

Wasserbedarfsprognose für Südhessen 2100

Langfristige Prognose im Rahmen eines Klimafolgen-Projektes

Wasserversorgung, Wasserbedarfsprognose, Klimawandel, Bevölkerungsprognose, Pro-Kopf-Bedarf

Hermann Mikat, Holger Wagner und Ulrich Roth

Im Rahmen des Verbundprojektes „Anpassungsstrategien an Klimatrends und Extremwetter und Maßnahmen für ein nachhaltiges Grundwassermanagement“ wurde eine Wasserbedarfsprognose für 2100 aufgestellt. Die Wasserbedarfsprognose basiert auf Prognosen der Bevölkerungsentwicklung und des Pro-Kopf-Bedarfs. Dabei werden aus zunächst zwölf Varianten drei Szenarien abgeleitet, die jeweils relevante Kategorien unterschiedlicher Entwicklungen abbilden. Neben zwei moderaten Szenarien, die den Status Quo bzw. einen leichten Rückgang abbilden, ist in einem dritten Szenario ein erheblicher Bedarfsrückgang angenommen. Die Prognose bezieht sich zunächst auf die Entwicklung im Normaljahr – die Entwicklung in zukünftig als Folge des Klimawandels verstärkten Trockenperioden wird gesondert betrachtet.

Prognosis of Water Demand in Southern Hessian up to 2100 – a Long Term Prognosis within a Climate Change Project

The joint project “adaptation strategies for climate trends and extreme weather and steps towards a sustainable groundwater management” contains a prognosis of drinking water demand up to the year 2100. The prognosis of water demand is based on prognoses of the developments of population and per-capita-consumption. The resulting twelve variants of the prognosis are reduced to three scenarios for relevant categories of developments. Two moderate scenarios show the status quo and a slightly decreasing demand. In the third scenario a considerable decrease is assumed. The prognosis shows the development in normal years – the situation in future periods of dry years also due to climate change is analysed separately.

1. Anlass und Gegenstand der Untersuchungen

Das im Rahmen des Förderschwerpunktes klimazwei des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) geförderte Verbundprojekt „Anpassungsstrategien an Klimatrends und Extremwetter und Maßnahmen für ein nachhaltiges Grundwassermanagement“ – AnKliG – hat zum Ziel, die wasserwirtschaftlichen Auswirkungen des Klimawandels im Raum Südhessen bis zum Jahr 2100 abzuschätzen [1]. Über die Ergebnisse des Forschungsprojektes soll in entsprechenden Fachartikeln berichtet werden.

Im Rahmen des Projektes wurde eine entsprechend langfristige Wasserbedarfsprognose für das Jahr 2100 aufgestellt, über die im Folgenden berichtet wird. Die Prognose bezieht sich auf die Entwicklung des Wasserbedarfs in Normaljahren [2, 3]. Die Situation in Trockenjahren [4] wird gesondert betrachtet.

2. Lage des Untersuchungsraums in der Region und Datengrundlage

Der Untersuchungsraum „Hessisches Ried und Odenwald“ wird abgegrenzt im Westen und Norden durch die Flüsse Rhein und Main, im Süden und Osten durch die Landesgrenzen nach Baden-Württemberg und Bayern – im Süden wird für einige Fragestellungen der Bereich zwischen Landesgrenze und Neckar einbezogen.

Die Daten für Wasserbeschaffung und Wasserabgabe der kommunalen Wasserversorgung in Südhessen werden seit 1977 in der Datenbank des Regierungspräsidiums Darmstadt zur Wasserbilanz Rhein-Main [5] erfasst. In der Wasserbilanz Rhein-Main sind neun so genannte Versorgungsgebiete definiert, die die Hauptversorgungsstruktur im Rhein-Main-Raum abbilden. Die Wasserbilanz Rhein-Main bildet auch die Grundlage für die wasserwirtschaftlichen Grundsatzuntersuchungen der Arbeitsgemeinschaft Wasserversorgung Rhein-Main (WRM), in der die großen Wasserversorgungsunternehmen und die zuständigen Behörden in gemeinsamer Aufgabenwahrnehmung zusammenarbeiten [6, 7].

Bild 1 zeigt die neun Versorgungsgebiete und die Hauptlieferströme gemäß dem zugrunde liegenden Datenbestand bis 2006. **Bild 2** zeigt den Untersuchungsraum des vorliegenden Projektes und die bestehenden Hauptlieferbeziehungen mit Nachbarregionen (die Abkürzungen MZ, WO und MA entsprechen den Kfz-Kennzeichen für die Städte Mainz, Worms und Mannheim).

Der Untersuchungsraum umfasst somit auf Grundlage der Systematik der Wasserbilanz Rhein-Main (**Bild 1**) die drei Teilräume

- Hessisches Ried, dessen Abgrenzung weitgehend mit denen der Versorgungsgebiete 6 (Darmstadt/Groß-Gerau) und 9 (Bergstraße) übereinstimmt.
- den Bereich nördlich des Odenwalds, dessen Abgrenzung weitgehend mit der des Versorgungsgebietes 7 (Offenbach/Dieburg) übereinstimmt.
- Odenwald – weitgehend in Übereinstimmung mit dem Versorgungsgebiet 8 (Odenwald) mit überwiegend dörflich/kleinstädtisch geprägten, rein örtlichen Versorgungsstrukturen.

Vom Versorgungsgebiet 2 (Frankfurt/Vordertaunus) sind die Stadt Kelsterbach und die südlichen Stadtteile von Frankfurt einzubeziehen, vom Versorgungsgebiet 5 (Main-Kinzig) die südlichen Stadtteile von Hanau.

Lieferbeziehungen nach außen bestehen im Wesentlichen durch Lieferungen der Hessenwasser GmbH & Co. KG aus dem Hessischen Ried in die Räume Wiesbaden und Frankfurt, Transportmengen der Stadtwerke Mainz AG aus dem Wasserwerk Hof Schönau in Rüsselsheim in das Versorgungsnetz der Stadt Mainz, Transportmengen der EWR AG (Worms) aus dem Wasserwerk Bürstadt nach Worms und Wasserbezug der Stadtwerke Viernheim GmbH von der MVV AG in Mannheim. Daneben gibt es einige Lieferbeziehungen mit untergeordneter Bedeutung (in der Summe unter 0,1 Mio. m³/a). Die einzige relevante Lieferbeziehung zwischen den drei Teilbereichen des Untersuchungsraums ist die Lieferung der Hessenwasser an den ZWO (Rodgau), die Ende 2009 beendet wurde.

In Bezug auf die Hauptdaten der Wasserversorgung im Untersuchungsraum gelten somit folgende Randbedingungen:

- Beschaffungsseitig ergibt sich das Wasseraufkommen im Untersuchungsraum aus der Wassergewinnung in den dortigen Wasserwerken und den Bezugsmengen von außen (vor allem Wasserbezug der Stadtwerke Viernheim aus Mannheim).
- Der Wasserverbrauch in den Städten und Gemeinden im Untersuchungsraum ist nicht exakt bestimmbar, weil der Verbrauch der südlichen Stadtteile von Frankfurt wegen der Verbundsituation mit der restlichen Stadt nicht abzugrenzen ist. Dagegen werden die südlichen Stadtteile von Hanau vollständig aus

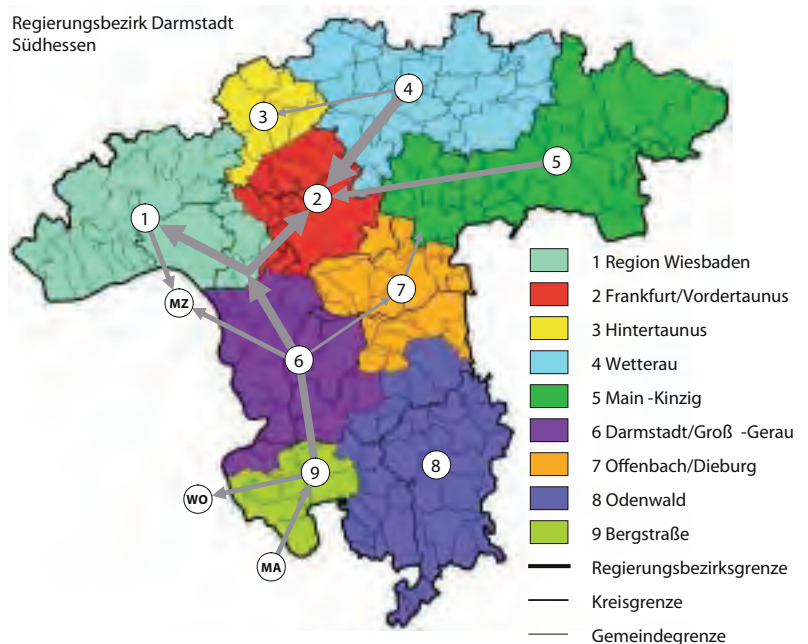


Bild 1. Versorgungsgebiete im Regierungsbezirk Darmstadt und Hauptlieferbeziehungen.



Bild 2. Untersuchungsraum „Hessisches Ried und Odenwald“ und Hauptlieferbeziehungen mit angrenzenden Regionen.

dem Aufkommen des ZWO versorgt, so dass der dortige Verbrauchsanteil exakt zu bestimmen ist.

- Aus dem Untersuchungsraum – vor allem dem Hessischen Ried – erfolgen in erheblichem Umfang Wasserlieferungen nach außen, vor allem in die Räume Frankfurt und Wiesbaden sowie nach Mainz und Worms. Die Lieferungen nach Frankfurt-Nord sind wegen der oben genannten Problematik nicht exakt von denen nach Frankfurt-Süd zu trennen.

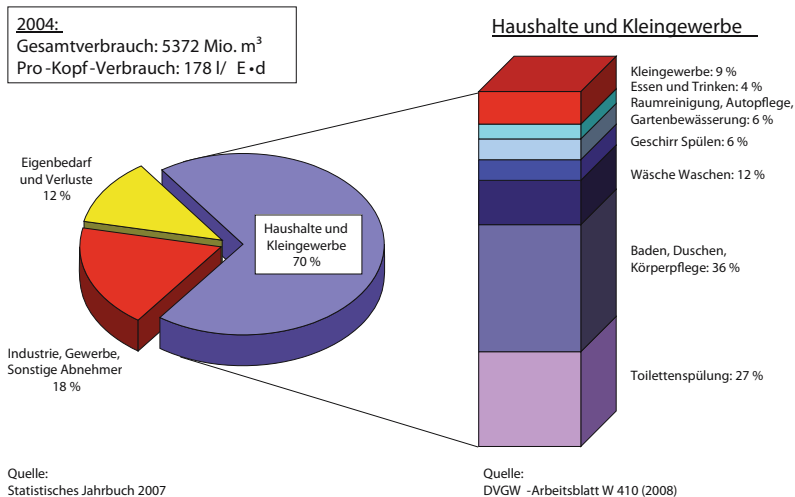


Bild 3. Struktur des Trinkwasserverbrauchs in Deutschland, 2004.

Während also die Bedarfszahlen für den Untersuchungsraum beschaffungsseitig exakt vorliegen, sind sie abgabeseitig nur näherungsweise festzulegen.

3. Ausgangssituation und Methode

In Deutschland entfallen rund 70% des Trinkwasserverbrauchs auf „Haushalte und Kleingewerbe“ (Bild 3 [8, 9]). Auch im Bereich der öffentlichen, gewerblichen und industriellen Einrichtungen wird Trinkwasser im Wesentlichen für Publikum bzw. Belegschaft eingesetzt – für Brauch- und Kühlwasserzwecke werden aus Kostengründen meist andere Ressourcen wie Brauchwasserbrunnen und Oberflächenwasser genutzt. Eigenbedarf und Verluste folgen näherungsweise dem Bedarf.

Vor diesem Hintergrund resultiert die Entwicklung des Trinkwasserbedarfs aus den Entwicklungen der versorgten Bevölkerung und des Pro-Kopf-Bedarfs (Liter pro Einwohner und Tag) [2]:

$$\text{Wasserbedarf} = \text{Einwohnerzahl} \cdot \text{Pro-Kopf-Bedarf}$$

Dabei sind die Entwicklungen in den in Bild 3 dargestellten Verbrauchssektoren jeweils einzeln zu bewerten. Für Großverbraucher (z.B. den Frankfurter Flughafen) können gesonderte Prognosen erstellt werden, sofern eine entsprechende Datengrundlage vorliegt.

Die im Folgenden dargestellte, im Dezember 2009 fertig gestellte Wasserbedarfsprognose für den Zeitraum bis 2100 umfasst drei Teile:

1. Bevölkerungsprognose 2100 [10],
2. Prognose des Pro-Kopf-Bedarfs 2100,
3. Wasserbedarfsprognose 2100.

Da längerfristige Bevölkerungsprognosen nur für größere räumliche Einheiten vorliegen, beziehen sich die beiden ersten Teile der Prognose auf die Entwicklung in Südhessen, also den ganzen Regierungsbezirk Darmstadt. Im dritten Teil werden diese zunächst zu einer Wasserbedarfsprognose für Südhessen 2100 zusam-

mengeführt und dann auf den Untersuchungsraum „Hessisches Ried und Odenwald“ und dessen drei Teilräume reduziert. Dabei wird im Hinblick auf die Länge des Prognosezeitraums und die damit verbundenen, unvermeidlichen Unsicherheiten eine räumlich einheitliche und zeitlich lineare Entwicklung vorausgesetzt.

4. Bisherige Verbrauchsentwicklung

Bild 4 zeigt die Entwicklung des Wasserverbrauchs in Südhessen auf Grundlage der in der Datenbank des Regierungspräsidiums Darmstadt [5] dokumentierten Verbrauchsdaten für die 187 Städte und Gemeinden des Regierungsbezirks im Zeitraum 1977 bis 2006.

In Südhessen entfielen zuletzt rund 80% des Trinkwasserverbrauchs auf „Haushalte und Kleingewerbe“, rund 12% auf „Industrie und Großgewerbe“ und rund 8% auf „Eigenbedarf und Verluste“. Der Gesamtverbrauch ist seit 1991 um 18% zurückgegangen. Die Verbrauchsdaten in den Trockenjahren 1990, 1991 und 2003 lagen um etwa 4 bis 5% über dem Trend.

Die Entwicklung des Wasserverbrauchs in den drei Verbrauchssektoren war unterschiedlich und der jeweilige Verbrauchsrückgang beginnt zu unterschiedlichen Zeitpunkten:

- Haushalte und Kleingewerbe: Rückgang um 15% seit 1991
- Industrie und Großgewerbe: Rückgang um 42% seit 1978
- Eigenbedarf und Verluste: Rückgang um 40% seit 1982

Während der Verbrauchsrückgang in den Sektoren „Industrie und Großgewerbe“ und „Eigenbedarf und Verluste“ bereits vor bzw. um 1980 einsetzt, hatte der Verbrauch im Sektor „Haushalte und Kleingewerbe“ noch bis zu der Trockenperiode um 1990 ansteigende Tendenz. In den letzten Jahren hat sich der Verbrauch auf einem niedrigen Niveau konsolidiert.

Die Entwicklung des Wasseraufkommens im Untersuchungsraum zeigt einen ähnlichen Verlauf wie die im Gesamttraum Südhessen. Die Wassergewinnung zeigte zwischen 1990 und 2000 rückläufige Tendenz und hat seit 2002 wieder leicht zugenommen. Sie lag zuletzt (2006) bei 132 Mio. m³. Der höchste Wert wurde 1977 mit 159 Mio. m³ verzeichnet, der niedrigste im Jahr 2000 mit knapp 130 Mio. m³. Der Rückgang zwischen 1990 und 2000 machte 24,4 Mio. m³ oder 16% aus. Im Trockenjahr 2003 lag die Fördermenge bei 141 Mio. m³.

Der Wasserverbrauch im Untersuchungsraum (ohne die südlichen Stadtteile von Frankfurt) hat zwischen 1977 und 1991 von 93,3 auf 101,6 Mio. m³/a zugenommen und dann bis 2006 auf 88,0 Mio. m³/a abgenommen. Hinzu tritt ein nicht genau definierbarer Verbrauchsanteil in den südlichen Stadtteilen von Frankfurt (einschließlich Flughafen). Die Differenz zwischen Wassergewinnung und Wasserverbrauch entspricht der bilanziellen Wasserabgabe aus dem Untersuchungs-

raum, also der Bilanz aus allen Liefer- und Bezugsmengen (vgl. Kap. 2).

Bild 5 zeigt die Wasserbeschaffung und Wasserabgabe 2006 in den drei Teilräumen des Untersuchungsraumes. Wassergewinnung und -bezug machten 2006 insgesamt rd. 134 Mio. m³ aus.

Demnach lag das Wasseraufkommen (Wassergewinnung und Bezug von außen) im Teilraum Hessisches Ried 2006 bei insgesamt rd. 89 Mio. m³/a. Davon entfielen rd. 43 Mio. m³/a auf den Wasserverbrauch im Hessischen Ried selbst und rd. 46 Mio. m³/a auf Wasserabgaben in angrenzende Versorgungsbereiche.

Das Wasseraufkommen in den beiden anderen Teilräumen ist wesentlich geringer und wird praktisch vollständig für die dortige Bedarfsdeckung verwendet. Dabei resultieren die verschiedenen Verbrauchsanteile im Wesentlichen aus den unterschiedlichen Bevölkerungsanteilen und strukturellen Gegebenheiten.

5. Bevölkerungsprognose bis 2100

Die Bevölkerungsprognose für 2100 basiert auf folgenden Unterlagen (vgl. [10]):

1. Die amtliche Bevölkerungsstatistik des Hessischen Statistischen Landesamtes.
2. Die Bevölkerungsprognose der UN für 2300, die Prognosen auf Staatenebene auf einer Datenbasis bis 2000 mit Angaben für das Zieljahr 2100 enthält.
3. Die Bevölkerungsprognose der UN für 2050, die Prognosen auf Staatenebene enthält, und die in zweijährigem Turnus (zuletzt 2008) aktualisiert wird. Aktuelle Datenbasis ist das Jahr 2005.
4. Die Bevölkerungsvorausschätzung der EU für 2050, die Prognosen auf nationaler Ebene auf einer Datenbasis bis 2004 enthält.
5. Die 11. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung des Statistischen Bundesamtes aus dem Jahr 2006, die eine Prognose für Deutschland bis 2050 enthält. Damit wurde die 10. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung (2003) aktualisiert, ebenfalls mit einer Prognose für Deutschland bis 2050.
6. Die „Raumordnungsprognose 2025/2050“ des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung (BBR), die eine Bevölkerungsprognose auf Kreisebene bis 2025 und auf Landesebene bis 2050 enthält.
7. Der Bericht „Bevölkerung in Hessen“ des Hessischen Statistischen Landesamtes (2008), der eine Prognose mit 2 Varianten für Hessen bis 2050 und auf Kreisebene bis 2025 enthält. Damit wurde der vom Hessischen Landtag veröffentlichte Bericht „Bevölkerung in Hessen 2050“ der Enquetekommission „Demografischer Wandel“ (2005) aktualisiert, der eine Bevölkerungsprognose auf Kreisebene mit 3 Varianten bis 2050 enthält.
8. Die „Bevölkerungsvorausschätzung für die hessischen Landkreise und kreisfreien Städte“ der Hessen Agentur GmbH (2007) mit einer Prognose bis 2050. Diese ersetzt die „Bevölkerungsvorausschätzung für die

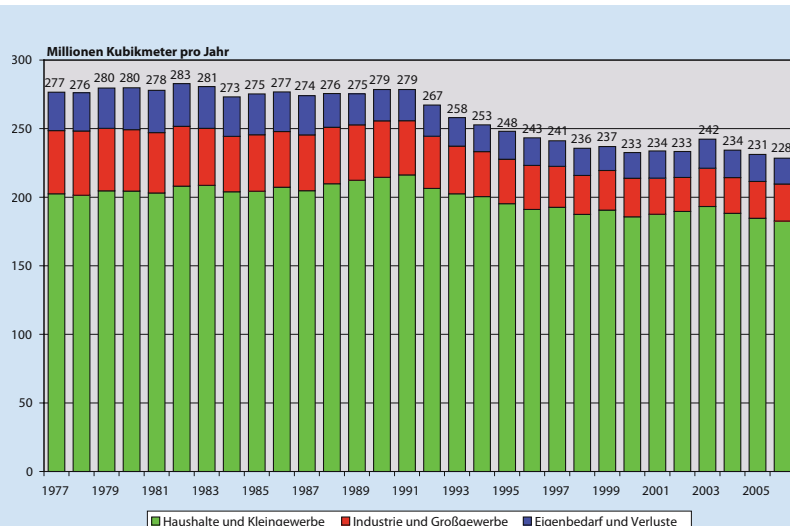


Bild 4. Trinkwasserverbrauch in Südhessen, 1977 bis 2006.

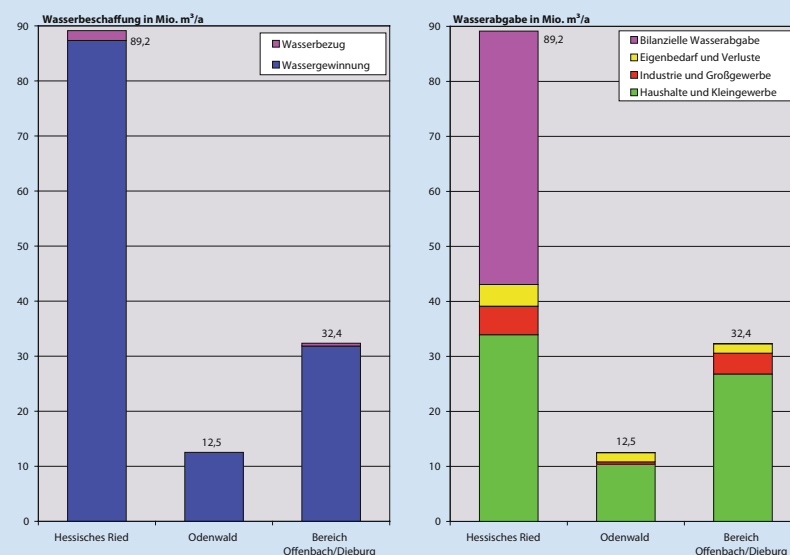


Bild 5. Wasserbeschaffung und Wasserabgabe in den drei Teilräumen des Untersuchungsraumes, 2006.

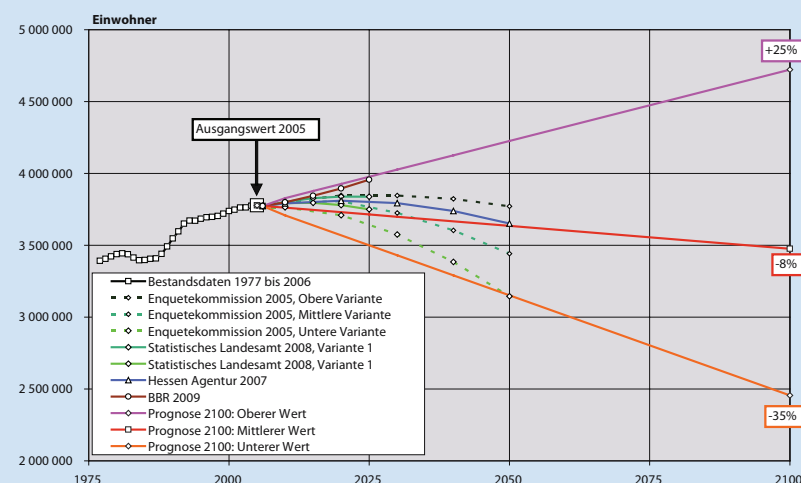


Bild 6. Bevölkerungsprognose für Südhessen 2100.

hessischen Landkreise und kreisfreien Städte bis 2050“ der Forschungs- und Entwicklungsgesellschaft Hessen mbH (FEH) aus dem Jahr 2004.

Daneben wurden auch mittelfristige und kleinräumigere Prognosen berücksichtigt, die im Rahmen des Regionalen Wasserbedarfsnachweises der Hessenwasser GmbH & Co. KG in der Dokumentation Bevölkerungsprognosen dargestellt sind [11].

Eine Prognose offizieller Institutionen mit Angaben für den Untersuchungsraum „Hessisches Ried und Odenwald“ für 2100 liegt nicht vor. Die einzige Prognose für „Deutschland 2100“ ist die Prognose der UN für 2300, in der das Jahr 2100 als Stützstelle aufgeführt ist. Alle anderen Prognosen beziehen sich auf das Jahr 2050 und enthalten Angaben für unterschiedliche Räume, z.B. Europa, Deutschland, Hessen und in den Prognosen für Hessen für die kreisfreien Städte und Landkreise. Dabei reichen die neuen Prognosen des Statistischen Landesamtes nur bis zum Zieljahr 2025.

Die Bevölkerungsprognose für 2100 musste aus der Prognose der UN für Deutschland 2300 und den Prognosen für 2050 bzw. 2025 abgeleitet werden. Als Grundlage hierfür wurde eine umfassende Dokumentation aller relevanten Prognosen und der jeweils zugrunde liegenden Annahmen in Bezug auf die drei prägenden Faktoren Geburtenrate, Sterblichkeit bzw. Lebenserwartung und Migration erstellt [10].

Im Ergebnis wurden daraus drei Szenarien für die Bevölkerungsentwicklung in Südhessen abgeleitet, die den oberen und unteren Rand der Entwicklung sowie ein mittleres Szenario abbilden (**Bild 6**). Den Szenarien liegen folgende Annahmen zugrunde:

- Das obere Szenario entspricht mit einer Zunahme um 25% der Prognose der UN für Deutschland (hohes Szenario).
- Das untere Szenario entspricht mit einer Abnahme um rund 35% der Prognose der UN für Deutschland (niedriges Szenario).

- Das mittlere Szenario ist mit einem Rückgang um 8% aus dem mittleren Szenario der UN abgeleitet, das für Deutschland einen Rückgang um 8,5% ausweist. Berücksichtigt ist damit eine etwas günstigere Entwicklung in Südhessen, wie sie sich übereinstimmend aus den Prognosen für die drei Regierungsbezirke in Hessen ergibt.

Ausgehend von 3,78 Mio. Einwohnern im Jahr 2005 ergeben sich demnach für 2100 Einwohnerzahlen von rd. 4,72 Mio. als Oberer Wert, 3,48 Mio. als Mittlerer Wert und 2,46 Mio. als Unterer Wert. Die Entwicklung im Zeitraum 2005 bis 2100 wird näherungsweise linear angesetzt.

Vor dem Hintergrund der unvermeidlichen Unsicherheit der Prognose für 2100 und der unterschiedlichen Ansätze in den zugrunde liegenden Prognosen wäre jede weitere Präzisierung (z. B. Anpassung an einen kurvenförmigen Verlauf) reine Spekulation. Aus dem gleichen Grund wird keine weitere Differenzierung für die Landkreise und kreisfreien Städte innerhalb Südhessens vorgenommen.

6. Prognose des Pro-Kopf-Bedarfs bis 2100

Die Prognose des Pro-Kopf-Bedarfs bis 2100 umfasst folgende Aspekte:

1. Beschreibung der Ausgangslage, also der bisherigen Entwicklung des Pro-Kopf-Verbrauchs seit Einführung der öffentlichen Wasserversorgung in der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts und der aktuellen Verbrauchsstruktur einschließlich Vergleich mit der Situation im internationalen Kontext.
2. Dokumentation und Analyse der Entwicklung in den zurückliegenden 30 Jahren auf Grundlage der Datenbank des Regierungspräsidiums Darmstadt zur Wasserbilanz Rhein-Main.
3. Dokumentation und Analyse der Einflussfaktoren und Randbedingungen für die zukünftige Entwicklung des Wasserbedarfs.

Tabelle 1. Prognose des Pro-Kopf-Bedarfs in Südhessen 2100.

	Südhessen 2006	Prognose 2100		
		Moderates Szenario		Ecosan-Szenario
	L/E • d	oben	unten	
Haushalte	133	+ 1 %	- 22 %	- 55 %
Andere Verbraucher: – Kleingewerbe		± 0 ... + 5 %	- 20 ... - 25 %	- 50 ... - 60 %
– Industrie und Großgewerbe – Öffentliche Einrichtungen	19	etwa analog zur Bedarfsentwicklung		
Eigenbedarf und Verluste	14			
Gesamtverbrauch/-bedarf	166	+ 2,5 %	- 20 %	- 55 %
		Mittelwert: - 8,75 %		

4. Die daraus abgeleitete Prognose des Pro-Kopf-Bedarfs in Südhessen bis 2100.

Im Bestand des Jahres 2006 lag der Pro-Kopf-Verbrauch in Südhessen bezogen auf die Einwohnerzahl nach Angaben des Hessischen Statistischen Landesamtes (Hauptwohnsitze) im Mittel bei 166 Litern pro Einwohner und Tag (L/E · d). Darin enthalten sind die Verbrauchsanteile:

- Haushalte und Kleingewerbe mit rd. 133 L/E · d (rund 80%),
- Industrie und Großgewerbe mit rd. 19 L/E · d (rund 12%),
- Eigenbedarf und Verluste mit rd. 14 L/E · d (rund 8%).

Hauptgegenstand der Prognose des Pro-Kopf-Bedarfs ist die Analyse der bekannten bzw. abzuleitenden Einflussfaktoren, die eine weitere Abnahme oder auch eine Zunahme des Bedarfs bewirken könnten. Hierzu wurde folgende Vorgehensweise gewählt:

- Dokumentation übergeordneter Zielsetzungen, wie sie sich aus der Agenda 21 und den Millennium-Zielen der UN ergeben.
- Dokumentation der Situation der Wasserversorgung und Zielsetzungen der für die Wasserversorgung zuständigen Stellen in den Bundesländern.
- Dokumentation der Einschätzungen und Zielsetzungen anderer Organisationen und Akteure, die sich mit der Problematik befassen (z. B. Verbände, Fachinstitute).
- Dokumentation und Analyse anderer Trends, die sich auf den Wasserverbrauch auswirken (z. B. Klimawandel, Wasserpreise).
- Dokumentation und Analyse der bekannten und zu erwartenden Entwicklung im Bereich der Trinkwassernutzung in sämtlichen Verbrauchssektoren (z. B. Toilettenspülung, Haushaltsgeräte, Regenwassernutzung, Randbedingungen im gewerblichen und öffentlichen Bereich).

Im Ergebnis zeigt sich, dass ausgehend vom Bestand eine gemäßigte Entwicklung zu erwarten ist und von der überwiegenden Zahl der Akteure erwartet wird. Maßgeblich für diese Einschätzung ist das Abklingen der Wasserspareffekte, die die Entwicklung in den letzten 20 Jahren geprägt haben. Unabhängig von dieser grundsätzlichen Einschätzung ist für die Entwicklung bis 2100 aufgrund unterschiedlicher Bewertungen eine Bandbreite anzusetzen, die einen relativ deutlichen Rückgang und eine leichte Zunahme einschließt.

Demgegenüber gibt es eine Gruppe von Fachleuten, die aufgrund so genannter „ökologischer Sanitärkonzepte“ mit einem deutlichen Rückgang des Trinkwasserbedarfs rechnen. Ausgangspunkt hierfür ist das Ziel, möglichst alle Stoffe im Kreislauf zu führen, also sowohl

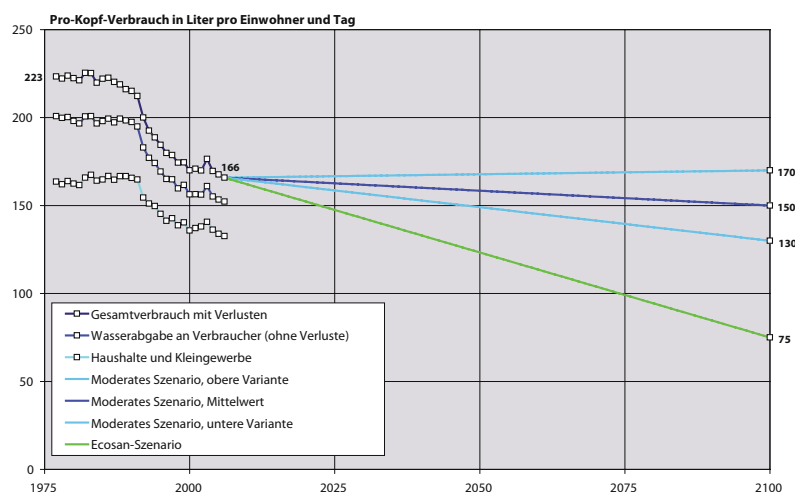


Bild 7. Prognose des Pro-Kopf-Bedarfs in Südhessen 2100.

die Mehrfachverwendung von Wasser als auch damit verbunden die Rückführung von Stoffen aus dem Abwasser in den Stoffkreislauf. Bei konsequenter Umsetzung dieser Konzepte könnte der Trinkwasserbedarf im Idealfall lokal auf nahezu Null reduziert werden. Eine flächendeckende Umsetzung dieser Konzepte bis 2100 erscheint jedoch unwahrscheinlich. Die „alternativen“ und „ökologischen“ Sanitärkonzepte werden unter verschiedenen Slogans diskutiert, darunter dem Begriff „Ecosan“. Für die langfristig denkbare Umsetzung dieser Konzepte wird in der Prognose ein eigenes Szenario dargestellt.

Auf dieser Grundlage wurden ausgehend von einem Bestandwert von 166 L/E · d im Jahr 2006 für die Gesamtentwicklung des Trinkwasserverbrauchs in Südhessen bis 2100 die in **Tabelle 1** zusammengestellten und in **Bild 7** dargestellten Szenarien bzw. Varianten definiert.

Aufgrund des langen Prognosezeitraums ist eine weitere Differenzierung der Bedarfsentwicklung nach kreisfreien Städten und Landkreisen nicht sinnvoll und wäre rein spekulativ. In den kreisfreien Städten und Landkreisen wirken sich die einheitlichen prozentualen Ansätze mit entsprechend unterschiedlichen Bedarfsänderungen in absoluten Zahlen aus.

7. Wasserbedarfsprognose für Südhessen 2100

Aus den in den vorangehenden Kapiteln dargestellten drei Szenarien für die Bevölkerungsentwicklung und vier Szenarien für die Entwicklung des Pro-Kopf-Bedarfs ergeben sich für die Entwicklung des Wasserbedarfs durch multiplikative Verknüpfung zunächst zwölf Varianten (**Tabelle 2, Bild 8**).

Demnach leiten sich aus den Szenarien für Bevölkerung und Pro-Kopf-Bedarf Varianten in erheblicher Bandbreite ab:

Tabelle 2. Varianten der Wasserbedarfsprognose für 2100.

			Bevölkerungsentwicklung		
			Oberer Wert	Mittelwert	Unterer Wert
Entwicklung des Pro-Kopf-Bedarfs			+ 25 %	- 8 %	- 35 %
Moderates Szenario	Oberer Wert	+ 2,5 %	+ 28 %	- 6 %	- 33 %
	Mittelwert	- 8,75 %	+ 14 %	- 16 %	- 41 %
	Unterer Wert	- 20 %	± 0 %	- 26 %	- 48 %
Ecosan-Szenario		- 55 %	- 44 %	- 59 %	- 71 %
			Wasserbedarfsprognose 2100		

- Eine Überlagerung der oberen Werte führt zu einer Bedarfszunahme um 28 %.
- Eine Überlagerung der mittleren Werte führt zu einem Bedarfsrückgang um 16%, also etwa in der Größenordnung der Entwicklung der letzten 20 Jahre.
- Eine Überlagerung der unteren Werte führt zu einem Bedarfsrückgang um 48 %.
- Im Ecosan-Szenario ergeben sich je nach Bevölkerungsentwicklung Bedarfsrückgänge um 44 bis 71 %.

Basierend auf einem Ausgangswert von 228 Mio. m³ im Jahr 2006 beträgt die Bandbreite der Wasserbedarfsprognose damit 66 bis 292 Mio. m³/a. Die Abfolge der Varianten zeigt, dass – außer im Ecosan-Szenario – die Bevölkerungsentwicklung der prägende Faktor für die Entwicklung ist. Die Varianten bilden folgende Gruppen (vgl. **Bild 8**):

- oben in Violett-Tönen drei Varianten für den Oberen Wert der Bevölkerungsentwicklung,
- in der Mitte in Blau-Tönen drei Varianten für den Mittleren Wert der Bevölkerungsentwicklung,
- unten in Orange- und Gelb-Tönen drei Varianten für den Unteren Wert der Bevölkerungsentwicklung.
- Die drei Varianten, die sich aus dem Ecosan-Szenario ergeben, bilden eine eigene Gruppe in Grün-Tönen am unteren Ende der Skala. Der starke Rückgang des

Pro-Kopf-Bedarfs würde also die Entwicklung des Wasserbedarfs unabhängig von der Bevölkerungsentwicklung dominieren.

Bei den Modellrechnungen im Rahmen des AnKliG-Projektes wurde eine begrenzte Zahl von Varianten bzw. Szenarien betrachtet. Auch im Sinne einer nachvollziehbaren Dokumentation ist es erforderlich, die Zahl der Szenarien zu begrenzen. Dabei bietet es sich an, drei Szenarien zu definieren, die eine obere, eine mittlere und eine untere Entwicklungsoption abbilden.

Für die Bevölkerung und den Pro-Kopf-Bedarf in Südhessen sind ausgehend von den derzeitigen Kenntnissen tendenziell eher moderate Entwicklungen zu erwarten. Allenfalls kann eine günstige wirtschaftliche Entwicklung sowohl eine stabile Bevölkerungsentwicklung als auch eine gewisse Zunahme des Pro-Kopf-Bedarfs verursachen und umgekehrt. Dennoch ist eine insgesamt gemäßigte Entwicklung wahrscheinlicher als denkbare Extremszenarien.

Demnach werden die obersten und untersten Varianten, wie sie sich aus solchen Überlagerungen ergeben, nicht weiter verfolgt. Ausgehend von der Bandbreite der in **Tabelle 2** dargestellten 12 Varianten wurden drei Szenarien definiert (**Bild 8**), denen die folgenden Annahmen zugrunde liegen:

- Im Szenario 1 (Oberes Szenario) wird der Status Quo unverändert fortgeschrieben (± 0 %).
- Dieses Szenario ist im Rahmen der vorliegenden Fragestellung eines komplexen Klimafolgen-Projektes obligatorisch. Da eine relevante Zunahme des Wasserbedarfs nach vorliegenden Kenntnissen unwahrscheinlich ist, wird dieser Ansatz als Oberes Szenario betrachtet.
- Im Szenario 2 (Mittleres Szenario) wird mit einem Bedarfsrückgang um 15 % gerechnet.
- Dieses Szenario ergibt sich aus der Überlagerung der jeweils mittleren Varianten für Bevölkerungsentwicklung und Pro-Kopf-Bedarf. Eine solche Entwicklung ist somit im Rahmen der dargestellten Bandbreite als relativ wahrscheinlich anzusehen. Zudem ist dieses Szenario noch ohne gravierende Änderungen der bestehenden Versorgungsinfrastruktur zu beherrschen.

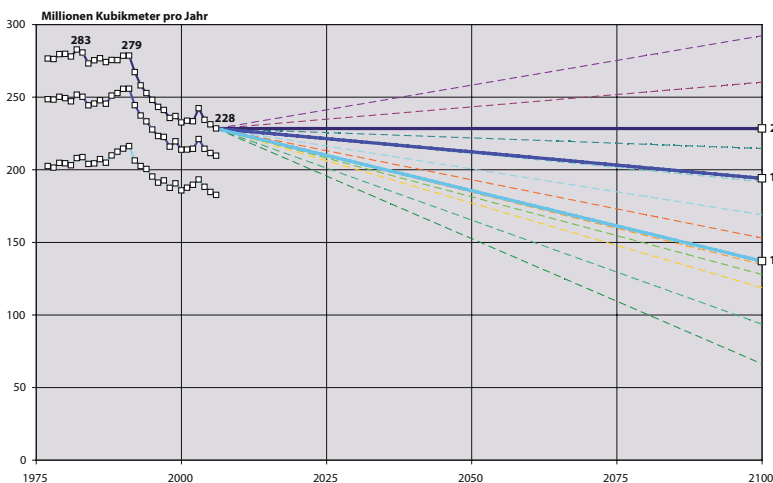


Bild 8. Wasserbedarfsprognose für Südhessen 2100 (3 Szenarien).

Tabelle 3. Prognose des Wasseraufkommens in den drei Teilräumen bis 2100.

	Bestand 2006	Prognose 2100		
		Szenario 1 (Oberes)	Szenario 2 (Mittleres)	Szenario 3 (Unteres)
Mio. m ³ /a				
Hessisches Ried	87,4	87,4	74,4	52,4
Offenbach/Dieburg	32,4	32,4	27,5	19,4
Odenwald	12,4	12,4	10,5	7,4
Summe (rund)	132	132	112	79

- Im Szenario 3 (Unteres Szenario) wird mit einem Bedarfsrückgang um 40 % gerechnet.
- Dieses Szenario ergibt sich aus mehreren möglichen Überlagerungen, die gemäß **Tabelle 2** zu Bedarfsrückgängen in der Größenordnung zwischen etwa 30 und 50% führen. Demnach ist auch eine solche Entwicklung nicht auszuschließen, die sicherlich gravierende Änderungen sowohl in der Versorgungsinfrastruktur als auch in der Grundwasserbewirtschaftung nach sich ziehen würde. Das Szenario deckt auch Entwicklungen im Sinne der Ecosan-Konzepte ab.

Die Szenarien umfassen somit drei relevante Kategorien unterschiedlicher Entwicklungen.

Die Prognose bezieht sich auf Südhessen, also den ganzen Regierungsbezirk Darmstadt bzw. den Bilanzraum der Wasserbilanz Rhein-Main. Der Untersuchungsraum des vorliegenden Projektes umfasst den südlichen Teil des Regierungsbezirks. Im folgenden Kapitel erfolgt eine Konkretisierung der Prognose für den Untersuchungsraum „Hessisches Ried und Odenwald“ und dessen Teilräume.

8. Wasserbedarfsprognose für den Untersuchungsraum

Der Untersuchungsraum „Hessisches Ried und Odenwald“ ist innerhalb des Regierungsbezirks Darmstadt (Südhessen) abgegrenzt wie in **Bild 2** dargestellt (vgl. Kap. 2).

Neben der Voraussetzung einer einheitlichen Entwicklung im Gesamttraum ist für die Wasserbedarfsprognose für den Untersuchungsraum und dessen Teilräume eine sich in ihren Grundzügen wenig verändernde Versorgungsstruktur unterstellt. Insbesondere strukturelle Änderungen am technischen Leitungsverbund können erhebliche Auswirkungen auf die Bedarfsdeckung zur Folge haben. Solche Änderungen könnten vor allem den Teilraum Hessisches Ried betreffen, jedoch auch den Teilraum Offenbach/Dieburg – weniger den ländlich geprägten Teilraum Odenwald mit seinen überwiegend dezentralen Versorgungsstrukturen. Sie sind jedoch nicht prognostizierbar, so dass vorausgesetzt werden muss, dass sie nicht eintreten bzw. durch die definierten Szenarien abgedeckt sind.

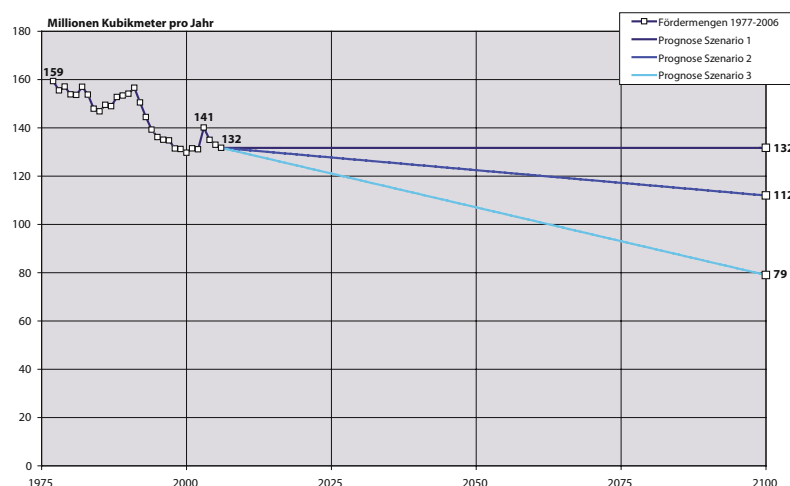
**Bild 9.** Prognose der Wassergewinnung im Untersuchungsraum bis 2100.

Bild 9 zeigt die Prognose der Wassergewinnung im Untersuchungsraum (Fördermengen nach Abzug der Quellüberläufe) bis 2100.

Basierend auf den in Kap. 7 definierten Szenarien liegt die zu erwartende Gesamtfördermenge im Untersuchungsraum „Hessisches Ried und Odenwald“ ausgehend von einem Bestandswert von 132 Mio. m³/a im Jahr 2100 zwischen 79 und 132 Mio. m³/a.

Die entsprechenden Prognosen für die drei Teilräume sind in **Tabelle 3** zusammengestellt. Die Daten beziehen sich auf das Wasseraufkommen, also die Summe aus Wassergewinnung und Bezug bzw. die Summe aus dem Wasserverbrauch in dem jeweiligen Teilraum und der Wasserabgabe nach außen (vgl. Kap. 2, 4).

9. Ausblick

Die Wasserbedarfsprognose bezieht sich auf die Entwicklung des Wasserbedarfs in Normaljahren, also den Wasserbedarf bei mittleren klimatischen Verhältnissen. In Trockenjahren ist im Sommerhalbjahr mit ausgeprägten Bedarfsspitzen und einem nach Wasserbilanz Rhein-Main [6] um etwa 5% höheren Jahresbedarf zu rechnen. Im Zuge des Klimawandels wird allgemein damit gerechnet, dass sich Häufigkeit und Ausprägung der Trockenperioden verstärken werden. Der daraus resul-

tierende Effekt wurde im vorliegenden Projekt untersucht – darüber wird an anderer Stelle berichtet.

Literatur

- [1] *Kämpf, M., Gerdes, H., Mikat, H., Berthold, G., Hergesell, M. und Roth, U.*: Auswirkungen des Klimawandels auf eine nachhaltige Grundwasserbewirtschaftung. DVGW energie/wasser-praxis 59 (2008) Nr. 1, S. 49-53.
- [2] *Roth, U.*: Bestimmungsfaktoren für Wasserbedarfsprognosen. gwf-Wasser|Abwasser 139 (1998) Nr. 2, S. 63-69.
- [3] *Herber, W., Wagner, H. und Roth, U.*: Die Wasserbedarfsprognose als Grundlage für den Regionalen Wasserbedarfsnachweis der Hessenwasser GmbH & Co. KG. gwf-Wasser|Abwasser 149 (2008) Nr. 5, S. 426-434.
- [4] *Roth, U., Berger, H., Müller, A. und Wagner, H.*: Höhe und Häufigkeit von Wasserbedarfsitzen bei der Hessenwasser GmbH & Co. KG. gwf-Wasser|Abwasser 149 (2008) Nr. 11, S. 864-871.
- [5] Regierungspräsidium Darmstadt: Datenbank Wasserbilanz Rhein-Main.
- [6] Arbeitsgemeinschaft Wasserversorgung Rhein-Main (WRM): Wasserbilanz Rhein-Main 1990-2010 – Fortschreibung 1991 bis 1993. Frankfurt/Wiesbaden/Einhausen, 1994.
- [7] Arbeitsgemeinschaft Wasserversorgung Rhein-Main (WRM): Leitungsverbund Wasserversorgung Rhein-Main. Studie. Kurzfassung, Groß-Gerau, 2005.
- [8] Statistisches Bundesamt: Statistisches Jahrbuch 2007. Wiesbaden 2007.
- [9] DVGW: Technische Regel – Arbeitsblatt W 410 – Wasserbedarf – Kennwerte und Einflussgrößen. Bonn 2008.
- [10] *Mikat, H., Wagner, H. und Roth, U.*: Die Bevölkerungsentwicklung in Südhessen bis 2100 – Grundlage für eine langfristige Wasserbedarfsprognose im Rahmen eines Klimafolgen-Projektes. gwf-Wasser|Abwasser 150 (2009) Nr. 2-3, S. 182-189.
- [11] *Herber, W., Wagner, H. und Roth, U.*: Die demografische Entwicklung als Grundlage für den Regionalen Wasserbedarfsnachweis der Hessenwasser GmbH & Co. KG. gwf-Wasser|Abwasser 148 (2007) Nr. 10, S. 684-690.

Eingereicht: 17.08.2010
Korrektur: 28.10.2010

Im Peer-Review-Verfahren begutachtet

Autoren

Dr. rer. nat. **Hermann Mikat**

E-Mail: Hermann.Mikat@hessenwasser.de

Dipl.-Geol. **Holger Wagner**

E-Mail: Holger.Wagner@hessenwasser.de

Hessenwasser GmbH & Co. KG |

Taunusstraße 100 |

D-64521 Groß-Gerau

Dr.-Ing. **Ulrich Roth**

E-Mail: Dr.Roth-BadEms@t-online.de |

Beratender Ingenieur |

Auf der Hardt 33 |

D-56130 Bad Ems

Buchbesprechung

Einführung in die Abfallwirtschaft

Herausgegeben von *Martin Kranert*. Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag. 4., vollst. akt. u. erw. Auflage 2010. XXIII, 665 S., 297 Abb., 131 Tab., Broschur, Preis: € 49,95, ISBN 978-3-8351-0060-2.

Das Lehr- und Fachbuch wurde für die vierte Auflage vollständig überarbeitet und mit neuer konzeptioneller Ausrichtung den aktuellen Entwicklungen angepasst. Unter Mitwirkung von kompetenten Fachleuten und Experten, die in Lehre und Forschung auf dem Gebiet der Abfallwirtschaft tätig sind, wurde das Buch deutlich erweitert. Neue Kapitel sind zum Beispiel „Abfallwirtschaftliche Planung und Konzepte“, „Umweltmanagement und betriebliche Abfallwirtschaft“, „Stoffstrommanagement“ sowie „Ökobilanzen/Ökoeffizienz“. Am Ende eines jeden Kapitels findet der Leser zahlreiche Kontroll- und Übungsfragen. Weitere Inhalte sind ein umfassendes Glossar mit Erläuterungen zu den Fachbegriffen sowie ergänzende Tabellen.

Inhalt

Politische Ziele, Entwicklungen und rechtliche Aspekte der Abfallwirtschaft – Abfallmenge und -zusammensetzung – Abfallvermeidung – Sammlung und Transport – Aufbereitung fester Abfallstoffe – Biologische Verfahren – Thermische Verfahren – Deponie – Sonderabfall und Altlasten – Abfallwirtschaftskonzepte und Planungen – Umweltmanagement und innerbetriebliche Abfallwirtschaft – Stoffstrommanagement und Ökobilanzen.

Zielgruppe

Bau-, Umwelt- und Verfahreningenieure, Geografen und Ökologen in Studium und Praxis



Bestell-Hotline

Oldenbourg Industrieverlag GmbH,

München

Tel. +49 (0) 201/82002-11

Fax +49 (0) 201/82002-34

E-Mail: S.Spies@vulkan-verlag.de

www.oldenbourg-industrieverlag.de