



Hydrologie in Hessen, Heft 12

Gewässerkundlicher Jahresbericht 2014



Hydrologie in Hessen, Heft 12

Gewässerkundlicher Jahresbericht 2014

Wiesbaden, 2015

Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie

Impressum

Hydrologie in Hessen, Heft 12

ISSN 1438-7859
ISBN 978-3-89026-712-8

Gewässerkundlicher Jahresbericht 2014

Redaktion: Cornelia Löns-Hanna

Layout: Nadine Monika Lockwald

Titelbild: Flächenhafte Verteilung des Niederschlags 2014, Hochwasserrückhaltebecken Treysa

Herausgeber, © und Vertrieb:

Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie
Postfach 3209, 65022 Wiesbaden

Telefon: 0611 6939-111

Telefax: 0611 6939-113

E-Mail: post@hlug.hessen.de

www.hlug.de

Inhalt

1	Vorwort	4
2	Witterung	6
	CORNELIA LÖNS-HANNA	
2.1	Lufttemperatur	6
2.2	Sonnenschein	6
2.3	Niederschlag	7
2.4	Starkregenereignisse	11
3	Oberflächengewässer	18
3.1	Wasserstand und Durchfluss	18
	CORNELIA LÖNS-HANNA	
3.2	Talsperren und Hochwasserrückhaltebecken	22
	CORNELIA LÖNS-HANNA	
3.3	Operationelle Wasserhaushalts- und Wärmemodelle zur Vorhersage der Wassertemperatur	25
	MATTHIAS KREMER	
3.4	Wasserpflanzen und Kieselalgen – weitere neue biologische Qualitätsparameter für die Seen	33
	ANDREAS GRÜNDEL	
3.5	Biologische Untersuchungen in Fließgewässern – Variabilität von Untersuchungsergebnissen	38
	DR. MECHTHILD BANNING	
4	Grundwasser	46
4.1	Grundwasserneubildung	46
	MARIO HERGESELL	
4.2	Grundwasserstände und Quellschüttungen	49
	WOLF-PETER VON PAPE	
4.3	Temperatur von Quellwässern – langjährige Temperaturtrends	54
	WOLF-PETER VON PAPE	
5	Zusammenfassung	57

1 Vorwort



Der Zeitraum 2005 bis 2015 war von der 58. Generalversammlung der Vereinten Nationen zur Internationalen Aktionsdekade „Wasser für das Leben“ ausgerufen worden. Sie begann am Weltwassertag im Jahr 2005 und endete am 22. März 2015. In der Dekade sollten weltweit Entscheidungs-

träger und die breite Öffentlichkeit für Wasserthemen sensibilisiert werden und hingewirkt werden, bereits getroffene Verpflichtungen in die Wirklichkeit umzusetzen. In einigen Bereichen ist diese Sensibilisierung gelungen.

Mit diesem Bericht wird erstmals über die Wassertemperatur in hessischen Grund- und Oberflächengewässern informiert. Ein weiterer Aspekt sind lokale Starkniederschläge, die so schnell zu Überschwemmungen – wie z. B. in Wiesbaden – geführt haben, dass Maßnahmen zur Hochwasserabwehr nicht mehr rechtzeitig eingeleitet werden konnten und erhebliche Sachschäden entstanden. Hinweisen möchte ich auch auf das Kapitel zu biologischen Qualitätsparametern der Seen.

Die Durchführung und Auswertung gewässerkundlicher Messungen in Hessen ist eine zentrale Aufgabe des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie. Zur laufenden Überwachung des Gewässerzustandes verfügt das Land über eine Vielzahl gewässerkundlicher Messstellen (Abbildung 1) an denen vom Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie oder von den Regierungspräsidien Messungen und Untersuchungen durchgeführt werden. Aus diesen Messnetzen, aus Sondermessprogrammen, Messungen für die Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) sowie aus den Daten Dritter (Nachbarländer, Bundeswasserstraßenverwaltung (WSV), Deutscher Wetterdienst (DWD), Wasserversorgungsunternehmen u. a.) wird ein gewässerkundlicher Datenpool aufbereitet und in Datenbanken ständig aktualisiert. Die Ergebnisse des Jahres 2014 werden in diesem Bericht präsentiert.

Prof. Dr. Thomas Schmid

Präsident des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie

A handwritten signature in black ink that reads "Thomas Schmid". The signature is written in a cursive, flowing style.

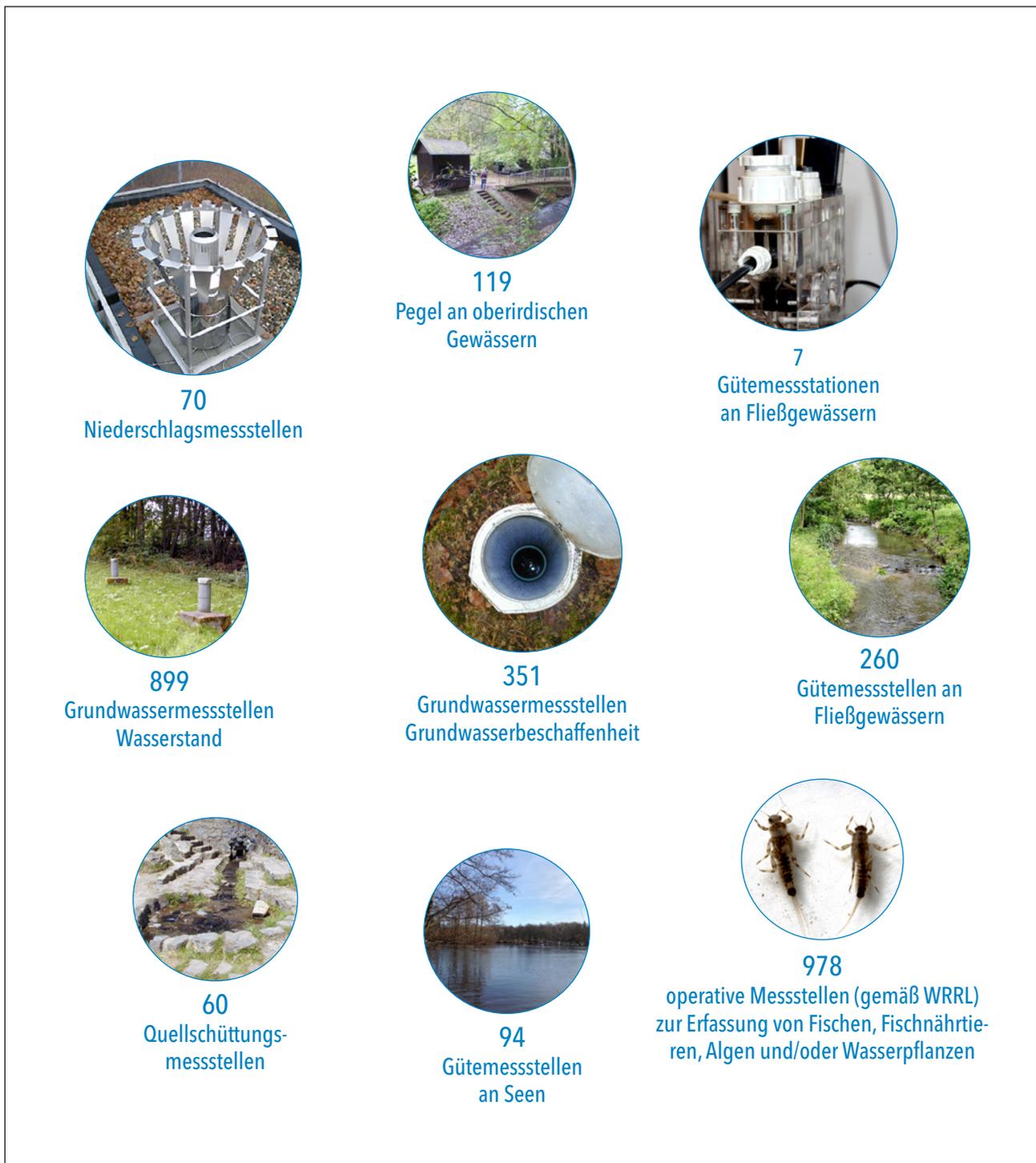


Abb. 1: Gewässerkundliche Messstellen.

2 Witterung

CORNELIA LÖNS-HANNA

2.1 Lufttemperatur

Im Jahr 2014 betrug die mittlere Lufttemperatur in Hessen 10,3 °C und lag damit um 1,8 Grad über dem langjährigen Mittel von 1971 bis 2000, dessen Wert 8,5 °C beträgt. Laut Auswertungen des Deutschen Wetterdienstes [1] war das Jahr 2014 das wärmste seit Beginn der Wetteraufzeichnungen im Jahr 1881. Abgesehen vom Mai, in dem annähernd normale Temperaturen herrschten und dem August, der mit 15,5 °C um 1,5 Grad unter dem langjährigen Mittel lag, waren alle Monate wärmer als im Durchschnitt. Das Jahr (Abbildung 2) begann gleich mit drei viel zu warmen Monaten, im Januar lag die Temperatur mit 3 °C 2,7 Grad über dem langjährigen Mittelwert, der Februar übertraf den Referenzwert von 0,8 °C um 3,5 Grad und der März war mit 7,1 °C um 2,7 Grad zu warm.

Der erheblich zu warme April lag mit 11,2 °C um 3,6 Grad über dem langjährigen Mittelwert. Auf den mit 12,3 °C in etwa normalen Mai folgten der etwas

zu warme Juni (15,9 °C gegenüber dem Mittelwert von 15,2 °C) und ein mit 19,1 °C um 1,8 Grad zu warmer Juli. Nach dem viel zu kalten August waren die folgenden Monate wieder zu warm (September, Dezember) oder viel zu warm wie der Oktober mit 3,0 Grad über dem Mittelwert von 8,6 °C. Der November war mit 6,3 °C um 2,4 Grad wärmer als der Normalwert und auch der Dezember war mit 2,6 °C 1,1 Grad wärmer.

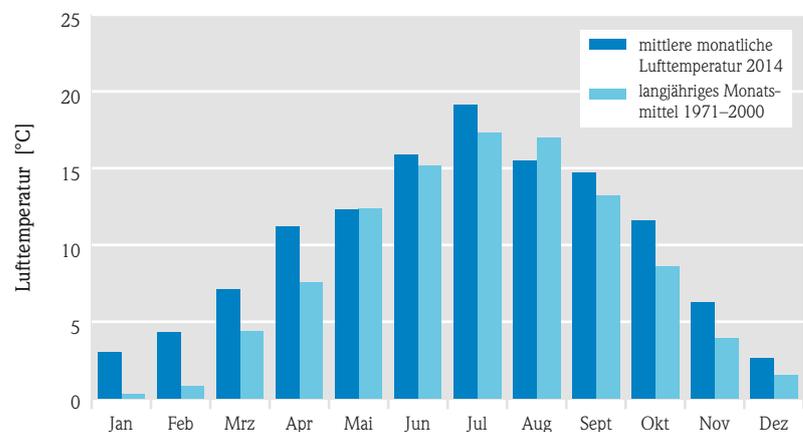


Abb. 2: Mittlere monatliche Lufttemperatur in Hessen (Datenquelle: Deutscher Wetterdienst).

2.2 Sonnenschein

Die Sonnenscheindauer in Hessen betrug 1 459 Stunden, das waren ca. 18 Stunden weniger als im Mittel (1 477 Stunden, Reihe 1971–2000).

Das Jahr (Abbildung 3) begann mit einem sonnenscheinreichen Januar, in dem die Sonne 20 % mehr schien als im langjährigen Vergleichszeitraum. Im Februar war die Sonne 10 Stunden weniger als im Normalfall zu sehen. Sehr sonnig hingegen war der März, hier wurde das monatliche Mittel mit 184 Sonnenstunden um 72 % übertroffen. Im April mit 153 Stunden (96 %) und im Mai mit 180 Stunden (90 %)

waren etwas weniger Sonnenstunden als im Mittel zu verzeichnen. Dagegen übertrafen der Juni mit 226

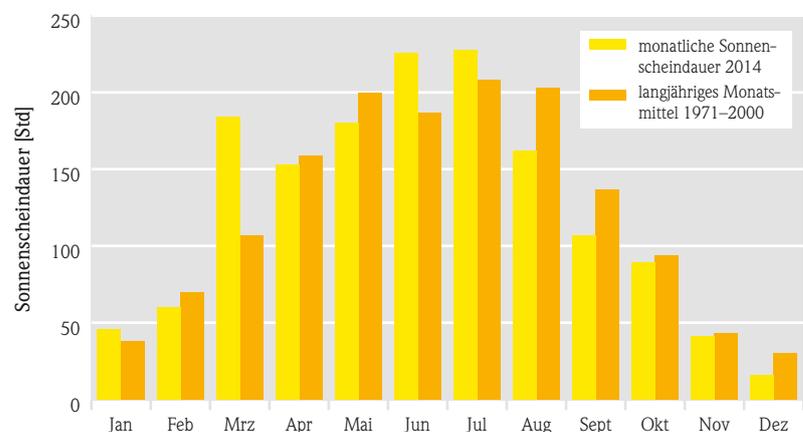


Abb. 3: Monatliche Sonnenscheindauer in Hessen (Datenquelle: Deutscher Wetterdienst).

Stunden (121 %) und der Juli mit 228 Stunden (110 %) die Referenzwerte. Mit nur 162 Sonnenstunden, also 41 weniger als im Mittel, fiel der August relativ trübe aus, ebenso wie der September mit 107 Stunden (78 %). 95 % des Solls wurden jeweils im Oktober

mit 89 Stunden und im November mit 41 Stunden verzeichnet. Das Jahr ging mit einem sonnenscheinarmen Dezember zu Ende, in dem mit 16 Stunden nur 53 % der mittleren Sonnenstundenzahl erreicht wurden.

2.3 Niederschlag

Seit vielen Jahrzehnten wird der Niederschlag in Hessen systematisch erfasst. Dafür werden 70 Messstellen im Rahmen des landeseigenen, hydrologisch ausgerichteten Messnetzes betrieben (siehe Abbildungen 4 und 6). An den meisten Messstellen stehen sowohl ein Pluvio mit Datenfernübertragung (DFÜ) als auch ein Niederschlagsmessgerät nach Hellmann. Andere sind nur mit einem Pluvio (mit DFÜ) ausgestattet, da hier eine tägliche Ablesung durch einen Beobachter, wie sie bei Hellmann-Messgeräten erforderlich ist, nicht durchgeführt werden kann. Insgesamt sind 57 Messstellen mit DFÜ ausgerüstet. Daneben gibt es noch Messstellen, an denen nur einmal täglich mit einem Hellmann-Messgerät gemessen wird.

Die Niederschlagsdaten finden beispielsweise bei wasserwirtschaftlichen Planungen (Kanalnetzberechnungen, Kläranlagenkonzeptionen usw.), bei Maßnahmen zum Hochwasserschutz und zur Hochwasservorhersage Eingang. Für die Landwirtschaft, die Freizeitplanung u. v. m. sind Erkenntnisse über Menge und Verteilung des Regens von großer Bedeutung.

Die aktuellen Messwerte sind im Internet auf der HLU-Website <http://www.hlug.de/static/pegel/wikiweb2/> zu finden.

Zusätzlich zu den Landesmessstellen werden in Hessen Messergebnisse von 75 Niederschlagsmessstellen des Deutschen Wetterdienst (DWD) im Rahmen des Datenaustausches dem HLU zur Verfügung gestellt und gehen beispielsweise als Eingangsdaten in Hochwasservorhersagemodelle ein.

Im Jahr 2014 fielen 754 Liter pro Quadratmeter [l/m^2] Niederschlag, wobei ein Liter pro Quadratmeter einer gemessenen Niederschlagshöhe



Abb. 4: Niederschlagsmessstation Freiensteinau (links automatisch aufzeichnender Pluvio mit Datenfernübertragung, rechts Hellmann-Messgerät zur einfachen täglichen Ablesung).

von einem Millimeter [mm] entspricht. Somit fiel 2014 ca. 3 % weniger Niederschlag als im jährlichen Mittel der Jahre 1971 bis 2000 ($777 l/m^2$). Damit ist das Jahr im Mittel als normal einzuordnen. (Abbildung 5).

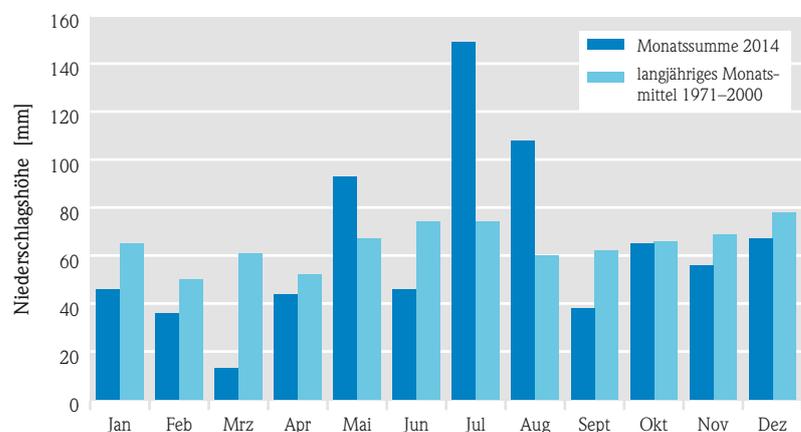


Abb. 5: Monatliche Niederschlagsmenge (Monatssumme) in Hessen.

Bei Betrachtung der einzelnen Monate zeigt sich jedoch ein für das Jahr untypischer Niederschlagsverlauf. 2014 begann zunächst mit vier trockenen Monaten, wobei der März, in dem mit 13 mm nur 21 % des durchschnittlichen Monatsniederschlags fielen, erheblich zu trocken ausfiel. Zu nass war es hingegen im Mai, hier wurden mit 93 l/m² 39 % mehr Niederschlag verzeichnet als im langjährigen Mittel fallen. Auf einen viel zu trockenen Juni mit 46 l/m² (62 %) folgte ein viel zu nasser Juli. Hier regnet es mit 149 l/m² etwas mehr als doppelt



Abb. 6: Landeseigene Niederschlagsmessstellen in Hessen.

so viel wie normalerweise zu erwarten wäre (langjähriges Monatsmittel: 74 l/m^2). Auch im August war es mit 108 l/m^2 (181 %) viel zu nass im Gegensatz zum viel zu trockenen September (38 l/m^2 , 61 %). Im Oktober war die Niederschlagsmenge in etwa normal. Das Jahr endete mit einem viel zu trockenen November mit 36 l/m^2 (52 %) und einem etwas zu trockenen Dezember, in dem 67 l/m^2 (86 %) Regen fielen.

Abhängig von der Geografie in Hessen variiert die regionale Verteilung der Niederschläge (Abbildung 7).

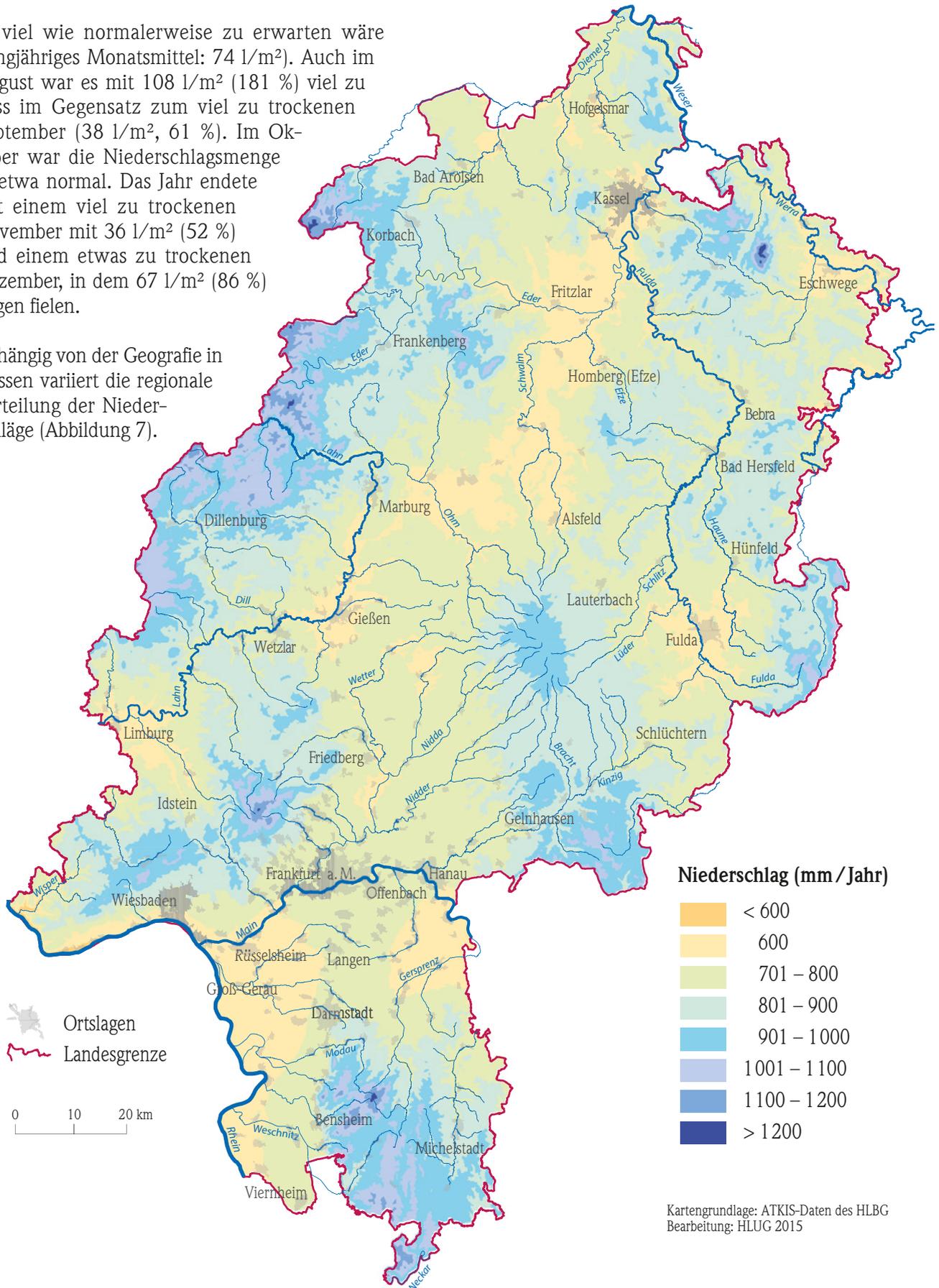


Abb. 7: Flächenhafte Verteilung der korrigierten Jahresniederschläge (Datenquelle: Deutscher Wetterdienst).

Größere Niederschlagsmengen zwischen 900 mm und 1 300 mm im Jahr wurden vor allem in den Mittelgebirgen Westerwald, Rhön, Odenwald, Taunus und im nordhessischen Bergland verzeichnet. Am Vogelsberg wurden vergleichsweise zu den Vorjahren geringere Niederschlagshöhen gemessen. Die maximal ermittelten Niederschläge an einer der ausgewählten hessischen Stationen lag unter 1 200 mm, wohingegen hier in den Vorjahren teils Niederschläge von mehr als 1 500 mm/Jahr gemessen wurden.

In den niedriger gelegenen Gebieten Rheingau, Maingebiet und in weiten Teilen Mittelhessens sowie in Teilen der Flusstäler von Fulda und Werra lag der Jahresniederschlag bei Werten zwischen 600 und 900 mm. Niederschläge unter 500 mm wurden nicht registriert.

Tabelle 1 und die Abbildungen 8 und 9 weisen Niederschlagsdaten ausgewählter Messstellen aus.

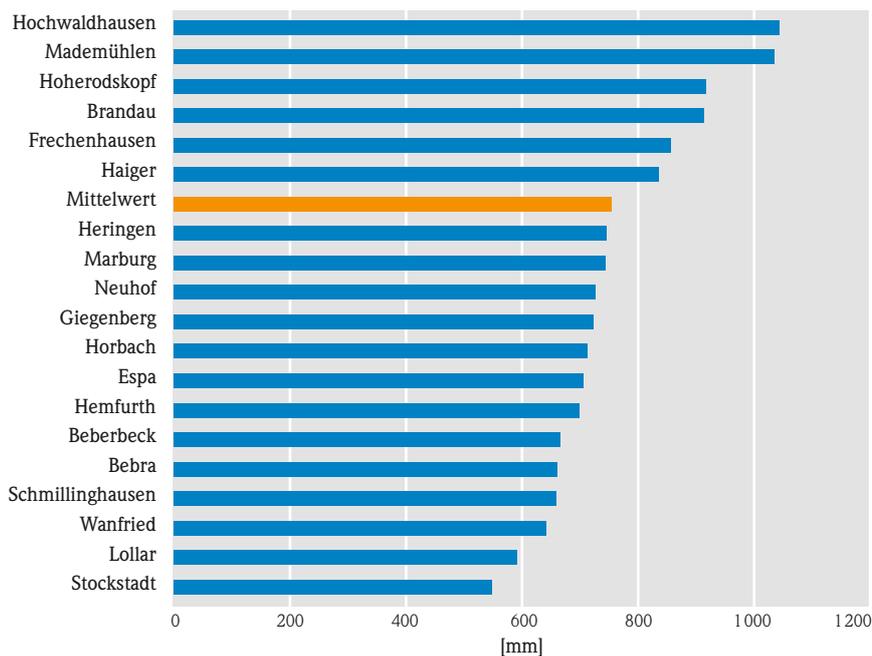


Abb. 8: Jahresniederschlag an ausgewählten Messstellen.

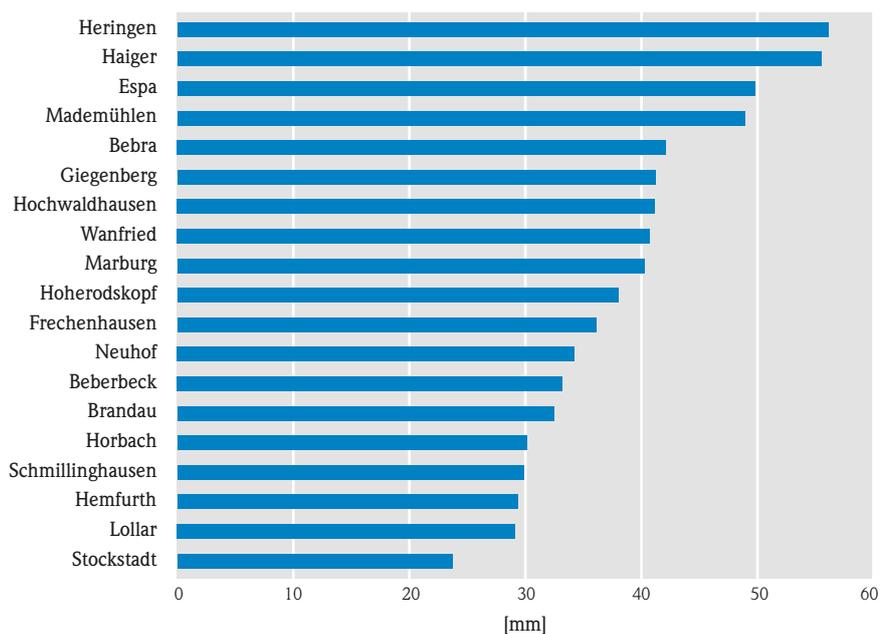


Abb. 9: Maximaler Tagesniederschlag an ausgewählten Messstellen.

Tab. 1: Niederschlagswerte ausgewählter Messstellen.

Messstelle	Maximaler Tagesniederschlag		Jahresniederschlag [mm]	Geländehöhe
	[mm]	Datum		
Beberbeck	33	25.5.	667	242
Bebra	42	8.7.	661	192
Brandau	32	10.8.	913	313
Espa	50	29.7.	706	405
Frechenhausen	36	26.4.	856	435
Giegenberg	41	26.5.	724	630
Haiger	56	28.7.	836	255
Hemfurth	29	24.6.	698	210
Heringen	56	8.7.	746	228
Hochwaldhausen	41	26.4.	1044	475
Hoherodskopf	38	7.7.	917	763
Horbach	30	26.8.	713	198
Lollar	29	26.4.	591	161
Mademühlen	49	29.7.	1035	548
Marburg	40	29.7.	744	325
Neuhof	34	10.6.	726	452
Schmillinghausen	30	27.5.	659	248
Stockstadt	24	28.1	548	89
Wanfried	41	8.7.	642	167

Literatur

- [1] Deutscher Wetterdienst, Witterungsreport Express, Jahreskurzübersicht 2014

2.4 Starkregenereignisse

Allgemeines

Von Starkregen wird gesprochen, wenn 10 bis 25 mm Niederschlag pro Stunde fallen, von heftigen Starkregen bei Niederschlägen von mehr als 25 mm pro Stunde. Ursachen sind meist konvektive Wetterlagen, die sich in Gewittern entladen. Abbildung 10 zeigt die Entstehung eines sommerlichen Starkregenereignisses. Im Sommer sind thermische Auslöser (Sonneneinstrahlung) die Ursache von Gewittern. Zunächst steigt feuchte und warme Luft auf (1). Die

hohe Sonneneinstrahlung bewirkt eine Instabilität der Schichtungen. Mit zunehmender Höhe nimmt die Temperatur soweit ab, dass ein Luftpaket durch Kondensation instabil wird und aufsteigt, es entsteht eine Gewitterwolke (2). In der Gewitterwolke herrschen starke Aufwinde, die bewirken, dass die entstehenden Regentropfen oder Eiskörner nicht nach unten fallen können. Durch Kondensation wachsen die Eiskörner an. Dies geschieht solange bis die Eiskörner so groß geworden sind, dass sie von den Auf-

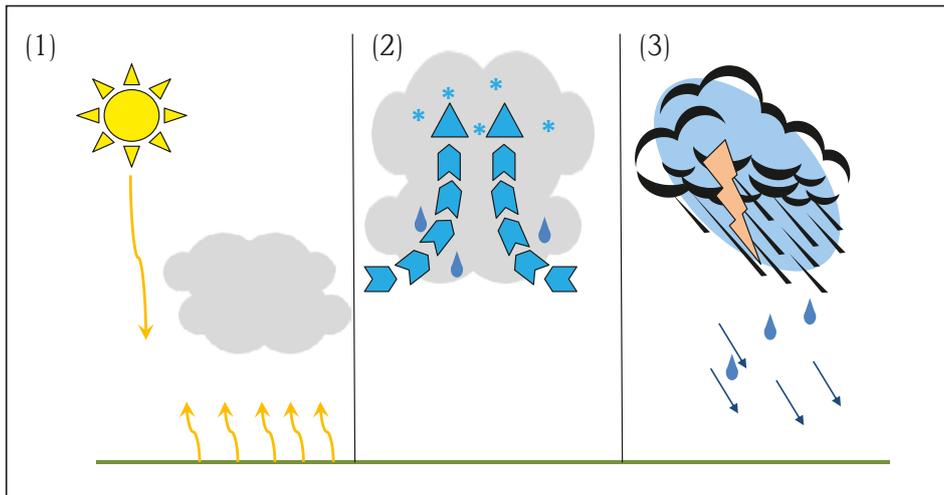


Abb. 10: Entstehung eines Sommergewitters.

winden nicht mehr nach oben transportiert werden können und als Graupel, Hagel oder getaut als Regen auf die Erde fallen (3).

Solche Starkregenereignisse treten oft entlang von Luftmassengrenzen auf, an denen kalte und warme Luftmassen aufeinander treffen. Hierbei werden feuchte Luftmassen stark angehoben, wodurch heftige Niederschläge ausgelöst werden.

In kleineren Gewässern führen Starkregen in kürzester Zeit zum Ansteigen der Wasserstände und damit zum Hochwasser, zum Teil mit Überflutungen angrenzender Flächen. Häufig verursachen Starkregen Bodenerosion und damit Einträge von Feststoffen in Gewässer. Bei größeren Gewässern sind die Auswirkungen auf das Ansteigen von Wasserstand und Durchfluss gering und somit kaum relevant. Starkregenereignisse treten lokal sehr begrenzt auf. Der genaue Ort, die zu erwartenden Niederschlagsmengen und der genaue Zeitpunkt sind nicht vorhersehbar, so dass keine Hochwasserwasservorhersagen für Starkregenereignisse erstellt werden können.

Durch Starkniederschläge können auch weit ab von Gewässern beachtliche Schäden verursacht werden. Die zunehmend umfassendere Berichterstattung in den Medien lässt den Anschein erwecken, dass diese Ereignisse in den letzten Jahrzehnten zunehmen. Ob dies wirklich der Fall ist, kann aufgrund der vorliegenden

Messungen derzeit nicht bestätigt werden, da solche Ereignisse abgesehen von etwa seit rund 10 Jahren vorliegenden Radarmessungen lediglich an den punktuellen Niederschlagsmessstationen und damit äußerst unvollständig erfasst werden. Je nach vorliegender Großwetterlage gibt es Jahre mit mehr und welche mit weniger gewittrigen Niederschlägen.

Starkregen im Sommer in Hessen

Das Wetter im Sommerhalbjahr 2014, insbesondere der feucht-warme Juli war durch eine Vielzahl von Gewittern geprägt, die oftmals große Niederschlagsmengen brachten. Die folgenden Auswertungen dieser Ereignisse beruhen überwiegend auf der Auswertung der hessischen Niederschlagsmessstationen, die punktuell die Niederschlagsituation erfassen (Abbildung 11).

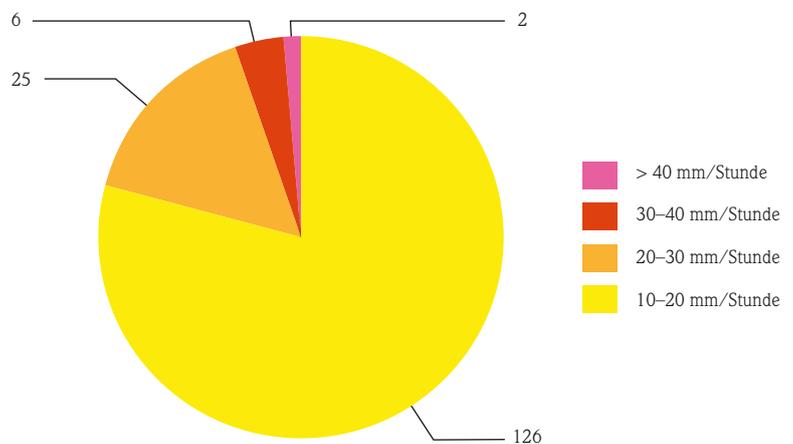


Abb. 11: Anzahl der Starkregenereignisse in Hessen Mai bis September 2014.

Starkregenereignisse sind in der Regel lokal begrenzt und treten meist vereinzelt auf. Im Sommer 2014 jedoch wurden an manchen Tagen gehäuft solche Ereignisse verzeichnet. So wurden am 10. Juli an 21 hessischen Stationen Regenmengen von mehr als 10 mm/ Stunde gemessen, davon 20 im Zeitraum zwischen 17:00 Uhr und 20:00 Uhr. Am 8. und am 29. Juli wurden jeweils 19 Ereignisse festgestellt, am 29. Juli wurden an drei Messstationen Stundensummen von mehr als 30 mm registriert (Espa 33,4 mm (17:00–18:00 Uhr), Marburg 31 mm (17:00–18:00 Uhr), Breidenbach 31,5 mm (18:00–19:00 Uhr) (Tabelle 2).

Beispielhaft wird (Abbildungen 12 und 13) der Niederschlagsverlauf an den Messstationen Ulrichstein-Selgenhof und Nidda-Kläranlage dargestellt. Die Grafiken zeigen, dass der Verlauf eines Starkregens unterschiedlich sein kann. So wurde an der Station Ulrichstein-Selgenhof ein einziger starker Anstieg der Niederschlagsintensität verzeichnet, wohingegen an der Station Nidda-Kläranlage die Intensität mehrmals zu- und abnahm. Das Niederschlagsereignis in Ulrichstein ist als ein mehr als 100 jährliches Ereignis einzuordnen, d. h. solch ein Ereignis ist statistisch gesehen weniger als einmal in 100 Jahren zu erwarten. Das Ereignis in Nidda hat die Größenordnung eines 50 bis 100 jährlichen Regenereignisses.

Diese außergewöhnlichen Unwetter führten, wie Medienberichten zu entnehmen ist, in den betroffenen Regionen zu Überflutungen von Kellern und

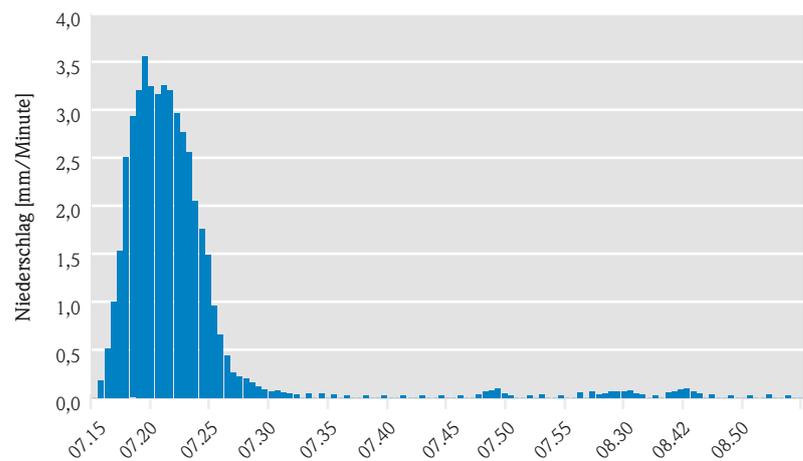


Abb. 12: Niederschlag an der Messstation Ulrichstein-Selgenhof am 11. Juni 2014.

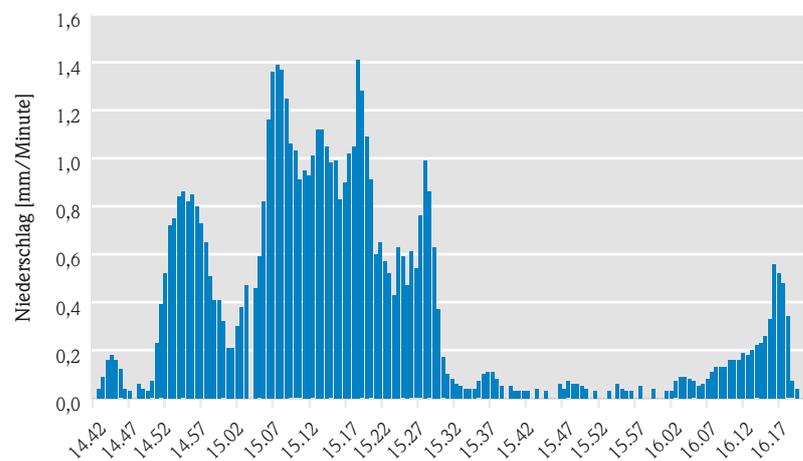


Abb. 13: Niederschlag an der Messstation Nidda-Kläranlage am 13. Juli 2014.

Straßen. So musste die Ortsdurchfahrt Geiss-Nidda gesperrt werden, da die Kreisstraße bis zu 40 cm unter Wasser stand. In Ulrichstein kam es bei der freiwilligen Feuerwehr zu zahlreichen Einsätzen, hier mussten teils brusthoch überflutete Keller leer gepumpt werden. Weitere Informationen zu Ort, Zeitraum und Niederschlagshöhe/Stunde können Tabelle 2 entnommen werden.

Tab. 2: Starkregeneignisse im Sommer 2014 an hessischen Niederschlagsmessstellen.

Station	Datum Uhrzeit Wert [mm/Std.]							
Auhammer	29.07. 20:00 10,3							
Beberbeck	15.08. 18:00 11							
Bebra	10.07. 18:00 18,4	10.08. 18:00 10,5						
Bieber	29.07. 11:00 11,3	16.08. 16:00 10,7						
Bindsachsen	10.07. 18:00 18,7	28.06. 24:00 12	08.07. 03:00 11,4					
Bischoffen	08.07. 04:00 18,5							
Brachtal	13.07. 19:00 21,7	03.08. 14:00 14	08.07. 03:00 11,5	30.07. 03:00 10,8				
Brandau	10.08. 19:00 20,4							
Breidenbach	29.07. 19:00 31,5	29.07. 01:00 15,5	08.07. 04:00 11,3	28.07. 24:00 10,1				
Eichelsachsen	28.06. 24:00 23	10.07. 07:00 22,8	11.06. 8:00 18,1	10.07. 18:00 14,6	14.08. 13:00 12,3	08.07. 03:00 11,7	15.08. 18:00 11,7	11.07. 15:00 11,4
Espa	29.07. 18:00 33,4	11.06. 07:00 19,9	10.07. 20:00 14,4	29.07. 04:00 14,4	08.07. 03:00 12,8	13.08. 18:00 12,3	10.08. 19:00 11,8	
Frechenhausen	11.07. 17:00 14,5	10.08. 19:00 11,4						
Giegenberg	26.05. 22:00 16,4	30.07. 06:00 12,8	10.08. 20:00 11,9					
Gläserzell-Kläranlage	03.08. 15:00 20,6	08.07. 03:00 10,2						
Groß-Umstadt-Klärarn	29.07. 13:00 18,9	12.07. 15:00 15,5	04.08. 18:00 12,6	10.08. 19:00 12,4				
Grünberg	11.06. 07:00 27	29.07. 21:00 25,9	10.07. 18:00 20,7	08.07. 03:00 10,5	28.06. 23:00 10,4	05.08. 04:00 10,2		
Gudensberg	20.07. 24:00 13,4	09.07. 05:00 10,3						
Haiger	29.07. 02:00 29,3	29.07. 19:00 17,5	10.07. 20:00 15,6	11.07. 20:00 14,3	11.07. 19:00 10,5			
Haina	05.08. 03:00 16	03.08. 18:00 14,2	21.07. 02:00 11	29.07. 17:00 10,7				
Hemfurth	24.06. 21:00 23,4	06.09. 21:00 14,3						
Heringen	10.07. 17:00 18,1	10.06. 06:00 14,8	06.09. 16:00 12,4	09.07. 05:00 11,4	03.08. 13:00 11,2	10.08. 20:00 10,8		
Hochwaldhausen	10.07. 18:00 25,1	11.06. 8:00 14,1	28.06. 24:00 12,3	08.07. 03:00 10,8				
Hoherodskopf	10.07. 17:00 22,8	08.07. 02:00 21,2	28.06. 23:00 15,9	11.06. 07:00 15,1	20.07. 23:00 12,9			
Horbach	08.07. 02:00 12,3	13.08. 18:00 10,9						

Station	Datum Uhrzeit Wert [mm/Std.]							
Kirchbracht	10.07. 18:00 21,4	13.08. 18:00 15,8	13.07. 15:00 11,5					
Kirchhain	11.07. 13:00 29,8	11.06. 9:00 16,9						
Lollar	11.06. 8:00 21,8	11.07. 16:00 14,4	10.07. 19:00 13,4	08.07. 04:00 10,3				
Lorsch	10.08. 19:00 17,1							
Mademühlen	29.07. 19:00 20,8	24.07. 19:00 20,2	29.07. 18:00 18,1	10.07. 20:00 15,4	28.07. 18:00 13,4	10.07. 21:00 10,8	05.08. 02:00 10,7	
Marburg	29.07. 18:00 31							
Meiches	10.07. 18:00 28,7	05.08. 01:00 17,4	08.07. 04:00 13	13.08. 19:00 11,8	08.07. 03:00 11,7	21.07. 01:00 10,9		
Meißner	09.07. 06:00 11,5	09.07. 05:00 10,2						
Mörshausen	10.07. 18:00 12,8	03.08. 16:00 12,3						
Neuhof	11.06. 06:00 29	06.07. 21:00 16,7	10.07. 20:00 16,5	26. 05. 22:00 13,6	10.08. 16:00 12,8	28.06. 22:00 11,8	26.08. 22:00 10,5	08.07. 02:00 10,2
Nidda	13.07. 16:00 46,6	10.07. 19:00 34,8	28.06. 24:00 17,2	08.07. 03:00 13,9	28.06. 23:00 11,4	30.07. 01:00 10		
Nieder- Florstadt	10.07. 19:00 23,1	28.07. 21:00 20,9	29.07.17:00 17,9	28.06. 23:00 12,8				
Rengershau- sen	03.08. 18:00 30,9							
Rülfenrod	10.07. 19:00 19,2	11.06. 8:00 14,8	29.07. 13:00 11,1					
Sackpfeife	29.07. 19:00 12	21.07. 03:00 10,8						
Schmilling- hausen	21.07. 01:00 11,4							
Schwarzen- born	05.09. 22:00 13,8	05.08. 07:00 13,3	11.06. 9:00 12,8	11.07. 15:00 11,1				
Sterbfritz	22.07. 02:00 12,9	22.07. 01:00 11	29.07. 15:00 10					
Stockstadt	13.08. 16:00 12,4	21.07. 05:00 10,1						
Ulrichstein- Selgenhof	11.06. 8:00 45,5	08.07. 19:00 23,2	11.07. 07:00 20	13.08. 19:00 14,6	20.07. 24:00 12,4	08.07. 03:00 11,5	08.07. 04:00 11,2	
Usingen	12.07. 13:00 15,2	28.07. 23:00 14,6	11.06. 07:00 12,3	12.07. 16:00 12	04.08. 17:00 11			
Wanfried	04.08. 20:00 30,8	10.08. 18:00 15,6						
Weilburg	10.07. 17:00 22,3	11.07. 14:00 15,1	24.06. 19:00 13,2	29. 07. 20:00 12,6				

10–20 mm/h 20–30 mm/h 30–40 mm/h > 40 mm/h

Wiesbaden 11.7.2014

Besondere Aufmerksamkeit in den Medien erregte wegen seiner drastischen Auswirkungen das Niederschlagsereignis am 11. Juli 2014 am frühen Nachmittag in Wiesbaden. Ursache war ein heftiges Gewitter, das entlang der quer durch Europa verlaufenden Luftmassengrenze entstand, die heiße Luft im Norden von kühler, feuchter Luft im Süden trennte. Da im Raum Wiesbaden keine landeseigene Messstelle zur Verfügung steht, wird auf die Daten der DWD zurück gegriffen. Innerhalb einer Stunde, zwischen 14:00 und 15:00, regnete es sehr stark. An der Messstation Wiesbaden-Auringen wurden 45,4 mm Niederschlag für diesen Zeitraum registriert (Abbildung 14). Diese Niederschlagsmenge entspricht einem mehr als 100-jährlichen Regenereignis.

Dieses Ereignis führte zu erheblichen Überflutungen und Schäden, die noch dadurch verstärkt wurden, dass infolge eines Unwetters einige Tage zuvor Gewässerquerschnitte und Abläufe durch herabgefallene Zweige und Äste eingeschränkt waren. Hinzu kam, dass bereits am Vortag ein Regenereignis am Abend in einer Stunde 32,4 mm brachte, wodurch die Böden gesättigt waren und kein weiteres Wasser mehr aufnehmen konnten. Die Wassermengen führten innerhalb kürzester Zeit zum Anstiege des Rambachs. Zunächst wurden die Ortsteile Auringen, Nau-rod, Rambach und Sonnenberg überflutet, dann flossen die Wassermassen Richtung Kurhaus. Hier wurden nicht nur die Anlagen im Kurpark (Abbildung 15) sondern die Tiefgarage unter dem Bowling-Green und die Keller-räume des Kurhauses geflutet. Hierbei

entstanden erhebliche Sachschäden. Weiterhin fluteten die Wassermassen Hauptstraßen in der Innenstadt, beispielsweise die Wilhelmstraße (Abbildungen 16 und 17) und führten zu erheblichen Verkehrseintrüchtigungen.

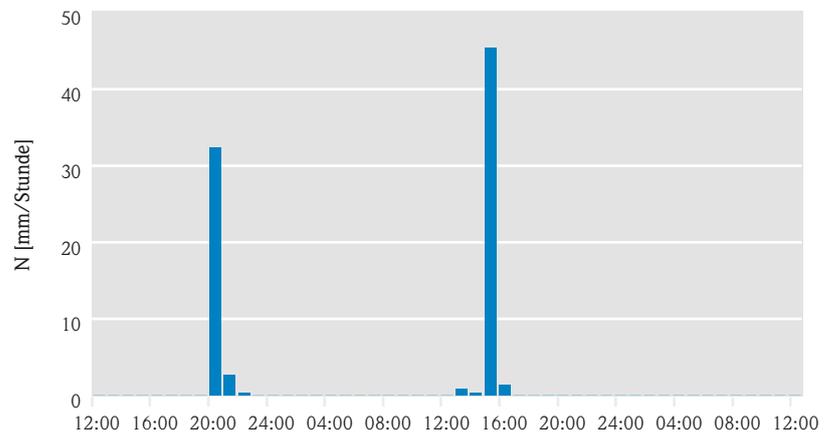


Abb. 14: Niederschlagssumme an der Messstation Wiesbaden – Auringen am 11. Juli 2014 (Datenquelle: DWD).



Abb. 15: Kurpark Wiesbaden 11. Juli 2014.



Abb. 16: Wiesbaden, Wilhelmstraße 11. Juli 2014.



Abb. 17: Wiesbaden 11. Juli 2014.

3 Oberflächengewässer

3.1 Wasserstand und Durchfluss

CORNELIA LÖNS-HANNA

Voraussetzung für nahezu jede hydrologische Arbeit und deren Umsetzung in die wasserwirtschaftliche Praxis sind Kenntnisse der Wasserstände und der Durchflüsse in den Gewässern. Diese hydrologischen Werte bilden die wesentliche Grundlage zur Bemessung wasserwirtschaftlicher Anlagen und zur Bewirtschaftung der Gewässer. Darüber hinaus sind sie die Eingangsdaten für den Betrieb mathematischer Modelle für den Hochwasserwarndienst sowie für hydrologische Modellrechnungen.

Zur Ermittlung der Wasserstands- und Durchflusswerte betreibt das Land Hessen 119 Pegel (Abbildungen 18, 19 und 20). Betrieb und Unterhaltung der Pegel sowie der Durchflussmessungen obliegen den Regierungspräsidien. Das landeseigene Pegelmessnetz wird ergänzt durch mehr als 40 Pegel von Verbänden und sonstigen Betreibern, die meist der Steuerung von Talsperren und Hochwasserrückhaltebecken dienen. Die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung (WSV) betreibt an den Bundeswasserstraßen in Hessen weitere 20 Pegel. Die aktuellen Messwerte dieser Pegel sowie weitere Informationen sind im Internet auf der HLOG-Webseite dargestellt: <http://www.hlug.de/static/pegel/wikiweb2/>.



Abb. 18: Pegel Friedberg/Usa Außenansicht mit Pegelhaus und Seilkrananlage.



Abb. 19: Pegel Friedberg/Usa Innenansicht.

Zur Verbesserung der Datensicherheit sind die Pegel mit redundanten Systemen zur Wasserstandserfassung, zur Datenregistrierung und zur Datenfernübertragung ausgestattet.

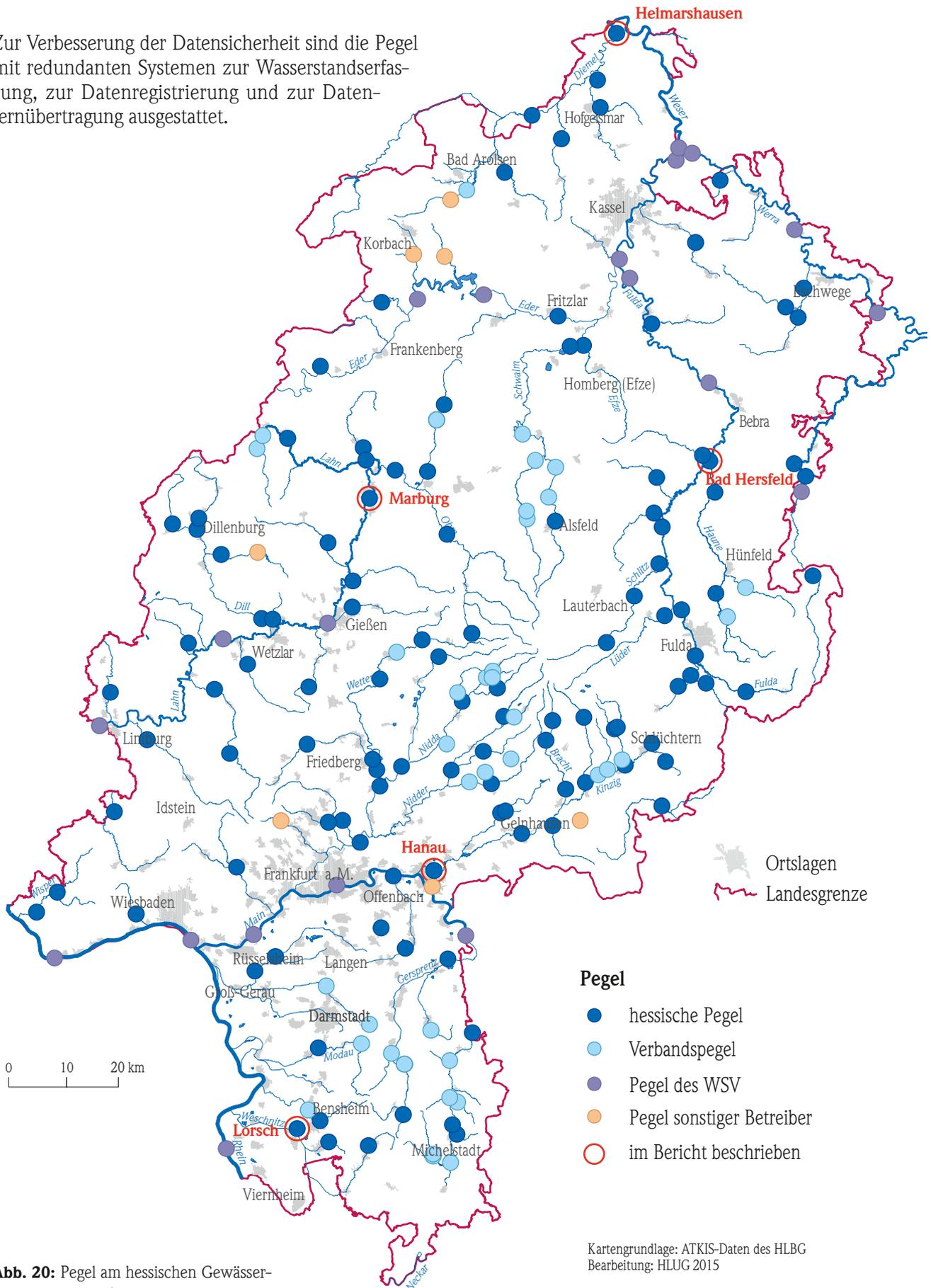


Abb. 20: Pegel am hessischen Gewässermessnetz.

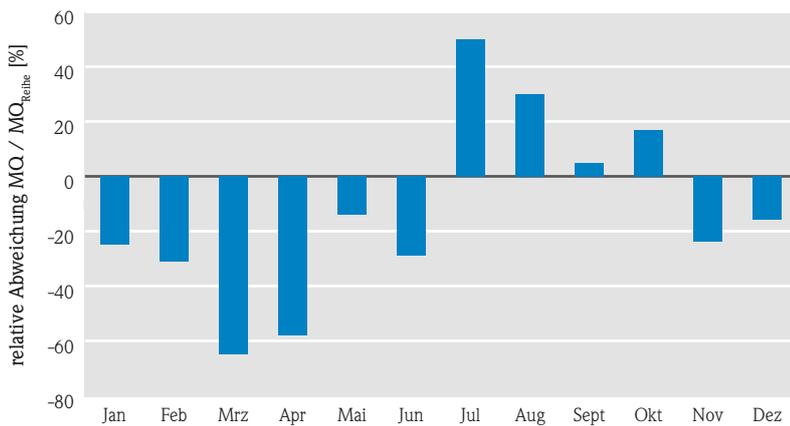


Abb. 21: Relative Abweichung der mittleren monatlichen Durchflüsse (MQ) des Jahres 2014 vom langjährigen Monatsmittel (MQ_{Reihe}).

Die Situation der hessischen Gewässer wird zusammenfassend für das Jahr 2014 in Abbildung 21 dargestellt. Hierfür wurden die Durchflüsse repräsentativer hessischer Gewässer ausgewertet.

Die geringen Niederschläge zu Beginn des Jahres spiegeln sich in den Durchflüssen der Gewässer wider. In den Monaten März und April betragen sie weniger als die Hälfte der langjährigen Mittelwerte. Die ergiebigen Regenfälle im Mai sorgten zwar für einen Anstieg der Wasserstände und Durchflüsse, insgesamt lagen diese jedoch noch unter den Referenzwerten. Insgesamt gesehen waren die Durchflüsse in den ersten sechs Monaten unterdurchschnittlich. In den Sommermonaten Juli und August nahm infolge der starken Niederschläge die Durchflüsse zu und lagen weit über den Durchschnittswerten. Ungefähr zwanzigmal kam es zu kurzfristigen Meldestufenüberschreitungen, eine längerdauernde Hochwasser-situation entwickelte sich nicht. Auch im September und Oktober waren die Wassermengen noch relativ hoch. Die Monate November und Dezember hingegen wiesen unterdurchschnittliche Durchflüsse auf. 2015 ist mit acht Monaten mit unterdurchschnittlichen Wassermengen als abflussarmes Jahr einzuordnen.

Beispielhaft für die hessischen Gewässer im Jahr 2014 werden die Durchflüsse der Diemel (Pegel Helmarshausen) für Nordhessen, der Fulda (Bad Hersfeld) für Osthessen, der Lahn (Pegel Marburg) für

Mittelhessen, der Kinzig (Pegel Hanau) für das Maingebiet und der Weschnitz (Pegel Lorsch) für Südhessen dargestellt (siehe Tabelle 3 und Abbildungen 22 bis 26). Auch in diesen betrachteten Gewässern waren die ersten sechs Monate abflussarm.

Die regenreichen Sommermonate brachten größere Wassermengen in die Gewässer, das Abflussgeschehen war jedoch regional unterschiedlich. Während im Juli an der Lahn in Marburg der Monatsmittelwert um 110 % überschritten wurde und die Durchflüsse der Fulda in Bad Hersfeld um 78 % über dem Durchschnittswert lagen, wurde der Monatsmittelwert der Kinzig in Hanau nur noch um 20 % überschritten, an der Weschnitz bei Lorsch lagen die Werte nur um 1 % höher und im Norden an der Diemel waren die Wassermengen unterdurchschnittlich. Im August wurden dann die Monatswerte an allen Pegeln überschritten. Im September und Oktober führten nur noch Lahn und Fulda überdurchschnittliche Wassermengen, in den letzten beiden Monaten lagen die Durchflüsse in allen betrachteten Gewässern unter den Referenzwerten.

Im Jahresmittel wurden an allen fünf betrachteten Gewässern unterdurchschnittliche Durchflussmengen verzeichnet, an der Diemel lagen sie bei 65 %, an der Fulda bei 73 %, an der Kinzig bei 69 %, an der Weschnitz bei 79 % und an der Fulda bei 92 % jeweils der langjährigen Jahresmittelwerte.

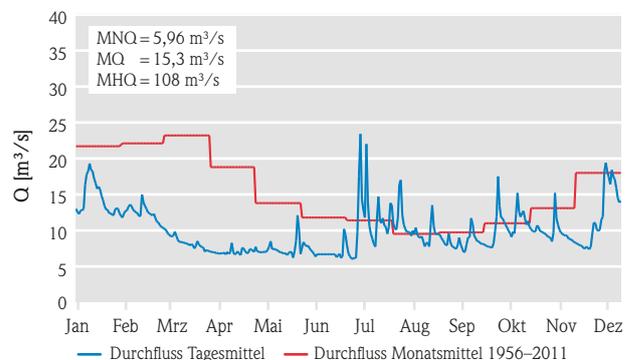


Abb. 22: Durchfluss am Pegel Helmarshausen/Diemel.

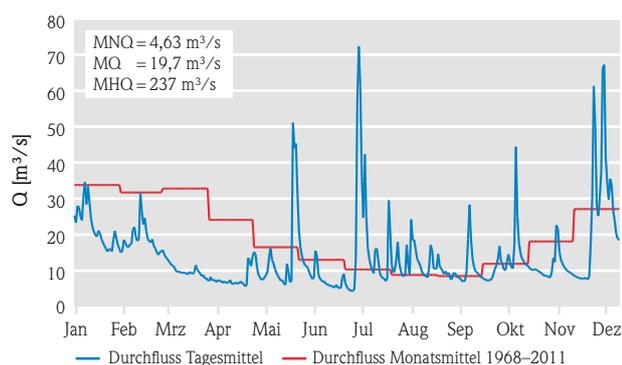


Abb. 23: Durchfluss am Pegel Bad Hersfeld/Fulda.

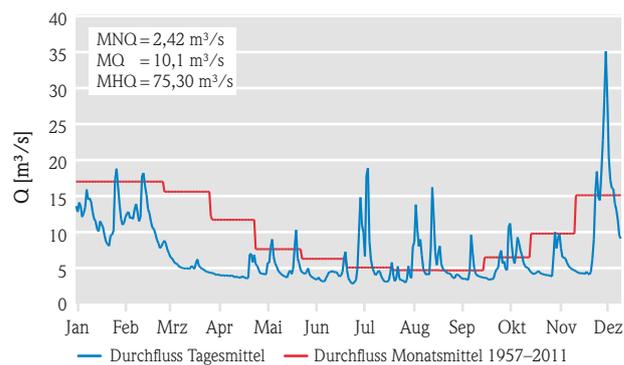


Abb. 25: Durchfluss am Pegel Hanau/Kinzig.

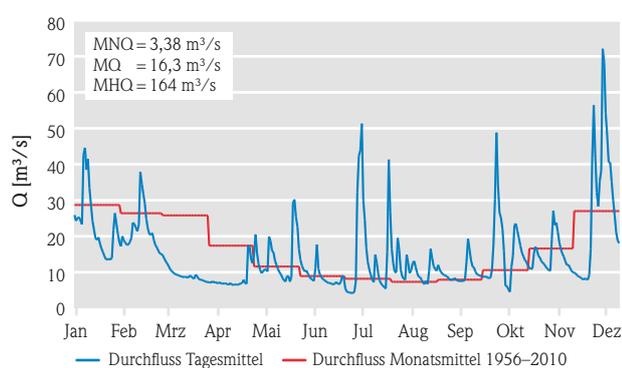


Abb. 24: Durchfluss am Pegel Marburg/Lahn.

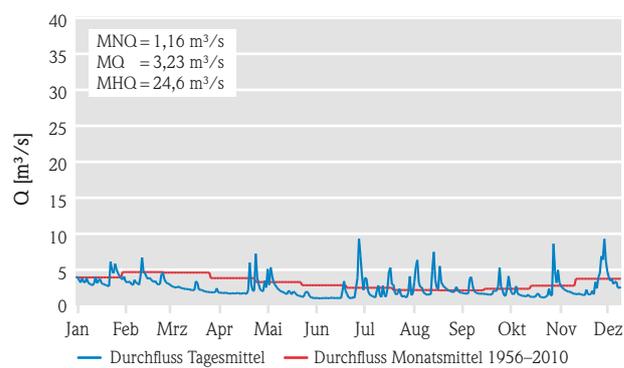


Abb. 26: Durchfluss am Pegel Lorsch/Weschnitz.

Tab. 3: Durchflüsse (Monatsmittelwerte, Jahresmittelwert) an fünf hessischen Flüssen (Auswertungsstand: Februar 2015).

Monat	Helmarshausen/ Diemel		Bad Hersfeld/ Fulda		Marburg/ Lahn		Hanau/ Kinzig		Lorsch/ Weschnitz	
	Monatsmittel Q [m³/s]									
	2014	1956/ 2011	2014	1968/ 2011	2014	1956/ 2010	2014	1957/ 2011	2014	1956/ 2010
Jan	14,4	21,7	22	33,8	22,4	28,7	11,7	17	3,5	3,94
Feb	12,4	22,1	18,8	31,7	19,9	26,4	10,9	17	3,33	4,68
Mrz	8,4	23,2	10,3	32,8	8,23	25,8	5,36	15,6	2,27	4,61
Apr	7,01	18,8	7,61	24,1	6,92	17,4	4,3	11,7	1,77	3,84
Mai	7,41	13,8	14,3	16,5	12,6	11,6	5,28	7,62	2,5	3,29
Jun	7,11	11,8	8,57	13	7,73	8,93	4,13	6,28	1,63	2,85
Jul	11,1	11,4	18,4	10,3	17,2	8,2	6,11	5,06	2,55	2,5
Aug	10,3	9,53	12,3	8,79	12,6	7,34	6,14	4,7	2,86	2,18
Sep	8,51	9,67	10,5	8,48	9,86	7,45	4,47	4,67	2,3	2,14
Okt	10,7	11	12,9	11,9	16,3	10,6	5,84	6,48	1,98	2,36
Nov	9,77	13,1	11,1	18,1	14,7	16,6	5,44	9,78	2,22	2,79
Dez	12	14,2	25,3	27,1	27,7	27	12,4	15,1	3,16	3,75
Jahr	9,93	15,3	14,4	19,7	15	16,3	6,99	10,1	2,55	3,23

3.2 Talsperren und Hochwasserrückhaltebecken

CORNELIA LÖNS-HANNA

Talsperren dienen verschiedenen Zwecken wie z. B. dem Hochwasserschutz, der Niedrigwasseraufhöhung und der Energieerzeugung. Zudem werden sie und ihre nähere Umgebung häufig für Freizeit- und Sportaktivitäten genutzt. In Hochwasserrückhaltebecken wird vordringlich Wasser zum Hochwasserschutz der Unterlieger zurückgehalten.

Wenn kein Hochwasserfall vorliegt, sind die Hochwasserrückhaltebecken nur teilweise (Becken mit Dauerstau) oder nicht gefüllt (sog. grüne Becken).

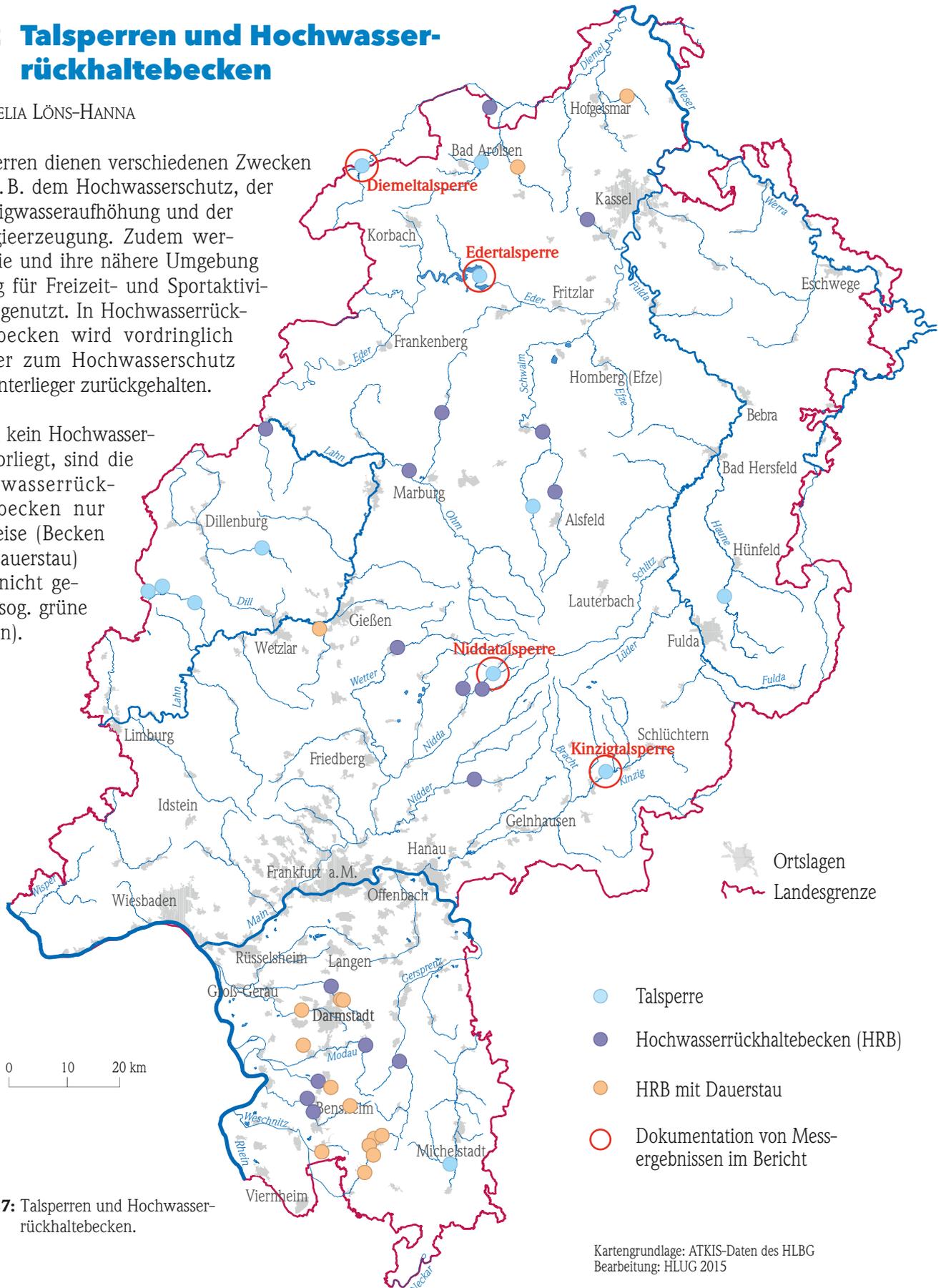


Abb. 27: Talsperren und Hochwasserrückhaltebecken.

Kartengrundlage: ATKIS-Daten des HLBG
 Bearbeitung: HLUUG 2015

Eine Übersicht über die Lage der für den Hochwasserschutz wichtigsten Talsperren und Hochwasserrückhaltebecken ist Abbildung 27 zu entnehmen.

Edertalsperre (Edersee)

Die größte Talsperre in Hessen (die drittgrößte in Deutschland) ist die Edertalsperre (Abbildung 28) mit 199,3 Mio. m³ Stauraum. Ursprünglich wurde sie in den Jahren 1908 bis 1914 für die Wasserbereitstellung der Schifffahrt bei Niedrigwasser für die Oberweser und den Mittellandkanal und den Hochwasserschutz im Unterlauf der Eder errichtet. In den letzten Jahrzehnten wird die Edertalsperre intensiv für Freizeit und Erholung genutzt und stellt somit einen wesentlichen Faktor für



Abb. 28: Edertalsperre.

den Tourismus in der Region dar. Weiterhin spielt die Wasserkraftnutzung eine wichtige Rolle.

Beckenfüllungen der Talsperren werden einerseits durch die Witterungsverhältnisse wie Temperatur und Niederschläge und andererseits durch die Talsperrensteuerung bestimmt.

Im Jahr 2014 lag die Beckenfüllung (Abbildung 29, Abbildung 30) der Edertalsperre mit im Mittel 125 Mio. m³ bei 97 % des langjährigen Werts (129 Mio. m³). Zu Beginn des Jahres nahm die Füllmenge zu bis sie am 26. Februar 186,6 Mio. m³ den Maximalwert erreichte. In den Monaten März bis Mai reduzierte sich die Wassermenge, sie lag jeweils unter den langjährigen Mittelwerten.

Nach einem kurzen Anstieg im Juni wurden die Wassermengen im November bis auf 107 Mio. m³ abgelassen, lagen aber noch 58 % über den Referenzwerten. Zum Ende des Jahres nahm die Wassermenge bis auf 147 Mio. m³ zu und lag damit 65 % über den Durchschnittswerten. Die mittlere Füllmenge betrug mit 125 Mio. m³ 5 Mio. m³ weniger als der Durchschnittswert der letzten Jahre.

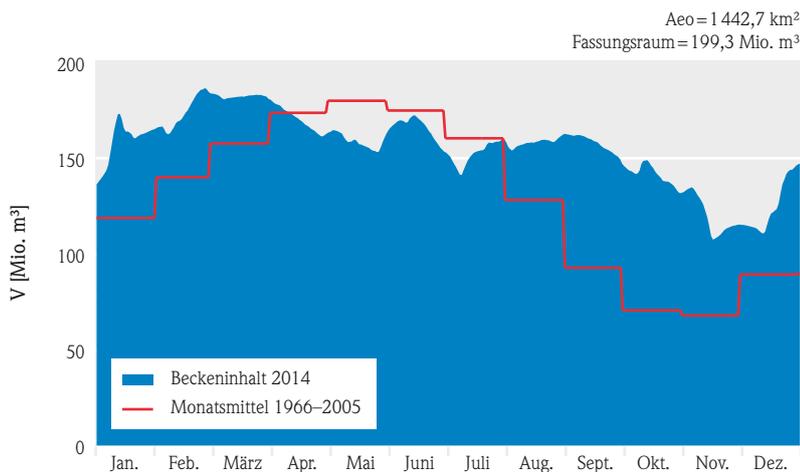


Abb. 29: Beckenfüllung der Edertalsperre 2014.

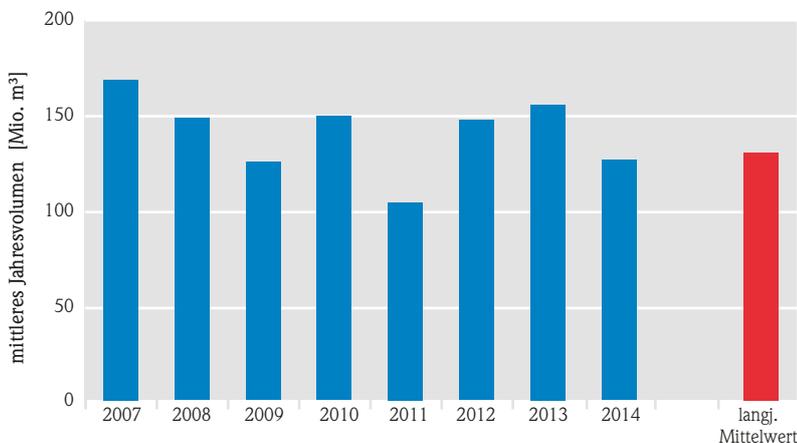


Abb. 30: Mittlere Jahresvolumen der Edertalsperre.

Diemeltalsperre (Diemelsee)

Wie die Edertalsperre dient die Diemeltalsperre der Niedrigwasseraufhöhung von Oberweser und Mittelrandkanal, dem Hochwasserschutz, der Wasserkraftnutzung und zu Erholungszwecken. Das Füllvolumen entspricht ca. 10 % des Volumens der Edertalsperre. Wie in der Edertalsperre lag auch in der Diemeltalsperre die Füllmenge während des ganzen Jahres über den Referenzwerten. Im Mittel war die Talsperre mit 12,8 Mio. m³ gefüllt, dieser Wert liegt um 15 % unter dem langjährigen Mittelwert (Abbildung 31).

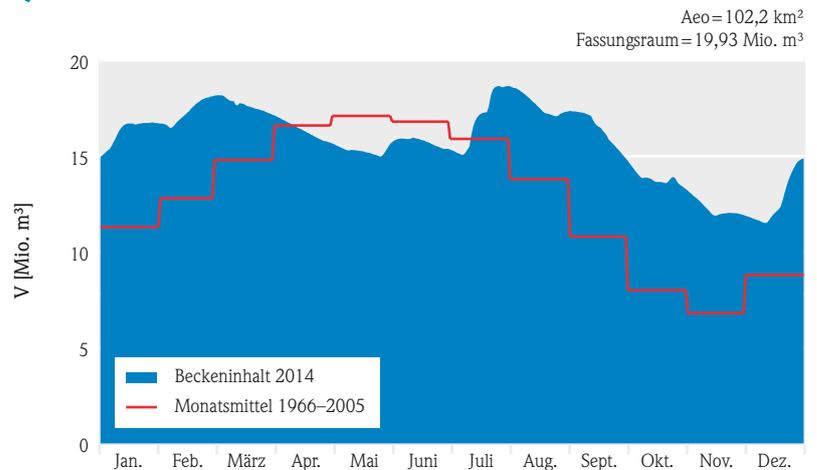


Abb. 31: Beckenfüllung der Diemeltalsperre 2014.

Weitere Talsperren in Hessen

Beispielhaft für weitere Talsperren in Hessen werden Nidda- und Kinzigtalsperre dargestellt. Die Niddatalsperre (Niddastausee) und die Kinzigtalsperre dienen, wie die anderen hessischen Talsperren, vorrangig dem Hochwasserschutz und der Niedrigwasseranreicherung der Gewässer Nidda bzw. Kinzig während der abflussarmen Zeiten, sowie der Stromerzeugung. Weiterhin werden die Talsperren für verschiedene Freizeitaktivitäten genutzt.

Die Füllmengen von Kinzig- und Niddatalsperre sind den Abbildungen 32 und 33 zu entnehmen. Diese wurden durch die Witterung sowie durch die Talsperrensteuerung beeinflusst. Die Steuerung orientiert sich an den Stauzielen, die jahreszeitlich sowie nach Nutzung, wie z. B. Freizeitnutzung und Niedrigwasseraufhöhung im Gewässer, variieren können.

Die im Jahresverlauf weitgehend unterdurchschnittlichen Abflüsse spiegeln sich bei den betrachteten Talsperren

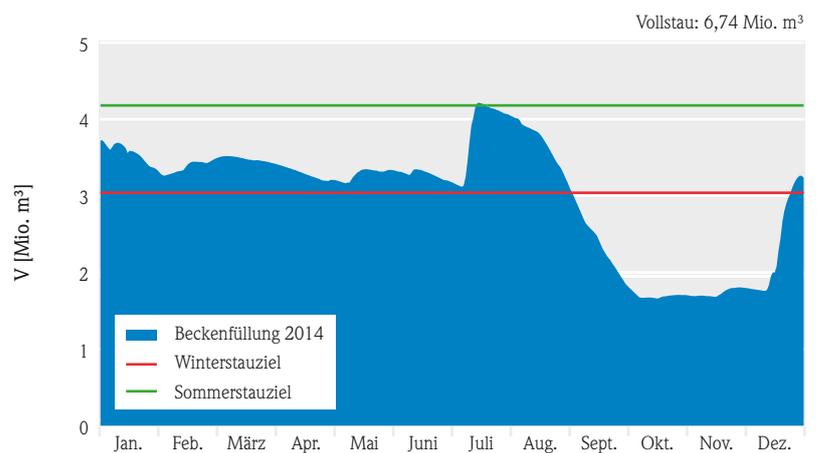


Abb. 32: Beckenfüllung der Niddatalsperre 2014.

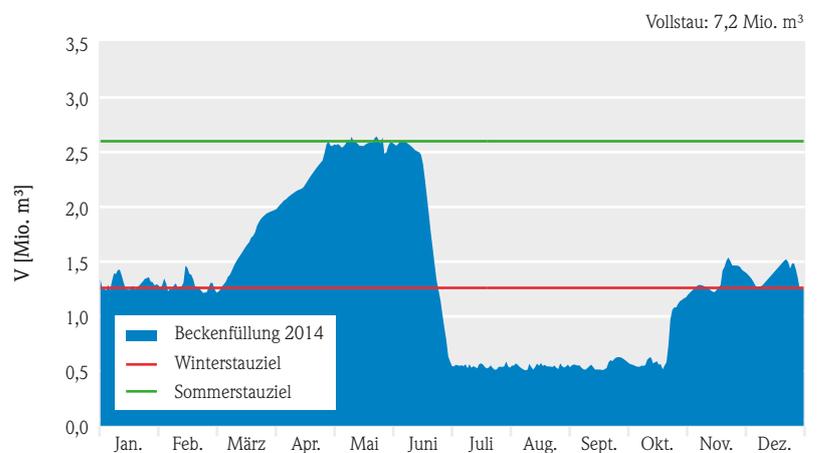


Abb. 33: Beckenfüllung der Kinzigtalsperre 2014.

im Füllgrad nieder. So wurde in der Niddatalsperre das Sommerstauziel nur im Juli erreicht, danach fiel die Füllmenge wieder. Von Oktober bis Mitte Dezember betrug das Füllvolumen der Talsperre mit ca. 1,7 Mio. m³ nur ca. 56 % des für den Winter angestrebten Stauziels. Erst gegen Jahresende wurde die Talsperre wieder auf das Winterstauziel hin auf-

gestaut. Die Füllmenge der Kinzigtalsperre wurde bis April auf das Sommerstauziel aufgefüllt. Hier wurde Ende Juni/Anfang Juli Wasser abgelassen. Von Juli bis Ende Oktober wurde hier mit ca. 0,55 Mio. m³ Wassermenge das Winterstauziel um 44 % eingehalten. Ab November dann stieg die Wassermenge wieder auf die Höhe des Winterstauziels.

3.3 Operationelle Wasserhaushalts- und Wärmemodelle zur Vorhersage der Wassertemperatur

MATTHIAS KREMER

2014 war nach Angaben der NASA (National Aeronautics and Space Administration) und NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) global betrachtet das bislang wärmste Jahr seit Aufzeichnungsbeginn 1880. Auch für Deutschland wurde seit 1881 kein wärmeres Jahr ermittelt [1]. Erkenntnisse aus Projektionen zum Klimawandel lassen eine weitere Zunahme dieser Entwicklung erwarten.

Bei längeren Überschreitungen bisheriger Temperaturverhältnisse ist auch mit Überschreitungen von bisher höchsten Wassertemperaturen oder Andauern von Grenzwertüberschreitungen zu rechnen. Veränderungen in der Biozönose der Fließgewässergemeinschaft dürften die Folge sein. Auf der anderen Seite sind Einschränkungen möglicher Abwärmeeinleitungen von Kraftwerken und industriellen Einleitern bei Erreichen von Grenzwerten absehbar. Durch eine Ausweitung des Messnetzes zur Erfassung der Gewässertemperaturen und die Anwendung von Wassertemperaturvorhersagemodellen können kritische Situationen frühzeitig erkannt und mögliche Gegenmaßnahmen eingeleitet bzw. Nutzungseinschränkungen erlassen werden.

Messnetz zur Überwachung der Temperaturen in hessischen Fließgewässern

In Hessen erfolgt die Überwachung der Wassertemperaturen an sieben kontinuierlich betriebenen Gewässergütestationen an größeren Gewässern. In den vergangenen Jahren wurden zusätzlich sukzessive rund 30 Pegel mit Temperatursonden ausgestattet. Seit 2003 liefern darüber hinaus auch 16, primär zur Abflussmessung eingesetzte Ultraschallanlagen Temperaturdaten (Abb. 34).

Aktuelle Messwerte aus dem hessischen Wassertemperaturmessnetz werden auf der HLUg-Webpage (<http://www.hlug.de/static/pegel/wiskiweb2/>) dargestellt. Die aus den Messnetzen gewonnenen Daten gehen als Berechnungsgrundlage in die nachfolgend aufgeführten hessischen Wärmemodelle ein.

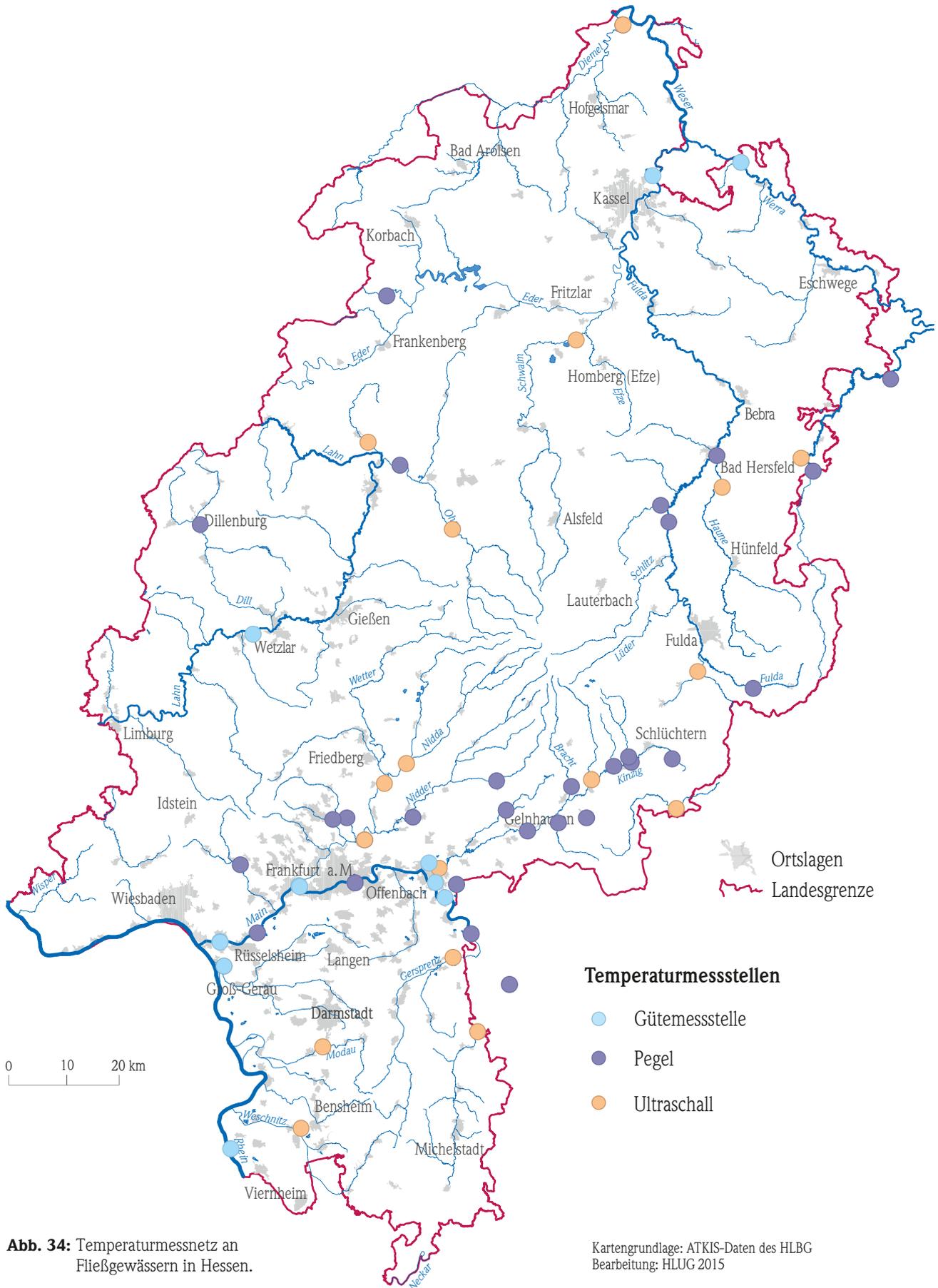


Abb. 34: Temperaturmessnetz an Fließgewässern in Hessen.

Kartengrundlage: ATKIS-Daten des HLBG
Bearbeitung: HLUUG 2015

Wasserhaushalts- und Wärmemodell zur Simulation der Wassertemperaturen an Fließgewässern

Für Hessen wurden zur Anwendung in der Hochwasservorhersagezentrale vier flächendeckende Wasserhaushaltsmodelle auf Basis des Modells LARSIM [2] erstellt: das Lahnmodell, das Modell für die hessischen Main- und Rheinzuflüsse, das Modell für den

hessischen Wesergebietsanteil und das Werra-Modell. Die Landesfläche (zuzüglich der außerhessischen Einzugsgebietsanteile von Lahn, Eder, Diemel und Werra) wird modelltechnisch durch ca. 5 000 Teilgebietsflächen mit einer durchschnittlichen Größe von überwiegend 4 bis 5 km² beschrieben. Abgebildet werden dabei alle wesentlichen Teilprozesse des Wasserhaushalts: Interzeption, Evapotranspiration, Schneeakkumulation und -schmelze, Bodenwasser-speicherung, die Abflusskonzentration, sowie Translation und Retention in den Gerinnestrecken und Seen. Das Wärmemodell [3] stellt eine Erweiterung des LARSIM-Wasserhaushaltsmodells dar (Abbildung 35) und ermöglicht zusammen mit den simulierten Wasserflüssen auch eine Darstellung der Wassertemperaturen an den simulierten Gewässerstrecken.

Das Wärmemodell berücksichtigt, neben punktförmiger anthropogener Wärme-einleitungen aus Kraftwerken, Industrie und Kläranlagen (Wein), vor allem den Wärmeaustausch mit der Atmosphäre mittels einer vereinfachten Wärmehaushaltsgleichung:

$$\frac{\delta T_w}{\delta t} = \frac{R_K + R_L + H_L + H_F + H_{SED}}{c_w \cdot H \cdot \rho_w} + W_{EIN}$$

- T_w Wassertemperatur
- R_K kurzwellige Strahlungsbilanz
- R_L langwellige Strahlungsbilanz
- H_L latenter Wärmestrom
- H_F fühlbarer Wärmestrom
- H_{SED} Wärmestrom über die Grenzfläche Gewässerbett – Wasser
- W_{EIN} Wärmeeinleitung
- c_w spez. Wärmekapazität von Wasser
- H mittlere Gewässertiefe
- ρ_w Dichte des Wassers
- δT_w Wassertemperaturänderung
- δt Zeitschritt

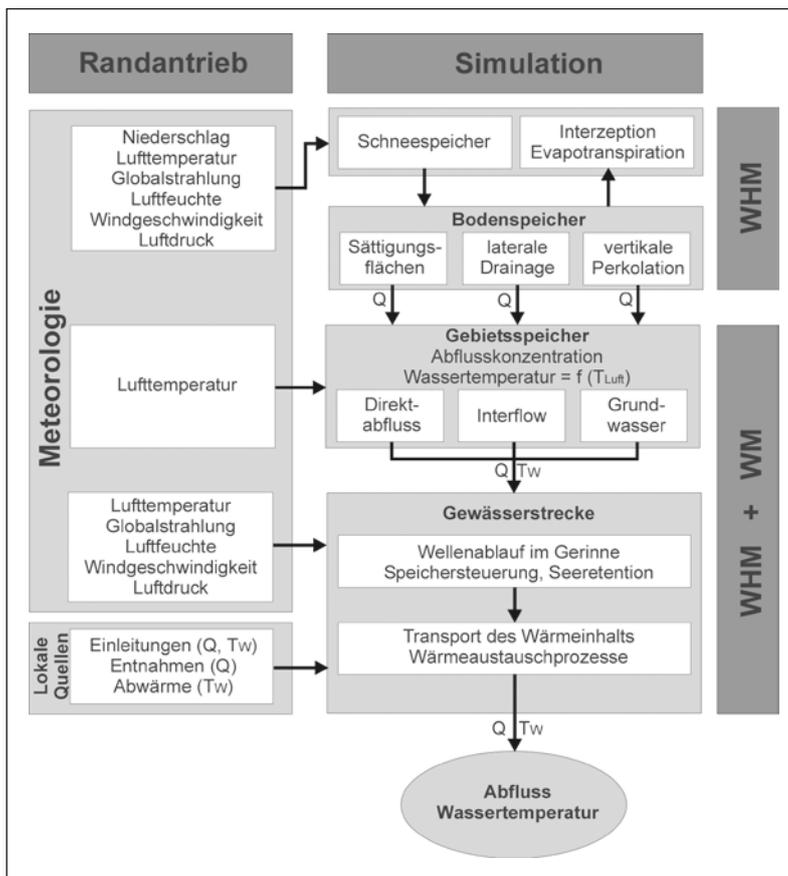


Abb. 35: Schematische Darstellung des LARSIM-Wärmemodells (aus [3]).

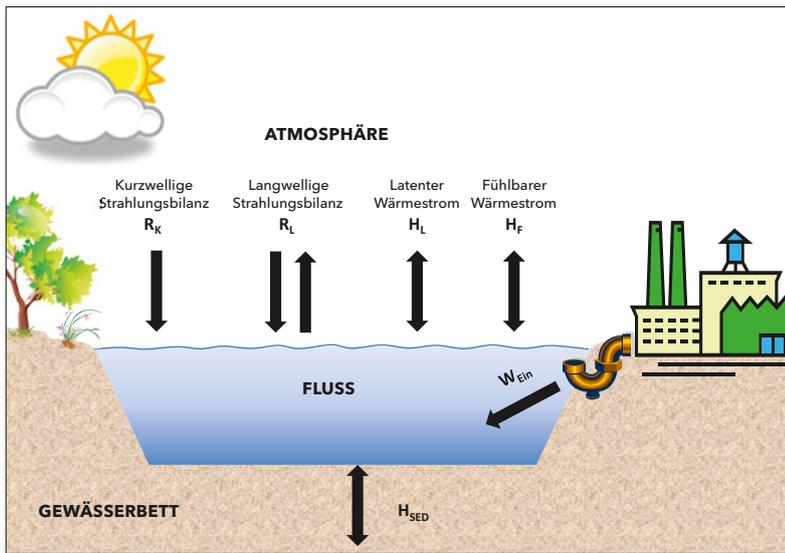


Abb. 36: Komponenten des vereinfachten Wärmehaushalts.

Die kurzwellige Strahlungsbilanz (R_K) setzt sich aus der Globalstrahlung abzüglich eines an der Wasseroberfläche reflektierten Anteils zusammen. Die langwellige Strahlungsbilanz (R_L) beinhaltet die atmosphärische Gegenstrahlung (aus Gasen, Aerosolen und Wolken) und die aus dem Wasserkörper ausgehende Wärmestrahlung. Der Energietransport durch Wasserdampf auf Grundlage von Verdunstung und Kondensation wird als latenter Wärmestrom (H_L) bezeichnet. Der fühlbare Wärmestrom (H_F) resultiert aus dem direkten Wärmeaustausch an der Grenzschicht Luft-Wasser. Bei kleineren, meist flachen Gewässern wird die Wassertemperatur zunehmend auch durch die Wärmespeicherung in der Gewässersohle und den Austausch mit dem Wasser (H_{SED}) beeinflusst (Abbildung 36).

Wärmemodell für das hessische Rhein- und Maingebiet

Für Südhessen mit den Zuflüssen zu Rhein und Main lag bereits ein Wasserhaushaltsmodell vor, das von der Hochwasservorhersagezentrale seit Oktober 2010 zur operationellen Abfluss- und Wasserstandsvorhersage eingesetzt wird. Das bestehende Modell wurde um das Wärmemodul erweitert und kann so

zur Simulation der Wassertemperaturen verwendet werden.

Kalibriert wurde das physikalische Wärmemodul anhand von sechs Messstellen (Abbildung 36): Hainstadt/Mümling, Harreshausen/Gersprenz, Steinau/Kinzig, Hanau/Kinzig, Bad Vilbel/Nidda und Nied/Nidda. Geeicht wurden jeweils fünf Parameter, u. a. F_{Schatt} als Maß für die Beschattung des Gewässers durch die Ufervegetation und Horizontüberhöhung (beeinflusst die in das Modell eingehende Globalstrahlung), ein Faktor zur Korrektur der Windgeschwindigkeit über der Wasseroberfläche (F_{Wind}) und K_{Sed} als Wärmeübergangskoeffizient an der Gewässersohle. Schwerpunkt der

Betrachtung waren hierbei die sehr warmen und trockenen Sommermonate der Jahre 2003 und 2006.

Die durch die Kalibrierung ermittelten Modellparameter gelten im Grunde nur lokal genau für die jeweilige Messstelle bzw. vereinfacht als Mittel für das gesamte Zwischeneinzugsgebiet der Messstelle. Die Parameter für die übrigen, nicht kalibrierten Bereiche wurden durch Übertragungen aus benachbarten Gebieten abgeschätzt.

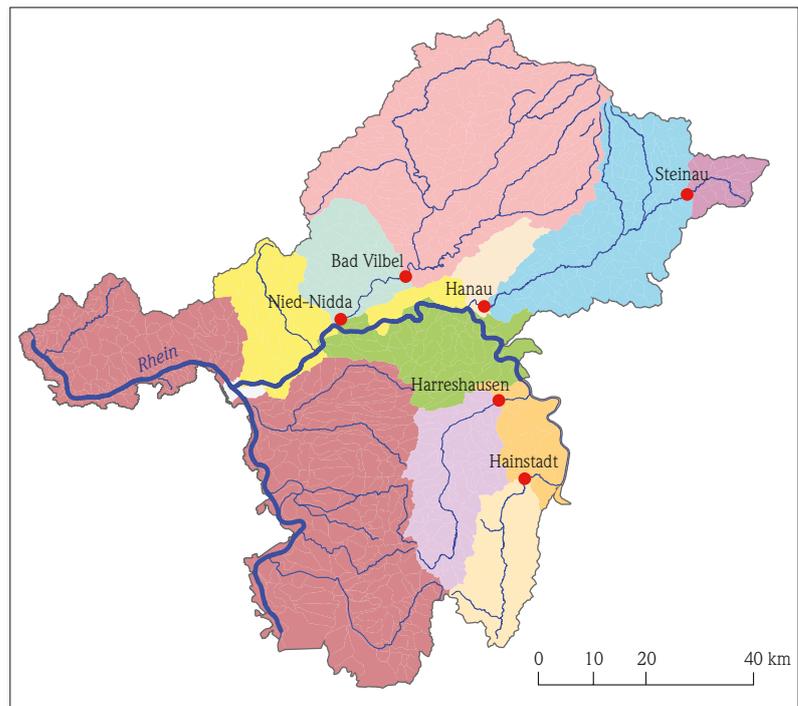


Abb. 37: Kalibrierpegel im Modell für das hessische Rhein- und Maingebiet.

Wärmemodell für den hessischen Main

Der Main selbst ist nicht Bestandteil des Wasserhaushaltsmodells für das Rhein- und Maingebiet. Daher wurde für den hessischen Mainabschnitt von der Landesgrenze Bayern/Hessen bis zur Mündung in den Rhein ein neues Wasserhaushalts- und Wärmemodell aufgestellt.

Zur Abbildung des Mains wurde das ca. 77 km lange Gerinne in 50 Simulationsabschnitte unterteilt. Besonders relevante Modellknoten sind dabei sieben Wassertemperaturmessstellen, drei Abflusspegel, sechs Wehre, fünf Kläranlagen, vier Kraftwerke, sechs Industrieeinleiter und Mündungspunkte der wichtigsten Zuflüsse des Mains.

Die Kalibrierung des Wärmemodells umfasste die Jahre 2003 bis 2010. Mit den ermittelten Modellparametern wurden insgesamt zufriedenstellende bis gute Simulationsergebnisse erzielt. So zeigen die Auswertungen, dass die simulierten Wassertemperaturen, vor allem in den für Wasserwirtschaft interessanten Bereich höherer Temperaturen in den Sommermonaten, gut mit den Messwerten übereinstimmen (s. Beispiel Messstelle Raunheim, Abbildung 38).

Auch die Entwicklungen der Wassertemperaturen entlang des hessischen Mains werden überwiegend

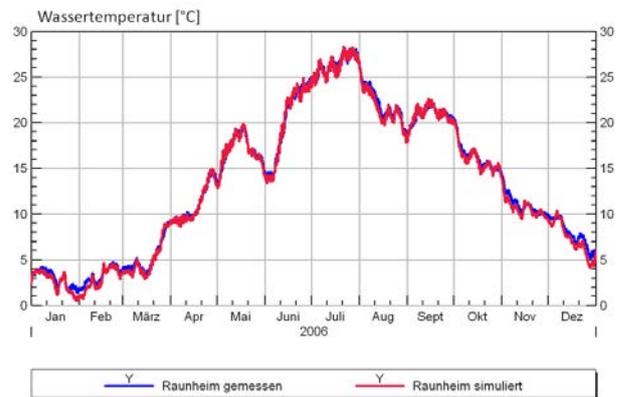


Abb. 38: Gemessene und simulierte Wassertemperaturen in Raunheim im Jahr 2006.

adäquat abgebildet, wie das Beispiel vom 22. Juli 2006 (Abbildung 39) zeigt.

Für den operationellen Betrieb der beschriebenen Wärmemodelle für das hessische Rhein- und Maingebiet und den hessischen Main stehen die bereits für die Hochwasservorhersage aufbereiteten Daten aus unterschiedlichen Messnetzen zur Verfügung (Abbildung 40): Neben aktuellen Messwerten der Pegel und Temperaturmessstellen werden Niederschlagsdaten gemeinsam mit weiteren Klimadaten (Lufttemperatur, Globalstrahlung, Relative Feuchte, Windgeschwindigkeit und Luftdruck) in einer zentralen Datenbank gespeichert.

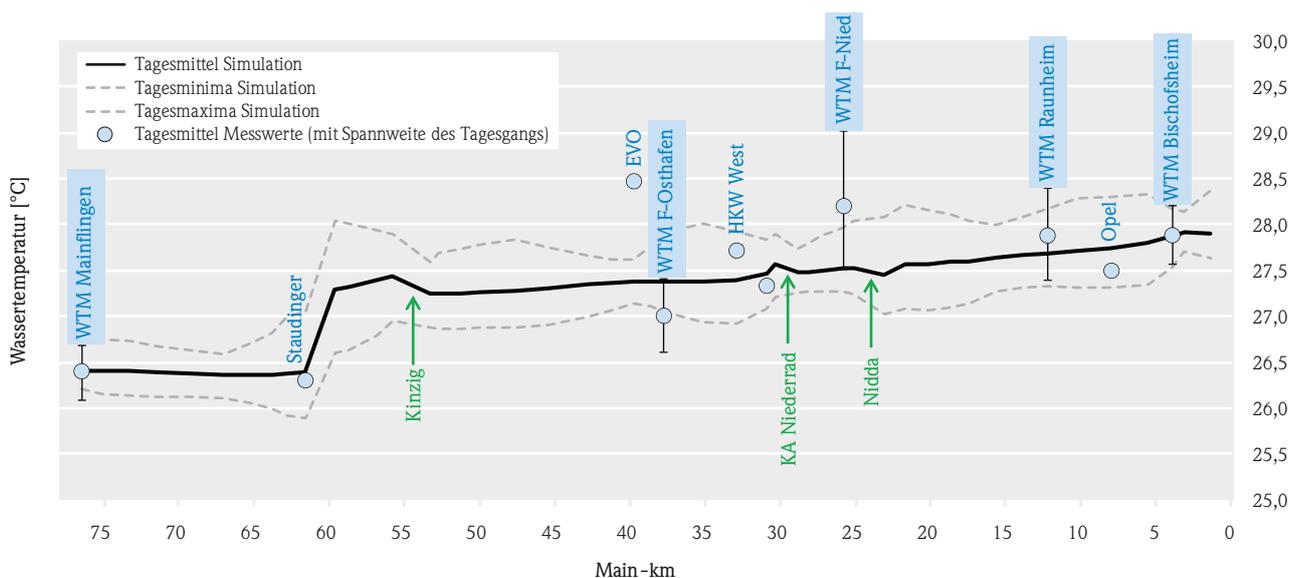


Abb. 39: Längsprofil der Wassertemperaturen am 22. Juli 2006.

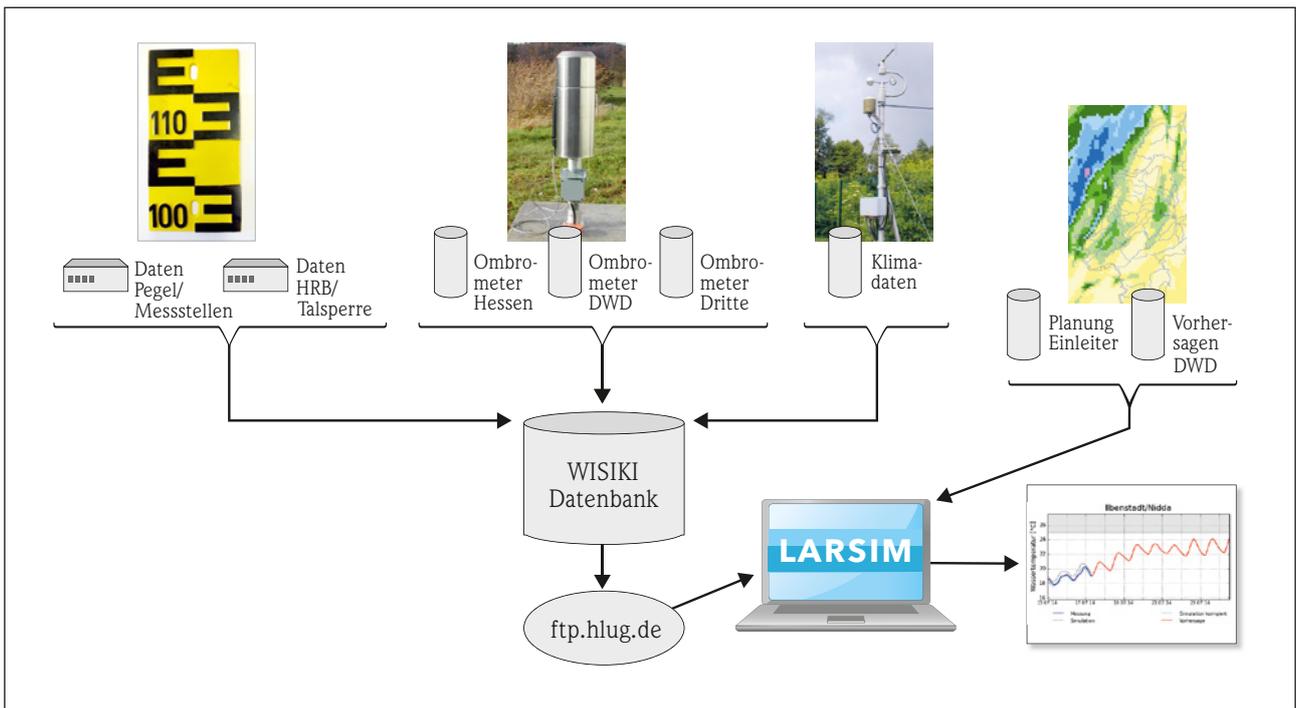


Abb. 40: Datenfluss im operationellen Vorhersagebetrieb.

Kombiniert mit Ergebnissen aus numerischen Vorhersagemodellen des Deutschen Wetterdienstes werden die Wassertemperaturvorhersagen in der Hochwasservorhersagezentrale des HLUG mindestens einmal täglich berechnet. Für rund 20 südhessische Pegel und Messstellen sowie Mündungspunkte von Nebengewässern des Mains erfolgt eine visuelle Ausgabe der Berechnungsergebnisse mit einer Vorhersagezeit von bis zu sieben Tagen (Abbildung 41).

Die gemessenen Wassertemperaturen sind dunkelblau, die Simulation grau und die anhand der Berücksichtigung aktueller Messwerte an Kontrollstellen automatisch korrigierte Simulation hellblau dargestellt. Die sich an die korrigierte Simulation der Vergangenheit anschließende Vorhersage zeigt als rote Linie den Verlauf der simulierten Wassertemperaturen für die nachfolgenden 7 Tage an:

<http://wassertemperaturvorhersage.hlug.de>

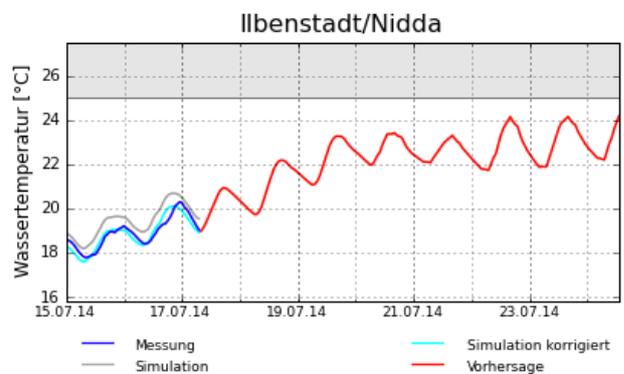


Abb. 41: Visuelle Darstellung der Vorhersagen am Beispiel des Pegels Ilbenstadt/Nidda.

Wärmemodell Mittelrhein

Für den Rheinabschnitt zwischen Worms und Köln (ca. 245 km) wurde im Auftrag des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie (HLUG) und des Landesamtes für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland Pfalz (LUWG) ein Wärmemodell erstellt.

In die Vorhersagen fließen sowohl Berechnungen aus den bereits bestehenden Wärmemodellen für den Oberrhein (Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, LUBW), Main und Südhessen (HLUG) als auch für die größeren Zuflüsse Simulationsergebnisse mehrerer, an den Rhein angrenzender Wasserhaushaltsmodelle (WHM Lahn, WHM Mosel und WHM Rheinland-Pfalz, Abbildung 42) ein. Darüber hinaus benötigt das Wärmemodell operationell verfügbare Wassertemperatur- und Pegeldata an Rhein und Zuflüssen, meteorologische Messwerte sowie meteorologische Vorhersagen des Deutschen Wetterdienstes. Die offizielle Inbetriebnahme des „Mittelrheinmodells“ erfolgte am 20. August 2014 verbunden mit einer Pressevorstellung in der LUBW in Karlsruhe.

Betrieben wird das Wärmemodell Mittelrhein in Kooperation mit dem HLUG und LUWG in der Hochwasservorhersagezentrale der LUBW. Die Berechnungen der Vorhersagen (Vorhersagezeitpunkt: 5 Uhr MEZ) erfolgen täglich nach Eingang aller notwendigen Daten um ca. 10:45 Uhr Mitteleuropäischer Sommerzeit (MESZ). Ab 11 Uhr (MESZ) sind die Ergebnisse auf der Webseite www.waermemodell-mittelrhein.de online verfügbar (Abbildung 43).

Neben dem Einsatz zur aktuellen Wassertemperaturvorhersage bietet das Modell auch weitere Anwendungsmöglichkeiten wie die Erstellung von Wärmelastplänen oder die Prüfung veränderter Einleitungsszenarien. Darüber hinaus stellt das Wärmemodell auch ein Werkzeug zur Untersuchung des Einflusses des Klimawandels auf das zukünftige Temperaturregime des Rheins dar [5].

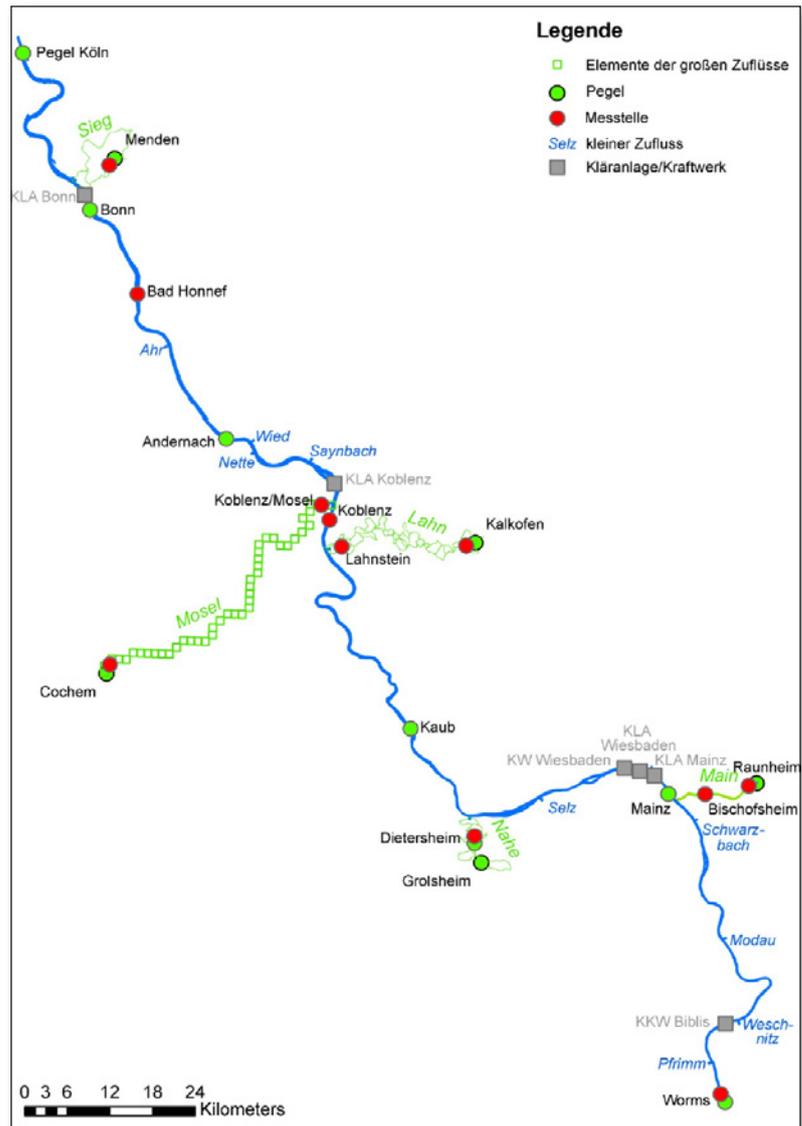


Abb. 42: Modellstruktur des Wärmemodells Mittelrhein mit den berücksichtigten Pegeln, Messstellen, Zuflüssen, Kläranlagen und Kraftwerken (aus [4]).

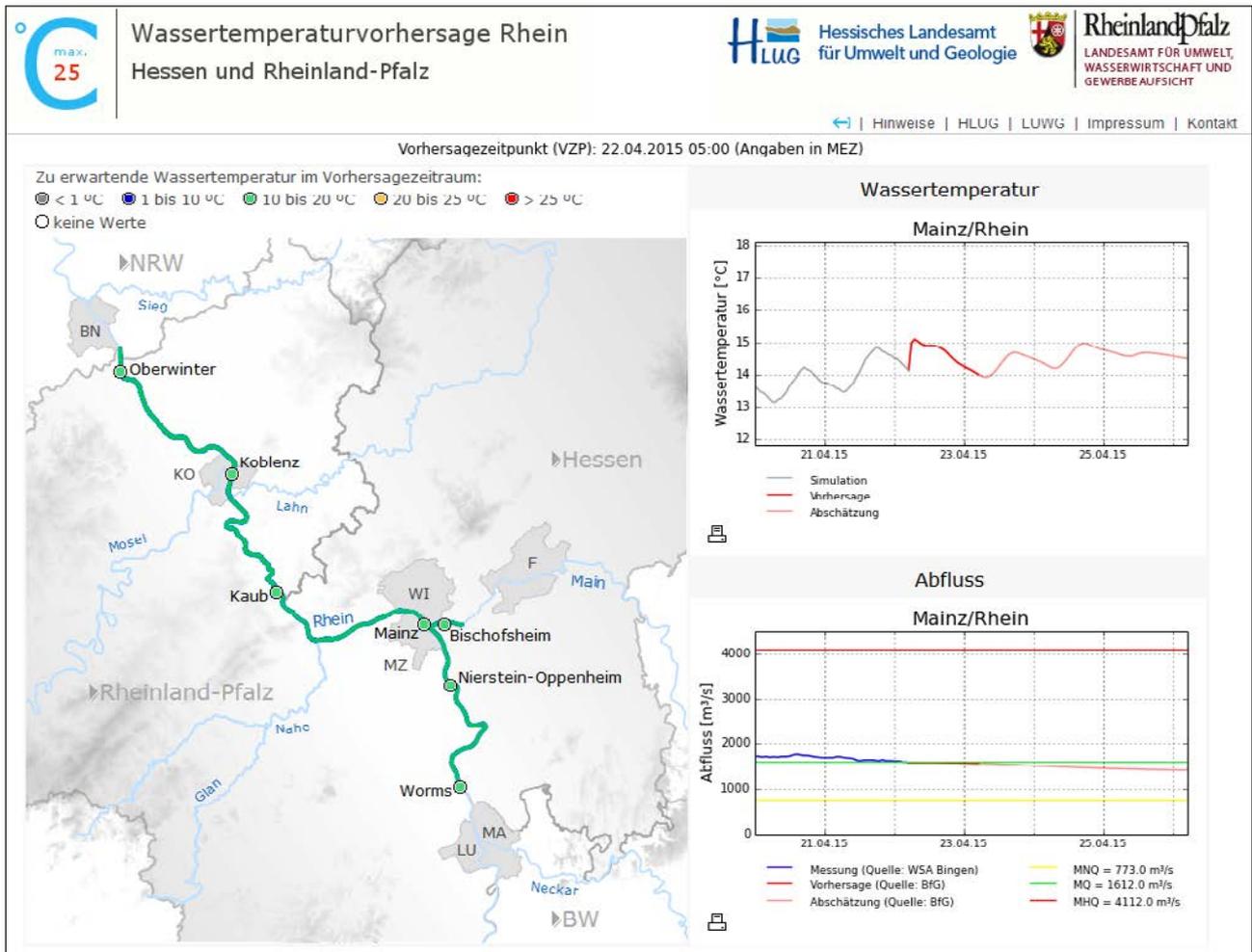


Abb. 43: Darstellung der Vorhersagen aus dem Wärmemodell Mittelrhein im Internet (www.waermemodell-mittelrhein.de).

Zusammenfassung

Mit zunehmender Erwärmung der Atmosphäre ist insbesondere während abflussarmer Sommermonate mit erhöhten Wassertemperaturen in Fließgewässern zu rechnen. Neben negativen Auswirkungen auf die Gewässerbiozönose sind auch Folgen für den Sauerstoffhaushalt und die Gewässergüte anzunehmen. Zur Gewässerüberwachung wurde das hessische Wassertemperaturmessnetz ausgeweitet, aktuelle Wassertemperaturen werden im Internet veröffentlicht. Mit einer Erweiterung der in Hessen betriebenen Wasserhaushaltsmodelle sind zudem Simulationen an weiteren Gewässerabschnitten mög-

lich. Operationelle Vorhersagen der Gewässertemperatur im hessischen Maingebiet und am Main sowie am Rhein können kritische Situationen vorab erkennen lassen. Auch bezüglich einer Steuerung von Wärmeeinleitungen vor dem Hintergrund entsprechender Temperaturgrenzwerte können Vorhersagen der Wassertemperaturen einen Beitrag zur Planung der Energieversorgung leisten. Zukünftige Auswirkungen des Klimawandels auf das Temperaturregime an den Fließgewässern lassen sich mit den aufgestellten Modellen untersuchen.

Literatur

- [1] DWD / Haeseler, S. (2015): 2014 global wärmstes Jahr seit 1880.
http://www.dwd.de/bvbw/generator/DWDWW/Content/Oeffentlichkeit/KU/KUPK/Homepage/Klimawandel/Aktuelles/Download__waermstes__Jahr__2014__global__150119,templateId=raw,property=publicationFile.pdf/Download_waermstes_Jahr_2014_global_150119.pdf
- [2] BREMICKER, M. (2000): Das Wasserhaushaltsmodell LARSIM – Modellgrundlagen und Anwendungsbeispiele. Freiburger Schriften zur Hydrologie, Band 11, 119 S.
- [3] HAAG, I.; LUCE, A.; BADDE, U. (2005): Ein operationelles Vorhersagemodell für die Wassertemperatur im Neckar. Wasserwirtschaft, 95. Jhg. 7-8, S. 45-51.
- [4] HYDRON [Im Auftrag des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie] (2012): Aufbau eines LARSIM-Wärmemodells für den Mittelrhein.
- [5] Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR) (2014): Abschätzungen der Folgen des Klimawandels auf die Entwicklung zukünftiger Rheinwassertemperaturen auf Basis von Klimaszenarien. IKSR-Kurzbericht 213d, Koblenz.

3.4 Wasserpflanzen und Kieselalgen - weitere neue biologische Qualitätsparameter für die Seen

ANDREAS GRÜNDEL

Seenbewertung

Ziel der europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) ist die Erreichung eines guten ökologischen Zustandes bzw. Potenzials aller oberirdischen Gewässer nach einheitlichen Kriterien. Die Bewertung der Seen erfolgte in Hessen bisher anhand der biologischen Qualitätskomponenten Phytoplankton (Algen der Freiwasserzone). Das Phytoplankton ist bereits seit Jahrzehnten der eigentliche Qualitätsparameter der Seen. Es ist die planktische Biomasse eines Sees, die die Produktivität eines Gewässers

darstellt und als Hauptparameter (Sichttiefe, Chlorophyllgehalt) in die Trophieklassifikation nach LAWA (Bund-Länderarbeitsgemeinschaft Wasser) eingeht. Das WRRL-konforme PhytoSee-Verfahren erlaubt die seentypische Bewertung der ökologischen Potenzialklasse (ÖPK) anhand des Phytoplanktons über einen multimetrischen Index. Anhand dieser Bewertung ist die Feststellung möglich, ob das allgemeine Güteziel erreicht ist oder ob Gütedefizite bestehen, die durch geeignete Maßnahmen zu beheben sind. Nach diesem Verfahren sind alle zwölf WRRL-Seen in Hessen nach ihrer ökologischen Qualitätsklasse bewertet.

Wasserpflanzen und Kieselalgen

Wasserpflanzen (Makrophyten) und festsitzende Kieselalgen (Diatomeen) sind zwei weitere Biokomponenten für die Seen, die vorwiegend eine Aussage über die lokale trophische Situation am Ufer der Seen erlauben. Diese beiden Qualitätskomponenten sind in einem Bewertungsverfahren, dem sogenannten PHYLIB-Verfahren, zusammengefasst. Das zunächst für die natürlichen Seen entwickelte Verfahren ist mit der Fertigstellung der Verfahrensvorschrift im Februar 2014 nun auch für die Baggerseen und Tageauseen anwendbar.

Die Prüfung der Anwendung des neuen Verfahrens auf die Seen in Hessen ergab, dass von zwölf WRRL-relevanten Seen nur drei Seen infrage kommen: die beiden Baggerseen NSG Mainflingen und der Werratalsee sowie der Tageausee Borkener See. Ein weiterer potenzieller Baggersee ist wegen seiner noch andauernden Kiesausbeutung, ein anderer Tageausee ist wegen seiner Versauerung nicht für eine Untersuchung geeignet. Für die Talsperren (sechs der zwölf genannten WRRL-Seen) ist dieses Verfahren generell nicht anwendbar.

Untersuchung

Die Untersuchung vor Ort (Abbildung 44), die Bestimmung der Pflanzen- und Kieselalgenarten sowie die Auswertung unter dem Mikroskop wurden von einem Auftragnehmer (lanaplan) durchgeführt. Zunächst wurden an den Seen fünf Sektoren für die



Abb. 44: Erfassung der Makrophyten nach der Tauchkartierung. © Dr. Klaus van de Weyer

Probenahme ausgewählt. An diesen Sektoren wurden die Makrophyten auf einer Breite von 20 bis 30 m getrennt in verschiedenen Tiefenzonen durch einen Taucher erfasst und nach ihrer Häufigkeit abgeschätzt. Gleichzeitig wurde die Diatomeenprobe an geeigneten Stellen entnommen: hierzu wurde der Aufwuchs des Substrates, vorwiegend von Steinen, abgebürstet und in geeigneten Gefäßen aufgesammelt und konserviert. Im Labor erfolgte die Bestimmung der Diatomeen auf Artniveau unter dem Mikroskop sowie die Auszählung der benthischen Taxa. Die Bewertung der ÖPK erfolgte zunächst für jeden einzelnen Untersuchungsraum, summarisch für den jeweiligen See anhand des PHYLIB-Tools (4.1) und anhand eines NRW-spezifischen Verfahrens.

Borkener See

Die besten Ergebnisse erzielte der Tageausee Borkener See, der auch schon nach dem Phytoplankton-Verfahren eine sehr gute ÖPK aufweist. Armleuchteralgen (Characeen), die bis zu einer Tiefe von 16,5 m reichen, dominieren den Pflanzenbestand unter Wasser. Darunter befinden sich auch zwei floristische Besonderheiten – die beiden Armleuchteralgen *Chara canescens* und *Chara filicormis* und eine in Hessen stark gefährdete Armleuchteralge, die *kleine Baumleuchteralge* (*Tolypella glomerata*) (Abbildung 45). Die Segmente schwanken in der PHYLIB-Bewertung zwischen den Klassen 1 und 3, in der Gesamtheit ergeben sie eine gute ÖPK (2). Nach dem NRW-Verfahren verfügt der Borkener See sogar über einen Referenzzustand. Dieser Referenzzustand ist aber



Abb. 45: Kleine Baumleuchteralge (*Tolypella glomerata*) im Borkener See. © Dr. Klaus van de Weyer



Abb. 46: Wühlspuren durch Karpfenbestände in 5 m Tiefe im Borkener See. © Dr. Klaus van de Weyer



Abb. 47: Gemeines Hornblatt (*Ceratophyllum demersum*) im NSG Mainflingen. © Dr. Klaus van de Weyer

durch große Karpfenbestände gestört, da Schäden an dem Pflanzenbestand festgestellt wurden (Zerstörung durch Fraß oder Losreißen der Bestände) (Abbildung 46). Zur Erhaltung des einzigartigen Referenzzustandes der hochwertigen Makrophyten ist der Bestand der benthivoren Fischarten zu minimieren.

Die Diatomeenuntersuchung ergab 71 Arten, darunter auch 6 Arten, die auf der Roten Liste der Kategorie „gefährdet“ angehören. Es dominierten überwiegend die trophiesensiblen Kieselalgenarten. Daher ergibt auch die Diatomeenauswertung der 5 Sektoren mehrheitlich eine sehr gute ÖPK (1), die allerdings zur guten Potenzialklasse angrenzt.

Makrophyten und Phytobenthos ergeben zusammen für den Borkener See eine gute ÖPK (2).

NSG Mainflingen

Das Naturschutzgebiet Mainflingen hat nach Untersuchungen der Biokomponente Phytoplankton im Jahr 2009 eine gute ÖPK (2).

In dem Baggersee konnten 9 Pflanzenarten festgestellt werden, davon waren vor allem das Ähren-Tausendblatt (*Myriophyllum spicatum*) und das Gemeine Hornblatt (*Ceratophyllum demersum*) (Abbildung 47) vorherrschend. Die Vegetation reichte bis zu einer Wassertiefe von 3,1 m. Diese Makrophytenuntergrenze entspricht einem eutrophen Gütezustand. Die Auswertung des Makrophytenbefundes nach PHYLIB ergab eine mäßige ÖPK (3). Dabei lagen 4 Sektoren

in der ÖPK 3 und ein Sektor in der ÖPK 4. Zu dem gleichen Ergebnis führt die Auswertung nach dem NRW-Verfahren.

Mit 111 verschiedenen Arten war die Diatomeenflora des Mainflinger Sees artenreich. Davon stehen sechs Arten auf der Roten Liste, überwiegend dominieren aber Gesellschaften, die einen meso- bis eutrophen See widerspiegeln. In der Auswertung der Diatomeenbefunde nach dem PHYLIB-Verfahren erhält der Mainflinger See eine gute ökologische Potenzialklasse (2). Die untersuchten Uferbereiche sind dabei sehr homogen.

Die Gesamtbewertung beider Komponenten führt nach dem PHYLIB-Verfahren zu einer mäßigen ÖPK (3) für den Baggersee. Das NRW-Verfahren kommt zum gleichen Ergebnis.

Werratalsee

Der Werratalsee weist nach den Phytoplanktonuntersuchungen im gleichen Jahr eine gute ÖPK (2) auf. Der nahe der Werra gelegene Baggersee ist durch Salze und Nährstoffe der Werra und zudem durch den Zufluss von nährstoffreichem Grundwasser belastet.

In dem 117 ha großen Baggersee konnten 12 Wasserpflanzenarten und eine Sumpfpflanzenart nachgewiesen werden. Dabei dominierten die allgemeinen Arten, wie die kanadische Wasserpest (*Elodea canadensis*) (Abbildung 49), die schmalblättrige Wasserpest (*Elodea nuttallii*) (Abbildung 48) und das



Abb. 48: Schmalblättrige Wasserpest (*Elodea nutallii*).
© Dr. Klaus van de Weyer



Abb. 49: Kanadische Wasserpest (*Elodea canadensis*).
© Dr. Klaus van de Weyer

Kammlaichkraut (*Potamogeton perctinatus*). Die Bewertung der einzelnen Segmente schwankte stark: die beste Bewertung war am Südostufer, die schlechteste am Südwestufer. In der Gesamtbewertung ergab sich nach PHYLIB und der NRW-Bewertung eine mäßige ÖPK (3).

Der Diatomeenbefund ergab 92 Kieselalgenarten, darunter 2 Rote-Listen-Arten, und salztolerante Arten, die charakteristisch für Meeresküsten und Flussästuarien sind. Die letztgenannten Diatomeen weisen auf eine gering bis mäßig hohe Salzbelastung des Werratalsees hin. Bei hoher Salzbelastung werden die trophischen Einflüsse von den salztoleranten Diatomeen überlagert, sodass der Diatomeen-Index die Trophiebelastung nicht korrekt beschreibt. Daher ergibt der Index der Kieselalgen für den Werratalsee eine ausreichende ÖPK (4).

In der Gesamtbetrachtung der Makrophyten und der Diatomeen ergibt sich für den Werratalsee eine ausreichende ÖPK (4).

Diskussion

Die Bewertungen der Seen anhand der floristischen Bestandsaufnahme in verschiedenen Sektoren der Uferzone ergeben ein sehr differenziertes Bild. Durch Zusammenfassung der sektoralen Bewertungen ergibt sich dann für den jeweiligen gesamten See eine gute, mäßige oder gar nur unbefriedigende ökologische Potenzialklasse. Die Defizite sind meist in den einzelnen Sektoren auszumachen und im Detail zu betrachten. Im Vergleich (Abbildung 50) mit den Ergebnissen des Phytoplanktons, den Algen in der Freiwasserzone, fällt auf, dass die benthischen Ergebnisse (PHYLIB) um eine oder gar um zwei Potenzialklassen schlechter sind, als die entsprechenden Werte der Freiwasserzone (PHYTOSEE). Es liegt an dem unterschiedlichen Betrachtungsraum – freier Wasserkörper des Sees oder das Seeufer. Der Unterschied kann auch darin begründet liegen, dass die Nährstoffsituation und damit auch die trophische Situation am Ufer höher sind, als in dem eigentlichen Wasserkörper des Sees (Freiwasserzone). Weiterhin können auch strukturelle Defizite der Seeufer – naturferne Abschnitte – einen schlechteren Befund der benthischen Bewertung ergeben.

Im Fall des Werratalsees trägt auch die durch den Kalibergbau verursachte Salzbelastung zu dem ungünstigen Ergebnis bei, da die salztoleranten Kieselalgen bei der Berechnung mit eingehen, während im gleichen Verfahren bei den Fließgewässern diese Artengruppe getrennt betrachtet wird. Das dem Werratalsee zufließende nährstoffbelastete Grundwasser wird zudem eher durch die bodenständigen Wasserpflanzen erfasst und trägt daher zu einem höheren Trophiebefund bei als die Erfassung und Bewertung der Algen in der Freiwasserzone.

Der Borkener See weist sogar einen Referenzzustand für die Wasserpflanzen auf, doch ist dieser hochwertige Pflanzenbestand durch die wühlenden Karpfen bereits geschädigt. Hier gilt es, den Bestand der benthivoren Fischarten zu dezimieren, um den Referenzzustand nicht zu verlieren.

	Biokomponente Wasserpflanzen und Kieselalgen –PHYLIB-Gesamt- Bewertung 2014		Biokomponente Algen der Freiwasserzone PHYTOSEE-Bewertung
	Segment-Bewertung ökologische Potenzialklasse	See ökologische Potenzialklasse	See ökologische Potenzialklasse
Borkener See	3	2 und besser	2 und besser
	2		
	1		
	2		
	1		
NSG Mainflingen	3	3	2 und besser
	3		
	3		
	3		
	2		
Werratalsee	4	4	2 und besser
	4		
	4		
	3		
	3		

Abb. 50: PHYLIB und PHYTOSEE im Vergleich.

Ausblick

Im Jahr 2015 wird die Bewertung von 4 Seen in Hessen mit einer zusätzlichen faunistischen Komponente ergänzt werden: die wirbellosen Tiere, das sogenannte Makrozoobenthos. Das hierzu entwickelte AESHNA-Verfahren, das auch die Bewertung der künstlichen Seen beinhaltet, erlaubt überwiegend eine Indikation für die Struktur der Ufer.

Weiterhin sollten die Seeufer dieser vorgenannten Seen nach einem neuen, bundesweiten Verfahren klassifiziert werden. Damit wird eine Bedingung der WRRL erfüllt, die hydromorphologische Komponente der Seen zu beschreiben. Dies gilt als Unterstützung der biologischen Qualitätskomponenten, die zuvor beschrieben sind.

3.5 Biologische Untersuchungen in Fließgewässern - Variabilität von Untersuchungsergebnissen

DR. MECHTHILD BANNING

Einleitung

Seit dem Jahr 2005 erfolgen im Auftrag des HLUg in den Fließgewässern verstärkt Untersuchungen zum Vorkommen von Makrozoobenthosorganismen, Fischen und Kieselalgen. Anhand des Vorkommens und der Häufigkeit sowie bei den Fischen zusätzlich unter Berücksichtigung der Altersstruktur wird der ökologische Zustand der Bäche und Flüsse entsprechend den Anforderungen der Wasserrahmenrichtlinie ermittelt.

Gemäß der Oberflächengewässerverordnung (OGewV vom 20. Juli 2011) sollen die Überwachungsfrequenzen und -intervalle grundsätzlich so gewählt werden, dass ein „hinreichender Grad an Zuverlässigkeit und Genauigkeit“ bei der Bewertung des Zustands erreicht wird und auch langfristige Veränderungen erkannt werden können. Die OGewV empfiehlt für die operative Überwachung anhand der biologischen Qualitätskomponenten ein Überwachungsintervall von jeweils 3 Jahren. In Hessen wurde jedoch teilweise von dieser empfohlenen Überwachungsfrequenz abgewichen: Wenn die Biologie entweder einen sehr guten oder einen unbefriedigenden bzw. schlechten Zustand anzeigte, war davon auszugehen, dass hier eindeutig kein bzw. eindeutig ein Handlungsbedarf besteht. Deshalb wurde dann oft – zu Gunsten weiterer Untersuchungen in anderen Gewässerabschnitten – auf eine Wiederholungsuntersuchung nach 3 Jahren verzichtet, sofern (noch) keine notwendigen Maßnahmen durchgeführt wurden und eine Wirkung entfalten konnten.

Dennoch fanden inzwischen im Zeitraum von 2005 bis 2014 an zahlreichen Messstellen Wiederholungsuntersuchungen gemäß den bundesdeutschen Verfahren statt. Die hier dargelegten Auswertungen beschreiben die Variabilität der Untersuchungsergebnisse, so dass daraus dann Rückschlüsse auf die Zuverlässigkeit der Ergebnisse möglich sind und Empfehlungen für die künftige Überwachung der Fließgewässer gegeben werden können.

Methodik

Die vorliegende Auswertung zeigt die Schwankungsbreite der Zustandsbewertungen anhand des Makrozoobenthos, der Fischfauna und der Kieselalgen. Gab es zu einer biologischen Qualitätskomponente mehr als 2 Untersuchungen an einer Messstelle, so wurden für den Vergleich jeweils die 2 aktuellsten Ergebnisse herangezogen.

Nicht betrachtet werden hier die Abweichungen bei den Untersuchungsergebnissen anhand der Makrophyten, da hier bei den jeweiligen Kartierungen die Gesamtquantität aller vorkommenden submersen Arten oft (in gut 60 % der Fälle) zu gering ist und das Bewertungsergebnis dann als nicht gesichert gilt bzw. eine Bewertung gar nicht erst möglich ist.

Makrozoobenthos

Für den Vergleich der Bewertungsergebnisse wurden bei dieser biologischen Qualitätskomponente nur solche Untersuchungsergebnisse berücksichtigt, bei denen das Ergebnis im Modul „Saprobie (Gewässergüte)“ und im Modul „Allgemeine Degradation“ jeweils als gesichert angesehen werden kann (ein Ergebnis wird im Modul „Saprobie“ dann als gesichert angesehen, wenn die Häufigkeitssumme mindestens einen Wert von 20 erreicht; im Modul „Allgemeine Degradation“ gilt das Ergebnis für die Mittelgebirgsbäche und -flüsse dann als gesichert, wenn die Häufigkeitssumme der Indikatortaxa des Faunaindexes ≥ 20 (bei den Zustandsklassen 1 bis 3) bzw. ≥ 15 (bei den Zustandsklassen 4 und 5) beträgt). Eine zweite Voraussetzung war, dass an den jeweiligen Untersuchungsbereichen die Typzuordnung (und damit der Bewertungsmaßstab) in beiden Untersuchungsjahren identisch war.

Insgesamt standen für die Auswertung 588 Ergebnisse von 294 Untersuchungsbereichen zur Verfügung. Wie der nachstehenden Abbildung 51 zu ent-

nehmen ist, stammt die Mehrzahl der Ergebnisse von Untersuchungen in silikatischen Mittelgebirgsbächen.

Fische

Bei dem Vergleich der Bewertungsergebnisse zum ökologischen Zustand anhand der Fischfauna wurden nur die Ergebnisse berücksichtigt, bei denen die von den Gutachtern ausgewählte Referenz einer Messstelle in den zwei Vergleichsjahren jeweils identisch war.

Insgesamt standen für die Auswertung 898 Ergebnisse von 449 Untersuchungsbereichen zur Verfügung. Die Mehrzahl der Befischungsergebnisse liegt aus der Barbenregion vor (Abbildung 52).

Benthische Kieselalgen

Auch bei dieser Auswertung wurden nur Ergebnisse berücksichtigt, die als gesichert angesehen werden konnten, also der Anteil planktischer Taxa jeweils $\leq 5\%$ war. Insgesamt standen für die Auswertung 386 Ergebnisse von 193 Untersuchungsbereichen zur Verfügung. Die Mehrzahl der Ergebnisse liegt – analog zum Makrozoobenthos – aus den silikatischen Mittelgebirgsbächen vor (Abbildung 53).

Ergebnisse

Makrozoobenthos

Bei der Gesamtbewertung zeigen die Untersuchungsergebnisse in 53 % der Fälle (an 155 Messstellen) die gleiche (ganzzahlige) Zustandsklasse an, bei 40 % (119 Messstellen) wird eine Abweichung um eine Zustands-

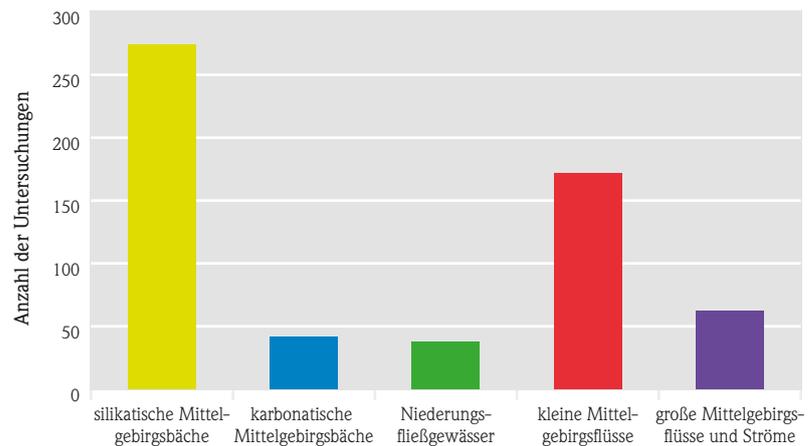


Abb. 51: Anzahl der Untersuchungen zum Makrozoobenthos, welche für die vergleichende Betrachtung herangezogen wurden.

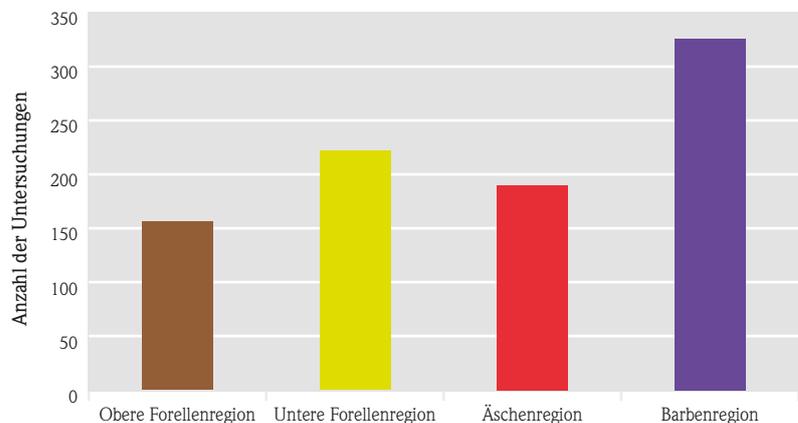


Abb. 52: Anzahl der Untersuchungen zur Fischfauna, welche für die vergleichende Betrachtung herangezogen wurden.

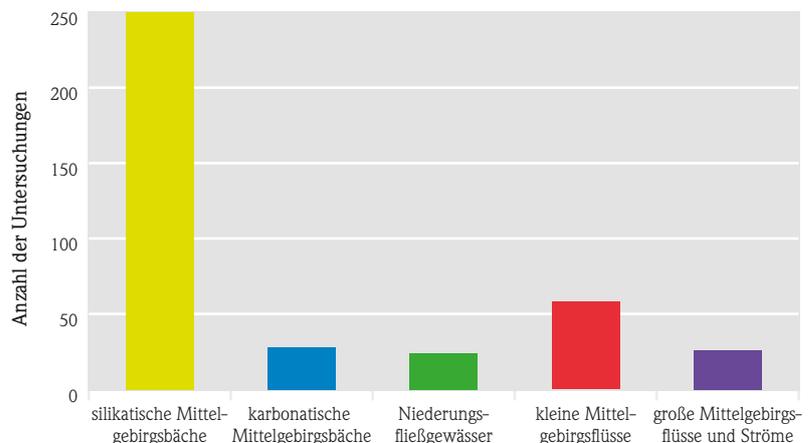


Abb. 53: Anzahl der Untersuchungen zu den benthischen Kieselalgen, welche für die vergleichende Betrachtung herangezogen wurden.

klasse angezeigt und bei 7 % (20 Messstellen) ergibt sich eine Abweichung um 2 Zustandsklassen. Abweichungen um mehr als 2 Zustandsklassen wurden nicht festgestellt. Die meisten Abweichungen gab es bei den silikatischen Mittelgebirgsbächen (52 %) und bei den Niederungsfließgewässern (63 %) (siehe Abbildung 54).

Während im Modul „Saprobie“ nur in gut 20 % der Fälle ein Wechsel um maximal eine Zustandsklasse festgestellt wurde, entsprach der Umfang der Änderungen im Modul „Allgemeine Degradation“ mit knapp 50 % in etwa dem Umfang der Änderungen bei der Gesamtbewertung. Da sich diese Gesamtbewertung aus dem schlechteren Ergebnis der beiden Module ergibt (worst-case-Betrachtung) und das Ergebnis im Modul „Allgemeine Degradation“ meistens schlechter ist als das Ergebnis im Modul „Saprobie“, ist die Variabilität bei der Gesamtbewertung somit meist auf die Variabilität bei der Bewertung im Modul „Allgemeine Degradation“ zurückzuführen.

In diesem Modul wird der ganzzahlige Wert der ökologischen Zustandsklasse über einen score-Wert ermittelt. Z. B. bedeutet ein score-Wert zwischen 0,0 bis $\leq 0,2$ eine Zustandsklasse von 5 (schlecht) und ein score-Wert zwischen $> 0,2$ bis $\leq 0,4$ eine Zustandsklasse von 4 (unbefriedigend). Der Abstand zwischen den einzelnen Zustandsklassen entspricht also jeweils einem score-Wert von 0,2. In vielen Fällen ist die oben dargestellte Abweichung um eine ganzzahlige Zustandsklasse also in der Realität weniger als eine Zustandsklasse; d. h. die Differenz zwischen den score-Werten ist kleiner als 0,2 (siehe Abbildung 55). Wie dieser Abbildung zu entnehmen ist, zeigen sich in mehr als der Hälfte der Fälle (60 %) Abweichungen um weniger als eine halbe Zustandsklasse (score-Wert $< 0,1$) und bei weiteren 30% sind die Abweichungen weniger als eine ganze Zustandsklasse (score-Wert 0,1 bis $< 0,2$). Diese Abweichungen um weniger als eine vollständige Zustandsklasse (in 90 % der Fälle) sind in der

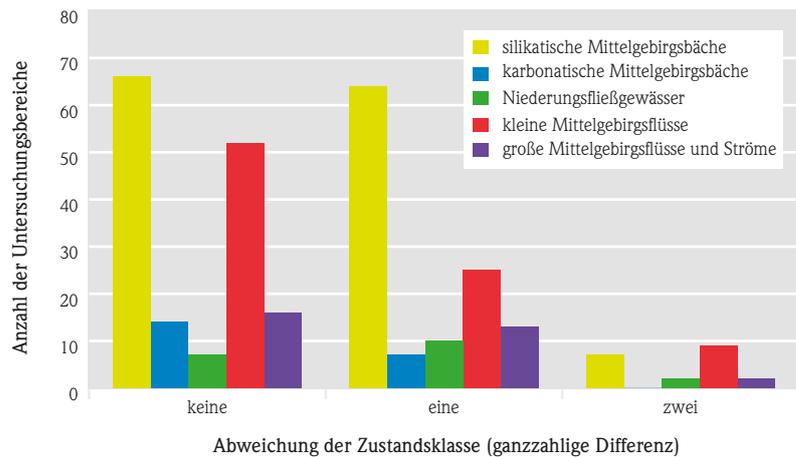


Abb. 54: Anzahl der Untersuchungsbereiche, welche für die vergleichende Betrachtung herangezogen wurden und die jeweiligen Bewertungsunterschiede anhand des Makrozoobenthos – untergliedert nach den unterschiedlichen Fließgewässertypen.

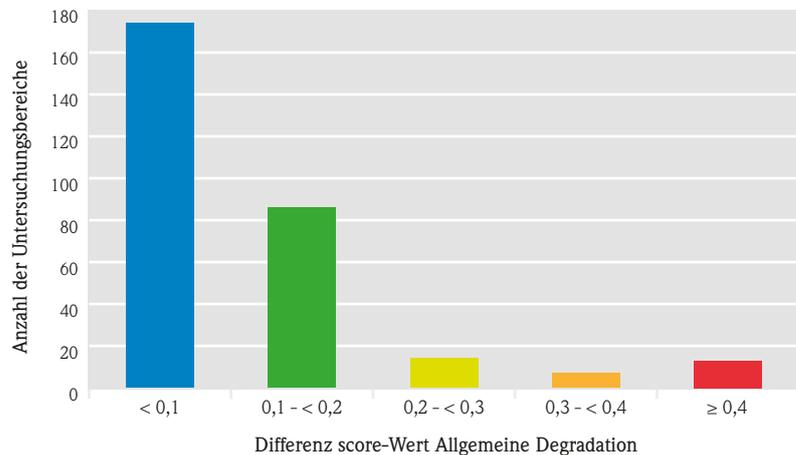


Abb. 55: Differenz zwischen den score-Werten im Modul Allgemeine Degradation.

Regel auf die natürliche Schwankungsbreite bei biologischen Untersuchungen zurückzuführen.

Hingegen ist bei Differenzen im score-Wert von mindestens 0,2 (Abweichungen um mindestens eine vollständige Zustandsklasse) die Ursache dieser stärkeren Abweichung nicht mit einer natürlichen Schwankung zu erklären; als mögliche Ursachen für diese 34 mehrfach untersuchten Bereiche können folgende Punkte genannt werden:

- In einer deutlichen Mehrzahl der Fälle (27 von 34) zeigt das neuere Untersuchungsergebnis einen besseren Zustand an. Dabei war bei der Hälfte dieser Verbesserungen (13) gleichzeitig eine Verbesserung um eine Zustandsklasse im Bereich

der Gewässergüte festzustellen. Im Mittel war der Saprobienindex um 0,26 Indexpunkte niedriger, die höchste Reduzierung an einer Messstelle lag bei 0,8 Indexpunkten. Wie die Auswertungen des HLU (2010) zeigen, gibt es beim Bewertungsverfahren PERLODES eine starke (fast) lineare Korrelation zwischen dem score-Wert der Allgemeinen Degradation und dem Saprobienindex. Das Makrozoobenthos wird also zunächst einmal vorrangig durch den Grad der organischen Belastung bestimmt. Die deutlichen Verbesserungen sind in diesen 13 Fällen somit hauptsächlich auf eine Minderung der organischen Belastung zurückzuführen.

- Zudem können die Verbesserungen – zumindest teilweise – auch auf die inzwischen vorliegenden Erfahrungen bei den benthosbiologischen Untersuchungen gemäß PERLODES zurückgeführt werden.
- Hingegen können die festgestellten positiven Veränderungen nicht auf Renaturierungsmaßnahmen im Bereich der Messstelle zurückgeführt werden, da in diesen Gewässerabschnitten keine Renaturierungen durchgeführt worden sind. Dennoch ist es möglich, dass hier infolge einer optimierten ökologisch ausgerichteten Unterhaltung eigendynamische Prozesse zugenommen haben und somit qualitative Verbesserungen bei der Gewässerstruktur möglich waren (siehe auch WEDEL & OTT 2015).

Fische

Bei der Gesamtbewertung zeigen die Untersuchungsergebnisse – ähnlich wie beim Makrozoobenthos in gut der Hälfte der Fälle (an 245 von 449 Messstellen) die gleiche (ganzzahlige) Zustandsklasse an, bei 39 % (175 Messstellen) wird eine Abweichung um eine Zustandsklasse angezeigt und an 27 Messstellen (6 %) ergibt sich eine Abweichung um 2 Zustandsklassen. Auch hier wurden keine Abweichungen um mehr als 2 Zustandsklassen festgestellt.

Die meisten Abweichungen (53 bzw. 50 %) gab es dabei eher in den größeren Fließgewässern in der Äschen- bzw. Barbenregion (siehe Abbildung 56). In

diesen beiden Fischregionen wird bei der Bewertung das Vorkommen von mehr als 10 Arten berücksichtigt, in der Forellenregion sind hingegen meist weniger als 5 Arten in der Referenz enthalten (als Maßstab für den sehr guten Zustand). Da zudem die Fangquote bei der Elektrofischerei mit zunehmender Gewässergröße und zunehmendem Abfluss sinkt, ist die vergleichsweise etwas zuverlässigere Bewertung in den kleineren gut begeharen Bächen vermutlich darauf zurückzuführen, dass hier nahezu alle vorkommenden Arten auch festgestellt wurden. Hier sind festgestellte deutliche Verbesserungen oder Verschlechterungen oft nicht methodisch bedingt; besonders bei eindeutigen Verschlechterungen muss hier eine Ursachenanalyse erfolgen.

Bei der Bewertung des ökologischen Zustands anhand der Fischfauna (FiBS) wird der ganzzahlige Wert der ökologischen Zustandsklasse über einen gemittelten Wert von insgesamt 6 Hauptparametern (Arten- und Gildeninventar, Arten- und Gildenabundanz, Altersstruktur, Migrationsindex, Fischregionsindex und Vorkommen dominanter Arten) festgelegt. Der Abstand zwischen den Zustandsklassen mäßig bis schlecht liegt bei jeweils 0,5. Z. B. bedeutet ein Wert zwischen 2,01 bis 2,5 eine Zustandsklasse von 3 (mäßig) und ein Wert zwischen 1,51 bis 2,0 eine Zustandsklasse von 4 (unbefriedigend). In vielen Fällen ist die oben dargestellte Abweichung um eine Zustandsklasse also in der Realität auch hier weniger als eine Zustandsklasse; d. h. die Differenz zwischen den Werten ist kleiner als 0,5 (siehe Abbildung 57). Nicht

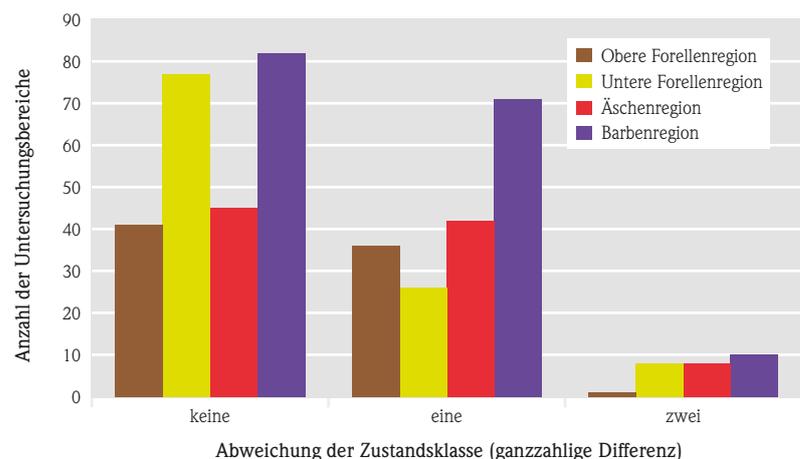


Abb. 56: Anzahl der Untersuchungsbereiche, welche für die vergleichende Betrachtung herangezogen wurden und die jeweiligen Bewertungsunterschiede anhand der Fischfauna – untergliedert nach den unterschiedlichen Fließgewässerregionen.

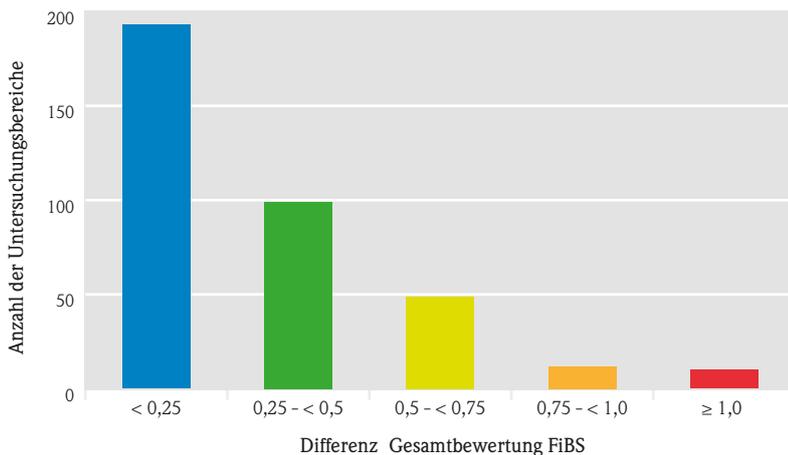


Abb. 57: Differenz bei der Gesamtbewertung gemäß FiBS („Fischbasiertes Bewertungssystem“).

berücksichtigt sind in dieser Auswertung die Untersuchungsergebnisse mit sehr gutem und gutem Zustand, da hier der Abstand zwischen den Zustandsklassen jeweils bei einem Wert von 1,25 liegt.

Wie der Abbildung 57 zu entnehmen ist, zeigen sich in mehr als der Hälfte der Fälle (53 %) Abweichungen um weniger als eine halbe Zustandsklasse (Wert $< 0,25$) und bei weiteren 27 % sind die Abweichungen weniger als eine vollständige Zustandsklasse (Wert $0,25$ bis $< 0,5$). Diese Abweichungen um weniger als eine Zustandsklasse sind – wie bereits beim Makrozoobenthos beschrieben – größtenteils auf die natürliche Schwankungsbreite von biologischen Untersuchungen zurückzuführen.

Aber selbst Abweichungen von $0,5$ und mehr können – insbesondere in der schwerer zu befischenden Äschen- und Barbenregion – rein methodisch bedingt sein. Bei Untersuchungen in der Ahr (Mittelgebirgsfluss in Rheinland-Pfalz) zeigte sich beispielsweise, dass sowohl bei zeitgleichen Befischungen verschiedener, vergleichbarer Probestrecken am selben Gewässer, als auch bei mehrmaligen Befischungen der selben Probestrecke die Fangquote eines Befischungsdurchgangs jeweils zwischen ca. 30 und 80 % schwankte, ohne dass eine Korrelation mit der Morphologie des Gewässerabschnittes, den Abflussverhältnissen, der Leitfähigkeit oder anderen Faktoren erkennbar war (SCHWEVERS & ADAM 2005).

Demzufolge empfiehlt es sich, vor allem an den Messstellen in der Äschen- und Barbenregion alle 3 Jahre die Befischungen zu wiederholen.

In der Forellenregion ist hingegen bei Differenzen bei der Gesamtbewertung von mindestens $0,5$ (Abweichungen um mindestens eine vollständige Zustandsklasse) die Ursache dieser stärkeren Abweichung nicht mit einer natürlichen Schwankung zu erklären; als mögliche Ursachen für diese 20 mehrfach untersuchten Abschnitte können folgende Punkte genannt werden:

- In einigen Fällen war das Gewässer zum Untersuchungszeitpunkt nahezu ausgetrocknet; hier empfiehlt sich, die operationelle Messstelle bachabwärts zu verschieben.
- In wenigen Fällen konnten die Gutachter bereits den abweichend schlechteren Zustand darauf zurückführen, dass es im Vorfeld der Befischung oberhalb des Untersuchungsabschnitts Störungen gab. So war z.B. in einem Fall ein Fischteich oberhalb infolge des Bruchs eines Mönches (= regulierbares Ablaufbauwerk) ca. 2 Monate vor der Befischung leergelaufen.
- Da in der Forellenregion neben den Groppen vor allem das Vorkommen von Forellen bewertungsrelevant ist, haben besonders hier Besatzmaßnahmen einen entscheidenden Einfluss auch auf das Bewertungsergebnis. Beispielsweise fehlte aufgrund eines Überbesatzes von Forellen (Fraßfeind) in einem strukturell intakten und sauberen Gewässer die Groppe. In anderen untersuchten Abschnitten konnten zwar Groppen und Bachneunaugen festgestellt werden, eine hohe Dominanz von ausgewachsenen Forellen lässt aber auch hier den Rückschluss zu, dass das Ergebnis deutlich von den Besatzmaßnahmen bestimmt wird. Für die Zukunft wäre es deshalb wünschenswert, wenn das HLUG über die Hegegemeinschaften Informationen zu Besatzmaßnahmen erhalten würde. Eine detaillierte Analyse der Untersuchungsergebnisse könnte dann die Maßnahmenplanung deutlich verbessern.

Benthische Kieselalgen

Bei der Gesamtbewertung zeigen die Untersuchungsergebnisse in 52 % der Fälle (an 100 Messstellen) die gleiche (ganzzahlige) Zustandsklasse an, bei 45 % (88 Messstellen) wird eine Abweichung um eine Zustandsklasse angezeigt (siehe Abbildung 58). Abweichungen um mehr als 2 Zustandsklassen wurden auch bei den Kieselalgen nicht festgestellt.

Im Vergleich zu den Ergebnissen anhand des Makrozoobenthos und der Fischfauna ist die noch geringere Zahl der Abweichungen um zwei (ganzzahlige) Zustandsklassen mit nur 3 % (statt 6 bzw. 7 %) zunächst auffällig. Die Ursache ist hier jedoch nicht mit der geringeren Variabilität der Kieselalgen zu erklären; vielmehr ist dies auf das Bewertungsverfahren zurückzuführen: Beispielsweise wird ein Untersuchungsbereich im Modul „Referenzartenanteil“ nur dann mit schlecht (Zustandsklasse 5) bewertet, wenn der Anteil der Referenzarten 0,00 % beträgt. Bisher lag der geringste Referenzartenanteil an einer mehrfach untersuchten Messstelle aber bei 2,6 %. Demzufolge wurde in diesem Modul, welches bei der Gesamtbewertung der ökologischen Zustandsklasse mit 50 % berücksichtigt wird, eine schlechte Zustandsklasse nie festgestellt.

Bei der Bewertung des ökologischen Zustands anhand der Kieselalgen (PHYLIB) wird über einen gemittelten Wert der 2 Module „Referenzartenanteil“ und „Trophie“ zunächst ein Diatomeenindex (zwischen 0 und 1) berechnet, so dass dann jeweils ein ganzzahliger Wert der ökologischen Zustandsklasse zugeordnet werden kann (ggf. erfolgt danach noch eine Abstufung aufgrund einer festgestellten Versauerung oder Versalzung). Der Abstand zwischen den einzelnen Zustandsklassen liegt größtenteils zwischen 0,15 und 0,2. In vielen Fällen ist die in Abbildung 58 dargestellte Abweichung um eine Zustandsklasse also auch hier in der Realität weniger als eine Zustandsklasse;

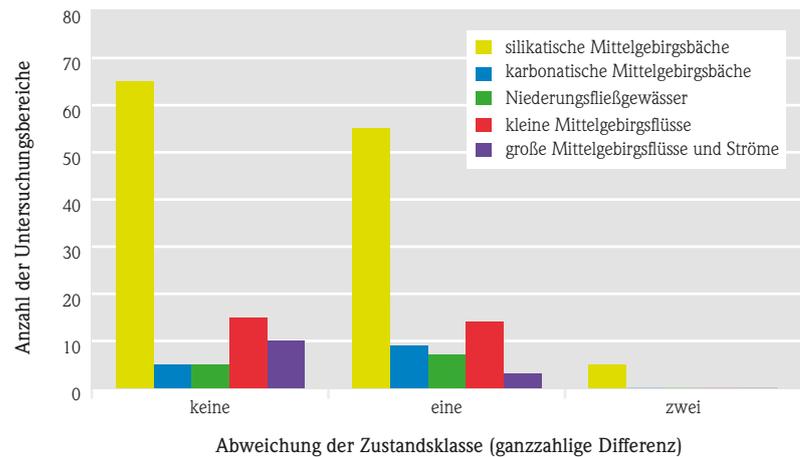


Abb. 58: Anzahl der Untersuchungsbereiche, welche für die vergleichende Betrachtung herangezogen wurden und die jeweiligen Bewertungsunterschiede anhand der Kieselalgen - untergliedert nach den unterschiedlichen Fließgewässertypen.

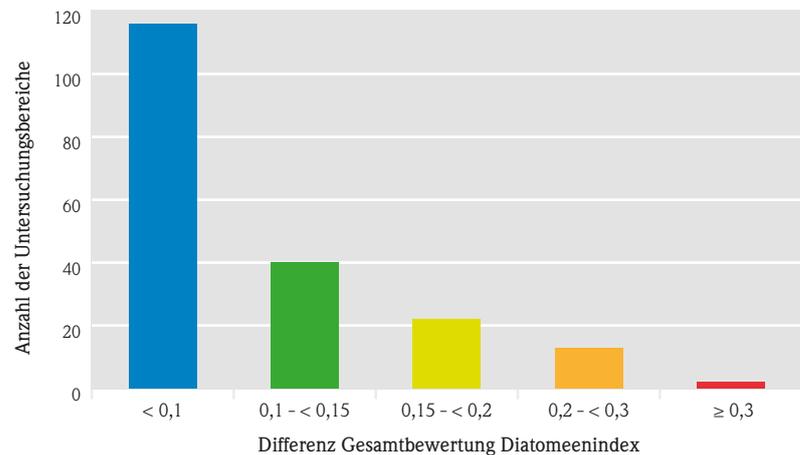


Abb. 59: Differenz bei der Gesamtbewertung des ökologischen Zustands anhand der Diatomeen gemäß PHYLIB.

d. h. die Differenz zwischen den Werten ist kleiner als 0,15 bzw. 0,2 (siehe Abbildung 59).

Wie der Abbildung 59 zu entnehmen ist, zeigen sich in mehr als der Hälfte der Fälle (ca. 60 %) Abweichungen um weniger als eine halbe Zustandsklasse (Differenz < 0,1) und bei ca. weiteren 25 % sind die Abweichungen weniger als eine vollständige Zustandsklasse (Differenz < 0,15 bzw. < 0,2). Wie bereits bei den faunistischen Qualitätskomponenten beschrieben, sind diese Abweichungen um weniger als eine Zustandsklasse meist auf die natürliche Schwankungsbreite von biologischen Untersuchungen zurückzuführen.

Bei insgesamt 15 Untersuchungsbereichen war die Differenz des Diatomeenindex $> 0,2$. Der Grund dafür ist derzeit unklar. Auffällig ist jedoch, dass diese Messstellen alle in silikatischen Mittelgebirgsbächen liegen und dass in 14 der 15 Fälle das aktuellere Ergebnis jeweils das schlechtere ist. Diese Verschlechterungen zeigen sich sowohl im Modul „Referenzartenanteil“ als auch im Modul „Trophie-Index“.

Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Die Bewertung des ökologischen Zustands unterscheidet sich bei Wiederholungsuntersuchungen in der Regel um weniger als eine vollständige Zustandsklasse. Beim Makrozoobenthos konnten größere Abweichungen um mindestens eine tatsächliche Zustandsklasse nur in 10 % der Fälle festgestellt werden (siehe Abbildungen 55 und 60), bei der Erfassung der Fischfauna waren die größeren Abweichungen in 20 % der Fälle (siehe Abbildungen 57 und 60) und bei den benthischen Kieselalgen lagen die Abweichungen um mehr als eine vollständige Zustandsklasse bei ca. 15 % (Abbildungen 59 und 60).

Da die Schwankungen somit meist gering sind, sollte das bisherige Überwachungskonzept in Hessen weitgehend beibehalten werden. Vor allem bei den Qualitätskomponenten „Makrozoobenthos“ und „benthische Kieselalgen“ führen Wiederholungsuntersuchungen an einer Messstelle alle 3 Jahre in der Regel nicht zu zuverlässigeren Ergebnissen bei der Bewertung des ökologischen Zustands eines Wasserkörpers. Eine Steigerung der Zuverlässigkeit und Genauigkeit der Untersuchungsergebnisse kann hier vielmehr dadurch erreicht werden, indem zu Gunsten einer höheren Zahl von Messstellen die

Überwachungsfrequenz von jeweils 3 Jahren nicht aufrecht erhalten wird.

Bei der Überwachung der Fließgewässer anhand der Fischfauna empfiehlt es sich hingegen, speziell an den Messstellen in der Äschen- und Barbenregion alle 3 Jahre die Befischungen zu wiederholen. Auch ist zu überlegen, ob für die Bewertung der Wasserkörper nicht mehrere Fangergebnisse zusammengefasst werden sollten (sog. „Poolen“ von Fangergebnissen mehrerer Jahre bzw. mehrerer Messstellen innerhalb eines Wasserkörpers). Durch die steigende Untersuchungszahl würde dann die Anzahl der nachgewiesenen Arten und somit die Zuverlässigkeit der Bewertungsergebnisse ansteigen. Auswertungen hierzu zeigen, dass sich dadurch dann in gut einem Viertel der Wasserkörper die Zustandsklasse um eine Klasse verbessern würde (CYRANNEK 2014). Um eine einheitliche Vorgehensweise (zumindest innerhalb Deutschlands bzw. innerhalb einer Flussgebietsgemeinschaft) zu gewährleisten, sind hierzu zunächst jedoch Abstimmungen mit den Nachbarländern notwendig.

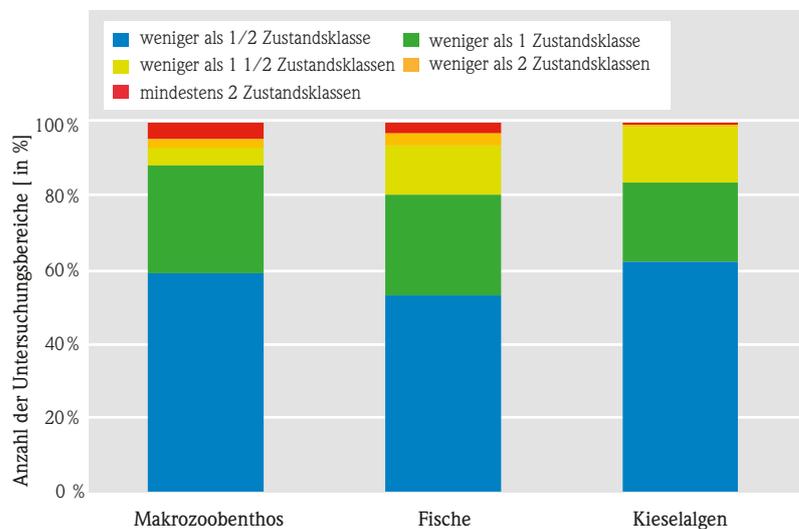


Abb. 60: Differenz der Bewertung der ökologischen Zustandsklasse bei Wiederholungsuntersuchungen.

Literaturverzeichnis

CYRANNEK, N. (2014): Bericht zum Praktikum im Dezernat Gewässerökologie des HLUg über die Bewertung von Wasserkörpern beim Poolen von Befischungsdaten (unveröffentlicht).

HLUG (2010): Bericht zur Gewässergütekarte 2010.
<http://www.hlug.de/fileadmin/dokumente/wasser/fliessgewaesser/biologie/>

HLUG_BerichtGewaesserguetekarte2010.pdf

SCHWEVERS, U. & ADAM, B.(2005): Untersuchungen zum Einfluss von Kormoranabschüssen auf die

Bestandsentwicklung der Fischfauna in der Ahr - Untersuchungen im Auftrag der ARGE-Ahr e. V. (unveröffentlicht; zitiert in SCHWEVERS, U. & ADAM, B.(2010): Bewertung von Auen anhand der Fischfauna - BfN-Skripten 268).

WEDEL, J. & OTT, T. (2015): Neukartierung der Gewässerstruktur wasserrahmenrichtlinienrelevanter Fließgewässer in Hessen – Jahresbericht HLUg 2014

4 Grundwasser

4.1 Grundwasserneubildung

MARIO HERGESELL

Grundwasser entsteht überwiegend aus dem Teil des Niederschlags, der in den Untergrund versickert und dem Grundwasser zufließt. Eine weitere Komponente der Grundwasserneubildung ist die Versickerung von Wasser aus oberirdischen Gewässern. In Hessen wird Grundwasser in der Regel im Winterhalbjahr neu gebildet, wenn wegen ruhender Vegetation und niedriger Temperatur die Verdunstung zurückgeht und ein Teil des Niederschlags dem Grundwasser zusickern kann.

Grundwasser nimmt am Wasserkreislauf teil, daher ist in Hessen allgemein davon auszugehen, dass ein ausgeglichener Wasserhaushalt gegeben ist. Voraussetzung dafür ist, dass die Grundwasserförderung für die Trink- und Brauchwassernutzung durch die Grundwasserneubildung wieder kompensiert, eine Übernutzung also vermieden wird. In Hessen wird rd. 95 % des Trinkwassers aus dem Grundwasser gewonnen, angereichertes Grundwasser (< 4 %), Uferfiltrat (< 1 %) und oberirdische Gewässer (0 %) sind diesbezüglich vernachlässigbar. Neben der Beobachtung der Grundwasserspiegel ist die Kenntnis der regional unterschiedlichen Grundwasserneubildung entscheidend für die Beurteilung des mengenmäßigen Grundwasserzustands.

Die Grundwasserneubildung lässt sich mittels hydrogeologischer Modelle errechnen. In Hessen kommt ein zweistufiges GIS-gestütztes Verfahren zum Einsatz, bei dem ein Bodenwasserhaushaltsmodell mit einem speziell für Hessen entwickelten Regressionsmodell gekoppelt wurde. Mit diesem Modell errechnet sich für die Referenzperiode 1971–2000 ein langjähriges Flächenmittel von 101 mm/a, das heißt, pro Quadratmeter Landesfläche werden jährlich im Mittel 101 mm (entspricht 101 Liter) Grundwasser aus dem Niederschlag neu gebildet.

Umgerechnet auf die Fläche Hessens werden somit im langjährigen Mittel (1971–2000) jährlich rd. 2,13 Mrd. m³ Grundwasser neu gebildet. Demgegenüber werden jährlich rd. 407 Mio. m³ Grundwasser entnommen. Der Vergleich zeigt, dass hessenweit jährlich rd. 5-fach mehr Grundwasser neu gebildet als gefördert wird. Nicht genutztes Grundwasser strömt über die Vorflut als grundwasserbürtiger Abflussanteil wieder ab.

Das zuvor genannte Verfahren zur Ermittlung der Grundwasserneubildung aus Niederschlag ist ursprünglich für die Ermittlung langjähriger Mittelwerte der Grundwasserneubildung entwickelt worden. Unter Inkaufnahme gewisser Modellunsicherheiten wird das Verfahren im HLUg auch für die Ermittlung von jährlichen Grundwasserneubildungsraten eingesetzt. Die folgende Karte (Abbildung 61) ist eine Übersichtsdarstellung der modellierten Grundwasserneubildung aus dem Niederschlag für das Jahr 2014. Die flächenhafte Verteilung der Grundwasserneubildung folgt in etwa dem Niederschlag, wobei in Gebieten mit hohen Direktabflussanteilen (z. B. Rheinisches Schiefergebirge) und hohen Verdunstungsraten (z. B. Rhein-Main Gebiet und Wetterau) die Grundwasserneubildung aus Niederschlag geringer ausfällt.

Obwohl die Jahresniederschlagssumme nur geringfügig unter dem langjährigen Mittelwert der Jahre 1971–2000 lag, betrug das Flächenmittel der Grundwasserneubildung für das Jahr 2014 für Hessen 90 mm und lag damit rd. 10 % unter dem langjährigen Mittelwert der Referenzperiode. Die niedrigere Grundwasserneubildung im Jahr 2014 ist auf die teilweise deutlich gegenüber den langjährigen Mittelwerten abweichenden Monatssummen der Sickerwasserrate zurück zu führen. Die Sickerwasserrate aus dem Boden ergibt sich aus der Differenz von Nie-

erschlag minus Verdunstung und Oberflächenabfluss. Das Sickerwasser bewegt sich der Schwerkraft folgend nach unten zum Grundwasserspiegel und trägt maßgeblich zur Grundwasserneubildung bei. Ein Teil des Sickerwassers kann auch lateral als Zwischenabfluss abfließen.

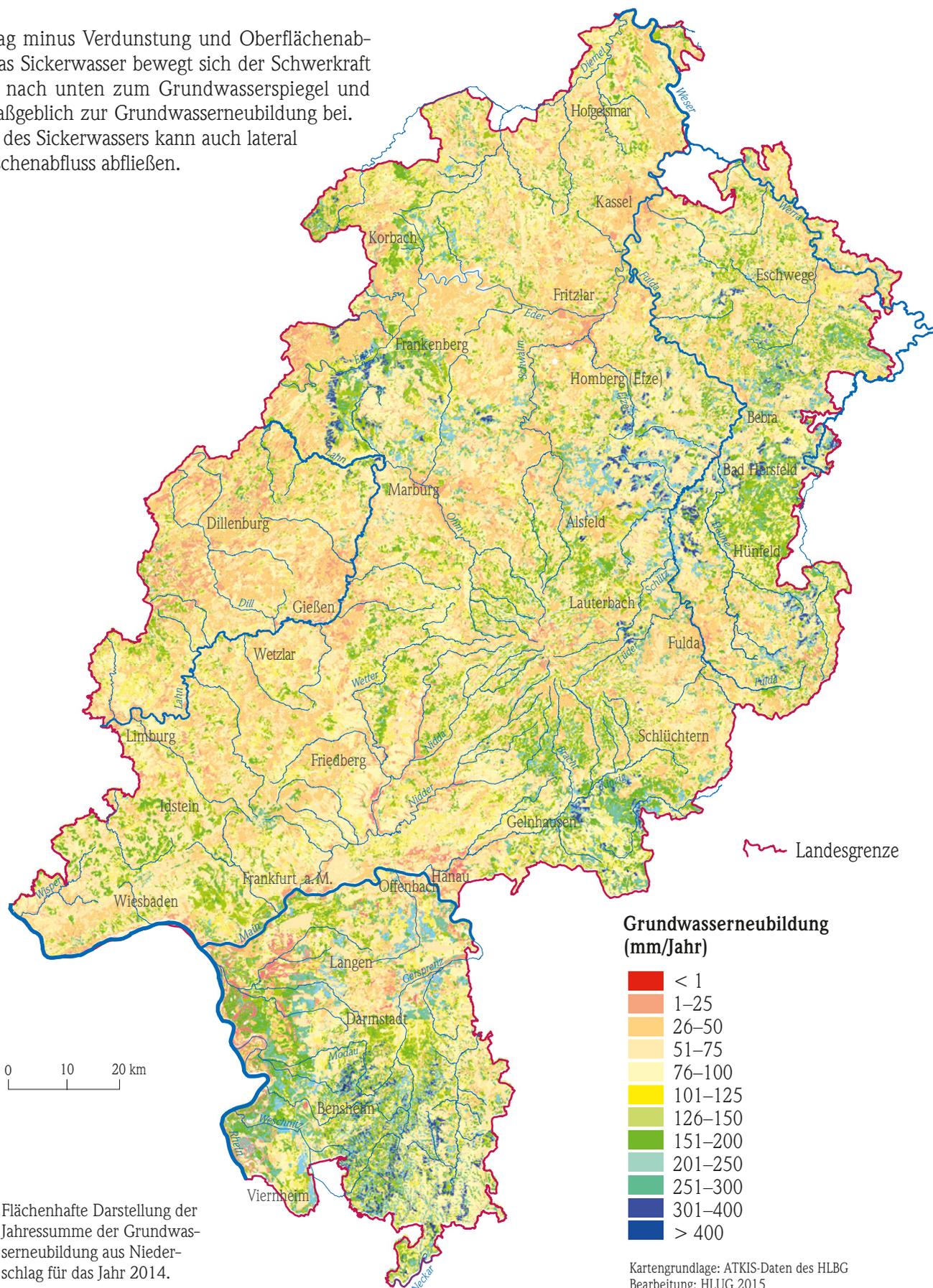


Abb. 61: Flächenhafte Darstellung der Jahressumme der Grundwasserneubildung aus Niederschlag für das Jahr 2014.

In Abbildung 62 ist der untypische Verlauf der monatlichen Sickerwasserrate im Jahr 2014 im Vergleich zu den langjährigen Mittelwerten dargestellt. In den ersten vier Monaten des Jahres 2014 lag die Sickerwasserrate deutlich unter dem langjährigen Mittel. Im erheblich zu trockenen März wurde nahezu kein Sickerwasser gebildet. Dagegen kam es in den viel zu nassen Monaten Juli und August zu einer für diese Monate untypisch hohen Versickerung. Der viel zu trockene November und der etwas zu trockene Dezember trugen gegen Ende des Jahres erneut zu einer Minderung der Grundwasserneubildung bei.

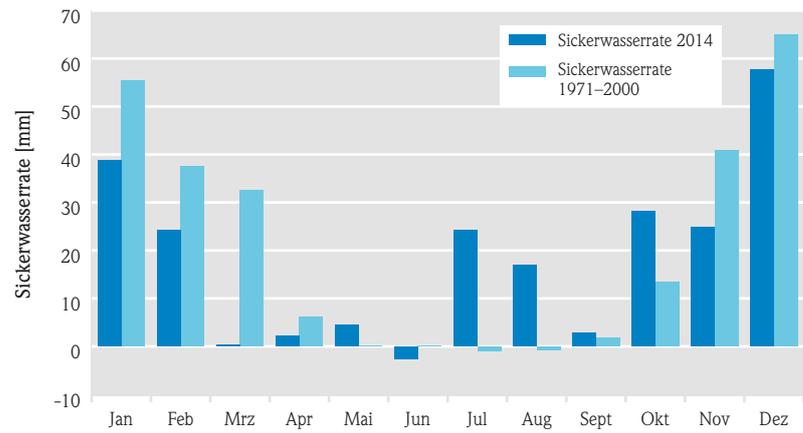


Abb. 62: Monatliche Sickerwasserraten in Hessen.

4.2 Grundwasserstände und Quellschüttungen

WOLF-PETER VON PAPE

Das Grundwasser ist Teil des Wasserkreislaufs. Die Schwankungen der Grundwasserstände und der Quellschüttungen sind ein sicht- und messbarer Ausdruck für die Vorratsänderungen in den Grundwasserstockwerken. Im Rahmen des Landesgrundwasserdienstes wird ein flächendeckendes Messnetz (Abbildung 63 bis 67) unterhalten, das für Grundwasserstände und Quellschüttungen repräsentative Werte liefert.

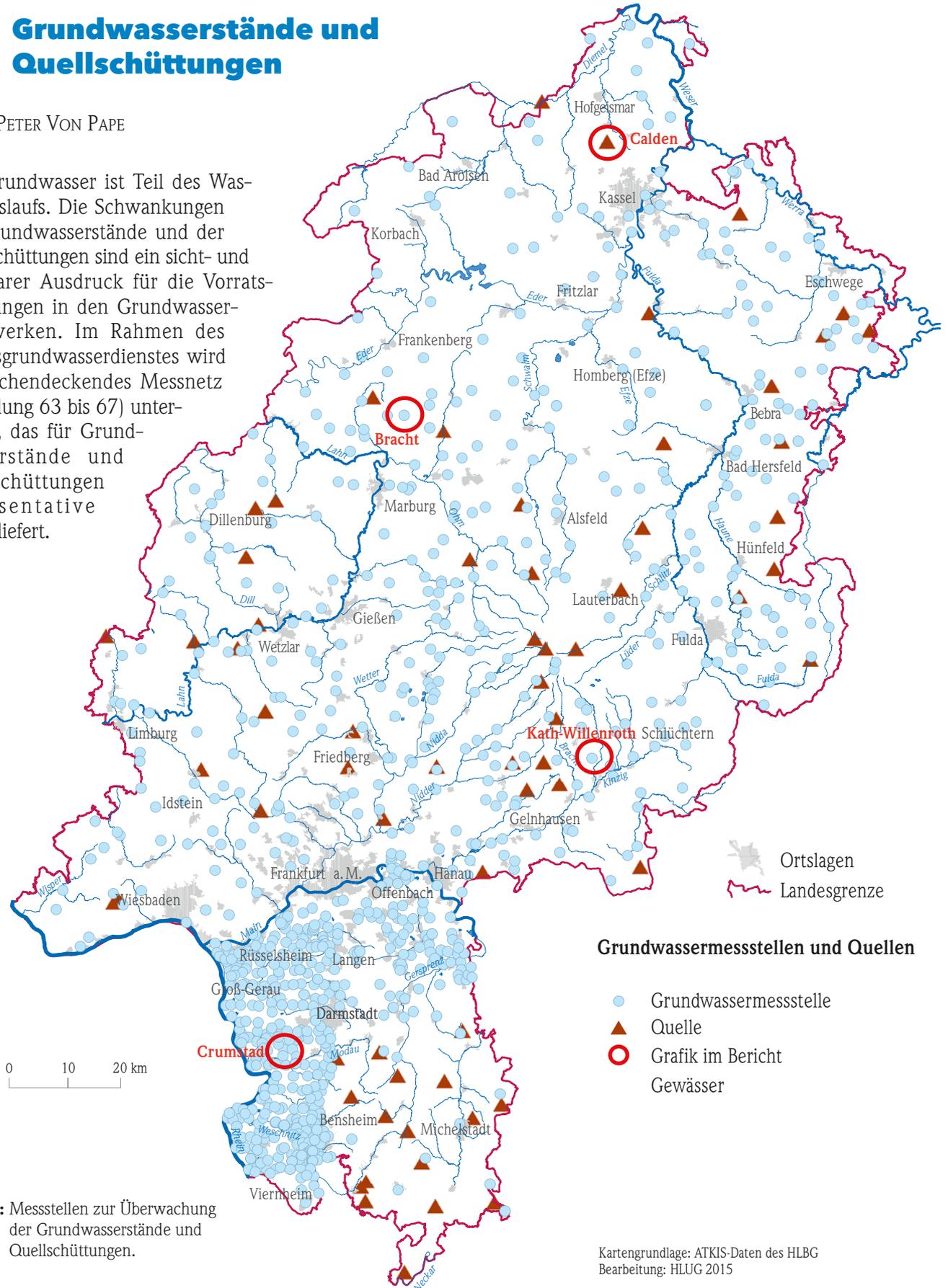


Abb. 63: Messstellen zur Überwachung der Grundwasserstände und Quellschüttungen.

Kartengrundlage: ATKIS-Daten des HLBG
 Bearbeitung: HLOG 2015

Mit langfristigen Beobachtungen von Grundwasserständen und Quellschüttungen sind Entwicklungen zu erkennen, die als Grundlage für wasserwirtschaftliche Planungen dienen. Die Extremwerte, höchste und niedrigste Grundwasserstände und Quellschüttungen, und deren Häufigkeit werden herangezogen, wenn z.B. Eingriffe in das Grundwasser zu beurteilen sind, u. a. für die Planung von Bauwerken.



Abb. 64: Einbau eines Brunnenrohres bei einer Grundwassermessstelle.

Die zeitliche Entwicklung der Grundwasserstände und Quellschüttungen wird als Gangliniengrafik dargestellt. Typische Ganglinien haben großräumig einen ähnlichen Verlauf, oft unabhängig von Art und Lage des Grundwasserleiters. Die Schwankungen sind geprägt durch die Höhe der Grundwasserneubildung aus Niederschlag, die hydraulische Durchlässigkeit des Grundwasserleiters und die Morphologie des Ge-



Abb. 65: Eingebautes Brunnenrohr bei einer Grundwassermessstelle.



Abb. 66: Grundwassermessstelle mit Schutzfundamentsockel.



Abb. 67: Bohrgutkästen.

birges. Die Lagepunkte der Messstellen, deren Messwerte als Ganglinien nachfolgend dargestellt werden, sind in der Übersichtskarte (Abbildung 63) mit roten Ringen markiert. Zum Vergleich werden die Ganglinien des Jahres 2014 zusammen mit dem Verlauf von Jahren mit besonders niedrigen und hohen Grundwasserständen dargestellt (Abbildungen 68 bis 71).

Die Schüttung der Quelle Calden nördlich von Kassel (Abbildung 68) hatte im Jahr 2014 einen sehr gleichmäßigen und schwach ausgeprägten jahrestypischen Verlauf. Am Jahresbeginn nahm sie leicht zu, und ging ab März bis Juni zurück. Auf den hohen Niederschlag im Juli erfolgte eine Zunahme der Schüttung, und im weiteren Verlauf blieb die Schüttung fast gleich bis sie in den letzten Wochen des Jahres wieder zunahm.

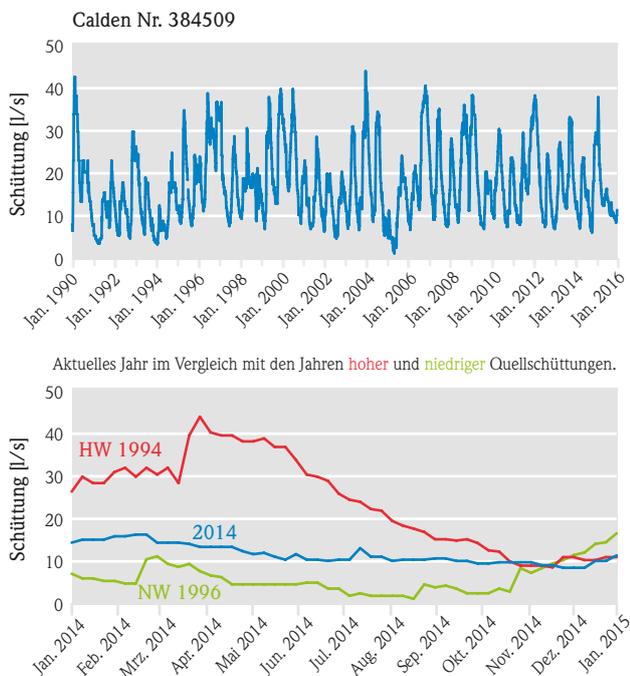


Abb. 68: Schüttungsganglinie der Quelle Calden.

Die Grundwasserstandsganglinie der Messstelle Bracht im Burgwald (Abbildung 69) zeigt langfristig einen ausgeglichenen jahreszeitlichen Verlauf, der von Trocken- und Nassperioden überprägt ist. Die Ganglinie des letzten Jahrzehnts gleicht der einer Trockenperiode. Anfang 2014 stieg das Grundwasser von einem mittleren Niveau bis März leicht an und sank bis fast zu Jahresende ab. Im Juli wurde dieser Trend mit einem kurzen Anstieg unterbrochen, der eine Reaktion auf den Sommerniederschlag war.

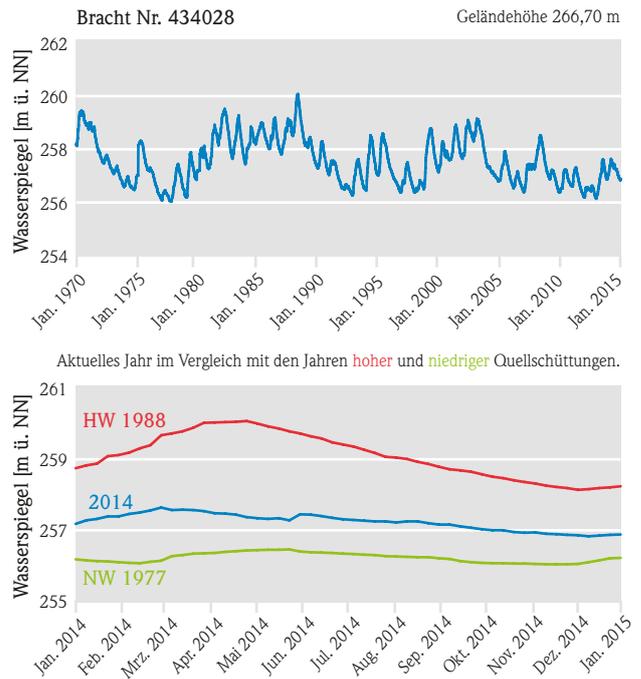


Abb. 69: Grundwasserstandsganglinie der Messstelle Bracht.

Die Grundwasserstände der Messstelle Katholisch-Willenroth im Büdinger Wald (Abbildung 70) lagen im Jahr 2014 auf unterdurchschnittlichem Niveau. Es gab einen schwach ausgeprägten jahreszeitlichen Verlauf. Nach einem Anstieg des Grundwassers bis März sank es bis fast zum Jahresende fast kontinuierlich auf unterdurchschnittliche Höhe ab.

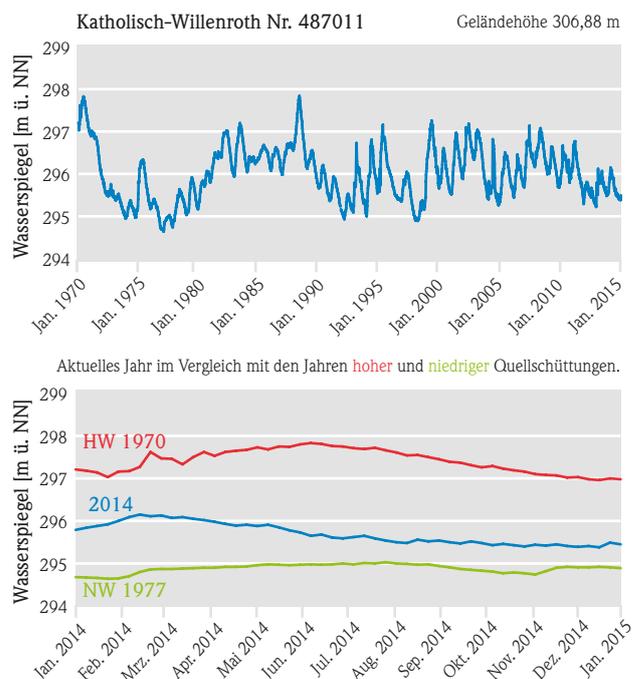


Abb. 70: Grundwasserstandsganglinie der Messstelle Katholisch-Willenroth.

Die langjährige Grundwasserstandsganglinie der Messstelle Crumstadt im Hessischen Ried (Abbildung 71) zeigt ein starkes Absinken Anfang der 1970er Jahre herbeigeführt von einer hohen Grundwasserentnahme und einer zeitgleichen Trockenperiode. Durch Anreicherung des Grundwassers mit aufbereitetem Wasser aus dem Rhein und einer etwas erhöhten Grundwasserneubildung stieg die Grundwasser Oberfläche in den 1990er Jahren wieder auf ein höheres Niveau. Am Jahresbeginn 2014 stand das Grundwasser hoch an, blieb bis März auf gleich und sank danach leicht ab. Bis auf einen geringfügigen Anstieg im Juli wegen der hohen Niederschläge war der Verlauf bis Ende des Jahres mehr oder weniger gleichbleibend.

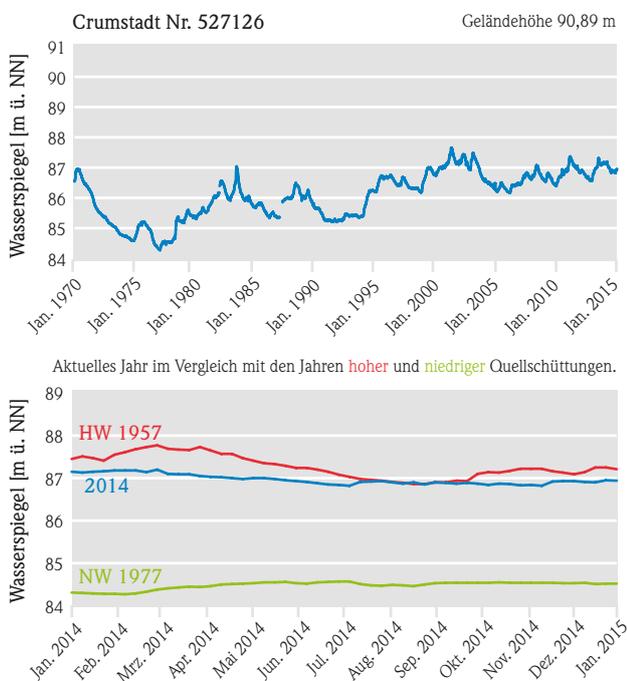


Abb. 71: Grundwasserstandsganglinie der Messstelle Crumstadt.

Grundwasserkarten Hessischen Ried und Mainebene

Das HLUG veröffentlicht Grundwasserkarten des Hessischen Rieds und der Mainebene. Die Karten bieten flächendeckende Information über die Grundwasserstände, die Tiefe des Grundwassers unter Gelände und die Fließrichtung. Sie werden für Planungen von Bauwerken benötigt und dienen der Überwachung von Eingriffen in den Grundwasserhaushalt. Es gibt Karten für extreme Situationen wie die hohen Grundwasserstände im Frühjahr der Jahre 1988 und 2001 und niedrigen Grundwasserstände in den Jahren 1976 und 1993. Eine Karte der Situation des Jahres 1957 steht für frühere hohe Grundwasserstände, als die Grundwasserentnahmen noch relativ gering waren und viele Brunnen noch nicht existierten. Die Karten stehen kostenfrei in den Internetseiten des HLUG zur Verfügung.

Grundlage für die **Karten Oktober 2014** sind 2 800 Messwerte von Grundwasserständen des oberen Grundwasserleiters, der in den quartären Sedimenten des Oberrheingrabens und der Untermainsenke einen zusammenhängenden Grundwasserleiter bildet.

In der **Grundwasserflurabstandskarte** (Abbildung 72) wird der Grundwasserstand unter der Geländehöhe dargestellt. Die Karte 2014 basiert auf einem neuen Geländehöhenmodell, das mit modernster Geländevermessung (Laserscanning) aufgenommen wurde. Gegenüber früheren Werken ist diese Karte genauer und feiner strukturiert.

In der **Grundwasserhöhengleichenkarte** (Abbildung 73) sind die Grundwasserstände des oberen Grundwasserleiters als Linien gleicher Höhen bezogen auf die Meereshöhe Normal Null [m+NN] dargestellt. Zusätzlich sind die Standorte von Brunnen und Grundwassermessstellen eingetragen. Das Grundwasser strömt mit geringem Gefälle senkrecht zu den Höhenlinien von Südwest nach Nordost zum Main hin.

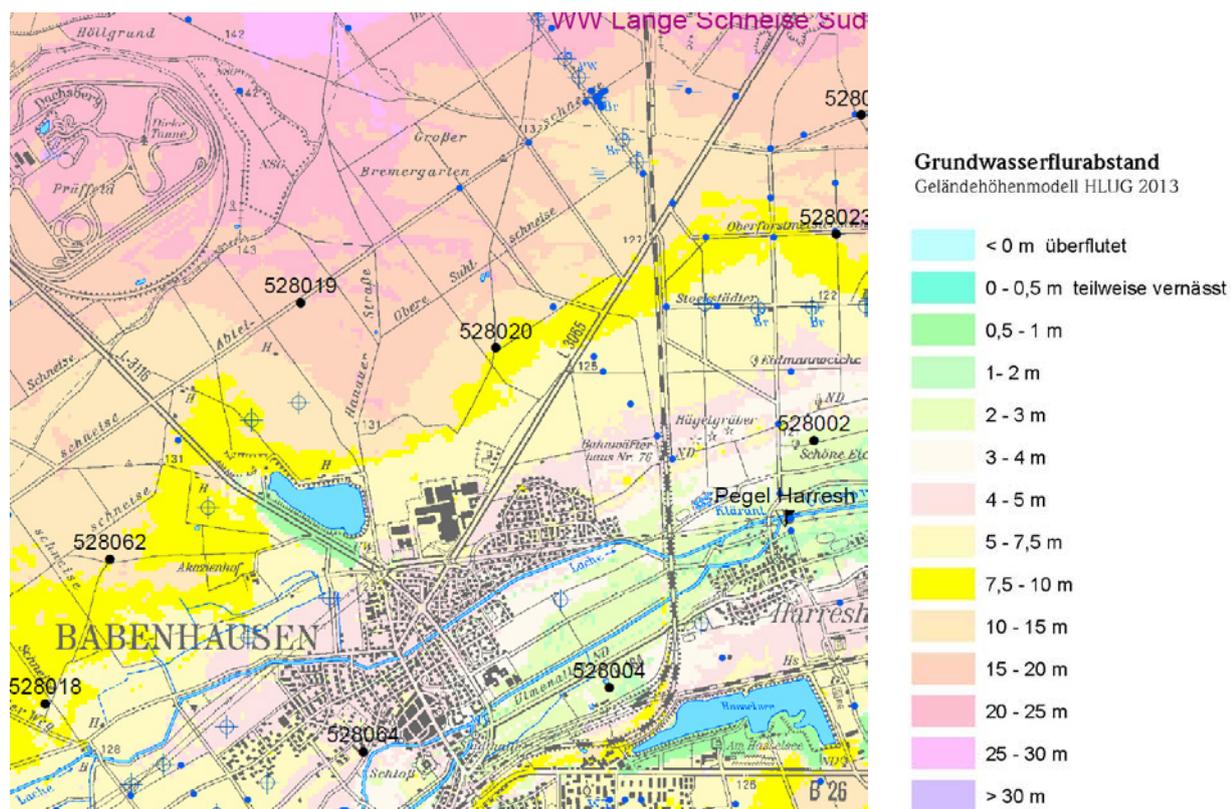


Abb. 72: Kartenausschnitt Mainebene – Grundwasserflurabstand.

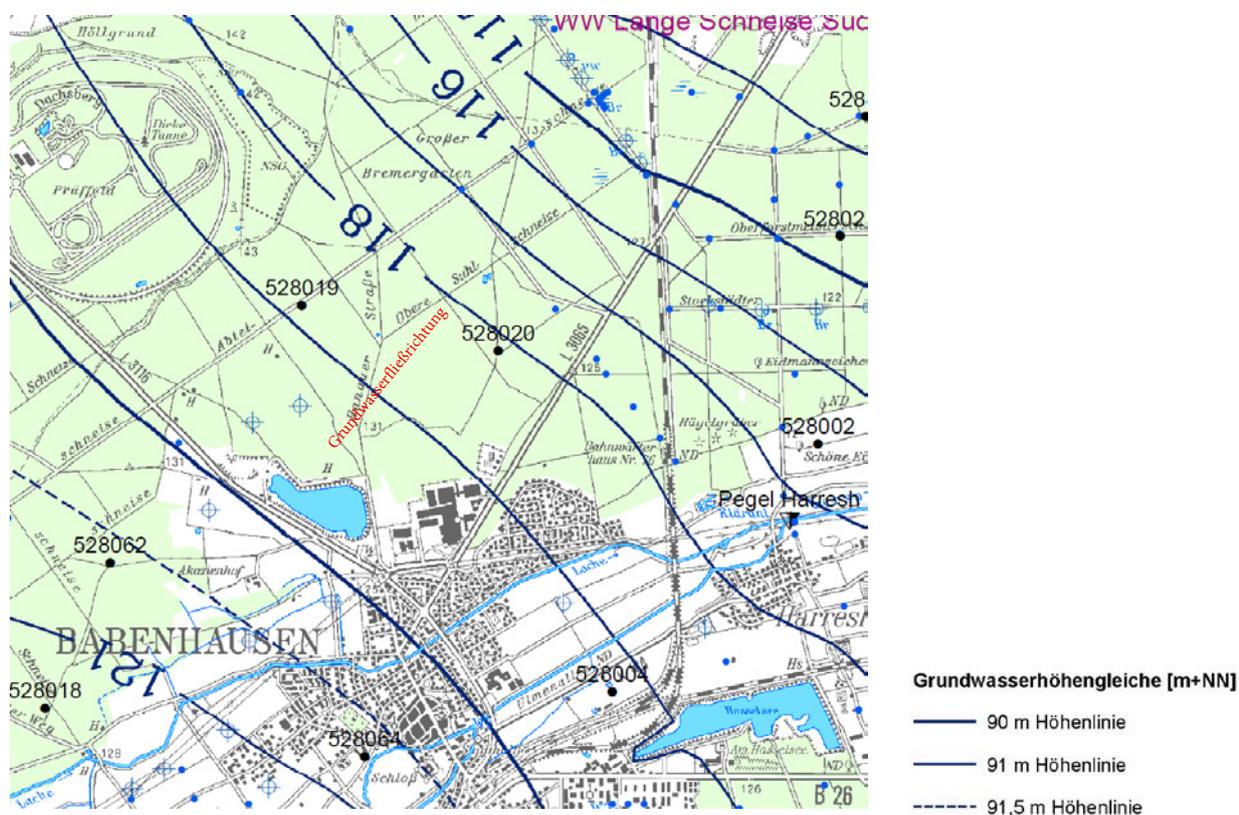


Abb. 73: Kartenausschnitt Mainebene – Grundwasserhöhengleichen.

4.3 Temperatur von Quellwässern - langjährige Temperatur-trends

WOLF-PETER VON PAPE



Abb. 74: Fuldaquelle, Basalt der Wasserkuppe in der Rhön.



Abb. 75: Quelle Breitenborn, Buntsandstein des Büdinger Waldes.

Quellen (Abbildungen 74 und 75) werden in der Regel von Grundwasser gespeist und haben die Beschaffenheit und Temperatur des oberflächennahen Grundwassers. Die Temperatur der Quellwässer ist von der Umgebungs- und Lufttemperatur und der Sonneneinstrahlung beeinflusst. Im Sommer dringt Sonnenwärme in den Boden und im Winter wird diese Wärmeenergie abgegeben, weshalb Temperaturschwankungen nahe der Oberfläche am größten sind und mit zunehmender Tiefe abnehmen.

Quellwässer haben zumeist mittlere Tagestemperaturen, die von den Temperaturen der Jahreszeiten bestimmt sind. Die nachfolgenden Grafiken (Abbildungen 76 bis 81) zeigen typische Temperaturschwankungen. Die niedrigere Luft- und Umgebungstemperatur in höher gelegenen Gebieten zeichnet sich deutlich in den Quellwässern ab. Der Schwankungsbereich der Temperatur von Quellwässern ist in den Mittelgebirgslagen zumeist größer als in tief gelegenen Tälern und am Rand der Ebenen, wo die Einzugsgebiete in größeren Tiefen liegen.

Im Rahmen des Landesgrundwasserdienstes werden die Schüttungen von 63 Quellen regelmäßig, meistens einmal pro Woche, gemessen. An 46 Quellen wird zusätzlich die Wassertemperatur gemessen. Es liegen wenige Messreihen seit 1952 vor, die meisten Messreihen beginnen Ende der 1970er Jahre.

Auswertung:

Die Auswertung der mittleren Temperaturänderungen von 46 Quellen seit Beginn der Beobachtungen hat folgendes Ergebnis:

- 1 Quelle zeigt eine geringe Abkühlung des Wassers von weniger 0,5 °C
- 9 Quellwässer sind ohne erkennbaren Temperaturentrend
- 21 Quellen haben einen schwachen Temperaturanstieg des Wassers bis zu 0,5 °C
- 15 Quellwässer sind mit über 0,5 °C deutlich wärmer geworden, wobei der Mittelwert 0,9 °C ist und sich eine Quelle seit 1965 um 1,9 °C erwärmt hat.

Die beobachtete Temperaturerhöhung der bodennahen Luft in den letzten Jahrzehnten wirkt sich zwangsläufig auch auf die betroffenen Systeme Boden, Sickerwasser- und Grundwasserraum aus. In Gebieten mit merklicher Temperaturerhöhung der bodennahen Luft ist daher auch eine Erhöhung der Wassertemperatur an Quellaustritten zu beobachten. Die Messungen zeigen, dass Quellwässer besonders zeitnah auf diese Änderungen reagieren.

Die folgenden Grafiken (Abbildung 76 bis 81) zeigen Quellwässer mit steigenden Temperaturtrends. Die schwarzen Linien verdeutlichen die Mittelwerte. Eine stärkere Zunahme der Temperatur gab es in den 1990er Jahren. Seit Anfang des Jahrtausends ist die mittlere Temperatur in den meisten Quellen nicht weiter gestiegen und auch die jährlichen Temperaturschwankungen lagen in dem Bereich bisheriger Beobachtungen.

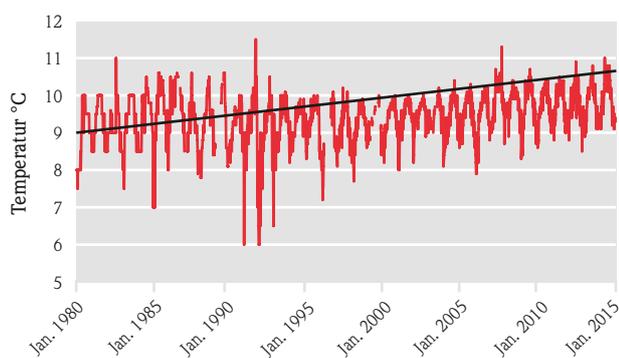


Abb. 76: Quelle Glockenbrunnen Nr. 384509 in Calden, Höhenlage 233 m+NN, Geologie: Kalk- und Mergelstein des Muschelkalk mittlere Temperaturänderung + 0,7 °C

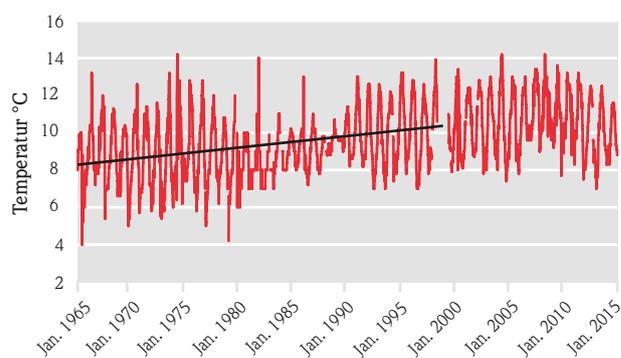


Abb. 79: Barbarossaquelle Nr. 508501 in Oberrodenbach, Höhenlage 168 m+NN, Geologie: Ton- und Sandstein des Rotliegenden mittlere Temperaturänderung 1965 bis 2000 + 2,0 °C

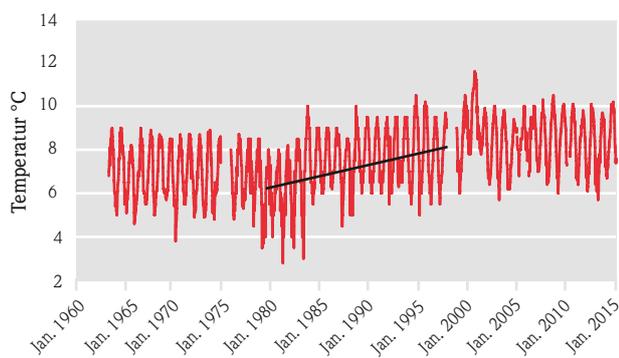


Abb. 77: Quelle Nr. 433502 in Tringenstein, Höhenlage 413 m+NN, Geologie: Diabas (altes Basaltgestein) des Devon mittlere Temperaturänderung 1975 bis 2000 + 1,3 °C

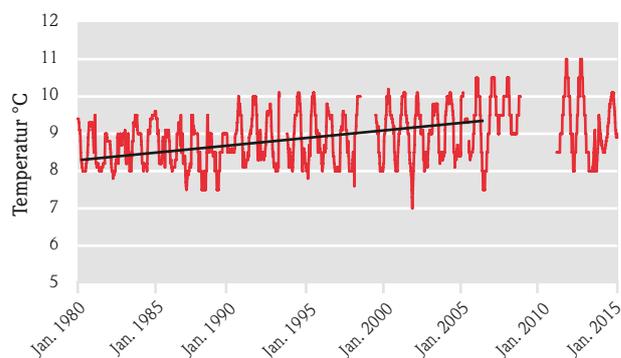


Abb. 80: Schenkenberquelle Nr. 544502 in Lindenfels, Höhenlage 380 m+NN, Geologie: Kristallines Gestein des Odenwaldes mittlere Temperaturänderung + 1,0 °C

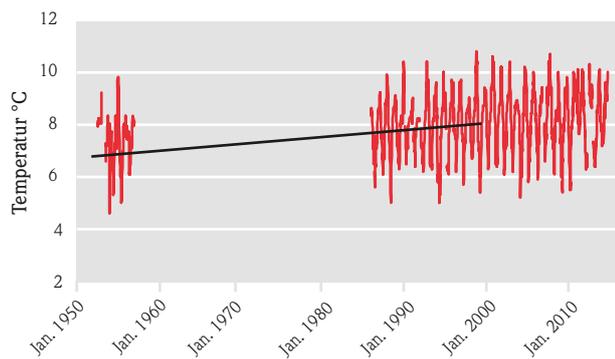


Abb. 78: Quelle Nr. 486510 in Burghards, Höhenlage 471 m+NN, Geologie: Basaltgestein des Vogelsberges mittlere Temperaturänderung + 1,0 °C

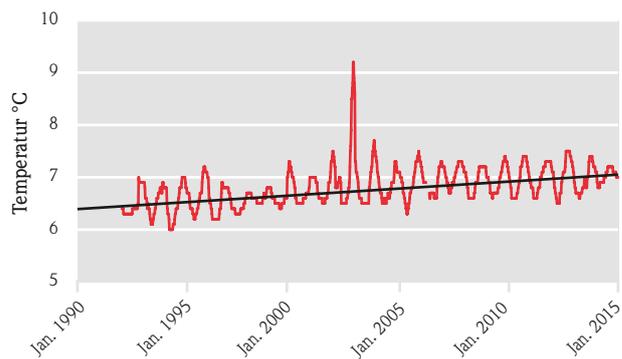


Abb. 81: Fulda-Quelle Nr. 488501 Wasserkuppe-Rhön, Höhenlage 860 m+NN, Geologie: Basalt der Rhön, mittlere Temperaturänderung + 0,5 °C

5 Zusammenfassung

2014 war das wärmste Jahr seit Beginn der Wetteraufzeichnungen 1881. In Hessen betrug die mittlere Temperatur 10,3°C und lag damit 1,8 über dem langjährigen Mittelwert. Im Jahresdurchschnitt fielen mit 754 Liter pro Quadratmeter nur 3 % weniger Niederschlag als im Durchschnitt, untypischerweise wurden die höchsten Regenfälle überwiegend in den Sommermonaten Juli und August gemessen. Dahingegen waren die Monate Januar bis April und November und Dezember zu trocken.

Die Sommerregen insbesondere im Juli fielen vielfach als Starkregen, d. h. in einer Stunde gingen mehr als 10 mm nieder. Allein an hessischen Niederschlagsmessstationen wurden von Mai bis September demnach mehr als 150 Starkregenereignisse registriert.

Die trockenen Monate zu Beginn des Jahres sorgten für niedrige Abflüsse in den Gewässern, von Januar bis Juni lagen sie unter den langjährigen Durchschnittswerten. In den regenreichen Sommermonaten waren die Gewässer überdurchschnittlich gefüllt. Infolge der Starkregenereignisse kam es circa zwanzigmal zu kurzfristigen Hochwassermeldestufenüberschreitungen. Eine längerdauernde Hochwasserphase trat 2014 nicht auf.

Zur Gewässerüberwachung wurde das hessische Wassertemperaturmessnetz in den vergangenen Jahren sukzessive ausgeweitet. Mit einer Erweiterung der in Hessen betriebenen Wasserhaushaltsmodelle werden zudem Simulationen und Vorhersagen der Wassertemperatur durchgeführt. Die operationellen Vorhersagen können kritische Situationen vorab erkennen lassen, einen Beitrag zur Planung der Energieversorgung leisten und ermöglichen Untersuchungen zukünftiger Auswirkungen des Klimawandels auf das Temperaturregime der Fließgewässer.

Seit dem Jahr 2005 erfolgen im Auftrag des HLUg in den Fließgewässern verstärkt Untersuchungen zum Vorkommen von Makrozoobenthosorganismen, Fischen und Kieselalgen. An zahlreichen Messstellen fanden inzwischen Wiederholungsuntersuchungen statt. Die hier dargelegten Auswertungen zeigen die Variabilität der Untersuchungsergebnisse. Darauf aufbauend werden Empfehlungen für die künftige Überwachung der Fließgewässer gegeben.

Im Jahr 2014 wurde erstmalig die Bewertung der ökologischen Potenzialklasse von zwei Baggerseen und einem Tagebausee anhand der Biokomponenten Wasserpflanzen und festsitzende Kieselalgen vorgenommen. Die Ergebnisse spiegeln die trophische Belastung der Seeufer wieder. Die Ergebnisse wurden mit denen der für Seen lange Zeit üblichen Biokomponente, den Algen der Freiwasserzone (Phytoplankton), diskutiert. Das schlechtere ökologische Potenzial der neuen Biokomponenten resultiert meist aus der höheren Nährstoffbelastung der Uferzonen.

Trotz regenreicher Sommermonate betrug die Grundwasserneubildung im landesweiten Jahresmittel infolge der trockenen Monate zu Beginn und Ende des Jahres nur 90 mm und lag damit rd. 10 % unter dem langjährigen Mittelwert der Referenzperiode 1971–2000.

Die Grundwasserstände stiegen am Jahresbeginn normal an und sanken ab Frühjahr bis zum Herbst. Im Juli und August gab es eine Unterbrechung des Absinkens durch einen ungewöhnlichen Anstieg des Grundwassers, und die Quellschüttungen nahmen zu. Die im Sommer sonst meist geringe Grundwasserneubildung nahm infolge der hohen Niederschläge deutlich zu.

