

Grundwasseranreicherungsanlagen im Hessischen Ried

Versickerung ■ Im Zustrom der im Hessischen Ried vorhandenen Verbundwasserwerke werden unterschiedliche Anlagen zur künstlichen Grundwasseranreicherung betrieben. Mit der Versickerung von zu Trinkwasser aufbereitetem Oberflächenwasser werden die ökologischen Standortverhältnisse verbessert, der gute Mengenzustand gesichert, die klimatisch bedingten Grundwasserspiegelschwankungen in Trockenperioden begrenzt und die Trinkwasserversorgung für die Metropolregion Rhein-Main langfristig gesichert.

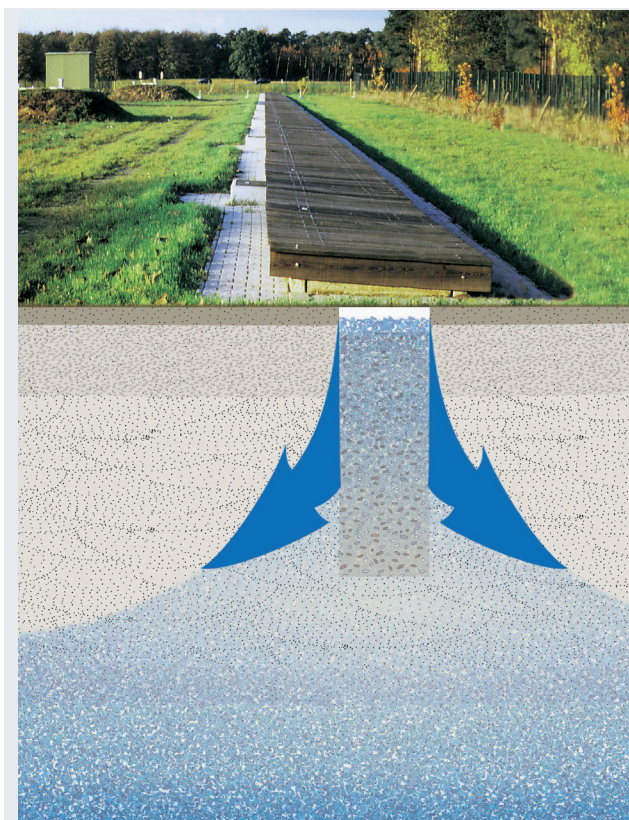
Als Hessisches Ried wird der nördliche Teil des Oberrheingrabens zwischen Frankfurt/Main im Norden und Mannheim im Süden bezeichnet. Der ergiebige Grundwasserleiter des Hessischen Rieds hat eine große Bedeutung als Ressource für die Wasserversorgung des Ballungsraumes und der intensiven landwirtschaftlichen Beregnung. Zur Sicherstellung der Trinkwasserversorgung von zwei Millionen Einwohnern in der Metropolregion Rhein-Main werden seit 1989 im Zustrom der Gewinnungsanlagen der verbundwirksamen Wasser-

werke (WW) der Hessenwasser GmbH & Co. KG und des Wasserverbandes Riedgruppe Ost mehrere Anlagen zur künstlichen Grundwasseranreicherung durch den Wasserverband Hessisches Ried betrieben.

Die wasserwirtschaftliche Bedeutung des Hessischen Rieds beruht auf Sanden und Kiesen des Pleistozäns, deren Mächtigkeit von Norden nach Süden ansteigt. Hydrogeologisch und grundwasserhydraulisch herrscht eine großräumig nach Westen zum Vorfluter Rhein gerichtete Grundwasserfließ-

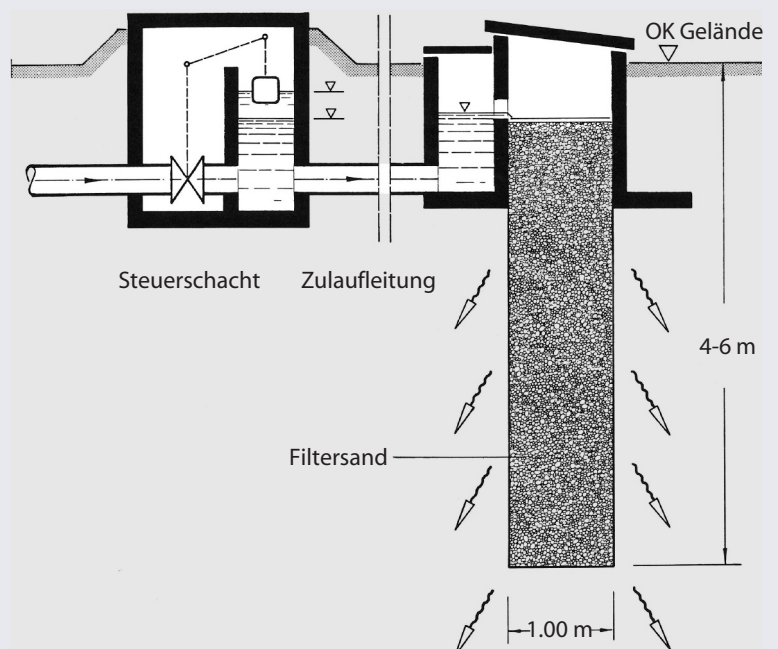
richtung vor, die lokal durch die Absenkungstrichter der Wasserwerke abgelenkt wird [1].

Das Hessische Ried weist eine mittlere Jahresniederschlagsmenge von 653 mm auf. Der Gesamtniederschlag verteilt sich zu ca. 56 % auf das hydrologische Sommerhalbjahr und rd. 44 % auf das hydrologische Winterhalbjahr. Bei einer Höhenlage von ca. 100 m über NN und einer mittleren Jahrestemperatur von ca. 9,5 °C kommt es in den Sommermonaten aufgrund hoher potenzieller Verdunstung im langjährigen Mittel zu



Quelle: Hessenwasser GmbH & Co. KG/Regierungspräsidium Darmstadt

Abb. 1 1989 wurden im Hessischen Ried neun Sickerschlitzzgräben errichtet.



einer negativen klimatischen Wasserbilanz [2]. In Trockenjahren beträgt die Grundwasserneubildung nur wenige mm/a, unter verdunstungsintensiven Flächen kommt sie vollständig zum Erliegen. In Nassjahren kann sie dagegen auf mehrere 100 mm/a ansteigen.

Konkurrierende Interessen der Wasserwirtschaft, Landwirtschaft, Naturschutz, Forst und Infrastruktur auf engstem Raum stellen somit erhebliche Anforderungen an eine großräumige Aquiferbewirtschaftung.

Wasserverband Hessisches Ried

Der 1979 gegründete Wasserverband Hessisches Ried (WHR) ist eine Körperschaft des öffentlichen Rechts und hat die Aufgabe, die landwirtschaftliche Beregung im Hessischen Ried und die Grundwasseranreicherung im Einzugsgebiet seiner Grundwasserförderanlagen und im Einzugsgebiet der Grundwasserförderung seiner Mitglieder sicherzustellen. Der Verband leistet somit einen wesentlichen Beitrag zur nachhaltigen Sicherstellung der öffentlichen Trinkwasserversorgung durch die Erhöhung des langfristig nutzbaren Grundwasserdargebots. Mit seinen Infiltrationsanlagen stabilisiert der

Verband die Grundwasserstände und schafft somit die Voraussetzungen für geordnete ökologische Verhältnisse im Einflussbereich seiner Mitglieder. Die dem Verband als Mitglieder angehörenden Wasserversorger haben in den zurückliegenden Jahren in Abhängigkeit von den Infiltrationsmengen jährliche Infiltrationskosten zwischen 4,7 bis 5,8 Mio. € getragen.

Rheinwasseraufbereitung

Das Rheinwasseraufbereitungswerk hat eine zentrale Rolle bei der Bewirtschaftung des Grundwasserleiters. Im Wasserwerk wird Oberflächenwasser über mehrere Verfahrensstufen zu Trinkwasser aufbereitet. Die Aufbereitungsschritte umfassen eine mechanische Reinigungsstufe, Vorozonung, Primärflockung, Sedimentation (Absetzbecken), Hauptozonung, Sekundärflockung, Mehrschichtfiltration und Aktivkohlefiltration. Diese Verfahrenskombination integriert physikalische, chemische und mikrobiologische Aufbereitungsverfahren, die im Prozess mehrfach vorhanden und aufeinander abgestimmt sind. Dieses sog. technische Multi-Barrieren-System bietet Mehrfachbarrieren zur Rückhaltung oder Entfernung von Gewässerunreini-

gungen mit verschiedenen physikalisch-chemischen Eigenschaften. Unberücksichtigt bleiben mikrobiologische Anforderungen, da eine Desinfektion des Wassers vor der Grundwasseranreicherung – im Falle einer Grenzwertüberschreitung – vermieden werden soll. Die Kapazität des Wasserwerkes liegt bei 43 Mio. m³/a. Davon stehen 38 Mio. m³/a für die Infiltration und 5 Mio. m³/a für die landwirtschaftliche Beregung zur Verfügung.

Das technische Konzept sieht den Vorrang der landwirtschaftlichen Beregung durch aufbereitetes Rheinwasser auf einer Fläche von 6.000 Hektar vor. Die benötigten Wassermengen unterliegen dem Witterungsgeschehen und beeinflussen maßgeblich die Infiltrationsmengen in den Monaten März bis September. Außerhalb der Anbauperiode werden die aufbereiteten Mengen den Infiltrationsorganen zugeführt. In Nassperioden kann die Infiltration konzeptionell vollständig ruhen.

Die Grundwasseranreicherung ist der zentrale Bestandteil bei der Grundwasserbewirtschaftung im Hessischen Ried. Die Anreicherung über drei Anlagenstandorte dient der Begren-

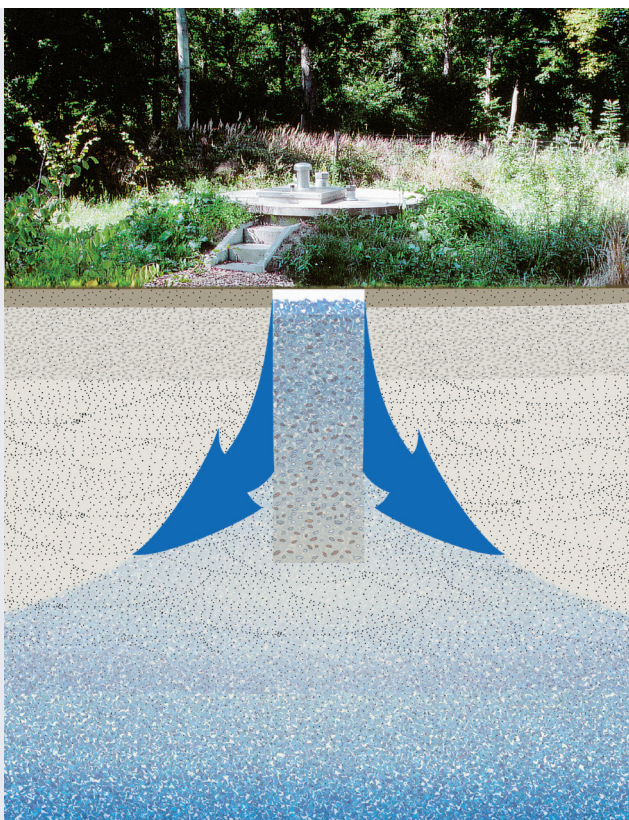
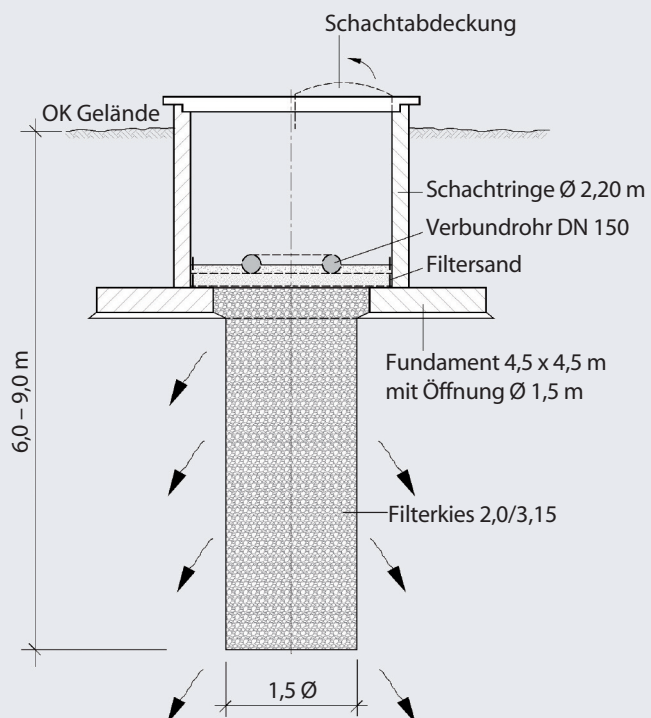


Abb. 2 Die Infiltration über Bohrlöcher bedeutet einen nur geringen Eingriff in das Landschaftsbild.



Quelle: Hessenwasser GmbH & Co. KG

zung klimatisch bedingter Schwankungen der Grundwasserstände v. a. in Trockenperioden, der Verbesserung ökologischer Verhältnisse durch dauerhafte Anhebung des Grundwasserstands-niveaus und der Sicherstellung der Trinkwasserversorgung.

Das Infiltrationsmengenkonzept beruht darauf, dass in Zuordnung der Brunnen der Wasserwerke die Infiltration so vorgenommen wird, dass die Grundwasserstandsziele des Grundwasserbewirtschaftungsplanes erreicht und das natürliche Grundwasserangebot im direkten Entnahmebereich der Förderbrunnen vergrößert wird. Damit wird gewährleistet, dass sich die tatsächliche Entnahmemenge (Bruttoentnahme durch die Brunnen der Wasserwerke)

um den Infiltrationsbeitrag reduziert. Als bilanziell grundwasserstandswirksames Maß der Entnahmemenge der Wasserwerke wird daher die Nettoentnahmemenge angegeben (Bruttoentnahmemenge der Wasserwerke abzüglich des Infiltrationsanteils).

Infiltrationsorgane

Die Versickerung des aufbereiteten Rheinwassers im zentralen Hessischen Ried erfolgt drucklos in die ungesättigte Bodenzone über verschiedenartig ausgebaute Anlagen. In Abhängigkeit von den vorherrschenden geologischen, hydrogeologischen und grundwasserhydraulischen Randbedingungen sowie der möglichen Inanspruchnahme von Flächen werden verschiedene Infiltrationsorgane eingesetzt.

Erstmals wurden in 1978 verschiedene Infiltrationsorgane (Sickerbecken, Sickerschlitzgräben, Schluckbrunnen) auf ihre Leistungsfähigkeit am WW Eschollbrücken getestet. Als optimale Lösung wurde der Sickerschlitzgraben empfohlen. Im Oktober 1989 wurden neun Sickerschlitzgräben in Betrieb genommen. Die Sickerschlitzgräben haben eine Länge von 100 m (Ausnahme SSG 9 mit 40 m), eine Tiefe von 6 m, eine Breite von 1 m, sind mit Grobsand verfüllt und für eine Versickerungsleistung von 2.000 m³/Tag konzipiert (Abb. 1).

Ausgehend von den Erfahrungen mit der Infiltrationsanlage Eschollbrücken, wurde für den Gernsheimer Wald eine Infiltrationsanlage konzipiert, die als flächensparende Alternative zu den

Organ	Länge x Breite m	DN mm	Tiefe m	Infiltration Ø m ³ /d	Grundwasserflurabstand im Umfeld m
Sickerschlitz	100 x 1	–	6	1.000 - 4.500	7,5 - 10
Kiesbohrlochgruppe (Ser-Gruppe)	–	1.500	9	1.400 - 3.000	3 - 4
Schluckbrunnen	–	600	26	850 - 1.600	9 - 12
Graben	1.000 x 2-4	–	4	2.400 - 6.500	unterschiedlich (beeinflusst durch Tiefenlage)

Tab. 1 Mittlere Versickerungsleistung der Infiltrationsorgane

Bereich (Mengen in m ³)	Eschollbrücken/ Pfungstadt	Gernsheimer Wald	Jägersburger/ Lorscher Wald	Summe
Grundinfiltration	2.500.000 1.000.000	6.300.000	4.500.000 2.000.000	16.300.000
Infiltration für Trockenperioden	2.000.000	2.000.000	2.100.000	6.100.000
Infiltration für Mehrförderung	7.500.000	5.000.000	4.700.000	17.200.000
Summe Infiltration	13.000.000	13.300.000	13.300.000	39.600.000
Summe Ökologie	5.500.000	8.300.000	8.600.000	22.400.000
Anteil Ökologie %	42	62	65	57

Tab. 2 Mengenkonzeption Infiltration gemäß stationärer und instationärer Modellrechnungen in Mio. m³/a (kursiv: Anlagen im Bau bzw. beantragter Anlagenausbau)

Wasserwerk/ Infiltrationsanlage	Entnahmebrunnen Anzahl	Infiltrations- organe Anzahl	Entnahme Mio. m ³	Infiltration Mio. m ³	Entnahme/ Infiltration Verhältnis
Eschollbrücken	20	14	12,52	1,98	6,3 : 1
Allmendfeld	15	117	14,59	8,67	1,7 : 1
Jägersburg	13	65	12,20	6,58	1,9 : 1
Gesamt	48	196	39,31	17,23	2,3 : 1

Tab. 3 Mengenverhältnis Verbundwasserwerke: Gewinnung und Infiltration in 2009

Sickerschlitzgräben aus sieben großkalibrigen Einzelbohrungen besteht (Abb. 2). Die Dimensionierung der linienhaft angeordneten großkalibrigen Einzelbohrungen entspricht der rechnerischen Leistungsfähigkeit eines Sickerschlitzgrabens in Eschollbrücken. Mit der aufgelösten Bauform aus großkalibrigen Einzelbohrungen konnte der landschaftliche Einfluss minimiert und bei der Umsetzung der Anlage flexibel auf den vorhandenen Baumbestand reagiert werden. Jede Bohrung hat einen Durchmesser von 1,5 m, eine Tiefe von 6 m und ist mit Filterkies aufgefüllt. Als Gegenfilter dient eine oberflächlich aufgebrachte, austauschbare Sandauflage. Die Filterkieskörnung wurde dem Anstehenden entsprechend ausgewählt.

Zur Optimierung der Bauform und Bemessung der Leistungsfähigkeit wurden nach Auswertung der Kernbohrungen Grundwassermodellrechnungen zur Ableitung der Anordnung der Einzelbohrungen zueinander und der räumlichen Lage der Organe zu den Entnahmekäusen durchgeführt. Ziel war es, eine gleichmäßige Belastung aller großkalibrigen Einzelbohrungen, d. h. einen gleichmäßigen Aufstau in den großkalibrigen Einzelbohrungen bei möglichst gleichmäßig verteilten Infiltrationsmengen zu erreichen. Die Vergleichbarkeit der Leistung einer Kiesbohrlochgruppe (7 Bohrungen, 1,5 m Durchmesser, 6 m Tiefe) mit der eines Sickerschlitzgrabens wurde im Gernsheimer Wald in einem einjährigen In-Situ-Versuch bestätigt. Nach Abschluss des Versuchs wurden alle Kiesbohrlöcher bis zu ihrer Endteufe von i. d. R. 6 m mit Greiferbohrungen niedergebracht und 1996 in Betrieb genommen. Die gleiche Herangehensweise wurde für die in Betrieb befindliche Anlage im Jägersburger Wald und die im Bau befindliche Anlage Lorscheider Wald gewählt.

Im Jägersburger Wald wurden zwischen Oktober 1998 und Januar 1999 sukzessive 12 Kiesbohrlochgruppen in Betrieb genommen. Die Kiesbohrlochgruppen bestehen zur weiteren Eingriffsminderung in die Waldbestände aus fünf Einzelbohrungen, die über eine Strecke von rd. 80 m in Linie angeordnet

sind. Die Bohrungen wurden wie im Gernsheimer Wald mit einem Durchmesser von 1,5 m, aber mit einer größeren Tiefe von 9 m ausgebaut.

Zusätzlich werden seit 1993 im Gernsheimer Wald vier ehemalige Entwässerungsgräben über eine Länge von mehreren 100 m zur Versickerung genutzt. Im Jägersburger Wald wurde 1996 mit der Einleitung von aufbereitetem Rheinwasser in den Waldgraben Großrohrheim begonnen. Ein Jahr später folgte die Infiltration über den Grenzgraben Biblis. Bei allen Gräben handelt es sich um ehemalige Entwässerungsgräben, im Mittel mit einer Länge von 1.000 m, einer Breite von 1 m und einer Tiefe von 4 m, deren Grabensohle profiliert wurde. Das Infiltrationswasser wird zur gleichmäßigen Verteilung über mehrere Auslässe an der Grabensohle eingeleitet (Abb. 3). Nach den Erfahrungen aus dem Infiltrationsbetrieb im Hessischen Ried können folgende Leistungsverhältnisse der unterschiedlich ausgebauten Infiltrationsanlage näherungsweise wie in Tabelle 1 angeführt angenommen werden.

Die Infiltrationsmengensteuerung basiert auf drei Säulen: einer Grundinfiltration zur Anhebung bzw. Sicherung des Grundwasserstandsneiveaus (gemäß EG-Wasserrahmenrichtlinie), einer zeitweiligen Mehrinfiltration in Trockenperioden zur Sicherung der unteren Grenzgrundwasserstände und einer Zusatzinfiltration für eine weitgehend grundwasserstandsneutrale Mehrförderung, wie es in Tabelle 2 dargestellt ist. Im direkten Einzugsgebiet der verbundwirksamen Großwasserwerke im Hessischen Ried werden die in Tabelle 3 vorhandenen Einzelorgane betrieben.

Infiltrationssteuerung

Die Grundwasserstände im Hessischen Ried werden maßgeblich von den klimatischen Ausprägungen bestimmt. In den zurückliegenden Jahrzehnten betrug die klimatische Schwankungsgröße der Grundwasserstände ca. 2 bis 3 m. Mit den Infiltrationsanlagen besteht die Möglichkeit, die natürliche Schwankungsbreite nach unten in Richtung tiefer Grundwasserstände auf maximal 2 m zu limitieren.

Die Steuerung der Infiltration basiert auf einem wasserrechtlich verbindlichen Betriebsreglement mit konkretisierten Ab- und Wiederanschaltwerten zur Vermeidung infiltrationsbedingter Vernässungsschäden von landwirtschaftlichen Flächen und Siedlungsgebieten, unter Beachtung der Vorgaben des Grundwasserbewirtschaftungsplans Hessisches Ried [2]. Die Steuerung der Grundwasserstände kann daher nicht isoliert auf einen Wert ausgerichtet werden, sondern umfasst die wasserrechtlich zulässige Steuerungsspannbreite zwischen unterem Grenzgrundwasserstand und Abschaltwert.

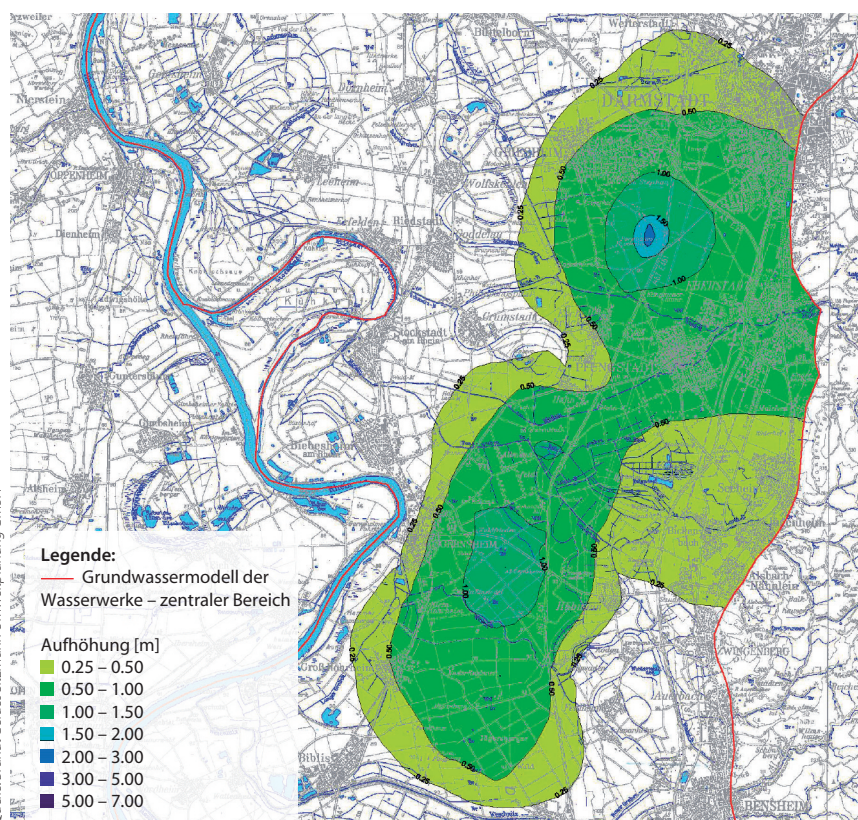
Seit Inbetriebnahme des Rheinwasseraufbereitungswerkes in Biebesheim im Jahre 1989 ist im großen Umfang Grundwasser durch aufbereitetes Oberflächenwasser für die landwirtschaftliche Beregnung und durch die Infiltration im Vorfeld der infiltrationsgestützten Wasserwerke substituiert worden. Da die Infiltration nicht vollständig durch Mehrförderung der Wasserwerke kompensiert wird, resultiert hieraus ein Grundwasserspiegelanstieg im unmittelbaren Bereich der Infiltrationsanlage in einer Größenordnung von 1 bis 1,5 m (Abb. 4). Die Darstellung der räumlichen Ausdehnung des Infiltrationseinflusses bei mittleren klimatischen Verhältnissen (Rahmenbedingungen 1996) erfolgt durch stationäre Modellrechnungen. Der Einflussbereich der Infiltration ist in Abhängigkeit von der an die Grundwasserstände angepassten Infiltrationsmenge zeitlich variabel. In Zeiten hoher Grundwasserstände mit gedrosselter Infiltration ist der Einflussbereich kleiner, als in Zeiten niedriger Grundwasserstände und gesteigerter Infiltration. Bei Eintreten einer Nassperiode und mit Erreichen eines definierten Abschaltwertes wird die Infiltration vollständig eingestellt, damit die ohnehin vorhandene witterungsbedingte Vernässungsgefahr nicht durch die Infiltration verstärkt wird.

Zeitgleich mit dem Start der Infiltrationsmaßnahmen verringerte sich sowohl der Trinkwasserbedarf in der Metropolregion Rhein-Main-Neckar als auch die Entnahme aus Industriebrunnen. Der seitherige Grundwasserspiegelanstieg wird daher maßgeblich



Abb. 3 Infiltrationsgraben im Hessischen Ried

Quelle: Hessenwasser GmbH & Co. KG



Quelle: Brandt Gerdes Sitzmann Umweltplanung GmbH

Abb. 4 Stationäre Berechnung der flächenhaften Aufspiegelungen unter mittleren Bedingungen im Hessischen Ried [3]

von beiden Faktoren verstärkt. Aufspiegelungen durch die Infiltration und Aufhöhungsbereiche durch reduzierte Entnahmen sind aber nur teilweise deckungsgleich. Die Differenzierung der bestimmenden Einflussgrößen erfolgte mittels stationärer Modellrechnungen. Im Mittel erhöhte sich der Grundwasserspiegel durch Entnahmeverringerung und Infiltration um 2 bis über 3 m gegenüber dem Vergleichszustand Oktober 1985.

Zusammenfassung und Ausblick

Der Wasserverband Hessisches Ried trägt durch seine seit 1989 im Hessischen Ried betriebenen Infiltrationsanlagen zur langfristigen und nachhaltigen Sicherung der Trinkwasserversorgung in der Metropolregion Rhein-Main bei. Der 1999 in Kraft getretene Grundwasserbewirtschaftungsplan im Hessischen Ried hat zur Folge, dass durch die behördlich festgeschriebenen Grundwasserstände

ein technisch hochkomplexes Förder- und Infiltrationsregime betrieben werden muss.

Die große Anzahl der Infiltrationsanlagen im Vorfeld der Gewinnungsanlagen führt zu einem erheblichen Aufwand im Betrieb, für die Instandhaltung und Steuerung dieser Anlagen. Der großflächige Aufspiegelungsbereich in Verbindung mit den vorgegebenen behördlichen Auflagen bedarf einer übergreifenden Grundwasserbewirtschaftung mit vorausschauender und aufeinander abgestimmter Steuerung der Entnahme- und Infiltrationsanlagen. Nur damit wird gewährleistet, dass die behördlichen Auflagen eingehalten und Vernässungs- und Trockenschäden verhindert werden können. Unter mittleren klimatischen Verhältnissen wird fast jeder zweite gewonnene m^3 im Hessischen Ried doppelt aufbereitet.

Infiltrationsanlagen sind wie alle technischen Bauwerke Alterungsprozessen unterworfen. Die Leistungsfähigkeit der Organe kann neben den hydraulischen und prozessualen Komponenten durch physikalische, chemische und mikrobiologische Reaktionen und Prozesse maßgeblich beeinflusst werden. Die Kolmation (Verringerung der Durchlässigkeit des Bodengerüsts) wird von der Beschaffenheit des Infiltrats, dessen Transport zum Organ und den mechanischen Eigenschaften von eingeschwemmten Partikeln beeinflusst und ist nur teilweise steuer- oder abstellbar. Die damit verbundenen Auswirkungen und die im direkten Zusammenhang stehenden Regenerierungs- und Optimierungsverfahren werden in einem weiteren Artikel beschrieben.

Literatur

- [1] Brandt Gerdes Sitzmann Umweltplanung GmbH (2002): Dokumentation des Grundwassermodells der Wasserwerke im Hessischen Ried, im Auftrag der Arbeitsgruppe der Wasserwerke. Unveröffentlichtes Gutachten, Darmstadt.
- [2] Regierungspräsidium Darmstadt (1999): Grundwasserbewirtschaftungsplan Hessisches Ried, Darmstadt.
- [3] Brandt Gerdes Sitzmann Umweltplanung GmbH (2002): Modellrechnungen zum Einflussbereich der Infiltrationsmaßnahme. Unveröffentlichtes Gutachten, Darmstadt.

Autoren:

Dipl.-Ing. Lilo Weber

Dr. Hermann Mikat

Hessenwasser GmbH & Co. KG

Geschäftsbereichsleiter Wasserwirtschaft
und Informationstechnologie

Taunusstr. 100

64521 Groß-Gerau/Dornheim

Tel.: 069 25490-3200

Fax: 069 25490-7009

E-Mail: lilo.weber@hessenwasser.de

hermann.mikat@hessenwasser.de

www.hessenwasser.de

