

Rolf Stiefel

Nachhaltige betriebliche Wasserwirtschaft

Konzept des Prozesswasserkreislaufs
inklusive Energie- und
Wertstoffrückgewinnung

Nachhaltige betriebliche Wasserwirtschaft

Rolf Stiefel

Nachhaltige betriebliche Wasserwirtschaft

Konzept des Prozesswasserkreislaufs
inklusive Energie- und
Wertstoffrückgewinnung

Rolf Stiefel
Lahnstein, Deutschland

ISBN 978-3-658-29788-6 ISBN 978-3-658-29789-3 (eBook)
<https://doi.org/10.1007/978-3-658-29789-3>

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, ein Teil von Springer Nature 2020

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag, noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Lektorat: Dr. Daniel Fröhlich

Springer Vieweg ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH und ist ein Teil von Springer Nature.

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Abraham-Lincoln-Str. 46, 65189 Wiesbaden, Germany

Inhaltsverzeichnis

1	Sichere Frischwasserversorgung und Abwasserentsorgung	1
1.1	Die Wasserressourcen	2
1.2	Wasserressourcen und deren Nutzung in Deutschland	7
1.2.1	Wasserressourcen	7
1.2.2	Wassernutzung in Deutschland	7
1.2.3	Stabile Wasserpreise	9
1.3	Abwasserentsorgung mit Kostensteigerungen?	11
1.4	Wasser nutzen und schützen	14
1.4.1	Wasser als multipler Arbeitsstoff	14
1.4.2	Der anthropogene Wasserkreislauf als technischer Lösungsweg	15
2	Auditierung der betrieblichen Wasserverhältnisse	19
2.1	Auditierung der Abwasserinhaltsstoffe	19
2.1.1	Interaktionen von Abwasserinhaltsstoffen	21
2.1.2	Abwasserpass für Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe zur Datenerhebung des Ist-Zustands	23
2.2	Betriebsaudit – Prozesswasser	30
2.3	Prozesswasserversorgung des Betriebs	33
2.3.1	Wasserbezug der einzelnen Produktionseinheiten	34
2.3.2	Mehrfachnutzung der Prozesswässer in den einzelnen Produktionseinheiten	35
2.3.3	Recycling von Prozesswässern	36
2.4	Abwasserbelastung	37
2.4.1	Abwasserfrachten	37
2.4.2	Abwasserbehandlung	38
2.4.3	Abfallanfall bei der Abwasserbehandlung	39
2.5	Möglichkeiten der Reduzierung der Frischwassermengen	39
2.5.1	Wassersparen durch effiziente Wassernutzung	40
2.5.2	Möglichkeiten der Regenwassernutzung im Betrieb	41

2.6	Mehrfachnutzung von Prozesswässern	42
2.7	Möglichkeiten des Abwasserrecyclings	42
2.8	Möglichkeiten der Frischwasserreduzierung im Gesamtbetrieb	44
2.9	Möglichkeiten der Wertstoffrückgewinnung	44
2.10	Verwertung der Abwasserenergie	45
2.11	Sicherheit der Wasserversorgung	47
2.12	Sichere Abwasserentsorgung	47
2.13	Ergebnisse Betriebsaudit	48
2.14	Betriebliche Wasserbilanz	50
3	Ratschläge und Hinweise zur Prozesswassereffizienz	53
3.1	Alternativen zum Prozesswasser	53
3.2	Optimierung der Wassernutzung	54
3.3	Mehrfachnutzung von Prozesswasser	56
3.4	Effiziente Nutzung von Prozesswässern	58
3.5	Die Substitution von Wasser	59
3.6	Pilotverfahren zur Abwasseraufbereitung	60
4	Abwasserrecyclingverfahren	63
4.1	Verfahrensauswahl	63
4.2	Additive in der Abwasserbehandlung	69
4.2.1	Einsatz von speziellen Additiven in der biologischen Abwasserbehandlung	70
4.3	Zukünftige Entwicklungen in der Wassernutzung	84
4.3.1	Kreislaufwirtschaft der Prozesswässer wird zur Standortfrage	84
4.3.2	Beispiele Abwasserrecycling	85
5	Prozesswasserkreislauf mit hybridem Frischwasserbezug	91
5.1	Hybride Frischwasserbezüge	91
5.1.1	Beachtung lokaler Wasserverhältnisse	92
5.2	Schließen von Wasserkreisläufen durch Regenwassernutzung	93
5.2.1	Regenwassernutzung hilft den betrieblichen Wasserkreislauf zu schließen	94
5.2.2	Regenwasseranfall und -nutzung im industriellen Bereich	95
5.2.3	Regenwassernutzungscluster in Industriegebieten	96
5.2.4	Rahmensetzung durch die Trinkwasserverordnung	101
5.2.5	Checklisten und Hinweise bei der Einführung der Regenwassernutzung	102
5.2.6	Behördenmanagement	105
5.2.7	Wirtschaftlichkeitsprüfung	105
5.2.8	Beispiele für Regenwassernutzung	106
5.2.9	Das virtuelle Regenwasserrückhaltebecken im Hochwasserschutz	109

5.3	Grauwassernutzung	110
5.4	Schwarzwasser	111
6	Wertstoffrückgewinnung aus Abwässern	113
6.1	Vorteile der Stoffrückgewinnung	114
6.2	Stoffeffizienz beginnt in der Produktion	116
6.3	Recyclingverfahren von Wertstoffen aus Abwässern	117
6.3.1	Von der Dispersion der Abwasserstoffe zur Konzentration als Wertstoffe für den Wirtschaftskreislauf	117
7	Möglichkeiten der Energierückgewinnung	121
7.1	Potenziale der Abwasserwärmenutzung	122
7.1.1	Zukunftsenergie Abwasser	122
7.1.2	Nutzung der Abwasserwärme in Industriebetrieben	126
7.2	Beispiele für Wärmerückgewinnung aus Abwasser	129
7.3	Energiegewinnung aus Abwasser mittels anaerober Behandlung	131
7.3.1	Rohstoffe mit Potenzial für Energiegewinnung im Industrieabwasser	132
7.4	Checkliste Anaerobe Abwasserbehandlung	138
7.5	Energie lokal erzeugen und lokal nutzen	139
8	Eigenanalytik für einen betrieblichen Wasserkreislauf	141
8.1	Einführung	141
8.1.1	Eigenanalytik als Barometer der Qualitätssicherung	142
8.1.2	Probenahme in der Eigenanalytik	144
8.1.3	Parameter der Prozesswasseranalytik	148
8.1.4	Instrumentarien für die Eigenanalytik	150
8.1.5	Akute Abwassertoxizität	154
8.1.6	Keimzahl	155
8.1.7	Online-Messungen im Abwasser	161
8.1.8	Qualitätssicherung der Eigenanalytik	163
8.1.9	Probenahmestelle und Untersuchungsparameter	164
8.1.10	Wasserdatenmanagement	165
8.2	Eigenanalytik als Hilfsmittel der Abwasserbehandlungstechnik	171
8.2.1	Beziehung zwischen Abwasserinhaltsstoffen und Abwasserbehandlung	171
	Glossar Wasserarten im Prozesswasserkreislauf	179
	Literatur	183
	Stichwortverzeichnis	195

Sichere Frischwasserversorgung und Abwasserentsorgung

1

Das nachfolgende ganzheitliche Konzept einer nachhaltigen und ressourcenschonenden Wasserwirtschaft zeigt Betrieben vielerlei Möglichkeiten, mittels Kreislaufführung, Prozesswasser effektiv zu nutzen und dabei Wertstoffe und Energie zurückzugewinnen.

Ohne Wasser kein Leben, lautet ein oft gehörter Satz. Was bedeutet dieser Satz für *Produktionsbetriebe* mit ständigem Wasserverbrauch und damit verbundenem Abwasseranfall? Was erwartet die Betriebe in Zukunft in Bezug auf ihren Arbeitsstoff Wasser? Welche Anforderungen werden an sie gestellt hinsichtlich des Umgangs mit Wasser? Risiken und Chancen liegen oft beisammen. Meistens liegt es beim aktiv Agierenden, die Chancen zu nutzen und die Risiken zu minimieren.

Zum Thema Prozesswassermanagement (Abb. 1.1) fallen drei Begriffe als Eckpunkte ins Auge:

- **Frischwasserversorgung,**
- **Abwasserentsorgung und**
- **Prozesswasserkreislauf.**

Die beiden Begriffe Frischwasser und Abwasserentsorgung sind für einen Betrieb mit relevanter Wassernutzung essenziell. Mit dem dritten Begriff Prozesswasserkreislauf verschmelzen sie zu einer Einheit, dem innerbetrieblichen Wasserkreislauf.

► Ohne gesicherte Wasserversorgung und Abwasserentsorgung keine Produktion.

So einfach ist das resultierende Fazit aus einem Mangel dieser beiden Eckpfeiler in der betrieblichen Wasserwirtschaft. Alle anderen Begriffe mögen finanziell belastend sein, aber sie treten hinter den beiden Pfeilern Wasserzufuhr und Abwasserentsorgung in den



Abb. 1.1 Prozesswassermanagement

Hintergrund. Wenden wir uns daher dem ersten Grundpfeiler der betrieblichen Wasserwirtschaft zu, der Versorgung mit Frischwasser.

1.1 Die Wasserressourcen

Beschäftigt sich ein Unternehmen als Frischwasserbezieher und Abwasseremittent mit dem Komplex Betriebswässer, so tangieren ihn zunächst nur zwei wichtige Aspekte:

Sichere Frischwasserversorgung und sichere Abwasserentsorgung.

Werfen wir zunächst einen Blick auf die Wasservorräte: Als Basis für die Frischwasserversorgung zeigt eine Schätzung des Gesamtwasservorrats unseres Planeten etwa 1.386.000.000 km³ an (Lexikon der Geowissenschaften 2017).

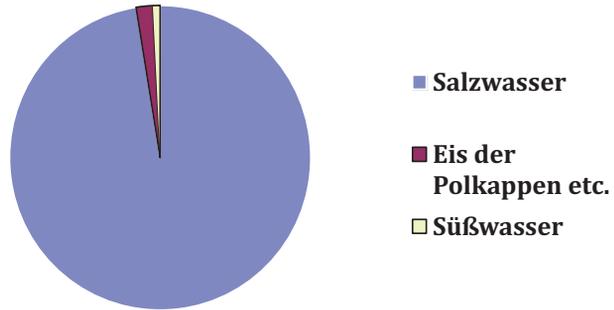
1. *Wasser ist auf unserem Planeten also genügend vorhanden, aber...* – Wenn dieses kleine Wort „aber“ im letzten Satz nicht stünde, könnten wir uns geruhsam zurücklehnen, denn das vorhandene Wasservolumen ist für den menschlichen Verbrauch gesehen fast *unendlich*. Doch verbirgt sich eine lange Reihe von Fragen für Wasserbenutzer. Diese Fragen zeigen sich bei einem Blick auf die Unterteilung der weltweiten Wasservorkommen bis zum lokalen Ort eines Betriebs in Deutschland: Welche Art von Wasser (Süß-, Salz-, Brackwasser etc.) beinhaltet die riesige Menge an globalen Wasservorräten? Wie sind die Wasservorräte verteilt?

In einer globalisierten Weltwirtschaft rückt zunächst diese Frage in den Vordergrund: Wie groß sind die Wasservolumen auf unserem Planeten? Wie verteilen sich die einzelnen Wassersorten (Salzwasser, Süßwasserarten etc.)? Die Verteilung zwischen dem Salzwasser der Ozeane und dem Süßwasser – verteilt über die Kontinente – kann recht gut abgeschätzt werden. Die Tab. 1.1 und die Abb. 1.2 weisen für die Süßwasservolumina

Tab. 1.1 Wasservolumina der Erde (nach Lexikon der Geowissenschaften 2017)

Wasserart	Verteilung
Salzwasser der Meere	96,5
Eis der Polkappen, Gletscher	1,76
Süßwasser	0,77

Abb. 1.2 Verteilung der Wasservolumina der Erde in Prozent. (Darstellung basierend auf Lexikon der Geowissenschaften 2017)



Tab. 1.2 Verteilung von Süßwasser nach Art und Volumina auf der Erde (Lexikon der Geowissenschaften 2017)

Wasserarten	Anteil der Volumina [%]
Polareis, Gletscher etc.	68,7
Permafrost	0,86
Bodenfeuchte	0,5
Moore, Sümpfe	0,3
Organismen	0,03
Atmosphäre	0,04
Grundwasser, <1000 m Tiefe	17,5
Grundwasser, bis 1000 m Tiefe	10,6
Süßwasserseen	0,26
Flüsse	0,006

insgesamt nur einen kleinen Bruchteil von etwa 2,5 % aus. Dieser Anteil allerdings wird in seiner Gesamtheit als potenzielle Quelle für den Frischwasserbedarf von Industrieunternehmen u. a. durch den Anteil gefrorenen Wassers deutlich weiter reduziert, was die Tab. 1.2 und die Abb. 1.2 sehr prägnant vor Augen führen. Die Süßwasservorräte sind ein schmales Rinnsal im großen Salzwassermeer.

Wenn wir die Nutzung von Süßwasser auf die Flüsse, Süßwasserseen und das Grundwasser bis zu einer Tiefe von 1000 m – aus Gründen wirtschaftlicher Vernunft – einschränken (Abb. 1.3), bleibt vom Gesamtwasservolumen unserer Erde nur noch ein Bruchteil von <0,3 % übrig. Dazu kommt, dass die Volumina der Flüsse und Seen, die meist als Wasserlieferant dienen und gleichzeitig behandelte und unbehandelte Abwässer aufnehmen, hinsichtlich ihres Volumens marginal sind, ihr Gesamtvolumen beträgt <0,03 % vom Gesamtwasservolumen. Diese zum Gesamtwasservorkommen vergleichsweise geringe Wassermenge teilt sich in drei bedeutende Gruppen:

- **Landwirtschaft**
- **Industrie**
- **Öffentliche Einrichtungen und private Haushalte**

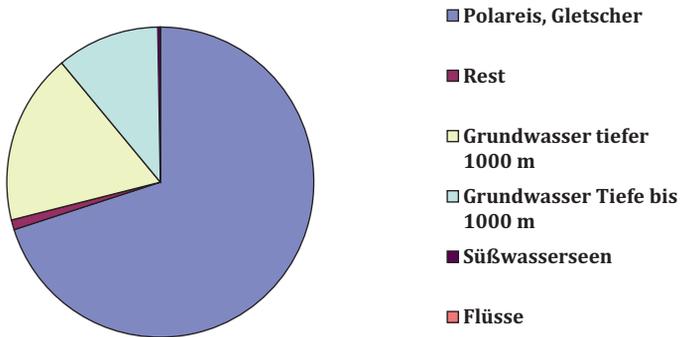


Abb. 1.3 Unterteilung der Süßwasservolumina der Erde. (Darstellung basierend auf Lexikon der Geowissenschaften 2017)

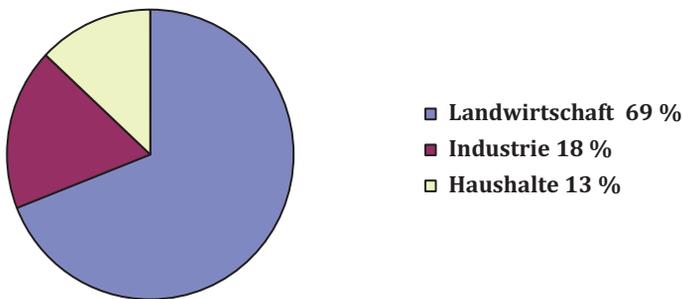


Abb. 1.4 Weltweiter Wasserverbrauch (Lexikon der Geowissenschaften 2017)

Zunehmender Wasserbedarf und negative Entwicklungen der Wasserversorgung durch klimatische Änderungen fordern Lösungen dieser Konkurrenzsituation.

Der Wasserverbrauch weltweit unterteilte sich zuletzt in die Nutzeranteile gemäß Abb. 1.4.

„Weltweit werden jährlich rund 4000 km³ Frischwasser entnommen. Davon werden etwa 70 Prozent im Agrarsektor, 20 Prozent in der Industrie und 10 Prozent auf kommunaler Ebene verbraucht. Der weltweite Wasserverbrauch hat sich zwischen 1930 und 2000 etwa versechsfacht. Hierfür waren die Verdreifachung der Weltbevölkerung und die Verdoppelung des durchschnittlichen Wasserverbrauchs pro Kopf verantwortlich. Gegenwärtig entfällt allein auf Indien (19 Prozent), China (15 Prozent) und die USA (12 Prozent) knapp die Hälfte der weltweiten Wasserentnahme. Nach Angaben der FAO liegt in zehn von 178 Staaten die jährliche Frischwasserentnahme über den sich erneuernden Wasserressourcen. An erster Stelle steht dabei Kuwait, gefolgt von den Vereinigten Arabischen Emiraten und Saudi-Arabien. Neben der Wasseraufbereitung müssen diese und andere Staaten einen – in einigen Fällen sehr hohen – Teil ihrer Wasserversorgung über den Grundwasserbestand abdecken.“ (bpb 2018)

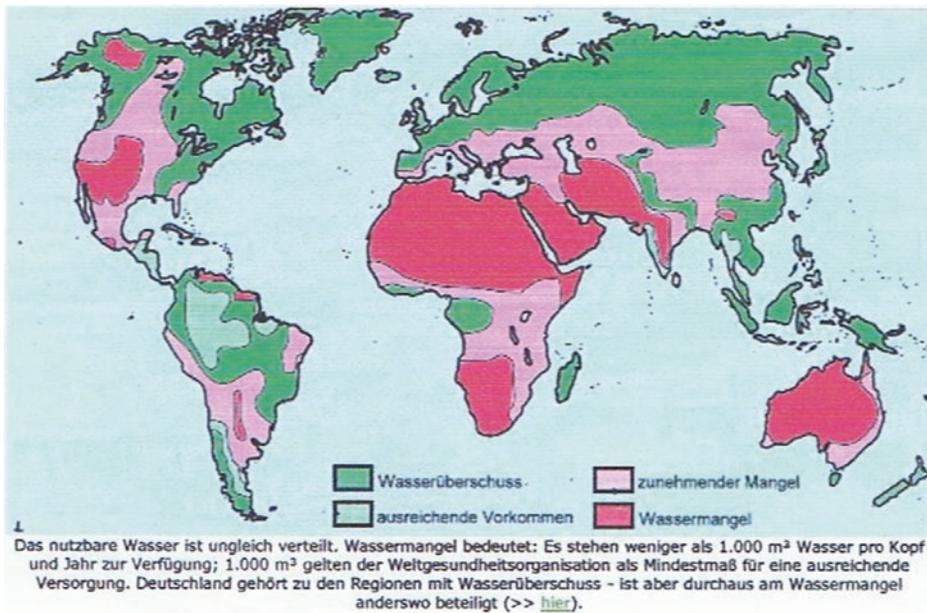


Abb. 1.5 Wasserdargebot weltweit (Aus Paeger J. 2018)

Wie sieht es in anderen Regionen unserer Welt aus, in Ländern mit hohen Wachstumsraten und stetig steigender Industrialisierung? Diese Frage wird spätestens aktuell mit den Überlegungen, einen Zweigbetrieb außerhalb Mitteleuropas zu erwerben oder zu errichten. Auch hier hilft ein kurzer Blick auf die Prognosen des Wasserdargebots weltweit.

Die Karte in Abb. 1.5 weist die großen Wassermangelgebiete des 21. Jahrhunderts aus. Mit roter und rosa Schraffur sind vorwiegend Erdteile betroffen, die sehr große und industriell stark aufstrebende Volkswirtschaften (China, Indien) enthalten; aber auch große Flächen Südamerikas, Australiens und Südeuropas sowie weite Teile des Westens der USA sowie Mexikos fallen darunter. Diese Gebiete leiden unter akutem und zunehmendem Wassermangel. Welche Auswirkungen schon heute die starke Einschränkung des Wasserangebots haben kann, möge ein Bericht über die Situation in Kalifornien um den Kampf auf den Zugriff des Wassers des legendären Colorado River veranschaulichen:

„Seit 1993 erreicht praktisch kein Wasser mehr die Mündung des Colorado; eine seit dem Jahr 2000 anhaltende Trockenheit hat den Wasserspiegel in den Stauseen um bis zu 60 Prozent fallen lassen. Dieses gefährdet nicht nur die Feuchtgebiete im Delta; durch die intensive Wassernutzung nimmt auch die Versalzung des Flusswassers zum Unterlauf hin immer weiter zu. Die Versalzung bedroht mittlerweile die Zukunft der Landwirtschaft in Amerikas Westen.“ (Paeger J. 2018)

Aber auch ein Bundesstaat wie Kalifornien, heute die zehntgrößte Volkswirtschaft der Welt und gleichzeitig Gemüsegarten der USA, hat enorme Probleme mit der Wasserbeschaffung. Die Frischwasserversorgung wird für viele aufstrebende Industriestaaten zu einer existenziellen Frage ihrer fortschreitenden Industrialisierung unter gleichzeitig starkem Bevölkerungswachstum.

Die gewaltige Leistung unserer Flüsse als Wasserlieferanten und Vorfluter kann nur erbracht werden, weil sich das Medium Wasser ständig im Kreislauf bewegt zwischen dem Zufluss über das Grundwasser und dem gleichzeitigen Abfluss der Flüsse in die Meere. Wasser ist ein Kreislaufmedium.

Doch sowohl der Entnahme von Flusswasser wie auch der Einleitung von Abwasser in die Flüsse sind ökologische Grenzen gesetzt. Jedes Fließgewässer besitzt eine Resilienz (seine ökologischen Grenzen), wird sie überschritten, verändert das Gewässer den Zustand. Eine solche Änderung (z. B. sog. Umkippen eines Gewässers) hat negative Auswirkungen auf die vorhandene und mögliche Nutzung des Gewässers.

Nach einem Exkurs in die Weltwasservorräte zeigt ein Blick auf die Wasserverhältnisse in Deutschland folgende Tendenz in den letzten Jahren.

Web-Informationen: Wasservorräte

Wasservorrat – Lexikon der Geowissenschaften

<https://www.spektrum.de/lexikon/geowissenschaften/wasservorrat/18047>

WVSO – Wasservorräte

www.wvso.de/trinkwasser/wasservorraete.php

Hitzewelle über Deutschland – Reichen die Wasservorräte ...

www.lebensraumwasser.com/?p=3778

Wasserverbrauch und Wasservorräte

www.rs-puchheim.de/altesite/projekte/Chemie_Projekt/kraus.htm

Wasservorräte – Deutschland, du hast es besser – Wissen ...

<https://www.sueddeutsche.de/.../wasservorraete-deutschland-du-hast-es-besser-1.833996>

Stabile Wasservorräte in Deutschland – ingenieur.de

<https://www.ingenieur.de/technik/fachbereiche/.../stabile-wasservorraete-in-deutschlan...>

Wasserknappheit in Deutschland – Trinkwasserversorgung in ...

<https://www.heizsparer.de/spartipps/wasser-sparen/wasserknappheit>

SZ-Online: Wasservorräte sind endlich

<https://www.sz-online.de/nachrichten/wissen/wasservorraete-sind-endlich-3253763.html>

1.2 Wasserressourcen und deren Nutzung in Deutschland

1.2.1 Wasserressourcen

„Die erneuerbaren Wasservorräte in Deutschland haben sich in den letzten Jahrzehnten kaum verändert. Dies zeige ein Vergleich der langjährigen Beobachtungsreihen, teilte die Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) am Donnerstag in Koblenz mit. Allerdings gab es zwischen einzelnen Jahren heftige Schwankungen, wobei sich die Jahre 2002 als besonders wasserreich und 2003 als wasserarm erwiesen“ (EUWID 2013). In den Jahren 2016 und 2018 waren weite Teile Deutschlands von starken Trockenperioden betroffen. Mit fortschreitenden Klimaänderungen können sich diese Trockenperioden verstärken.

Deutschland wird insgesamt als ein wasserreiches Land bezeichnet. Im Wasserdargebot bzw. in der möglichen Wassergewinnung zeigen sich jedoch regionale Unterschiede. Hydrologisch unterschiedliche Verhältnisse und Variationen der Niederschlagsmengen sind regionale Faktoren, die die Lokalität eines Industriestandorts maßgeblich beeinflussen können. Zusätzlich können klimatische Änderungen (z. B. extreme Trockenperioden) die Wasserverfügbarkeit für eine Region stark einschränken.

Die Folgen des Klimawandels können sich in Wetterextreme niederschlagen. „Ein weiteres Problem der globalen Erderwärmung ist die zunehmende Dürre. Da die Verdunstungsrate ansteigt, geht auch bei konstanten mittleren Niederschlägen die Bodenfeuchte schneller verloren, und Dürren werden allein deshalb wahrscheinlicher. Zusätzlich verändern sich Niederschlagsmuster – und obwohl insgesamt die Regengmengen in einem wärmeren Klima zunehmen, nehmen sie leider gerade in ohnehin trockenen Regionen ab“ (Rahmstorf et al. 2019).

Für ein Unternehmen mit relevantem Frischwasserverbrauch sollte daher die Prüfung der jeweils regionalen Verfügbarkeit des Wasserangebots sehr hohe Priorität haben. Klimaänderungen können Einfluss auf die Wasserverfügbarkeit haben, was in einer langfristigen Risikobewertung von sicheren Wasserbezügen berücksichtigt werden muss. Die Zahlen zur Verteilung der gesamten Wasserentnahme in Deutschland zeigt Abb. 1.6.

1.2.2 Wassernutzung in Deutschland

Die Wasserentnahmen der verarbeitenden Industrie, der öffentlichen Wasserversorgung und der Kraftwerke sind seit dem Jahr 1991 rückläufig. Wie in Abb. 1.6 zu sehen ist, werden zurzeit gut 2–3 % des entnommenen Wassers für die Kraftwerke benötigt, v. a. als Kühlwasser. Die Gesamtmenge der Wasserentnahme beläuft sich auf 25,1 Mrd. Kubikmeter pro Jahr, diese Menge unterteilt sich in:

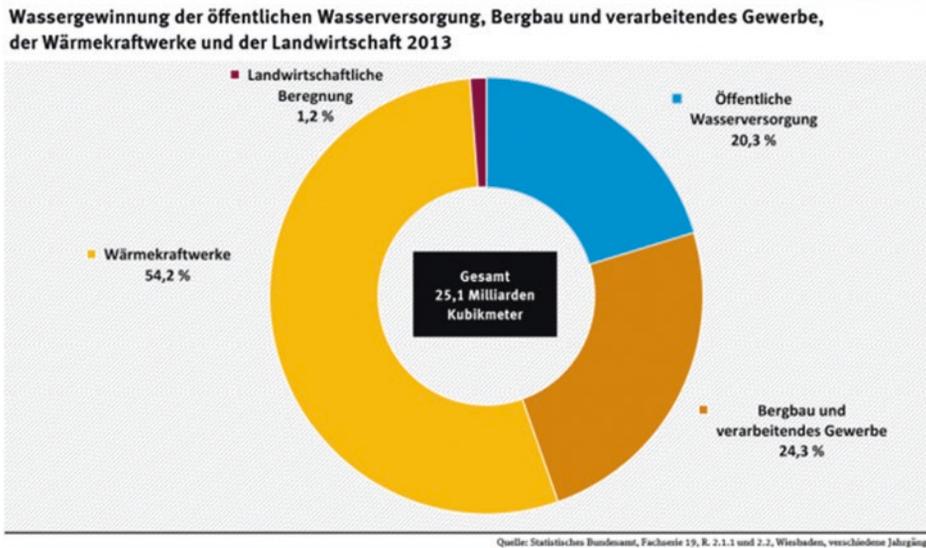


Abb. 1.6 Wassergewinnung in Deutschland (Statistisches Bundesamt 2013, zitiert in UBA 2017)

		Mrd. m ³ /a]
1	Wärmekraftwerke	13,6
2	Bergbau und Verarbeitendes Gewerbe	6,1
3	Öffentliche Wasserversorgung	5,0
4	Landwirtschaft	0,3

Die reine insgesamt gute Verfügbarkeit von Wasservorräten in Deutschland muss für jedes Unternehmen, das seinen Frischwasserbezug über öffentliche oder private Wasserlieferanten bezieht, auch unter den Kosten betrachtet werden.

Web-Informationen: Wassersituation in Deutschland

<https://www.heizsparer.de/spartipps/wasser-sparen/wasserknappheit>

Wassersparen: Ist Wasser sparen in Deutschland unsinnig? ...

<https://www.br.de/radio/bayern1/inhalt/experten.../wasser-sparen-umwelt100.html>

Wasserversorgung: In Deutschland herrscht die größte Dürre seit 15 Jahren ...

[https://www.welt.de >Wirtschaft](https://www.welt.de/Wirtschaft)

Hitzewelle über Deutschland – Reichen die Wasservorräte ...

www.lebensraumwasser.com/?p=3778

Situation in Deutschland – Wasser-Info-Team Bayern

www.wasser-bayern.de ›Wasser Bayern ›aquaWissen ›Bedarf – Verbrauch – Angebot

Umwelt: Wasserversorgung in Deutschland – Umwelt – Natur – Planet ...

<https://www.planet-wissen.de> ›Natur ›Umwelt

Im Nordwesten wird das Wasser knapp – Politik: Aktuelle Nachrichten ...

https://www.weser-kurier.de/deutschland.../deutschland-welt-politik_artikel,-im-nordw...

Das Trinkwasser wird knapp, steht uns eine trockene Zukunft bevor?

www.faz.net ›Wirtschaft ›Menschen & Wirtschaft

Die große Hitze: Was Sie jetzt wissen müssen | NDR.de – Nachrichten

<https://www.ndr.de/.../Die-grosse-Hitze-Was-Sie-jetzt-wissen-muessen,trockenheit224.ht...>

Deutschlands „Wasserproblem“ – WWF Deutschland

<https://www.wwf.de> ›Presse

1.2.3 Stabile Wasserpreise

1.2.3.1 Frischwasserbezug über Stadtwasser

Die Diskussion über die Preise von Frischwasser in Deutschland wird sehr kontrovers geführt. Unabhängig davon zeigt sich in Recherchen zu den Wasserpreisen Deutschlands im internationalen Vergleich, dass Deutschland bei den Frischwasserpreisen mit an der Spitze liegt mit z. T. mäßigen Preissteigerungen (nus consulting Group 2007). In diesem Zusammenhang ist es wichtig zu beachten, dass die Wasserversorgung und ihre Überwachung in der Bundesrepublik einen hohen Stand aufweist.

Innerhalb Deutschlands schwanken die Preise stark von Bundesland zu Bundesland (Focus 2018), aber auch von Gemeinde zu Gemeinde. Inwieweit sich die Frischwasserpreise in den nächsten Jahren durch Maßnahmen der Wasseraufbereitung infolge Nitratwerte im Grundwasser in einzelnen Landstrichen erhöhen, ist noch nicht entschieden. Eine Warnung des Umweltbundesamts (UBA 2018) weist auf eine deutliche Preissteigerung hin:

- ▶ „Trinkwasser könnte in etlichen Regionen Deutschlands in Zukunft spürbar teurer werden. Grund ist die hohe Belastung des Grundwassers mit Nitrat. Über 27 Prozent der Grundwasserkörper überschreiten derzeit den Grenzwert von 50 mg/l. Wenn die Nitrateinträge dort nicht bald sinken, müssen betroffene Wasserversorger zu teuren Aufbereitungsmethoden greifen, um das Rohwasser von Nitrat zu reinigen. Einer aktuellen Studie des Umweltbundesamtes (UBA) zufolge kann dies die Trinkwasserkosten um 55 bis 76 Cent pro Kubikmeter erhöhen. Das entspricht einer Preissteigerung von 32 bis 45 Prozent. Eine vierköpfige Familie müsste dann bis zu 134 € im Jahr mehr bezahlen.“ (UBA 2018)

In der Pressemitteilung des UBA werden die finanziellen Folgen für eine vierköpfige Familie erwähnt. Jedes Unternehmen kann sich bei seinem eigenen Wasserverbrauch sehr leicht die möglichen Mehrkosten pro Jahr ausrechnen.

Web-Informationen: Wasserpreise in Deutschland

Deutsche zahlen höchsten Wasserpreis – Ratgeber-Geld-Sparen

<https://www.ratgeber-geld-sparen.de/aktuelle.../wasserpreis-in-deutschland.html>

Wasserpreise in Deutschland: Die große Vergleichstabelle – SPIEGEL ...

www.spiegel.de ›Wirtschaft

Wasser- und Abwasserpreise in Deutschland – Wikipedia

https://de.wikipedia.org/wiki/Wasser-_und_Abwasserpreise_in_Deutschland

Trinkwasserpreis: Das kostet 1 L Wasser – FOCUS Online

<https://www.focus.de> ›Wissen ›Praxistipps

Was kostet ein Liter Wasser in Deutschland? – CHIP

<https://praxistipps.chip.de> ›Internet

Der Wasserpreis – trinkwasser-wissen.net

<https://www.trinkwasser-wissen.net/fakten/preis>

Wasserpreis Entwicklung in Deutschland – DieEinsparInfos.de

www.dieeinsparinfos.de/wasser-sparen/wasserpreis-entwicklung/

Faktencheck: Wasserpreise | Verband kommunaler Unternehmen e. V.

<https://www.vku.de/wasserpreise>

Trinkwasserkosten nach Bundesländern 2013 | Statistik

<https://de.statista.com> ›Energie & Umwelt ›Wasserwirtschaft

Der große Kosten-Vergleich – Wo zahlt man fürs Wasser am meisten ...

<https://www.bild.de/.../wasserpreise-in-welcher-stadt-zahlt-man-am-meisten-47152444.bi...>

1.2.3.2 Eigenförderung von Grund- und Oberflächenwasser

Viele Unternehmen betreiben für eine Eigenversorgung Brunnen. Sie fördern i. d. R. Grundwasser auf ihren Firmengeländen. Die Wasserentnahme wird jedoch vielfach restriktiv gehandhabt. Zusätzlich zu den Auflagen haben einige Bundesländer für diese Art der Wasserentnahme Gebühren eingeführt.

„Als *Wasserentnahmeentgelt* bzw. *Wasserentnahmeabgabe*, umgangssprachlich auch *Wassercent* oder früher *Wasserpfennig*, bezeichnet man das in einigen deutschen Bundesländern nach den Landeswassergesetzen für die Entnahme von Grundwasser und Oberflächenwasser erhobene Entgelt.

Das Geld wird u. a. dazu verwendet, Landwirte dafür zu entschädigen, dass sie verantwortungsvoll mit Düngemitteln umgehen und damit das Grundwasser vor Verunreinigungen schützen.

Grundlage ist die EU-Wasserrahmenrichtlinie: Entsprechend dem Verursacherprinzip sind Kosten für Wasserdienstleistungen einschließlich umwelt- und ressourcenbezogener Kosten zu entrichten (Externe Kosten). Das *Wasserentgelt* ist somit eine Lenkungsabgabe.

Im Jahr 2008 erhoben die Bundesländern Baden-Württemberg, Berlin, Bremen, Brandenburg, Hamburg, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Saarland, Sachsen und Schleswig-Holstein ein Wasserentnahmeentgelt. Sachsen-Anhalt folgte ab 2012, Rheinland-Pfalz ab Januar 2013“ (Wikipedia: Wasserentnahmeentgelt 2019).

Im Zuge einer Verschärfung dieser Form von Wasserentnahme etwa durch EU-Vorgaben kann sich die Entnahme verteuern bzw. stark eingeschränkt werden. Aber Einschränkungen und Abgabenerhebungen existieren nicht nur beim Wasserbezug sondern in viel stärkerem Maß bei der Abwasserentsorgung.

1.3 Abwasserentsorgung mit Kostensteigerungen?

Abwasserentsorgung kann auf zwei Arten besorgt werden, entweder als Direkteinleitung in den Vorfluter oder indirekt über eine kommunale Kläranlage. Beide Einleitungsarten sind von der EU-Wasserrahmenrichtlinie (Wasserrahmenrichtlinie EU-WRRL 2000) tangiert.

Sehr vereinfacht ausgedrückt, fordert die Richtlinie den Schutz der Oberflächengewässer und des Grundwassers. Dieser Schutz ist nur mit entsprechen Maßnahmen bei der Indirekteinleitung (meist öffentliche Kläranlagen) und den Direkteinleitern (meist größere Betriebe) zu erreichen. Die Maßnahmen – gleich welcher Art – werden Kosten verursachen. Die Abwassergebühren für Indirekteinleiter variieren in Deutschland von Bundesland zu Bundesland und von Kommune zu Kommune. Insgesamt liegen die Abwasserkosten in Deutschland im internationalen Vergleich in den oberen Rängen.

Ursachen der Preisentwicklung „Durch den sinkenden Wasserverbrauch müssen Anlagen an die geringeren Durchflussmengen angepasst werden, was mit technischen Mehraufwendungen und Zusatzkosten verbunden ist. Ein Beispiel für diese Zusatzkosten ist der Preisanstieg zwischen 1992 und 2007 bei Deutschlands größtem Wasserversorgungsunternehmen, den Berliner Wasserbetrieben: Hier sind 56,2 % des Preisanstiegs auf den verringerten Wasserverbrauch zurückzuführen. Da weniger Abwasser durch die Kanalisationen fließt, pumpen die Betreiber bis zu 800.000 L Trinkwasser täglich durch die Kanalisation, um eine Verkeimung der Rohre zu vermeiden. Durch den stark verringerten Wasserverbrauch lagern sich vermehrt schädliche Stoffe wie Nickel, Blei und Kupfer in den Rohren ab. Manche Betreiber wechseln die alten, dicken Rohre durch dünnere aus, um die Fließgeschwindigkeit des Abwassers zu erhöhen. Fließt das Abwasser zu langsam oder in zu geringen Mengen ab, verdrecken die Kanalisationen und faulige Gerüche sind die Folge. Wegen des stark reduzierten oder

ganz wegfallenden Wasser- und Abwasserdurchflusses wird in ländlichen Regionen und Städten der neuen Bundesländer die Infrastruktur zurückgebaut.

Weitere Ursachen für einen Preisanstieg sind die gestiegenen gesetzlichen Anforderungen an die Trinkwasserversorgung, reduzierte oder weggefallene Subventionen aufgrund leerer öffentlicher Kassen, Steuererhöhungen im Bereich der Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung, sowie die Einführung neuer Steuern und Abgaben. (Wikipedia: Wasser- und Abwasserpreise in Deutschland 2018).“

<https://www.de.wikipedia.org/wiki/wiki-und-Abwasserpreise-in-Deutschland>.

(Neunter Bericht über den Stand des Vollzuges und die Vollzugprogramme gemäß Artikel 17 der Richtlinie 921/271/EWG des Rates über die Behandlung von kommunalem Abwasser, 2017)“.

„8. Schlussfolgerungen

Nach über 25 Jahren seit der Annahme der Abwasserrichtlinie sind bis 2014 wesentliche Fortschritte auf dem Weg zu ihrer vollständigen Umsetzung erzielt worden. Dies hat zu einer allmählichen, aber deutlichen Verbesserung der Qualität der europäischen Gewässer geführt. Trotz des allgemein hohen Umsetzungsniveaus der Abwasserrichtlinie besteht jedoch weiterhin eine Reihe von Herausforderungen, die Folgendes erfordern:

- weitere Investitionen in die Abwasserwirtschaft mit dem Ziel, den Umsetzungsgrad zu erhalten oder zu erhöhen. Besonderes Augenmerk muss auf einige Mitgliedstaaten mit weiterhin niedrigen Umsetzungsquoten und allgemein auf die weitergehende Abwasserbehandlung gerichtet werden, während gleichzeitig das reibungslose Funktionieren und die Instandhaltung der Infrastrukturen sicherzustellen sind;
- Beschaffung weiterer Nachweise für die Funktionsweise von IGS;
- Verbesserung der Qualität und der Wiedergewinnung von Klärschlamm;
- Verminderung der Auswirkungen von Regenüberläufen, durch die Gewässer mit unbehandeltem Abwasser verschmutzt werden, mithilfe folgender Maßnahmen:
 - Förderung natürlicher Wasserrückhaltesysteme;
 - Verbesserung der Bewirtschaftung der Netze in Verbindung mit Abwasserbehandlungsanlagen;
 - zusätzliche Investitionen (bei Bedarf¹);
- Verbesserung der Zusammenhänge zwischen den grundlegenden Anforderungen der Abwasserrichtlinie und der Wasserrahmenrichtlinie, insbesondere wenn diese Anforderungen nicht ausreichen, um die Einhaltung der Wasserqualitätsziele gemäß der Wasserrahmenrichtlinie zu erreichen;

¹Studie zu Regenüberläufen: <https://circabc.europa.eu/w/browse/e00a649a-7eb4-40b3-9b19-f5ace7a80e08>

- (bei Wasserknappheit) bei gleichzeitiger Sicherstellung einer angemessenen Wasserqualität;
- Optimierung des Energieverbrauchs von Abwassersystemen, wobei nach Möglichkeit erneuerbare Energie in den Abwasserbehandlungsanlagen (z. B. Biogas) erzeugt werden sollte;
- Sicherstellung der Erschwinglichkeit von Abwasserdienstleistungen in dem Wissen, dass der Investitionsbedarf im Wassersektor sich nicht auf die Sammlung und Behandlung von Abwasser beschränkt, sondern in einigen Regionen auch die Bereiche Trinkwasser, Hochwasserschutz und Wasserverfügbarkeit betrifft.

Diese Herausforderungen und weitere Erkenntnisse aus der anstehenden Bewertung werden in die Überlegungen der Kommission zu möglichen weiteren Maßnahmen einfließen. In der Zwischenzeit wird besonderes Augenmerk auf diejenigen Mitgliedstaaten gerichtet, die Schwierigkeiten bei der Umsetzung der Richtlinie haben. Zudem wird die Berichterstattung verbessert und auf diese Weise für eine geeignete und fristgerechte Datenerfassung und -bewertung gesorgt.“ (Neunter Bericht über den Stand des Vollzuges und die Vollzugprogramme (gemäß Artikel 17) der Richtlinie 921/271/EWG des Rates über die Behandlung von kommunalem Abwasser 2017)“.

Anthropogene Spurenstoffe könnten Betriebskosten in die Höhe treiben; der Einfluss moderner Stoffe aller Art unserer Zivilisation macht eine Ausweitung der Behandlungsverfahren in öffentlichen Abwässern nötig und bedingt damit Preissteigerungen.

- ▶ „Wer sucht, der wird finden: Die stetig genauere Analytik weist im Wasser noch geringste Konzentrationen von anthropogenen organischen Spurenstoffen nach – eine Herausforderung für den Gesetzgeber ebenso wie für die Technik. Klar ist bereits: Die notwendige vierte Reinigungsstufe in Kläranlagen wird teuer“ (Bittermann H.-J. et al. 2018).

„Anthropogene Spurenstoffe wie Hormone, Arzneimittel, Kosmetika, Pflanzenschutzmittel sowie *industrielle Grund- und Veredelungsstoffe* gelangen über Produktionsanlagen, den Menschen selbst oder die Landwirtschaft, ins Abwasser und schließlich über Kläranlagenabläufe in die Oberflächengewässer. Selbst in tief liegenden Grundwässern werden sie angetroffen.

Ehe man sich der Frage widmet, wie solche Stoffe vom Trinkwasser abgetrennt werden können, muss verstärkt kommuniziert werden: Vermeiden ist erheblich effizienter als Separieren. Vermeidungsstrategien und Anwendungsbeschränkungen bestimmter Stoffe (besonders in der Landwirtschaft!) sind deshalb so wichtig wie lokale Behandlungs- und Rückhaltungsmaßnahmen: Beispielsweise eine Vorbehandlung im Teilstrom, bevor das Abwasser eines Krankenhauses einer zentralen Reinigung zugeführt wird. Klar ist aber auch: In der industrialisierten Welt ist ein kompletter Verzicht auf anthropogene Stoffe nicht denkbar“ (Bittermann H.-J. et al. 2018).

Außer den Warnungen über anthropogene Stoffe nimmt die Zahl von Hinweisen über gefährliche Keime im Abwasser und über Plastikstoffe zu, besonders im Mega- und Nanogrößenbereich.

- ▶ “Jede technische Verwendung von Wasser muss von dem Gedanken des Kreislaufs ausgehen“ (Imhoff et al. 1999).

Ein Hinweis, der etwas in die Jahre gekommen ist und dennoch aktueller denn je ist.

1.4 Wasser nutzen und schützen

Wasser intelligent nutzen – nachhaltig schützen, so lautet der Titel einer Broschüre der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) und der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA). Im Vorwort wird ausgeführt: „Wasser ist die Grundlage des menschlichen Lebens. In der Natur aber auch in vielen Bereichen menschlicher Aktivität kann Wasser der begrenzende Faktor sein, wenn es z. B. um Wüstenbildung und um Zugang zu sauberem Trinkwasser geht. Wasser ist einer der wichtigsten Wirtschaftsfaktoren unserer Industriegesellschaft. Seine Verfügbarkeit entscheidet wesentlich über das Wohlergehen des Einzelnen und von menschlichen Gemeinschaften“. Weiterhin wird darauf hingewiesen, dass eine nachhaltige Wasserwirtschaft die integrierte Bewirtschaftung aller künstlichen und natürlichen Wasserkreisläufe mit einbezieht unter Beachtung von drei wesentlichen Zielen (Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) und (DWA) Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. 2009):

- „Dem langfristigen Schutz von Wasser als Lebensraum bzw. als zentrales Element von Lebensräumen
- Der Sicherung von Wasser in seinen verschiedenen Facetten als Ressource für die jetzige wie die nachfolgenden Generationen.
- Der Erschließung von Optionen für eine dauerhafte naturverträgliche, wirtschaftliche und soziale Entwicklung.“

1.4.1 Wasser als multipler Arbeitsstoff

Die Abb. 1.7 zeigt, Wasser hat in der Industrie verschiedene Funktionen, wobei hier drei der wichtigsten Funktionen innerhalb der betrieblichen Wasserwirtschaft im Fokus stehen.

Wasser übernimmt in der industriellen Produktion als Medium vielfache Aufgaben. Sie reichen vom Spülen bzw. Reinigen von sehr unterschiedlichen Werkstoffen über die Funktion als Energieträger (z. B. erwärmte Spülwässer, Waschwässer etc.) bis hin zum