

Rolf Stiefel

Abwasserrecycling und Regenwasser- nutzung

Wertstoff- und Energierückgewinnung in
der betrieblichen Wasserwirtschaft

 Springer Vieweg

Abwasserrecycling und Regenwassernutzung

Rolf Stiefel

Abwasserrecycling und Regenwassernutzung

Wertstoff- und Energierückgewinnung in
der betrieblichen Wasserwirtschaft

Dr. Rolf Stiefel
Lahnstein, Deutschland

ISBN 978-3-658-01039-3
DOI 10.1007/978-3-658-01040-9

ISBN 978-3-658-01040-9 (eBook)

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

Springer Vieweg

© Springer Fachmedien Wiesbaden 2014

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 Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Vieweg ist eine Marke von Springer DE. Springer DE ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media
www.springer-vieweg.de

Danksagung

Herzlichen Dank an alle Kolleginnen und Kollegen, Agenturen, Ämter, Institutionen, Verbände und Fachfirmen, die mit zahlreichen Informationen einen Beitrag zu meinem Buch lieferten. Die fachliche Unterstützung der Effizienz-Agentur NRW (EFA) sowie der Fachvereinigung Betriebs- und Regenwassernutzung e.V. (fbr) war eine wesentliche Hilfe.

Inhaltsverzeichnis

1	Wasser im Kreislauf	1
1.1	Wasser nutzen und schützen.	3
1.2	Wasserressourcen und ihre Nutzung	5
1.3	Der Wasserkreislauf als Perpetuum mobile mit Sonnenantrieb	11
1.3.1	Die Sonne als Motor des Wasserkreislaufs	11
1.3.2	Der Wasserkreislauf, mit Ausnahme fossiler Wässer: Regen, Abfluss, Rückhalt, Verdunstung	12
2	Der Wasserkreislauf als Vorbild	13
2.1	Prozesswasserautarkie mittels Abwasserrecycling	13
2.2	Die EG-Wasserrahmenrichtlinie	14
2.3	Prioritäre Stoffe in deutschen Gewässern	14
2.4	Wer nicht handelt, wird behandelt!	17
2.5	Die Natur als Vorbild – Kreislaufführung der Prozesswässer	18
2.5.1	Frischwasser-Check	18
2.5.2	Abwasserentsorgung, Einsparpotentiale, Prozesswasserautarkie	19
3	Produktionsintegrierter Umweltschutz (PIUS)	21
3.1	Ziele des produktionsintegrierten Umweltschutzes	21
3.2	Wie kann Wasser eingespart werden?	23
3.2.1	Abwasservermeidung durch Spülwassereinsparung	24
3.3	Wirtschaftliche Effizienz durch produktionsintegrierten Umweltschutz	26
3.3.1	Leitlinien des PIUS	26
3.3.2	PIUS-Check als Einstieg in den produktionsintegrierten Umweltschutz (Effizienz-Agentur NRW, PIUS-Check)	27
3.3.3	Innerbetriebliche Maßnahmen	35
3.4	PIUS-Check	37
4	Abwasserrecyclingtechniken	39
4.1	Mehrfachnutzung von Prozesswässern	39
4.2	Abwasseraufbereitung versus Abwassereinleitung	40
4.3	Techniken zur Kreislaufführung (Abwasserrecycling)	41
4.4	Wirtschaftlichkeit	43
4.4.1	Wasserpreise (Rohstoffbezug)	43

4.4.2	Abwasserpreise (Entsorgung)	45
4.4.3	Abschätzung der Wirtschaftlichkeit	46
4.5	Wasser als Standortfaktor	48
4.6	Betriebs -Audit Prozesswasser (Checkliste)	49
5	Beispiele für Kreislaufführung von Prozesswässern unterschiedlicher Branchen	71
5.1	Beispiele aus Förderprojekten der „Initiative ökologische und nachhaltige Wasserwirtschaft NRW“ (Effizienzagentur NRW)	71
5.1.1	Förderprojekte Textil/Leder: Kreislaufführung	72
5.1.2	Förderprojekte Metall: Kreislaufführung-Membrantechnik, Kreislaufführung des Kühlwassers bei der Titanblechproduktion	73
5.1.3	Abfall- und abwasserfreie Eloxalanlage	74
5.1.4	Glasfabrik	76
5.1.5	Autowaschanlage	77
5.1.6	Kabelwerk	79
5.1.7	Vulkanfieberherstellung	80
5.2	Beispiele aus unterschiedlichen Branchen	82
5.2.1	Flugzeugenteisungsmittel	84
5.2.2	Waschwasser	84
5.2.3	Schotterwerk und Splittwaschanlage	85
6	Stoffrückgewinnung aus Abwässern	89
6.1	Prozesswasserrecycling mit Wertstoffrückgewinnung	89
6.2	Abwasserinhaltsstoffe und ihre Behandlungsverfahren	92
6.3	Zukünftige Entwicklungen in der Wertstoffrückgewinnung	97
6.3.1	Kreislaufwirtschaft wird Standortfrage	97
6.3.2	Kreislaufwirtschaft und Stand der Technik	98
6.4	Wirtschaftliche Zwänge und gesetzliche Anforderungen	100
7	Beispiele für Wertstoffgewinnung aus Abwässern	103
8	Energierückgewinnung aus Industrieabwässern	111
8.1	Möglichkeiten der Energierückgewinnung	111
8.1.1	Potentiale der Abwasserwärmenutzung	111
8.1.2	Nutzung der Abwasserwärme in Industriebetrieben	114
8.2	Beispiele für Wärmerückgewinnung aus Abwasser	117
8.2.1	Beispiel: Abwasser erwärmt Fernwärmenetz	117
8.2.2	Abwasserwärme-Check	119
8.3	Energiegewinnung aus Abwasser mittels anaerober Behandlung	119
8.3.1	Beispiele für Energiegewinnung aus Industrieabwasser mittels anaerober Verfahren	122
8.4	Checkliste Anaerobe Abwasserbehandlung	124
9	Wasserkreisläufe durch Regenwassernutzung schließen	125
9.1	Vorteile der Regenwassernutzung	125
9.2	Hilfestellung und Informationen über die Regenwassernutzung	126
9.3	Trinkwasserverordnung (TVO) beachten	126

9.4	Checklisten und Hinweise bei der Einführung der Regenwassernutzung	130
9.5	Beispiele für Regenwassernutzung	133
9.6	Das virtuelle Rückhaltebecken der Regenwassernutzung!	135
10	Die Wasserwende in der betrieblichen Abwasserwirtschaft als	
	Zukunftsperspektive	137
10.1	Wichtige Einflussgrößen auf die betriebliche Abwasserwirtschaft	137
10.2	Der Einstieg in die Kreislaufwirtschaft	138
10.3	Möglichkeiten für Wasser-und Energieautarkie in der Produktion	139
10.4	Strategische Entscheidung als Sprung in die Zukunft	142
	Anhang I	147
	Literatur	153
	Sachverzeichnis	161

Langfristig unsichere Wasserversorgungsquellen, vor allem in Gebieten außerhalb Mitteleuropas, sowie steigende Anforderungen an die Abwasserbehandlung rücken das Abwasserrecycling von Prozesswässern in den Fokus des Produktions-integrierten Umweltschutzes (kurz PIUS). Mit integrierter Rückgewinnung von Wertstoffen und Energie sowie der Nutzung von Regenwasser als Quelle für Frischwasser zur Deckung von Wasserverlusten (z. B. Verdunstung, Ausschleppung etc.) bietet das Abwasserrecycling für weite Teile der industriellen Produktion eine zukunftssichere Alternative zur herkömmlichen End-of-pipe-Technik in der Abwasserwirtschaft.

Prozesswasser ist ein Kreislaufmittel, das Abwasserrecycling ist der Jungbrunnen für den Kreislauf mit vielen Möglichkeiten der Wertstoff- und Energierückgewinnung, wie im Abb. 1.1 dargestellt. Welche Möglichkeiten diese Technik den Firmen bietet und welche Randbedingungen bei ihrer Einführung beachtet werden sollten, wird an Hand von Hintergrundinformationen, Checklisten und Beispielen aus unterschiedlichen Industriebranchen erläutert. Der Autor stützt sich dabei auf eine Auswahl zahlreicher Veröffentlichungen von Fachfirmen, Behörden, Institutionen und Beratungsagenturen bzw. auf Zitate.

Die Beispiele und Hinweise sollen vor allem mittelständischen Firmen helfen, sich einen Überblick zu schaffen, welche Chancen das Abwasserrecycling der Prozesswässer und die Regenwassernutzung bieten. Weiterhin werden die Energiegewinnung aus den Prozesswässern sowie die Wertstoffrückführung daraus vorgestellt.

Vorab aber schon so viel, ein nachhaltiger Prozesswasserkreislauf sollte folgende Maßnahmen beinhalten:

- Wassersparen in der Produktion
- Mehrfachnutzung der Prozesswässer in der Produktion
- Abwasserrecycling in Teilbereichen oder Gesamtproduktion
- Rückgewinnung von Rohstoffen aus dem Abwasser
- Nutzung der thermische oder stofflichen Energie des Abwassers
- Regenwassernutzung für die Wasserverluste

Abb. 1.1 Nachhaltiger Prozesswasserkreislauf mit sicherer Abwasserentsorgung und Frischwasserversorgung sowie integrierter Wertstoff- und Energierückgewinnung



Bei der Frage nach den Zielen eines nachhaltigen Prozesswasserkreislaufes, sind folgende Aspekte zu berücksichtigen, die in der obigen Auflistung zusammengestellt sind.

Ressourceneffizienz und Nachhaltigkeit im Prozesswasserkreislauf stützt sich auf sechs Säulen:

1. Wassersparen in den einzelnen Produktionseinheiten
2. Mehrfachnutzung von Abwässern im Betrieb mit und ohne Aufbereitung
3. Abwasserrecycling, die Aufbereitung von Abwässern und deren Wiederverwendung als Prozesswässer
4. Wertstoffe werden aus dem Abwasser zurückgewinnen und einer Verwertung zuzuführen
5. Organische Wasserinhaltsstoffe ebenso wie das Wärmepotential des Prozesswassers als Energiequellen nutzen
6. Wasserverluste im Prozesswasserkreis durch die Nutzung von Regenwasser kompensieren.

Ressourceneffizienz im Prozesswasserkreislauf beginnt mit dem Wassersparen in der Produktion, setzt sich in der Mehrfachnutzung der Prozesswässer fort und wird ergänzt durch das Abwasserrecycling. Am Ende steht idealer Weise ein geschlossener Kreislauf der Prozesswässer, wobei etwaige Wasserverluste mittels Regenwassernutzung kompensiert werden können. Das Medium Prozesswasser bewegt sich dann im Kreislauf innerhalb eines Betriebes.

Die Nutzung der Abwasserinhaltsstoffe konzentriert sich auf die Rückgewinnung von Rohstoffen aus den Abwässern.

Die energetische Verwertung der Abwässer umfasst sowohl die thermische Nutzung der Energiepotentiale der Abwässer als auch die Nutzung organischer Abwasserinhaltsstoffe mittels anaerober Verfahren für die Biogasgewinnung. In Sonderfällen können organische Stoffe der thermischen Verwertung auch direkt zugeführt werden.

Bestrebungen die betriebliche Wasserwirtschaft in diese Richtung umzustellen, sind zunächst mit Aufwand und Kosten verbunden. Kreislaufführung bietet dafür jedoch langfristig eine Autarkie bei den Prozesswässern, gleichzeitig können die Abwässer als Rohstoffquellen und Energielieferant genutzt werden. Weiterhin bieten sie für die Betriebe Sicherheit bei der Abwasserentsorgung in Bezug auf mögliche verschärfte Anforderungen der Einleitungsbedingungen in Fließgewässer und öffentliche Kläranlagen.

1.1 Wasser nutzen und schützen

In zahlreichen internationalen und nationalen Abkommen, Programmen, Verordnungen und Richtlinien etc. wird seit vielen Jahren auf das lebensnotwendige Schutzgut Wasser hingewiesen und die integrierte Planung und Bewirtschaftung der Wasserressourcen gefordert. „**Jede technische Verwendung von Wasser muss von dem Gedanken des Kreislaufs ausgehen**“ (Imhoff und Imhoff 1999).

Wasser intelligent nutzen – nachhaltig schützen, so lautete bereits der Titel einer Broschüre der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) und der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA). Im Vorwort dazu 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 zum Beispiel 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 in der Broschüre darauf hingewiesen, dass eine nachhaltige Wasserwirtschaft die integrierte Bewirtschaftung aller künstlichen und natürlichen Wasserkreisläufe mit einbezieht, unter Beachtung von drei wesentlichen Zielen:

- „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.**“ (Deutsche Bundesstiftung Umwelt und Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. 2009)

Das heißt, wir sollen Wasser intelligent nutzen und schützen. In der Agenda 21 als weltweitem Forum ist zum Schutze der Güte und Menge der Süßwasserressourcen unter Teil II Absatz 18 j bis l postuliert:

- a. „die Erschließung neuer und alternativer Wasservorkommen beispielsweise durch Meerwasserentsalzung, durch künstliche Grundwasseranreicherung, durch *Nutzung von Wasser minderer Qualität, durch Wiederverwendung von Brauchwasser und durch Kreislaufführung von Wasser*;
- b. die Integration von Wassermengen- und Wassergütwirtschaft (einschließlich Oberflächen- und Grundwasservorkommen);
- c. die Förderung des Gewässerschutzes durch für alle Nutzer geltende Programme zur rationelleren Wassernutzung und zur Minimierung von Wasserverlusten, darunter auch die Entwicklung wassersparender technischer Einrichtungen“.

Für den europäischen Bereich gibt es eine sehr interessante Schrift unter dem Titel „Die Europäische Union vor der Herausforderung Wasserknappheit“ (Frerot 2009). In dieser werden die Probleme der europäischen Wasserwirtschaft sowie die Zielsetzungen zu ihrer Sanierung aufgezeigt.

- „Als oberste Priorität ist für die Allgemeinheit der Zugang zu Wasser sicherzustellen, denn Wasser ist ein lebensnotwendiges Gut. Dieses Ziel ist bei weitem noch nicht erreicht, auch nicht in Europa.
- Die zweite Herausforderung ist die Wiederherstellung der Wassergüte. Die Europäische Union hat dafür einen eigenen Ordnungsrahmen erarbeitet: die Wasserrahmenrichtlinie 2004, die das Ziel vorgibt, bis 2015 den guten ökologischen Zustand der Gewässer in Europa wiederherzustellen.
- Die dritte Herausforderung der Wasserpolitik besteht darin, Wasserknappheitsprobleme in Europa zu lösen. Örtliche Wasserverfügbarkeitsprobleme wurzeln im unausgewogenen Verhältnis zwischen Ressourcen und Bedarf. Wasserknappheit unterscheidet sich von Dürre darin, dass der Wasserbedarf strukturell höher ist als die nachhaltig nutzbaren Wasserressourcen. Probleme der Wasserverfügbarkeit sind lokaler, nicht allgemeiner Natur.“ (Frerot 2009).

Dieses Zitat nennt die beiden Kernaufgaben der Wasserbewirtschaftung, im europäischen Raum:

- Verbesserung der Gewässergüte
- Sicherung eines ausreichenden Wasserangebots

Innerhalb Europas bestehen natürliche Unterschiede beim Wasserdargebot. Für wassernutzende Industriebetriebe stellen sich elementare Fragen bezüglich der Zukunftssicherung ihres Wasserbezuges und der Abwasserentsorgung, die sich in folgende Schlüsselfragen zusammenfassen lassen:

1. Wie gestaltet sich langfristig die Wasserverfügbarkeit in meinem regionalen Umfeld?
2. Welche Anforderungen werden langfristig an die Abwasserentsorgung gestellt?

3. Welche Maßnahmen sichern eine langfristige Wasserversorgung?
4. Welche Maßnahmen garantieren eine sichere Abwasserentsorgung in Zukunft?
5. Welches Konzept zur Wasserbewirtschaftung wird benötigt?
6. Welche Kosten entstehen?

Zur Klärung der Frage, wie eine langfristige Zukunftssicherung z. B. eines mittelständischen Betriebes in Deutschland aussehen könnte, hilft zunächst ein Blick auf die Wassernutzung in Deutschland.

1.2 Wasserressourcen und ihre Nutzung

Das Wasserdargebot ist in Deutschland insgesamt ausreichend. Regional, besonders in Ballungsgebieten, ist der Wasserverbrauch jedoch teilweise größer als das Angebot. Es gibt Gebiete mit Wassermangel und Gebiete mit Wasserüberschuss, was eine Bewirtschaftung der Trinkwasservorräte erfordert. Defizite werden durch Fernleitungen und andere Maßnahmen ausgeglichen, z. B. durch 300 Talsperren zur Trinkwasserversorgung

Das Umweltbundesamt (UBA) führt auf einer Webseite (Umweltbundesamt, Wasserressourcen und ihre Nutzung, Daten zur Umwelt) folgende Sachverhalte für die Wasserbilanz Deutschlands aus:

„Für die Wasserbilanz eines Gebietes muss der gesamte Wasserhaushalt betrachtet werden, der im Wesentlichen durch die Größen Niederschlagshöhe, gebietsbezogene Zu- und Abflussmenge und Verdunstung repräsentiert wird. Aus diesen Daten lassen sich nach unterschiedlichen Berechnungsmodellen, die erneuerbare oder interne Wasserressource und das potentielle Wasserdargebot ermitteln. So gibt z. B. das potentielle Wasserdargebot an, welche Mengen an Grund- und Oberflächenwasser genutzt werden können. Mit einem verfügbaren Wasserdargebot von 188 Mrd. m³ ist Deutschland ein wasserreiches Land. Dabei wird das Wasserdargebot als langjähriges Mittel über ca. 30 Jahre erhoben (siehe Tab. 1.1 Wasserbilanz für Deutschland).“ (Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz 2008).

Wer sind die Hauptnutzer und wie gestaltet sich die Wassernutzung insgesamt?

Übertragen auf die entnommenen Wassermengen bedeutet dies eine Aufteilung in folgende Nutzergruppen: Wärmekraftwerke nutzten 2007 ca. 19,7 Mrd. m³ Wasser aus der Eigenversorgung als Kühlwasser für die öffentliche Energieversorgung

- Als zweitgrößter Wassernutzer entnahmen Bergbau und Verarbeitendes Gewerbe ca. 7,2 Mrd. m³ für industrielle Zwecke
- Auf die öffentliche Wasserversorgung entfielen 2007 ca. 5,1 Mrd. m³
- Bei der Betrachtung der Wasserentnahmen ist die landwirtschaftliche Wassernutzung in Deutschland von untergeordneter Bedeutung.

Tab. 1.1 Wasserbilanz für Deutschland aus (Bundesanstalt für Gewässerkunde 2008). (Quelle: Bundesanstalt für Gewässerkunde, Mitteilung vom 21.10.2008, erstellt mit Daten des Deutschen Wetterdienstes und der Wasserwirtschaftsverwaltungen des Bundes und der Länder)

Wasserbilanz für Deutschland In Mrd. m ³											
Mittelwert											
	1961–1990	1961–1990 ^g	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
<i>Wasserhaushaltsgroßen^a</i>											
Niederschlag	307 ^f	278	273	309	294	327	359	215	287	261	248
Zufluss von Oberliegern	71	71	57	83	78	84	87	55	61	60	69
Gebietsbürtiger Abfluss vom Bundesgebiet	117	117	82	132	111	109	150	90	64	95	94
Verdunstung	194	165	174	175	177	175	186	175	183	178	176
– davon Verdunstung aus Wasserverbrauch	3,9	3,9	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
Evapotranspiration	190	161	169	170	172	171	181	171	178	173	171
Wasservorratsänderung ^b			18	3	7	43	22	-50	20	-15	-25
<i>Wasserdargebot^a</i>											
Potenzielles Wasserdargebot ^c	188	188									
Erneuerbare Wasserressource ^d	188	188	161	222	201	240	265	99	170	148	146
Interne Wasserressource ^e	117	117	104	139	122	156	178	44	109	88	77

^a Werte gerundet

^b Niederschlag - gebietsbürtiger Abfluss vom Bundesgebiet – Verdunstung

^c Differenz der vieljährigen Mittelwerte von Niederschlag und Evapotranspiration

^d interne Wasserressource + Zufluss von Oberliegern

^e Niederschlag – Evapotranspiration

^f Niederschlagswert korrigiert um systematischen Messfehler

^g Unter Verwendung nicht korrigierter Niederschläge. Die Einzeljahre sind in Relation zu diesen Werten zu setzen *kursiv* = Schätzwerte

Abb. 1.2 Wasserdargebot und Wassernutzung in Deutschland im Jahre 2007 nach (Bundesanstalt für Gewässerkunde 2006) cit. aus (UBA 2011)

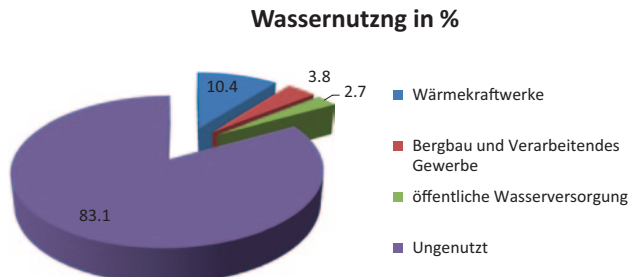


Abb. 1.3 Wassergewinnung in Deutschland im Jahre 2007 nach (Statistisches Bundesamt 2004) cit. aus (UBA 2011)

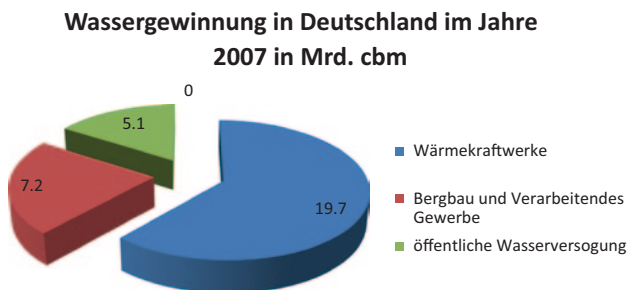


Abbildung 1.2 verdeutlicht die Wassernutzung in Deutschland in Bezug auf die Wasseranteile. Über 80 % vom Wasserdargebot werden nicht genutzt. Bei der Nutzern ist ein deutliches Übergewicht bei der WärmeKrafterzeugung feststellbar, Bergbau und Verarbeitendes Gewerbe sowie die öffentliche Wasserversorgung sind weitere relevante Wassernutzer. Im Abb. 1.3 werden die Verhältnisse der einzelnen Wassernutzungen in absoluten Wassermengen veranschaulicht. „Die Wasserentnahme ist in allen Sektoren seit Jahren rückläufig, am stärksten wirkt sich jedoch der sinkende Wasserbedarf der WärmeKraftwerke aus“ (UBA 2011).

Das Wasserdargebot in Deutschland kann mit regionalen Ausnahmen zum jetzigen Zeitpunkt als ausreichend bzw. gut bezeichnet werden. Wie sieht es in anderen Regionen unserer Welt aus, in Ländern mit hohen Wachstumsraten und stetiger Industrialisierung? Eine Frage, die spätestens aktuell wird, bei Überlegungen einen Zweigbetrieb außerhalb von Mitteleuropa zu erwerben oder zu errichten. Auch hier hilft ein kurzer Blick auf die Prognosen des Wasserdargebotes weltweit.

Die Karte (Abb. 1.4) weist die großen Wassermangelgebiete des 21. Jahrhunderts aus. Mit roter und rosa Schraffur sind Teile der Erde betroffen, in denen die sehr großen und industriell stark aufstrebenden Volkswirtschaften (China, Indien) liegen, aber auch große Flächen Südamerikas, Australiens und Südeuropas sowie weite Teile des Westens der USA und Mexikos. Diese Gebiete leiden unter akutem, zunehmendem Wassermangel. Welche Auswirkungen schon heute die starke Einschränkung des Wasserangebotes haben kann, möge ein Bericht über die Situation in Kalifornien um den Kampf auf den Zugriff des Wassers des legendären Colorado River veranschaulichen.

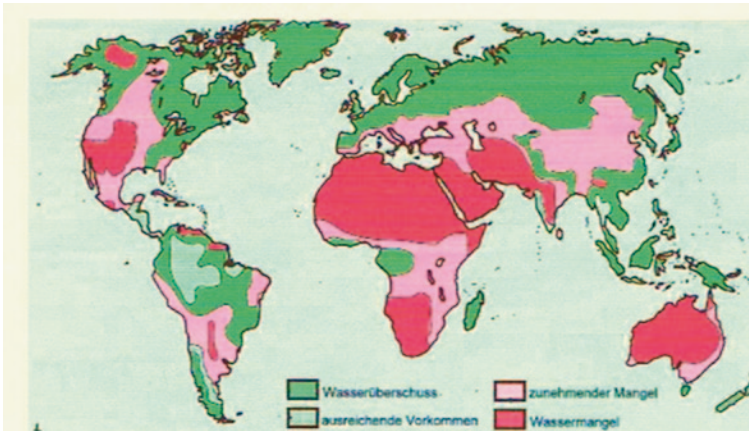


Abb. 1.4 Wassernutzung durch den Menschen (aus Paeger 2012)

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% 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, die ohnehin durch den Wasserdurst der Städte gefährdet ist. (Paeger 2012)

Aber auch ein Bundesstaat wie Kalifornien, heute die zehntgrößte Volkswirtschaft der Welt und gleichzeitig Gemüsegarten der USA, zeigt enorme Probleme bei der Wasserbeschaffung. Gesetze und Vorschriften sollen dort die Bevölkerung, Landwirtschaft und Industrie zum Wassersparen zwingen (Paeger 2012).

Selbst in England, dem „Mutterland des Regens“ in Europa, ist Wassermangel ein Thema. So weist eine Überschrift „Wassermangel: England verbietet Blumengießen,“ (Westdeutsche Zeitung 2010) unverhohlen auf die Probleme hin, das kostbare Nass an allen Orten in ausreichender Menge zur Verfügung zu stellen. Dabei weisen England und Wales immerhin eine durchschnittliche jährliche Niederschlagsmenge von 895 mm auf (Schönbäck et al. 2011), sie ist höher als in Deutschland.

Wasserknappheit und Dürre, so lauten Überschriften in Spanien, Zypern oder der Türkei, die Liste lässt sich beliebig fortsetzen und zeigt den Zustand der Wasserprobleme vieler Länder vor allem in Südeuropa. Die Folgen des Klimawandels fordern eine besonders aufmerksame Bewirtschaftung der Wasservorkommen in diesen Ländern (Europäische Umweltagentur 2012).

Wie die Beispiele und Statistiken erkennen lassen, droht in vielen bevölkerungsreichen Teilen der Erde eine angespannte Situation beim Wasserangebot. Was im Abb. 1.5 durch die Verschlechterung der weltweiten Wasserverfügbarkeit unterstrichen wird.

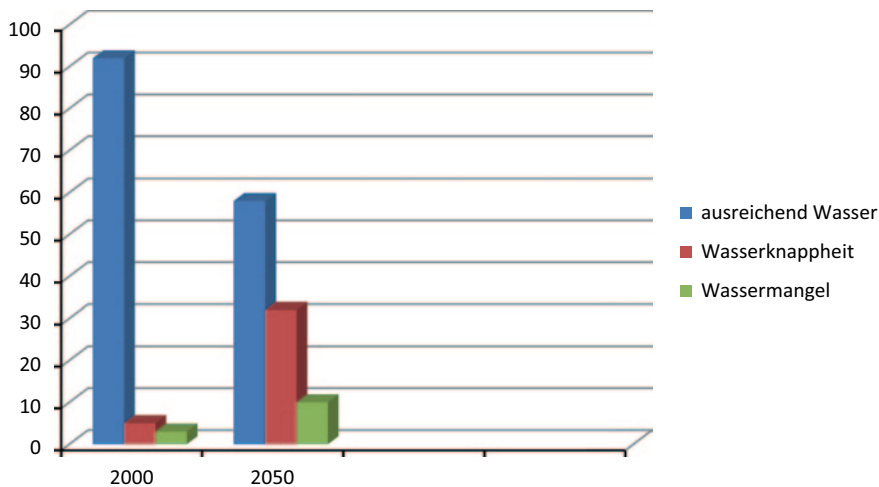


Abb. 1.5 Wasserverfügbarkeit 2000 und 2050 (Prognose) nach (DSW-Deutschland 2013)

Abbildung 1.5 zeigt den Grad der Wasserverfügbarkeit weltweit im Jahre 2000 und in einer Prognose im Jahre 2050. Diese Daten basieren auf der mittleren Variante der UN-Bevölkerungsprojektionen von 1998. (DSW-Deutschland 2013)

In Deutschland insgesamt wird zwar ein ausreichendes Wasserangebot erwartet, temporäre Engpässe kann es jedoch auch in einigen Regionen Deutschlands geben. Solche temporären Engpässe können auch infolge eines sich verändernden Klimas verstärkt werden, wie den Ausführungen des Kompetenzzentrums Klimafolgen und Anpassung (Kompass 2011) zu entnehmen ist.

„Von den möglichen negativen Auswirkungen des Klimawandels sind im Wasserbereich vor allem die erhöhte Hochwassergefahr und die Verringerung des Wasserdargebots (Berechnung aus Niederschlag minus Verdunstung) im Sommer von Bedeutung. Diese Auswirkungen sind das Ergebnis einer bereits zu beobachtenden und in Zukunft verstärkt zu erwartenden Verschiebung der Niederschläge vom Sommer in den Winter sowie einer erhöhten Verdunstung als Folge steigender Temperaturen. Hinzu kommt eine besonders im Winter erhöhte Wahrscheinlichkeit von Starkregenereignissen und Veränderungen in der Schneedeckendauer.

In der Graphik (Abb. 1.6) fällt vor allem die stark negative Tendenz des Wasserdargebots in *Ostdeutschland* und im *Rhein-Main-Gebiet* sowie die deutlich positive Wasserbilanz in den Gebirgen auf. Daraus ergeben sich Szenarien, die vom Kompetenzzentrum Klimafolgen und Anpassung, wie folgt bewertet werden.

- Die Hochwassergefahr steigt in ganz Deutschland vermutlich vor allem in den Winter- und Frühjahrsmonaten. Besonders gefährdet sind der Alpenraum und Gebiete ohne ausreichende Retentionsflächen und/oder mit hoher Bebauungsdichte. Inwieweit auch die Gefahr von Sommerhochwässern steigt, ist noch ungeklärt.