

# Prognose zur Entwicklung des Spitzenwasserbedarfs unter dem Einfluss des Klimawandels

## Eine Abschätzung am Beispiel der hessischen Landeshauptstadt Wiesbaden

Wasserversorgung, Wasserbedarfsspitzen, Klimawandel

Ulrich Roth, Hermann Mikat und Holger Wagner

*Im Rahmen des Verbundprojektes „Anpassungsstrategien an Klimatrends und Extremwetter und Maßnahmen für ein nachhaltiges Grundwassermanagement“ wurde eine Wasserbedarfsprognose für Südhessen 2100 aufgestellt. Neben der Frage nach der Entwicklung des Wasserbedarfs in klimatischen Normaljahren war dabei insbesondere auch zu klären, in welchem Ausmaß der Klimawandel den Wasserbedarf in zukünftigen Trockenjahren beeinflusst. Hierzu wurde auf der Grundlage zurückliegender Ereignisse am Beispiel der Stadt Wiesbaden eine Abschätzung vorgenommen. Danach wird der für die Grundwasserbewirtschaftung maßgebliche Jahresbedarf unabhängig vom Verlauf der Einzelereignisse nur relativ geringfügig zunehmen.*

### Prognosis of the Development of Water Peaks under the Influence of Climate Change.

*Within the joint project “adaptation strategies for climate trends and extreme weather and steps towards a sustainable groundwater management” a prognosis of water demand for southern Hesse up to the year 2100 was set up. Besides the general development of water demand in climatic normally years a particular question was the influence of climate change on water demand in future dry years. This effect was estimated on the basis of figures from events in the past for the example of Wiesbaden. Decisive for the management of the groundwater resources is the yearly demand. This will only increase slightly, independent of the characteristics of the individual events.*

### 1. Anlass und Fragestellung

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 – hatte zum Ziel, die wasserwirtschaftlichen Auswirkungen des Klimawandels im Raum Südhessen bis zum Jahr 2100 abzuschätzen [1]. Das Untersuchungsgebiet „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 Rahmen des Projektes wurde eine entsprechend langfristige Wasserbedarfsprognose für das Jahr 2100 aufgestellt. Die Prognose bezieht sich zunächst auf die Entwicklung des Wasserbedarfs in Normaljahren [2]. Bedarfsschwankungen, wie sie durch Abfolgen trockener und nasser Jahre verursacht werden, sind danach gesondert zu betrachten. In ausgeprägten Trockenjahren treten in den Sommermonaten besonders hohe

Wasserbedarfsspitzen auf – der Jahresbedarf ist in solchen Jahren um einige Prozent höher als in klimatisch mittleren oder relativ nassen Jahren [3].

Es wird erwartet, dass als Folge des Klimawandels zukünftig häufiger und mit stärker ausgeprägten Hitze- bzw. Trockenperioden zu rechnen ist [1]. Demnach stellt sich die Frage, welche Auswirkungen diese Entwicklung auf die Wasserbedarfsspitzen haben wird. Für die Grundwasserbewirtschaftung [4] und die Auslegung der wasserrechtlichen Zulassungen [5] ist von besonderem Interesse, mit welchem Anstieg des Jahresbedarfs in diesem Zusammenhang zu rechnen ist. Gegenstand des vorliegenden Artikels ist die im Rahmen des AnKliG-Projektes zur Klärung dieser Frage vorgenommene Abschätzung.

### 2. Grundlagen

Der mittlere Tagesverbrauch ( $\text{m}^3/\text{d}$ ) errechnet sich aus dem Jahresverbrauch ( $\text{m}^3/\text{a}$ ) dividiert durch die Zahl der Tage, also 365 bzw. 366 d/a in Schaltjahren. **Bild 1** zeigt Beispiele für Ganglinien des Tagesverbrauchs [3].

Der Wasserbedarf folgt den Rahmenbedingungen der Jahreszeiten und der Witterung. Im Winter liegt er tendenziell unter dem Durchschnitt, im Sommer bzw. bei sonnig-warmem Wetter darüber. Besonders hoch ist der Wasserbedarf in längeren Hitzeperioden bzw. bei anhaltender Trockenheit. In **Bild 1** ist die Ganglinie für das relativ ausgeprägte Trockenjahr 2003 mit entsprechend hohem Wasserbedarf vor allem Anfang August dargestellt, und im Vergleich dazu für 2007, als auf einen ausgesprochen warmen und trockenen April ein weitgehend verregneter Sommer folgte.

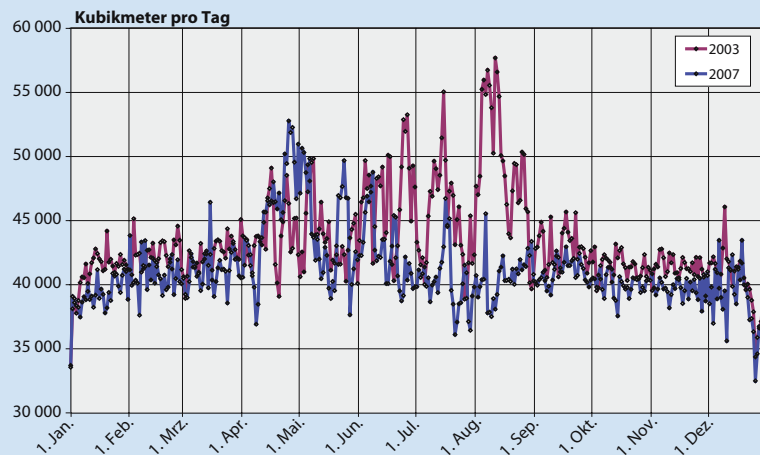
Der Jahresverbrauch 2007 lag um etwa 1 bis 2% unter dem langjährigen Durchschnitt bzw. dem Trend der allgemeinen Verbrauchsentwicklung. Im Trockenjahr 2003 war der Verbrauch um etwa 4 bis 5% erhöht. Dabei war 2003 ein einzelnes Trockenjahr, dem eine Reihe relativ feuchter bzw. nasser Jahre vorausgegangen waren. Bei einer Abfolge mehrerer Trockenjahre, also einer wasserwirtschaftlichen Trockenperiode wie Anfang/Mitte der 1970er Jahre und um 1990 nimmt der Wasserbedarf von Jahr zu Jahr tendenziell zu, unter anderem durch den zunehmenden Bedarf für die Bewässerung von Gärten und Rasenflächen.

Unter den Gesichtspunkten der Wasserversorgung unterscheidet man demnach zwischen Normal-, Nass- und Trockenjahren. Der Wasserbedarf in Normaljahren entspricht näherungsweise dem langjährigen Trend. In Nassjahren ist die Bedarfszunahme im Sommerhalbjahr geringer als in Normaljahren, mit der Folge, dass der Jahresbedarf unter dem Durchschnitt bleibt. In Trockenjahren mit ausgeprägten Bedarfsspitzen liegt der Jahresbedarf über dem Trend. Besonders hoch ist der Wasserbedarf in Trockenperioden, also Abfolgen mehrerer Trockenjahre. Der Begriff Trockenperiode wird oft auch verwendet für unterjährige Ereignisse, nämlich anhaltende, weitgehend niederschlagsfreie Hitzeperioden mit entsprechend erhöhtem Wasserbedarf.

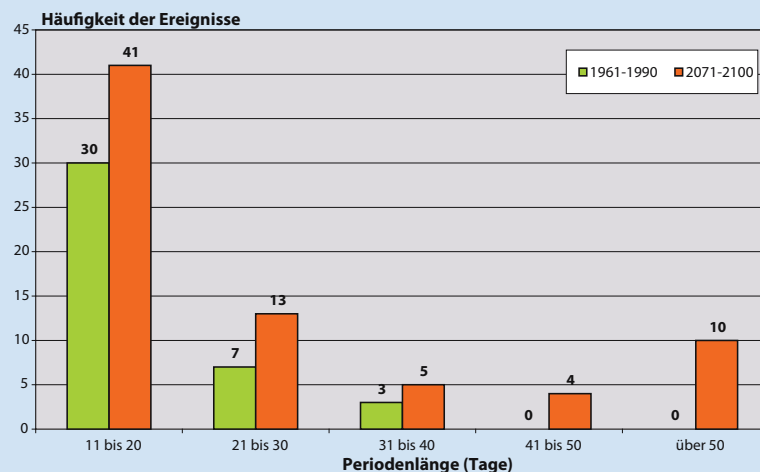
Im Zuge des Klimawandels wird eine zunehmende Häufigkeit und Intensität sowohl von Hitzeperioden innerhalb eines Jahres als auch von Trockenperioden über mehrere Jahre erwartet. Die vorliegenden Erkenntnisse aus den Klimamodellen beziehen sich bisher überwiegend auf die Temperaturentwicklung. Gemäß **Bild 2** wird mit einer Zunahme von Hitzeperioden gerechnet, oft verbunden mit entsprechender Trockenheit.

Während die längsten in Deutschland dokumentierten Hitzeperioden in den Jahren 1961 bis 1990 eine Länge von 31 bis 40 Tagen hatten (ca. 4 bis 6 Wochen), werden für den Zeitraum 2071 bis 2100 auch Hitzeperioden mit einer Länge von über 51 Tagen (mehr als 7 Wochen) erwartet. Zugleich wird die Häufigkeit der Ereignisse mit einer Länge von mehr als 30 Tagen nach **Bild 2** von 3 in 30 Jahren (10%) auf 19 in 30 Jahren (> 60%) zunehmen.

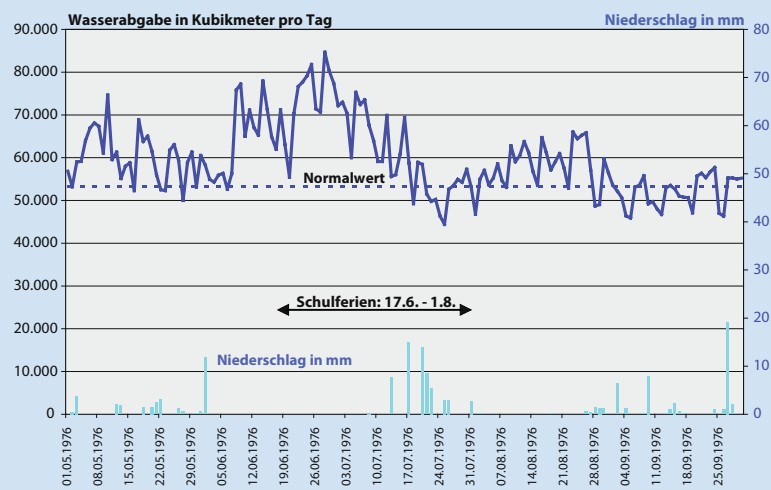
Im Folgenden wird auf Grundlage dokumentierter Ereignisse in zurückliegenden Jahren eine Abschätzung



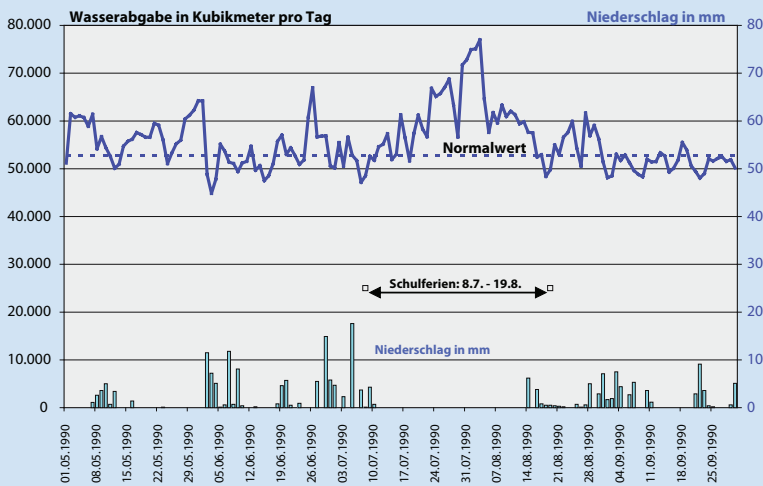
**Bild 1.** Ganglinien der Netzeinspeisung in Wiesbaden in den Jahren 2003 und 2007.



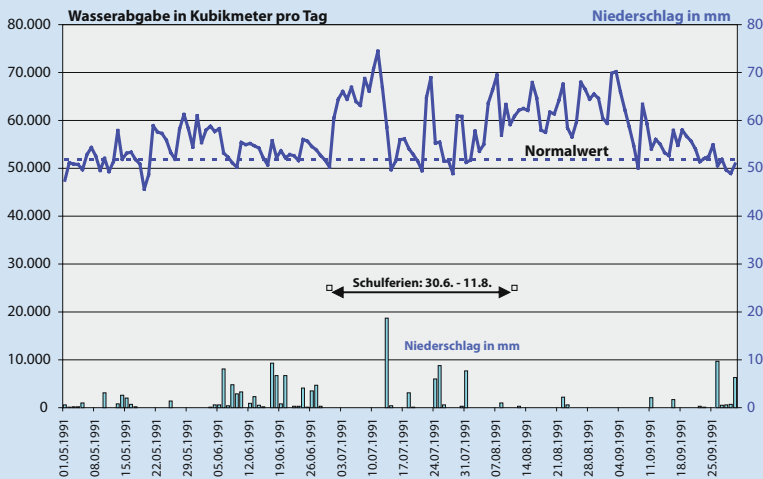
**Bild 2.** Erwartete Häufigkeitszunahme von Hitzeperioden mit Temperaturen über 25 °C im Zeitraum 2071–2100 gegenüber dem Zeitraum 1961–1990 (Szenario B2) (Daten: [6]).



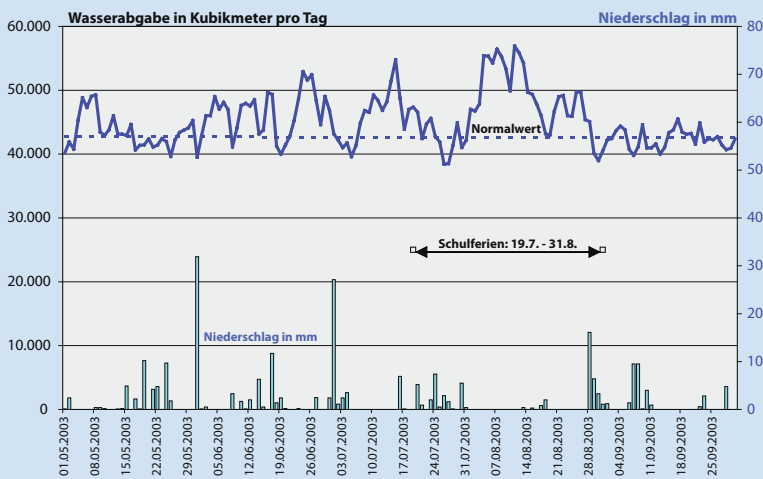
**Bild 3.** Wasserbedarf und Niederschlag in Wiesbaden im Trockenjahr 1976.



**Bild 4.** Wasserbedarf und Niederschlag in Wiesbaden im Trockenjahr 1990.



**Bild 5.** Wasserbedarf und Niederschlag in Wiesbaden im Trockenjahr 1991.



**Bild 6.** Wasserbedarf und Niederschlag in Wiesbaden im Trockenjahr 2003.

der Auswirkungen dieser Entwicklung auf den Wasserbedarf aufgezeigt.

### 3. Wasserbedarf in Trockenjahren, Spitzenwasserbedarf

Die **Bilder 3 bis 6** zeigen exemplarisch die Entwicklung der Wasserabgabe in das Versorgungsnetz der hessischen Landeshauptstadt Wiesbaden in den ausgeprägten Trockenjahren 1976, 1990, 1991 und 2003. Zu den Ganglinien sind zusätzlich die Tagesmengen des Niederschlags auf dem Gelände des Wasserwerks Schierstein und die Schulferien dargestellt.

Der Witterungsverlauf des Jahres 1976 wird in der Fachliteratur als „Klimaanomalie“ bezeichnet [7]. Das Jahr war der Höhepunkt einer etwa 5-jährigen Trockenperiode. Bereits der April 1976 war sehr trocken. Vom 2. Juni bis 13. Juli gab es eine praktisch niederschlagsfreie Hitzeperiode von 42 Tagen Dauer, wobei es ab Ende Juni etwas kühler wurde. Es folgte eine weitere nahezu niederschlagsfreie Periode vom 21. Juli bis 27. August. Ende Juni 1976 wurden in Deutschland verbreitet die höchsten jemals verzeichneten Wasserverbrauchswerte registriert. In Wiesbaden wurde am 28. Juni 1976 ein Maximalverbrauch von 84660 m<sup>3</sup> gemessen, fast 60% über dem Mittel des in den 1970er Jahren anzusetzenden mittleren Tagesbedarfs von ca. 53300 m<sup>3</sup>/d (**Bild 3**).

Die Jahre 1990 und 1991 waren zwei aufeinander folgende Extremereignisse mit unterschiedlicher Charakteristik.

- Im Sommer 1990 (**Bild 4**) gab es eine niederschlagsfreie Hitzeperiode vom 11. Juli bis 13. August (34 Tage). Am 3. August wurde in Wiesbaden eine Netzeinspeisung von 76986 m<sup>3</sup> gemessen, mehr als 45% über dem mittleren Tagesbedarf von etwa 52700 m<sup>3</sup>/d. Die Witterungsverhältnisse in den vorangegangenen und folgenden Monaten waren jedoch relativ moderat, so dass der Jahresverbrauch mit rd. 19,3 Mio. m<sup>3</sup> nur wenig über dem Trend der allgemeinen Bedarfsentwicklung lag, der 1990 etwas über 19 Mio. m<sup>3</sup>/a ausmachte. Für den Tagesspitzenbedarf war 1990 allerdings das maßgebliche Ereignis nach 1976.
- Im Sommer 1991 (**Bild 5**) gab es dagegen immer wieder Niederschlagsereignisse, die die Hitzeperiode unterbrachen. Die Tagesspitze am 11. Juli lag bei 74458 m<sup>3</sup>, also niedriger als 1990 und nur knapp 45% über dem mittleren Tagesbedarf von etwa 51800 m<sup>3</sup>/d. Jedoch dauerte die Hitzeperiode insgesamt von Anfang Juli bis Anfang September, so dass sich die anhaltend hohen Tageswerte auf einen Jahresverbrauch von 19,6 Mio. m<sup>3</sup> summierten – etwa 4% über dem Trend.

Das Ereignis des Jahres 2003 (**Bild 6**) verlief demgegenüber erkennbar moderater. Ähnlich wie 1991

wurde die Hitzeperiode immer wieder von Niederschlagsereignissen unterbrochen. Sie war wesentlich kürzer als 1991, nicht so ausgeprägt, und sie fiel vollständig in die Schulferien. Am 11. August wurde ein Maximalverbrauch von 56 931 m<sup>3</sup> registriert, etwa 35 % über dem um 2003 anzusetzenden mittleren Tagesbedarf von etwa 42 700 m<sup>3</sup>/d. Der Jahresverbrauch lag bei etwa 15,8 Mio. m<sup>3</sup> und damit nur um etwa 2 % über dem Trend.

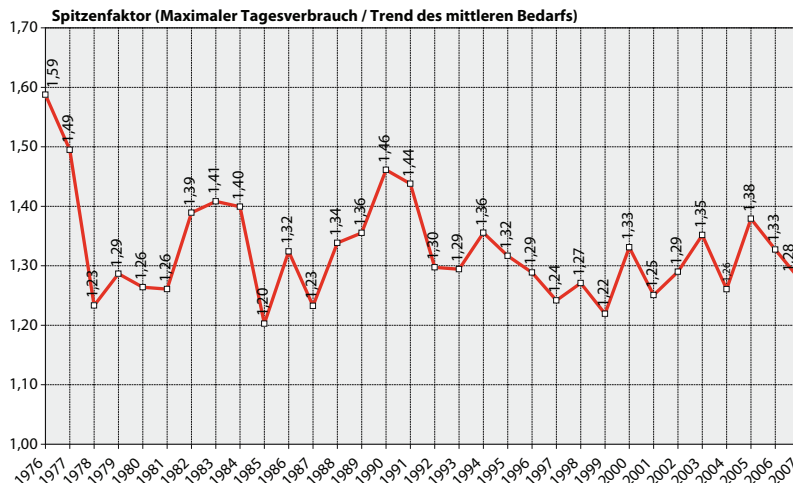
Wie aus den in den **Bildern 3 bis 6** dargestellten „Normalwerten“ erkennbar wird, ist der mittlere Wasserbedarf seit 1976 deutlich zurückgegangen. Die Höhe der Verbrauchsspitzen wird deshalb auf den mittleren Bedarf des jeweiligen Zeitraums bezogen und als Faktor bzw. Prozentwert dargestellt. Die Bewertung der Verbrauchsspitzen erfolgt dadurch unabhängig von der allgemeinen Verbrauchsentwicklung (vgl. [3]).

Um den Tagesverbrauch bzw. -bedarf in Relation zum mittleren Bedarf unabhängig von der allgemeinen Bedarfsentwicklung darzustellen, bietet es sich an, die Bedarfszahlen auf 1 zu normieren [3]. Die Bezugszahl ist dann der mittlere Tagesbedarf, wie er in dem betreffenden Jahr vor dem Hintergrund des allgemeinen Trends in einem Normaljahr zu erwarten gewesen wäre. Ein relativer Bedarf von 1,0 entspricht dann dem mittleren Bedarf, eine Bedarfszahl 0,9 einem Verbrauch um 10 % darunter, eine Bedarfszahl bzw. ein Spitzenfaktor von 1,5 einem Verbrauch 50 % über dem mittleren Bedarf.

**Bild 7** zeigt die Spitzenfaktoren des Tageswasserbedarfs für die Netzeinspeisung in Wiesbaden (vgl. **Bilder 3 bis 6**). Die Darstellung verdeutlicht die Einzigartigkeit des Ereignisses 1976 mit einem Spitzenfaktor von fast 1,6. Die danach höchsten Ereignisse waren die der Jahre 1990 und 1991 mit Faktoren um 1,45 und die Jahre 1982 bis 1984 mit Faktoren um 1,40. Nach 1991 traten keine Ereignisse mehr mit einem Spitzenfaktor über 1,40 auf – auch das Ereignis des Jahres 2003 lag mit 1,35 darunter.

Das Jahr 2005 zeigt mit einem Faktor von 1,38 eine relativ hohe Verbrauchsspitze. Dieses Ereignis trat bereits Ende Juni und somit vor Beginn der Schulferien ein. Dagegen lag das Spitzenlastereignis des Jahres 2003 im Juli/August in den Schulferien. Der Vergleich dieser Ereignisse zeigt den dämpfenden Einfluss der Hauptreisezeit. Im Gegensatz zu der Situation in einer Stadt wie Wiesbaden ist in stark vom Tourismus geprägten Regionen während der Schulferien mit entsprechend verstärkten Bedarfsspitzen zu rechnen.

In der Fachdiskussion wird allgemein angenommen, dass mit Spitzenfaktoren wie in den 1970er Jahren heute nicht mehr zu rechnen ist (vgl. [8, 9]). Ursächlich dafür sind nicht nur das Ausbleiben einer weiteren Klimaanomalie wie 1976, sondern auch strukturelle Veränderungen im Bereich der Trinkwassernutzung. Das betrifft sowohl den gewerblichen Bereich mit dem allgemeinen Trend vom primären über den sekundären



**Bild 7.** Spitzenfaktoren des Tagesverbrauchs in Wiesbaden, 1976 bis 2007.

zum tertiären Wirtschaftssektor wie auch den Bereich der Haushalte, z. B. durch Veränderungen bei Baustrukturen und Verbraucherverhalten, die zu einer Vereinheitlichung des Verbrauchs beitragen.

Gegenläufige Tendenzen bestehen durch Anlagen zur Trinkwasser-Substitution, die je nach Konzeption und Bauart nach längerer Trockenheit ausfallen, so dass Trinkwasser eingesetzt werden muss [10]. Konkrete, quantitativ zu bewertende Anhaltspunkte für die langfristige zu erwartende Entwicklung der Spitzenfaktoren für den Tages- und Stundenbedarf liegen jedoch nicht vor.

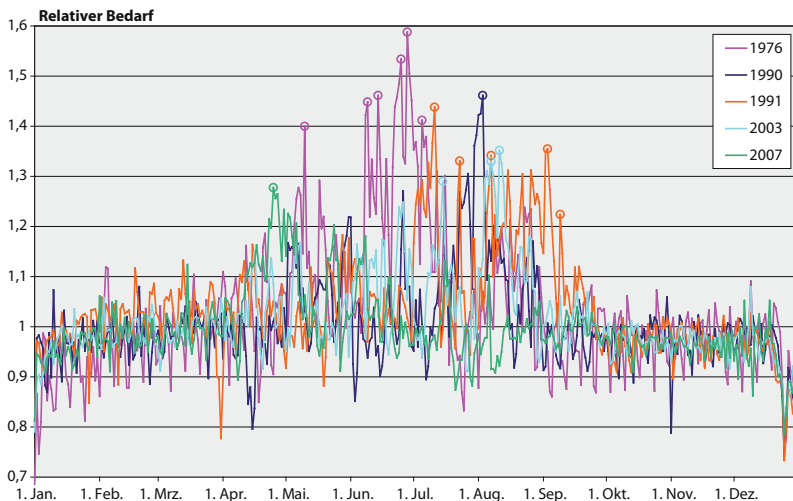
#### 4. Wasserbedarf in zukünftigen Trockenjahren

Für zukünftige Spitzenwasserbedarfs-Ereignisse werden Faktoren anzusetzen sein, die vermutlich mindestens die Größenordnung der Ereignisse 1990 und 1991 haben, jedoch deutlich unter dem Ereignis 1976 liegen. Diese Annahme berücksichtigt einerseits die strukturellen Veränderungen seit den 1970er Jahren, andererseits die infolge des Klimawandels erwartete Zunahme von Extremereignissen.

**Bild 8** zeigt die normierten Tagesganglinien für die Jahre 1976, 1990, 1991, 2003 und 2007 (vgl. **Bilder 1 und 3 bis 6**). Ein relativer Bedarf von 1,0 entspricht jeweils dem mittleren Bedarf (vgl. Kap. 3).

Es wird deutlich, dass der Wasserbedarf in den Monaten Januar bis Anfang April und Ende September bis Dezember tendenziell immer unter dem bzw. im Bereich des mittleren Bedarfs liegt. Besonders niedrige Bedarfszahlen treten Weihnachten/Neujahr und Ostern auf. Im Zeitraum Mitte April bis Mitte September liegt der Bedarf meist über dem mittleren Bedarf und je nach Witterung treten mehr oder weniger ausgeprägte Bedarfsspitzen auf.

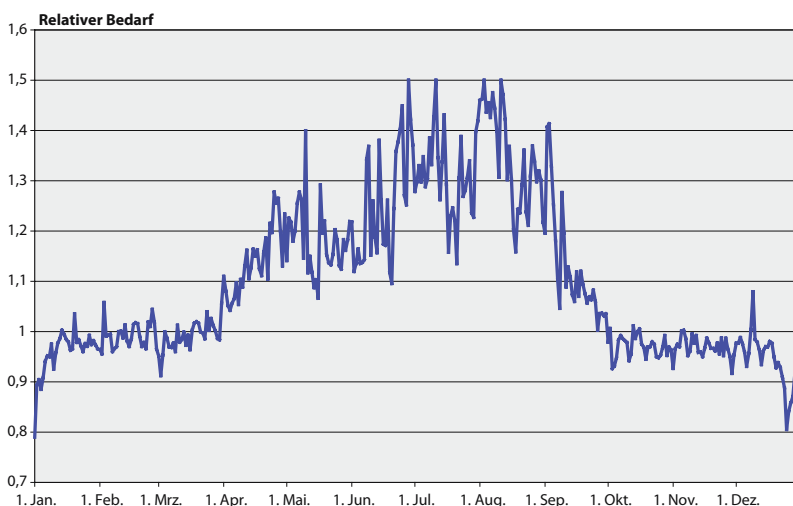
Die Spitzenlast-Ereignisse lagen in den dargestellten Jahren zu unterschiedlichen Zeitpunkten bzw. in unter-



**Bild 8.** Normierte Ganglinien dokumentierter Spitzenlast-Ereignisse in Wiesbaden.

schiedlichen Zeiträumen. 1976 trat der höchste Bedarf bereits im Juni auf, 1990 Ende Juli/Anfang August, 1991 im Juli, August und Anfang September, 2003 Ende Juli/Anfang August und 2007 bereits Ende April. Der Jahresbedarf in den ausgeprägten Trockenjahren lag um etwa 5% über dem in Normaljahren [11].

**Bild 9** zeigt den Verlauf eines fiktiven Spitzenlast-Ereignisses, wie er sich aus diesen Ganglinien unter veränderten Klimabedingungen ergeben könnte. In den Monaten Januar bis März und Oktober bis Dezember ist darin der Verlauf des Jahres 2003 übernommen. Im Hinblick auf die erwartete Zunahme der Intensität der Hitzeperioden wurde in den Monaten April bis September jeweils der höchste Wert aus **Bild 8** verwendet, wobei die Maxima für 1976 auf einen Wert von 1,5 gedämpft und für 1990, 1991 und 2003 auf 1,5 verstärkt sind. Das Ereignis im April 2007 wurde ohne Verstärkung



**Bild 9.** Fiktiver Verlauf eines extremen Spitzenlast-Ereignisses im Zieljahr 2100.

übernommen. Für dieses fiktive Spitzenlastszenario wurden somit die klimatischen Randbedingungen aus den genannten Referenzjahren für ausgeprägte Spitzenlastereignisse überlagert.

Unter den extremen Annahmen, die der Darstellung in **Bild 9** zugrunde liegen, errechnet sich ein um 9,95% erhöhter Jahresbedarf. Die Annahme eines aufgrund des Klimawandels in zukünftigen Trockenjahren um 10% erhöhten Jahresbedarfs stellt somit nach vorliegenden Kenntnissen für eine Stadt wie Wiesbaden den oberen Rand der anzunehmenden Bandbreite dar. In anderen Versorgungsgebieten ist infolge der jeweiligen strukturellen Gegebenheiten mit leicht abweichenden Zahlenwerten zu rechnen, hinsichtlich ihrer Größenordnung dürfte diese Abschätzung jedoch allgemein gültig sein.

### 5. Jahresbedarf im Untersuchungsraum in zukünftigen Trockenjahren

Nach der Wasserbilanz Rhein-Main [11] und vorliegenden Fachgutachten [3] ist im Rhein-Main-Raum in Trockenjahren im Bestand mit einem um bis zu etwa 5% erhöhten Wasserbedarf zu rechnen. Im Kapitel 4 wurde am Beispiel der Netzeinspeisung in Wiesbaden auf Grundlage der Tagesganglinien aus zurückliegenden Trockenjahren abgeschätzt, dass der Jahresbedarf bei zukünftig längeren und intensiveren Hitzeperioden eine Größenordnung von 10% über dem Jahresbedarf in einem Normaljahr nicht überschreiten dürfte. Vielmehr deuten die Ergebnisse für die zugrunde gelegten extremen Annahmen (vgl. **Bild 9**) darauf hin, dass der Wert von 10% eine Obergrenze darstellt.

Im Prognosezeitraum bis 2100 dürfte vermutlich eine Zunahme des Spitzenfaktors für den Jahresbedarf von derzeit rd. 5% auf maximal etwa 8% realistisch sein. Der maximale Jahresbedarf im Trockenjahr ergibt sich demnach aus den für Normaljahre prognostizierten Bedarfszahlen und einem Zuschlag von 8%.

Die Trinkwassergewinnung im Untersuchungsraum des AnKliG-Projektes „Hessisches Ried und Odenwald“ (vgl. Kap. 1, [1]) für die Wasserversorgung der Städte und Gemeinden im Untersuchungsraum und für Lieferungen nach außen lag im Bestand des Jahres 2006 bei 132 Mio. m<sup>3</sup>/a [12]. Mit einem Zuschlag von 5% ist in Trockenjahren derzeit mit einem Maximalbedarf von etwa 139 Mio. m<sup>3</sup> zu rechnen.

Die Wasserbedarfsprognose bis 2100 [12] enthält drei Szenarien mit Bedarfswerten von 132 Mio. m<sup>3</sup>/a im oberen Szenario, 112 Mio. m<sup>3</sup>/a im mittleren Szenario und 79 Mio. m<sup>3</sup>/a im unteren Szenario. Mit einem erhöhten Zuschlag von 8% beträgt der Maximalbedarf im Trockenjahr im oberen Szenario 143 Mio. m<sup>3</sup> gegenüber 139 Mio. m<sup>3</sup> im Bestand.

Bezogen auf den für Belange der Grundwasserbewirtschaftung maßgeblichen Jahresbedarf ist diese Zunahme als relativ geringfügig anzusehen. Relevanter

hierfür sind somit andere Gesichtspunkte, vor allem die allgemeine Bedarfsentwicklung und die Entwicklung des nutzbaren Grundwasserdargebotes bzw. der Grundwasserneubildung.

## 6. Randbedingungen für die Entwicklung in Teilräumen des Untersuchungsraums

Der Untersuchungsraum „Hessisches Ried und Odenwald“ ist gegliedert in die Teilräume Hessisches Ried, Odenwald und Offenbach/Dieburg [12]. Die örtlichen Versorgungsstrukturen im Untersuchungsraum sind kommunal geprägt. In Bezug auf die regionale Versorgungsstruktur sind die drei Teilräume jedoch unterschiedlich zu charakterisieren:

- Im Hessischen Ried befinden sich die großen verbundwirksamen Wasserwerke der Hessenwasser GmbH & Co. KG, aus denen über die Riedleitung die Regionen Frankfurt und Wiesbaden und insbesondere auch der westliche Teil des Taunus beliefert werden [5, 13]. Das Hessische Ried ist somit stark durch Verbundstrukturen geprägt, über die regional bedeutsame Lieferbeziehungen abgewickelt werden.
- Der Odenwald weist als Mittelgebirge mit dörflich/kleinstädtischer Prägung praktisch ausschließlich örtliche Versorgungsstrukturen auf.
- Der Raum Offenbach/Dieburg wird im Wesentlichen aus den Wasseraufkommen des Zweckverbandes Gruppenwasserwerk Dieburg und des Zweckverbandes Wasserversorgung Stadt und Kreis Offenbach (ZWO, Rodgau) versorgt. In der WRM-Leitungsverbundstudie [13] ist der Bereich als „kleiner Verbund“ bezeichnet. Die dortigen Verbundstrukturen sind unabhängig vom sonstigen Leitungsverbund Rhein-Main und dienen der Wasserverteilung an die Kommunen innerhalb des Teilraums.

Die Höhe des im Einzelfall – also für ein konkretes Versorgungsgebiet – anzusetzenden Spitzenfaktors hängt nach dem einschlägigen DVGW-Arbeitsblatt W 410 [8] von dessen Größe ab. Danach liegt der Tagesspitzenfaktor bei 1000 angeschlossenen Einwohnern bei ca. 2,3 – bei 10000 Einwohnern bei knapp 2,0 – bei 100.000 Einwohnern bei ca. 1,6 und bei 1000000 Einwohnern bei ca. 1,4. Die für das Versorgungsgebiet der Hessenwasser GmbH & Co. KG in Studien abgeleiteten Daten für Darmstadt, Frankfurt und Wiesbaden [3] stimmen damit weitgehend überein.

In der Vorfassung der W 410 aus dem Jahr 1995 [9] waren für größere Versorgungsgebiete noch höhere Spitzenfaktoren angegeben, bei 100000 Einwohnern z. B. ca. 1,7 bis 1,8 und bei 1000000 Einwohnern 1,5. Die Angaben für kleine Versorgungsgebiete entsprachen denen im aktuellen Arbeitsblatt. Dies bestätigt die in Kap. 3 formulierte Annahme, nach der so hohe Verbrauchsspitzen wie 1976 aufgrund der veränderten Bau- und Verbrauchsstrukturen heute nicht mehr zu erwarten sind.

In Städten wie Wiesbaden ist der Wasserbedarf an den Wochenenden meist relativ niedrig – die höchsten Bedarfszahlen treten in der Woche auf (vgl. **Bild 3 bis 6**). Solche Ganglinien sind typisch für größere Städte mit vielen gewerblichen und öffentlichen Einrichtungen und größeren Einpendlerzahlen. In kleineren Kommunen mit überwiegender Wohnfunktion und größeren Auspendlerzahlen treten die höchsten Bedarfszahlen dagegen am Wochenende auf. Die Überlagerung der unterschiedlichen Charakteristika führt in größeren, vernetzten Versorgungsgebieten zu einem gewissen Ausgleich und entsprechend kleineren Spitzenfaktoren.

Die Bedarfsschwankungen im Leitungsverbund Rhein-Main [13] hängen vom Zweck der jeweiligen Lieferungen ab und vor allem auch von der Dargebotsentwicklung sowohl bei den jeweils anderen in den Verbund einspeisenden Versorgungsunternehmen, als auch bei den örtlichen Gewinnungsanlagen in den belieferten Gebieten.

Bei überwiegenden Grundlastlieferungen sind die kurzfristigen Schwankungen im Normalfall gering. Jedoch kann die Dargebotsentwicklung in Trockenperioden zu einer Verschiebung von Liefermengen führen, die sich auch auf die Jahresmengen auswirkt. So ist denkbar, dass Liefermengen aus dem Raum Vogelsberg/Kinzig in den Raum Frankfurt in einer Trockenperiode reduziert und die aus den infiltrationsgestützten Wasserwerken im Hessischen Ried entsprechend erhöht werden (vgl. [4]).

Bei Lieferungen, die zu einem erheblichem Anteil der Abdeckung des Spitzenwasserbedarfs bzw. dem Ausgleich lokaler Dargebotsdefizite dienen (z. B. den Lieferungen der Hessenwasser in den Taunus) sind die Liefermengen in Trockenperioden entsprechend deutlich erhöht. Daneben ist aber auch zu berücksichtigen, dass in längeren Trockenperioden auch der Grundlastanteil der Lieferungen steigt, so dass die Liefermengen insgesamt zunehmen.

- Vor diesem Hintergrund ist davon auszugehen, dass
- der Wasserbedarf im Teilraum Hessisches Ried in zukünftigen Trockenperioden vermutlich tendenziell überdurchschnittlich zunehmen wird,
  - der entsprechende Trend im Teilraum Offenbach/Dieburg vermutlich etwa dem Durchschnitt entsprechen wird,
  - und im Teilraum Odenwald zwar sehr hohe Tagesspitzen, aber nur eine unterdurchschnittliche Zunahme des Jahresbedarfs zu erwarten sein werden.

Eine weitere quantitative Präzisierung dieser Trends wäre vor dem Hintergrund des langen Prognosezeitraums bis 2100 spekulativ. Neben den allgemeinen Unsicherheiten bei allen relevanten Entwicklungstendenzen ist insbesondere auch nicht prognostizierbar, wie sich die Verbundstrukturen und deren Nutzung in den kommenden 90 Jahren entwickeln werden.

## 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] *Roth, U., Berger, H., Müller, A. und Wagner, H.*: Höhe und Häufigkeit von Wasserbedarfsspitzen bei der Hessenwasser GmbH & Co. KG. gwf-Wasser|Abwasser 149 (2008) Nr. 11, S. 864–871.
- [4] *Mikat, H.*: Aquiferbewirtschaftung heute und morgen – Einflussfaktoren und Lösungsansätze. bbr – Fachmagazin für Brunnen- und Leitungsbau 59 (2009) Nr. 7-8, S. 38–43.
- [5] *Herber, W., Wagner, H. und Roth, U.*: Der Regionale Wasserbedarfsnachweis der Hessenwasser GmbH & Co. KG. gwf-Wasser|Abwasser 149 (2008) Nr. 10, S. 773–779.
- [6] Max Planck-Institut für Meteorologie/Umweltbundesamt: Regionale Klimasimulationen für Deutschland, Österreich und die Schweiz. Dessau, 2007.
- [7] *Glaser, R.*: Klimageschichte Mitteleuropas – 1000 Jahre Wetter, Klima, Katastrophen. Primus-Verlag, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt 2001.
- [8] DVGW: Technische Regel – Arbeitsblatt W 410 – Wasserbedarf – Kennwerte und Einflussgrößen. Bonn 2008.
- [9] DVGW: Technische Regel – Merkblatt W 410 – Wasserbedarfszahlen. Bonn 1995.
- [10] *Korthals, W. und Roth, U.*: Regenwassernutzungsanlagen – „Überflüssiges Luxusgut“ oder „ökologisch vorbildlich“? bbr – Fachmagazin für Wasser und Leitungsbau 54 (2003) Nr. 8, S. 31–37.
- [11] Arbeitsgemeinschaft Wasserversorgung Rhein-Main (WRM): Wasserbilanz Rhein-Main 1990–2010 – Fortschreibung 1991 bis 1993. Frankfurt/Wiesbaden/Einhausen, 1994.
- [12] *Mikat, H., Wagner, H. und Roth, U.*: Wasserbedarfsprognose für Südhessen 2100 – Langfristige Prognose im Rahmen eines Klimafolgen-Projektes. gwf-Wasser|Abwasser 151 (2010) Nr. 12, S. 1178–1186.
- [13] Arbeitsgemeinschaft Wasserversorgung Rhein-Main (WRM): Leitungsverbund Wasserversorgung Rhein-Main. Studie. Kurzfassung, Groß-Gerau, 2005.

Eingereicht: 17.08.2010  
Korrektur: 28.10.2010

Im Peer-Review-Verfahren begutachtet

## Autoren

Dr.-Ing. **Ulrich Roth**

Beratender Ingenieur |  
E-Mail: Dr.Roth-BadEms@t-online.de |  
Auf der Hardt 33 |  
D-56130 Bad Ems

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

## Buchbesprechung

### Management in der Trinkwasserwirtschaft ÖVGW – TU Graz Symposium, Graz, 6. und 7. Juli 2010

Schriftenreihe zur Wasserwirtschaft, Technische Universität Graz, Band 60, 2010. Herausgeber: *Harald Kainz*. Format: 21 x 15 cm, kartoniert, 134 S., Preis: € 30,00, ISSN 978-3-85125-107-4.

Schlagworte wie Effizienzsteigerung, Risikominimierung, Kostensenkung und Tarifvergleiche konfrontieren auch die Trinkwasserwirtschaft immer stärker. Die Wasserversorgungsunternehmen sind mehr denn je gefordert, ihre Leistungsfähigkeit laufend abzusichern und kontinuierlich weiter zu erhöhen.

Dem Wissen um neue Managemententwicklungen und ihren Praxiseinsatz kommt dabei eine zentrale Rolle zu, um Innovation, Wirtschaftlichkeit, Organisations- und Personalentwicklung kontinuierlich und nachhaltig voranzutreiben.

Die Veranstalter, TU Graz und ÖVGW, spannten mit diesem Symposium den weiten Bogen des Managements in der Wasserversorgung – von Betrachtungen zum strategischen Management, dem Übergang von der Neuerrichtung zu Betrieb und Instandhaltung von Anlagen, über regionale Kooperationsformen bis hin zur Leistungsbeurteilung und Leistungsverbesserung.



## Bestell-Hotline:

Institut für Wasserbau und  
Wasserwirtschaft,  
Technische Universität Graz,  
Stremayrgasse 10/II,  
A-8010 Graz,  
Tel. +43(0)316/873-8361,  
Fax +43(0)316/873-8357,  
E-Mail: hydro@tugraz.at