

Fachbeitrag Mengenmäßiger Zustand

In den meisten Gebieten Hessens sind die Grundwasserstände großräumig unbeeinflusst von Entnahmen, die zumeist nur eine kleinräumige, lokale Absenkung der Grundwasseroberfläche zur Folge haben. Die jahreszeitliche Entwicklung der Grundwasserstände ist generell durch Hochstände im Frühjahr und niedrige Stände im Herbst geprägt, die von mehrjährigen Feucht- und Trockenperioden überlagert werden. Entscheidend ist hierbei die Höhe der Grundwasserneubildung im hydrologischen Winterhalbjahr. Hohe Grundwasserstände gab es zuletzt Ende der 1990er Jahre bis 2002. Bis zum Jahr 2006 folgte eine Reihe von Jahren mit Grundwasserständen, die unter den mittleren Höhen lagen. Ende der 2010er Jahre stand das Grundwasser auf durchschnittlichem Niveau. Im Sommer 2012 sanken die Grundwasserspiegel kurzfristig auf ein niedrigeres Niveau. Im Sommer 2013 stiegen vor allem im Hessischen Ried die Grundwasserstände als Folge des nassen Sommerhalbjahres an. Die darauffolgenden warmen und niederschlagsarmen Jahre, verglichen mit dem dreißigjährigen Jahresmittel der Niederschläge, führten vor allem im Jahr 2018 und auch in den Folgejahren 2019 und 2020 zu abnehmenden Grundwasserständen.

Gebiete, die durch großräumig wirkende Eingriffe in den Grundwasserhaushalt beeinflusst werden, gibt es praktisch nur in der Oberrhein- und Untermainebene sowie am Südwestrand des Vogelsbergs. Entnahmen finden dort teilweise seit Ende des 19. Jahrhunderts statt. Diese Entnahmen dienen seitdem der übergeordneten Versorgung der ständig wachsenden Rhein-Main-Region.

Von 1960 bis 1970 wurden die Grundwasserentnahmen in diesen Gebieten aufgrund des erhöhten Bedarfs z. T. enorm gesteigert. Als Folge hieraus entstanden durch die Grundwasserabsenkungen verschiedene unerwünschte Auswirkungen. Um diese Auswirkungen zu minimieren, wurden für die Entnahme-Regionen „Vogelsberg“ und „Hessisches Ried“ umweltverträgliche Entnahmeregimes entwickelt. Mit der behördenverbindlichen Einführung des Grundwasserbewirtschaftungsplans „Hessisches Ried“ im Jahre 1999 und der Einführung der „grundwasserschonenden Wassergewinnung im Vogelsberg“ (Mitte der 1990er Jahre) haben sich mittlerweile die Verhältnisse in den betroffenen Grundwasserleitern verstetigt (Kap. 8 BP).

Seit über 20 Jahren hat das Grundwasser in den genannten Gebieten ein neues Gleichgewicht auf einem gegenüber dem Ausgangszustand teilweise tieferen Niveau erreicht. Flächenhafte Trends mit sinkenden Wasserständen liegen nicht mehr vor.

Im zentralen Bereich des Hessischen Rieds wird seit dem Jahr 1989 aufbereitetes Oberflächenwasser aus dem Rhein mit nahezu Trinkwasserqualität im Grundwasser oberstrom der Brunnen infiltriert. Mit Hilfe der Steuerung von Infiltration und Grundwasserentnahme werden die Grundwasserstände auf dem Niveau der im Grundwasserbewirtschaftungsplan Hessisches Ried festgelegten Richtwerte gehalten.

Zur Beurteilung der zeitlichen Entwicklung der Grundwasserstände wurde der Zeitraum 2000 bis 2018 herangezogen. Werden alle 948 Landesgrundwassermessstellen einer Trendbewertung unterzogen, ergeben sich bei 874 Ganglinien keine gerichteten Veränderungen hinsichtlich ihrer Grundwasserstände. 57 Ganglinien weisen eine fallende Tendenz auf und 17 Ganglinien eine steigende Tendenz.

Die überwiegende Anzahl (78) der vorhandenen 99 WRRL-Überwachungsmessstellen weist keine gerichtete Tendenz hinsichtlich der Entwicklung ihrer Grundwasserstände auf. 12 Grundwasserganglinien zeigen eine fallende Tendenz, die auf die niederschlagsarmen Jahre im letzten Jahrzehnt zurückzuführen sind. Dies in Verbindung mit einer erhöhten Verdunstung infolge der gestiegenen Temperaturen führte zu Rückgängen hinsichtlich der jährlichen Grundwasserneubildung aus Niederschlag. Da die gewählten Grundwassermessstellen nicht durch Grundwasserentnahmen beeinflusst werden, sind die abnehmenden Grundwasserstände auf Witterungs- bzw. klimatische Effekte zurückzuführen.

Nach WRRL (Anhang V Nr. 2.1.1) wird als Parameter für die Einstufung des mengenmäßigen Zustands des Grundwassers prinzipiell der Grundwasserspiegel genannt. Nach den CIS-Dokumenten (Guidance Document No.18) ist eine alleinige Bewertung auf Grundlage des Grundwasserstandes unzureichend. Es wird empfohlen, generell weitere Parameter und Informationen zur Bewertung heranzuziehen.

Zur Bewertung sollte – in Abhängigkeit vom Ergebnis bzw. der Zuverlässigkeit der Trendanalyse – eine Wasserbilanzbetrachtung herangezogen werden. Basis hierfür ist eine flächenhafte Ermittlung der Bilanzglieder Niederschlag, Abfluss, Verdunstung, Neubildung, aktuelle Entnahmemengen und Angaben zur Infiltration. Für die detaillierte Bilanz kann zusätzlich eine Berücksichtigung des lateralen Zustroms bzw. Abstroms des Grundwasserkörpers im Einzelfall erforderlich sein. Dies gilt auch für tiefer liegende Grundwasserkörper, mit denen ein erkennbarer Wasseraustausch stattfindet (LAWA 2019).

Zur Bewertung der aktuellen Entnahmen können die Anteile der wasserrechtlich gestatteten bzw. tatsächlichen Entnahmemengen an der Grundwasserneubildung aus Niederschlag (in %), bezogen auf den jeweiligen Grundwasserkörper, herangezogen werden.

Für die überschlägige Bilanzierung wird in Hessen die Verwendung der tatsächlichen Entnahmemengen anstelle der genehmigten favorisiert. Diese liegen in der Regel deutlich unter den genehmigten Entnahmemengen. Damit werden die realen Verhältnisse im jeweiligen Grundwasserkörper wiedergegibt.

Betrug die Summe der tatsächlichen Entnahmemengen in einem Grundwasserkörper mehr als 30 % der Grundwasserneubildung aus Niederschlag, erfolgte eine weitergehende Bewertung für den entsprechenden Grundwasserkörper.

Bei dieser weitergehenden Betrachtung wurden der Grundwasseraustausch zwischen Grundwasserkörpern (lateraler Zu- und Abstrom) sowie Daten von künstlichen Grundwasseranreicherungen (z. B. Hessisches Ried) und bekannte natürliche Infiltrationen von Oberflächengewässern berücksichtigt (siehe Tabelle 3). Da für die Grundwasserentnahme zu Trinkwasserzwecken oft tiefere Grundwasserstockwerke genutzt werden, sich die Ausweisung der Grundwasserkörper aber auf die oberflächennahen Grundwasserleiter bezieht, kommt es bei der Gegenüberstellung der Rechengrößen „Grundwasserneubildung aus Niederschlag versus tatsächliche bzw. genehmigte Entnahmemengen“ in einigen Fällen zu Ungleichgewichten. In diesen Fällen ergeben sich dann rein rechnerisch höhere Entnahmeanteile (z. B. > 30 % der Grundwasserneubildung aus Niederschlag). Gleiches gilt bei Bestehen eines Austausches (Zu- bzw. Abstrom) zwischen den Grundwasserkörpern. Diese Besonderheiten wurden bei der weitergehenden Beschreibung berücksichtigt.

In den Tabellen 1 und 2 werden die 118 Grundwasserkörper, für die die genehmigten und tatsächlichen Entnahmemengen erfasst wurden, zu verschiedenen mittleren Grundwasserneubildungsmengen aus Niederschlag ins Verhältnis gesetzt.

Basis hierfür ist eine flächenhafte Ermittlung der Grundwasserneubildung aus Niederschlag sowie die Erfassung der genehmigten und tatsächlichen Entnahmemengen auf Ebene der Grundwasserkörper sowie der Angaben zur Infiltration von aufbereitetem Oberflächenwasser. Die entsprechenden Daten der genehmigten bzw. tatsächlichen Entnahmemengen (unter Berücksichtigung der Infiltration von aufbereitetem Oberflächenwasser) wurden für die Jahre 2015 bis 2017 erfasst. Für die nachfolgenden Auswertungen wurden aus den einzelnen Jahreswerten 2015 bis 2017 die jeweiligen Mittelwerte für die tatsächlichen und genehmigten Entnahmemengen sowie Infiltrationsmengen von aufbereitetem Oberflächenwasser pro Grundwasserkörper berechnet. Analog zu den vorherigen Berichten, wurden die Infiltrationsmengen von den genehmigten bzw. tatsächlichen Entnahmemengen in Abzug gebracht.

Nicht berücksichtigt werden bei diesen Gegenüberstellungen die natürliche Infiltration aus Oberflächengewässern sowie die Zu- und Abflüsse aus benachbarten bzw. in Verbindung stehenden Grundwasserkörpern. Zudem ist zu beachten, dass die Ausweisung der Grundwasserkörper im Hinblick auf den obersten Grundwasserleiter erfolgte. Viele Gewinnungsanlagen fördern jedoch Rohwasser zur Trinkwassergewinnung aus tieferen Grundwasserstockwerken. Diese Entnahmen aus tieferen Grundwasserstockwerken sind häufig nicht mehr ausschließlich dem jeweiligen Grundwasserkörper, in dem sich die Gewinnungsanlagen befinden, zuzuordnen sondern eher einer Grundwasserkörpergruppe, welche alle einen gewissen Anteil an diesen tieferen Grundwasserleitern haben. Gleichfalls kann es bei der Lage von Gewinnungsanlagen in den Randbereichen von Grundwasserkörpern sein, dass die Entnahmen sich auch auf die betroffenen Nachbargrundwasserkörper auswirken können.

Für die Berechnung der Grundwasserneubildung aus Niederschlag wurden langjährige Zeitreihen genutzt, um die durchschnittlichen hydrologischen Verhältnisse abzubilden. Es wurde der in der Hydrologie übliche Zeitraum von 30 Jahren herangezogen. Die Verwendung verschiedener Zeitspannen mit unterschiedlichen Startjahren liefern zudem wichtige Hinweise, welche Auswirkungen unterschiedliche Zeitspannen auf die daraus resultierenden mittleren Neubildungsraten aus Niederschlag haben.

Die LAWA-Arbeitshilfe zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie, Teil 3, Kapitel II.1.2 - Grundwasser- führt aus, dass die wasserrechtlich zugelassenen Entnahmen weniger als 30 % der Grundwasserneubildung aus Niederschlag ausmachen sollen.

Tab. 1 %-Anteile der genehmigten Entnahmemengen (Mittel der Jahre 2015 bis 2017) an den mittleren Grundwasserneubildungen aus Niederschlag für verschiedene Klimanormalperioden

%-Anteil der genehmigten Entnahmemengen an der mittleren Grundwasserneubildungen aus Niederschlag <i>(ohne Berücksichtigung von natürlichen Infiltrationsprozessen, Randzuflüssen und Austauschprozessen)</i>						
	Mittlere GWN der Jahre 1971 bis 2000		Mittlere GWN der Jahre 1981 bis 2010		Mittlere GWN der Jahre 1991 bis 2018	
Klasse	Anzahl GWK	%-Anteil GWK	Anzahl GWK	%-Anteil GWK	Anzahl GWK	%-Anteil GWK
0 bis < 30 %	81	69	85	72	78	66
30 bis < 50 %	17	14	16	14	16	14
50 bis < 75 %	7	6	5	4	9	8
75 bis < 100 %	3	3	2	2	2	2
> 100 %	10	8	10	8	13	11

Wie aus der Tab. 1 zu entnehmen ist, liegen die genehmigten Entnahmemengen in rund 2/3 der 118 ausgewerteten Grundwasserkörper unter der 30 %-Anteil-Marke (unter Berücksichtigung der Infiltration; ohne Berücksichtigung von lateralen Zu- und Abstrom).

Tab. 2 %-Anteile der tatsächlichen Entnahmemengen (Mittel der Jahre 2015 bis 2017) an den mittleren Grundwasserneubildungen aus Niederschlag für verschiedene Klimanormalperioden.

%-Anteil der tatsächlichen Entnahmemengen an der mittleren Grundwasserneubildungen aus Niederschlag (GWN) <i>(ohne Berücksichtigung von natürlichen Infiltrationsprozessen, Randzu- und Randabflüssen und Austauschprozessen)</i>						
Klasse	Mittlere GWN der Jahre 1971 bis 2000		Mittlere GWN der Jahre 1981 bis 2010		Mittlere GWN der Jahre 1991 bis 2018	
	Anzahl GWK	%-Anteil GWK	Anzahl GWK	%-Anteil GWK	Anzahl GWK	%-Anteil GWK
0 bis < 30 %	99	84	101	86	98	83
30 bis < 50 %	7	6	5	4	8	7
50 bis < 75 %	3	3	4	3	2	2
75 bis < 100 %	4	3	3	3	2	2
> 100 %	5	4	5	4	8	7

In der Tab. 2 werden die entsprechenden prozentualen Anteile für die tatsächlichen Entnahmemengen, ohne Berücksichtigung der Infiltration aus Oberflächengewässern und möglichen Randzu- und Randabflüssen, aufgeführt.

In deutlich mehr als 80 % aller Grundwasserkörper betragen die tatsächlichen Entnahmemengen weniger als 30 % der Grundwasserneubildung aus Niederschlag für alle betrachteten Zeitintervalle. Für die Klimanormalperiode 1981 bis 2010 umfassen die tatsächlichen Entnahmen in 17 Grundwasserkörpern mehr als 30 % der Grundwasserneubildung aus Niederschlag (siehe Tab. 2).

Die Anteile der Entnahmemengen an den jeweiligen Grundwasserneubildungsraten aus Niederschlag variieren zwischen den Klimanormalperioden 1971-2000 und 1981-2010 nur geringfügig. Durch die verminderten Grundwasserneubildungsraten aus Niederschlag für den jüngsten Zeitraum (1991 bis 2018) ergeben sich bei den genehmigten und tatsächlichen Entnahmemengen jedoch höhere Anteile der Entnahmemengen an der Grundwasserneubildung aus Niederschlag, als dies in den vorherigen Perioden der Fall war. In der WRRL wird postuliert, dass die Grundwasserentnahme das verfügbare Grundwasserdargebot nicht überschreiten soll. Betrachtet man dahingehend die hessischen Grundwasserkörper, würden rechnerisch in den Klimanormalperioden 1971-2000 und 1981-2010 jeweils in 5 Grundwasserkörpern und für den Zeitraum 1990-2018 in 8 Grundwasserkörpern die tatsächlichen Entnahmemengen die jeweilige Grundwasserneubildung aus Niederschlag überschreiten. Werden die genehmigten Entnahmemengen herangezogen, würden rechnerisch in der Klimanormalperiode 1971-2000 und 1981-2010 jeweils in 10 Grundwasserkörpern und für den Zeitraum 1990-2018 in 13 Grundwasserkörpern die genehmigten Entnahmemengen die jeweilige Grundwasserneubildung aus Niederschlag überschreiten. Dies zeigt, dass die tatsächlichen Entnahmemengen in der Regel deutlich unter denen der genehmigten liegen.

Der überwiegende Anteil der Grundwasserkörper, die eine höhere tatsächliche Entnahme als 30% der Grundwasserneubildung aus Niederschlägen aufwiesen, befinden sich im Hessischen Ried und der Rhein-Main-Ebene. Ausarbeitungen des HLNUG (2017) zeigen, dass ein erheblicher Grundwasserstrom aus benachbarten Grundwasserkörpern den Grundwasserkörpern im südlichen Hessischen Ried zufließt. Ein großer Anteil des im südlichen Hessischen Ried vorzufindenden Grundwassers wurde in benachbarten Grundwasserkörpern im Odenwald gebildet (HLNUG 2017, Kapitel 5.7). Dieser Anteil wurde in der überschlägigen Wasserbilanz nicht berücksichtigt. Weder in den Grundwasserkörpern im Rhein-Main-Gebiet noch im Hessischen Ried sind (abgesehen von einzelnen Grundwassermessstellen) fallende Tendenzen der Grundwasserstände erkennbar.

Gleichfalls ist ersichtlich, dass die überwiegende Menge an Grundwassermessstellen, deren Grundwasserstände fallende Tendenzen aufweisen, sich in Grundwasserkörpern befinden, in denen der Anteil der tatsächlichen Entnahmemengen meist < 30 % betragen. Damit sind Einflüsse der tatsächlichen Entnahme auf die Grundwasserstände weitgehend auszuschließen und die fallenden Tendenzen dieser Grundwasserstände durch das Witterungsgeschehen bedingt. Das Auftreten von fallenden Tendenzen ist anscheinend auf die spezielle hydrogeologische Situation in deren Zustrombereichen zurückzuführen. Im südhessischen Raum befinden sich einzelne Grundwasserkörper, bei denen die tatsächlichen Entnahmemengen die Grundwasserneubildung aus Niederschlag, bezogen auf den jeweiligen Grundwasserkörper, überschreiten.

Bei Verwendung der Grundwasserneubildung aus Niederschlag für den Zeitraum 1990 bis 2018, die wegen des hohen Anteils an Trockenjahren geringer als in den vorherigen Perioden ausfällt, werden alle Grundwasserkörper im Hessischen Ried der höchsten Anteilklasse (tatsächlichen Entnahmen sind > 100 % der Grundwasserneubildung aus Niederschlag) zugeordnet.

Weitergehende Beschreibung:

Da es bereits zum 1. Bewirtschaftungsplan (2009 – 2015) in den nachfolgend aufgeführten Grundwasserkörpern zu Überschreitungen der LAWA-Bewertungsvorgaben kam, wurden die hydrogeologischen Zusammenhänge in einer sogenannten „Weitergehenden Beschreibung des mengenmäßigen Grundwasserzustandes“ für jeden einzelnen der betroffenen Grundwasserkörper dargelegt. Diese „Weitergehende Beschreibung des mengenmäßigen Zustandes“ wurde damals gemeinsam mit dem 1. Bewirtschaftungsplan der Öffentlichkeit über das Internet (z. B. Flussgebiete Hessen) zugänglich gemacht.

Für die 17 Grundwasserkörper, bei denen die tatsächlichen Grundwasserentnahmen > 30 % der Grundwasserneubildung aus Niederschlag (unter Berücksichtigung der Infiltration, ohne Berücksichtigung lateraler Zu- und Abströme) für den Zeitraum 1981 bis 2010 betragen, wurde eine weitergehende Beurteilung der Grundwasserverhältnisse durchgeführt. Dieser mittlere Zeitraum wurde gewählt, da dieser am besten „mittlere“ Niederschlags-Verhältnisse darstellt. Dieser Zeitraum wurde ebenfalls von Nachbarbundesländern zur Bilanzierung herangezogen, so dass bei Verwendung dieser Klimanormalperiode eine Vergleichbarkeit der Bewertungen des mengenmäßigen Zustandes der Grundwasserkörper über die hessischen Landesgrenzen hinaus gewährleistet ist.

Im Zeitraum 1990 bis 2018 ist dagegen eine Häufung von Jahren mit unterdurchschnittlichen Grundwasserneubildungsraten aus Niederschlag anzutreffen. Dieser Entwicklung muss zukünftig in allen wasserwirtschaftlichen Planungen Rechnung getragen werden.

Tab. 3: Einzelfallbewertung aller Grundwasserkörper, in denen der Anteil der tatsächlichen Entnahmen die mittlere Grundwasserneubildung aus Niederschlag für die Jahre 1981 bis 2010 um mehr als 30 % übersteigt

Grundwasserkörper ID Hessen	Einzelfallbewertung
2393_3101	<p>Die Grundwasserstände werden durch die Infiltration gestützt. In die Grundwasserneubildung aus Niederschlag geht nur der Anteil aus Niederschlag ein. Der Anteil der Grundwasserneubildung aus Niederschlag aus oberirdischen Gewässern/Grabensystemen wird nicht berücksichtigt bzw. deren Größenordnung ist derzeit noch nicht quantifizierbar. Dieser Anteil ist allerdings nicht vernachlässigbar. Gleichfalls ist von einem merklichen Anteil "Grundwasser" aus den Randzuflüssen (Odenwald) auszugehen.</p> <p>Gleichfalls geht bei der Grundwasserneubildung aus Niederschlag der kapillare Aufstieg ein, der zu einer erheblichen Reduzierung der Grundwasserneubildung aus Niederschlag führt. Derzeit sieht das Modell keine Reduktion des kapillaren Aufstiegs infolge Trockenfallen vor. Dadurch könnte es zu einer Überschätzung des kapillaren Aufstiegs kommen, die wiederum zu einer Minderung der Grundwasserneubildung aus Niederschlag führt.</p> <p>Da hinsichtlich der Grundwasserstände keine fallenden Tendenzen erkennbar sind und die genehmigten Infiltrationsmengen noch nicht ausgeschöpft werden, ist trotz dieses rechnerischen Defizits der gute mengenmäßige Zustand vorhanden.</p> <p>Durch die Vorgaben des Bewirtschaftungsplans "Hessisches Ried" wird sichergestellt, dass fallende Grundwasserstände vermieden werden.</p>
2395_3101	<p>Die Grundwasserstände werden durch die Infiltration gestützt. In die Grundwasserneubildung aus Niederschlag geht nur der Anteil aus Niederschlag ein. Der Anteil der Grundwasserneubildung aus Niederschlag aus oberirdischen Gewässern/Grabensystemen wird nicht berücksichtigt bzw. deren Größenordnung ist derzeit noch nicht quantifizierbar. Dieser Anteil ist allerdings nicht vernachlässigbar. Gleichfalls ist von einem merklichen Anteil "Grundwasser" aus den Randzuflüssen (Odenwald) auszugehen.</p> <p>Gleichfalls geht bei der Grundwasserneubildung aus Niederschlag der kapillare Aufstieg ein, der zu einer erheblichen Reduzierung der Grundwasserneubildung aus Niederschlag führt. Derzeit sieht das Modell keine Reduktion des kapillaren Aufstiegs infolge Trockenfallen vor. Dadurch könnte es zu einer Überschätzung des kapillaren Aufstiegs kommen, die wiederum zu einer Minderung der Grundwasserneubildung aus Niederschlag führt.</p> <p>Da hinsichtlich der Grundwasserstände keine fallenden Tendenzen erkennbar sind und die genehmigten Infiltrationsmengen wesentlich über den tatsächlich infiltrierten Wassermengen liegen, ist trotz dieses rechnerischen Defizits der gute mengenmäßige Zustand vorhanden. Durch die Vorgaben des Bewirtschaftungsplans "Hessisches Ried" wird sichergestellt, dass fallende Grundwasserstände vermieden werden.</p>
2396_3101	<p>Die Grundwasserstände werden durch die Infiltration gestützt. In die Grundwasserneubildung aus Niederschlag geht nur der Anteil aus Niederschlag ein. Der Anteil der Grundwasserneubildung aus Niederschlag aus oberirdischen Gewässern/Grabensystemen wird nicht berücksichtigt bzw. deren Größenordnung ist derzeit noch nicht quantifizierbar. Dieser Anteil ist allerdings nicht vernachlässigbar. Gleichfalls ist von einem merklichen Anteil "Grundwasser" aus den Randzuflüssen (Odenwald) auszugehen.</p> <p>Gleichfalls geht bei der Grundwasserneubildung aus Niederschlag der kapillare Aufstieg ein, der zu einer erheblichen Reduzierung der Grundwasserneubildung aus Niederschlag führt. Derzeit sieht das Modell keine Reduktion des kapillaren Aufstiegs infolge Trockenfallen vor. Dadurch könnte es zu einer Überschätzung des kapillaren Aufstiegs kommen, die wiederum zu einer Minderung der Grundwasserneubildung aus Niederschlag führt.</p> <p>Da hinsichtlich der Grundwasserstände keine fallenden Tendenzen erkennbar sind und die genehmigten Infiltrationsmengen noch nicht ausgeschöpft werden, ist trotz dieses rechnerischen Defizits der gute mengenmäßige Zustand vorhanden.</p> <p>Durch die Vorgaben des Bewirtschaftungsplans "Hessisches Ried" wird sichergestellt, dass fallende Grundwasserstände vermieden werden.</p>

2398_3101	<p>Die Grundwasserstände werden durch die Infiltration gestützt. In die Grundwasserneubildung aus Niederschlag geht nur der Anteil aus Niederschlag ein. Der Anteil der Grundwasserneubildung aus Niederschlag aus oberirdischen Gewässern/Grabensysteme wird nicht berücksichtigt bzw. deren Größenordnung ist derzeit noch nicht quantifizierbar. Dieser Anteil ist allerdings nicht vernachlässigbar.</p> <p>Gleichfalls geht bei der Grundwasserneubildung aus Niederschlag der kapillare Aufstieg ein, der zu einer erheblichen Reduzierung der Grundwasserneubildung aus Niederschlag führt. Derzeit sieht das Modell keine Reduktion des kapillaren Aufstiegs infolge Trockenfallen vor. Dadurch könnte es zu einer Überschätzung des kapillaren Aufstiegs kommen, die wiederum zu einer Minderung der Grundwasserneubildung aus Niederschlag führt.</p> <p>Da hinsichtlich der Grundwasserstände keine fallenden Tendenzen erkennbar sind und die genehmigten Infiltrationsmengen noch nicht ausgeschöpft werden, ist trotz dieses rechnerischen Defizits der gute mengenmäßige Zustand vorhanden.</p> <p>Durch die Vorgaben des Bewirtschaftungsplans "Hessisches Ried" wird sichergestellt, dass fallende Grundwasserstände vermieden werden.</p>
2470_3201	<p>Die tatsächliche mittlere Entnahme erreicht 89 % der mittleren Grundwasserneubildung aus Niederschlag (1981 bis 2010).</p> <p>Es ist ein wesentlicher Anteil "Grundwasser" aus den Randzuflüssen (Odenwald) vorhanden, der bei der Berechnung der Grundwasserneubildung aus Niederschlag nicht berücksichtigt ist. Die Grundwasserstände aller Messstellen in diesem Grundwasserkörper zeigen keine fallenden Tendenzen an.</p> <p>Deshalb wird der mengenmäßige Zustand als gut beurteilt.</p>
2480_3302	<p>Die tatsächlichen mittleren Entnahmemengen (2015 bis 17) betragen 39 % der für diesen Grundwasserkörper ausgewiesenen Grundwasserneubildung aus Niederschlag (1981 bis 2010).</p> <p>Die überwiegende Menge der Grundwassermessstellen weisen keine fallenden Tendenzen auf. Eine mögliche Erhöhung der Grundwasserneubildung aus Niederschlag durch oberirdische Gewässer (z. B. Nidda) wurde nicht berücksichtigt.</p> <p>Deshalb wird der mengenmäßige Zustand als gut beurteilt.</p> <p>Durch die niedrigeren Grundwasserneubildungsraten aus Niederschlag für den Zeitraum 1990 bis 2018 steigt jedoch der Anteil der Entnahme bezogen auf die Grundwasserneubildung aus Niederschlag auf 48 %.</p>
2480_8102	<p>Die tatsächlichen mittleren Entnahmemengen (2015 bis 17) betragen 31 % der für diesen Grundwasserkörper ausgewiesenen Grundwasserneubildung aus Niederschlag (1981 bis 2010).</p> <p>Die überwiegende Menge der Grundwassermessstellen weisen keine fallenden Tendenzen auf. Eine mögliche Erhöhung der Grundwasserneubildung aus Niederschlag durch oberirdische Gewässer wurde nicht berücksichtigt.</p> <p>Deshalb wird der mengenmäßige Zustand als gut beurteilt.</p> <p>Durch die niedrigeren Grundwasserneubildungsraten aus Niederschlag für den Zeitraum 1990 bis 2018 steigt jedoch der Anteil der Entnahme bezogen auf die Grundwasserneubildung aus Niederschlag auf 38 %.</p>
2490_3101	<p>Dieser Grundwasserkörper erhält sehr viel grundwasserbürtigen Zufluss aus den südlich bzw. östlichen gelegenen Grundwasserkörpern.</p> <p>Nicht berücksichtigt wurden bei der Bilanz bzw. Modellierung der Grundwasserneubildung aus Niederschlag, Uferfiltratanteil sowie Grundwasserzustrom aus benachbarten Grundwasserkörpern.</p> <p>Zudem wurde die Maininfiltrat-bürtige Grundwasserneubildung aus Niederschlag nicht in die Bilanzierung eingerechnet.</p> <p>Seit geraumer Zeit erfolgt eine aktive Grundwasseranreicherung im Bereich der Wasserwerke Hinkelstein, Schwanheim und Goldstein.</p> <p>Der Grundwasserkörper wird deshalb mengenmäßig als im guten Zustand beurteilt.</p>

2510_3105	<p>Die tatsächlichen mittleren Entnahmemengen (2015 bis 17) betragen 134 % der für diesen Grundwasserkörper ausgewiesenen Grundwasserneubildung aus Niederschlag (1981 bis 2010).</p> <p>Die Grundwassermessstellen weisen keine fallenden Tendenzen auf. Eine mögliche Erhöhung der Grundwasserneubildung aus Niederschlag durch oberirdische Gewässer wurde nicht berücksichtigt.</p> <p>Gleichfalls ist der Anteil der genehmigten bzw. tatsächlichen Entnahmen ohne die über Uferfiltrat fördernden Brunnen (Wasserwerk Petersau, das sich auf einer Rheininsel befindet) wesentlich geringer und unterschreitet den Betrag der Grundwasserneubildung aus Niederschlag für diesen Grundwasserkörper deutlich.</p> <p>Deshalb wird der mengenmäßige Zustand als gut beurteilt.</p> <p>Durch die niedrigeren Grundwasserneubildungsraten aus Niederschlag für den Zeitraum 1990 bis 2018 steigt der Anteil der Entnahme bezogen auf die Grundwasserneubildung aus Niederschlag auf 160 %.</p>
2510_8102	<p>Die tatsächlichen mittleren Entnahmemengen (2015 bis 17) betragen 56 % der für diesen Grundwasserkörper ausgewiesenen Grundwasserneubildung aus Niederschlag (1981 bis 2010).</p> <p>Die Grundwassermessstellen weisen keine fallenden Tendenzen auf. Eine mögliche Erhöhung der Grundwasserneubildung aus Niederschlag durch oberirdische Gewässer wurde nicht berücksichtigt. Gleichfalls geht bei der Grundwasserneubildung aus Niederschlag der kapillare Aufstieg ein, der zu einer erheblichen Reduzierung der Grundwasserneubildung aus Niederschlag führt. Derzeit sieht das Modell keine Reduktion des kapillaren Aufstiegs infolge Trockenfallen vor. Dadurch könnte es zu einer Überschätzung des kapillaren Aufstiegs kommen, die wiederum zu einer Minderung der Grundwasserneubildung aus Niederschlag führt.</p> <p>Deshalb wird der mengenmäßige Zustand als gut beurteilt.</p> <p>Durch die niedrigeren Grundwasserneubildungsraten aus Niederschlag für den Zeitraum 1990 bis 2018 steigt der Anteil der Entnahme bezogen auf die Grundwasserneubildung aus Niederschlag auf 69 %.</p>
2530_3105	<p>Die tatsächlichen mittleren Entnahmemengen (2015 bis 17) betragen 69 % der für diesen Grundwasserkörper ausgewiesenen Grundwasserneubildung aus Niederschlag (1981 bis 2010).</p> <p>Die Grundwassermessstellen weisen keine abfallenden Tendenzen auf. Eine mögliche Erhöhung der Grundwasserneubildung aus Niederschlag durch oberirdische Gewässer wurde nicht berücksichtigt.</p> <p>Durch die niedrigeren Grundwasserneubildungsraten aus Niederschlag für den Zeitraum 1990 bis 2018 steigt jedoch der Anteil der Entnahme bezogen auf die Grundwasserneubildung aus Niederschlag auf 108 %.</p> <p>Eine Reduzierung der Grundwasserneubildung aus Niederschlag ergibt sich durch "nasse" Standorte mit möglichem kapillaren Aufstieg. Dies macht sich bei diesem relativ kleinen Grundwasserkörper stärker bemerkbar.</p> <p>Der mengenmäßige Zustand wird als gut beurteilt.</p>
2582_5202	<p>Die tatsächlichen mittleren Entnahmemengen (2015 bis 17) betragen 39 % der für diesen Grundwasserkörper ausgewiesenen Grundwasserneubildung aus Niederschlag (1981 bis 2010).</p> <p>Die überwiegende Menge der Grundwassermessstellen weisen keine fallenden Tendenzen auf. Eine mögliche Erhöhung der Grundwasserneubildung aus Niederschlag durch oberirdische Gewässer wurde nicht berücksichtigt.</p> <p>Der mengenmäßige Zustand wird als gut beurteilt.</p> <p>Durch die niedrigeren Grundwasserneubildungsraten aus Niederschlag für den Zeitraum 1990 bis 2018 steigt jedoch der Anteil der Entnahme bezogen auf die Grundwasserneubildung aus Niederschlag auf 46 %.</p>

2584_8110	<p>Die tatsächlichen mittleren Entnahmemengen (2015 bis 17) betragen 42 % der für diesen Grundwasserkörper ausgewiesenen Grundwasserneubildung aus Niederschlag (1981 bis 2010).</p> <p>Die überwiegende Menge der Grundwassermessstellen weisen keine abfallenden Tendenzen auf. Eine mögliche Erhöhung der Grundwasserneubildung aus Niederschlag durch oberirdische Gewässer wurde nicht berücksichtigt.</p> <p>Der mengenmäßige Zustand wird als gut beurteilt.</p> <p>Durch die niedrigeren Grundwasserneubildungsraten aus Niederschlag für den Zeitraum 1990 bis 2018 steigt jedoch der Anteil der Entnahme bezogen auf die Grundwasserneubildung aus Niederschlag auf 48 %.</p>
4289_5202	<p>Die tatsächlichen mittleren Entnahmemengen (2015 bis 17) betragen 39 % der für diesen Grundwasserkörper ausgewiesene Grundwasserneubildung aus Niederschlag (1981 bis 2010).</p> <p>Die überwiegende Menge der Grundwassermessstellen weisen keine abfallenden Tendenzen auf. Eine mögliche Erhöhung der Grundwasserneubildung aus Niederschlag durch oberirdische Gewässer wurde nicht berücksichtigt.</p> <p>Der mengenmäßige Zustand wird als gut beurteilt.</p> <p>Durch die niedrigeren Grundwasserneubildungsraten aus Niederschlag für den Zeitraum 1990 bis 2018 steigt jedoch der Anteil der Entnahme bezogen auf die Grundwasserneubildung aus Niederschlag auf 47 %.</p>
4290_3301	<p>Die Brunnen (Kassel Forst I, III und V sowie Lohfelden Lindenberg) liegen östlich der Fulda. In diesem Bereich erstreckt sich das Neubildungsgebiet des genutzten Grundwasserleiters (Mittlerer Buntsandstein) weit über die Grenzen des Grundwasserkörpers nach Süden in den Grundwasserkörper 4290_5201. In diesem Grundwasserkörper beträgt der Anteil der tatsächlichen Entnahme an der mittleren Grundwasserneubildung aus Niederschlag knapp 20 %. Die Entnahmen der aufgeführten Brunnen sind also diesen Grundwasserkörpern zuzuordnen.</p> <p>Gleichfalls ist bekannt (Gutachten des HLFB, Az. 341-3203/64 Rw/Zz), dass für die Wasserwerke Tränkeweg und Neue Mühle der Städtischen Werke Kassel der Anteil von Uferfiltrat am geförderten Wasser deutlich über 50 % liegt.</p> <p>Ein großer Teil des genutzten Grundwassers wird nicht innerhalb des Grundwasserkörpers 4290_3301 gebildet sondern in den Grundwasserkörpern 4286_5202 und 4289_5202. Dort betragen die Anteile der tatsächlichen Entnahmen an der Grundwasserneubildung aus Niederschlag 8 bzw. 39 %.</p> <p>Die tatsächlichen mittleren Entnahmemengen (2015 bis 17) im Grundwasserkörper 4290_3301 betragen 73 % der ausgewiesenen Grundwasserneubildung aus Niederschlag (1981 bis 2010). Dieser Anteil wird wesentlich verringert, wenn der Zustrom wie oben beschrieben berücksichtigt wird.</p> <p>Die überwiegende Menge der Grundwassermessstellen weisen keine abfallenden Tendenzen auf. Eine mögliche Erhöhung der Grundwasserneubildung aus Niederschlag durch oberirdische Gewässer wurde nicht berücksichtigt (die nachweislich in der Fuldaaue eine große Bedeutung haben). Zudem erhält der Grundwasserkörper grundwasserbürtigen Zustrom der benachbarten Grundwasserkörper, deren mengenmäßiger Zustand gut ist.</p> <p>Der mengenmäßige Zustand wird als gut beurteilt.</p> <p>Durch die niedrigeren Grundwasserneubildungsraten aus Niederschlag für den Zeitraum 1990 bis 2018 steigt jedoch der Anteil der Entnahme bezogen auf die Grundwasserneubildung aus Niederschlag auf 86 %.</p>

4290_5112	<p>Dieser Grundwasserkörper wird zu großen Teilen von Oberem Buntsandstein (Röt) überdeckt. Dessen hydrogeologischen Eigenschaften bedingen eine verminderte Grundwasserneubildung aus Niederschlag. Daher liegen die Einzugsgebiete aller Brunnen zum überwiegenden Teil in benachbarten Grundwasserkörpern mit wesentlich besseren Durchlässigkeiten des Oberen Grundwasserleiters und daher höheren Grundwasserneubildungsraten. In den Grundwasserkörpern 4400_5201 und 4400_5112 findet der Großteil dieser Grundwasserneubildung aus Niederschlag statt. Die Anteile der tatsächlichen Entnahmen an der Grundwasserneubildung aus Niederschlag (1981 bis 2010) betragen 12 bzw. 5 % in den vorher genannten Grundwasserkörpern.</p> <p>Die tatsächlichen mittleren Entnahmemengen (2015 bis 17) betragen 79 % der für diesen Grundwasserkörper ausgewiesenen Grundwasserneubildung aus Niederschlag (1981 bis 2010).</p> <p>Die entsprechenden Grundwassermessstellen weisen keine fallenden Tendenzen auf. Der grundwasserbürtige Zustrom aus den benachbarten Grundwasserkörpern wurde nicht berücksichtigt.</p> <p>Der mengenmäßige Zustand wird als gut beurteilt.</p> <p>Durch die niedrigeren Grundwasserneubildungsraten aus Niederschlag für den Zeitraum 1990 bis 2018 steigt jedoch der Anteil der Entnahme bezogen auf die Grundwasserneubildung aus Niederschlag auf 86 %.</p>
4150_5206	<p>Die tatsächlichen mittleren Entnahmemengen (2015 bis 17) betragen 50 % der für diesen Grundwasserkörper ausgewiesenen Grundwasserneubildung aus Niederschlag (1981 bis 2010).</p> <p>Die entsprechenden Grundwassermessstellen weisen keine fallenden Tendenzen auf. Eine mögliche Erhöhung der Grundwasserneubildung aus Niederschlag durch oberirdische Gewässer wurde nicht berücksichtigt.</p> <p>Der mengenmäßige Zustand wird als gut beurteilt.</p> <p>Durch die niedrigeren Grundwasserneubildungsraten aus Niederschlag für den Zeitraum 1990 bis 2018 steigt jedoch der Anteil der Entnahme bezogen auf die Grundwasserneubildung aus Niederschlag auf 63 %.</p>

Klimawandel und Wasserhaushalt:

Die langjährig mittlere Grundwasserneubildung aus Niederschlag beträgt in Hessen für die Referenzperiode 1971–2000 rund 100 mm/a. Umgerechnet auf die Fläche Hessens werden somit im langjährigen Mittel jährlich rund 2,13 Mrd. m³ Grundwasser neu gebildet. Demgegenüber werden jährlich rund 407 Mio. m³ Grundwasser entnommen. Der Vergleich zeigt, dass hessenweit jährlich rund fünfmal mehr Grundwasser neu gebildet als gefördert wird.

In Abb.3 ist die Entwicklung der Grundwasserneubildung aus Niederschlag von 1951 – 2019 dargestellt. Die Jahreswerte unterliegen extremen Schwankungen, der Schwankungsbereich beträgt mehr als 200 mm.

Für die Grundwasserneubildung ist über den gesamten Betrachtungszeitraum kein einheitlicher Trend erkennbar. Auffällig ist, dass die bis zum Jahr 2003 zu beobachtende extreme jährliche Variabilität ab dem Jahr 2003 deutlich weniger ausgeprägt ist und die jährliche Grundwasserneubildung meist unterhalb des langjährigen Mittelwertes liegt.

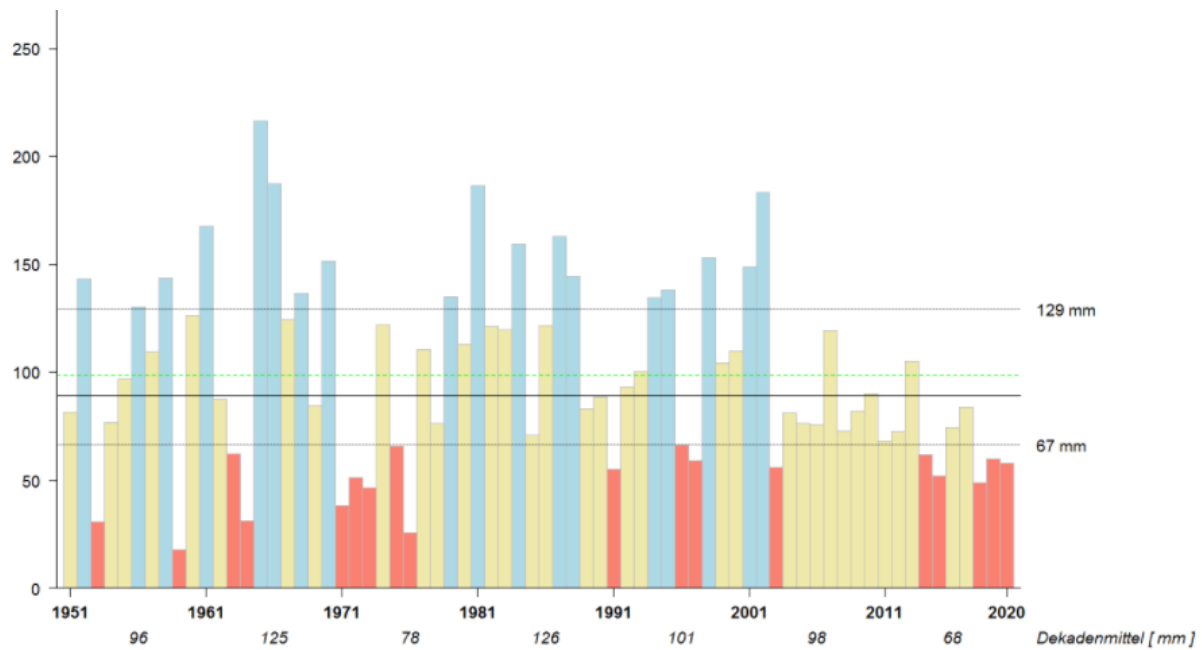


Abb. 1: Langjährige Entwicklung der Grundwasserneubildung in Hessen

Ausgeprägte Nassjahre wurden in Hessen seit 2003 nicht mehr beobachtet. Das Jahr 2020 hat den Trend der letzten Jahre zu niedrigeren Grundwasserneubildungsraten fortgesetzt.

Veränderungen der Wasserhaushaltsgrößen sind gegenwärtig jedoch noch nicht präzise vorhersagbar. Die Änderung des Klimas wirkt sich auf die hydrologischen Kenngrößen aus. Sogenannte Wirkmodelle (z. B. Wasserhaushaltsmodelle) quantifizieren diese Auswirkungen. Dabei erzeugt ein Ensemble von Klimaszenarien ein entsprechendes Ensemble möglicher Auswirkungen auf die Wasserwirtschaft. Klimawandelbedingte Änderungssignale lassen sich aus dem Vergleich von simuliertem Ist-Zustand (Referenzperiode) und berechneter Zukunft ableiten.

Durch den Klimawandel ist sowohl eine Zu- oder Abnahme der jährlichen Grundwasserneubildung als auch eine Veränderung der Grundwasserneubildung im innerjährlichen Verlauf möglich. Die sich einstellenden Veränderungen werden sich auf das Grundwasserdargebot (Grundwassermenge) und die Grundwasserstände auswirken. Anthropogene Eingriffe in das Grundwasserregime können die klimatischen Auswirkungen auf Grundwasserdargebot und Grundwasserstände abschwächen oder verstärken.

Die Klimaprojektionen zeigen, dass sich der Jahresgang des Niederschlags verschieben wird. So ist in Zukunft mit einer Zunahme der Winterniederschläge, einem Rückgang der Sommerniederschläge und längeren Trockenperioden im Sommer zu rechnen. Höhere Temperaturen und eine damit verbundene höhere Verdunstung wirken in Richtung abnehmender Grundwasserneubildung. Eine Abnahme der Sommerniederschläge hätte zur Folge, dass die Quellschüttungen in den Mittelgebirgsregionen in den Sommermonaten zurückgehen. Da die Grundwasserneubildung überwiegend im Winterhalbjahr stattfindet, würde sich eine Zunahme der Winterniederschläge positiv auf die Grundwasserneubildung auswirken.

Aktuelle Ensemblesberechnungen, die von der Arbeitsgruppe "KLIWA" (KLIWA ist die Abkürzung für das Projekt Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft) im Jahr 2021 durchgeführt wurden, führten zu folgenden Ergebnissen:

Die zukünftige Entwicklung der Grundwasserneubildung ist mit großen Unsicherheiten verbunden (große Bandbreite mit unterschiedlichen Vorzeichen). Diese Unsicherheiten sind auch dadurch begründet, dass viele Teilprozesse und Faktoren bei der GWN zusammenwirken. Es ist unklar, inwieweit eine Zunahme der Winterniederschläge die Wirkung der Erwärmung (Verdunstung) auf die Grundwasserneubildung kompensiert.

Die mittlere Änderung der Grundwasserneubildung erscheint für die nahe und ferne Zukunft moderat auszufallen. Es ist allerdings wahrscheinlich, dass das Auftreten einzelner Trockenjahre oder Trockenperioden, wie die Jahre 2018 bis 2020, in Zukunft häufiger und extremer werden.

Fazit:

Die Einzelfallbeurteilung hinsichtlich der Gegenüberstellung von tatsächlichen Entnahmemengen und den Grundwasserneubildungen aus Niederschlag auf Ebene der Grundwasserkörper ergab, dass bei allen Grundwasserkörpern der gute mengenmäßige Zustand vorliegt. Als Ergebnis dieser stufenweisen Bewertung befindet sich kein Grundwasserkörper mengenmäßig in einem schlechten Zustand (Anhang 1-19).

Die weitergehende Beurteilung bestätigt damit das Ergebnis hinsichtlich der Grundwasserstände, die überwiegend keine fallenden Tendenzen im Zeitraum 2000 bis 2018 aufweisen. Die fallenden Tendenzen sind auf Witterungseinflüsse zurückzuführen. In den Regionen die möglicherweise durch Entnahmen beeinflusst sind, sind keine fallenden Grundwasserstände festzustellen. Vor allem im Hessischen Ried, in dem eine Vielzahl von Grundwasserständen in die Bewertung eingeflossen sind, sind keine fallenden Tendenzen zu verzeichnen. Somit werden auch alle ökologischen Vorgaben, die wiederum mit der Entwicklung der Grundwasserstände verknüpft sind, erfüllt.

Die Vorgaben des Grundwasser-Bewirtschaftungsplanes Hessisches Ried aus dem Jahr 1999 sind der Garant, dass der gute mengenmäßige Zustand der Grundwasserkörper im Hessischen Ried erreicht und bei gleichzeitiger dauerhafter Sicherstellung der Wasserversorgung erhalten wird. Gleichmaßen wird dies durch Umsetzung einer umweltschonenden Grundwassergewinnung mit der Festlegung von Mindestgrundwasserständen und einem umfassenden Grundwasser- und ökologischen Monitoring erreicht.

Die Veränderungen auf Grund des Klimawandels werden sich auf die Grundwassermenge und die Grundwasserstände auswirken. Zudem werden anthropogene Eingriffe, wie z. B. die Zunahme des landwirtschaftlichen Zusatzwasserbedarfs oder der erhöhte Trinkwasserverbrauch in Trockenperioden, einen maßgeblichen Einfluss auf die Wasserhaushaltsgrößen haben. Diese Entwicklungen sind bei der zukünftigen Bewirtschaftung des Grundwassers zu berücksichtigen. Vor allem in Südhessen und im Rhein-Main-Gebiet ist ein nachhaltiger Umgang mit Grundwasser von großer Bedeutung. Ein integriertes Wassermanagement-System leistet hierfür grundlegende Beiträge.

Veröffentlichte Messwerte im Internet

Die Grundwasserstände und Quellschüttungen aller Messstellen des Landesgrundwasserdienstes können im Internet in Form von Daten und Grafiken eingesehen werden:

LGD-Viewer (Landesgrundwasserdienst): <http://lqd.hessen.de>

GruSchu (Fachinformationssystem Grundwasserschutz- und Trinkwasserschutz Hessen):
<http://gruschu.hessen.de/mapapps/resources/apps/gruschu/index.html?lang=de>

Hinweis: Der Grundwasser-Bewirtschaftungsplan Hessisches Ried wurde im Staatsanzeiger des Landes Hessen vom 24. Mai 1999, Nr. 21, S. 1659 - 1747 veröffentlicht; die Überarbeitung der Tabelle 31 wurde im Staatsanzeiger vom 31. Juli 2006, Nr. 31, S. 1704 veröffentlicht.