

# 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

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

<b>2.18</b>	<b>Adsorption .....</b>	<b>22</b>
<b>2.19</b>	<b>Desinfektion .....</b>	<b>23</b>
<b>2.20</b>	<b>Wasserwerksrückstände.....</b>	<b>25</b>
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
<b>2.21</b>	<b>Wasserverteilung.....</b>	<b>27</b>
<b>2.22</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>29</b>
<b>3</b>	<b>Trinkwassergewinnung und -verteilung im Ausland.....</b>	<b>31</b>
<b>3.1</b>	<b>Länderkategorien.....</b>	<b>31</b>
<b>3.2</b>	<b>Sozioökonomische Hintergründe zum Trinkwasser.....</b>	<b>31</b>
<b>3.3</b>	<b>Verordnungen und Regelwerke.....</b>	<b>33</b>
3.3.1	WHO-Trinkwasserleitlinie .....	33
3.3.2	Beispiele von landesspezifischen Regelungen .....	33
<b>3.4</b>	<b>Ergebnisse von Untersuchungen vor Ort.....</b>	<b>34</b>
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
<b>3.5</b>	<b>Erfassung und Bewertung der Wasserbeschaffenheit unter regionalen Bedingungen.....</b>	<b>45</b>
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
<b>4</b>	<b>Natürliche Einflussfaktoren .....</b>	<b>49</b>

<b>5</b>	<b>Anpassung und Optimierung der Aufbereitungstechnologien an regionale Bedingungen.....</b>	<b>51</b>
<b>5.1</b>	<b>Uferfiltration .....</b>	<b>51</b>
5.1.1	Prinzip.....	51
5.1.2	Randbedingungen der Uferfiltration .....	53
5.1.3	Reinigungsleistung der Uferfiltration .....	56
<b>5.2</b>	<b>Langsamfiltration.....</b>	<b>74</b>
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
<b>5.3</b>	<b>Flockung, Fällung und Sedimentation .....</b>	<b>99</b>
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
<b>5.4</b>	<b>Schnellfiltration.....</b>	<b>103</b>
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
<b>5.5</b>	<b>Mikro- und Ultrafiltration.....</b>	<b>106</b>
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
<b>5.6</b>	<b>Ionenaustausch zur Schwermetallentfernung .....</b>	<b>112</b>
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
<b>5.7</b>	<b>Oxidation .....</b>	<b>118</b>
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
<b>5.8.</b>	<b>Adsorption .....</b>	<b>125</b>
5.8.1	Aktivkohle .....	125
5.8.2	Alternative Adsorbentien.....	129
<b>5.9</b>	<b>Desinfektion .....</b>	<b>129</b>
<b>5.10</b>	<b>Zusammenfassende Bewertung.....</b>	<b>132</b>
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
<b>6</b>	<b>Anpassung und Optimierung der Betriebsbedingungen und Technologien zur Trinkwasserverteilung für extreme Randbedingungen .....</b>	<b>139</b>
<b>6.1</b>	<b>Rohrnetzmanagement .....</b>	<b>139</b>
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
<b>6.2</b>	<b>Hygienisch relevante Mikroorganismen .....</b>	<b>143</b>
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
<b>6.3</b>	<b>Hausspeicherbetrieb .....</b>	<b>150</b>

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
<b>6.4</b>	<b>Einfluss von Art und Konzentration des Desinfektionsmittels auf Nebenproduktbildung und Aufkeimung .....</b>	<b>154</b>
6.4.1	Grundsätzliche Zusammenhänge .....	154
6.4.2	Rohrnetz .....	156
6.4.3	Hauswasserspeicher .....	160
<b>6.5</b>	<b>Materialien in der Wasserverteilung, Wasserverwendung und Korrosion .....</b>	<b>165</b>
6.5.1	Wasserverteilung .....	165
6.5.2	Wasserverwendung .....	166
6.5.3	Korrosion .....	167
<b>6.6</b>	<b>Rohrnetzunterhaltung .....</b>	<b>172</b>
6.6.1	Wasserverlustmessungen und Leckortung.....	172
6.6.2	Versorgungsdruck.....	174
6.6.3	Neue Technologien zur Neuverlegung und Rehabilitation von Trinkwasserleitungen.....	176
<b>6.7</b>	<b>Zusammenfassende Bewertung.....</b>	<b>179</b>
<b>7</b>	<b>Ökonomische Aspekte und Auswirkungen.....</b>	<b>181</b>
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	<b>Finanzierung .....</b>	<b>199</b>
8	<b>Folgerungen zum Einsatz angepasster Technologien im Ausland .....</b>	<b>203</b>
8.1	<b>Wasseraufbereitung und –verteilung – Übertragbarkeit deutscher Verhältnisse .....</b>	<b>203</b>
8.2	<b>Marktstrategien der deutschen Wasserwirtschaft .....</b>	<b>205</b>
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	<b>Schutz des geistigen Eigentums.....</b>	<b>210</b>
8.4	<b>Kooperation mit der Forschung .....</b>	<b>210</b>
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>211</b>
	<b>Glossar .....</b>	<b>241</b>
	<b>Anhang .....</b>	<b>245</b>

## 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

<b>Abschlussberichte zum Themenbereich Verteilung</b>	<b>Teilprojekt</b>
---	--------------------

<i>Grosse, D.; Korth, A.; Hamsch, B.; Wricke, B.:</i> Optimierung des Netzbetriebes bei erhöhten Restdesinfektionsmittelkonzentrationen	D1
--	----

<i>Henning, L.; Bartsch, V.; Wichmann, K.:</i> Sicherung der Trinkwasserqualität durch Optimierung des Betriebsregime von Behältern zur Bevorratung von Trinkwasser (Hauspeicher) und der hydraulischen Betriebsbedingungen in der Verteilung	D2
--	----

<i>Fickel, J.; Schwartz, Th.:</i> Sicherung der Trinkwasserqualität in der Verteilung und Hausinstallationen sowie Rohrnetzmanagement	D3
--	----

<i>Klinger, J.; Gross, H.-J.:</i> Untersuchungen zur Korrosion metallischer Werkstoffe in kontinuierlich und diskontinuierlich betriebenen Systemen zur Trinkwasserverteilung	D4
--	----

<b>Abschlussbericht zum Themenbereich Analytik</b>	<b>Teilprojekt</b>
--	--------------------

<i>Maes, A.; Knepper, Th. P.; Sacher, F.:</i> Wasseranalytisches Screening	RP1B
---	------

<b>Abschlussbericht der Projektkoordination</b>	<b>Teilprojekt</b>
---	--------------------

<i>Müller, U.; Grieb, A.; Kühn, W.:</i> Projektmanagement und Erstellung des Leitfadens	RP2
--	-----

<b>Materialien</b>
--------------------

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)