

Hydrologie in Hessen, Heft 9

# Gewässerkundlicher Jahresbericht 2012



Hydrologie in Hessen, Heft 9

# **Gewässerkundlicher Jahresbericht 2012**

Wiesbaden, 2013

Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie

# Impressum

Hydrologie in Hessen, Heft 9

ISSN 1438-7859  
ISBN 978-3-89026-709-8

## **Gewässerkundlicher Jahresbericht 2012**

Redaktion: Cornelia Löns-Hanna

Layout: Melanie Görger

Titelbild: Flächenhafte Verteilung des Niederschlags 2012 / Eisbedecktes Gewässer im Schiersteiner Hafen

Herausgeber, © und Vertrieb:

Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie  
Postfach 3209, 65022 Wiesbaden

Telefon: 0611 6939-111

Telefax: 0611 6939-113

E-Mail: [vertrieb@hlug.hessen.de](mailto:vertrieb@hlug.hessen.de)

[www.hlug.de](http://www.hlug.de)

# Inhalt

<b>Vorwort</b> .....	4
<b>Witterung</b>	
CORNELIA LÖNS-HANNA Lufttemperatur .....	6
Sonnenschein .....	6
Niederschlag .....	7
<b>Oberflächengewässer</b>	
CORNELIA LÖNS-HANNA Wasserstand und Durchfluss .....	12
MATTHIAS KREMER Das Weihnachtshochwasser 2012 .....	17
CORNELIA LÖNS-HANNA Talsperren und Hochwasserrückhaltebecken .....	20
DR. CHRISTINA KLEIN Wasserqualität der Fließgewässer .....	23
DR. MECHTHILD BANNING & ELISABETH SCHLAG Wie viel Struktur braucht der Fisch? .....	32
ANDREAS GRÜNDEL Typisierung und Bewertung der Seen in Hessen aus europäischer Sicht .....	36
<b>Grundwasser</b>	
MARIO HERGESELL Grundwasserneubildung .....	40
WOLF-PETER VON PAPE Grundwasserstände und Quellschüttungen .....	42
HARALD RÜCKERT & SYBILLE SIEBERT Grundwasserbeschaffenheit .....	47
<b>Zusammenfassung</b> .....	52

## Vorwort

*Des Menschen Seele  
gleicht dem Wasser.  
Vom Himmel kommt es,  
zum Himmel steigt es  
und wieder nieder  
zur Erde muss es.  
Ewig wechselnd.*

(aus: Gesang der Geister über dem Wasser von Johann Wolfgang von Goethe)



**Abb. 1:** Wasserkreislauf.



Das Wasser befindet sich in einem ewigen Kreislauf. Regen fällt auf die Erde. Wasser fließt an der Oberfläche in Bächen und Flüssen oder unterirdisch zum Meer. Ein Teil sammelt sich in Seen oder unter der Erde. Von Wasseroberflächen und über Pflanzen (Evaporation) verdunstet Wasser

und gelangt so wieder in die Atmosphäre. Ein anderer Teil wird von Pflanzen, Menschen und Tieren in die Atmosphäre abgegeben (Transpiration) (siehe Abb. 1).

Wasser ist von existenzieller Bedeutung für das Leben von Menschen, Tieren und Pflanzen. Wasser kann aber auch zur Bedrohung werden, wenn es im Übermaß als Hochwasser auftritt. Daher ist es wichtig, Erkenntnisse über die Wassermengen und die Wasserbeschaffenheit in den Gewässern und im Boden zu gewinnen. Um das Wasser zu bewirtschaften, muss ermittelt werden, wie viel es regnet, wie viel sich im Boden ansammelt, welche Mengen über Pflanzen und Wasserflächen verdunsten und

welche Mengen in den Flüssen und Bächen abfließen. Hierzu werden umfangreiche Messungen durchgeführt.

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 2), 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 2012 werden in diesem Bericht präsentiert.

Dr. Thomas Schmid  
Präsident des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie



**Abb. 2:** Gewässerkundliche Messstellen.

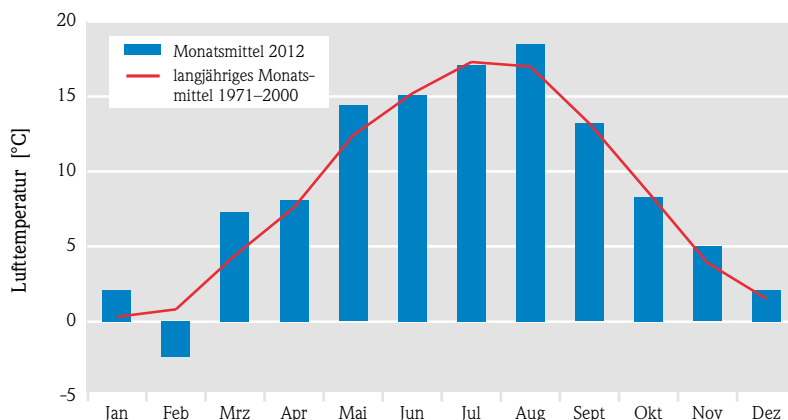
## Witterung

CORNELIA LÖNS-HANNA

### Lufttemperatur

Im Jahr 2012 lag die mittlere Lufttemperatur in Hessen bei 9,1 °C. Damit war es um 0,6 Grad wärmer als im langjährigen Mittel von 1971 bis 2000, dessen Wert 8,5 °C beträgt. Die mittleren monatlichen Temperaturen in Hessen sind Abbildung 3 zu entnehmen.

Im Januar startete das Jahr zunächst mit relativ milden Temperaturen, der Monat war vergleichsweise zu warm. Anfang Februar brachte Hoch „Dieter“ aus Russland sehr kalte Luft nach Hessen, die zu deutlichen Temperaturstürzen führte. Es gab im Februar 2012 19 Frosttage (Tage mit einem Minimum der Lufttemperatur unter 0 °C) und 13 Eistage (Tage



**Abb. 3:** Mittlere monatliche Lufttemperatur in Hessen (Datenquelle: Deutscher Wetterdienst).



**Abb. 4:** Eisbedecktes Gewässer im Schiersteiner Hafen

mit einem Maximum der Lufttemperatur unter 0 °C). Die meisten hessischen Gewässer froren zu (Abbildung 4). Atlantische Tiefdruckgebiete beendeten zur Monatsmitte die winterliche Periode. Im Monatsmittel lag die Temperatur mit -2,4 °C um 3,2 Grad unter der langjährigen Mitteltemperatur (0,8 °C).

Im März setzte sich die Tiefdruckwetterlage fort und sorgte für wärmere Luft, so dass der Monat mit einer Durchschnittstemperatur von 7,3 °C als viel zu warmer Monat einzustufen ist. Die folgenden Monate April und Mai waren überdurchschnittlich warm. In Juni und Juli herrschten vergleichsweise normale Temperaturen, im August war es hingegen mit einer Durchschnittstemperatur von 18,5 °C um 1,5 Grad wärmer als im Mittel. Die Herbstmonate September und Oktober boten annähernd normale Temperaturen, wohingegen es im November mit 5 °C zu warm war. Auch im Dezember war es noch etwas zu warm.

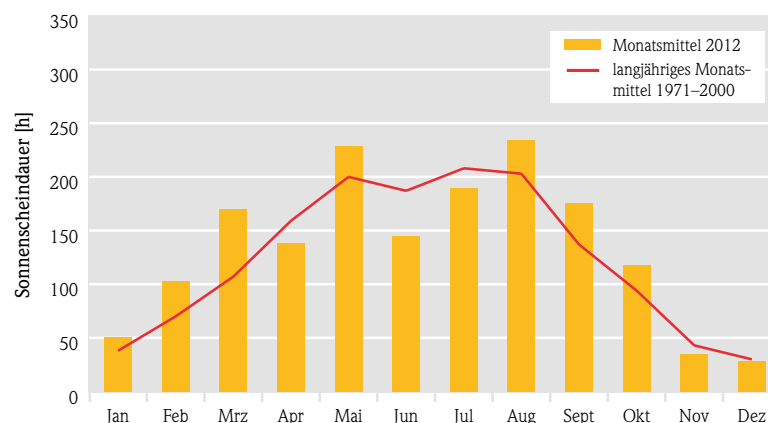
### Sonnenschein

Die Sonnenscheindauer in Hessen betrug 1617 Stunden, das waren 140 Stunden mehr als im Mittel (1477 Stunden). Sonnenscheinreich war der Jahresbeginn. In den Monaten Januar, Februar und März schien die Sonne überdurchschnittlich häufig (Abbildung 5). Auf einen trüben April folgte mit 229 Stunden ein sonniger Mai. Im Juni schien die Sonne mit 145 Sonnenstunden vergleichsweise wenig (Vergleichswert 187 Stunden), auch im Juli sah man die Sonne verhältnismäßig selten. Auf die trüben ersten Sommermonate folgte ein mit 234 Stunden sonnenreicher August. Auch die folgenden Monate September und Oktober (Abbildung 6) boten viele sonnige

Stunden, im November und Dezember entsprach die Zahl der Sonnenstunden ungefähr den Mittelwerten.

## Niederschlag

Für wasserwirtschaftliche Planungen, für die Landwirtschaft, den Hochwasserschutz, die Hochwasservorhersage und die Freizeitplanung u.v.m. sind Erkenntnisse über Menge und Verteilung des Regens von großer Bedeutung. Deshalb wird seit vielen Jahrzehnten der Niederschlag systematisch erfasst.



**Abb. 5:** Monatliche Sonnenscheindauer in Hessen (Datenquelle: Deutscher Wetterdienst).



**Abb. 6:** Sonntag im Oktober

In Hessen werden 70 Messstellen im Rahmen des landeseigenen, hydrologisch ausgerichteten Messnetzes betrieben (siehe Abbildungen 7 und 8). An den meisten Messstellen stehen sowohl ein Pluvio mit Datenfernübertragung als auch ein Niederschlagsmessgerät nach Hellmann (blaues Symbol). Andere sind nur mit einem Pluvio ausgestattet (oranges Symbol), da hier eine tägliche Ablesung durch einen Beobachter, wie sie bei Hellmann-Messgeräten erforderlich ist, nicht durchgeführt werden kann. Insgesamt sind 55 Messstellen mit Datenfernübertragung ausgerüstet. Daneben gibt es noch Messstellen, an denen nur einmal täglich mit einem Hellmann-Messgerät (hellgrünes Symbol) gemessen wird.

Die aktuellen Messwerte sind im Internet auf der HLUG-Website <http://www.hlug.de/popups/wasser-aktuelle-messdaten.html> zu finden.



**Abb. 7:** Niederschlagsmessstelle Freiensteinau mit automatisch aufzeichnendem Messgerät mit Datenfernübertragung (Pluvio) (links) und Hellmann-Messgerät (rechts).

Zusätzlich zu den Landesmessstellen werden in Hessen 150 Niederschlagsmessstellen vom DWD betrieben, deren Messergebnisse im Rahmen des Datenaustausches dem HLUG zur Verfügung stehen und unter anderem in Hochwasservorhersagemodelle eingehen.

Im Jahr 2012 fielen 747 Liter pro Quadratmeter [ $l/m^2$ ] Niederschlag, wobei ein Liter pro Quadratmeter einer gemessenen Niederschlagshöhe von einem Millimeter [ $mm$ ] entspricht.



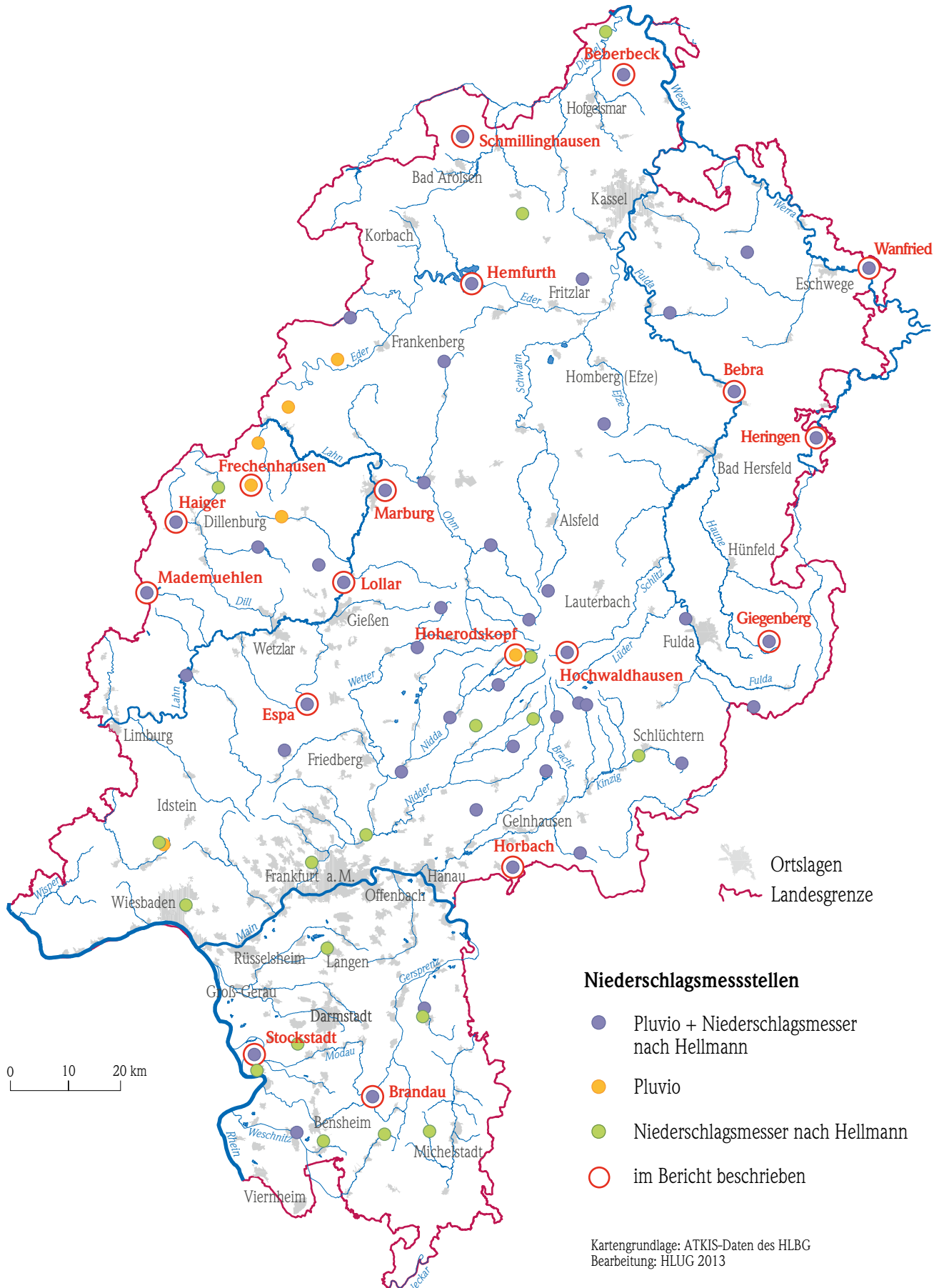


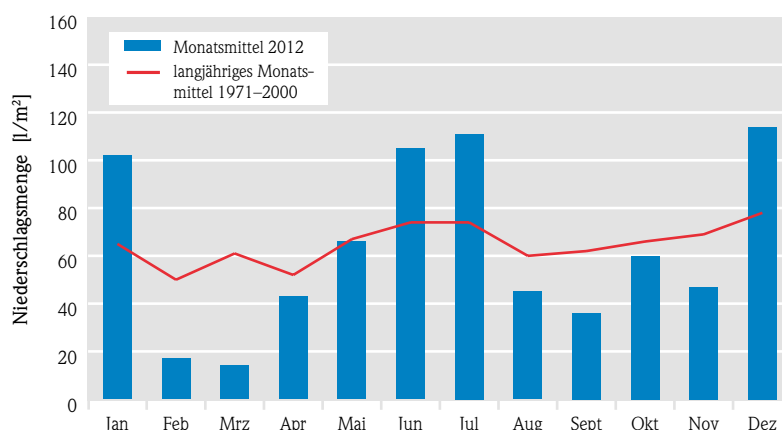
Abb. 8: Niederschlagsmessstellen des Landes.

Somit fiel 2012 ca. 96 % der mittleren jährlichen Niederschlagsmenge von 777 l/m<sup>2</sup>. Damit war das Jahr insgesamt gesehen nur etwas zu trocken. Zu nasse und zu trockene Monate wechselten sich ab (Abbildung 9).

Im Januar brachte Tief „Andrea“ ergiebige Niederschläge. Es regnete 102 l/m<sup>2</sup>, 54 % mehr als im langjährigen Mittel von 65 l/m<sup>2</sup>. In allen hessischen Gewässern stiegen daraufhin die Wasserstände an, teilweise bis zum Erreichen von Hochwassermeldestufen. Der darauf folgende Februar war mit 17 l/m<sup>2</sup> (34 % des Mittelwertes) viel zu trocken. Die trockene Phase setzte sich im März mit 14 l/m<sup>2</sup> (23 % des Mittelwertes) fort. Der April brachte mit 43 l/m<sup>2</sup> zwar mehr Regen, ist aber mit 83 % des mittleren Wertes als zu trockener Monat einzustufen. In etwa normale Regenmengen gingen im Mai nieder.

Langdauernde ergiebige Niederschläge fielen in den Sommermonaten Juni und Juli. Beide Monate, der Juni mit 105 l/m<sup>2</sup> (142 % des Mittelwertes) und der Juli mit 111 l/m<sup>2</sup> (150 % des Mittelwertes) waren zu nass. Im August regnete es 45 l/m<sup>2</sup> (60 % des Mittelwertes). Auf diesen zu trockenen Monat folgten die Monate September, Oktober und November mit weiterhin unterdurchschnittlichen Niederschlagsmengen.

Ab Mitte Dezember gingen ergiebige Regenfälle über weiten Teilen von Hessen nieder, im Mittel fielen 105 l/m<sup>2</sup> (134 % des Mittelwertes). Diese führten zum Ansteigen der Wasserstände in zahlreichen hessischen Gewässern. Vielerorts wurden über die Weihnachtsfeiertage an vielen Pegeln Hochwassermeldestufen überschritten.

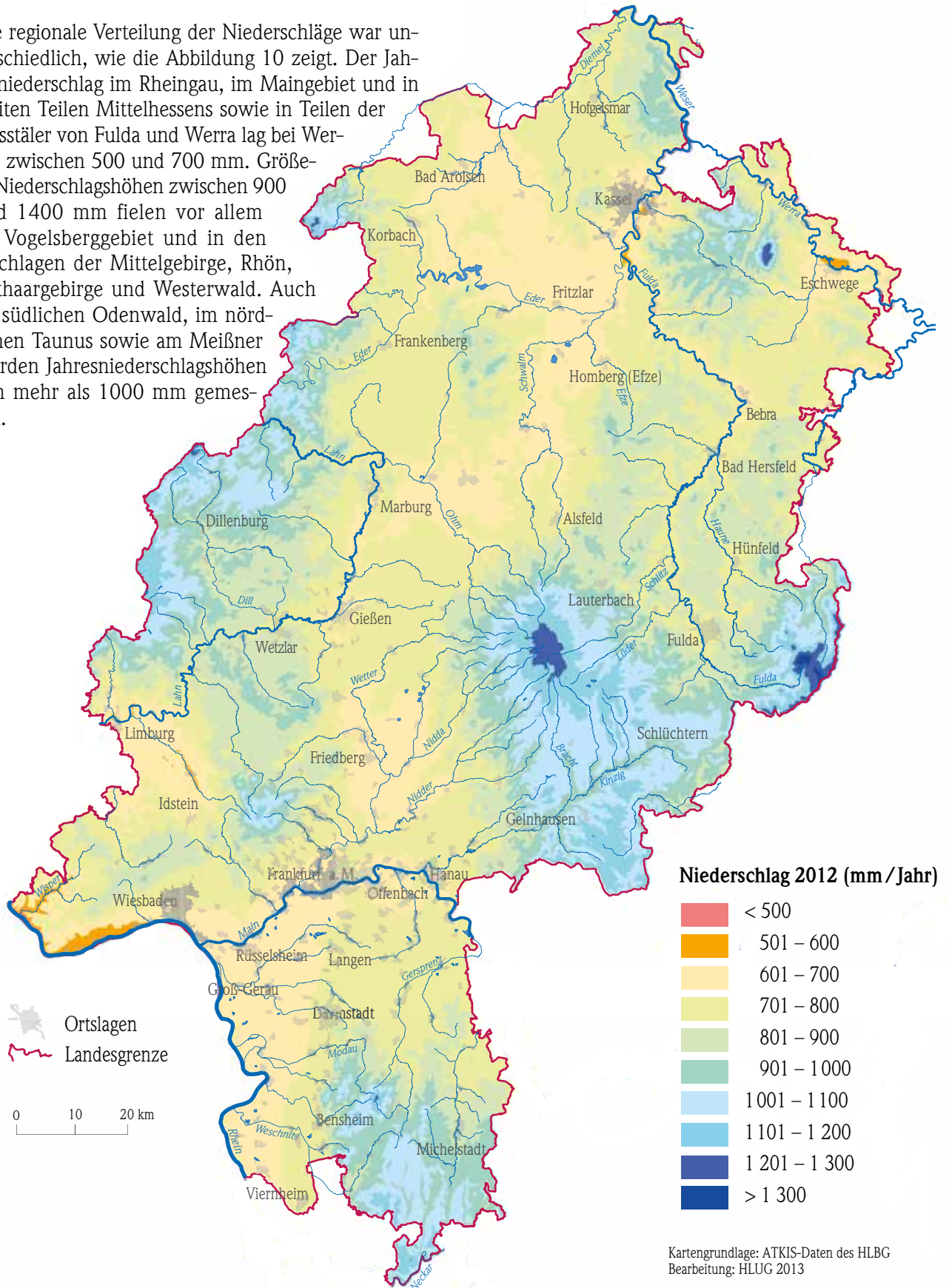


**Abb. 9:** Mittlere monatliche Niederschlagsmenge (Monatssumme) in Hessen (Datenquelle: Deutscher Wetterdienst).

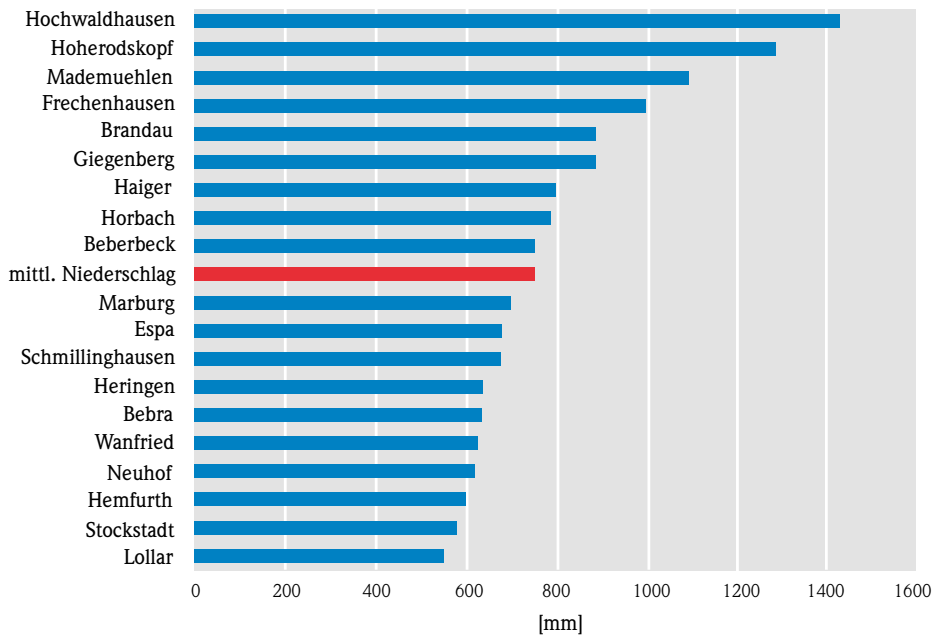
**Tab. 1:** Niederschlagswerte ausgewählter Messstellen.

Messstelle	Gelände- höhe [m über NN]	Max. Tagesniederschlag 2012		Jahres- nieder- schlag 2012
		Datum	[mm]	[mm]
Beberbeck	242	13.7.	32	750
Bebra	192	13.7.	30	633
Brandau	320	22.12	29	883
Espa	405	13.7.	37	677
Frechenhausen	435	13.7.	34	994
Giegenberg	630	11.9.	28	883
Haiger	255	13.7.	30	795
Hemfurth	210	27.7.	20	598
Heringen	228	19.6.	26	634
Hochwaldhausen	475	28.7.	67	1420
Hoherodskopf	763	28.7.	65	1279
Horbach	198	28.7.	33	785
Lollar	161	11.9.	41	549
Mademühlen	548	13.7.	43	1089
Marburg	325	13.7.	46	697
Neuhof	452	19.6.	24	617
Schmillinghausen	248	5.1.	21	674
Stockstadt	89	15.8.	33	577
Wanfried	167	19.6.	28	623

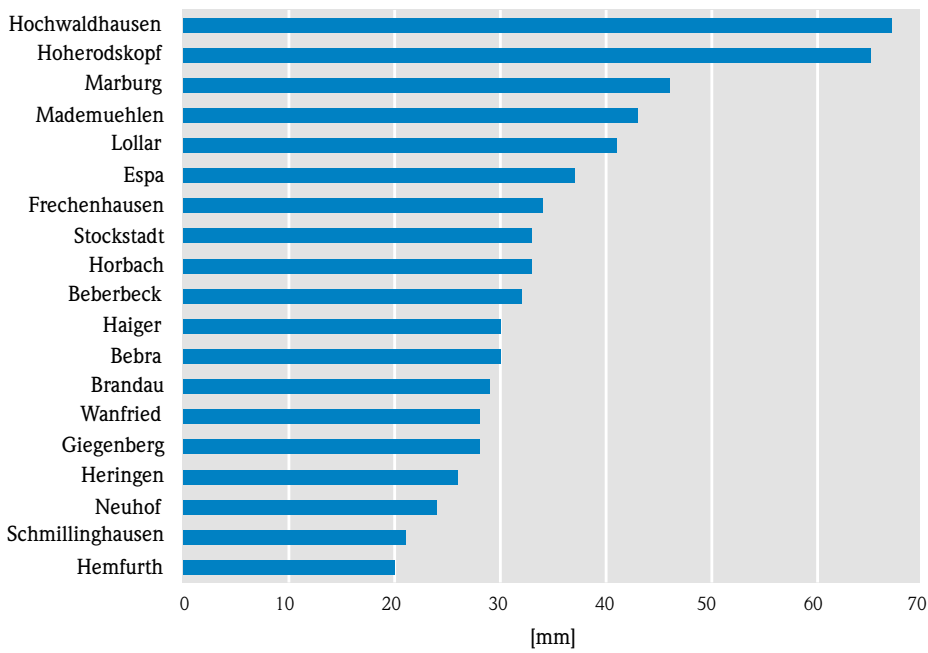
Die regionale Verteilung der Niederschläge war unterschiedlich, wie die Abbildung 10 zeigt. Der Jahresniederschlag im Rheingau, im Maingebiet und in weiten Teilen Mittelhessens sowie in Teilen der Flusstäler von Fulda und Werra lag bei Werten zwischen 500 und 700 mm. Größere Niederschlagshöhen zwischen 900 und 1400 mm fielen vor allem im Vogelsberggebiet und in den Hochlagen der Mittelgebirge, Rhön, Rothargebirge und Westerwald. Auch im südlichen Odenwald, im nördlichen Taunus sowie am Meißner wurden Jahresniederschlagshöhen von mehr als 1000 mm gemessen.



**Abb. 10:** Flächenhafte Verteilung der korrigierten Jahresniederschläge 2012 (Quelle: Deutscher Wetterdienst).



**Abb. 11:** Jahresniederschlag an ausgewählten Messstationen.



**Abb. 12:** Maximaler Tagesniederschlag an ausgewählten Messstationen.

## Oberflächengewässer

### Wasserstand und Durchfluss

CORNELIA LÖNS-HANNA



**Abb. 13+14:** Pegel Steinau, Außen- und Innenansicht.



**Abb. 15:** Durchflussmessung mit mobilem Doppler Ultraschallgerät (ADCP).



**Abb. 16:** Durchflussmessung mit Stangenflügel.

Die Kenntnis der Wasserstände und Durchflüsse in den Gewässern ist Voraussetzung für nahezu jede hydrologische Arbeit und deren Umsetzung in die wasserwirtschaftliche Praxis. Diese hydrologischen Werte bilden die wesentliche Grundlage zur Bemessung wasserwirtschaftlicher Anlagen und sie sind die Eingangsdaten für den Betrieb mathematischer Modelle für den Hochwasserwarndienst. Zur Ermittlung der Wasserstands- und Durchflusswerte betreibt das Land Hessen 116 Pegel (Abbildungen 13, 14 und 17). Betrieb und Unterhaltung der Pegel sowie

die Durchflussmessungen (Abbildungen 15 und 16) obliegen den Regierungspräsidien. Das landeseigene Pegelmessnetz wird ergänzt durch mehr als 40 Pegel von Verbänden, die meist der Steuerung von Talsperren und Hochwasserrückhaltebecken dienen. Die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung (WSV) betreibt an den Bundeswasserstraßen in Hessen weitere 21 Pegel. Die aktuellen Messwerte dieser Pegel sowie weitere Informationen sind im Internet auf der HLUG-Website <http://www.hlug.de/popups/wasser-aktuelle-messdaten.html> dargestellt.

Die Situation der hessischen Gewässer wird zusammenfassend für das Jahr 2012 in Abbildung 18 dargestellt. Hierfür wurden die Durchflüsse repräsentativer hessischer Gewässer ausgewertet. Deutlich wird, dass sich die Witterungsverhältnisse weitgehend in den Gewässern widerspiegeln.

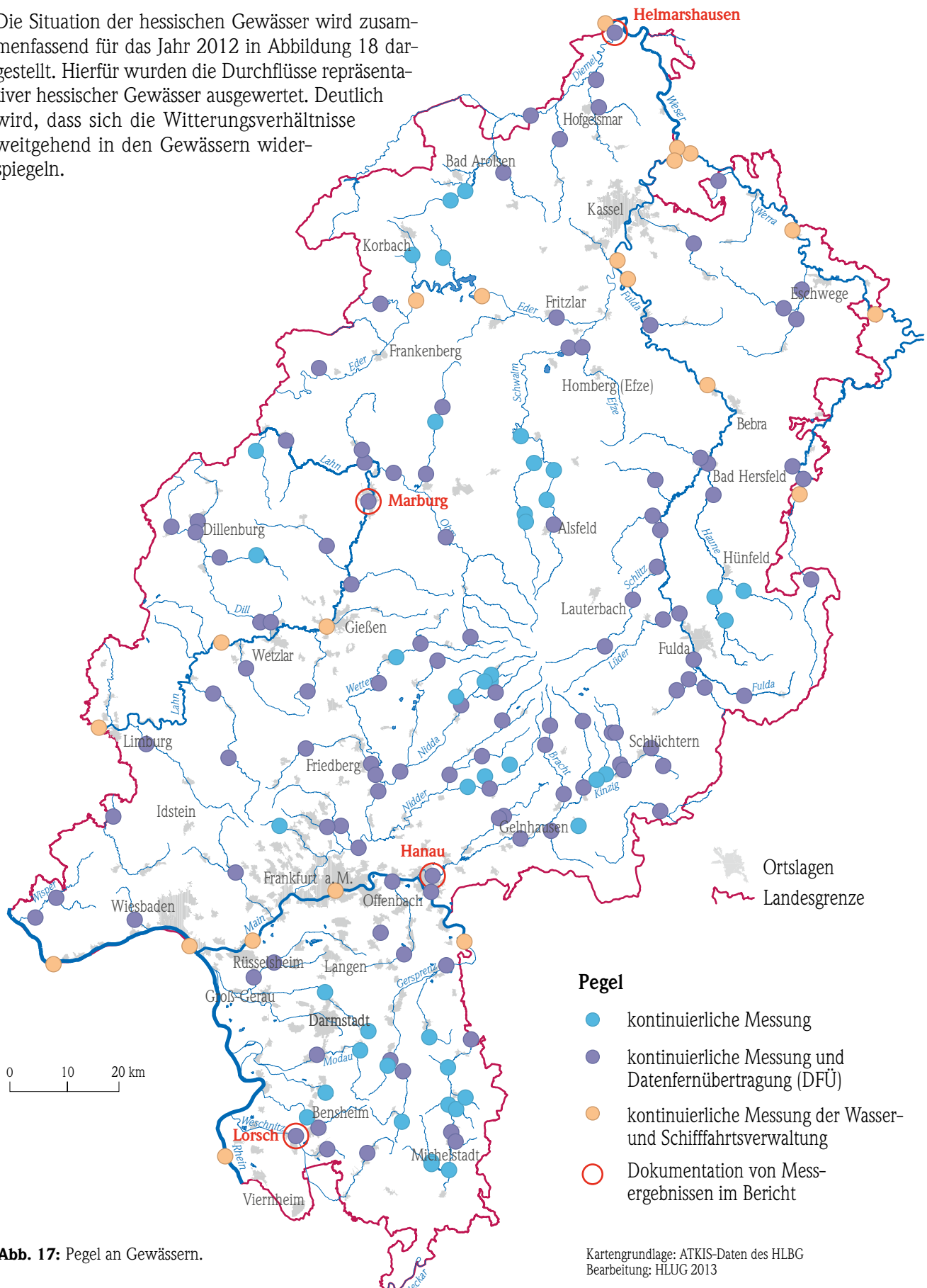
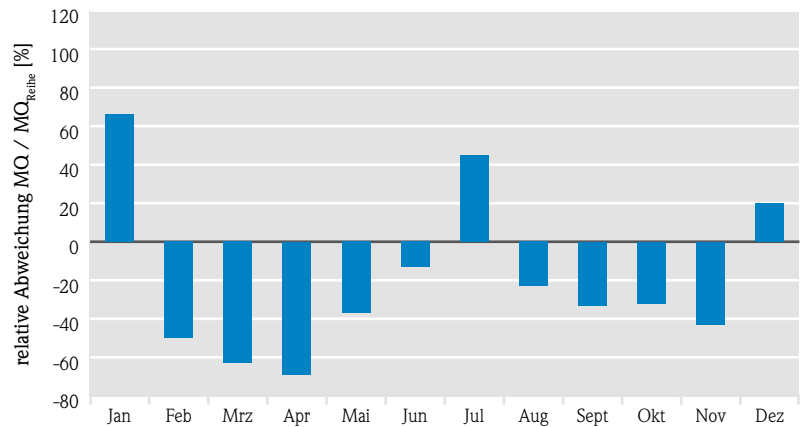


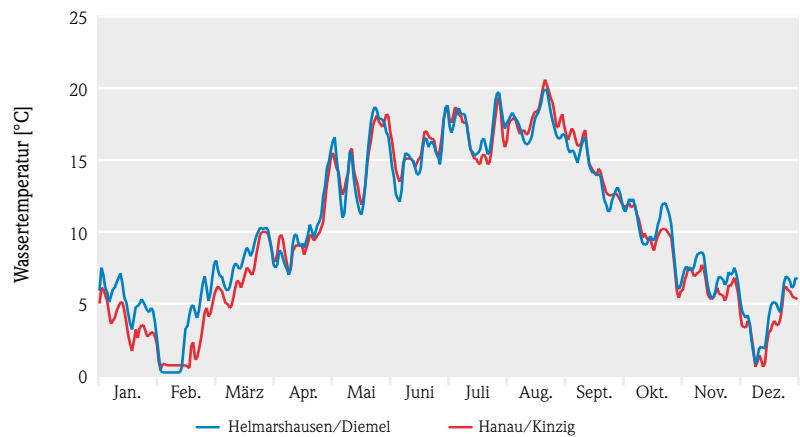
Abb. 17: Pegel an Gewässern.

Gleich im Januar sorgten ergiebige Niederschläge, insbesondere im Vogelsberggebiet, im Rothargebirge und im Westerwald für eine Zunahme der Durchflüsse (siehe Abbildungen 22 bis 25) und ein Ansteigen der Wasserstände in vielen hessischen Gewässern. Vielerorts wurde die Hochwassermeldestufe I (bordvoller Abfluss im Gewässer, stellenweise kleine Ausuferungen) überschritten. An der Lahn sowie im Oberlauf der Fulda erreichten die Wasserstände zeitweise Werte der Hochwassermeldestufe II. Bei dieser Meldestufe ist mit der flächenhaften Überflutung ufernaher Grundstücke, leichten Verkehrsbehinderungen auf Gemeinde- und Hauptverkehrsstraßen sowie der Gefährdung einzelner Gebäude und der Überflutung von Kellern zu rechnen. Hessenweit wurde der mittlere Durchfluss um 66 % überschritten (siehe Abbildung 18).

Der Frosteinbruch im Februar sorgte dafür, dass die Wassertemperaturen absanken (siehe Beispiel Abbildung 19), an den Oberflächen der meisten Gewässer für mehrere Tage auf Null Grad. Viele Gewässer froren ganz oder in den Randbereichen zu (Abbildungen 20 und 21). Die Durchflüsse lagen im Februar um 50 % unter dem langjährigen Mittel.



**Abb. 18:** Relative Abweichung des mittleren monatlichen Abflusses (MO) des Jahres 2012 vom langjährigen Mittel (MO<sub>Reihe</sub>).



**Abb. 19:** Mittlere Wassertemperatur an den Pegeln Helmarshausen/Diemel und Hanau/Kinzig.



**Abb. 20:** Eisbeckettes Gewässer (Schwarzbach bei Eppstein).



**Abb. 21:** Randeis (am Main).

Infolge der geringen Niederschläge sind auch die folgende Monate März und April als durchflussarm einzustufen. Die Regenfälle im Mai und Juni sorgten für mehr Wasser in den Flüssen, die Durchflüsse waren jedoch aufgrund der vorangegangenen Trockenphase immer noch unterdurchschnittlich. Erst im Juli füllten die überdurchschnittlichen Regenfälle die Gewässer, die abfließenden Wassermengen lagen um 45 % über den durchschnittlichen Monatswerten.

Ende Dezember führten abschmelzende Schneemassen in Verbindung mit ergiebigen Regenfällen an einigen Gewässern zu Hochwasser mit Erreichen der Hochwassermeldestufen I und II (Näheres zum Hochwasser im folgenden Kapitel). Hessenweit betrachtet lagen die mittleren Durchflüsse um 20 % über dem langjährigen Monatswert.

Beispielhaft für die hessischen Gewässer im Jahr 2012 werden die Durchflüsse der Diemel (Pegel Helmarshausen) für Nordhessen, der Lahn (Pegel Marburg) für Mittelhessen, der Kinzig (Pegel Hanau) für das Maingebiet und der Weschnitz (Pegel Lorsch) für Südhessen dargestellt (siehe Abbildungen 22 bis 25).

An der Diemel am Pegel Helmarshausen wurden zu Beginn des Jahres im Januar überdurchschnittliche Durchflüsse registriert. Erkennbar sind zwei Wellen mit hoher Durchflussfülle. Von Februar an bis Mitte

Dezember lagen die Durchflüsse unter den jeweiligen mittleren Monatswerten, erst im Dezember nahmen die Wassermengen zu, waren insgesamt gesehen aber immer noch unterdurchschnittlich. Hochwassermeldestufen wurden nicht erreicht.

Die Lahn durchliefen im Januar zwei Durchflusswellen mit überdurchschnittlichen Wassermengen. Am Pegel Marburg stiegen am 6. und 7. Januar die Wasserstände auf Werte oberhalb der Hochwassermeldestufe I (400 cm), kurzzeitig wurden auch Werte der Stufe II (450 cm) überschritten. Ab Februar bis zum Sommer waren in der Lahn die Durchflüsse unterdurchschnittlich, die Sommerregen führten zum Anstieg der Wassermengen. Im Juli lagen die Wassermengen über dem monatlichen Mittelwert jedoch im Bereich des mittleren jährlichen Durchflusses. In den Monaten August bis November führte die Lahn wie auch die übrigen hessischen Gewässer unterdurchschnittlich wenig Wasser. Erst im Dezember füllte sich die Lahn, eine Hochwassersituation entstand aber nicht.

Auch an der Kinzig begann das Jahr mit erhöhten Wassermengen. Die Wasserstände am Pegel Hanau überschritten am 6. Januar den Wert von 300 cm und lösten damit die Hochwassermeldestufe I aus. Diese dauerte bis zum 10. Januar. Von Februar bis Juni führte die Kinzig relativ wenig Wasser. Ab Juni

**Tab. 2:** Abflüsse (Monatsmittelwerte, Jahresmittelwert) an vier hessischen Flüssen (Auswertungsstand Januar 2013).

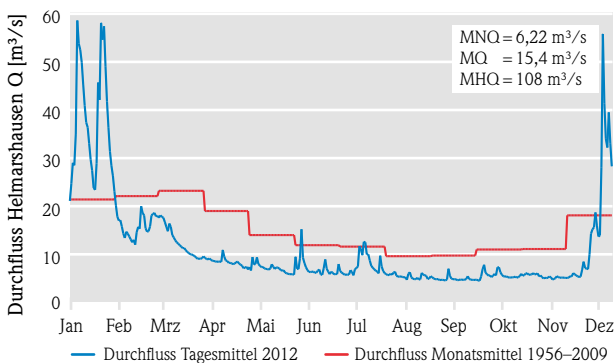
Monat	Helmarshausen/Diemel		Marburg/Lahn		Hanau/Kinzig		Lorsch/Weschnitz	
	Q [m <sup>3</sup> /s]							
	2012	langj. Mittel	2012	langj. Mittel	2012	langj. Mittel	2012	langj. Mittel
Jan	37,9	21,4	54,1	29,2	30,1	16,6	5,1	3,95
Feb	16,0	22,1	8,8	26,4	9,0	17,0	2,5	4,69
Mrz	12,5	23,2	7,7	25,7	6,8	15,4	2,4	4,64
Apr	8,4	19,0	6,9	17,7	4,7	11,9	1,8	3,86
Mai	7,1	14,0	6,5	11,7	4,6	7,75	1,4	3,28
Jun	7,2	11,9	8,0	9,04	6,9	6,32	2,5	2,84
Jul	7,7	11,6	15,2	8,35	10,9	5,13	2,2	2,51
Aug	5,4	9,61	4,0	7,41	4,7	4,67	1,1	2,13
Sep	4,9	9,74	3,1	7,51	3,0	4,68	1,3	2,12
Okt	5,7	11,0	5,5	10,8	4,5	6,60	1,3	2,37
Nov	5,4	11,1	8,2	16,5	8,1	9,82	1,9	2,78
Dez	16,8	18,1	30,2	27,4	24,8	15,1	4,4	3,70
<b>Jahr</b>	<b>11,2</b>	<b>15,4</b>	<b>13,2</b>	<b>16,4</b>	<b>9,8</b>	<b>10,0</b>	<b>2,3</b>	<b>3,2</b>



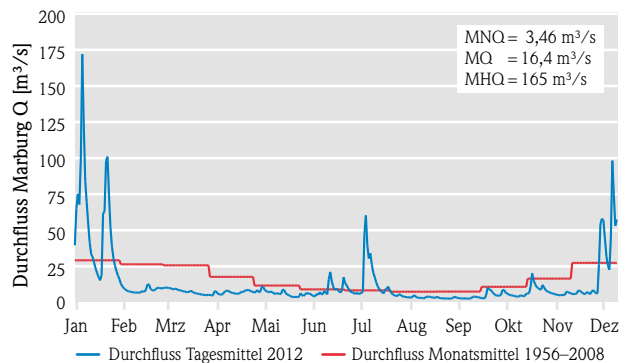
sorgten die ergiebigen Regenfälle für eine Zunahme der Durchflussmengen, die im Juli über dem monatlichen Mittel jedoch im Bereich des Jahresmittels MQ lagen. Die Monate August bis Oktober waren abflussarm. Erst im November nahmen die Wassermengen wieder zu. Im Dezember wurden die langjährigen Monatsmittel überschritten. An den Weihnachtsfeiertagen lagen die Durchflussmengen im Größenbereich eines mittleren Hochwassers (MHQ). Die Wasserstände stiegen, sodass sie am Pegel Hanau am

19. Dezember und vom 24. bis zum 30. Dezember über den Werten der Hochwassermeldestufe I lagen.

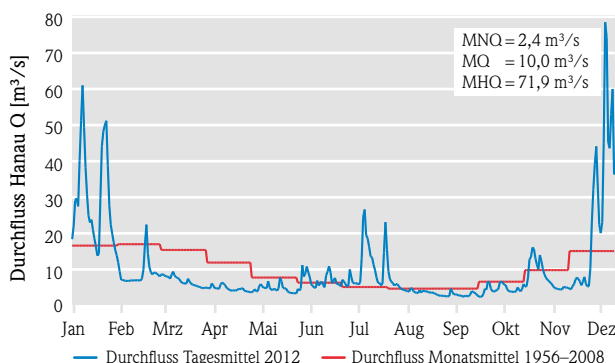
In der Weschnitz am Pegel Lorsch flossen im Januar und im Dezember überdurchschnittliche Wassermengen, Hochwassersituationen entstanden aber nicht. In den Sommermonaten Juni und Juli lagen die Durchflussmengen knapp unterhalb der mittleren Mengen. In allen übrigen Monaten waren sie im Mittel unterdurchschnittlich.



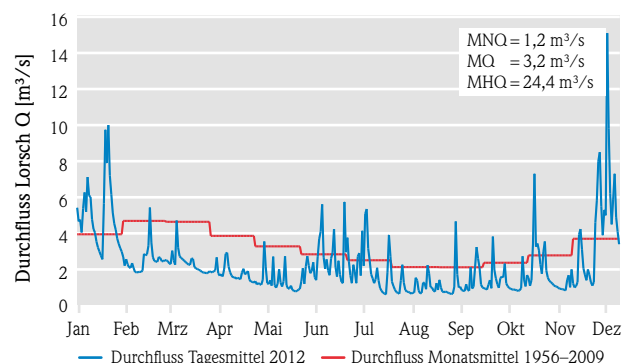
**Abb. 22:** Durchfluss am Pegel Helmarshausen/Diemel.



**Abb. 23:** Durchfluss am Pegel Marburg/Lahn.



**Abb. 24:** Durchfluss am Pegel Hanau/Kinzig.



**Abb. 25:** Durchfluss am Pegel Lorsch/Weschnitz.



**Abb. 26:** Pegel Lorsch/Weschnitz.

## Das Weihnachtshochwasser 2012

MATTHIAS KREMER

Ausläufer eines Tiefs über dem Atlantik brachten ab Mitte Dezember mildes und unbeständiges Wetter mit zeitweise ergiebigen Regenniederschlägen nach Hessen. In den Tagen vor Weihnachten bestimmten weiterhin atlantische Tiefausläufer mit milden und feuchten Luftmassen die Wetterlage. Zeitweise fiel Regen, im Bergland teils auch Schnee. Über die Feiertage war es wechselhaft mit etwas Regen. Insgesamt lag der Gebietsniederschlag im Dezember 2012 in Hessen mit 105 mm (Abbildung 27) gut 35 % über dem langjährigen Mittel (1971 – 2000).

Nach ergiebigen Schneefällen in der ersten Dezemberhälfte war nahezu ganz Hessen von einer Schneedecke überzogen. Am 14. Dezember erreichten die

im Schnee gespeicherten Wasseräquivalente in den Hochlagen etwa 80 mm (entspricht 80 l/m<sup>2</sup>) im Westerwald und in der Rhön Werte über 100 mm.

Im Verlauf des Wochenendes 15./16. Dezember stiegen die Lufttemperaturen hessenweit bis in die höheren Lagen deutlich über den Gefrierpunkt auf Maximaltemperaturen von etwa 9 °C. In den Hochlagen der Mittelgebirge fielen innerhalb von 48 Stunden bis zu 20 mm Niederschlag (Odenwald und Vogelsberg), im Spessart und in der Rhön regnete es teilweise bis zu 30 mm. Ab dem 15. Dezember führte das rasch einsetzende Tauwetter in Kombination mit Regenfällen zu deutlich ansteigenden Wasserständen in den hessischen Gewässern.

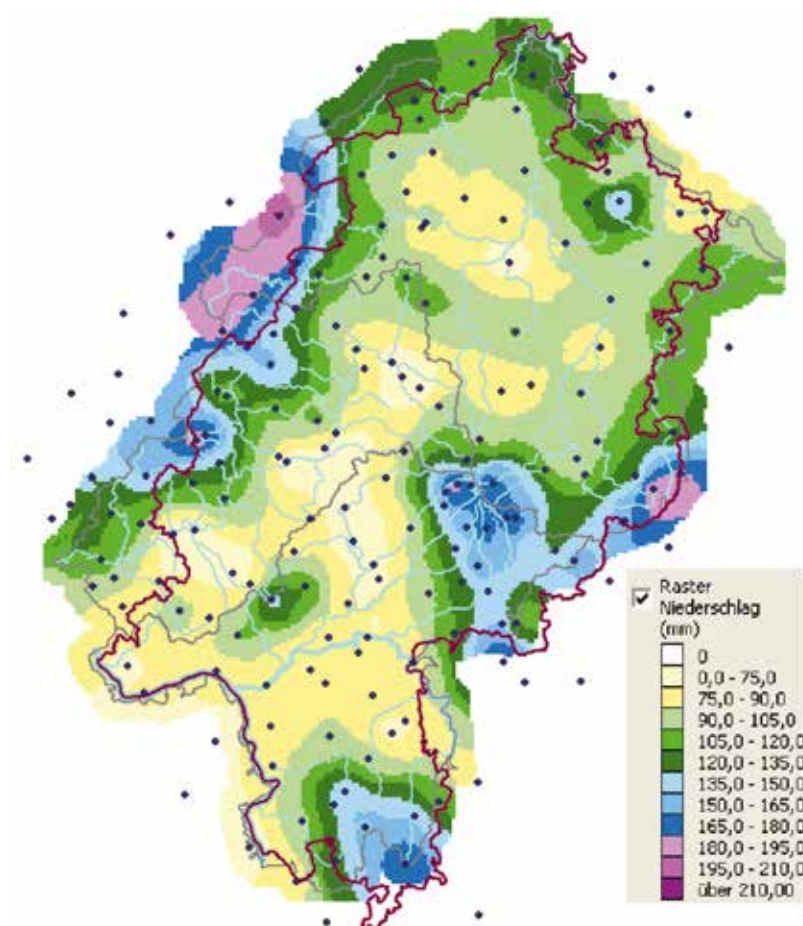


Abb. 27: Niederschlag in Hessen im Dezember 2012.

Insbesondere im Fulda- und Ulstergbiet wurden Meldestufen überschritten: An den Pegeln Melzdorf/Haune (276 cm am 15. Dezember) und Bad Hersfeld/Fulda (483 cm am 17. Dezember, Abbildung 28) wurden z. B. jeweils Wasserstände im Bereich der Meldestufe II erreicht. In Südhessen wurde an am Pegel Gelnhausen/Kinzig die Meldestufe I überschritten. Am Neckar (Pegel Rockenau) stiegen die Pegelstände ab dem 15. Dezember erheblich auf einen Scheitelwert von 495 cm an.

In den folgenden Tagen gingen die Pegelstände an den innerhessischen Gewässern überwiegend wieder deutlich zurück. Am Samstag, den 22. Dezember setzten schließlich erneut länger andauernde, ergiebige Regenfälle ein. Im Vogelsberggebiet, im Odenwald und in den Mittelgebirgen im Westen fielen innerhalb von zwei Tagen teilweise mehr als 50 mm Niederschlag.

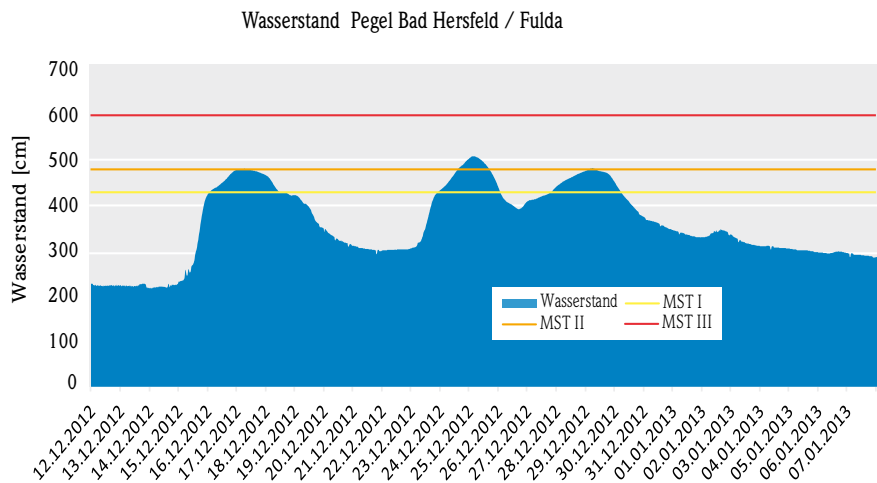
Die ergiebigen Regenfälle vor Weihnachten führten mit dem aus den Hochlagen der Gebirge noch abtauenden Schnee zum erneuten Anstieg der Wasserstände

und an zahlreichen Gewässern zu weiteren zwei Hochwasserwellen. Nahezu hessenweit befanden sich Pegel in den Meldestufen. An den meisten nord- und osthessischen Gewässern wurden Meldestufenüberschreitungen (oft Meldestufe II, teilweise auch Meldestufe III) gemeldet. In der Lahn und deren Zuflüssen stiegen die Pegelstände während der Weihnachtsfeiertage an, zeitweise wurde hier die Meldestufe I erreicht. Auch in Südhessen sorgten die Niederschläge ebenfalls für hohe Wasserstände mit Meldestufenüberschreitungen (z. B. am Rhein bei Wiesbaden-Biebrich, Abbildung 29).

Nachdem das Weihnachtshochwasser bis zum Morgen des 26. Dezember vorübergehend überwiegend zurückging, führten erneute Niederschläge zum wiederholten Anstieg der Wasserstände in den folgenden Tagen. Besonders betroffen waren das Fulda-/Ulster-



**Abb. 29:** Hochwasser am Rhein bei Wiesbaden-Biebrich am 22. Dezember 2012.



**Abb. 28:** Wasserstand am Pegel Bad Hersfeld/Fulda.

Gebiet, die Kinzig (Abbildung 30), und weiterhin die großen Gewässer Rhein (Abbildung 31), Main, Neckar, Werra und Weser. An vielen Pegeln dieser Gewässer wurde die Meldestufe I überschritten, an der Fulda und der Ulster vereinzelt auch die Meldestufe II.

In Nord- und Osthessen waren vor allem die Ulster und der Oberlauf der Fulda mit ihren Zuflüssen betroffen. Bei den Pegeln Bad Hersfeld (484 cm), Bronnzell (240 cm) und Kämmerzell (371 cm) an der Fulda sowie am Pegel Kerzell/Fliede (290 cm) und Philippsthal/Ulster (300 cm) wurde die Meldestufe II überschritten. An zahlreichen weiteren Pegeln, unter anderem Allendorf/Werra und Bad Karlshafen/Weser, wurde die Meldestufe I erreicht.

In Südhessen wurden insbesondere an der Kinzig und ihren Zuflüssen, aber auch an der Nidder hohe Wasserstände registriert. Dabei wurden an der Kinzig in Gelnhausen und Hanau, in Weilers (Bracht) und in Windecken (Nidder) jeweils die Meldestufe I überschritten. Am Rhein (Pegel Mainz) stieg der Wasserstand auf 573 cm am 29.12.2012 an, am Neckar bei Rockenau wurde der Höchststand von 546 cm am Abend des 28.12.2012 gemeldet (Tabelle 3). Erst zum Jahreswechsel 2012/2013 entspannte sich die Hochwasserlage hessenweit wieder.

Abfluss- und Wasserstandsvorhersagen werden in der Hochwasserzentrale des HLUg mindestens einmal täglich berechnet und unter <http://hochwasservorhersage.hlug.de> veröffentlicht, im Hochwas-

serfall erfolgt eine Intensivierung der Modellrechnungen mit bis zu stündlicher Aktualisierung. Für rund 40 Pegel werden Abfluss- und Wasserstandsganglinien mit einer Vorhersagezeit von bis zu 24 Stunden und einem Abschätzungszeitraum von bis zu 7 Tagen dargestellt. Die Hochwasservorhersagezentrale war während des Weihnachtshochwassers vom 18. Dezember 2012 bis 02. Januar 2013 insgesamt 16 Tage im Einsatz. Neben der Bereitstellung aktueller Messwerte und Vorhersagen auf der Webseite wurden die Bürger auch mittels Presseinformationen, Radio- und Fernsehinterviews über die aktuelle Hochwasserlage informiert.

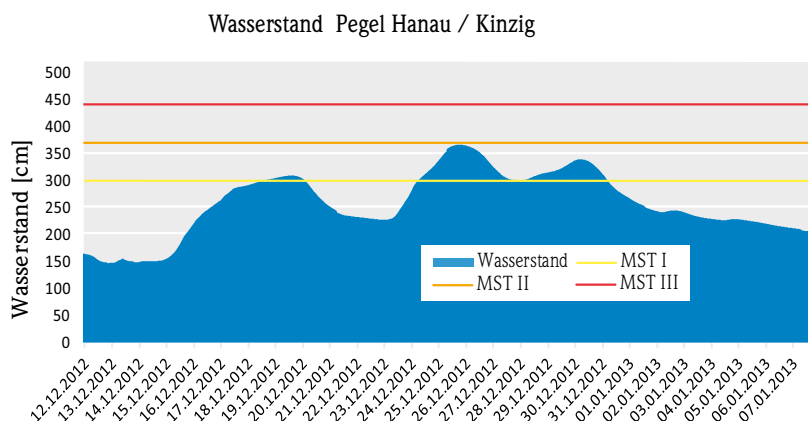


Abb. 30: Wasserstand am Pegel Hanau/Kinzig.

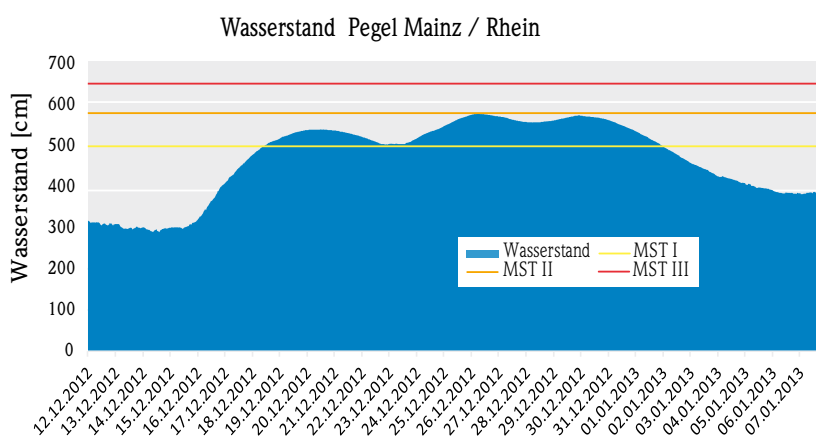


Abb. 31: Wasserstand am Pegel Mainz/Rhein. (Datenquelle: www.pegelonline.de)

Tab. 3: Ausgewählte Pegel mit Meldestufenüberschreitungen im Dezember 2012.

Hochwasser Weihnachten 2012		Meldestufen				Scheitelwert		
Pegel	Gewässer	I	II	III	HHW	Datum	W (cm)	Q (m³/s)
Allendorf	Werra	310	380	420	434	27.12.2012	363	220
Bad Hersfeld	Fulda	430	480	600	668	25.12.2012	510	144
Bad Karlshafen	Weser	380	480	500	746	25.12.2012	413	460
Bronnzell	Fulda	150	210	270	297	28.12.2012	240	-
Gelnhausen	Kinzig	300	375	460	486	24.12.2012	403	75
Hanau	Kinzig	300	370	440	480	25.12.2012	367	85
Kämmerzell	Fulda	270	330	400	444	28.12.2012	371	76
Kerzell	Fliede	240	280	310	313	28.12.2012	290	50
Mainz	Rhein	500	580	650	795	26.12.2012	577	4410
Melzdorf	Haune	220	250	290	321	23.12.2012	289	28
Philippsthal	Ulster	240	300	340	390	23.12.2012	357	104
Rockenau	Neckar	350	450	550	944	28.12.2012	546	-
Weilers	Bracht	200	240	280	328	23.12.2012	254	41
Windecken	Nidder	240	280	310	348	29.12.2012	275	18

## 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). Eine Übersicht über die Lage der für den Hochwasserschutz wichtigsten Talsperren und Hochwasserrückhaltebecken ist Abbildung 34 zu entnehmen.

### Edertalsperre (Edersee)

Die Edertalsperre ist mit 199,3 Mio. m<sup>3</sup> Stauraum die größte Talsperre in Hessen (die drittgrößte in Deutschland, Abbildung 33). Sie dient dem Hochwasserschutz und der Wasserbereitstellung für die Schifffahrt bei Niedrigwasser für die Oberweser und den Mittellandkanal. Die Edertalsperre wird darüber hinaus intensiv für Freizeit und Erholung genutzt und stellt somit einen wesentlichen Faktor für den Tourismus in der Region dar. Weiterhin spielt die Wasserkraftnutzung eine wichtige Rolle.

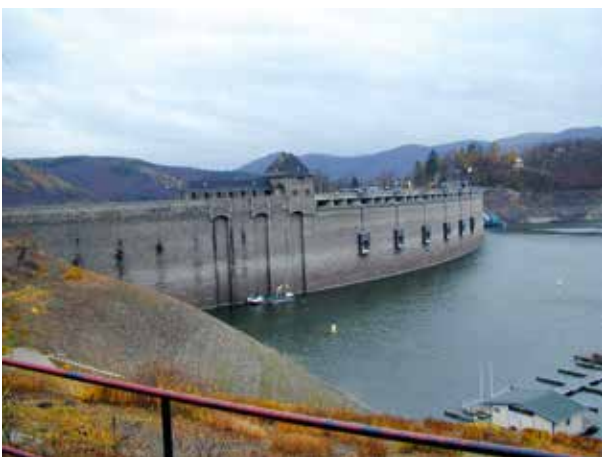


Abb. 33: Edertalsperre.

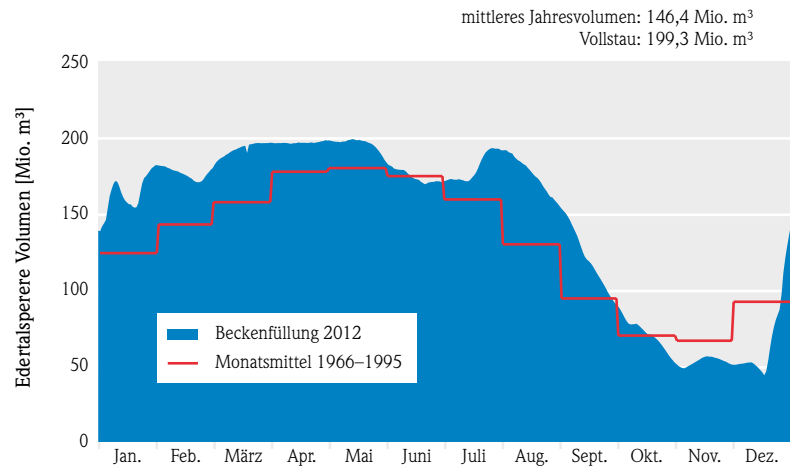


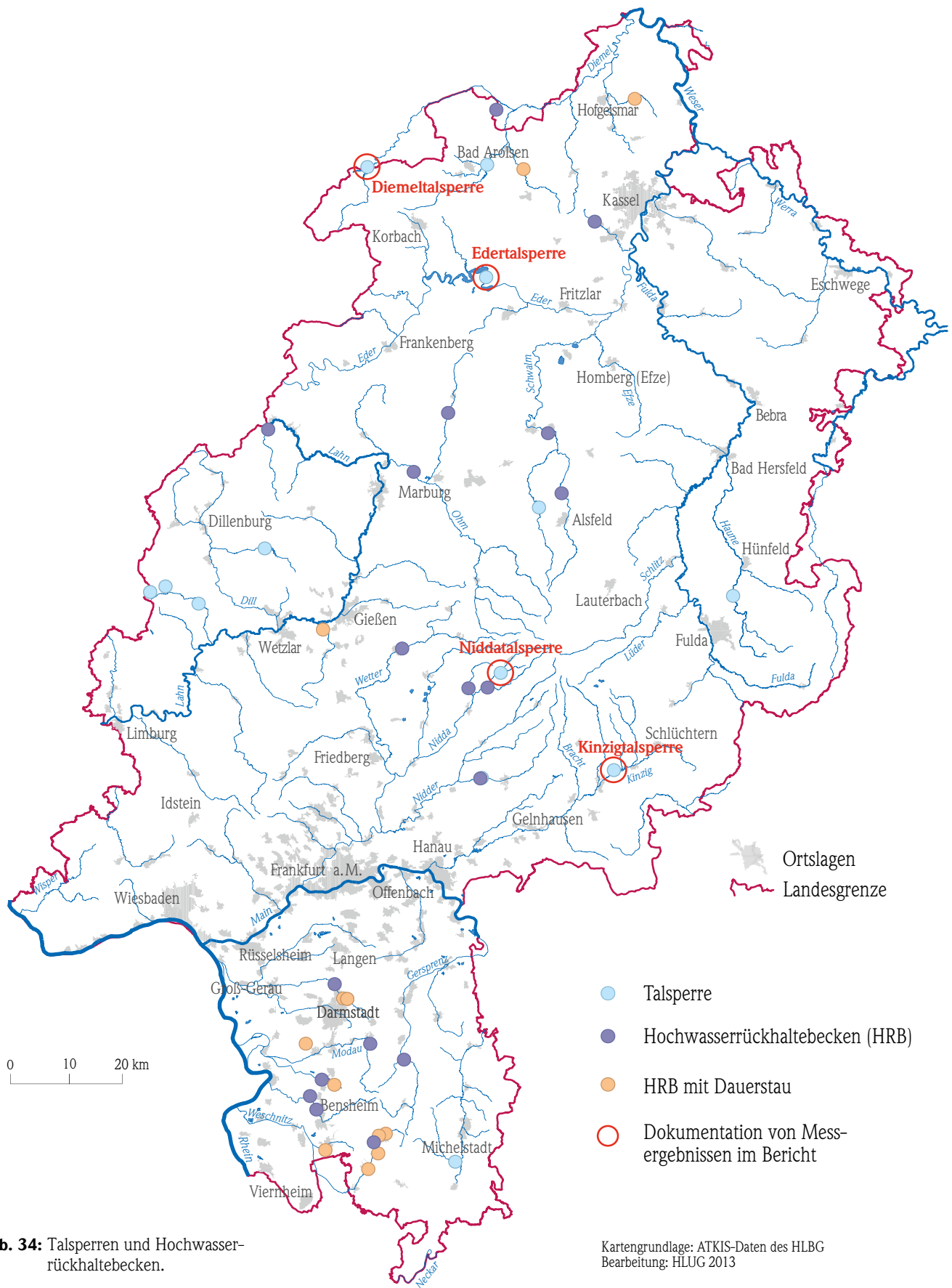
Abb. 32: Beckenfüllung der Edertalsperre 2012.

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

Im Jahr 2012 lag die Beckenfüllung (Abbildung 32) der Edertalsperre meist über den langjährigen monatlichen Mittelwerten, von März bis Mai war nahezu Vollstau erreicht. Im Juni wurde mehr Wasser abgelassen. Die ergiebigen Sommerregen füllten die Edertalsperre jedoch schnell wieder auf. Ab August wurde die Talsperre kontinuierlich geleert. Die niedrigsten Füllmengen wurden im November 2012 verzeichnet. Ende Dezember wurden die Niederschläge vermehrt zurückgehalten, so dass das Füllvolumen wieder anstieg.

### Diemeltalsperre (Diemelsee)

Wie die Edertalsperre dient die Diemeltalsperre der Niedrigwasseraufhöhung von Oberweser und Mittellandkanal, dem Hochwasserschutz, der Wasserkraftnutzung und zu Erholungszwecken. Das Füllvolumen umfasst ca. 10 % des Volumens der Edertalsperre. In der Diemeltalsperre lag die Füllmenge zu Beginn des Jahres oberhalb der mittleren Werte (Abbildung 35). Ab Mitte Mai bis Mitte Dezember wurden die Wassermengen stetig abgeführt. Gegen Ende des Jahres füllten die Niederschläge die Talsperre wieder auf.



**Abb. 34:** Talsperren und Hochwasserrückhaltebecken.

Kartengrundlage: ATKIS-Daten des HLBG  
 Bearbeitung: HLOG 2013

In Abbildung 36 sind die mittleren Jahresvolumen von Eder- und Diemeltalsperre denen der Vorjahre sowie dem langjährigen mittleren Füllvolumen gegenübergestellt. Die Beckenfüllung der Edertalsperre lag im Jahr 2012 im Mittel um 6 % über den Durchschnittswerten. Die Füllung der Diemeltalsperre betrug hingegen 93 % der mittleren Füllmenge.

### 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 37 und 38 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. In beiden Talsperren wurden die Füllmengen weitestgehend im Bereich der Stauziele gehalten. Die starken Regenfälle im Sommer führten zum Anstieg der Füllmengen. Auch die Niederschläge Ende Dezember wurden in den Talsperren zurückgehalten, wodurch die Mengen zunahmen.

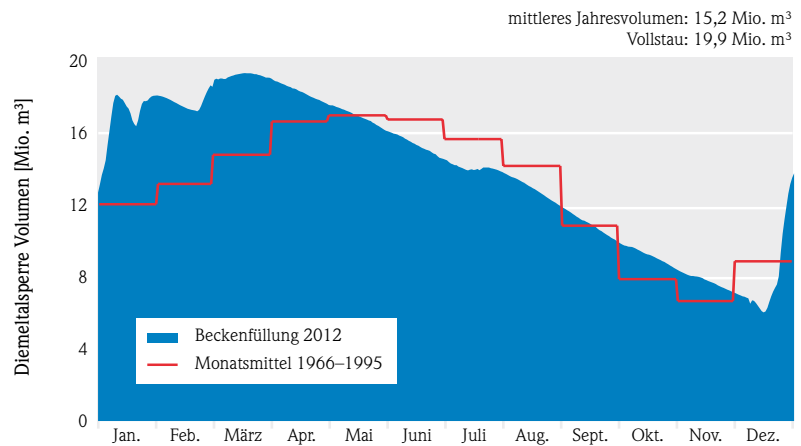


Abb. 35: Beckenfüllung der Diemeltalsperre 2012.

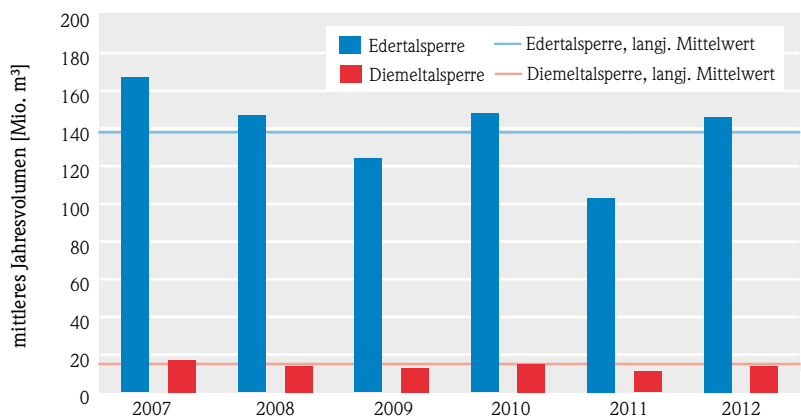


Abb. 36: Jahresfüllungen von Eder- und Diemeltalsperre 2007 bis 2012.

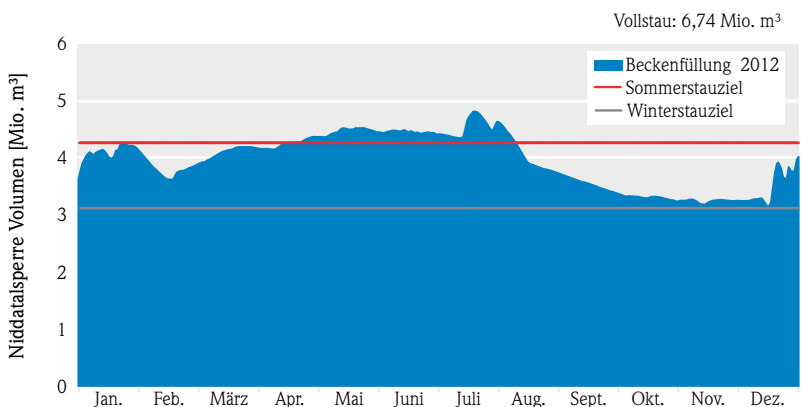
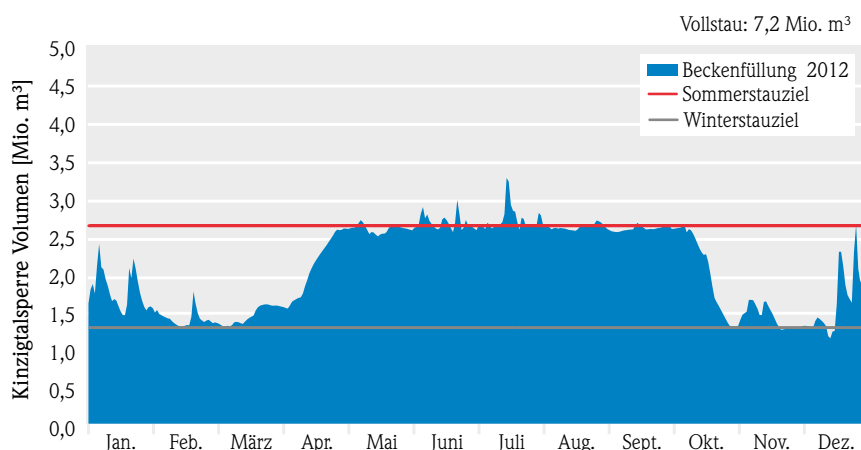


Abb. 37: Beckenfüllung der Niddatalsperre 2012.



**Abb. 38:** Beckenfüllung der Kinzigalsperre 2012.

## Wasserqualität der Fließgewässer

DR. CHRISTINA KLEIN

Das Jahr 2015 rückt näher, in dem eigentlich nach EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) der gute Zustand aller Gewässer erreicht werden soll. Im Zeitplan der WRRL ist die Spanne zwischen der Umsetzung der Maßnahmen und der Zielerreichung mit drei Jahren sehr eng bemessen, so dass auch für Hessen zwei weitere Maßnahmenprogramme bis zum Abschlussjahr 2027 notwendig sind. Dies gilt insbesondere im Hinblick auf die Verbesserung der biologischen Qualitätskomponenten, die sich neuen Gegebenheiten nur langsam anpassen. Die physikalisch-chemischen Einflussgrößen stellen eine Momentaufnahme der Wasserbeschaffenheit dar und unterliegen starken tageszeitlichen und saisonalen Schwankungen, so dass die besonderen meteorologischen Verhältnisse bei der Bewertung eines Jahresverlaufs mit berücksichtigt werden müssen. Die allgemeinen Kenngrößen Sauerstoffgehalt, Wassertemperatur und pH-Wert steuern die chemischen und biologischen Prozesse

im Gewässer und wirken sich damit nachhaltig auf den ökologischen Zustand aus. Eine entscheidende Rolle spielt neben der absoluten Intensität die Dauer von schädlichen Einwirkungen, die nur mit Hilfe kontinuierlicher Messungen erfasst werden können.

Das Land Hessen betreibt derzeit sieben ortsfeste Messstationen, in denen diese Kenngrößen ununterbrochen überwacht werden. Die Standorte liegen am Gebietsauslass, meist im Mündungsbereich oder an der hessischen Landesgrenze:

- am Main in Bischofsheim
- am Schwarzbach in Ginsheim
- an der Nidda und am Main in Nied
- an der Kinzig in Hanau
- an der Lahn in Oberbiel
- an der Werra in Witzenhausen
- an der Fulda in Wahnhausen.





**Abb. 39:** Kontinuierliche Messung von Wassertemperatur, Sauerstoff, Leitfähigkeit und pH-Wert in der Messstation Hanau.



**Abb. 40:** Automatischer Mischprobenehmer in der Station Bischofsheim.

Sie sind Bestandteil eines ausgedehnten Messnetzes (Abbildung 42) und zählen zu den insgesamt 13 Überblicksüberwachungsstellen nach Wasserrahmenrichtlinie. Die Überwachung umfasst sowohl die online Messungen mit Hilfe direkt im Probestrom installierter Sonden (Abbildung 39), als auch die automatische Mischprobenentnahme (Abbildung 40) und Einzelbeprobung (Abbildung 41) mit anschließender Analyse im Labor. Die Ergebnisse der kontinuierlichen Messung werden zu Halbstundenmittelwerten aggregiert und dreimal täglich an einen zentralen Rechner im Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie übertragen. Die so erfassten Rohdaten können auf der Internetseite <http://www.hlug.de/popups/wassermessdaten.html> eingesehen und herunter geladen werden. Die Datenbestände der meisten Parameter und Standorte gehen zurück bis in die 1990er Jahre, so dass diese Daten auch zur Trendermittlung verwendet werden können.

Derzeit werden die folgenden Parameter kontinuierlich gemessen:

- Sauerstoff
- pH-Wert
- Wassertemperatur
- Leitfähigkeit
- Trübung
- gelöstes Phosphat (Ortho-P) (außer in der Werra)

in der Werra in Witzenhausen zusätzlich

- Nitrat
- Chlorid.

Die folgende Abbildung 42 gibt einen Überblick über alle Messstellen des Jahresmessprogramms 2012 im Bereich der Fließgewässer und zeigt, welche spezifischen Untersuchungen an den einzelnen Messstellen vorgenommen wurden.



**Abb. 41:** Probenahmeleitungen zur manuellen Entnahme von Stichproben am rechten und linken Ufer des Mains in Bischofsheim.

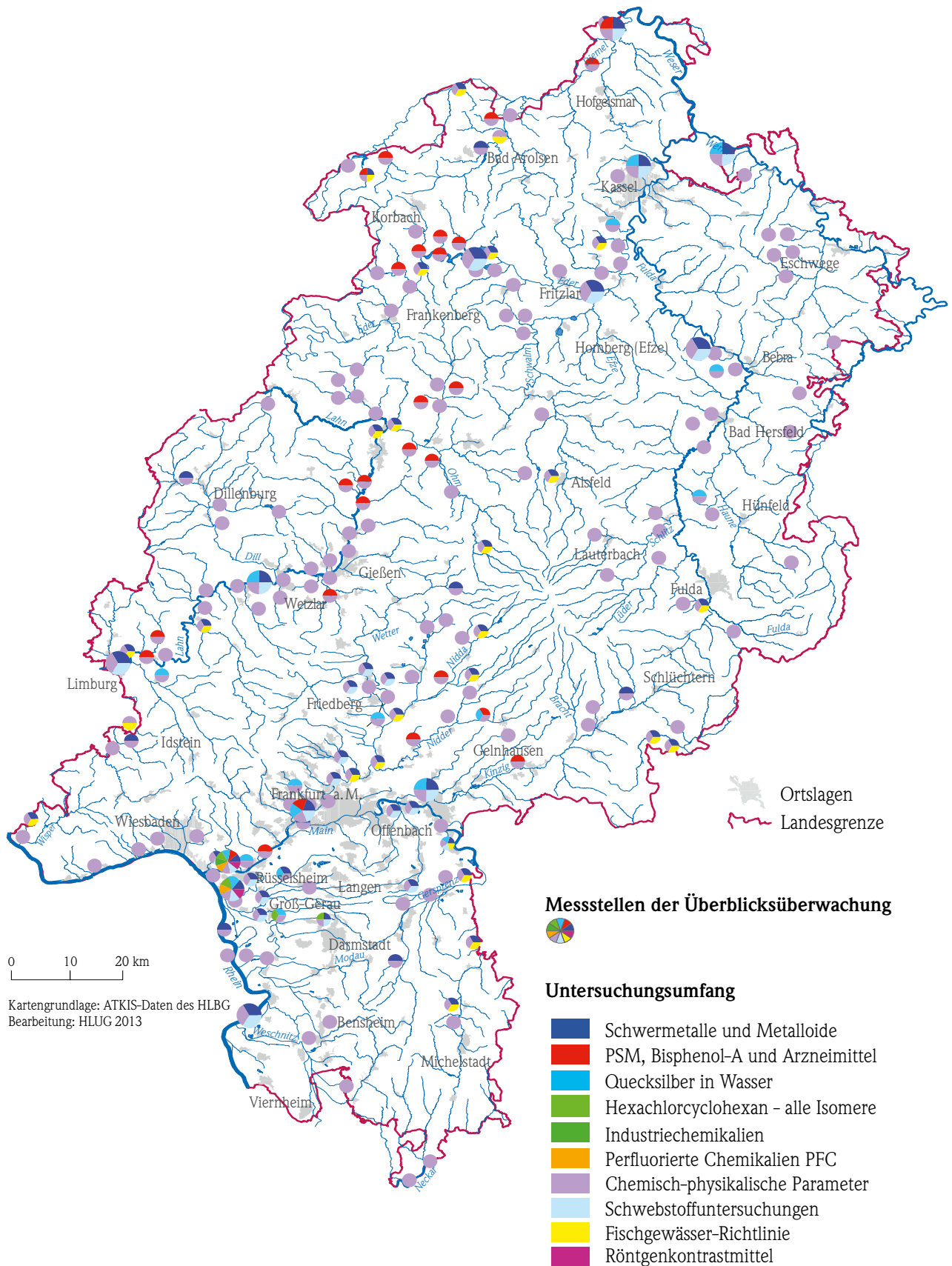
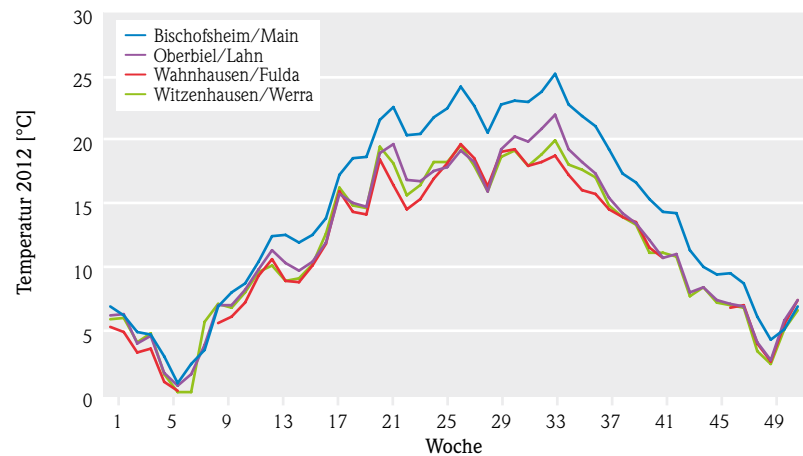


Abb. 42: Chemie-Fließgewässermessstellen in Hessen im Jahr 2012.

In der folgenden Grafik (Abbildung 43) ist der Jahresgang der Wassertemperatur für die Messstationen an den großen Flüssen Main, Lahn, Fulda und Werra wiedergegeben. Die Verläufe folgen in erster Linie dem Gang der mittleren Lufttemperatur (vgl. Kap. Witterung, Abbildung 3) und sind somit für alle vier Gewässer ähnlich. Die Maximalwerte liegen insbesondere in den Wintermonaten sehr dicht beieinander. Der Main zeigt ab April (13. Kalenderwoche) z. B. aufgrund der Wärmeeinleitungen der anliegenden Kraftwerke und Industriebetriebe deutlich höhere Temperaturen. So wird in der 34. Kalenderwoche der Orientierungswert von 25 °C (Tmax) überschritten. Bezogen auf die Halbstundenmittelwerte beträgt das Maximum 26,3 °C auf der linken Seite des Mains (s. auch Abbildung 44a). Diese Wärmebelastung mit Temperaturen oberhalb der 25 °C-Marke hält über den Zeitraum von ungefähr einer Woche an.



**Abb. 43:** Jahresganglinien des Wochenmaximum<sup>1</sup> bezogen auf die Halbstundenwerte der Temperatur an vier Messstationen.

Die Jahresganglinien der minimalen Sauerstoffgehalte (Abbildung 45) bezogen auf die Halbstundenmittelwerte zeigen einen starken Einbruch ab der 20. Kalenderwoche. Am Main in Bischofsheim ist diese Konzentrationsabnahme sehr deutlich ausgeprägt. Die Sauerstoffgehalte gehen bis auf 2,8 mg/l



**Abb. 44a:** Jahresgang der Wassertemperatur im Main linkes Ufer (Messstation Bischofsheim).



**Abb. 44b:** Jahresgang der Wassertemperatur in der Lahn (Messstation Oberbiel).

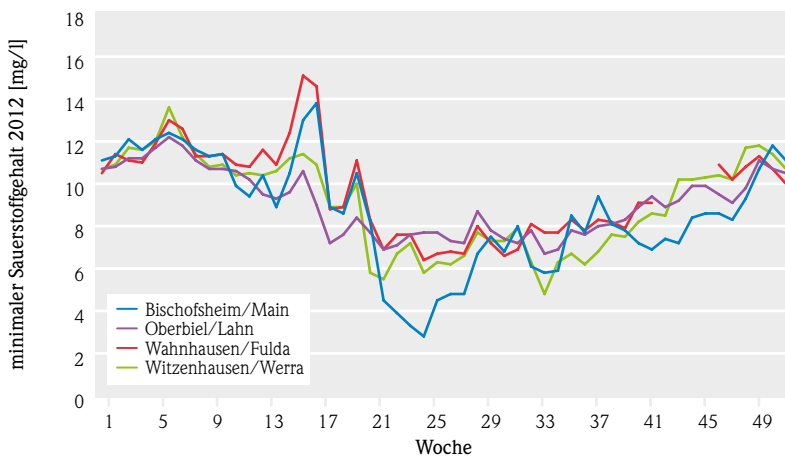


**Abb. 44c:** Jahresgang der Wassertemperatur in der Werra (Messstation Witzenhausen).



**Abb. 44d:** Jahresgang der Wassertemperatur in der Fulda (Messstation Wahnhausen).

<sup>1</sup> Für den Main in Bischofsheim wurden die Mittelwerte der Temperaturmaxima aus rechtem und linkem Ufer berechnet und dargestellt.



**Abb. 45:** Jahresganglinien des Wochenminimums bezogen auf Halbstundenwerte des Sauerstoffgehaltes an den vier Messstationen an Main, Lahn, Fulda und Werra.

stoffeinbrüche sind jedes Jahr in den Frühjahrsmonaten zu beobachten und je nach Witterungsbedingungen mehr oder weniger stark ausgeprägt.

Sie treten dann auf, wenn die Photosyntheseaktivität der Wasserpflanzen aufgrund der zunehmenden Phytoplanktonentwicklung ein Maximum erreicht hat. Wird die Sauerstoffproduktion in dieser Situation durch fehlende Sonneneinstrahlung oder durch den Eintrag von Trübstoffen unterbunden, kommt es verstärkt zur biologischen Sauerstoffzehrung und Veratmung verbunden mit einem steilen Abfall der Sauerstoffkonzentration.

zurück und liegen damit weit unter dem gewässertypabhängigen Orientierungswert im Minimum von 6 mg/l. Die Werra unterschreitet diesen Wert ebenfalls und zeigt mit 4,8 mg/l in der 34. Kalenderwoche die geringste Sauerstoffkonzentration. Diese Sauer-

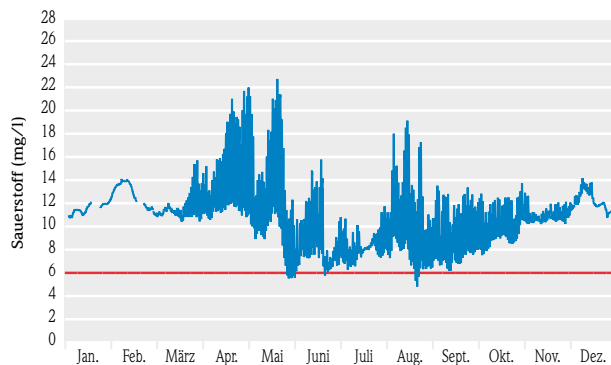
stoffkonzentrationen sind in den beiden Abbildungen 44 und 46 dargestellt. In diesen Diagrammen werden einerseits die tageszeitlich sehr stark schwankenden



**Abb. 46a:** Jahresgang der Sauerstoffkonzentration im Main linkes Ufer (Messstation Bischofsheim.)



**Abb. 46b:** Jahresgang der Sauerstoffkonzentration in der Lahn (Messstation Oberbiel).



**Abb. 46c:** Jahresgang der Sauerstoffkonzentration in der Werra (Messstation Witzzenhausen).

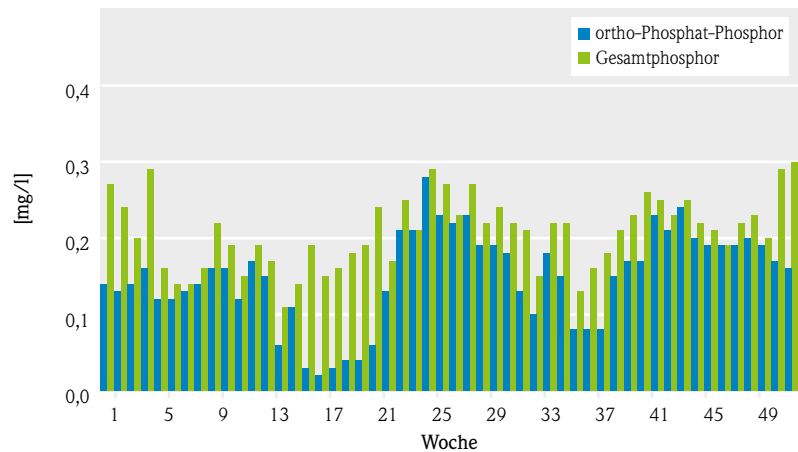


**Abb. 46d:** Jahresgang der Sauerstoffkonzentration in der Fulda (Messstation Wahnhausen).

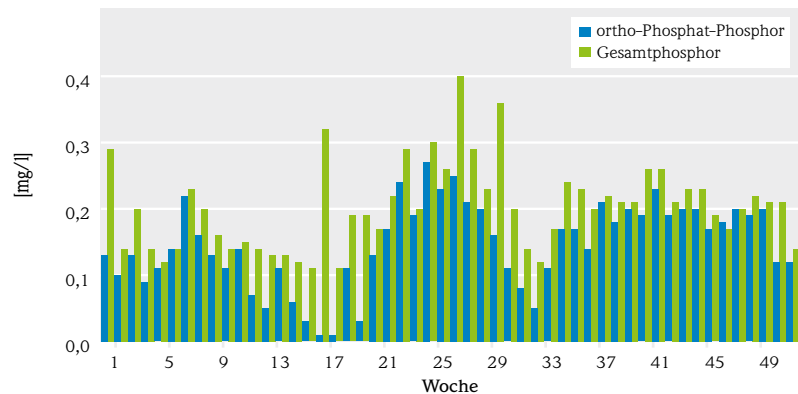
Werte, andererseits auch die Dauer der Belastungssituation deutlich.

Betrachtet man die Temperaturkurven (Abbildungen 43 und 44a-d), so erkennt man, dass lediglich der Main in Bischofsheim Anfang Juli und Ende August das Maximum von 25°C überschreitet. Werra, Lahn und Fulda hingegen zeigen ganzjährig Temperaturen unterhalb dieses Wertes. Die Tag- / Nachtschwankungen sind an der Werra am stärksten ausgeprägt. Diese wechselnden Temperaturen beeinflussen die Löslichkeit des Sauerstoffs im Wasser dergestalt, dass mit steigender Temperatur die Löslichkeit ab- und mit sinkender Temperatur die Löslichkeit zunimmt. Viel stärker wird der Sauerstoffgehalt jedoch durch die Photosynthese beeinflusst. Dies zeigt sich darin, dass die nahezu gleichzeitig mit den hohen Temperaturen auftretenden Sauerstoffmaxima von 22 mg/l die Sättigungskonzentration bei Weitem überschreiten. Sie werden in den Nachmittagsstunden um ca. 16 Uhr gemessen.

In den nachfolgenden Diagrammen (Abbildung 47 und Abbildung 48) sind die Konzentrationsverläufe des gelösten Phosphats (Ortho-Phosphat) und des Gesamtphosphors im Main und in der Werra dargestellt. Die Jahresganglinien des gelösten Phosphates zeigen an beiden Standorten einen deutlich wellenförmigen Verlauf. Die Wellenberge mit den höchsten Konzentrationen liegen Mitte Juni und Mitte Oktober. Die minimalen Konzentrationen werden nahezu gleichzeitig mit dem Sauerstoffmaximum in der 17. Kalenderwoche gemessen (vgl. Abbildung 46). Zu dieser Zeit wird das pflanzenverfügbare gelöste Phosphat in die Biomasse eingebaut. Dadurch geht die Konzentration dieses Phosphatanteils im Gewässer stark zurück. In diesem sich etwa über vier bis sieben Wochen erstreckenden Zeitraum können die Orientierungswerte für Ortho-Phosphat von 0,07 mg/l eingehalten werden. Der Jahresgang der Konzentration von Gesamtphosphor verläuft etwas gleichmäßiger und zeigt ganzjährig



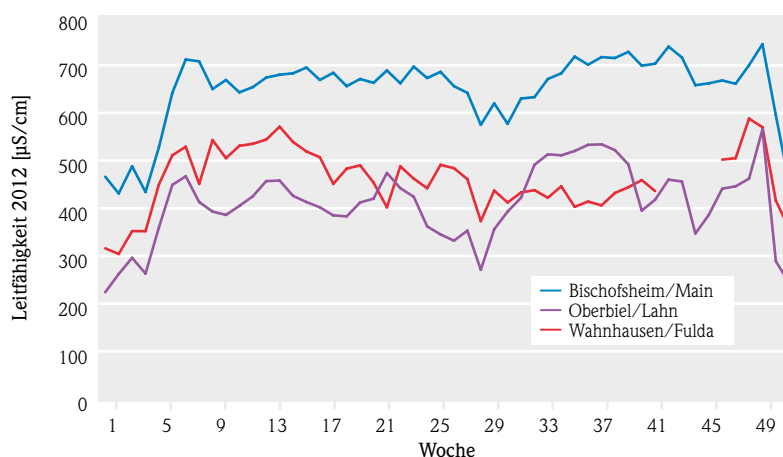
**Abb. 47:** Konzentration von ortho-Phosphat-Phosphor und Gesamtphosphor in den Wochenmischproben 2012 in der Messstation Bischofsheim/Main.



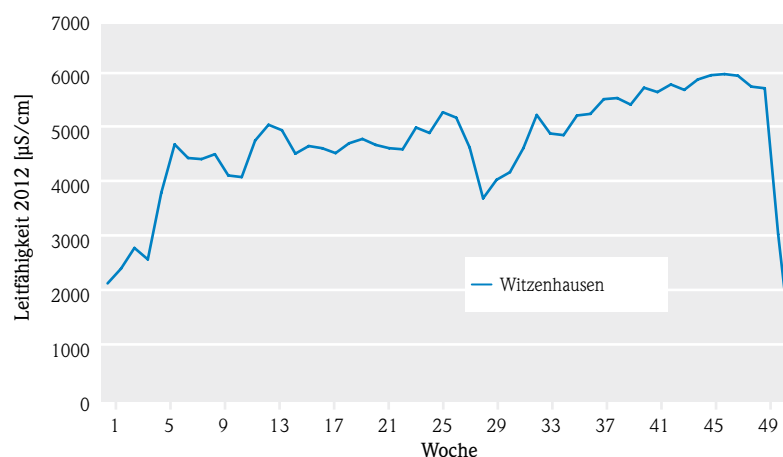
**Abb. 48:** Konzentration von ortho-Phosphat-Phosphor und Gesamtphosphor in den Wochenmischproben 2012 in der Messstation Witzhausen/Werra.

Überschreitungen des Orientierungswertes von 0,1 mg/l Gesamtphosphor. Der Anteil an gebundenem Phosphat (Differenz aus Gesamtphosphor und Ortho-Phosphat) ist vor allem in den Frühjahrs- und Wintermonaten groß. In der 16. bis 21. Woche ist dies auf den Einbau des gelösten Phosphates in die Biomasse zurückzuführen, während sich in den Wintermonaten vor allem der zusätzliche Eintrag von an Partikel gebundenem Phosphat bemerkbar macht.

Die elektrische Leitfähigkeit ist ein Maß für den Gehalt an gelösten Salzen. Sie ist einerseits abhängig von den geogenen Bedingungen des Fließgewässers, andererseits aber auch ein Indikator für anthropogene Salzbelastungen. Quellwässer aus Kalkgesteinen (Keuper, Jura, Mergel) können Leitfähigkeiten über 1000 µS/cm aufweisen. Die hier betrachteten Gewässer sollten aufgrund ihrer geogenen Vorausset-



**Abb. 49:** Jahresganglinien der elektrischen Leitfähigkeit im Main (Messstation Bischofsheim), in der Lahn (Messstation Oberbiel) und in der Fulda (Messstation Wahnhausen) (Wochenmittelwerte).



**Abb. 50:** Jahresganglinie der elektrischen Leitfähigkeit in der Werra (Messstation Witzenhausen) (Wochenmittelwerte).

zungen Leitfähigkeiten unterhalb von 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  aufweisen. In Abbildung 49 zeigt sich, dass der Main gegenüber den Flüssen Lahn und Fulda ganzjährig über hohe Leitfähigkeiten verfügt, was auf die regelmäßigen Einleitungen der anliegenden Industriebetriebe zurückzuführen ist. In den abflussreichen Wintermonaten ist die Leitfähigkeit an allen Standorten aufgrund der erhöhten Verdünnung durch Regenwassereinträge sehr viel geringer als in den restlichen Monaten. In der 29. Kalenderwoche zeigt sich in allen betrachteten Gewässern ein ausgeprägtes Minimum durch die Sommerniederschläge im Juli. In der Werra (Abbildung 50) ist die Leitfähigkeit auf-

grund des hohen Chloridgehaltes bis um den Faktor 10 höher als an den anderen Fließgewässern.

In den nachfolgenden Tabellen 4 und 5 sind für die beiden Messstationen an der Werra in Witzenhausen und am Main in Bischofsheim beispielhaft die Ergebnisse der Sondenmessung aggregiert auf Wochenmittelwerte bzw. Wochenextremwerte und die Ergebnisse der Labormessungen aus den Wochenmischproben für ausgewählte Kohlenstoff-, Stickstoff und Phosphorparameter dargestellt. Zusätzlich ist der Abfluss<sup>2</sup> als Wochenmittelwert angegeben.

<sup>2</sup> Datenquelle: Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV), bereitgestellt durch die Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG)

**Tab. 4:** Messergebnisse 2012 der Messstation Witzenhausen/Werra.

Periode	Abfluss Q*	Tempe- ratur	Gelöster Sauerstoff O <sub>2</sub> min	pH- Wert	elektr. Leitfähig- keit	Gesamt- Stickstoff	Gesamt org. Kohlenstoff TOC	Ortho- Phosphat- Phosphor PO <sub>4</sub> -P	Gesamt- Phosphor
Woche	[m <sup>3</sup> /s]	[°C]	[mg/l]		[µS/cm]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]
Hinweis: Abfluss = Wochenmittelwert; Temperatur, pH-Wert, elektr. Leitf. = Halbstunden-Mittelwert; O <sub>2</sub> min = niedrigster Halbstundenwert; Gesamt-N, TOC, o-Phosphat-P = Wochenmischprobe. Bezugspunkt ist die jeweilige Periode = Woche!									
1	120,4	5,9	10,7	7,6	2120	4,2	7,4	0,13	0,29
2	134	6,0	10,9	7,6	2390	4,2	4,8	0,10	0,14
3	119,7	4,1	11,7	7,6	2770	4,3	7,9	0,13	0,20
4	142,4	4,8	11,6	7,6	2560	4,2	4,1	0,09	0,14
5	71,5	1,6	12,0	7,7	3780	4,7	3,1	0,11	0,12
6	46	0,2	13,6	8,0	4670	4,7	2,3	0,14	0,14
7	43,3	0,2	12,2	8,2	4420	4,6	4,4	0,22	0,23
8	51,1	5,7	11,4	8,0	4400	4,5	4,5	0,16	0,20
9	52,1	7,1	10,8	8,0	4490	3,7	3,2	0,13	0,16
10	56,9	6,8	10,9	8,1	4100	3,6	2,9	0,11	0,14
11	47,8	8,0	10,4	8,1	4070	3,6	3,0	0,14	0,15
12	42,9	9,6	10,5	8,2	4740	3,4	4,5	0,07	0,14
13	35,6	10,1	10,4	8,5	5030	3,4	3,6	0,05	0,13
14	33,5	8,9	10,6	8,4	4930	3,7	3,9	0,11	0,13
15	30,4	9,1	11,2	8,5	4500	3,4	3,6	0,06	0,12
16	26,5	10,2	11,4	8,9	4640	3,1	5,3	0,03	0,11
17	26	12,6	10,9	9,0	4600	2,8	6,7	0,01	0,32
18	23,6	16,2	8,9	8,7	4510	3,1	9,1	0,01	0,11
19	29,9	14,8	8,9	8,6	4690	3,0	6,0	0,11	0,19
20	23,7	14,6	10,0	9,1	4770	2,5	6,4	0,03	0,19
21	19,6	19,4	5,8	9,0	4660	2,2	4,6	0,13	0,17
22	20	18,1	5,5	8,4	4600	2,7	5,2	0,17	0,22
23	25,9	15,6	6,7	8,2	4580	3,3	6,5	0,24	0,29
24	21,4	16,4	7,2	8,5	4980	3,2	6,7	0,19	0,20
25	31,2	18,2	5,8	8,0	4880	3,5	6,8	0,27	0,30
26	26,9	18,2	6,3	8,0	5260	3,3	5,4	0,23	0,26
27	28,3	19,5	6,2	8,1	5160	3,4	8,0	0,25	0,40
28	32,8	17,9	6,6	8,1	4610	3,2	8,8	0,21	0,29
29	51,4	15,9	7,7	8,0	3680	2,7	5,4	0,20	0,23
30	36,3	18,6	7,3	8,2	4020	2,8	4,4	0,16	0,36
31	29,9	19,1	7,3	8,4	4160	2,8	7,5	0,11	0,20
32	24,8	17,9	7,9	8,7	4600	2,8	5,7	0,08	0,14
33	20,3	18,8	6,3	8,9	5210	2,1	4,2	0,05	0,12
34	19,2	19,9	4,8	8,6	4870	2,5	5,5	0,11	0,17
35	19,2	18,0	6,3	8,3	4840	3,0	4,3	0,17	0,24
36	16,2	17,6	6,7	8,3	5200	3,1	3,8	0,17	0,23
37	17,9	17,0	6,2	8,2	5230	3,0	4,0	0,14	0,20
38	16,5	14,8	6,8	8,2	5500	3,5	3,5	0,21	0,22
39	18	13,9	7,6	8,2	5520	3,6	3,6	0,18	0,21
40	17,4	13,3	7,5	8,2	5400	3,5	3,9	0,20	0,21
41	19,4	11,1	8,2	8,3	5710	3,4	4,1	0,19	0,26
42	18,4	11,1	8,6	8,2	5630	3,7	3,1	0,23	0,26
43	16	10,8	8,5	8,2	5770	3,5	3,7	0,19	0,21
44	19,7	7,7	10,2	8,3	5670	3,5	3,6	0,20	0,23
45	29,7	8,4	10,2	8,2	5860	5,0	4,4	0,20	0,23
46	26	7,2	10,3	8,1	5940	5,5	3,7	0,17	0,19
47	20,7	7,0	10,4	8,1	5960	5,9	3,7	0,18	0,17
48	23,4	6,8	10,2	8,2	5930	6,0	3,2	0,20	0,20
49	25	3,4	11,7	8,3	5730	5,9	4,1	0,19	0,22
50	28,9	2,4	11,8	8,3	5700	6,7	6,4	0,20	0,21
51	104,3	5,1	11,4	8,1	3020	7,3	14,0	0,12	0,21
52	209,6	6,6	10,7	8	850				

\* Datenquelle: Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV), bereitgestellt durch die Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG)

**Tab. 5:** Messergebnisse 2012 der Messstation Bischofsheim/Main.

Periode	Abfluss Q*	Tempe- ratur	Gelöster Sauerstoff O <sub>2</sub> min	pH- Wert	elektr. Leitfähig- keit	Gesamt- Stickstoff	Gesamt org. Kohlenstoff TOC	Ortho- Phosphat- Phosphor PO <sub>4</sub> -P	Gesamt- Phosphor
Woche	[m <sup>3</sup> /s]	[°C]	[mg/l]		[µS/cm]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]
Hinweis: Abfluss = Wochenmittelwert; Temperatur, pH-Wert, elektr. Leitf. = Halbstunden-Mittelwert; O <sub>2</sub> min = niedrigster Halbstundenwert; Gesamt-N, TOC, o-Phosphat-P = Wochenmischprobe. Bezugspunkt ist die jeweilige Periode = Woche!									
1	525,6	6,9	11,1	7,9	466	5,2	7,5	0,14	0,27
2	557	6,2	11,3	7,9	431	4,9	8,3	0,13	0,24
3	452,6	4,9	12,1	8,0	488	5,0	6,6	0,14	0,20
4	665,1	4,7	11,6	7,9	434	4,5	8,4	0,16	0,29
5	287,9	3,0	12,1	8,0	528	4,8	5,7	0,12	0,16
6	184	0,9	12,4	8,0	642	5,5	4,2	0,12	0,14
7	201,6	2,4	12,1	8,0	712	6,3	3,7	0,13	0,14
8	280	3,5	11,6	8,0	708	6,3	4,4	0,14	0,16
9	251,9	6,9	11,3	8,0	650	5,2	4,5	0,16	0,22
10	239	8,0	11,4	4,3	669	5,4	4,4	0,16	0,19
11	197	8,7	9,9	8,0	643	5,2	4,2	0,12	0,15
12	172,1	10,4	9,4	8,1	654	5,1	4,4	0,17	0,19
13	147,3	12,4	10,4	8,4	674	5,2	5,0	0,15	0,17
14	143,3	12,5	8,9	8,4	680	4,6	5,1	0,06	0,11
15	145,7	11,9	10,5	8,3	683	5,1	4,9	0,11	0,14
16	125	12,5	13,0	8,7	695	4,9	7,1	0,03	0,19
17	127,7	13,8	13,8	8,5	669	4,8	6,6	0,02	0,15
18	117,6	17,2	8,9	8,4	684	4,7	6,7	0,03	0,16
19	146	18,5	8,6	8,4	656	4,5	8,2	0,04	0,18
20	127,1	18,6	10,5	8,6	671	4,1	9,5	0,04	0,19
21	105,3	21,5	8,2	8,7	663	3,8	8,6	0,06	0,24
22	103,5	22,5	4,5	8,4	689	3,4	6,3	0,13	0,17
23	136,4	20,3	3,9	8,0	662	3,8	6,3	0,21	0,25
24	127	20,4	3,3	7,7	697	4,2	4,6	0,21	0,21
25	131	21,7	2,8	7,6	673	4,1	5,4	0,28	0,29
26	118,6	22,4	4,5	7,8	686	4,1	4,6	0,23	0,27
27	149	24,1	4,8	7,9	656	3,8	4,4	0,22	0,23
28	139,6	22,6	4,8	7,8	642	3,8	5,1	0,23	0,27
29	157	20,5	6,7	7,8	575	3,6	5,3	0,19	0,22
30	126	22,7	7,5	8,1	620	3,5	5,3	0,19	0,24
31	114,3	23,0	6,8	8,1	577	3,2	5,5	0,18	0,22
32	95,7	22,9	8,0	8,6	630	3,4	6,4	0,13	0,21
33	89,5	23,7	6,1	8,2	633	2,9	5,5	0,10	0,15
34	89,6	25,1	5,8	8,2	671	3,2	5,6	0,18	0,22
35	87,9	22,7	5,9	8,4	683	3,2	5,8	0,15	0,22
36	77,3	21,8	8,5	8,5	718	3,4	5,2	0,08	0,13
37	94,7	21,0	7,7	8,2	701	3,4	5,9	0,08	0,16
38	86,4	19,2	9,4	8,6	717	3,7	6,5	0,08	0,18
39	103,8	17,3	8,1	8,3	715	4,1	5,5	0,15	0,21
40	95,3	16,6	7,8	8,1	728	4,5	5,8	0,17	0,23
41	109	15,3	7,2	7,8	699	4,5	5,0	0,17	0,26
42	90	14,3	6,9	7,7	703	4,8	4,4	0,23	0,25
43	89,9	14,2	7,4	7,7	739	4,7	5,0	0,21	0,23
44	122,5	11,3	7,2	7,8	716	4,6	4,1	0,24	0,25
45	202,6	10,0	8,4	7,8	658	6,4	4,6	0,20	0,22
46	143,7	9,4	8,6	7,8	662	6,5	4,5	0,19	0,21
47	102,8	9,5	8,6	7,7	668	7,1	5,7	0,19	0,19
48	151,3	8,7	8,3	7,8	661	7,4	5,9	0,19	0,22
49	164,3	6,1	9,3	7,9	700	7,3	4,4	0,20	0,23
50	176,1	4,3	10,7	7,9	744	8,0	5,2	0,19	0,20
51	574,7	5,1	11,8	7,9	595	9,1	11,0	0,17	0,29
52	810,3	6,9	11,1	7,8	451	7,4	11,0	0,16	0,30

\* Datenquelle: Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV), bereitgestellt durch die Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG)



## Wie viel Struktur braucht der Fisch?

DR. MECHTHILD BANNING UND ELISABETH SCHLAG

Flüsse und Bäche zählen zu den vielfältigsten und komplexesten Ökosystemen. Sie sind die Lebensadern einer Landschaft. Unzähligen Tier- und Pflanzenarten bieten sie ein Zuhause. Mehr als die Hälfte aller in Mitteleuropa vorkommenden, vom Aussterben bedrohten Tier- und Pflanzenarten sind direkt oder indirekt an die Gewässer oder die angrenzenden Feuchtgebiete gebunden. Nicht zuletzt aus diesem Grunde haben Flüsse und Bäche eine herausragende Bedeutung. Nachdem über viele Jahrhunderte der Mensch in die Gewässerökosysteme eingegriffen hat, sind inzwischen natürliche oder naturnahe Flüsse und Bäche selten geworden (HUGO et al. 2012).

Die seit den 1970er Jahren verstärkt durchgeführten Abwasserreinigungsmaßnahmen von Städten, Gemeinden und Industrie führten zwar zu enormen Verbesserungen des Gütezustands der Fließgewässer; dennoch stellte sich meist keine naturnahe Fauna mehr ein. Ursache dafür ist oft die vom Menschen veränderte Gewässerstruktur (Begradigungen, Verrohrungen, Uferbefestigungen ...). Es überrascht daher nicht, dass auch in Hessen ein großer Handlungsbedarf zur Verbesserung der Gewässerstruk-

tur und zur Wiederherstellung der Durchgängigkeit besteht. Bereits im Zuge der Aufstellung des ersten Maßnahmenprogramms Wasserrahmenrichtlinie (HMUELV 2009a) galt es, Art und Umfang geeigneter Maßnahmen abzuleiten; die Operationalisierung von Umweltzielen war dabei eine grundlegende Voraussetzung.

Das Konzept der operationalisierten morphologischen Umweltziele geht davon aus, dass je nach Gewässertyp und Fischregion, eine bestimmte Mindestausprägung von Strukturmerkmalen je Bewertungsabschnitt vorhanden sein muss, damit dieser als „lebensraumgeeignet“ angesehen werden kann. Die Verteilung dieser höherwertigen Gewässerabschnitte bzw. deren Anteile zeigen dann an, ob aus struktureller Sicht ausreichend hochwertige Lebensräume vorhanden sind oder ob Maßnahmen zur Entwicklung weiterer lebensraumgeeigneter Gewässerstrukturen zu ergreifen sind (HMUELV 2009b). Zur Ableitung der (operationalisierten) morphologischen Umweltziele wurden in Hessen die Daten der Gewässerstrukturkartierung aus den Jahren 1997/98 herangezogen. Grundlegende Vorarbeiten leisteten

dazu die beiden in den Jahren 2005–2006 durchgeführten Pilotprojekte „Modau“ (RP Darmstadt 2007) und „Fulda/Eder/Schwalm“ (RP Kassel 2007). In beiden Pilotprojekten wurde u.a. die Beziehung zwischen signifikanten Strukturparametern und fischzönotischer Ausstattung in untergeordnetem Maße auch zur Fischnährtierfauna untersucht.

Auf dieser Grundlage aufbauend wurden gemäß den Ansprüchen der zu erwartenden Leitfischarten (siehe Tabelle 6) je nach Gewässertyp und Fischregion unterschiedliche morphologische Mindestanforderungen abgeleitet.



**Abb. 51:** Bachabschnitt mit höherwertigen Strukturen: die fast über das gesamte Bachbett verlaufende Querbank bedingt hier eine relativ hohe Strömungs- und Substratdiversität.

**Tab. 6:** Leitfischarten in Hessen und ihr Vorkommen innerhalb einzelner Fischregionen (grau hinterlegt: Ansprüche der jeweiligen Fischart dienen zur Ableitung der morphologischen Umweltziele).

Fischart	Leitart in Fischregion				
	Epirhital (obere Forellenregion)	Metarhital (untere Forellenregion)	Hyporhital (Äschenregion)	Epipotamal (Barbenregion)	Metapotamal (Brachsenregion)
Bachforelle	x	x	(x)		
Koppe	x	x	(x)		
Bachneunauge		x	(x)		
Äsche		(x)	x	x	
Elritze		(x)	x	x	
Gründling		(x)	x	x	
Hasel		(x)	x	x	
Schneider		(x)	x	x	
Schmerle		(x)	x	(x)	
Barbe			x	x	
Döbel			x	x	
Nase			x	x	
Rotauge			(x)	x	x
Barsch				(x)	x
Steinbeißer				(x)	x
Ukelei				(x)	x
Brassen (= Brachsen)					x

x = Hauptvorkommen (x) = Vorkommen möglich

Beispielsweise gelten für die Forellenregion in den silikatischen Mittelgebirgsbächen mit den Leitfischarten Bachforelle, Mühlkoppe und Bachneunauge folgende Ziele: Tiefen – und Breitenvarianz: sehr groß, groß oder mäßig & Strömungsdiversität: sehr groß, groß oder mäßig & Längs- und Querbänke: mindestens 1x auf 100 m vorhanden & besondere Sohlenstrukturen: mindestens 2x auf 100 m vorhanden oder mindestens große Substratvielfalt & natürliches Sohlensubstrat

Bei der Aufstellung des Maßnahmenprogramms stellte sich weiterhin die Frage, auf wieviel Prozent der Gewässerlänge gute Strukturen für die Aufrechterhaltung einer intakten Fischzönose vorhanden sein müssen. Dazu wurden zunächst die bis Ende 2007 vorhandenen Überwachungsergebnisse zur Fischfauna mit dem jeweiligen Anteil höherwertiger Strukturen innerhalb eines Wasserkörpers verglichen. Im Ergebnis zeigte sich, dass die Fischfauna einen guten ökologischen Zustand aufwies, wenn der Anteil von strukturell hochwertigen Abschnitten in einem Wasserkörper im Mittel bei 36 % lag (siehe Tabelle 7). Zur Absicherung dieser Annahme wurde die gleiche Auswertung mit weiteren Ergebnissen erneut 2009 und 2012 durchgeführt. Wie anhand der Tabelle 7 zu erkennen ist, bestätigt sich die Aussage, dass es für die Aufrechterhaltung bzw. Wiederansiedlung einer intakten Fischfauna ausreicht, wenn gut ein Drittel der Gewässerstrecke höherwertige Strukturen auf-

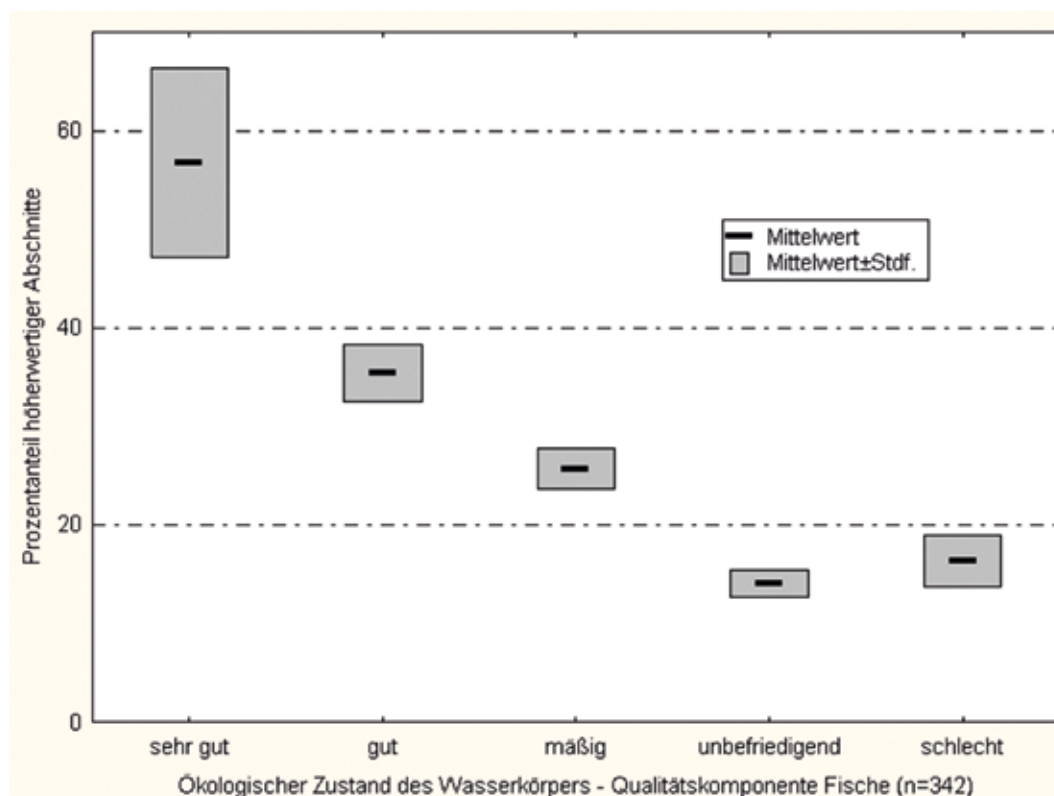
weist. Zudem kann man anhand der Abbildung 52 gut erkennen, dass es einen nahezu linearen Zusammenhang zwischen dem Anteil guter Gewässerstrukturen und dem ökologischen Zustand der Fischfauna gibt. So sinkt der Anteil kontinuierlich von 57 % höherwertiger Strukturen (beim sehr guten Zustand) auf einen Anteil von 14 bzw. 16 % (beim unbefriedigenden und schlechten Zustand) ab.

Im Jahr 2013 ist auf der Basis der von Herbst 2012 bis Frühjahr 2013 für die nach der Wasserrahmenrichtlinie zu betrachtenden Gewässer erneut durchgeführte Strukturkartierung eine Überprüfung der morphologischen Mindestanforderungen vorgesehen.

Andere ebenfalls auf die Fischfauna einwirkende Faktoren (z.B. Wiederbesiedlungspotenzial, Durchgängigkeit, stoffliche Belastung) wurden bei dieser

**Tab. 7:** Mittlerer Anteil strukturell höherwertiger Abschnitte in einem Wasserkörper, in denen die Ergebnisse der Fischfauna einen guten ökologischen Zustand anzeigen.

Untersuchungsjahre	Anzahl bewerteter Wasserkörper	Anzahl der Untersuchungen	Anteil strukturell höherwertiger Abschnitte in Wasserkörpern mit gutem ökologischen Zustand
2005 - 2007	282	489	Ø 36 %
2005 - 2009	319	884	Ø 37 % (Median 36 %)
2005 - 2012	342	1520	Ø 35 % (Median 34 %)



**Abb. 52:** Anteil strukturell höherwertiger Abschnitte in einem Wasserkörper im Verhältnis zur Bewertung des ökologischen Zustands anhand der Fischfauna = 342 Wasserkörper).

Auswertung jeweils außer Acht gelassen. Die Ergebnisse in einzelnen Wasserkörpern können somit stark abweichen. Bei der Maßnahmenplanung ist deshalb immer das einzelne Gewässer zu betrachten.

Wie oben erläutert, ist es weder erforderlich noch machbar, dass auf der gesamten Gewässerlänge höherwertige Strukturen vorhanden sind. Bei der räumlichen Maßnahmenverortung wurde jedoch darauf geachtet, dass eine möglichst gleichmäßige Verteilung strukturell höherwertiger Abschnitte erreicht wird. Ideal wäre, wenn die Gewässerabschnitte, die die morphologischen Mindestanforderungen erfüllen, über den gesamten Gewässerverlauf homogen ver-

teilt sind, so dass diese Gewässerabschnitte jeweils als Trittsteinhabitate der Gewässerfauna zur Verfügung stehen.

Auch dürfen keine weiteren signifikanten Belastungen vorliegen. So zeigen zum Beispiel die Auswertungen des HLUG, dass Strukturverbesserungsmaßnahmen sich nicht verbessernd auf die Fauna auswirken können, wenn die Strukturverbesserung durch eine stoffliche Belastung maskiert wird.

In vielen Fließgewässern in Hessen werden häufig sowohl strukturelle Defizite bei gleichzeitig erhöhten Nährstoffkonzentrationen und teilweise auch

Belastungen mit leicht abbaubaren – und dadurch sauerstoffzehrenden – organischen Substanzen vorgefunden. Demzufolge wird eine deutliche Verbesserung der ökologischen Gesamtsituation oft nur durch strukturelle Verbesserungsmaßnahmen und durch Minderung der Nährstoffbelastung/organischen Belastung möglich sein (siehe auch Bericht zur Gewässergütekarte HLOG 2010).

Der Umfang der im ersten Maßnahmenprogramm (HMUELV 2009a) abgeleiteten Maßnahmen zur Verbesserung der Struktur und Durchwanderbarkeit der Gewässer ist der Tabelle 8 zu entnehmen.

Gemäß dem Zeitplan der Wasserrahmenrichtlinie sollten diese Maßnahmen bereits bis Ende 2012 umgesetzt sein (wobei Hessen von der Möglichkeit einer Fristverlängerung – zunächst bis 2018/2021 – Gebrauch gemacht hat).

Zum Stand der Maßnahmenumsetzung wurde der EU-Kommission fristgerecht berichtet: In Hessen ist davon auszugehen, dass Anfang 2016 nur knapp 7% der in Tabelle 8 aufgeführten Maßnahmen umgesetzt sein werden. Die Ursachen für diese in allen Bundesländern (und wohl auch in anderen europäischen Staaten) festzustellende – zumindest verzögerte – Umsetzung sind vielfältig. Neben rechtlichen und

**Tab. 8:** Umfang der hydromorphologischen Verbesserungsmaßnahmen – Maßnahmenprogramm Hessen 2009 – 2015 (siehe HMUELV 2009a).

Maßnahmengruppen	~ Maßnahmenumfang
Bereitstellung von Flächen	ca. 4.460 ha (0,21 % der Landesfläche)
Entwicklung naturnaher Gewässer	ca. 2.140 km (25 % der Fließlänge)
Herstellung der Durchgängigkeit	ca. 4.660 Hindernisse
Ökol. verträgliche Abflussregelung	15 Maßnahmen
Förderung natürlicher Rückhalt	28 Maßnahmen
Spezielle Maßnahmen an Bundeswasserstraßen	ca. 200 km

technischen Hindernissen werden vor allem Schwierigkeiten bei der Bereitstellung von finanziellen und personellen Ressourcen, die fehlende Akzeptanz der Maßnahmen sowie Schwierigkeiten bei der Bereitstellung von Flächen angegeben (UBA Workshop „Effizienzkriterien“ März 2012).

Insofern bedarf es in den nächsten Jahren noch einer erheblichen Steigerung der Anstrengungen, um der Fischfauna die von ihr benötigten Gewässerstrukturen (zurück) zu geben und damit eine wichtige Voraussetzung für den von der Wasserrahmenrichtlinie geforderten „guten ökologischen Zustand“ zu schaffen.



**Abb. 53:** Renaturierter Abschnitt der Nidda – Untersuchungen zum Bestand der Fischnährtiere zeigten hier 2011 und 2012 einen guten ökologischen Zustand an (Foto: Büro für Gewässerökologie, Karlsruhe).

- HLUG (2010): Bericht zur Gewässergüte 2010 ([www.hlug.de](http://www.hlug.de) -> Wasser -> Fließgewässer Biologie -> Downloads).
- HMUELV (2009a): Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie in Hessen - Maßnahmenprogramm 2009-2015 ([www.flussgebiete.hessen.de](http://www.flussgebiete.hessen.de) -> Bewirtschaftungsplanung).
- HMUELV (2009b): Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie in Hessen - Bewirtschaftungsplan Hessen 2009-2015 ([www.flussgebiete.hessen.de](http://www.flussgebiete.hessen.de) -> Bewirtschaftungsplanung).
- HUGO, R., Kinsinger, C. & Assmann, R. (2012): Ermittlung der morphologischen Entwicklungsfähigkeit der Fließgewässer Hessens ([www.hlug.de](http://www.hlug.de) -> Wasser -> Fließgewässer Struktur -> Downloads).
- RP Darmstadt (2007): Pilotprojekt Modau - Erstellung eines Maßnahmenprogramms für ein kleines Einzugsgebiet im Sinne der EG-WRRL (Abschlussbericht, unveröffentlicht).
- RP Kassel (2007): Ableitung von Prioritäten bei Maßnahmen zur Verbesserung der aquatischen Durchgängigkeit in Gewässersystemen des Koordinierungsraumes Fulda/Diemel (Abschlussbericht, unveröffentlicht).
- UBA (2012): Workshop „Neue Strategien zur Renaturierung von Fließgewässern“ (<http://workshop2012.fliessgewaesserrenaturierung.de>).

## Typisierung und Bewertung der Seen in Hessen aus europäischer Sicht

ANDREAS GRÜNDEL

Ein einheitlicher Standard in der Bewertung der oberirdischen Gewässer und in der Zielerreichung eines definierten Gütezustandes innerhalb fest vorgegebener Zeithorizonte ist das Anliegen einer harmonisierten Wasserpolitik in Europa, die sich in der Wasserrahmenrichtlinie niederschlägt. In Deutschland sind die Grundsätze der Wasserrahmenrichtlinie in der Oberflächengewässerverordnung umgesetzt.

Die Bewertung der Seen orientiert sich an den signifikanten Belastungen, deren Auswirkungen durch biologische Qualitätskomponenten beschrieben werden. Sie ist auf einen seetypspezifischen Referenzzustand ausgerichtet, der für ein anthropogen unbelastetes Gewässer gilt. Eine Hauptbelastung der Seen stellt die hohe Nährstoffbelastung dar, die zu einem deutlich stärkeren Pflanzenwachstum führt. Biologische Qualitätskomponenten, die für diese Belastung empfindlich sind, sind die Algen in der Freiwasserzone (Phytoplankton) der Seen sowie die Aufwuchsalgen und die Wasserpflanzen am Ufer der Seen. Anhand der biologischen Befunde ist eine Aussage über die

ökologische Zustandsklasse eines Sees möglich. Darüber hinaus werden chemische Stoffe ebenso als Qualitätskomponenten für die Bewertung herangezogen.



**Abb. 54:** Drittgrößter Stausee in Deutschland – die Edertalsperre.

In Deutschland gibt es 729 Seen, die nach den Vorgaben der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie zu bewerten und zu bewirtschaften sind. Ein Viertel davon sind Seen, die von Menschen angelegt wurden oder aufgestaute Fließgewässer. Fachleute sprechen von künstlichen Seen (artificial waterbodies - AWB) oder von erheblich veränderten Seen (heavily modified waterbodies - HMWB). Zur ersten Gruppe gehören in erster Linie Baggerseen und Tagebauseen, bei der zweiten Gruppe handelt es sich um Talsperren und Stauseen (als erheblich veränderte Fließgewässer).



**Abb. 55:** Seenprobenahme mit einem integrierenden Wasserschöpfer.

Im Unterschied zu den natürlichen Seen werden die künstlichen und erheblich veränderten Seen anhand ihres ökologischen Potenzials bewertet. Bewirtschaftungsziel für diese Seen ist die Erreichung des guten ökologischen Potenzials und des guten chemischen Zustandes.

In Hessen sind insgesamt 22 Seen relevant für die Bewertung und Bewirtschaftung gemäß der Wasserrahmenrichtlinie. Diese Seen sind nicht natürlichen Ursprungs, sondern sind künstlich entstanden oder sie sind erheblich verändert (durch Aufstau von Fließgewässern). Dabei sind die Talsperren mit 16 Seen am häufigsten vertreten, während Baggerseen (3), Tagebauseen (2) und Altrheinseen (1) in gerin-

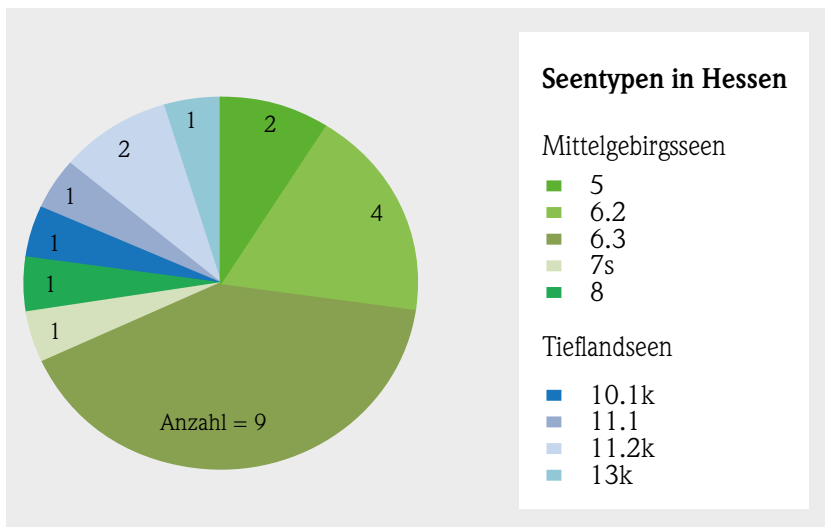
gerer Anzahl in Hessen vorhanden sind. Die vorherrschende Belastung der Seen in Deutschland und auch in Hessen besteht durch erhöhte Nährstoffkonzentrationen, die zu einer übermäßigen Erhöhung der pflanzlichen Biomasse und zu einer Veränderung der Artenzusammensetzung führen. Die anthropogen bedingte Erhöhung des Nährstoffangebotes, besonders von Phosphat und Nitrat, führt zu einer Eutrophierung der Seen mit der Folge verminderter Sichttiefen und belasteter Sauerstoffhaushalte. Das Phytoplankton ist die empfindlichste Qualitätskomponente für



**Abb. 56:** Probenahme des Zooplanktons mit einem Planktonnetz.

die stoffliche Hauptbelastung der Seen. Daher wurden die Seen in Hessen mindestens in zwei Jahrgängen nach dem PhytoSee-Bewertungsverfahren untersucht und bewertet.

Die seetypgerechte Bewertung erfordert zunächst die Typisierung der Seen. Dieses Verfahren soll gewährleisten, dass die biologische Bewertung innerhalb der Seengruppen vorgenommen wird, die eine ähnliche Biozönose aufweist. Die Typisierung der Seen erfolgt jeweils in der Ausrichtung auf die Biokomponente – hier Phytoplankton – anhand der Ökoregion, des Calcium-Gehaltes, des Einzugsgebietes sowie des Wasservolumens und der mittleren Tiefe des jeweiligen Sees.



**Abb. 57:** Die Phytoplankton-Subtypen der 22 WRRL-Seen in Hessen

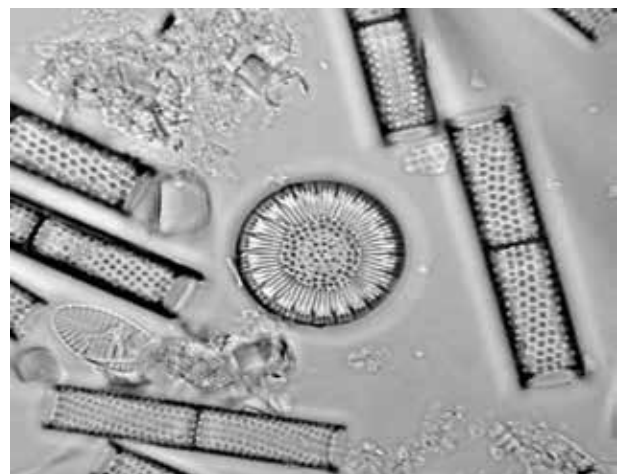
Die überwiegende Anzahl der Seen in Hessen sind Mittelgebirgsseen, während 5 Seen dem Tieflandtyp zugeordnet werden. Am häufigsten sind in Hessen die ungeschichteten Mittelgebirgsseen der Typen 6.2 und 6.3 nebst weniger – ebenfalls ungeschichteter – vom Typ 5 vorhanden. Bei den Tieflandseentypen bilden ebenfalls die ungeschichteten Seen mit einer mittleren Tiefe unter 3 m (Typ 11.2k) den Hauptaspekt. Besonderheiten stellen ein kalkarmer See (Typ 8), ein geogen saurer Tagebausee (Typ 7s) sowie ein geschichteter Tieflandtyp mit einer großen Aufenthaltszeit (13k) dar. Eine Übersicht über alle Phytoplankton-See-Typen in Hessen bietet die Abbildung 57.

Die Verfahren zur seentypspezifischen Bewertung des ökologischen Zustandes bzw. Potenzials von Seen anhand verschiedener biologischer Komponenten wurden in der LAWA-(Länderarbeitsgemeinschaft Wasser)-Expertengruppe Seen nach den Vorgaben der Wasserrahmenrichtlinie entwickelt und auf europäischer Ebene interkalibriert. Das PhytoSee-Verfahren wurde zunächst für die natürlichen Seen des Alpenvorlandes und des Tieflandes entwickelt und wurde dann in einem zweiten Schritt für die Mittelgebirgsseen sowie für die künstlichen Seen und Talsperren angepasst. Mit der Vorlage der ersten Verfahren, die auf die Seen in Hessen anwendbar waren, wurden im Jahr 2007 die ersten Phytoplanktonuntersuchungen durchgeführt und die Seen hinsichtlich des ökologischen Potenzials bewertet. 22 Seen wurden in min-

destens 2 Jahren untersucht – die letzten Daten wurden im Jahr 2012 erhoben.

Nach dem Ergebnis der Phytoplankton-basierten Bewertung erreichen 10 Seen das allgemeine Güteziel eines guten oder besseren Potenzials. 12 Seen weisen ein Gütedefizit auf: 7 Seen davon erreichen ein mäßiges ökologisches Potenzial, 5 Seen weisen sogar ein unbefriedigendes Potenzial auf.

Die Seen, deren ökologisches Potenzial mäßig oder gar unbefriedigend ist, weisen ein Gütedefizit auf. Diese Seen sind gewässergütemäßig so zu bewirtschaften, dass als Güteziel ein gutes ökologisches Potenzial erreicht wird. Diese Seen mit einem Gütedefizit sind – bis auf einen Baggersee – Talsperren, die ein großes Einzugsgebiet und somit auch einen hohen potenziellen Nährstoffeintrag aufweisen.



**Abb. 58:** Planktische Kieselalgenart *Cyclotella radiosa* (Aufnahme von Dr. M. Werum).

Die Maßnahmen zur Erreichung des Gütezieles eines guten ökologischen Potenzials zielen darauf ab, die Nährstoffe, insbesondere das Phosphat, zu minimieren. Dies bezieht sich in der Regel auf die Reduzierung der Einträge der Punktquellen durch eine verstärkte P-Elimination kommunaler Kläranlagen und der Reduzierung diffuser Nährstoffeinträge aus dem Einzugsgebiet. Bei einigen Seen sind die Punkt-

quellen stärker im Fokus; bei anderen Seen geht es überwiegend darum, dass weniger Nährstoffe aus den landwirtschaftlichen Flächen diffus in die diese Seen speisenden Fließgewässer gelangen. Diese allgemein beschriebenen Maßnahmen an den punktuellen und diffusen Quellen beziehen sich auf das gesamte Einzugsgebiet der Talsperren.

Bei dem betroffenen Baggersee (Werratalsee) ist die Lage anders: Weitergehende Untersuchungen haben ergeben, dass der See auch von nährstoffreichem Grundwasser belastet wird. Hier sind spezielle Maßnahmen zur Sanierung des Sees und zur Erreichung eines guten ökologischen Potenzials entwickelt und vorgeschlagen worden. Diese Maßnahmen bestehen darin, den Seewasserspiegel des Baggersees anzuheben und die nahegelegene Ortskanalisation zu sanieren.

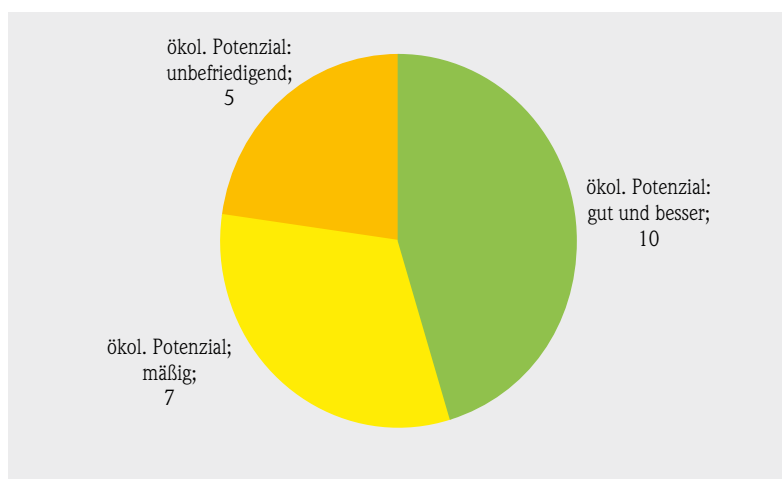


Abb. 59: Bewertung der Seen in Hessen bezüglich ihres ökologischen Potenzials.

Tab. 9: Seen in Hessen – Gütezielerreichung und Gütedefizite.

Güteziel erreicht ökologische Potenzial: gut und besser	Gütedefizit festgestellt ökologische Potenzial: mäßig	Gütedefizit festgestellt ökologische Potenzial: unbefriedigend
Aartalsperre	Affolderner Talsperre	Antriftalsperre
Borkener See	Driedorfer Talsperre	Haunetalsperre
Heisterberger Weiher	Diemeltalsperre	Niddatalsperre
Langener Waldsee	Edertalsperre	Niedermooser See
Mainflinger See	Kinzigtalsperre	Werratalsee
Obermooser See	Lampertheimer Altheinsee	
Perftalsperre	Marbachtalsperre	
Seeweier Waldernbach		
Singliser See		
Twistetalsperre		



# Grundwasser

## 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 zu sickern kann.

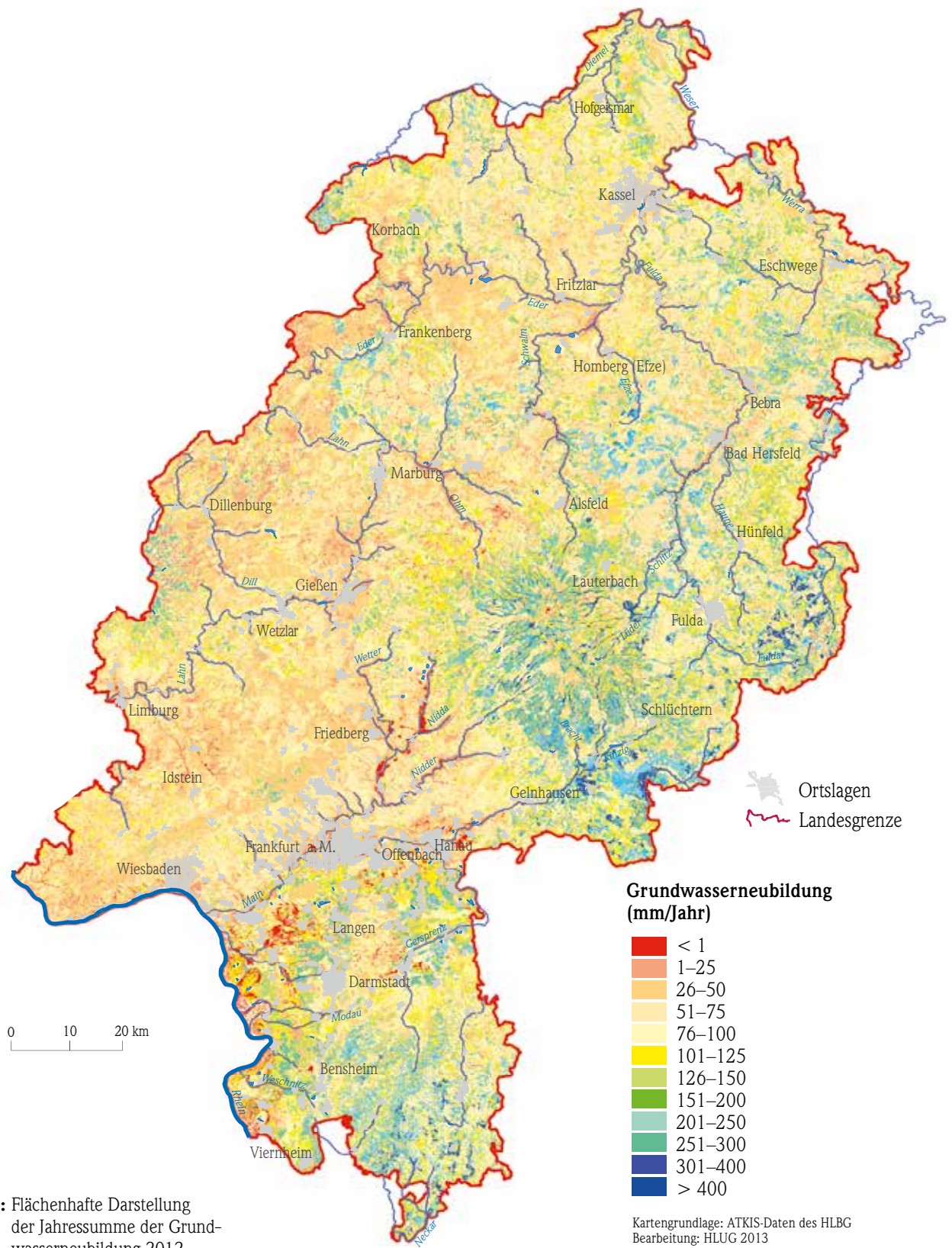
Grundwasser nimmt am Wasserkreislauf teil, daher ist in Hessen allgemein davon auszugehen, dass ein ausgeglichener Wasserhaushalt gegeben ist. Voraussetzung dafür ist, dass die Grundwasserförderung für die Trink- und Brauchwassernutzung durch die Grundwasserneubildung wieder kompensiert, eine Übernutzung also vermieden wird. In Hessen wird rd. 95 % des Trinkwassers aus dem Grundwasser gewonnen. Deshalb ist neben der Beobachtung der Grundwasserspiegel 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. m<sup>3</sup> Grundwasser neu gebildet. Demgegenüber werden jährlich rd. 407 Mio. m<sup>3</sup> Grundwasser entnommen. Der Vergleich zeigt, dass hessenweit jährlich rd. 5-fach mehr Grundwasser neu gebildet als gefördert wird.

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 60) ist eine Übersichtsdarstellung der modellierten Grundwasserneubildung aus dem Niederschlag für das Jahr 2012. 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.

Das Flächenmittel der Grundwasserneubildung für das Jahr 2012 betrug für Hessen 84 mm und lag damit rd. 17 % unter dem langjährigen Mittelwert der Referenzperiode 1971 – 2000. Da der Niederschlag nur 4 % unter dem langjährigen Mittel lag, ist ein Großteil des Grundwasserneubildungsdefizits auf eine erhöhte Verdunstung im Jahr 2012 zurück zu führen.



**Abb. 60:** Flächenhafte Darstellung der Jahressumme der Grundwasserneubildung 2012.

## 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 Messnetz (Abbildung 64) unterhalten, das für die Grundwasserstände und Quellschüttungen über das Land verteilt repräsentativ Werte liefert.

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.

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 und die hydraulische Durchlässigkeit des Grundwasserleiters. Die Lagepunkte der Messstellen, deren Messwerte als Ganglinien nachfolgend dargestellt werden, sind in der Übersichtskarte rot markiert. Zum Vergleich werden die Ganglinien des Jahres 2012 zusammen mit dem Verlauf von Jahren mit besonders niedrigen und hohen Grundwasserständen dargestellt.

Die Schüttung der Quelle Calden nördlich von Kassel hat im Jahr 2012 einen fast jahrestypischen Verlauf. Am Jahresbeginn nahm sie rasch zu, von April bis Juni stetig ab. In den niederschlagsreichen Sommermonaten ging die Schüttung nicht weiter zurück und nahm im weiteren Lauf des Jahres ab, bis sie ab Mitte Dezember wieder anstieg. Im Vergleich zu früheren Jahren ist die Situation an dieser Quelle als „normal“ zu bezeichnen.

Die Grundwasserstandsganglinie der Messstelle Bracht im Burgwald zeigt langfristig einen ausgeglichenen jahreszeitlichen Verlauf, der von Trocken-



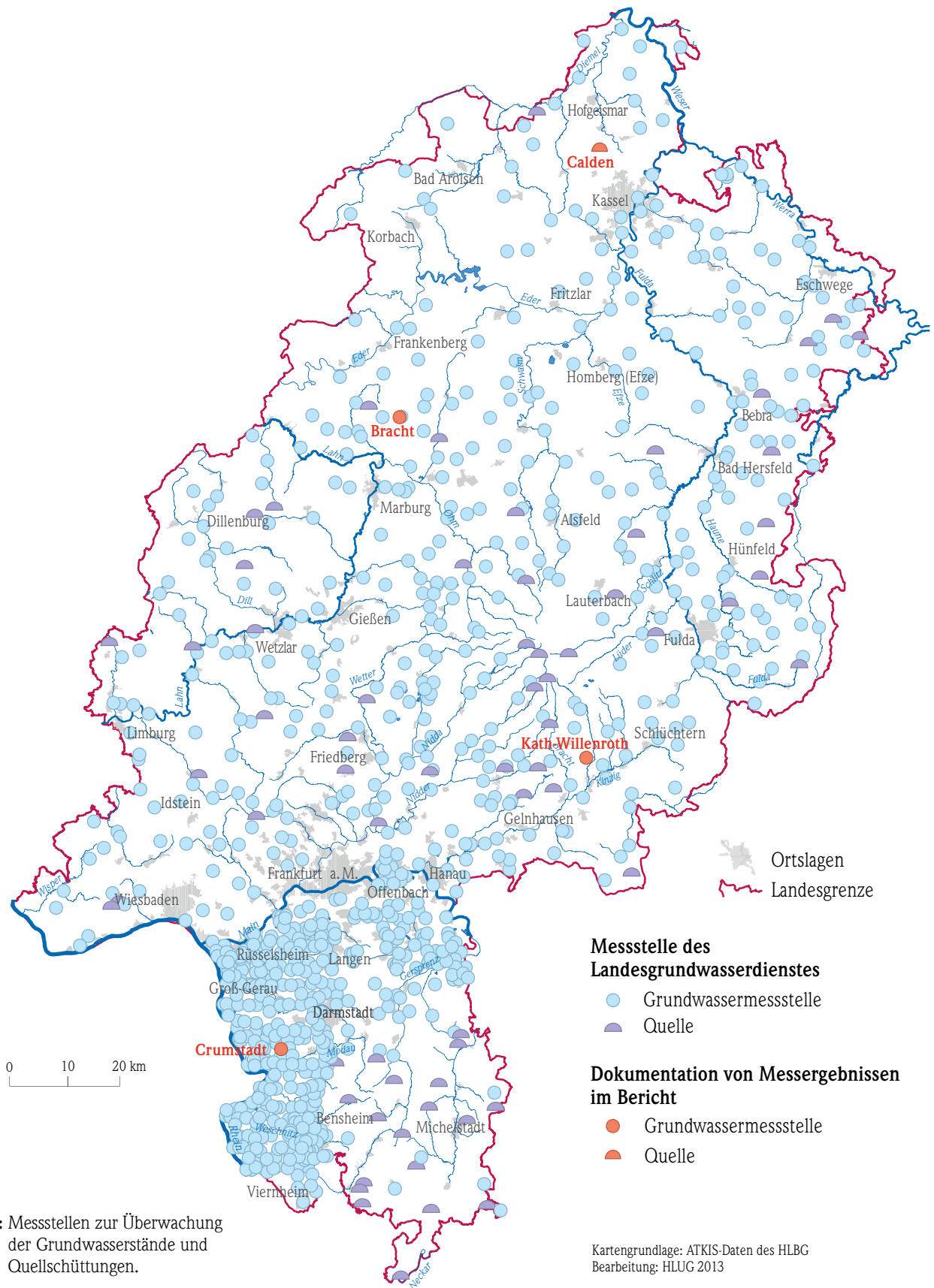
**Abb. 61:** Grundwassermessstelle in Sterzhausen, südlicher Burgwald.



**Abb. 62:** Blick in eine Grundwassermessstelle in Mellnau, Burgwald.



**Abb. 63:** Grundwassermessstelle in Langen, Untermainebene (ungenutzter ehemaliger Flachbrunnen.).



**Abb. 64:** Messstellen zur Überwachung der Grundwasserstände und Quellschüttungen.

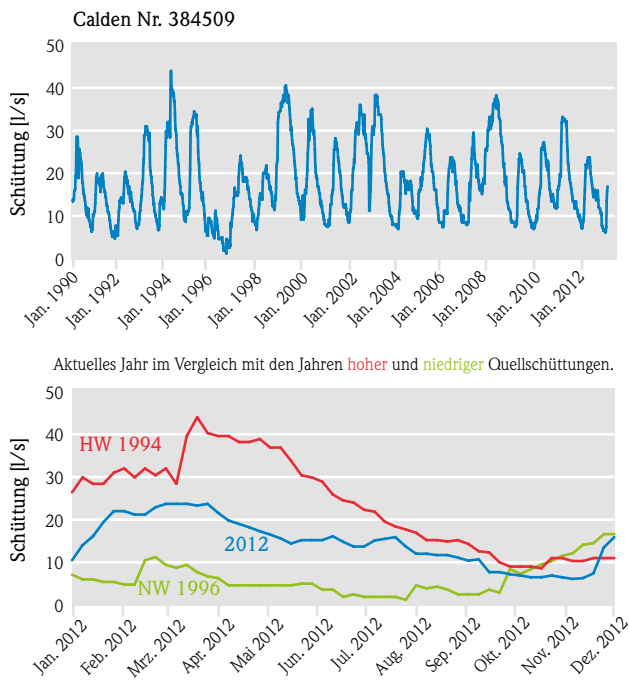


Abb. 65: Schüttungsganglinie der Quelle Calden.

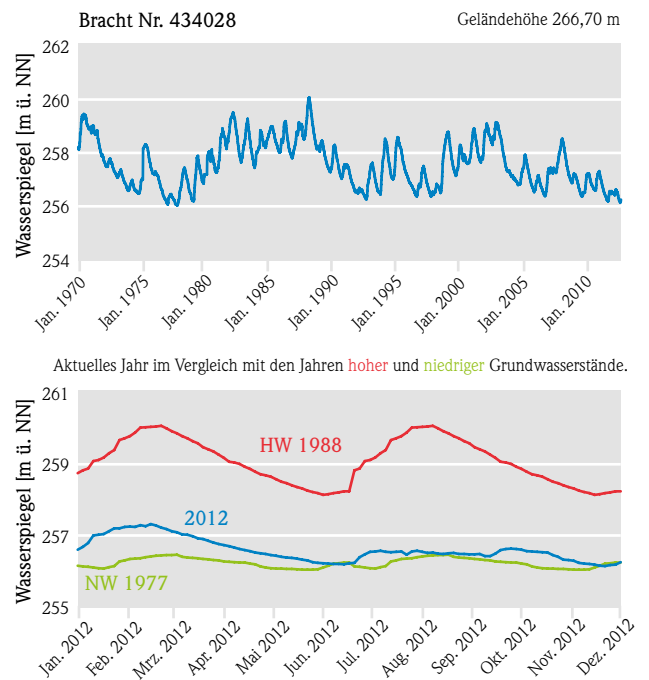


Abb. 66: Grundwasserstandsganglinie der Messstelle Bracht.

und Nassperioden überprägt ist. 2012 blieben die Grundwasserstände ganzjährig auf einem niedrigen Niveau, vergleichbar mit der Situation im Trockenjahr 1976. In den niederschlagsreichen Sommermonaten gab es einen leichten Anstieg. Im Vergleich mit weiteren Messstellen in Mittelhessen sind die Grundwasserstände hier ungewöhnlich niedrig.

Die Grundwasserstände der Messstelle Katholisch-Willenroth im Büdinger Wald lagen im Jahr 2012 auf unterdurchschnittlichem Niveau. Es gab einen schwach ausgeprägten jahreszeitlichen Verlauf. Nach einem Anstieg des Grundwassers bis März sanken die Wasserstände ab April – mit einer Unterbrechung im niederschlagsreichen Sommer – bis Dezember. Erst am Jahresende erfolgte ein Wiederanstieg.

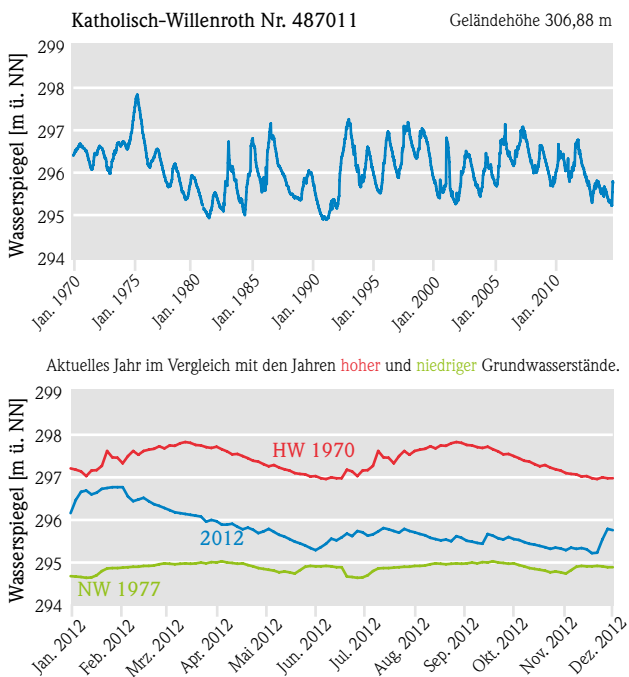


Abb. 67: Grundwasserstandsganglinie der Messstelle Katholisch-Willenroth.

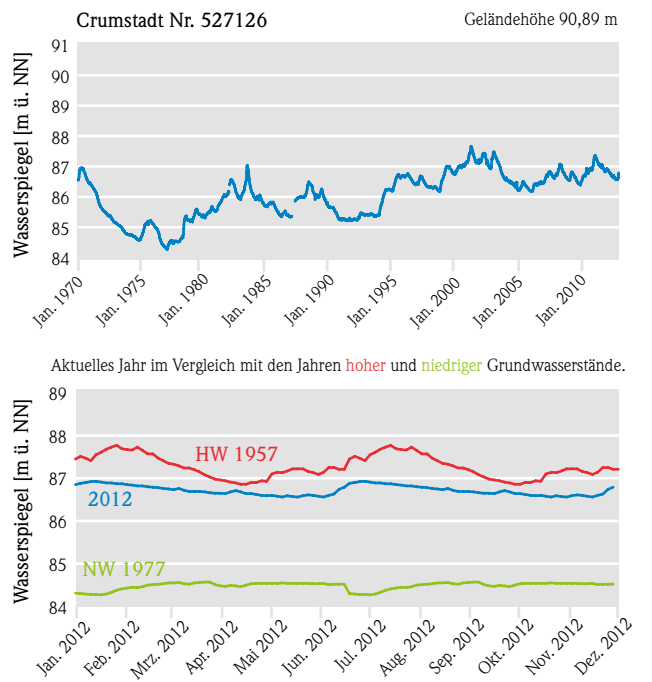


Abb. 68: Grundwasserstandsganglinie der Messstelle Crumstadt.

Die langjährige Grundwasserstandsganglinie der Messstelle Crumstadt im Hessischen Ried 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 z. T. über dem Mittel liegenden Grundwasserneubildung stieg die Grundwasseroberfläche in den 1990er Jahren wieder auf ein höheres Niveau. Im Jahr 2012 stieg das Grundwasser im Januar an und sank danach kontinuierlich ab, um da im Dezember noch einmal gering anzusteigen.

### Grundwasserkarten Hessisches Ried und Mainebene

Das HLOG 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 den hohen Grundwasserständen im Frühjahr der Jahre 1988 und 2001 und niedriger 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 HLOG zur Verfügung.

Grundlage für die **Karten Oktober 2012** sind 2.800 Messwerte von Grundwasserständen des oberen Grundwasserleiters, die in den quartären Sedimenten des Oberrheingrabens und der Untermainsenke zu einem zusammenhängenden Grundwasserleiter gehören.

In der **Grundwasserflurabstandskarte** wird der Grundwasserstand unter der Geländehöhe dargestellt. Die Karte 2012 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** 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 und generell von Osten nach Westen zum Rhein und im Norden nach Nordwesten zum Main hin. In den Einflussbereichen der Grundwasserentnahmen ist der Linienverlauf „gestört“ und die Linien biegen um und zwar im Grundwasseroberstrom um die Brunnen herum.

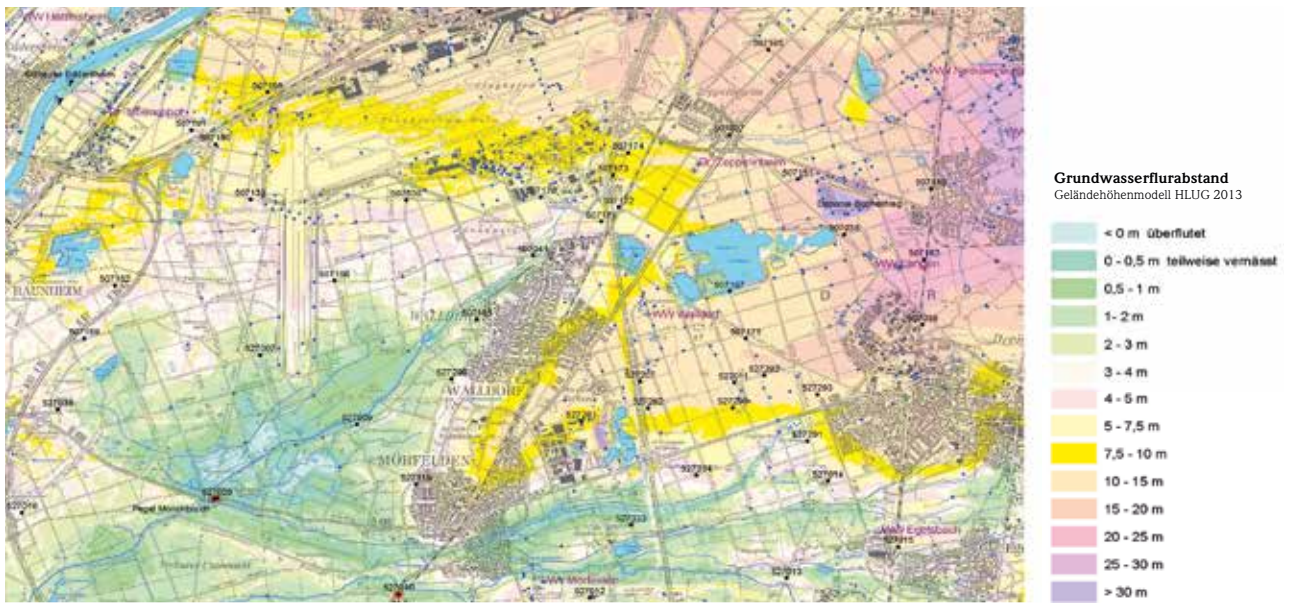


Abb. 69: Kartenausschnitt nördliche Rhein-/Mainebene – Grundwasserflurabstand.

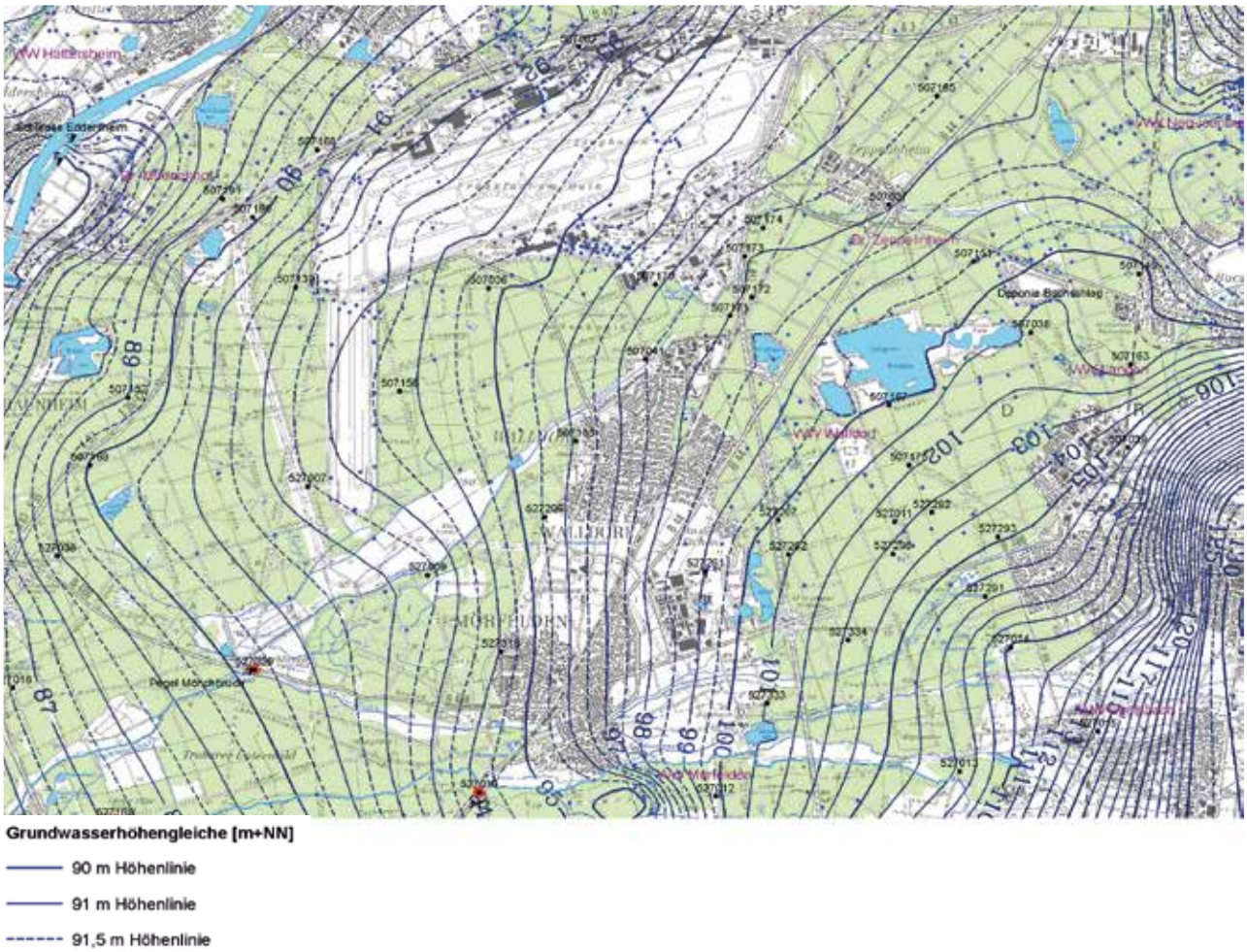


Abb. 70: Kartenausschnitt nördliche Rhein-/Mainebene – Grundwasserhöhengleichen.

## Grundwasserbeschaffenheit

HARALD RÜCKERT & SYBILLE SIEBERT

### Mikrobiologische Untersuchungen im Rohwasser

Bakterielle Verunreinigungen von Gewässern haben eine große Bedeutung für die Umwelt, die hygienische Qualität des Wassers und die Versorgung der Bevölkerung mit Trinkwasser. Fragen zur hygienischen Qualität des Wassers genießen eine hohe Aufmerksamkeit und ein großes öffentliches Interesse. Daher hat die Überwachung der bakteriellen Belastung beim Gewässer- und Trinkwasserschutz einen hohen Stellenwert.

Als Rohwasser wird unaufbereitetes Grundwasser bezeichnet, welches in der Regel noch einer Aufbereitung unterliegt bevor es als Trinkwasser abgegeben wird.

Nach der Trinkwasserverordnung (TrinkwV 2001) dürfen im Trinkwasser keine Krankheitserreger, die durch Wasser übertragen werden können, in Konzentrationen enthalten sein, die eine Schädigung der menschlichen Gesundheit verursachen können.

Dies gilt als erfüllt, wenn in 100 ml Trinkwasser keine mikrobiologischen Parameter (Tabelle 11) nachweisbar sind. Im Rahmen der Trinkwasseruntersuchungen müssen weiterhin Indikatorparameter (Tabelle 10) untersucht werden, wobei *Clostridium perfringens* nur im Rohwasser, das aus Oberflächenwasser gewonnen oder das von Oberflächenwasser beeinflusst wird, untersucht werden muss.

**Tab. 10:** Übersicht über die mikrobiologischen Parameter und die Indikatorparameter (TrinkwV 2001, Schindler 2003).

Parametergruppe	Parameter	Grenzwert/ Anforderung (Verfahren)	Quelle der Verunreinigung
Mikrobiologische Parameter	Escherichia coli (E. coli) *	0/100 ml	Hinweis auf frische fäkale Verunreinigung durch Warmblüter
	Enterokokken	0/100 ml	Bestätigung und Hinweis auf fäkale Verunreinigung, die länger zurück liegt (vermehrtes Auftreten bei Tieren, aber auch Wachstum in organischem Material, keine Vermehrung im Wasser)
Indikatorparameter	Coliforme Bakterien *	0/100 ml	Hinweis auf ältere fäkale Verunreinigung, allgemeiner Hinweis auf Anfälligkeit gegenüber Verunreinigungen
	Koloniezahl bei 22 °C *	100/ml **	Hinweis auf Beeinflussung durch Oberflächenwasser oder durch die obere Bodenschicht, Stagnationswasser, usw.
	Koloniezahl bei 36 °C *		
	<i>Clostridium perfringens</i>	0/100 ml (nach TrinkwV (2001) Anlage 5 Teil I Buchstabe e)	Hinweis auf möglicherweise länger zurückliegende fäkale Verunreinigung oder Belastung mit Parasiten

\* Für Rohwasseruntersuchungsverordnung - RUV (1991) relevante Parameter.

\*\* (nach TrinkwV (2001) Anlage 5 Teil I Buchstabe d Doppelbuchstabe bb)



Die zur Trinkwasserüberwachung oben genannten mikrobiologischen Parameter und Indikatorparameter ermöglichen Rückschlüsse auf eine mögliche Belastung durch weitere Mikroorganismen. Sind E. coli und Enterokokken in 100 ml Wasser nicht nachweisbar, können Erkrankungen auslösende Konzentrationen von potenziell gefährlichen Mikroorganismen ausgeschlossen werden (UBA 2012).

Die Ausweisung von Wasserschutzgebieten dient als Vorsorgemaßnahme zum Schutz des Grundwassers. Insbesondere soll die Zone II (engere Schutzzone) den Schutz des Grundwassers vor Verunreinigungen durch pathogene Mikroorganismen (z. B. Bakterien, Viren, Parasiten und Wurmeier) gewährleisten, die bei geringer Fließdauer und -strecke zu den Wassergewinnungsanlagen gefährlich sind. Diese Zone wird in der Regel so abgegrenzt, dass die Fließzeit des Grundwassers vom äußersten Rand der Schutzzone bis zur Fassung mind. 50 Tage beträgt. Der 50-Tage-Linie liegt die Annahme zugrunde, dass die Keime innerhalb dieser Fließzeit - also vor Erreichen der Gewinnungsanlage - absterben. In Wasserschutzgebieten können in der Schutzgebietsverordnung Nutzungseinschränkungen ausgesprochen werden, so sind in Zone II i. d. R. das Ausbringen von Wirtschafts- (z. B. Gülle, Stallmist) und Sekundärdünger (z. B. Klärschlamm) sowie Weidehaltung verboten (DVGW 2006).

Trotz dieser Vorsorgemaßnahmen können Keime im geförderten Grundwasser auftreten, wenn verunreinigtes Oberflächenwasser mit kurzer Fließzeit einer Gewinnungsanlage zufließt. Treten Belastungen mit Keimen auf, müssen entsprechende Aufbereitungsmaßnahmen ergriffen werden (z. B. UV-Bestrahlung, Ozonierung, Chlorierung, Ultrafiltration oder andere geeignete Maßnahmen) oder die Anlage (vorübergehend) außer Betrieb genommen werden. Bei einer Verkeimung sollte der Ursache nachgegangen werden. Nachfolgend sind einige Ursachen für Kontaminationen aufgelistet:

- verstärkter Oberflächenwasserzutritt nach langen Regenperioden, Starkniederschlagsereignisse, Überschwemmungen oder nach der Schneeschmelze,
- Ausbringung von Wirtschafts- oder Sekundärdünger zu wasserwirtschaftlich ungünstigen Zeitpunkten,

- Kluftgrundwasserleiter mit fehlenden bzw. geringmächtigen schützenden Deckschichten (schlecht geschützte Quellen; Gefährdung flacher Brunnen, die oberflächennahes Wasser nutzen),
- Karstgrundwasserleiter,
- Verletzung von Deckschichten (z.B. durch forstwirtschaftliche/landwirtschaftliche Nutzung, Sturmschäden, Wohn-/Grabbauten von Tieren),
- Ausbildung präferentieller Fließwege durch Trockenrisse, Pflanzenwurzeln, usw.,
- schlecht ausgebaute oder beschädigte Brunnen (undichte Ringraumsperre, undichte Schachtabdeckungen, undichte Brunnenkopfverschlüsse, usw.).

## Ergebnisse

Wie aus Tabelle 11 hervorgeht waren 98 % der Brunnen bezüglich E. coli unauffällig, in 89 % konnten zum Untersuchungszeitpunkt keine coliformen Bakterien nachgewiesen werden. Koloniezahlen bei 22 °C waren zum Untersuchungszeitpunkt in 72 % der Brunnen unauffällig und bei 74 % der Brunnen waren die Koloniezahlen bei 36 °C ebenfalls unauffällig. Da Quellen empfindlicher sind (häufig fehlende bzw. geringmächtige schützende Deckschichten), wurden dort erwartungsgemäß diese Bakterien häufiger nachgewiesen, insbesondere waren in nur 38 % der Quellen keine Koloniezahlen bei 22 °C und in 48 % der Quellen keine Koloniezahlen bei 36 °C nachweisbar. Legt man für die Koloniezahlen den nach TrinkwV (2001) Anlage 5 Teil I geltenden Grenzwert von 100 Keimen in 1 ml Probe zugrunde (Tabelle 12), wird der Grenzwert für Koloniezahlen bei 22 °C sowie bei 36 °C bei nur 1 % der Brunnen überschritten. Bei Quellen wird der Grenzwert für Koloniezahlen bei 22 °C von 6 % und für Koloniezahlen bei 36 °C von 3 % der Quellen überschritten.

Da die Parameter Enterokokken und Clostridium perfringens nicht im Mindestuntersuchungsumfang der Rohwasseruntersuchungsverordnung (RUV) enthalten sind, werden Analyseergebnisse zu diesen Parametern nicht flächendeckend erfasst, daher ist eine repräsentative Auswertung zu dem Auftreten dieser Parameter in Roh- und Grundwässern Hessens nicht möglich.

**Tab. 11:** Nachweise von mikrobiologischen Parametern, differenziert dargestellt nach Brunnen und Quellen/Stollen. In die Auswertung ist das jeweils neuste Analyseergebnis einzelner Messstellen des Zeitraumes 2009 – 2011 eingegangen (BG = Bestimmungsgrenze).

Mikrobiologischer Parameter	Art der Anlage	Gesamtanzahl der Proben	Anzahl < BG	Anzahl > BG	% unauffällig
E-coli	Quellen/Stollen	979	816	163	83
	Brunnen	1.798	1.754	44	98
coliforme Bakterien	Quellen/Stollen	1.052	609	443	58
	Brunnen	1.878	1.675	203	89
Koloniezahl bei 22 °C	Quellen/Stollen	1.108	426	682	38
	Brunnen	2.016	1.444	572	72
Koloniezahl bei 36 °C	Quellen/Stollen	705	340	365	48
	Brunnen	1.179	874	305	74

**Tab. 12:** Nachweise Koloniezahlen bei 22 °C sowie 36 °C, differenziert dargestellt nach Brunnen und Quellen/Stollen. In die Auswertung ist das jeweils neuste Analyseergebnis einzelner Messstellen des Zeitraumes 2009 – 2011 eingegangen (GW = Grenzwert).

Mikrobiologischer Parameter	Art der Anlage	Gesamtanzahl der Proben	Grenzwert *	Anzahl < GW	Anzahl > GW	% < GW
Koloniezahl bei 22 °C	Quellen/Stollen	1.108	100/ml	1.041	67	94
	Brunnen	2.016	100/ml	1.987	29	99
Koloniezahl bei 36 °C	Quellen/Stollen	705	100/ml	682	23	97
	Brunnen	1.179	100/ml	1.167	12	99

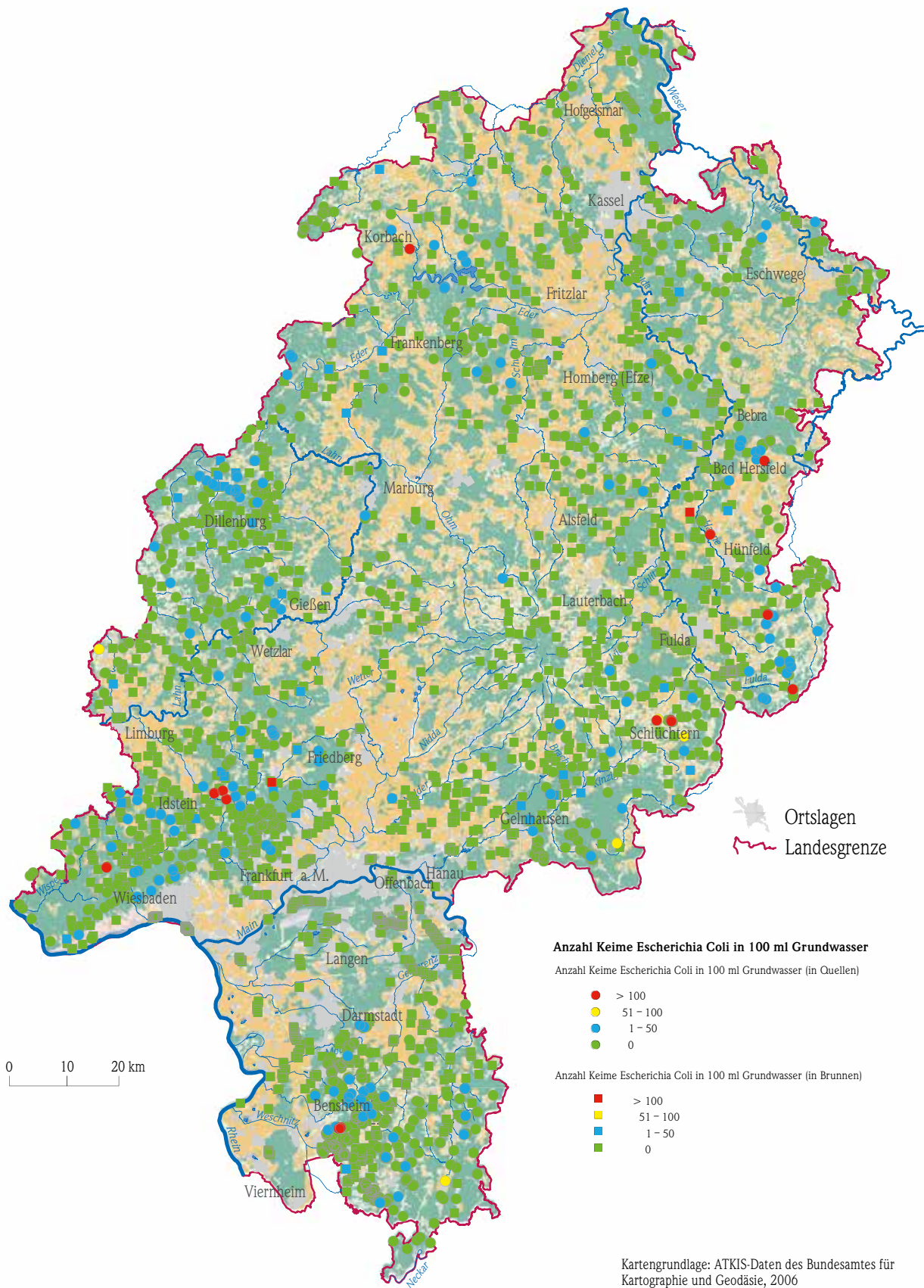
\* gültig bis 28.11.2011 (TrinkwV 2001)

Die Karten (Abbildung 71 und 72) geben einen Überblick über das regionale Auftreten der oben beschriebenen Keime in hessischen Wassergewinnungsanlagen. Datengrundlage sind die jeweils neuesten Analyseergebnisse im Zeitraum 2009 – 2011. Das Auftreten von Verkeimungen ist überwiegend an die Mittelgebirgsregionen Hessens gebunden, besonders anfällig für Verkeimungen sind Quellen und flache Brunnen im Kristallinen Odenwald, im Taunus und im nördlichen Rheinischen Schiefergebirge. Hier fehlt die Filterwirkung schützender Deckschichten.

Schindler, P. (2003): Beitrag im Rahmen des FLUGS-Seminars „Wasser – Reservoir des Lebens. Aktuelle Fragen zu Wasserversorgung und –hygiene“ (6. Oktober 2003, Nürnberg). Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit.

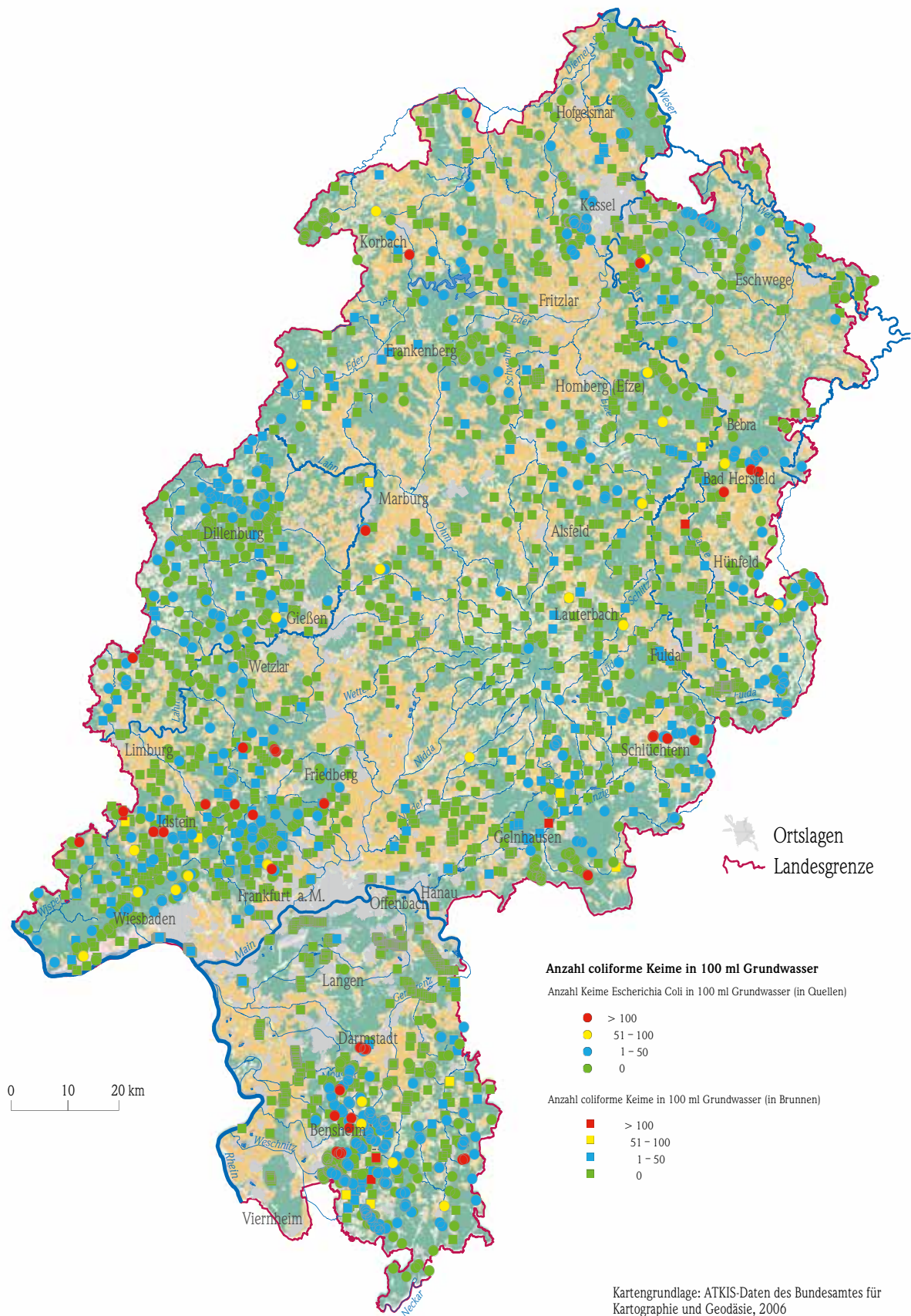
DVGW (2006): Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete; Teil 1: Schutzgebiete für Grundwasser. DVGW-Regelwerk, Technische Regeln, Arbeitsblatt W 101, 19 S., Bonn.

UBA (2012): Wasser, Trinkwasser und Gewässerschutz, Trinkwasser, Mikrobiologie (Letzte Änderung: 20.03.2012), <http://www.umweltbundesamt.de/wasser/themen/trinkwasser/mikrobiologie.htm>, Zugriff am 24.4.2013.



**Abb. 71:** Escherichia Coli, jeweils neuestes Analyseergebnis einzelner Messstellen im Zeitraum 2009 – 2011.

Kartengrundlage: ATKIS-Daten des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie, 2006  
Bearbeitung: HLOG 2013



**Abb. 72:** Coliforme Keime, jeweils neuestes Analyseergebnis einzelner Messstellen im Zeitraum 2009 – 2011.

## Zusammenfassung

Das Jahr 2012 war in Hessen mit einer Temperatur von 9,1 °C (langjähriges Mittel 8,5 °C) und Niederschlagsmengen von 747 Liter pro Quadratmeter (96 % der mittleren Niederschlagshöhe) etwas zu warm und etwas zu trocken. Besonders erwähnenswert sind der sehr kalte Februar mit 19 Tagen unter 0 °C und die regenreichen, kühlen Sommermonate Juni und Juli.

Die Sonne schien 140 Stunden mehr als im Durchschnitt, besonders sonnenscheinreich waren die Monate März, Mai, August, September und Oktober, während die Sommermonate Juni und Juli vergleichsweise eher trübe blieben.

Die meteorologische Situation spiegelt sich im Abflussgeschehen wider. Gleich im Januar sorgten ergiebige Niederschläge für hohe Wasserstände und vereinzelte Hochwasserereignisse. Das übrige Jahr war bis zum November überwiegend abflussarm, nur unterbrochen durch höhere Wassermengen im Juli, hervorgerufen durch langdauernde, hohe Niederschläge. Ende des Jahres führten hohe Niederschläge und abtauende Schneemassen zu mehreren Hochwasserwellen. An zahlreichen hessischen Gewässern wurden Hochwassermeldestufen überschritten.

Die seit den 1970er Jahren verstärkt durchgeführten Abwasserreinigungsmaßnahmen von Städten, Gemeinden und Industrie führten zwar zu enormen Verbesserungen des Gütezustands der Fließgewässer; dennoch stellte sich meist keine naturnahe Fauna mehr ein. Ursache dafür ist oft die vom Menschen veränderte Gewässerstruktur (Begradigungen, Verrohrungen, Uferbefestigungen, ...) und die Überdüngung mit Phosphor. Für die Aufrechterhaltung bzw. Wiederansiedlung einer intakten Fauna müssen die Bäche und Flüsse wieder auf gut einem Drittel der Gewässerstrecke höherwertige Strukturen aufweisen. Dazu wurden im ersten nach der Wasserrahmenrichtlinie aufgestellten Maßnahmenprogramm Maßnahmen zur Verbesserung der Struktur und Durchwanderbarkeit abgeleitet.

Auch bei 12 von 22 in Hessen nach der Wasserrahmenrichtlinie zu betrachtenden Seen und Talsperren ergibt das auf Phytoplankton basierende Bewertungsverfahren noch Gütedefizite. Bei den Talsperren (10 der genannten 12 Seen mit Defiziten) sind Maßnahmen zur Reduzierung der Nährstoffeinträge in deren gesamten Einzugsgebieten notwendig. Dies können z. B. Verbesserungen an Kläranlagen und Mischwasserentlastungsanlagen wie auch Maßnahmen der Landwirtschaft zur Reduzierung der Nährstoffeinträge durch Erosion und Abschwemmung sein.

Das Flächenmittel der Grundwasserneubildung aus Niederschlag für das Jahr 2012 betrug für Hessen 84 mm und lag damit rd. 17 % unter dem langjährigen Mittelwert der Referenzperiode 1971 - 2000. Da der Niederschlag nur 4 % unter dem langjährigen Mittel lag, ist ein Großteil des Grundwasserneubildungsdefizits auf eine erhöhte Verdunstung im Jahr 2012 zurück zu führen.

Die Grundwasserstände stiegen Anfang des Jahres 2012 an und sanken danach stetig ab, um dann am Jahresende wieder anzusteigen. Die Schüttungen der Quellen nahmen ebenfalls zu Beginn und am Ende des Jahres zu, während sie im Jahresverlauf abnahmen. Das Grundwasser lag auf mittlerem bis unterdurchschnittlichem Höhenniveau. Erhöhte Grundwasserstände gab es in Teilen des Hessischen Rieds, und besonders niedrige Grundwasserstände wurden in mehreren tiefen Messstellen in Nordhessen beobachtet.

Nach der Trinkwasserverordnung (TrinkwV 2001) dürfen im Trinkwasser keine Krankheitserreger, die durch Wasser übertragen werden können, in Konzentrationen enthalten sein, die eine Schädigung der menschlichen Gesundheit verursachen können. Hessenweit sind 98 % der Brunnen bezüglich Escherichia Coli (E. coli) unauffällig, in 89 % konnten zum Untersuchungszeitpunkt keine coliformen Bakterien nachgewiesen werden

Da Quellen empfindlicher sind (häufig fehlende bzw. geringmächtige schützende Deckschichten), wurden dort erwartungsgemäß diese Bakterien häufiger angetroffen. Beim Nachweis ist eine entsprechende Aufbereitung bzw. Entkeimung notwendig, beispielsweise durch Chlorung oder UV-Bestrahlung. Rohwässer aus Brunnen bzw. Brunnengalerien

(z. B. im Hessischen Ried), die in der Regel ihr Wasser aus großen Tiefen fördern, weisen keine Keimbelastung auf. Als Vorsorgemaßnahme gegen eine Verunreinigung mit Keimen zählt die Ausweisung von Wasserschutzgebieten. Die Zone II dient speziell dem Schutz vor Verunreinigungen durch pathogene Mikroorganismen.

