

# INKLIM 2012 II plus

## Klimafolgen in der Wasserwirtschaft (Grundwasser)

### **Sicherstellen der landwirtschaftlichen Produktion mit Zusatzwasserbedarf bei veränderten klimatischen Bedingungen – Maßnahmen für ein nachhaltiges Grundwassermanagement sowie Anbauempfehlungen für die landwirtschaftliche Produktion im Hessischen Ried**

Projektbeteiligte: HLUG Dezernat W4 (Dr. Berthold); Herr Hug (Auftragnehmer)  
Projektdauer: Juli 2007 bis September 2008

#### 1. Projektinhalt

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 wirtschaftliche Pflanzenproduktion schon jetzt nur durch die Verabreichung von Zusatzwassergaben möglich. Die Grundwasserentnahmen für die benötigte Zusatzwassermenge liegen zwischen 3,5 Mio. m<sup>3</sup>/a (Nassjahr) und über 35 Mio. m<sup>3</sup>/a (Trockenjahr). Es ist anzunehmen, dass der Bedarf an Zusatzwasser bei den angebauten Kulturen im Sommerhalbjahr auf Grund der prognostizierten Klimaveränderung steigen wird. Dies betrifft sowohl die Anzahl der Beregnungsgaben (Menge, Zeitraum) pro Jahr als auch die Ausweitung der Beregnungsflächen. Mit dieser Entwicklung wäre eine erhebliche Zunahme des Zusatzwasserbedarfs in der Pflanzenproduktion verbunden. Dieser erhöhte Zusatzwasserbedarf ist mit den Aspekten des nachhaltigen Grundwassermanagements im Hessischen Ried in Einklang zu bringen.

Das Aufzeigen von Veränderungen hinsichtlich des Zusatzwasserbedarfs von landwirtschaftlichen Kulturen setzt die Erfassung der derzeitigen Beregnungspraxis voraus.

In Form einer Bestandsaufnahme wurde daher die Ist-Situation der landwirtschaftlichen Beregnung im Hessischen Ried erfragt:

- Feststellung der erschlossenen Beregnungsfläche
- Ermittlung der Beregnungsmengen in der Vergangenheit für Normal-, Nass- und Trockenjahre.

Vom IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) wurden verschiedene Szenarien für die weltweite sozioökonomische Entwicklung erarbeitet. Diese globalen Entwicklungsmodelle weisen eine große Bandbreite auf. Je nach gewähltem Szenario verändern sich die Treibhausgaskonzentrationen unterschiedlich stark.

Für die zu erwartende klimatische Entwicklung wurde das A1B-Szenario zugrunde gelegt. Dieses moderate Szenario des IPCC geht von einer weiter steigenden Konzentration der Treibhausgase aus und basiert auf den Annahmen eines „raschen Wirtschaftswachstums“, „einer Weltbevölkerung, die ein Maximum Mitte des 21. Jahrhunderts erreicht und danach rückläufig ist“ sowie einer „raschen Einführung von neuen und effizienten Technologien“.

Auf regionaler Ebene ist die räumliche Auflösung globaler Klimamodelle nicht ausreichend. Deshalb kommen regionale Klimamodelle zum Einsatz, die die Klimaszenarien der Global-

modelle nutzen. Für die Auswertung wurde das wetterlagenbasierte, regionale Klimamodell WETTREG (**W**etterlagen-basierte **R**eionalisierungsmethode) herangezogen.

Auf Grundlage einer kontinuierlichen Zeitreihe des regionalen Klimamodells WETTREG auf Basis des A1B-Szenarios wurden die erwarteten Ausprägungen von Temperatur, Niederschlag sowie Verdunstung vom Jahr 1960 bis zum Jahr 2050 simuliert. Diese Daten wurden als Basis für die zu erwartende Entwicklung der Zusatzberegnung herangezogen.

## 2. Ergebnisse

### 2.1 Die derzeitige Beregnungssituation

Zur Erfassung der derzeitigen Verhältnisse wurde eine Befragung bei den 45 Abteilungen der „Beregnungs- und Bodenverbände“ im Hessischen Ried durchgeführt. Die Inhalte der Befragung sind aus den Erfassungsbögen (siehe Anhang) zu entnehmen. Die Befragung erstreckte sich räumlich über den „Riedanteil“ der drei Landkreise „Bergstraße“, „Darmstadt-Dieburg“ sowie „Groß-Gerau“.

#### 2.1.1 Potentielle Beregnungsflächen und Anbauverhältnisse

Der Begriff „potentielle Beregnungsfläche“ sagt aus, dass diese Flächen mit Zusatzwasser beschickt werden können, also prinzipiell für Beregnungszwecke erschlossen sind. Ob allerdings alle ausgewiesenen Flächen innerhalb eines Jahres beregnet werden, ist abhängig von der jeweiligen Kulturführung. Eines der Ziele des Projektes war die digitale Erfassung aller potentiellen Beregnungsflächen im Hessischen Ried, da bisher lediglich auf Schätzungen hinsichtlich der flächenhaften Ausdehnung der Beregnungsflächen zurückgegriffen werden konnte. Die landwirtschaftliche Nutzfläche im Hessischen Ried wird laut ATKIS (**A**mtliches **T**opographisch-**K**artographisches **I**nformationssystem) mit 34.437 Hektar ausgewiesen (siehe Abb. 1). Neben der ATKIS-Darstellung werden die potentiellen Beregnungsflächen, unterteilt nach der Herkunft der Beregnungswässer, dargestellt. Bereits visuell wird deutlich, dass die potentielle Beregnungsfläche nahezu die gesamte ackerbaulich genutzte Fläche einnimmt. Die aus der Digitalisierung der Beregnungsflächen erhaltenen Flächengrößen werden in Tabelle 1 aufgeführt. Der weitaus größte Teil der erschlossenen Beregnungsflächen bezieht das landwirtschaftliche Zusatzwasser direkt aus dem Grundwasser mit Hilfe von Beregnungsbrunnen, die sich auf den Feldern befinden. Die Rheinwasseraufbereitungsanlage, die sich in Biebesheim befindet, versorgt mehr als 5.000 Hektar landwirtschaftliche Nutzflächen mit Beregnungswasser. Der Anteil von aufbereitetem Oberflächenwasser, das zur Bewässerung der Feldfrüchte eingesetzt wird, ist mit 91 Hektar sehr gering. Bezogen auf die gesamte landwirtschaftlich genutzte Fläche (34.437 ha) beträgt der prozentuale Anteil der erschlossenen Beregnungsfläche 96 %.

**Tab. 1: Beregnungsfläche, unterteilt nach Herkunft der Beregnungswässer**

Herkunft der Beregnungswässer	Fläche in Hektar
Beregnung aus Grundwasser	27.725
Beregnung mit aufbereitetem Rheinwasser	5.233
Beregnung mit aufbereitetem Oberflächenwasser	91
Gesamte Beregnungsfläche	33.059

Die in der Befragung der Landwirte erhobenen Anbauverhältnisse zeigen die Sonderstellung der Landbewirtschaftung im Hessischen Ried eindrucksvoll auf. Der Anteil an „normalen“ landwirtschaftlichen Kulturen wie Winter- und Sommergetreide, Zuckerrüben, Mais u. a. beträgt ca.  $\frac{3}{4}$  der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche.

Der Anteil der Fläche an Kulturen, die unter die Rubrik „Gemüse, Erdbeeren und andere Gartengewächse“ fallen, liegt mit einem Viertel der landwirtschaftlichen Nutzfläche weit über dem landesweiten Anteil (3-5 %). Begründet ist dieser hohe Anteil an Marktfrüchten durch die klimatische Gunst des Hessischen Rieds sowie die durchweg stark sandhaltigen Böden, die für die Produktion von Marktfrüchten besonders gut geeignet sind.

**Tab. 2: Anbauverhältnisse landwirtschaftlicher Kulturen im Hessischen Ried**

<b>Kulturart</b>	<b>Flächenanteil in % an der Berechnungsfläche</b>
Winter- und Sommergetreide	46
Zuckerrüben	10
Kartoffeln	6
Mais	5
Raps	4
Nachwachsende Rohstoffe	2
Zwiebelgewächse	14
Spargel	5
Sonstiges	8

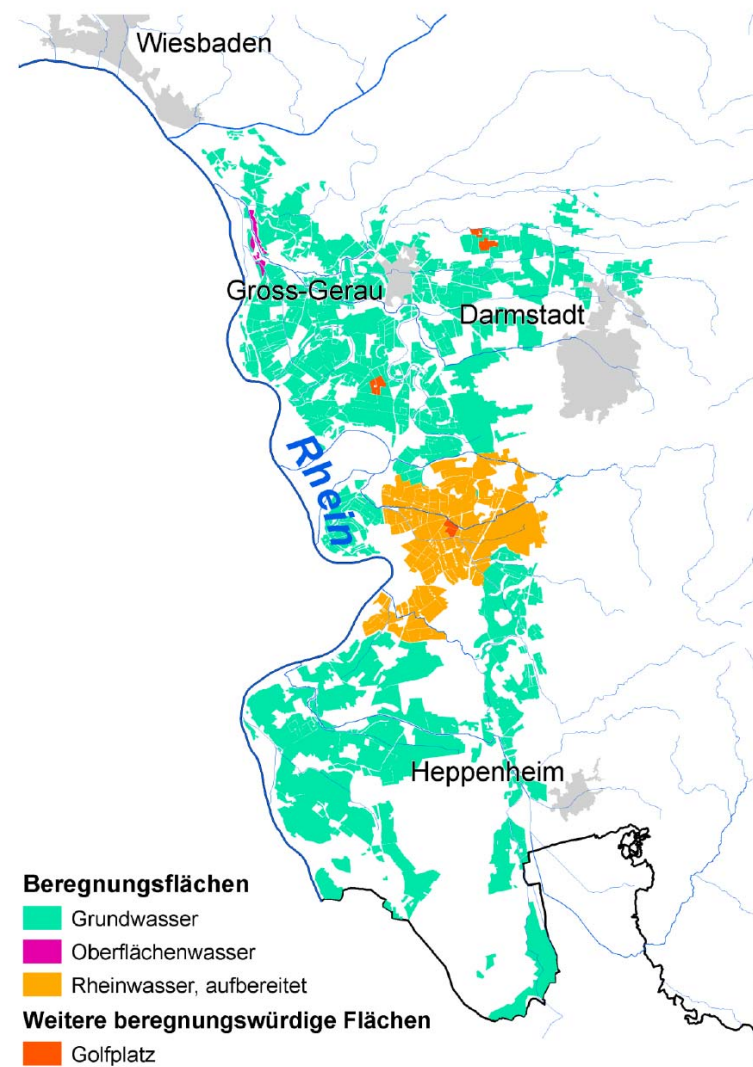
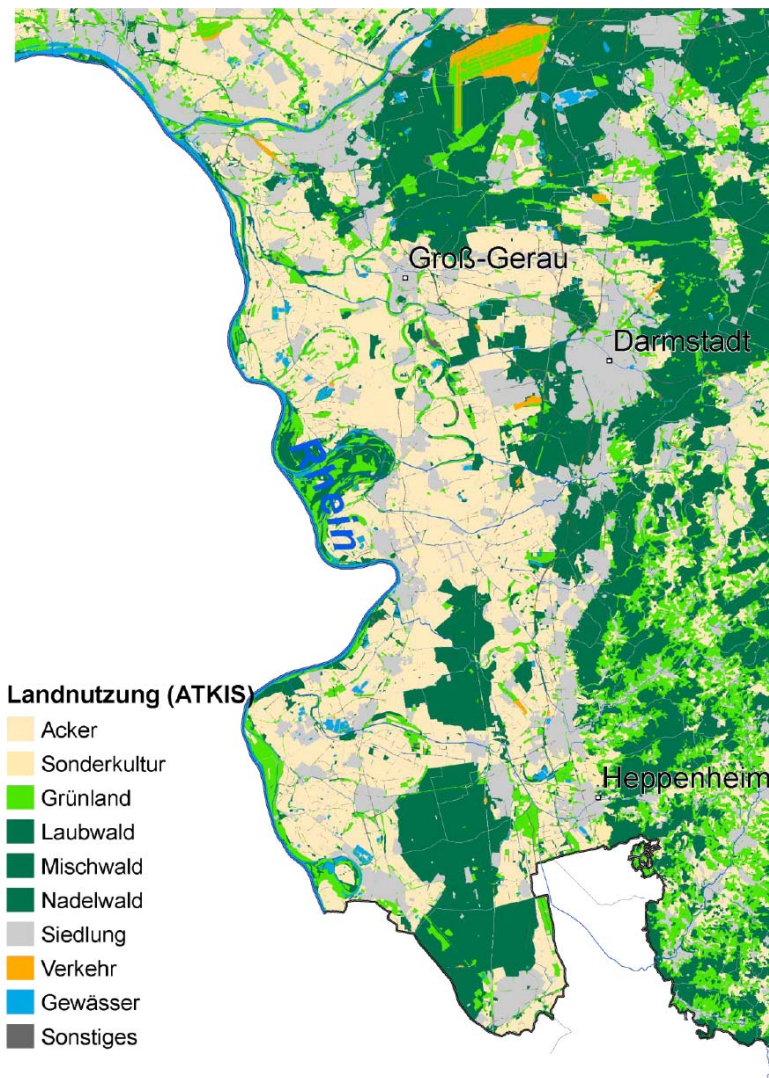


Abb. 1: Landnutzung sowie potentielle Berechnungsflächen im Hessischen Ried (Stand 2008)

## 2.1.2 Beregnungstechnik, Beregnungssteuerung sowie Beregnungszeiten

### Beregnungstechnik:

Die durchgeführte Befragung ergab, dass 85 % der potentiellen Beregnungsflächen durch eine bewegliche Maschinenberegnung, in der Regel mit Regnereinzug, erschlossen ist. Diese nicht ortsfeste Art der Bewässerung bindet in der Hauptvegetationszeit durch das ständige Umsetzen und Einjustieren der Beregnungsmaschinen einen guten Teil der Arbeitszeit in den jeweiligen Betrieben.

Mit Reihenbewässerungsanlagen sind 12 % der Beregnungsflächen bestückt. Da die Leitungen in der Regel über die gesamte Vegetationsperiode auf dem Felde verbleiben, ist mit dieser Technik eine termingerechte und an den Bedarf angepasste Beregnung möglich.

Ortsfeste Beregnungsanlagen wie „Tropfbewässerung“, die über mehrere Jahre fest installiert auf dem Feld verbleiben können, kommen auf ca. 3 % der Beregnungsflächen zum Einsatz. Allerdings stellen Tropfbewässerungsanlagen erhöhte Anforderungen an die Qualität der Beregnungswässer. Vor allem eisen- und manganhaltige Wässer verursachen ein Zusetzen der Tropfschläuche.

### Beregnungssteuerung:

Den Angaben der Landwirte zufolge erfolgt die Steuerung der Beregnungsgaben überwiegend mit Hilfe von „Wasseruhren“ und/oder „Pumpenstunden“. Die erforderliche Anzahl der „Pumpenstunden“ für eine bestimmte Kultur beruht ausschließlich auf den Erfahrungen der Landwirte. Prognosemodelle, die den jeweiligen Wasserbedarf einer Kultur unter Berücksichtigung der herrschenden Witterung ermitteln, kommen nur ganz vereinzelt zum Einsatz.

### Beregnungszeiten:

Die Beregnungssaison beginnt im Hessischen Ried bereits in der letzten Märzwoche und endet in der Regel Ende September/Anfang Oktober.

Alle Landwirte sind bemüht, möglichst alle Bewässerungsgaben in den Abendstunden und während der Nacht zu verabreichen, um die Verdunstungsverluste zu minimieren. Daher entfallen zwei Drittel der Zusatzwassergaben in diese Zeiträume. Dieser Anteil wäre noch höher, wenn der Anteil an ortsfesten Bewässerungsanlagen höher wäre.

## 2.1.3 Höhe der Zusatzwassergaben

Ein wichtiger Bestandteil der Befragung der Beregnungsverbände war die Ermittlung der verabreichten Beregnungsgaben, wobei zwischen dem Wasserbedarf in „Nassjahren“ sowie in „Trockenjahren“ unterschieden wurde. Da bereits im Jahr 1994 eine Abschätzung der Zusatzwassermengen für die Beregnungsflächen im Hessischen Ried durchgeführt wurde, können die ermittelten Erhebungsdaten mit dem „historischen“ Zahlenwerk verglichen werden.

Im Jahr 1994 wurden in Absprache mit dem damaligen Amt für Regionalentwicklung, Landschaftspflege und Landwirtschaft Darmstadt und dem Regierungspräsidium Darmstadt hinsichtlich der Beregnung bestimmte Einteilungskriterien vorgenommen. Zum einen wurde eine Aufteilung in sog. „Normal-, Nass- und Trockenjahre“ vorgenommen und zum anderen wurde auf Gemarkungsebene der Zusatzwasserbedarf, in Abhängigkeit von der Bewirtschaftungsintensität, in die Bewässerungsstufen „niedrig, mittel und hoch“ eingeteilt. Die Beregnungshöhen beinhalten somit eine Taxierung der mittleren Anbauverhältnisse pro Gemarkung, die auch die durchschnittliche Anbaupalette (z. B. Spargel, Salat, Gemüse) berücksichtigte.

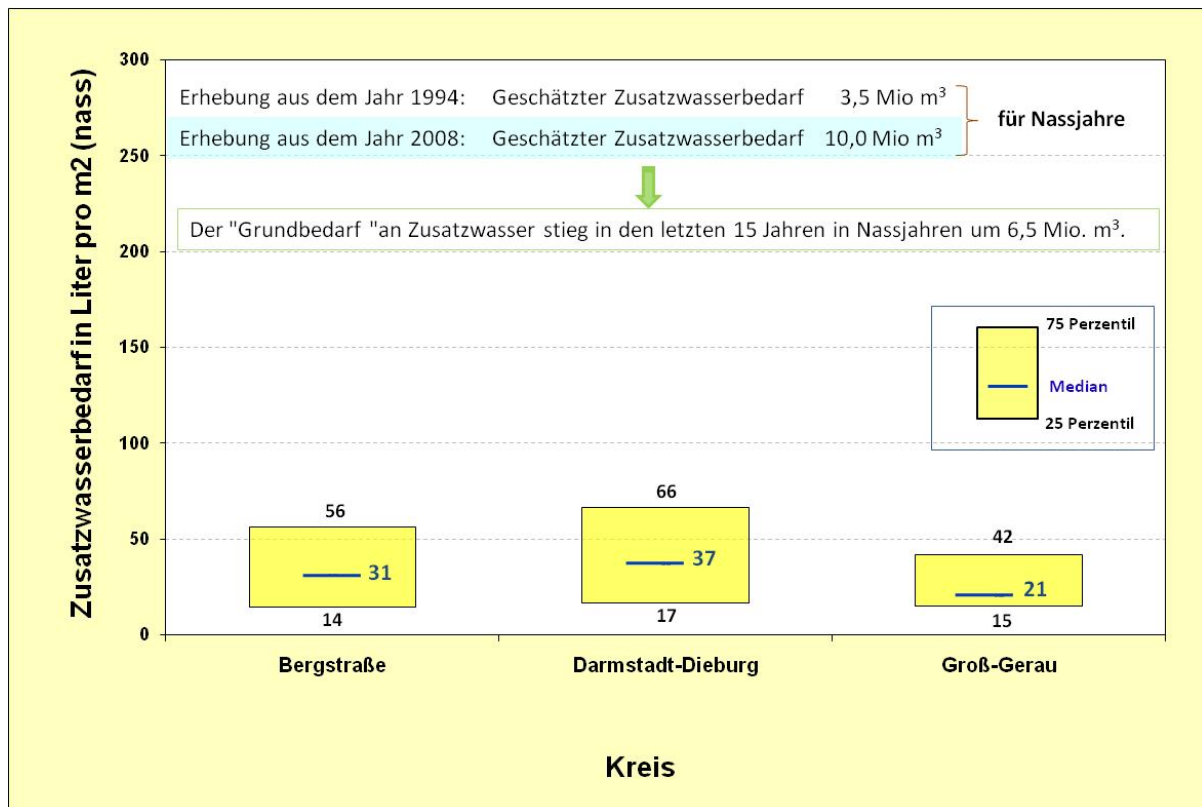
**Tab. 3: Berechnungsklassen für Normal-, Trocken- und Nassjahre im Hessischen Ried (Schätzung aus dem Jahr 1994)**

	Stufe		Menge (l/m <sup>2</sup> )
Normaljahr (25-jähriger Durchschnitt)	Niedrig	(N)	60
	Mittel	(M)	75
	Hoch	(H)	100
Nassjahr	Niedrig	(N)	20
	Mittel	(M)	40
	Hoch	(H)	60
Trockenjahr	Niedrig	(N)	80
	Mittel	(M)	120
	Hoch	(H)	200

Wie aus Tab. 3 zu ersehen ist, werden für die drei verschiedenen Jahrestypen jeweils drei Berechnungsklassen vorgestellt. Für ein Normaljahr variieren die Berechnungsmengen von 60 bis 100 l/m<sup>2</sup>. In Trockenjahren kann der Zusatzwasserbedarf durchaus auf 200 l/m<sup>2</sup> und mehr ansteigen.

Der Zusatzwasserbedarf wurde im Jahr 1994 auf ca. 3,5 Mio. m<sup>3</sup> für „Nassjahre“ sowie 35 Mio. m<sup>3</sup> für „Trockenjahre“ taxiert. In Trockenjahren wird demnach eine zehnmal höhere Wassermenge zur Beregnung als in Nassjahren benötigt (nach: Althoff S., Berthold G., Brahmer G., Von Pape W.-P., Toussaint B. (1996)).

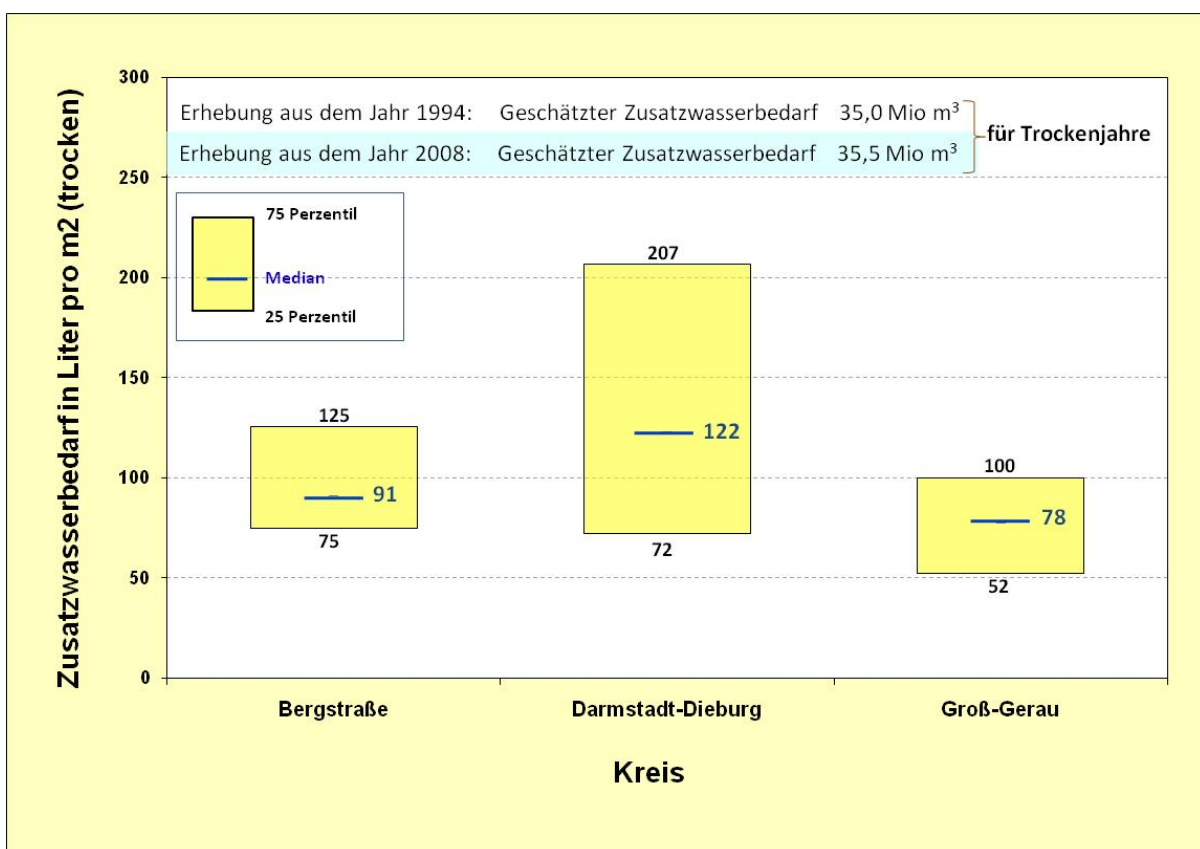
Die aktuelle Befragung (2008) der Beregnungsverbände ergab dagegen einen aufsummierten Zusatzwasserbedarf für Nassjahre von 10 Mio. m<sup>3</sup>. Somit hat sich der Zusatzwasserbedarf im Hessischen Ried in sog. „Nassjahren“ innerhalb der letzten 15 Jahre nahezu verdreifacht.



**Abb. 2: Zusatzwasserbedarf in „Nassjahren“, gruppiert nach Kreisen**

In der Abb. 2 sind die Zusatzwassergaben für Nassjahre, unterteilt nach Kreisen, als Boxplot dargestellt. Mit Hilfe eines „Boxplots“ kann das jeweilige Verteilungsmuster einer Grundgesamtheit, hier der Zusatzwasserbedarf, gut visualisiert werden. Wie aus Abb. 2 zu erkennen ist, beläuft sich das 25-Perzentil in allen drei Kreisen auf ca. 15 l/m<sup>2</sup> (entspricht etwa der Menge einer Wassergabe). Das 75-Perzentil erreicht Werte zwischen 42 und 66 l/m<sup>2</sup>, je nach Kreis. Dies bedeutet, dass aktuell auch in sog. Nassjahren mindestens 3 Beregnungsgaben verabreicht werden. Die höchsten Zusatzwassergaben werden für den Landkreis Darmstadt-Dieburg erhalten. Ursache hierfür ist der höhere Anteil an Marktfrüchten, die gegenüber rein ackerbaulichen Früchten wie Mais oder Getreide einen höheren Zusatzwasserbedarf aufweisen.

Für Trockenjahre, als Beispiel sei das Jahr 2003 genannt, wird in der aktuellen Befragung ein Zusatzwasserbedarf in Höhe von 35,5 Mio. m<sup>3</sup> angegeben. Demnach hat sich der Spitzenwasserbedarf nur unwesentlich während der letzten 15 Jahre erhöht und pendelt sich bei dem bereits 1994 geschätzten Wert von 35 Mio. m<sup>3</sup> ein.



**Abb. 3: Zusatzwasserbedarf in „Trockenjahren“, gruppiert nach Kreisen**

Die höchsten Zusatzwassergaben werden wiederum im Landkreis Darmstadt-Dieburg verabreicht. Der Median von 122 l/m<sup>2</sup> zeigt an, dass in jeder zweiten Beregnungsfläche dieser Wert überschritten wird. In 25 % aller Fälle werden sogar mehr als 207 l/m<sup>2</sup> Zusatzwasser eingesetzt (siehe Abb. 3).

## 2.2 Projektion der zu erwartenden Entwicklung des Bedarfs an Zusatzwasser

Die für Hessen prognostizierte Klimaänderung wird einen großen Einfluss auf alle Wasserhaushaltsgrößen ausüben. Im Landesmittel zeigen die Klimaprojektionen bis zum Jahr 2050 eine deutliche Erhöhung der Jahresmitteltemperatur. Diese Temperaturerhöhung bedingt

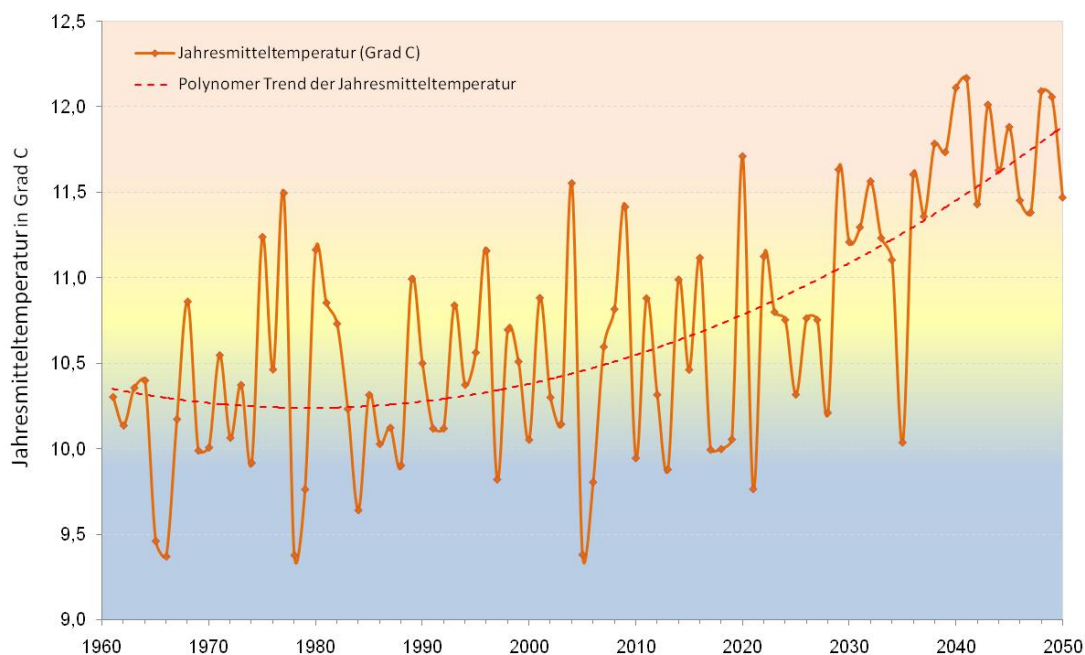
längere Vegetationszeiten, die wiederum einen deutlichen Einfluss auf den Wasserverbrauch von landwirtschaftlichen Kulturen haben werden. Gleichfalls wird eine markante Zunahme der Winterniederschläge sowie eine deutliche Abnahme der Niederschläge im Sommer prognostiziert. Somit wird sich der Klimawandel insbesondere auf die intensiv bewirtschafteten landwirtschaftlichen Räume in Südhessen auswirken.

### 2.2.1 Datengrundlagen

Aus den vom IPCC definierten Emissionsszenarien wurde ein Szenario aus der A1B-Familie gewählt (IPCC, 2007). Dies Szenario geht von einer mittleren Emissionsentwicklung aus. Bedingt durch eine sehr rasche wirtschaftliche Entwicklung, gepaart mit einer raschen Einführung von neuen und effizienteren Technologien, wird die zukünftige Emissionsbelastung etwa ab Mitte des 21. Jahrhunderts reduziert.

Als Regionalisierungsmodell wurde WETTREG (**W**etterlagen-basierte **R**egionalisierungsmethode), in das die bisherigen Klimabeobachtungen sowie der Einfluss der Großwetterlagen auf das Lokalklima einfließen, benutzt (Spekat et. al., 2007). Zum Einsatz kam eine kontinuierliche Zeitreihe von 1960 bis 2050, die mittlere Niederschlagsverhältnisse widerspiegelt.

Die WETTREG-Daten liegen als Punktinformationen für die Messstationen des Deutschen Wetterdienstes auf Tageswertbasis vor. Als Messstation wurde die Klimastation Mannheim herangezogen, da diese in geeigneter Weise die klimatischen Verhältnisse im Hessischen Ried repräsentiert. Die Niederschlagswerte wurden mit Hilfe des vom Deutschen Wetterdienst vorgeschlagenen Korrekturverfahrens bereinigt (Richter, 1995).



**Abb. 4: Modellierte Jahresmitteltemperatur der Klimastation Mannheim (Szenario A1B)**

Der in Abb. 4 illustrierte Verlauf der Jahresmitteltemperatur der Klimastation Mannheim zeigt eine sukzessive Zunahme der Jahresmitteltemperatur. In den ersten Jahrzehnten wird keine gravierende Veränderung der Jahresmitteltemperatur ausgewiesen, während ab den 90er Jahren eine deutliche Zunahme der Jahresmitteltemperatur zu verzeichnen ist. Die Klima-projektion liefert einen Anstieg der Jahresmitteltemperatur von 10,5 auf rund 12 °C bis zum Jahr 2050.

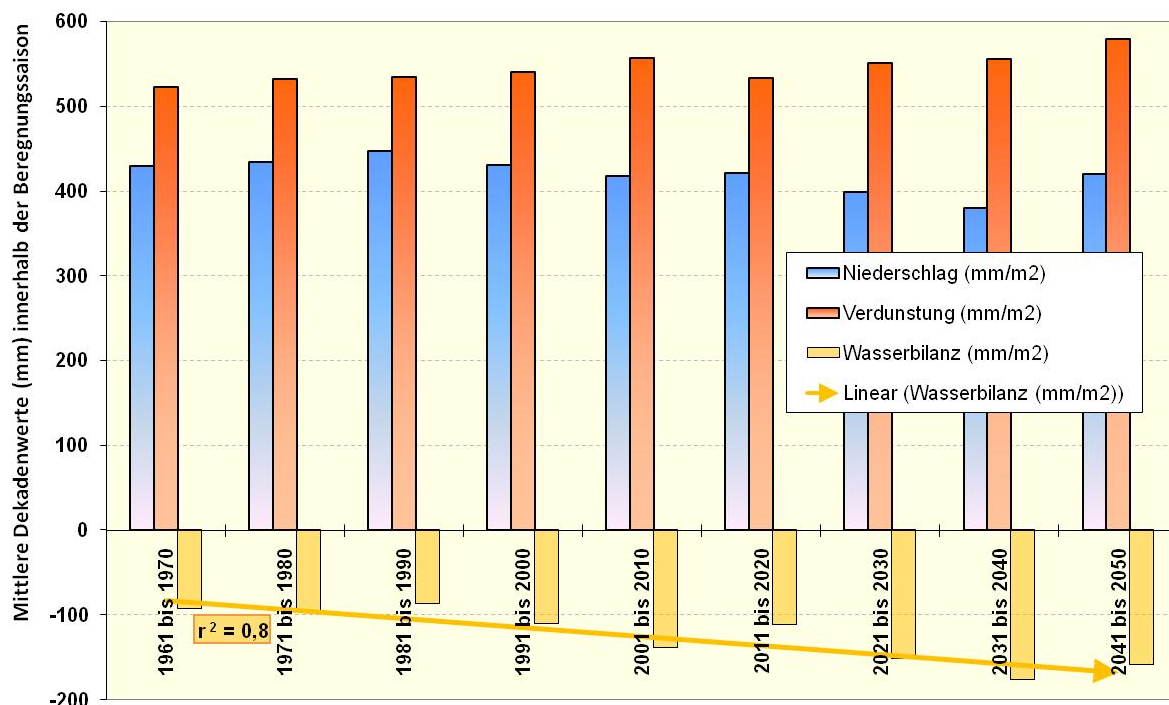


## 2.2.2 Berechnung der Wasserbilanzen als Bewertungsgrundlage für den Bewässerungsbedarf

Die Wasserbilanz stellt die Differenz zwischen Niederschlag (korrigiert) und Verdunstung dar. In der Hydro(geo)logie dient die potentielle Evapotranspiration, die auf Tageswertbasis für die Messstation Mannheim vorliegt, als Eingangsgröße zur Berechnung der Wasserbilanz.

Aus den vorliegenden Klimadaten Niederschlag und potentielle Evapotranspiration wurden zunächst die Wasserbilanzen auf Tagesbasis durch Differenzbildung berechnet und anschließend auf Monatsebene aggregiert. Die Auswertung erbrachte, dass für die Monate Januar, Februar und März in Zukunft mit einer ständig steigenden positiven Wasserbilanz zu rechnen ist. Für die Monate April, Mai, Juni, Juli und August werden die Wasserbilanzen im Laufe der Zeit immer stärker negativ. Für den September wird eine ausgeglichene Wasserbilanz, die keiner zeitlichen Veränderung unterliegt, ausgewiesen. Die Wasserbilanzen für die Monate Oktober bis Dezember sind deutlich im positiven Bereich und zeigen keine zeitliche Veränderung im Betrachtungszeitraum (1960 - 2050).

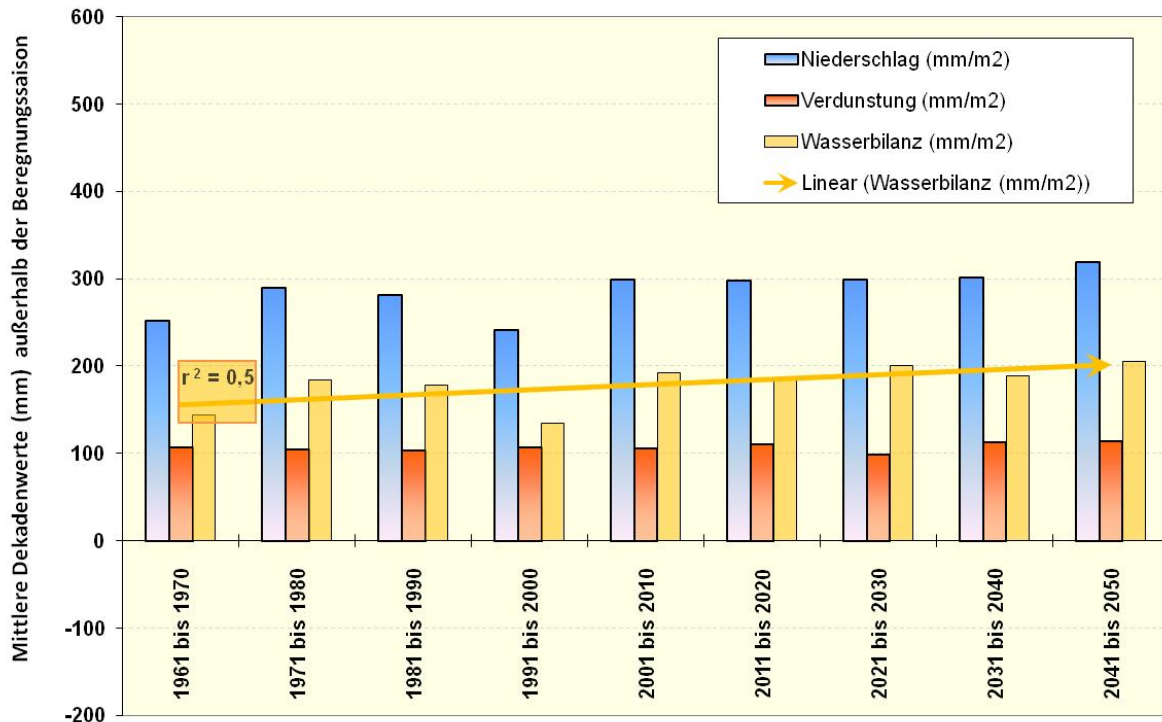
Bezogen auf den Berechnungszeitraum (letzte Märzwoche bis Anfang Oktober) ergibt sich aus dieser Betrachtung allein schon ein Mehrbedarf an Zusatzwasser für die landwirtschaftlichen Kulturen durch die stärker negativ werdenden Wasserbilanzen in der Zukunft. Da alle Ausgangsdaten auf Tagesebene vorliegen, können die Wasserhaushaltsgrößen ohne Probleme auf den für die Beregnung wichtigen Zeitraum (letzte Märzwoche bis zur zweiten Woche im Oktober) aggregiert werden. Die Veränderung der Wasserbilanz in diesem Zeitraum dient als Maß für den Bedarf an Zusatzwasser. Diese Vorgehensweise bietet sich an, da Wasserbilanzen die Grundlage für eine Vielzahl von Modellen zur Beregnungssteuerung sind. Um eine aussagekräftige Tendenz für die Entwicklung der Wasserbilanz über die Zeit zu erhalten, werden die Daten zu Dekaden zusammengefasst.



**Abb. 5: Mittlere Dekadenwerte für Niederschlag, Verdunstung sowie Wasserbilanz (jeweils in mm) innerhalb der Beregnungssaison**

In Abb. 5 werden die Dekadenwerte für Niederschlag, Verdunstung und die aus deren Differenz berechnete Wasserbilanz innerhalb der Beregnungsperiode visualisiert. Für die Wasserbilanz ergibt sich ein statistisch abgesicherter abnehmender Trend. Die sukzessive

negativer werdende Wasserbilanz resultiert einerseits aus den leicht abnehmenden Niederschlägen sowie andererseits aus der leicht gestiegenen Verdunstung. Beide Entwicklungstendenzen ergeben in der Summe eine stärker ausgeprägte negative Wasserbilanz innerhalb der Berechnungsperiode. Im Durchschnitt berechnet sich pro Jahrzehnt eine mit -8 bis -12 mm stärker negativ werdende Wasserbilanz. Dies bedeutet, dass der durchschnittliche Zusatzwasserbedarf sich pro Dekade um ca. 10 mm erhöhen würde.



**Abb. 6: Mittlere Dekadenwerte für Niederschlag, Verdunstung sowie Wasserbilanz (jeweils in mm) außerhalb der Berechnungsaison**

Die in Abb. 6 aufgetragenen mittleren Dekadenwerte für Niederschlag, Verdunstung sowie die Wasserbilanz zeigen außerhalb der Berechnungsaison (Mitte Oktober bis Mitte März) eine völlig andere Ausprägung als dies während der Berechnungszeit der Fall ist. Die Regenmengen liegen mit durchschnittlich 300 mm deutlich unter denen innerhalb der Berechnungsaison und zeigen eine leicht zunehmende Tendenz. Die Verdunstung, die innerhalb des Berechnungszeitraums mit steigender Tendenz durchweg über 500 mm liegt, weist für die berechnungsfreie Zeit Werte um 100 mm aus, allerdings ohne erkennbaren Trend. Die Wasserbilanz außerhalb der Berechnungszeit, als Resultierende beider Größen, zeigt eine statistisch schwach abgesicherte zunehmende Tendenz, die maßgeblich auf die tendenziell höheren Niederschläge zurückzuführen ist.

### 2.2.3 Abschätzung der zukünftig zu erwartenden Anbauverhältnisse

Als Grundlage für die Abschätzung werden die Ergebnisse der Befragung sowie die Einschätzung der Entwicklung von Fachberatern (Gemüsebau) herangezogen.

#### Entwicklung der Berechnungsflächen:

Die kartografische Erfassung der Berechnungsflächen ergab, dass derzeit 96 % der landwirtschaftlichen Fläche beregnet werden kann. Dies bedeutet, dass nahezu alle Ackerflächen bereits beregnet werden können. Durch die klimatische Entwicklung ist zu erwarten, dass auch die wenigen Restflächen für die Beregnung erschlossen werden.

### Veränderung der Produktionstechnik:

Die anhaltende Ausweitung der Bebauungsflächen (Siedlung, Verkehr) im Hessischen Ried, die mit einem Rückgang der ackerbaulich genutzten Flächen einhergeht, wird sich auf die Nutzung der verbleibenden landwirtschaftlichen Flächen auswirken. Weiterhin bietet das Hessische Ried gute Voraussetzungen für die landwirtschaftliche Beregnung. Die hydrogeologischen Verhältnisse des Grundwasserleiters (Porengrundwasserleiter, meist aus Sanden und Kiesen bestehend), teilweise geringe Grundwasserflurabstände sowie die vorhandene Rheinwasseraufbereitung in Biebesheim schaffen Bedingungen, die für die landwirtschaftliche Beregnung als ideal anzusehen sind. Theoretisch könnte ein Mangel an Beregnungswasser durch die verstärkte Nutzung von aufbereitetem Rheinwasser ausgeglichen werden. In anderen Gebieten mit intensiver Landnutzung (z. B. Gemüseanbau) sind derart günstige Bedingungen für eine zukünftig notwendig werdende Zusatzbewässerung nicht vorhanden. Die relative Vorzüglichkeit des Hessischen Rieds könnte demnach zur Folge haben, dass sich die Flächennutzung im Ried intensiviert. Falls der Trend Beerenobst anhält, könnte dies mit einer sukzessiven Ausweitung der Flächen mit Tropfbewässerung einhergehen, da diese Kulturen mehrjährig sind. Gleiches gilt für den Spargelanbau, der ebenfalls durch eine Tropfbewässerung weiter optimiert werden könnte.

### Mögliche Änderungen hinsichtlich der anzubauenden Kulturen:

Während Erdbeeren, Beerenobst, Spargel und weiteres Gemüse einen hohen Arbeitsaufwand bei der Produktion bedingen, ist der Anbau von z. B. Buschbohnen, Zwiebeln aber auch Arznei- und Gewürzpflanzen gut zu mechanisieren. Es ist denkbar, dass die vorherrschenden landwirtschaftlichen Kulturen wie Getreide und Mais daher zugunsten der vorgenannten Gruppen leicht zurückgehen.

Allgemein ist festzuhalten, dass die Entwicklung der Anbauverhältnisse und damit auch die Veränderung der Produktionstechnik sehr stark von der Nachfrage bzw. Marktlage und der Vermarktungsstruktur abhängig ist. Erhöht sich der Anteil der Selbstvermarkter, wird sich ebenfalls der Anteil an intensiven gärtnerischen Kulturen erhöhen. Dies zieht wiederum eine Veränderung der Produktionstechnik nach sich.

## **3. Diskussion der Ergebnisse**

### • Erschließung der Beregnungsflächen

Die erstmalige digitale Erfassung der Beregnungsflächen im Hessischen Ried ergab eine potentielle Beregnungsfläche von 33.059 ha. Damit können derzeit 96 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche mit Zusatzwasser versorgt werden. In der Praxis liegt allerdings die pro Jahr tatsächlich beregnete Fläche etwas unter diesem Wert, da bei vielen landwirtschaftlichen Betrieben aus arbeitstechnischen Gründen sowie auf Grund der technischen Ausstattung nicht alle Flächen ausreichend und zur geeigneten Zeit mit Zusatzwasser versorgt werden können.

Das Beregnungswasser stammt zum überwiegenden Teil aus dem Grundwasser, das in der Regel direkt „vor Ort“ aus sog. Beregnungsbrunnen gefördert wird. Mit Grundwasser wird der überwiegende Teil der Beregnungsflächen bewässert (27.725 ha). Mit aufbereitetem Rheinwasser werden derzeit 5.233 ha mit Zusatzwasser versorgt. Die Verwendung von aufbereiteten Oberflächenwässern zur Beregnung spielt heute dagegen nur eine untergeordnete Rolle.

### • Beregnungssteuerung

Die durchgeführte Umfrage brachte deutlich zum Ausdruck, dass der Bewässerungseinsatz derzeit hauptsächlich durch die „Erfahrungswerte“ der Landwirte gesteuert wird. Prognosemodelle, die Witterung und den spezifischen Wasserbedarf einzelner Kulturen berücksichtigen, kommen nur vereinzelt zum Einsatz. Dies bedeutet jedoch nicht, dass Prognose-

modelle als Grundlage zur Steuerung der Zusatzwassergaben abgelehnt werden. Gegen ihren Einsatz werden überwiegend arbeitstechnische Aspekte ins Feld geführt (oft haben die Betriebe einen festen zeitlichen Ablauf; Nähe der Flächen zueinander u. a.). Eine effizientere Beregnungssteuerung, die auf den Wasserbedarf der Kulturen aufbaut, kann daher nur durch eine Erhöhung des Anteils an ortsfesten Beregnungsanlagen erreicht werden. Gleichfalls wurde deutlich, dass die Landwirte möglichst die Abend- und Nachtstunden zur Beregnung nutzen. Die Verlegung sämtlicher Bewässerungsgaben in die verdunstungsärmeren Tageszeiten ist allerdings mit der vorherrschenden Bewässerungstechnik im Hessischen Ried derzeit nicht möglich.

- Höhe der Zusatzwassergaben

Bereits im Jahr 1994 wurde eine Befragung hinsichtlich der Höhe der Beregnungsgaben durchgeführt. Der Zusatzwasserbedarf wurde damals auf 3,5 Mio. m<sup>3</sup> für sog. „Nassjahre“ und 35 Mio. m<sup>3</sup> für „Trockenjahre“ taxiert. Die aktuelle Erhebung (2008) dagegen ergab für „Nassjahre“ einen Zusatzwasserbedarf von rund 10 Mio. m<sup>3</sup>. Bezogen auf die Beregnungsfläche von rund 33.000 ha ergibt dies eine Steigerung der Zusatzwassergaben in „Nassjahren“ von ca. 12 l/m<sup>2</sup> (Jahr 1994) auf rund 30 l/m<sup>2</sup> (Jahr 2008). Dies entspricht einer Steigerung des Zusatzwasserbedarfs im Laufe einer Dekade um 12 l/m<sup>2</sup>.

Für „Trockenjahre“ wurde mit einer Zusatzwassermenge von 35,5 Mio. m<sup>3</sup> nahezu die gleiche Größenordnung erreicht wie dies im Jahre 1994 der Fall war. Diese Ergebnisse stehen im Einklang mit den Arbeiten von Prof. Paschold (Vortrag im Mai 2008), der beispielhaft für die Kulturen Sommer-Zwiebel und Spinat (früh) einen zunehmenden Wasserbedarf in den letzten Jahrzehnten festgestellt hat. Dass die Beregnungsmengen in „Trockenjahren“ während der letzten 15 Jahre keine nennenswerte Steigerung erfuhren, ist vor allem auf die begrenzenden technischen Möglichkeiten zurückzuführen. Dies ist in extremen Trockenjahren mit Ertragsminderungen verbunden.

Die Ergebnisse der Befragung decken sich gut mit der Entwicklung der berechneten Wasserbilanzen. Die Modellierung der Wasserbilanzen für die Beregnungssaison auf Grund kontinuierlicher Zeitreihen für den Niederschlag und die Verdunstung von 1960 bis 2050 ergab eine mit zunehmender Zeit immer stärker negativ werdende Wasserbilanz. Hierfür sind zum einen die abnehmenden Niederschlagsmengen und zum anderen die steigende Verdunstung verantwortlich. Pro Jahrzehnt wird die Wasserbilanz um ca. 10 mm stärker negativ. Der höhere Verdunstungsanspruch muss durch die Beregnung ausgeglichen werden. Dies drückt sich durch das Mehr an Zusatzwasser in sog. „Nassjahren“ aus. Gleichfalls wurde bei der Befragung der Beregnungsverbände von deren Vorsitzenden einhellig die Meinung vertreten, dass sich der Bedarf an Zusatzwasser im letzten Jahrzehnt ständig erhöht hat und mit einer weiteren Zunahme der Zusatzwassergaben zu rechnen sei.

In der beregnungsfreien Zeit gibt es eine schwach abgesicherte Tendenz hin zu einer steigenden positiven Wasserbilanz. Dies legt den Schluss nahe, dass zu Beginn der Beregnungssaison die Böden mehr oder weniger wassergesättigt sein werden.

- Abschätzung der zukünftig zu erwartenden Anbauverhältnisse:

96 % der landwirtschaftlichen Fläche im Hessischen Ried ist für die Beregnung aus technischer Sicht zugänglich. Aus arbeitstechnischen Gründen liegt jedoch der tatsächliche Anteil „Flächen mit Zusatzwassergaben“ unter diesem Wert. Zukünftig könnte jedoch auf Grund des „Wasserreichtums“ im Ried eine Intensivierung des Anbaus erfolgen. Dies würde zwangsläufig dazu führen, dass ein höherer Anteil der technisch erschlossenen Beregnungsflächen in optimaler Weise (auch in Richtung der Anzahl der Beregnungsgaben) genutzt würde. Gleichfalls ist bei Beerenobst- und Spargelanbau eine Ausweitung der Tropfbewässerung denkbar, durch die eine Optimierung der Zusatzwassergaben (Höhe und zeitliche Terminierung der Wassergaben) gegeben wäre.

Hinsichtlich der Anbauverhältnisse könnte es zu einer leichten Zunahme von gartenbaulich intensiv genutzten Flächen (z. B. Gemüse, Spargel) auf Kosten von Flächenanteilen aus der konventionellen Landbewirtschaftung (z. B. Getreide und Mais) kommen.

## 4. Zusammenfassung

Im Hessischen Ried spielt neben dem Anbau von traditionellen ackerbaulichen Kulturen vor allem die Produktion von Marktfrüchten eine herausragende Rolle. Eine wirtschaftliche landwirtschaftliche Produktion ist in dieser klimatisch begünstigten Region Hessens nur durch die Verabreichung von Zusatzwassergaben möglich. Inwieweit der prognostizierte Klimawandel eine Steigerung des Zusatzwasserbedarfs zur Folge haben könnte, war Thema der Arbeit. Die Erfassung der aktuellen Berechnungssituation im Hessischen Ried sollte hierzu die Grundlage liefern. Die Prognose der Wasserbilanz, als Grundlage für die Abschätzung des zukünftigen Zusatzwasserbedarfs, wurde mit Hilfe kontinuierlicher Zeitreihen von 1960 bis 2050 durchgeführt.

- Die Befragung der Berechnungsverbände ergab, dass derzeit bereits 96 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche potentiell beregnet werden/werden können.
- Die Berechnungssteuerung erfolgt in der Hauptsache über Erfahrungswerte der Landwirte. Prognosemodelle zu Berechnungssteuerung, die Witterung und Wasserbedarf der jeweiligen Kultur berücksichtigen, kommen nur ganz vereinzelt zum Einsatz.
- Als Zusatzwasser kommt zum überwiegenden Teil Grundwasser aus Berechnungsbrunnen zum Einsatz. Daneben stammt ein nicht unerheblicher Teil des Zusatzwassers aus der Rheinwasseraufbereitungsanlage von Biebesheim.
- Der Grundbedarf an Zusatzwasser hat sich in den letzten 15 Jahren von 3,5 Mio. m<sup>3</sup> auf 10 Mio. m<sup>3</sup> erhöht. Dies entspricht einer Zunahme des Zusatzwasserbedarfs von rund 12 l/m<sup>2</sup> innerhalb einer Dekade.
- Die Berechnung der kontinuierlichen Zeitreihen für Niederschlag und Verdunstung ergab eine mit zunehmender Zeit immer stärker negativ werdende Wasserbilanz während der Berechnungssaison. Pro Dekade wird die Wasserbilanz um ca. 10 mm stärker negativ. Als Ursache hierfür sind die abnehmenden Niederschläge sowie die steigende Verdunstung zu nennen. Dieses Defizit bedingt eine Steigerung des Zusatzwasserbedarfs pro Dekade um ca. 10 l/m<sup>2</sup>.
- In der berechnungsfreien Zeit entwickelt sich die Wasserbilanz positiv. Dies bedingt eine höhere Wahrscheinlichkeit, dass der Bodenwasserspeicher zu Vegetationsbeginn gefüllt ist.
- Da im Hessischen Ried die erforderliche Infrastruktur für die Beregnung vorhanden ist, ist eine Zunahme der Intensivkulturen (z. B. Spargel und weiteres Gemüse, Beerenobst) bei weiter steigendem Wasserbedarf, hervorgerufen durch den Klimawandel, zu erwarten.

## 5. Literatur

ALTHOFF S., BERTHOLD G., BRAHMER G., VON PAPE W. P., TOUSSAINT B. (1996): Ermittlung der Grundwasserneubildung aus Niederschlag im Hessischen Ried. Teilmodell des mathematischen Grundwassermodells Hessisches Ried. Bearbeitet von der Hessischen Landesanstalt für Umwelt, Wiesbaden.

IPCC (2007): Fourth Assessment Report: Report of the Working Group I: The Physical Science Basis.

PASCHOLD P. J. (2008): Steuern der Bewässerung zur Erzielung qualitativ hochwertiger Erträge und zur Schonung der Umwelt. Vortrag im Rahmen einer Fortbildungsveranstaltung des HLUG in Allmendfeld/Gernsheim im Mai 2008.

RICHTER, D. (1995): Ergebnisse methodischer Untersuchungen zur Korrektur des systematischen Messfehlers des Hellmann-Niederschlagsmessers. Berichte des Deutschen Wetterdienstes Nr. 194. Offenbach.

SPEKAT, A., ENKE, W., KREIENKAMP, F. (2007): Neuentwicklung von regional hoch aufgelösten Wetterlagen für Deutschland und Bereitstellung regionaler Klimaszenarios auf der Basis von globalen Klimasimulationen mit dem Regionalisierungsmodell WETTREG auf der Basis von globalen Klimasimulationen mit ECHAM5/MPI-OM T63L31 2010 bis 2100 für die SRES-Szenarios B1, A1B und A2. Publikation des Umweltbundesamtes, Dessau, 149 S.

Anhang:

**Erfassungsbogen zur landwirtschaftlichen Beregnung**

Name des Beregnungsverbandes/Abteilung:

	Stand 2006	Bemerkung:
Landwirtschaftliche Nutzfläche des Verbandes	.....ha	
Davon beregnungstechnisch erschlossene Fläche (im Folgenden kurz „Beregnungsfläche“ genannt)	.....ha	
<i>Abnahme seit der wasserrechtlichen Ersterzulassung (Vergleich mit Karte):</i>		
<i>Zunahme seit der wasserrechtlichen Ersterzulassung (Vergleich mit Karte):</i>		
Erschließung der Beregnungsfläche		
Ortsfest	.....ha	
Teilortsfest	.....ha	
Vollbeweglich	.....ha	
Sonstiges	.....ha	
Entnahme aus Grundwasser (m <sup>3</sup> )		
Entnahme aus aufbereitetem Rheinwasser (m <sup>3</sup> )		
Entnahme aus aufbereitetem Oberflächenwasser (m <sup>3</sup> )		
Anfang/Ende der Beregnungssaison (Monat, besser Kalenderwoche)		
Verschiebung der Zeiten in den letzten Jahren erkennbar?		
Wasserbedarf für Beregnungsfläche in Trockenjahren (z. B. 2003) und Nassjahren	Trocken (m <sup>3</sup> ): Nass (m <sup>3</sup> ):	

Anbauverhältnisse (in ha und %-Anteil der Berechnungsfläche im Verbandsgebiet)		Bemerkung
Wintergetreide	.....ha .....%	
Sommergetreide	.....ha .....%	
Hackfrüchte	.....ha .....%	
darunter Zuckerrüben darunter Kartoffeln	.....ha .....%	
Mais (Körner-/Futtermais)	.....ha .....%	
Ölfrüchte	.....ha .....%	
darunter Winterraps	.....ha .....%	
Feldfutter	.....ha .....%	
Gemüsekulturen	.....ha .....%	
darunter Spargel	.....ha .....%	
darunter Zwiebeln, Kohl, Gurken	.....ha .....%	
darunter Arzneipflanzen	.....ha .....%	
andere	.....ha .....%	
Nachwachsende Rohstoffe (z. B. Energieweizenanbau)	Bereits im Anbau: (Arten) In Zukunft vorstellbar:	
Zweitfrucht / Nachfrucht (auf Ackerland)	.....ha .....%	
Grünland: Wiese	.....ha .....%	
Wie wird die weitere Entwicklung des Berechnungswasserbedarfes eingeschätzt? (Veränderung in % des derzeitigen Bedarfs; Istzustand = 100 %)		
Wird der Einsatz neuer Technologien erwogen (z. B. wassersparende Techniken)?	Wassersparende Techniken: Optimierung der Beregnung durch Beratung: Sonstiges:	