

Die Wasserbedarfsprognose als Grundlage für den Regionalen Wasserbedarfsnachweis der Hessenwasser GmbH & Co. KG

Werner Herber, Holger Wagner und Ulrich Roth

Wasserversorgung, Wasserbedarfsprognose, Bevölkerungsentwicklung

Jede Wasserbedarfsprognose basiert prinzipiell auf Prognosen der Bevölkerungsentwicklung und der Entwicklung des Pro-Kopf-Bedarfs. Hessenwasser hat daher als Grundlage für ihre Wasserbedarfsprognose neben einer Dokumentation der vorliegenden Bevölkerungsprognosen alle wesentlichen Einflussfaktoren untersuchen lassen, die sich auf die Entwicklung des Pro-Kopf-Bedarfs in den verschiedenen Verbrauchssektoren auswirken. Die daraus resultierende Wasserbedarfsprognose für den Regierungsbezirk Darmstadt bildet die Grundlage für die Wasserbedarfsprognose für das Versorgungsgebiet der Hessenwasser und geht in deren „Regionalen Wasserbedarfsnachweis“ ein.

On principle each prognosis of water consumption is based on prognoses of population development and the development of per-capita-demand. As a basis for the predicted water consumption until 2020 Hessenwasser thoroughly documented the available population prognoses and evaluated all substantial factors with influence on the per-capita-demand in the various sectors of consumption. The resulting prognosis of water consumption in the administrative district of Darmstadt is the basis for the estimated water use within the Hessenwasser service area that is introduced into the regional proof of water consumption.

1. Einführung

Die Wasserbedarfsprognose im Regionalen Wasserbedarfsnachweis der Hessenwasser GmbH & Co. KG basiert auf einer Dokumentation der für die Rhein-Main-Region (Süd Hessen) vorliegenden Bevölkerungsprognosen und einer Untersuchung der maßgeblichen Einflussfaktoren für den Pro-Kopf-Bedarf. Über die Dokumentation der Bevölkerungsprognosen und die daraus abgeleiteten Grundlagendaten für die Wasserbedarfsprognose wurde in einem eigenen Beitrag berichtet [1]. Dieser Beitrag enthält auch eine Beschreibung des Unternehmens Hessenwasser, seiner Aufgaben und seines Versorgungsgebietes.

In dem vorliegenden Beitrag wird über die Wasserbedarfsprognose, insbesondere die zugrunde gelegte Entwicklung des Pro-Kopf-Bedarfs, berichtet.

Da die Wasserwerke der Hessenwasser in das regionale Verbundnetz in Süd Hessen [2] einspeisen, sind die im Rahmen ihrer Wasserrechtsverfahren benötigten Wasserbedarfsnachweise [3] für den Gesamtbedarf in diesem Verbundsystem zu führen. Dazu hat Hessenwasser einen „Regionalen Wasserbedarfsnachweis“ [4] entwickelt, der in Abstimmung mit den Genehmigungsbehörden in zweijährigem Turnus fortgeschrieben wird und auch die Grundlage für weitere konzeptionelle Untersuchungen bildet.

Die aktuelle Fortschreibung des Regionalen Wasserbedarfsnachweises enthält eine Prognose des Wasserbedarfs der Hessenwasser für 2020 mit einem Ausblick auf die weitere Entwicklung bis 2050. Diese Prognose basiert auf folgenden Grundlagenuntersuchungen:

- Die für den Regierungsbezirk Darmstadt mit seinen vier kreisfreien Städten und zehn Landkreisen verfügbaren Bevölkerungsprognosen wurden dokumentiert und bewertet und die maßgeblichen Bandbreiten der Bevölkerungsentwicklung abgeleitet [1; 5].
- Die zu erwartende Entwicklung des Pro-Kopf-Bedarfs in Liter pro Einwohner und Tag (l/E·d) für den Prognose-Zeitraum bis 2020 sowie der weitergehenden Trends bis 2050 wurde detailliert untersucht und bewertet. Berücksichtigt sind neben Wassersparpotentialen auch andere zu erwartende Entwicklungen, wie z. B. strukturelle Randbedingungen, und damit sowohl bedarfsmindernde als auch bedarfssteigernde Faktoren [6]. Aus der unterschiedlichen Gewichtung dieser Effekte ergibt sich eine Bandbreite für die zukünftige Entwicklung des Pro-Kopf-Bedarfs.
- Daraus resultiert eine Wasserbedarfsprognose für die kreisfreien Städte und Landkreise im Regierungsbezirk Darmstadt (Süd Hessen) [7]. Die Bandbreite der Prognose ergibt sich aus den Bandbreiten von Bevölkerung und Pro-Kopf-Bedarf.

2. Zugrunde gelegte Bevölkerungsentwicklung

Im Ergebnis der Dokumentation der Bevölkerungsprognosen [1; 5] ergibt sich als Grundlage für die Wasserbedarfsprognose

Dipl.-Ing. Werner Herber und Dipl.-Geol. Holger Wagner, Hessenwasser GmbH & Co. KG, Taunusstraße 100, D-64521 Groß-Gerau, E-Mail: Werner.Herber@hessenwasser.de, Holger.Wagner@hessenwasser.de; Dr.-Ing. Ulrich Roth, Beratender Ingenieur, Auf der Hardt 33, D-56130 Bad Ems, E-Mail: Dr.Roth-BadEms@t-online.de

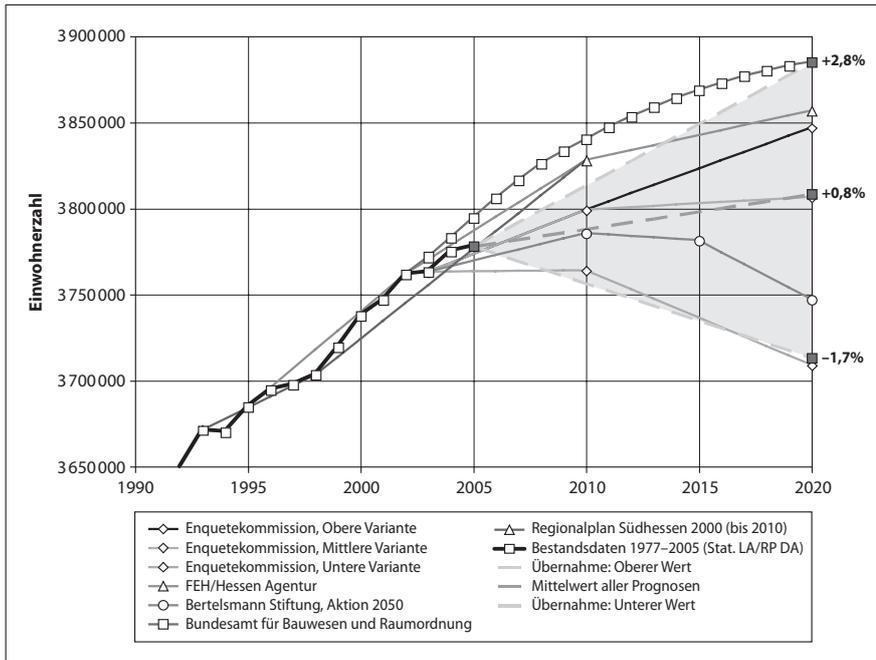


Bild 1. Zugrunde gelegte Bevölkerungsentwicklung im Regierungsbezirk Darmstadt bis 2020.

nose für Südhessen die in *Bild 1* exemplarisch für den Gesamt- raum dargestellte Bevölkerungsentwicklung bis 2020 mit einer Bandbreite von +2,8% bis -1,7% bezogen auf den Bestand des Jahres 2005.

3. Entwicklung des Pro-Kopf-Bedarfs

3.1 Ausgangssituation

Als Datengrundlage für die wasserwirtschaftlichen Bestands- daten ab 1977 dient die Wasserbilanz Rhein-Main [8].

Rund 80% des Trinkwasserverbrauchs in Südhessen ent- fallen 2005 auf „Haushalte und Kleingewerbe“, rd. 11,5% auf „Industrie und Großgewerbe“ und rd. 8,5% auf „Eigenbedarf und Verluste“. Der Gesamtverbrauch ist seit 1991 um 17% zurückgegangen. Die Entwicklung in den drei Verbrauchs- sektoren war unterschiedlich:

- Haushalte und Kleingewerbe: Rückgang um 15% seit 1991
- Industrie und Großgewerbe: Rückgang um 43% seit 1978
- Eigenbedarf und Verluste: Rückgang um 37% seit 1982

Der Verbrauch hat sich in den letzten Jahren auf dem erreichten niedrigen Niveau konsolidiert. Bei Eigenbedarf und Verlusten ist in den letzten Jahren tendenziell eine leichte Zunahme zu beobachten.

Die Entwicklung des Pro-Kopf-Ver- brauchs im gleichen Zeitraum (*Bild 2*) zeigt wegen der Zunahme der zugrunde liegenden Einwohnerzahlen (*Bild 1*)

etwas stärkere Rückgänge als der Ver- brauch (vgl. *Bild 8*).

In den drei Verbrauchssektoren ist folgende Entwicklung dokumentiert:

- Haushalte und Kleingewerbe: Rückgang um 20% seit 1983
- Industrie und Großgewerbe: Rückgang um 48% seit 1978
- Eigenbedarf und Verluste: Rückgang um 42% seit 1982

Auch hier zeigt sich in den letzten Jahren eine Konsolidierung auf dem erreichten Niveau.

Da „Haushalte und Kleingewerbe“ rd. 80% des Verbrauchs ausmachen, wird die Gesamtentwicklung maßgeblich von diesem Verbrauchssektor geprägt. Der jährliche Wasserverbrauch in diesem Sektor ist seit 1991 um 31 Mio. m³ zurückgegangen, der Pro-Kopf-Verbrauch bereits seit 1989 von 167 auf zuletzt 134 l/E·d.

Bild 3 zeigt die aktuelle Struktur des

Pro-Kopf-Bedarfs in den kreisfreien Städten und Landkreisen im Regierungsbezirk Darmstadt.

Die unterschiedliche Zusammensetzung und Höhe des Pro-Kopf-Verbrauchs in den kreisfreien Städten und Landkreisen wird durch strukturelle Unterschiede verursacht. In den großen Städten (vor allem Frankfurt) sind die gewerblichen und infrastrukturellen Einrichtungen konzentriert. In den ländlich geprägten Landkreisen ist dieser Anteil relativ gering.

Der Verbrauchsanteil der Haushalte ist in allen Kommunen ähnlich und liegt derzeit im Mittel bei etwa 110 bis 120 l/E·d [9]. In Kommunen mit hoher Auspendler-Rate ist er mehr oder weniger deutlich reduziert – zu Lasten der Kommunen, in denen die Pendler arbeiten. Die Verbrauchsgewohnheiten in den Haushalten werden generell von den baulichen und sozialen Gegebenheiten bestimmt. Die unterschiedlichen Verbrauchszahlen in großen Städten und auf

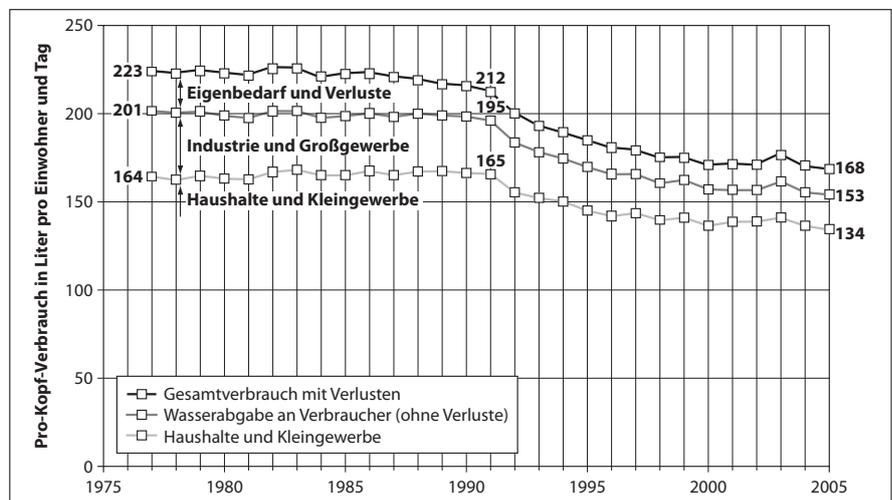


Bild 2. Entwicklung des Pro-Kopf-Verbrauchs in Südhessen 1977 bis 2005.

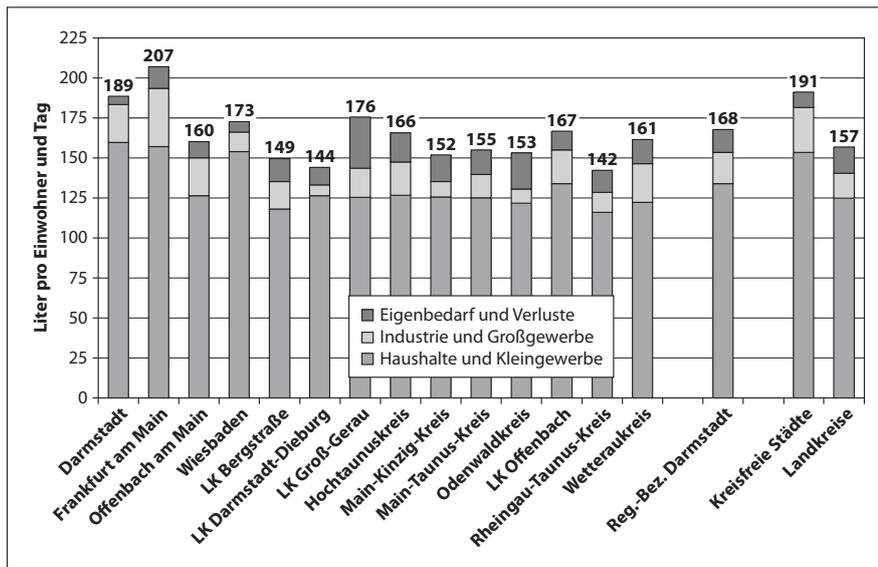


Bild 3. Struktur des Pro-Kopf-Verbrauchs in den kreisfreien Städten und Landkreisen im Regierungsbezirk Darmstadt 2005.

dem Land haben strukturelle Ursachen und haben nichts oder wenig mit unterschiedlichem Verbraucherverhalten zu tun.

In der Systematik der Wasserbilanz Rhein-Main sind die Versorgungsunternehmen dem jeweiligen Firmensitz zugeordnet, Hessenwasser z. B. dem Landkreis Groß-Gerau. Der in *Bild 3* dargestellte, relativ hohe Verbrauchsanteil von Eigenbedarf und Verlusten im Landkreis Groß-Gerau enthält also nicht nur die entsprechenden Verbrauchsanteile in diesem Landkreis, sondern auch den Eigenbedarf und die Verluste von Hessenwasser in der ganzen Region. Diese sind zwar mit ca. 2 bis 2,5% ausgesprochen gering – bei einem Wasseraufkommen von rd. 105 Mio. m³/a machen sie aber bezogen auf den Wasserverbrauch des Landkreises einen erheblichen Prozentsatz aus.

3.2 Entwicklung des Pro-Kopf-Bedarfs in den Haushalten

In den Haushalten werden vielfältige Wassersparpotentiale erwartet, z.B. durch Wasser sparende Toilettenspülungen, Haushaltsgeräte und Armaturen sowie Verbraucherverhalten. Viele dieser Effekte betreffen auch den gewerblichen Bereich, soweit Wasser für den persönlichen Bedarf der Belegschaft und andere haushaltsähnliche Zwecke eingesetzt wird.

Weitere Einflussfaktoren, die im Folgenden dargestellt werden, sind Bevölkerungsstruktur, Lebensstandard, Wasserpreise und Haushaltsgröße.

Allgemein sind bei Wassersparmaßnahmen die Vorgaben der Agenda 21 zu beachten, die erneuerbare Ressourcen wie z. B. Wasser und nicht erneuer-

bare Ressourcen wie Energie und Rohstoffe unterscheidet [10]. Die Reduzierung des Verbrauchs von nicht erneuerbaren Ressourcen ist nach der Agenda 21 vorrangig. Für Sparmaßnahmen bei erneuerbaren Ressourcen ist die ökologische Gesamtbilanz maßgeblich. In wasserreichen Ländern sind aufwändige Wassersparmaßnahmen deshalb aus ökologischer Sicht meist abzulehnen [11–13].

Toilettenspülung

Durch die Reduzierung der Spülmenge von 9 auf 6 Liter seit etwa 1984 geht der Bedarfsanteil für die Toilettenspülung von rd. 45 auf 30 l/E·d zurück. Es wird also ein Spareffekt von rd. 15 l/E·d wirksam, der abhängig von der baulichen Erneuerung der Toilettenanlagen über einen Zeitraum von ca. 30 bis 50 Jahren bis etwa 2015/2035 eintritt (*Bild 4*) [6].

Im Zeitraum 1985 bis 2005 wurden etwa 40 bis 67% des Effektes umgesetzt mit einer Reduzierung des Pro-Kopf-Verbrauchs um etwa 6 bis 10 l/E·d. Der nach 2005 noch ausstehende Effekt beträgt

- bei einem angenommenen Eintreten des Gesamteffektes bis 2015 noch 5 l/E·d,
- bei einem angenommenen Eintreten des Gesamteffektes bis 2035 zunächst rd. 4,5 l/E·d bis 2020 und danach bis 2035 noch einmal 4,5 l/E·d.

Zusätzliche Spareffekte werden erwartet durch die weitere Reduzierung der Spülmenge auf 4,5 l, Benutzung der Stopp-Taste und Urinale. Andererseits gibt es gegenläufige Effekte wie Toiletten, die nicht umgebaut werden, höher eingestellte Spülmengen, mehrfaches Spülen und Bidets. Die Auswirkungen dieser vielfältigen Aspekte sind nicht präzise zu beziffern. Neben dem oben genannten gesicherten Effekt von 4,5 bis 5 l/E·d werden für zusätzliche Effekte bis 2020 zwischen Null und maximal 1,0 l/E·d angesetzt.

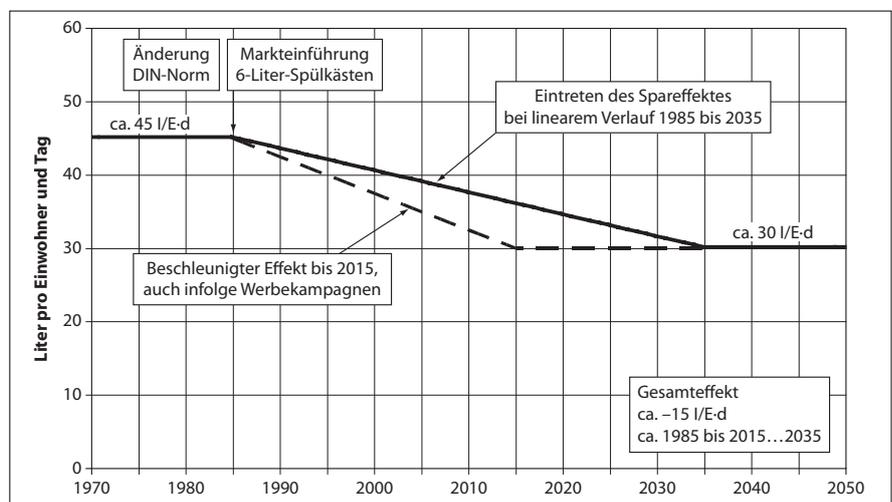


Bild 4. Rückgang des Pro-Kopf-Bedarfs bei Toilettenspülungen.

Wasch- und Spülmaschinen

Nach der Energiekrise 1973/74 wurde der Energieverbrauch von Wasch- und Spülmaschinen reduziert, wozu der Wasserverbrauch der Geräte gesenkt werden musste [14].

- Der Verbrauch von Waschmaschinen wurde von durchschnittlich etwa 145 Liter pro Waschgang auf etwa 60 Liter gesenkt. Hierdurch ist im Zeitraum 1980 bis etwa 2005 ein Spareffekt von rd. 11 l/E·d, entsprechend einem Rückgang des Bedarfsanteils von ca. 19 auf ca. 8 l/E·d, wirksam geworden. Der für den Zeitraum bis 2020 noch anzusetzende Effekt ist nahezu gleich Null.
- Der Verbrauch von Spülmaschinen wurde nach der Energiekrise von durchschnittlich etwa 62 Liter pro Spülgang Mitte der 1970er Jahre bis Anfang der 90er Jahre auf etwa 20 Liter und seitdem auf etwa 17,5 Liter gesenkt. Hierdurch wird im Zeitraum 1980 bis ca. 2010 ein Spareffekt von rd. 3 l/E·d, entsprechend einem Rückgang des Bedarfsanteils von ca. 8 auf ca. 5 l/E·d, verursacht. Auch dies ist weitgehend abgeschlossen. Angesetzt wird für den Zeitraum 2005 bis 2020 ein Effekt zwischen Null und maximal 0,5 l/E·d.

Aktuell werden Wasch- und Spülmaschinen mit noch niedrigeren Verbrauchszahlen für bestimmte Sparprogramme beworben. In den Standardprogrammen liegt der Verbrauch jedoch meist in dem oben genannten Rahmen. Häufigeres Waschen bzw. Spülen einerseits und kleinere, dem Bedarf angepasste Maschinen für Single-Haushalte andererseits bewirken gegenläufige Effekte.

Verbraucherverhalten und sonstige Effekte

Durch Verbraucherverhalten ist angesichts der im internationalen Vergleich niedrigen Verbrauchszahlen in Deutschland generell nur noch ein relativ geringes Einsparpotential zu erwarten. Dem stehen Bedarfszunahmen gegenüber z. B. durch den Trend, täglich zu Duschen statt wöchentlich zu Baden, den Trend zu kleinen Haushalten und den Trend zu mehr Komfort und Hygiene sowie zunehmende Wellness-Angebote.

Durch Wasser sparende Armaturen kann der Auslauf an freien Zapfstellen verringert werden. Dies betrifft vor allem

Luftsprudler (Perlatoren) an Wasch- und Spülbecken und Bidets. Luftsprudler wurden bereits in den 1950er Jahren aus Schallschutz-Gründen eingeführt und sind seit den 1960er Jahren Standard. Der Spareffekt ist also weitgehend umgesetzt.

Duschen statt Baden wird oft empfohlen, weil der Wasserverbrauch bei einem Duschbad geringer sein soll als bei einem Wannenbad. Tatsächlich hängt der Wasserverbrauch beim Duschen jedoch von der Länge und Häufigkeit des Duschbades ab (Bild 5). Aufgrund der häufigeren Nutzung ist der Wasserverbrauch beim Duschen im Endeffekt höher als beim Baden. „Duschen statt Baden“ verursacht also letztlich Mehrverbrauch.

Nach dem Einbau von Wohnungswasserzählern sind in größeren Wohnblocks zum Teil erhebliche Verbrauchsrückgänge dokumentiert, die in großen Wohnkomplexen die Größenordnung von 40% erreicht haben [15]. In kleineren Mehrfamilienhäusern ist dagegen nachgewiesen, dass Wohnungswasserzähler kaum Einfluss auf das Verbraucherverhalten haben. In Einfamilienhäusern erübrigen sich Wohnungswasserzähler. Die heute noch zu erzielenden Effekte betreffen weitgehend große Wohnblocks, die noch nicht mit Wohnungswasserzählern ausgestattet sind, sind also gering.

Den Wasserpreisen wird zum Teil ein erheblicher Einfluss auf das Verbraucherverhalten zugeschrieben. So ist der Pro-Kopf-Bedarf in den neuen Bundesländern nach der Wiedervereinigung stark zurückgegangen. Die erstmalige Einführung einer verbrauchsabhängigen Abrechnung ist jedoch nur einer der vielen Gründe für diese Entwicklung [16]. Vergleichende Untersuchungen in Südhessen haben gezeigt, dass kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Wasserpreis und der Höhe des Wasserverbrauchs besteht. Innerhalb gewisser Grenzen hat der Wasserpreis demnach keinen signifikanten Einfluss auf den Wasserbedarf.

Ausgehend von dem in Deutschland relativ hohen Lebensstandard, von der hohen Qualität sowohl der Infrastruktur als auch der Ausstattung der Haushalte sowie der zu erwartenden weiteren technischen Entwicklung ist eine wesentliche Änderung des Pro-Kopf-Verbrauchs grundsätzlich nicht zu erwarten. Die Entwicklung der letzten Jahre deutet im Gegenteil darauf hin, dass auf hohem technischem und qualitativem Niveau und auf relativ niedrigem Bedarfsniveau ein Beharrungsstand erreicht worden ist.

Für die beschriebenen Effekte wird bezogen auf den derzeitigen Verbrauchsanteil von „Haushalten und Kleingewerbe“ von insgesamt 134 l/E·d (Südhessen 2005) für den Zeitraum bis 2020 eine Bandbreite von $\pm 2\%$ entsprechend rund $\pm 2,5$ l/E·d angesetzt.

Haushaltsgröße

In kleinen Haushalten wird Wasser weniger rationell genutzt als in größeren Haushalten. Der Pro-Kopf-Verbrauch ist deshalb abhängig von der Haushaltsgröße. In einer Untersuchung

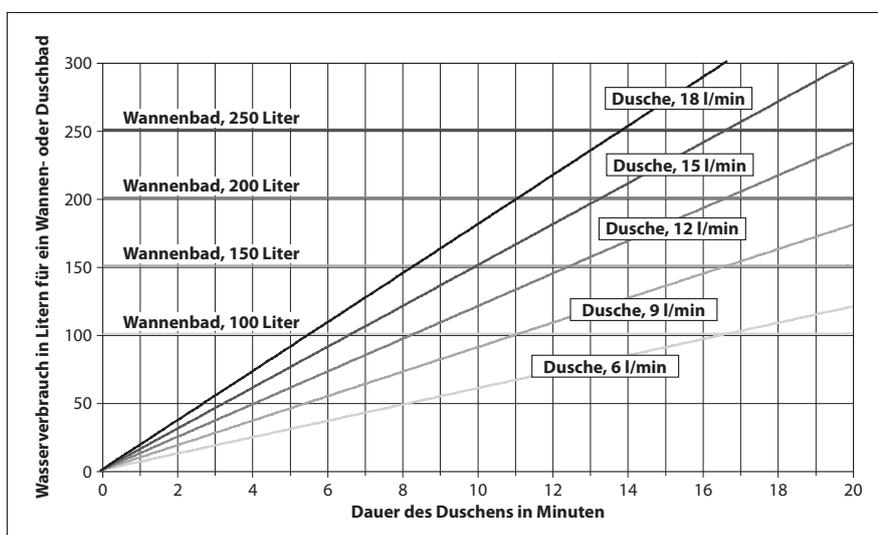


Bild 5. Wasserverbrauch beim Duschen und Baden.

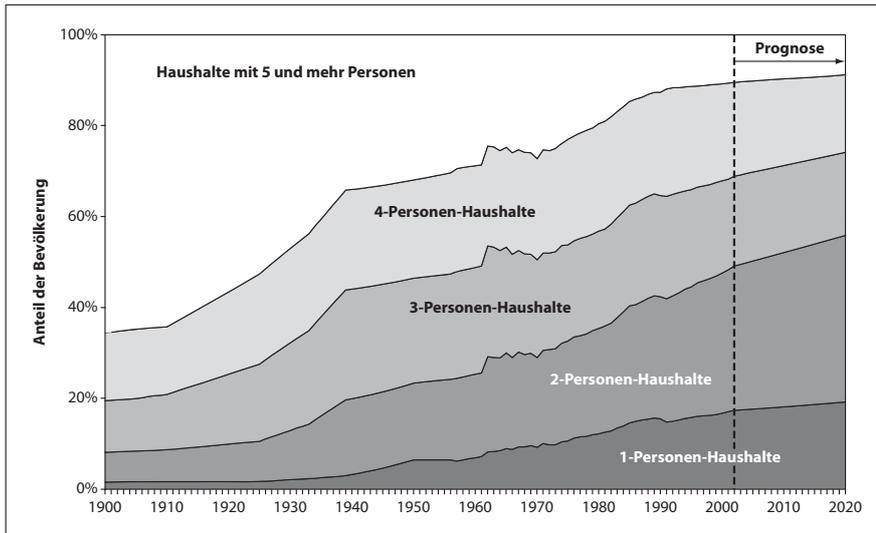


Bild 6. Entwicklung der Haushaltsgrößen in Deutschland 1900 bis 2002, Prognose bis 2020.

im Jahr 1992 wurde für Single-Haushalte ein mittlerer Pro-Kopf-Verbrauch von rd. 150 l/E·d festgestellt, für 2-Personen-Haushalte von 125 l/E·d, für 3-Personen-Haushalte 118 l/E·d, für 4-Personen-Haushalte 106 l/E·d, für größere Haushalte 98 l/E·d [17].

Der in Deutschland seit Jahrzehnten bestehende Trend zu kleineren Haushalten (Bild 6 [18]) verursacht somit eine Zunahme des Pro-Kopf-Bedarfs. Für den Zeitraum 1980 bis 1990 ist allein durch den Rückgang von durchschnittlich 2,48 auf 2,25 Personen pro Haushalt eine Bedarfszunahme um 2,4% oder rd. 3 l/E·d nachgewiesen [17].

Aktuell (2002) liegt die mittlere Haushaltsgröße bei 2,15 Personen. Für den Zeitraum bis 2020 wird ein weiterer Rückgang auf durchschnittlich 2,02 Personen pro Haushalt erwartet. Der Anteil der Ein-Personen-Haushalte soll bis dahin auf 38,7% steigen, entsprechend einem Anteil an der Bevölkerung von 19,2% (Bild 6). Dieser Trend hat im Zeitraum 1990 bis 2002 eine Zunahme des Pro-Kopf-Verbrauchs um ca. 1,4% oder knapp 2 l/E·d verursacht. Für den Zeitraum 2002 bis 2020 ist eine weitere Zunahme um etwa den gleichen Betrag zu erwarten. Angesetzt wird in der Prognose eine Bedarfszunahme um 1,5 bis 2,0 l/E·d bis 2020.

Regenwassernutzung

Durch Regenwassernutzung können in einem Einfamilienhaus etwa 50 m³/a Trinkwasser eingespart werden. Dafür ist allerdings eine Anlage mit Baukosten der Größenordnung 5000 € erforderlich. Der Kubikmeter Regenwasser kostet den Betreiber der Anlage somit etwa 5 bis 7 €. Die Anlagen sind also in aller Regel ökonomisch unwirtschaftlich. Der Regenwassernutzung werden vielfältige Vorteile zugeschrieben, die jedoch einer näheren fachlichen Prüfung nicht standhalten [13].

Da sich der Einsatzbereich der Regenwassernutzung praktisch auf Ein- und Zweifamilienhäuser beschränkt, ergibt sich das Einsparpotential aus der städtebaulichen Struktur der Kommunen und der Zahl der neu errichteten Gebäude mit einer solchen Anlage. Nach Angaben der Hersteller werden in Deutschland jährlich etwa 50 000 Regenwassernutzungsanlagen errichtet. Dies entspricht einem jährlich hinzukom-

menden „Spar-“ bzw. Substitutionseffekt von 2,5 Mio. m³ Jahresbedarf bei einem jährlichen Investitionsaufwand von rd. 250 Mio. €.

Bezogen auf die rd. 82,5 Mio. Einwohner Deutschlands hat Südhessen mit rd. 3,75 Mio. Einwohnern einen Bevölkerungsanteil von rd. 4,5%. Das jährlich umzusetzende Sparpotential liegt somit bei rd. 115 000 m³ oder 0,05% des derzeitigen Jahresbedarfs von rd. 234 Mio. m³/a. Im Zeitraum 2005 bis 2020 beträgt das Sparpotential somit $15 \cdot 0,05\% = 0,75\%$. Bezogen auf den Pro-Kopf-Bedarf bei „Haushalten und Kleingewerbe“ von derzeit 134 l/E·d (2005) beträgt das Sparpotential bis 2020 somit rund 1,0 l/E·d. In den Großstädten ist das Potential geringer (ca. 0,5 l/E·d), in den Landkreisen höher

(ca. 1,5 l/E·d). Das Sparpotential bis 2050 beträgt $45 \cdot 0,05\% = 2,25\%$ oder rd. 3 l/E·d.

Weitergehende Wasserspar-Konzepte

Aufwändigere Konzepte wie Grauwassernutzung, Vakuum-, Kompost- und Chemikal-Toiletten haben in ariden Gebieten und in Außenbereichen ihre Berechtigung. Bei akutem Wassermangel spielt der Material- und Energieaufwand eine absolut nachrangige Rolle und bei fehlenden Infrastruktureinrichtungen können solche Lösungen durchaus sinnvoll und wirtschaftlich sein. In einem wasserreichen und dicht besiedelten Land wie Deutschland sind sie aber entsprechend den Zielen der Agenda 21 nach dem Verbrauch von Energie und Rohstoffen zu bewerten.

Die Ableitung des Sparpotenzials durch Regenwassernutzung zeigt, wie gering die entsprechenden Effekte tatsächlich sind. Wasserwirtschaftlich besteht für weitergehende Konzepte in Deutschland im Allgemeinen keine Notwendigkeit, auch wenn sie in der Fachliteratur relativ großen Raum einnehmen. Anzeichen für eine Realisierung in größerem Umfang sind derzeit nicht erkennbar. Das Sparpotential wird daher mit Null angesetzt.

Ergebnis

In der Summe ergibt sich damit für Haushalte ein maximales Sparpotential von ca. 8,5 l/E·d. In den Großstädten ist das Potential etwas geringer (ca. 8,0 l/E·d), in den Landkreisen höher (ca. 9,0 l/E·d). Für die obere Variante wird ein konstanter Pro-Kopf-Bedarf angesetzt, wobei die Annahme zugrunde liegt, dass die Spareffekte durch bedarfssteigernde Trends ausgeglichen werden.

3.3 Entwicklung des anteiligen Pro-Kopf-Bedarfs bei anderen Verbrauchern

Die Verbrauchsanteile, die nicht „Haushalte“ sind, werden in den Verbrauchsstatistiken der Wasserversorgungsunternehmen wie auch in der Wasserbilanz Rhein-Main [8] nur zum Teil getrennt erfasst.

Der Wasserverbrauch von „Industrie und Großgewerbe“ hat sich in Südhessen seit Mitte der 1970er Jahre praktisch halbiert (*Bild 2*). Er liegt in den letzten Jahren bei Werten knapp über 25 Mio. m³/a und macht damit noch etwa 11 bis 12% des Gesamtverbrauchs aus. *Bild 7* zeigt den anteiligen Pro-Kopf-Verbrauch in den kreisfreien Städten und Landkreisen Südhessens (vgl. *Bild 3*).

Vor diesem Hintergrund ist nachvollziehbar, dass die Restpotentiale für weitere Einsparungen gering sind. Ein großer Teil des Wasserverbrauchs entfällt heute auf den Bedarf der Belegschaft und andere Zwecke, für die Trinkwasser benötigt wird. Demgegenüber wird in der Produktion und als Kühlwasser jedoch derzeit bereits überwiegend Wasser aus Brauchwasser-Gewinnungsanlagen und Oberflächenwasser genutzt, wobei letzteres meist unmittelbar wieder in die Gewässer eingeleitet wird. Neben großen Gewerbebetrieben sind im Sektor „Industrie und Großgewerbe“ auch andere Großverbraucher erfasst wie öffentliche Einrichtungen (z. B. Flughäfen, Krankenhäuser) und Militäreinrichtungen (z. B. Stationierungstreitkräfte). Hier finden z.T. Sonderentwicklungen statt, die nicht prognostizierbar sind.

Der Pro-Kopf-Verbrauch von „Haushalten und Kleingewerbe“ liegt 2005 bei 134 l/E·d (*Bild 2*). Davon entfallen im Mittel etwa 110 bis 120 l auf „Haushalte“ [9] und der Rest auf „Kleingewerbe“. Darunter sind alle Verbrauchsanteile zu verstehen, die statistisch nicht getrennt von Haushalten erfasst werden, wie Gewerbebetriebe und Büros sowie öffentliche Einrichtungen, die nicht Großverbraucher sind, oder allgemein alle Einrichtungen, in denen Wasser verbraucht wird, die jedoch in der Verbrauchsabrechnung der Versorgungsunternehmen nicht getrennt geführt oder erfasst werden.

Der Anteil des Kleingewerbes am Gesamtverbrauch in einer Kommune oder in einem Ortsteil hängt von der jeweiligen Struktur ab. In Dörfern ist der Anteil nahe Null, in Großstädten mit hohem Gewerbeanteil und vielen Infrastruktureinrichtungen kann der Anteil 50% erreichen (*Bild 3*). Im Mittel liegt der Anteil bei etwa 15 bis 20 l/E·d. Das Sparpotential hängt von dem entsprechenden Verbrauchsanteil ab.

Der anhaltende Strukturwandel, also der seit Jahren bestehende Trend vom primären über den sekundären zum tertiären Wirtschaftssektor, wird den Wasserbedarf auch weiterhin beeinflussen. Bei Schließung von Betrieben oder Wegfall von Arbeitsplätzen durch weitere Rationalisierung geht der Wasserbedarf entsprechend zurück. Daneben bewirkt der Strukturwandel, dass Verbrauchsanteile von „Industrie und Großgewerbe“ zu „Haushalte und Kleingewerbe“ übergehen. Dies macht auch die unterschiedliche Entwicklung in diesen beiden Sektoren deutlich (*Bild 2*).

Im Sektor „Industrie und Großgewerbe“ ist deshalb ein weiterer Bedarfsrückgang wahrscheinlicher als eine Zunahme. Ausgehend von einem derzeitigen mittleren Verbrauchsanteil von nur noch 19 l/E·d ist ein weiterer gravierender Rückgang jedoch mit Sicherheit auszuschließen. Daneben ist zu erwarten, dass kleinere Rückgänge durch eine Zunahme bei „Kleingewerbe“ kompensiert werden. Auch eine leichte Zunahme ist bei zukünftigem Wirtschaftswachstum nicht auszuschließen.

Zusammengefasst wird für die „Anderen Verbraucher“ bis 2020 insgesamt eine Entwicklung des Pro-Kopf-Bedarfs zwischen +5 und –10% erwartet. Ausgehend von einem mittleren Verbrauchsanteil von rd. 40 l/E·d bei „Industrie und Großgewerbe“ sowie „Kleingewerbe“ entspricht dies im Mittel einer Bandbreite von +2,0 bis –4,1 l/E·d. Die Entwicklung in den kreisfreien Städten und Landkreisen ist entsprechend den strukturellen Gegebenheiten unterschiedlich.

3.4 Entwicklung bei Eigenbedarf und Verlusten

Unter „Eigenbedarf und Verluste“ sind alle Verbrauchsanteile erfasst, die sich statistisch als Differenz zwischen der Rohwasserförderung in den Wasserwerken und der Wasserabgabe an Verbraucher ergeben. Diese Anteile sind

- der Eigenbedarf der Wasserversorgungsunternehmen in den Wasserwerken und für den Betrieb der Wasserbehälter und des Rohrnetzes, also z. B. für die Filtrerrückspülung, für Spül- und Reinigungszwecke, zum Teil auch der Bedarf der Belegschaft,
- nach der Systematik der Wasserbilanz Rhein-Main [8] zum Teil der Eigenbedarf der Kommunen für die Belegschaft und öffentliche Zwecke, z. B. Feuerwehr, Kanalspülungen, Veranstaltungen etc.,
- echte Verluste infolge von Undichtigkeiten des Rohrnetzes und Rohrbrüchen,
- scheinbare Verluste infolge von Messungenauigkeiten, Zählerdifferenzen und anderen statistischen Ungenauigkeiten,
- Quellüberläufe, also aus Quelfassungen ungenutzt in die Gewässer ablaufendes Wasser.

Nach *Bild 2* sind Eigenbedarf und Verluste in Südhessen (bereinigt um die Quellüberläufe) zwischen den

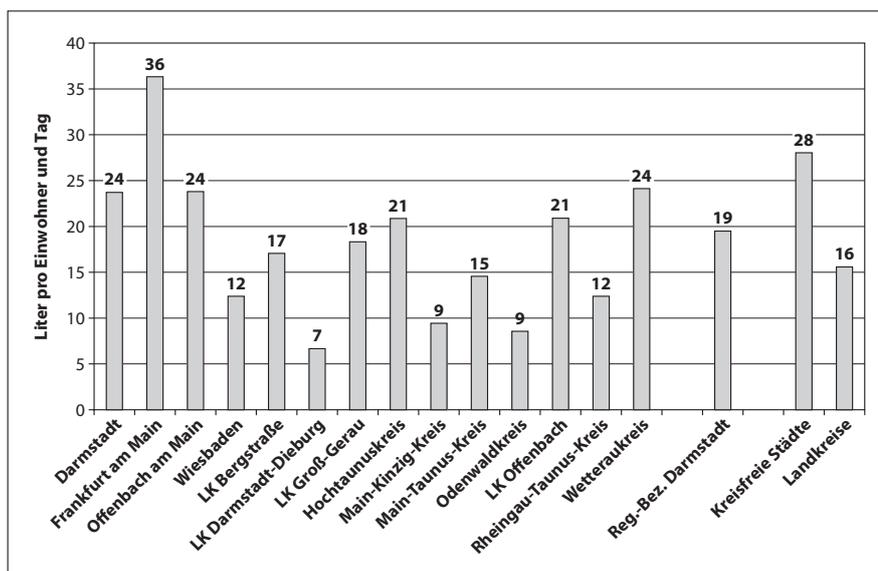


Bild 7. Anteiliger Pro-Kopf-Verbrauch im Sektor „Industrie und Großgewerbe“ in den kreisfreien Städten und Landkreisen in Südhessen, 2005.

1980er und den 1990er Jahren deutlich zurückgegangen. Seit etwa 1993 stagniert die Entwicklung auf einem sehr niedrigen Niveau von etwa 7 bis 9% des Verbrauchs, wobei seit 1999 ein leicht steigender Trend zu beobachten ist. Mit einem weiteren deutlichen Rückgang ist vor diesem Hintergrund nicht mehr zu rechnen. Der bestehende Kostendruck bei den Versorgungsunternehmen kann zu einer Zurückstellung von Investitionen auch in das Rohrnetz führen und damit zu einer zukünftigen Zunahme von Eigenbedarf und Verlusten beitragen.

Ausgehend von einem derzeitigen Verbrauchsanteil von rd. 15 l/E·d ist ein weiterer gravierender Rückgang allerdings auszuschließen. Für den Zeitraum bis 2020 werden zwischen +2 und -1 l/E·d erwartet.

3.5 Prognose des Pro-Kopf-Bedarfs bis 2020

Die Prognose für den Pro-Kopf-Bedarf im Jahr 2020, wie sie sich auf Grundlage der in den vorangehenden Kapiteln abgeleiteten Entwicklungen ergibt, ist in *Tabelle 1* zusammengestellt. Im Mittel ist ausgehend von einem Bestandwert von 168 l/E·d im Jahr 2005 für das Jahr 2020 eine Bandbreite von 154 bis 172 l/E·d bzw. +3/-8% zugrunde gelegt.

3.6 Trendbewertung bis 2050

Eine konkrete Prognose des Pro-Kopf-Bedarfs bis zum Jahr 2050 ist nicht möglich, da entsprechend gesicherte Grundlagendaten fehlen. Es bestehen gegenläufige Trends, die sowohl Bedarfszunahmen als auch -abnahmen verursachen werden. Die tatsächliche Bedarfsentwicklung wird sich aus der Überlagerung dieser Trends ergeben. Damit ist generell eine gemäßigte Entwicklung zu erwarten. In Bezug

auf die Umsetzung in Frage kommender Techniken zur weiteren Reduzierung des Pro-Kopf-Verbrauchs sind sozio-ökonomische und ökologische Gesichtspunkte zu berücksichtigen, darunter die Agenda 21, die Auslegung der Wasserversorgungs- und Abwasserbeseitigungssysteme und die sozialverträgliche Gestaltung der Wasserpreise und Abwassergebühren vor dem Hintergrund eines globalen Wettbewerbs.

4. Wasserbedarfsprognose für Südhessen 2020

Die in *Bild 8* dargestellte Wasserbedarfsprognose für 2020 ergibt sich aus den Ergebnissen der vorangehenden Kapitel.

Die Prognose weist damit für Südhessen ausgehend von einem Wasserverbrauch 2005 von rd. 231 Mio. m³ für 2020 einen Wasserbedarf zwischen 209 und 244 Mio. m³/a aus. Der Mittelwert der Prognose liegt für 2020 bei 226 Mio. m³/a, was einen weiteren geringfügigen Rückgang um 2,1% bedeutet.

Aus den Bandbreiten der Bevölkerungsentwicklung (-1,7 bis +2,8%, vgl. [1]) und Pro-Kopf-Bedarf (-8,1 bis +2,6%) ergibt sich für die resultierende Wasserbedarfsprognose eine Bandbreite von -9,7 bis +5,5%. Im Kern der Prognose wird also ein weiterer leichter Bedarfsrückgang für wahrscheinlich gehalten. Eine leichte Bedarfszunahme ist aber nicht auszuschließen und würde dem in Südhessen kurz- bis mittelfristig zu erwartenden demografischen Trend durchaus entsprechen.

Die Bandbreite der Prognose ergibt sich im Wesentlichen aus der Unsicherheit in Bezug auf den Pro-Kopf-Bedarf. Einerseits ist mit der Umsetzung weiterer Wassersparpotentiale zu rechnen. Der Einfluss des Verbraucherverhaltens

Tabelle 1. Prognose des Pro-Kopf-Bedarfs in den kreisfreien Städten und Landkreisen in Südhessen für 2020.

Bestand 2005	Entwicklung bis 2020						Prognose 2020	
	Haushalte		Andere Verbraucher		Eigenbedarf und Verluste		Oben	Unten
	Oben	Unten	Oben	Unten	Oben	Unten		
	l/E·d							
Darmstadt			+3,5	-7,1			194	173
Frankfurt am Main			+4,0	-8,1			213	190
Offenbach am Main	±0,0	-8,0	+1,9	-3,8	+2,0	-1,0	164	148
Wiesbaden			+2,7	-5,4			177	158
4 kreisfreie Städte	±0,0	-8,0	+3,5	-6,9	+2,0	-1,0	197	175
LK Bergstraße			+1,1	-2,3			153	137
LK Darmstadt-Dieburg			+1,0	-2,1			147	132
LK Groß-Gerau			+1,6	-3,1			179	162
Hochtaunuskreis			+1,8	-3,5			169	152
Main-Kinzig-Kreis			+1,1	-2,3			155	140
Main-Taunus-Kreis	±0,0	-9,0	+1,4	-2,7	+2,0	-1,0	158	142
Odenwaldkreis			+0,9	-1,8			156	141
LK Offenbach			+2,1	-4,2			171	152
Rheingau-Taunus-Kreis			+0,8	-1,6			145	131
Wetteraukreis			+1,7	-3,4			165	148
10 Landkreise	±0,0	-9,0	+1,4	-2,8	+2,0	-1,0	160	144
Reg.-Bez. Darmstadt	±0,0	-8,5	+2,0	-4,1	+2,0	-1,0	172	154
Veränderung gegen 2005							+3 %	-8 %

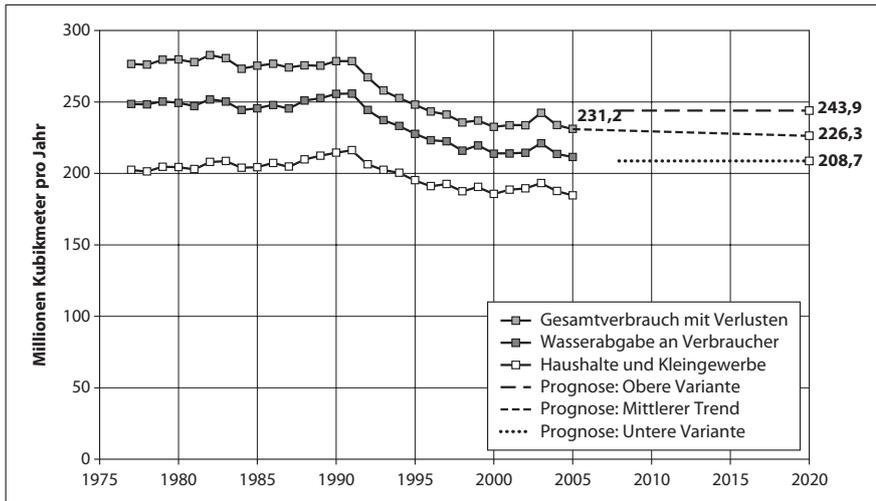


Bild 8. Wasserverbrauch 1977 bis 2005 und Bedarfsprognose 2020 für Südhessen.

auch in Zusammenhang mit dem „demografischen Wandel“ und der zu erwartenden Entwicklung des Lebensstandards ist dagegen nicht sicher zu beziffern. Im Bereich der „Anderen Verbraucher“, also Industrie, Gewerbe und öffentlichen Einrichtungen, werden konjunkturelle Entwicklung und Strukturwandel zu weiteren Veränderungen führen. Eigenbedarf und Verluste waren zuletzt sehr gering und können auch wieder leicht ansteigen.

In den kreisfreien Städten und Landkreisen ist eine durchaus unterschiedliche Entwicklung zu erwarten, und zwar sowohl aufgrund der Bevölkerungsentwicklung als auch aufgrund der Entwicklung des Pro-Kopf-Bedarfs. Aufgrund der unterschiedlichen strukturellen Voraussetzungen ist insbesondere im Bereich der „Anderen Verbraucher“ mit einer nicht einheitlichen Entwicklung zu rechnen. In den Großstädten mit ihrem hohen Anteil an Gewerbe und öffentlichen Einrichtungen ist die Bandbreite für die zukünftig möglichen Entwicklungen größer als in stark ländlich geprägten Landkreisen.

5. Bewertung und Ausblick

Maßgeblicher Planungshorizont der Hessenwasser ist der mittelfristige Zeitraum bis 2020. Hierfür weisen die vorliegenden Bevölkerungsprognosen für Südhessen tendenziell noch eine leichte Bevölkerungszunahme aus. Für die Entwicklung des Pro-Kopf-Bedarfs sind einerseits Wassersparpotentiale, andererseits jedoch auch gegenläufige Entwicklungen, z.B. durch den Trend zu kleinen Haushalten, zu erwarten. Daraus resultiert tendenziell eher ein leichter Rückgang als eine Zunahme.

Auf diesen Grundlagen weist die Wasserbedarfsprognose für Südhessen eine Bandbreite aus, die einen mäßigen weiteren Bedarfsrückgang und eine leichte Bedarfszunahme abdeckt, wobei ein leichter Rückgang für wahrscheinlicher gehalten wird als eine Zunahme. Aus der Wasserbedarfsprognose für Südhessen wird die Prognose für das Versorgungsgebiet der Hessenwasser als Grundlage für den Regionalen Wasserbedarfsnachweis [4] abgeleitet.

Die von Hessenwasser für ihre Wasserbedarfsprognose angewandte Methode ist auf andere Regionen uneingeschränkt übertragbar, wobei die Ergebnisse von den regional unterschiedlichen demografischen und strukturellen Gegebenheiten und Entwicklungen abhängig sein werden.

Die Notwendigkeit eines Regionalen Wasserbedarfsnachweises ergibt sich im Rahmen der Wasserrechtsverfahren aus der Verbundwirksamkeit des überwiegenden Teils der Wasserwerke der Hessenwasser (vgl. Abschnitt 1). Die einzelnen Wasserwerke, auf die sich die wasserrechtlichen Zulassungen in der Regel beziehen, können vor diesem Hintergrund nicht isoliert betrachtet werden.

Vielmehr ist der Bedarfsnachweis für den Gesamtbedarf im Verbundsystem zu führen. Dabei ist dem prognostizierten Wasserbedarf das nutzbare Wasserdargebot gegenüberzustellen, wie es sich unter Berücksichtigung aller technischen, klimatischen, ökologischen und qualitativen Gesichtspunkte ergibt. Zu berücksichtigen sind in dieser Bilanzbetrachtung auch die Situation in Trockenjahren und Ausfallmengen, wie sie bei der planmäßigen Revision von Anlagen, durch ökologisch bedingte Auflagen und auch bei Betriebsstörungen auftreten können.

Literatur

- [1] Herber, W., Wagner, H., Roth, U.: Die demografische Entwicklung als Grundlage für den Regionalen Wasserbedarfsnachweis der Hessenwasser GmbH & Co. KG. GWF-Wasser/Abwasser 148 (2007) Heft 10, S. 684–690.
- [2] Arbeitsgemeinschaft Wasserversorgung Rhein-Main (WRM): Leitungsverband Wasserversorgung Rhein-Main. Studie. Frankfurt am Main/Groß-Gerau, 1998/1999/2005.
- [3] Regierungspräsidium Darmstadt: Leitfaden Grundwasserentnahmen. Zulassungsverfahren nach Wasserhaushaltsgesetz und Hessischem Wassergesetz, Bundesnaturschutzgesetz und Hessischem Naturschutzgesetz. Darmstadt, 2005.
- [4] Hessenwasser GmbH & Co. KG in Zusammenarbeit mit Dr.-Ing. Ulrich Roth: Regionaler Wasserbedarfsnachweis. Unveröffentlichtes Gutachten. Groß-Gerau/Bad Ems, Mai 2007.
- [5] Hessenwasser GmbH & Co. KG: Regionaler Wasserbedarfsnachweis - Dokumentation Bevölkerungsprognosen. Unveröffentlichtes Gutachten, Dr.-Ing. Ulrich Roth. Bad Ems, Februar 2007.
- [6] Roth, U.: Bestimmungsfaktoren für Wasserbedarfsprognosen. GWF-Wasser/Abwasser 139 (1998) Heft 2, S. 63–69.
- [7] Hessenwasser GmbH & Co. KG: Regionaler Wasserbedarfsnachweis – Wasserbedarfsprognose 2020 / Trendbewertung 2050. Unveröffentlichtes Gutachten, Dr.-Ing. Ulrich Roth. Bad Ems, Februar 2007.
- [8] Regierungspräsidium Darmstadt, Abteilung Umwelt: Datenbank zur Wasserbilanz Rhein-Main.
- [9] Berger, H., Roth, U., Sammet, D.: Struktur und Entwicklung des Wasserverbrauchs in Wiesbaden. GWF-Wasser/Abwasser 139 (1998), S. 566–574.
- [10] Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Jugend, Familie und Gesundheit: Agenda 21 – Global denken, lokal handeln. Wiesbaden, 1997 (S. 47).
- [11] Leist, H.-J., Magoulas, G.: Bewertung der Nachhaltigkeit in der Trinkwasserversorgung. GWF-Wasser/Abwasser 141 (2000) Nr. 3, S. 146–156.

- [12] *Leist, H.-J.*: Anforderungen an eine nachhaltige Trinkwasserversorgung – Teil I: Materielle Grundlagen und Wahrnehmungskultur. *GWF-Wasser/Abwasser* 142 (2001) Nr. 10, S. 712–719. – Teil II: Nebenwirkungen von Wassersparmaßnahmen. *GWF-Wasser/Abwasser* 143 (2002) Nr. 1, S. 44–53.
- [13] *Korthals, W., Roth, U.*: Regenwassernutzungsanlagen: „Überflüssiges Luxusgut“ oder „ökologisch vorbildlich“? *bbr* 54 (2003) Nr. 8, S. 31–37.
- [14] *Roth, U.*: Der Einfluß moderner Haushaltsgeräte auf den Wasserverbrauch der Haushalte. *Wasser und Boden* 47 (1995) Heft 10, S. 58–62.
- [15] *Roth, U.*: Wohnungswasserzähler – Was bewirken sie? – Lohnt sich ihr Einbau? *Die Wohnungswirtschaft* 46 (1993) Heft 11, S. 616–620.
- [16] *Roth, U.*: Trinkwasserverbrauch und Abwasseranfall – Analyse des veränderten Verbraucherverhaltens. Vortrag beim Trinkwasser und Abwasser Tag 2003 der ATV-DVWK-Landesverbände Sachsen/Thüringen & Nord-Ost und der DVGW-Landesgruppen Ost am 16. September 2003 in Brehna.
- [17] *Björnsen, G., Roth, U.*: Einfluß der Haushaltgröße auf dem Wasserbedarf. *Wasser und Boden* 45 (1993) Heft 3, S. 155–158.
- [18] Statistisches Bundesamt. Telefax vom 18.5.1992 (Gruppe VIII B, 1992; Fachserie 1, Reihe 3, Haushalte und Familie 1990). Ergänzt um neuere Daten aus Statistischen Jahrbüchern. Bis 1939 Reichsgebiet, 1950 bis 1990 alte Bundesländer, ab 1991 Deutschland. Wert für 2002 und Prognose: Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR): Raumordnungsprognose 2020/2050, Bonn 2006 (S. 47). Fehlende Zwischenwerte sind linear interpoliert.

Eingereicht: 11.9.2007

Korrektur: 13.11.2007

Im Peer-Review-Verfahren begutachtet.

Zeitschriftenumschau

Eutrophierungsprobleme der Küstengewässer. Von *R. Galle*. *Wasser und Abfall* 9 (2007) Nr. 6, S. 16–20. – Zur Zurückführung der Eutrophierung der Meeresumwelt müsste aus Sicht der Arbeitsgemeinschaft des Bund-Länder-Messprogramms (ARGE-BLMP) schnellstmöglich sicher gestellt werden, dass in Fließgewässern des Binnenlandes ein Wert von 0,10 mg/L Gesamtphosphor und 3 mg/L Gesamtstickstoff am Übergabepunkt zum Küstengewässer eingehalten werden, und zwar als Mittelwert und nicht als 90-Perzentil-Wert (das entspricht der Güteklasse II der Gewässergüteklassifikation der LAWA).

Diese Werte müssten als Eingangsgröße in die Maßnahmen- und Bewirtschaftungsplanung der Flussgebietseinheiten Eingang finden, um eine Entwicklung der Nährstoffkonzentrationen in Richtung des guten ökologischen Zustands zu ermöglichen. Im begleitenden operativen Monitoring wird dann anhand der vorliegenden Klassifikationssysteme z. B. für die Qualitätskomponente Phytoplankton zu ermitteln sein, ob diese Maßnahmen ausreichend sind oder ob im Sinne der wissenschaftlichen Einschätzungen nachgesteuert werden muss. Gemäß Anhang V, Ziffer 1.2.3 und 1.2.4 WRRL sollen die Nährstoffkonzentrationen in den Übergangs- und Küstengewässern nicht über den Werten liegen, bei denen die Funktionsfähigkeit des Ökosystems und die Einhaltung der in der WRRL beschriebenen Werte für die biologischen Qualitätskomponenten gewährleistet ist. Für die Küstengewässer haben bei der Aufstellung der Bewirt-

schaffungspläne und Maßnahmenprogramme daher Maßnahmen zur Reduzierung der Nährstofffrachten oberste Priorität. *Hg.*

Messung der dynamischen Flockulation. Ressourcen sparen, Prozesse optimieren: Untersuchung der Flocken beim Belebtschlammverfahren. Von *R. Govoreanu, F. de Vreese, A. Gügel, G. Nowack* und *P. van Rollegem*. *wwt* (2007) Nr. 4, S. 15–20. – Die Steigerung des Geschwindigkeitsgradienten G bewirkt eine Verkleinerung der Flockengröße und steigert die Gleichgewichtseinstellung der Flockenbildung/-aufbrechung sowie der entsprechenden Größenverteilung. Die Zugabe von Kalzium bei hohem Geschwindigkeitsgradienten bewirkt eine Kräftigung der Flockenstruktur und deren Wachstum bzw. deren Aggregation.

Bei mittleren und kleinen Geschwindigkeitsgradienten (55 s^{-1} und 15 s^{-1}) dominiert der Aggregationsprozess mit stetigem Flockenwachstum. Auch hier steigert die Kalziumzugabe noch einmal die Flockengröße und die Aggregation.

Die untersuchten Belebtschlammproben zeigen eine hohe Affinität zu Kalziumionen: Mit steigender Kalziumzugabe wird ein schneller werdender Aggregationsprozess beobachtet, der zu einer Gleichgewichtsgröße der Flocken führt, die nicht direkt proportional mit der Kalziumzugabe größer wird. Dies zeigt einen Sättigungseffekt an. *Hg.*