

## Inhalt

<b>1</b>	<b>Historische Entwicklung der Wassergewinnung .....</b>	<b>1</b>
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
<b>2</b>	<b>Einige Kennzahlen zur Wasserversorgung in Deutschland .....</b>	<b>25</b>
2.1	Hydrologische und wasserwirtschaftliche Voraussetzungen für die Brunnenplanung .....	25
2.2	Wasserbedarf als Grundlage der Brunnenplanung.....	29
<b>3</b>	<b>Grundwasserfassungen.....</b>	<b>37</b>
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
<b>4</b>	<b>Verwendungsgebiete des Bohrbrunnens.....</b>	<b>95</b>
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
<b>5.</b>	<b>Ausbildung des Bohrbrunnens.....</b>	<b>125</b>
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 Wasserspiegel Lage 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 Filtereintrittswiderstand.....	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 Brunnenausbauohre .....	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 Festgesteinbrunnen .....	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 Durchlässigkeitskontrastes .....	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 Sperrrohre.....	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 Abschlusschächten .....	461
5.8.3	Elektrische Ausrüstung der Brunnenvorschäfte.....	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
<b>6</b>	<b>Planungsgrundsätze für Bohrbrunnen .....</b>	<b>475</b>
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 Gesamtabsenkung .....	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 Fassungsgeländes .....	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 Bohrabsatzpunkten.....	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	Grundwasserleiter test.....	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	Bauüberleitung 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
<b>7</b>	<b>Aufstellen der Vergabeunterlagen, Ausschreibung und Auftragsvergabe.....</b>	<b>669</b>
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

<b>7.7</b>	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
<b>8</b>	<b>Bau und Bauüberwachung .....</b>	<b>709</b>
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

<b>9</b>	<b>Betrieb und Betriebsüberwachung.....</b>	<b>809</b>
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
<b>10</b>	<b>Brunnenbau in Entwicklungsländern .....</b>	<b>855</b>
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
	<b>Abkürzungen .....</b>	<b>875</b>
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>879</b>
	<b>Bildverzeichnis.....</b>	<b>920</b>
	<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>962</b>
	<b>Stichwortverzeichnis.....</b>	<b>969</b>
	<b>Inserentenverzeichnis .....</b>	<b>984</b>