

# Aquiferbewirtschaftung heute und morgen – Einflussfaktoren und Lösungsansätze

**Wassergewinnung** ■ Die Aquiferbewirtschaftung hat infolge einer Vielzahl vom Menschen hervorgerufener Einflüsse in den letzten Jahren zunehmend an Bedeutung gewonnen. Singuläre Lösungsansätze, die bereits heute erfolgreich umgesetzt werden, müssen angesichts des prognostizierten Klimawandels weiter verfeinert, zusammengeführt und auf regionaler Ebene zur langfristigen Sicherung der Trinkwasserversorgung angepasst werden. Hierbei geht es um die Entwicklung spezifischer Problemlösungsstrategien unter Mitwirkung aller Betroffenen.

Abb. 1 Kolmation in einem flachgründigen Kiesbohrloch

wasserhaushalt sollen modellhaft für den großräumigen Lockergesteinsaquifer Hessisches Ried und den angrenzenden Kluftgrundwasserleiter des Odenwaldes bis zum Jahr 2100 quantifiziert werden.

Folgende Forschungsziele sollten dabei erreicht werden:

- Quantifizierung der möglichen Änderungen im Wasserverbrauch unter Berücksichtigung der demografischen Entwicklung und der Entwicklung des Pro-Kopf-Bedarfs,
- Bewertung der Sicherheit dezentraler Wasserversorgungsstrukturen (Quellschüttungen im Odenwald),
- Ermittlung des Einflusses von Klimatrends und Extremwetter auf Hoch-/Tiefstände des Grundwassers,
- Eingrenzung des zu erwartenden Ausmaßes von grundwassererbundenen Nutzungskonflikten,
- Quantifizierung des geänderten Beregnungsbedarfs und der geänderten Infiltrationsmengen,
- Aufzeigen von Möglichkeiten und Grenzen einer gesteuerten Grundwasserbewirtschaftung zur Kompensation der Auswirkungen von Klimatrends und Extremwetter,
- Strategien zur Einbeziehung der klimabedingten Veränderungen im Grundwasserhaushalt in ein integriertes Wassermanagement.

Die im Rahmen des Forschungsprojektes gewonnenen Ergebnisse können als Grundlage für eine einheitliche, auf andere Regionen übertragbare Methodik angewendet werden. Die Ergebnisse bilden eine wesentliche Grundlage für die zukünftige technische Ausrichtung der Gewinnungs- und Versorgungseinrichtungen im Untersuchungsgebiet. Das Projekt startete am 01.08.2006 und endet am 31.12.2009. Innerhalb des Verbundprojektes hat Hessenwasser den Beratenden Ingenieur Dr. Ulrich Roth mit der Aufstellung einer Wasserbedarfsprognose für die öffentliche Wasserversorgung beauftragt.

## Aquiferbewirtschaftung heute

Die Grundwasserneubildung ist bei der Bilanzierung des Wasserhaushaltes regionaler Aquifersysteme meist das

Die öffentliche Trinkwasserversorgung in der Bundesrepublik Deutschland nutzt überwiegend Grundwasser und steht durch die intensive Landnutzung in einem ausgeprägten Spannungsfeld. Konkurrierende Interessen der Wasserwirtschaft, Landwirtschaft, dem Naturschutz, Forst und Infrastruktur auf engstem Raum stellen erhebliche Anforderungen an eine großräumige Aquiferbewirtschaftung. Witterungsbedingte Phasen mit hohen und tiefen Grundwasserständen verschärfen die Nutzungskonflikte zwischen Naturschutz und der Forstwirtschaft auf der einen sowie Landwirtschaft und Siedlungswesen auf der anderen Seite.

## Forschungsprojekt AnKliG

Im Rahmen des Förderschwerpunktes „Klimazwei – Forschungen für den Klimaschutz und Schutz vor Klimawirkungen“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) wird das Verbundprojekt „Anpassungsstrategien an Klimatrends und Extremwetter sowie Maßnahmen für ein nachhaltiges Grundwassermanagement“ (AnKliG) gefördert. Projektpartner in diesem Verbundprojekt sind die BGS Umweltplanung GmbH (BGS) in Darmstadt, das Hessische Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG) in Wiesbaden und die Hessenwasser GmbH & Co. KG in Groß-Gerau. Die Klimaauswirkungen auf den Grund-

größte positive Bilanzglied und wird wesentlich von den Parametern Niederschlag, Verdunstung, Bodenaufbau, Grundwasserflurabstand, Landnutzung und Relief bestimmt. Ausschlaggebend für die Bewirtschaftung eines Aquifers ist dessen Speicherfähigkeit. Da sich bei der Aquiferbewirtschaftung verschiedene Einflüsse überlagern und ggf. kompensieren können, sind umfassende Kenntnisse über den Bewirtschaftungsraum notwendig. Grundwasserspiegelschwankungen zeichnen die Reaktion des Aquifers auf die Eingangsgrößen wider.

Das aus Grundwassermessstellen oder Brunnen geförderte Wasser stellt größtenteils eine Mischprobe verschiedenen Alters dar. Die Vermischung der Wässer kann dazu führen, dass Effekte verschleiert werden. Zur Erfassung und Bewertung komplexer Oberflächen-Grundwasser-Interaktionen sind detaillierte Kenntnisse zur Entwicklung der Grundwasserstände, der geologischen Untergrundverhältnisse, der Grundwassergüte, der Gewässerbreite, der Sohlbeschaffenheit, der Fließgeschwindigkeit und des Messstellenausbaus von größter Bedeutung. Den räumlichen Gegebenheiten angepasste Monitoringkonzepte können dabei helfen, die Effekte sowohl in quantitativer und qualitativer Sicht zu be-

werten. Umfangreiche Kenntnisse über den Bewirtschaftungsraum bilden somit die Grundlage für eine nachhaltige Nutzung des Grundwasserkörpers.

Die Aquiferbewirtschaftung im Hessischen Ried erfolgt mit verhältnismäßig hohem technischen Aufwand gemäß definierten Grundwasserstandsbandbreiten. Dies wurde im Rahmen eines Bewirtschaftungsplans [1] durch Abwägung der Nutzungsinteressen konkurrierender Grundwasserstandsziele behördlich festgelegt. Dabei wurde auf die Minimierung der Zielkonflikte und die Sicherstellung der regionalen Trinkwasserversorgung geachtet. Die Umsetzung erfolgt über limitierende Grundwasserstände in Wasserrechtsbescheiden zur Entnahme und zur Grundwasseranreicherung. Methodisch erfolgt eine aktive und dynamische Aquiferbewirtschaftung auf Basis eines kontinuierlichen Grundwassermonitorings. Aktive Steuerung ermöglicht primär die verbreitete Grundwasseranreicherung durch den Wasserverband Hessisches Ried, während die bedarfsabhängige Entnahme von Grundwasser für die öffentliche Trinkwasserversorgung und landwirtschaftliche Beregnung dabei nur einen sekundären Beitrag leisten kann. Eine dynamische Steuerung wird durch die zeitnahe, vorausschauende und direkte Regu-

lierung von Infiltration und Entnahme auf Basis der jeweils aktuellen Grundwasserstandsentwicklung sowie durch ausreichend flexible Anlagenkapazitäten ermöglicht.

### Stabilisierung der Grundwasserstände

Eine Stabilisierung der Grundwasserstände kann, wie schon vielfältig seit Jahrzehnten praktiziert, durch Grundwasseranreicherung im unmittelbaren Einzugsgebiet der Gewinnungsanlagen erfolgen. Mit Infiltrationsanlagen können aktiv Grundwasserstände im direkten Einzugsgebiet der Gewinnungsanlagen gezielt gesteuert werden und auf ein für alle Nutzer in sensiblen grundwasserabhängigen Biotopbereichen verträgliches Niveau angehoben werden.

Bei Infiltrationsanlagen wird wie in der Grundwasserentnahme zwischen vertikalen und horizontalen Organen unterschieden. Zu den vertikalen Anlagen zählen Versickerungsbrunnen und Kiesbohrlöcher, zu den horizontalen werden Sickerrohrleitung, Sickerschlitzgräben, Horizontalfilterbrunnen und „natürliche“ Grabensysteme gezählt, die in Abhängigkeit vom Anlagenausbau in den ungesättigten oder gesättigten Porenraum infiltrieren. Von vorrangiger Bedeutung ist bei der Ver-

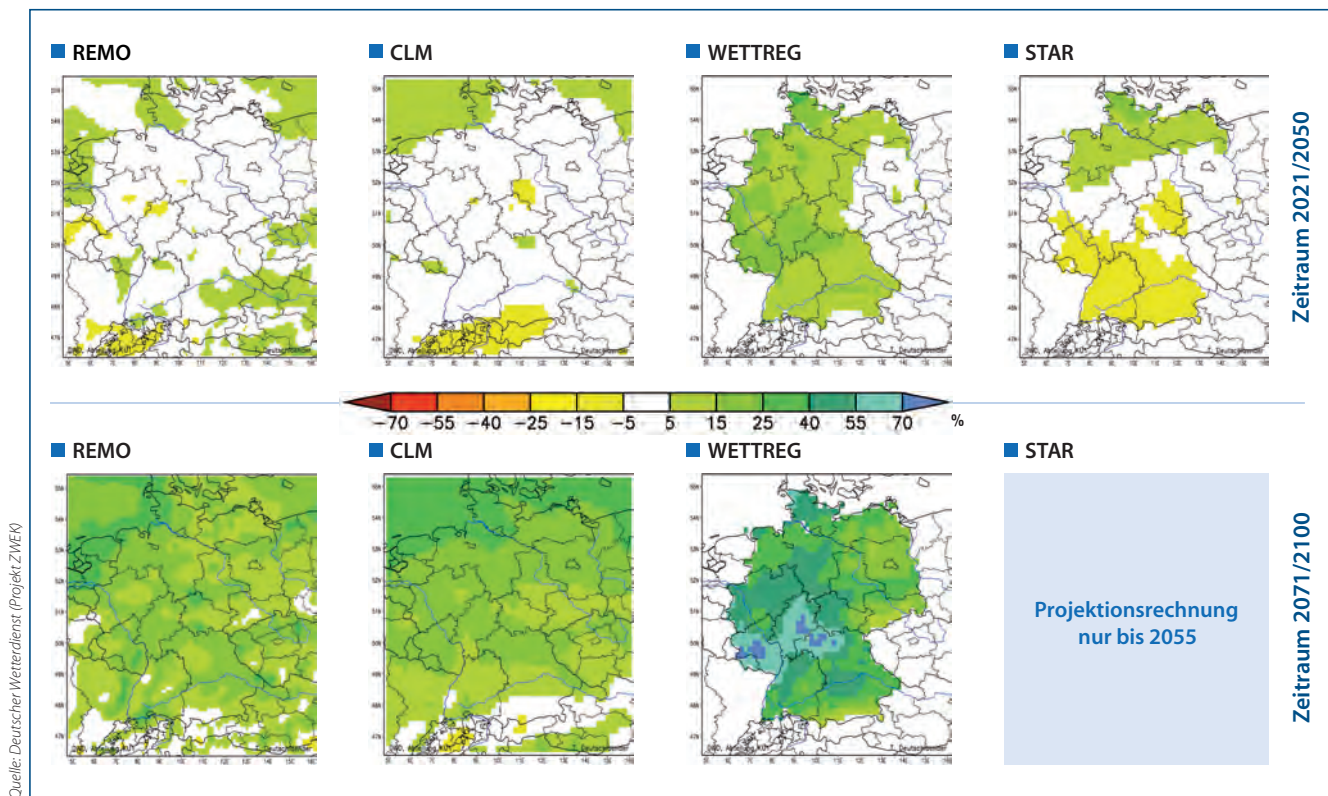


Abb. 2 Ausbau eines Schluckbrunnens mit Glaskugeln als Stützgerüst



Abb. 3 Ausbau eines Kiesbohrlochs mit Einlaufschnecke





**Abb. 4** Modellvergleich: mittlere Niederschlagsmenge – Winter (Emissionsszenario A1B) Änderung gegenüber 1971/2000

sickerung von aufbereitetem Oberflächenwasser in den gesättigten Porenraum die hydrochemische Verträglichkeit der Wässer.

Infiltrationsanlagen sind wie alle technischen Bauwerke Alterungsprozessen unterworfen. Die Leistungsfähigkeit der Organe wird durch chemisch-biologische und mechanische Kolmationsfaktoren maßgeblich beeinflusst. Die Kolmation (Verstopfung) wird von der Beschaffenheit des Infiltrats, dessen Transport zum Organ und den mechanischen Eigenschaften von eingeschwemmten Partikeln befördert und ist nur teilweise steuer- oder abstellbar (Abb. 1).

Seit 2008 erfolgt der Ausbau von Schluckbrunnen mit Glaskugeln als äußeres Stützgerüst. Ziel ist es, durch die höhere mechanische Stabilität der Glaskugeln und deren quasi glatten Oberflächen den Alterungsprozess zu verzögern und die Regenerierfähigkeit im Gegensatz zu Anlagen mit konventionellen Kieschüttungen zu erhöhen (Abb. 2). Kiesbohrlöcher und Sickerschlitz-

gräben werden zur Minimierung der leistungsbegrenzenden Aspekte mit Einlaufschnecken innerhalb der Einzelorgane ausgebaut (Abb. 3).

#### Auswirkungen des Klimawandels

Die Ergebnisse der regionalen Klimamodellierung lassen signifikante Änderungen des klimatischen Geschehens bis zum Jahre 2100 erwarten. Dies wird die Aquiferbewirtschaftung vor erhebliche Anforderungen stellen und macht bereits heute Anpassungsstrategien erforderlich. Zur Quantifizierung der räumlich unterschiedlichen Klimafolgewirkungen bedarf es einer eingehenden Bewertung der aus den verschiedenen globalen/regionalen Modellen vorliegenden Ergebnisse. Die Prognosen im Hinblick auf die zu erwartenden Temperaturerhöhungen sind als robust zu bezeichnen.

Deutliche Unterschiede zeichnen sich auf regionaler Skala im Niederschlagsgeschehen ab. Die Modellansätze liefern ein uneinheitliches Bild hinsichtlich der Niederschlagsentwicklung. Alle Modelle weisen fast einheitlich höhere mittlere winterliche Niederschlags-

mengen bis zum Jahre 2100 auf. Im direkten Vergleich der Modellansätze sind regionsspezifisch und mengenmäßig deutliche Unterschiede zu erkennen (Abb. 4). Dahingehend ist in Abhängigkeit von der Fragestellung zu prüfen, welcher Modellansatz regionsspezifisch die beste Kalibrierung im Vergleichszeitraum aufweist. Nach den Modellen REMO und CLM ist für den Zeitraum 2071 bis 2100 mit mittleren Niederschlägen von bis zu 25 %, nach WETTREG mit bis zu 70 % höheren Niederschlägen als im Vergleichszeitraum 1971 bis 2000 zu rechnen [2]. Bei der Beobachtung von langen Zeiträumen ist es zudem unerlässlich, den regionsspezifischen Ergebnissen aus der Niederschlagsmodellierung und deren Bandbreite einen hohen Stellenwert einzuräumen.

Das ansteigende Temperaturniveau spiegelt sich in einer Zunahme der Monatsmitteltemperatur und in einer steigenden Anzahl von Sommer- (Tagestemperaturmaxima über 25 °C) und Hitzetagen (Tagestemperaturmaxima über 30 °C) wider (Abb. 5). Die Verlagerung der Niederschläge aus

dem Sommer- in das Winterhalbjahr führt im Sommerhalbjahr zu länger anhaltenden trockenen Zeiträumen von mehreren Wochen mit hohen Temperaturen [3]. Das Wasserdargebot wird künftig vor allem in Jahren mit negativer Wasserbilanz noch stärker eingeschränkt sein.

### Auswirkungen auf die Wasserversorgung

Die zur Sicherstellung der Trinkwasserversorgung notwendige Infrastruktur ist in Erstellung und Betrieb kostenintensiv. Überplanung oder Unterdimensionierung von Anlagen teilen können bei einem Lebenszyklus von mehreren Jahrzehnten erhebliche zusätzliche Investitions- und Betriebskosten nach sich ziehen.

Wichtige Kenngrößen für die Dimensionierung von Infrastruktureinrichtungen (Leitungen, Hochbehälter, Wasserwerke etc.), darunter der Wasserbedarf, befinden sich in ständiger Entwicklung und müssen mit den ihnen anhaftenden Unsicherheiten/ Bandbreiten in die Planung eingehen. Als Grundlage für die aufzustellende Wasserbedarfsprognose wird eine Bevölkerungsprognose für das Jahr 2100 benötigt. Da eine solche Prognose für den Untersuchungsraum nicht vorliegt, wurden die vorliegenden längerfristigen Bevölkerungsprognosen für Südhessen, Hessen und Deutschland dokumentiert, bewertet und auf dieser Basis eine Bevölkerungsprognose für den Untersuchungsraum abgeleitet (Abb. 6). Datengrundlagen hierfür sind die vorliegenden Prognosen der Vereinten Nationen, der Europäischen Gemeinschaften, des Statistischen Bundesamtes, des Hessischen Statistischen Landesamtes und anderer Stellen [4].

Der Deutsche Wetterdienst prognostiziert für den südlichen Oberrhein- graben bis zu 60 Sommertage mit Temperaturen über 25 °C pro Jahr [2]. In dem heißen Sommer des Jahres 2003 war der Wasserverbrauch zwar über einen längeren Zeitraum deutlich erhöht, der Verlauf des Spitzenlastereignisses ist aber durch das Niederschlagsgeschehen überprägt und somit abgeschwächt. Zudem war seit 1999

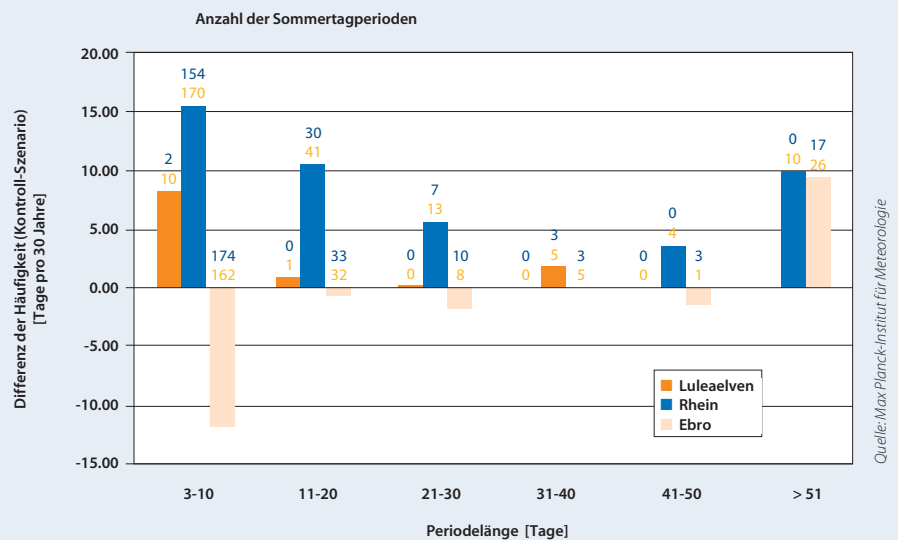


Abb. 5 Entwicklung von Hitzeperioden (Emissionsszenario B2)

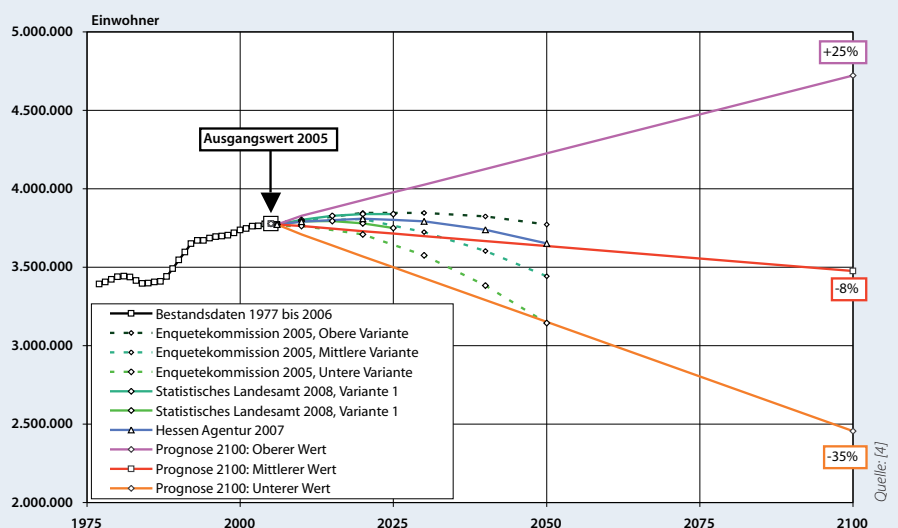


Abb. 6 Bevölkerungsszenarien in Südhessen

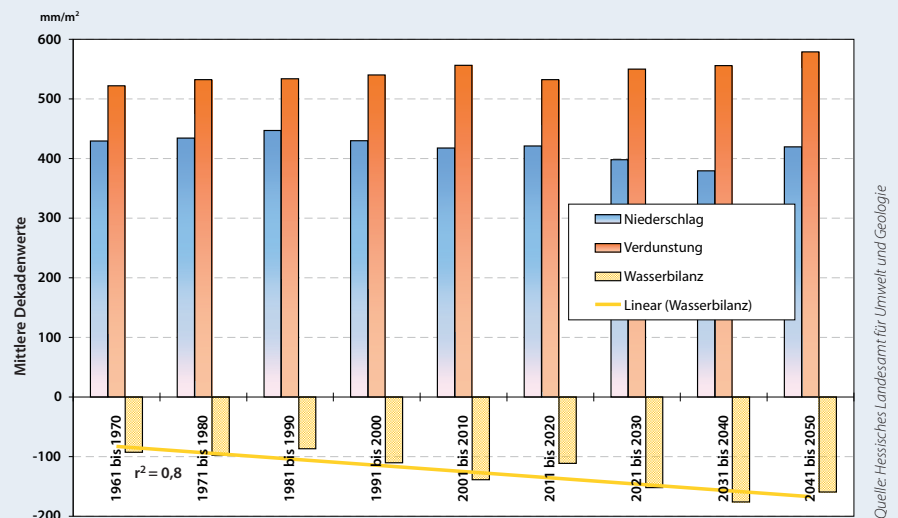


Abb. 7 Entwicklung der Berechnungsmengen im Hessischen Ried bis 2050



Abb. 8 Maßnahmen und Trägerschaften bei der Aquiferbewirtschaftung

eine nasse Phase vorausgegangen. 2003 ist somit als Jahr mit ausgeprägtem Spitzenwasserbedarf und relativ hohen Monats- und Jahresabgabemengen, jedoch nicht als wasserwirtschaftliches Extremjahr anzusehen. Bei einer länger andauernden Trockenheit, wie sie für die zukünftige klimatische Entwicklung erwartet wird, muss mit einer deutlich höheren Spitzenlast gerechnet werden.

Der ausschließliche Einsatz dezentraler Ver- und Entsorgungssysteme ist daher nur in Räumen wirtschaftlich und ökologisch sinnvoll umsetzbar, wo zentrale Systeme an ihre Grenzen stoßen, zum Beispiel bei hohem strukturellem und kostenmäßigem Aufwand. Die Kombination von alternativen Systemen (Grauwasseraufbereitung, Regenwasserbewirtschaftung etc.) und zentralen Strukturen führt zu erheblichen Verbrauchsschwankungen und erfordert die intensivste Betrachtung in Planung und Betrieb der dadurch stark belasteten Infrastruktureinrichtungen. Zusätzlich wirken sich Temperaturerhöhungen im Roh- und Trinkwasser nachteilig aus und sind ebenfalls zu berücksichtigen.

### Auswirkungen auf die Landwirtschaft

Das Hessische Ried ist eine verbrauchernahe Region, in der zur Versorgung der Ballungsräume Rhein-Main und Rhein-Neckar neben traditionellen landwirtschaftlichen Kulturen Sonderkulturen angebaut werden. Unter den klimatischen Bedingungen des Hessischen Rieds ist eine wirt-

schaftliche Pflanzenproduktion schon jetzt nur durch die Verabreichung von Zusatzwassergaben möglich. Die Grundwasserentnahmen für die benötigte Zusatzwassermenge schwanken zwischen 18 Mio. m<sup>3</sup>/a (Nassjahr) und über 30 Mio. m<sup>3</sup>/a (Trockenjahr) [5]. Im Jahre 2003 lag die Beregnungsmenge für landwirtschaftliche und gartenbauliche Kulturen bereichsweise um bis zu 300 Prozent über der des Jahres 2000.

Der landwirtschaftliche Beregnungswasserbedarf zählt mit der Trinkwassergewinnung zu einer dominierenden Kenngröße in der Grundwasserentnahme. Zu den mittleren Jahresniederschlägen von ca. 600 mm/m<sup>2</sup> addiert sich in Abhängigkeit von den angebauten Feldfrüchten auf sehr leichten Sandböden in Trockenjahren wie 2003 ein Beregnungsbedarf von 500 mm/m<sup>2</sup> Anbaufläche [5]. Am deutlichsten spiegelt sich der anwachsende Zusatzwasserbedarf durch sich ändernde landwirtschaftliche Rahmenbedingungen und klimatische Auswirkungen unter mittleren Verhältnissen wider (Abb. 7).

Der mit den Klimaänderungen einhergehende Wassermangel in der landwirtschaftlichen Produktion lässt regionsabhängig einen weiteren Anstieg des Zusatzwasserbedarfs in Trockenperioden zur Vermeidung von Ertrags- und Qualitätsbeeinträchtigung erwarten. Verbunden mit den klimatischen Änderungen wird auch eine Ausweitung der zu bewässernden Fläche prognostiziert. Zurückgehende Sommernieder-

schläge, länger anhaltende Trockenheit und die Ausweitung von Beregnungsflächen werden zu einem erheblichen Mehrbedarf bei der landwirtschaftlichen Beregnung führen und zu einer direkten Konkurrenzsituation zwischen Trinkwasserversorgung einerseits und landwirtschaftlicher Beregnung andererseits beitragen. Eine intelligente Aquiferbewirtschaftung und eine angepasste landwirtschaftliche Beregnung tragen zur Minimierung des Konkurrenzdruckes bei.

### Künftige Aquiferbewirtschaftung

Für eine fachgerechte Überwachung und Steuerung der Grundwassersituation bedarf es tiefgehender und flächenübergreifender Kenntnisse der bestimmenden wasserwirtschaftlichen Einflussgrößen für eine integrierte Bewirtschaftung regionaler und überregionaler Wassereinzugsgebiete. Mathematische Modelle können einen wesentlichen Beitrag zur sensitiven Analyse grundlegender Kenn- und Steuerungsgrößen leisten. Der Auswahl der infrage kommenden Datensätze, den unterschiedlichen regionalen Klimamodellen und der Wahl der Berechnungsansätze (numerisch/statistisch) kommen hierbei ein großer Stellenwert zu. Es ist zwingend erforderlich, dass im Vorfeld eine Bewertung der systematischen Abweichungen im Kalibrierungszeitraum im Rahmen einer langjährigen Bilanzierung der Wasserhaushaltskenngrößen zwischen Beobachtungsdaten und Modelldaten erfolgt. Nur so kann gewährleistet werden, dass die für eine Aquiferbewirtschaftung essenzielle Eingangsgröße der Grundwasserneubildungsraten unter sich ändernden klimatischen Bedingungen näherungsweise bestimmt werden kann [6]. Modellergebnisse, die eine Bandbreite unterschiedlicher Szenarien beschreiben, dienen als Grundlage für veränderte wasserwirtschaftliche Managementstrategien und als Steuerungsgröße für anstehende Investitionen.

Eine aktive situations- und regionsangepasste Bewirtschaftung des Aquifers erfordert flexible Bewirtschaftungsvorgaben. Nur damit können kurz- bis mittelfristig die erforderlichen angepassten wasserwirtschaftlichen



Strukturen aufgebaut werden. Auf deren Grundlage können die notwendigen Schritte transparent abgewogen, priorisiert, koordiniert und unter ökologischen und ökonomischen Gesichtspunkten umgesetzt werden.

Singuläre Lösungsansätze auf kommunaler und sektoraler Ebene, die bereits heute erfolgreich in der Grundwasserbewirtschaftung umgesetzt werden, müssen daher im Rahmen des prognostizierten Klimawandels weiter verfeinert, enger abgestimmt und mit der Oberflächengewässerbewirtschaftung vernetzt werden. Auf regionaler Ebene müssen sie zudem zur langfristigen Sicherung der Trinkwasserversorgung den sich verändernden Rahmenbedingungen angepasst werden. Hierbei geht es um die Entwicklung spezifischer Problemlösungsstrategien unter Mitwirkung aller Betroffenen, die aufwendige und kostenintensive technische Maßnahmenpakete umfasst. Absehbar ist, dass die vorhandenen technischen Strukturen aufgrund der künftig erhöhten Dynamik teilweise ausgebaut und weiter entwickelt werden müssen.

Die bisher meist eigenständig und lokal agierenden Interessenvertretungen (Gewässer- und Beregnungsverbände, Behörden, Wasserversorger, kommunale

Träger etc.) sind gefordert, ihre Tätigkeit auf eine gemeinsame Basis zu heben, mit dem Ziel, die notwendigen Abstimmungen ihres wasserwirtschaftlichen Handelns und die daraus resultierenden Folgen im Sinne eines integrierten Wassermanagements gemeinschaftlich zu tragen. (Abb. 8).

Das aufgezeigte Vorgehen bildet die Grundlage für einen effizienten, wirtschaftlichen und nachhaltigen Umgang der Ressource Wasser auch unter dem Aspekt des Kostendeckungsprinzips in der Wasserver- und Abwasserentsorgung in Deutschland.

### Literatur

- [1] Regierungspräsidium Darmstadt (1999): Grundwasserbewirtschaftungsplan Hessisches Ried, Darmstadt
- [2] Deutscher Wetterdienst (2007): Zusammenstellung von Wirkmodell-Eingangsdatensätzen für die Klimafolgenabschätzung (Projekt ZWEK), Offenbach
- [3] Max-Planck-Institut für Meteorologie im Auftrag vom Umweltbundesamt (2008): Climate Change 11/08, Klimaauswirkungen und Anpassung in Deutschl., Phase 1: Erst. regionaler Klimaszenarien für Deutschland, Hamburg/Dessau
- [4] Wagner, H., Roth, U. und Mikat, H. (2009): Die Bevölkerungsentwicklung in Südhessen bis 2100. GWF Wasser Abwasser, Februar/März 2009, S. 180-189

- [5] Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (2008): Abschlussbericht INKLIM 2012 II Plus. Landwirtschaftlicher Zusatzwasserbedarf, Sicherstellen der landwirtschaftlichen Produktion mit Zusatzwasserbedarf bei veränderten klimatischen Bedingungen – Maßnahmen für ein nachhaltiges Grundwassermanagement sowie Anbauempfehlungen für die landwirtschaftliche Produktion im Hessischen Ried, Wiesbaden
- [6] Brandt-Gerdes-Sitzmann Umweltplanung, Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Hessenwasser (2009): Ergebnisse aus dem durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung im Rahmen des klimazwei-Projektes gefördertes Forschungsvorhaben „Anpassungsstrategien an Klimatrends und Extremwetter, Maßnahmen für ein nachhaltiges Grundwassermanagement. [www.anklig.de](http://www.anklig.de)

---

### Autor:

Dr. Hermann Mikat  
Hessenwasser GmbH & Co. KG  
Taunusstraße 100  
64521 Groß-Gerau/Dornheim  
Tel.: 069 25490-3200  
Fax: 069-25490-7009

E-Mail: [hermann.mikat@hessenwasser.de](mailto:hermann.mikat@hessenwasser.de)  
Internet: [www.hessenwasser.de](http://www.hessenwasser.de)

