens.....	125
5.1	Bestimmungsfaktoren für die Bauform	125
5.2	Bauformen des Bohrbrunnens	125
5.2.1	Filterlose Bohrbrunnen	125
5.2.2	Kiesschüttungsbrunnen bei verrohrter Bohrung	131
5.2.3	Kiesschüttungsbrunnen bei unverrohrter Bohrung	133
5.2.4	Kiesschüttungsbrunnen bei Anwendung von Spülbohrverfahren	134
5.2.5	Kiesschüttungsbrunnen mit erweitertem Schüttgutraum	137
5.2.6	Kiesschüttungsbrunnen im Festgestein	138
5.2.7	Kiesbelagfilterbrunnen	139
5.2.8	Gewebefilterbrunnen	140
5.2.9	Bohrtechnisch vertiefter Schachtbrunnen.....	141
5.2.10	Rammbrunnen	143
5.2.11	Spülfilterbrunnen.....	143
5.2.12	Flachspiegel-, Tiefspiegel- und Überlaufbrunnen	144
5.3	Grundlagen zur Bemessung eines Bohrbrunnens	146
5.3.1	Allgemeines zur Brunnenbemessung.....	146
5.3.2	Einflussfaktoren auf die Brunnenbemessung.....	152
5.3.3	Grundlagen der hydraulischen Brunnenbemessung	155
5.3.4	Grundlagen der statischen Brunnenbemessung	157
5.3.5	Brunnenhauptabmessungen	163
5.3.5.1	Ausbaudurchmesser	163
5.3.5.2	Bohrenddurchmesser	165
5.3.5.3	Filterrohrlänge	168
5.3.5.4	Brunnentiefe (Bohrteufe).....	171
5.3.5.5	Einfluss der Wasserspiegellage auf die Bemessung	174
5.4	Brunnenfilterrohre und Brunnenrohre.....	174
5.4.1	Allgemeines.....	174
5.4.2	Anforderungen an Brunnenfilterrohre	176
5.4.2.1	Einfluss auf Sandführung und Trübungen im Brunnenwasser.....	176
5.4.2.2	Einfluss auf den Filtreintrittswiderstand.....	178
5.4.2.3	Einfluss auf die Beständigkeit gegenüber Korrosion	188
5.4.2.4	Einfluss der mechanischen Festigkeit	195
5.4.2.5	Einfluss der hygienischen Beschaffenheit des verwendeten Werkstoffes	204
5.4.2.6	Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit.....	204
5.4.2.7	Einfluss auf die Betriebssicherheit	205
5.5	Entwicklung der Brunnenfilterrohre	206
5.5.1	Geschichtlicher Rückblick	206
5.5.2	Gewebefilter	208

5.5.3	Kies- und Kiesbelagfilter.....	209
5.5.4	Filterrohrwerkstoffe	212
5.5.5	Verschiedene ältere Filterrohrkonstruktionen.....	214
5.5.6	Brunnenrohrmaterialien für Bohrbrunnen	217
5.5.6.1	Normen für die Brunnenrohre.....	217
5.5.6.2	Stahlfilterrohre für kleine Bohr- und Rammbrunnen	217
5.5.6.3	Stahlfilterrohre für größere Bohrbrunnen.....	219
5.5.6.4	Filterrohre in Wickeldrahttechnik	231
5.5.6.5	PVC-Filter- und Vollwandrohre für Bohrbrunnen	238
5.5.6.6	Zusammenfassende Übersicht über die Brunnenausbaurohre.....	247
5.5.6.7	Drahtgewebe im Brunnenbau.....	253
5.6	Ringraumschüttungen im Filterbereich	254
5.6.1	Filtersande und Filterkiese nach DIN 4924	254
5.6.2	Glaskugeln	263
5.6.3	Schüttgutbemessung	271
5.6.3.1	Grundlagen	271
5.6.3.2	Modelltheorien zur Bestimmung der Schüttkorngröße.....	274
5.6.3.3	Entwicklung der Schüttgutbemessung von Bohrbrunnen.....	288

5.6.3.4	Aufgabe der Ringraumschüttung in Festgesteinsbrunnen	295
5.6.4	Schüttkornbestimmung nach DVGW W 113 (1983 bis 2001).....	297
5.6.4.1	Entwicklung der Bestimmungsmethoden	297
5.6.4.2	Schüttkornbestimmung und Kennwerte aus Siebanalysen nach dem bisherigen DVGW W 113 (2001)	307
5.6.4.3	Modifizierte Schüttkornbestimmung nach DVGW EW 113 (2020)	308
5.6.4.4	Probenqualität für die Schüttkornbestimmung	311
5.6.4.5	Nutzung einer Aufschlussbohrung nach der Schüttgutbestimmung	319
5.6.4.6	Sedimentuntersuchungen im Labor	321
5.6.4.7	Brunnenausbauplanung – erster Schritt: Kompromissfindung.....	350
5.6.4.8	„Hydraulische Kette“ – die Vervollständigung des Durchlässigkeits- kontrastes	355
5.6.5	Durchlässigkeit von Glaskugel- und Kornfilterschüttgütern nach DIN 4924	358
5.6.6	Schüttungstechniken	361
5.7	Materialien zur Abdichtung von Bohrbrunnen	362
5.7.1	Was bedeutet „dicht“ im Brunnenbau?	362
5.7.2	Abdichtung durch Sperrohre.....	369
5.7.3	Abdichtungsmedien im Brunnenbau.....	379
5.7.3.1	Geschüttete Abdichtungsmedien.....	379
5.7.3.2	Verfüllbaustoffe	388
5.8	Brunnenabschlussbauwerke	403
5.8.1	Allgemeines.....	403
5.8.2	Gestaltung des Brunnenvorschachtes	410
5.8.2.1	Aufgaben des Abschlussbauwerkes	410
5.8.2.2	Einfluss der Fördertechnik auf die Bauwerksgestaltung.....	419
5.8.2.3	Bauliche Grundsätze	421
5.8.2.4	Bohrbrunnen-Abschlussköpfe.....	427
5.8.2.5	Schutzrohre für Peilrohre	432
5.8.2.6	Schachtwanddurchführungen	435
5.8.2.7	Be- und Entlüftungseinrichtungen.....	438
5.8.2.8	Schachtabdeckungen.....	443
5.8.2.9	Schachtleitern	446
5.8.2.10	Entnahmeverrichtungen für Wasserproben	448
5.8.2.11	Brunnenwasserzähler	449
5.8.2.12	Wasserspiegelmessung und Trockenlaufschutz	451
5.8.2.13	Anstricharbeiten.....	454
5.8.2.14	Bauformen oberirdischer Abschlussbauwerke	459
5.8.2.15	Sonderausführungen von Abschlussschächten	461
5.8.3	Elektrische Ausrüstung der Brunnenvorschächte.....	462
5.9	Anforderungen an artesische Brunnen.....	466
5.9.1	Allgemeine Hinweise.....	466
5.9.2	Abteufen artesischer Brunnen	468

5.9.3	Ausbau eines artesischen Brunnens	470
5.9.4	Betrieb artesischer Brunnen	473
6	Planungsgrundsätze für Bohrbrunnen	475
6.1	Grundbegriffe zur Planung einer Wassergewinnungsanlage	475
6.1.1	Allgemeines	475
6.1.2	Begriffe und Definitionen rund um das Grundwasser	478
6.1.3	Gewinnung von Uferfiltrat	485
6.1.4	Künstliche Grundwasseranreicherung	489
6.1.5	Typologie von Grundwasserleitern – Gewinnung von Grundwasser	496
6.1.6	Darcysches Filtergesetz	502
6.2	Hydraulik von Brunnen	505
6.2.1	Strömungsregime um Vertikalfilterbrunnen und ihre mathematische Beschreibung	505
6.2.2	Beiträge der Brunnenkomponenten zur Gesamtabenkung	510
6.2.3	Instationäre Zuströmung zum Brunnen	514
6.2.4	Zusammenfassung der hydraulischen Bemessungskriterien für Bohrbrunnen	514
6.2.5	Einfluss der Brunnengeometrie	518
6.2.6	Abweichungen von der idealen Geometrie	521
6.2.7	Numerische Modellierung der Brunnenanströmung	526
6.2.8	Vereinfachte Bestimmung der günstigsten Brunnenleistung	527
6.2.9	Mehrbrunnengleichungen	537
6.2.10	Mehrbrunnengleichung von Paavel	537
6.3	Auswahl des Standortes	539
6.3.1	Erste Erhebungen	539
6.3.2	Beurteilung der Situation	540
6.3.3	Vorauswahl des Fassungsgebietes	541
6.4	Hydrogeologische Arbeiten und Erkundungsbedarf	541
6.4.1	Aufgabenstellung	541
6.4.2	Oberflächengeophysik bei der Erkundung	543
6.4.3	Bohrtechnische Untersuchungen	547
6.4.3.1	Bestimmung von Bohransatzpunkten	547
6.4.3.2	Aufschlussbohrungen	549
6.4.3.3	Versuchsbohrung	557
6.4.3.4	Ausbau zur Grundwassermessstelle	557
6.4.3.5	Versuchsbrunnen	560
6.4.3.6	Hydrogeologische Vorarbeiten im Festgestein	562
6.4.4	Hydraulische Tests	563
6.4.4.1	Allgemeines	563
6.4.4.2	Kurzpumpversuch zur Wasserprobenentnahme	564
6.4.4.3	Kurzpumpversuch zur Ermittlung der spezifischen Ergiebigkeit	566
6.4.4.4	Grundwasserleitertest	567

6.4.4.5	Auswertung von Pumpversuchen	571
6.4.4.6	Weitere Methoden zur Ermittlung des Durchlässigkeitsbeiwertes	581
6.4.4.7	Entnahmegrenze und Reichweite	584
6.4.4.8	Absenkung und Wasserentnahme	587
6.4.4.9	Absenkung und Mächtigkeit des Grundwasserleiters	588
6.4.4.10	Brunnendurchmesser und Wasserandrang	588
6.4.4.11	Markierungsversuche	589
6.4.5	Bohrlochgeophysik im Bohraufschluss	594
6.4.5.1	Einführung	594
6.4.5.2	Messungen in offenen Bohrungen zur Erkundung und Erschließung von Grundwasser	597
6.4.5.3	Vermessung von Aufschlussbohrungen im Lockergestein	598
6.4.5.4	Vermessung von Aufschlussbohrungen im Festgestein	599
6.4.6	Hinweise zu Messungen und Aufschreibungen bei hydrogeologischen Vorarbeiten	602
6.5	Auswertung der Messergebnisse und hydrogeologisches Gutachten ..	605
6.6	Qualitative Anforderungen an das Grundwasser	609

6.6.1	Allgemeine Hinweise.....	609
6.6.2	Entnahme von Wasserproben	614
6.6.3	Indikatoren für chemische und mikrobiologische Gefährdungspotenziale.....	615
6.7	Die Planung von Wassergewinnungsanlagen – Leistungsinhalte und Honorarermittlung	626
6.7.1	Einführung.....	626
6.7.1.1	Allgemeines.....	626
6.7.1.2	Grundlagen der Planungsarbeit.....	627
6.7.1.3	Hauptabschnitte der Planungsarbeit.....	629
6.7.1.4	Kriterien zur erfolgreichen Auswahl des Fachplaners	630
6.7.2	Fachliche Vorarbeiten	630
6.7.3	Anwendung der HOAI für das „Objekt“ Wasserfassungsanlage	632
6.7.3.1	Allgemeines.....	632
6.7.3.2	Gliederung der HOAI nach Honorarzonen	632
6.7.3.3	Leistungsbild der Ingenieurarbeiten	634
6.7.3.4	Ingenieurhonorar.....	634
6.7.3.5	Beispiel für Honorarberechnung über Honorartafeln	636
6.7.3.6	Beispielhafte Ermittlung des Honorars für „Besondere Leistungen“	637
6.7.3.7	Grundlagenermittlung	637
6.7.3.8	Vorplanung.....	642
6.7.3.9	Entwurfsplanung.....	644
6.7.3.10	Genehmigungsplanung	647
6.7.3.11	Ausführungsplanung und Vorbereitung der Vergabe	648
6.7.3.12	Mitwirkung bei der Vergabe.....	650
6.7.3.13	Bauoberleitung und örtliche Bauüberwachung	650
6.7.3.14	Objektbetreuung und Dokumentation.....	651
6.8	Beratung durch sachverständige Personen.....	651
6.9	Wasserrechtliche Voraussetzungen.....	652
6.10	Ökologische Restriktionen für die Wasserentnahme aus Bohrbrunnen	658
6.11	Anforderungen an das Wasserschutzgebiet	663
7	Aufstellen der Vergabeunterlagen, Ausschreibung und Auftragsvergabe.....	669
7.1	Einführung.....	669
7.2	Hinweise zur Vergabe und Vertragsordnung (VOB) für Brunnenbauleistungen.....	672
7.3	VOB, Teil A – Allgemeine Bestimmungen für die Vergabe von Bauleistungen, DIN 1960	675
7.3.1	Allgemeine Informationen zur Anwendung der VOB Teil A.....	675
7.3.2	Leistungsbeschreibung und -verzeichnis gemäß VOB Teil A für Brunnenbauleistungen.....	675

7.3.3	Leistungsbeschreibung und -verzeichnis gemäß VOB Teil A für Brunnenbauarbeiten	677
7.4	VOB, Teil B – Allgemeine Vertragsbedingungen für die Ausführung von Bauleistungen, DIN 1961	679
7.5	VOB Teil C „Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen“ (ATV)	682
7.5.1	Einleitung	682
7.5.2	DIN 18299 – Allgemeine Regelungen für Bauarbeiten jeder Art.....	684
7.5.3	DIN 18300 „Erdarbeiten“	685
7.5.4	DIN 18301 „Bohrarbeiten“	685
7.5.5	DIN 18302 „Arbeiten zum Ausbau von Bohrungen“	688
7.6	Zustandekommen eines Bauvertrages	690
7.6.1	Allgemeine Hinweise.....	690
7.6.2	Aufstellen des Leistungsverzeichnisses.....	691
7.6.3	Besondere Vertragsbedingungen (BVB).....	694
7.6.4	Zusätzliche Vertragsbedingungen (ZVB)	694
7.6.5	Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen (ZTVB)	694
7.6.6	Angebot.....	695
7.6.7	Auftragsschreiben und Auftragsbestätigung.....	695

7.7	Gewährleistungsfragen bei Bohrbrunnen.....	696
7.7.1	Allgemeine Grundsätze und Gewährleistungsdauer.....	696
7.7.2	Abnahme von Bohrbrunnen	696
7.7.3	Garantie für die Erschließung von Wasser?	697
7.7.4	Einzelheiten der Gewährleistung	698
8	Bau und Bauüberwachung	709
8.1	Allgemeines.....	709
8.2	Bohrverfahren für Bohrbrunnen.....	711
8.2.1	Einteilung der Bohrverfahren im Brunnenbau	711
8.2.2	Bohren mit Verrohrung.....	712
8.2.3	Bohren ohne Verrohrung.....	716
8.2.3.1	Spülungsarten zur Bohrlochstabilisierung.....	716
8.2.3.2	Direktspülbohren.....	722
8.2.3.3	Saugbohren und Lufthebebohren (Indirektspülbohrverfahren).....	725
8.2.3.4	Drehbohren mit Kerngewinnung.....	730
8.2.3.5	Imlochhammerbohrung	730
8.3	Niederbringen der Bohrung	732
8.4	Einbauskizze und Einbauanweisung	734
8.5	Einbau der Filter- und Vollwandrohre	735
8.6	Einbringen der Filterschüttung	738
8.6.1	Überprüfung des Schüttgutes vor dem Einbau	738
8.6.2	Einbringungstechniken	743
8.7	Entwickeln und Pumpversuch	745
8.7.1	Zielstellungen.....	745
8.7.2	Entwicklungsfähigkeit	746
8.7.3	Entwickeln eines Bohrbrunnens.....	748
8.7.4	Chancen und Risiken bei der Entwicklung.....	754
8.7.5	Pumpversuch.....	759
8.8	Bauüberwachung.....	764
8.8.1	Zielstellungen einer Baubegleitung im Brunnenbau	764
8.8.2	Örtliche Bauaufsicht	766
8.8.3	Gesteinsprobenentnahme	779
8.8.4	Kontrolle der Sandfreiheit des geförderten Wassers	783
8.8.5	Wasserprobenentnahme	791
8.8.6	Baustellenberichte	791
8.8.7	Brunnenabschlüsse	793
8.8.8	Arbeitshilfen für Kontrollen und Abnahmen	795
8.8.9	Bohrlochgeophysik bei der Abnahme von Brunnen	799
8.8.9.1	Randbedingungen und Verfahren.....	799
8.8.9.2	Baubegleitende Messungen mit besonderen Aufgabenstellungen	805

9	Betrieb und Betriebsüberwachung.....	809
9.1	Allgemeine Betriebsüberwachung.....	809
9.1.1	Grundsätze und Anforderungen.....	809
9.1.2	Messungen	810
9.1.3	Betriebsprogramm	812
9.2	Betriebsüberwachung eigenbewirtschafteter Brunnen	814
9.3	Betriebsüberwachung von Heberbrunnen	818
9.4	Messvorrichtungen an Bohrbrunnen.....	820
9.4.1	Allgemeines.....	820
9.4.2	Wasserspiegelmesser.....	820
9.4.3	Erfassung von Wassermengen.....	823
9.4.4	Wasserdruckmesser	828
9.4.5	Wassertemperaturmesser	829
9.4.6	Messung zeitlich veränderlicher Qualitätsdaten	829
9.5	Optische Kontrolle des Brunnenzustandes.....	834
9.6	Wartungsplan.....	836
9.7	Kontrolle des Fassungsbereichs	839
9.8	Maßnahmen zur Hygiene bei Arbeiten am Brunnen	848
10	Brunnenbau in Entwicklungsländern	855
10.1	Einleitung	855
10.2	Planung	857
10.2.1	Standortsuche und Reisevorbereitung.....	857
10.2.2	Mobilisierung, Preiskalkulation und Technische Dokumentation.....	858
10.2.3	Baustelleneinrichtung	864
10.2.4	Herausforderungen beim Brunnenbau.....	866
10.2.5	Wasserprobenahme und Transportlogistik.....	867
10.2.6	Projektdokumentation, Übergabe und Capacity building.....	869
10.3	Gesetzliche Rahmenbedingungen	869
10.3.1	Firmengründung	869

10.3.2 Zusammenarbeit mit lokalen Behörden 870

10.3.3 Arbeitserlaubnis, Bohrgenehmigung 870

10.3.4 Haftungsrisiken für lokale Angestellte 870

10.3.5 Zollbestimmungen, Zahlungsverkehr und Importverbote..... 871

10.3.6 Gewässerschutz 872

10.4 Logistische Herausforderungen 872

Abkürzungen 875

Literaturverzeichnis 879

Bildverzeichnis..... 920

Tabellenverzeichnis 962

Stichwortverzeichnis..... 969

Inserentenverzeichnis 984