



Hydrologie in Hessen, Heft 23

# Gewässerkundlicher Jahresbericht 2020



Für eine lebenswerte Zukunft

Hydrologie in Hessen, Heft 23

# **Gewässerkundlicher Jahresbericht 2020**

Wiesbaden, 2021

Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

# Impressum

Hydrologie in Hessen, Heft 23

ISSN 1438-7859  
ISBN 978-3-89026-723-4

## **Gewässerkundlicher Jahresbericht 2020**

Redaktion: Cornelia Löns-Hanna

Layout: Nadine Senkpiel

Titelbild: Flächenhafte Verteilung des Niederschlags 2020; Rod an der Weil, Juli 2020, © RP Gießen

Herausgeber, © und Vertrieb:

Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie  
Postfach 3209, 65022 Wiesbaden

Telefon: 0611 6939-111

Telefax: 0611 6939-113

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

**[www.hlnug.de](http://www.hlnug.de)**

Das HLNUG auf Twitter:

**[https://twitter.com/hlnug\\_hessen](https://twitter.com/hlnug_hessen)**

Diese Broschüre wurde mit FSC-Zertifizierung gedruckt.

Nachdruck – auch auszugsweise – nur mit schriftlicher Genehmigung des Herausgebers.

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Vorwort</b> .....	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Witterung</b> .....	<b>6</b>
	CORNELIA LÖNS-HANNA	
2.1	Jahresüberblick .....	6
2.2	Lufttemperatur .....	7
2.3	Sonnenscheindauer .....	8
2.4	Niederschlag .....	9
<b>3</b>	<b>Oberflächengewässer</b> .....	<b>21</b>
3.1	Wasserstand und Durchfluss .....	21
	MONIKA SPICKER	
3.2	Talsperren und Hochwasserrückhaltebecken .....	31
	MONIKA SPICKER	
3.4	Physikalisch-chemische Beschaffenheit oberirdischer Gewässer .....	35
	DR. CHRISTINA KLEIN, JANA SEMSEI, ANDREAS BURMEISTER	
3.5	Untersuchungen zur Fauna und Flora der Fließgewässer .....	48
	ELISABETH SCHLAG	
3.6	Gewässerstruktur .....	54
	JOACHIM WEDEL, ANN KATRIN THOMAS & HEIKO TRIER	
3.7	Seen – Trophische Untersuchungen .....	57
	MICHAEL HÄCKL	
<b>4</b>	<b>Grundwasser</b> .....	<b>62</b>
4.1	Grundwasserneubildung .....	62
	MARIO HERGESELL	
4.2	Grundwasserstände und Quellschüttungen .....	65
	MARIO HERGESELL	
4.3	Grundwasserbeschaffenheit – Pflanzenschutzmittelwirkstoffe und ihre relevanten bzw. nicht relevanten Metaboliten .....	69
	DR. GEORG BERTHOLD, HARALD RÜCKERT	
<b>5</b>	<b>Aktualisierung des Bewirtschaftungsplans mit Maßnahmenprogramm 2021–2027 für die hessische Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL)</b> .....	<b>78</b>
	DR. CARINA ZANG	
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>86</b>
<b>7</b>	<b>Übersicht Berichte</b> .....	<b>88</b>

## 1 Vorwort



Das Jahr 2020 war wie die beiden Jahre davor zu warm und zu trocken und damit das dritte trockene Jahr in Folge. Es war das zweitwärmste Jahr seit 1881. Wie in den Jahren 2018 und 2019 wirkten sich die relativ niedrigen Niederschläge und das erhebliche Niederschlagsdefizit der Vorjahre auf den

Wasserhaushalt aus. Deutlich zeigte sich die Trockenheit auch 2020 in ausgeprägtem Niedrigwasser in den hessischen Gewässern und besonders bei niedrigen Grundwasserständen.

Auch im Jahr 2020 lag die Grundwasserneubildungsrate deutlich unter den langjährigen Mittelwerten. Daher konnten sich die seit 2018 zurückgehenden Grundwasserstände und Quellschüttungen auch 2020 nicht erholen.

In den folgenden Kapiteln wird die Situation des Jahres 2020 anhand der Ergebnisse der gewässerkundlichen Messungen im Einzelnen dargestellt. Die Durchfüh-

rung und Auswertung dieser Messungen in Hessen ist eine zentrale Aufgabe des Hessischen Landesamtes für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG). Zur laufenden Überwachung des Gewässerzustandes verfügt das Land über eine Vielzahl gewässerkundlicher Messstellen (Abbildung 1). An diesen Messstellen werden vom HLNUG und von den Regierungspräsidien Messungen und Untersuchungen durchgeführt.

Aus diesen Messergebnissen, aus Sondermessprogrammen, aus Messungen für die Umsetzung der 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, der für überörtlich bedeutsame Planungen, Maßnahmen und Entscheidungen allgemein zur Verfügung steht.

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

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

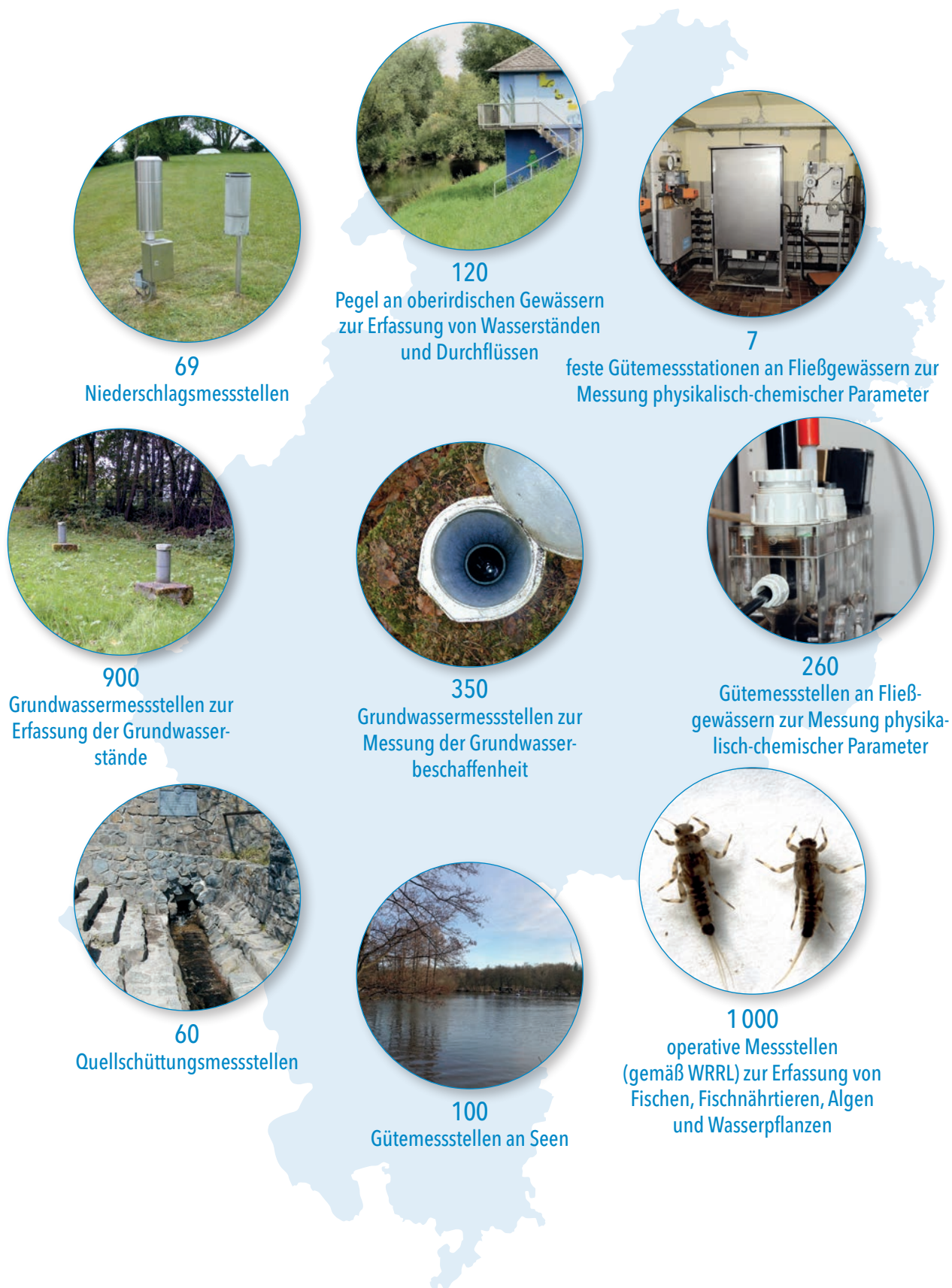


Abb. 1: Gewässerkundliche Messstellen des Landes Hessen © HLNUG

## 2 Witterung

CORNELIA LÖNS-HANNA

### 2.1 Jahresüberblick

Das Jahr 2020 verlief wie auch die vergangenen Jahre wieder zu trocken, sonnenscheinreich und deutlich zu warm im Vergleich zum langjährigen Mittel. Laut Deutschem Wetterdienst (DWD) war es das zweitwärmste Jahr seit Beginn regelmäßiger Aufzeichnungen. In Hessen betrug die mittlere Temperatur 10,4 °C.

Acht Monate war es zu trocken, wobei wirklich viel Regen nur im Februar mit mehr als der doppelten Regenmenge im Vergleich zum Durchschnitt fiel. Insgesamt gab es 2020 19 % weniger Niederschlag als im langjährigen Mittel der Referenzperiode 1981–2010.

Im Gegensatz zu den Vorjahren traten 2020 nur wenige extreme Starkregenereignisse auf. Als einziges Ereignis mit extrem heftigen Starkregen sind die Re-

genfälle am 13./14. Juni 2020 im Raum Mittelhessen einzuordnen. Diese treten statistisch gesehen öfter als 10 bis 50 Jahre, vereinzelt sogar nur alle 100 Jahre auf.

Die Gewässer waren von April bis weit in den Dezember von niedrigen Wasserständen betroffen. Auch die Grundwasserstände blieben eher auf niedrigem Niveau, eine nachhaltige Erholung konnte bis Ende des Jahres nicht festgestellt werden. Ursache für die niedrigen Wasserstände im Grundwasser und den Oberflächengewässern waren neben den geringen Niederschlägen in 2020 vor allem die langen Dürrezeiten seit 2018. Erst die ergiebigen Niederschläge in der letzten Dezemberwoche führten dazu, dass sich die Oberflächengewässer wieder füllten. (Kap. 3.1, 4.1 und 4.2).



Abb. 2: Rhein im November 2020 © HLNUG

## 2.2 Lufttemperatur

### Lufttemperaturmessnetz, Zielsetzung und Aufgabe

Lufttemperaturwerte werden im Rahmen der Gewässerkunde benötigt:

- als Eingangswerte für Wärmemodelle der Gewässer,
- für die Beurteilung der physikalisch-chemischen Gewässerbeschaffenheit,
- für die Beurteilung der biologischen Gewässerbeschaffenheit,
- als Eingangswerte für Hochwasservorhersagemodelle und
- für die mengenmäßige Betrachtung von Grund- und Oberflächenwasser.

Die Lufttemperatur wird dabei an hesseneigenen Messstellen des Luftmessnetzes und des wasserwirtschaftlichen Niederschlagsmessnetzes erhoben. Außerdem kann für den internen Gebrauch auf Werte von Messstationen des DWD zugegriffen werden.

In Abbildung 3 sind die Jahresmittelwerte von Hessen seit 1881 dargestellt. Die mittlere Jahrestemperatur betrug im Jahr 2020 in Hessen 10,4 °C. Damit wurde die langjährige mittlere Temperatur des Vergleichszeitraums von 1981–2010 von 8,8 °C um 1,6 Grad überschritten. Verglichen mit dem Wert der Referenzperiode 1961–1990 von 8,2 °C, deren Werte für Erkenntnisse über langjährige Klimaänderungen betrachtet werden, war 2020 2,2 Grad zu warm. 2020 ist nach 2018 (10,5 °C) das zweitwärmste Jahr seit Beginn der regelmäßigen Messungen. In elf von zwölf Monaten wurden die langjährigen monatlichen Mittelwerte überschritten.

Die Temperaturentwicklung im Berichtsjahr ist in Abbildung 4 dargestellt. Abgesehen vom Mai, der mit 12,0 °C gegenüber dem Mittelwert der Referenzperiode von 12,9 °C etwas zu kalt war, waren alle übrigen Monate überdurchschnittlich warm. Die Durchschnittstemperatur im Januar lag bei 3,2 °C, mit 2,8 Grad über dem Mittelwert war es zu warm. Erheblich zu warm war der Februar mit 5,0 °C, er lag

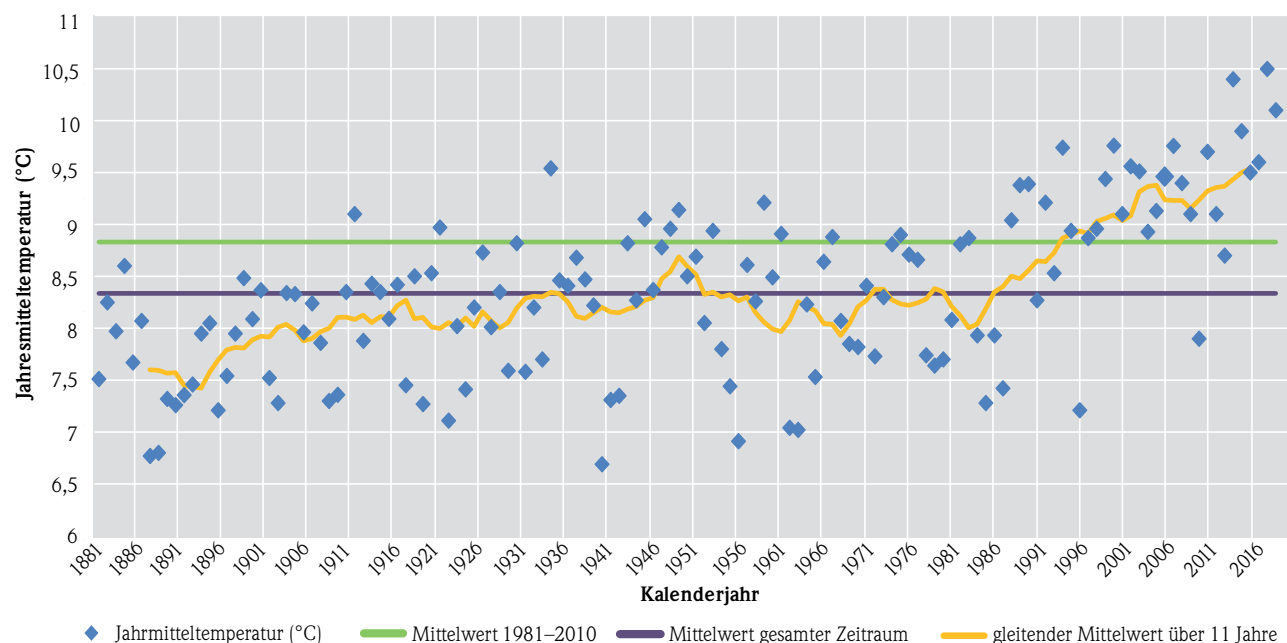
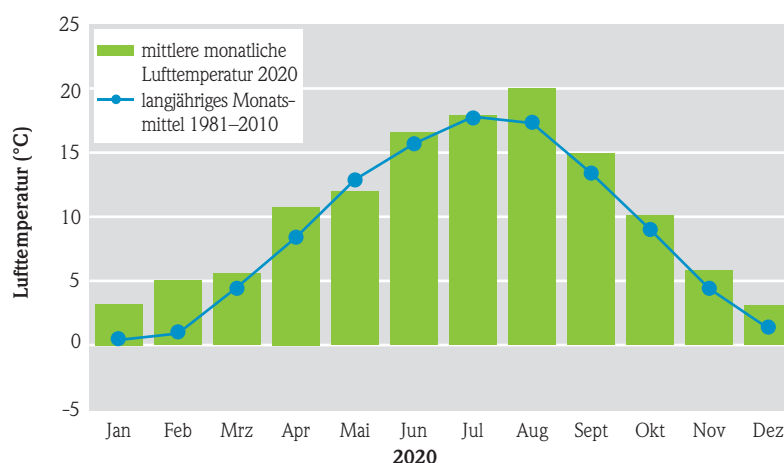


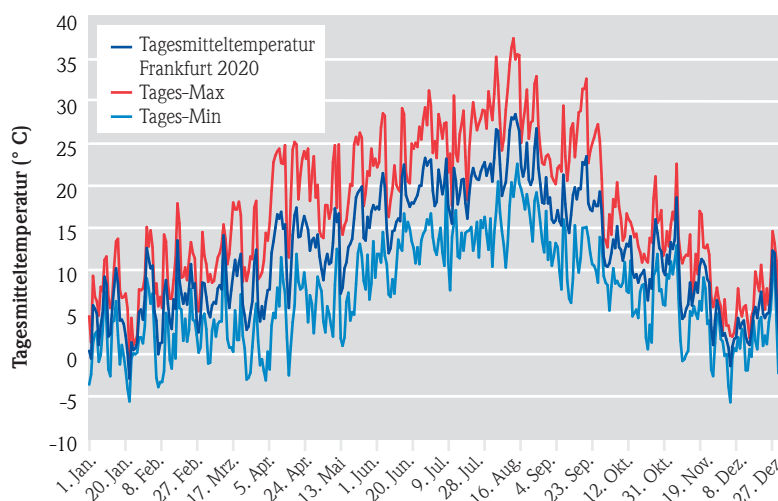
Abb. 3: Jahresmitteltemperaturen in Hessen (Daten: DWD)



damit 4,1 Grad über dem Vergleichswert von 0,9 °C. Am 17. Februar zeigte das Quecksilber um 0 Uhr in Schaaheim-Schlierbach, südwestlich von Aschaffenburg, warme 18 °C [1]. Auf den Februar folgten mit 5,6 °C (1,1 Grad über dem Vergleichswert) ein zu warmer März und mit 10,8 °C und ein viel zu warmer April (2,4 Grad über dem Referenzwert). Nach einem Juni mit 16,6 °C, der mit 0,9 Grad über dem Mittelwert etwas zu warm war, folgte der Juli mit etwa normalen Temperaturen (17,9 °C). Der Sommer verabschiedete sich mit dem zweitwärmsten August seit dem Aufzeichnungsbeginn 1881. Mit einer Mitteltemperatur von 20,0 °C war er 2,7 Grad wärmer als der Referenzwert von 17,3 °C und damit viel zu warm. Am 9. August wurden in Frankfurt sehr heiße 37,5 °C gemessen (Abbildung 5). Insgesamt brachte der Hochsommermonat dem Rhein-Main-Gebiet bis zu 12 Hitzetage [1]. Auch die letzten vier Monate des Jahres 2020 waren zu warm, die mittleren Temperaturen lagen zwischen 1,1, und 1,8 Grad über den jeweiligen Vergleichswerten.



**Abb. 4:** Monatliche Lufttemperatur 2020 im Vergleich zum langjährigen monatlichen Mittel 1981–2010 (Daten: DWD)



**Abb. 5:** Tagesmitteltemperatur, Tagesmaximum und Tagesminimum Frankfurt am Main 2020 (Daten: DWD)

## 2.3 Sonnenscheindauer

### Sonnenscheinmessungen, Zielsetzung und Aufgabe

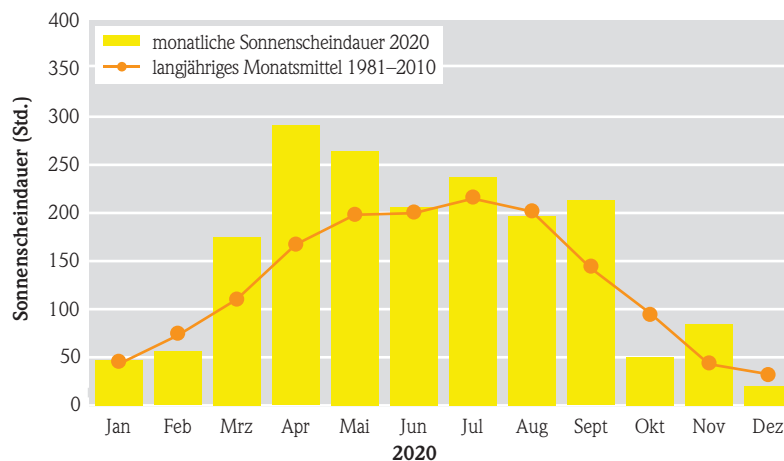
Angaben über die Sonnenscheindauer werden im Rahmen der Gewässerkunde ebenso wie die Lufttemperatur benötigt:

- als Eingangswerte für Wärmemodelle der Gewässer,
- für die Beurteilung der chemisch-physikalischen Gewässerbeschaffenheit,
- für die Beurteilung der biologischen Gewässerbeschaffenheit,
- als Eingangswerte für Hochwasservorhersagemodelle und
- für die Betrachtung langfristiger Klimaänderungen.

## Sonnenschein im Jahr 2020

Insgesamt schien die Sonne in Hessen 1 841 Stunden und damit 320 Stunden mehr als im Vergleichszeitraum (1 521 Stunden, Zeitraum: 1981–2010). Sonnenscheinreichster Monat war der April mit 291 Stunden. Auch die Monate März und Mai sowie September und November waren außergewöhnlich sonnig (Abbildung 6) [1] [2].

Beim Vergleich der Abbildungen 4 und 6 fällt auf, dass warme Monate nicht unbedingt sonnenscheinreiche Monate sein müssen. So war besonders der August zu warm bei normalem Sonnenschein, aber auch in den warmen Herbst- bzw. Wintermonaten September bis Dezember war es im Oktober und Dezember ziemlich trüb. Dies kann bei der allgemeinen Wahrnehmung dazu führen, dass diese Zeiten eher als kühl wahrgenommen werden.



**Abb. 6:** Monatliche Sonnenscheindauer in Hessen 2020 im Vergleich zum langjährigen monatlichen Mittel 1981–2010 (Daten: DWD)

## 2.4 Niederschlag

### Niederschlagsmessnetz, Zielsetzung und Aufgabe

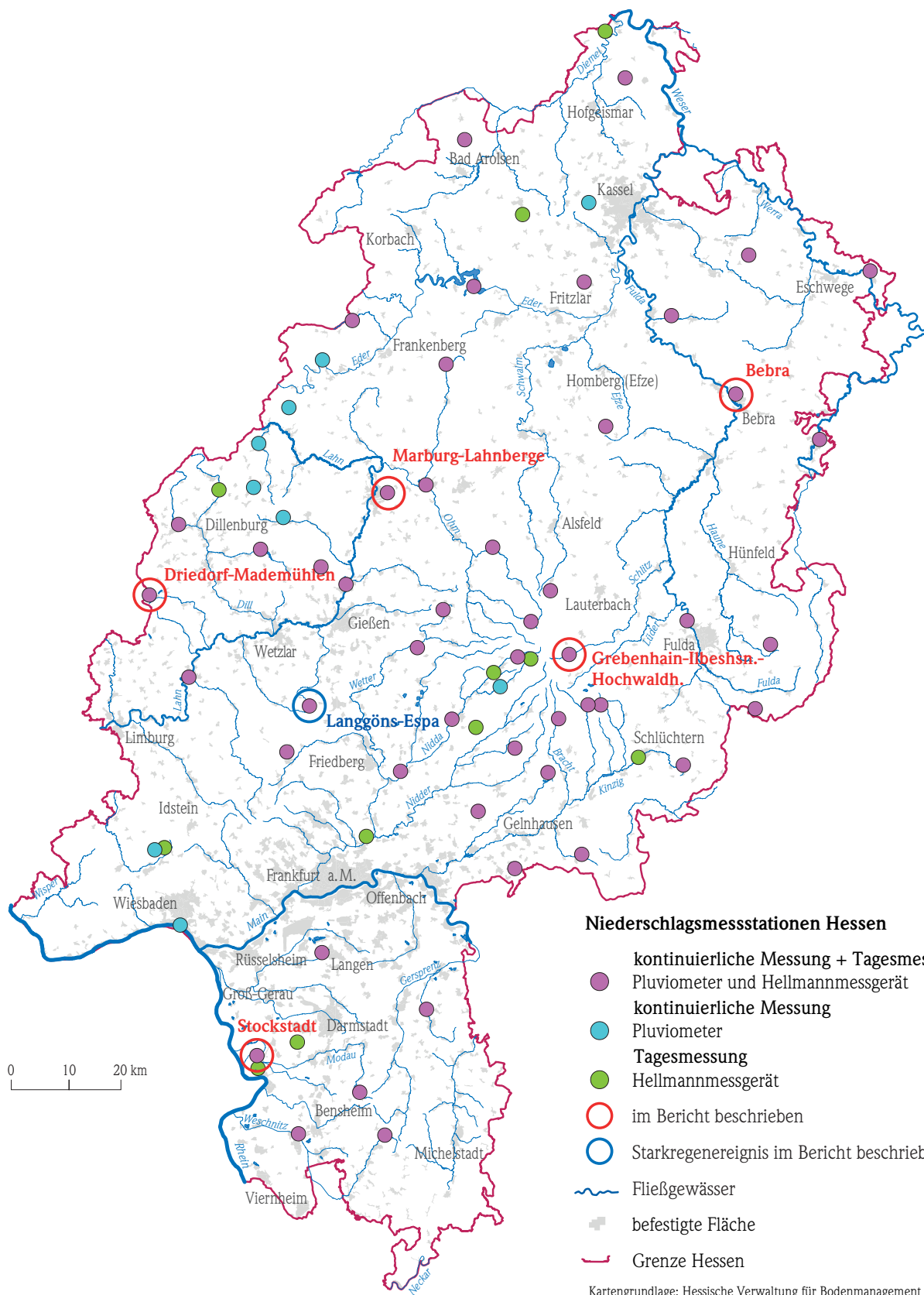
Kenntnisse über die Menge und die Verteilung des Niederschlags sind eine wesentliche Voraussetzung für die hydrologische Arbeit und deren Umsetzung in die wasserwirtschaftliche Praxis. Diese hydrologischen Werte

- bilden die Grundlage zur Bemessung wasserwirtschaftlicher Anlagen (z. B. Kanalnetze, Kläranlagen, Wasserversorgungseinrichtungen),
- sind fundierte Anhaltswerte für den Hochwasserwarndienst,
- sind wesentliche Eingangsdaten für Hochwasservorhersagesimulationen,
- sind Eingangsdaten für den Betrieb hydrologischer Modelle,
- liefern Hinweise bei der Ermittlung stofflicher Eintragspfade,

- sind bedeutsam für die Landwirtschaft und
- bieten die Grundlage für langfristige Betrachtungen im Hinblick auf Veränderungen der hydrologischen Situation und des Klimas.



**Abb. 7:** Niederschlagsmessstelle (links: Pluviometer rechts hinten: Hellmann-Messgerät) © HLNUG 2009



**Abb. 8:** Hydrologisches Niederschlagsmessnetz landeseigener Niederschlagsmessstellen

Das hessische Niederschlagsmessnetz umfasst derzeit 69 Messstellen im Rahmen des landeseigenen, hydrologisch ausgerichteten Messnetzes (siehe Abbildungen 7 und 8). An den meisten Messstellen stehen sowohl ein Pluviometer (Messung von Minutenwerten mit Datenfernübertragung (DFÜ)) als auch ein Niederschlagsmessgerät nach Hellmann. Andere sind nur mit einem Pluviometer ausgestattet, da hier eine tägliche Ablesung durch einen Beobachter, wie sie bei Hellmann-Messgeräten erforderlich ist, nicht durchgeführt werden kann. Insgesamt gibt es 58 Messstellen, an denen hochaufgelöste Niederschlagsdaten registriert werden und deren Daten mittels DFÜ in eine zentrale Datenbank übertragen werden. Daneben gibt es noch 11 Messstellen, an denen nur einmal täglich mit einem Hellmann-Messgerät durch einen Beobachter gemessen wird. Betrieb und Unterhaltung der Niederschlagsmessgeräte erfolgt größtenteils durch die Regierungspräsidien. Einzelne Niederschlagsmessstellen werden von Dritten betrieben, beispielsweise von Wasserverbänden. Zuständig für die Datenfernübertragung, den Betrieb der Datenbank, Prüfung und Veröffentlichung der Daten im Internet sowie die Datenweitergabe und die Datenauswertung ist das HLNUG.

Zusätzlich zu den Daten der hydrologischen Landesmessstellen werden in Hessen Messergebnisse anderer hessischer Messnetze, Daten von 75 Niederschlagsmessstellen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) im Rahmen des Datenaustausches sowie Daten Dritter (Nachbarländer, Wasserverbände usw.) vom HLNUG für interne Anwendungen, hauptsächlich für den Betrieb wasserwirtschaftlicher Modelle, verwendet.

Die Ergebnisse der Niederschlagsmessungen des Landesmessnetzes werden im Internet auf der Homepage des HLNUG unter <https://www.hlnug.de/static/pegel/wiskiweb2/> zeitnah veröffentlicht.

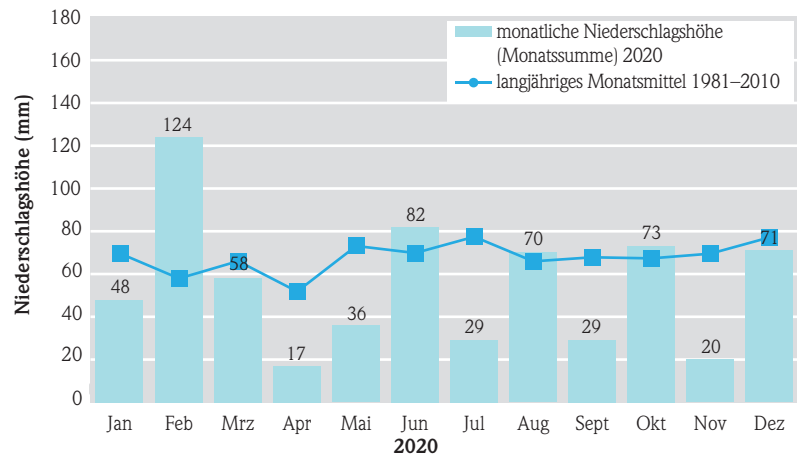


Abb. 9: Monatlicher Niederschlag in Hessen im Jahr 2020 im Vergleich zum langjährigen monatlichen Mittel 1981–2010 (Daten: DWD)

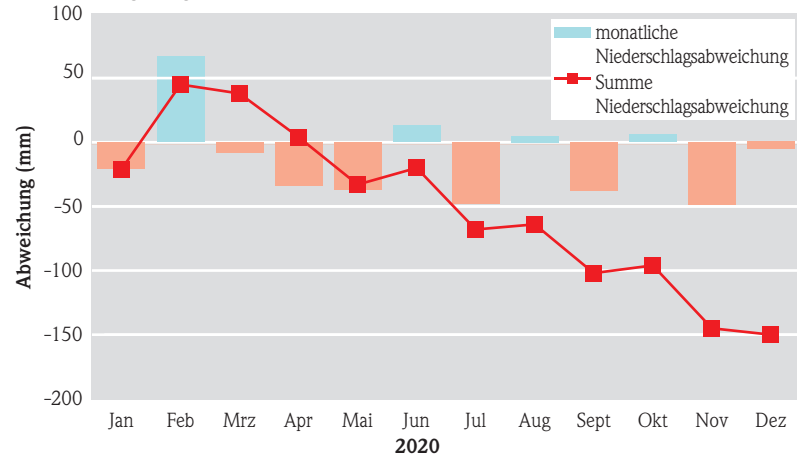


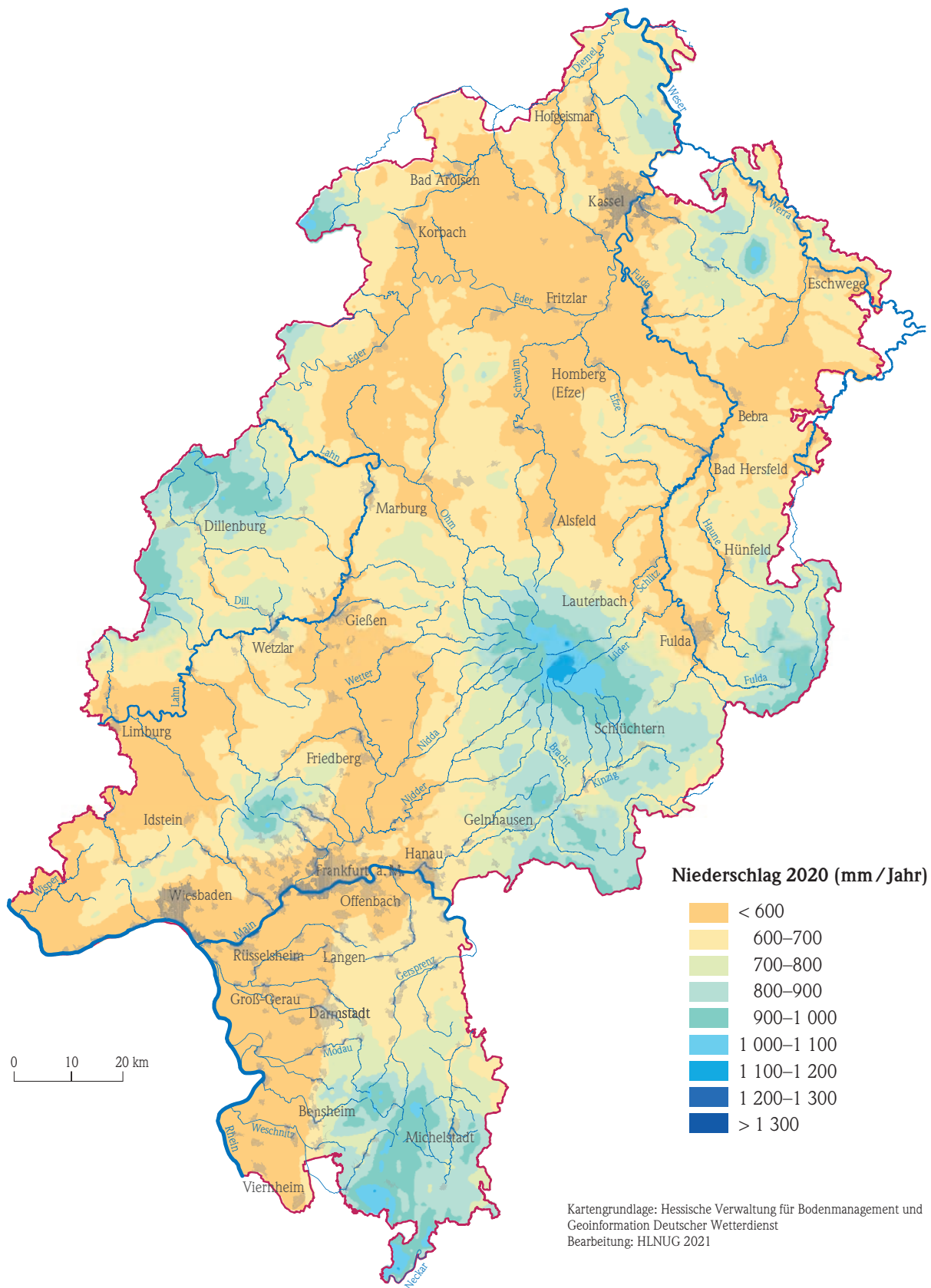
Abb. 10: Abweichung vom langjährigen monatlichen Mittel und Niederschlagsbilanz (Daten: DWD)

## Niederschläge im Jahr 2020

Die Jahresniederschlagsmenge in Hessen betrug im Jahr 2020 im Mittel 657 mm ( $l/m^2$ ). Diese entspricht ca. 81 % der durchschnittlichen Jahresniederschlagsmenge der Vergleichsperiode 1981–2010 von 808 mm. Verglichen mit dem für Betrachtungen des Klimawandels verwendeten Mittelwert der Referenzperiode 1961–1990 von 793 mm lag die Niederschlagsmenge im Jahr 2020 bei 83 % des Mittelwerts.

Die Niederschlagsverteilung der einzelnen Monate ist in Abbildung 9 dargestellt. Im Folgenden wird die Niederschlagsverteilung der einzelnen Monate beschrieben.

Im Jahr 2020 gab es acht Monate mit unterdurchschnittlichen Regenmengen. Nur vier Monate waren



**Abb. 11:** Regionale Verteilung der korrigierten Jahresniederschläge 2020 (Daten: DWD)

nasser als im Mittel. Starkregen fielen weniger als in den beiden Vorjahren. Wirklich ausgeprägte Starkregenereignisse gab es Mitte Juni.

Im Jahr 2020 baute sich besonders in der zweiten Jahreshälfte bezogen auf Hessen ein Niederschlagsdefizit von ca. 150 mm auf, das ca. 19 % des normalerweise zu erwartenden Jahresregens beträgt (Abbildung 10). Damit ist 2020 als zu trockenes Jahr anzusehen.

## Regionale Verteilung der Niederschläge

In weiten Teilen Hessens war es im Jahr 2020 relativ niederschlagsarm (Abbildung 11). Es fielen weniger als 600 mm Niederschlag in der Jahressumme bzw. zwischen 600 und 700 mm. Im Odenwald und vereinzelt in den Hochlagen von z. B. Vogelsberg, Rhön und Rothaargebirge waren die Jahresniederschläge höher und lagen vereinzelt bei Werten über 1 000 mm.

In Tabelle 1 und den Grafiken der folgenden Abbildungen 12 und 13 wird das Niederschlagsgeschehen an einzelnen, in verschiedenen Regionen Hessens liegenden Niederschlagsmessstationen anhand der Monatssummen dargestellt und mit denen der vorangegangenen Jahre verglichen.

An der **Messstelle Bebra in Nordhessen** fielen 488 mm. Dies entspricht 82 % des mittleren Wertes der Jahre 1981–2010. Die größten Niederschlagsmengen fielen im Februar mit 88 mm, 50 mm

(+133 %) mehr als im Mittel. Überdurchschnittlich regnete es darüber hinaus nur noch im März und im Juni. In den Monaten Januar, August und Oktober lagen die Regenmengen im durchschnittlichen Bereich. Die übrigen Monate waren niederschlagsarm. Trockenster Monat war der November mit 12 mm (23 % des Durchschnittswertes von 53 mm). Weitere trockene Monate waren der April mit 11 mm (30 %), der Mai mit 27 mm (47 %), der Juli mit 26 mm (-44 %), September mit 19 mm (40 %) und der Dezember mit 30 mm (60 %).

An der **mittelhessischen Messstelle Marburg** wurden 576 mm (84 % des Vergleichswertes) im Jahr 2020 gemessen. Abgesehen vom regenreichen Februar mit 122 mm, in dem 181 % mehr Regen fiel als im Vergleichszeitraum (43 mm) und im Juni mit 76 mm, in dem 27 % mehr Niederschlag als im Mittel fielen, waren alle Monate zu trocken.

**Tab. 1:** Niederschlagswerte (mm) ausgewählter hessischer Niederschlagsmessstellen 2020

Monat	Hochwaldhausen		Bebra		Marburg		Mademühlen		Stockstadt	
	Mittel 1981–2010	2020	Mittel 1981–2010	2020	Mittel 1981–2010	2020	Mittel 1981–2010	2020	Mittel 2001–2019	2020
Jan	152	153	46	45	62	54	116	105	30	19
Feb	119	266	38	88	43	122	88	187	34	87
Mrz	129	154	47	55	55	51	104	101	38	34
Apr	76	38	37	11	43	14	62	27	35	9
Mai	91	53	58	27	64	19	74	28	64	38
Jun	82	113	61	74	60	76	78	72	55	40
Jul	93	32	60	26	64	27	88	21	63	19
Aug	79	37	53	54	52	45	79	116	74	23
Sep	102	20	48	19	64	28	91	32	35	28
Okt	118	150	44	47	65	56	98	105	47	50
Nov	118	42	53	12	51	20	103	37	42	18
Dez	155	166	50	30	66	64	123	119	44	59
Jahressumme	1 313	1 223	595	488	690	576	1 103	948	561	423

Besonders niederschlagsarm war es im April mit 14 mm (33 %), im Mai mit 19 mm (29 %), im Juli mit 27 mm (42 %), im September mit 28 mm (44 %) und im November mit 20 mm (39 %). In den Monaten Januar, März, August, Oktober und Dezember wurden leicht unterdurchschnittliche Regenmengen registriert.

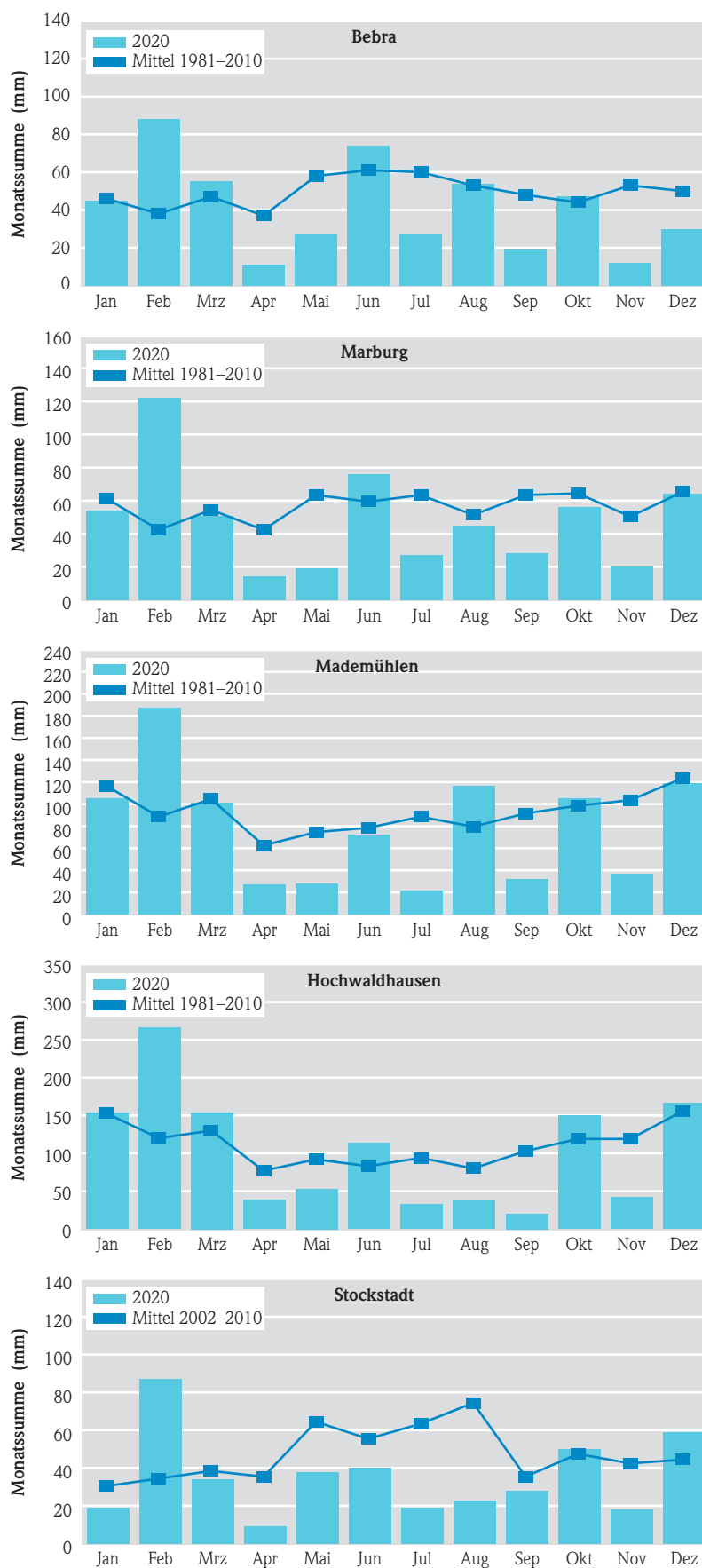
Im **Westerwald** an der Messstelle **Mademühlen** fielen mit 948 mm 86 % der langjährigen mittleren Niederschlagsmenge von 1 103 mm. Hier gab es zwei regenreiche Monate, Februar und August, fünf Monate mit leicht unterdurchschnittlichen Regenmengen und fünf viel zu trockene Monate. Der regenreichste Monat war auch hier der Februar, an dem mit 187 mm das langjährige Monatsmittel um 111 % überschritten wurde. Ebenfalls nass war es im August mit 37 mm mehr als im Mittel (+47 %). In den Monaten Januar, März, Juni, Oktober und Dezember fielen leicht unterdurchschnittliche Regenmengen. Extrem trockene Monate waren der April, in dem mit 27 mm nur 43 % (-57 %) der sonst üblichen Regenmenge fielen, der Mai mit 28 mm, einem Defizit von 46 mm (-62 %) und der Juli mit 21 mm (24 %) gegenüber dem Mittelwert von 88 mm. Auch die Monate September mit 32 mm und der November mit 37 mm, in denen jeweils nur ein Drittel der üblicherweise zu erwartenden Regenmengen fielen, waren extrem trocken.

An der Messstelle **Hochwaldhausen** im **Vogelsberg**, wo in der Regel relativ große Niederschlagsmengen niedergehen, regnete es im Jahr 2020 1 223 mm, dies ist 93 % der langjährigen mittleren Jahressumme von 1 313 mm. Sechs Monate waren extrem trocken. Im April fiel mit 38 mm die Hälfte der langjährig hier zu erwartenden Menge von 76 mm, im Mai betrug die Monatssumme mit 53 mm (58 % des mittleren Wertes). Noch trockener waren die Sommermonate Juli mit 32 mm (35 % des Mit-

telwertes), August mit 37 mm (46 %) und September mit 20 mm (20 %). Wie im übrigen Hessen war auch der November mit 42 mm (36 %) viel zu trocken. Die höchsten Regenmengen fielen hier wie auch in den anderen Regionen im Februar mit 266 mm, die um 124 % über dem langjährigen Mittel lagen. Überdurchschnittlich regnete es auch im Juni, im Oktober und im Dezember. Im Januar fielen durchschnittliche Regenmengen.

Die Messstelle **Stockstadt** liegt in **Südhessen** und ist erst seit 2001 in Betrieb. 2020 fielen hier 423 mm und damit 138 mm (25 %) weniger als im Zeitraum 2001–2020. Die höchsten Niederschläge waren mit 87 mm (+153 %) im Februar und mit 59 mm (+15 %) im Dezember zu verzeichnen. Alle übrigen Monate waren zu trocken, dabei waren der April mit 9 mm (25 % der mittleren Monatssumme), der Juli mit 19 mm (30 % des mittleren Monatswertes), der August mit 23 mm (31 %) und der November mit 18 mm (43 %) besonders trocken.

Die Auswertungen zeigen, dass das Niederschlagsgeschehen im Jahr 2020 in ganz Hessen eher einheitlich war. An allen Niederschlagsstationen wurden Jahressummen gemessen, die niedriger als die langjährigen Mittelwerte waren. Das Jahr 2020 ist hessenweit für den Zeitraum der letzten 30 Jahre im Drittel der trockensten zehn Jahre einzuordnen. Vor allem die Monate April und Mai sowie Juli, September und November waren überall zu trocken. Der einzige sehr nasse Monat an allen Niederschlagsstationen war der Februar, in dem Regenmengen registriert wurden, die mehr als das Doppelte der langjährigen mittleren Werte betrug. Regional die größten Unterschiede im Niederschlagsgeschehen gab es im August, der im Norden und Westen zu nass war, im Vogelsberggebiet und in Südhessen jedoch zu trocken ausfiel.



**Abb. 12:** Monatsniederschläge an fünf hessischen Niederschlagsstationen (Datenbasis: ungeprüfte Rohdaten)



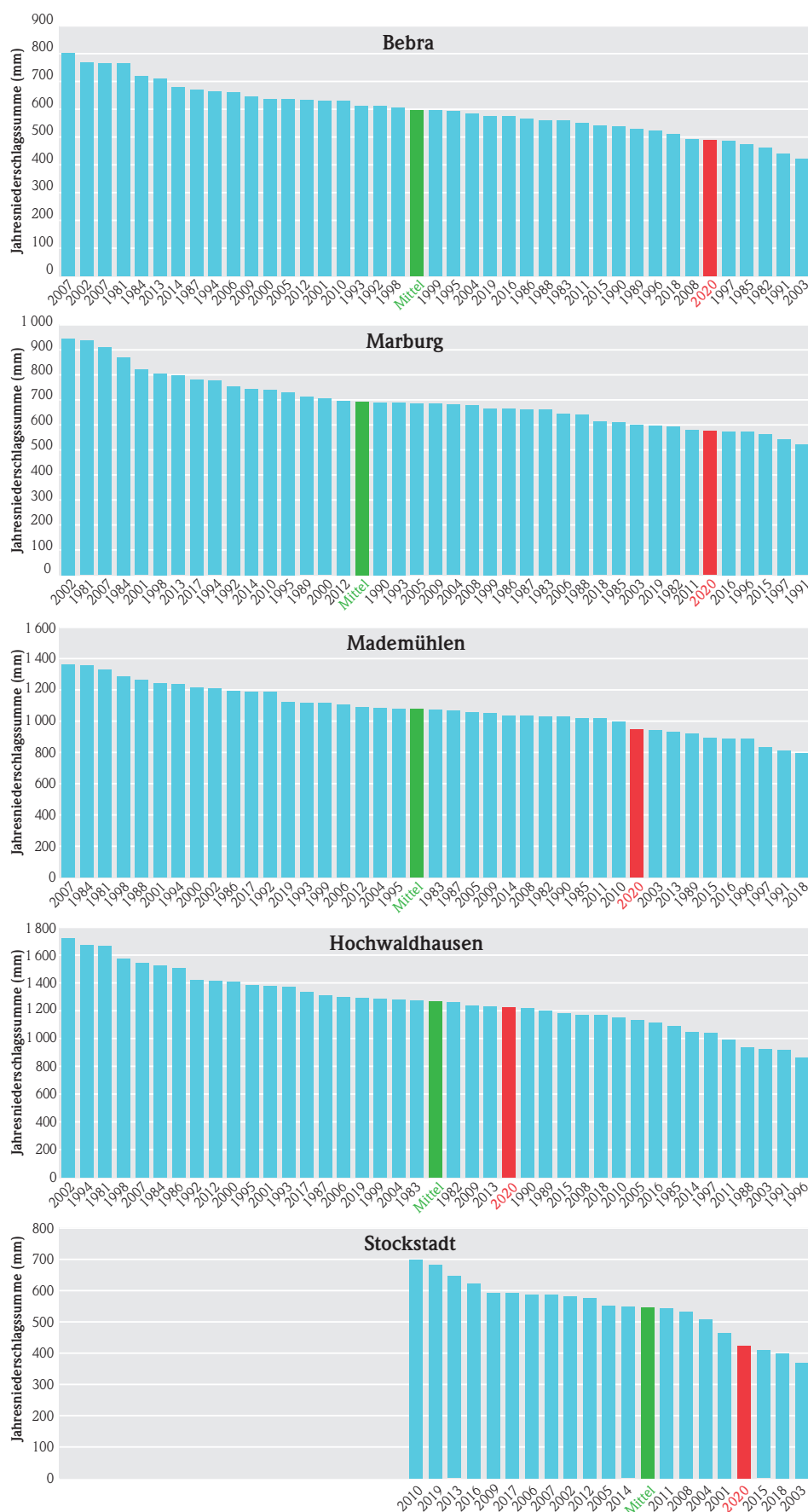


Abb. 13: Jahresniederschlagsmengen an fünf hessischen Niederschlagsmessstationen (rot: Jahressumme 2020, grün: langjähriges Mittel, Datenbasis: ungeprüfte Rohdaten)

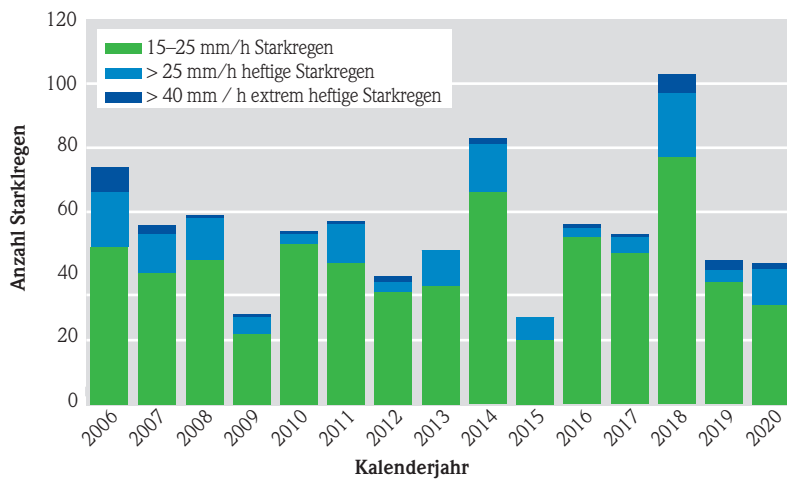
## Starkregenereignisse 2020

2020 war relativ arm an Starkregenereignissen. Extreme Starkregenereignisse mit hohen Wiederkehrwahrscheinlichkeiten wurden nur an einem Tag im Juni registriert. Abbildung 14 zeigt, wie viele Starkregenereignisse mit Stundensummen von mehr als 15 mm/Stunde an 56 hessischen Niederschlagsstationen seit 2006 registriert wurden.

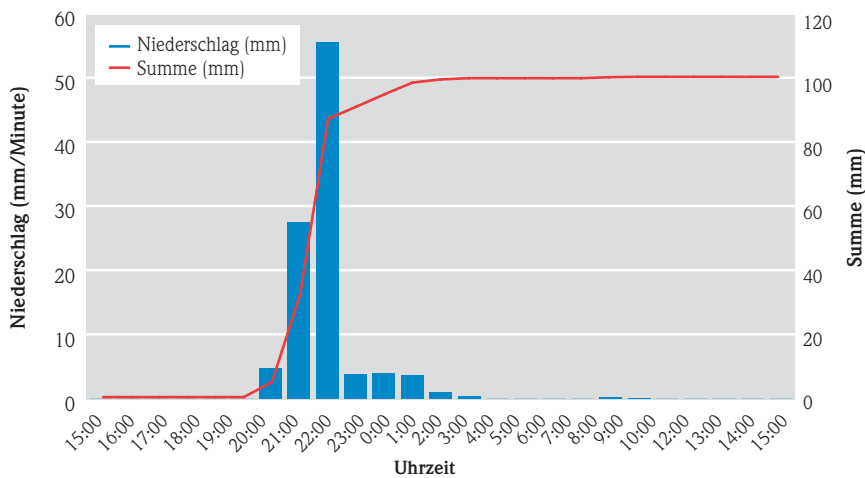
Das stärkste zeitlich und lokal begrenzte Starkniederschlagsereignis im Jahr 2020 wurde am 13./14. Juni

2020 in Mittelhessen registriert. An den hessischen Niederschlagsstationen Langgöns-Espa, Bischoffen und Biebergemünd-Bieber konnte es laut KOSTRA-DWD (KO-ordinierte Starkniederschlags-Regionalisierungs-Auswertungen [3]) als ein Ereignis mit mehr als 100-jährlicher Wiederkehrwahrscheinlichkeit eingeordnet werden (Abbildung 15).

In Tabelle 2 sind registrierte Starkregenereignisse des Jahres 2020 zusammengestellt. Hier ist als Basis die Tagessumme angegeben.



**Abb. 14:** Starkregen mit Stundensummen > 15 mm an hessischen Niederschlagsstationen 2006 bis 2020



**Abb. 15:** Niederschlag am 13./14. Juni 2020, 20:30 bis 04:00 Uhr. Niederschlagsstation Langgöns-Espa

**Tab. 2:** Übersicht über registrierte Starkregenereignisse 2020 in Hessen (Tagessummen > 25 mm an Niederschlagsmessstationen des hydrologischen Messnetzes)

Datum des Ereignisses	Betroffene Gebiete	Messstation	Regenmengen, Jährlichkeit					Auswirkungen
			höchste 24-Stunden-summe	höchste Tages-summe (7:30-7:30 Uhr)	Jährlich-keit Kostra DWD 2010 R3	höchste Stunden-summe	Jährlich-keit Kostra DWD 2010 R3	
			(mm/24 Stunden)	(mm/24 Stunden)		(mm/Std.)		
09. bis 12.05.2020	Süd Hessen, Odenwald	Fürth-Krumbach	64,7		5	14,3	< 1	Hochwasser mit Meldestufenüberschreitung MST I Eppstein/Schwarzbach und Eberstadt/Modau.
		Groß-Umstadt KA	42,7	22,4	< 1	6,2	< 1	
		Modautal-Brandau-KA	42,5	22,4	1-2	5,9	< 1	
		Biebergemünd-Bieber	32,5	20,8	< 1	4,8	< 1	
		Freigericht-Horbach	30,5	16,8	< 1	4,9	< 1	
		Weilburg KA	25,9	23,7	< 1	18,7	1-2	
		Sinntal-Sterbfritz	26,4	17,7	<< 1	7,8	< 1	
		Lorsch KA	28,4	16,2	<< 1	4,7	< 1	
		Ulrichstein-Selgenhof	25,9	14,9	<< 1	9,0	< 1	
13. bis 14.06.2020	Mittelhessen	Langgöns-Espa	100,9	100,6	>> 100	55,5	> 100	Überschwemmte Straßen und Keller, Schlammlawinen, besonders Hombressen (Hofgeismar), A5 zwischen Bad Nauheim und Friedberg unter Wasser.
		Bischoffen	80,3	80,3	100	34,2	10-20	
		Biebergemünd-Bieber	74,1	74,1	30-50	69,0	> 100	
		Biedenkopf-Sackpfeife	51,0	50,8	10-20	32,5	10-20	
		Angelburg-Frechenhausen	48,8	48,5	2-3	37,8	20-30	
		Brachtal-Spielberg	44,7	42,5	1-2	13,5	< 1	
		Breidenbach	30,4	30,3	< 1	14,7	1-2	
		Bad Endbach KA	28,8	28,7	< 1	18,2	< 1	
14. bis 15.06.2020	Nordhessen	Spangenberg-Mörshausen	39,2	38,9	1-2	12,5	< 1	
		Hessisch Lichtenau - am Meißner	38,4	37,9	1-2	11,2	< 1	
		Bebra	36,4	36,0	1-2	8,6	< 1	
		Gudensberg	34,4	34,4	1-2	17,2	1-2	
		Dipperz-Giegenberg	31,9	29,9	1-2	11,5	< 1	
		Kassel-Wilhelmshöhe	28,3	28,1	1-2	4,3	< 1	
		Wanfried	25,0	25,0	< 1	11,9	< 1	
		Heringen	26,6	25,4	< 1	4,9	< 1	

Datum des Ereignisses	Betroffene Gebiete	Messstation	Regenmengen, Jährlichkeit					Auswirkungen
			höchste 24-Stunden-summe	höchste Tages-summe (7:30-7:30 Uhr)	Jährlich-keit Kostra DWD 2010 R3	höchste Stunden-summe	Jährlich-keit Kostra DWD 2010 R3	
			(mm/24 Stunden)	(mm/24 Stunden)		(mm/Std.)		
17.06.2020	Mittelhessen	Auhammer	45,0	Keine Auswertung von Tages-summen	2–3	12,4	< 1	Dauerregen über mehrere Stunden, keine hohen Stundenwerte.
		Frankenberg-Eder-Rengershausen	35,9		1–2	10,4	< 1	
		Gemünden (Felda) Rülfenrod	31,7		< 1	9,2	< 1	
		Haina Kloster	32,5		1–2	11,7	1–2	
		Marburg-Lahnberge	30,8		< 1	10,3	< 1	
		Fulda-Gläserzell KA	28,9		1–2	8,5	< 1	
		Schwarzenborn-Richberg	28,2		< 1	12,2	< 1	
		Grebenhain-Ilbeshausen-Hochwaldhausen	26,4		< 1	10,8	< 1	
		Lautertal (Vogelsberg) Meiches	26,1		< 1	6,5	< 1	
		Biedenkopf-Sackpfeife	25,9		< 1	5,4	< 1	
		Sinntal-Sterbfritz	25,1		< 1	12,8	< 1	
		Langgöns-Espa	25,1		< 1	15,7	< 1	
		Ulrichstein-Selgenhof	23,7		< 1	7,0	< 1	
		Driedorf-Mademühlen	22,4		< 1	13,3	< 1	
11.08.2020	Mittelhessen	Lollar KA	38,6	25,4	1–2	24,2	3–5	Hohe Schäden durch Unwetter. Frankfurt 360 Feuerwehrein-sätze. Straßen unter Wasser.
		Modautal-Brandau-KA	35,9	35,9	< 1	35,5	10	
		Breidenbach	34,1	26,3	< 1	20,7	2–3	
12. 08.2020	Nordhessen, Rothargebirge, Rhön	Bad Arolde-Schmillinghausen	30,4	30,4	< 1	22,5	2–3	
13.08.2020		Hessisch Lichtenau am Meißner	55,8	53,1	3–5	20,8	2–3	
Gemünden-Felda-Rülfenrod		47,5	47,5	3–5	30,7	5–10		
Gudensberg		21,1	21,1	< 1	15,8	1–2		
		Gersfeld-Rhön-Dalherda	29,6	29,6	< 1	4,9	< 1	

Datum des Ereignisses	Betroffene Gebiete	Messstation	Regenmengen, Jährlichkeit					Auswirkungen
			höchste 24-Stunden-summe	höchste Tages-summe (7:30-7:30 Uhr)	Jährlich-keit Kostra DWD 2010 R3	höchste Stunden-summe	Jährlich-keit Kostra DWD 2010 R3	
			(mm/24 Stunden)	(mm/24 Stunden)		(mm/Std.)		
14.08.2020	Nordhessen, Rothargebirge, Rhön	Bad Aroladen-Schmillinghausen	33,5	33,5	1–2	20,3	2–3	Hohe Schäden durch Unwetter. Frankfurt 360 Feuerwehrein-sätze Straßen unter Wasser.
		Wiesbaden HLNUG	30,0	30,0	.ca. 1	21,0	2–3	
15.08.2020		Sinntal-Sterbfritz	26,3	26,3	< 1	21,1	1–2	
16.08.2020	Mittelhessen	Haina Kloster	32,5		1–2	11,7	1–2	Wasserstands-anstiege Meldestufe II Pegel Eppstein/Schwarzbach.
		Driedorf-Mademühlen	48,0	48,0	2–3	26,3	5–10	
		Grünberg	48,0	48,0	ca. 3	25,6	3–5	
		Lautertal (Vogelsberg) Meiches	46,8	46,6	< 1	34,6	10–20	
		Lollar KA	46,8	23,8	2–5	17,1	1–2	
		Ronneburg-Hof_Waldeck	44,6	45,4	3–5	17,0	1–2	
		Bad-Endbach- KA	41,5	41,5	1–2	26,5	3–5	
		Ulrichstein-Selgenhof	38,0	38,0	< 1	12,6	< 1	
		Brachtal-Spielberg	37,7	37,7	< 1	20,6	ca. 2	
		Kirchhain KA	33,6	33,6	1–2	21,0	2–3	
		Haiger	31,0	31,0	< 1	11,6	< 1	
		Schotten-Hoherodskopf	29,4	29,4	< 1	7,9	< 1	
		Weilburg KA	20,1	20,1	< 1	19,2	1–2	
30.08.2020	Süd- hessen, Osthessen	Modautal-Brandau KA	32,6	32,6	< 1	14,8	< 1	Wasserstands-anstiege, Hochwas-sermeldestufe I Eberstadt/Modau.
31.08.2020		Biebergemünd-Bieber	18,4	18,4	< 1	17,9	1–2	

## Literatur

- [1] DWD Pressemitteilung: Deutschlandwetter\_2020, 30.12.2019, Deutscher Wetterdienst (DWD) abgerufen 21.01.2020.
- [2] DWD Monatliche Klimastatusberichte 2020.
- [3] KOSTRA-DWD (Deutscher Wetterdienst (DWD), Institut für technisch-wissenschaftliche Hydrologe GmbH (itwh).

## 3 Oberflächengewässer

### 3.1 Wasserstand und Durchfluss

MONIKA SPICKER

#### Pegelmessnetz, Zielsetzung und Aufgabe

Kenntnisse der Wasserstände und der Durchflüsse in den Gewässern sind Voraussetzung für nahezu jede hydrologische Arbeit und deren Umsetzung in die wasserwirtschaftliche Praxis. Diese hydrologischen Werte

- bilden die Grundlage für die Bewirtschaftung der Gewässer,
- stellen die Basis zur Bemessung wasserwirtschaftlicher Anlagen dar,
- sind fundierte Anhaltswerte für den Hochwasserwarndienst,
- sind wesentliche Eingangsdaten für Hochwasservorhersagesimulationen,
- dienen zur Berechnung von Stofffrachten in den Gewässern,

- sind Eingangsdaten für den Betrieb hydrologischer Modelle und
- bieten den Ausgangspunkt für langfristige Betrachtungen im Hinblick auf Veränderungen der hydrologischen und klimatologischen Situation.

Zur Ermittlung der Wasserstands- und Durchflusswerte betreibt das Land Hessen ca. 120 Pegel (Abbildungen 16, 17 und 18). Diese erfassen und dokumentieren den Istzustand der Gewässer. Betrieb und Unterhaltung der Pegel sowie die Durchführung der Durchflussmessungen obliegen den Regierungspräsidien. Das landeseigene Pegelmessnetz wird ergänzt durch mehr als 40 Pegel von Verbänden und sonstigen Betreibern, die meist der Steuerung von Talsperren und Hochwasserrückhaltebecken dienen. Die Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung (WSV) betreibt an den Bundeswasserstraßen in Hessen weitere 20 Pegel.



**Abb. 16:** Neu saniertes Pegel Hainstadt an der Mümling, Ende August 2020 © RP Darmstadt (Jutta Bernhardt)



**Abb. 17:** Neu saniertes Pegel Harreshausen an der Gersprenz, Ende August 2020 © RP Darmstadt (Jutta Bernhardt)

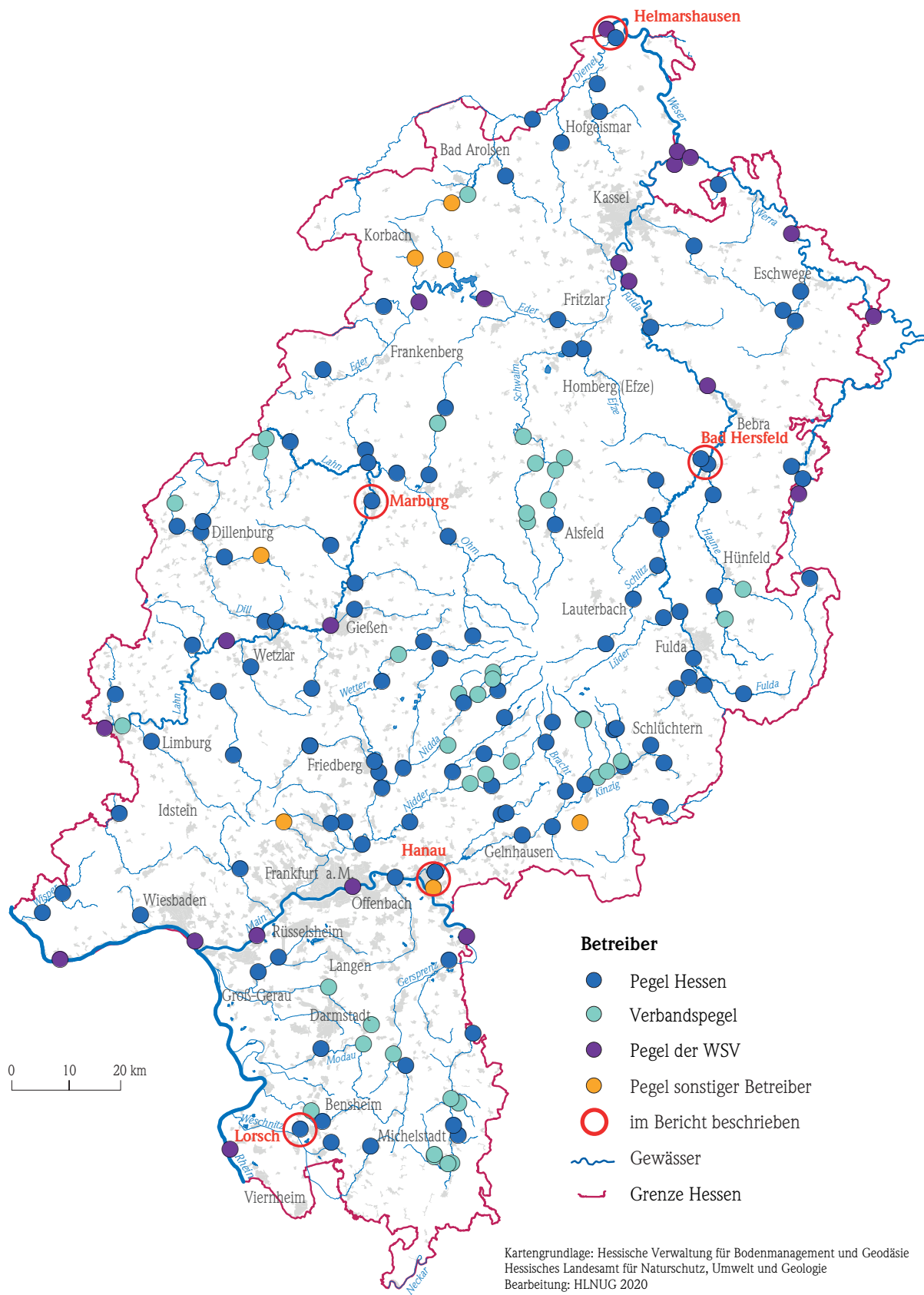


Abb. 18: Pegelmessnetz

Die aktuellen Messwerte der Pegel sowie weitere Informationen sind im Internet auf der HLNUG-Webseite dargestellt:

<https://www.hlnug.de/static/pegel/wiskiweb3/webpublic/#/overview/Wasserstand>.

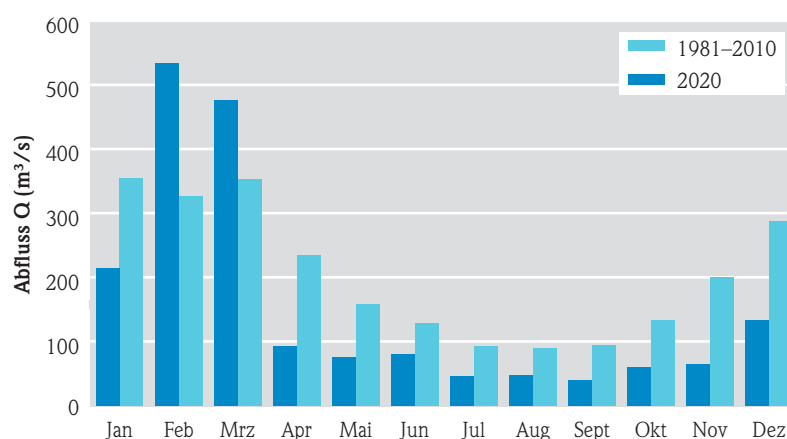
Das Pegelmessnetz muss die Entwicklung der Abflüsse entlang der Gewässer abbilden. Die einzelnen Pegel sind, je nach Funktion, mit einem oder mehreren Geräten zur Erfassung der Wasserstände, zur Datenregistrierung und zur Datenfernübertragung sowie teilweise ergänzend mit Anlagen zur Durchflussermittlung ausgestattet. Zur Verbesserung der Datensicherheit sind diese Systeme bei den meisten Pegeln redundant ausgelegt.

## Ergebnisse 2020

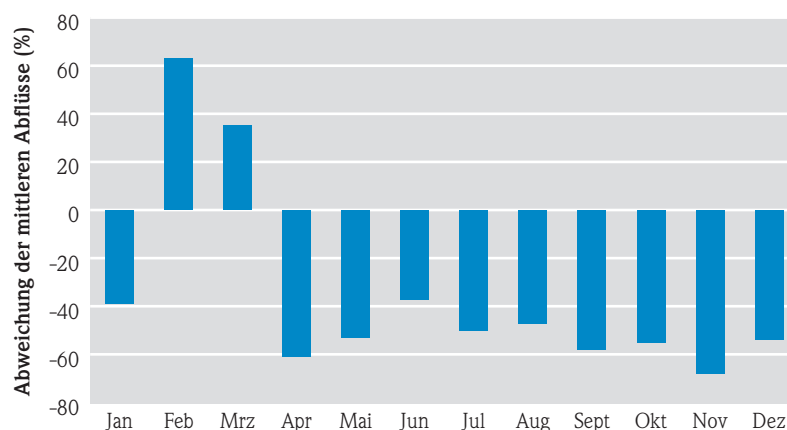
Das Durchflussverhalten der hessischen Gewässer wird zusammenfassend in den Abbildungen 19 und 20 dargestellt. Hierfür wurden die Durchflüsse 16 repräsentativer hessischer Gewässer ausgewertet und auf die ganze Fläche Hessens hochgerechnet. Stand der Auswertung ist März 2021.

Im Vergleich mit dem langjährigen Mittel weisen nur die Monate Februar und März einen höheren Abfluss auf. Im Februar ist die positive Abweichung am größten, was nicht erstaunlich ist, war doch der Februar 2020 deutschlandweit der zweittagebeste Februar seit Aufzeichnung. In dieser Zeit flossen 163 % des langjährigen Mittels ab. Auch im darauffolgenden März flossen noch 135 % des langjährigen Mittels ab. Ab April sind dann jedoch die Monatsabflüsse durchweg geringer als die langjährigen Mittelwerte, dies zwar auf sehr niedrigem Niveau, dabei aber recht ausgewogen. Die relativen Abweichungen schwanken zwischen -37 % im Juni und -68 % im November.

Meldestufenüberschreitungen gab es hauptsächlich in den Monaten Februar und März. (Abbildungen



**Abb. 19:** Vergleich des mittleren monatlichen Abflusses mit dem langjährigen mittleren Monatsabfluss in Hessen



**Abb. 20:** Abweichung des mittleren monatlichen Abflusses (MQ) vom langjährigen Monatsmittel ( $MO_{Reihe\ 1981-2010}$ )

21 und 22). Viele Tiefdrucksysteme brachten viel Niederschlag und damit viel Abfluss in den Gewässern. Insbesondere im März kam es verbreitet zu Hochwasser, v. a. in den Flüssen Werra, Fulda und Lahn. In der Werra wurde kurzzeitig die Meldestufe 3 überschritten, in Lahn und Fulda häufig die Meldestufe 2. Bis auf einzelne Überschreitungen der Meldestufe 1 in den Monaten Mai, Juni und August, die i. d. R. auf konvektive Regenereignisse zurückzuführen sind, blieb es das restliche Jahr über ruhig. Im Dezember begann die nächste Hochwassersaison mit kleineren Wellen und Überschreitungen der Meldestufe 1 an Fulda und Kinzig. Auswertungen zum Hochwasser im Januar, Februar und März 2020 sind im Bericht <https://www.hlnug.de/themen/wasser/berichte/hochwasser> zu finden.





**Abb. 21:** Hochwasser am Pegel Bad Hersfeld 1 an der Fulda im März 2020 © RP Kassel-Bad Hersfeld (Benjamin Winkler und Sascha Wetzel)



**Abb. 22:** Hochwasser am Pegel Hermannspegel an der Haune im März 2020 © RP Kassel-Bad Hersfeld (Benjamin Winkler und Sascha Wetzel)

Die erneute Trockenheit ab April 2020 zeigte sich auch wieder deutlich in den hessischen Flusssystemen. Zum wiederholten Mal in Folge kam es zu großen Defiziten im Vergleich mit den Abflüssen der langjährigen Monatsmittel. Bis Dezember kam es zu keiner Entspannung der Lage, die wenigen Niederschläge führten zu keiner Trendumkehr. Dadurch erreichte der Jahresabfluss 76 % des langjährigen Mittels und dies auch nur dank der abflussstarken Monate zu Beginn des Jahres. Dieser Wert ist besonders beachtlich, wenn er mit dem Ergebnis des Vorjahres verglichen wird. Hier kam es zwar zu einem vergleichsweise noch geringerem Abfluss von 72 % des langjährigen Mittels, jedoch bei Unterschreitung der langjährigen Monatsmittel aller 12 Monate. Vor diesem Hintergrund ist es auch in diesem Jahr angebracht die Niedrigwasserphase des Jahres 2020 am Ende dieses Kapitels näher zu beschreiben.

Beispielhaft für die hessischen Gewässer werden die Durchflüsse der Diemel (Pegel Helmarshausen) für Nordhessen, der Fulda (Pegel Bad Hersfeld 1) für Osthessen, der Lahn (Pegel Marburg) für Mittelhessen, der Kinzig (Pegel Hanau) für das Maingebiet und der Weschnitz (Pegel Lorsch) für Südhessen betrachtet (siehe Tabelle 3 sowie Abbildungen 23 und 24).

Wie in den vergangenen Jahren liegen auch im Jahr 2020 alle fünf betrachteten Pegel unter den langjährigen Jahresmittelwerten, wobei die im südlichen Hessen gelegenen Pegel den höchsten Abfluss aufweisen und die nördlichen Pegel den geringsten. An allen Pegeln sind die Monate Februar und März überdurchschnittlich abflussstark.

Am **Pegel Lorsch an der Weschnitz** weisen, neben den eben genannten, auch die Sommermonate Juni bis September im Vergleich zu den langjährigen Monatsmitteln leicht erhöhte Abflüsse auf. Grund sind einige Hochwasserwellen im Sommer, die in den Tagesmittelwerten gut erkennbar sind. Der November ist der Monat mit dem sowohl prozentual als auch absolut gesehen niedrigstem Abfluss. Das langjährige Mittel beträgt  $2,86 \text{ m}^3/\text{s}$ , im Jahr 2020 fließen nur  $1,32 \text{ m}^3/\text{s}$  ab. Der übliche Anstieg der Abflüsse ab Oktober beginnt in diesem Jahr erst Mitte Dezember.

Ebenfalls im November hat der **Pegel Hanau an der Kinzig** die größte Abweichung zum langjährigen Mittel. Es werden  $3,09 \text{ m}^3/\text{s}$  erfasst, der langjährige Durchschnittswert liegt bei  $10,69 \text{ m}^3/\text{s}$ . Nur noch der April fällt an diesem Pegel ebenso abflussarm aus. Mit  $4,75 \text{ m}^3/\text{s}$  werden nur 40 % des langjährigen Mittels erreicht. Ansonsten sind die Abflüsse in den Sommer- und Herbstmonaten mehr oder weniger gleichbleibend, durchsetzt mit einzelnen kleineren Hochwassern.

Einer der beiden hessischen Extremwerte findet sich am **Pegel Marburg an der Lahn**. Mit 184 % Abfluss des langjährigen Monatsmittels durchfließt in Mittelhessen im Februar besonders viel Wasser den Pegel. Nach dem Hochwasser im März sinkt der Abfluss rapide ab und hält dieses niedrige Niveau bis Mitte Dezember. So sind ab April alle Monate im Vergleich zu den langjährigen Mitteln unterdurchschnittlich. Auch hier ist prozentual der November mit 31 % der abflussärmste Monat.

Der **Pegel Bad Hersfeld 1 an der Fulda** hat das zweite hessische Extrem vorzuweisen, gerade einmal 28 % des langjährigen Durchschnittswertes des Novembers fließen am Pegel ab:  $5,31 \text{ m}^3/\text{s}$  (Wert der 30-jährigen Reihe:  $19,27 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Auch der Januar ist mit 54 % vergleichsweise abflussarm. Werden nur die Abflussmengen im Februar und März zusammengerechnet, so sind diese mit insgesamt  $106,2 \text{ m}^3/\text{s}$  deutlich größer als im gesamten restlichen Jahr ( $76,9 \text{ m}^3/\text{s}$ ).

Den geringsten Abfluss im Vergleich mit dem langjährigen Jahresmittel weist der **Pegel Helmarshausen an der Diemel** mit 73 % auf. Die Abflussmengen sind an diesem Pegel besonders ausgeglichen, so fällt sowohl das Hochwasser im Februar und März geringer aus, als auch die Defizite ab dem Frühjahr. Ab August wird das monatliche Defizit jedoch von Monat zu Monat größer, bis es im Dezember das Maximum erreicht. Das langjährige Monatsmittel liegt bei  $17,5 \text{ m}^3/\text{s}$ , der Dezember 2020 erreichte gerade einmal knapp über  $5 \text{ m}^3/\text{s}$ . Der Pegel ist auch der einzige, bei dem der Abfluss prozentual im Dezember nicht steigt.

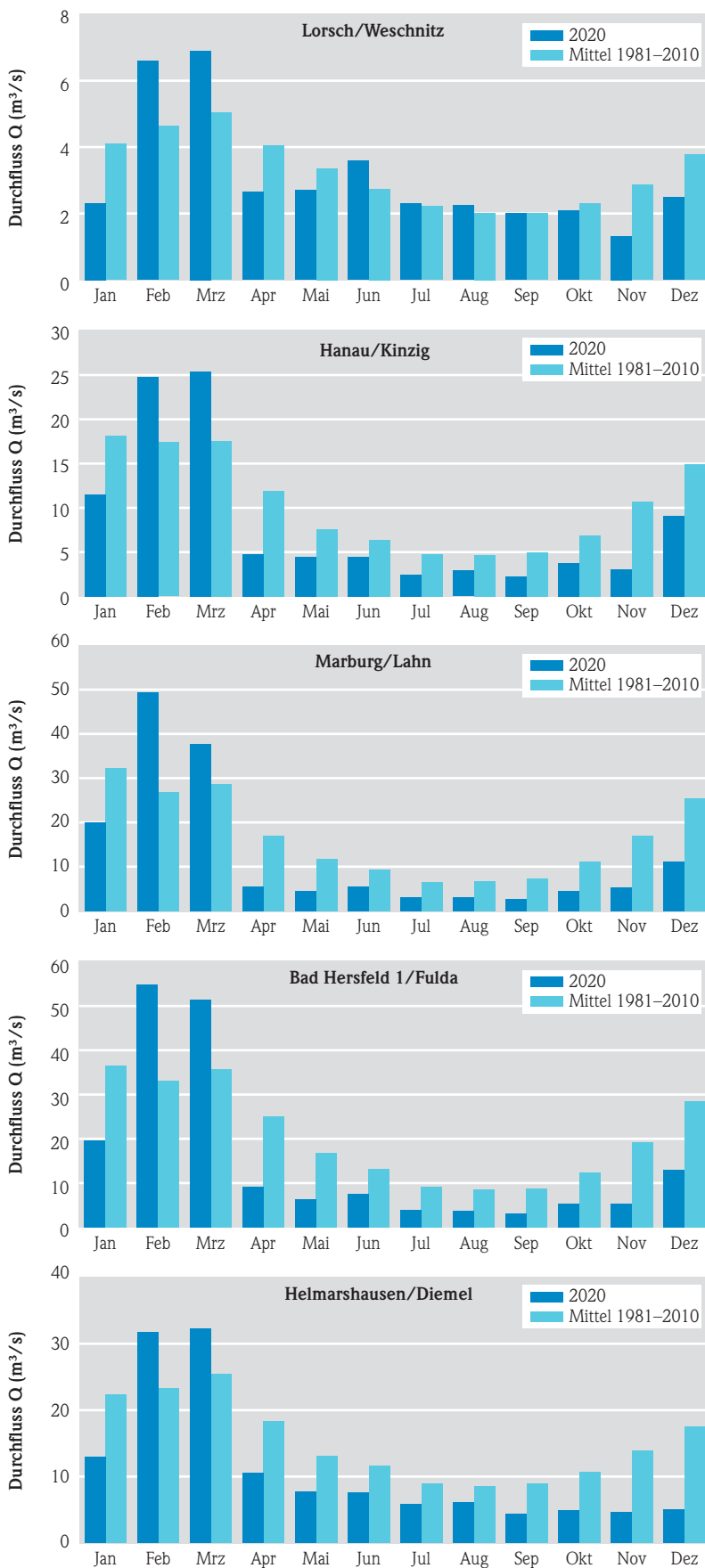
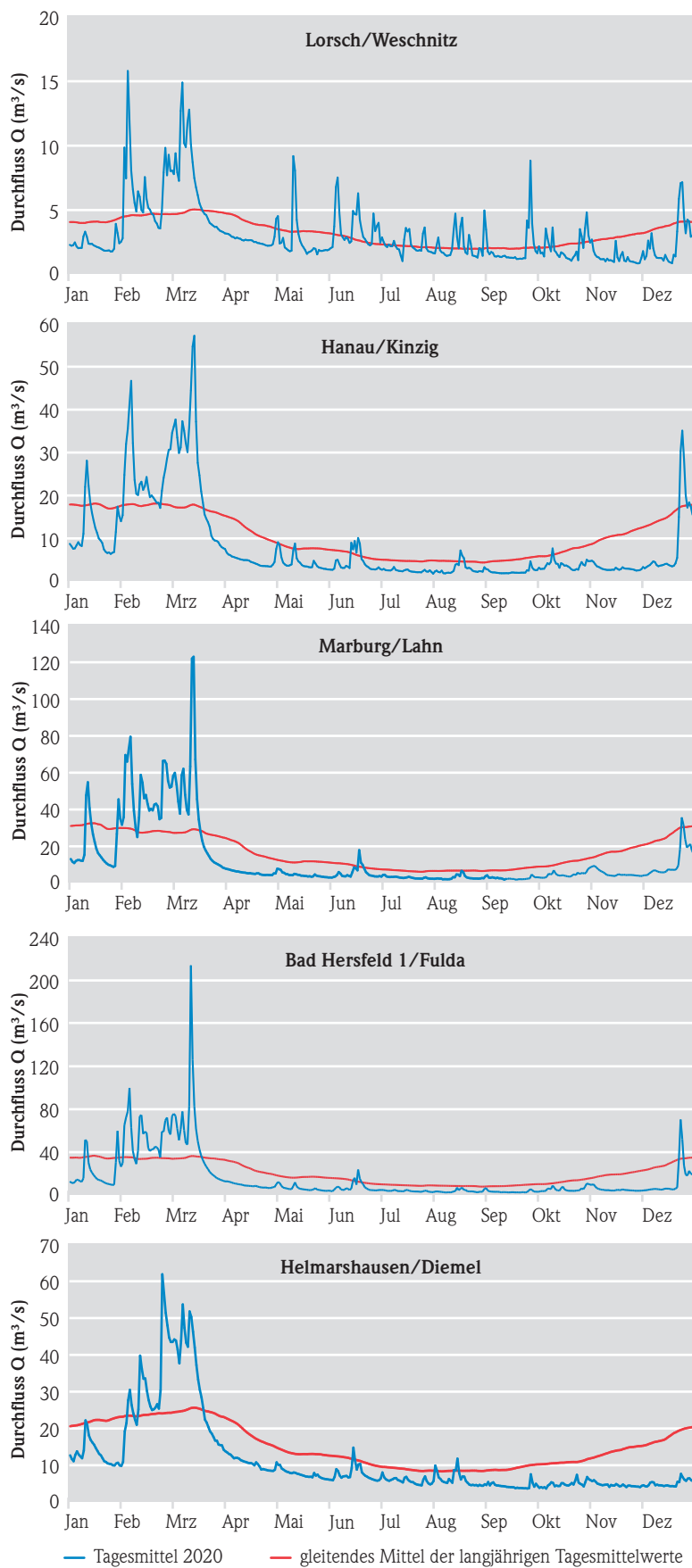


Abb. 23: Monatliche Durchflüsse an fünf hessischen Pegeln



**Abb. 24:** Durchflüsse an fünf hessischen Pegeln

**Tab. 3:** Durchflüsse (Monatsmittelwerte) an fünf hessischen Flüssen [Auswertestand: März 2020]

Monat	Q [m³/s]														
	Lorsch/Weschnitz			Hanau/Kinzig			Marburg/Lahn			Bad Hersfeld 1/ Fulda			Helmarshausen/ Diemel		
	Monats- mittel 2020	Monats- mittel 1981– 2010	[%]	Monats- mittel 2020	Monats- mittel 1981– 2010	[%]	Monats- mittel 2020	Monats- mittel 1981– 2010	[%]	Monats- mittel 2020	Monats- mittel 1981– 2010	[%]	Monats- mittel 2020	Monats- mittel 1981– 2010	[%]
Jan	2,31	4,10	56	11,5	18,13	63	20,1	32,29	62	19,6	36,59	54	13	22,32	58
Feb	6,59	4,63	142	24,8	17,41	142	49,4	26,86	184	54,8	33,12	165	31,7	23,29	136
Mrz	6,9	5,04	137	25,4	17,55	145	37,7	28,76	131	51,4	35,79	144	32,3	25,48	127
Apr	2,65	4,04	66	4,75	11,92	40	5,59	17,00	33	9,08	24,98	36	10,6	18,28	58
Mai	2,7	3,36	80	4,48	7,60	59	4,47	11,78	38	6,4	16,83	38	7,68	13,04	59
Jun	3,59	2,74	131	4,48	6,35	71	5,53	9,26	60	7,45	13,13	57	7,6	11,55	66
Jul	2,3	2,21	104	2,49	4,74	52	3,06	6,57	47	3,89	9,17	42	5,83	8,92	65
Aug	2,25	2,02	111	2,9	4,66	62	3,03	6,79	45	3,68	8,47	43	6,13	8,53	72
Sep	2	2,00	100	2,27	4,94	46	2,65	7,28	36	3,21	8,75	37	4,42	8,95	49
Okt	2,08	2,29	91	3,75	6,89	54	4,62	11,13	42	5,38	12,35	44	4,87	10,70	46
Nov	1,32	2,86	46	3,09	10,69	29	5,26	17,10	31	5,31	19,27	28	4,66	13,95	33
Dez	2,49	3,78	66	9,09	14,90	61	11,1	25,54	43	12,9	28,42	45	5,09	17,50	29
Jahr	37	39	95	99	126	79	153	200	76	183	247	74	134	183	73

## Niedrigwasser 2020

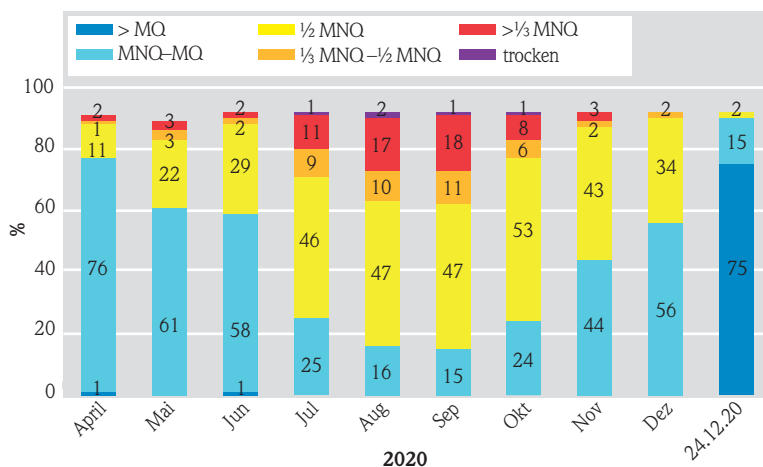
Infolge des niederschlagsarmen Frühjahrs begann bereits im April in den hessischen Gewässern wieder eine Niedrigwasserphase. Diese dauerte bis Ende Dezember an. Ursache waren in erster Linie die geringen Niederschläge ab März, die in den meisten Monaten des Jahres 2020 weit unterhalb der jewei-

ligen langjährigen monatlichen Mittelwerte lagen (Kap. 2.4). Auch die Trockenheit der Vorjahre, insbesondere die im Jahr 2018, wirkte noch nach, da nur wenig Wasser aus den angrenzenden Gebieten den Fließgewässern zufluss.

In Abbildung 26 ist der Verlauf der Niedrigwassersituation für Hessen zusammenfassend dargestellt.



**Abb. 25:** Rod an der Weil, trockengefallenes Gewässer, 30. Juli 2020 © RP Gießen (Ines Walter)



**Abb. 26:** Anzahl der Pegel mit den jeweils niedrigsten Tagesmitteldurchflüssen im Verhältnis zu MNQ (mittleren Niedrigwasserdurchfluss) im Jahr 2020

Ausgewertet wurden die mittleren Tagesdurchflüsse an 92 Pegeln. Bereits im Mai und im Juni lagen an einem Drittel der betrachteten Pegel die niedrigsten Tagesmittelwerte im Monat unterhalb des langjährigen mittleren Niedrigwasserdurchflusses (MNQ). In den Sommermonaten August und September waren nur noch ca. 15 % der Gewässer nicht von Niedrigwasser betroffen. Einige Gewässer fielen zeitweise ganz trocken. Auch in den Monaten September, Oktober und November war es noch sehr trocken und mehr als die Hälfte der Gewässer führte Niedrigwasser wie auch in den ersten Dezemberwochen. Kurz vor Weihnachten gingen ergiebige Regenfälle über Hessen nieder, die die Abflüsse ansteigen ließen. Am 24. Dezember lagen die Durchflussmengen an  $\frac{3}{4}$  der Pegel über dem mittleren Durchfluss (MQ).

Der Tabelle 4 ist zu entnehmen, dass die Niedrigwasserphase mit Unterschreitung des mittleren Niedrigwasserdurchflusses (MNQ) bzw. Unterschreitung

des langjährigen mittleren monatlichen Niedrigwasserdurchflusses (MNQ<sub>Monat</sub>) über einen Zeitraum von drei bis sechs Monaten andauerte. Ebenfalls ablesbar ist, ob und wenn ja, wie oft der niedrigste bisher gemessene Durchfluss (NNQ) unterschritten wurde. Die langjährigen mittleren Niedrigwasserstände (MNW) wurden in Südhessen zum Teil nicht, zum Teil nur an wenigen Tagen unterschritten. An der Lahn und an Gewässern in Nordhessen sowie an der Kinzig lagen die niedrigsten Wasserstände ein bis zwei Monate unter MNW.

In Abbildung 27 sind jeweils niedrigsten Tagesmitteldurchflüsse je Pegel dargestellt, die im Zeitraum April bis Dezember 2020 auftraten. Erkennbar ist, dass in diesem Zeitraum abgesehen vom Rhein und vier weiteren Gewässerabschnitten alle Gewässer an mindestens einem Tag Niedrigwasser aufwiesen. Drei Gewässer fielen zeitweise sogar ganz trocken.

**Tab. 4:** Niedrigwasserauswertung hessischer Pegel

Pegel	Gewässer	MNQ (m <sup>3</sup> /s)	Unterschreitungstage MNQ	Unterschreitungstage MNQ <sub>Monat</sub>	NNQ (m <sup>3</sup> /s)	Unterschreitungstage NNQ	MNW (cm)	Unterschreitungstage MNW
Helmarshausen	Diemel	5,580	132	265	2,62 (17.7.1993)	0	157	34
Aßlar	Dill	1,100	62	225	0,608 (05.09.1991)	6	35	41
Bad Hersfeld 1	Fulda	4,650	124	256	2,65 (16.08.2003)	12	197	34
Hettenhausen	Fulda	0,175	57	138	0,083 (03.10.2003)	38	85	38
Harreshausen	Gersprenz	0,787	80	217	0,37 (27.01.1995)	20	35	0
Hanau	Kinzig	2,660	0	128	1,64 (04.09.1991)	0	133	52
Marburg	Lahn	3,530	92	231	2,16 (02.09.1991)	8	142	155
Hainstadt	Mümling	1,310	66	181	0,908 (19.09.1991)	4	66	44
Bad Vilbel	Nidda	2,970	103	230	2,04 (07.09.1991)	0	55	0
Eppstein	Schwarzbach	0,188	125	247	0,086 (24.09.1991)	0	14	145
Lorsch	Weschnitz	1,110	20	107	0,547 (01.09.2009)	0	107	0

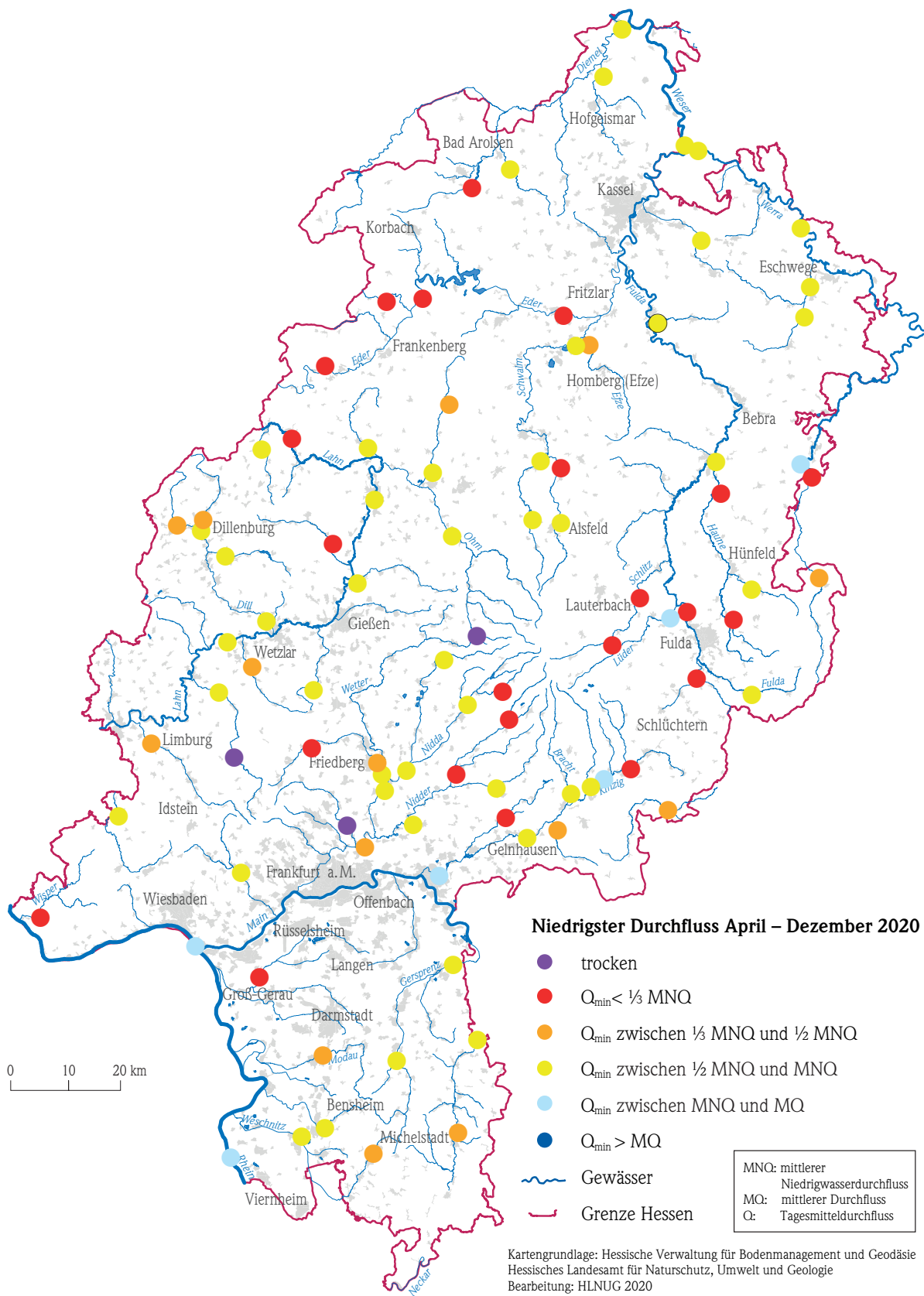


Abb. 27: Niedrigste Tagesmitteldurchflüsse April bis Dezember 2020

## 3.2 Talsperren und Hochwasserrückhaltebecken

MONIKA SPICKER

### Übersicht

In Hessen gibt es 15 Talsperren (siehe Abbildungen 28 und 36) sowie 30 Hochwasserrückhaltebecken. Diese dienen

- dem Hochwasserschutz,
- der Niedrigwasseraufhöhung,
- der Energieerzeugung,
- der Naherholung und
- der Erwerbsfischerei.

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).

### Ergebnisse 2020

Im Folgenden wird exemplarisch die Situation in den Talsperren anhand der beiden großen Talsperren in Hessen (Edertalsperre und Diemeltalsperre) und anhand zweier kleinerer Talsperren (Antriftalsperre und Aartalsperre) beschrieben.

#### Edertalsperre (Edersee)

Die größte Talsperre in Hessen (die drittgrößte in Deutschland) ist mit 199,3 Mio. m<sup>3</sup> Stauraum die Edertalsperre. Ursprünglich wurde sie in den Jahren 1908–1914 für die Wasserbereitstellung der Schifffahrt bei Niedrigwasser für die Oberweser und den Mittellandkanal sowie für den Hochwasserschutz im Unterlauf der Eder



Abb. 28: Aartalsperre im Mai 2018 © HLNUG

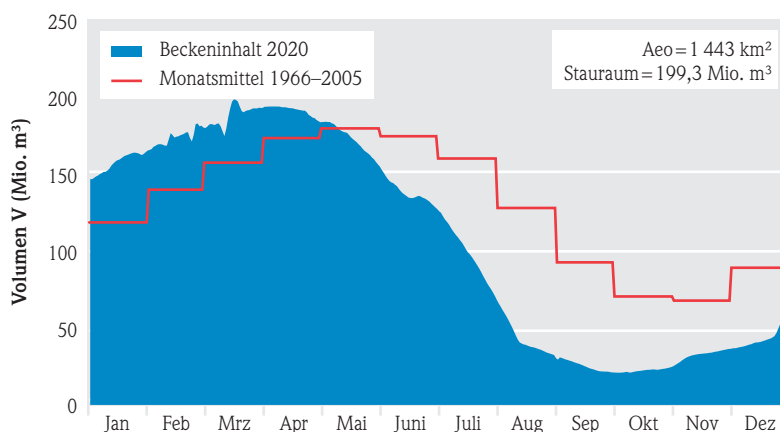


Abb. 29: Beckeninhalt der Edertalsperre

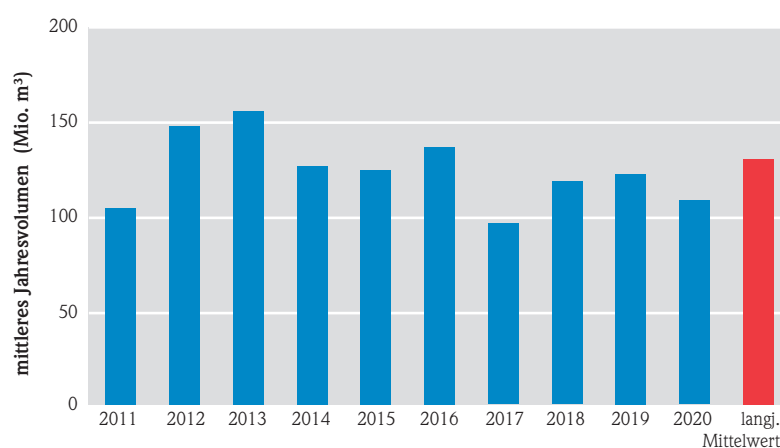


Abb. 30: Mittleres Jahresvolumen der Edertalsperre der letzten 10 Jahre und das langjährige Mittel



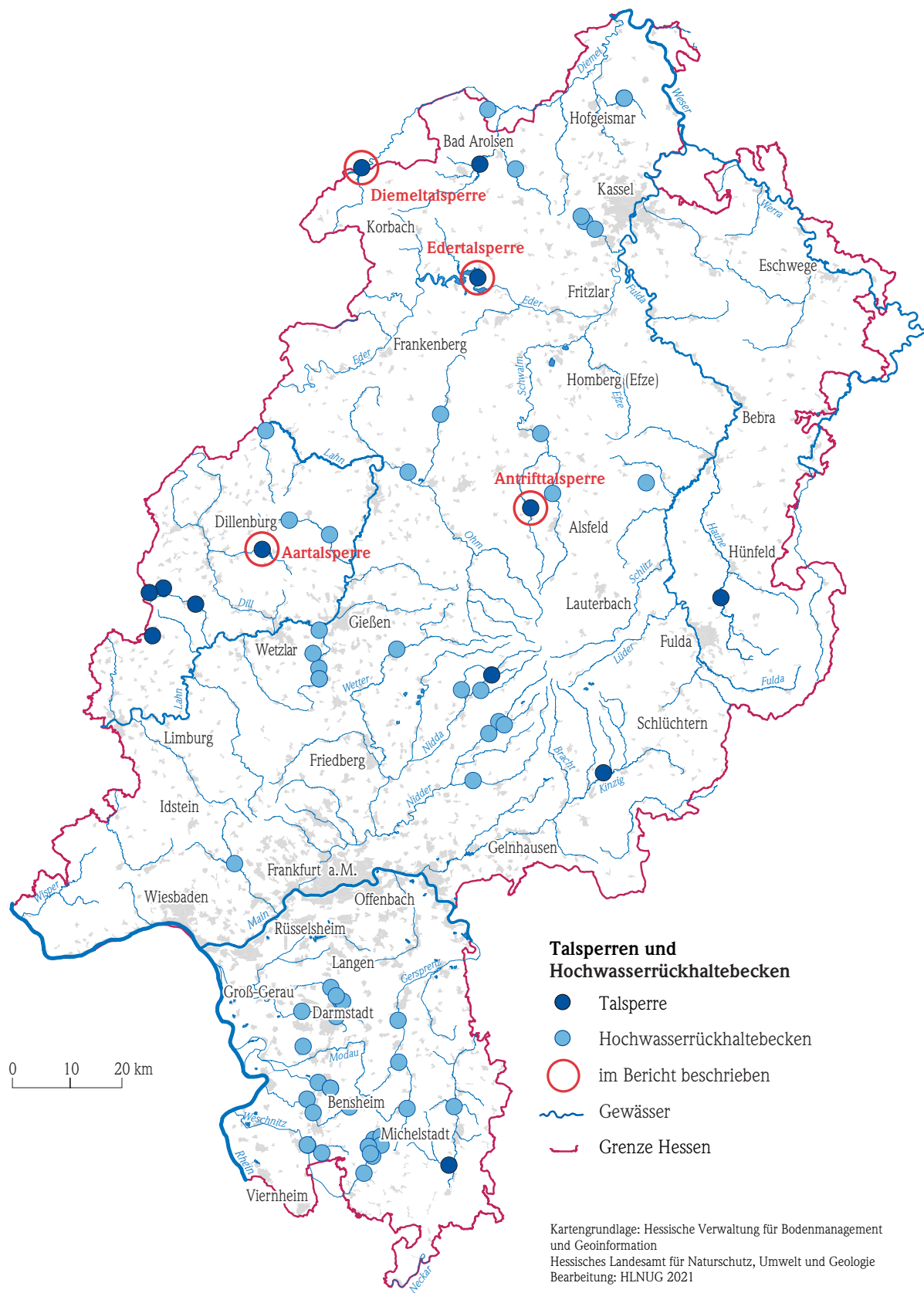


Abb. 31: Talsperren und Hochwasserrückhaltebecken in Hessen



**Abb. 32:** Niedrigwasser an der Edertalsperre im Oktober 2020 © RP Kassel (Falko Eberle)

errichtet. In den letzten Jahrzehnten wird die Edertalsperre auch 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.

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

Das Jahr 2020 weist in der Talsperrenfüllung des Edersees zwei Extreme auf. So ist am 16.03.2020 mit ca. 199 Mio. m<sup>3</sup> die Talsperre vollgefüllt. Anfang Oktober ist sie mit einem Inhalt bei gerade einmal 21 Mio. m<sup>3</sup> quasi leergelaufen und liegt nur wenig über den Minimalwerten von 2003 und 2018, die um die 20 Mio. m<sup>3</sup> betragen.

Der Edersee hat im Jahr 2020 ein mittleres Jahresvolumen von 83 % eingestaut, wobei von Januar bis April mehr als die langjährigen Monatsmittel erreicht werden, von Mai bis Dezember aber durchweg weniger. Erneut ist prozentual gesehen der September mit 27 % des langjährigen Mittels der Monat mit der größten negativen Abweichung. Der Monat mit dem wenigsten Inhalt im Stausee ist jedoch der Oktober mit durchschnittlich gerade einmal 22,5 Mio. m<sup>3</sup>. Es verwundert nicht, dass die Maximalwerte Anfang des Jahres liegen. Im Januar

erreicht die Talsperre mit einer durchschnittlichen Füllung von 158 Mio. m<sup>3</sup> 33 % mehr als im langjährigen Mittel. Der April ist hingegen der Monat, in dem die Talsperre im Monatsmittel am meisten gefüllt ist. Hier wird ein Mittelwert von 192 Mio. m<sup>3</sup> berechnet.

## Diemeltalsperre (Diemelsee)

Wie die Edertalsperre dient die Diemeltalsperre der Niedrigwasseraufhöhung von Oberweser und Mittellandkanal, dem Hochwasserschutz, der Wasserkraftnutzung und zu Erholungszwecken. Das Füllvolumen entspricht ca. 10 % des Volumens der Edertalsperre.

Der mittlere Jahreswert beträgt 105 % des langjährigen Mittels, damit ist der Diemelsee auch im Jahr 2020 voller als im langjährigen Mittel. Im Januar ist die Abweichung mit 43 % am größten, die Diemeltalsperre beinhaltet 16,2 Mio. m<sup>3</sup> statt langjähriger 11,3 Mio. m<sup>3</sup>. Der Maximalwert wird Ende Februar erreicht. Er beträgt 19,6 Mio. m<sup>3</sup> und füllt damit fast den gesamten möglichen Stauraum aus. Der März wiederum ist der Monat mit dem größten Monatsmittel: 19,2 Mio. m<sup>3</sup> durchschnittliche Füllung.

Vergleichsweise früh beginnt bereits im April 2020 das kontinuierliche Ablassen des Wassers aus der Talsperre. Bis weit in den Dezember hinein sinkt der

Wasserstand beständig. Auch wenn im letzten Monat des Jahres wieder mit dem Aufstau begonnen wurde, liegt im Dezember der prozentual und absolut gesehene Minimalwert vor. Mit gerade einmal 5,9 Mio. m<sup>3</sup> werden nur 67 % des langjährigen Monatsmittels erreicht.

## Weitere Talsperren in Hessen

Beispielhaft werden die Antrift- und die Aartalsperre als weitere Talsperren in Hessen dargestellt. Beide dienen, wie die anderen hessischen Talsperren, vorrangig dem Hochwasserschutz und der Niedrigwasseraufhöhung während der abflussarmen Zeiten sowie der Stromerzeugung. Weiterhin werden beide Talsperren für verschiedene Freizeitaktivitäten genutzt.

Die Füllmengen von Antrift- und Aartalsperre sind den Abbildungen 34 und 35 zu entnehmen. Diese wurden durch die Witterung, aber vor allem durch die Talsperrensteuerung beeinflusst. Ergänzend werden in den beiden Abbildungen die Einzugsgebiete, die Stauraumgröße sowie die jahreszeitlich unterschiedlichen Stauziele angegeben. Die Stauziele wurden für die Winter- und Sommermonate nach der Nutzung, wie z. B. Naherholung und Niedrigwasseraufhöhung der Gewässer Antreff bzw. Aar, festgelegt.

Einige mittlere und größere Hochwasser pausen sich in den ersten drei Monaten des Jahres deutlich in der Antriftalsperre durch. Vor allem im März kommt es zu einem schnellen und hohen Anstieg der Füllmenge durch die hochwasserführende Antrift. Ab Ende Juni wird kontinuierlich der Inhalt der Talsperre an das Unterwasser abgegeben, sodass am Ende des Jahres das Winterstauziel erreicht ist.

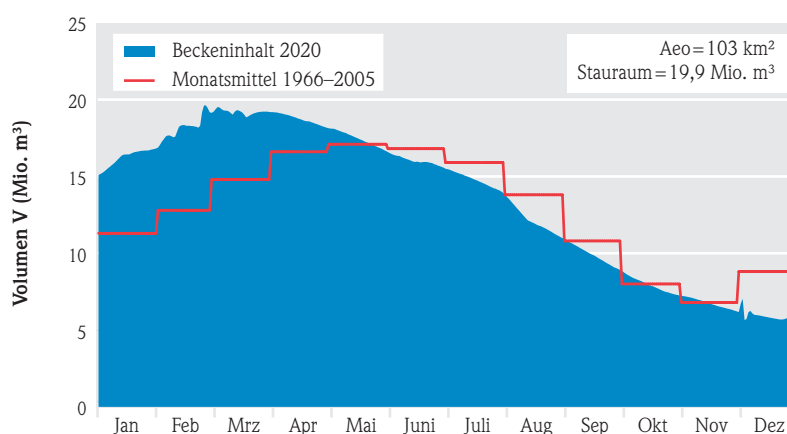


Abb. 33: Beckeninhalte der Diemeltalsperre

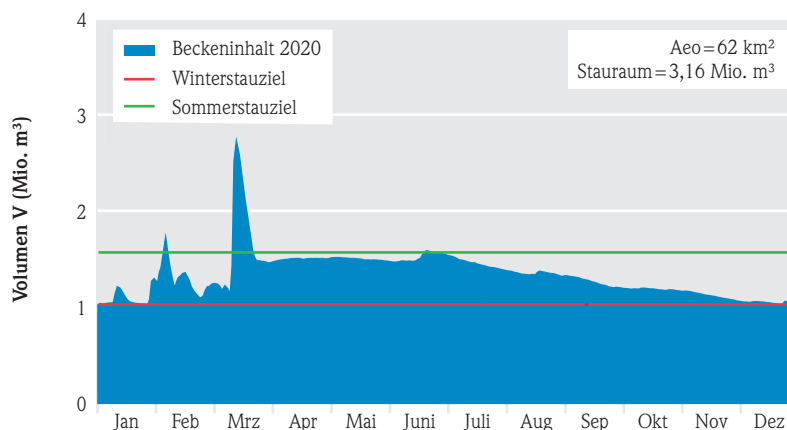


Abb. 34: Beckeninhalte der Antriftalsperre

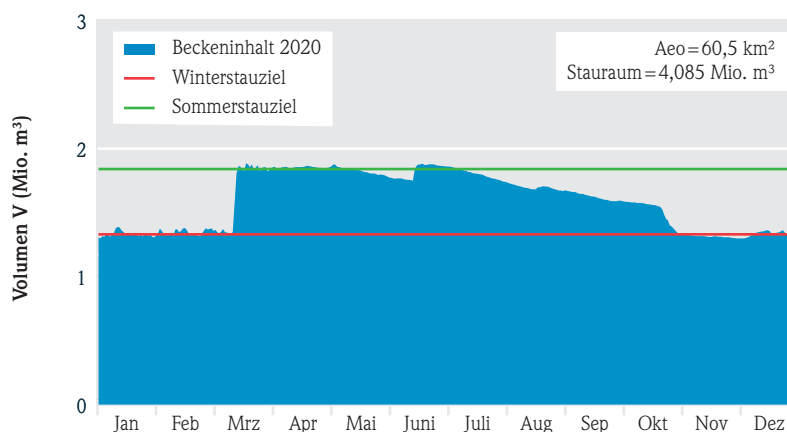


Abb. 35: Beckeninhalte der Aartalsperre

Im hydrologischen Winterhalbjahr kann an der Aartalsperre erkannt werden, dass sich einzelne, kleinere Hochwasser im Füllstand der Talsperre bemerkbar machen. Sowohl das Stauziel im Sommer als auch das im Winter werden eingehalten. Im Sommer be-

ginnt zunächst eine Absenkung im Mai, im Juni wird jedoch die Aartalsperre erneut kurzfristig aufgestaut, um dann bis Mitte Oktober kontinuierlich entleert zu werden. Daran schließt sich ein abruptes Absinken auf das Niveau des Winterstauziels an.



Abb. 36: Antrifftalsperre, November 2018 © HLNUG

### 3.4 Physikalisch-chemische Beschaffenheit oberirdischer Gewässer

DR. CHRISTINA KLEIN, JANA SEMSEI, ANDREAS BURMEISTER

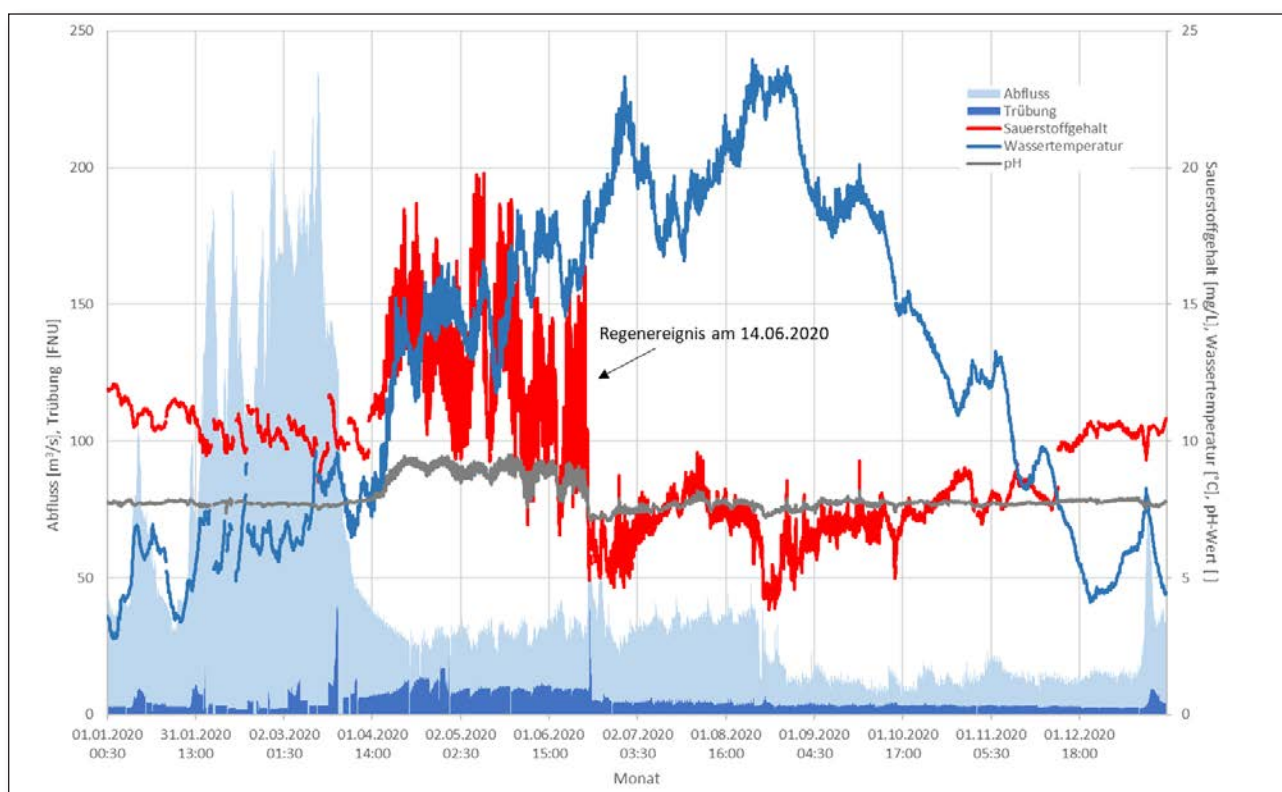
#### Monitoring der physikalisch-chemischen Messgrößen und Standardparameter

Die Messgrößen Wassertemperatur, elektrische Leitfähigkeit, pH-Wert, Sauerstoffgehalt und Trübung zählen zu den sogenannten Vorortparametern, die zeitgleich zu jeder Probenahme am Gewässer gemessen werden. Sie dienen einerseits der Einordnung und Plausibilisierung der Messergebnisse, andererseits unterliegen sie abhängig anthropogener und natürlicher Einflüsse starken tageszeitlichen Schwankungen und sind deshalb, wenn überhaupt, nur über eine aufwendige Probenkonditionierung nachträglich im Labor zuverlässig zu erfassen. Deshalb werden sie immer zum Zeitpunkt der



Abb. 37: Sonden zur kontinuierlichen Messung von pH-Wert, Sauerstoffgehalt, Trübung und elektrischer Leitfähigkeit © HLNUG





**Abb. 39:** Jahresganglinien der Wassertemperatur, des Sauerstoffgehaltes, des pH-Wertes, des Abflusses und der Trübung in der Messstation Wahnhausen/Fulda © HLNUG

gefüge mit einer Vielzahl von Güteparametern und deren Einflussgrößen. Sie gleicht sich zeitverzögert der Lufttemperatur an, wird aber darüber hinaus von zahlreichen weiteren Einflüssen überlagert. Dazu gehören z. B. die Beschattung bzw. die direkte Sonneneinstrahlung bei fehlender Beschattung, der Grundwasserzufluss, die Abflussmenge und gegebenenfalls die Stauhaltungen der Gewässer. Hohe Wassertemperaturen können sich negativ auf die Zusammensetzung der Biozönose, auf den Sauerstoffgehalt und das Wachstum der im Wasser lebenden Pflanzen und Tiere auswirken. Die Oberflächengewässerverordnung (OGewV, 2016) legt für die hier betrachteten Gewässer Sommer- und Wintermaximalwerte fest. In den Sommermonaten sollte ein Wert von 25 °C und im Winter die 10 °C-Marke nicht überschritten werden. Die Wintermonate erstrecken sich dabei über die Monate Dezember bis März und die Sommermonate beziehen sich auf April bis November.

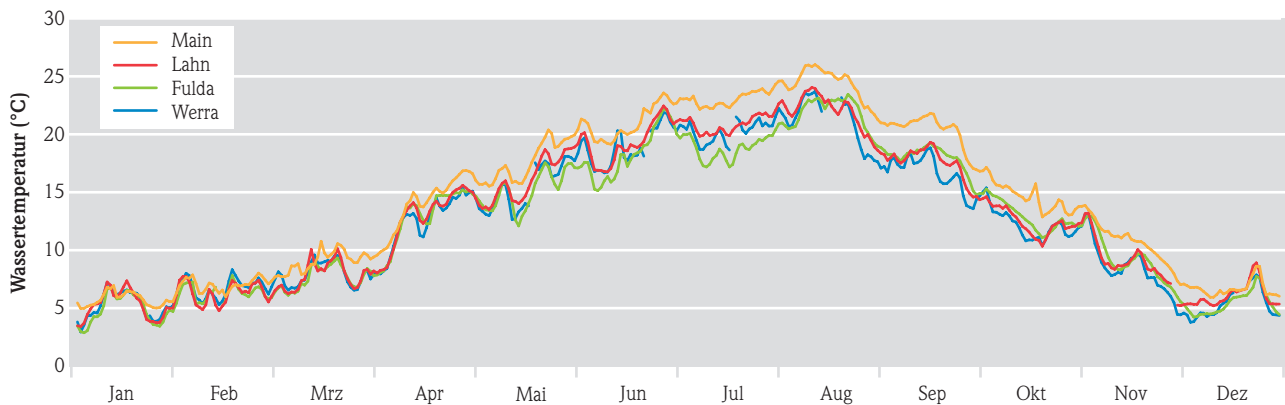
In der nachfolgenden Abbildung sind die Tagesmaxima der Wassertemperatur an den Messstationen der vier größeren Fließgewässer gegenübergestellt. Die höchsten Temperaturen werden aufgrund der zahl-

reichen Wärmeeinleitungen und der geringen Beschattung im Main gemessen.

Die Sommer-Maximaltemperatur von 25 °C wird nur im Main überschritten. In den drei anderen hier betrachteten Gewässern Lahn, Fulda und Werra liegen die Tagesmaxima der Wassertemperatur ganzjährig unterhalb von 25 °C.

In der Abbildung 41 sind die Mittel- und Extremwerte der Tagesgänge in den vier Gewässern im Jahresverlauf dargestellt. Unterschiede der dargestellten Kurven zeigen die tägliche Temperaturspanne zwischen den Maxima und Minima. Im Main liegen die Verläufe aufgrund der größeren Wassertiefe und der darauf zurückzuführenden langsameren Erwärmung bzw. Abkühlung sehr dicht zusammen.

Die höchsten Temperaturen mit Überschreitungen des Orientierungswertes wurden in Bischofsheim am Main im Zeitraum vom 31.07.2020 bis zum 22.08.2020 gemessen. Von 09.08.2020 bis zum 14.08.2020 kam es dort sogar zu ganztägigen Überschreitungen der 25 °C-Marke. In der Lahn wurde



**Abb. 40:** Jahresganglinien der Temperaturmaxima<sup>1</sup> an den vier Messstationen Bischofsheim/Main, Oberbiel/Lahn, Wahnhausen/Fulda und Witzenhausen/Werra

die Maximaltemperatur von 25 °C lediglich kurzzeitig am 11.08.2020 erreicht, in der Fulda und der Werra wurden keine Überschreitungen der Sommermaximaltemperatur festgestellt.

Die Wintermaximaltemperatur von 10 °C wurde im Main ab dem 14.03.2020 mehrfach deutlich und zum Teil ganztägig überschritten. So lagen die Tagesminima am 15., 20. und 21. März oberhalb von 10 °C. Die höchste Temperatur im Winter lag am 15.03.2020 bei 12 °C. Auch in der Lahn wurden kurzzeitige, leichte Überschreitungen gemessen. So kam es am 12. und am 20. März zu Tageshöchsttemperaturen von 10,3 °C. In der Fulda hingegen lag die gemessene Höchsttemperatur bei 9,7 °C, so dass die Orientierungswerte sowohl in den Sommer- als auch in den Wintermonaten eingehalten wurden.

Auch die Werra zeigt trotz der geringen Beschattung keine Überschreitungen der Maximaltemperaturen. Die höchsten gemessenen Werte liegen am 12. August bei 24,5 °C am 13. März und 19. März mit 9,8 °C und 9,9 °C knapp unterhalb der kritischen Werte.

Allerdings kommt es durch die hohen Lufttemperaturen im März zum Erreichen und zu leichten Überschreitungen der Winter-Maximaltemperatur. So kommt es an der Lahn am 11.03.2020 und 12.03.2020 und am 19.03.2020 und 20.03.2020 zu Temperaturen von 10,1–10,3 °C. In der Fulda und in der Werra wird weder die Sommer- noch die Wintermaximaltemperatur überschritten.

Im Main liegen die Tagesmaxima vom 8.08.2020 bis zum 22.08.2020 über der kritischen Marke. In dieser Zeitspanne kommt es auch zu ganztägigen Überschreitungen.

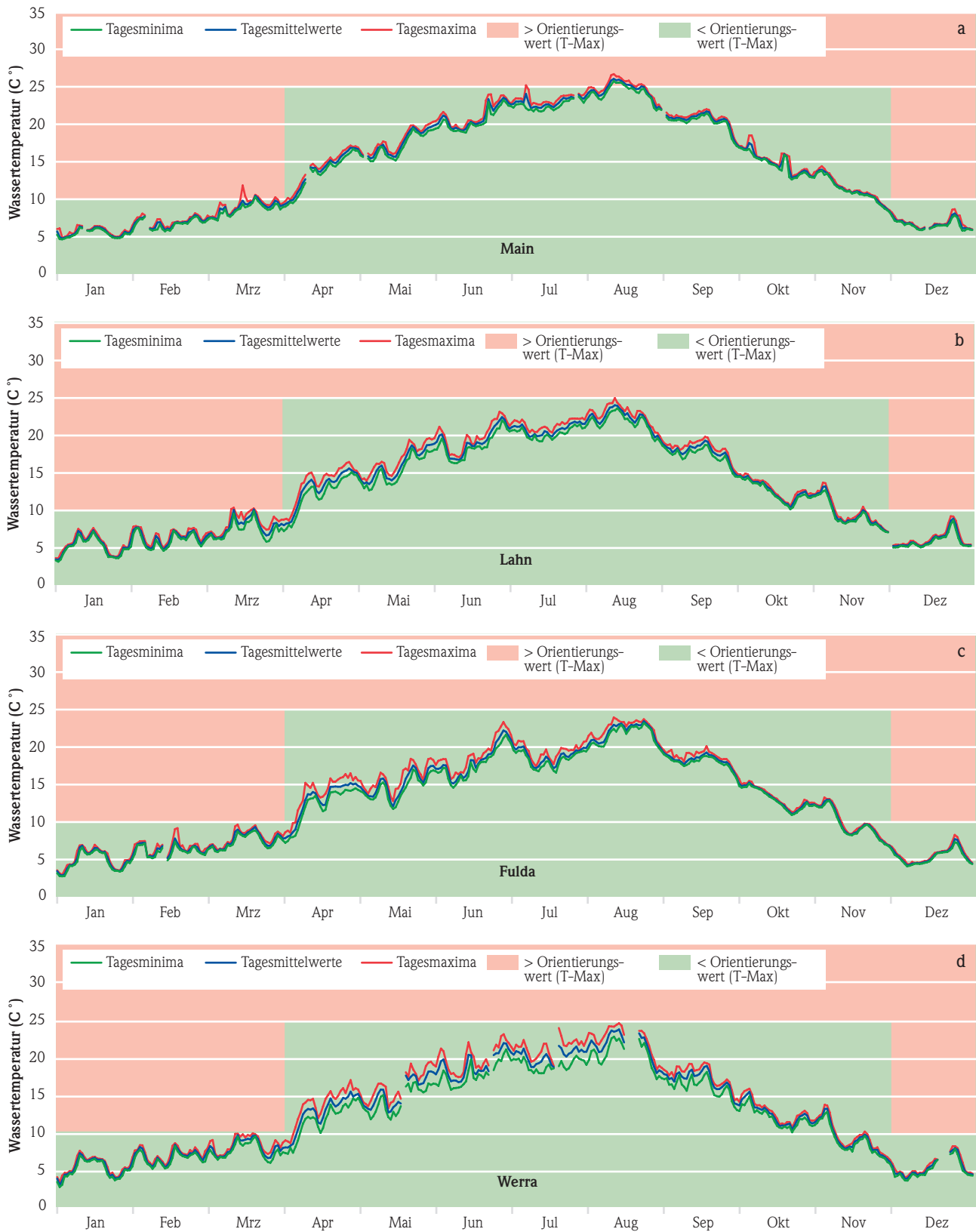
## Der Sauerstoffgehalt

Verschiedene physikalische und chemische Prozesse beeinflussen den Sauerstoffgehalt in den Fließgewässern. Die Löslichkeit von Sauerstoff im Wasser ist temperatur- und druckabhängig. Mit steigender Temperatur wird weniger Sauerstoff gelöst und es kommt zur Sauerstoffsättigung. Der Sauerstoffgehalt im Gewässer unterliegt sauerstoffliefernden und sauerstoffzehrenden Prozessen und zeigt eine hohe Dynamik, zum Beispiel im Tag-Nacht-Rhythmus. Durch Sonneneinstrahlung und Photosynthese von Algen und Wasserpflanzen verändert sich der Sauerstoffgehalt im Tagesverlauf.

Die Sauerstoffbilanz eines Fließgewässers ist von existenzieller Bedeutung für die im Wasser lebenden Organismen. Sauerstoffminima und -maxima dienen zur Orientierung und Bewertung des Zustands eines Wasserkörpers. Bei Unterschreitung der Sauerstoffminima (Orientierungswert: 7 mg/l) verschlechtern sich die Lebensbedingungen für Kleinstlebewesen und Fische.

Im Jahresverlauf des Sauerstoffgehaltes an Main, Lahn, Fulda und Werra zeigt sich besonders in den Sommermonaten eine Unterschreitung des Orien-

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



**Abb. 41:** Wassertemperatur als Tageswert (Minima/Mittel/Maxima) an den vier Messstationen Bischofsheim/Main (a), Oberbiel/Lahn (b), Wahnhausen/Fulda (c) und Witzenhausen/Werra (d) mit Darstellung der Orientierungswerte  $T_{\max}$  (Sommer): 25 °C und  $T_{\max}$  (Winter): 10 °C



tierungswertes von 7 mg/l (Abbildung 42). Begünstigt wird dies durch die Abnahme von Strömungsgeschwindigkeit und Turbulenz in gestauten und mündungsnahen Gewässerabschnitten. In diesen Bereichen wärmt sich das Wasser schneller auf. Algen und Wasserpflanzen finden ideale Lebensbedingungen. Es entsteht sehr viel organisches Material, welches unter Sauerstoffverbrauch abgebaut wird.

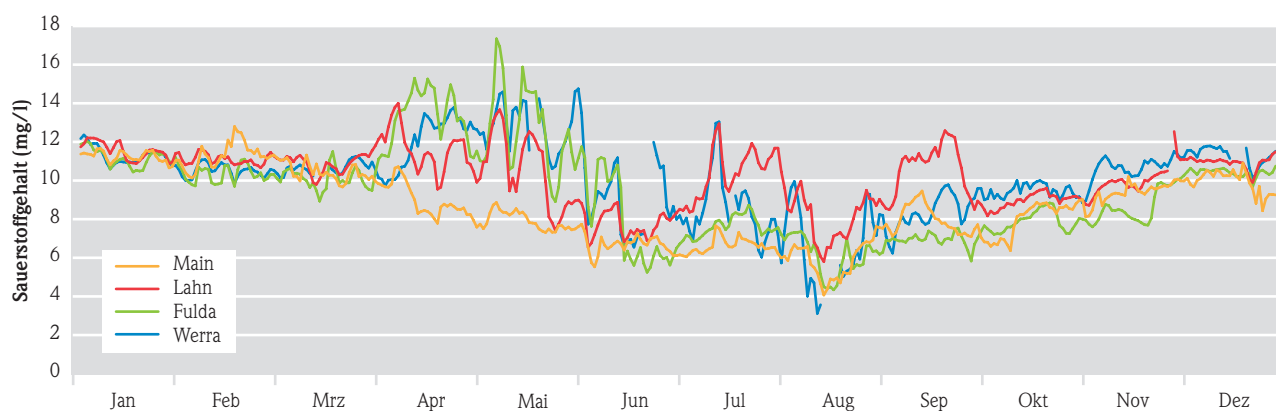
Die nachfolgenden Verläufe der Tagesminima, -maxima und -mittelwerte, gemessen an den vier Messstationen, zeigen die Dynamik der Sauerstoffgehalte im Jahres- und Tagesverlauf (Abbildung 43).

Der Sauerstoffgehalt an der Fulda steigt besonders im Frühjahr/Sommer deutlich an (Abbildung 43 a). Ausgeprägte Sauerstoffamplituden weisen auf eine erste, früh einsetzende Algenblüte in Abhängigkeit der steigenden Wassertemperatur im April mit einem Sprung von 8,5 °C auf 15,5 °C hin (Abbildung 43 c). Die Wassertemperatur nimmt einen unmittelbaren Einfluss auf die Geschwindigkeit der Stoffwechselprozesse und das Pflanzenwachstum im Gewässer. Wasserpflanzen produzieren in Abhängigkeit der Sonneneinstrahlung durch Photosynthese tagsüber Sauerstoff. Es kommt zur Sauerstoffsättigung.

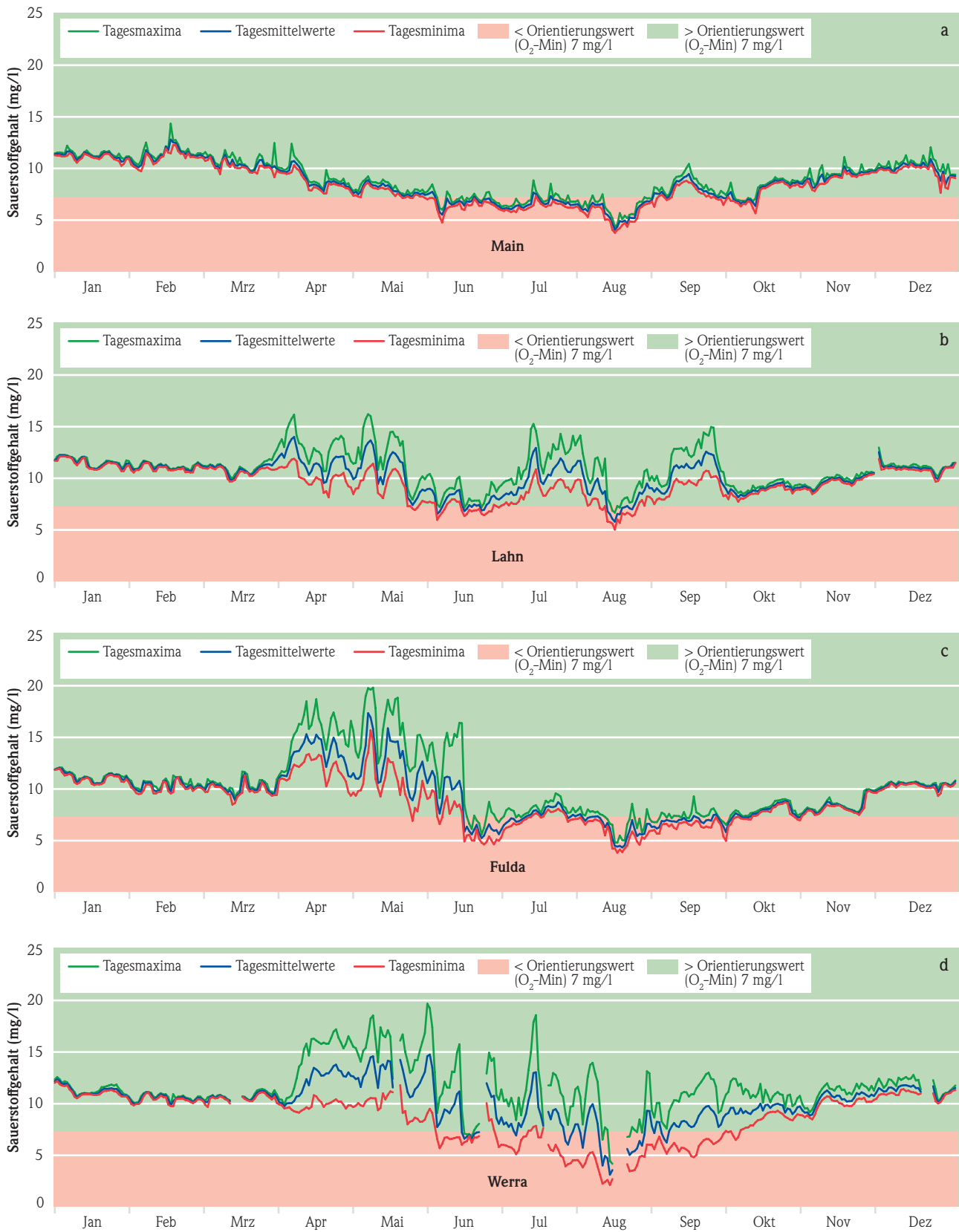
Der Beginn der Algenblüte lässt sich ebenfalls gut in Lahn und Main an den zweigipfligen Sauerstoffmaxima ab dem 02.04.2020 erkennen. Insgesamt sinkt der Sauerstoffgehalt ab Anfang/Mitte Juni durch starke Niederschläge mit hohen Abflusswerten drastisch ab. Besonders deutlich ist das an der Fulda mit einem Sauerstoffeinbruch durch ein Regenerereignis ab dem 15.06.2020 zu sehen (Abbildung 39).

An der Lahn ist die Photosyntheseaktivität der Wasserpflanzen besonders ausgeprägt und anhand der großen Tagesschwankungen im Sauerstoffgehalt zu beobachten. Gleichmäßige Amplituden sind in den Sauerstofftagesgängen zu erkennen. In der Nacht sinkt der Sauerstoffgehalt durch sauerstoffzehrende Abbauprozesse und Veratmung ab. Im Juni und Mitte August kommt es zur Unterschreitung des Orientierungswertes von 7 mg/l (Abbildung 43 b).

Unbeschattete Gewässerabschnitte, wie z. B. an der Messstation der Werra, wärmen sich an sonnigen Tagen deutlich auf. Mit steigender Wassertemperatur kommt es ab dem 3. April zu einem übermäßigen Pflanzenwachstum mit hohen Sauerstoffamplituden und einem Tagesmaximalwert am 31.05.2020 von bis zu 20 mg/l (Abbildung 49 d). Der vermehrte Anfall an Biomasse im Gewässer führt zu veränderten Lichtverhältnissen, Substanzen werden weiter abgebaut und dabei wird Sauerstoff verbraucht. Der Sauerstoffgehalt sinkt im Juni erstmals unter den Orientierungswert. Ende Juli bis Anfang September kommt es zum Sauerstoffdefizit. Im August vom 13.08.20 bis 21.08.20 liegen Tagesminima, -maxima und -mittelwert ganztägig unterhalb des Orientierungswertes von 7 mg/l. Die photosynthetische Sauerstoffproduktion unterliegt den sauerstoffzehrenden Prozessen, es kommt zu einer negativen Sauerstoff-Bilanz mit Tagesminima von 2 mg/l. Im September erholt sich der Sauerstoffhaushalt. Es kommt erneut zu einer Algenblüte mit starken Tagesschwankungen, zu sehen in den großen Unterschieden zwischen Tagesminima und Tagesmaxima beginnend am 5. September 2020 (Abbildung 43 c). In der Nacht findet keine Fotosynthese statt, es wird



**Abb. 42:** Jahresganglinien der Tagesminima der Sauerstoffgehalte an den vier Messstationen Bischofsheim/Main, Oberbiel/Lahn, Wahnhausen/Fulda und Witztenhausen/Werra



**Abb. 43:** Sauerstoffkonzentrationen als Tageswerte (Minima/Mittel/Maxima) an den vier Messstationen Bischofsheim/Main (a), Oberbiel/Lahn (b), Wahnhausen/Fulda (c) und Witzenhausen/Werra (d) mit Darstellung des Orientierungswertes ( $O_2\text{-Min}$ ) von 7 mg/l

**Tab. 5:** Absolute Sauerstoffminima und Temperaturmaxima

	O <sub>2</sub> – Min mg/l	Datum	T - Max°C Sommer	Datum	T - Max°C Winter	Datum
Main	3,8	15.08.2020	26,8	09.08.2020	12,1	15.03.2020
Lahn	5,0	15.08.2020	25,0	11.08.2020	10,4	12.03.2020
Fulda	3,8	16.08.2020	24,0	10.08.2020	9,7	13.03.2020
Werra	2,1	13.08.2020	24,5	12.08.2020	9,9	19.03.2020

Sauerstoff verbraucht. Während des Tages übersteigt die Sauerstoffproduktion den Verbrauch, bis mit beginnender Dämmerung die Sauerstoffsättigung wieder abfällt. Ab Oktober stabilisieren sich die Sauerstoffwerte. Auch die Tagesminima übersteigen wieder den Orientierungswert. Im Winterhalbjahr liegen Maxima, Minima und Mittelwert dicht beisammen, es gibt kaum Fotosyntheseaktivität.

Im Jahresverlauf des Sauerstoffs im Main zeigen sich nur geringe Unterschiede bei Tagesminima, -maxima und -mittelwert (Abbildung 43 a). Ab dem 04.06.2020 kommt es erstmals zur Unterschreitung des Orientierungswertes von 7 mg/l. Bis zum 08.06.2020 kommt es zu ganztägigen Unterschreitungen. Danach steigt der Sauerstoffgehalt etwas an. Vom 27.06.2020 bis 12.07.2020 kommt es erneut zu ganztägigen Unterschreitungen der 7 mg/l. Im August kommt es mit steigender Wassertemperatur und Überschreitung des Orientierungswertes von 25 °C zu einem deutlichen Sauerstoffeinbruch. Über einen Zeitraum von mehr als 2 Wochen liegen die Sauerstoffwerte vom 10.08.2020 bis 26.08.2020 ganztägig unterhalb von 7 mg/l. Ab dem 05.09.2020 steigen die Sauerstoffwerte stark an. Schwankungen in Tagesminima und Tagesmaxima deuten auf eine erhöhte Fotosyntheseaktivität hin. Nach einer erneuten Unterschreitung der 7 mg/l Marke von Anfang bis Mitte Oktober stabilisiert sich der Sauerstoffgehalt schließlich oberhalb des Orientierungswertes.

Die absoluten Temperaturmaxima und die Minima der Sauerstoffkonzentrationen sind in der nachfolgenden Tabelle 5 zusammengefasst. Alle Sommermaxima der Temperatur liegen um den 10. August. In direkter Folge wurden auch die Sauerstoffminima in allen vier hier betrachteten Fließgewässern Mitte August gemessen.

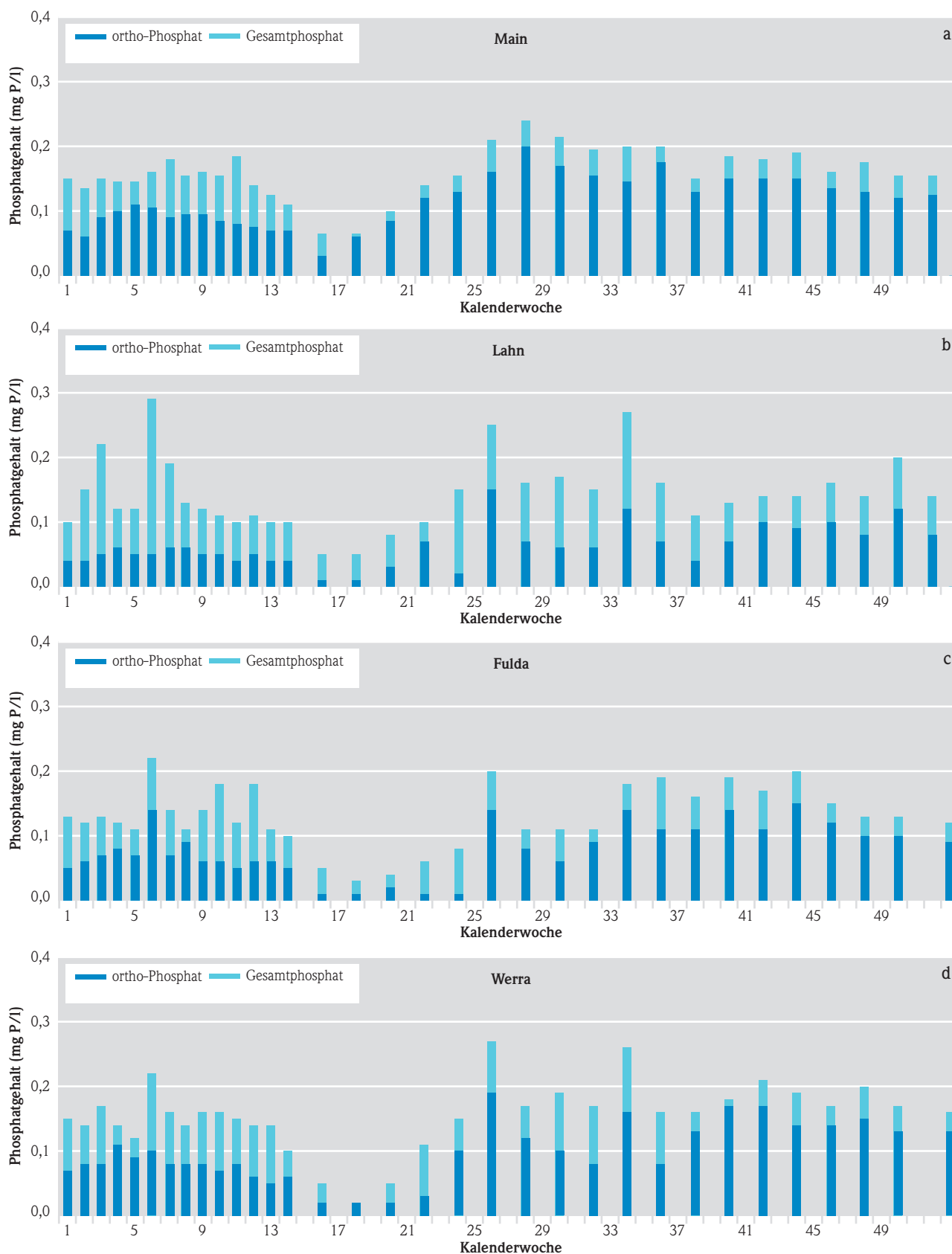
## Ortho-Phosphat und Gesamt-Phosphat

In den folgenden Diagrammen (Abbildung 44) sind die Konzentrationsverläufe des gelösten Phosphats (Ortho-P) und des Gesamtphosphats (Gesamt-P) dargestellt. Pandemie bedingt wurde der Beprobungsrhythmus ab der 15. KW von wöchentlich auf zweiwöchentlich umgestellt, um eine durchgängige zeitnahe Analyse und Bearbeitung der Proben auch während des Corona bedingten Lockdowns sicherzustellen.

Wie auch in den Vorjahren werden an allen hier betrachteten Messstellen in den Sommermonaten höhere Gesamt- und Ortho-Phosphorkonzentrationen gemessen. Das abflussreiche erste Quartal des Jahres 2020 zeigt jedoch außergewöhnlich hohe Differenzen zwischen beiden Messgrößen, was auf eine hohe partikelgebundene Phosphorkonzentration schließen lässt. In der Lahn und in der Fulda liegen die Orthophatkonzentrationen weitgehend unterhalb des Orientierungswertes von 0,07 mg/l P.

In der 16. KW sinken die Konzentrationen des gelösten pflanzenverfügbaren Phosphors durch biologische Zehrungsprozesse weiter ab. Im Main hält diese Phase nur über den Zeitraum von zwei Wochen an, während sie sich in Lahn und Fulda bis in die 24. KW und in der Werra bis in die 22. KW erstreckt.

Der Orientierungswert nach der Oberflächengewässerverordnung (OGewV, 2016) für Orthophosphat-P liegt bei 0,07 mg/l. In der Lahn und in der Fulda wurde dieser Wert weitgehend eingehalten und die Jahresmittelwerte liegen für die Lahn bei 0,06 mg/l Ortho-P und für die Fulda bei 0,08 mg/l Ortho-P. Im Main und in der Werra waren die Überschreitungen deutlicher. In der Werra beträgt der Jahresmittelwert 0,10 mg/l und im Main liegt er bei 0,11 mg/l. Für Gesamt-P liegt der Orientierungswert bei 0,1 mg/l. Dieser wird im Mittel an allen vier Gewässern deutlich überschritten.



**Abb. 44:** Konzentration von gelöstem Phosphat (Ortho-P) und Gesamtphosphat (Gesamt-P) in Wochenmischproben 2020 an den Messstationen Bischofheim/Main, Oberbiel/Lahn, Wahnhausen/Fulda und Witzenhausen/Werra

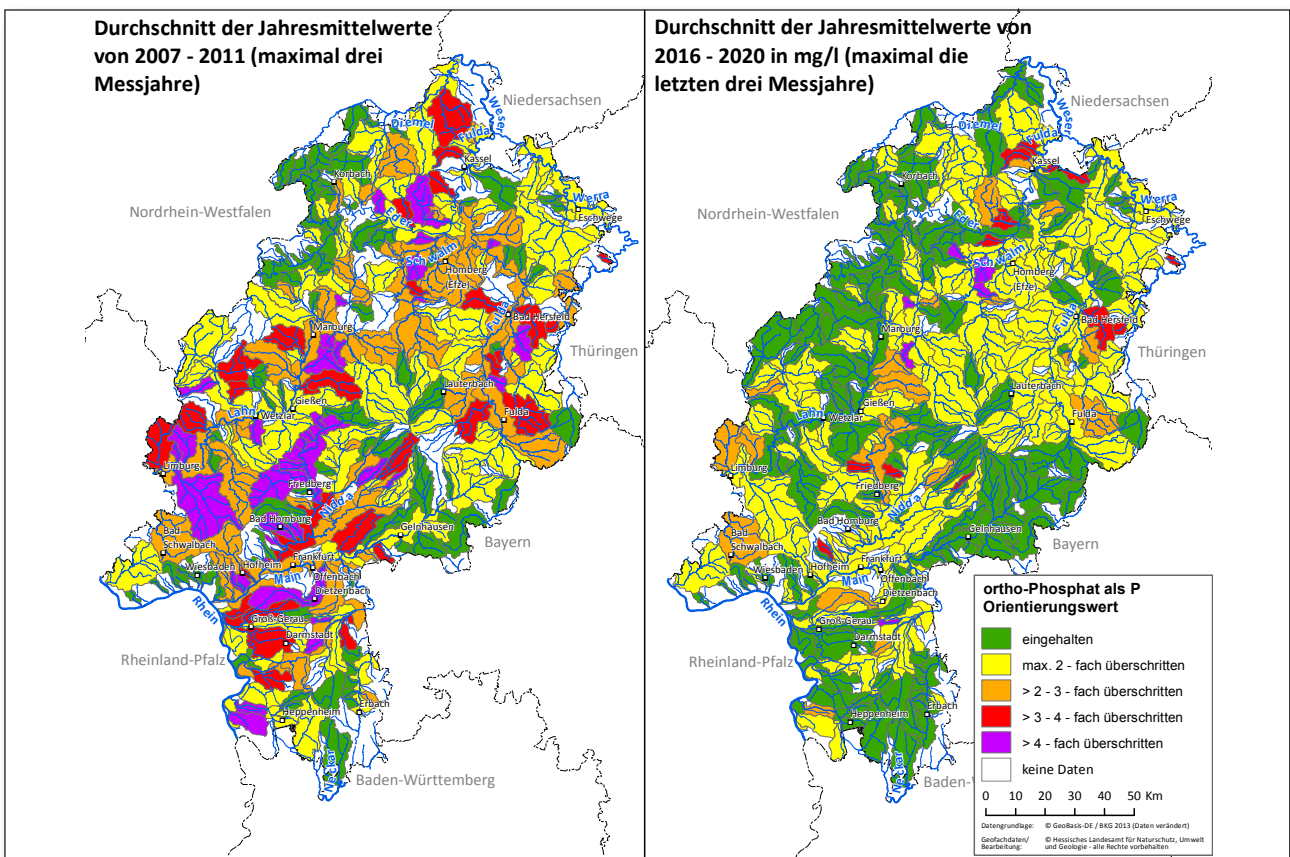


Abb. 45: Vergleich der mittleren ortho-Phosphat-P-Konzentrationen von 2007 bis 2011 mit dem Betrachtungszeitraum 2016 bis 2020

Abbildung 45 stellt die Oberflächenwasserkörper hinsichtlich der Entwicklung von ortho-Phosphat-P aus dem Untersuchungszeitraum 2016–2020 im Vergleich zum Untersuchungszeitraum 2007–2011 dar. Die gezeigten Ergebnisse beziehen sich auf einen Mittelwert aus maximal drei Jahresdurchschnittswerten im jeweils genannten Betrachtungszeitraum. Im Vergleich zum Untersuchungszeitraum 2007–2011 ist der Anteil der untersuchten Wasserkörper mit Einhaltung des Orientierungswerts Ortho-Phosphat-P gestiegen. Es zeigt sich weiterhin hessenweit ein deutlicher Rückgang der Ortho-Phosphatkonzentrationen. Der nach Oberflächengewässerverordnung geforderte typspezifische Orientierungswert wird vermehrt eingehalten, was an der Zunahme der grünen Flächen in Abb. 45 (bzw. des grünen Balkens in Abb. 46) zu erkennen ist. Diese positive Entwicklung

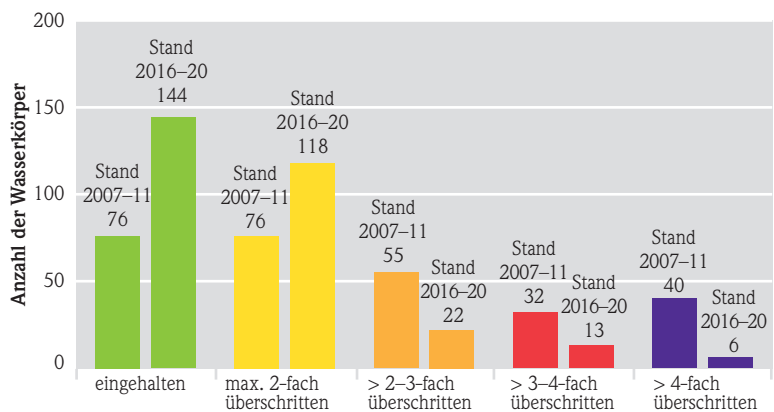


Abb. 46: Häufigkeitsverteilung für Ortho-Phosphat-P (hessenweit): Vergleich der Messergebnisse der Oberflächenwasserkörper des Betrachtungszeitraums 2007–2011 und dem Betrachtungszeitraum 2016–2020 mit dem Orientierungswert nach OGewV 2016

(s. a. Gewässerkundlicher Jahresbericht 2019) setzt sich trotz anhaltend häufig vorkommender Extremwetterereignisse – wie lange Trockenphasen und kurzzeitig auftretende Starkregenereignisse – fort. Sie

ist auf die in den kommunalen Kläranlagen durchgeführten Reduzierungsmaßnahmen vor allem durch Optimierung der Phosphatfällung zurückzuführen. Bei den immer noch vorhandenen weißen Flächen in der Karte fehlt vor allem aufgrund des Trockenfallens der meist kleinen Gewässer eine solide Datenbasis, sodass keine Einfärbung basierend auf Anlage 7 der OGewV 2016 vorgenommen werden kann.

Die folgende Graphik (Abbildung 46) zeigt die Veränderungen anhand von Zahlen. Von den regelmäßig untersuchten 303 Wasserkörpern halten aktuell fast 50 % den Orientierungswert ein. Im Vergleich dazu waren es in der Messperiode zwischen 2007–2011 nur 27 %. Entsprechend geht auch die Anzahl der Wasserkörper, die Mehrfachüberschreitungen zeigen, sukzessive zurück.

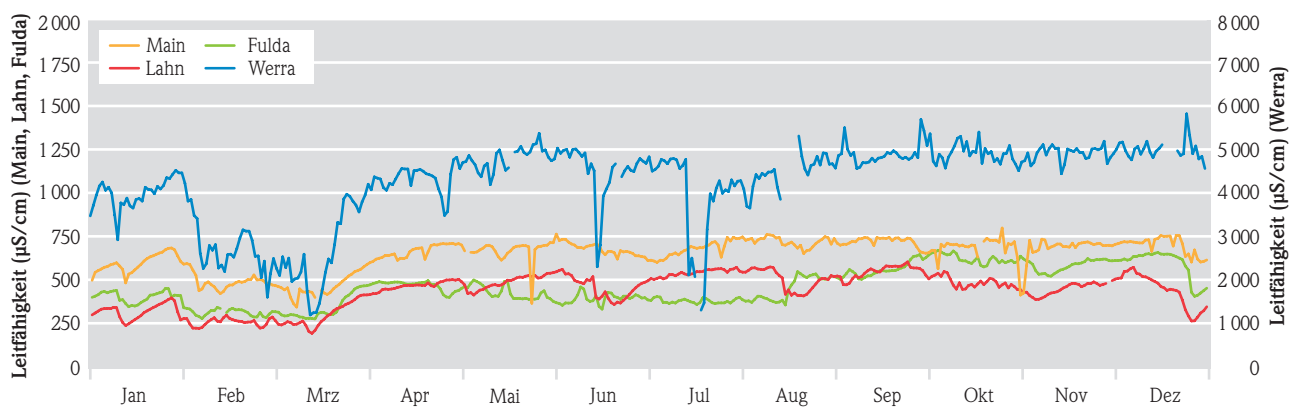
## Die elektrische Leitfähigkeit

Die elektrische Leitfähigkeit spiegelt den Salzgehalt der Gewässer wider. Sie ist in erster Linie abhängig von den geogenen Bedingungen. So können anthropogen wenig oder unbelastete Quellwässer aus Kalkgesteinen schon Werte über 1 000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  aufweisen. Anthropogen bedingte Salzeinträge überlagern diese natürlichen Hintergrundwerte. Durch Niederschläge, die im allgemeinen elektrische Leitfähigkeiten kleiner 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  aufweisen, kommt es dagegen zu einem Einbrechen der Werte. Umgekehrt beobachtet man in länger anhaltenden Trockenphasen einen Anstieg aufgrund der fehlenden Verdünnung.

Die elektrische Leitfähigkeit des Mains liegt überwiegend bedingt durch zahlreiche Einleitungen aus kommunalen und industriellen Abwässern ganzjährig oberhalb der vergleichsweise geringer belasteten Fulda und Lahn.

Die Werra hingegen ist durch die direkten Salzeinleitungen und zusätzlich durch diffuse Einträge der Kaliindustrie in hohem Maße mit den Anionen Chlorid und Sulfat sowie den Kationen Natrium, Kalium, Magnesium und Calcium belastet und überschreitet die Werte, der drei anderen hier betrachteten Gewässer, teilweise um das Zehnfache (Abbildung 47). Die großen Schwankungen im Jahresgang gehen auf die abflussbezogene Salzlaststeuerung der Einleitungen der Kaliindustrie zurück. Während die elektrische Leitfähigkeit im Main, der Fulda und der Lahn durch abflussrelevante Niederschläge reduziert wird, wird an der Werra häufig eine Erhöhung der Werte beobachtet. Besonders deutlich kann dies nach einer länger anhaltenden Trockenphase während des Abflussereignisses am 24. Dezember beobachtet werden.

In den nachfolgenden Tabellen 6 und 7 sind für die beiden Messstationen an der Werra in Witzenhäusen und am Main in Bischofsheim beispielhaft die Ergebnisse der Sondenmessung aggregiert auf Wochenmittelwerte bzw. Wochenextremwerte und die Laborergebnisse aus den Wochenmischproben für ausgewählte Kohlenstoff-, Stickstoff- und Phosphorparameter dargestellt. Zusätzlich ist der Abfluss als Wochenmittelwert angegeben.



**Abb. 47:** Jahresganglinien der elektrischen Leitfähigkeit als Tagesmittelwerte an den vier Messstationen Bischofsheim/Main, Oberbiel/Lahn, Wahnhausen/Fulda und Witzenhäusen/Werra

**Tab. 6:** Messergebnisse 2020 der Messstation Werra (Witzenhausen). Es handelt sich um gemittelte Werte, sofern nicht anders angegeben.

Periode	Abfluss Q*	Tempe- ratur	Gelöster Sauerstoff O <sub>2</sub> min	pH-Wert	Elek- trische Leitfähig- keit	Gesamt- Stickstoff	Gesamt org Koh- lenstoff TOC	Ortho- Phosphat- Phosphor oPO <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)
1	43,9	3,8	11,7	8,1	3910	4,20	3,20	0,07	0,15
2	54,9	5,9	10,5	8,1	3730	4,50	6,10	0,08	0,14
3	59,7	6,4	10,8	8,1	3840	4,50	3,90	0,08	0,17
4	39,4	4,5	11,1	8,1	4130	4,70	2,60	0,11	0,14
5	46,7	5,8	9,8	8,1	4320	4,90	4,50	0,09	0,12
6	94,2	6,5	10,0	8,1	2970	5,10	9,00	0,10	0,22
7	94,5	6,2	9,9	8,1	2490	4,80	8,00	0,08	0,16
8	81,9	7,3	9,8	8,1	2930	4,60	8,20	0,08	0,14
9	112,0	7,0	10,1	8,1	2260	4,00	5,50	0,08	0,16
10	126,0	7,1	9,7	8,1	2240	4,00	3,80	0,07	0,16
11	186,0	8,5	10,0	8,0	1750	3,30	5,40	0,08	0,15
12	125,0	9,1	10,2	8,0	2340	3,00	2,90	0,06	0,14
13	65,1	7,3	10,4	8,1	3730	3,90	2,20	0,05	0,14
14	48,9	8,2	9,6	8,2	4150			0,06	0,10
15	37,9	12,3	9,1	8,5	4270	3,20	3,00		
16	31,9	12,6	9,5	8,7	4480			0,02	0,05
17	28,0	14,1	10,0	8,9	4150	2,80	3,70		
18	26,3	14,5	9,5	8,9	4510			0,02	0,02
19	25,1	14,3	9,7	8,9	4630	2,30	3,90		
20	24,6	13,5	9,4	8,9	4620			0,02	0,05
21	20,8	17,2	8,0	8,9	4950	2,10	3,60		
22	20,7	17,4	8,3	8,7	5020			0,03	0,11
23	19,7	18,2	5,7	8,5	4930	2,60	4,90		
24	21,6	18,1	6,0	8,3	4760			0,10	0,15
25	52,2	18,2	6,2	7,8	3800	3,20	4,80		
26	24,6	21,0	6,7	8,5	4530			0,19	0,27
27	19,9	20,7	5,5	8,5	4670	2,60	4,40		
28	17,8	19,3	5,1	8,3	4720			0,12	0,17
29	17,3	19,9	6,0	8,5	2900	2,70	3,70		
30	14,7	20,7	3,9	8,4	3540			0,10	0,19
31	14,3	21,2	3,8	8,2	4170	2,10	3,80		
32	13,2	21,8	3,1	8,4	4160			0,08	0,17
33	16,8	23,1	2,1	7,7	4300	2,80	3,70		
34	16,0	22,5	3,5	7,9	4780			0,16	0,26
35	13,3	18,7	4,0	8,3	4750	2,70	4,50		
36	16,7	17,4	5,2	8,3	4910			0,08	0,16
37	12,9	17,6	5,4	8,1	4710	2,60	2,70		
38	11,7	17,4	4,8	8,2	4850			0,13	0,16
39	12,7	15,6	6,1	8,2	4840	3,10	2,70		
40	15,5	14,4	6,5	8,1	5100			0,17	0,18
41	16,2	13,1	7,4	8,0	4910	3,10	3,40		
42	19,8	11,3	8,4	8,0	5080			0,17	0,21
43	20,1	11,5	8,5	8,0	4820	2,70	3,30		
44	19,9	11,7	8,4	7,9	4790			0,14	0,19
45	23,8	10,8	8,5	7,9	4860	3,10	2,70		
46	18,8	8,2	10,0	8,0	4880			0,14	0,17
47	17,3	8,8	9,8	8,0	4940	3,00	2,40		
48	16,2	6,6	10,2	8,1	4960			0,15	0,20
49	15,7	4,2	10,8	8,1	4980	3,70	2,10		
50	15,7	4,6	10,8	8,1	4980			0,13	0,17
51	15,0	5,9	10,9	8,1	4980	4,00	4,60		
52	32,3	7,1	10,0	8,0	5130				
53	33,5	4,5	11,0	8,0	4820	3,80	3,10	0,13	0,16

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

**Tab. 7:** Messergebnisse 2020 der Messstation Main (Bischofsheim). Es handelt sich um gemittelte Werte, sofern nicht anders angegeben.

Periode	Abfluss Q*	Tempe- ratur	Gelöster Sauerstoff O <sub>2</sub> min	pH-Wert	Elek- trische Leitfähig- keit	Gesamt- Stickstoff	Gesamt org. Koh- lenstoff TOC	Ortho- Phosphat- Phosphor oPO <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)
1	175,0	5,2	11,1	7,9	545	5,05	4,60	0,07	0,15
2	181,0	6,1	10,5	7,8	577	5,20	4,30	0,06	0,14
3	179,0	6,2	10,9	7,9	575	5,40	4,15	0,09	0,15
4	143,0	5,3	10,6	7,9	655	6,20	3,65	0,10	0,15
5	207,0	6,1	10,1	7,8	624	5,85	4,25	0,11	0,15
6	531,0	7,0	9,9	7,8	500	5,10	10,50	0,11	0,16
7	443,0	6,7	10,4	7,8	442	5,00	9,60	0,09	0,18
8	374,0	7,0	10,9	7,9	492	5,25	6,15	0,10	0,16
9	439,0	7,6	11,0	7,9	484	4,40	3,25	0,10	0,16
10	591,0	8,2	9,3	7,8	416	4,40	6,25	0,09	0,16
11	576,0	9,0	9,8	7,8	428	4,00	8,05	0,08	0,19
12	422,0	10,0	9,6	7,8	441	3,55	6,70	0,08	0,14
13	257,0	9,3	9,5	7,9	530	4,45	3,10	0,07	0,13
14	198,0	9,9	8,9	7,9	606			0,07	0,11
15	176,0	13,0	8,7	8,1	637	4,45	2,75		
16	159,0	14,5	7,5	8,0	661			0,03	0,07
17	143,0	15,7	7,6	8,0	697	4,30	3,05		
18	140,0	16,4	7,2	8,0	699			0,06	0,07
19	144,0	16,3	7,2	7,8	675	4,05	3,40		
20	172,0	16,2	7,6	7,8	650			0,09	0,10
21	131,0	19,1	7,0	7,8	665	4,25	3,65		
22	127,0	19,4	6,9	7,8	697			0,12	0,14
23	127,0	20,4	4,8	7,7	719	4,30	3,30		
24	139,0	19,6	6,1	7,6	692			0,13	0,16
25	204,0	20,6	6,0	7,6	664	4,10	3,45		
26	125,0	22,8	6,3	7,7	654			0,16	0,21
27	114,0	22,9	5,8	7,6	615	4,45	4,10		
28	102,0	22,5	5,8	7,7	640			0,20	0,24
29	100,0	22,6	6,1	7,7	682	4,10	3,60		
30	81,3	23,5	6,2	7,8	695			0,17	0,22
31	83,0	24,1	5,8	7,7	737	3,60	3,55		
32	80,3	24,6	5,3	7,8	735			0,16	0,20
33	98,8	25,7	3,8	7,7	730	3,30	3,65		
34	104,0	24,9	4,2	7,7	680			0,15	0,20
35	85,0	22,8	5,2	7,9	726	2,95	3,45		
36	118,0	21,0	6,3	7,9	713			0,18	0,20
37	80,3	21,0	7,2	8,2	734	2,85	3,75		
38	75,4	21,3	7,5	8,1	738			0,13	0,15
39	98,1	19,9	7,0	7,9	725	3,05	3,85		
40	90,3	17,0	6,5	7,8	647			0,15	0,19
41	104,0	15,5	5,7	7,8	701	3,65	3,45		
42	109,0	14,8	6,8	7,7	694			0,15	0,18
43	99,9	13,6	8,1	7,8	728	3,70	3,15		
44	127,0	13,5	8,2	7,8	604			0,15	0,19
45	120,0	12,9	7,8	7,8	655	4,30	3,15		
46	94,8	11,3	8,7	7,8	694			0,14	0,16
47	92,6	10,6	9,1	7,8	705	4,45	3,15		
48	82,7	9,0	9,3	7,8	703			0,13	0,18
49	93,5	7,0	9,6	7,8	711	4,35	3,30		
50	102,0	6,2	9,6	7,9	719			0,12	0,16
51	101,0	6,5	9,9	7,9	739	5,10	3,80		
52								0,13	0,16
53	189,0	6,1	8,0	7,8	610	5,45	4,30		

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



## 3.5 Untersuchungen zur Fauna und Flora der Fließgewässer

ELISABETH SCHLAG

### Zielsetzung und Aufgabe

Am 22. Dezember 2000 trat die Europäische Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL 2000/60/EG) [1] in Kraft. Kernziel der Richtlinie ist die Sicherung bzw. die Erreichung eines sehr guten bis guten ökologischen Zustands bzw. Potenzials der europäischen Gewässer.

Zur Ermittlung des ökologischen Zustands/Potenzials werden Fauna und Flora der Gewässer untersucht. Die biologischen Qualitätskomponenten unterscheiden sich dabei in ihrer Empfindlichkeit gegenüber stofflichen, strukturellen und thermischen Belastungen und sind damit im Hinblick auf das Anzeigen möglicher Defizite unterschiedlich gute Indikatoren. Untersucht werden Fische, Makrozoobenthos (Fischnährtiere), Makrophyten (Wasserpflanzen), benthische Diatomeen (am Boden wachsende Kieselalgen), restliches Phytobenthos (andere am Boden wachsende Algen) und Phytoplankton (frei im Wasser schwebende Algen) (Abbildungen 48–51).

Beeinträchtigungen in der Durchwanderbarkeit und der Struktur der Gewässer sollen vor allem anhand des Fischbestandes erkannt werden. Das Makrozoobenthos zeigt u. a. ebenfalls die Qualität der Gewässerstruktur an. Seit langer Zeit ist diese Tiergruppe zudem als guter Indikator für den Grad der orga-

nischen Belastung bekannt. Makrophyten, Diatomeen, das restliche Phytobenthos und Phytoplankton sind besonders geeignete Organismen, um die trophischen Belastungen, d. h. zu hohe Nährstoffkonzentrationen und die Gefahr einer Eutrophierung anzuzeigen.

Bei allen Qualitätskomponenten werden die Artenzusammensetzung und -häufigkeit erfasst, bei den Fischen auch die Altersstruktur.

Anhand des vorgefundenen Tier- und Pflanzenbestands wird geprüft, wie stark dieser von dem eines vergleichbaren, von menschlichen Einflüssen (nahezu) unbelasteten Gewässers, abweicht. Weiterhin berücksichtigt die WRRL die Variabilität der Gewässer und deren Lebensgemeinschaften. Deshalb wurde zunächst allen Gewässern ein entsprechender Gewässertyp zugeordnet (z. B. silikatischer, grobmaterialreicher Mittelgebirgsbach oder silikatischer Mittelgebirgsfluss). Die ökologische Bewertung erfolgt dann für die verschiedenen Typen entsprechend unterschiedlich. Dabei werden die Gewässer in fünf ökologische Zustandsklassen von sehr gut bis schlecht eingestuft. Bei einer festgestellten Zustandsklasse von mäßig oder schlechter unterscheidet sich die Lebensgemeinschaft zu stark von der einer natürlichen oder naturnahen Biozönose und es müssen Maßnahmen zur Verbesserung des ökologischen Zustands ergriffen werden.



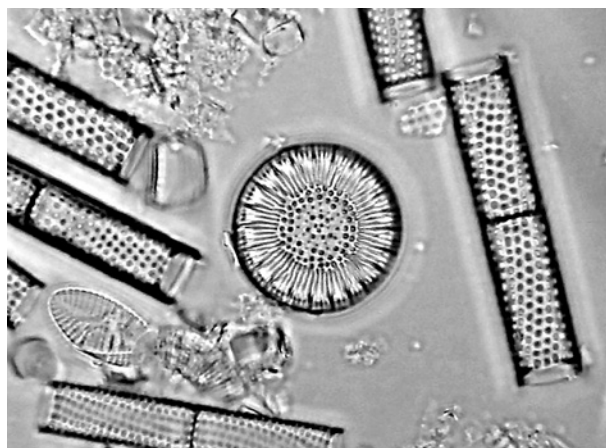
**Abb. 48:** Fische: Nase *Chondrostoma nasus* © Korte, Institut für Gewässer- und Auenökologie (INGA), Riedstadt



**Abb. 49:** Makrozoobenthos: Köcherfliegenlarven *Brachycentrus subnubilus* © Banning, HLNUG



**Abb. 50:** Makrophyten: Sumpf-Teichfaden *Zannichellia palustris* © van de Weyer, Büro lanaplan, Nettetetal



**Abb. 51:** Diatomeen: *Cyclotella radiosa* © Werum, Büro AGLHH, Frankfurt

Um den von der WRRL geforderten hinreichenden Grad an Zuverlässigkeit und Genauigkeit bei der Bewertung des Zustands zu erreichen und auch langfristige Veränderungen erkennen zu können, wird für die operative Überwachung anhand der biologischen Qualitätskomponenten ein Überwachungsintervall von jeweils 3 Jahren empfohlen.

## Untersuchungen und Ergebnisse

Entsprechend des o. g. Untersuchungsintervalls wurden in 2020 folgende Untersuchungen seitens des HLNUG beauftragt (Abb. 52):

### Fische

An 16 Probestellen (PS) wurden im Zuge des FFH-Monitorings Fischbestandserhebungen durchgeführt. An 12,5 % (2 PS) wurde ein sehr guter und an 50,0 % (8 PS) ein guter ökologischer Zustand bezüglich der Fischfauna festgestellt. 37,5 % (6 PS) wurden in die Zustandsklasse mäßig eingestuft. Der unbefriedigende sowie der schlechte ökologische Zustand wurden an keiner PS vorgefunden (siehe Abbildung 53).

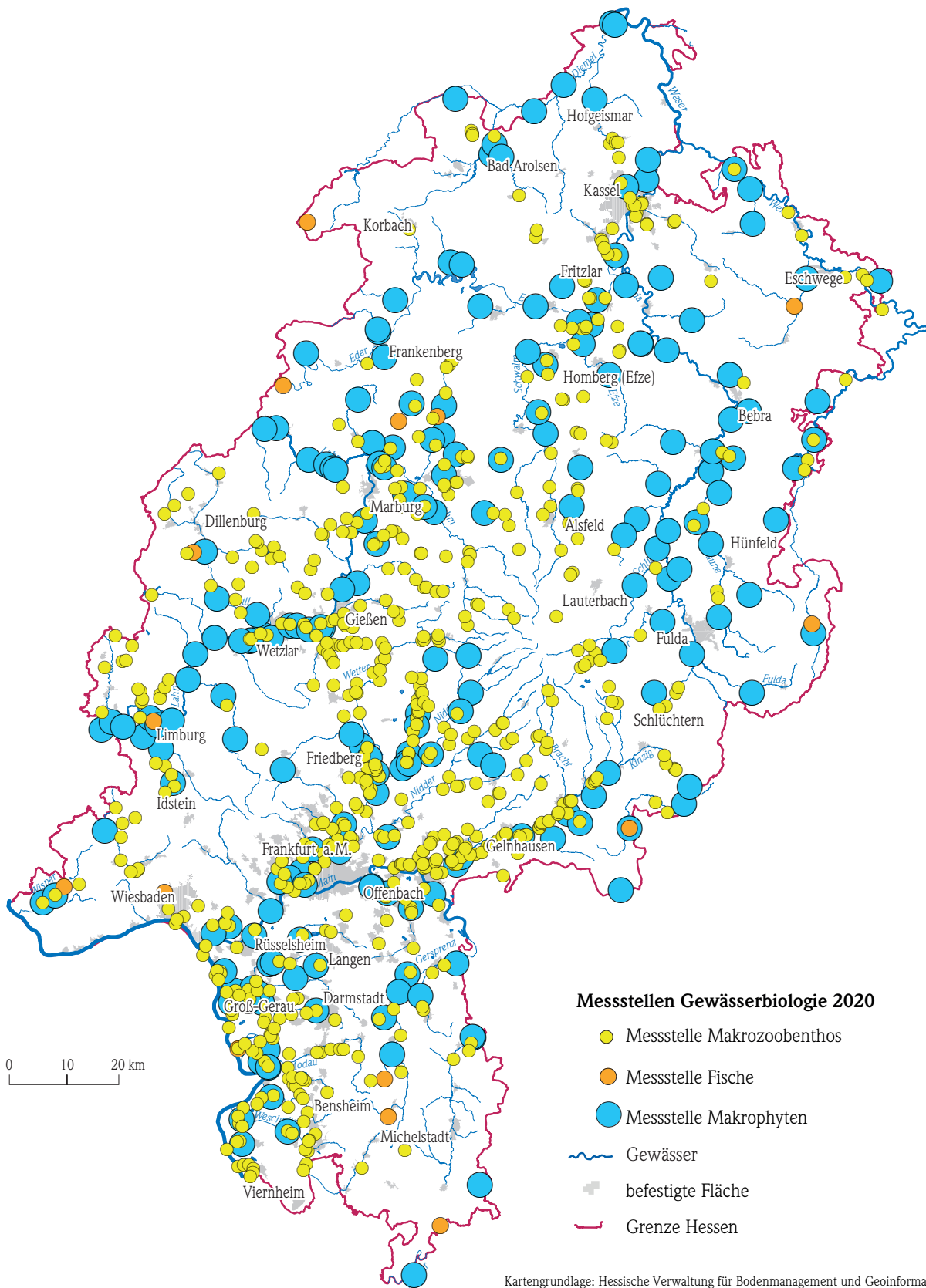
Diese Befischungen, mit hier nicht vorgefundenen Zustandsklassen unbefriedigend und schlecht, zeigen im Vergleich zu den bisherigen im Zuge der Umsetzung der WRRL durchgeführten Befischungen ein überdurchschnittlich gutes Ergebnis. Jedoch ist dieses Resultat nicht direkt mit den nach WRRL durchgeführten Fischbestandserhebungen vergleich-

bar. Zum einen ist mit der geringen Anzahl an untersuchten PS dieses Ergebnis nicht als repräsentativ für ganz Hessen anzusehen. Zum anderen werden die FFH-Elektrobefischungen anders und zum Teil aufwendiger als die WRRL-Befischungen durchgeführt. So werden bei FFH-Fischbestandserhebungen bevorzugt Gewässerabschnitte befishet, die hinsichtlich ihrer Lebensraumqualitäten für Fische besonders hochwertig sind. Elektrobefischungen nach WRRL werden dagegen an im gesamten Wasserkörper vorliegenden Bedingungen möglichst repräsentativ abbildenden PS durchgeführt. Zudem werden bei FFH-Befischungen besonders intensiv die typspezifischen Habitate der FFH-Arten untersucht. Dadurch werden mehr Fische erfasst und das Ergebnis verschiebt sich zu den besseren ökologischen Zustandsklassen.

### Makrozoobenthos

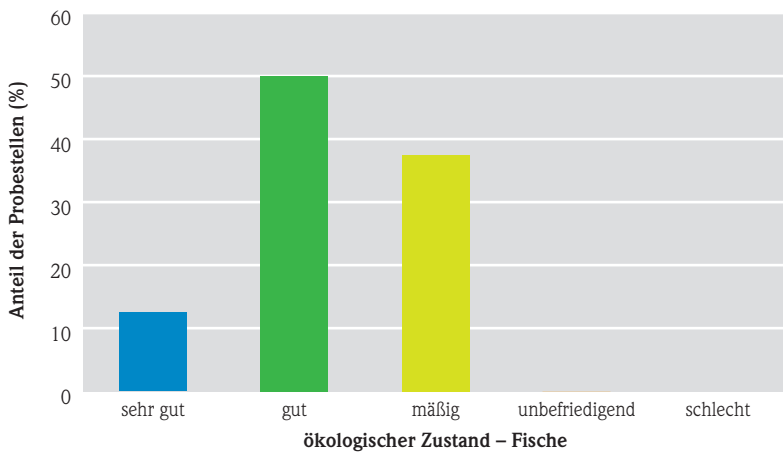
Das Makrozoobenthos wurde an insgesamt 667 PS erfasst. Davon wurden 651 PS nach dem DIN-38410-Verfahren [2] und 16 PS zur Klärung spezieller Fragestellungen entsprechend der Vorgaben des nationalen Bewertungsverfahrens PERLODES [2] bewertet.

Untersuchungen bzw. Bewertungen des Makrozoobenthos nach DIN-38410 werden insbesondere zur Ermittlung der organischen Belastung der Gewässer durchgeführt. Die in 2020 umfangreichen Beprobungen nach DIN-Verfahren dienten zur Aktualisierung der Gewässergütekarte in 2021. In die Untersuchung aufgenommen wurden die hinsichtlich der Saprobie (organische Belastung) mit mäßig bis

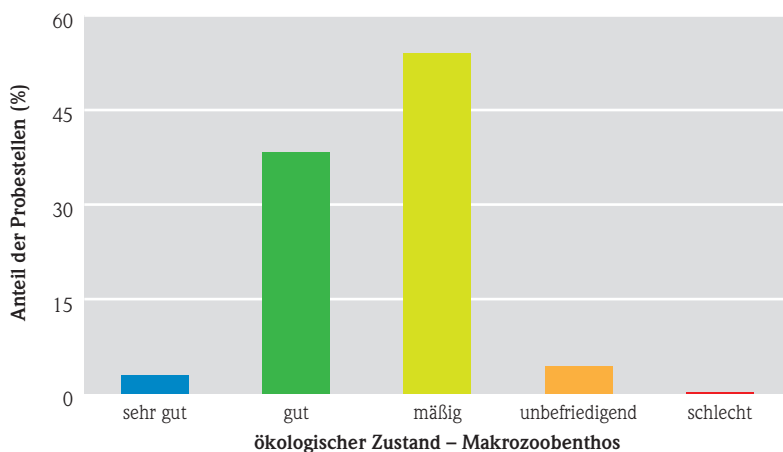


Kartengrundlage: Hessische Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation  
 Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie  
 Bearbeitung: HLNUG 2020

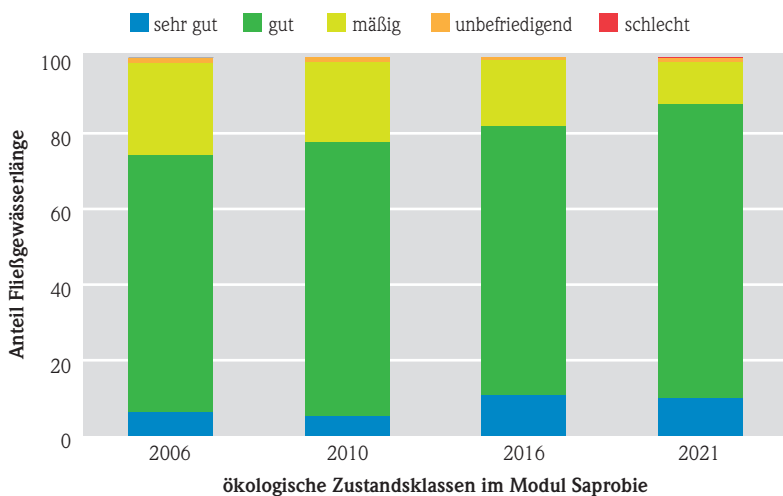
**Abb. 52:** Messstellen Gewässerbiologie 2020



**Abb. 53:** Ergebnis der Fischbestandserhebung mit prozentualem Anteil der Probestellen in der erreichten ökologischen Zustandsklasse



**Abb. 54:** Ergebnis der Makrozoobenthoserhebung mit prozentualem Anteil der Probestellen in der erreichten ökologischen Zustandsklasse (nur Modul Saprobie)



**Abb. 55:** Entwicklung der Gewässergüte anhand der ökologischen Zustandsklassen im Modul Saprobie

schlecht bewerteten Gewässerabschnitte. Weiterhin wurde an 69 zuvor nicht untersuchten PS erstmals die organische Belastung untersucht.

Von den 16 nach PERLODES bewerteten PS befanden sich 8 PS unterhalb der Kläranlage Bickenbach. Die hier durchgeführten Untersuchungen dienten zur Ermittlung des aktuellen Gewässergütezustands im Vorfeld einer beabsichtigten Erweiterung der Kläranlage Bickenbach.

6 PS wurden, wie bereits seit 2016, im Rahmen des Kooperationsvorhabens KLIWA „Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft“ beprobt.

Bei dem Kooperationsvorhaben KLIWA wird von den Bundesländern Bayern, Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz und Hessen ein gemeinsames Klima-Biomonitoring durchgeführt. Ziel des Klima-Biomonitorings ist die Abschätzung der Auswirkungen möglicher Klimaveränderungen auf die Fließgewässersfauna.

Die restlichen 2 PS wurden im Zusammenhang mit einer auf 10 Jahre befristeten Erlaubnis zur Einleitung von Salzabwässern der Kaliindustrie in die Fliede bei NeuhoF untersucht.

Bei der folgenden Auswertung hinsichtlich der organischen Belastung werden die nach DIN 38410-Verfahren und nach PERLODES bewerteten PS gemeinsam betrachtet. Da 35 PS ausgetrocknet waren, gehen insgesamt 632 PS in die Auswertung ein. Die sehr gute Zustandsklasse wurde an 3,0 % (19 PS) erreicht. Bei 38,3 % (242 PS) wurden ein guter und bei 54,1 % (342 PS) ein mäßiger Zustand festgestellt. Einen unbefriedigenden Zustand erreichten 4,3 % (27 PS). 0,3 % (2 PS) wurden in die Zustandsklasse schlecht eingestuft (siehe Abbildung 54).

Ein Vergleich mit den in vorhergehenden Jahren durchgeführten Untersuchungen zur organischen Belastung der Gewässerabschnitte zeigt, dass an insgesamt 36,3 % in 2020 eine Verbesserung der Zustandsklasse festgestellt werden konnte. An 553 PS, die in den Vorjahren eine nur mäßige oder noch schlechtere Zustandsklasse hinsichtlich der organischen Belastung erreichten, konnte in 2020 an 201 PS die Zustandsklasse gut oder sogar sehr gut festgestellt werden. An den in 2020 erstmals untersuchten 69 PS wurde an insgesamt 48 PS ebenfalls eine gute oder sogar sehr gute Zustandsklasse vorgefunden.

Die aktuellen Verbesserungen hinsichtlich der organischen Belastung gehen vermutlich u. a. auf die in den Kläranlagen in den letzten Jahren verstärkt durchgeführten Maßnahmen zur Reduzierung der Phosphoreinträge in die Gewässer und einen damit verbundenen Rückgang der sekundären organischen Belastung zurück.

Die in 2016 noch insgesamt 1 500 Kilometer organisch belasteter Gewässerstrecken verkürzen sich um ca. 500 Kilometer auf ca. 1 000 Kilometer. 2010 waren es noch knapp 1 800 Kilometer. Damit besteht aktuell bei noch ca. 12 % der Gesamtlänge der untersuchten Bäche und Flüsse ein Handlungsbedarf zur Minderung der organischen Belastung (Abbildung 55).

Die enormen Verbesserungen des Gütezustandes der Fließgewässer durch die seit den 1970er Jahren verstärkt durchgeführten Abwasserreinigungsmaßnahmen von Städten, Gemeinden und Industrie zeigen auch der Vergleich der in 1970 erstmalig und dann in unregelmäßigen Abständen und zuletzt in 2021 aktualisierten Gewässergütekarten Hessens (Abbildung 57).

## Makrophyten

Makrophyten wurden an 210 PS kartiert. Davon konnten 30 Untersuchungen nicht in die Bewertung eingehen, da die entsprechenden Gewässerabschnitte ausgetrocknet waren oder aus nicht näher zu bestimmenden Ursachen keine Makrophyten gefunden wurden.

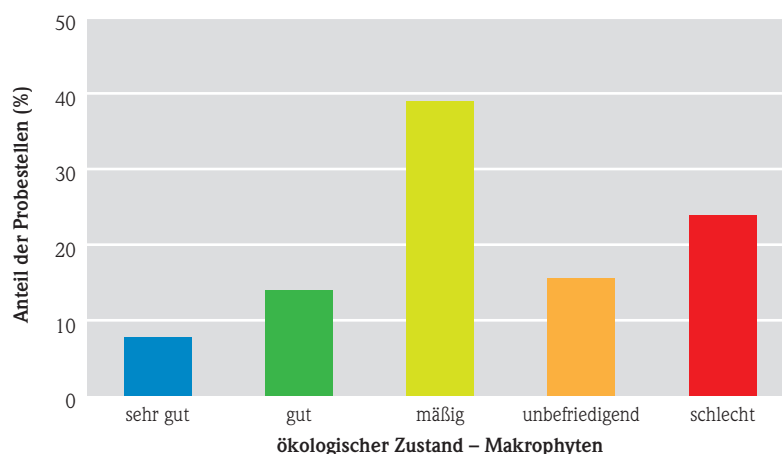


Abb. 56: Ergebnis der Makrophytenkartierung mit prozentualem Anteil der Probestellen in der erreichten ökologischen Zustandsklasse

Von den verbleibenden 180 PS erreichten eine sehr gute ökologische Zustandsklasse 7,8 % (14 PS) und eine gute Zustandsklasse 13,9 % (25 PS). In eine mäßige Zustandsklasse wurden 38,9 % (70 PS) eingestuft. 15,6 % (28 PS) wurden mit der ökologischen Zustandsklasse unbefriedigend und 23,9 % (43 PS) wurden mit der Zustandsklasse schlecht bewertet (Abbildung 56).

## Ausblick

Zukünftig soll eine zeitliche Synchronisation der biologischen Untersuchungen mit denen der allgemeinen chemischen und physikalischen Parameter (ACP-Untersuchungen) stattfinden.

Dieses Vorgehen soll eine bessere Ursachenforschung bezüglich der vorgefundenen ökologischen Zustandsklassen ermöglichen und ggf. eine breitere Datengrundlage im Hinblick auf weitere Fragestellungen im chemischen und stofflichen Bereich der Gewässeruntersuchungen liefern.

Ausgehend von den o. g. Kriterien sollen in 2021 an ca. 200 PS die Fische untersucht werden. An diesen PS sollen an ca. 13 PS, meist in größeren Flüssen liegenden Abschnitten, zusätzlich zur WRRL-Elektrofischung Fische für Biota-Untersuchungen zur Ermittlung der stofflichen Belastung entnommen werden. An 3 PS wird ein FFH-Monitoring durchgeführt.

Makrophyten sollen an ca. 105 PS kartiert werden.

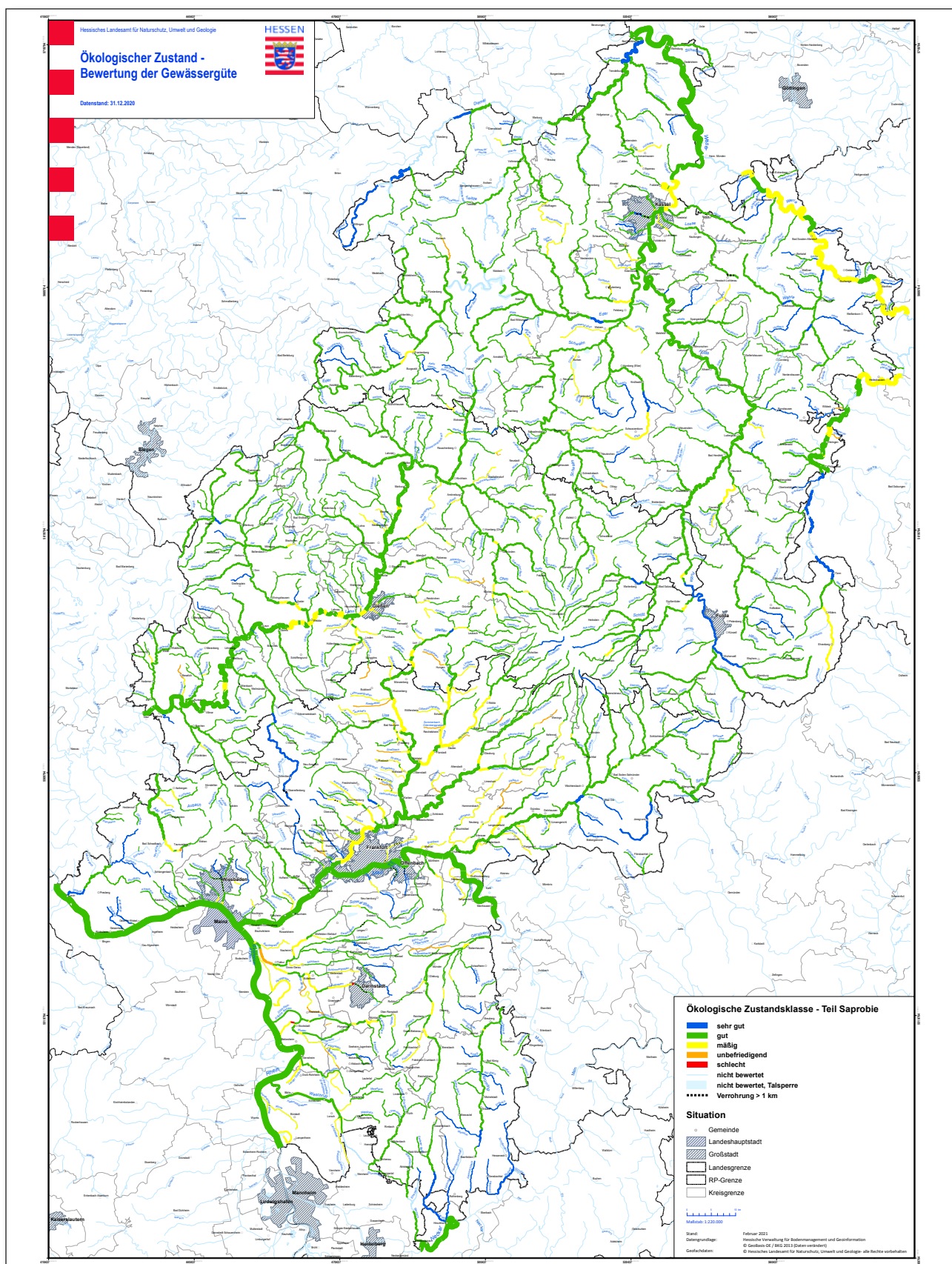


Abb. 57: Gewässergütekarte 2021

Es werden an ca. 170 PS Diatomeenproben genommen, deren Auswertung aufgrund fehlender Kapazitäten von Fachbüros frühestens in 2022 erfolgen kann.

Informationen zur Biologie der Fließgewässer finden Sie unter <https://www.hlnug.de/?id=7148>. Hier sind neben Erläuterungen zu den biologischen Qualitätskomponenten und den angewendeten Bewertungsverfahren auch die Ergebnisse der seit 2004 durchgeführten Untersuchungen dargestellt. Darüber hinaus werden dort auch vom HLNUG beauftragte Gutachten bzw. betreute wissenschaftliche Arbeiten zu speziellen Fragestellungen der Fließgewässerbio-

logie sowie die seit 1970 erstellten Gewässergütekarten veröffentlicht.

Über den Stand der Umsetzung der WRRL informiert das Hessische Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUKLV) in Form des Bewirtschaftungsplans 2015–2021 [3] und Maßnahmenprogramms 2015–2021 [4] unter dem Link <http://flussgebiete.hessen.de>. Seit dem 23. Dezember 2020 sind hier auch die Entwürfe des Bewirtschaftungsplans 2021–2027 [5] und des Maßnahmenprogramms 2021–2027 [6] veröffentlicht.

## Literatur

- [1] EG – Europäische Gemeinschaften (2000): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (WRRL).
- [2] <https://www.gewaesser-bewertung.de> (Stand 15.04.2021).
- [3] HMUKLV – Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2015): Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie in Hessen – Bewirtschaftungsplan Hessen 2015–2021. <http://flussgebiete.hessen.de/information/bewirtschaftungsplan-2015-2021/>; Stand: 15.04.2019.
- [4] HMUKLV – Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2015); Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie in Hessen – Maßnahmenprogramm 2015–2021. <http://flussgebiete.hessen.de/information/massnahmenprogramm-2015-2021/>; Stand: 15.04.2019.
- [5] HMUKLV – Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2020): Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie in Hessen – Entwurf Bewirtschaftungsplan Hessen 2021–2027. <http://flussgebiete.hessen.de/information/bewirtschaftungsplan-2021-2027/>; Stand: 15.04.2021.
- [5] HMUKLV – Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2015); Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie in Hessen – Entwurf Maßnahmenprogramm 2015–2021. <http://flussgebiete.hessen.de/information/massnahmenprogramm-2015-2021/>; Stand: 15.04.2021.

## 3.6 Gewässerstruktur

JOACHIM WEDEL, ANN KATRIN THOMAS & HEIKO TRIER

### Stand der Nachkartierung renaturierter Fließgewässerabschnitte in Hessen - 2020

Wie jedes Jahr fand die Gewässerstrukturkartierung der Änderungsstrecken (Gewässerabschnitte, die seit der letzten Strukturkartierung im Winter 2012/13 re-

naturiert wurden bzw. in denen eigendynamische Gewässerentwicklungen stattgefunden haben) außerhalb der Vegetationsperiode im Zeitraum November 2019–Mai 2020 sowie November und Dezember 2020 statt.

Hintergrund der Nachkartierung ist die Dokumentation umgesetzter Strukturmaßnahmen zur Verbes-



**Abb. 58:** Naturnaher Schwarzbach im Abschnitt 178 bei Vockenhausen © HLNUG

serung der morphologischen Gewässerstrukturen sowie die Erfassung der erzielten morphologischen Gewässeraufwertungen. Ziel ist es, auf etwa einem Drittel der Gewässerstrecken gute Gewässerstrukturen (Strukturklassen 1–3) zu erreichen. Es wird davon ausgegangen, dass ab etwa 35 % guter Gewässerstrukturen (die auch einigermaßen gut über die Gewässerverläufe verteilt sein sollten) in Verbindung mit einer intakten, linearen Durchgängigkeit innerhalb des Wasserkörpers, die morphologischen Voraussetzung zur Erreichung des guten ökologischen Zustands bzw. Potenzials (Zielerreichung im Sinne der Wasserrahmenrichtlinie) dieses Wasserkörpers erfüllt sind.



**Abb. 59:** Die Nidder bei Effolderbach (Abschnitt 382) © HLNUG

Die im Gelände erhobenen Daten werden u. a. für die Erstellung einer hessischen Übersichtskarte sowie zur Aktualisierung der Gewässerstrukturdaten im WRRL-Viewer ([wrrl.hessen.de](http://wrrl.hessen.de)) verwendet. Darüber hinaus werden die Ergebnisse der Strukturkartierung bei der weiteren Maßnahmenplanung zur Umsetzung der WRRL berücksichtigt.

In den Bezirken der Regierungspräsidien wurden 2020 folgende Gewässerabschnitte kartiert:

**Regierungsbezirk Darmstadt:** Weschnitz bei Wattenheim und Einhausen; Nidder bei Effolderbach; Liederbach zwischen Höchst und Kelkheim; Schwalbach in Bad Schwalbach; Schwarzbach bei Eppstein und zwischen Okriftel und Lorsbach; Silberbach bei Ehlhalten; Sulzbach bei Bad Soden; Westerbach in Frankfurt-Rödelheim; Nidda zwischen Bad Vilbel und Karben; Kleinebach bei Butzbach; Stockheimer Bach in Usingen; Bieber bei Heusenstamm

**Regierungsbezirk Gießen:**

**Regierungsbezirk Kassel:** Schwalm bei Gombeth; Werra bei Bad Sooden-Allendorf; Eder bei Böddiger und bei Gensungen; Bauna in Guntershausen, bei Hertingshausen und in Baunatal; Grenff bei Kleinropperhausen; Fulda bei Kämmerzell, bei Gersfeld und in Beiseförth; Eselsgraben in Kassel; Rhinabach bei Rhina; Warme bei Liebenau und bei Zierenberg; Weiherflößchen bei Hünfeld



**Abb. 60:** Weschnitz bei Wattenheim (Abschnitt 63) © HLNUG





**Abb. 61:** Rodau bei Rollwald im Rodgau (Abschnitt 202) © HLNUG



**Abb. 62:** Nidda in Karben (Abschnitt 173) © HLNUG



**Abb. 63:** Fulda bei Rimbach (Abschnitt 434) © HLNUG



**Abb. 64:** Fulda bei Gersfeld (Abschnitt 1058) © HLNUG



**Abb. 65:** Schwalm bei Gombeth (Abschnitt 49) © HLNUG



**Abb. 66:** Warme bei Zierenberg (Abschnitt 230) © HLNUG

## 3.7 Seen - Trophische Untersuchungen

MICHAEL HÄCKL

### Seenmessprogramm, Zielsetzung und Aufgabe

In Hessen gibt es insgesamt 773 Seen und Talsperren mit einer Fläche, die größer als einem Hektar ist, davon 81 mit einer Fläche von mehr als zehn Hektar. Die Seen sind nicht natürlichen Ursprungs, die meisten entstanden durch Abgrabungen von Kies (Baggerseen) oder durch den Abbau von Braunkohle (Tagauseen). Des Weiteren wurden Fließgewässer aus wasserwirtschaftlichen Gründen zu Talsperren oder Weihern aufgestaut oder sie wurden begradigt, wobei seenähnliche Altwässer (Altarme) entstanden sind (Abbildung 67). Auch wenn es sich bei den hessischen Seen um künstliche Gewässer oder um Talsperren handelt, so bilden sie heute einerseits wertvolle Lebensräume mit vielfältigen Lebensgemeinschaften, andererseits auch begehrte Ziele in der Freizeit.

Die Untersuchungen hinsichtlich der Trophie ergeben eine Aussage zum Umfang und Umsatz durch Photosynthese entstandener Biomasse in einem Stehgewässer. Hierzu werden zwischen 9 Trophieklassen von oligotroph (nährstoffarm, mit großer Artenvielfalt) bis hin zu hypertroph (übermäßig hoher Nährstoffgehalt, Artenarm) unterschieden (Tab. 9).

Ziel der trophischen Güteuntersuchungen der Seen ist es, durch die Beurteilung des trophischen und des allgemeinen Zustands der Seen eventuelle Defizite zu erkennen und ggf. Handlungsempfehlungen zur möglichen Sanierung zu geben. Dabei sind die Anforderungen des Naturschutzes und der Nutzungen durch den Menschen zu berücksichtigen.

Für die Trophieklassifikation von Seen nach den Vorgaben der LAWA werden vom HLNUG ca. 125 Seen in unterschiedlichen Abständen regelmäßig untersucht (Abb. 69). Der Turnus wird je nach Bedeutung des Sees und weiterer Aspekte auf jährlich oder alle drei, vier, sechs oder zwölf Jahre festgelegt.

Für die Seen und Talsperren, die auch als Badegewässer genutzt werden, stehen die hygienischen Kriterien im Vordergrund, um bei den Badegästen eine Übertragung von Krankheiten auszuschließen. Nach der

Badegewässerverordnung werden die Badegewässer von den Gesundheitsämtern auf Intestinale Entero kokken und Escherichia coli als Indikatorkeime für fäkale Verunreinigungen, mit denen Krankheitserreger einhergehen können, untersucht und bewertet. Jedoch sind auch hier die trophischen Untersuchungen für die Bewirtschaftung und für die Erstellung der erforderlichen sogenannten Badegewässerprofile notwendig. So lässt sich hierdurch z. B. die Wahrscheinlichkeit einer Cyanobakterienmassenvermehrung („Blualgenblüte“) einschätzen.

Seen mit einer Fläche größer 50 Hektar müssen zusätzlich den Qualitätsansprüchen der WRRL entsprechen, deren Ziel es ist, langfristig in Europa einen einheitlichen Standard der Bewertung der oberirdischen Gewässer und mit einem Gewässergütemanagement ein gemeinsames Güteziel zu erreichen. Das Güteziel ist der gute Zustand bzw. bei den nicht natürlichen Gewässern (wie in Hessen fast alle Seen) ein gutes ökologisches Potenzial. Dieses wird für die hessischen WRRL-Seen mit der biologischen Qualitätskomponente des Phytoplanktons ermittelt.

### Trophie in der Tradition

Die klassische Bewertung der Seen orientiert sich an der Biomasse der Algen in der Freiwasserzone – dem sogenannten Phytoplankton. Hierfür spielt das Phosphat eine große Rolle, da dieses meist der das Algenwachstum begrenzende Nährstoff ist. Gemäß der Kenngrößen des Phytoplanktons (Chlorophyllgehalt und Sichttiefe) sowie des Gesamt-Phosphorgehaltes wird der See nach seiner Trophie klassifiziert [1]. Weitere aus den Wasserproben ermittelte physikalische, chemische und biologische Daten dienen als zusätzliche Hilfsgrößen zur Gesamtbeurteilung der Belastungssituation. Der Begriff Eutrophierung steht für eine starke Zunahme der Biomasse infolge einer hohen Nährstoffbelastung – viele Seen weisen eine hohe Trophieklasse auf.

Das im November 2013 veröffentlichte LAWA (Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser) -Handbuch zur Trophieklassifikation von Seen behandelt die Seen differenziert je nach Seegruppe.

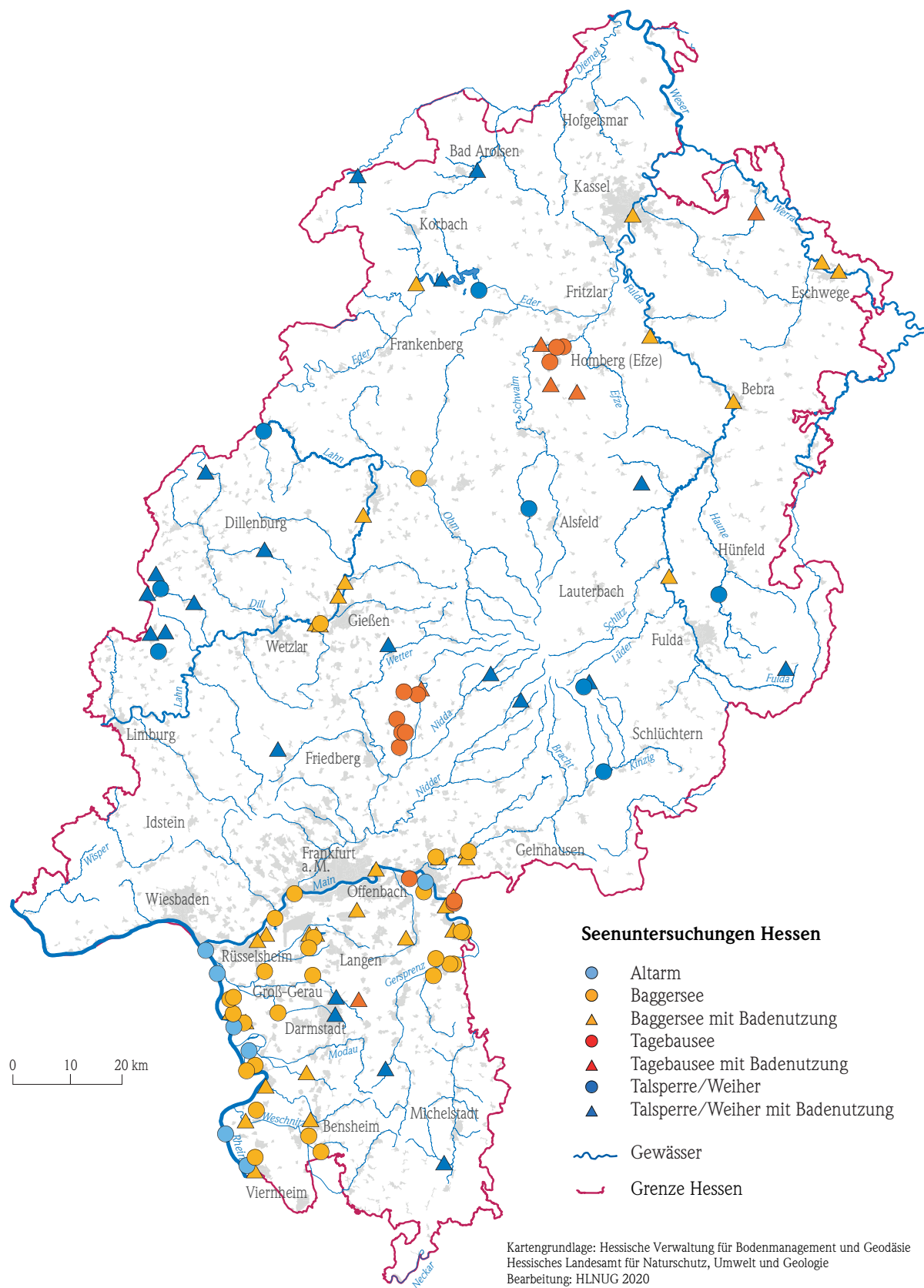


Abb. 67: Messstellen zur Überwachung der Wasserqualität der Seen

In Hessen wurden die zu untersuchenden Seen folgenden Seegruppen zugeteilt:

**Tab. 8:** Gruppierung hessischer Seen nach LAWA

Seengruppe	Kurzbezeichnung	Anzahl
geschichtete Alpenvorland- und Alpen-/Mittelgebirgs-Seen (ohne Talsperren, > 5 Hektar)	AVAMgesch	5
geschichtete Talsperren (nur Talsperren, > 5 Hektar)	geschTS	5
geschichtete Tieflandseen (ohne Talsperren, > 5 Hektar)	TLgesch	46
geschichtete Kleinseen (ohne Talsperren, ≤ 5 Hektar)	geschklein	6
polymiktische (ungeschichtete) Seen mit mittlerer Tiefe > 3 m	polygr3m	17
polymiktische (ungeschichtete) Seen mit mittlerer Tiefe ≤ 3 m	polykl3m	43

Die aktuelle LAWA-Klassifizierung wurde für die Jahre 2010 bis 2020 angewendet und führte zu folgenden Ergebnissen für die hessischen Seen (jeweils letztes Ergebnis und nur eine Messstelle pro See):

**Tab. 9:** LAWA-Klassifizierung hessischer Seen

LAWA-Klassifizierung	Trophie-Index	Anzahl
oligotroph	≤ 1,50	15
mesotroph 1	1,51–2,00	21
mesotroph 2	2,01–2,50	25
eutroph 1	2,51–3,00	20
eutroph 2	3,01–3,50	20
polytroph 1	3,51–4,00	16
polytroph 2	4,01–4,50	3
hypertroph	> 4,50	2

Zu berücksichtigen ist hierbei, dass es sich um eine Klassifizierung und nicht um eine Bewertung hinsichtlich des erreichbaren Seezustandes handelt. In Hessen können einige Seen aufgrund ihrer hydromorphologischen Eigenschaften wie Volumen, Tiefe, Uferlänge auch unter natürlichen Bedingungen (d. h. ohne menschlichen Einfluss) keinen besseren Trophiezustand als eutroph 2 erreichen. In der nachfolgenden Tabelle sind die Trophie-Ergebnisse des Jahres 2020 dargestellt (siehe auch Abbildungen 68 und 69).

Insgesamt konnte 2020 trotz der anhaltenden Trockenphase eine erfreuliche Entwicklung festgestellt werden.

Nur am Lampertheimer Altrhein kam es wegen des dort sehr niedrigen Wasserstandes aufgrund der Trockenheit zu deutlich schlechteren Trophie-Werten. Ansonsten waren nur in 5 Seen (davon 4 Badeseen) geringfügige Verschlechterungen von < 0,15 beim Index festzustellen.

Bei der Marbachtalsperre hatte dies mit Revisionsarbeiten am Zulauf und dem damit verbundenen Absenken des Wasserspiegels zu tun. Hier ist es erstaunlich, dass die Trophie trotzdem fast gleich blieb.

Im Badebereich des Kinzigsees wurde 2020 erstmalig seit vielen Jahren keine Phosphorfällung vorgenommen, wodurch sich der Wert dem des Restsees angeglichen hatte. Der Restsee war leicht verbessert, jedoch noch etwas über dem des Badebereiches. Beim Großen Woog hatte es ebenfalls sehr niedrige Wasserstände gegeben, im Sommer gab es hier keinerlei Zulauf.

Auffällig ist die „Abstufung“ des Badesees Campingplatz Teichmann von eutroph 1 auf eutroph 2. 2019 wurde bereits vom Betreiber auf ein starkes Massenvorkommen von Cyanobakterien hingewiesen. Die 2020 erhobenen Messwerte belegen nun ein verändertes Nährstoffangebot. Die Gründe dafür sind nicht eindeutig zu benennen. Es gibt jedoch offene Ableitungen, die bei Regen das Niederschlagswasser samt ggf. durch Erosion abgetragene Bodenpartikel der landwirtschaftlichen Flächen im Osten des Badesees direkt in den See führen. Durch diese Entwässerung können an die an Bodenpartikel gebundene sowie auch gelöste Nährstoffe, insbesondere Phosphor, durch Abschwemmung direkt in den Badesees Campingplatz Teichmann gelangen und dort zu einer nennenswerten Nährstoffbelastung führen.

An 14 weiteren Untersuchungsstellen, davon 12 Badestellen (in 11 Badeseen) ergaben sich leichte bis stärkere Trophie-Verbesserungen. Am deutlichsten waren die Verbesserungen im Waldschwimmbad Lich, im Erlensee Bickenbach, im Arheiliger Mühlchen und im Werratalsee Ostteil mit Index-Änderungen von > 0,5, die dann natürlich auch eine Verbesserung um eine komplette Trophieklasse ergaben.

Tab. 10: Messwerte und Trophie-Klassifizierung 2020

See, Messstelle	Gemeinde	See Typ nach LAWA	MW Chlo- rophyll (µg/l)	Sicht- tiefe- Saison- Mw (m)	MW P <sub>ges</sub> (mg/l)	MW P <sub>ges</sub> - Zirkul. (Früh- jahr) (mg/l)	Ges- Trophie- Index	Trophie- klasse	Trophie Index Zuvor
Arheilger Mühlchen	Darmstadt	ungeschicht. See Ø <3m Tiefe	36,9	0,7	0,047	0,039	3,39	eutroph_2	3,98
Badesee Teichmann	Vöhl	ungeschicht. See Ø <3m Tiefe	48,8	1,6	0,029	0,021	3,02	eutroph_2	2,96
Bruchsee	Heppenheim	Tiefendsee geschichtet	14,9	1,6	0,021	0,027	2,60	eutroph_1	3,00
Diemeltalsperre	Marsberg	geschichtete Talsperre	8,7	3,5	0,025	0,040	2,40	mesotroph_2	2,50
Edertalsperre, Waldecker Bucht	Edertal	geschichtete Talsperre	16,1	2,6	0,037	0,039	2,77	eutroph_1	2,84
Erlensee Bickenbach	Bickenbach	Tiefendsee geschichtet	5,0	3,1	0,005	0,005	1,35	oligotroph	1,98
Grosser Woog	Darmstadt	ungeschicht. See Ø <3m Tiefe	14,7	1,2	0,031	0,030	2,75	eutroph_1	2,64
Haunetalsperre	Petersberg	ungeschicht. See Ø <3m Tiefe	64,7	0,5	0,113	0,081	4,00	polytroph_1	3,87
Ibratalsperre	Kirchheim	ungeschicht. See Ø >3m Tiefe	55,7	0,9	0,040	0,036	3,49	eutroph_2	3,72
Kinzigsee, Badebereich	Langenselbold	Tiefendsee geschichtet	24,5	1,0	0,026	0,032	3,00	eutroph_1	2,90
Kinzigsee, Seemitte	Langenselbold	Tiefendsee geschichtet	29,6	0,9	0,029	0,032	3,13	eutroph_2	3,18
Lamperth. Altrhein, km 3	Lampertheim	ungeschicht. See Ø <3m Tiefe	56,3	0,8	0,115	0,065	3,79	polytroph_1	3,75
Lamperth. Altrhein, km 4	Lampertheim	ungeschicht. See Ø <3m Tiefe	261,0	0,5	0,338	0,090	4,76	hypertroph	3,37
Lamperth. Altrhein, km 5	Lampertheim	ungeschicht. See Ø <3m Tiefe	61,0	0,8	0,171	0,097	3,98	polytroph_1	3,52
Marbachtalsperre	Oberzent	ungeschicht. See Ø <3m Tiefe	61,1	0,8	0,048	0,033	3,52	polytroph_1	3,51
Neuenhainer See	Neuental	geschichteter Kleinsee	10,4	1,5	0,014	0,019	2,43	mesotroph_2	2,59
Riedsee Biblis	Biblis	Tiefendsee geschichtet	2,6	3,3	0,008	0,018	1,36	oligotroph	1,50
Schultheisweiher Rumpenheim	Offenbach	ungeschicht. See Ø <3m Tiefe	73,7	1,3	0,050	0,040	3,47	eutroph_2	3,65
Strandbad Grosskrotzenburg	Großkrotzenburg	Tiefendsee geschichtet	3,8	4,1	0,010	0,019	1,60	mesotroph_1	1,97
Waldschwimmbad Lich	Lich	ungeschicht. See Ø <3m Tiefe	50,6	1,6	0,228	0,055	3,70	polytroph_1	4,40
Werratalsee, Ostteil	Meinhard	ungeschicht. See Ø >3m Tiefe	27,1	2,2	0,031	0,018	2,74	eutroph_1	3,28
Werratalsee, Westteil	Eschwege	ungeschicht. See Ø >3m Tiefe	44,0	2,3	0,085	0,025	3,15	eutroph_2	3,27



**Abb. 68:** Riedsee Biblis, Kärcher Surfsee 2020 – oligotroph © HLNUG



**Abb. 69:** Lampertheimer Altrhein bei km 4 – hypertroph, die Messstellen in anderen Bereichen des Altrheines waren 2020 deutlich besser (Tabelle 10) © HLNUG

Welche Ursache diese insgesamt positive Entwicklung hat, ist meist unklar und individuell unterschiedlich. Gründe können Sanierungsbemühungen, günstige klimatische Bedingungen, das Ausbleiben von Starkregenereignissen und bei kleineren Seen möglicherweise auch der z. T. eingeschränkte oder gänzlich verbotene Badebetrieb gewesen sein.

Bei der Messstelle Werratalsee Ostteil wird vermutet, dass die Kanalsanierung in Schwebda nun auch im Werratalsee „messbar“ wird und ihre positive Wirkung zeigt.

Des Weiteren rutschten auch die Ibratalsperre (Seepark Kirchheim), der Neuenhainer See und der Schultheißweiher in die nächst bessere Trophieklasse.

## Literatur

- [1] Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) (2014): Trophieklassifikation von Seen – Richtlinie zur Ermittlung des Trophie-Index nach

LAWA für natürliche Seen, Baggerseen, Talsperren und Speicherseen, Kiel.

## 4 Grundwasser

### 4.1 Grundwasserneubildung

MARIO HERGESELL

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

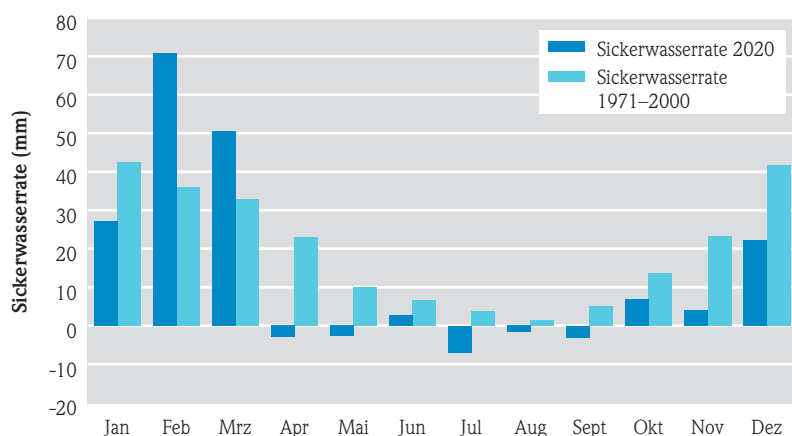
Grundwasser nimmt am Wasserkreislauf teil, daher ist in Hessen allgemein davon auszugehen, dass ein ausgeglichener Wasserhaushalt gegeben ist. Voraussetzung dafür ist, dass die Grundwasserförderung für die Trink- und Brauchwassernutzung durch die Grundwasserneubildung wieder kompensiert, eine Übernutzung also vermieden wird. In Hessen wird das Trinkwasser nahezu vollständig aus dem Grundwasser gewonnen. Neben der Beobachtung der Grundwasserspiegel ist die Kenntnis der regional unterschiedlichen Grundwasserneubildung entscheidend für die Beurteilung des mengenmäßigen Grundwasserzustands.

Die Grundwasserneubildung lässt sich mittels hydrogeologischer Modelle errechnen. In Hessen kommt

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

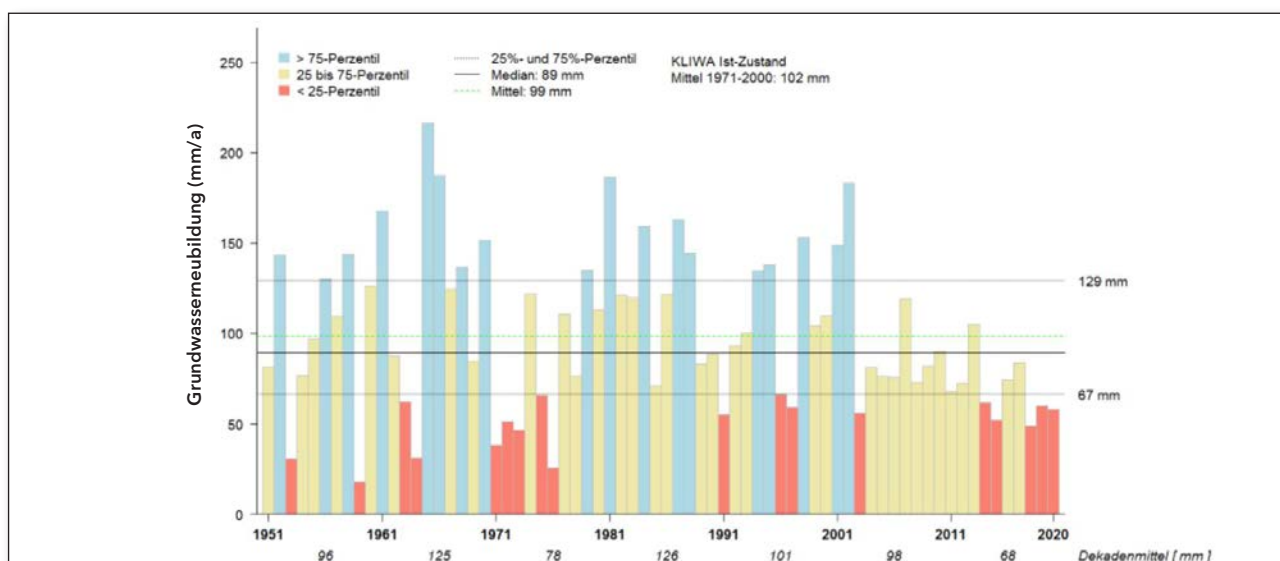
Umgerechnet auf die Fläche Hessens werden somit im langjährigen Mittel (1971–2000) jährlich rd. 2,13 Mrd. m<sup>3</sup> Grundwasser neu gebildet. Demgegenüber werden jährlich rd. 407 Mio. m<sup>3</sup> Grundwasser entnommen. Der Vergleich zeigt, dass hessenweit jährlich rd. 5-fach mehr Grundwasser neu gebildet als gefördert wird. Nicht genutztes Grundwasser strömt über die Vorflut als grundwasserbürtiger Abflussanteil wieder ab.

Das zuvor genannte Verfahren zur Ermittlung der Grundwasserneubildung aus Niederschlag ist ursprünglich für die Ermittlung langjähriger Mittelwerte der Grundwasserneubildung entwickelt worden. Unter Inkaufnahme gewisser Modellunsicherheiten wird das Verfahren im HLNUG auch für die Ermittlung von jährlichen Grundwasserneubildungsraten



**Abb. 70:** Monatliche Sickerwasserraten in Hessen

eingesetzt. In der Karte (Abbildung 72) ist eine Übersichtsdarstellung der modellierten Grundwasserneubildung aus Niederschlag für das Jahr 2020. Die flächenhafte Verteilung der Grundwasserneubildung folgt in etwa dem Niederschlag, wobei in Gebieten mit hohen Direktabflussanteilen, geringen Speichereigenschaften (z. B. Rheinisches Schiefergebirge) und hohen Verdunstungsraten (z. B. Rhein-Main Gebiet und Wetterau) die Grundwasserneubildung aus Niederschlag geringer ausfällt.



**Abb. 71:** Langjährige Entwicklung der Grundwasserneubildung in Hessen © HLNUG

Das Flächenmittel der Grundwasserneubildung betrug für das Jahr 2020 für Hessen 58 mm und lag mit 43 % deutlich unter dem langjährigen Mittelwert der Referenzperiode 1971–2000. Die niedrige Grundwasserneubildung im Jahr 2020 ist auf die unterdurchschnittlichen Niederschläge, die hohen Verdunstungsraten und der daraus resultierenden niedrigen Sickerwasserrate zurück zu führen. Die Sickerwasserrate aus dem Boden ergibt sich aus der Differenz von Niederschlag minus Verdunstung und Oberflächenabfluss. Das Sickerwasser bewegt sich der Schwerkraft folgend nach unten zum Grundwasserspiegel und trägt maßgeblich zur Grundwasserneubildung bei. Ein Teil des Sickerwassers kann auch lateral als Zwischenabfluss abfließen.

In Abbildung 70 ist der Verlauf der monatlichen Sickerwasserrate im Jahr 2020 im Vergleich zu den langjährigen Mittelwerten dargestellt. Im Jahresgang der Sickerwasserrate gab es teilweise deutliche Abweichungen gegenüber dem langjährig mittleren Verlauf.

Deutlich zu gering fiel die Sickerwasserrate in den grundwasserneubildungsrelevanten Monaten Januar, April, November und Dezember aus, was auf die niedrigen Niederschlagssummen in diesen Monaten zurückzuführen war. Deutlich zu nass war dagegen der Februar, der mehr als das Doppelte der zu erwartende Niederschlagsmenge brachte. Die daraus resultierenden hohen Sickerwasserraten haben im Februar

und März zu deutlichen Grundwasserstandsanstiegen geführt. Negative Abweichungen gab es in den Monaten April, Mai, Juli, August und September. Die negativen Sickerwasserraten waren auf Verdunstungsverluste durch kapillaren Aufstieg (Grundwasserzehrung) zurückzuführen. Mit dem Januar und den Monaten April bis Dezember fiel die Sickerwasserrate in insgesamt 10 Monaten unterdurchschnittlich aus, was schließlich zu der niedrigen Grundwasserneubildungsrate im Kalenderjahr 2020 führte.

Die Jahreswerte unterliegen extremen Schwankungen, der Schwankungsbereich beträgt mehr als 200 mm. Für die Grundwasserneubildung ist über den gesamten Betrachtungszeitraum (1951–2020) kein einheitlicher Trend erkennbar. Auffällig ist, dass die bis zum Jahr 2003 zu beobachtende extreme jährliche Variabilität ab dem Jahr 2003 deutlich weniger ausgeprägt ist und die jährliche Grundwasserneubildung meist unterhalb des langjährigen Mittelwertes liegt. Ausgeprägte grundwasserneubildungsreiche Nassjahre wurden in Hessen seit 2003 nicht mehr beobachtet. Das Jahr 2020 hat den Trend der letzten Jahre zu niedrigeren Grundwasserneubildungsraten fortgesetzt.

Infolge der Trockenheit und der daraus resultierenden niedrigen Grundwasserneubildung im Jahr 2020 sind die Grundwasserstände im Verlauf des Jahres vielerorts gesunken und die Quellschüttungen deutlich zurückgegangen (vergl. Kapitel 4.2).



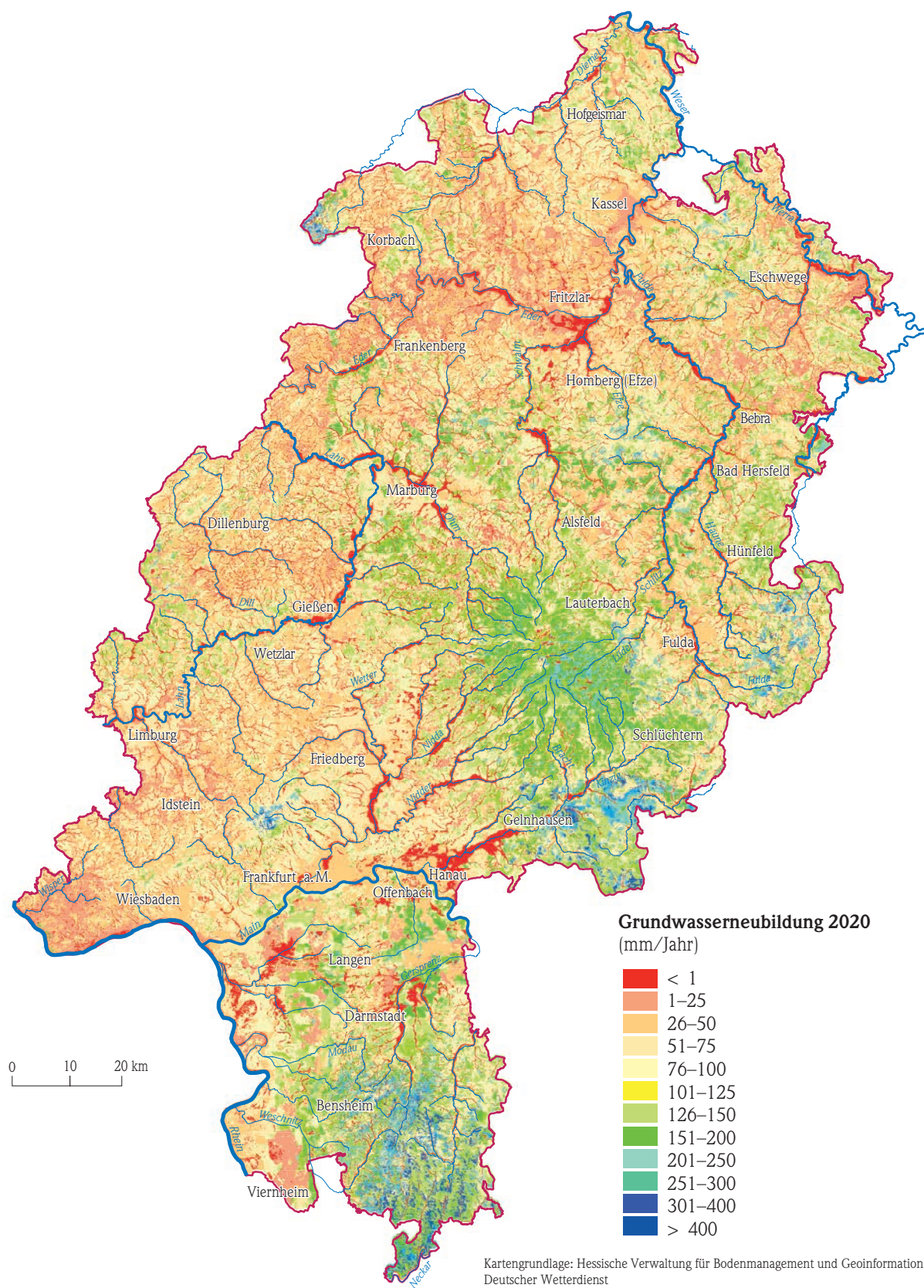


Abb. 72: Flächenhafte Darstellung der Jahressumme der Grundwasserneubildung aus Niederschlag für das Jahr 2020

## 4.2 Grundwasserstände und Quellschüttungen

MARIO HERGESELL

### Grundwassermessnetz, Zielsetzung und Aufgabe

Das Grundwasser ist Teil des Wasserkreislaufs. Die Schwankungen der Grundwasserstände und der Quellschüttungen sind ein sicht- und messbarer Ausdruck für die Vorratsänderungen in den Grundwasserstockwerken. Im Rahmen des Landesgrundwasserdienstes wird ein flächendeckendes Messnetz (Abbildung 73) unterhalten, das für Grundwasserstände und Quellschüttungen repräsentative 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.

Mit dem LGD-Viewer unter <http://lgd.hessen.de> können die folgenden Grundwasserinformationen zu allen Messstellen des Landesgrundwasserdienstes in Form von Daten und Grafiken recherchiert und eingesehen werden:

- Grundwasserstände
- Quellschüttungen
- Grundwasserbeschaffenheitsanalysen
- Stammdaten

### Ergebnisse 2020

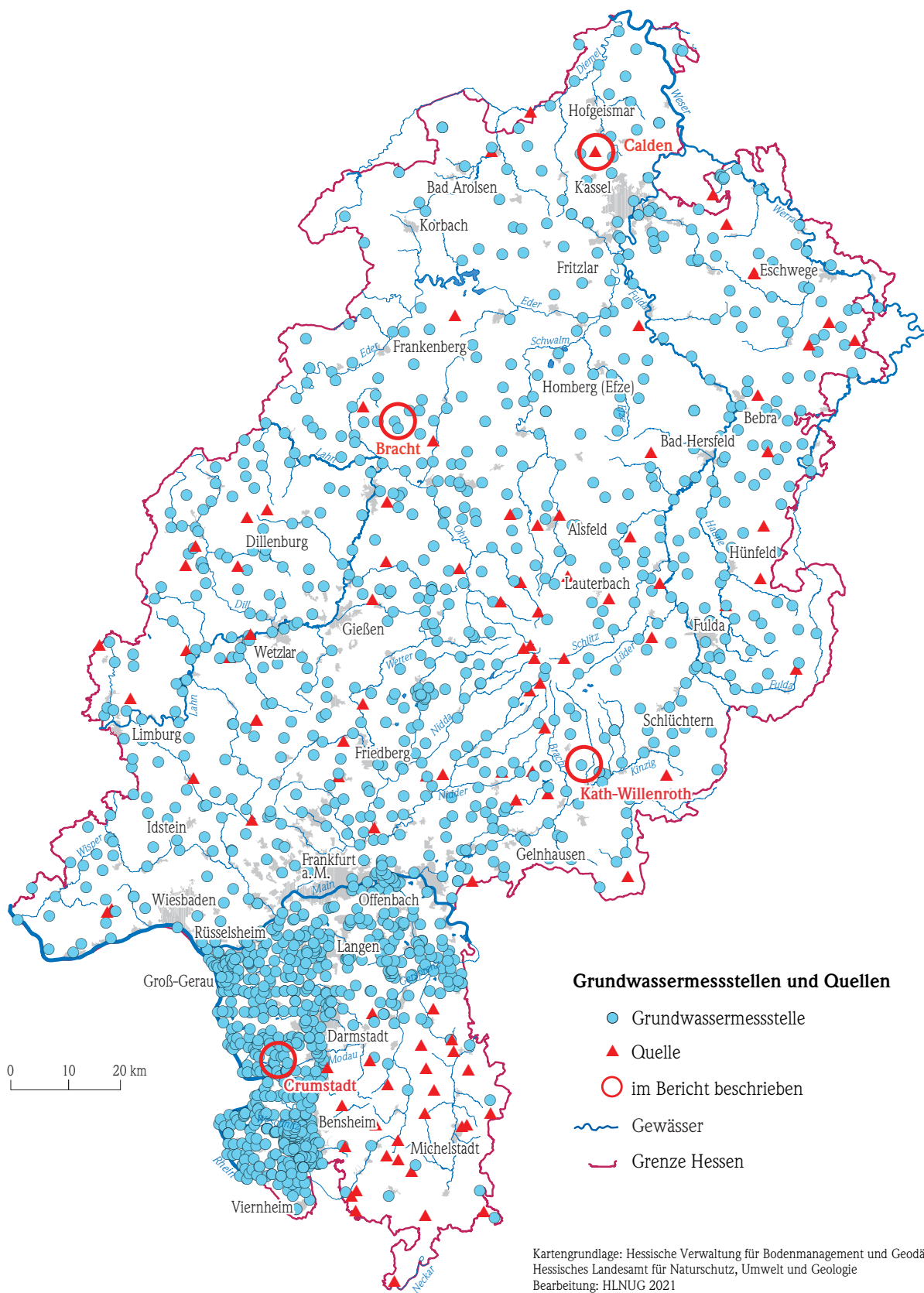
Die zeitliche Entwicklung der Grundwasserstände und Quellschüttungen wird als Gangliniengrafik dargestellt. Typische Ganglinien haben großräumig einen ähnlichen Verlauf, oft unabhängig von Art und Lage des Grundwasserleiters. Die Schwankungen sind im Wesentlichen geprägt durch die Höhe der Grundwasserneubildung (vergl. Kapitel 4.1) und die hydraulische Durchlässigkeit des Grundwasserleiters. Die Lagepunkte der Messstellen, deren

Messwerte als Ganglinien nachfolgend dargestellt werden, sind in der Übersichtskarte (Abbildung 73) mit roten Kreisen markiert. Zum Vergleich werden die Ganglinien des Jahres 2020 zusammen mit dem Verlauf von Jahren mit besonders niedrigen und hohen Grundwasserständen dargestellt (Abbildungen 74 bis 77).

Mit 660 mm Niederschlag fiel das Jahr 2020 gegenüber der Referenzperiode 1981–2010 rund 18 % zu trocken aus. Damit war es nach dem extrem zu trockenen Jahr 2018 (-29 %) und dem etwas zu trockenen Jahr 2019 (-10 %) das dritte zu trockene Jahr in Folge.

Durch die seit dem Dürrejahr 2018 andauernde Trockenheit sind die Grundwasserstände bis Ende des Jahres 2019 vielerorts deutlich zurückgegangen. Der extrem nasse Februar 2020 und der nasse Märzanfang hatten zunächst landesweit zu deutlichen Grundwasserstandsanstiegen geführt. Infolge der anschließenden Frühjahrstrockenheit konnten aber schon seit Ende März wieder zunehmend rückläufige Grundwasserhältnisse beobachtet werden. Auch wenn sich die Grundwasserhältnisse gegenüber der Situation im Herbst 2019 verbessert hatten, konnten die Defizite aus den Jahren 2018 und 2019 nicht ausgeglichen werden.

Am Ende des hydrologischen Winterhalbjahres 2019/2020 bewegten sich die Grundwasserstände in Hessen an fast der Hälfte der Messstellen auf einem unterdurchschnittlichen Niveau. Im Jahresvergleich lagen die Grundwasserstände an mehr als zwei Drittel der Messstellen auf einem höheren Niveau als Ende April 2019. Dadurch war die Ausgangssituation für das hydrologische Sommerhalbjahr 2020 etwas günstiger als im Jahr zuvor. Wegen der ungleichen Niederschlagsverteilung, der unterschiedlichen Gebieteigenschaften (z. B. hydraulische Durchlässigkeit, Speichervermögen und Tiefe des Grundwassers) und der daraus resultierenden unterschiedlichen Dynamik (Reaktionszeit) waren deutliche regionale Unterschiede zu beobachten.



**Abb. 73:** Messstellen zur Überwachung der Grundwasserstände und Quellschüttungen

Im Verlauf des hydrologischen Sommerhalbjahres sind die Grundwasserstände jahreszeitlich bedingt weiter gefallen. Üblicherweise findet die Regeneration der Grundwassersressourcen im hydrologischen Winterhalbjahr (November–April) statt und die Grundwasserstände beginnen durch die einsetzende Grundwasserneubildung zu steigen. Jedoch fiel der November als erster Monat des hydrologischen Winterhalbjahres 2020/2021 erheblich zu trocken (-71 %) aus. Die leicht unterdurchschnittlichen Niederschläge im Dezember fielen überwiegend im letzten Monatsdrittel.

Landesweit konnten am Jahresende zwar an knapp der Hälfte der Grundwassermessstellen Entspannungssignale verzeichnet werden, eine für diese Jahreszeit zu erwartende deutliche Erholung blieb aber aus.

Ende des Jahres bewegten sich die Grundwasserstände in Hessen an fast drei Viertel der Messstellen auf einem unterdurchschnittlichen Niveau. Im Jahresvergleich lagen die Grundwasserstände Ende Dezember vielerorts auf einem etwas niedrigeren Niveau als im Dezember 2019. Die Defizite im Grundwasser waren immer noch zum großen Teil auf das hohe und bisher nicht ausgeglichene Niederschlagsdefizit des extrem trockenen Jahres 2018 zurückzuführen.

Als Folgewirkung der niedrigen Grundwasserstände und geringen Quellschüttungen kam es vereinzelt in Mittelgebirgsregionen, in denen die Trinkwasserversorgung mancherorts ausschließlich auf Quellen und flachen Brunnen beruht und gleichzeitig kein Anschluss an die überörtliche Wasserversorgung besteht, zu lokalen Versorgungsengpässen mit Trinkwasser. Die lokalen Versorgungsprobleme waren in erster Linie dem stark angestiegenen Spitzenwasserbedarf und der daraus resultierenden Überlastung der Wasserversorgungsinfrastruktur geschuldet. Neben der Hitze hat im Jahr 2020 auch die Corona-Pandemie zu einem erhöhten Wasserverbrauch beigetragen. Durch Homeoffice und Heimaturlaub verbrachten die Menschen mehr Zeit zu Hause. Häufigeres Duschen, Händewaschen und Spülen der Toilette, das Befüllen von Pools und das Bewässern der Gärten ließen den Trinkwasserverbrauch in den privaten Haushalten ansteigen.

Die Schüttung der Quelle Calden nördlich von Kassel (Abbildung 74) bewegte sich zu Beginn des Jahres

2020 unterhalb des sehr niedrigen Niveaus des Jahres 1996. Die ergiebigen Niederschläge im Januar und Februar ließen die Schüttung bis März deutlich ansteigen. Mitte März lagen diese sogar kurzzeitig oberhalb der sehr hohen Schüttungen des Jahres 1994. Infolge der ausgeprägten Frühjahrstrockenheit nahm die Quellschüttung von Ende März bis Anfang Juni wieder ab, bevor die überdurchschnittlichen Niederschläge im Juni noch mal für einen kurzen Anstieg auf ein hohes Niveau sorgten. Von Mitte Juni bis Mitte August nahm die Schüttung dann wieder der Jahreszeit entsprechend ab, sie bewegten sich aber immer noch auf einem überdurchschnittlichen Niveau. Für Mitte August bis Mitte November lagen keine Beobachtungsdaten vor. In dieser Zeit, die durch ein großes Niederschlagsdefizit geprägt war, ist die Schüttung unterhalb des sehr niedrigen Niveaus des Jahres 1996 gefallen. In der zweiten Novemberhälfte und Anfang Dezember konnten wieder zunehmende Quellschüttungen beobachtet werden.

Die Grundwasserstandsganglinie der Messstelle Bracht im Burgwald (Abbildung 75) zeigt langfristig einen ausgeglichenen jahreszeitlichen Verlauf, der von Trocken- und Nassperioden überprägt ist. An dieser Messstelle bewegte sich der Grundwasserstand zu Beginn des Jahres 2020 deutlich unterhalb der Niedriggrundwasserstände des Jahres 1977. Der moderate Anstieg von Februar bis Mitte April sorgte dafür, dass das Grundwasserstandsniveau kurzzeitig oberhalb der Niedriggrundwasserstände des Jahres 1977 lag. Ab Mitte April ist der Grundwasserstand hier durchgängig bis zum Jahresende auf ein sehr niedriges Niveau unterhalb der Niedriggrundwasserstände aus dem Jahr 1977 gefallen.

Die Grundwasserstände der Messstelle Katholisch-Willenroth im Büdinger Wald (Abbildung 76) lagen zu Beginn des Jahres 2020 oberhalb der Niedriggrundwasserstände aus dem Jahr 1977. Von Januar bis Anfang März stiegen die Grundwasserstände deutlich auf mittlere Höhen an. Infolge der langandauernden Trockenheit fielen die Grundwasserstände in der Folgezeit auch hier kontinuierlich bis Ende Jahres auf ein sehr niedriges Niveau, welches unterhalb der Niedriggrundwasserstände aus dem Jahr 1977 lag.

Die langjährige Grundwasserstandsganglinie der Messstelle Crumstadt im Hessischen Ried (Abbildung 77) zeigt Anfang der 1970er Jahre ein starkes

Absinken, welches auf hohe Grundwasserentnahmen und eine zeitgleiche Trockenperiode zurückzuführen ist. Durch Anreicherung des Grundwassers mit aufbereitetem Wasser aus dem Rhein und einer etwas erhöhten Grundwasserneubildung stieg die Grundwasser Oberfläche in den 1990er Jahren wieder auf ein höheres Niveau.

Zum Jahresbeginn 2020 befand sich der Grundwasserstand auf leicht überdurchschnittlichen Höhen und stieg leicht bis Ende März an. Ab Mitte Mai fiel der Grundwasserstand kontinuierlich und erreichte gegen Jahresende in etwa das Niveau vom Jahresbeginn.

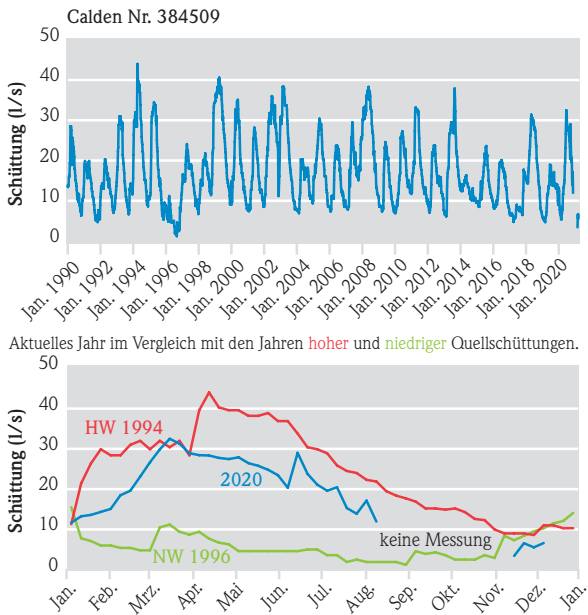


Abb. 74: Schüttungsganglinie der Quelle Calden

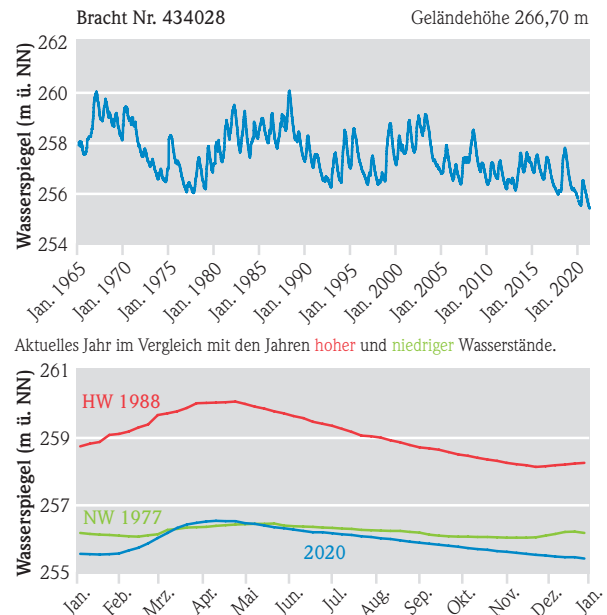


Abb. 75: Grundwasserstandsganglinie der Messstelle Bracht

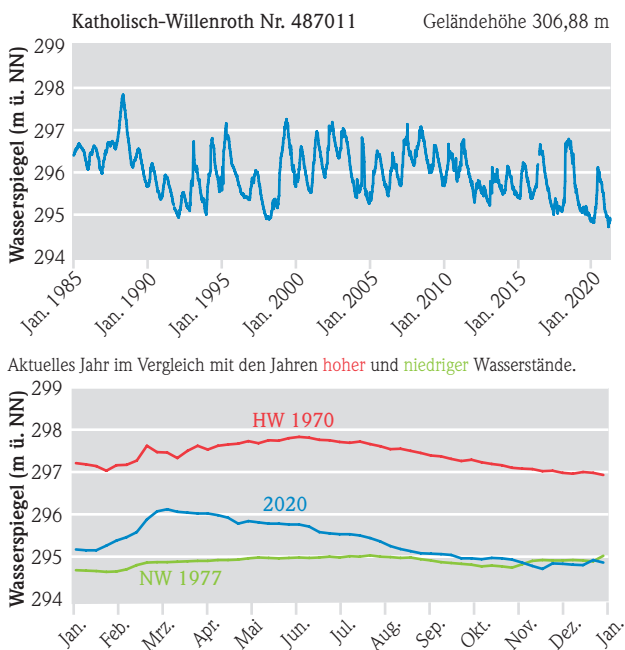


Abb. 76: Grundwasserstandsganglinie der Messstelle Katholisch-Willenroth

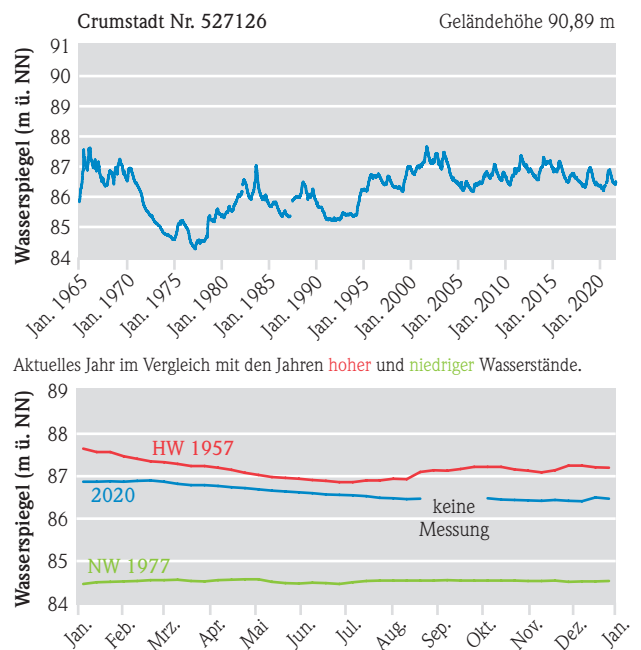


Abb. 77: Grundwasserstandsganglinie der Messstelle Crumstadt

## 4.3 Grundwasserbeschaffenheit - Pflanzenschutzmittelwirkstoffe und ihre relevanten bzw. nicht relevanten Metaboliten

DR. GEORG BERTHOLD, HARALD RÜCKERT

### Grundwasserbeschaffenheitsmessnetz, Zielsetzung und Aufgabe

In Hessen ist das Grundwasser die wichtigste Ressource für die Trinkwasserversorgung. Deshalb kommt der Überwachung der Grundwasserbeschaffenheit eine sehr hohe Bedeutung zu.

Diese Überwachung basiert in Hessen auf zwei Messnetzen mit unterschiedlichen Schwerpunkten. Zum einen handelt es sich hierbei um das Grundwassermessnetz des Landesgrundwasserdienstes, bei dem das Wasser von ca. 350 Messstellen überwiegend die natürliche Grundwasserbeschaffenheit der unterschiedlichen hydrogeologischen Räume von Hessen beschreibt. Zum anderen gibt es das Rohwassermessnetz, in dem auf der Basis der Rohwasseruntersuchungsverordnung die Wasserversorgungsunternehmen gehalten sind, in ihren Gewinnungsanlagen gewonnenes Rohwasser auf bestimmte Inhaltsstoffe zu untersuchen (ca. 3500 Messstellen). Unter Rohwasser versteht man Grundwasser, welches zur Trinkwassergewinnung genutzt wird. Untersucht wird das Grundwasser auf Nitrat, Sulfat, Gesamthärte, Chlorid, Coliforme Keime, Escherichia coli, Arzneimittelrückstände, Pflanzenschutzmittelrückstände u. v. m.

Beide Messnetze, sowohl das Grundwasser- als auch das Rohwassermessnetz (Abbildung 78), liefern einen umfangreichen Datenpool hinsichtlich der Grundwasserbeschaffenheit, der vom Hessischen Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) zentral gesammelt und bewertet wird. Im Fachinformationssystem Grundwasser- und Trinkwasserschutz Hessen (GruSchu; <http://gruschu.hessen.de>) werden die Daten des Landesgrundwassermessnetzes bereitgestellt. Im Grundwasserbeschaffenheitsbericht 2017 (Grundwasser in Hessen, Heft 3) werden zahlreiche anorganische Parameter, wie beispielsweise Nitrat, organische Wasserinhaltsstoffe (Pflanzenschutzmittelwirkstoffe, Arzneimit-

telrückstände, andere Chemikalien) sowie mikrobiologische Parameter im hessischen Grundwasser eingehend dargestellt (<https://www.hlnug.de/themen/wasser/grundwasser/grundwasserbeschaffenheit.html>).

### Pflanzenschutzmittelwirkstoffe

Pflanzenschutzmittelwirkstoffe (PSM) sind in den letzten Jahren verstärkt in den Fokus von Öffentlichkeit und Politik gerückt. Erst kürzlich verursachte das umstrittene Gesetzespaket zum Insektenschutz in ganz Deutschland viele Protestaktionen der Landwirte, während seitens des Umweltschutzes das Gesetzespaket begrüßt wurde. Einigkeit besteht jedoch darin, dass der Einsatz von PSM soweit wie möglich minimiert werden muss. In der Ackerbaustrategie der deutschen Landwirtschaft (ZDL, 2018) wird deshalb auf alternative Methoden zur Reduzierung der Risiken durch den PSM-Einsatz, Optimierung der Ausbringungstechniken von Pflanzenschutzmitteln u. a. eingegangen. Dabei gewinnen, neben den relevanten Metaboliten von PSM, die sogenannten nicht relevanten Metaboliten immer mehr an Bedeutung.

Im Mai 2020 veröffentlichte das Umweltbundesamt (UBA) Gesundheitliche Orientierungswerte (GOW) für nicht relevante Metaboliten (nrM) von Wirkstoffen aus Pflanzenschutzmitteln. Bereits 8 Bundesländer folgten der LAWA-Empfehlung, die nrM bei der Einstufung des chemischen Zustands zu berücksichtigen.

### Pflanzenschutzmittelabsatz in Deutschland

Gemäß Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL, 2020) sind Hersteller und Vertreiber von Pflanzenschutzmitteln nach § 64 des Pflanzenschutzgesetzes verpflichtet, dem BVL jährlich die Mengen der Pflanzenschutzmittel und

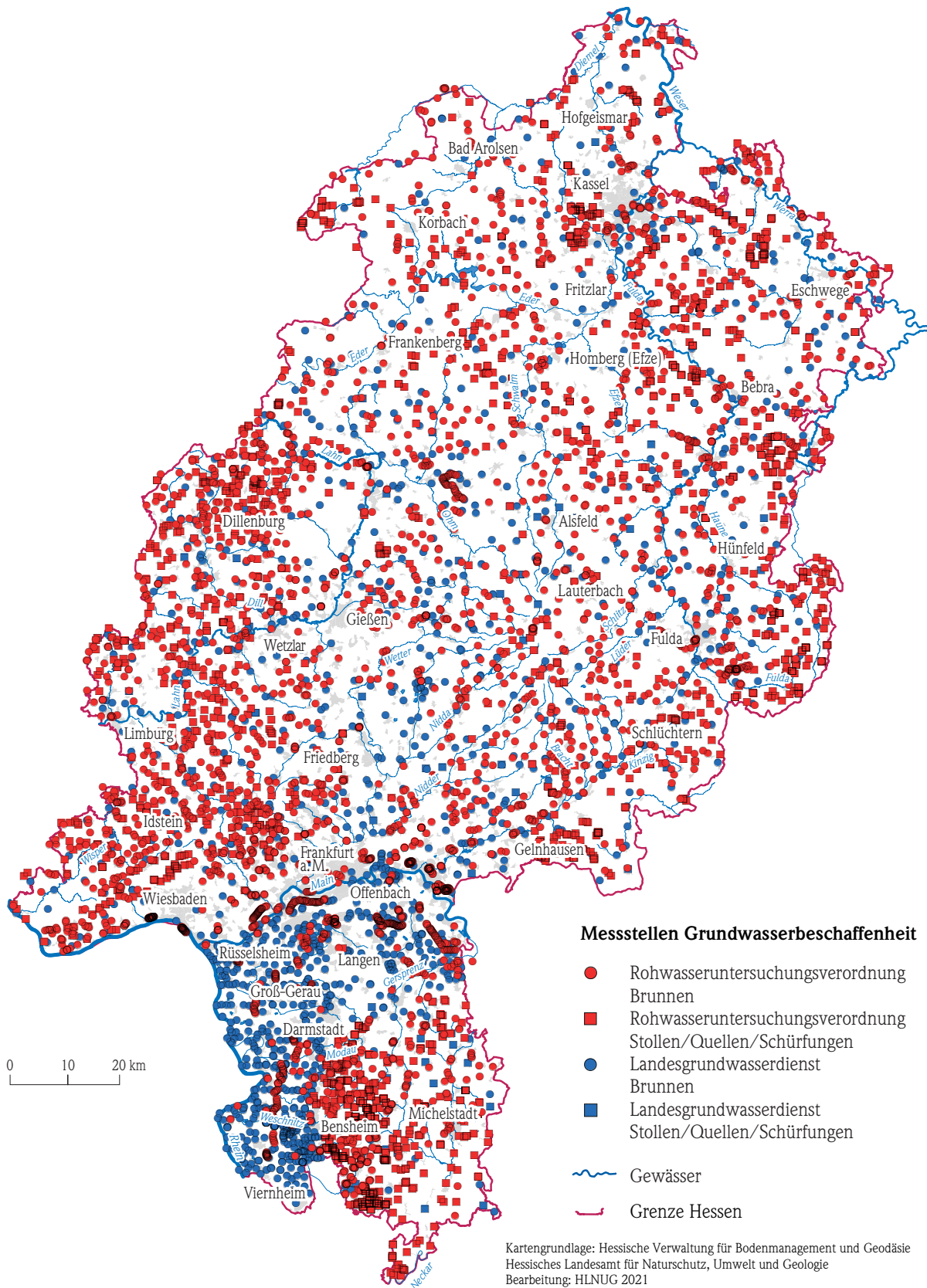


Abb. 78: Messstellen zur Überwachung der Grundwasserbeschaffenheit

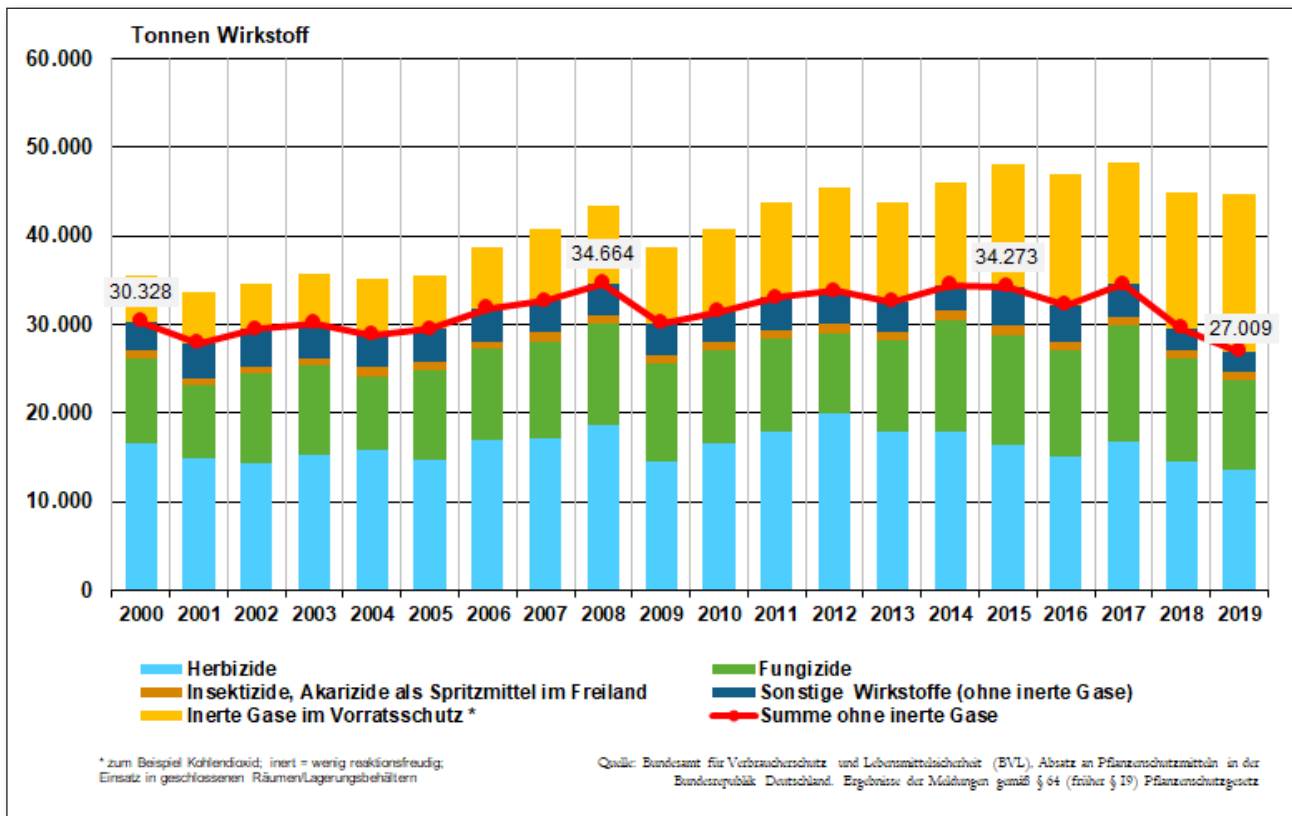


Abb. 79: Inlandsabsatz einzelner Wirkstoffgruppen in Pflanzenschutzmitteln (bearbeitet)

darin enthaltenen Wirkstoffe zu melden, die im Inland abgegeben oder ausgeführt wurden. Das BVL stellt jährlich diese Daten in einem Bericht „Absatz an Pflanzenschutzmitteln in der Bundesrepublik Deutschland“ zusammen.

Aus Abbildung 79 wird ersichtlich, dass der Absatz von Pflanzenschutzmitteln in Deutschland im Zeitraum 2000–2017 meist zwischen 30 000 und 34 000 Tonnen (t) Wirkstoff (ohne Berücksichtigung der im Vorratsschutz eingesetzten inerten Gase) lag. Für die Jahre 2018 und 2019 werden geringere Absatzmengen von Pflanzenschutzmitteln in Deutschland ausgewiesen. Im Jahr 2019 lag er bei rund 27 000 t Wirkstoff. Die Gruppe der Herbizide stellt mit rund 15 000 t den größten Anteil an den abgegebenen Pflanzenschutzmitteln. Somit müssen vor allem die herbiziden Wirkstoffe weiter aufmerksam beobachtet werden, zumal in den Grundwässern überwiegend Herbizidrückstände nachgewiesen werden.

Die Fungizide stellen die zweitstärkste Gruppe mit rund 10 000–12 000 t dar. Der Inlandsabsatz an Insektiziden beträgt rund 1 000 t. Etwa 6 % der In-

landsabsätze gehen an sogenannte „nicht berufliche Verwender“ und 94 % werden von den beruflichen Verwendern eingesetzt. Nach Berechnungen des Umweltbundesamts ergibt sich für die deutsche Landwirtschaft ein durchschnittlicher jährlicher Einsatz von 8,8 Kilogramm (kg) Pflanzenschutzmitteln beziehungsweise 2,8 kg Wirkstoff je Hektar Anbaufläche (Berechnung für 2015 ohne inerte Gase, bei ca. 12,1 Millionen Hektar Ackerland und Dauerkulturen) [1].

Das BVL (Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit) und das Bundeslandwirtschaftsministerium (BMEL) führen diesen Absatzrückgang vor allem auf die geringere Nachfrage nach Herbiziden und Fungiziden zurück und hoben angesichts der Vorstellung des Berichts den Rückgang bei Pflanzenschutzmitteln mit dem Wirkstoff Glyphosat um 11,3 % hervor.

Demgegenüber verweist der Bund Ökologische Lebensmittelwirtschaft (BÖLW) darauf, dass auf Bio-Flächen so gut wie keine Pflanzenschutzmittel eingesetzt würden, sodass pro Hektar Fläche sogar mehr Pflanzenschutzmittel auf deutschen Äckern



ausgebracht würden. Denn die landwirtschaftlich genutzte Fläche, auf der Pflanzenschutzmittel eingesetzt werden dürfen, habe in den vergangenen 20 Jahren stark abgenommen. Grund dafür sei vor allem, dass der Ökolandbau heute mit 1,6 Millionen Hektar fast 10 % der deutschen Landwirtschaftsfläche einnehme – 8,5 % mehr als noch 1995. Nach Ansicht des BÖLW deuten die gesunkenen Absatzzahlen nicht auf ein verändertes Umweltbewusstsein oder einen präziseren Einsatz von Pflanzenschutzmitteln hin. Sie seien vielmehr der trockenen Witterung der letzten Jahre geschuldet [2].

Dem Umweltbundesamt (UBA) zufolge fällt außerdem ins Gewicht, dass die landwirtschaftlich genutzte Fläche in Deutschland in den letzten 25 Jahren insgesamt abgenommen hat – seit 1995 um rund 565 000 Hektar. Entscheidend für eine Bewertung des Pflanzenschutzmitteleinsatzes aus ökologischer Sicht ist, laut UBA, aber weniger die ausgebrachte Menge, als vielmehr die Wirkungsintensität oder die Wirkungsäquivalente. Die alleinige Festsetzung von mengenbezogenen Minderungszielen für alle Pflanzenschutzmittel sei nicht ausreichend, denn moderne hochwirksame Pflanzenschutzmittel könnten „aus ökotoxikologischer Sicht trotz geringerer Dosierung das gleiche Gefährdungspotenzial wie ältere Mittel in hoher Dosierung aufweisen“ [1].

## Metabolite bzw. nicht relevante Metabolite:

Metaboliten sind Abbauprodukte eines Pflanzenschutzmittelwirkstoffs. Sie werden entweder in Organismen oder in der Umwelt gebildet. Die Metabolite werden in relevante und nicht relevante Metabolite unterschieden.

Ein Metabolit ist **relevant**, wenn er:

- eine mit dem Wirkstoff vergleichbare Wirksamkeit aufweist, oder
- ein mit dem Wirkstoff vergleichbares Risiko für Organismen oder für die Umwelt darstellt, oder
- toxikologische Eigenschaften hat, die als problematisch angesehen werden (z. B. ist er genotoxisch oder als toxisch oder sehr toxisch eingestuft).

Ein Metabolit wird als **nicht-relevant** definiert, wenn er:

- deutlich weniger biologisch aktiv ist als der Wirkstoff selbst, und
- nicht genotoxisch ist, und
- nicht als toxisch oder sehr toxisch eingestuft ist, und
- kein Metabolit von Wirkstoffen ist, die nach dem aktuellen Wissensstand selbst als krebserregend klassifiziert wurden.

Dem Begriff „nicht relevant“ ist nicht zu entnehmen, dass diese Stoffe für das Grundwasser ohne Bedeutung sind.

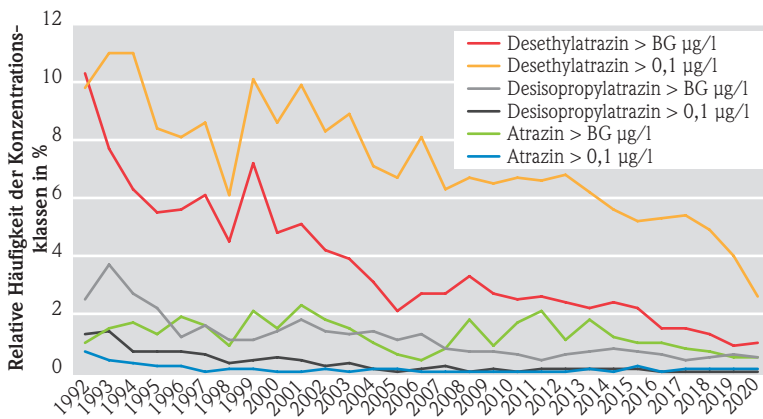
## Untersuchungsergebnisse ausgewählter PSM und relevanter bzw. nicht relevanter Metaboliten

Der Wirkstoff Atrazin und dessen Hauptabbauprodukte sind, trotz des seit 1991 geltenden Anwendungsverbotes für Atrazin, nach wie vor die Substanzen, die am häufigsten und auch in hohen Konzentrationen im Grundwasser nachgewiesen werden. Die Abbildung 80 zeigt die zeitliche Entwicklung von Atrazin und seine relevanten Metaboliten sowie deren prozentuale Fundhäufigkeit nach Konzentrationsklassen. Atrazin und dessen Metaboliten sind auch nach drei Jahrzehnten noch immer im Grundwasser nachweisbar, auch wenn die absoluten Konzentrationen und Nachweishäufigkeiten merklich zurückgegangen sind.

Diese Verbindungen nehmen bis heute die Spitzenplätze unter den PSM-Wirkstoffen, die in den Grundwässern gefunden werden, ein.

Die räumliche Verteilung von Pflanzenschutzmittelrückständen wird in Abbildung 81 wiedergegeben.

Es wird ersichtlich, dass sich Schwellenwertüberschreitungen bezüglich der PSM und deren relevanten Metaboliten vornehmlich auf den südhessischen Raum konzentrieren. Gleichfalls ist festzuhalten, dass die überwiegende Mehrheit der Schwellenwertüberschreitungen sowie der PSM-Befunde > Bestimmungsgrenze (BG) auf die landwirtschaftliche Nutzung zurückzuführen sind. Fast alle



**Abb. 80:** Zeitliche Entwicklung der relativen Häufigkeiten von Atrazin und dessen relevante Metaboliten Desethylatrazin und Desisopropylatrazin

Grundwässer, die PSM-Belastungen zeigen, weisen eine landwirtschaftliche Nutzung in ihren Zustromgebieten auf. Vor allem in den landwirtschaftlich intensiv bewirtschafteten Ackerbau- bzw. Sonder-

kulturregionen kommt es zu einer Häufung von Pflanzenschutzmittelfunden. In den Mittelgebirgsregionen, in denen der Ackeranteil geringer und der Grünlandanteil höher ist, werden dagegen nur punktuell Schwellenwertüberschreitungen angetroffen.

In rund 7 % aller Grundwässer werden Rückstände von PSM-Wirkstoffen gefunden, wobei nur in rund 2 % der Grundwässer der Schwellenwert für PSM-Wirkstoffe und deren relevanten Metaboliten überschritten werden.

Die Tabelle 11 enthält einige Rahmenseiteninformationen zu den erwähnten nrM, die in hessischen Grundwässern in merklichen Konzentrationen nachgewiesen werden.

**Tab. 11:** Informationen zu ausgewählten nicht relevanten Metaboliten

Nicht relevante Metaboliten				
Wirkstoff	Wirkbereich	(Haupt-) Kulturen	Metabolit	GOW (µg/l)
Chloridazon	Herbizid	Rüben, Gemüse	B (Desphenylchloridazon)	3
			B1 (Methylphenylchloridazon)	3
Flufenacet	Herbizid	Gemüse, Getreide, Mais, Kartoffeln	M2 / FOE (Flufenacetsulfonsäure)	1
			TFA (Trifluoressigsäure)	3
Flurtamone	Herbizid	Getreide	TFA (Trifluoressigsäure)	3
			TFMBA (Trifluormethylbenzoesäure)	–
Metazachlor	Herbizid	Gemüse, Raps, Rüben, Senf	BH 479-4 (Metazachlorsäure)	3
			BH 479-8 (Metazachlorsulfonsäure)	3
S-Metolachlor/ Metolachlor	Herbizid	Mais	CGA 351916/ CGA 51202 (S-Metolachlorsäure/Metolachlorsäure)	3
			CGA 380168/CGA 354743 (S-Metolachlorsulfonsäure/ Metolachlorsulfonsäure)	3
Tolyfluanid	Fungizid	Gemüse, Wein, Obst, Zierpflanzen (ohne Zulassung)	N,N-Dimethylsulfamid (MS)	1

Wie aus der Tabelle 11 hervorgeht, handelt es sich bei den Ausgangswirkstoffen bis auf das Fungizid Tolyfluanid um Herbizide. Die Gesundheitliche Orientierungswerte liegen mit Ausnahme von N,N-Dimethylsulfamid bei 3 µg/l.

In der Abbildung 82 werden die Rückstände anhand der Summe von ausgewählten nrM in den hessischen Grundwässern illustriert.

Aus Abbildung 82 wird deutlich, dass sich die Datenmenge von rund 2500 auf rund 400 Grundwässer deutlich verringert hat und damit verringert sich ebenfalls die Flächenpräsenz von Messwerten.

Diese Reduktion der Datengrundlage ist der Tatsache geschuldet, dass die Parameterliste, die in die Jahre gekommen Rohwasseruntersuchungsverordnung, keine nrM enthält. Die nrM werden daher nur im landeseigenen Messnetz erfasst, das gut 400 Mess-

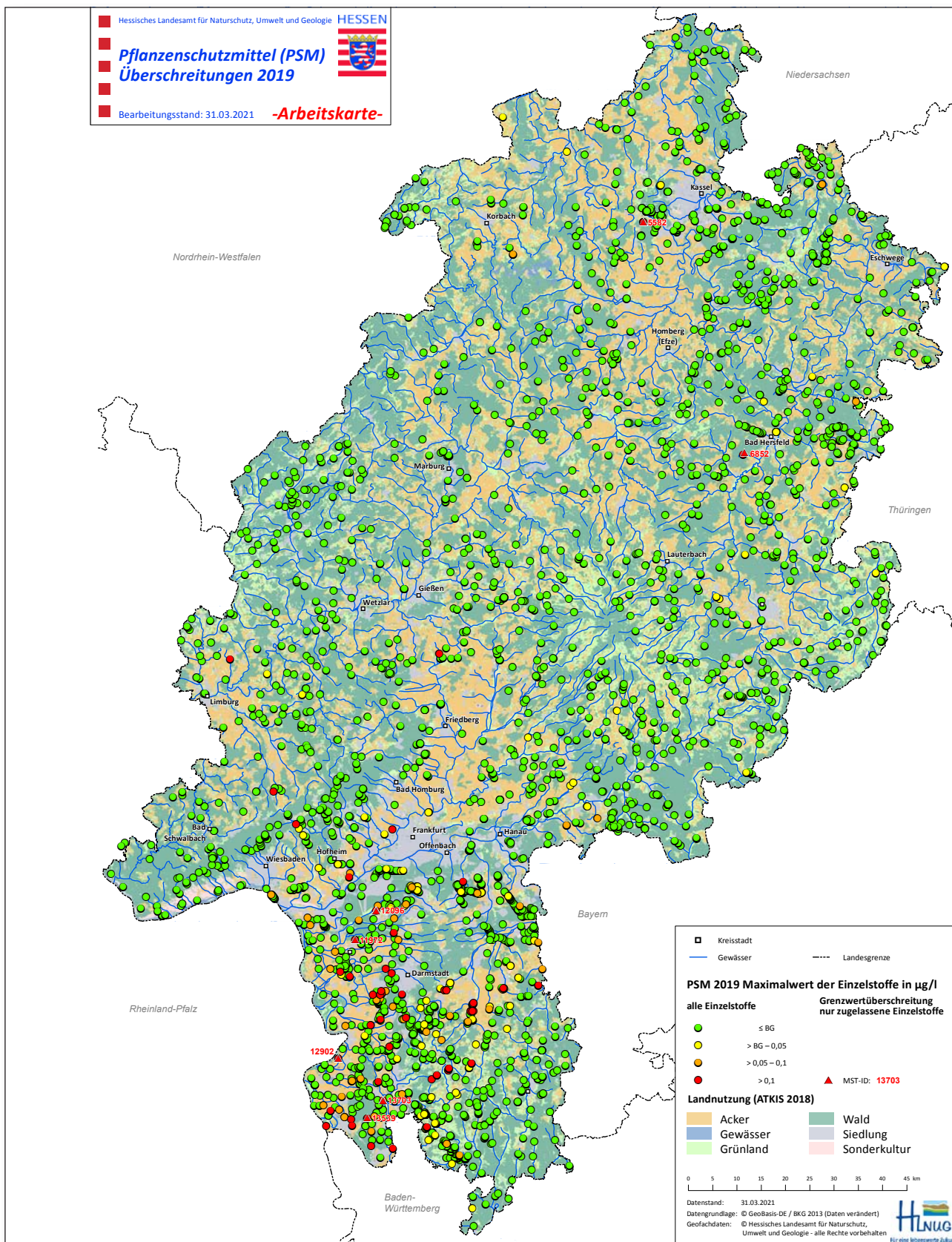
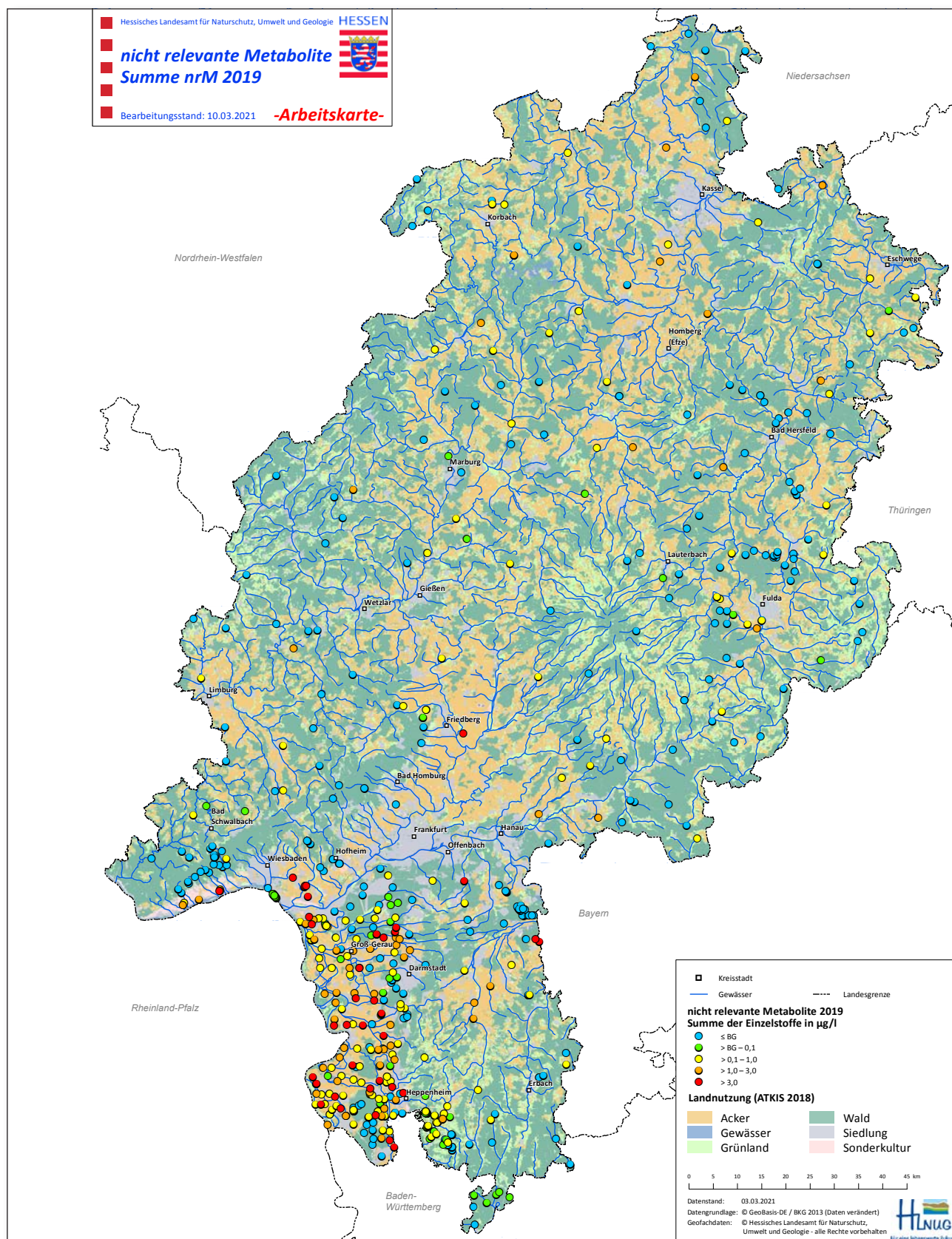


Abb. 81: Rückstände von PSM und deren relevanten Metaboliten für das Jahr 2019



**Abb. 82:** Summe der nrM für das Jahr 2019 (Desphenyl-Chloridazon, Methyl-Desphenyl-Chloridazon, Metolachlorsulfonsäure, Metazachlorsulfonsäure sowie N,N-Dimethylsulfamid)

stellen umfasst. Eine Aktualisierung der Parameterliste der Rohwasseruntersuchungsverordnung und damit die Aufnahme von nrM in diese Parameterliste wäre daher dringend geboten, auch weil es nach der Grundwasserverordnung eine Dokumentationspflicht gibt.

Gleichfalls wird deutlich, dass der Anteil an Grundwässern, die Rückstände von nrM aufweisen, wesentlich höher ist, als dies für Pflanzenschutzmittelwirkstoffe und deren Metaboliten der Fall ist. Da es für nrM derzeit (noch) keine Schwellenwerte gibt, wurde vom Umweltbundesamt empfohlen, die Gesundheitlichen Orientierungswerte (GOW) für eine Eingruppierung heranzuziehen.

In nahezu der Hälfte aller Grundwässer werden Rückstände von nrM nachgewiesen. Schwerpunkt der Positivbefunde ist wiederum der südhessische Bereich. Positive nrM-Funde liegen fast ausschließlich in landwirtschaftlich genutzten Arealen. Dazu zählen das Hessische Ried, der Rheingau und die Wetterau. In der Wetterau sind jedoch nur wenig Grundwassermessstellen des Landesgrundwasserdienstes vorhanden.

Dies belegt, dass die Funde von nrM maßgeblich auf Pflanzenschutzmittelanwendung zurückzuführen sind. Tolyfluanid wurde in der Vergangenheit auch als Biozid (Holzschutzmittel) eingesetzt. Rückstände von N,N-Dimethylsulfamid werden jedoch nur in Sonderkulturbereichen (z. B. Weinbau) gefunden. Ein weiterer Beleg, dass die nrM-Funde überwiegend auf Pflanzenschutzmittelanwendungen zurückzuführen sind.

Während jedoch bei den PSM-Wirkstoffen und relevanten Metaboliten in weiten Bereichen keine positiven Funde auftreten, gibt es diese Bereiche bei der Betrachtung der nrM nicht.

Hier ergibt sich ein eher flächenhaftes Verteilungsmuster. Dies bedeutet, dass in vielen Bereichen die PSM-Wirkstoffe und deren Metaboliten nicht nachgewiesen werden konnten bzw. können, ihre nrM sind jedoch nachweisbar.

Die nachfolgende Abbildung 83 zeigt den Verlauf der Metaboliten Desphenyl-Chloridazon des Rübenerbizids Chloridazon. Die Fundhäufigkeit ist im letzten Jahrzehnt leicht gestiegen und überschreitet auch immer wieder den Gesundheitlichen Orientierungswert (GOW) von 3 µg/l. Die Fundhäufigkeit dieses Metaboliten liegt mittlerweile bei 50 %, das heißt, in jeder zweiten untersuchten Grundwasserprobe kann Desphenyl-Chloridazon nachgewiesen werden.

Ebenfalls wird der nrM N,N-Dimethylsulfamid (DMS) häufig nachgewiesen. Es handelt sich um einen nrM des Insektizides Tolyfluanid, welches hauptsächlich im Weinbau angewendet wird. Die zeitliche Entwicklung wird in der Abbildung 84 dargestellt.

Die zeitliche Entwicklung von ausgewählten nrM (Abbildungen 83 und 84) macht deutlich, dass eine stagnierende bzw. eine leicht zunehmende Belastung der Grundwässer mit nrM vorliegt.

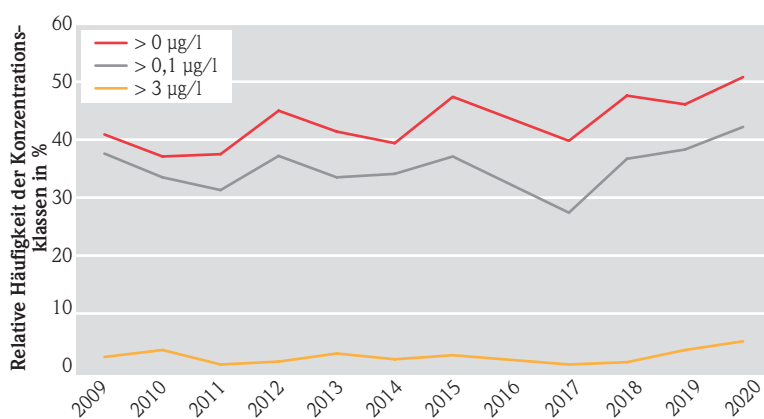


Abb. 83: Chloridazon Metabolit B (Desphenyl-Chloridazon)

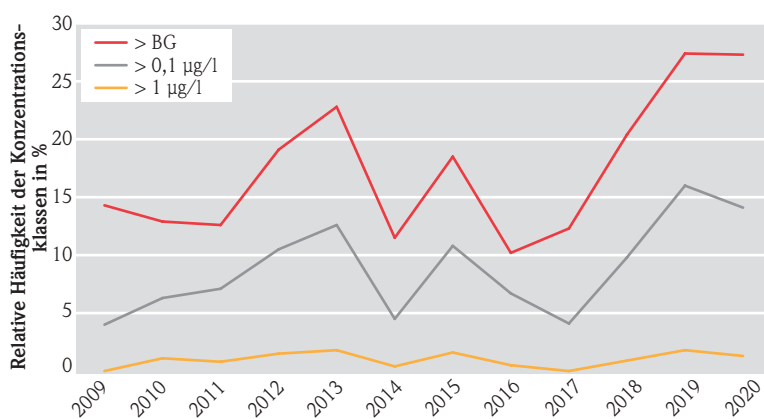


Abb. 84: Tolyfluanid Metabolit DMS (N,N-Dimethylsulfamid), GOW 1µg/l

## Fazit

Die Verbesserung der Situation bei den Pflanzenschutzmittelwirkstoffen und ihren relevanten Metaboliten ist hauptsächlich auf den Rückgang der Fundhäufigkeiten von seit langer Zeit nicht mehr zugelassenen Wirkstoffen, maßgeblich auf Atrazin und dessen Hauptabbauprodukt Desethylatrazin, zurückzuführen. Die Persistenz von schon seit langer Zeit verbotenen PSM-Wirkstoffen und deren relevanten Metaboliten, die bereits als „Altlasten“ bezeichnet werden können, stellt selbst nach drei Jahrzehnten ein Problem dar.

Bei annähernd jedem zweiten untersuchten Grundwasser werden Rückstände von nrM gefunden. Überschreitungen der GOW treten wesentlich häufiger auf als dies für Schwellenwertüberschreitungen von PSM-Wirkstoffen und deren Metaboliten der Fall ist.

Die hohe Fundhäufigkeit von nrM ergibt in ihrer Summe eine flächenhafte Beaufschlagung der Grundwässer.

Bei der aktuellen Bestandsaufnahme der WRRL (2021–2027) haben bereits die Hälfte der Bundesländer die nrM zur Einstufung der Grundwasserkörper bezüglich des chemischen Zustands herangezogen (auf Basis der GOWs). Dies hatte zur Folge, dass zusätzliche Grundwasserkörper einen schlechten chemischen Zustand hinsichtlich Pflanzenschutzmittelrückständen erhielten. Acht Bundesländer, darunter Hessen, haben diese nicht mit in die Bewertung einbezogen. Es ist anzunehmen, dass es in nächster Zeit zu einer bundesweiten Harmonisierung bezüglich der Berücksichtigung der nrM kommen wird.

## Literatur

[1] Umweltbundesamt: Pflanzenschutzmittelverwendung in der Landwirtschaft: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/land-forstwirtschaft/pflanzenschutzmittelverwendung-in-der#funde-von-pflanzenschutzmitteln-in-gewassern>.

[2] Umweltbundesamt: Wie entwickelt sich der Pflanzenschutzmitteleinsatz in Deutschland? <https://www.landwirtschaft.de/diskussion-und-dialog/umwelt/wie-entwickelt-sich-der-pflanzenschutzmitteleinsatz-in-deutschland>.

## 5 Aktualisierung des Bewirtschaftungsplans mit Maßnahmenprogramm 2021-2027 für die hessische Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL)

DR. CARINA ZANG

Die Wasserrahmenrichtlinie wurde am 23. Oktober 2000 vom europäischen Parlament und vom europäischen Rat beschlossen. Sie trat am 22. Dezember 2000 in Kraft. Die Richtlinie hat zum Ziel, den Gewässerschutz über nationale Grenzen hinweg nach einheitlichen Vorgaben durchzuführen. Die europäische WRRL verpflichtet ihre Mitgliedstaaten dazu, für jede Flussgebietseinheit oder für den in ihr Hoheitsgebiet fallenden Teil einer internationalen Flussgebietseinheit Bewirtschaftungspläne und Maßnahmenprogramme aufzustellen, die in 6-jährigen Perioden fortgeschrieben werden. Der hessische Bewirtschaftungsplan (BP) und das Maßnahmenprogramm (MP) fließen in die Bewirtschaftungspläne und Maßnahmenprogramme für die Flussgebiete Weser und Rhein ein und sind mit den Flussgebietsgemeinschaften (FGG) abgestimmt.

Die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich auf den vom 22.12.2020 bis 22.6.2021 offengelegten Entwurf des hessischen Bewirtschaftungsplans.

### Signifikante Belastungen der Gewässer

#### Oberflächengewässer

Zu den die Gewässer beeinträchtigenden Nutzungen/Belastungen zählen die gewässermorphologischen Belastungen, Abflussregulierungen/Querbauwerke, Wasserentnahmen, Schifffahrt, Wasserkraftnutzung, Hochwasserschutz und Landgewinnung sowie sonstige Nutzungen (z. B. Fischteiche sowie Freizeit und Erholung) und die allgemeine urbane Überprägung. Die Art der Landnutzung hat i. d. R. unmittelbare Auswirkungen auf die Gewässer und den Wasserhaushalt. Fast alle genannten Belastungen lassen sich auf strukturelle Defizite und stoffliche Belastungen durch unterschiedliche Landnutzungsformen zurückführen. Besonders die urbanen Flächen und die landwirtschaftliche Nutzflächen wirken sich negativ auf die Flora und Fauna der Gewässer aus. Zudem

erschwert die Nutzungskonkurrenz die Flächenbereitstellung am Gewässer, die für die Maßnahmenumsetzung eine wichtige Voraussetzung darstellt.

Hinsichtlich der stofflichen Belastungen haben die Ergebnisse der Gewässerüberwachung gezeigt, dass überwiegend die Einträge von Phosphor, Ammonium, Quecksilber und bromierten Diphenylethern (ubiquitäre Stoffe) den Gewässerzustand belasten. Zusätzliche Belastungen treten hauptsächlich durch Pflanzenschutzmittel, Biozide, Fluoranthen und perfluorierte Kohlenwasserstoffe auf. Daneben gibt es auch noch bei einigen Gewässern Belastungen durch Salze, Kupfer, Zink, Arsen (vorrangig geogen), PCB und Triclosan.

#### Grundwasser

Mengenmäßige Defizite liegen aktuell in hessischen Grundwasserkörpern (GWK) nicht vor.

Punktquellen mit potenzieller Grundwasserrelevanz können Altablagerungen, Altstandorte, schädliche Bodenveränderungen und Grundwasserschadensfälle sein. Für die WRRL sind nur Punktquellen mit einer Grundwasserrelevanz zu betrachten. Flächen, die Bodenverunreinigungen ohne Verunreinigung des Grundwassers aufweisen, bleiben in diesem Zusammenhang unberücksichtigt. Die WRRL hat hier das Ziel, Punktquellen zu ermitteln, an denen weitere Maßnahmen erforderlich sind, um die Ziele der WRRL zu erreichen. Die nach Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) durchgeführten Maßnahmen laufen unabhängig von der WRRL. Diese Punktquellen brauchen keinen zusätzlichen Impuls durch die WRRL und wurden deshalb auch nicht in der Meldung berücksichtigt.

Die diffusen Belastungen machen sich vor allem durch die über landwirtschaftliche Einträge von Stickstoff bedingten erhöhten Nitratwerte, aber auch durch erhöhte Konzentrationen von Ammonium und Sulfat sowie über Einträge von ortho-Phosphat und Pflanzenschutzmittelwirkstoffen bemerkbar.

## Gewässerüberwachung

### Oberflächengewässer

Der Untersuchungsumfang an den insgesamt 13 Überblicksüberwachungs-Messstellen umfasst die allgemeinen physikalisch-chemischen Qualitätskomponenten (ACP), die prioritären Stoffe der Anlage 8 der Oberflächengewässerverordnung (OGewV) und die flussgebietspezifischen Stoffe der Anlage 6 OGewV. An den 391 operativen Überwachungsmessstellen werden ACP sowie in Abhängigkeit von der Belastungssituation flussgebietspezifische Schadstoffe und die Stoffe der Anlage 8 OGewV gemessen. Zur Bewertung des ökologischen Zustands wurden Fauna und Flora an mehr als 2000 operativen Messstellen untersucht.

### Grundwasser

Für die mengenmäßige Überwachung des Grundwassers nach WRRL wurden aus den bestehenden rund 1300 Messstellen des Landesgrundwasserdienstes 99 repräsentative Messstellen ausgewählt. Die Überwachung des chemischen Zustands des Grundwassers erfolgt über insgesamt 437 Messstellen, von denen 260 Überblicksüberwachungsmessstellen und 177 operative Messstellen sind.

## Zustand der Gewässer

### Oberflächengewässer

Neben den biologischen Qualitätskomponenten (Phytoplankton, Makrophyten und Phytobenthos, benthische wirbellose Fauna und Fischfauna) werden zur Bewertung flussgebietspezifische Schadstoffe (Stoffe Anlage 6 OGewV) und unterstützend auch die ACP und die Hydromorphologie herangezogen.

Von 423 bewerteten Fließgewässerwasserkörpern befinden sich drei Wasserkörper in einem sehr guten, 44 Wasserkörper in einem guten, 97 in einem mäßigen, 169 in einem unbefriedigenden und 110 in einem schlechten ökologischen Zustand/Potenzial (Abbildung 85).

Von den Stoffen der Anlage 8 OGewV sind für die Beurteilung des chemischen Zustands der Fließgewässer folgende Stoffe oder Stoffgruppen relevant und Gegenstand der Überwachung: Schwermetalle (Cadmium, Blei, Nickel, Quecksilber), Tributylzinn-Verbindungen (Tributylzinnkation), polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), bromierte Diphenylether (BDE), Pflanzenschutzmittelwirkstoffe (Bifenox, Cypermethrin, Isoproturon und Terbutryn), Hexachlorcyclohexan (HCH), PFOS sowie Heptachlor und Heptachlorepoxyd.

Bedingt durch Stoffe, die persistent, bioakkumulierbar und toxisch (PBT) sowie ubiquitär (wegen flächendeckender UQN-Überschreitung von Quecksilber und BDE) sind, ist der chemische Zustand der Wasserkörper flächendeckend als nicht gut einzustufen. Ohne diese Stoffe können 368 Wasserkörper als gut bewertet werden (Abbildung 86).

### Seen und Talsperren

Drei von 11 bewerteten Seen/Talsperren erreichen den guten ökologischen Zustand bzw. das gute ökologische Potenzial (Borkener See, Mainflinger See, Twistetalsperre). Analog zu den Fließgewässern ist der chemische Zustand der Seen und Talsperren flächendeckend als nicht gut einzustufen. Ohne Berücksichtigung der ubiquitären Stoffe sind acht Seen und Talsperren in einem guten chemischen Zustand.

### Grundwasser

Zur Beurteilung der zeitlichen Entwicklung der Grundwasserstände wurde der Zeitraum 2000–2018 herangezogen. Die überwiegende Anzahl (78) der vorhandenen 99 WRRL-Überwachungsmessstellen weist keine gerichtete Tendenz hinsichtlich der Entwicklung ihrer Grundwasserstände auf. 12 Grundwasserganglinien zeigen eine fallende Tendenz, die auf die niederschlagsarmen Jahre im letzten Jahrzehnt zurückzuführen sind. Da die gewählten Grundwassermessstellen nicht durch Grundwasserentnahmen beeinflusst werden, sind die abnehmenden Grundwasserstände auf Witterungs- bzw. klimatische Effekte zurückzuführen.

Die Einzelfallbeurteilung hinsichtlich der Gegenüberstellung von tatsächlichen Entnahmemengen und der



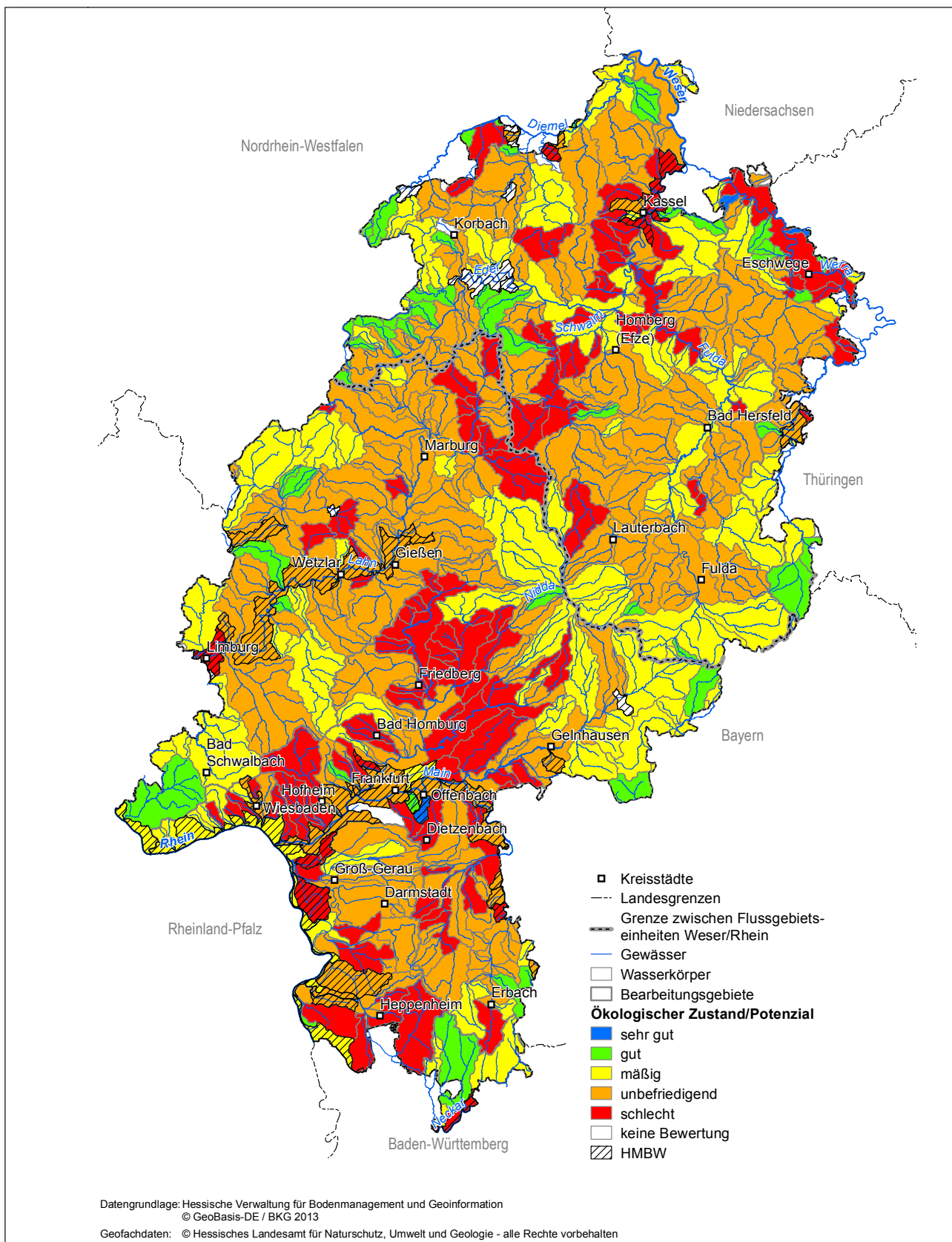
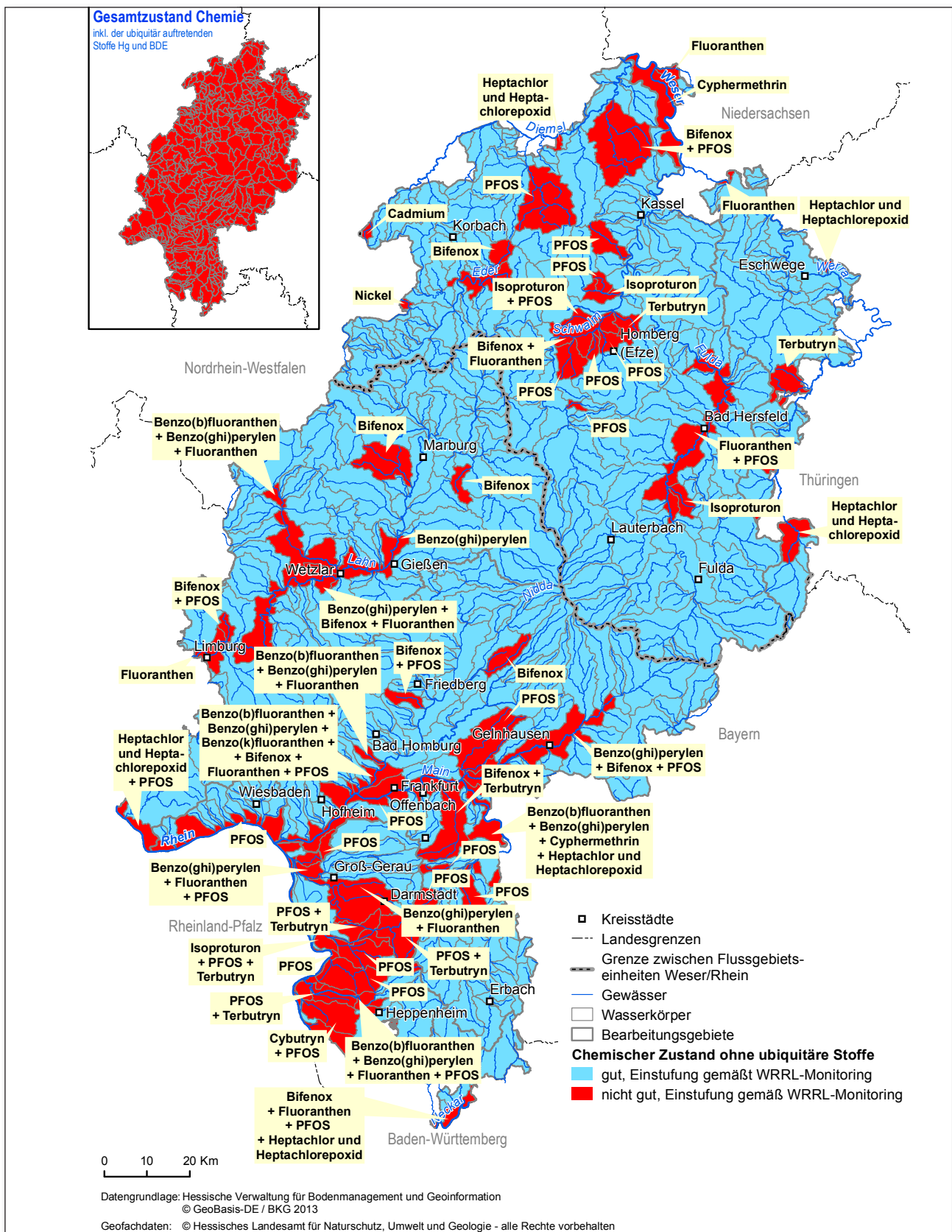


Abb. 85: Karte des ökologischen Zustands/Potenzials auf Basis der Monitoringdaten 2014–2019



**Abb. 86:** Karte des chemischen Zustands mit (kleine Karte oben links) und ohne ubiquitäre Stoffe auf Basis der Monitoringdaten 2015–2018

Grundwasserneubildung aus Niederschlag auf Ebene der Grundwasserkörper (GWK) ergab, dass bei allen Grundwasserkörpern der gute mengenmäßige Zustand vorliegt. Zu beachten ist allerdings, dass sich bei geringeren Grundwasserneubildungsraten, wie sie in der Zeit von 1991–2018 auftraten, der Anteil der tatsächlichen Entnahmemengen an der Grundwasserneubildung aus Niederschlag, bezogen auf den jeweiligen Grundwasserkörper, vergrößert.

Von den 127 GWK sind insgesamt 29 GWK aufgrund von Nitrat, PSM, Ammonium, Sulfat, ortho-Phosphat und/oder der Belastung durch die Salzabwasserentsenkung in schlechtem chemischen Zustand. Insbesondere Überschreitungen des Schwellenwertes für Nitrat führen zur Einstufung von GWK in einen schlechten chemischen Zustand. 20 GWK sind aufgrund von Nitrat in schlechtem chemischen Zustand. Aufgrund der vorgenommenen Bewertung sind vier GWK in Bezug auf ortho-Phosphat in schlechtem chemischen Zustand. In einigen GWK treten gleichzeitig auch Überschreitungen der Schwellenwerte für PSM, Ammonium, Chlorid und Sulfat auf (Abbildung 87).

### **Fristverlängerungen und weniger strenge Bewirtschaftungsziele**

Die Bewirtschaftungsziele konnten bis zum Jahr 2021 nur für einen Teil der Wasserkörper erreicht werden. Die Fristverlängerung ist grundsätzlich auf spätestens 2027 begrenzt. Lediglich in den Wasserkörpern, in denen die Bewirtschaftungsziele aufgrund der natürlichen Gegebenheiten nicht bis 2027 erreicht werden können und alle notwendigen Maßnahmen bis 2027 mindestens ergriffen sind, ist eine Fristverlängerung über 2027 hinaus möglich. Für Wasserkörper, bei denen die Erreichung der Bewirtschaftungsziele nicht möglich oder unverhältnismäßig aufwendig ist, können nach § 30 WHG weniger strenge Bewirtschaftungsziele festgelegt werden.

### **Oberflächengewässer**

Im BP 2021–2027 werden bzgl. des ökologischen Zustands/Potenzials für 121 Oberflächenwasserkörper (OWK) Fristverlängerungen bis 2027 in Anspruch genommen. Insbesondere unter der Vo-

raussetzung, alle für erforderlich gehaltenen Maßnahmen bis 2027 abzuschließen oder zu ergreifen, werden zudem für 245 OWK Fristverlängerungen über 2027 hinaus aufgrund natürlicher Gegebenheiten in Anspruch genommen. Bzgl. des chemischen Zustands inklusive der ubiquitären Stoffe werden für alle OWK Fristverlängerungen über 2027 hinaus aufgrund natürlicher Gegebenheiten in Anspruch genommen. Für vier OWK innerhalb der FGG Weser werden aufgrund der Salzbelastung (Kali-Bergbau) weniger strenge Bewirtschaftungsziele festgelegt. Innerhalb der FGG Rhein gilt dies meist aufgrund der geogenen Salz-/Arsenbelastung für fünf OWK.

### **Grundwasser**

Basierend auf dem Verweilzeitenmodell (BERTHOLD et. al. 2011) kann eine Zielerreichungsprognose für die Parameter Nitrat, Ammonium und Sulfat erstellt werden. Aufgrund der neuen Vorgaben im Ordnungsrecht (DüV) wurde als Startjahr 2021 für die Berechnung des Zeitpunktes der Zielerreichung gewählt. Für PSM und ortho-Phosphat kann das Verweilzeitenmodell nur als ungefährender Anhaltspunkt genutzt werden, da mögliche Interaktionen oder Abbauprozesse keine Berücksichtigung finden. Mögliche Auswirkungen von Maßnahmen zur Reduzierung von ortho-Phosphat- und PSM-Einträgen werden vermutlich eher eine längere Zeitspanne in Anspruch nehmen als diejenigen, die im Verweilzeitenmodell für den jeweiligen GWK ausgewiesen werden. Fristverlängerungen über das Jahr 2027 hinaus werden für alle 29 GWK, die sich in schlechtem chemischen Zustand befinden, aufgrund „natürlicher Gegebenheiten“ in Anspruch genommen.

Für den mengenmäßigen Grundwasserzustand sind Fristverlängerungen nicht notwendig.

### **Zusammenfassung des Maßnahmenprogramms**

Das MP Hessen ist nach Maßgabe des HWG (§ 54 Abs. 2 HWG) für alle Planungen und Maßnahmen der öffentlichen Planungsträger verbindlich. Das MP Hessen beinhaltet grundlegende und ergänzende Maßnahmen.

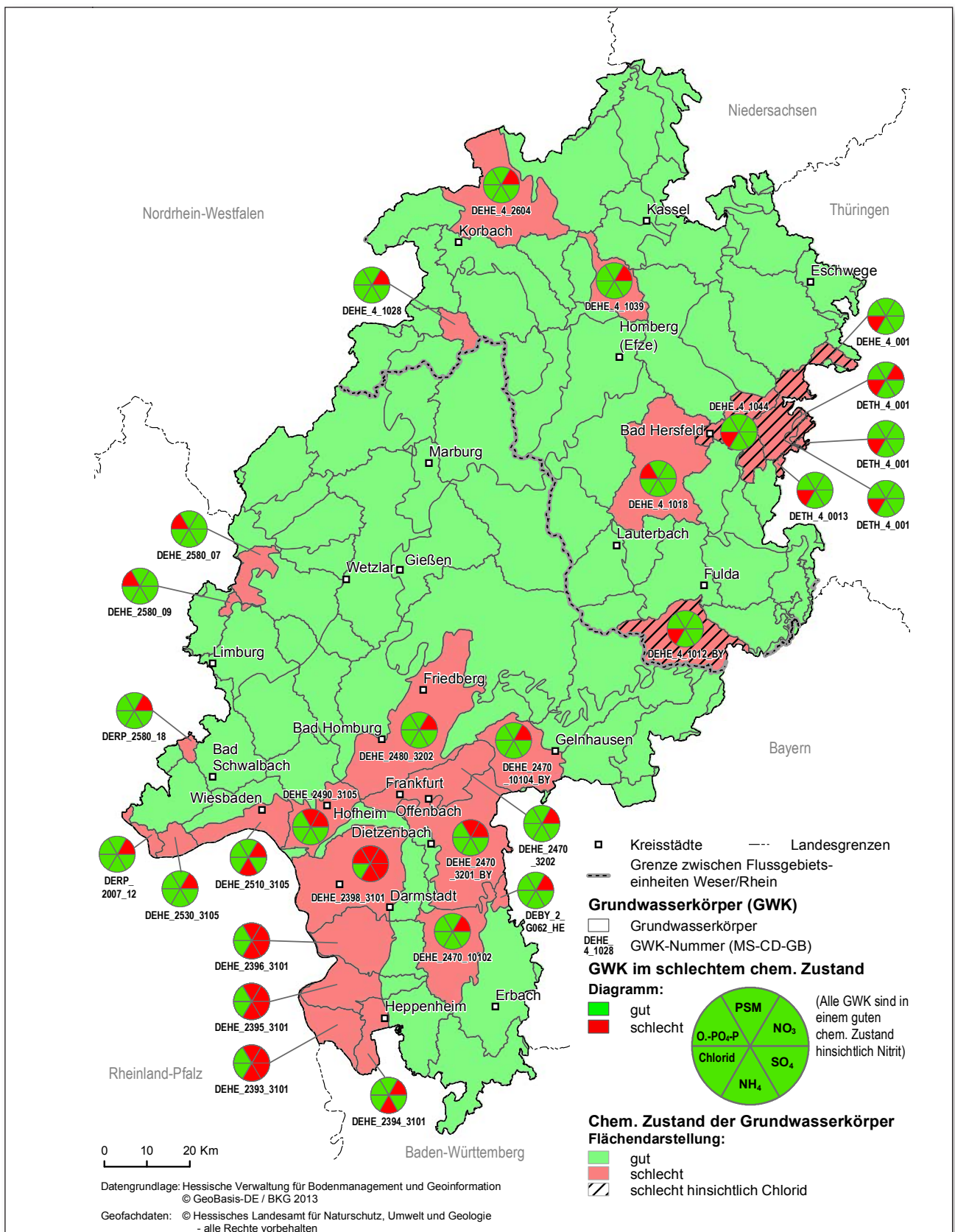


Abb. 87: Karte des chemischen Grundwasserzustands auf Basis der Monitoringdaten 2014–2018

### **Maßnahmen zur Verbesserung der Gewässermorphologie**

Bis zum Ende des Jahres 2021 werden voraussichtlich Flächen von über 2000 ha für die Renaturierung erworben. Insgesamt konnten bis zum Jahr 2015 Maßnahmen für eine Fließgewässerlänge von 364 km zur Entwicklung naturnaher Gewässer-, Ufer- und Auenstrukturen abgeschlossen und bis zum Jahr 2021 weitere Maßnahmen für eine Fließgewässerlänge von 587 km ergriffen und/oder abgeschlossen werden.

Die Grundlage zur Verbesserung des hydromorphologischen Zustands der Gewässer bilden einerseits verschiedene Rechtsinstrumente, andererseits sollen die Unterhaltspflichtigen durch finanzielle Anreize zur Durchführung von Renaturierungsmaßnahmen angeregt werden.

Wie die Aktualisierung der Bestandsaufnahme gezeigt hat, genügen die bisherigen Maßnahmen nicht, um einen guten ökologischen Zustand bzw. ein gutes ökologisches Potenzial zu erreichen. Dafür sind gute Gewässerstrukturen mindestens auf etwa ein Drittel der gesamten Gewässerlänge notwendig. Insgesamt werden deshalb für die Bereitstellung von Flächen noch 3255 ha benötigt und die Entwicklung von naturnahen Gewässer-, Ufer- und Auenstrukturen ist noch an 1604 km Fließgewässerlänge erforderlich.

### **Maßnahmen zur Wiederherstellung der Durchgängigkeit**

Zur Herstellung der linearen Durchgängigkeit wurden 773 Wanderhindernisse bis 2015 beseitigt bzw. durchgängig umgestaltet, bis 2021 sollen weitere 1251 Maßnahmen ergriffen bzw. abgeschlossen werden. Zur Vernetzung der Fließgewässer und somit zur nachhaltigen Erreichung eines guten ökologischen Zustands/Potenzials sind für den Zeitraum 2021–2027 noch an 3363 Wanderhindernissen Maßnahmen zur Wiederherstellung der linearen Durchgängigkeit erforderlich.

### **Maßnahmen zur Begrenzung der Entnahme und Aufstauung**

Die Begrenzung der Entnahme und von Aufstauungen wird durch das Instrument der wasserbehördlichen Zulassungspflicht für Gewässerbenutzungen nach WHG (§§ 8 und 9 in Verbindung mit

§ 12) in Verbindung mit dem HWG geregelt. Eine verwaltungsinterne Regelung über den in einem Fließgewässer zu belassenden Mindestabfluss bei der Entnahme und Wiedereinleitung von Wasser (Mindestwassererlass) dient als Handlungsanweisung u. a. bei Wasserkraftanlagen und Fischteichen.

### **Maßnahmen zur Emissionsbegrenzung von Nährstoffen und Schadstoffen aus Punktquellen**

Die Maßnahmen zur Begrenzung der Einleitungen aus Punktquellen in Oberflächengewässer verfolgen als hauptsächliches Ziel die Verringerung der Belastung durch Abwässer.

Im Bereich der Stoffe wurden von den 2735 vorgesehenen Maßnahmen zur Verminderung von Phosphoreinträgen aus Punktquellen bisher 1753 umgesetzt, d. h. rund 64 % dieser Maßnahmen sind in die Praxis umgesetzt worden. Hierbei ist besonders auf die Maßnahmen zur Phosphorelimination hinzuweisen, die nach dem MP 2015–2021 an 456 Kläranlagen umzusetzen waren. Bei 45 dieser 456 Kläranlagen befinden sich die Maßnahmen noch in Umsetzung.

Vorgesehen sind weitere Maßnahmen z. B. zur:

- Ertüchtigung von kommunalen Kläranlagen zur P-Elimination und direkt einleitenden industriellen/gewerblichen Abwasseranlagen in bis zu 180 OWK,
- Prüfung der Ertüchtigung von kommunalen Kläranlagen und direkt einleitenden industriellen/gewerblichen Abwasseranlagen zur Ammonium-Elimination in bis zu 116 OWK,
- Ertüchtigung von direkt einleitenden industriellen/gewerblichen Abwasseranlagen,
- qualifizierte Entwässerung im Misch- und Trennverfahren (Umbau zur Änderung bestehender Systeme und zum Ausbau bzw. zur Erweiterung der Kanalnetze),
- Vermeidung, Verminderung, Verzögerung von Abflussvorgängen,
- Ertüchtigung der Misch- und Niederschlagswasserbehandlung sowie
- notwendige Sachverhaltsaufklärung (z. B. Leitfaden „Immissionsbetrachtung“, (HMUELV, 2012)).

## Maßnahmen zur Verhinderung oder Begrenzung von Nährstoffen und Schadstoffen aus diffusen Quellen

Die überwiegende Menge der diffusen Einträge ins Grundwasser geht auf die landwirtschaftliche Flächennutzung zurück. Maßnahmen in diesem Bereich erfolgen unter anderem durch intensive Beratung von landwirtschaftlichen Betrieben. Eine Reduzierung der diffusen Stickstoffeinträge ist bereits Inhalt dünge- und wasserrechtlicher Vorschriften. Hauptbestandteil ergänzender Maßnahmen sind gewässerschutzorientierte, landwirtschaftliche Beratungsangebote und Förderprogramme wie das Hessische Programm für Agrarumwelt- und Landschaftspflege-Maßnahmen (HALM).

Die gewählten Maßnahmen (v. a. landwirtschaftliche Beratung) werden seit dem BP 2009–2015 fortlaufend umgesetzt. Es gibt aktuell (Stand Mai 2020) 45 WRRL-Maßnahmenräume mit einer Gesamtfläche von nahezu 700 000 ha (davon rund 300 000 ha landwirtschaftlich genutzte Fläche), in denen die grundwasserschutzorientierte, landwirtschaftliche Beratung umgesetzt wird. Für die Beratung stehen den Betrieben zurzeit neben der Grundberatung, die vom Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen (LLH) umgesetzt wird, weitere rd. 40 freiberufliche Landwirtschaftsberatungskräfte zur Verfügung.

Hinsichtlich diffuser Nährstoffeinträge in Oberflächengewässer ist die Erosion die bedeutendste Quelle. Mögliche Maßnahmen zur Reduzierung der Einträge zielen vornehmlich auf die Abschwemmungs- und Erosionsminderung von ackerbaulich genutzten

Flächen und die Optimierung der Düngung ab. Nach den dünge- und wasserrechtlichen Vorschriften müssen die flächenbewirtschaftenden Betriebe je nach Grad der Hangneigung der Flächen mit Gewässeranschluss bestimmte Bewirtschaftungsauflagen einhalten. Über diese Grundanforderungen hinaus werden mit Agrarumweltmaßnahmen (HALM) weitere Anreize zur gewässerschonenden Bewirtschaftung gegeben. Eine gezielte Beratung für den Erosionsschutz findet zusätzlich auf besonders gefährdeten Flächen innerhalb der Grundwasserschutzmaßnahmenräume statt. Generell ist festzuhalten, dass Maßnahmen zur Minderung der Erosion und der Abschwemmung gleichzeitig i. d. R. auch zur Verminderung diffuser PSM-Einträge beitragen.

## Ausblick

Das Land Hessen will weiterhin alle Anstrengungen unternehmen, um bis zum Jahr 2027 die notwendigen Maßnahmen zur Erreichung der Ziele der WRRL zu ergreifen. Hierzu werden für den Bewirtschaftungszeitraum 2021–2027 die erforderlichen Maßnahmen weiter ambitioniert umgesetzt und intensiviert sowie wo nötig nachjustiert bzw. ergänzt. Es wird jedoch in dem Bewusstsein gehandelt, dass noch ein erheblicher Teil der Maßnahmen umzusetzen ist und weiterhin Hemmnisse bestehen. Gleichzeitig wirken die zunehmenden Folgen des Klimawandels der Zielerreichung entgegen. Zusätzlich erschweren z. B. die fehlende Verfügbarkeit von Flächen, Klageverfahren in Zusammenhang mit alten Wasserrechten und komplexe Planungs- und Genehmigungsverfahren die Umsetzung der Maßnahmen.

## Literatur

BERTHOLD, G., FRITSCH, J. G., THOMAS, A., HERRMANN F., KUNKEL R., WENDLAND, F. (2011): Konzeptionelles hydrogeologisches Modell zur zeitlichen Bewertungen von Maßnahmenprogrammen für die EU-WRRL in Hessen („Verweilzeitenmodell Hessen“). Jahresbericht 2011 des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie, 47–54, Wiesbaden.

HMUELV – Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2012): Leitfaden für das Erkennen ökologisch kritischer Gewässerbelastungen durch Abwasserleitungen.

## 6 Zusammenfassung

Das Jahr 2020 verlief wie auch die vergangenen Jahre wieder zu trocken, sonnenscheinreich und deutlich zu warm. Die mittlere Jahrestemperatur betrug im Jahr 2020 in Hessen 10,4 °C und lag damit um 1,6 Grad über der langjährigen mittleren Temperatur des Vergleichszeitraums von 1981–2010 von 8,8 °C. Insgesamt schien die Sonne in Hessen 1 841 Stunden und damit 320 Stunden mehr als im Mittel. Im Jahr 2020 fielen im Mittel 657 mm (l/m<sup>2</sup>) Niederschlag. Dies entspricht ca. 81 % der durchschnittlichen Jahresniederschlagsmenge der Vergleichsperiode von 808 mm.

Im Vergleich mit dem langjährigen Mittel weisen nur die Monate Februar und März mehr Abfluss in den Gewässern auf. Ab April sind die Monatsabflüsse auf sehr niedrigem Niveau unterdurchschnittlich, dabei aber recht ausgewogen. In den ersten 3 Monaten des Jahres kam es zu einigen, durchaus auch größeren Hochwassern. Betroffen waren insbesondere die Flüsse Werra, Fulda, Lahn und Kinzig. In den übrigen Monaten entwickelte sich erneut eine Niedrigwasserphase, die in ganz Hessen für niedrige Wasserstände und Durchflüsse sorgte.

Bei den Talsperren ergeben sich interessante Ergebnisse. Die meisten hier betrachteten Anlagen können sich gut an ihre jeweiligen Stauziele halten. In den Füllständen sind einige Hochwasser sichtbar und gegen Ende des Jahres unterdurchschnittliche Beckeninhalte. Die größte Talsperre des Landes weist jedoch in diesem Jahr 2 Extreme auf. Von vollgefüllt im März bis wenig über den Minimalwerten von 2003 und 2018 im Oktober.

Das Flächenmittel der Grundwasserneubildung betrug für das Jahr 2020 für Hessen 58 mm und lag mit 43 % deutlich unter dem langjährigen Mittelwert der Referenzperiode 1971–2000. Die niedrige Grundwasserneubildung im Jahr 2020 ist auf die unterdurchschnittlichen Niederschläge, die hohen Verdunstungsraten und der daraus resultierenden niedrigen Sickerwasserrate zurück zu führen. Das Jahr 2020 hat den Trend der letzten Jahre zu niedrigeren Grundwasserneubildungsraten fortgesetzt.

Infolge der niedrigen Grundwasserneubildung sind die Grundwasserstände vielerorts bis in den Dezem-

ber hinein gesunken und die Quellschüttungen deutlich zurückgegangen. Die Defizite im Grundwasser waren zum großen Teil auf das immer noch nicht ausgeglichene Niederschlagsdefizit des extrem trockenen Jahres 2018 zurückzuführen.

Als Folgewirkung der niedrigen Grundwasserstände und geringen Quellschüttungen kam es vereinzelt in Mittelgebirgsregionen, in denen die Trinkwasserversorgung mancherorts ausschließlich auf Quellen und flachen Brunnen beruht und gleichzeitig kein Anschluss an die überörtliche Wasserversorgung besteht, zu lokalen Versorgungsengpässen mit Trinkwasser. Die lokalen Versorgungsprobleme waren in erster Linie dem stark angestiegenen Spitzenwasserbedarf und der daraus resultierenden Überlastung der Wasserversorgungsinfrastruktur geschuldet.

Die kontinuierliche Untersuchung und Überwachung der physikalisch-chemischen Beschaffenheit der vier größeren Fließgewässer Werra, Fulda, Lahn und Main bietet eine zeitlich nahezu lückenlose Beobachtung und Analyse der Gewässerqualität. Mit der Vielzahl an Gütedaten werden langfristige Veränderungen der Wasserqualität erfasst. Die wandelnden Klimabedingungen, mit der Häufung von Extremwetterereignissen wie Starkregen und Niedrigwasserperioden nehmen einen direkten Einfluss auf die kontinuierlichen Messwerte. Als Beispiel ist das Starkregenereignis am 14.06.20 an der Fulda mit starkem Abfall des Sauerstoffgehalts zu nennen. Eine Verschiebung dynamischer Prozesse im Gewässer steht u. a. in direkten Zusammenhang mit der Wassertemperatur. Die kontinuierliche Erfassung von Messwerten, insbesondere Minima und Maxima, sind für kurzfristige Entscheidungen, im Rahmen von Alarmplänen und für langfristige Planungen und Bewirtschaftungen verfügbar. Die Zusammenstellung dieser hochaufgelösten Daten erfasst Art und Ausmaß signifikanter Belastungen der Oberflächenwasserkörper und dient der Einschätzung anthropogener Belastungen durch kommunale, industrielle, landwirtschaftliche Anlagen und Tätigkeiten

Zur Ermittlung der organischen Belastung und des ökologischen Zustands der Fließgewässer wurden im Jahr 2020 seitens des HLNUG Untersuchungen zu Makrozoobenthos, Makrophyten und an wenigen

Probestellen zu den Fischen beauftragt. Ein Handlungsbedarf zur Minderung der organischen Belastung besteht bei noch knapp 12 % der Gewässer bezogen auf die Gesamtlänge der Gewässer. Bei den Makrophyten wird an knapp 80 % und bei den Fischen an knapp 40 % der untersuchten Gewässerabschnitte der sehr gute/gute ökologische Zustand noch nicht erreicht.

Im Rahmen der Gewässerstrukturkartierung wurde der strukturelle Zustand von renaturierten Fließgewässerabschnitten auch im Jahr 2020 durch MitarbeiterInnen des HLNUG erfasst. Die Ergebnisse der Gewässerstrukturkartierung aus den vergangenen Jahren bis einschl. Mai 2020 werden über den WRRL-Viewer ([wrrl.hessen.de](http://wrrl.hessen.de)) bereitgestellt.

Insgesamt konnte im Jahr 2020 trotz der anhaltenden Trockenphase eine erfreuliche Entwicklung der Trophie in den hessischen Seen festgestellt werden. An 14 von 22 Untersuchungsstellen kam es zu leichten bis starken Verbesserungen der Trophie. Lediglich in einigen Bereichen des Lampertheimer Altrheins kam es im Jahr 2020 wegen des dort sehr niedrigen Wasserstandes aufgrund der Trockenheit zu deutlich schlechteren Trophie-Werten.

Die Verbesserung der Situation im Grundwasser bei den Pflanzenschutzmittelwirkstoffen und ihren relevanten Metaboliten ist hauptsächlich auf den Rückgang der Fundhäufigkeiten von seit langer Zeit nicht mehr zugelassenen Wirkstoffen, maßgeblich auf Atrazin und dessen Hauptabbauprodukt Desethylatrazin, zurückzuführen. Die Persistenz von schon seit langer Zeit verbotenen PSM-Wirkstoffen und deren relevanten Metaboliten, die bereits als „Altlasten“ bezeichnet werden können, stellt selbst nach drei Jahrzehnten ein Problem dar.

Im Jahr 2020 wurde der Bewirtschaftungsplan mit Maßnahmenprogramm für die Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie in Hessen aktualisiert. Die neuen Entwürfe für die Periode 2021–2027 enthalten die aktuellen Bewertungen aller Wasserkörper (Grundwasser und Oberflächenwasser), Analysen der Ursachen der aktuellen Belastungen sowie die Maßnahmenplanung um möglichst alle Ziele der WRRL fristgerecht zu erreichen.



## 7 Übersicht Berichte

Der Gewässerkundliche Jahresbericht wird seit 2007 veröffentlicht (Abbildung 88). Die Berichte können auf der WEB-Seite des HLNUG unter <https://www.hlnug.de/themen/wasser/messwerteberichte/jahresberichte> heruntergeladen werden.

[hlnug.de/themen/wasser/messwerteberichte/jahresberichte](https://www.hlnug.de/themen/wasser/messwerteberichte/jahresberichte)

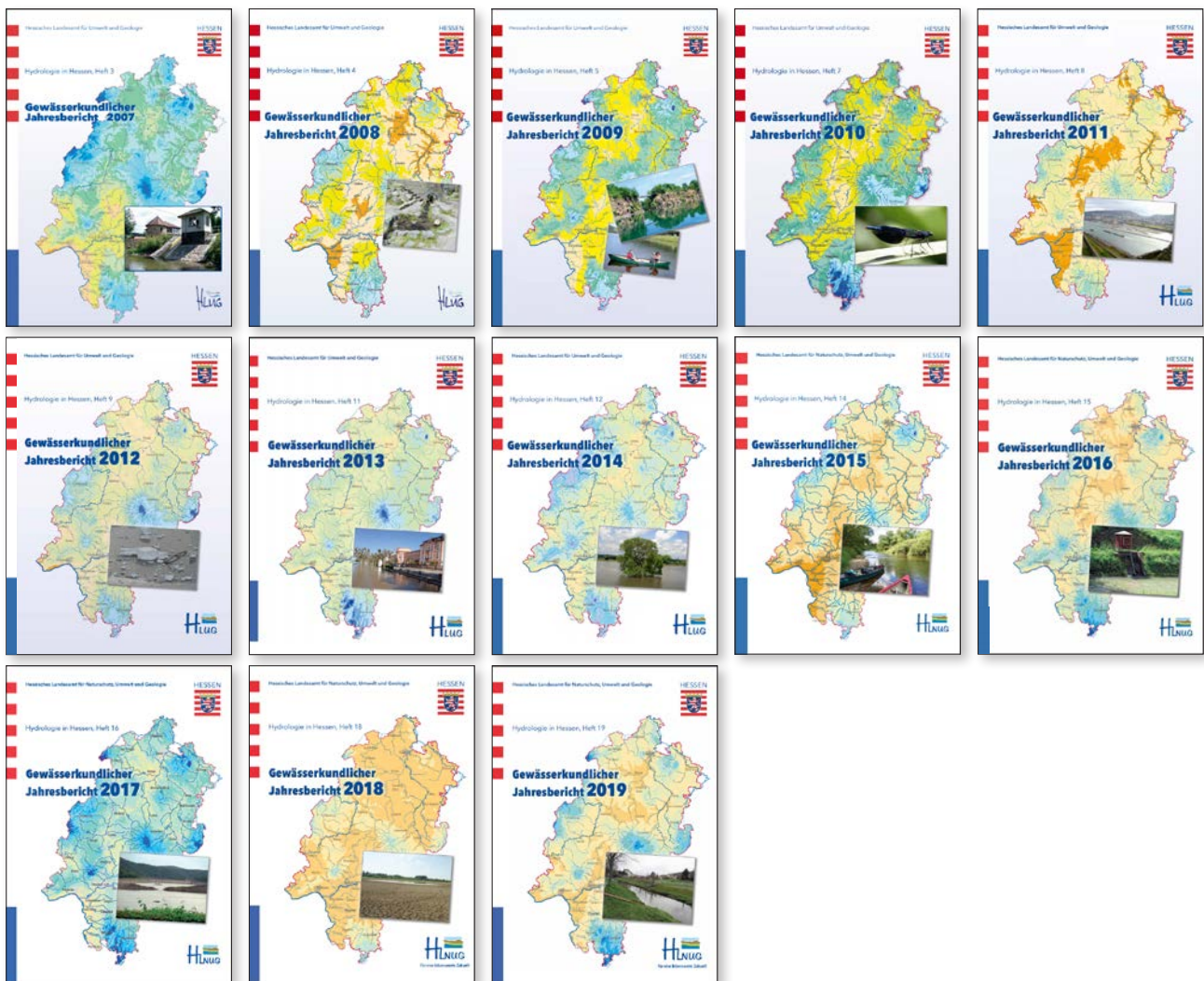


Abb. 88: Übersicht über die bisher veröffentlichten Berichte



Hessisches Landesamt für  
Naturschutz, Umwelt und Geologie  
Für eine lebenswerte Zukunft

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



Das HLNUG auf Twitter:  
[https://twitter.com/hlnug\\_hessen](https://twitter.com/hlnug_hessen)