



Konzeptionelle wasserwirtschaftliche Abschätzung zur landwirtschaftlichen Berechnung in der Südpfalz



Struktur- und Genehmigungsdirektion Süd
Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft, Bodenschutz
Neustadt an der Weinstraße

Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung	5
2	Untersuchungsgebiet	6
2.1	Geologie/Hydrogeologie	6
2.2	Oberflächengewässer	8
2.3	Grundwasserentnahmen	9
3	Landwirtschaftliche Beregnung	11
3.1	Bestandsaufnahme der Beregnungsbrunnen und -verbände	11
3.2	Beregnungsflächen	11
3.3	Beregnungsbedarf	13
3.3.1	Landwirtschaftliche Bodennutzung	14
3.3.2	Gemessene Beregnungsmengen	15
3.3.3	Eingangsdaten zur Modellierung des Bodenwasserhaushalts	16
3.3.4	Modellierung des Bodenwasserhaushaltes	18
3.3.5	Beregnungsszenarien	20
3.4	Übernahme der Beregnungsbrunnen ins Grundwassermodell	23
4	Aufbau des dreidimensionalen Grundwassermodells	24
4.1	Hydrogeologische Schematisierung	24
4.2	Modellrandbedingungen und Diskretisierung	25
4.3	Flächenhafte Grundwasserneubildung	26
4.4	Oberflächengewässer	27
4.5	Modellkalibrierung	28
5	Grundwassermodellrechnungen zum Einflussbereich	34
5.1	Einflussbereich der landwirtschaftlichen Beregnung im Bezugszustand	34
5.2	Einflussbereich der landwirtschaftlichen Beregnung für die mittelfristige Prognose	35
5.3	Einflussbereich der landwirtschaftlichen Beregnung im Zukunftsszenario	35
6	Potentielle Konfliktflächen zwischen landwirtschaftlicher Beregnung und Naturschutz	37
6.1	Ziel	37
6.2	Methodik	37
6.3	Teilflächen im Untersuchungsraum	38
7	Monitoring	45

8 Alternativenbetrachtung zur Frage zentraler - dezentraler Beregnung	47
8.1 Beregnung aus dem Fließgewässersystem	47
8.2 Beregnung aus Altrheinarmen bzw. Kiesgruben	47
8.3 Beregnung aus zentralen Tiefbrunnenanlagen	48
9 Zusammenfassung und Bewertung	50
9.1 Bestandsaufnahme	50
9.2 Derzeitige und zukünftige Beregnung	51
9.3 Nutzungskonflikte	53
9.4 Monitoring	54
9.5 Ausblick und Versorgungsalternativen	55

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Bodennutzungsanteile auf der Grundlage der Bodennutzungshaupterhebung 2003 des Statist. Landesamtes	14
Abbildung 2: Grundwasserstandsganglinie der Messstelle 1299 (Bellheim)	29
Abbildung 3: Grundwasserstandsganglinie der Messstelle 1231(zwischen Bellheim und Herxheim)	30
Abbildung 4: Grundwasserstandsganglinie der Messstellen 1303 I, 1303 II, 1303 III	32

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Jährliche Beregnungsmengen der organisierten Verbände in der Vorder- und Südpfalz	16
Tabelle 2: Niederschläge an dem DLR-Klimastationen für den Zeitraum 01.01.1998 - 31.12.2004	17
Tabelle 3: Im Modell implementierte Grundwasserförderung aus Brunnen 2003 [Mio. m ³ /a]	31

Anlagen

- Anlage 2.1: Übersichtslageplan
- Anlage 2.2: Basis des unteren Grundwasserleiters und tektonische Übersicht
- Anlage 2.3: Verbreitung der Trennhorizonte
- Anlage 2.4: Aufbau der Grundwasserleiter
- Anlage 2.5: Fließbild der Niedrigwasserabflüsse
- Anlage 2.6: Liste der episodisch trockenfallenden Gewässer und Fließgewässerabschnitte
- Anlage 3.1: Beregnungsflächen nach Generalplan zur Beregnung der Vorderpfalz und Beregnungsbrunnen
- Anlage 3.2: Landnutzung und Beregnungsflächen
- Anlage 3.3: Ausbau der Beregnung in Rheinland-Pfalz (2007-2013) – Teilregion Südpfalz
- Anlage 3.4: Abgestimmte Beregnungsflächen und Beregnungsbrunnen
- Anlage 3.5: Bodennutzungshaupterhebung 1999, 2003, 2007
- Anlage 3.6: Mittlerer Jahresniederschlag (1961-1990)
- Anlage 3.7: Bodenhydraulische Einheiten
- Anlage 3.8: Teufe der Beregnungsbrunnen
- Anlage 4.1: FE-Netz und Modellrandbedingungen
- Anlage 4.2: Hydrogeologischer Querschnitt
- Anlage 4.3: 3D-Modell
- Anlage 4.4: Mittlere Grundwasserneubildung
- Anlage 4.5: Kalibrierte k_f -Werte im oberen Grundwasserleiter
- Anlage 4.6: Berechnete Grundwassergleichen
- Anlage 4.7: Flurabstände im OGWL (mittlere klimatische Verhältnisse)
- Anlage 4.8: Wechselwirkungen mit Fließgewässern unter den Rahmenbedingungen 2003
- Anlage 5.1: Einflussbereich der Beregnungsbrunnen in der Südpfalz im Bezugszustand 2003
- Anlage 5.2: Einflussbereich der Beregnungsbrunnen in der Südpfalz (mittelfristige Prognose)
- Anlage 5.3: Einflussbereich der Beregnungsbrunnen in der Südpfalz im Zukunftsszenario
- Anlage 6.1: Potentielle Konfliktflächen zwischen landwirtschaftlicher Beregnung und Naturschutz - Grundlagendaten
- Anlage 6.2: Hydromorphe Böden, Naturräumliche Einheiten
- Anlage 6.3: Potentielle Konfliktbereiche zwischen Beregnung und Naturschutz
- Anlage 6.4: Konfliktbereiche zwischen Beregnung und Naturschutz (mittelfristige Prognose)
- Anlage 7.1: Konfliktbereiche zwischen Beregnung und Naturschutz im Bezugszustand 2003
- Anlage 8.1: Potentielle Standorte für zentrale Tiefbrunnenanlagen

1 Veranlassung

Bereits im Jahre 1961 wurde der „Generalplan zur Beregnung der Vorderpfalz“ aufgestellt. Hier wurden Möglichkeiten aufgezeigt, wie auf beregnungswürdigen Flächen der Wasserbedarf und damit eine Ertragssteigerung sichergestellt werden kann. Eine Fortschreibung des Generalplanes erfolgte im Jahr 2005. Diese Fortschreibung beinhaltet im Wesentlichen eine Bestandsaufnahme der Beregnungsgebiete, was die Organisation, Beregnungswassermengen, Anbauflächen sowie die Bemessung, Bau und Betrieb von Beregnungsanlagen betrifft. Außerdem wird die Erweiterung und der Ausbau von Beregnungsgebieten beschrieben und schließlich werden Überlegungen zu den Zukunftstendenzen der Beregnung angestellt.

Der ursprüngliche Generalplan bildete die wesentliche Grundlage für die Gründung des Wasser- und Bodenverbandes zur Beregnung der Vorderpfalz in den 1970er Jahren. Der Verband ist heute in der Lage ca. 12.200 ha landwirtschaftliche Fläche zentral – und damit grundwasserschonend – aus dem Otterstädter Altrhein zu versorgen. Eine Erweiterung in nördliche Richtung ist geplant.

In der Südpfalz dagegen erfolgt die Versorgung der landwirtschaftlichen Flächen mit Beregnungswasser ausschließlich über Einzelbrunnen aus dem oberflächennahen und teilweise mittleren Grundwasserleiter. Die Einzelbrunnen werden größtenteils von den Landwirten selbst unterhalten und betrieben. Außerdem bestehen noch die Wasser- und Bodenverbände Meckersheim-Römerberg, Ludwigshafen-Süd, Hatzenbühl und Zeiskam, die ebenfalls mit Einzelbrunnen die Versorgung vornehmen.

In den letzten Jahren ist in der Südpfalz eine Veränderung der landwirtschaftlichen Anbaumethoden zu beobachten. Der Trend geht hin zum stark flächenbeanspruchenden Gemüseanbau mit sehr wasserintensiven Kulturen bei relativ hohen Verdunstungsraten. Grundwassermodelluntersuchungen, die es ermöglichen, die Auswirkungen dieser landwirtschaftlichen Beregnung aus wasserwirtschaftlicher und ökologischer Sicht zu bewerten, fehlten bislang.

Vor diesem Hintergrund wurde von der SGD Süd das vorliegende Gutachten für die Beregnung der Südpfalz an das Büro BGS UMWELT in Auftrag gegeben. Schwerpunkte der Untersuchungen sind:

- Bestandsaufnahme aller Beregnungsbrunnen,
- Überprüfung und Aktualisierung des Beregnungsbedarfes sowie der
- Aufbau eines Grundwassermodells mit Quantifizierung der Auswirkungen der landwirtschaftlichen Beregnung.

Die Ergebnisse werden im Folgenden dokumentiert.

2 Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet (Südpfalz) liegt im nördlichen Oberrheingraben zwischen Karlsruhe und Speyer. Im Westen grenzt es an den Pfälzerwald und im Osten an den Rhein. Es umfasst das Verbreitungsgebiet der quartären und pliozänen Kiese und Sande im Oberrheingraben. Die Ausdehnung des Untersuchungsgebiets beträgt in Nord-Süd-Richtung etwa 43 km und in West-Ost-Richtung ca. 21 km. Es umfasst damit eine Fläche von rund 1.000 km². Die Lage des Untersuchungsgebietes sowie die Brunnen zur Trinkwassergewinnung, zur Brauchwasserversorgung aus Industrie und Gewerbe und zur landwirtschaftlichen Beregnung sind in **Anlage 2.1** dargestellt.

Von Ost nach West lässt sich das Untersuchungsgebiet morphologisch gesehen in die Rheinniederung im zentralen Graben, die Terrassenlandschaft der Rheinebene und die Vorbergzone (Haardtrand) gliedern. Am Rand der Rheinniederung, die insbesondere durch ein dicht verzweigtes Gewässernetz gekennzeichnet ist, bilden die Erosionsränder das bis zu 12 m hohe Hochgestade. Der Bereich westlich des Hochgestades wird durch die zum Rhein hin abfallenden lössbedeckten Riedelflächen und die ausgedehnten Schwemmfächer der zum Rhein fließenden Bäche geprägt. Weiter westlich bildet die Vorbergzone den Übergang von den Riedelflächen bzw. von den Terrassenbereichen zu dem steil aufsteigenden Pfälzerwald.

2.1 Geologie/Hydrogeologie

Im Untersuchungsgebiet gliedert sich der Oberrheingraben von West nach Ost in die tektonischen Einheiten der Vorbergzone mit Randscholle, der Zwischenscholle sowie der zentralen Grabenscholle (**Anlage 2.2**). Der tiefere Untergrund wird weiterhin durch die tektonisch angelegten Strukturen des Büchelberger Horst, Rheinzaberner Horst und des Dierbacher Horst geprägt.

Die hydrogeologische Schematisierung wurde aus der Hydrogeologischen Kartierung (HGK) Karlsruhe-Speyer und im nördlichen Bereich aus der HGK Rhein-Neckar entwickelt. Der Übergangsbereich zwischen den beiden Kartierungen wurde mit dem Landesamt für Geologie und Bergbau abgestimmt.

Die Grundwasserleiter im Oberrheingraben werden durch quartäre und pliozäne Kiese und Sande gebildet. Diese sind durch geringer durchlässige Schichten von Schluffen und Tonen in mehrere Grundwasserleiter untergliedert. Hierbei sind großräumig 4 flächenhaft hydraulische wirksame Trennschichten und damit bis zu 5 Grundwasserleiter zu unterscheiden.

Daraus ergibt sich folgende hydrogeologische Gliederung:

- Oberer Grundwasserleiter (OGWL),
- Oberer Zwischenhorizont (OZH),
- Mittlerer Grundwasserleiter oben (MGWLo),
- Zwischenhorizont 3 (ZH3),
- Mittlerer Grundwasserleiter unten (MGWLu),

- Unterer Zwischenhorizont (UZH),
- Unterer Grundwasserleiter oben (UGWLo),
- Tieferer Zwischenhorizont (TZH),
- Unterer Grundwasserleiter unten (UGWLu),
- Festgestein.

Der Verlauf der Oberkante des Festgesteins als Aquiferbasis ist in Anlage 2.2 dargestellt.

Die Verbreitung der unterschiedlichen Trennhorizonte innerhalb des Untersuchungsgebiets zeigt **Anlage 2.3**. Der OZH ist im Bereich der Grabenscholle vorhanden und endet im Nordwesten an der Zwischenschollenverwerfung zur Randscholle und im Südwesten an der Büchelberger Horststruktur. Der OZH setzt sich aus einer Wechselfolge von Sand-, Schluff- und Tonlagen zusammen, welche insgesamt eine hydraulische Trennung bewirken. Seine Mächtigkeit variiert zwischen wenigen Metern im Süden und bis zu 30 m im Norden.

Der ZH3 besteht überwiegend aus Tonen und Schluffen. Seine Mächtigkeit schwankt zwischen wenigen Metern im Süden und 25 m in der Rheinniederung im Norden bei Speyer.

Der UZH ist nur im nördlichen bzw. nordöstlichen Teil des Untersuchungsgebietes vorhanden. Seine Mächtigkeit beträgt wenige Meter im Süden und bis zu 20 m im Norden.

Der TZH ist bis auf die westliche Randscholle sowie den Bereich des Dierbacher Horsts im gesamten Untersuchungsgebiet vorhanden. In diesem Tiefenbereich befindet sich die Grenze Quartär – Pliozän. Die Mächtigkeit des TZH beträgt relativ einheitlich wenige Meter. Entlang der Störungen ist ein deutlicher Versatz des TZH zu erkennen, so dass es über die Schollengrenzen hinweg zu direkten hydraulischen Querverbindungen zwischen den darüber- und darunterliegenden Grundwasserleitern kommt.

In **Anlage 2.4** ist die Anzahl der hydraulischen Trennhorizonte in den verschiedenen Bereichen des Untersuchungsgebietes dargestellt. Da zwischen 0 und 4 Trennhorizonte übereinander auftreten, treten auch 1 bis 5 Grundwasserleiter auf. Im Nordosten des Untersuchungsgebietes sind flächenhaft 5 Grundwasserleiter vorhanden.

Der OGWL wird im Verbreitungsgebiet des OZH durch die Obere kiesig-sandige Abfolge, welche weitgehend aus sandigen Kiesen besteht, gebildet.

Der MGWL entspricht der Mittleren sandig-kiesigen Abfolge und besteht überwiegend aus sandigem Kies, zum Teil Grobkies und kiesigem Sand. Westlich der Rheinniederung nehmen die Feinkornanteile zu. Im Nordosten wird der MGWL durch den UZH unterteilt.

Der UGWLo wird durch die Untere sandig-schluffige Abfolge oben gebildet, welche überwiegend aus einer Wechselfolge von kalkhaltigen Sanden und Schluffen besteht.

Der UGWLu besteht aus der Unteren sandig-schluffigen Abfolge unten und zählt zum Pliozän. Seine Basis entspricht ebenfalls der Basis des Pliozän. Darunter folgen Ton- und Mergelsteine des älteren Tertiär (Miozän und Oligozän), welche die Basis der Lockergesteine bilden.

2.2 Oberflächengewässer

Die Wechselwirkungen zwischen Oberflächengewässern und dem Grundwasser sind im Untersuchungsgebiet von entscheidender Bedeutung. Das Gewässernetz ist verhältnismäßig dicht. Die größeren Gewässerläufe kommen aus dem Pfälzerwald und fließen in östliche Richtung durch die Ebene zum Rhein bzw. in die Altrheinarme. Weitere kleine Bäche haben ihren Ursprung innerhalb des Rheintales. Die Bachläufe verlaufen im Bereich des Hochgestades meist in tief eingeschnittenen Rinnen. Ausnahmen bilden die Queich und der Hofgraben, an denen größere Absturzbauwerke vorhanden sind.

Da die Rheinwasserstände stark schwanken, kann die Differenz der Monatsmittelwerte zwischen Sommer und Winter über 3 m betragen. Der Rheinwasserstand hat entscheidenden Einfluss auf die Wasserspiegellagen der Gewässer im Bereich der Rheinniederung.

Für die Lauter im Süden, die Bienwaldgewässer und den Otterbach liegen Wasserspiegellagenberechnungen vor. Vermessungsdaten zu den Sohlhöhen sind für den Erlenbach, Klingbach, die Queich, Woogbach sowie Rehbach und Speyerbach im Norden vorhanden.

Um die Wechselwirkungen zwischen Oberflächengewässern und Grundwasser zu bewerten, wurde zusätzlich das Fließbild der Niedrigwasserabflüsse von 1973/74 herangezogen (Landesamt für Gewässerkunde, 1980). In diesen Jahren wurden in der Rheinebene ausgedehnte Niedrigwasserabflussmessungen durchgeführt, welche in **Anlage 2.5** dargestellt sind. Zu den größeren Gewässern im Untersuchungsgebiet zählen der Speyerbach, die Queich, der Klingbach, Erlenbach und Otterbach. Die Niedrigwasserabflussmessungen wurden im Hinblick auf In- und Exfiltrationsstrecken hin detailliert betrachtet. Dabei werden Einleitungen aus Kläranlagen sowie sonstige oberirdische Zuflüsse außer Acht gelassen, da hierüber keine Informationen vorlagen.

Die Abflussmessungen zeigen, dass der Erlenbach im Westen Vorflutfunktion für das Grundwasser hatte, während er weiter im Osten in das Grundwasser infiltrierte. Im Bereich der Rheinniederung stellt der Erlenbach wiederum den Vorfluter für das Grundwasser dar. Das MNQ am Abflusspegel in Rheinzaubern beträgt $0,23 \text{ m}^3/\text{s}$ (HG 1999).

An den Abflussmessungen im Klingbach, der das Hochgestade in einer tief eingeschnittenen Rinne durchfließt, zeigt sich, dass unter den damaligen Verhältnissen fast auf der gesamten Strecke ein Grundwasserzustrom in das Gewässer erfolgte. Lediglich im Bereich zwischen Rülzheim und Hördt trat in geringen Mengen eine Infiltration in das Grundwasser auf. Das MNQ beträgt am Pegel Herxheim $0,15 \text{ m}^3/\text{s}$ und am Pegel Hördt $0,26 \text{ m}^3/\text{s}$ (HG 1999), was ebenfalls auf einen Grundwasserzustrom hindeutet.

Der Spiegelbach erhält einen wesentlichen Teil seines Abflusses über das Ottersheimer Teilungswehr aus der Queich (etwa $2/5$ des Queichabflusses). Unter dieser Annahme hat zum Zeitpunkt der Niedrigwasserabflussmessungen der Abfluss im Spiegelbach direkt unterhalb des Teilungswehrs ca. $0,3 \text{ m}^3/\text{s}$ betragen, so dass unter Berücksichtigung des Zustroms aus Brühlgraben und Altbach bis zur Mündung in den Altrhein weitere $0,3 \text{ m}^3/\text{s}$ aus dem Grundwasser

dem Spiegelbach zugeflossen sind. Teilabflüsse des Spiegelbachs werden zur Bewässerung der Wiesen abgeleitet, z.B. über die Sollach.

Die Niedrigwasserabflussmessungen an der Queich zeigen bis zum Ottersheimer Teilungswehr eine geringfügige Zunahme des Abflusses, der möglicherweise durch einen Grundwasserzustrom in die Queich verursacht wird. Der Unterlauf der Queich ist durch ein angeschlossenes System von Be- und Entwässerungsgräben mit Staueinrichtungen gekennzeichnet.

Für den Speyerbach zeigen die Niedrigwasserabflussmessungen zwischen Neustadt und Hanhofen eine Zunahme des Abflusses an, so dass davon auszugehen ist, dass unter den damaligen Randbedingungen auf dieser Strecke ein Grundwasserzutritt in das Gewässer erfolgte.

Weiterhin wurde zur Bewertung der Wechselwirkungen zwischen Oberflächen- und Fließgewässern die Liste der episodisch trockenfallenden Gewässer und Fließgewässerabschnitte in den Planungseinheiten nach WRRL der Regionalstelle Neustadt ausgewertet (siehe **Anlage 2.6**). Einige der Gewässer im Untersuchungsgebiet wie z.B. der Hofgraben, Brühlgraben oder die Bienwaldgewässer fallen episodisch trocken.

Zur Einschätzung der derzeitigen Abflussverhältnisse wurde im April 2007 eine Begehung durchgeführt, um punktuell die Wasserführung in den verschiedenen Gewässern zu erfassen.

2.3 Grundwasserentnahmen

In der Südpfalz wird der Bedarf der Trink- und Brauchwasserversorgung sowie der Landwirtschaft ausschließlich aus dem Grundwasser gedeckt. Die Standorte der Trinkwasserbrunnen sowie der wichtigsten Brunnen aus Industrie und Gewerbe und der bekannten Beregnungsbrunnen sind in Anlage 2.1 dargestellt. Für alle Trinkwasser- und privaten Brauchwasserbrunnen wurden von der SGD Süd Lagekoordinaten sowie Informationen zu Teufe, Filterstrecken und Entnahmen aus dem Jahr 2003 zur Verfügung gestellt.

Die Grundwasserentnahmen zur Trinkwasserversorgung erfolgen zum größten Teil aus dem mittleren und unteren Grundwasserleiter. Eine Ausnahme hiervon bilden die Flachbrunnen der Stadtwerke Speyer GmbH im Gewinnungsgebiet Süd (die Entnahme aus den Flachbrunnen in Speyer-Süd betrug bis 2005 noch ca. 2,3 Mio. m³, 2006 und 2007 wurden nur noch ca. 0,2 Mio. m³ entnommen, die restliche Entnahme erfolgt aus dem Gewinnungsgebiet Speyer-Nord sowie aus den Tiefbrunnen in Speyer-Süd) sowie der Verbandsgemeindewerke Hagenbach in Berg, die ausschließlich aus dem oberen Grundwasserleiter fördern. Bezogen auf das Jahr 2003 wurden ca. 10% der gesamten Trinkwasserentnahme aus dem oberen Grundwasserleiter gefördert, während 90% der Trinkwasserförderung aus den tieferen Grundwasserleitern (MGWL und UGWL) erfolgte.

Die Privatentnahmen konzentrieren sich auf den östlichen Bereich des Untersuchungsgebietes und werden mit Ausnahme der Park&Bellheim AG in Bellheim ausschließlich aus dem oberen Grundwasserleiter gewonnen. Die beiden Brunnen der Park&Bellheim AG sind dagegen über 80 m tief, voll verfiltert und erschließen somit die oberen 4 Grundwasserleiter.

Die Grundwasserentnahmen zur landwirtschaftlichen Beregnung finden dagegen überwiegend aus dem oberen und dem mittleren Grundwasserleiter statt. Während im östlichen Bereich des Untersuchungsgebietes die Beregnungsentnahme fast ausschließlich aus dem oberen Grundwasserleiter erfolgt, findet im Westen des Untersuchungsgebietes hydrogeologisch bedingt die Beregnungsentnahme aus dem oberen und mittleren Grundwasserleiter statt. Bezogen auf die für das Jahr 2003 ermittelte Beregnungsentnahme (siehe Kapitel 3.3) beträgt die Entnahme aus dem oberen Grundwasserleiter insgesamt knapp 60%, während die Entnahme aus dem mittleren Grundwasser bei ca. 40% liegt. Eine Grundwasserentnahme aus dem unteren Grundwasserleiter findet nicht in nennenswertem Umfang statt. Die Zuordnung der Beregnungsentnahmen zu den einzelnen Grundwasserleitern ist in Kapitel 3.4 näher beschrieben.

Insgesamt ist davon auszugehen, dass im Osten des Untersuchungsgebietes die Trinkwasserentnahme aus den tieferen Grundwasserleitern durch die Beregnungsentnahme weitgehend unbeeinflusst ist, während im Westen des Untersuchungsgebietes u.a. eine gemeinsame Nutzung des mittleren Grundwasserleiters erfolgt.

3 Landwirtschaftliche Beregnung

3.1 Bestandsaufnahme der Beregnungsbrunnen und -verbände

In einer ersten Arbeitsphase wurde eine Bestandsaufnahme der Beregnungsbrunnen durchgeführt. Als Datengrundlage wurde die bei der Regionalstelle Neustadt/Wstr. vorliegende Access-Datenbank herangezogen. Darin sind u.a. Informationen zur Lage der Brunnen, Eigentümern, Wasserrechten und teilweise zum Brunnenausbau enthalten. Insgesamt wurden Daten von 812 Brunnen berücksichtigt (s. Anlage 2.1).

Die gesamte Entnahmemenge zur landwirtschaftlichen Beregnung gemäß der erteilten Wasserrechte beträgt ca. 4,9 Mio. m³/a. Bei der Addition der Entnahmemengen wurden sämtliche erfassten abgelaufenen und gültigen Wasserrechte berücksichtigt (inkl. Verbände). In die Wassermengenbilanz sind auch die Brunnen mit aufgenommen worden, für die im Bescheid (relativ alte Wasserrechte) keine eindeutig festgelegte Jahresentnahmemenge angegeben ist.

In der Südpfalz gibt es insgesamt 4 Beregnungsverbände. Die landwirtschaftlichen Flächen der Beregnungsverbände sowie die den einzelnen Verbänden zugeordneten Brunnen sind in **Anlage 3.1** dargestellt.

Dem Wasser- und Bodenverband (Beregnungsverband) Kreis Ludwigshafen-Süd mit einer Gesamtfläche von ca. 3.700 ha und einer Beregnungsfläche von ca. 1140 ha sind rund 66 Brunnen zuzuordnen, (SGD Süd 2005).

Die Zuständigkeit des Beregnungsverbandes Mechttersheim-Römerberg ist auf eine Fläche von lediglich 48 ha beschränkt. Diese befindet sich innerhalb des Verbandsgebietes des Beregnungsverbandes Ludwigshafen-Süd. Die Anzahl der Beregnungsbrunnen des Beregnungsverbandes Mechttersheim-Römerberg beträgt 23 Brunnen. Das Beregnungsgebiet des Wasser- und Bodenverband K.d.ö.R. Zeiskam erstreckt sich über eine Fläche von 126 ha, wobei die Wasserbereitstellung über insgesamt 9 Brunnen erfolgt.

Die gesamte Beregnungsfläche des Wasser- und Bodenverbands (Beregnungsverband) Hatzenbühl, K.d.ö.R., umfasst 590 ha und wird über 12 Brunnen betrieben.

Die übrigen 702 lagemäßig bekannten Beregnungsbrunnen und damit über 85% der erfassten Beregnungsbrunnen sind landwirtschaftlichen Betrieben zuzuordnen. Die privaten Beregnungsflächen sind ebenfalls in Anlage 3.1 dargestellt.

3.2 Beregnungsflächen

Ein wesentliches Prüfkriterium zur Bewertung der Beregnung im Hinblick auf die Wasserbilanz im Untersuchungsgebiet war die Bestimmung der gesamten Beregnungsflächen sowie die Lage der Beregnungsflächen. Hierzu wurde als Bearbeitungsgrundlage die Landnutzung, wie sie sich aus den Satellitendaten von CORINE LANDCOVER 2000 ergibt, ausgewertet (siehe **Anlage**

3.2). Als mögliche Berechnungsflächen kommen in erster Linie die Klassen Ackerland und komplexe Anbaustrukturen in Betracht.

Zum anderen wurde auf die Darstellung der berechnungswürdigen Flächen im Generalplan zur Beregnung der Vorderpfalz (SGD Süd, 2005) zurückgegriffen. Dort sind die bestehenden und geplanten Verbandsflächen und Privatanlagen dargestellt (siehe Anlage 3.1). Die beiden Erweiterungsflächen westlich und östlich von Iggelheim sowie die Erweiterungsfläche nördlich von Otterstadt am Nordrand des Untersuchungsgebietes sind bereits dem Beregnungsverband Vorderpfalz zuzuordnen, d.h. diese werden bzw. sind bereits an die zentrale Beregnung angeschlossen und werden daher bei den Betrachtungen zur landwirtschaftlichen Beregnung in der Südpfalz nicht weiter berücksichtigt.

Weiterhin wurde zur Abgrenzung der Beregnungsflächen der Plan zum „Ausbau der Beregnung in Rheinland-Pfalz (2007-2013) – Teilregion Südpfalz“ der Landwirtschaftskammer Rheinland-Pfalz berücksichtigt, welcher in **Anlage 3.3** dargestellt ist.

Durch den Vergleich der Landnutzung mit den planmäßig dargestellten Beregnungsflächen und mit der Lage der bekannten und aktenmäßig erfassten Beregnungsbrunnen wurde ein Vorschlag zur Abgrenzung der Beregnungsflächen erarbeitet und mit der Landwirtschaftskammer Rheinland-Pfalz abgestimmt.

Die Abgrenzung der Beregnungsflächen von 27.000 ha ist in **Anlage 3.4** dargestellt.

3.3 Beregnungsbedarf

Durch Beregnung wird der Bodenwasservorrat in der Vegetationsperiode ergänzt, so dass die Pflanzen, deren Wasserbedarf je nach Kultur und Wuchsstadium unterschiedlich ist, auch Trockenperioden unbeschadet überstehen. Ist die Wasserversorgung während der Vegetationszeit nicht gewährleistet, werden die Pflanzen je nach Umfang des Wassermangels mehr oder weniger geschädigt. Dies wirkt sich bei den einzelnen Kulturarten unterschiedlich aus, hat aber immer einen ertrags- und qualitätsbestimmenden Einfluss. Eine ausreichende Wasserversorgung ist Grundvoraussetzung für hohe und stabile landwirtschaftliche Erträge. Eine Bewertung der Wirtschaftlichkeit einer Beregnung basiert stets auf dem vieljährigen Durchschnitt der Ernteerträge.

Eine Beregnungsbedürftigkeit ist immer dann gegeben, wenn der Mangel an Wasser zu einer spürbaren Ertrags- und Qualitätsbeeinträchtigung führen würde. Nur durch eine zusätzliche Beregnung unter Berücksichtigung eines nachhaltigen, quantitativen und qualitativen Grundwasserschutzes ist es möglich, auf den verfügbaren Flächen bestmögliche Qualitäten und hohe Produktionsmengen sicher zu stellen. Insbesondere im Vertragsanbau sichert die Beregnung eine stabile und kontinuierliche Produktion. Die hohen Qualitätsansprüche wären in einigen Kulturen ohne Beregnung nicht mehr zu realisieren; sie wären nicht mehr vermarktbar. In aller Regel reicht in der Gemüse- und Hackfrüchteproduktion dafür Regenwasser allein nicht aus.

Eine Frucht ist prinzipiell dann beregnungswürdig, wenn die beregnungsbedingten Mehrkosten durch die Ernte-Mehrerlöse gedeckt sind. Die Beregnungsmengen werden deshalb auch über die Marktpreise beeinflusst.

Die Beregnungspraxis in der Südpfalz wurde intensiv mit der Landwirtschaftskammer Rheinland-Pfalz, dem Bauern- und Winzerverband, dem DLR und Vertretern der Wasser- und Bodenverbände diskutiert. Die Fachleute gehen davon aus, dass derzeit in der Südpfalz lediglich Flächen mit Gemüse inkl. Tabak, Kartoffel und Zuckerrüben beregnet werden. Dies sind ausschließlich Kulturen, die als beregnungsbedürftig einzustufen sind.

Limitierend für die Intensität der landwirtschaftliche Beregnung in der Südpfalz ist derzeit die vorhandene Anlagenkapazität. Die Fachleute stufen die vorhandene Beregnungsinfrastruktur derart ein, dass nur 50 % einer aus Sicht des Bodenwasserhaushaltes optimalen Beregnungsmenge appliziert werden können.. Entsprechend wird davon ausgegangen, dass in der Südpfalz auch weiterhin die Beregnungsanlagen ausgebaut werden müssen, um eine optimale Beregnung gewährleisten zu können.

Bei den beregnungswürdigen Kulturen hat der Gemüsebau deutlich den höchsten zusätzlichen Wasserbedarf. Die meisten Gemüsekulturen wurzeln relativ flach (ca. 0,1 - 0,3 m). Ihren Wasserbedarf müssen sie aus einer geringmächtigen Bodenschicht decken, deren pflanzenverfügbare Bodenwasservorrat (nutzbare Feldkapazität) entsprechend rasch erschöpft ist. Bei den meisten Gemüsearten treten bereits bei einer vergleichsweise geringen Austrocknung des Bodens Qualitäts- und Ertragsminderungen auf. Je nach Kultur und Pflanzenstadium wird Gemüse

aus diesen Gründen bereits berechnet, wenn der Bodenwasserspeicher ca. 70 – 80 % der nutzbaren Feldkapazität unterschreitet.

3.3.1 Landwirtschaftliche Bodennutzung

Die angebauten Früchte auf den Berechnungsflächen wurde auf der Grundlage der Erhebungen des statistischen Landesamtes zur Bodennutzung abgeleitet. Detaillierte Aufschlüsselungen in der Agrarstruktur werden vom Statistischen Landesamt nur in Abständen von jeweils 4 Jahren erstellt (Bodennutzungshaupterhebung). Für die Projektbearbeitung standen entsprechende Daten zur landwirtschaftlichen Bodennutzung vom Statistischen Landesamt (**Anlage 3.5**) für die Erhebungsjahre 1999 und 2003 zur Verfügung. Kurz vor Abschluss des Projektes waren auch die Daten der Haupterhebung aus 2007 zugänglich, die im Nachgang für die Entwicklung der landwirtschaftlichen Berechnung noch ausgewertet wurden. In den Erhebungen vor 1999 wurde Gemüsebau, der den maßgebenden Berechnungsbedarf hat, nicht gesondert ausgewiesen.

In der Südpfalz dominiert der Getreideanbau auf knapp 60 % der Fläche. Der Anteil von Gemüse liegt bei rund 11 % und derjenige der Handelsgewächse (Tabak) beträgt rund 5 %. Auf rund 13 % der Fläche werden Zuckerrüben und auf rund 4 % der Fläche Kartoffeln angebaut. In der Vorderpfalz ist der Gemüseanbau auf rund 37 % und der Kartoffelanbau auf rund 24 % der Fläche wesentlich stärker vertreten. Vor allem der Getreideanteil liegt dagegen im Vergleich zur Südpfalz deutlich niedriger (Abbildung 1). Einen Sonderfall stellt Schifferstadt dar. Dort wurde 2003 auf 96 % der ackerbaulich genutzten Flächen Gemüse angebaut.

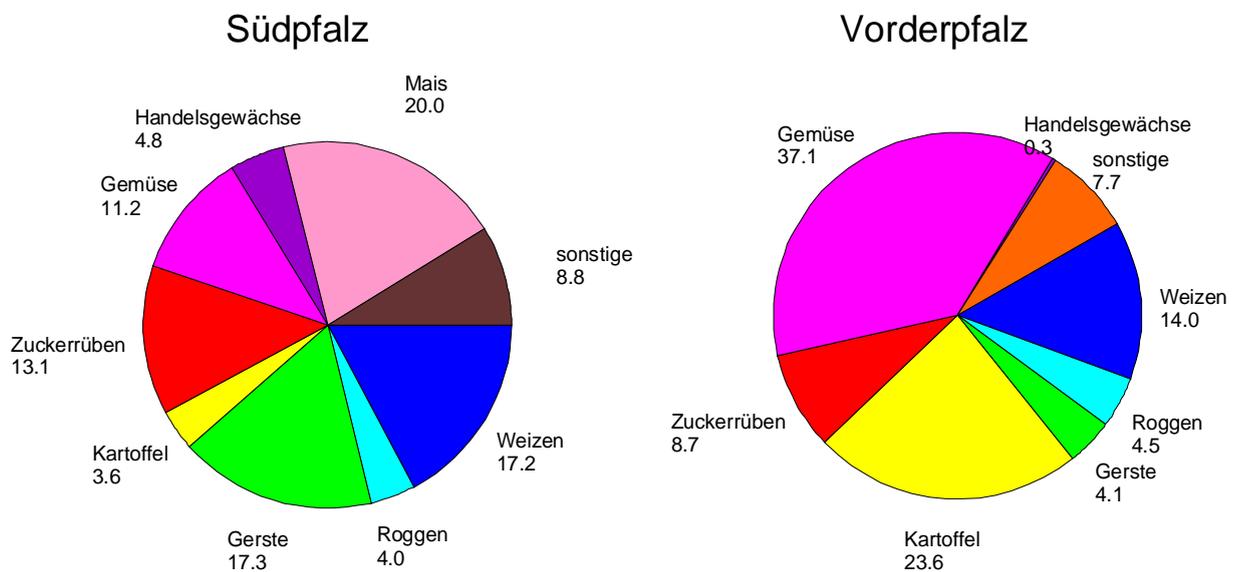


Abbildung 1: Bodennutzungsanteile auf der Grundlage der Bodennutzungshaupterhebung 2003 des Statist. Landesamtes

Die Bodennutzungsdaten werden vom Statistischen Landesamt auf Ebene der Landkreise bzw. der Kommunen aggregiert, wobei aus Datenschutzgründen einige Angaben nicht veröffentlicht

werden. Die räumliche Zuweisung der angebauten Kulturen ist daher nur eingeschränkt möglich. Es ist hierbei zu beachten, dass die Agrarstatistik die Flächen auf der Ebene der Verbandsgemeinden erfasst. Diese sind nicht vollständig identisch mit den in Anlage 3.4 dargestellten Berechnungsflächen. Diese Erhebungsdaten wurden in Abstimmung mit der Landwirtschaftskammer Rheinland-Pfalz für das Untersuchungsgebiet konkretisiert (Landwirtschaftskammer Rheinland-Pfalz 2008).

Auch in der Südpfalz zeigen sich lokale Unterschiede in den Hauptkulturen. Im nördlichen Bereich des Untersuchungsgebiets hat sich in der Südpfalz ein Gemüsebauschwerpunkt herausgebildet. In 2003 wurde nach den statistischen Daten in Dudenhofen auf 43 % und in Lingenfeld auf 28 % der ackerbaulich genutzten Fläche Gemüse angebaut. Einen überdurchschnittlichen Gemüsebauanteil haben auch die Gemeinde Hassloch (22 %) und die Verbandsgemeinde Bellheim (20 %). Mit Ausnahme von Dudenhofen wird für diese Gemeinden auch ein über dem Durchschnitt der Südpfalz liegender Anteil an Hackfrüchten ausgewiesen. Insgesamt beträgt der Anteil der berechnungsbedürftigen Kulturen (Gemüse, Hackfrüchte) in diesen 4 Gemeinden rund 50 %, während er im Mittel für die Südpfalz bei rund 30 % liegt.

Der Schwerpunkt des Tabakanbaus liegt in den Gemeinden Herxheim, Jockgrim und Kandel. Durch den Wegfall der Tabakförderung wird auf diesen Flächen die Bodennutzung umgestellt. Die Fachleute gehen davon aus, dass in der Südpfalz auf ca. 80 % der derzeitigen Tabakanbaufläche in naher Zukunft Gemüse angebaut wird.

Die Auswertungen der Bodennutzungshaupterhebungen zeigen, dass in der Südpfalz zwischen 1999 und 2007 die Gemüseanbaufläche um rund 90 ha/Jahr angewachsen ist. In der Vorderpfalz liegt der entsprechende Wert bei rund 130 ha/Jahr. In der Vorderpfalz fand der Zuwachs überwiegend im Zeitraum von 1999 bis 2003 statt, während der Anstieg der Gemüsebauflächen in der Südpfalz zu größeren Teilen im Zeitraum von 2003 bis 2007 lag und vermutlich noch anhält. Der Anteil der Hackfrüchte blieb weitgehend konstant.

3.3.2 Gemessene Berechnungsmengen

Die landwirtschaftliche Beregnung ist in der Südpfalz anders als in der Vorderpfalz überwiegend privat organisiert. Folgende Wasser- und Bodenverbände existieren derzeit in der Südpfalz (beregnete Verbandsfläche)

- Kreis Ludwigshafen-Süd (1.140 ha),
- Mechttersheim-Römerberg (48 ha),
- Zeiskam (126 ha),
- Hatzenbühl (590 ha).

Durch den hohen Anteil privater Beregnungsentnahmen ist die Qualität der Daten zu Beregnungsmengen sehr heterogen. Daten stehen im wesentlichen nur von Verbänden zur Verfügung. Ergänzend können die gut dokumentierten Mengen des Wasser- und Bodenverbandes zur Beregnung der Vorderpfalz herangezogen werden. Diese Daten wurden im Generalplan zur Beregnung der Vorderpfalz, Fortschreibung 2005 (SGD Süd) zusammengetragen. Sie erfassen

auch die hohen Berechnungsmengen aus dem trockenen Sommer 2003. Tabelle 1 zeigt eine Übersicht bekannter mittlerer und maximaler jährlicher Berechnungsmengen für Vorder- und Südpfalz.

Tabelle 1: Jährliche Berechnungsmengen der organisierten Verbände in der Vorder- und Südpfalz

	Berechnungshöhe [mm/a]		Berechnungsfläche [ha]	Anbau-schwerpunkt	Quelle
	Mittel	Maximum			
Vorderpfalz	103	163	12.488		SGD Generalplan 2005
Schifferstadt-West	163	265	575	Gemüse	SGD Generalplan 2005
Südpfalz					
Ludwigshafen-Süd (Dudenhofen u.a.)	(74) ¹⁾		1.140	Gemüse	Angaben SGD Süd (2004-2006)
Zeiskam	115		126	Gemüse	SGD Generalplan 2005
Hatzenbühl	34		590		SGD Generalplan 2005

¹⁾ nach langjährigen Betriebsdaten waren die Berechnungsmengen 2004 und 2006 etwas unter dem langjährigen Mittel

Eine Übertragung der gut dokumentierten Berechnungsmengen aus der Vorderpfalz ist jedoch u.a. wegen unterschiedlicher Anteile der Anbaukulturen sowie der räumlichen Variabilität des Bodenaufbaus und des Klimas nicht direkt möglich. Die Daten können eher im Sinne einer Plausibilitätsprüfung herangezogen werden.

3.3.3 Eingangsdaten zur Modellierung des Bodenwasserhaushalts

Um eine belastbare Abschätzung der Berechnungsmengen im gesamten Untersuchungsgebiet zu erhalten, wurden deshalb alternativ Modellrechnungen zum Bodenwasserhaushalt in den Berechnungsflächen durchgeführt.

Ziel einer Bewässerungssteuerung ist es, das Wasser in Menge und Verteilung zu applizieren, so dass die Pflanze hinsichtlich Menge und Qualität optimal ausgebildet wird und keine Nährstoffe unnötig in das Grundwasser ausgewaschen werden. Dies wird im Wesentlichen dadurch erreicht, dass eine Beregnung erfolgt, bevor der Bodenwassergehalt im Wurzelraum auf ein Maß abgesunken ist, das zu relevanten Qualitäts- und Ertragseinbußen führt. Derzeit wird eine Bewässerungssteuerung nach der Geisenheimer Methode, die den Bodenwasserhaushalt bilanziert, am geeignetsten für eine optimale Bewässerungssteuerung angesehen. Dieses Konzept wird auch vom DLR Rheinpfalz empfohlen und wurde für die beregneten Flächen in den Modellrechnungen umgesetzt.

Als Eingangsdaten für die Bodenwasserhaushaltsberechnungen werden benötigt:

- Niederschlag und Verdunstung im Untersuchungsgebiet,
- hydraulische Eigenschaften der Böden,
- Bodennutzung (angebaute Kulturen).

Niederschlag und Verdunstung

Aus dem Messnetz des DLR wurden für die Stationen Schifferstadt, Neustadt a. d. Weinstraße, Lustadt und Herxheimweyher für den Zeitraum 01.01.1998 bis 31.12.2004 Tageswerte des Niederschlags und der Basisdaten zur Berechnung der Verdunstung bereitgestellt. In dem Zeitraum liegen sowohl klimatische Normaljahre als auch Nass- (2001) und Trockenjahre (2003). Vom LUWG konnten keine vollständigen Datensätze für einzelne Klimastationen zur Verfügung gestellt werden.

Tabelle 2: Niederschläge an dem DLR-Klimastationen für den Zeitraum 01.01.1998 - 31.12.2004

	Mittlere Jahresniederschläge [mm]		
	Winter (01.10-31.03.)	Sommer (01.04.-30.09.)	Jahr
Neustadt a.d.W.	259	326	585
Lustadt	294	346	640
Herxheimweyher	344	388	732

Die räumlichen Verteilungsmuster des Niederschlags wurden in einer multivariaten linearen Regression aus Rasterdaten (Rasterweite 500 m) der monatlichen Niederschlagssummen des LUWG für die Zeitreihe 1960-1990 (Daten LUWG) berechnet. Die räumliche Verteilung des auf diesen Daten berechneten mittleren Jahresniederschlags zeigt **Anlage 3.6**. Die räumliche Verteilung der potentiellen Evapotranspiration wurde über eine räumliche lineare Interpolation der Messwerte der Klimastationen für jeden Zeitpunkt berechnet.

Die Jahresniederschläge variieren deutlich im Untersuchungsgebiet und schwanken zwischen rund 500 und 1.000 mm. Das Minimum mit 500 mm/a liegt bei Haßloch. Nach Süden nehmen die Niederschläge zu und erreichen im Bienwald eine Höhe von rund 750 mm/a. Einen ausgeprägten Anstieg zeigt die Niederschlagsverteilung am Hardtrand, wo die max. Niederschlagshöhen im Untersuchungsgebiet mit rund 1.000 mm/a erreicht werden. Diese deutlichen räumlichen Unterschiede in den Jahresniederschlägen sind im Sommerhalbjahr weniger ausgeprägt (siehe Tabelle 2).

Hydraulische Eigenschaften der Böden

Für die Beurteilung des Wasserhaushaltes des Bodens sind die Speicher- und Durchlässigkeitseigenschaften (bodenhydraulische Eigenschaften) mitentscheidend. Als Arbeitsgrundlage

standen die digitalen Bodenflächendaten (Kartiermaßstab 1:50.000) innerhalb des Modellgebiets vom LGB zur Verfügung.

Zunächst wurden den einzelnen Bodenarten ihre bodenhydraulischen Kennwerte aus der Bodenkundlichen Kartieranleitung (2005) zugewiesen. In einer Clusteranalyse mit den Kriterien Schichtmächtigkeit, Speichervermögen und Durchlässigkeit wurden insgesamt 10 Bodeneinheiten klassifiziert, die jeweils vergleichbare bodenhydraulische Eigenschaften aufweisen (**Anlage 3.7**).

Die Parametrisierung der Speicher- und Durchlässigkeitseigenschaften in den Bodenfeuchtesimulationen (s. Kapitel 3.3.4) erfolgte nach dem Ansatz von Mualem-van Genuchten. Die entsprechenden Kennwerte wurden der Bodenkundlichen Kartieranleitung (2005) entnommen.

Bodennutzung (angebaute Kulturen)

Grundlage für die in den Modellrechnungen abgebildeten Früchte ist die Bodennutzungshaupterhebung vom Statistischen Landesamt für das Erhebungsjahr 2003. Als berechnungsbedürftig werden Gemüse, Hackfrüchte und Tabak eingestuft. Die übrigen Früchte wurden in den Berechnungen als nicht beregnet implementiert.

Nach Einschätzung der Landwirtschaftskammer geben die statistischen Daten zur ackerbaulichen Bodennutzung auf Kreisebene die tatsächlichen Verhältnisse angemessen wieder. Eine Aussage auf Verbandsgemeindeebene ist jedoch nicht möglich, da z.B. die Anbauverhältnisse jährlich wechseln und ein ständiger Flächentausch stattfindet (Schreiben Landwirtschaftskammer vom 26.02.2008). Andererseits zeigt die Agrarstatistik innerhalb der Südpfalz eine räumliche Differenzierung einzelner Nutzungen (z.B. höherer Gemüseanteil in den nördlichen Gemeinden des Untersuchungsgebiets).

Um einen ausgewogenen Kompromiss bei der räumlichen Verteilung in der Bodennutzung zu finden, wurden im Untersuchungsgebiet auf der Grundlage der Daten des Statistischen Landesamtes (s. Anlage 3.5) drei Gebiete mit einheitlichen Nutzungsanteilen abgegrenzt. Das Gebiet I umfasst im Wesentlichen die Gemeinden Dudenhofen und Lingenfeld. Es umreißt damit den Schwerpunkt des Gemüsebaus in der Südpfalz, der mit 36 % der ackerbaulich genutzten Fläche angesetzt wurde. Der Anteil der Hackfrüchte beträgt 20 %. Das Gebiet II umfasst die übrigen ackerbaulich genutzten Flächen im nördlichen Untersuchungsgebiet. Die Flächenanteile von Gemüse und Hackfrüchte betragen jeweils 20 %. In Gebiet III liegen die südlichen ackerbaulich genutzten Flächen. Im südlichen Teil ist der Gemüsebau noch wenig ausgeprägt (10 %). Der Anteil der Flächen, auf denen Hackfrüchte und Tabak angebaut werden, beträgt 20 %.

3.3.4 Modellierung des Bodenwasserhaushaltes

Der Berechnungsbedarf landwirtschaftlicher Flächen wird im Wesentlichen von der Witterung, dem Bodenaufbau, den angebauten Früchten und Fruchtfolgen, dem Grundwasserabstand sowie der Vorfeuchte des Bodens bestimmt. Ein Berechnungsbedarf entsteht dann, wenn eine

Restfeuchte im Boden unterschritten wird, die zu relevanten qualitativen und quantitativen Einbußen in den Erträgen führt.

Die Modellierung des Bodenwasserhaushaltes ist aufgrund der vielfältigen hydrologischen Prozesse außerordentlich komplex. Den vielschichtigsten Prozess bildet die tatsächliche Evapotranspiration. Sie wird neben den klimatischen Bedingungen primär von der Vegetation und den bodenhydraulischen Eigenschaften bestimmt. Die Evapotranspiration von bewachsenen Flächen kann im Wesentlichen in die drei Teilprozesse Interzeptionsverdunstung, Evaporation (Bodenverdunstung) und Transpiration (Verdunstung über die Pflanzen) untergliedert werden.

In der eingesetzten Software MIKE SHE zur Modellierung des Beregnungsbedarfs wird die Interzeption als eine Funktion des Blattflächenindex abgebildet. Bei gefülltem Interzeptionsspeicher entspricht die Interzeptionsverdunstung der potentiellen Evapotranspiration. Über einen Speicheransatz für die oberste Bodenschicht (Modellelement) wird auch die Evaporation beschrieben.

Wenn die oberste Bodenschicht weitgehend gesättigt ist (Wassergehalt über Feldkapazität), beträgt der Anteil der Evaporation an der Gesamtverdunstung 20 %. Dieser Wert wurde bei empirischen Untersuchungen auf landwirtschaftlichen Flächen gefunden. Bei geringeren Bodenwassergehalten wird die Evaporation durch Koeffizienten abgemindert.

Auf vegetativen Flächen wird der Verdunstungsanspruch der Atmosphäre zum größten Teil über die Pflanzentranspiration abgedeckt. Die Wasseraufnahme erfolgt über den im Modell abgebildeten Wurzelraum. Die potentielle Transpirationsrate wird in Bereichen sehr hoher Bodenfeuchten (die Pflanzenwurzeln werden nicht ausreichend mit Sauerstoff versorgt) und niedriger Bodenfeuchten (Trockenstress) abgemindert. Ebenfalls wird die Wurzelentwicklung bei einjährigen Kulturen berücksichtigt.

Die Bodenwasserbewegung wird durch die Richards-Gleichung beschrieben. Die Parametrisierung der bodenhydraulischen Eigenschaften erfolgte mit dem Ansatz von Mualem - van Genuchten.

Die potentielle Evapotranspiration wurde auf Tageswertbasis nach Penman-Monteith (Grasreferenzverdunstung) ermittelt. Der von der Grasreferenzverdunstung abweichende Wasserbedarf der einzelnen Pflanzen wurde mit k_c -Faktoren nach der Geisenheimer Methode beschrieben.

Verluste bei der Wasserverteilung (z.B. durch Windeinwirkungen, Leckagen) werden bei dem rechnerisch ermittelten Beregnungsbedarf nicht berücksichtigt.

Der Gang des Wassergehalts im Boden und damit der Beregnungsbedarf ist ein Resultat der Modellrechnungen. In den hier durchgeführten Simulationen wird prinzipiell die Bewässerungssteuerung nach der Geisenheimer Methode umgesetzt, die die hydraulischen Bodeneigenschaften, den Wasserverbrauch der angebauten Kulturen und die klimatischen Verhältnisse am Standort (klimatische Wasserbilanz) als Eingangsgrößen berücksichtigt. Beim Unterschreiten bestimmter Restfeuchtegehalte im Boden (effektiver Wurzelraum) werden die in der landwirt-

schaftlichen Praxis üblichen Regengaben in den Modellrechnungen zusätzlich berücksichtigt und als Berechnungsergebnis ausgeworfen.

In der Südpfalz werden in der landwirtschaftlichen Praxis derzeit Gemüse, Kartoffel, Zuckerrüben und Tabak berechnet. In den Modellrechnungen wurden für Gemüseanbauflächen einjährige Kulturen (z.B. Karotten, Zwiebel oder Kopfsalat) betrachtet, wobei in jeder Vegetationsperiode der Anbau von 2 Kulturen in den Modellrechnungen angesetzt wurde. Für Hackfrüchte wurden Zuckerrüben betrachtet, die im Vergleich zur Kartoffel wesentlich häufiger in der Südpfalz angebaut werden. Die Tabakflächen wurden vereinfachend wie Hackfrüchte in den Modellrechnungen behandelt. Die k_c -Werte für den pflanzenspezifischen Wasserbedarf wurden der Fachliteratur entnommen.

Im Mittel der Jahre 1998-2004 schwankten die rechnerischen Berechnungsmengen für Gemüse je nach räumlicher Lage zwischen 169 mm/a und 227 mm/a. Die entsprechenden Werte für die Hackfrüchte betragen 26 mm/a bis 70 mm/a. Die Extreme der Jahresmengen des Berechnungswassers schwankten bei Gemüse zwischen 102 mm in 2000 und 322 mm in 2003. Bei Hackfrüchten wurde für 2003 bei ungünstigen Bodeneigenschaften ein max. Berechnungsbedarf von 144 mm ermittelt. In 2000 mit einem feuchten Frühjahr und Sommer gab es hingegen praktisch keinen Berechnungsbedarf für Hackfrüchte in der Südpfalz.

Insgesamt erscheint es vor dem Hintergrund der erarbeiteten räumlichen Auflösung der Bodennutzung gerechtfertigt, für 3 Bereiche die Berechnungsmengen zu mitteln. Im nördlichen Teil bis auf die Höhe einer Linie von Landau nach Germersheim liegen die Bereiche mit Schwerpunkten im Gemüsebau. Für diese nördliche Zone wird die mittlere Beregnungshöhe bezogen auf die gesamte Beregnungsfläche (siehe Anlage 3.4) zu 85 mm/a berechnet.

In der mittleren Zone bis auf eine Linie Billigheim-Ingenheim – Herxheim – Hördt und dem anschließenden südlichen Bereich ist der Anteil der hinsichtlich des Bodenwasserhaushalts günstigen Lössboden höher (siehe Anlage 3.7). In diesen Zonen liegt auch der Anteil des bewässerungsintensiven Gemüsebaus deutlich niedriger. Die theoretisch für eine optimale Bewässerungssteuerung erforderliche mittlere Beregnungshöhe beträgt in der mittleren Zone 56 mm/a und auf den weiter südlich gelegenen Beregnungsflächen beträgt dieser Wert 43 mm/a. Die Unterschiede zwischen diesen beiden Zonen sind auch klimatisch bedingt, da die Niederschläge auch im Sommerhalbjahr (Vegetationsperiode) nach Süden zunehmen.

3.3.5 Beregnungsszenarien

Für die Einschätzung der Beregnungsentnahmen auf den Grundwasserhaushalt wurden insgesamt die drei Szenarien

- Bezugszustand 2003,
- Mittelfristige Prognose und
- Zukunftsszenario

entwickelt.

Die Szenarien wurden in einer gemeinsamen Sitzung mit Landwirtschaftskammer, Bauern- und Winzerverband, DLR, LUWG und Vertretern der Wasser- und Bodenverbände abgestimmt.

Bezugszustand 2003

Der Bezugszustand erfasst die mittleren Beregnungshöhen unter den Nutzungsbedingungen des Jahres 2003. Das Grundwassermodell, das zur Prognose der Beregnungsentnahmen auf die Grundwasserstände aufgebaut wurde (siehe Kapitel 4), wurde für die mittleren Grundwasserstände aus dem September 2003 kalibriert. Für 2003 liegt ferner eine Bodennutzungshaupterhebung des Statistischen Landesamtes vor, die auch zur Ermittlung des Beregnungsbedarfs bei optimaler Bewässerungssteuerung ausgewertet wurde (s. Kap. 3.3.4).

Nach Einschätzung der oben genannten Fachvertreter konnte der theoretisch erforderliche Beregnungsbedarf nicht gedeckt werden, weil die technischen Voraussetzungen in der Südpfalz hierzu nicht gegeben waren. Für das Jahr 2003 wird von einem Ausbaugrad der Beregnung von 50 % bezogen auf die erforderlichen Anlagen zur Deckung des theoretischen Beregnungsbedarfs ausgegangen. Die tatsächlichen Beregnungshöhen in 2003 in den drei Zonen ergeben sich daher aus den angesetzten mittleren optimalen Beregnungshöhen multipliziert mit dem Faktor 0,5:

- Nord: 43 mm/a,
- Mitte: 28 mm/a,
- Süd: 22 mm/a.

In diese Mengenabschätzung fügen sich plausibel die Messdaten von den Beregnungsverbänden ein. Für Dudenhofen (nördliche Zone) wurde eine mittlere Beregnungshöhe von 74 mm und für Hatzenbühl (südliche Zone) von 34 mm gemessen (s. Tabelle 1). Die Fachvertreter schätzen die technische Ausrüstung der Verbände als vergleichsweise gut ein, woraus eine höhere Abdeckung des theoretischen Beregnungsbedarfs resultiert.

Für die Südpfalz errechnet sich hieraus eine Grundwasserentnahme zur landwirtschaftlichen Beregnung von ca. 9,2 Mio. m³ im Bezugsjahr 2003.

Mittelfristige Prognose

In den vergangenen Jahren wurde bereits spürbar in den Ausbau der Beregnungsanlagen in der Südpfalz investiert. Nach den Angaben der Fachvertreter ist davon auszugehen, dass etwa bis 2010/2012 rund 70 % des theoretischen mittleren Wasserbedarfs in der landwirtschaftlichen Praxis aufgebracht werden können.

Die Agrarstatistik zeigt, dass zwischen 1999 und 2007 der jährliche Zuwachs an Gemüsebauflächen in der Südpfalz lediglich 90 ha bei einer Beregnungsfläche von insgesamt ca. 27.000 ha betrug. In der Vorderpfalz war der Vergleichswert 130 ha. Allerdings ist zu erkennen, dass sich zwischen 2003 und 2007 der Zuwachs in der Vorderpfalz verlangsamt, in der Südpfalz dagegen beschleunigt hat.

Es ist weiterhin relevant, dass durch die Veränderungen in der Agrarförderung der EU der Tabakanbau weitgehend aufgegeben wird. Die Fachvertreter gehen davon aus, dass die Tabakanbauflächen zu rund 80 % in Gemüsebau umgewandelt werden. Diese Änderungen betreffen überwiegend das südliche Untersuchungsgebiet (Zone Mitte und Süd), wo die Anbauschwerpunkte für Tabak in der Südpfalz liegen. In diesen Gebieten steigt der Gemüseanteil durch diese Nutzungsänderung von 10 % auf insgesamt rund 15 %. Im Norden ist die Umwandlung der Tabakflächen für die Berechnungsmengen unbedeutend.

Die Berechnungsflächen (siehe Anlage 3.4) verändern sich gegenüber 2003 nicht.

Es wird davon ausgegangen, dass die hier kurz umrissenen Entwicklungen in der landwirtschaftlichen Berechnung etwa 2012-2015 im vollen Umfang eingetreten sein werden.

Für das mittelfristige Szenario ergeben sich durch den höheren Ausbaugrad der landwirtschaftlichen Berechnung (theoretischer Berechnungsbedarf multipliziert mit dem Faktor 0,7) und durch den Zuwachs der Gemüseanbauflächen im Süden für die Umwandlung der Tabakflächen (Zuschlag von 5 mm in den Zonen Mitte und Süd) folgende Berechnungshöhen:

- Nord: 60 mm/a,
- Mitte: 45 mm/a,
- Süd: 35 mm/a.

Für die Südpfalz errechnet sich hieraus für die mittelfristige Prognose eine Grundwasserentnahme zur landwirtschaftlichen Berechnung von ca. 14 Mio. m³/a bei mittleren klimatischen Verhältnissen.

Zukunftsszenario

Für die fernere Zukunft wird weiterhin von den derzeitigen Berechnungsflächen ausgegangen. Der Ausbaugrad der Berechnung wird optimiert und beträgt dann 100 %. Der Berechnungsbedarf steigt aufgrund des pflanzenoptimierten Wasserbedarfs (Berechnung weiterer Kulturen, Intensivierung des Gemüsebaus, klimatische Veränderungen, Anstieg des Gemüsebaus im Süden) noch etwas gegenüber den berechneten Werten bei optimaler Steuerung für Gemüse und Hackfrüchte an.

Im nördlichen Bereich nähert sich dann die zukünftige Berechnungsintensität derjenigen in der Vorderpfalz an, wo bereits im Zeitraum 1991-2003 im Mittel 103 mm/a als Berechnungswasser aufgebracht wurden.

Es werden folgende mittlere Berechnungshöhen angesetzt:

- Nord: 100 mm/a,
- Mitte: 90 mm/a,
- Süd: 80 mm/a.

Für die Südpfalz errechnet sich hieraus für das Zukunftsszenario eine Grundwasserentnahme zur landwirtschaftlichen Berechnung von ca. 25 Mio. m³/a bei mittleren klimatischen Verhältnissen.

3.4 Übernahme der Beregnungsbrunnen ins Grundwassermodell

Die bekannten Beregnungsbrunnen wurden lagegerecht in das Grundwassermodell übernommen. Die aktenmäßig mit Lagekoordinaten erfassten Beregnungsbrunnen sind in Anlage 3.2 dargestellt. Von den insgesamt 812 Brunnen liegen 13 Brunnen außerhalb des Modellgebietes.

Der Vergleich der Landnutzung mit der Lage der Beregnungsbrunnen (siehe Anlage 3.2) zeigt weiterhin, dass einige Brunnen nicht im Bereich landwirtschaftlich genutzter Flächen liegen, sondern z.B. in den Weinbauflächen. Diese werden im Folgenden nicht weiter betrachtet. Insgesamt liegen 674 der aktenmäßig erfassten Beregnungsbrunnen innerhalb der im Grundwassermodell festgelegten Beregnungsflächen. Andererseits existieren Beregnungsflächen, in denen auf Grundlage der Access-Datenbank keine Beregnungsbrunnen in plausibler räumlicher Nähe vorhanden sind. In wenigen Teilbereichen wurden daher für die Modellrechnungen insgesamt 18 „virtuelle Brunnen“ eingeführt, um die Grundwasserentnahmen in diesen Bereichen zu berücksichtigen. Somit wurden insgesamt 692 Beregnungsbrunnen in den Grundwassermodellrechnungen berücksichtigt.

Für die Übernahme der Beregnungsentnahmen in das Grundwassermodell ist es entscheidend, aus welchem der bis zu 5 Grundwasserleiter die Beregnungsentnahme erfolgt. Insgesamt ist für ca. 2/3 (458 Stück) der in das Grundwassermodell implementierten Beregnungsbrunnen eine Angabe über die Brunnenteufe und für 1/5 (141 Stück) der Brunnen eine Angabe über die Filterstrecke vorhanden. Die Brunnen mit bekannten Teufen wurden mit der Höhenlage des OZH verglichen. Die Entnahme der Brunnen, deren Endteufe über der Basis des OZH liegt, wurde dem OGWL zugeordnet. Die Entnahme der Brunnen, deren Endteufe deutlich unter der Basis des OZH liegt, wurde entsprechend auf zwei oder je nach Endteufe auf bis zu fünf Grundwasserleiter verteilt. Von den Brunnen mit Angabe der Teufe entnehmen demnach genau 50 % (229 Stück) der Brunnen aus dem OGWL. **Anlage 3.8** zeigt die Lage der flachen Brunnen (Entnahme aus dem OWGL), der tiefen Brunnen (Entnahme aus OGWL und/oder MGWL und oder UWGL) und der Brunnen mit unbekannter Teufe. Auffällig ist, dass z.B. im Osten des Untersuchungsgebietes fast ausschließlich flache Brunnen vorkommen, während weiter westlich der Hauptanteil bei den tiefen Brunnen liegt. Dies ist hydrogeologisch bedingt, da der OZH von Osten nach Westen ansteigt und somit die Mächtigkeit des OGWL und somit die Grundwasserhöflichkeit abnimmt.

Die Entnahmen der Brunnen mit unbekannter Teufe wurden auf die unterschiedlichen Grundwasserleiter verteilt, wie es dem Verhältnis benachbarter Brunnen mit bekannter Teufe entspricht.

4 Aufbau des dreidimensionalen Grundwassermodells

Für eine adäquate Bearbeitung der grundwasserhydraulischen Fragestellung ist wegen der komplexen hydrogeologischen Situation im Untersuchungsgebiet sowie der intensiven Wechselwirkungen zwischen Oberflächengewässer und Grundwasser und der geringen Flurabstände (feuchtsensible Flächen) der Aufbau eines dreidimensionalen Modells erforderlich.

Das Untersuchungsgebiet reicht vom Rhein im Osten bis in etwa zu der Linie Neustadt-Landau-Bad Bergzabern im Westen. Im Norden schließt es die Ortslagen Neustadt, Haßloch und Schifferstadt mit ein, während der südliche Modellrand entlang der Lauter auf der Linie Wissembourg-Lauterburg verläuft. Der Raum des Grundwassermodells umfasst alle aktenkundigen Beregnungsbrunnen im Oberrheingraben im Bereich der Südpfalz.

4.1 Hydrogeologische Schematisierung

Für das Grundwassermodell wird für die hydrogeologische Schematisierung die bereits skizzierte hydrogeologische Situation der HGK Karlsruhe-Speyer übernommen. Der nördliche Bereich wird in Anlehnung an die HGK Rhein-Neckar hydrogeologisch schematisiert (siehe Kapitel 2.1). Der Übergangsbereich zwischen den beiden Kartierungen wurde vom Landesamt für Geologie und Bergbau eigens für dieses Vorhaben neu bearbeitet und die gesamte hydrogeologische Schematisierung mit diesem abgestimmt.

Als Modellbasis wird die Oberkante des Festgesteins angesetzt (siehe Anlage 2.2). Alle vier flächenhaft verbreiteten Trennhorizonte (OZH, ZH3, UZH, TZH) werden entsprechend den in der HGK dargestellten Höhenlagen und Mächtigkeiten in das Grundwassermodell übernommen. Den Trennhorizonten wird jeweils ein einheitlicher k_f -Wert im gesamten Modellgebiet zugewiesen.

Die hydrogeologische Schematisierung der HGK Karlsruhe-Speyer sowie der HGK Rhein-Neckar wurde für ein großräumiges Untersuchungsgebiet erstellt und ist daher insbesondere für großräumige Betrachtungen geeignet. Kleinräumige geologische Schichten und Differenzierungen können in diesem Maßstab nicht erfasst werden. So ist z.B. die oberflächennahe Deckschicht im Bereich Speyerdorf (Björnsen, 2007) dort nicht erfasst. Die Auswertung einiger Bohrprofile im Untersuchungsgebiet zeigte, dass in Detailbereichen die Lage des OZH nicht immer teufengerecht zu den Einzelbohrungen ist. Für die im Rahmen der Aufgabenstellung zu untersuchende großräumige Grundwasserströmung und Grundwasserbeeinflussung ist jedoch entscheidend, dass hydraulisch wirksame Trennschichten im Grundwasserkörper in der hydrogeologischen Schematisierung abgebildet werden wie sie die HGK ausweist.

Für die Brunnen der Trinkwasserversorgung VG Kandel, die Brunnen der VG Herxheim und des WVZW Impflinger Gruppe sind in hydrogeologischen Gutachten von HG (HG, 2000a und 2000b) Pumpversuche dargestellt und ausgewertet.

Die Geländeoberfläche im Modellgebiet wurde aus dem digitalen Höhenmodell der LUBW entwickelt.

4.2 Modellrandbedingungen und Diskretisierung

Die Modellstruktur resultiert primär aus der hydrogeologischen Schematisierung, dem Verlauf der Oberflächengewässer und der Lage der Brunnen. **Anlage 4.1** zeigt den Verlauf der Modellgrenzen sowie die Modellrandbedingungen. Der westliche Modellrand entspricht dem Rand der Lockersedimente zum Pfälzerwald hin. Im Süden verläuft der Modellrand entlang der Lauter, die als Leakage-Randbedingung in das Grundwassermodell implementiert wird. Den östlichen Modellrand bildet der Rhein als Festpotentialrand. Zur Bestimmung der Rheinwasserstände wurden die Wasserstandsmessungen der beiden im Untersuchungsgebiet gelegenen Pegel Speyer und Maxau sowie der südlich bzw. nördlich außerhalb des Modellgebiets befindlichen Pegel Plittersdorf und Mannheim erhoben. Im Norden verläuft der Modellrand weitgehend entlang einer Stromlinie, bereichsweise wurde der Modellrand entlang einer Potentiallinie abgegrenzt. Hierzu wurden aus den Grundwassergleichenplänen verschiedener Jahre (1990, 2003) lage-stabile Strom- und Potentiallinien ermittelt.

Anlage 4.1 zeigt ebenfalls das Finite-Elemente-Netz. Das Netz umfasst ca. 37.000 Knoten und knapp 47.000 Elemente. Die Netzstruktur orientiert sich am Verlauf der im Modell implementierten Oberflächengewässer und an der Lage der erfassten Brunnen. Hierbei wurden die Trinkwasserbrunnen, Brunnen aus Gewerbe bzw. Industrie sowie die Beregnungsbrunnen berücksichtigt (siehe Anlage 2.1). Die im Modell implementierten Entnahmeknoten entsprechen der tatsächlichen Lage der Brunnen. Das Netz wurde im Bereich der Brunnen logarithmisch verfeinert, um die dort auftretenden steilen hydraulischen Gradienten adäquat abbilden zu können.

In vertikaler Richtung ist das FE-Netz aus verschiedenen Elementschichten aufgebaut, welche entsprechend der hydrogeologischen Schematisierung der HGK Karlsruhe-Speyer angeordnet sind. Die verschiedenen Elementschichten entsprechen dabei Schichten einheitlicher geologischer Eigenschaften. Wo eine Schicht auskeilt, fallen im Modell die Knotenschichten für die Ober- und Unterkante dieser Schicht zusammen. Insgesamt ist das FE-Netz des Grundwassermodells vertikal aus 11 Knoten- und 10 Elementschichten aufgebaut. Die oberste Elementschicht entspricht in etwa der ungesättigten Zone. Die zweite Elementschicht beschreibt den OGWL und die dritte Elementschicht den OZH. Die vierte Elementschicht entspricht dem MGWLo, die fünfte Elementschicht dem ZH3, die sechste Elementschicht dem MGWLu, die siebte Elementschicht dem UZH, die achte Elementschicht dem UGWLo, die neunte Elementschicht dem TZH und schließlich die zehnte Elementschicht dem UGWLu. **Anlage 4.2** zeigt einen exemplarischen hydrogeologischen West-Ost-Querschnitt durch das Modellgebiet, der in etwa auf der Höhe von Landau verläuft. Nach Osten hin nimmt die Aquifermächtigkeit sowie die Anzahl der Trennschichten deutlich zu. In **Anlage 4.3** ist das FE-Netz in einer 3D-Ansicht dargestellt.

4.3 Flächenhafte Grundwasserneubildung

Die Grundwasserneubildung als Zusickerung von Niederschlagswasser aus der ungesättigten Bodenzone in das Grundwasser ist ein sehr komplexer Prozess. In zahlreichen Untersuchungen hat es sich gezeigt, dass die mittlere jährliche Grundwasserneubildung nach dem Regressionsverfahren von Renger/Wessolek hinreichend berechnet werden kann. Die verwendeten Regressionskoeffizienten wurden im Rahmen einer Untersuchung für den Umlandverband Frankfurt speziell an die klimatischen Bedingungen im Großraum Frankfurt (dem der Modellraum zugehört) angepasst (Wessolek 1992). Die gefundenen Koeffizienten sind auf die klimatischen Verhältnisse im Untersuchungsgebiet übertragbar (HGK Rhein-Neckar 1999). Folgende Gleichungen wurden verwendet:

Ackernutzung

$$G_{neu} = (1,03 \times N_W + 0,86 \times N_S - 128,2 \times \log nFK-We - 0,05 \text{ Haude} - 92,9)$$

Grünland

$$G_{neu} = (1,024 \times N_W + 0,914 \times N_S - 118,3 \times \log nFK-We - 0,151 \text{ Haude} - 122,75)$$

Wald

$$G_{neu} = (0,907 \times N_W + 0,925 \times N_S - 129,8 \times \log nFK-We - 0,13 \text{ Haude} - 118,92)$$

Siedlung

$$G_{neu} = 1/3 \text{ „Grünland“}$$

Offene Wasserflächen

$$G_{neu} = N_W + N_S - ETP (\text{Haude})$$

G_{neu} :	mittlere Grundwasserneubildungsrate [mm/a]
N_W :	mittlerer Winterniederschlag (01.10.-31.3) [mm]
N_S :	mittlerer Sommerniederschlag (01.04.-30.09.) [mm]
nFK-We:	nutzbare Feldkapazität im effektiven Wurzelraum[mm]
Haude:	potentielle Jahresverdunstung nach Haude [mm]

Als Daten des Niederschlags standen die Monatssummen des Niederschlags auf Rasterbasis (500 m x 500 m) von 1960 bis 1990 vom LUWG zur Verfügung. Die Niederschlagsdaten wurden entsprechend der in den Regressionsgleichungen benötigten Formeln aufbereitet. Die räumliche Verteilung der potentiellen Evapotranspiration wurden aus dem Hydrologischen Atlas Rheinland-Pfalz übernommen. Die Stützstellen zur Regionalisierung für die Verdunstungshöhe stammen von Klimastationen des DLR (s. Kapitel 3.3.3).

Die Klassifizierung der Bodennutzung basiert auf CORINE Land Cover 2000 (Umweltbundesamt, DLR-DFD 2004). Mit Hilfe eines GIS wurden die Nutzungsklassen Acker, Grünland, Wald entsprechend der Regressionsansätze nach Renger/Wessolek sowie Siedlung und offene Wasserflächen abgeleitet (Anlage 3.2).

Die Bodenklassifizierung erfolgte auf Basis der aktuellen digitalen Bodenflächendaten (1:50.000) des LGB. Der digitalen Bodenkarte sind Kennwerttabellen für die Ermittlung der nutzbaren Feldkapazität beigelegt. Diese Bodenklassifizierung wurde GIS-gestützt mit den Nutzungsklassen verschnitten und daraus die nutzbare Feldkapazität im effektiven Wurzelraum (nFK-We) berechnet.

Als effektive Durchwurzelungstiefe wurde für einjährige landwirtschaftliche Nutzpflanzen 1,0 m, für Grünland 0,8 m und für Waldbestände 1,5 m angenommen. Bei geringen Flurabständen resultiert das pflanzenverfügbare Bodenwasser auch aus dem kapillaren Aufstieg aus dem Grundwasser. Die mittleren Aufstiegsraten wurden unter Berücksichtigung des Bodentyps an die Angaben der Bodenkundlichen Kartieranleitung (2005) angelehnt. Als Bezugsgrundwasserstand dienten die mittleren Grundwasserstände vom September 2003. Von Bedeutung ist der kapillare Aufstieg für das pflanzenverfügbare Bodenwasser unter den genannten Randbedingungen im Wesentlichen für Waldflächen.

Durch landwirtschaftliche Beregnung wird das Absinken der Bodenfeuchte in diesen Gebieten teilweise kompensiert. Der Bodenwasserspeicher ist vor Beginn der Wiederauffüllung in den Herbstmonaten stärker gefüllt und die Grundwasserneubildung setzt entsprechend früher ein. Diese Zusammenhänge wurden berücksichtigt, indem in den Beregnungsgebieten die Grundwasserneubildung pauschal um 20 mm erhöht wurde.

Die Grundwasserneubildung unter Siedlungsflächen wurde mit einem Drittel der Grundwasserneubildung unter Grünland abgeschätzt. Dieser pragmatische Ansatz scheint unter den klimatischen Bedingungen Südhessens zu einer ausreichenden Genauigkeit zu führen und wurde vielfach angewandt (z.B. Grundwasserbewirtschaftungsplan Hessisches Ried, RP Darmstadt 1999, HGK Rhein-Neckar-Raum 1999).

Die Grundwasserneubildung offener Wasserflächen wird mit der klimatischen Wasserbilanz approximiert.

Die für mittlere klimatische Verhältnisse ermittelte Grundwasserneubildung ist in **Anlage 4.4** dargestellt und beträgt im gesamten Modellgebiet 192 Mio. m³/a. Bei einer Gesamtfläche von knapp 1055 km² ergibt sich eine mittlere Grundwasserneubildung von 185 mm/a.

4.4 Oberflächengewässer

Bei der Implementierung der Oberflächengewässer in das Modell wurden, soweit vorhanden, Sohlhöhen und Wasserspiegellagenberechnungen berücksichtigt. Die Wechselwirkungen zwischen Vorfluter und Grundwasser erfolgen im Wesentlichen durch Infiltration aus dem Oberflächengewässer in das Grundwasser oder Exfiltration von Grundwasser in das Oberflächengewässer. Dies wird modelltechnisch über Vorfluterpotentiale (Wasserstände) und Leakagekoeffizienten (Faktor zur Beschreibung der Durchlässigkeit des Gewässerbettes) umgesetzt.

Für die Lauter im Süden, die Bienwaldgewässer und den Otterbach lagen Wasserspiegellagenberechnungen vor. Vermessungsdaten zu den Sohlhöhen waren für den Erlenbach, Klingbach, die Queich, Woogbach sowie Rehbach und Speyerbach im Norden vorhanden.

Im Bereich des Hochgestades verlaufen die Bachläufe zumeist in tief eingeschnittenen Rinnen. Teils sind aber auch größere Absturzbauwerke vorhanden (Queich und Hofgraben).

Der Abfluss des Hofgrabens und der Druslach wird durch die Überleitung von der Queich über den Fuchsbach bestimmt. Über die Mengen liegen keine Angaben vor. Die Druslach verläuft in einer Erosionsrinne, während das Wasser des Hofgrabens über 3 Absturzbauwerke am Rande des Hochgestades abströmt. Beide Gewässer fließen dem Lingenfelder Altrhein zu, der ohne Schöpfwerk in den Rhein mündet. Der am Nordrand des Schutzgebietes verlaufende Hofgraben wurde in den Modellrechnungen nach den Beobachtungen einer Ortsbegehung im April 2007 als nicht wasserführend implementiert. Für den Hainbach wird von geringen Wechselwirkungen zum Grundwasser ausgegangen, da dieser bei der Ortsbegehung eine geringe Wasserführung aufwies. Alle in das Grundwassermodell implementierten Fließgewässer sind in Anlage 4.1 dargestellt. Für mehrere Gewässer lagen keine Informationen zu Sohlhöhen vor. Diese wurden daher anhand der Geländehöhen abgeschätzt.

Als Datengrundlage zum Aufbau des Grundwassermodells standen weiterhin die Ergebnisse der Niedrigwasserabflussmessungen von 1973/74 vom LUWG zur Verfügung (s. Anlage 2.5). Es ist bei der Auswertung zu beachten, dass zwischenzeitlich Gewässerumbauten ausgeführt wurden und insbesondere die Niedrigwasserführung durch Kläranlagenzuflüsse verändert wurden. Zusätzlich verändern sich die In- und Exfiltrationsstrecken der Fließgewässer und die In- und Exfiltrationsmengen im Modellgebiet in Abhängigkeit von den hydrologischen und klimatischen Rahmenbedingungen. Die Messungen aus den Jahren 1973/74 konnten daher lediglich als Orientierungswerte für die Modellkalibrierung genutzt werden. Zum Modellaufbau wurden ergänzend die Angaben der mittleren Niedrigwasserabflüsse (MNQ) an den wenigen Pegeln im Modellgebiet herangezogen.

4.5 Modellkalibrierung

Wesentliche Vorbedingung für eine sinnvolle stationäre Kalibrierung ist die Wahl eines möglichst stationären, langjährig mittleren Verhältnissen entsprechenden Bezugszeitpunktes. Hierzu wurde eine Ganglinienanalyse durchgeführt.

Abbildung 2 zeigt exemplarisch die Grundwasserganglinie der nördlich von Bellheim im Bereich der Schwemmfächer gelegenen Messstelle 1299 (OGWL). Die Geländehöhe beträgt dort 116,2 müNN, d.h. die Flurabstände sind gering und liegen zwischen ca. 1,7 und 3,7 m. Perkolierendes Sickerwasser wirkt sich daher ohne größeren Zeitverzug auf die Grundwasserneubildung und damit auf die Grundwasserstände aus (HGK Karlsruhe-Speyer, 2007). Während in den Jahren 1985/86 mittlere Grundwasserstände auftraten, ist deutlich die Trockenperiode zu Beginn der 1990er Jahre zu erkennen. In den Jahren 1996 – 1999 bewegten sich die Grundwasserstände wieder auf mittlerem Niveau, während sie in den Jahren 2000 – 2002 deutlich über die Mittel-

werte anstiegen. Ende des Jahres 2003 sank der Grundwasserstand wieder auf mittleres Niveau und fiel danach bis zum Ende 2007 auf das Niveau der Trockenperiode zu Beginn der 1990er Jahre ab.

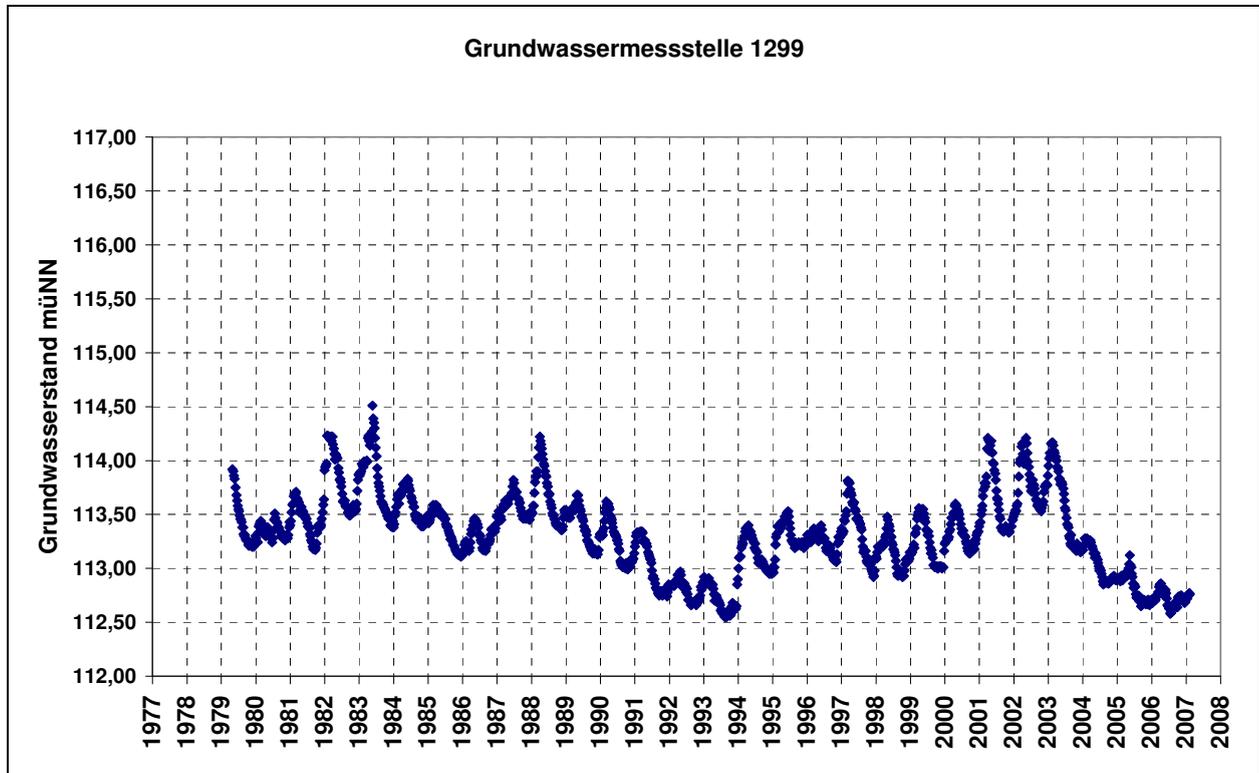


Abbildung 2: Grundwasserstandsganglinie der Messstelle 1299 (Bellheim)

Abbildung 3 zeigt die Grundwasserstandsentwicklung im Untersuchungsgebiet anhand der Ganglinie der zwischen Herxheim und Bellheim in der Niederterrasse gelegenen Messstelle 1231. Die Messstelle befindet sich im Bereich der Riedelfläche, die Geländeoberkante liegt bei 129,24 müNN. Die Flurabstände betragen in diesem Bereich demnach zwischen ca. 8,5 und 10,5 m. Aufgrund der großen Flurabstände sind jährliche Schwankungen nicht zu erkennen, dafür die mehrjährigen Anstiegs- bzw. Absenkungsphasen als Reaktion auf klimatisch bedingte Nass- und Trockenperioden. Aufgrund der langen Sickerzeiten in der ungesättigten Bodenzone kann oft ein Zeitversatz für die Grundwasserneubildung von ein bis zwei Jahren beobachtet werden (HGK, Karlsruhe-Speyer, 2007).

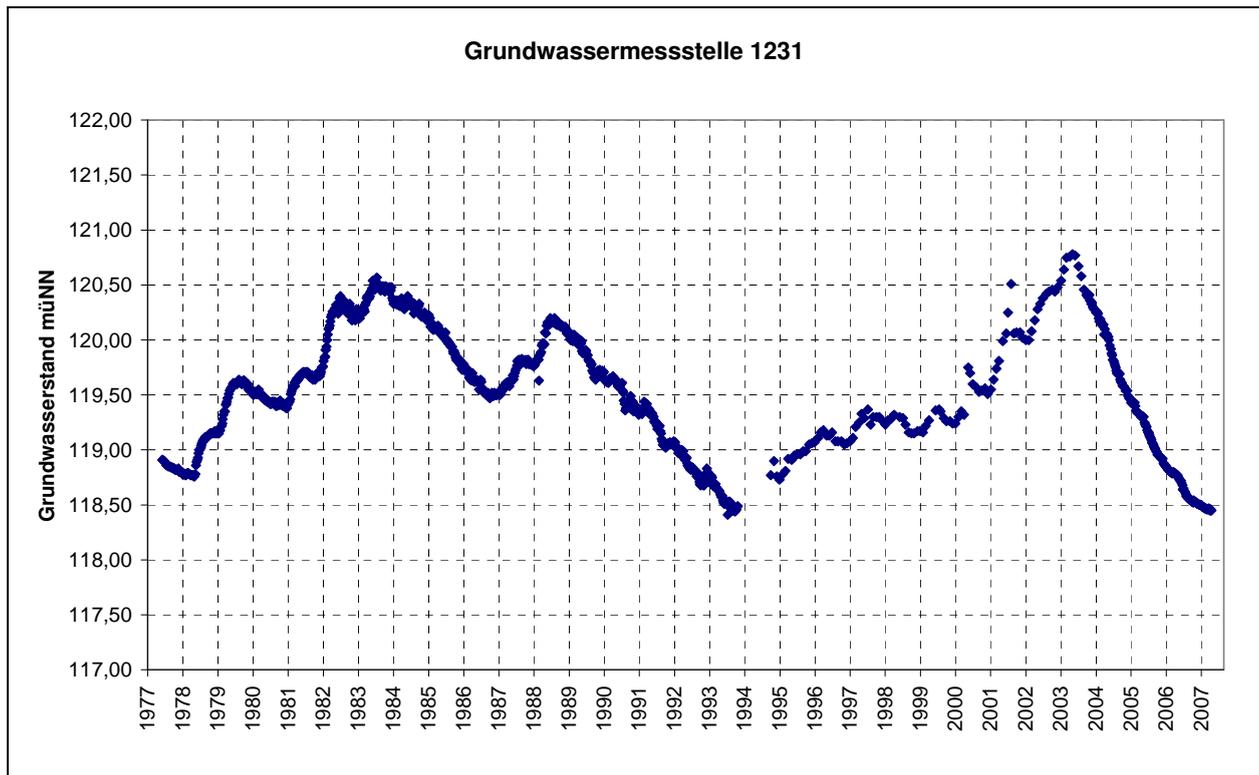


Abbildung 3: Grundwasserstandsganglinie der Messstelle 1231 (zwischen Bellheim und Herxheim)

Die stationäre Modellkalibrierung erfolgte für September 2003. In den meisten Bereichen des Untersuchungsgebiets sind zu diesem Zeitpunkt die Grundwasserstände auf mittlerem Niveau. Lediglich in den Bereichen der Riedelflächen mit hohen Flurabständen und geringen hydraulischen Durchlässigkeiten sind die Grundwasserstände aufgrund des Zeitversatzes noch bis zu 1 m höher als bei mittleren Verhältnissen. Für die Modellkalibrierung wurde neben den Messwerten der einzelnen Grundwassermessstellen ein für den oberen Grundwasserleiter für September 2003 konstruierter Grundwassergleichenplan des LUWG herangezogen. Informationen zu den Grundwasserständen im mittleren und unteren Grundwasserleiter sind nur an verhältnismäßig wenigen tiefen Grundwassermessstellen vorhanden, so dass hier kein flächenhafter Grundwassergleichenplan erstellt werden konnte.

Für die Rheinwasserstände wurden die Monatsmittelwerte von September 2003 an den Pegeln Mannheim, Speyer, Maxau und Plittersdorf ermittelt. Im Rahmen der für die Grundwassermodellierung benötigten Genauigkeit ist eine vereinfachte Bestimmung des Spiegellinienvverlaufs anhand linearer Interpolation zwischen den vier Pegeln unter Einbeziehung weiterer Informationen über Wasserstände der direkt mit dem Rhein verbundenen Altrheinarme ausreichend.

Neben den Beregnungsentnahmen werden in den Modellrechnungen die Brunnen zur Trinkwasserversorgung sowie Brunnen aus Industrie/Gewerbe berücksichtigt. Tabelle 3 zeigt die in das Modell implementierte Grundwasserförderung. Die Grundwasserentnahme zur landwirtschaftlichen Beregnung liegt auf der Basis der Vorgaben für den Bezugzustand (Kap. 3.3.5) im Jahr 2003 bei ca. 9,2 Mio. m³/a, die Trinkwasserentnahme bei knapp 22,0 Mio. m³/a. Der Anteil

der gewerblichen/industriellen Brunnen ist mit ca. 1,7 Mio. m³/a relativ gering, ein Teil dieser Brunnen fördert Rheinuferfiltrat. Die gesamte Grundwasserentnahme im Untersuchungsgebiet ergibt sich für 2003 zu rund 33 Mio. m³/a.

Für die Brunnen zur Trinkwasserversorgung sowie die Brunnen aus Gewerbe/Industrie lagen Angaben zu den Filterober- und unterkanten vor, so dass die Entnahmen den entsprechenden Grundwasserleitern zugeordnet werden konnten.

Tabelle 3: Im Modell implementierte Grundwasserförderung aus Brunnen 2003 [Mio. m³/a]

Trinkwasserversorgung	
Energie Südwest AG	0,79
Gemeindewerke Dudenhofen	0,30
Gemeindewerke Hassloch	1,88
Stadtwerke Neustadt	3,81
SW Bad Bergzabern	0,01
SW Germersheim GmbH	1,59
SW Speyer GmbH Nord	0,83
SW Speyer GmbH Süd	3,05
VGW Bad Bergzabern	0,09
VGW Edenkoben	0,58
VGW Hagenbach	0,57
VGW Herxheim bei Landau	0,29
VGW Kandel	0,81
VGW Landau-Land	0,19
VGW Maikammer	0,31
WV Germersheimer Südgruppe	3,55
WZV Bienwald	0,25
ZVWV Germersheimer Nordgruppe	0,98
ZVWV Impflinger Gruppe	0,32
ZVWV Walsheimer Gruppe	1,74
<i>Summe Trinkwasserversorgung</i>	<i>21,95</i>
Gewerbe/Industrie	
Papierfabrik Palm GmbH & Co KG, Wörth	0,67
Fa. Saint-Gobain Isover G+H AG	0,28
Fa. Daimler Chrysler, Werk Wörth	0,57
Brunnen I "In den Wiesen", Fa. Park & Bellheimer AG	0,16
Fa. Daimler Chrysler AG, Insel Grün, Wörth	0,05
<i>Summe Gewerbe Industrie</i>	<i>1,72</i>
Landwirtschaftliche Beregnung	
<i>Summe landwirtschaftliche Beregnung</i>	<i>9,20</i>
SUMME	32,86

Im Rahmen der Kalibrierung erfolgt eine Variation der Modellparameter bis eine hinreichende Übereinstimmung der gemessenen mit den errechneten Grundwasserständen erreicht ist.

Die zugrundegelegte Aquifergeometrie und die flächenhaften Grundwasserneubildungsraten wurden im Rahmen der Kalibrierung nicht variiert. Kalibriergrößen sind bei stationärer Rechnung Leakage-Koeffizienten, maximale In- und Exfiltrationsraten, k_f -Werte und der Zustrom über die Modellränder.

Bei der Modellkalibrierung zeigte sich für den OZH ein einheitlicher k_f -Wert von $5 \cdot 10^{-6}$ m/s als plausibel. Der ZH3 und der UZH wurden mit einem k_f -Wert von $5 \cdot 10^{-7}$ m/s und der TZH mit einem k_f -Wert von $2 \cdot 10^{-6}$ m/s belegt. Die kalibrierten k_f -Werte im Oberen Grundwasserleiter liegen zwischen $1 \cdot 10^{-4}$ am Haardtrand und im Bereich der Riedelflächen sowie $2 \cdot 10^{-3}$ m/s im Bereich der Rheinniederung (siehe **Anlage 4.5**). Im mittleren Grundwasserleiter betragen die kalibrierten k_f -Werte $1 \cdot 10^{-4}$ m/s im Westen und $2 \cdot 10^{-4}$ m/s im Osten, während für den unteren Grundwasserleiter k_f -Werte von $8 \cdot 10^{-5}$ m/s plausible Ergebnisse lieferten.

Die Auswertung der Grundwasserstandsganglinien der Mehrfachmessstellen, die in verschiedenen Grundwasserleitern verfiltert sind, zeigt, dass die Druckdifferenzen zwischen den Grundwasserleitern mit Ausnahme des Bereichs der Rheinniederung gering sind und in der Größenordnung von wenigen Zentimetern bis zu mehreren Dezimetern liegen.

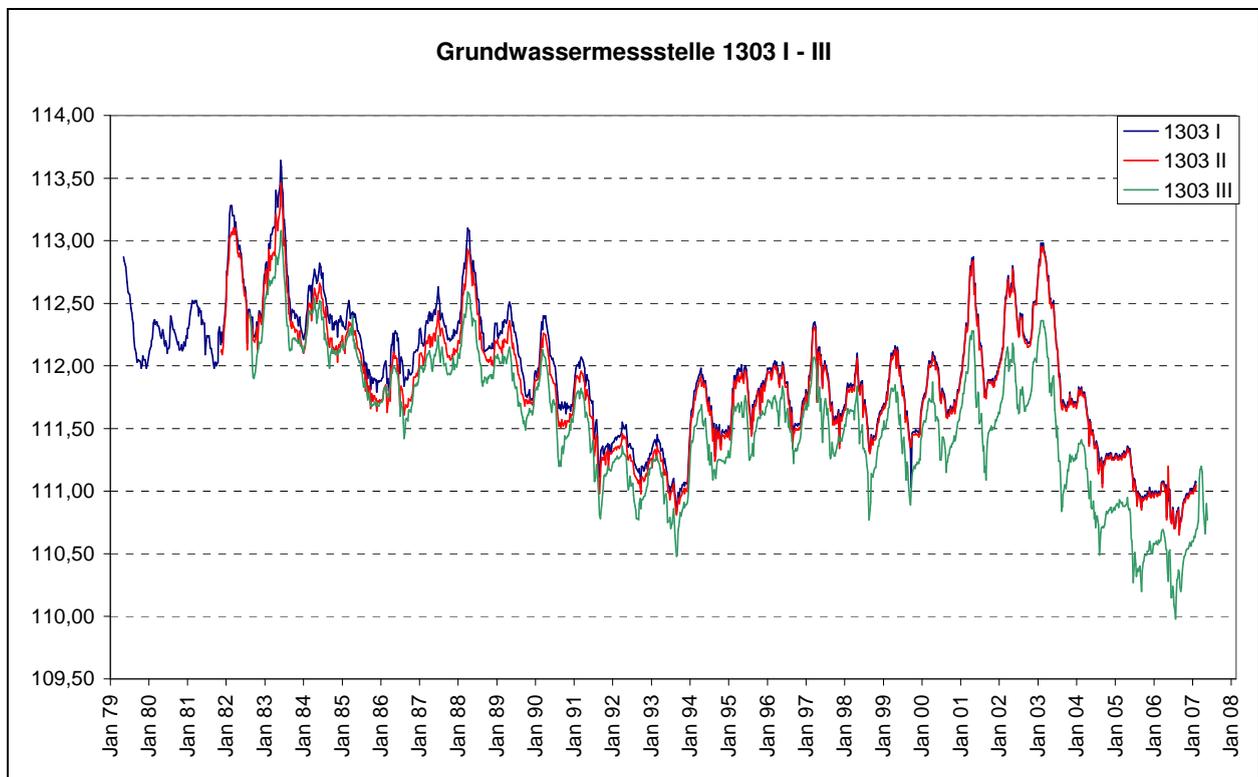


Abbildung 4: Grundwasserstandsganglinie der Messstellen 1303 I, 1303 II, 1303 III

Abbildung 4 zeigt die Grundwasserstandsganglinien der Dreifachmessstelle 1303 nördlich von Bellheim. Die tiefe Messstelle 1303 III erfasste den UGWLu, die Messstelle 1303 II den MGWLo und die Messstelle 1303 I ist in einer Feinsandschicht innerhalb der schluffig-sandigen Wechselfolgen des OZH verfiltert. Daher sind die gemessenen Grundwasserstände zwischen den Messstellen 1303 I und 1303 II nahezu identisch. Die Druckdifferenz zum UGWLu betrug bis Ende der 1990er Jahre ca. 0,2 m und hat sich seit dem leicht erhöht auf bis zu ca. 0,5 m. Deutlich ist zu erkennen, dass auch im UGWLu ausgeprägte jahreszeitliche Grundwasserstandsänderungen auftreten. Dies deutet darauf hin, dass Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Grundwasserleitern vorhanden sind. Bei der Modellkalibrierung zeigte sich, dass im Zent-

ralbereich des Untersuchungsgebietes der Ansatz zu geringer k_f -Werte für die Trennhorizonte zu deutlich zu großen Druckdifferenzen zwischen den verschiedenen Grundwasserleitern führt.

Anlage 4.6 zeigt die Messwerte und die berechneten Grundwassergleichen im oberen Grundwasserleiter für September 2003. Die Grundwasserströmung ist von Westen nach Osten zum Rhein hin gerichtet. Deutlich ist der Einfluss der Fließgewässer auf die Grundwassergleichen zu erkennen, die durch Exfiltration ein Rückspringen und durch Infiltration ein Vorspringen der Gleichen bewirken. Weiterhin bewirken die geringen k_f -Werte im Bereich der Riedelflächen ebenfalls eine Aufhöhung der Grundwasserstände bzw. ein Vorspringen der Grundwassergleichen. In der Rheinniederung werden die Grundwasserstände in hohem Maße durch den Rhein und die Altrheinarme geprägt.

Der zugehörige Flurabstandsplan für September 2003 ist in **Anlage 4.7** dargestellt, wie er unter Zugrundelegung des digitalen Geländemodells der LUBW berechnet wurde. Deutlich sind die geringen Flurabstände im Bereich der Rheinniederung und der Schwemmfächer zu erkennen. Dagegen treten höhere Flurabstände im Bereich der Riedelflächen und im Westen auf, wo das Gelände zum Pfälzerwald hin ansteigt.

Die Wechselwirkungen zwischen Fließgewässern und Grundwasser unter den Rahmenbedingungen 2003 sind für einige Gewässer in **Anlage 4.8** dargestellt. Hierbei handelt es sich ausschließlich um Gewässer, für die Informationen über die Sohlhöhen vorlagen, da für die übrigen Gewässer bei der vorliegenden Datengrundlage einige Unsicherheiten bestehen bleiben. Dargestellt ist, auf welchen Gewässerabschnitten überwiegend Exfiltration und auf welchen Abschnitten überwiegend Infiltration auftritt. Während im Westen des Modellgebietes vorwiegend Exfiltration auftritt, ergeben sich für den Erlenbach, die Queich und den Woogbach weiter östlich Gewässerabschnitte vorwiegend mit Infiltration. Eine Ausnahme bildet der Speyerbach, der ein verhältnismäßig großes Einzugsgebiet im Pfälzer Wald hat, und auf der gesamten Strecke überwiegend in das Grundwasser infiltriert.

Bei der Kalibrierung wurde darauf geachtet, dass der sich aus den Exfiltrationsmengen ergebende Gewässerabfluss von der Größenordnung her mit den MNQ Werten der Abflusspegel bzw. mit den Niedrigwasserabflussmessungen (siehe Anlage 2.5) übereinstimmt. Die sich aus den Niedrigwasserabflussmessungen 1973/74 ergebenden In- und Exfiltrationsabschnitte können jedoch lediglich als Orientierung verstanden werden, da diese vom jeweiligen Grundwasserstands-niveau sowie von möglichen Gewässerausbaumaßnahmen der letzten 40 Jahre abhängig sind. So zeigen z.B. die Niedrigwasserabflussmessungen für den Speyerbach zwischen Neustadt und Hanhofen Exfiltration an, während die Grundwassermodellkalibrierung für das Jahr 2003 in diesem Abschnitt eine Infiltration ergibt. Die Ursache liegt hier u.a. in den im Jahr 2003 gegenüber 1973/74 niedrigeren Grundwasserständen im Nordbereich des Untersuchungsgebietes. Insgesamt ergeben die kalibrierten In- und Exfiltrationsmengen ein plausibles Bild für die Wechselwirkungen des Grundwassers mit den Gewässern.

5 Grundwassermodellrechnungen zum Einflussbereich

In Modellrechnungen wurde der Einflussbereich der gesamten landwirtschaftlichen Beregnungsentnahmen in der Südpfalz für verschiedene Entnahmemengen (Bezugszustand 2003, mittelfristige Prognose und Zukunftsszenario) ermittelt. Die Ermittlung der Entnahmemengen zur Beregnungszwecken ist detailliert in Kapitel 3.3.5 beschrieben. Der Beregnungsbedarf der drei Variantenrechnungen wird mittels dezentral auf das Beregnungsgebiet verteilte Beregnungsbrunnen abgedeckt (Kap. 3.4). Die Entnahmen erfolgen aus dem oberen Grundwasserleiter (östliches Untersuchungsgebiet) bzw. aus dem oberen und mittleren Grundwasserleiter im westlichen Untersuchungsgebiet.

5.1 Einflussbereich der landwirtschaftlichen Beregnung im Bezugszustand

Für das Jahr 2003 wird von tatsächlichen Beregnungshöhen zwischen 22 mm/a im Süden und 43 mm/a im Norden des Untersuchungsgebietes ausgegangen. Der zugrunde gelegte Ausbaugrad der Beregnung beträgt 50 %. Die daraus resultierende Beregnungsentnahme beträgt ca. 9,2 Mio. m³ (siehe Kapitel 3.3).

In stationären Modellrechnungen wurde der Einflussbereich der landwirtschaftlichen Beregnung in der Südpfalz im Bezugszustand 2003 ermittelt. Hierfür wurden in zwei Simulationsläufe zum einen die Grundwassergleichen mit Förderung der Beregnungsbrunnen und zum anderen die Grundwassergleichen ohne Förderung der Beregnungsbrunnen bei mittleren klimatischen Verhältnissen berechnet und die sich daraus ergebende Grundwasserstandsdifferenz im oberen Grundwasserleiter ermittelt. **Anlage 5.1** zeigt den so ermittelten Einflussbereich der Beregnungsbrunnen.

Die dargestellte Absenkung ist auf den oberen Grundwasserleiter bezogen. Die gelben Flächen zeigen rechnerische Absenkungen zwischen 25 und 50 cm, die ockerfarbenen Flächen Absenkungen zwischen 50 cm bis 1,0 m. Berechnete Grundwasserstandsdifferenzen von weniger als 0,25 m gelten dabei im Rahmen der natürlichen Schwankungen verschiedener Einflussgrößen sowie der Modellungenauigkeiten als nicht signifikant und nicht nachweisbar bzw. eindeutig zuordenbar. Der Haupteinflussbereich erstreckt sich in etwa nördlich von Herxheim bis zur Linie Walsheim-Kleinfischlingen-Dudenhofen. Weiterhin sind östlich von Neustadt zwei kleinere Absenkungsflächen der Grundwasserstände zu erkennen. Im Osten des Untersuchungsgebietes werden die Grundwasserstände durch den Rhein und das Vorflutsystem in der Rheinterrasse stabilisiert, so dass der Einflussbereich der landwirtschaftlichen Beregnung nicht signifikant in die Rheinniederung hineinreicht. Da auch im übrigen Untersuchungsgebiet die Grundwasserstände bereichsweise stark durch die Wechselwirkungen zu den Oberflächengewässern geprägt sind, wird auch der Einflussbereich der landwirtschaftlichen Beregnung durch verschiedene Fließgewässer begrenzt. Besonders deutlich ist dies im Bereich des Gewässersystems Mordenbach, Triefenbach und Krebsbach im Norden sowie im Bereich des Klingbachs und Erlens-

bachs im Süden des Untersuchungsgebietes zu erkennen. Trotz der hohen Zahl an Beregnungsbrunnen liegt die Grundwasserstandsabsenkung unter 0,25 m.

Auch die dazwischen verlaufenden Gewässer Hainbach, Hofgraben, Queich und Spiegelbach begrenzen den Einflussbereich der landwirtschaftlichen Beregnung. Die maximale Absenkung tritt im Bereich zwischen Ottersheim und Herxheim sowie bei Weingarten auf. Die Absenkung beträgt dort flächenhaft über 0,5 m. Im übrigen Modellgebiet liegt die Grundwasserstandsabsenkung überwiegend zwischen 0,25 und 0,5 m.

5.2 Einflussbereich der landwirtschaftlichen Beregnung für die mittelfristige Prognose

Für das Untersuchungsgebiet wird für die mittelfristige Prognose von einer mittleren Beregnungshöhe zwischen 35 mm/a im Süden und 60 mm/a im Norden ausgegangen (siehe Kapitel 3.3.5). Der Ausbaugrad der Beregnung beträgt 70 %. Die gesamte Beregnungsentnahme beträgt demnach im Modellgebiet ca. 14 Mio. m³ für die mittelfristige Prognose.

Es wurde wiederum ein stationärer Rechenlauf mit Entnahme der Beregnungsbrunnen und ein Rechenlauf ohne Entnahme der Beregnungsbrunnen durchgeführt. Der sich hieraus ergebende Einflussbereich der landwirtschaftlichen Beregnung unter mittleren klimatischen Verhältnissen ist in **Anlage 5.2** dargestellt. Gegenüber dem Bezugszustand 2003 (siehe Anlage 5.1) ist der Einflussbereich vergrößert, die flächenhaften Absenkungen liegen in großen Bereichen zwischen 0,5 und 1,0 m.

5.3 Einflussbereich der landwirtschaftlichen Beregnung im Zukunftsszenario

Für das gesamte Untersuchungsgebiet wird von einer mittleren Beregnungshöhe zwischen 80 mm/a im Süden und 100 mm/a im Norden ausgegangen. Der Ausbaugrad der Beregnung beträgt 100 %. Die daraus resultierende Entnahmemenge der landwirtschaftlichen Beregnung beträgt für das Zukunftsszenario ca. 25 Mio. m³/a.

Zur Berechnung des Einflussbereichs wurde wiederum ein Rechenlauf mit und ein Rechenlauf ohne Beregnungsentnahme durchgeführt. Die Differenz der beiden Rechenläufe ist in **Anlage 5.3** dargestellt. Infolge der deutlich höheren Entnahmemenge ist der Einflussbereich gegenüber der mittelfristigen Prognose deutlich vergrößert. Auch südlich von Herxheim sind nun flächenhafte Grundwasserstandsdifferenzen zu erkennen, wobei die maximale Absenkung nördlich von Hatzenbühl sowie im Bereich Ingenheim auftritt und über 0,5 m beträgt. Nördlich von Herxheim tritt die maximale Absenkung zwischen Herxheim und Ottersheim auf und beträgt flächenhaft über 1 m, im Brunnennahbereich auch bis zu 2 m. Im Bereich Hochstadt, Zeiskam und Weingarten liegt die Grundwasserstandsabsenkung ebenfalls flächenhaft über 1 m. Es ist gut zu erkennen wie die Ausdehnung des Einflussbereichs durch die Wechselwirkungen zu den Fließgewässern begrenzt wird. Die mit dem Modell berechneten Auswirkungen der Bereg-

nungsentnahmen auf den Grundwasserhaushalt und damit auf die Wasserstände im OGWL sind rechenbedingt als Jahresmengen stationär eingerechnet worden. Da die Beregnungsgaben im Vegetationszeitraum (temporär) in Einzelgaben aufgebracht werden, verursachen hohe Spitzenförderungen deutlich größere temporäre Absenkungen im Nahbereich der Brunnen als die stationären Variantenrechnungen aussagen.

Die Flächen mit maximalen Absenkungen liegen größtenteils in Bereichen mit hohen Flurabständen (z.B. zwischen Herxheim und Ottersheim), wo Veränderungen in den Grundwasserständen keinen oder nur geringen Einfluss auf die Landökosysteme haben. Großräumig gehen die Einflussbereiche jedoch bis in die Schwemmfächer, welche bereichsweise durch naturschutzfachliche Schutzgebiete belegt sind. Diese potentiellen Konfliktflächen werden nachfolgenden beschrieben und bewertet.

6 Potentielle Konfliktflächen zwischen landwirtschaftlicher Beregnung und Naturschutz

6.1 Ziel

Nutzungskonflikte der landwirtschaftlichen Beregnungen entstehen u.a. in naturschutzfachlichen Schutzgebieten, die u.a. oder auch vorrangig dem Schutz feuchteabhängiger Tier- und Pflanzenarten bzw. Feuchtbiotopen dienen. Zu den betroffenen Schutzkategorien gehören u.a. Naturschutzgebiete, Flora-Fauna-Habitat-Gebiete (kurz FFH-Gebiete) und EU-Vogelschutzgebiete. Die beiden Letztgenannten werden auch unter dem Begriff NATURA 2000-Gebiete zusammengefasst.

Auch außerhalb dieser ausgewiesenen Schutzgebiete gibt es wertvolle Feuchtbiotope. Sie unterliegen teilweise einem pauschalen Schutz nach § 28 (früher § 24) Landesnaturschutzgesetz (Schilfröhricht- oder sonstige Röhrichtbestände sowie Großseggenriede oder Kleinseggen Sümpfe; Bruchwälder sowie Auewälder, die regelmäßig mindestens alle drei Jahre überflutet werden; binsen-, seggen- oder hochstaudenreiche Feuchtwiesen sowie Quellbereiche, naturnahe und unverbaute Bach- und Flussabschnitte, Verlandungsbereiche stehender Gewässer). Nach § 28, Teil 3 ist es verboten, diese Biotope „zu beseitigen, zu zerstören, zu beschädigen oder deren charakteristischen Zustand zu verändern.“

In einem ersten Schritt sollen daher Flächen identifiziert und bewertet werden, in denen zumindest potentiell Nutzungskonflikte zwischen der landwirtschaftlichen Beregnung und den naturschutzfachlichen Zielen bestehen können. Im Sinne eines vorausschauenden Konfliktmanagements werden vorrangig die erhöhten Beregnungsmengen des „**Zukunftsszenarios**“ (Kap. 5.3, **Anlage 6.3**) bewertet. Ergänzend wird auf die mittelfristige Prognose (Kap. 5.2, **Anlage 6.4**) eingegangen.

6.2 Methodik

Für die Abgrenzung der potentiellen Konfliktbereiche wurden folgende Daten ausgewertet:

- Lage und Kurzbeschreibungen der Natur-, FFH- und EU-Vogelschutzgebiete (GIS-Daten des Landes, gelieferte Zusatzinformationen und solche im Internet unter www.naturschutz.rlp.de oder www.natura2000-rlp.de),
- Bodenfeuchte Flächen der Biotopkartierung (alt) (Flächen, deren Standort bei der Biotopkartierung zumindest teilweise als „feucht“ oder „nass“ eingestuft wurde. Wechselfeuchte Flächen wurden teilweise berücksichtigt),
- Informationen der Biotopkartierung (neu) bzw. des Biotopkatasters („Osiris“), soweit die Daten bereits erhoben und im Internet unter www.naturschutz.rlp.de zur Verfügung stehen,

- Verbreitung der Bodentypen im Untersuchungsgebiet, insbesondere solcher, deren Pedogenese deutlich vom Grundwasser beeinflusst wurde bzw. ist (hydromorphe Böden).

Untersucht und bewertet werden 11 Teilflächen des gesamten Untersuchungsraumes. Nachfolgend sind nur die Bewertungen aufgeführt. Weitere Angaben zu den Böden, den Schutzgebieten und kartierten Feuchtbiotopen sind in **Anlage 6.1** in tabellarischer Form aufgelistet. Die Lage der Teilflächen ist zusammen mit einer Einstufung des Konfliktpotentials in **Anlage 6.2** dargestellt. **Anlage 6.3** zeigt die Verbreitung der hydromorphen Böden.

6.3 Teilflächen im Untersuchungsraum

1 Ordenswald u. angrenzende Offenlandflächen

Die relevanten Flächen des EU-Vogelschutzgebietes „6616-402 Speyerer Wald, Nonnenwald und Bachauen zwischen Geinsheim und Hanhofen“ und die innerhalb der Biotopkartierung Rheinland-Pfalz als bodenfeucht oder –nass ausgewiesenen Flächen liegen nahezu ausschließlich innerhalb der naturräumlichen Einheit des Speyerbachschwemmkegels. Hydromorphe Bodentypen wie Pseudogley-Gley und Wechselgleye nehmen innerhalb dieses Naturraumes große Flächen ein. Die Gleye weisen auf einen prägenden Einfluss des Grundwassers auf die Pedogenese hin, zusätzlich kann oberflächennahes Stauwasser den Bodenwasserhaushalt beeinflussen.

Das EU-Vogelschutzgebiet „6616-402 Speyerer Wald, Nonnenwald und Bachauen zwischen Geinsheim und Hanhofen“ ist in seiner Gesamtheit unter anderem geprägt von „Niederungswäldern mit Alteichenbeständen [...], Bächen in flachen Wiesentälern mit kleinen Gewässern und Brachen“. Es bestehen Brutmöglichkeiten für viele Wiesenvögel. Der Wachtelkönig (*Crex crex*) als Leitart steht für feuchte bis nasse (selten trockene), eher extensiv genutzte Wiesenbestände mit dichter Vegetation (Deckung) und ohne stehendes Wasser. Die wichtigsten Brutplätze sind feuchte Mähwiesen in Niederungen, die spät bewirtschaftet werden.

Weitere wichtige Vogelarten mit einer Bindung an Feuchtbiotop sind z.B. Rohrweihe, Kornweihe, Bekassine oder das Blaukehlchen. Andere Arten wie z.B. der Mittelspecht können indirekt an einen feuchten Wasserhaushalt gebunden sein, z.B. bei grundwasserbeeinflussten Eichen (-Hainbuchen)-Wäldern.

Der Schutz von Feuchtbiotopen ist auch das Ziel der beiden im Teilgebiet 1 liegenden Naturschutzgebiete „Mußbacher Baggerweiher“ und „Rehbachwiesen – Langwiesen“.

Im Rahmen der rheinland-pfälzischen Biotopkartierung (Altkartierung) wurden wiederholt Feuchtwiesen, feuchte Hochstaudenfluren, Röhrichte, Seggenrieder, Bruchwälder oder diverse Stillgewässer kartiert.

Innerhalb des Einflussbereiches 1 der Beregnung und hier insbesondere im Naturraum des Speyerbachschwemmkegels existieren aus naturschutzfachlicher Sicht somit wertvolle Feucht-

biotope, die zumindest oftmals grundwasserbeeinflusst sind. Dies gilt sowohl für die mittelfristige Prognose als auch für das Zukunftsszenario.

Hydrogeologische Untersuchungen zeigen jedoch die Existenz einer flächig ausgeprägten, stauenden Deckschicht in einer Tiefe von etwa 2-3 Metern unter der Geländeoberkante (Björnssen 2007). Sie führt zur Ausprägung eines schwebenden Grundwasserleiters. Das Grundwasser für die landwirtschaftliche Beregnung wird aus darunter liegenden Grundwasserleitern entnommen. Aufgrund der hydrogeologischen Rahmenbedingungen wird das ansonsten mittlere Konfliktpotential zwischen landwirtschaftlicher Beregnung und dem Naturschutz für beide Prognosezeitpunkte nur als gering eingestuft.

2 Offenland nördlich Geinsheim

Die Beregnungsflächen nördlich Geinsheim liegen ebenfalls im Naturraum Speyerbachschwemmkegel. Der Einflussbereich der landwirtschaftlichen Beregnung reicht im Norden in die genannten NATURA 2000-Gebiete hinein, im Süden grenzt er an sie an.

Das EU-Vogelschutzgebiet „6616-402 Speyerer Wald, Nonnenwald und Bachauen zwischen Geinsheim und Hanhofen“ wurde bereits bei Teilfläche 1 bewertet.

Das FFH-Gebiet „6715-301 Modenbachniederung“ wird in seiner Gesamtheit charakterisiert als „ausgedehntes, ost-west-orientiertes Fließgewässer- und Bachauensystem mit vielfältig strukturierten Grünland- und Fließgewässerbiotopen inmitten einer intensiv genutzten Agrarlandschaft.“ Zur Schutzwürdigkeit heißt es. „Vorkommen überregional bedeutender Pflanzengesellschaften (Stromtalwiesen). Fließgewässerlebensräume (z. B. für Libelle *Ophiogomphus cecilia*). Wiesen-Biotopkomplexe. Überregionale Bedeutung als Lebensraum für Wiesenbrüter.“ Zu den relevanten Lebensraumtypen gehören neben den Bächen u.a. verschiedene Feuchtwiesen, wie z.B. Pfeifengraswiesen (kalkreich und kalkarm) und Brenndolden-Auwiesen. Sie sind typisch für wechselfeuchte bzw. wechsellasse und regelmäßig überflutete Auenstandorte. Entwässerungsmaßnahmen gefährden den Bestand der Feuchtwiesen.

Der Überlappungsbereich des Einflusses der landwirtschaftlichen Beregnung mit den NATURA 2000-Gebieten ist selbst bei den größeren Einflussbereichen der landwirtschaftlichen Beregnung innerhalb des Zukunftsszenarios relativ gering. Ob die betroffenen Flächen mit einzelnen Feuchtwiesen östlich der Fron-Mühle beeinträchtigt werden, kann zum jetzigen Bearbeitungsstand nicht beurteilt werden. Die für Teilfläche 1 beschriebenen Deckschichten sind hier nicht flächendeckend vorhanden.

Aufgrund der geringen Flächengröße (**Anlage 6.3**) wird das Konfliktpotential für das Zukunftsszenario als gering eingestuft. Bei der mittelfristigen Prognose liegt die Fläche noch außerhalb des Einflussbereiches der landwirtschaftlichen Beregnung (**Anlage 6.4**).

3 Offenland am Südwestrand Schifferstadts

Die Beregnungsflächen südwestlich Schifferstadts liegen am nordöstlichen Ende des Naturraums Speyerbachschwemmkegel. Der Einflussbereich der landwirtschaftlichen Beregnung reicht im Südwesten knapp in die Waldflächen des EU-Vogelschutzgebietes „6616-402 Speyerer Wald, Nonnenwald und Bachauen zwischen Geinsheim und Hanhofen“ hinein (Zukunftsszenario, **Anlage 6.3**). Es wurde bereits bei Teilfläche 1 charakterisiert.

Die Fläche 66161008 der Biotopkartierung liegt auf einem Pelosol-Gley, d.h. einem aus tonigen Materialien aufgebauten und von daher auch stark staufeuchtem Bodentyp.

Aufgrund der geringen Überlappungsbereiche mit Schutzgebieten, dem untergeordneten Vorkommen hydromorpher Böden und der geringen Verbreitung von Flächen der Biotopkartierung wird das Konfliktpotential zwischen landwirtschaftlicher Beregnung und dem Naturschutz im Zukunftsszenario als gering eingestuft.

Für die mittelfristige Prognose existiert in diesem Bereich kein signifikanter Einflussbereich der landwirtschaftlichen Beregnung und somit auch kein Konfliktpotential.

4 Landwirtschaftliche Flächen westlich Waldhaus (Dudenhofen)

Das FFH-Gebiet 6616-301 „Speyerer Wald und Haßlocher Wald und Schifferstädter Wiesen“ ist charakterisiert durch große Waldflächen mit eingelagerten Offenlandbiotopen (magere Feuchtwiesen, Stromtalwiesen), locker bewaldeten Binnendünen und Sandrasen sowie naturnahen Buchen-Eichen-Wäldern. Neben den Tierarten lichter Wälder und wertvollen Sandrasen sind laut Meldebogen magere Feuchtwiesen und naturnahe Tieflandsbäche von Bedeutung. Von ihrer Ausdehnung her sind die Lebensraumtypen „Pfeifengraswiesen auf kalkarmen Standorten“ und „Brenndolden-Auenwiesen“ bedeutsame Feuchtbiootope. Da die landwirtschaftlichen Flächen vom FFH-Gebiet ausgenommen sind und geschützte Lebensraumtypen der Feuchtwälder im gesamten Schutzgebiet nur sehr geringe Flächen einnehmen (z.B. Eichen-Hainbuchenwald < 1 ha), zeichnet sich kein Konfliktpotential mit dem Schutzgebiet ab.

Das EU-Vogelschutzgebiet „6616-402 Speyerer Wald, Nonnenwald und Bachauen zwischen Geinsheim und Hanhofen“ wurde bereits bei Teilfläche 1 charakterisiert. Ein Konfliktpotential könnte beim Zukunftsszenario bei der Existenz von Feuchtwiesen im Gebiet gegeben sein. Allerdings gibt die Biotopkartierung (alt) hierauf keine Hinweise. Es wird daher für das Zukunftsszenario von einem geringen Konfliktpotential ausgegangen.

Bei der mittelfristigen Prognose reicht der Einflussbereich nicht bis in diesem Bereich.

5 Waldflächen nördlich Schwegenheim

Das FFH-Gebiet 6715-301 „Modenbachniederung“ wurde bereits in Teilfläche 2 beschrieben. Das EU-Vogelschutzgebiet „6616-402 Speyerer Wald, Nonnenwald und Bachauen zwischen Geinsheim und Hanhofen“ wurde bereits bei Teilfläche 1 charakterisiert. Ein Konfliktpotential könnte bei Existenz von Feuchtwiesen im Gebiet gegeben sein. Allerdings gibt die Biotopkartierung (alt) hierauf keine Hinweise.

Die im Jahr 2006 bei der aktuellen Biotopkartierung erfassten, auf Wechselgleyen stockenden und als FFH-Lebensraumtyp geschützten Eichen-Hainbuchenwälder liegen u.a. am Südrand der NATURA 2000-Gebiete und damit im Einflussbereich der landwirtschaftlichen Beregnung (Zukunftsszenario). Die Bestände stocken auf Wechselgleyen und somit auf grundwassergeprägten Böden. Ob und in welchem Umfang Stauwasser an der Wasserversorgung der Wälder beteiligt ist, ist gesondert zu prüfen.

Nach derzeitigem Kenntnisstand besteht für das Zukunftsszenario ein mittleres Konfliktpotential. Für die mittelfristige Prognose reicht der Einflussbereich der landwirtschaftlichen Beregnung weniger, aber dennoch in die Schutzgebiete hinein. Es wird daher ebenfalls von einem mittleren Konfliktpotential ausgegangen.

6 Kalten-/Bruchbachaue zwischen Kleinfischlingen und Freisbach

Das EU-Vogelschutzgebiet „6616-402 Speyerer Wald, Nonnenwald und Bachauen zwischen Geinsheim und Hanhofen“ wurde bereits bei Teilfläche 1 charakterisiert.

In der schmalen Bachaue sind innerhalb der ansonsten intensiv genutzten Agrarlandschaft Reste von Feuchtwiesen, Seggenriedern und Bruchwäldern erhalten geblieben. Der Wasserhaushalt wird maßgeblich vom Kalten- bzw. Bruchbach selbst gesteuert. Links und rechts der Aue folgen nicht hydromorphe Böden. Das Gebiet gehört zum Naturraum Schwegenheimer Lössplatte.

Aufgrund der zentralen Lage innerhalb eines Beregnungsgebietes sind evtl. vorhandene Einflüsse der Beregnung schon länger vorhanden. Es ist davon auszugehen, dass bereits nutzungsbedingte Beeinträchtigungen (Nährstoffeintrag, Entwässerung) bestehen. Inwieweit Zielarten des EU-Vogelschutzgebietes in dieser Bachaue real vorkommen, kann beim derzeitigen Bearbeitungsstand nicht beurteilt werden.

Das Konfliktpotential wird aufgrund der vermutlich bereits bestehenden Wertminderungen sowohl für das Zukunftsszenario als auch für die mittelfristige Prognose als gering (-mittel) eingestuft.

7 Bellheimer Oberwald und angrenzende Flächen

Das FFH-Gebiet „6615-302 Bellheimer Wald mit Queichtal“ nimmt große Teile des Naturraumes „Queichschwemmkegel“ ein. Das Schutzgebiet wird geprägt von großen, störungsarmen Waldkomplexen mit vielfältigen Übergangsbereichen zu (Feucht-) Grünlandbiotopen im Waldinnern. Im Westen schließen sich größere fließgewässergeprägte Grünlandbiotop an. Die Schutzwürdigkeit begründet sich neben dem großflächigen Wald u.a. in mageren Feuchtwiesen, naturnahen Tieflandsbächen und Auwaldmosaiken. Mit einem Flächenanteil von über 5 % sind Eichen-Hainbuchenwälder der am stärksten vertretene FFH-Lebensraumtyp (gefolgt von frischen Mähwiesen und Waldmeister-Buchenwäldern). Auenwälder, Pfeifengraswiesen, Flüsse und Seen nehmen jeweils weniger als 1 % ein. Zu den nach den NATURA 2000-Anhängen geschützten, direkt oder indirekt feuchteabhängigen Tierarten gehören u.a. Kammolch, Wachtelkönig, Hirschkäfer, Schlammpeitzger sowie Dunkler und Heller Wiesenknopf-Ameisenbläuling.

Für das weitgehend deckungsgleiche Vogelschutzgebiet „6715-401 Offenbacher Wald, Bellheimer Wald und Queichwiesen“ sind die feuchten Alteichenbestände, trockenen Kiefernwälder auf Sandböden, Magergrünland mit Sandrasen und die ausgedehnten Feuchtwiesen im westlichen und mittleren Gebietsteil von Bedeutung.

Die Schutzwürdigkeit ergibt sich aus artenreichen Vogelbeständen, die teilweise die landesweit höchsten Dichten im Gebiet erreichen. Dies gilt insbesondere für die Spechte. Im Grünland lebt die größte Brutpopulation des Wachtelkönigs, einer Vogelart, die stark an Feuchtgrünland gebunden ist.

An direkt oder indirekt (z.B. über Eichen-Hainbuchenwälder) feuchteabhängigen Brutvogelarten der NATURA 2000-Richtlinien sind beispielhaft zu nennen: Rohrweihe, Wachtelkönig, Bekassine, Mittelspecht und Braunkelchen.

Die Einflussbereiche der landwirtschaftlichen Beregnung reichen weit in die beiden NATURA 2000-Gebiete hinein. Feuchteabhängige Biotop und Tierarten sind zentrale Bestandteile in den Schutzziele dieser beiden Schutzgebiete. Dies gilt sowohl für die Wald wie auch die Offenlandflächen. Die Daten der Biotopkartierung (alt) bestätigen die Existenz von Feuchtbiotopen im Einflussbereich der Beregnung.

Aufgrund dieser Konstellation wird von einem hohen Konfliktpotential ausgegangen, d.h. für das Zukunftsszenario, aber auch bereits für die mittelfristige Prognose.

8 NSG Eichtal-Brand

Das FFH-Gebiet 6816-301 „Hördter Rheinaue“ umfasst die Rheinniederung mit Biotopausbildungen von Bach und Bachaue bis zur Stromaue mit stehenden und fließenden Gewässerbereichen sowie Feuchtwiesen und Wäldern. Die Schutzwürdigkeit ergibt sich aus der hohen Biotop- und Artenvielfalt, u.a. mit altholzreichen Laubwäldern und Habitats für Wanderfische und autochthone Fischarten. Bei den FFH-Lebensraumtypen haben die Stieleichen-Hainbuchenwälder mit ca. 17,0 %, die Weich- und Hartholzauenwälder mit 4,2 % bzw. 8,5 %

der Gesamtfläche die größte Bedeutung. Unter den Tierarten der FFH-Richtlinie sind z.B. Vögel wie Eisvogel, Purpurreiher, Rohrweihe, Mittelspecht, Zwergrohrdommel, Blaukehlchen, Fischarten wie Maifisch, Steinbeißer, Fluss- und Meerneunauge, Schlammpeitzger sowie weitere Schmetterlinge und die Bechsteinfledermaus. Die Hördter Rheinaue steht im Funktionszusammenhang mit weiteren FFH-Gebieten.

Das EU-Vogelschutzgebietes 6715-401 „Offenbacher Wald, Bellheimer Wald und Queichwiesen“ wurde bereits unter Teilfläche 7 beschrieben.

Im Rahmen der Biotopkartierung (alt) wurden Bruchwälder und Feuchtwiesen auf großen Flächen im Untersuchungsgebiet kartiert. Die zuströmenden Bäche liegen ebenfalls im Einflussbereich der Beregnung. Gleichzeitig ergeben sich durch die Lage in der Maxauer Rheinniederung hydrogeologische Rahmenbedingungen, die von denen der zuvor genannten Teilflächen abweichen.

Aufgrund der hohen Dichte von Feuchtbiotopen wird das Konfliktpotential für das Zukunftsszenario als mittel eingestuft. Bei den Beregnungsmengen der mittelfristigen Prognose reicht der Einflussbereich nicht in das Naturschutzgebiet mit seinen Feuchtbiotopen hinein.

9 Laubmischwälder im „Oberwald“

Das FFH-Gebiet 6816-301 „Hördter Rheinaue“ wurde bereits unter Teilfläche 8 beschrieben.

Im Rahmen der Biotopkartierung (alte und neue) wurden Feuchtwälder auf größeren Teilflächen im Untersuchungsgebiet kartiert. Die zuströmenden Bäche liegen beim Zukunftsszenario z.T. im Einflussbereich der Beregnung. Gleichzeitig wird das Gebiet bereits von den Rheinwasserständen beeinflusst (Naturraum Maxauer Rheinniederung). Aufgrund der hohen Dichte von Feuchtbiotopen wird das Konfliktpotential beim Zukunftsszenario als mittel eingestuft.

Bei der mittelfristigen Prognose liegen die Flächen außerhalb des Einflussbereiches der landwirtschaftlichen Beregnung.

10 Wald- und Grünlandflächen zwischen Herxheim, Hatzenbühl und Steinweiler

Das FFH-Gebiet 6814-302 „Erlenbach und Klingbach“ wird geprägt von Fließgewässern mit angrenzenden Mähwiesen und Laubwäldern. Habitate von Libellen, Schmetterlinge des Grünlandes, Wiesen-Biotopkomplexe und Laubwaldbiotope bestimmen die Schutzwürdigkeit. Für die aktuelle Fragestellung relevante Lebensraumtypen sind krautreiche Flüsse, Eichen-Hainbuchenwälder (5 % der Fläche) und Auenwälder (5%). Zu den geschützten Arten gehören insbesondere Fische (Groppe, Schlammpeitzger, Bachneunauge, Bitterling) und Schmetterlinge der Feuchtwiesen (Heller und Dunkler Wiesenknopf-Ameisenbläuling).

Im Untersuchungsgebiet liegt das nördliche Ende des EU-Vogelschutzgebietes 6914-401 „Bienwald und Viehstrichwiesen“, das eine Gesamtfläche von 16.335 ha aufweist. Es umfasst den größten Niederungswald in Rheinland-Pfalz mit ausgedehnten Feucht- und Trockenwäldern

auf moorig-sumpfigem und sandigem Substrat mit Erlen, Buchen, Eichen, Kiefern u.a. Baumarten. Die Ränder des Gebietes werden im Norden und Süden von feuchten Bachtälern (Erlenbach, Otterbach, Wieslauter), im Osten von der Randsenke des ehemaligen Hochgestades des Rheins begrenzt. In den Tälern und Senken herrscht Grünlandnutzung vor. Daneben existieren Sandmagerrasen und Streuobstbestände (z.B. bei Büchelberg und Jockgrim). Das reichhaltige Mosaik seltener Biotoptypen bedingt die Bedeutung des Gebietes für eine Vielzahl seltener und gefährdeter Vogelarten. Direkt oder indirekt an Feuchtigkeit gebunden sind (im Gesamtgebiet) z.B. folgende Zielarten: Bekassine (*Gallinago gallinago*), Blaukehlchen (*Luscinia svecica*), Braunkehlchen (*Saxicola rubetra*), Eisvogel (*Alcedo atthis*), Mittelspecht (*Picoides medius*), Rohrweihe (*Circus aeruginosus*), Wachtelkönig (*Crex crex*), Wasserralle (*Rallus aquaticus*).

Zwischen Herxheim, Hatzenbühl und Steinweiler existieren zahlreiche feuchteabhängige Biotope und Tierarten, sowohl im Wald als auch im Offenland. Darunter befinden sich auch Biotoptypen nasser Standorte wie Großseggenrieder oder Bruchwälder. Prägend sind dabei immer wieder die Fließgewässer, bei denen sich teilweise schon Beeinträchtigungen durch Grundwasserentnahmen und die landwirtschaftliche Nutzung abzeichnen. Die Verbreitung der Feuchtbiopte deckt sich meist mit der hydromorpher bzw. grundwasserbeeinflusster Böden. Allerdings existieren in größeren Teilflächen auch nicht hydromorphe Böden.

Insgesamt wird das Konfliktpotential zwischen landwirtschaftlicher Beregnung und den naturschutzfachlichen Zielen für das Zukunftsszenario als mittel bis hoch eingestuft.

Bei der mittelfristigen Prognose liegen die Flächen außerhalb des Einflussbereiches der landwirtschaftlichen Beregnung.

11 Wald und Offenland nordöstlich Kandel

Das EU-Vogelschutzgebiet 6914-401 „Bienwald und Viehstrichwiesen“ wurde bereits unter Teilfläche 10 beschrieben.

Im Rahmen der Biotopkartierung (alt) wurde nur ein Biotop feuchter Standorte (Eichen-Hainbuchenwald), keines solcher nasser Böden kartiert. Der Überlappungsbereich des Einflussbereiches der Beregnung mit dem Vogelschutzgebiet ist relativ gering. Das Konfliktpotential wird für das Zukunftsszenario als gering eingestuft, für die mittelfristige Prognose besteht kein Konfliktpotential.

7 Monitoring

Eine exakte räumliche Abgrenzung einzelner Konfliktbereiche über die in den Grundwassermodellrechnungen ermittelten Einflussbereiche ist wegen der räumlichen Auflösung der Eingangsdaten auf dem derzeitigen Stand allerdings nicht möglich. Die gemeldeten Berechnungshöhen der vier Wasser- und Bodenverbände Ludwigshafen-Süd (1.140 ha), Mechttersheim-Römerberg (48 ha), Zeiskam (126 ha) und Hatzenbühl (590 ha) decken weniger als 10 % der berechneten Gesamtfläche von ca. 27.000 ha in der Südpfalz ab, die im Rahmen dieser Untersuchung betrachtet wurde. Die vorhandenen Messdaten erlauben es nicht, die Intensität der landwirtschaftlichen Beregnung in der Südpfalz exakt zu quantifizieren und mögliche Konflikte mit anderen Landnutzungen räumlich exakt abzugrenzen. Auch bei dem hier gewählten alternativen Weg, die Beregnungsmengen über die Bodennutzung (angebaute Früchte) zu ermitteln, waren Kompromisse in der räumlichen Auflösung der Eingangsdaten zu schließen. Dies betraf insbesondere die Daten zur Landnutzung, die vom Statistischen Landesamt nur auf Ebene der Verbandsgemeinden zur Verfügung gestellt werden können und damit nur in einer sehr groben räumlichen Auflösung vorliegen. Die tatsächliche Bodennutzung und damit auch die Beregnungsmengen unterliegen dagegen einer ausgeprägten zeitlichen und räumlichen Variabilität.

In Teilbereichen sind zudem die Daten zur Quantifizierung der Wechselwirkung zwischen Fließgewässern und oberem Grundwasserleiter lückenhaft. Wegen der großen Bedeutung dieser Interaktion für den Grundwasserhaushalt sind für eine abgesicherte räumliche Abgrenzung des Einflussbereichs der Grundwasserförderung zu Beregnungszwecken diese Datenlücken zu schließen.

Der Einflussbereich der landwirtschaftlichen Beregnungsflächen reicht aktuell nur in Einzelfällen in naturschutzfachliche Schutzgebiete hinein, die u.a. oder auch vorrangig dem Schutz feuchteabhängiger Tier- und Pflanzenarten bzw. Feuchtbiotopen dienen. Relevante Auswirkungen auf den Grundwasserhaushalt in feuchteabhängigen Biotopen von Naturschutzgebieten erscheinen nach dem derzeitigen Kenntnisstand für einen Bereich südlich von Hochstadt bereits für den Bezugszustand möglich. Es sind die westlichen Teilflächen des FFH-Gebiets „6715-302 Bellheimer Wald mit Queichtal“ und des weitgehend deckungsgleichen EU-Vogelschutzgebiet „6715-401 Offenbacher Wald, Bellheimer Wald und Queichwiesen“ bei Hochstadt potentiell von den Grundwasserentnahmen zur landwirtschaftlichen Beregnung betroffen. **Anlage 7.1** zeigt die Konfliktbereiche zwischen Beregnung und Naturschutz im Bezugszustand, welche sich aus der Überlagerung des Einflussbereichs der Beregnungsbrunnen mit den Schutzgebieten ergeben. Erst bei der mittelfristigen Prognose werden Randbereiche weiterer wertvoller Feuchtbiotope vom Einflussbereich der landwirtschaftlichen Beregnung berührt. Das EU-Vogelschutzgebiet „6616-402 Speyerer Wald, Nonnenwald und Bachauen zwischen Geinsheim und Hanhofen“ ist wegen der flächenhaft ausgebildeten Deckschicht von den Grundwasserentnahmen zur landwirtschaftlichen Beregnung nicht betroffen. Neue Konfliktgebiete sind dann für Beregnungsintensitäten, die über die mittelfristige Prognose hinausreichen, und für das Zukunftsszenario absehbar.

In Anbetracht der potentiellen Konfliktbereiche für den Bezugszustand 2003 und für die mittelfristige Prognose erscheint es nicht gerechtfertigt, wegen des zu betreibenden Aufwandes in einem ersten Schritt die erforderlichen Daten für das gesamte Untersuchungsgebiet zu erheben.

Zielführender ist es, für den potentiellen Konfliktbereich südlich von Hochstadt in räumlich begrenzten Detailuntersuchungen eine wesentlich differenziertere Datenbasis zu schaffen. Am effektivsten kann dies über ein Monitoring erreicht werden, in dem alle relevanten Daten erhoben werden.

Das Monitoring ist auf alle Bereiche, die Einfluss auf den Grundwasserspiegel im oberen Grundwasserleiter haben, auszudehnen. Für die Bewertung der Beregnungsintensität sind die tatsächlichen Grundwasserentnahmen zur landwirtschaftlichen Beregnung zu messen (Wasseruhren) und die angebauten Früchte auf den ausgewählten Monitoringflächen zu erfassen (Übertragbarkeit auf andere Flächen). Die oberflächennahen Grundwasserstände werden auch durch die Wechselwirkungen mit den Fließgewässern maßgeblich beeinflusst. Zusätzlich sind mögliche Auswirkungen der Grundwasserentnahmen aus den tieferen Grundwasserleitern auf den oberen Grundwasserleiter abzugrenzen.

Im einzelnen sind für eine hinreichende Quantifizierung der Grundwasserabsenkungen in Folge der landwirtschaftlichen Beregnung und für Rückschlüsse von der Beregnungstätigkeit in den Monitoringflächen auf weitere Gebiete folgende Sachverhalte zu erfassen:

- Überprüfung der hydrogeologischen Standortmerkmale (hydrogeologischer Aufbau des Untergrundes, Zuordnung der Grundwasserentnahmen zu den Grundwasserleitern),
- Fließgewässer (Wasserspiegellagen im Überwachungsgebiet bzw. Sohllagen und Wasserstände),
- Messung der Grundwasserentnahmen mit potentieller Beeinflussung der Grundwasserstände im Monitoringgebiet (landwirtschaftliche Beregnung, Trinkwasserversorgung, Brauchwasser),
- Grundwasserstände (ggf. in mehreren Grundwasserleitern, Nahbereich von Beregnungsanlagen mit höherer zeitlicher Auflösung, Fernbereich),
- Bodennutzung (beregnete Flächen, angebaute Früchte),
- Meteorologische Daten einer repräsentativen Klimastation.

Das Monitoring sollte auf jeden Fall die landwirtschaftlichen Flächen zwischen Hochstadt und Zeiskam mit einer Ausdehnung von ca. 400 ha erfassen. Sie schließen die Flächen des WuBV Zeiskam mit ein, der vergleichsweise hohe Beregnungsentnahmen gemeldet hat (Mittelwert 115 mm/a). In eine Erstbewertung sind auch die Flächen um Offenbach a.d. Queich mit einzu beziehen. Die Einzelheiten des Grundwassermonitorings sind für eine effiziente Umsetzung mit der Landwirtschaft abzustimmen.

8 Alternativenbetrachtung zur Frage zentraler - dezentraler Beregnung

Dezentrale Beregnungsentnahmen aus dem Grundwasser auf einem Niveau von ca. 25 Mio. m³/a führen zu flächenhaften Konflikten mit dem Naturschutz. Im Folgenden werden verschiedene Alternativen für eine zumindest teilweisen Umstellung der derzeit dezentral vorgenommenen Beregnung näher betrachtet, um die durch die Beregnungsentnahme im oberen Grundwasserleiter verursachte Grundwasserabsenkung auf einverträgliches Maß zu reduzieren.

8.1 Beregnung aus dem Fließgewässersystem

Bei einer Umstellung auf eine Wasserquelle zur Beregnung aus dem Fließgewässersystem wird die derzeitige dezentrale Grundwasserentnahme im Bereich der Beregnungsflächen ersetzt durch Beregnungswasser, das von „außerhalb“ in das Beregnungsgebiet zugeführt wird. Hierbei muss sichergestellt werden, dass der maximale Beregnungsbedarf, unabhängig von den jeweiligen klimatischen Verhältnissen, aus den Fließgewässern gedeckt werden kann.

Die Niedrigwasserabflussmessungen (siehe Anlage 2.5) zeigen, dass lediglich die Queich und der Speyerbach höhere Abflussmengen aufweisen. Die Abflussmengen der übrigen Gewässer sind so gering, dass sie zur Deckung des landwirtschaftlichen Beregnungsbedarfs nicht in relevantem Umfang in Betracht kommen. Aber auch in diesen beiden Gewässern würde die Entnahme lediglich lokal für die erforderlichen maximalen Beregnungsmengen ausreichend sein.

Ein wesentlicher Nachteil bei der Beregnung mit Wasser aus Fließgewässern ist jedoch, dass die Fließgewässer oft qualitativ nicht geeignet sind, um deren Wasser zur Beregnung einzusetzen. In vielen Gewässern sind Kläranlageneinläufe vorhanden, die je nach den Witterungsverhältnissen den Hauptanteil des Abflusses bilden können. Hiermit verbunden ist eine hohe bakteriologische Belastung der Fließgewässer, die zu Einschränkungen bei den angebauten Früchten und/oder wann das Wasser zur Beregnung genutzt werden darf, führen. Daher ist eine Beregnung mit Wasser aus Fließgewässern insbesondere aus hygienischen Gründen im gesamten Untersuchungsbereich nicht zu empfehlen.

8.2 Beregnung aus Altrheinarmen bzw. Kiesgruben

Auf Grund der hydrogeologischen Verhältnisse sind Nutzungskonflikte insbesondere mit dem Naturschutz auf der Rheinterrasse absehbar. Dagegen wirken sich wegen der durchlässigen Sande und Kiese in der Rheinniederung die Grundwasserentnahmen zur Deckung des lokalen Beregnungsbedarfs kaum auf die Grundwasserstände aus.

Die Beregnungsflächen in der Südpfalz sind im Vergleich zum Beregnungsgebiet der Vorderpfalz weniger kompakt und entwickeln sich längs der Gewässerläufe, die die Südpfalz in West-Ost-Richtung durchqueren. Bei einer Umstellung auf zentrale Beregnung in der Südpfalz sind bei einer Entnahme aus Baggerseen oder Altrheinarmen mehrere Entnahmestellen in der

Rheinniederung erforderlich. Geeignete Entnahmestellen wurden in früheren Gutachten benannt (Kittelberger 1993, 2002). Der Anteil der Transportleitungen ist im Vergleich zu Vorderpfalz deutlich höher und das Beregnungswasser ist über größere Strecken zu transportieren.

Detaillierte Kostenbetrachtungen für die Beregnungsgebiete Rheinzabern und Neupötz als eine 1. Stufe einer möglichen Umstellung auf zentrale Entnahme zeigten, dass der erforderliche Kostendeckungspreis rund dreimal so hoch wie der Wasserpreis in der Vorderpfalz sein würde (Kittelberger 2002) und eine Umstellung unwirtschaftlich erscheint. Wegen der relativ kleinen Flächen dieser Beregnungsgebiete sind die ermittelten Kosten (Investitionskosten ca. 7,5 Mio. €, Stand 2002) jedoch nicht als repräsentativ für eine weitgehende Umstellung der Beregnung auf eine Oberflächenwasserentnahme in der Südpfalz anzusehen.

8.3 Beregnung aus zentralen Tiefbrunnenanlagen

Im Untersuchungsgebiet liegen bis zu 5 wasserwirtschaftlich nutzbare Grundwasserleiter vor. Es eröffnen sich daher im Grundsatz Möglichkeiten, tiefere Grundwasserleiter zur landwirtschaftlichen Beregnung zu nutzen ohne den Vorbehalt der tieferen Grundwasserleiter für die Trinkwasserversorgung im Sinne eines vorsorgenden Grundwasserschutzes aufzugeben.

Die derzeitige Grundwasserentnahme zur landwirtschaftlichen Beregnung erfolgt überwiegend aus dem oberen und zu einem geringeren Teil aus dem mittleren Grundwasserleiter. Die im Untersuchungsgebiet vorhandenen Grundwasserleiter sind durch tonig-schluffige Trennhorizonte hydraulisch voneinander getrennt. Je nach Durchlässigkeit der einzelnen Trennschichten wirkt sich eine Grundwasserentnahme aus den unteren Grundwasserleitern nur noch in geringem Maße auf die Grundwasserstände im oberen Grundwasserleiter aus. Daher wäre eine teilweise Verlagerung der Beregnungsentnahmen aus dem oberen in die unteren Grundwasserleiter aus hydraulischer Sicht sinnvoll, um die durch die Beregnung verursachte Grundwasserstandsabsenkung im oberen Grundwasserleiter zu minimieren. Da die Ergiebigkeit der Tiefbrunnen aufgrund der größeren Aquifermächtigkeiten und der längeren Filterstrecken deutlich höher ist, als die der derzeit vorhandenen privaten Flachbrunnen, ist eine Beregnung mit einer Versorgung aus einigen Tiefbrunnen zu diskutieren. Tiefbrunnenanlagen können flexibel an einen sich unterschiedlich entwickelnden Beregnungsbedarf angepasst werden. Da hier keine großen Transportwege anfallen und eine Integration der vorhandenen Leitungsnetze in der Regel leichter möglich ist, erscheint eine Umstellung von Teilräumen auf tiefe Grundwasserentnahme auch wirtschaftlich.

Anlage 8.1 zeigt drei mögliche Standortbereiche für zentrale Tiefbrunnengalerien. Die Standorte sind so gewählt, dass in Bereichen mit hohem Konfliktpotential zum Naturschutz die Grundwasserentnahme aus dem oberen Grundwasserleiter teilweise durch die Tiefbrunnen substituiert werden könnte. Die Brunnengalerien sollten aus hydraulischen Gründen jeweils senkrecht zur Strömungsrichtung angeordnet werden. Ebenfalls wäre aus Dargebotsgründen eine Anordnung der Brunnenanlagen relativ weit im Osten anzustreben.

Derzeit zeigen sich bereits die konkurrierenden Nutzungsansprüche im Bereich von Hochstadt. Der nördliche Alternativstandort für die zentralen Tiefbrunnengalerien könnte nördlich von Zeiskam liegen und dazu dienen, die Entnahme der zahlreichen Beregnungsbrunnen in diesem Bereich auf tiefere Grundwasserleiter zu verlagern. Die im Umfeld gelegenen Brunnen der öffentlichen Wasserversorgung des ZVWV Germersheimer Nordgruppe entnehmen ebenfalls aus den tieferen Grundwasserleitern. Im Jahr 2003 betrug die Entnahme ca. 0,98 Mio. m³/a, während die Entnahme der VGW Edenkoben 0,58 Mio. m³/a betrug. Vor dem Hintergrund der derzeitigen öffentlichen Wasserversorgungssituation wurde für das Einzugsgebiet des Tiefbrunnenstandortes über die Grundwasserneubildung das gewinnbare Dargebot mit 3,5 Mio. m³/a grob abgeschätzt. Der zweite Alternativstandort für zentrale Tiefbrunnenanlagen befindet sich östlich der Linie Ottersheim-Herxheim. In Verbindung mit dem nördlichen Standort kann hierdurch der Bereich des Queich-Schwemmfächers entlastet werden. Die Entnahmen der nächstgelegenen Brunnen der öffentlichen Wasserversorgung betragen, bezogen auf das Jahr 2003 für die Energie Südwest AG 0,79 Mio. m³/a, für die Impflinger Gruppe 0,32 Mio. m³/a, für die VGW Herxheim bei Landau 0,29 Mio. m³/a und für den ZVWV Walsheim 1,74 Mio. m³/a. Unter Berücksichtigung der derzeitigen Situation der öffentlichen Wasserversorgung wurde das gewinnbare Dargebot für das Einzugsgebiet des mittleren Tiefbrunnenstandortes mit ca. 4,0 Mio. m³/a abgeschätzt.

Der südliche potentielle Standort für Tiefbrunnen befindet sich westlich von Kandel und soll den Einfluss der landwirtschaftlichen Beregnung auf die Grundwasserstände in der Erlenbach-Niederung reduzieren. Die Grundwasserentnahmen im Jahr 2003 betragen für den WZV Bienwald ca. 0,25 Mio. m³/a und für die VGW Kandel ca. 0,81 Mio. m³/a. Unter diesen Randbedingungen wurden für den potentiellen Tiefbrunnenstandort das gewinnbare Dargebot über die Grundwasserneubildung im Einzugsgebiet mit ca. 2,5 Mio. m³/a grob abgeschätzt.

In weiteren Untersuchungen ist jedoch insbesondere die stockwerksgliedernde Wirkung der verschiedenen Trennhorizonte zu erkunden, um belastbar abschätzen zu können, inwieweit die tieferen Grundwasserleiter vom oberen Grundwasserleiter hydraulisch getrennt sind. Ferner wäre zu prüfen, ob das tiefere Grundwasser qualitativ zur Beregnung geeignet ist (v.a. Eisen-gehalte). Um hydraulische Auswirkungen auf benachbarte Trinkwassergewinnungsgebiete beurteilen und den Einfluss von Tiefentnahmen mit temporären Spitzenförderungen auf den oberflächennahen Grundwasserbereich bewerten zu können, wären auf verbessertem hydrogeologischen Kenntnisstand weitergehende detaillierte Modelluntersuchungen notwendig.

9 Zusammenfassung und Bewertung

9.1 Bestandsaufnahme

Die Beregnungsflächen in der Südpfalz dehnen sich auf einer Fläche von ca. 27.000 ha aus. Das Beregnungswasser wird in der Südpfalz nahezu vollständig über private Einzelbrunnen dem Grundwasser entnommen. Verbandlich organisiert werden weniger als 10 % der Beregnungsfläche in der Südpfalz beregnet.

Zur Einschätzung der Auswirkungen der Grundwasserförderung zur landwirtschaftlichen Beregnung auf den Grund- und Bodenwasserhaushalt und damit zur Eingrenzung potentieller Konflikte mit anderen Nutzungen wurde ein regionales Grundwassermodell für die Südpfalz aufgebaut. Die hydrogeologische Schematisierung entspricht der HGK Karlsruhe – Speyer (2007). Die Erweiterung der hydrogeologischen Schematisierung nach Norden, dort reicht das Modellgebiet über das Bearbeitungsgebiet der HGK Karlsruhe-Speyer hinaus, wurde mit dem LGB abgestimmt. Im Grundwassermodell sind der obere, mittlere und untere Grundwasserleiter abgebildet. Der mittlere und untere Grundwasserleiter werden in Teilräumen nochmals in jeweils zwei Grundwasserleiter untergliedert, so dass im Modellgebiet der Grundwasserkörper aus bis zu 5 Stockwerken aufgebaut ist. Der Bearbeitungsschwerpunkt im Modellaufbau lag auf dem oberen Grundwasserleiter. Die Lage des Grundwasserspiegels wird durch intensive Wechselwirkungen mit den Fließgewässern, die die Südpfalz in West-Ost-Richtung durchqueren, deutlich beeinflusst.

Mit dem Grundwassermodell wurde ein solides Instrumentarium geschaffen, den Einfluss der dezentralen Beregnungsentnahmen auf den Grundwasserhaushalt großräumig zu bewerten und potentielle Konflikte mit anderen Landnutzungen in Folge dieser Grundwasserständerungen einzugrenzen.

Die hydrogeologische Situation ist mitentscheidend, aus welchen Grundwasserleitern die Beregnungsbrunnen Grundwasser entnehmen. Im westlichen Untersuchungsgebiet ist der obere Grundwasserleiter nur geringmächtig ausgebildet (gebietsweise < 10 m). Zahlreiche Beregnungsbrunnen erschließen daher im westlichen Teil neben dem oberen Grundwasserleiter auch den mittleren Grundwasserleiter. Deutlich überwiegen dagegen die Entnahmen aus dem oberen Grundwasserleiter im östlichen Untersuchungsgebiet. Auf Basis der vorliegenden Daten (Ausbauzeichnungen, Datenbank SGD) konnte bei rund 2/3 der Brunnen die Entnahme einem Grundwasserleiter eindeutig zugeordnet werden. Die Entnahmezugehörigkeit der Brunnen mit unbekanntem Ausbau wurde entsprechend der bekannten Ausbauverhältnisse für den westlichen und östlichen Teil getrennt vorgenommen.

Da nur wenige Angaben zu Beregnungshöhen für die Südpfalz vorliegen, wurde alternativ der Beregnungsbedarf über eine Abgrenzung der Beregnungsflächen und der dort angebauten Früchte ermittelt. Ziel der Bewässerung ist es, das Wasser in der Menge und Verteilung zu applizieren, so dass die Pflanze hinsichtlich Menge und Qualität unter Berücksichtigung der Wirt-

schaftlichkeit optimal ausgebildet wird. Gleichzeitig ist auf eine nachhaltige Bewirtschaftung der Grundwasserressourcen, unter Berücksichtigung des Grundwasserschutzes und ökologischer Aspekte, besonderer Wert zu legen. Derzeit wird eine Bewässerungssteuerung nach der Geisenheimer Methode, die den Bodenwasserhaushalt bilanziert, am geeignetsten für eine optimale Bewässerungssteuerung angesehen. Dieses Konzept wird auch vom DLR Rheinpfalz empfohlen und wurde für die berechneten Flächen in den Modellrechnungen zum Bodenwasserhaushalt umgesetzt.

Eine Übertragung der gut dokumentierten Berechnungsmengen aus der Vorderpfalz war hingegen u.a. wegen unterschiedlicher Anteile der Anbaukulturen sowie der räumlichen Variabilität des Bodenaufbaus und des Klimas nicht direkt möglich.

Die angebauten Früchte wurden aus der Bodennutzungshaupterhebung vom Statistischen Landesamt für das Erhebungsjahr 2003 abgeleitet. Nach Einschätzung der Landwirtschaftskammer geben die statistischen Daten zur ackerbaulichen Bodennutzung auf Kreisebene die tatsächlichen Verhältnisse angemessen wieder. Eine Aussage auf Verbandsgemeindeebene ist jedoch nicht möglich, da z.B. die Anbauverhältnisse jährlich wechseln und ein ständiger Flächentausch stattfindet. Andererseits zeigt die Agrarstatistik innerhalb der Südpfalz eine räumliche Differenzierung einzelner Nutzungen. Der derzeitige Schwerpunkt des Gemüseanbaus liegt nach den Daten des Statistischen Landesamtes in den Gemeinden Dudenhofen und Lingenfeld (rund 36 % der ackerbaulich genutzten Fläche). Im südlichen Teil der Südpfalz ist der Gemüsebau noch wenig ausgeprägt (10 %).

Um hier einen ausgewogenen Kompromiss bei der räumlichen Verteilung in der Bodennutzung zu finden, wurden im Untersuchungsgebiet auf der Grundlage der Daten des Statistischen Landesamtes drei Gebiete mit einheitlichen Nutzungsanteilen abgegrenzt. Im nördlichen Teil bis auf die Höhe einer Linie von Landau nach Germersheim liegen die Bereiche mit Schwerpunkten im Gemüsebau. In der mittleren Zone bis auf eine Linie Billigheim-Ingenheim – Herxheim – Hördt und dem anschließenden südlichen Bereich ist der Anteil der hinsichtlich des Bodenwasserhaushalts günstigen Lössböden höher. In diesen Zonen liegt der Anteil des bewässerungsintensiven Gemüsebaus deutlich niedriger.

9.2 Derzeitige und zukünftige Beregnung

Die Beregnungspraxis in der Südpfalz wurde intensiv mit der Landwirtschaftskammer Rheinland-Pfalz, dem Bauern- und Winzerverband, dem DLR, dem LUWG und Vertretern der Wasser- und Bodenverbände diskutiert. Die Fachleute gehen davon aus, dass derzeit in der Südpfalz lediglich Flächen mit Gemüse inkl. Tabak, Kartoffel und Zuckerrüben beregnet werden. Dies sind ausschließlich Kulturen, die als beregnungsbedürftig eingestuft werden. Bei diesen Kulturen hat der Gemüsebau deutlich den höchsten zusätzlichen Wasserbedarf.

Für die Einschätzung der Beregnungsentnahmen auf den Grundwasserhaushalt wurden insgesamt gemeinsam mit den o.g. Fachvertretern die drei Szenarien

- Bezugszustand 2003,
- Mittelfristige Prognose und
- Zukunftsszenario

entwickelt.

Bezugszustand 2003

Für die Südpfalz errechnet sich unter den Anbauverhältnissen des Jahres 2003 eine Grundwasserentnahme zur landwirtschaftlichen Beregnung von ca. 9 Mio. m³/a bei mittleren klimatischen Verhältnissen.

Mittelfristige Prognose

In den vergangenen Jahren wurde bereits spürbar in den Ausbau der Beregnungsanlagen in der Südpfalz investiert. Nach den Angaben der Fachvertreter ist davon auszugehen, dass bis etwa 2010/2012 rund 70 % des theoretischen Wasserbedarfs in der landwirtschaftlichen Praxis bei mittleren Verhältnissen gedeckt werden kann. Durch die Veränderungen in der Agrarförderung der EU wird erwartet, dass ein Großteil des Tabakanbau in den nächsten Jahren auf den beregnungsintensiven Gemüsebau umgestellt wird.

Für die Südpfalz errechnet sich hieraus für die mittelfristige Prognose (ca. 2012 - 2015) eine Grundwasserentnahme zur landwirtschaftlichen Beregnung von ca. 14 Mio. m³/a bei mittleren klimatischen Verhältnissen.

Zukunftsszenario

Für die fernere Zukunft wird weiterhin von den derzeitigen Beregnungsflächen ausgegangen. Die Beregnungskapazitäten werden weiter ausgebaut und der Ausbaugrad beträgt dann 100 %. Der Beregnungsbedarf steigt aufgrund des pflanzenoptimierten Wasserbedarfs (Beregnung weiterer Kulturen, Intensivierung des Gemüsebaus, klimatische Veränderungen, Anstieg des Gemüsebaus im Süden) noch etwas gegenüber den berechneten Werten bei optimaler Steuerung für Gemüse und Hackfrüchte an.

Für die Südpfalz errechnet sich hieraus für das Zukunftsszenario eine Grundwasserentnahme zur landwirtschaftlichen Beregnung von ca. 25 Mio. m³/a. Im nördlichen Bereich nähern sich im Zukunftsszenario die Verhältnisse in der Vorderpfalz an, wo bereits im Zeitraum 1991-2003 im Mittel 103 mm/a als Beregnungswasser aufgebracht wurden.

In stationären Grundwassermodellrechnungen wurden die Einflussbereiche der Grundwasserentnahmen für diese drei Szenarien berechnet. Bei der Bewertung der räumlichen Abgrenzung der Einflussbereiche ist zu beachten, dass mit den verfügbaren Daten das Ausmaß der Wirkungen der Grundwasserförderung auf den Grundwasserhaushalt hinreichend ermittelt werden kann. Für eine exakte Abgrenzung der Lage des Einflussbereichs im einzelnen sind jedoch räumlich differenzierte Eingangsdaten zu den Beregnungsentnahmen erforderlich und Kenntnislücken zu den Wechselwirkungen mit den Fließgewässern zu schließen.

Die berechneten Einflussbereiche zeigen die großräumigen Auswirkungen sämtlicher Beregnungsentnahmen auf die Grundwasserstände. Bei der Bearbeitung von wasserrechtlichen Zulassungen von Einzelbrunnenentnahmen ist wegen der räumlichen Nähe der Beregnungsbrunnen deren Summationswirkung zu beachten.

Die stationären Modelluntersuchungen zeigen den vieljährigen Einfluss auf den Grundwasserhaushalt, da die Beregnungsentnahmen als Jahresentnahmen eingerechnet werden. Da die Beregnungsgaben während des Vegetationszeitraumes in Einzelgaben temporär aufgebracht werden und hierzu spezifisch hohe Stundenförderungen notwendig sind, sind zeitlich deutlich größere Absenkungen im Nahbereich der Brunnen zu erwarten, hierzu wären instationäre Untersuchungen notwendig.

9.3 Nutzungskonflikte

Zur Abschätzung möglicher Konfliktbereiche mit feuchteabhängigen Biotopen wurden die hierzu naturschutzfachlich relevanten Grunddaten erhoben. Als Schutzgebiete sind die Natur-, FFH- und Vogelschutzgebiete nach dem aktuellen Ausweisungsstand (Juni 2008) berücksichtigt worden. Auch außerhalb dieser ausgewiesenen Schutzgebiete existieren wertvolle Feuchtbiotope, die teilweise einem pauschalen Schutz nach dem Landesnaturschutzgesetz unterliegen. Hierzu wurden ergänzend die Biotopkartierungen des Landes und des Biotopkatasters Osiris ausgewertet. Im derzeitigen Bearbeitungsstand erfassen diese Erhebungen jedoch nur einen Teil der zu betrachtenden Flächen. Um eine maximale Abgrenzung potentieller Konfliktbereiche zum Naturschutz zu gewinnen, wurde deshalb ergänzend die Verbreitung hydromorpher Böden auf der Grundlage der digitalen Bodenflächendaten abgegrenzt.

Im Bezugszustand sind die westlichen Teilflächen des FFH-Gebiets „Bellheimer Wald mit Queichtal“ und des weitgehend deckungsgleichen EU-Vogelschutzgebiet „Offenbacher Wald, Bellheimer Wald und Queichwiesen“ bei Hochstadt potentiell von den Grundwasserentnahmen zur landwirtschaftlichen Beregnung betroffen.

In der mittelfristigen Prognose verändert sich die Betroffenheit von Naturschutzflächen nicht grundsätzlich. Durch die gesteigerten Beregnungsentnahme sind größere Teilflächen der o.g. FFH- und Vogelschutzgebiete betroffen. Möglicherweise sind dann auch Randbereiche des FFH-Gebiets „Modenbachniederung“ und des EU-Vogelschutzgebiet „Speyerer Wald, Nonnenwald und Bachauen zwischen Geinsheim und Hanhofen“ betroffen.

Im Zukunftsszenario werden Verhältnisse in der Bodennutzung betrachtet, die in etwa den heutigen Anbauverhältnissen in der Vorderpfalz entsprechen. Der Einflussbereich im Zukunftsszenario überdeckt dann eine signifikant größere Fläche mit höheren Absenkungsbeträgen. Der gesamte Queichschwemmkegel ist flächenhaft von signifikanten Grundwasserabsenkungen betroffen. In den übrigen Gewässerniederungen reicht der Einflussbereich dann häufig in die Randbereiche wertvoller Feuchtgebiete. Die maximalen Grundwasserstandsabsenkungen hingegen liegen größtenteils in Bereichen mit hohen Flurabständen. Die Rheinaue ist wegen der

zahlreichen Gewässern und der hohen Durchlässigkeit des Untergrundes wenig sensibel gegenüber Grundwasserentnahmen zur landwirtschaftlichen Beregnung.

Die Ortslagen in den Beregnungsgebieten liegen meist in einem Bereich, wo die Grundwasserstände bei mittleren klimatischen Verhältnissen in Folge der Grundwasserentnahmen zur Beregnung um 0,25-0,5 m abgesenkt werden. In Nassperioden sind wegen des deutlich geringeren Beregnungsbedarfs die Absenkungsbeträge wesentlich geringer, in Trockenperioden deutlich höher. In der Regel sind in Nassperioden die Einflüsse der die Ortslagen durchfließenden Gewässer auf das Grundwasser von wesentlich größerer Bedeutung.

9.4 Monitoring

Bei den unterschiedlichen hier untersuchten Beregnungsintensitäten wird offenkundig, dass für einen Bereich südlich von Hochstadt am ehesten potentielle Konflikte mit feuchteabhängigen Biotopen zu erwarten sind. Diese Situation rechtfertigt nicht, in einem nächsten Schritt mit erheblichem Aufwand und entsprechender Dauer die Datengrundlage für das gesamte Untersuchungsgebiet zu verbessern. Es wird stattdessen vorgeschlagen, für den Bereich Hochstadt ein Monitoring zu etablieren, mit dem verhältnismäßig rasch alle relevanten Grundlagen für eine abgesicherte räumliche Abgrenzung des Einflussbereichs der Grundwasserentnahmen zur landwirtschaftlichen Beregnung gewonnen und die tatsächlichen Auswirkungen auf natur- schutzfachlich relevante Flächen eingeschätzt werden können.

Das Monitoring sollte auf jeden Fall die landwirtschaftlichen Flächen zwischen Hochstadt und Zeiskam mit einer Ausdehnung von ca. 400 ha erfassen. Sie schließen die Flächen des WuBV Zeiskam mit ein, der vergleichsweise hohe Beregnungsentnahmen gemeldet hat (Mittelwert 115 mm/a). In eine Erstbewertung sind auch die Flächen um Offenbach a.d. Queich mit einzu- beziehen.

Für eine hinreichende Quantifizierung der Grundwasserabsenkungen in Folge der landwirt- schaftlichen Beregnung sind im Monitoringgebiet folgende Sachverhalte zu erfassen:

- Überprüfung der hydrogeologischen Standortmerkmale (hydrogeologischer Aufbau des Untergrundes, Zuordnung der Grundwasserentnahmen zu den Grundwasserleitern),
- Fließgewässer (Wasserspiegellagen im Überwachungsgebiet bzw. Sohlagen und Wasser- stände),
- Grundwasserentnahmen (landwirtschaftliche Beregnung, Trinkwasserversorgung, Brauch- wasser),
- Grundwasserstände (ggf. in mehreren Grundwasserleitern, Nahbereich von Beregnungs- anlagen mit höherer zeitlicher Auflösung, Fernbereich),
- Bodennutzung (beregnete Flächen, angebaute Früchte),
- meteorologische Daten einer repräsentativen Klimastation.

Zusätzlich kann mit dem vorgeschlagenen Monitoring erstmalig eine Referenz zur privaten Be- regnungstätigkeit in der Südpfalz geschaffen werden. Die Fachleute gehen davon aus, dass die

private Beregnungstätigkeit nicht mit der gleichen Intensität betrieben wird wie die in Verbänden organisierte Beregnung. Messdaten aus der privat organisierten Beregnung sind eine wertvolle Grundlage zur Verifizierung der angenommenen Beregnungshöhen für die Südpfalz. Das Grundwassermonitoring sollte in Kooperation mit der Wasserwirtschaft, der Landwirtschaft und dem Naturschutz umgesetzt werden.

Auf einer durch das Monitoring verbesserten Datengrundlage ist das für die Südpfalz aufgebaute Grundwassermodell weiterzuentwickeln. Durch die räumlich differenzierteren Eingangsdaten können die potentiellen Nutzungskonflikte mit dem Naturschutz abgesicherter eingeschätzt werden. Bei den Bodennutzungsdaten bietet sich hier wegen der Größe des Bearbeitungsgebiets vor allem die multitemporale Satellitenbilddauswertung an. Möglicherweise sind aber auch die Flächeninformation zur Abwicklung der EU-Agrarausgaben hierzu geeignet. Ferner sind die Eingangsdaten zur Beschreibung der Wechselwirkung zwischen Grundwasser und Fließgewässer, die erheblichen Einfluss auf den oberen Grundwasserleiter hat, zu ergänzen.

9.5 Ausblick und Versorgungsalternativen

Der Beregnungswasserbedarf wird in der Südpfalz auch zukünftig weiter ansteigen. Unter den klimatischen Verhältnissen in der Südpfalz sind Feldgemüsebau und Speisekartoffeln ohne Beregnung nicht zu realisieren (Beregnungsbedürftigkeit). Ein weiterer Anstieg des beregnungsintensiven Gemüsebaus ist wegen der Umstellungen der Tabakanbauflächen bereits absehbar. Auf Grund der vorhandenen Anlagenkapazität kann derzeit nicht intensiver beregnet werden; die Anlagen werden jedoch kontinuierlich ausgebaut. Für die Entwicklung des Beregnungsbedarfs ist auch von Bedeutung, wenn weitere Früchte bei Preisen, die von hoher Nachfrage geprägt sind, beregnungswürdig werden, weil die beregnungsbedingten Mehrkosten durch die Ernte-Mehrerlöse gedeckt werden.

Die Folgen des globalen Klimawandels können sich in mehreren Formen auf den Beregnungsbedarf und damit auf den regionalen Grundwasserhaushalt auswirken. Diesbezügliche detaillierte Aussagen sind in landwirtschaftlichen und wasserwirtschaftlichen Forschungsvorhaben zu erarbeiten.

Grundsätzlich verlängern sich in Folge des Temperaturanstiegs die Vegetationsperioden, so dass sich insbesondere im Gemüsebau die Anbaubedingungen für mehrere Kulturen in einer Vegetationsperiode verbessern.

In der Vegetationsperiode ist nach dem aktuellen Kenntnisstand zur Klimaveränderung davon auszugehen, dass die Sommer- und Herbstniederschläge niedriger werden und das Wasserdefizit durch verstärkte Beregnung ausgeglichen werden muss. Wassermangel wirkt sich zudem negativ auf die Stoffumsetzung in den Böden aus. Dies reduziert zum einen die Nährstoffverfügbarkeit in der Wuchsphase der Pflanzen. Die Nährstofffreisetzung steigt dagegen im Herbst wieder an und Nitrate werden vermehrt im Winterhalbjahr ausgewaschen. Die Beregnung sichert eine stabile Nährstoffversorgung der Pflanzen in den Sommermonaten und dient damit letztlich auch der Sicherung der Grundwasserqualität.

Langfristig ist davon auszugehen, dass die Ausdehnung potentieller Konfliktflächen mit dem Naturschutz deutlich größer wird. Bei einer Beregnungsintensität in der Südpfalz, die mit der heutigen Beregnungstätigkeit in der Vorderpfalz vergleichbar ist, dehnt sich der Einflussbereich der Grundwasserentnahmen zur landwirtschaftlichen Beregnung in mehreren Bereichen der Südpfalz auf wertvolle Feuchtgebiete aus. Der Beregnungsbedarf erreicht dann die gleiche Größenordnung wie die derzeitigen Grundwasserentnahmen zur öffentlichen Wasserversorgung.

Wegen der absehbaren Zunahme von Nutzungskonflikten insbesondere mit dem Naturschutz sind die behördlichen Informationsgrundlagen für einen sachgerechten wasserrechtlichen Vollzug auszubauen. U.a. wegen der zahlreichen Einzelentnahmen, die sich in ihrer Wirkung überlagern, ist für eine belastbare Einschätzung zur verträglichen Grundwassernutzung eine raumbezogene Datenverwaltung anzustreben. Für eine verlässliche Beurteilung der tatsächlichen Entnahmesituation zur landwirtschaftlichen Beregnung sind auch die Daten zu den tatsächlichen Beregnungsentnahmen bei der Behörde zu verbessern. Vorhandene Grundwassermodelle sind als wasserwirtschaftliche Entscheidungsgrundlage weiterzuentwickeln.

Wassereinsparungen bei der landwirtschaftlichen Beregnung können grundsätzlich durch wassersparende Beregnungstechnik und durch Bewässerungssteuerung erreicht werden. Die Betriebskosten der Beregnung sind relativ hoch (Energiekosten), so dass von Seiten der Landwirte ein erhebliches Interesse besteht, im Rahmen ihrer betriebswirtschaftlichen Möglichkeiten wassersparende Beregnungstechnik einzusetzen. Die Beregnung außerhalb der verdunstungs- und windintensiven Mittagszeiten ist bereits üblich, sofern nicht andere Restriktionen diese zwingend erforderlich machen. Der Einsatz der wassersparenden Tropfbewässerung ist nach den vorliegenden Erfahrungen nur in mehrjährigen Sonderkulturen (z.B. Erdbeeren, Obst- und Weinbau) bisher wirtschaftlich. Neuere Entwicklungen bei der Tropfbewässerung müssen ihre Praxistauglichkeit noch zeigen. Insgesamt wird das Wassereinsparpotential bei der landwirtschaftlichen Beregnung in der Südpfalz auf absehbare Zeit als gering eingestuft.

Eine Umstellung auf zentrale Beregnung mit Entnahmen aus Kiesgruben oder dem Rhein bzw. Altrheinen kann diese langfristig zu erwartenden Konflikte entschärfen. Nachteilig wirkt sich aus, dass im Vergleich zur Vorderpfalz die Beregnungsflächen weniger kompakt sind. Entsprechend sind die spezifischen Kosten einer Umstellung höher. Bisherige Überlegungen zur Umstellung der Beregnungsgebiete Rheinzabern und Neupötz auf eine Entnahme aus Oberflächengewässer haben sich bisher als unwirtschaftlich gezeigt. Ungünstig wirkt sich in diesem Zusammenhang zudem aus, dass die Mehrzahl der Konfliktflächen mit dem Naturschutz im westlichen Teil liegen. Beregnungswasser ist bei einer Umstellung auf Oberflächenwasserentnahme aus der Rheinniederung dann über relativ große Strecken zu transportieren.

Die die Südpfalz querenden Fließgewässer scheiden wegen ihrer geringen Wasserführung und hygienischer Probleme für eine großflächige Umstellung aus.

Wenn zukünftig in der Südpfalz Alternativen zur oberflächennahen Grundwasserförderung erforderlich werden, sollte neben der Umstellung auf eine Entnahme aus Oberflächengewässer in der Rheinniederung auch die Grundwasserentnahme aus Tiefbrunnen als wasserwirtschaftliche Lösung in Betracht gezogen werden. Auf Grund der hydrogeologischen Verhältnisse Im Untersuchungsgebiet mit bis zu 5 wasserwirtschaftlich nutzbaren Grundwasserleitern eröffnen sich im Grundsatz Möglichkeiten, tiefere Grundwasserleiter zur landwirtschaftlichen Beregnung zu nutzen ohne den Vorbehalt der tieferen Grundwasserleiter für die Trinkwasserversorgung im Sinne eines vorsorgenden Grundwasserschutzes aufzugeben.

Brandt-Gerdes-Sitzmann
Umweltplanung GmbH

Darmstadt, den 26.01.2009



Dr.-Ing. M. Kämpf



Dipl.-Ing. M. Kapp

Literatur

Björnsen 2007: Grundwassergewinnung Ordenswald, Hydrogeologisches Modell, Anhang 1 zum Antrag auf Erteilung einer gehobenen Erlaubnis für die Zutageförderung und Ableitung von Grundwasser aus den neuen Tiefbrunnen TB 8 und TB 9 im Gewinnungsgebiet Ordenswald

HG 1999: Großräumige Grundwassermodelluntersuchungen südlich von Germersheim mit Detailbetrachtungen für die Wasserwerke Kuhardt und Jockgrim, Modellbericht, Büro für Hydrogeologie und Umwelt GmbH, Gießen, Juli 1999

HG 2000a: Trinkwasserversorgung der Verbandsgemeinde Kandel, Hydrogeologisches Gutachten Teil 1, Bestandsaufnahme, Büro für Hydrogeologie und Umwelt GmbH, Gießen, April 2000

HG 2000b: Trinkwasserversorgung der Verbandsgemeinde Herxheim, Hydrogeologisches Gutachten Teil 1, Bestandsaufnahme, Büro für Hydrogeologie und Umwelt GmbH, Gießen, April 2000

Kittelberger 1993: Wasser- und Bodenverband zur Beregnung der Vorderpfalz – Vorstudie zur Gebietserweiterung, Ingenieurbüro Kittelberger, Ludwigshafen, Mai 1993

Kittelberger 2002: Erschließung des Beregnungsgebietes Rheinzabern-Neupotz, Ingenieurbüro Kittelberger, Ludwigshafen, September 2002

Landesamt für Gewässerkunde Rheinland-Pfalz 1980: Rheinausbau unterhalb Au-Neuburg, Hydrogeologische, geologische und wasserwirtschaftliche Untersuchungen, 2. Bericht, Mainz, 1980

Landwirtschaftskammer Rheinland-Pfalz 2008: Schreiben vom 26.02.2008.

Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg, Hessisches Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Forsten, Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz: Hydrogeologische Kartierung und Grundwasserbewirtschaftung Rhein-Neckar-Raum, Fortschreibung 1983-1998, Stuttgart / Wiesbaden / Mainz, 1999

Regierungspräsidium Darmstadt 1999: Grundwasserbewirtschaftungsplan Hessisches Ried, Darmstadt, 1999

Umweltbundesamt DLR-DFD 2004: Corine Landcover

Umweltministerium Baden-Württemberg, Ministerium für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz Rheinland-Pfalz 2007: Hydrogeologische Kartierung und Grundwasserbewirtschaftung im Raum Karlsruhe-Speyer, Fortschreibung 1986 – 2005, Stuttgart / Mainz 2007

SGD Süd 2005: Generalplan zur Beregnung der Vorderpfalz, Fortschreibung, Februar 2005

Wessolek 1992: Untersuchungen zum Wasserhaushalt im Umlandverband Frankfurt, unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag des Umlandverbandes, Berlin