

Leitfaden



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN



Universität Karlsruhe (TH)
Forschungsuniversität - gegründet 1825



TZW

TUHH
Technische Universität Hamburg-Harburg



Forschungszentrum Karlsruhe
in der Helmholtz-Gemeinschaft



IWW

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	1	
1	Hintergrund und Zielsetzung	3
1.1	Aktionskonzept der Wasserwirtschaft	3
1.2	Leitfaden für Unternehmen und international orientierte Versorger	3
2	Trinkwassergewinnung und –verteilung in Deutschland	5
2.1	Fördermengen und Rohwasserherkunft	5
2.2	Struktur und Tarif	6
2.3	Rechtsvorschriften und technische Regeln	6
2.4	Gesamtheitliche Betrachtungsweise	6
2.5	Maßnahmen zum Schutz des Rohwassers	7
2.5.1	Grundwasser	7
2.5.2	Talsperren	8
2.5.3	Kooperationen mit der Landwirtschaft	8
2.6	Bau, Betrieb und Regenerierung von Brunnen	9
2.7	Uferfiltration	9
2.8	Langsamfiltration	11
2.9	Flockung, Fällung, Sedimentation	12
2.9.1	Entfernung von Partikeln und Huminstoffen	12
2.9.2	Entfernung von Metallionen und von Salzen	13
2.10	Schnellfiltration	14
2.11	Membranfiltration	15
2.12	Unterirdische Enteisung und Entmanganung von Grundwasser	17
2.13	Entsäuerung	18
2.14	Enthärtung mittels Langsam- und Schnellentkarbonisierung	18
2.15	Ionenaustausch	20
2.16	Gasaustausch	21
2.17	Oxidation	22

2.18	Adsorption	22
2.19	Desinfektion	23
2.20	Wasserwerksrückstände.....	25
2.20.1	Prinzipien.....	25
2.20.2	Behandlung.....	25
2.20.3	Verwertung	25
2.20.4	Beseitigung.....	26
2.20.5	Ergebnisse von Datenerhebungen in Deutschland.....	26
2.21	Wasserverteilung.....	27
2.22	Zusammenfassung	29
3	Trinkwassergewinnung und -verteilung im Ausland.....	31
3.1	Länderkategorien.....	31
3.2	Sozioökonomische Hintergründe zum Trinkwasser.....	31
3.3	Verordnungen und Regelwerke.....	33
3.3.1	WHO-Trinkwasserleitlinie	33
3.3.2	Beispiele von landesspezifischen Regelungen	33
3.4	Ergebnisse von Untersuchungen vor Ort.....	34
3.4.1	Datenbasis.....	34
3.4.2	Rohwasserherkunft.....	34
3.4.3	Einzugsgebietsmanagement und Gewässerschutz	35
3.4.4	Wasserbeschaffenheit	35
3.4.5	Aufbereitung	39
3.4.6	Verteilung	40
3.4.7	Tarife	42
3.4.8	Folgerungen.....	43
3.5	Erfassung und Bewertung der Wasserbeschaffenheit unter regionalen Bedingungen.....	45
3.5.1	Allgemeine Hinweise	45
3.5.2	Mikrobiologische Parameter	47
3.5.3	Charakterisierung der natürlichen organischen Wasserinhaltsstoffe	47
3.5.4	Arsen, Fluorid und Uran.....	48
4	Natürliche Einflussfaktoren	49

5	Anpassung und Optimierung der Aufbereitungstechnologien an regionale Bedingungen.....	51
5.1	Uferfiltration	51
5.1.1	Prinzip.....	51
5.1.2	Randbedingungen der Uferfiltration	53
5.1.3	Reinigungsleistung der Uferfiltration	56
5.2	Langsamfiltration.....	74
5.2.1	Filtration und Infiltration	74
5.2.2	Einsatzbereiche	75
5.2.3	Aufbereitungsleistung	77
5.2.4	Bau und Betrieb	82
5.2.5	Standortangepasste Betriebsweise	90
5.2.6	Modifizierte Technologien.....	93
5.2.7	Zusammenfassung mit Entscheidungskriterien	98
5.3	Flockung, Fällung und Sedimentation	99
5.3.1	Einsatzbereiche	99
5.3.2	Bau und Betrieb	99
5.3.3	Besondere Hinweise bei der Anpassung im Ausland	101
5.3.4	Überwachung.....	103
5.4	Schnellfiltration.....	103
5.4.1	Einsatzbereiche	103
5.4.2	Bau und Betrieb	104
5.4.3	Besondere Hinweise bei der Anpassung im Ausland	105
5.4.4	Überwachung.....	106
5.5	Mikro- und Ultrafiltration.....	106
5.5.1	Einsatzbereiche	106
5.5.2	Bau und Betrieb	107
5.5.3	Besondere Hinweise bei der Anpassung im Ausland	108
5.5.4	Überwachung.....	111
5.6	Ionenaustausch zur Schwermetallentfernung	112
5.6.1	Einsatzbereiche	112
5.6.2	Bau und Betrieb	114

5.6.3	Besondere Hinweise bei der Anpassung im Ausland	117
5.6.4	Überwachung.....	118
5.7	Oxidation	118
5.7.1	Luft und Sauerstoff zur biologischen Ammoniumoxidation	118
5.7.2	Ozon	120
5.7.3	Advanced Oxidation.....	122
5.7.4	Kombinierte Verfahren.....	124
5.8.	Adsorption	125
5.8.1	Aktivkohle	125
5.8.2	Alternative Adsorbentien.....	129
5.9	Desinfektion	129
5.10	Zusammenfassende Bewertung.....	132
5.10.1	Entwicklungsstandard	132
5.10.2	Spezielle natürliche bzw. technische Randbedingungen	133
5.10.3	Technische Bewertung der modifizierten Verfahren	134
5.10.4	Technische Anwendbarkeit der Verfahren im Ausland	136
6	Anpassung und Optimierung der Betriebsbedingungen und Technologien zur Trinkwasserverteilung für extreme Randbedingungen	139
6.1	Rohrnetzmanagement	139
6.1.1	Verteilung von Trinkwasser mit Desinfektionsmittelrestkonzentration	139
6.1.2	Verteilung von desinfiziertem Trinkwasser ohne Desinfektionsmittelrestkonzentration	140
6.1.3	Verteilung von Trinkwasser ohne Desinfektion.....	142
6.1.4	Folgerungen.....	142
6.2	Hygienisch relevante Mikroorganismen	143
6.2.1	Vorkommen und Bewertung bei der Verteilung	143
6.2.2	Überleben in Biofilmen von Rohrnetzen und Hausspeichern.....	146
6.2.3	Auswirkungen der AOC-Erhöhung durch eine Chlorung auf die hygienisch relevanten Arten <i>Pseudomonas aeruginosa</i> und <i>Aeromonas spp.</i>	148
6.3	Hausspeicherbetrieb	150

6.3.1	Allgemein	150
6.3.2	Bauweise und Materialien.....	150
6.3.3	Verweilzeit	151
6.3.4	Temperatur, Desinfektionsmittelrestkonzentration und Zehrung sowie Nährstoffgehalt des Wassers.....	152
6.3.5	Mikroorganismen-Population im Wasser und im Biofilm des Speichers.....	153
6.4	Einfluss von Art und Konzentration des Desinfektionsmittels auf Nebenproduktbildung und Aufkeimung	154
6.4.1	Grundsätzliche Zusammenhänge	154
6.4.2	Rohrnetz	156
6.4.3	Hauswasserspeicher	160
6.5	Materialien in der Wasserverteilung, Wasserverwendung und Korrosion	165
6.5.1	Wasserverteilung	165
6.5.2	Wasserverwendung	166
6.5.3	Korrosion	167
6.6	Rohrnetzunterhaltung	172
6.6.1	Wasserverlustmessungen und Leckortung.....	172
6.6.2	Versorgungsdruck.....	174
6.6.3	Neue Technologien zur Neuverlegung und Rehabilitation von Trinkwasserleitungen.....	176
6.7	Zusammenfassende Bewertung.....	179
7	Ökonomische Aspekte und Auswirkungen.....	181
7.1	Kostensituation der angepassten Verfahren im Ausland	181
7.2	Institutionelle Rahmenbedingungen und Personalqualifikation	182
7.2.1	Institutionelle Rahmenbedingungen.....	182
7.2.2	Personalqualifikation.....	184
7.3	Einzelwirtschaftliche Auswirkungen.....	184
7.3.1	Investitionsanalysen	184
7.3.2	Tarifgestaltung.....	187
7.4	Kosten-Nutzen-Überlegungen	188

7.5.5	Anwendung der Kostenstruktur auf ein EL	197
7.5.6	Folgerungen.....	198
7.6	Finanzierung	199
8	Folgerungen zum Einsatz angepasster Technologien im Ausland	203
8.1	Wasseraufbereitung und –verteilung – Übertragbarkeit deutscher Verhältnisse	203
8.2	Marktstrategien der deutschen Wasserwirtschaft	205
8.2.1	Allgemeine Erfordernisse.....	205
8.2.2	Marktanalysen	205
8.2.3	Markteintrittsmaßnahmen	206
8.2.4	Unterstützung durch staatliche Stellen	207
8.2.5	Beschaffung und Verbreitung von Information.....	207
8.2.6	Kontakte und Präsenz vor Ort	209
8.2.7	Ausbildungsstand des Personals	209
8.3	Schutz des geistigen Eigentums.....	210
8.4	Kooperation mit der Forschung	210
	Literaturverzeichnis	211
	Glossar	241
	Anhang	245

Inhaltsverzeichnis der CD

Abschlussberichte zum Themenbereich Langsamfiltration Teilprojekt

<i>Hütter, U.; Remmler, F., Mueller-Töwe, D.:</i> Grenzen der Langsandsandfiltration, Möglichkeiten der technischen Modifikation und Anpassung an lokale Gegebenheiten	A1
<i>Mälzer, H.-J.:</i> Optimierung und Erweiterung des Einsatzes von Langsandsandfiltern durch spezielle Auflageschichten und Betriebsweisen	A2
<i>Flemming, H.-C.; Petry-Hansen, H.:</i> Charakterisierung der mikrobiellen Besiedlung in Langsamfiltern im Hinblick auf eine Optimierung des Betriebsverhaltens	A3
<i>Rödelsperger, M.:</i> Entwicklung eines Moduls zur praxisnahen mathematischen Simulation der Langsandsandfiltration unter Berücksichtigung unterschiedlicher Umgebungsbedingungen	A4

Abschlussberichte zum Themenbereich Uferfiltration Teilprojekt

<i>Lenk, S.; Remmler, F.; Skark, Ch.; Schulte-Ebbert, U.;</i> <i>Zullei-Seibert, N.:</i> Technische Konzepte und abgestimmte Betriebsweisen zur optimalen Anpassung der Uferfiltration an lokale Randbedingungen	B1
<i>Geis, M.; Obst, U.:</i> Typisierung der Uferfiltration anhand mikrobieller Einflussgrößen sowie optimierte Kontrolle pathogener Bakterien und Parasiten	B2
<i>Bloem, D.; Jekel, M.:</i> Rolle des Redoxmilieus für die Aufbereitungswirkung der Uferfiltration	B3
<i>Schoenheinz, D.; Worch, E.:</i> DOC-Entfernung bei der Uferfiltration unter Berücksichtigung extremer Temperaturbedingungen und Belastungsschwankungen	B4
<i>Marschke, M.; Schlinke, C.; Wichmann, K.:</i> Einfluss von Randbedingungen auf die nutzbare Reinigungsleistung einer optimierten Uferfiltration	B5
<i>Schmidt, C. K.; Lange, F. Th.:</i> Ermittlung der potentiellen Reinigungsleistung der Uferfiltration / Untergrundpassage hinsichtlich der Eliminierung organischer Schadstoffe unter standortspezifischen Randbedingungen	B6

Abschlussberichte zum Themenbereich Technische Verfahren **Teilprojekt**

- Lerch, A.; Loi-Brügger, A., Gimbel, R.:*
Ultra- und Mikrofiltration zur direkten und vorbehandlungsminimierten
Aufbereitung von stark belasteten Rohwässern C1
- Lipp, P.; Bornmann, K.; Schmidt, W.:*
Untersuchungen zur Beherrschung von Algenmassenentwicklungen
mittels Mikro- und Ultrafiltration C2
- Tränckner, J.; Wricke, B.; Grosse, D.:*
Ammoniumeliminierung bei niedrigen Temperaturen C3
- Stetter, D.; Dördelmann, O; Temprano, M.:*
Einsatz von chelatbildenden Kationenaustauscherharzen bei der Auf-
bereitung von mit toxischen Schwermetallen belasteten Rohwässern
zu Trinkwasser (Teil A) C4A
- Höll, W.H.:*
Einsatz von chelatbildenden Kationenaustauscherharzen bei der Auf-
bereitung von mit toxischen Schwermetallen belasteten Rohwässern
zu Trinkwasser (Teil B) C4B
- Doll, T.E.; Abbt-Braun, G.; Frimmel, F.H.:*
Oxidative Aufbereitung von Rohwässern mit hoher DOM-Belastung C5
- Schreiber, B; Schmalz, V.; Worch, E.:*
Entfernung des DOC und ausgewählter anthropogener Spurenstoffe
aus Oberflächenwässern durch Aktivkohleadsorption unter besonde-
rer Berücksichtigung extremer Temperaturbedingungen und Belas-
tungsschwankungen sowie des Belastungsniveaus C6
- Mania, M.; Jekel, M.:*
Neue Oxidations- und Sorptionsverfahren zur Entfernung von Parti-
keln und gelösten Störstoffen C7A
- Gilbert, E.; Heinle, M.:*
Elimination von xenobiotischen Stoffen in Gegenwart von natürlichen
Wasserinhaltsstoffen C7B

Abschlussberichte zum Themenbereich Verteilung**Teilprojekt**

Grosse, D.; Korth, A.; Hamsch, B.; Wricke, B.:

Optimierung des Netzbetriebes bei erhöhten Restdesinfektionsmittelkonzentrationen

D1

Henning, L.; Bartsch, V.; Wichmann, K.:

Sicherung der Trinkwasserqualität durch Optimierung des Betriebsregime von Behältern zur Bevorratung von Trinkwasser (Hauspeicher) und der hydraulischen Betriebsbedingungen in der Verteilung

D2

Fickel, J.; Schwartz, Th.:

Sicherung der Trinkwasserqualität in der Verteilung und Hausinstallationen sowie Rohrnetzmanagement

D3

Klinger, J.; Gross, H.-J.:

Untersuchungen zur Korrosion metallischer Werkstoffe in kontinuierlich und diskontinuierlich betriebenen Systemen zur Trinkwasserverteilung

D4

Abschlussbericht zum Themenbereich Analytik**Teilprojekt**

Maes, A.; Knepper, Th. P.; Sacher, F.:

Wasseranalytisches Screening

RP1B

Abschlussbericht der Projektkoordination**Teilprojekt**

Müller, U.; Grieb, A.; Kühn, W.:

Projektmanagement und Erstellung des Leitfadens

RP2

Materialien

Literaturdatenbank Uferfiltration

Datenbank zum Verhalten organischer Spurenstoffe bei der Uferfiltration

Literaturdatenbank Langsamfiltration

PC-Programm zur Simulation der Langsamfiltration

BGW-Bewertung UNESCO-Studie (deutsch, englisch, französisch)