



Hydrologie in Hessen, Heft 26

# Gewässerkundlicher Jahresbericht 2023



Für eine lebenswerte Zukunft

Hydrologie in Hessen, Heft 26

# **Gewässerkundlicher Jahresbericht 2023**

Wiesbaden, 2024

Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

# Impressum

Hydrologie in Hessen, Heft 26

ISSN 1438-7859

ISBN 978-3-89026-726-5

## **Gewässerkundlicher Jahresbericht 2023**

Redaktion: Cornelia Löns-Hanna, Dr. Theresa Frommen, Monika Spicker

Layout: Sheela Berigai, ci company GmbH

Titelbild: Flächenhafter Niederschlag 2023 (Datenquelle: DWD, Karte: HLNUG),  
Foto: Hochwasser in Eberschütz an der Diemel am 24.12.2024 © Falko Eberle, RP Kassel

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)

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Vorwort</b> .....	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Witterung</b> .....	<b>8</b>
	CORNELIA LÖNS-HANNA	
2.1	Allgemeines .....	8
2.2	Lufttemperatur .....	9
2.3	Sonnenscheindauer .....	12
2.4	Niederschlag .....	13
<b>3</b>	<b>Oberflächengewässer</b> .....	<b>24</b>
3.1	Wasserstand und Durchfluss .....	24
	MONIKA SPICKER & CORNELIA LÖNS-HANNA	
3.2	Talsperren und Hochwasserrückhaltebecken .....	34
	MONIKA SPICKER	
3.3	Physikalisch-chemische Beschaffenheit oberirdischer Gewässer .....	40
	ANDREAS BURMEISTER & JANA-ANETTE SEMSEI	
3.4	Untersuchungen zur Fauna und Flora der Fließgewässer .....	55
	ELISABETH SCHLAG	
3.5	Gewässerstruktur .....	61
	JOACHIM WEDEL & ANN KATRIN THOMAS	
3.6	Seen — Trophische Untersuchungen .....	64
	ANN KATRIN THOMAS	
<b>4</b>	<b>Grundwasser</b> .....	<b>70</b>
4.1	Grundwasserneubildung .....	70
	MARIO HERGESELL	
4.2	Grundwasserstände und Quellschüttungen .....	73
	DR. THERESA FROMMEN	
4.3	Grundwasserbeschaffenheit: Nitrat und Denitrifikation im Grundwasser .....	79
	KIM HUSSMANN & DR. RICHARD HOFFMANN	
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>88</b>
<b>6</b>	<b>Übersicht Berichte</b> .....	<b>91</b>

## 1 Vorwort



Das Jahr 2023 war ein vergleichsweise nasses Jahr, auch wenn es im Februar und im Frühsommer zunächst so aussah, als ob sich die Trockenheit der Vorjahre wiederholen würde. Aber in den

meisten Monaten bestimmten Tiefdruckgebiete mit ergiebigen Niederschlägen die wasserwirtschaftliche Situation. Im Frühjahr und im August, aber besonders zum Jahresende traten immer wieder Hochwasser in Hessen auf.

Infolge der ergiebigen Regenmengen konnten sich die Grundwasserstände erholen. Am Ende des Jahres konnten an über 50% der Messstellen hohe und sehr hohe Grundwasserstände beobachtet werden.

Der Klimawandel machte sich insbesondere durch hohe Lufttemperaturen bemerkbar. 2023 war das wärmste Jahr seit dem Beginn der amtlichen Wetteraufzeichnungen im Jahr 1881.

Um einen Überblick über die wasserwirtschaftliche Situation in Hessen und die Entwicklung der Wassermengen in Grund- und Oberflächengewässern zu erhalten, sind umfangreiche Messungen und Untersuchungen von Niederschlag, Grund- und Oberflächenwasser erforderlich. Dazu betreibt das Land Hessen eine Vielzahl gewässerkundlicher Messstellen (Abb. 1). An diesen Messstellen werden vom HLNUG und von den Regierungspräsidien Messungen und Untersuchungen durchgeführt. Ergänzt werden die

hier erhaltenen Messergebnisse durch Daten aus Sondermessprogrammen, aus Erhebungen für die Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) sowie aus den Daten Dritter (Nachbarländer, Bundeswasserstraßenverwaltung (WSV), Deutscher Wetterdienst (DWD), Wasserversorgungsunternehmen u. a.). Diese Messdaten werden in einem gewässerkundlichen Datenpool aufbereitet und in Datenbanken ständig aktualisiert. Sie dienen der Beurteilung der wasserwirtschaftlichen Situation und bieten die Grundlage für Planungen und Bauten der Wasserwirtschaft, damit auch zukünftig Wasser an den benötigten Orten in der richtigen Menge zur Verfügung steht. Die Daten werden in verschiedenen Portalen und Anwendungen auf den Webseiten des HLNUG der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt.

In Monats- und Jahresberichten werden die Daten ausgewertet und zusammengestellt, die wasserwirtschaftliche Situation wird für die jeweiligen Zeiträume beschrieben. Im hier vorliegenden Gewässerkundlichen Jahresbericht 2023 wird die wasserwirtschaftliche Situation des Jahres 2023 dargestellt. Dieser Bericht ist bereits der 17. Gewässerkundliche Jahresbericht, sodass seit 2007 die wasserwirtschaftliche Situation Hessens dokumentiert und nachlesbar ist.

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

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



120 Pegel an oberirdischen Gewässern zur Erfassung von Wasserständen und Durchflüssen

65 Niederschlagsmessstellen



900 Grundwassermessstellen zur Erfassung der Grundwasserstände

60 Quellschüttungsmessstellen



400 Grundwassermessstellen zur Messung der Grundwasserbeschaffenheit

7 feste Gütemessstationen an Fließgewässern zur Messung physikalisch-chemischer Parameter



260 Gütemessstellen an Fließgewässern zur Messung physikalisch-chemischer Parameter

1 000 operative Messstellen (gemäß WRRL) zur Erfassung von Fischen, Fischnährtieren, Algen und/oder Wasserpflanzen



100 Gütemessstellen an Seen

Abb. 1: Gewässerkundliche Messstellen des Landes Hessen

## 2 Witterung

CORNELIA LÖNS-HANNA



Abb. 2: Sommer am Rhein © Cornelia Löns-Hanna, HLNUG

### 2.1 Allgemeines

#### Referenzperiode 1991–2020

Zur Einordnung und Bewertung der aktuellen Klimadaten werden Klimareferenzperioden verwendet. Diese umfassen in der Regel Mittelwerte über einen Zeitraum von 30 Jahren, um den Einfluss der natürlichen Variabilität aus der statistischen Betrachtung des Klimas auszuklammern.

In dieser Publikation werden aktuelle Umweltdaten dargestellt, die zur **Referenzperiode 1991–2020** in Bezug gesetzt werden, um Einordnungen und Vergleiche zu den derzeit herrschenden Verhältnissen zu erlauben. Um Effekte des Klimawandels zu berücksichtigen, müsste dagegen die Referenzperiode 1961–1990 verwendet werden (Empfehlung der Weltorganisation für Meteorologie, WMO).

#### Jahr 2023

Nach Angaben des Deutschen Wetterdienstes (DWD) [2] war das Wetterjahr 2023, wie bereits 2022, wiederum das wärmste Jahr seit Beginn der systematischen Wetteraufzeichnungen im Jahr 1881. Weltweit war 2023 ein neues Rekordjahr bei der Temperatur. Deutschlandweit lag die Jahresmitteltemperatur mit 10,6 °C 1,3 Grad über dem Mittel der Referenzperiode 1991–2020, gegenüber dem Mittelwert der Referenzperiode 1961–1990 von 8,2 °C war es 2,4 Grad wärmer. Wie der DWD [1] mitteilte, traten 2023 im Gegensatz zu früheren warmen Jahren, die oft von Trockenheit und Hitzewellen geprägt waren, eher feuchtwarme Bedingungen mit hohen Niederschlagsmengen auf. Die Jahresniederschlagssumme betrug deutschlandweit 958 l/m<sup>2</sup> und lag damit 20 % über dem langjährigen Mittelwert der Referenzperioden (1991–2020: 791 l/m<sup>2</sup>, 1961–1990: 789 l/m<sup>2</sup>). In Hessen war 2023 niederschlagsreich, abgesehen von wenigen Monaten. Nicht nur in den Wintermonaten, sondern auch im April und August kam es lokal zu Hochwasser.

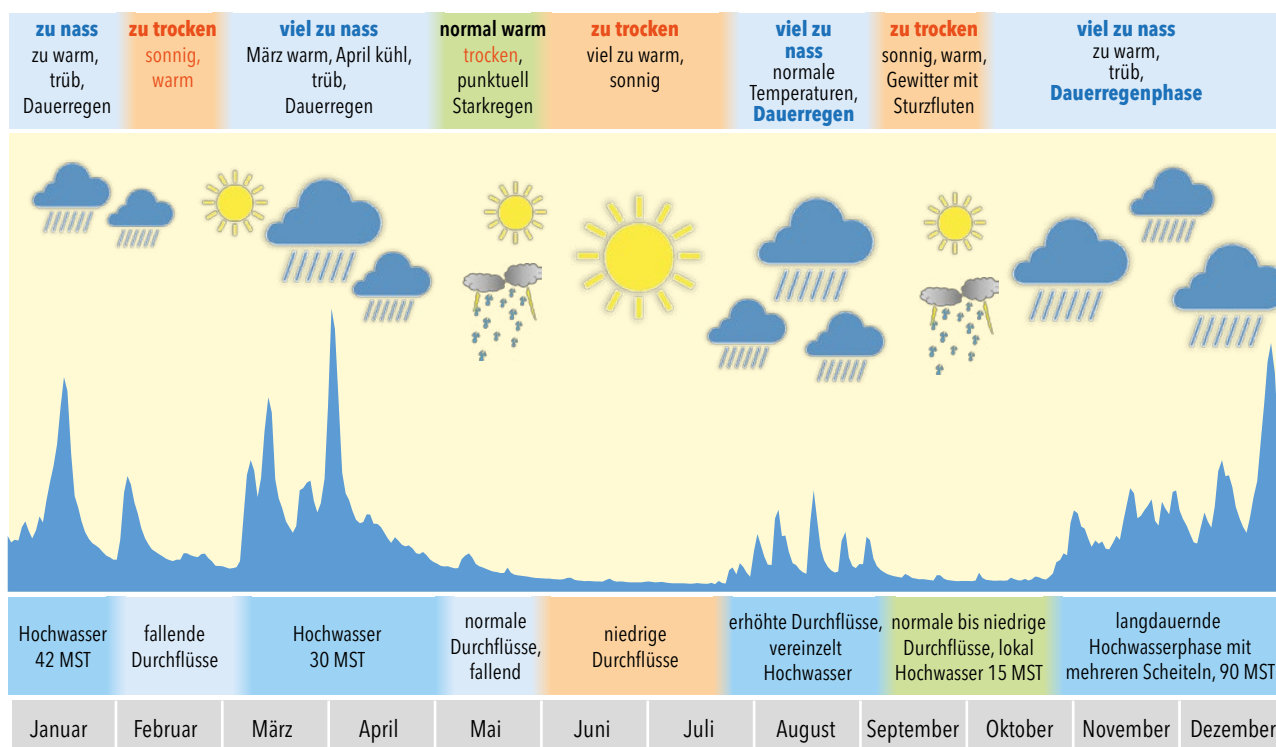


Abb. 3: Witterungs- und Durchflussverlauf 2023 in Hessen (MST = Anzahl der Meldestufenüberschreitungen) © HLNUG

## 2.2 Lufttemperatur

### Lufttemperaturmessnetz, Zielsetzung & Aufgabe

Die Lufttemperatur wird an hessischen Messstellen des Luftmessnetzes erfasst.

Lufttemperaturwerte werden im Rahmen der Gewässerkunde für verschiedene Fragestellungen benötigt:

- als Eingangswerte für Wärmemodelle der Gewässer,
- für die Beurteilung der physikalisch-chemischen Gewässerbeschaffenheit,
- für die Beurteilung der biologischen Gewässerbeschaffenheit,
- als Eingangswerte für Hochwasservorhersagemodelle,
- für die Betrachtung langfristiger Klimaänderungen und
- für Modellrechnungen zur Grundwasserneubildung.

### Lufttemperatur im Jahr 2023

Die mittlere Jahrestemperatur betrug im Jahr 2023 in Hessen 10,7 °C. Damit lag sie 1,4 Grad über der langjährigen mittleren Temperatur des Vergleichszeitraums von 1991–2020 von 9,3 °C. Das Jahr 2023 war noch wärmer als die Jahre 2014, 2018, 2019, 2020 und 2022 und ist das wärmste Jahr seit Beginn der systematischen Wetteraufzeichnungen 1881. In Abbildung 4 sind die Jahresmittelwerte von Hessen seit 1881 dargestellt. Verglichen mit dem Wert der Referenzperiode 1961–1990 von 8,2 °C, deren Werte für Erkenntnisse über langjährige Klimaänderungen betrachtet werden, war 2023 um 2,5 Grad wärmer. Der Abbildung 4 ist zu entnehmen, dass vor 1989 lediglich ein Jahr (1934) über dem Mittelwert der Klimareferenzperiode 1991–2020 lag und vor allem ab Mitte / Ende der 1980er Jahre die Temperaturen stark anstiegen.

Der Temperaturverlauf im Berichtsjahr ist in Abbildung 5 dargestellt. Abgesehen vom April, in dem es mit 7,7 °C um 1,4 Grad kälter war, lagen die



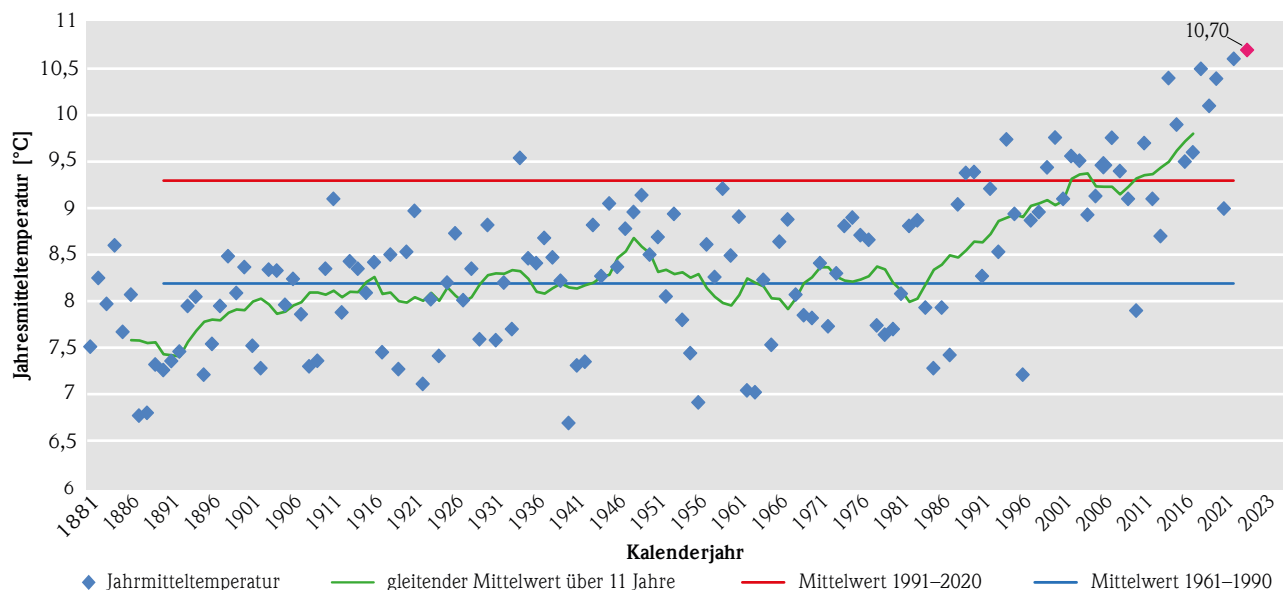


Abb. 4: Jahresmitteltemperaturen in Hessen seit 1881, Daten: DWD, Grafik: HLNUG

mittleren Monatstemperaturen in den übrigen elf Monaten über dem langjährigen Mittel. Im Vergleich mit der Periode 1961 bis 1990 waren alle Monate wärmer.

So lagen im Januar die Mitteltemperaturen mit 3,5 °C 2,6 Grad über dem Referenzwert (1991–2020) von 0,9 °C und im Februar mit 3,4 °C 1,8 Grad über dem Mittelwert. Auch der März war mit 5,8 °C wärmer und lag um 0,9 Grad über dem langjährigen Monatsmittel. Im Mai war es mit 13,3 °C nur etwas zu warm, wohingegen im Juni mit 18,9 °C die Temperatur 2,6 Grad über dem Referenzwert lag. Im Juli und August war es nur etwas wärmer als im Mittel. Danach endete das Jahr jedoch wieder mit vier überdurchschnittlich warmen Monaten. Insbesondere im September mit 17,1 °C lag die Temperatur um 3,5 Grad

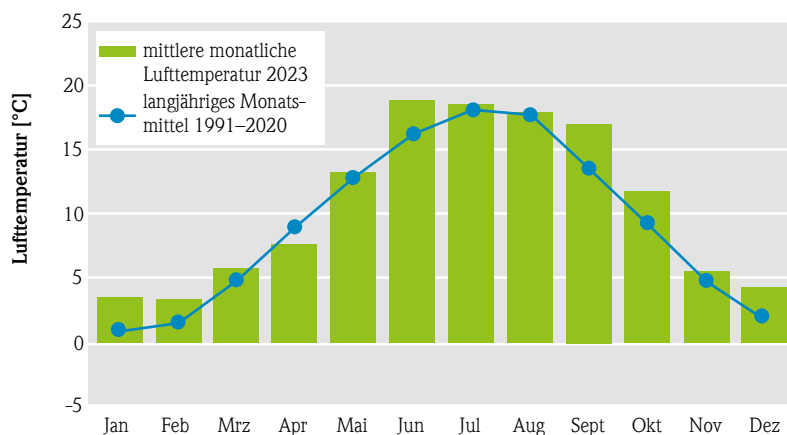


Abb. 5: Monatliche Lufttemperatur 2023 im Vergleich zum langjährigen monatlichen Mittel 1991–2020, Daten: DWD, Grafik: HLNUG

weit über dem Referenzwert von 13,6 °C. Tabelle 1 zeigt die mittleren monatlichen Temperaturen des Jahres 2023 im Vergleich zu den Mittelwerten der Referenzperioden 1991–2020 und 1961–1990.

**Tab. 1:** Vergleich der monatlichen Lufttemperatur 2023 mit den Werten der Referenzperioden 1991–2020 und 1961–1990, Daten: DWD

Monat	langjähriges Monatsmittel 1991–2020 [°C]	langjähriges Monatsmittel 1961–1990 [°C]	mittlere monatliche Lufttemperatur 2023 [°C]	Abweichung 2023 vom langjährigen Monatsmittel 1991–2020 [°C]	Abweichung 2023 vom langjährigen Monatsmittel 1961–1990 [°C]
Januar	0,9	-0,4	3,5	2,6	3,9
Februar	1,6	0,6	3,4	1,8	2,8
März	4,9	3,8	5,8	0,9	2,0
April	9,1	7,5	7,7	-1,4	0,2
Mai	13,0	12,2	13,3	0,3	1,1
Juni	16,3	15,2	18,9	2,6	3,7
Juli	18,2	16,9	18,6	0,4	1,7
August	17,8	16,4	18,0	0,2	1,6
September	13,6	13,2	17,1	3,5	3,9
Oktober	9,2	8,9	11,8	2,6	2,9
November	4,8	3,8	5,6	0,8	1,8
Dezember	1,8	0,8	4,3	2,5	3,5
<b>Jahresmittelwert</b>	<b>9,3</b>	<b>8,2</b>	<b>10,7</b>	<b>1,4</b>	<b>2,5</b>

## 2.3 Sonnenscheindauer

### Sonnenscheinmessungen, Zielsetzung & 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.

### Sonnenscheindauer im Jahr 2023

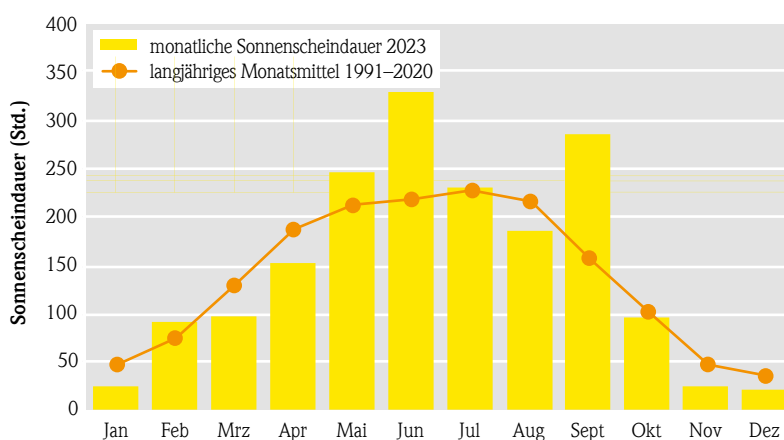
Insgesamt schien die Sonne in Hessen 1 727 Stunden und damit 138 Stunden mehr als im langjährigen Mittel. Die Sonnenscheindauer war jedoch wechselhaft, sonnenscheinarme und sonnenscheinreiche Monate wechselten sich ab. Die monatlichen Sonnenstunden zeigt Abbildung 6. Besonders sonnenscheinreich im Vergleich zum monatlichen Mittel des

Referenzzeitraumes 1991–2020 war es im Mai mit 248 Sonnenstunden (+44 Stunden), im Juni mit 317 Sonnenstunden (+107 Stunden) und im September mit 275 Stunden (+124 Stunden). Zu trüb war es in den Monaten Januar, März, April, August, November und Dezember (Abb. 6).

### Literatur

[1] Deutscher Wetterdienst (DWD), Wetter- und Klimalexikon [https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/lexikon\\_node.html](https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/lexikon_node.html)

[2] Pressemitteilung des Deutschen Wetterdienstes (DWD) vom 29. Dezember 2023 [https://www.dwd.de/DE/presse/pressemitteilungen/DE/2023/20231229\\_deutschlandwetter\\_jahr2023\\_news.html?nn=16210](https://www.dwd.de/DE/presse/pressemitteilungen/DE/2023/20231229_deutschlandwetter_jahr2023_news.html?nn=16210)



**Abb. 6:** Monatliche Sonnenscheindauer in Hessen 2023 im Vergleich zum langjährigen monatlichen Mittel 1991–2020, Daten: DWD, Grafik: HLNUG



**Abb. 7:** Niederschlagsmessstelle Grebenhain-Ilbeshausen-Hochwaldhausen (links: Pluviometer, rechts: Hellmann-Messgerät)  
© HLNUG

## 2.4 Niederschlag

### Niederschlagsmessnetz, Zielsetzung & Aufgabe

Daten über die Menge und die Verteilung des Niederschlags sind in vielerlei Hinsicht für die Menschen von Interesse. Sie bieten eine wesentliche Grundlage 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 Eingangswerte 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.

Das hessische Niederschlagsmessnetz besteht aus 60 automatisch messenden Niederschlagsmessstationen mit Datenfernübertragung (Pluvio). An den meisten Messstandorten werden zur Ergänzung und Plausibilisierung zusätzlich Tagesmessungen mit Hellmannmessgeräten durchgeführt. An einigen Standorten stehen einzelne Hellmannmessgeräte für die tägliche Ablesung (siehe Abb. 7 und 8). 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.

Ergänzend zu den Daten der hydrologischen Landesmessstellen werden 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/wiskiweb3/webpublic/#/overview/Niederschlag24> zeitnah veröffentlicht.

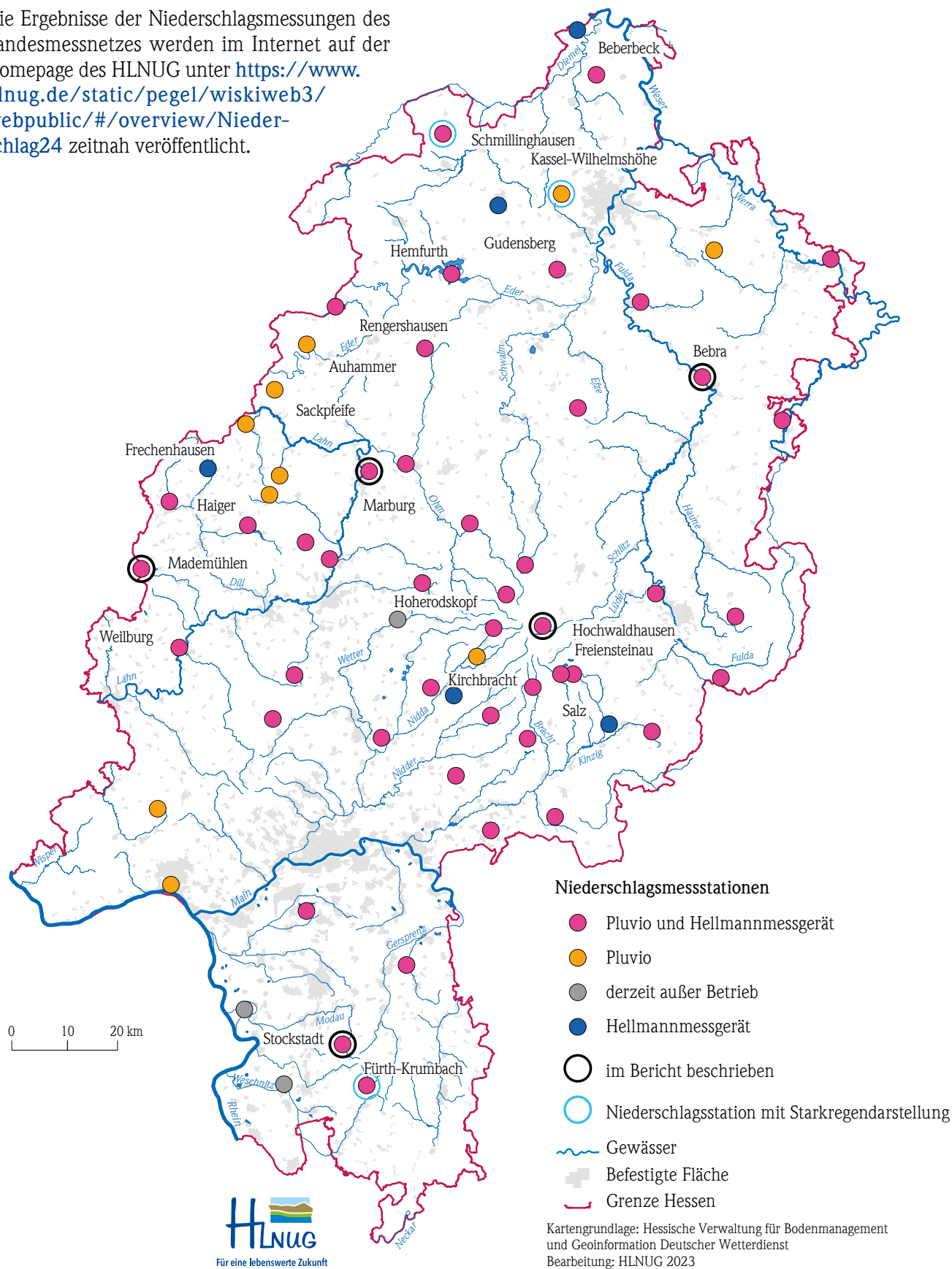
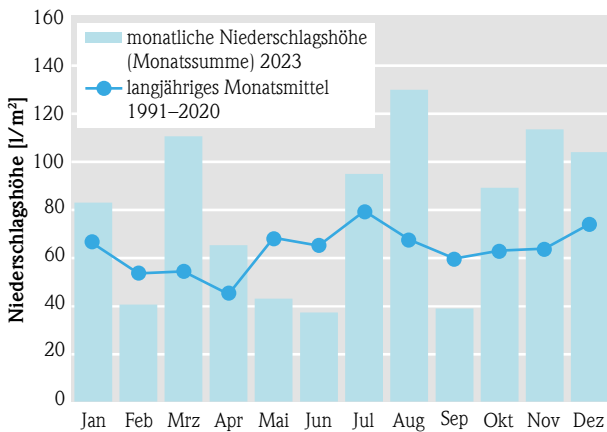
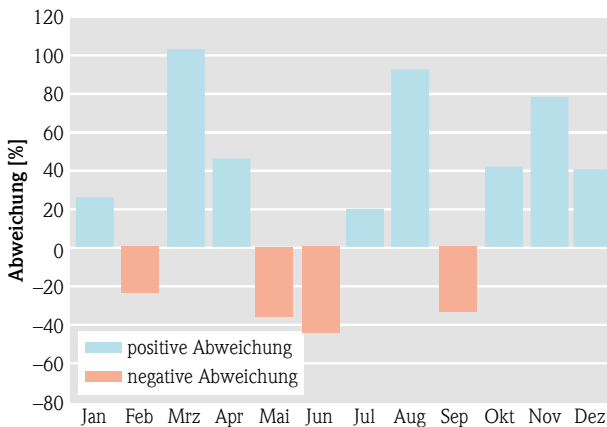


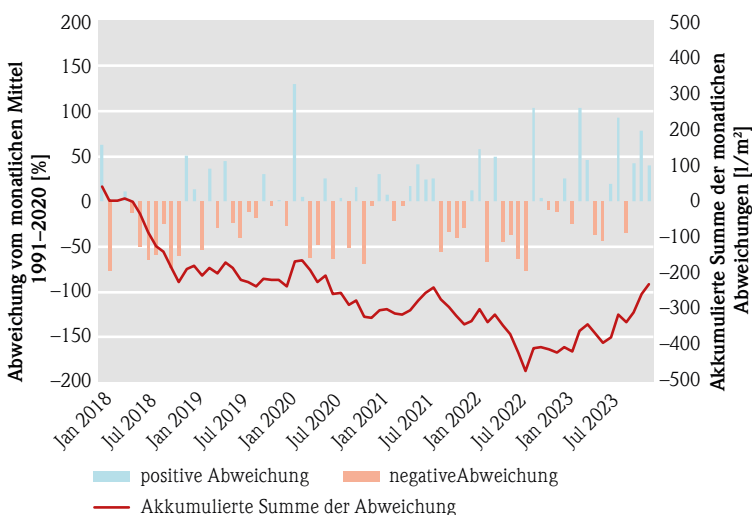
Abb. 8: Hydrologisches Niederschlagsmessnetz landeseigener Niederschlagsmessstellen



**Abb. 9:** Monatliche Niederschlagssummen in Hessen 2023, Daten: DWD, Grafik: HLNUG



**Abb. 10:** Abweichung des monatlichen Niederschlags 2023 vom langjährigen Mittel 1991–2020, Daten: DWD, Grafik: HLNUG



**Abb. 11:** Abweichungen der monatlichen Niederschläge in Hessen vom jeweiligen Monatsmittel 1991–2020 und Summe der Abweichungen, Daten: DWD, Grafik: HLNUG

## Niederschlag im Jahr 2023

Im Jahr 2023 fielen hessenweit im Mittel  $953,1 \text{ l/m}^2$ . Im Vergleich zum Wert der Referenzperiode 1991–2020 von  $761,5 \text{ l/m}^2$  fielen 2023 somit  $191,6 \text{ l/m}^2$  (+25 %) mehr Regen als im langjährigen Mittel. Verglichen mit dem Wert der Klimareferenzperiode 1961–1990 von  $793,3 \text{ l/m}^2$  waren es  $159,8 \text{ l/m}^2$  (20 %) mehr. 2023 war somit ein nasses Jahr.

Die Gesamtniederschlagssumme des Jahres 2023 ist für Beurteilung des Niederschlagsdargebots für Mensch und Natur nicht ausreichend, viel mehr Auswirkungen hat die Verteilung der Niederschläge über das Jahr. Die monatlichen Niederschlagssummen im Jahr 2023 sind Abbildung 9 zu entnehmen. Die Abweichungen gegenüber den langjährigen Monatsmittelwerten zeigt Abbildung 10. Im Jahr 2023 standen acht zu nasse Monate vier Monaten mit unterdurchschnittlichen Regenmengen gegenüber. 2023 startete mit einem nassen Januar ( $83,2 \text{ l/m}^2$ ). Auf einen trockenen Februar folgte ein sehr niederschlagsreicher März mit mehr als der doppelten Regenmenge im Vergleich zu den Referenzwerten und ein nasser April. Zu trocken waren Mai und Juni, in denen jeweils ca. 40 % weniger Regen fiel. Bis auf einen trockenen September gab es in der zweiten Jahreshälfte in allen Monaten überdurchschnittliche Regenmengen. Die monatlichen Niederschläge sind in Tabelle 2 den Werten der Referenzperioden 1991–2020 und 1961–1990 gegenübergestellt.

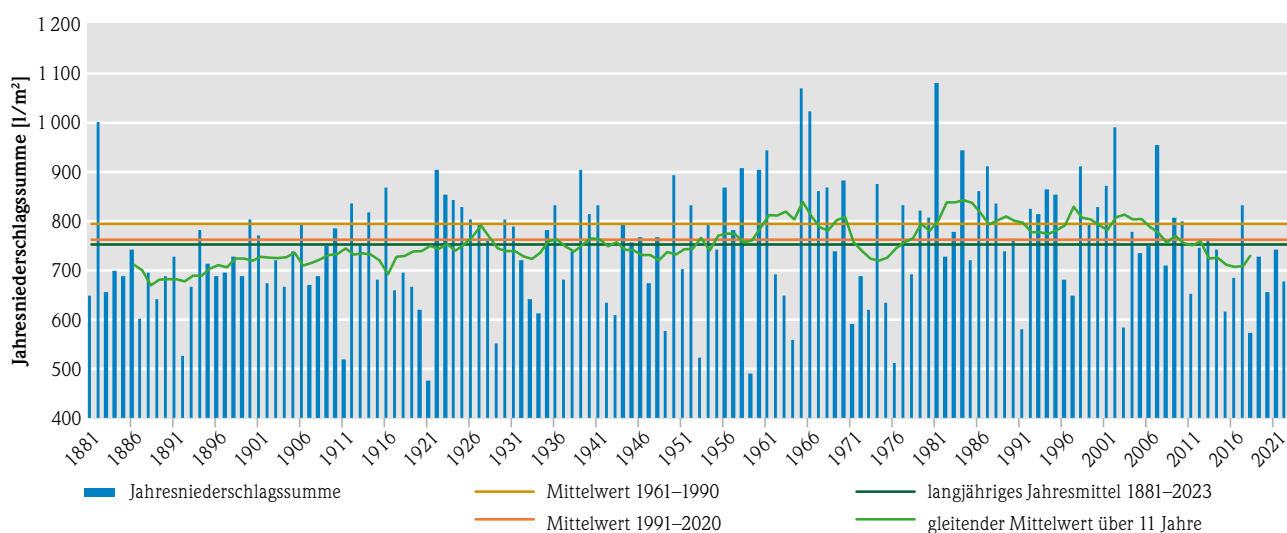
Infolge der überdurchschnittlichen Regenfälle im Jahr 2023, insbesondere in den letzten Monaten des Jahres, wurde das seit dem Jahr 2018 aufsummierte Niederschlagsdefizit reduziert. Das höchste Defizit seit 2018 war im August 2022 mit  $-467,6 \text{ l/m}^2$  zu verzeichnen. Am Ende des Jahres 2023 betrug dies hessenweit  $-227 \text{ l/m}^2$  (Abb. 11).

**Tab. 2:** Abweichung des monatlichen Niederschlags im Jahr 2023 von den Werten der Referenzperioden 1991–2020 und 1961–1990, Daten: DWD

	langjähriges Monats- bzw. Jahresmittel		Gebietsniederschlag 2023	Abweichung 2023 vom langjährigen Monats- bzw. Jahresmittel			
	1991–2020	1961–1990		1991–2020		1961–1990	
	l/m <sup>2</sup>	l/m <sup>2</sup>	l/m <sup>2</sup>	%	l/m <sup>2</sup>	%	l/m <sup>2</sup>
Jan	66,2	63,2	83,2	25,7	17,0	31,7	20,0
Feb	53,8	52,0	40,6	-24,5	-13,2	-22,0	-11,4
Mrz	54,6	61,6	111,0	103,3	56,4	80,3	49,4
Apr	44,8	58,8	65,4	46,0	20,6	11,2	6,6
Mai	68,5	70,5	43,3	-36,8	-25,2	-38,6	-27,2
Jun	65,3	79,9	37,2	-43,0	-28,1	-53,4	-42,7
Jul	79,6	72,7	95,3	19,7	15,7	31,0	22,6
Aug	67,6	69,6	130,4	92,9	62,8	87,4	60,8
Sept	59,8	57,4	39,1	-34,6	-20,7	-31,9	-18,3
Okt	63,1	59,0	89,5	41,8	26,4	51,8	30,5
Nov	63,8	71,3	113,9	78,5	50,1	59,7	42,6
Dez	74,3	77,2	104,2	40,2	29,9	34,9	27,0
<b>Jahreswerte</b>	<b>761,4</b>	<b>793,3</b>	<b>953,1</b>	<b>25,2</b>	<b>191,7</b>	<b>20,1</b>	<b>159,8</b>

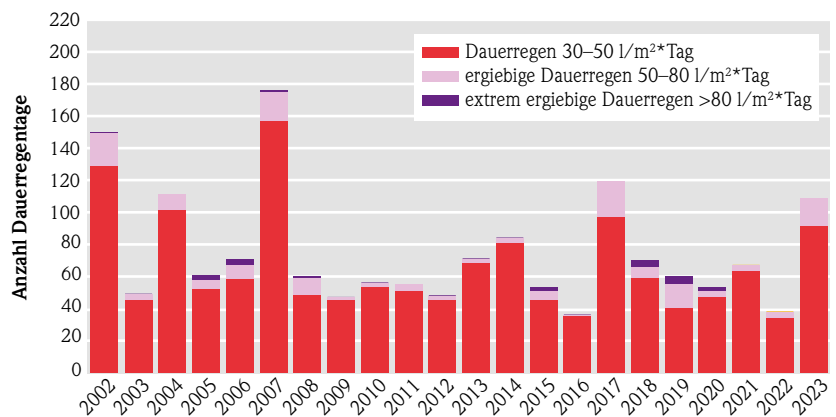
Abbildung 12 zeigt die Jahresniederschlagssummen für Hessen seit 1881. Neben den einzelnen Jahressummen sind die Mittelwerte der Referenzzeitreihen 1961–1990 von 793 l/m<sup>2</sup>, der Mittelwert von 1991–2020 von 762 l/m<sup>2</sup> und der über den gesam-

ten Zeitraum 1881–2023 gebildete Mittelwert von 753 l/m<sup>2</sup> dargestellt. Um langfristige Schwankungen oder Trends besser darstellen zu können, wird der gleitende Mittelwert der Jahressummen über 11 Jahre gebildet.



**Abb. 12:** Jahresniederschlagssummen 1881 bis 2023, Daten: DWD, Grafik: HLNUG

Deutlich sind langfristige dekadische Schwankungen der Niederschlagshöhen erkennbar. Hohe Niederschlagssummen, die über den Mittelwerten der Referenzreihen liegen, wurden in den 1960er, 1980er und im Zeitraum Mitte der 1990er Jahre bis ca. Mitte der ersten Dekade des 21. Jahrhunderts aufgezeichnet. In den letzten 20 Jahren waren die Jahresniederschläge abgesehen von den Jahren 2007 mit  $958 \text{ l/m}^2$  und 2017 mit  $836 \text{ l/m}^2$  vergleichsweise niedriger. Die langfristige Auswertung zeigt aber auch, dass ab Beginn der systematischen Wetteraufzeichnungen 1881 von Ausnahmen abgesehen bis zu Beginn der 1920er-Jahre, also über ca. 40 Jahre und in den 1930er, 1940er und teilweise 1950er Jahren die Jahresmittelwerte unter den Daten der Referenzzeitreihen lagen, die Perioden mit geringeren Niederschlägen also überwogen. So ist auch insgesamt der Mittelwert des gesamten betrachteten Zeitraums 1881 bis 2023 mit  $753 \text{ l/m}^2$  noch etwas niedriger als der Mittelwert der 30-jährigen Referenzperiode 1991–2020. Seit 1881 war 2023 das siebt-nasseste Jahr, wobei seit den siebziger Jahren die Jahre 1981 mit  $1\,084,4 \text{ l/m}^2$ , 2002 mit  $994,6 \text{ l/m}^2$  und 2007 mit  $957,8 \text{ l/m}^2$  nasser waren.



**Abb. 13:** Dauerregen: Anzahl der Regenereignisse unterschiedlicher Intensität in Hessen 2002–2023, Basis: Tagessummen hessischer Niederschlagsstationen, Daten und Grafik: HLNUG

Die hohen Regenmengen im Jahr 2023 wurden durch längere, ergiebige **Dauerregenlagen** bedingt. Eine Auswertung über Dauerregen verschiedener Intensitäten, gemessen als Tagessummen seit 2002 an hessischen Niederschlagsstationen kann der Abbildung 13 entnommen werden. Vergleichsweise wurden 2023 viele Dauerregentage festgestellt, wobei ergiebige Dauerregen mit Tageswerten von mehr als  $50 \text{ l/m}^2$  17-mal an verschiedenen hessischen Stationen gemessen wurden. Extrem ergiebige Tagessummen mit Werten  $>80 \text{ l/m}^2$  wurden an hessischen Stationen 2023 nicht registriert.

## Regionale Verteilung der Niederschläge

Die regionale Verteilung der Niederschläge kann Abbildung 14 entnommen werden. Höhere Niederschlagsmengen mit mehr als  $1\,200 \text{ l/m}^2$  fielen in den Mittelgebirgen, vor allem im Vogelsberggebiet, in der Rhön, im Spessart sowie in den westhessischen Gebirgen Westerwald, Gladenbacher Bergland und Rothaargebirge, im Taunus und in den nordhessischen Gebirgen Reinhardswald, Kellerwald und am Hohen Meißner. Trockener hingegen war es im Rheingau und im hessischen Ried sowie im Norden von Hessen mit Jahresniederschlagssummen unter  $700 \text{ l/m}^2$ . In den übrigen hessischen Gebieten gab es zumeist Gebietsniederschläge zwischen  $700$  und  $1\,000 \text{ l/m}^2$ .

In Tabelle 3 und den Grafiken der folgenden Abbildung 15 wird das Niederschlagsgeschehen an einzelnen, in verschiedenen Regionen Hessens liegenden

Niederschlagsmessstationen anhand der Monatssummen dargestellt und mit denen der vorangegangenen Jahre verglichen.

Hessenweit gab es regionale Unterschiede bei der Überregnung, jedoch waren in den meisten Regionen die Monate Februar, Mai, Juni und September zu trocken. Der regenreichste Monat war hessenweit der März. Auch im August, im November und im Dezember waren überall weit über dem Durchschnitt liegende Regenmengen zu verzeichnen.

An der Messstation **Bebra** in **Nordhessen** lag die Jahresniederschlagssumme mit  $721 \text{ l/m}^2$   $120 \text{ l/m}^2$  (20%) über dem Durchschnittswert von  $600,6 \text{ l/m}^2$ . Der März wies mit  $77 \text{ l/m}^2$  die höchste Abweichung zum monatlichen Mittelwert auf (+84 %).



Die größten Regenmengen fielen in den Sommermonaten Juli und August mit 101,2 l/m<sup>2</sup> bzw. 101,8 l/m<sup>2</sup> (45 bzw. 80 % über den Mittelwerten). Am Jahresende, in den Monaten Oktober bis Dezember, fiel etwa 50 % mehr Regen als im langjährigen Vergleich

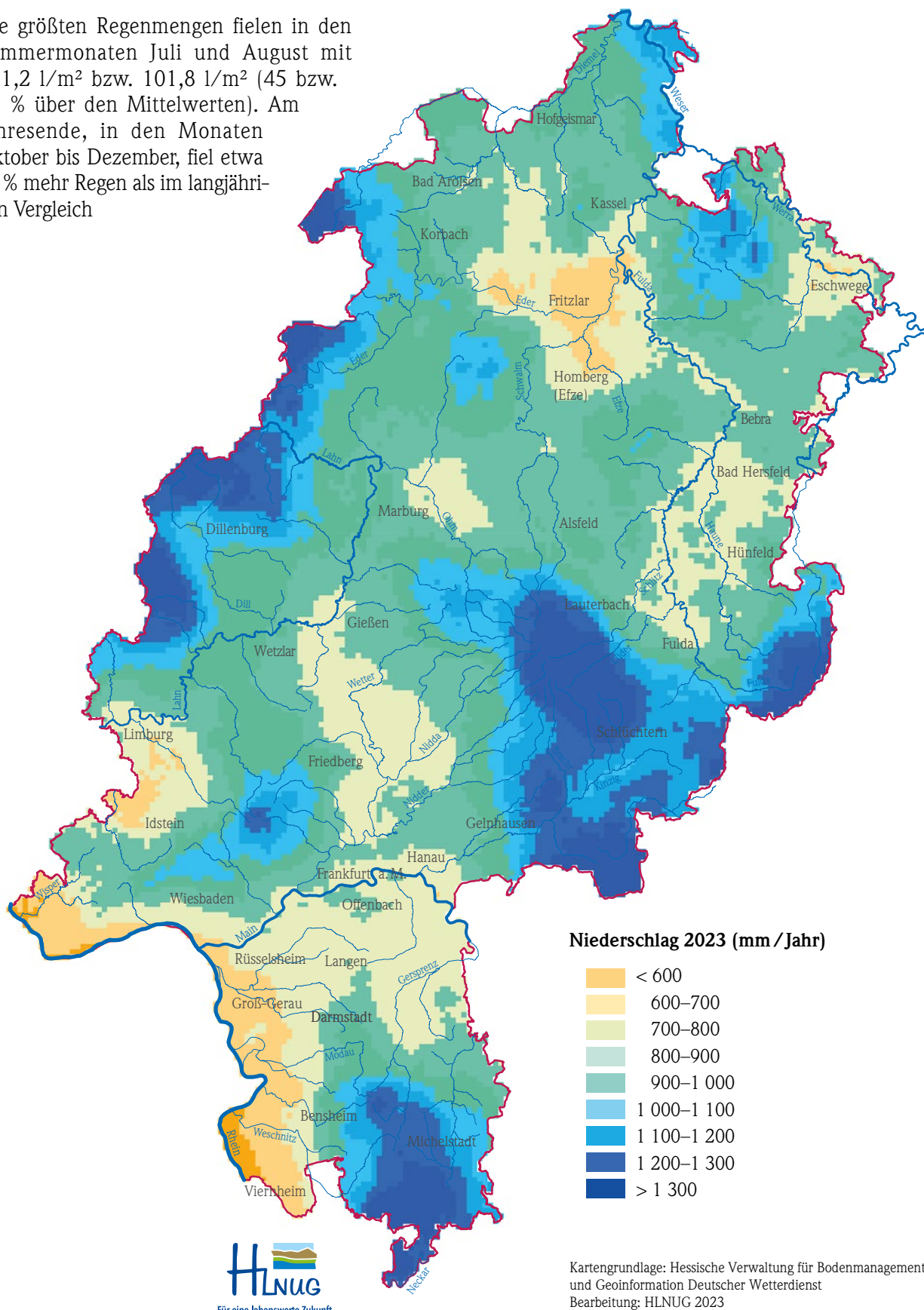


Abb. 14: Niederschlagsverteilung in Hessen 2023, Daten: DWD, Karte: HLNUG

**Tab. 3:** Niederschlagswerte [l/m<sup>2</sup>] ausgewählter hessischer Niederschlagsmessstellen 2023, Daten: HLNUG

Messstation	Bebra		Marburg		Mademühlen		Hochwaldhausen		Modautal	
Höhenlage [m über NN]	192		325		548		475		313	
Monat	Niederschlag Monatssumme [l/m <sup>2</sup> ]									
	Mittel 1991–2020	2023	Mittel 1991–2020	2023	Mittel 1991–2020	2023	Mittel 1991–2020	2023	Mittel 2005–2020	2023
Jan	49	51	61	88	112	188	151	246	71	107
Feb	37	35	45	32	87	38	115	94	68	26
Mrz	42	77	45	118	87	163	109	287	70	121
Apr	35	48	41	71	58	97	68	91	52	108
Mai	60	35	65	40	69	53	86	26	90	47
Jun	58	30	64	17	72	26	73	21	78	4
Jul	70	102	71	76	94	134	100	164	77	107
Aug	57	102	61	109	85	141	84	163	94	137
Sep	47	26	55	38	80	104	93	52	63	31
Okt	45	67	55	60	90	116	109	144	71	116
Nov	50	73	56	101	96	174	111	217	72	163
Dez	50	77	69	105	126	199	161	284	99	125
Jahressumme	601	721	690	853	1 056	1 433	1 258	1 790	904	1 092

Anfang des Jahres, im Januar und Februar, lagen die Niederschläge in der Größenordnung der langjährigen Referenzwerte. Im April waren sie etwas höher. Sehr trocken hingegen war es im Mai, Juni und September.

In **Mittelhessen** an der **Station Marburg-Lahnberge** fiel im Jahresmittel mit 852,7 l/m<sup>2</sup> 163 l/m<sup>2</sup> (24 %) mehr Regen als im Mittel, das 689,5 l/m<sup>2</sup> beträgt. Regenreichster Monat war hier der März mit 118,1 l/m<sup>2</sup>. Es regnete mehr als das Zweieinhalbfache des langjährigen monatlichen Mittels von 45 l/m<sup>2</sup>. Weitere Monate mit weit überdurchschnittlichen Regenmengen waren der Januar, der August und am Jahresende der November und Dezember. Trocken, mit unterdurchschnittlichen Niederschlägen war es 2023 in den Monaten Februar, Mai, Juni und September.

An der Messstation **Driedorf-Mademühlen im Westen** wurden im Jahr 2023 insgesamt 1 433,2 l/m<sup>2</sup> registriert und somit 377,5 l/m<sup>2</sup> (36 %) mehr als im langjährigen Mittel von 1 055,8 l/m<sup>2</sup>. Hier fielen die höchsten Jahresniederschlagsmengen seit 1981. Aufgrund der Lage im Westen fielen hier vergleichsweise hohe Niederschläge, da die regenreichen Tiefdruckgebiete aus westlicher Richtung kamen. Regenreichster Monat war der Dezember mit 199,1 l/m<sup>2</sup> (+73 l/m<sup>2</sup> (58 %)). Weitere regenreiche Monate waren Januar, März und April und alle Monate in der zweiten Jahreshälfte. Zu trocken war es hier im Februar, im Mai und im Juni.

Im **Vogelsberg** an der Messstation **Grebhain-Ilbeshausen-Hochwaldhausen** fielen im Jahr 2023 mit 1 789,5 l/m<sup>2</sup> 531,8 l/m<sup>2</sup> (42 %) mehr Regen als im Mittel (1 257,7 l/m<sup>2</sup>). Die höchsten Niederschläge

traten in den Monaten Januar, März, November und Dezember auf. Die größte Monatssumme wurde im März mit  $286,7 \text{ l/m}^2$  ( $+177,6 \text{ l/m}^2$  (163%)) registriert. Aber auch in den Sommermonaten Juli und August sowie im Januar gab es überdurchschnittlich hohe Niederschläge. Trockene Monate hingegen waren Mai, Juni und September. Unterdurchschnittliche Regenmengen fielen auch im Februar. Im Jahr 2023 fiel hier insgesamt die höchste Niederschlagsmenge seit 1981.

Da die Messstation Stockstadt in **Südhes-****sen** 2023 wie auch im Vorjahr teilweise ausgefallen war, werden die Niederschlagsdaten der Messstation Modautal-Brandau betrachtet. Auch hier entsprach der Jahresgang weitgehend dem der übrigen hessischen Stationen. Unterdurchschnittliche Regenmengen fielen hier ebenfalls im Februar, im Mai, im Juni und im September, wobei der Juni mit einem Monatsniederschlag von nur  $4,1 \text{ l/m}^2$  extrem trocken war und nur 5% des langjährigen Monatswertes betrug. Alle übrigen acht Monate waren zu nass, wobei hier im November mit  $162,8 \text{ l/m}^2$  die höchsten Niederschläge in einem Monat niedergingen. Insgesamt wurden hier im Jahr 2023  $1\,091,9 \text{ l/m}^2$  registriert, dies sind  $188,2 \text{ l/m}^2$  (21%) mehr als der Mittelwert von  $903,7 \text{ l/m}^2$ .

## Starkregen

Im Gegensatz zum Vorjahr 2022 gab es 2023 zahlreiche Starkregen. An hessischen Niederschlagsmessstationen wurden, bezogen jeweils auf eine Stunde, 64 Starkregen registriert. Dabei traten Starkregen der Stufe 3 nur zweimal auf. Hier werden nur stationsbasierte Daten des HLNUG ausgewertet. Aufgrund der Stationsdichte und der extrem lokalen Verteilung können nicht alle Starkregen erfasst werden. Hierzu sind Auswertungen von

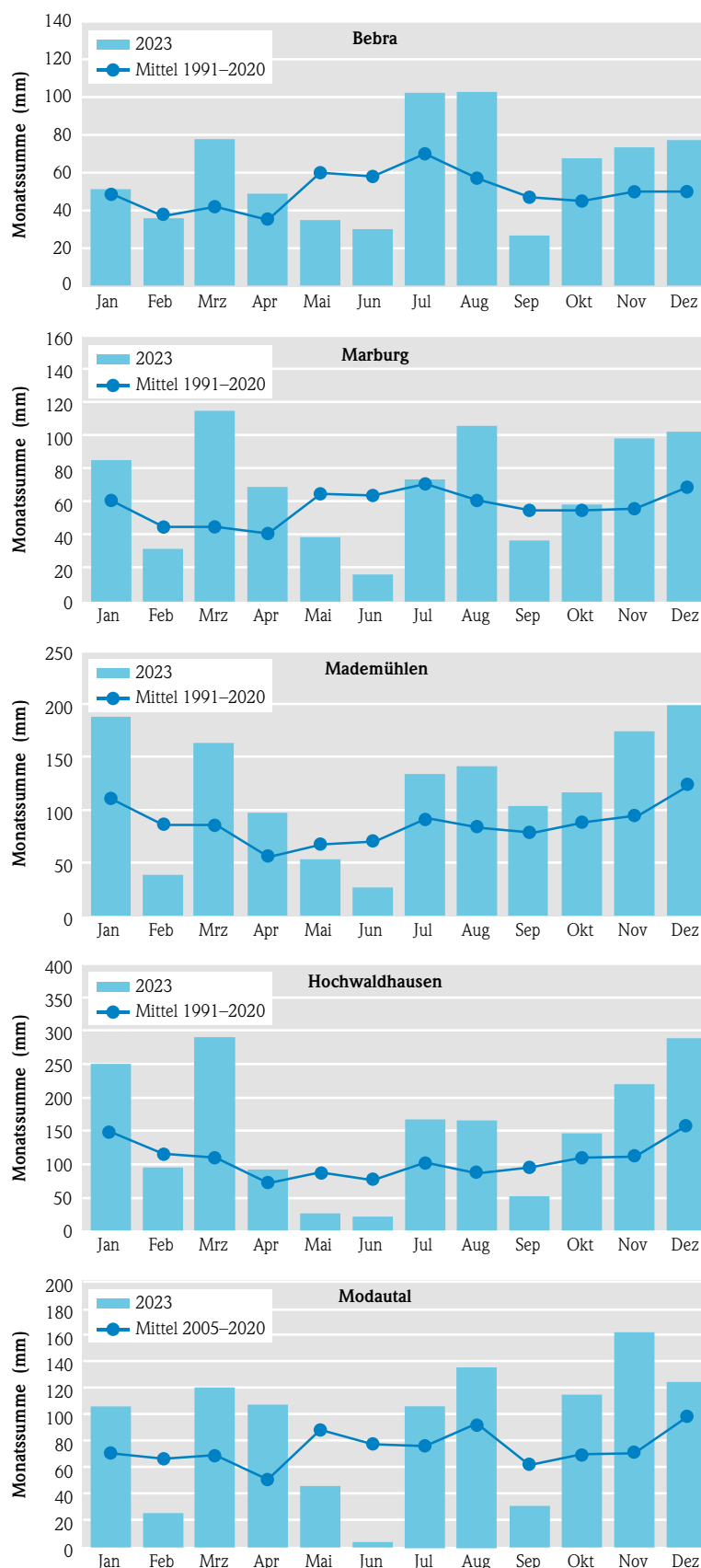
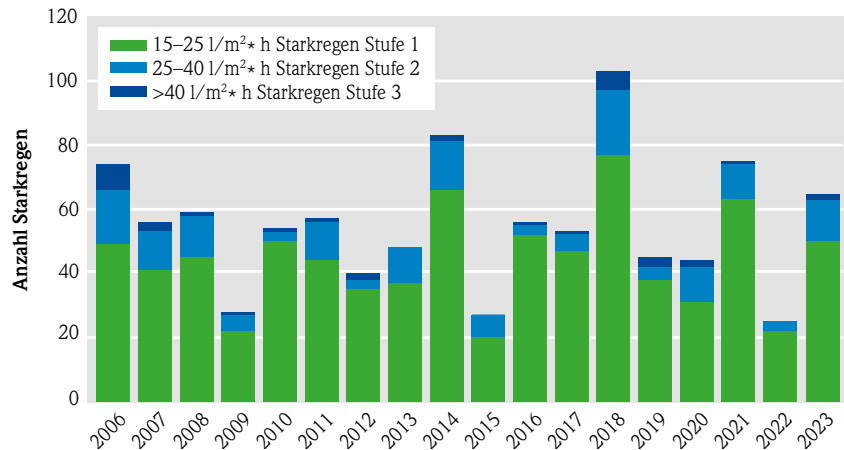


Abb. 15: Monatsniederschläge an fünf hessischen Niederschlagsmessstationen, Daten und Grafik: HLNUG, ungeprüfte Rohdaten

Niederschlagsradardaten des Deutschen Wetterdienstes [3] geeignet. Weitere Informationen und Auswertungen zu Starkregen können dem LAWA Starkregenportal [4] entnommen werden.

Zwei Ereignisse im Jahr 2023 werden in den jeweiligen Regionen so schnell nicht in Vergessenheit geraten.



**Abb. 16:** Anzahl Starkregen, Stufen 1, 2 und 3, in Hessen 2006–2023, Basis: Stunden-summen hessischer Niederschlagsstationen, Daten und Grafik: HLNUG

### Erläuterung Starkregenstufen aus dem Wetterlexikon des DWD [1]:

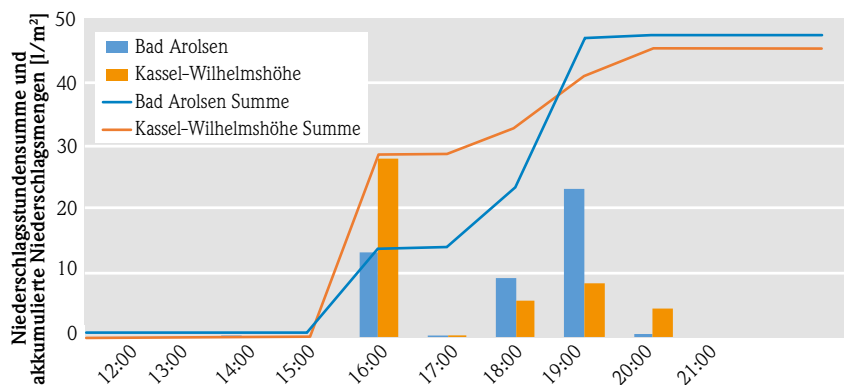
Stufe 1	Regenmengen 15 bis 25 l/m <sup>2</sup> in 1 Stunde oder 20 bis 35 l/m <sup>2</sup> in 6 Stunden
Stufe 2	Regenmengen >25 bis 40 l/m <sup>2</sup> in 1 Stunde oder > 35 l/m <sup>2</sup> bis 60 l/m <sup>2</sup> in 6 Stunden
Stufe 3	Regenmengen >40 l/m <sup>2</sup> in 1 Stunde oder > 60 l/m <sup>2</sup> in 6 Stunden

## Raum Kassel am 22. Juni 2023

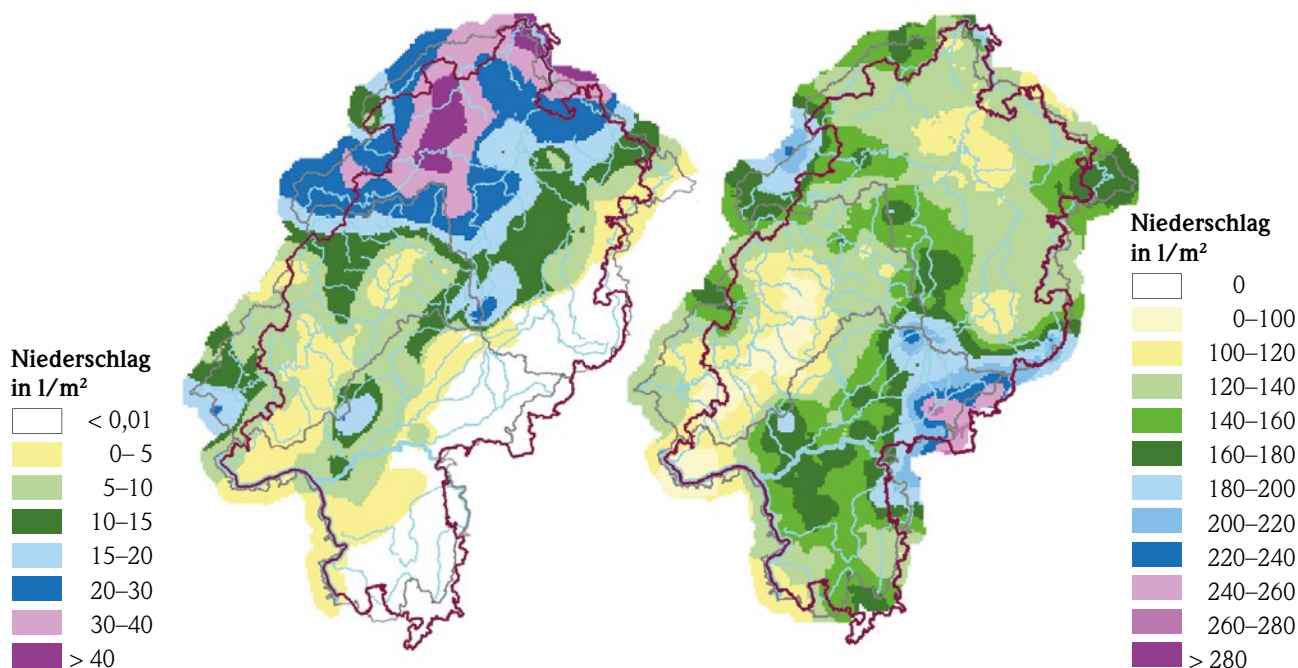
Am Donnerstag, den 22.6.2023 zogen von Westen mit dem Tief Lambert Tiefdruckgebiete mit eingelagerten Gewitterzellen über die Mitte Deutschlands. Diese führten regional in Nordrhein-Westfalen, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Teilen Hessens zu erheblichen Starkniederschlägen. In wenigen Stunden wurden an einzelnen hessischen Niederschlagsstationen etwa 50 l/m<sup>2</sup> gemessen (Abb. 17 und 18). Laut Deutschem Wetterdienst (DWD) fielen gebietsweise über 100 l/m<sup>2</sup> [5].

Besonders betroffen war der Norden Hessens, wie der Raum Kassel und das Edergebiet. Hier wurden an den landeseigenen Messstationen Kassel und Bad Arolsen für den Zeitraum von ca. 16:30 bis 22:00 Uhr mehr als 50 l/m<sup>2</sup> Niederschlag vermischt mit großen Hagelkörnern registriert (Abb. 18). In den betroffenen Regionen führte dies lokal zu erheblichen Überschwemmungen von Straßen, Unterführungen und Kellern. Laut

Medienberichten gab es allein im Raum Kassel mehr als 1 000 Notrufe. 400 Einsatzkräfte waren im Einsatz [2]. Wie von Betroffenen vor Ort in Erfahrung gebracht, waren kleinere Gewässer wie die Drusel in kürzester Zeit randvoll. Auf die größeren Gewässer hatten die lokalen Unwetter keine nennenswerten Auswirkungen. Die Wasserstände stiegen zwar an, Hochwassermeldestufen wurden jedoch nicht überschritten.



**Abb. 17:** Stundenniederschläge und akkumulierte Niederschlagsmengen am 22. Juni 2023 im Raum Kassel, Daten und Grafik: HLNUG



**Abb. 18:** Interpolierte Stationsniederschläge am 22. Juni 2023 von 16 bis 22 Uhr aus LARSIM (HLNUG)

**Abb. 19:** Interpolierte Stationsniederschläge im August 2023 aus LARSIM (HLNUG)

Ganz im Norden im Oberlauf der Lahn kam es verbreitet zu Niederschlagssummen um die 20 l/m<sup>2</sup>. Da sich die Gewitter und Starkregenereignisse jedoch vor allem über dem Norden und dem Westen

Hessens entladen haben, wurden an den südlichen und den östlichen Niederschlagsmessstationen in Hessen keine oder nur geringe Regenmengen gemessen.

## Süd- und Osthessen im August 2023

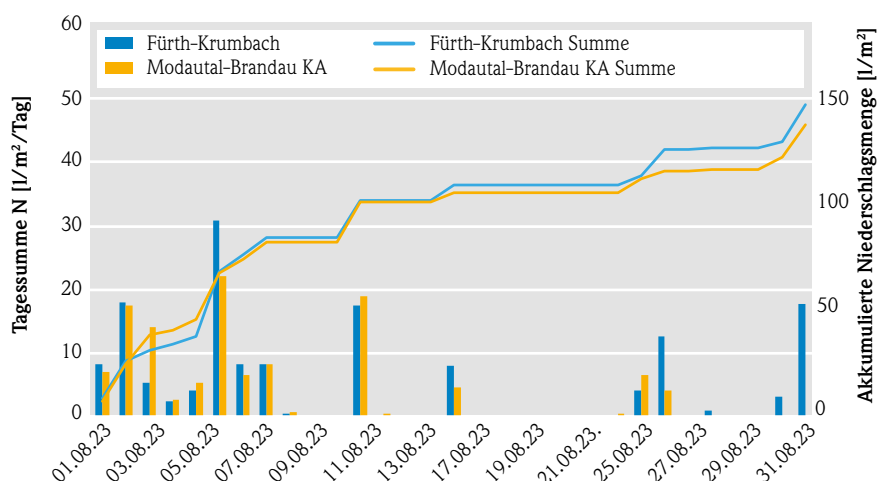
Im August kam es mehrmals zu Regenereignissen mit hohen Niederschlägen, vor allem im Osten (Rhön und Spessart), in Südhessen (hessisches Ried, Odenwald), Kinzig- und Niddergebiet, im Taunus und im Vogelsberggebiet. Die regionale Verteilung der Niederschläge im August kann Abbildung 19 entnommen werden. Die Niederschläge, die in mehreren Phasen auftraten, wie beispielhaft in Abbildung 20 dargestellt, führten in den betroffenen Regionen zu Überschwemmungen und Hochwassermeldestufenüberschreitungen in mehreren Phasen.

Die erste Phase dauerte vom 1. bis zum 5. August 2023. Es kam kurzzeitig zu Meldestufenüberschreitungen an Gewässern.

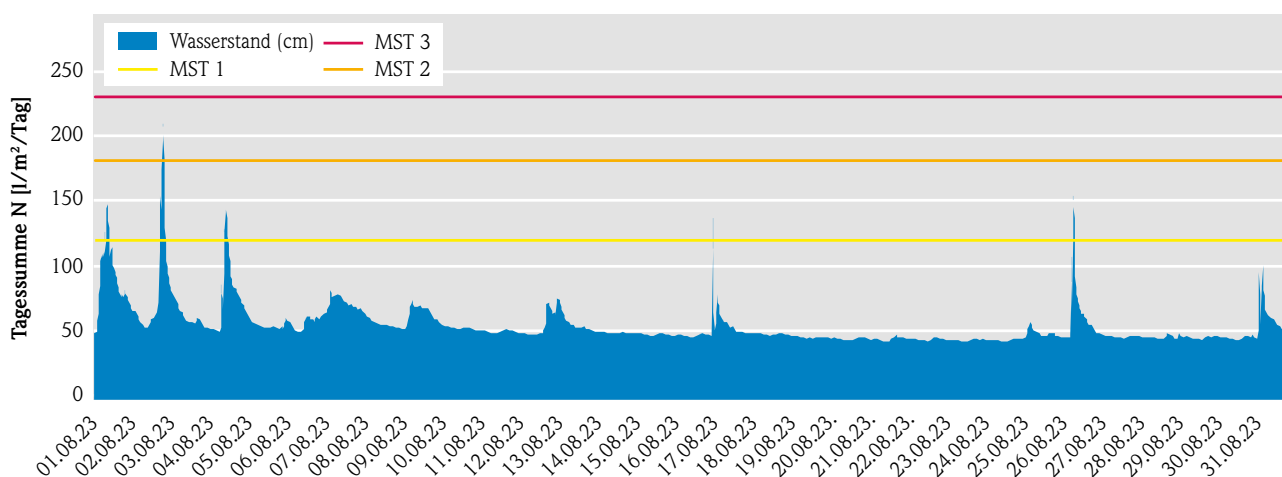
Ab dem Nachmittag des 16. Augustes zogen wieder von Südwesten örtliche Gewitter mit Starkregen über Hessen. Es kam zeitweise zu kräftigem und gebietsweise schauerartig verstärktem Regen mit

vereinzelt Niederschlagssummen bis 60 l/m<sup>2</sup>. Dadurch kam es zu steigenden Wasserständen mit Meldestufenüberschreitungen in der Nacht vom 16. auf den 17. August an mehr als 15 Pegeln. Auch abseits von Gewässern kam es zu Überflutungen. Im Raum Frankfurt kam die Feuerwehr 515-mal zum Einsatz. Der Bahnhof Frankfurt-Süd, besonders die B-Ebene, musste wegen Überflutung geschlossen werden, da die Wassermassen die Treppen und Rolltreppen zur U-Bahn hinabschossen [6].

Auch im weiteren Monatsverlauf, vor allem am 25. und 26. August wurden vereinzelt infolge ergiebiger lokaler Regenfälle kurzzeitig Meldestufenwerte in den Gewässern überschritten. Beispielhaft für den Hochwasserverlauf in den betroffenen Regionen sind die Wasserstände am Pegel Eberstadt/Modau dargestellt (Abb. 21).



**Abb. 20:** Tagesniederschläge und akkumulierte Niederschlagsmengen im August 2023 an Niederschlagsmessstationen in Südhessen, Daten und Grafik: HLNUG



**Abb. 21:** Wasserstände am Pegel Eberstadt/Modau mit Meldestufenüberschreitungen im August 2023 (MST = Meldestufe), Daten und Grafik: HLNUG

## Literatur

- [1] Deutscher Wetterdienst (DWD): Wetter- und Klimalexikon <https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html?lv2=102248&lv3=102572>
- [2] Hessenschau vom 23.05.2023, <https://www.hessenschau.de/panorama/unwetter-chaos-in-kassel-auswirkungen-weiter-spuerbar-v2,unwetter-kassel-128.html>
- [3] Deutscher Wetterdienst [https://www.dwd.de/DE/Home/home\\_node.html](https://www.dwd.de/DE/Home/home_node.html)
- [4] LAWA Starkregenportal <https://starkregenportal.de/>
- [5] Hydro-klimatologische Einordnung der Stark- und Dauerniederschläge in Teilen Deutschlands im Zusammenhang mit dem Tiefdruckgebiet „Lambert“ vom 22. bis 23. Juni 2023 [https://www.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/niederschlag/20230627\\_starkniederschlaege\\_tief-lambert.html?nn=510076#download=1](https://www.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/niederschlag/20230627_starkniederschlaege_tief-lambert.html?nn=510076#download=1)
- [6] Frankfurter Rundschau 19.08.2023, <https://www.fr.de/frankfurt/blitz-regen-enorme-schaeden-starkem-gewitter-frankfurt-unwetter-92466211.html>

## 3 Oberflächengewässer

### 3.1 Wasserstand und Durchfluss

MONIKA SPICKER & CORNELIA LÖNS-HANNA

#### Pegelmessnetz, Zielsetzung & 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 (Abb. 22, 23 und 24). Diese erfassen und dokumentieren den Ist-Zustand des Abflusses 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 des Bundes (WSV) betreibt an den Bundeswasserstraßen in Hessen weitere 20 Pegel.



Abb. 22: Pegel Bad Vilbel an der Nidda © HLNUG

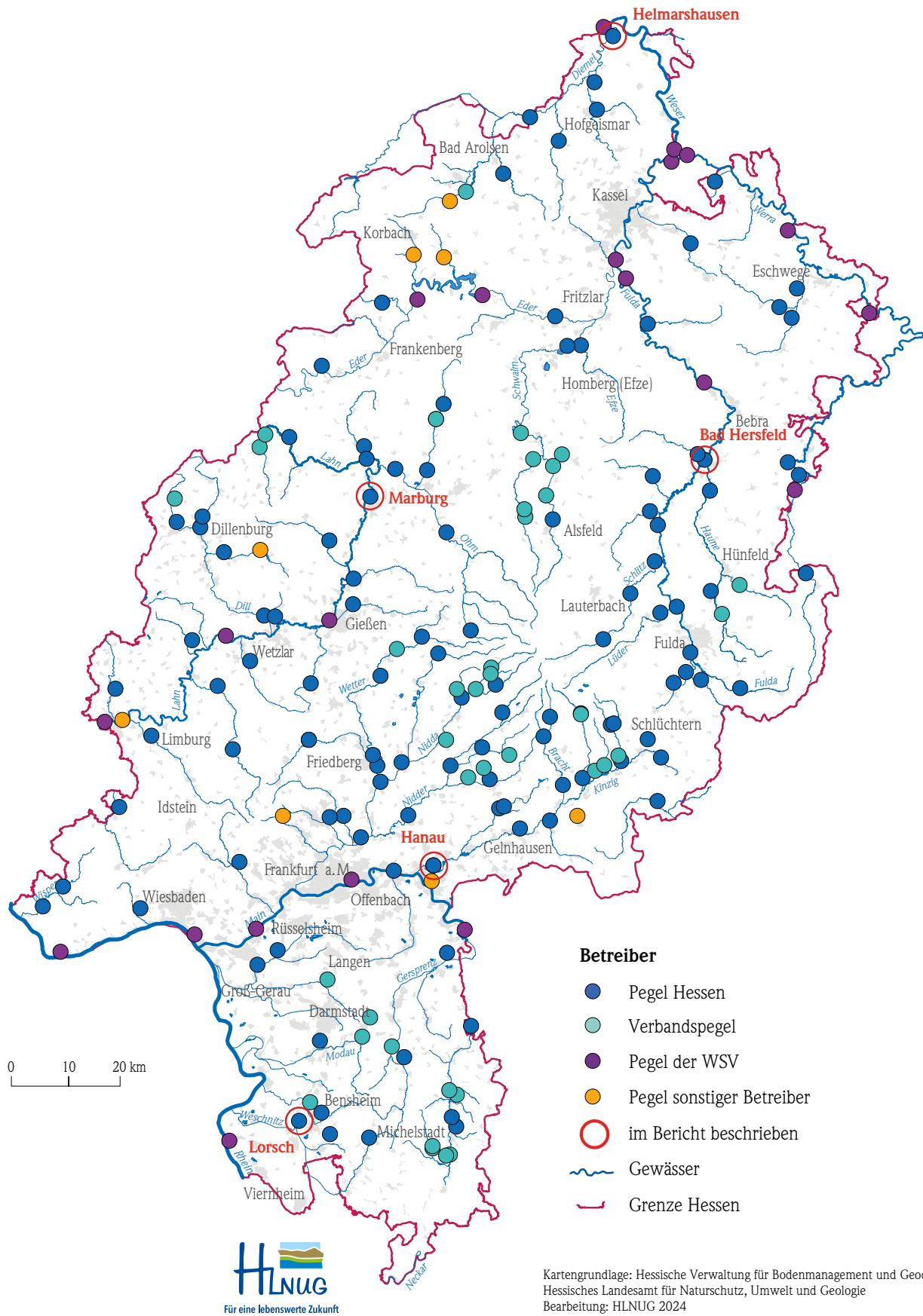


Abb. 23: Pegelmessnetz, Daten und Karte: HLNUG





Abb. 24: Pegel Bonbaden am Solmsbach © HLNUG

Die aktuellen Messwerte der Pegel sowie weitere Informationen sind im Internet auf der HLNUG-Webseite dargestellt: <https://www.hlnug.de/static/pegel/wikiweb3/webpublic/#/overview/Wasserstand>.

Das Pegelmessnetz muss die Entwicklung der Abflüsse entlang der Gewässer und das Abflussgeschehen

in den verschiedenen Einzugsgebieten erfassen. Die einzelnen Pegel sind je nach Funktion mit 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 ausgerüstet.

## Ergebnisse 2023

Das Durchflussverhalten der hessischen Gewässer wird zusammenfassend in den Abbildungen 25 und 26 dargestellt. Hierfür wurden die Durchflüsse von 16 repräsentativen, hessischen Gewässern ausgewertet und auf die ganze Fläche Hessens hochgerechnet. Stand der Auswertung ist Februar 2024.

Als **neue Referenzperiode** gilt ab dem Jahr 2021 der Zeitraum von **1991–2020**. Geprüfte Daten lie-

gen jedoch noch nicht bis zum Ende dieser Reihe vor, sodass das Jahr 2020 zwar plausibilisiert, aber nicht abschließend geprüft wurde.

Im Gegensatz zu den vorherigen Jahren kam es im Jahr 2023 zu mehr Abfluss (ca. 140 %) als im langjährigen Mittel. Insbesondere die Monate April, November und Dezember waren relativ gesehen sehr abflussstark, aber auch im August gab es fast doppelt

so viel Abfluss wie im langjährigen Mittel. Heraus sticht der Dezember: In diesem Monat fließen im langjährigen Mittel  $267 \text{ m}^3/\text{s}$  aus Hessen ab, 2023 waren es sogar  $622 \text{ m}^3/\text{s}$ . Nur vier Monate zeigen im Vergleich zum langjährigen Mittel ein Abflussdefizit, mit  $-37\%$  im Juni bis  $-5\%$  im Februar fallen diese Abweichungen jedoch sehr moderat aus.

Eine ausgeprägte längere **Niedrigwasserphase** wie in den Vorjahren gab es zumindest in Hessen im Jahr 2023 nicht. Nur in den Sommermonaten Juni und Juli sanken die Wasserstände und Durchflüsse. Zwei Pegel fielen im Juni zeitweise trocken. Im Juli wurde an zwei Dritteln der Pegel Tage mit niedriger Wasserführung registriert, dabei trat an 40 Pegeln mehr als den halben Monat lang Niedrigwasser auf. Zwei Pegel fielen auch in diesem Monat wieder zeitweise trocken. Auswertungen zur wasserwirtschaftlichen Situation in den einzelnen Monaten können den Wasserwirtschaftlichen Monatsberichten [1] entnommen werden.

Zu **Hochwasser** ist es dagegen durch viele Dauerregentage sowie etliche Gewitterlagen (Kap. 2.4) in fast allen Monaten gekommen, einzig im Juli und September wurden keine Meldestufenüberschreitungen an Pegeln registriert.

Ab der zweiten **Januar**woche trafen Niederschläge auf wassergesättigte Böden und gut gefüllte Gewässer, somit trat in vielen Regionen Hessens Hochwasser auf. Betroffen waren vor allem das Lahn- und das Fuldagebiet. Auch die aus dem Vogelsberg gespeisten Zuflüsse zum Kinzig- und Niddagebiet führten Hochwasser. Vereinzelt wurden, oft nur kurzzeitig, auch Meldestufen in Gewässern aus dem Taunus überschritten. In den Oberläufen im Fuldagebiet, der Ulster, der Eder und der Kinzig gab es im **Februar** Hochwasser mit Meldestufenüberschreitungen, ebenfalls in den ersten **März**wochen. Dieses Mal lag der Schwerpunkt vor allem im Fuldagebiet, in der Kinzig und im Lahnggebiet. Am ersten **April**wochenende kam es erneut zu Hochwasser, betroffen waren viele hessische Gebiete. Insgesamt wurden

an mehr als 30 Pegeln Meldestufen überschritten, davon kurzzeitig an zwei Pegeln die Meldestufe 3. Die lokalen Starkregen im Westen gegen Ende der dritten **Mai**woche führten an kleineren Gewässern im mittleren Einzugsbereich der Lahn zu schnellen und starken Wasserstandsanstiegen. Am Pegel Bonbaden am Solmsbach wurde kurzzeitig die Meldestufe 3 erreicht. Im **Juni** kam es im Raum Kassel durch die intensiven Regenfälle zu starken Überflutungen, die sich auch in den dortigen Bächen widerspiegelten. Schwergewitterlagen im **August** führten zu Meldestufenüberschreitungen an mehr als 15 Pegeln. Die beiden bemerkenswerten Starkregenereignisse von Juni und August sind im Kapitel 2.4 ausführlich beschrieben. Kurzzeitig kam es in den letzten **Oktober**tagen und im **November** vereinzelt an Gewässern zur Überschreitung der ersten Meldestufe, von denen auch die großen Gewässer Rhein und Neckar betroffen waren.

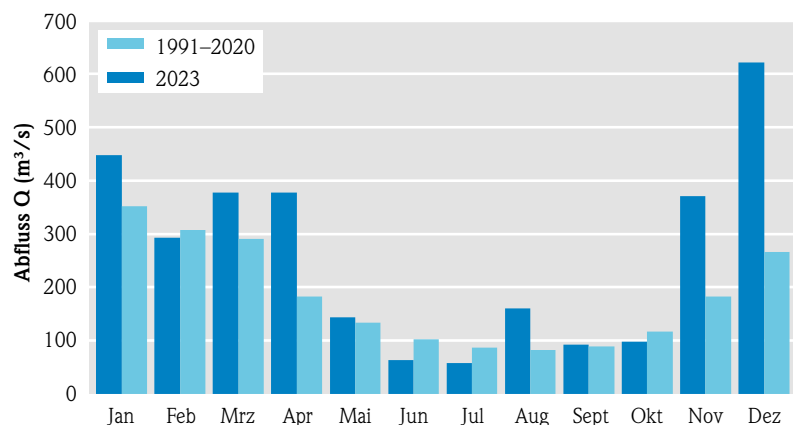


Abb. 25: Vergleich des mittleren monatlichen Abflusses (MQ) mit dem langjährigen mittleren Monatsabfluss (MQ<sub>Reihe 1991-2020</sub>) in Hessen

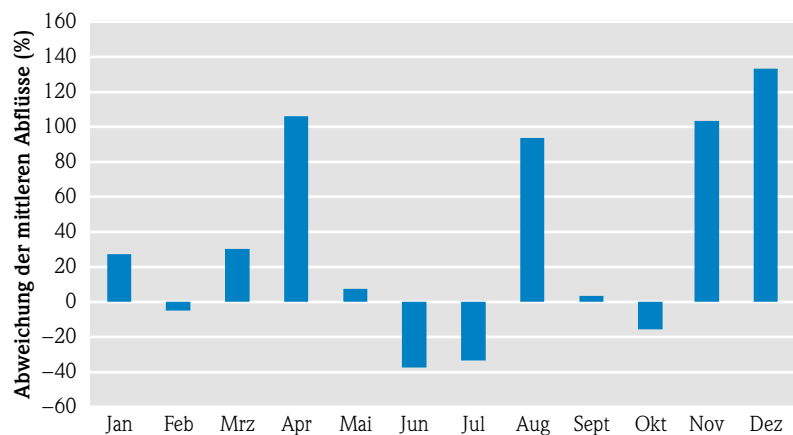
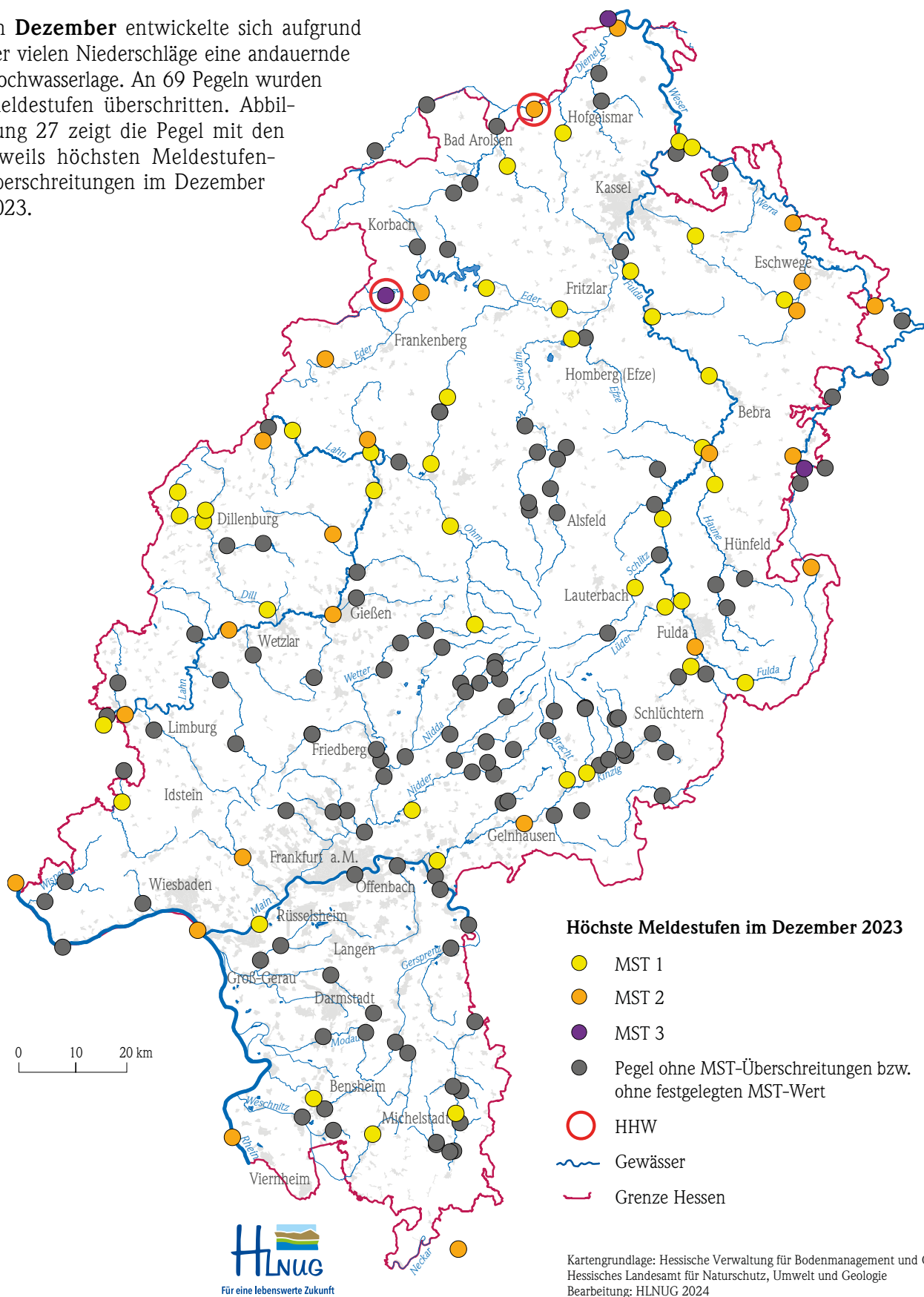


Abb. 26: Abweichung des mittleren monatlichen Abflusses (MQ) vom langjährigen Monatsmittel (MQ<sub>Reihe 1991-2020</sub>) in Hessen

Im **Dezember** entwickelte sich aufgrund der vielen Niederschläge eine andauernde Hochwasserlage. An 69 Pegeln wurden Meldestufen überschritten. Abbildung 27 zeigt die Pegel mit den jeweils höchsten Meldestufen-überschreitungen im Dezember 2023.



**Abb. 27:** Höchste Hochwassermeldestufen im Dezember 2023, Daten und Karte: HLNUG



**Abb. 28:** Pegel Helmarshausen an der Diemel bei Hochwasser im Dezember 2023 und bei Niedrigwasser 2019 © Falko Eberle, RP Kassel, Standort Kassel

Betroffen waren nahezu alle Gewässereinzugsgebiete in Hessen sowie die großen Wasserstraßen Rhein, mit den Zuflüssen Neckar und Main, und Weser mit der Werra, der Fulda und ihren Zuflüssen.

Im **Fuldagebiet mit ihren Zuflüssen im Ober- und Mittellauf** bis zum Pegel Grebenau wiesen im Dezember 2023 an den Weihnachtstagen 24.–26.12. die Pegel Bronnzell/Fulda und Bad Hersfeld 1/Fulda die Meldestufe 2 auf. Meldestufe 1 wurde an elf weiteren Pegeln erreicht. An allen Pegeln im Fuldaoberlauf und -mittellauf bis Rotenburg lag die Wiederkehrwahrscheinlichkeit unter zwei Jahren, d.h. mit derartigen Wasserständen ist im statistischen Mittel einmal in zwei Jahren oder häufiger zu rechnen. Das Hochwasser am Pegel Adelhhausen an der Pflieffe erreichte eine Jährlichkeit von zwei bis fünf Jahren.

Am hessischen **Werra-Abschnitt** und seinen Zuflüssen sowie an **den hessischen Weserpegeln** wurden im Dezember 2023 an elf Pegeln Meldestufen überschritten. An Ulster, Wehre und Sontra sowie an der Werra traten die höchsten Meldestufen im Zeitraum 23. bis 25. Dezember 2023 auf. Der Weserzufluss Diemel mit seinen aus Hessen kommenden Zuflüssen Twiste, Erpe, Warme und Lempe war an den Weihnachtstagen ebenfalls stark von Hochwasser betroffen. So wurden am 24.12. an der Diemel

an den Pegeln Hueda und Helmarshausen (Abb. 28) jeweils die Meldestufe 2 erreicht. Am Pegel Hueda handelte es sich sogar um den höchsten bisher erreichten Wasserstand (HHW). Die Pegel Günthers/Ulster, Heimbaldshausen/Werra, Heldra/Werra, Hoheneiche/Sontra, Niddawitzhausen/Wehre und Allendorf/Werra erreichten Werte der Meldestufe 2. Am Pegel Philippsthal/Ulster wurde die Meldestufe 3 überschritten. Statistisch gesehen hatte das Hochwasser am Pegel Philippsthal eine zwei- bis fünfjährige und an den Pegeln Hoheneiche und Niddawitzhausen eine fünf- bis zehnjährliche Wiederkehrwahrscheinlichkeit. Die Hochwasserscheitel an den Pegeln Günthers und Bischhausen wiesen Durchflüsse auf, die das Ereignis als Hochwasser einstufen lässt, das häufiger als alle zwei Jahre auftritt. Während der Weserpegel Hannoversch-Münden Meldestufe 1 mit seinem höchsten Wert am 25. Dezember erreichte, lagen die Höchstwerte am Pegel Bad Karlshafen/Weser am 26. Dezember im Bereich der Meldestufe 3.

Im **Lahngebiet** gab es die meisten Meldestufenüberschreitungen ebenfalls an den Weihnachtstagen im Zeitraum 23. bis 25. Dezember 2023. Dabei wurde die Meldestufe 2 an den Pegeln Breidenbach/Perf, Niederwetter/Wetschaft, Etzelmühle/Salzböde sowie an den Lahnpegeln Limburg-Schleuse-UP, Gießen-Klärwerk und Leun erreicht. Die



Abb. 29: Hochwasser an der B42 bei Oestrich-Winkel, Dezember 2023 © HLNUG

Wiederkehrwahrscheinlichkeit lag an den meisten Pegeln unter 2 Jahren. An den Pegeln Dillenburg 2/ Dietzhölze und Haiger/Dill, die jeweils Meldestufe 1 erreichten, wird die Jährlichkeit mit zwei bis fünf Jahren angegeben.

In Südhessen wiesen die **Kinzig** und vier Pegel **in ihrem Einzugsgebiet** Meldestufenüberschreitungen auf, davon dreimal Meldestufe 1 und einmal Meldestufe 2. Die erste Hochwasserwelle mit Meldestufenüberschreitungen gab es bereits am 11. und 12. Dezember 2023, höhere Werte wurden um die Weihnachtszeit erreicht. Am Pegel Gelnhausen/Kinzig wurde am 24.12. die Meldestufe 2 erreicht, die Pegel Bad Soden/Salz, Weilers/Bracht und Hanau/Kinzig wiesen Meldestufe 1 auf. Die Jährlichkeit am Pegel Hanau wurde als zwei- bis fünfjährlich eingestuft, die anderen Jährlichkeiten lagen unter zwei Jahren. In der **Nidda und im Nidda-Einzugsgebiet** wurde im Dezember 2023 am Pegel Windecken/Nidda die Meldestufe 1 erreicht. Von den **kleineren Gewässern im Süden** Hessens, die direkt zum Main oder Rhein fließen, gab es an vier Pegeln Meldestufenüberschreitungen, dreimal Meldestufe 1 an den Pegeln Fahrenbach/Weschnitz, Auerbach/

Winkelbach und Michaelstadt/Mümling sowie Meldestufe 2 am Pegel Eppstein/Schwarzbach (Taunus).

Am Pegel **Mainz/Rhein**, wie auch an den anderen am **hessischen Rheinabschnitt** liegenden Pegeln traten die höchsten Wasserstände am 15. und 16. Dezember 2023 auf. Dabei wurde an den Pegeln Worms, Mainz und Kaub jeweils die hessische Meldestufe 2 überschritten. Am Pegel **Rockenau/Neckar** wurde der höchste Wasserstand am 23. Dezember erreicht, was der Meldestufe 2 entspricht. Der Pegel **Raunheim/Main** überschritt im Dezember die Meldestufe 1. Wie in Abbildung 29 zu sehen, führte das Hochwasser regional zu Einschränkungen, beispielsweise durch überflutete Straßen, wie hier an der B 42 im Rheingau.

Die Hochwasserlage setzte sich im Folgejahr 2024 weiter bis in den Februar fort. Eine ausführliche Auswertung und Beschreibung des Winterhochwassers 2023/2024 kann dem Bericht „Hochwasser in Hessen, Winter 2023/2024 und Juni 2024“ entnommen werden [2].

Beispielhaft für den **Abflussverlauf der hessischen Gewässer 2023** 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 (Tab. 4 sowie Abb. 30 und 31).

Die beiden abflussstarken Monate November und Dezember zeigen sich bei jedem dieser fünf genauer untersuchten Pegel. Fast ausnahmslos liegen die relativen Monatsminima im Juni. Hier ist nur der nordhessische Pegel Helmarshausen/Diemel eine Ausnahme, der im Vergleich zum langjährigen Mittel bereits im Januar die prozentual kleinsten Abflüsse aufweist. Der relativ größte Abfluss bildet sich am Pegel Hanau an der Kinzig aus, dicht gefolgt vom Pegel Marburg an der Lahn. Hier wurden im Jahr 2023 mit 156 % bzw. 153 % etwas mehr als die 1,5-fache Menge des langjährigen Mittels gemessen.

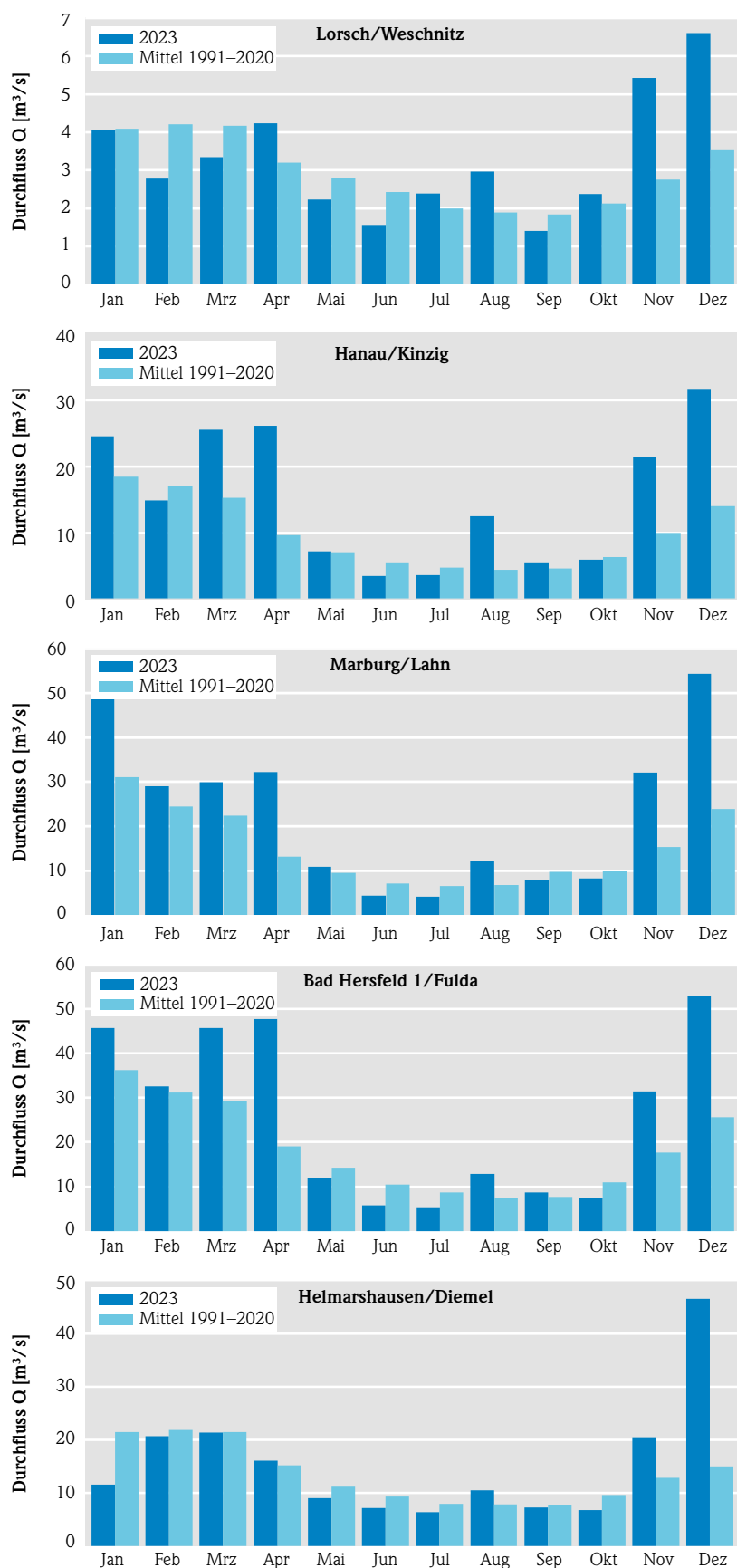
Am südhessischen **Pegel Lorsch an der Weschnitz** ist eine sehr ausgeglichene Verteilung des Abflusses über das Jahr zu sehen. Die Abflüsse schwanken im Vergleich mit dem langjährigen Mittel zwischen 64 % bis 196 %, lediglich zwei Monate weisen weniger als 75 % Abfluss auf.

Bemerkenswert am **Pegel Hanau an der Kinzig** ist die große Anzahl von acht Monaten, in denen überdurchschnittlich viel Abfluss gemessen wurde. In insgesamt 4 Monaten wurde sogar mehr als die doppelte Abflussmenge registriert.

Ein ähnliches Bild wie am oben beschriebenen Pegel Hanau zeigt sich am **Pegel Marburg an der Lahn**, dort gab es drei Monate mit der doppelten Abflussmenge im Vergleich zum langjährigen Mittel. Der Monat mit der größten Abweichung ist der April, was zu einem Hochwasserereignis führte. Im Gegensatz hierzu wiesen vier Monate unterdurchschnittliche Abflüsse auf.

**Tab. 4:** Durchflüsse (Monatsmittelwerte) an fünf hessischen Pegeln, Daten: HLNUG

Monat	Q [m³/s]														
	Lorsch/Weschnitz			Hanau/Kinzig			Marburg/Lahn			Bad Hersfeld 1/ Fulda			Helmarshausen/ Diemel		
	Monats- mittel 2023	Monats- mittel 1991– 2020	[%]	Monats- mittel 2023	Monats- mittel 1991– 2020	[%]	Monats- mittel 2023	Monats- mittel 1991– 2020	[%]	Monats- mittel 2023	Monats- mittel 1991– 2020	[%]	Monats- mittel 2023	Monats- mittel 1991– 2020	[%]
Jan	4,05	4,09	99	24,6	18,50	133	50,20	31,10	161	45,7	36,20	126	11,60	21,50	54
Feb	2,78	4,21	66	14,9	17,10	87	29,00	24,50	118	32,60	31,20	104	20,70	21,90	95
Mrz	3,34	4,17	80	25,60	15,30	167	29,90	22,40	133	45,70	29,20	157	21,40	21,50	100
Apr	4,23	3,20	132	26,20	9,64	272	32,20	13,20	244	47,70	19,10	250	16,10	15,20	106
Mai	2,23	2,80	80	7,11	6,99	102	10,90	9,47	115	11,8	14,20	83	9,04	11,20	81
Jun	1,56	2,42	64	3,43	5,49	62	4,40	7,06	62	5,79	10,50	55	7,16	9,34	77
Jul	2,39	2,00	120	3,53	4,64	76	4,12	6,57	63	5,13	8,65	59	6,37	8,02	79
Aug	2,96	1,89	157	12,50	4,32	289	12,30	6,80	181	12,90	7,45	173	10,50	7,84	134
Sep	1,40	1,84	76	5,50	4,56	121	7,94	9,73	82	8,62	7,64	113	7,30	7,73	94
Okt	2,38	2,12	112	5,90	6,26	94	8,24	9,83	84	7,45	11,00	68	6,77	9,59	71
Nov	5,42	2,76	196	21,50	9,92	217	32,10	15,30	210	23,40	17,60	178	20,50	12,90	159
Dez	6,61	3,53	187	31,80	14,00	227	54,40	23,90	228	53,00	25,60	207	46,50	15,00	310
<b>Jahr</b>	<b>39</b>	<b>35</b>	<b>112</b>	<b>183</b>	<b>117</b>	<b>156</b>	<b>276</b>	<b>180</b>	<b>153</b>	<b>308</b>	<b>218</b>	<b>141</b>	<b>184</b>	<b>162</b>	<b>114</b>



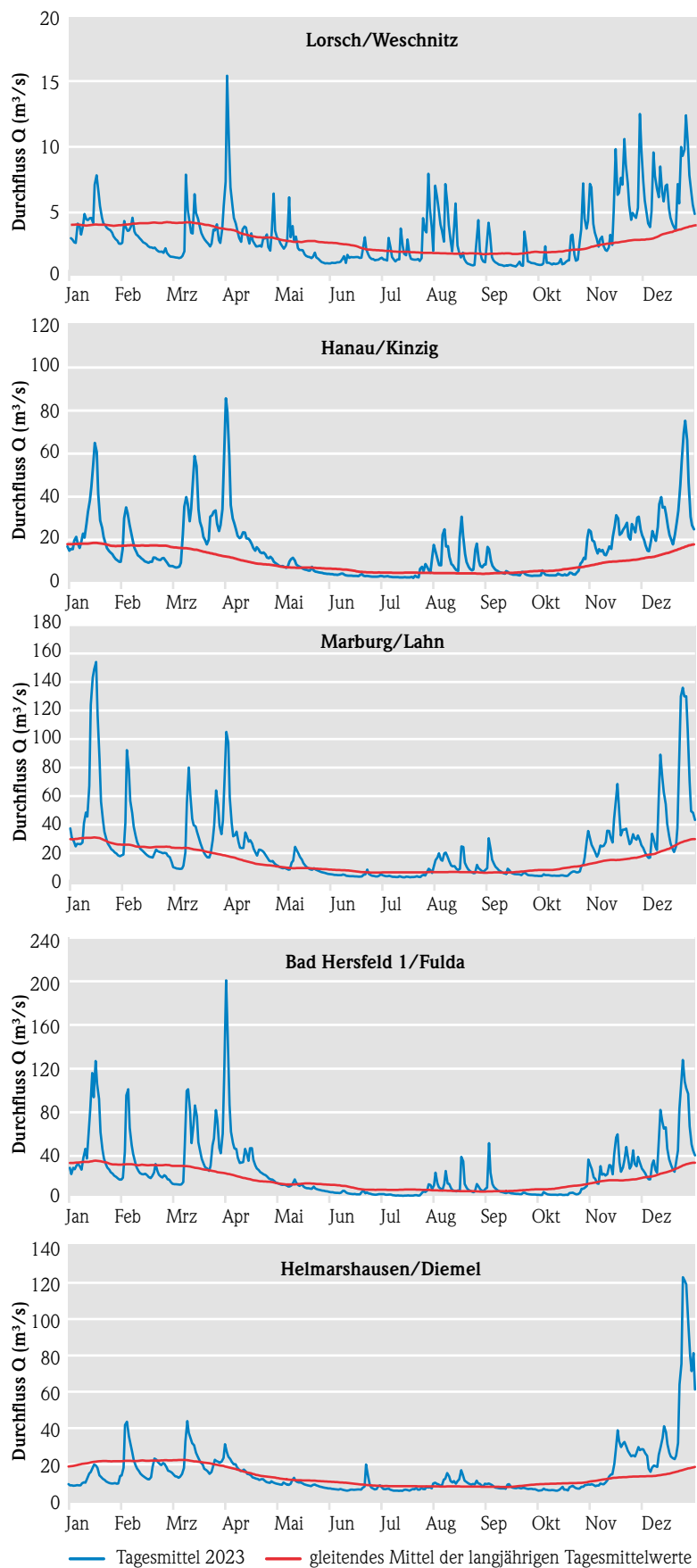
Osthessen mit dem **Pegel Bad Hersfeld 1 an der Fulda** bildet ziemlich genau die hessenweit gemittelte Abweichung zum langjährigen Mittel ab. Es werden an diesem Pegel 141 % des langjährigen Mittels erreicht. Auch hier gibt es lediglich vier Monate mit unterdurchschnittlichen Abflüssen.

In Nordhessen führt nur das große Hochwasser im Dezember dazu, dass an diesem Pegel die jährliche Abflussmenge das langjährige Mittel übersteigt. Am **Pegel Helmarshausen an der Diemel** gibt es die größten monatlichen Unterschiede, sie schwanken von 54 % bis zu 310 %. Einerseits verzeichnet der Pegel mit sieben Monaten die meisten unterdurchschnittlichen Monate, andererseits wird im Dezember die über dreifache Menge des langjährigen Abflusses gemessen, was die größte relative Abweichung aller betrachteten Pegel im Jahr 2023 darstellt.

## Literatur

- [1] Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie: „Wasserwirtschaftliche Monatsberichte“ <https://www.hlnug.de/themen/wasser/berichte/monatsberichte>.
- [2] Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie: „Hochwasser in Hessen, Winter 2023/2024 und Juni 2024“, <https://www.hlnug.de/themen/wasser/berichte/hochwasser>.

**Abb. 30:** Monatliche Durchflüsse an fünf hessischen Pegeln, Daten und Grafik: HLNUG



**Abb. 31:** Durchflüsse an fünf hessischen Pegeln, Daten und Grafik: HLNUG



## 3.2 Talsperren und Hochwasserrückhaltebecken

MONIKA SPICKER

### Übersicht

In Hessen gibt es ca. 20 Talsperren sowie ca. 50 Hochwasserrückhaltebecken (Abb. 32, 36 und 37). Diese dienen:

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

In Hochwasserrückhaltebecken kann das Wasser zum Hochwasserschutz der Unterlieger zurückgehalten werden und nach dem Durchgang des Hochwasserereignisses verzögert abgegeben werden. Wenn kein Hochwasserfall vorliegt, sind die Hochwasserrückhaltebecken entweder nur teilweise (Becken mit Dauerstau) oder nicht gefüllt (grüne Becken).

Eine Übersicht über die Lage der für den Hochwasserschutz relevanten Talsperren und Hochwasserrückhaltebecken ist der Abbildung 33 zu entnehmen.



**Abb. 32:** Niddatalsperre © HLNUG

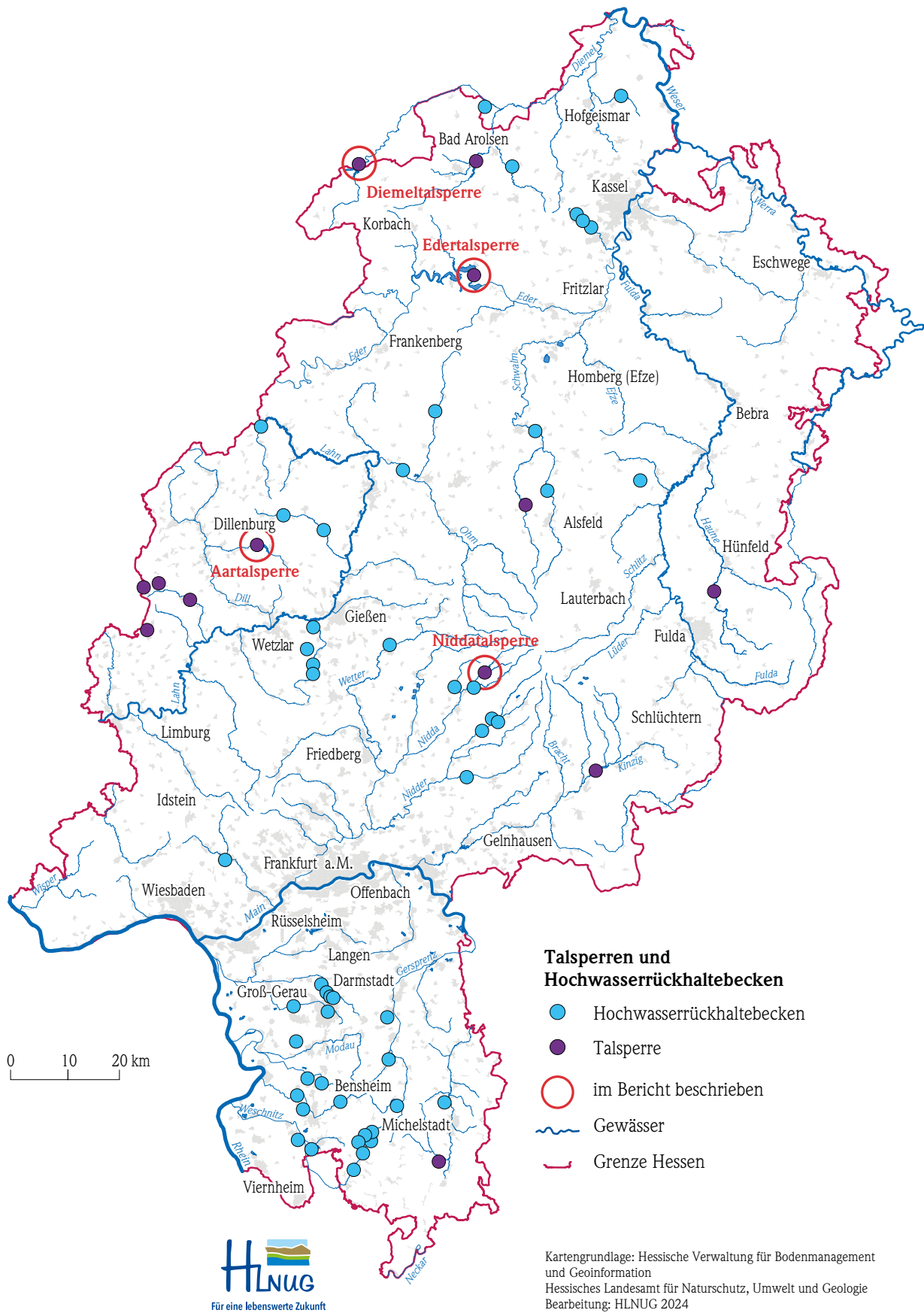


Abb. 33: Lage der Talsperren und Hochwasserrückhaltebecken, Daten und Karte: HLNUG

## Ergebnisse 2023

Im Folgenden wird exemplarisch die Situation in den Talsperren anhand der beiden großen Talsperren in Hessen, der Edertalsperre und der Diemeltalsperre, sowie zwei kleinerer Talsperren beschrieben. Beckenfüllungen der Talsperren werden einerseits durch die Witterungsverhältnisse, insbesondere der Niederschläge, bestimmt, andererseits – und dies hat größere Auswirkungen – durch die Talsperrensteuerung.

Die Füllmengen der Edertalsperre und der Diemeltalsperre sind den Abbildungen 34 und 38 zu entnehmen.

Ergänzend werden in den beiden Abbildungen des mittleren Tagesvolumens die Einzugsgebiete ( $AE_0$ ) und die Stauraumgröße genannt.

In den Abbildungen 39 und 40 sind die Füllmengen der Nidda- und Aartalsperre dargestellt. Zusätzlich zur Einzugsgebietsgröße und dem möglichen Stauraum sind die jahreszeitlich unterschiedlichen Stauziele angegeben. Die Stauziele werden für die Winter- und Sommermonate nach der Nutzung, wie z. B. der Naherholung und der Niedrigwasseraufhöhung der Gewässer Nidda bzw. Aar, festgelegt.

## Edertalsperre (Edersee)

Die größte Talsperre in Hessen ist die Edertalsperre mit einem Stauraum von 199,3 Mio.  $m^3$ , sie ist die drittgrößte Talsperre in Deutschland. Ursprünglich wurde sie in den Jahren 1908 bis 1914 für die Wasserbereitstellung der Schifffahrt bei Niedrigwasser in der Oberweser und dem Mittellandkanal sowie für den Hochwasserschutz im Unterlauf der Eder errichtet. In den letzten Jahrzehnten wird die Edertalsperre zusätzlich intensiv für Freizeit und Erholung genutzt und stellt somit einen wesentlichen Faktor für den Tourismus in der Region dar. Des Weiteren spielt die Wasserkraftnutzung eine wichtige Rolle und sie ist der einzige Stausee Hessens mit einem gewerblich arbeitenden Fischereibetrieb.

Insgesamt war die Edertalsperre mit einem Mittelwert von 151 Mio.  $m^3$  im Jahr 2023 voller als im langjährigen Mittel, seit 2014 war sie nicht mehr so gefüllt. Nur im Juli gab es mit 96 % eine unterdurchschnittliche Füllmenge im Stausee.

Werden die Tagesmittelwerte betrachtet, so erreichte die Edertalsperre Mitte Mai den maximalen und Ende Oktober den minimalen Füllstand. Dies sind auch die Monate mit den größten bzw. kleinsten

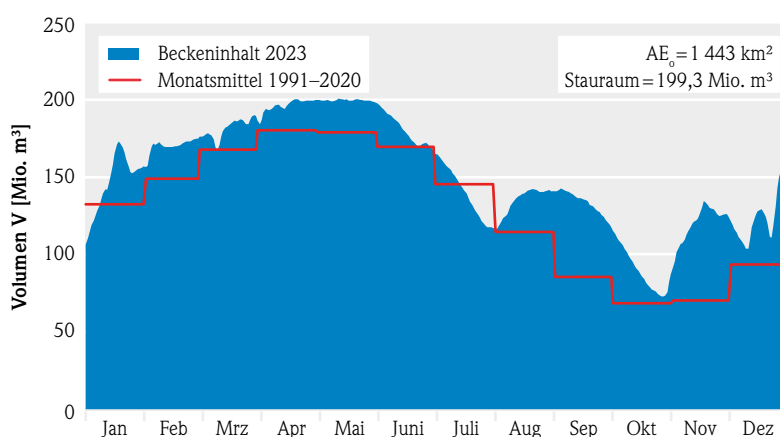


Abb. 34: Beckeninhalte der Edertalsperre, Daten: WSV, Grafik: HLNUG

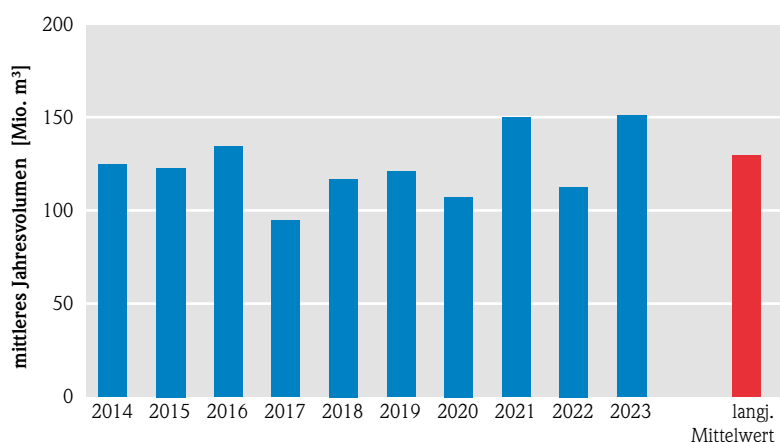


Abb. 35: Mittleres Jahresvolumen der Edertalsperre der letzten 10 Jahre und das langjährige Mittel, Daten: WSV, Grafik: HLNUG



**Abb. 36:** Blick in den Stauraum des HRB Heidelberg © HLNUG



**Abb. 37:** Marbachtalsperre © HLNUG

Monatsmittelwerten, im Mai war der komplette Stauraum gefüllt, im Oktober waren im Mittel nur 89,4 Mio. m<sup>3</sup> Wasser enthalten. Die größten Abweichungen zum langjährigen Mittel waren im Juli mit der oben bereits erwähnten einzigen unterdurchschnittlichen Füllung und im November mit einer außergewöhnlich hohen Füllung für diesen Monat mit einer Abweichung von +72 %.

Insbesondere von August bis Dezember war der Stand des Edersees auffallend hoch im Vergleich mit

dem langjährigen Mittel. Auch hieran ist zu erkennen, dass das Jahr 2023 überdurchschnittlich niederschlagsreich war. Der kleine Peak am Anfang des Jahres ist auf ein Hochwasser zurückzuführen, welches im Januar weite Teile von Hessen betroffen hat und seinen Schwerpunkt zwischen Main und Eder hatte. Die Wellen im November und Dezember spiegeln das Hochwasser wider, welches vor allem Nordhessen betroffen hat.

## 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.

Im Jahr 2023 gibt es einige Parallelen zwischen den beiden größten hessischen Stauanlagen. So wurde zum einen das größte Tagesmittel Mitte Mai mit einer vollständigen Füllung der Talsperre erreicht und zum anderen gab es auch am Diemelsee lediglich einen Monat, hier allerdings der Januar, mit einer unterdurchschnittlichen Füllmenge im Vergleich zum langjährigen Mittel. Ebenfalls im Januar befindet sich der kleinste Tagesmittelwert, Anfang des Monats waren lediglich ca. 6 Mio. m<sup>3</sup> Wasser im Stausee. Die Monate November und

Dezember haben mit der etwa 1,5-fachen Menge die größte relative Abweichung zum langjährigen Mittel, auch hier bedingt durch das außergewöhnliche Hochwasser in Nordhessen. Besonders markant ist dabei die Spitze Ende des Monats um die Weihnachtsfeiertage.

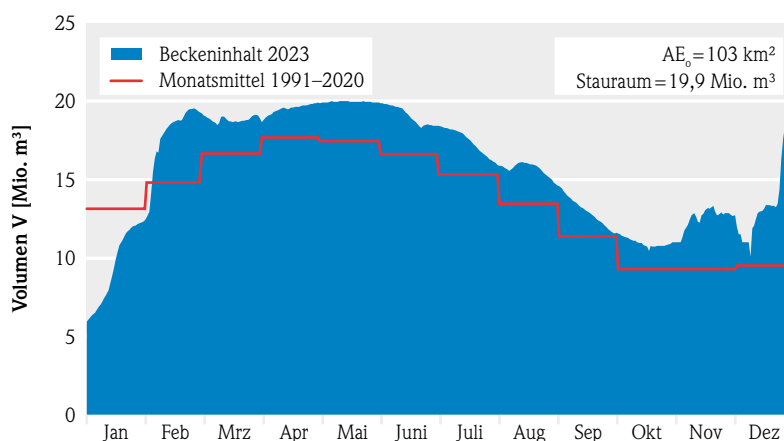


Abb. 38: Beckeninhalt der Diemeltalsperre, Daten: WSV, Grafik: HLNUG

## Weitere Talsperren in Hessen

Beispielhaft werden die Nidda- 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.

Einzelne Hochwasserwellen sind immer wieder gut in der Ganglinie des Stauinhalts der Niddatalsperre erkennbar. Auch hier ist das Hochwasser im Januar deutlich zu erkennen, da die Nidda ebenfalls stark von diesem Ereignis betroffen war. Die Schwergewitterlagen im August führten dazu, dass die im Mai begonnene Absenkung beendet wurde. Die fast ganzjährig immer wieder auftretenden Hochwasserwellen und insbesondere das Hochwasser am Ende des Jahres brachten so viel Wasser, dass das Winterstauziel dauerhaft deutlich überschritten wurde.

In der Aartalsperre sind die Hochwasserspitze im Januar, die bereits auch in der Eder- und Niddatalsperre ersichtlich waren und dort besprochen wurde, sowie diejenige im Dezember, die vielen unruhigen Weihnachtstage beschert haben, deutlich erkennbar. Während der beiden Hochwasserwellen stieg die Wassermenge in der Talsperre schnell an. Nach dem Ereignis ist der Inhalt der Aartalsperre jedoch fast genauso zügig wieder auf das Winterstauziel abgesenkt worden. Ab Mitte März wurde, wie jedes Jahr, von der niedrigeren Höhe des Winterstauziels auf die des höher liegenden Sommerstauziels aufgestaut.

Das Maximum von 1,9 Mio. m<sup>3</sup> wurde zwar erst Mitte Mai ermittelt, allerdings wurden ähnliche Füllmengen auch schon Ende März fast erreicht. Im Juni und Juli konnte durch Abgaben aus der Talsperre die kurze Trockenphase im Unterlauf etwas abgemildert werden. Ab Ende Oktober nahm der Füllstand innerhalb weniger Tage auf das Winterstauziel ab.

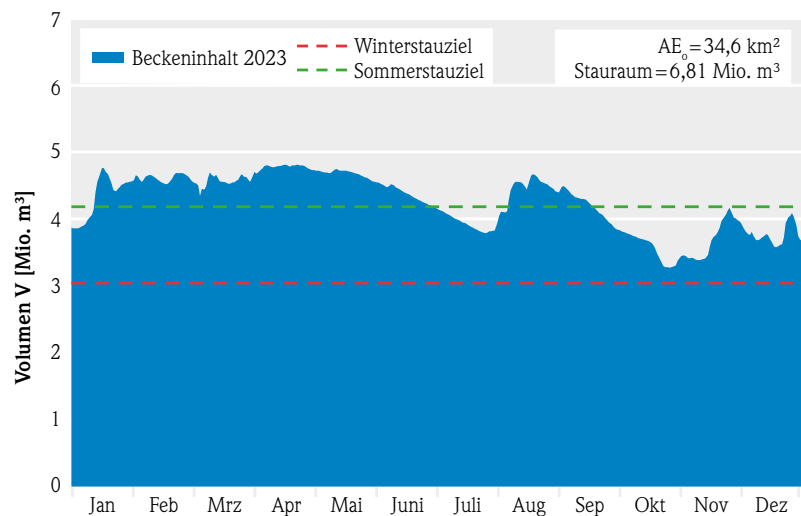


Abb. 39: Beckeninhalt der Niddatalsperre, Daten und Grafik: HLNUG

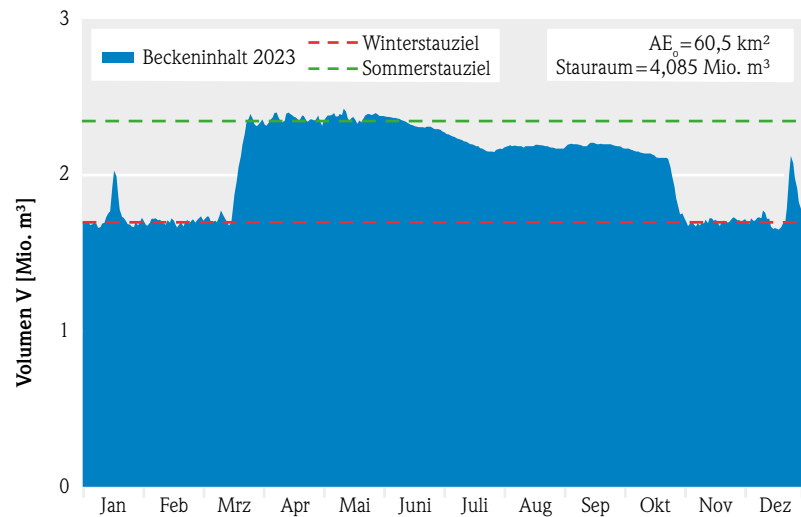


Abb. 40: Beckeninhalt der Aartalsperre. Daten und Grafik: HLNUG

### 3.3 Physikalisch-chemische Beschaffenheit oberirdischer Gewässer

ANDREAS BURMEISTER & JANA-ANETTE SEMSEI

#### Allgemeines zum Messnetz

Allgemeine physikalisch-chemische Parameter geben Aufschluss über den Zustand und die Qualität hessischer Fließgewässer. Zur Überwachung betreibt das Land Hessen sieben standortfeste Messstationen, beteiligt sich an zwei länderübergreifenden Messstationen in Mainz und Worms zusammen mit den Bundesländern Rheinland-Pfalz und Baden-Württemberg, verfügt über eine mobile Messstation (Abb. 42) und beprobt einzelne Chemiemessstellen innerhalb eines Bewirtschaftungszeitraumes von sechs Jahren (Abb. 43). Die Ergebnisse der Untersuchungen liefern eine Bestandsaufnahme, zeigen Handlungsbedarf auf und dokumentieren den Erfolg bereits durchgeführter Maßnahmen.

Die Überwachung der Wasserqualität an standortfesten Gewässergüte-Messstationen (Abb. 41) erfolgt für die Parameter Wassertemperatur, pH-Wert, gelöster Sauerstoff und elektrische Leitfähigkeit kontinuierlich. Sie bilden die Basis der Gewässeruntersuchun-

gen und ermöglichen wertvolle Rückschlüsse auf die Beschaffenheit des Gewässers. Die Parameter steuern biologische und chemische Prozesse im Fließgewässer und unterliegen starken tageszeitlichen Schwankungen, so dass sie nur durch fortlaufende Messungen sicher beurteilt werden können. An Gewässern mit besonderer Belastungssituation werden zudem die Pflanzennährstoffe ortho-Phosphat, Gesamtphosphor, Ammonium und Nitrat erfasst. Für die Untersuchung vor Ort in Messstationen wird permanent Flusswasser in die mit Messsonden und Messgeräten ausgestattete Station gefördert. Die dort erfassten Messdaten werden automatisch und im Abstand weniger Minuten online erfasst und als Halbstundenmittelwerte übertragen und veröffentlicht (Link Messdatenportal: <https://www.hlnug.de/messwerte/datenportal/messstelle/4/6/2101/>). Zusätzlich werden Stichproben genommen und Mischproben über automatische Probenahmesysteme gesammelt. Diese werden zur aufwändigen Analyse zahlreicher



**Abb. 41:** Standortfeste Messstation direkt am Gewässer (hier die Messstation am Schwarzbach) © HLNUG



**Abb. 42:** Mobile Messstation zur flexiblen kontinuierlichen Gewässerüberwachung, bei Schadensfällen oder Belastungen unklarer Herkunft und zur Dokumentation bereits durchgeführter Maßnahmen © HLNUG



**Abb. 43:** Beprobung einer Chemiemessstelle © DeSoto Studios

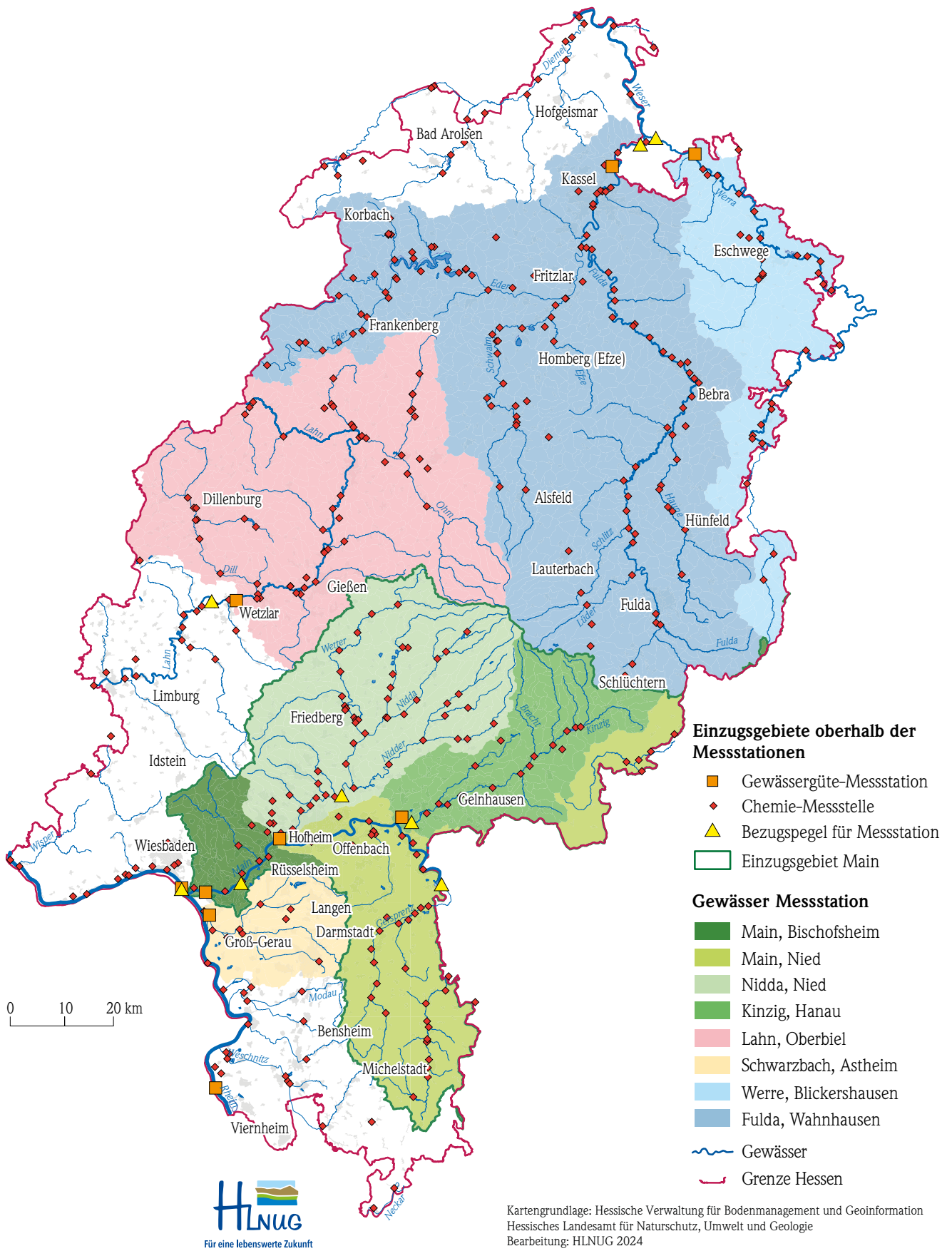
Parameter und Spurenstoffe, welche im Rahmen von Messprogrammen abgestimmt wurden, im Labor untersucht.

Die Beprobung von nahezu 400 Chemiemessstellen, welche in ganz Hessen verteilt sind, erfolgt stichprobenartig einmal im Monat. Zur Erfassung des gesamten stofflichen Austrags aus einem Flusseinzugsgebiet (farblich hervorgehobene Darstellung auf der Karte (Abb. 44)) befinden sich Messstellen (dunkelrote Raute Abb. 44) ebenso wie die Messstationen (orange-farbenes Quadrat Abb. 44) in der Regel in Mündungsnähe. Der Einfluss von Quellen, Bächen und kleineren Flüssen, die in das Gewässer münden, wird somit miterfasst und abgebildet. Bei der Probenahme am Gewässer werden mit Feldmessgeräten die Parameter Wassertemperatur, Sauerstoffgehalt, pH-Wert und elektrische Leitfähigkeit aufgenommen und in einem Feldprotokoll mit Datum und Uhrzeit dokumentiert. Insbesondere die Einbeziehung von Randbedingungen vor und bei der Probenahme, wie örtliche Gegebenheiten sowie meteorologische und hydrologische Verhältnisse helfen bei der Bewertung der Gewässer. Für eine repräsentative Beprobung der Chemiemessstelle ist möglichst an der gleichen Stelle des Gewässers die Wasserprobe zu entnehmen (Abb. 43). Um eine Veränderung der Probe nach der

Entnahme zu vermeiden, müssen die Proben bis zum Eintreffen im Labor ausreichend gekühlt werden. Durch die Kühlung werden biologische oder chemische Vorgänge in der Wasserprobe verlangsamt und die Probe bis zur Analyse konserviert. Je nach Untersuchungsparameter werden zusätzlich chemische Konservierungsmittel wie Schwefelsäure ( $H_2SO_4$ ) und/oder Salpetersäure ( $HNO_3$ ) verwendet. Nach Eintreffen im Labor werden die Proben unmittelbar auf eine Vielzahl von Parametern untersucht. Ist dies nicht möglich, werden sie im Kühlschrank bei  $4^\circ C$  aufbewahrt. Die Ergebnisse der Untersuchungen werden in Datenbanken gespeichert, stehen für Auswertungen zur Verfügung und werden auf dem Messdatenportal des HLNUG (Link Messdatenportal: <https://www.hlnug.de/messwerte/datenportal/messstelle/4/6/2101/>) veröffentlicht.

Die Ergebnisse der Stichprobe zeigen eine Momentaufnahme der Gewässersituation. Durch die regelmäßige Beprobung innerhalb eines Jahres lassen sich dennoch wertvolle Rückschlüsse auf den Zustand der Gewässer unter saisonalen Einflüssen ziehen.





**Abb. 44:** Übersicht über das Messnetz zur Erfassung der Wasserbeschaffenheit und der Gewässergüte in Hessen, Daten und Karte: HLNUG

## Messergebnisse

Die langjährigen Aufzeichnungen der Güteparameter dienen als wertvolle Datengrundlage zur Trendermittlung, die insbesondere auch hinsichtlich der Auswirkungen des Klimawandels von großer Bedeutung sind. Fließgewässer stellen komplexe Systeme dar, in denen verschiedene Einzelwirkungen und Interaktionen ablaufen. Die vielfältige Nutzung der Fließgewässer durch den Menschen führt zu Beeinträchtigungen und Belastungen. Wasserbauliche Maßnahmen für die Schifffahrt, den Hochwasserschutz oder zur Abflussregulierung führen zu Veränderungen des natürlichen Abflussverhaltens und damit auch des ökologischen Gewässerzustands. Durch temporäre Einleitungen aus anliegenden Kläranlagen, Industriebetrieben und Kraftwerken kann es je nach Belastung und Abfluss des Fließgewässers zu ganzjährig höheren Wassertemperaturen kommen. Mit steigenden Wassertemperaturen, insbesondere in den Sommermonaten, nimmt die Löslichkeit von Sauerstoff ab. Einträge aus der Landwirtschaft durch die Be- und Entwässerung von Nutzflächen führen zu einer organischen Belastung im Gewässer, welche

in den Sommermonaten verstärkt zu kritisch geringen Sauerstoffkonzentrationen führen kann. Hinzu kommen neu auftretende bzw. neu erkannte Schadstoffe, welche zusätzlich eine aufwändige Analyse im Labor erfordern, gerade im Hinblick auf organische Mikroverunreinigungen. Hochwasser und ausgedehnte Niedrigwasserphasen wirken sich unmittelbar auf Natur und Umwelt aus und beeinflussen die saisonalen und tageszeitlichen Schwankungen der physikalisch-chemischen Messgrößen. Die möglichst flächendeckende und zeitlich hochaufgelöste Messung dieser Parameter ist aus Vorsorgegründen und zur Beurteilung des Einflusses von Extremwetterereignissen von großer Bedeutung.

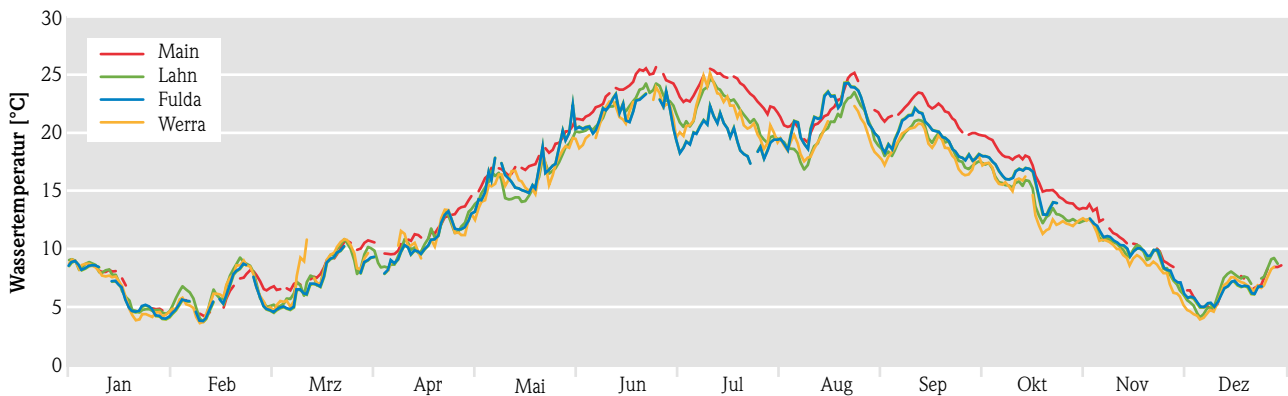
Im Folgenden werden die Jahresganglinien für die Parameter Wassertemperatur, gelöster Sauerstoffgehalt, Phosphor und elektrische Leitfähigkeit an den vier größeren hessischen Fließgewässern Main, Fulda, Lahn und Werra unter Einfluss der meteorologischen und hydrologischen Besonderheiten dargestellt.

## Die Wassertemperatur

Die Temperatur des Wassers hat einen erheblichen Einfluss auf chemische und biologische Prozesse im Gewässer, bestimmt die Sauerstoffaufnahme-fähigkeit und die Zusammensetzung der Biozönose. In Fließgewässern wird die Wassertemperatur maßgeblich durch die vorherrschende Lufttemperatur sowie den Durchfluss im Gewässer beeinflusst. Hohe Lufttemperaturen im Sommer und einfallende Sonnenstrahlung führen in Verbindung mit geringen Durchflüssen zu höheren Wassertemperaturen. Je nach Lage der Messstelle bzw. Messstation sowie der möglichen Beschattung durch Ufervegetation herrschen unterschiedliche Gegebenheiten, welche die Wassertemperaturen beeinflussen können. Durch temporäre Einleitungen aus anliegenden Kläranlagen, Industriebetrieben und Kraftwerken kann es je nach Belastung und Abfluss des Fließgewässers zu ganzjährig höheren Wassertemperaturen kommen. Gewitter und Starkregenereignisse nehmen ebenso Einfluss auf die Wassertemperaturen.

Für die Bewertung der Fließgewässer gemäß Oberflächengewässerverordnung (OGewV 2016) existieren Orientierungswerte für die Wassertemperatur. In den Wintermonaten November bis März liegt der Orientierungswert für die Maximaltemperatur bei 10 °C, in den Sommermonaten April bis Oktober bei 25 °C.

Anfang des Jahres zeigten alle Messstationen einen sehr ähnlichen Verlauf der Wassertemperatur. Dieser folgte maßgeblich der Lufttemperatur und zeigte kurzzeitig erhöhte Temperaturen vom 21. bis 25. Februar 2023. Der weitere Verlauf zeigte einen typischen Anstieg der Wassertemperatur ab März. In den Monaten Juni und Juli kam es zu den höchsten Wassertemperaturen und einer Überschreitung der Sommermaximaltemperatur von 25 °C am 21.06.2023, 25.06.2023 sowie am 11.07.2023 an der Gewässergüte-Messstation am Main in Bischofsheim. Der Main als gestautes Gewässer mit zahlreichen Einleitungen hat das ganze Jahr über höhere Wassertemperaturen gegenüber anderen Fließgewässern.



**Abb. 45:** Jahresganglinien der Temperaturmaxima im Jahr 2023 an den vier Messstationen Bischofsheim/Main, Oberbiel/Lahn, Wahnhausen/Fulda und Witzenhausen/Werra, Daten und Grafik: HLNUG

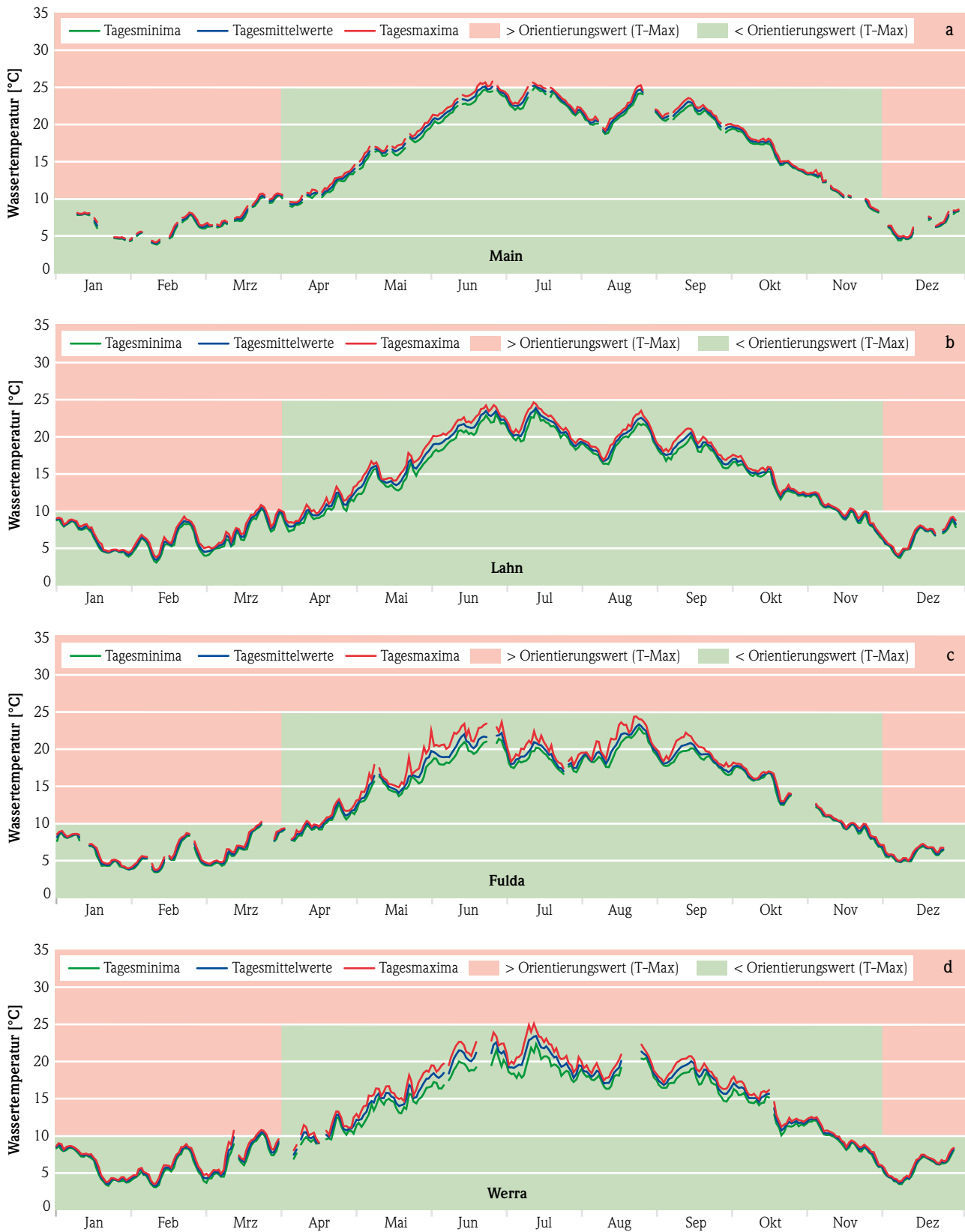
Ab Mitte September fielen die Wassertemperaturen an allen Messstationen stetig ab und fanden ihr Minimum am 04.12.2023.

Die nachfolgenden Grafiken (Abb. 46) zeigen im Detail die Wassertemperaturen der jeweiligen Messstation. Der grün hinterlegte Bereich der Grafik markiert gemäß den Anforderungen der Wasserrahmenrichtlinie festgehalten in Anlage 7 der Oberflächengewässerverordnung (OgewV 2016) den Orientierungswert der Wintermaximaltemperatur (Dezember bis April) bei 10 °C und der Sommermaximaltemperatur (März bis November) bei 25 °C. Um die Biozönose der Fließgewässer zu schützen, existieren bei langfristiger Überschreitung der Maximaltemperaturen Handlungs- und Informationskonzepte, welche die anthropogenen Abwärmeeinleitungen und zusätzlichen Wasserabgaben beispielsweise durch Talsperren einschränken.

Die Wassertemperaturen an der Messstation am **Main** befanden sich weitestgehend unterhalb des Orientierungswertes und bilden den Verlauf der Lufttemperatur nach. Kleinere Lücken mit fehlenden Messwerten entstanden durch Spülprozesse der Wasserleitungen und allgemeine Wartungsarbeiten. Mitte Februar, am 11.02.2023 sank die Temperatur auf ihr Minimum im Winterhalbjahr von 3,9 °C ab. Ende März kam es kurz hintereinander zur Überschreitung der Wintermaximaltemperatur von 10 °C. Am 25.03.2023 sowie am 31.03.2023 wurden Tagesmaximalwerte von 10,7 °C Wassertemperatur gemessen. Ab dem 08.04.2023 stiegen die Werte stetig an. Am 19. Juni 2023 überschritt die Wassertemperatur

des Mains erstmalig den Sommermaximalwert von 25 °C. Am 26. Juni 2023 kam es zum maximalen Wert von 25,7 °C. Anfang Juli, am 04.07.2023 kam es kurzzeitig zu einer Abkühlung der Wassertemperatur auf 22 °C. Der weitere Temperaturverlauf des Wassers zeigte ab dem 19.07.2023 einen erneuten Abfall der Wassertemperatur bis auf 18,9 °C am 09.08.2023. Anschließend stieg die Wassertemperatur bis auf 24,5 °C am 21.08.2023 an. Daraufhin sank die Wassertemperatur stetig ab und fand ihr Minimum bei 4,5 °C am 04.12.2023.

Die Wassertemperatur der **Lahn** zeigte geringfügig größere Temperaturschwankungen im Tagesgang. Sie lassen sich in den Unterschieden der Tagesmaximal- und Tagesminimal-Werten erkennen. Zurückzuführen ist dies auf die Lage und Größe des Gewässers. Kleinere, kurzfristige Schwankungen der Lufttemperatur wurden in den Messungen erfasst und nicht durch die Größe des Gewässers, wie es beim Main der Fall ist, abgepuffert. Eine ganzjährige Erhöhung der ursprünglichen Wassertemperatur durch anthropogen bedingte Einleitungen und Nutzung der Gewässer war in der Lahn weniger ausgeprägt als im Main. Die niedrigste Wassertemperatur wurde Anfang des Jahres gemessen und lag am 10. Februar 2023 bei 3 °C. Zu einer Überschreitung des Orientierungswertes für die Wintermaximaltemperatur kam es am 24.03.2023. Es wurde ein Tagesmaximum von 10,8 °C gemessen. Das höchste Tagesmaxima der Sommermonate lag bei 24,6 °C und wurde am 11.07.2023 erreicht. Es kam zu keiner Überschreitung des Orientierungswertes der Sommermaximaltemperatur.



**Abb. 46:** Wassertemperatur als Tageswert (Minima/Mittel/Maxima) für das Jahr 2023 an den vier Messstationen Bischofsheim/Main (a), Oberbiel/Lahn (b), Wahnhausen/Fulda (c) und Witzzenhausen/Werra (d) mit Darstellung der Orientierungswerte  $T_{\max}$  (Sommer): 25 °C und  $T_{\max}$  (Winter): 10 °C, Daten und Grafik: HLNUG

Die **Fulda**, längster vollständig in Hessen verlaufender Fluss, unterliegt ebenfalls dem Einfluss zahlreicher Staustufen. Die Fulda durchfließt weniger Ballungsgebiete und verläuft entlang ausgedehnter Wälder, schattige Bereiche, welche das Wasser ganzjährig, insbesondere in den Sommermonaten, kühler halten. Das wechselhafte Wetter spiegelt sich in den Schwankungen des Temperaturverlaufs der Wassertemperatur wider. Das Tagesminima im Winterhalbjahr wurde am 10.02.2023 gemessen und lag bei 3,4 °C. Am 24.03.2023 kam es mit einer Wassertemperatur von 10,2 °C kurzzeitig zur Überschreitung der maximalen Wintertemperatur von 10 °C. Die höchste Wassertemperatur wurde am 21.08.2023 gemessen. Das Tagesmaximum lag bei 24,4 °C. Der Orientierungswert für die Sommermaximaltemperatur wurde nicht überschritten.

Als kleineres Gewässer mit weniger Durchfluss zeigte die **Werra** besonders im Sommer deutliche

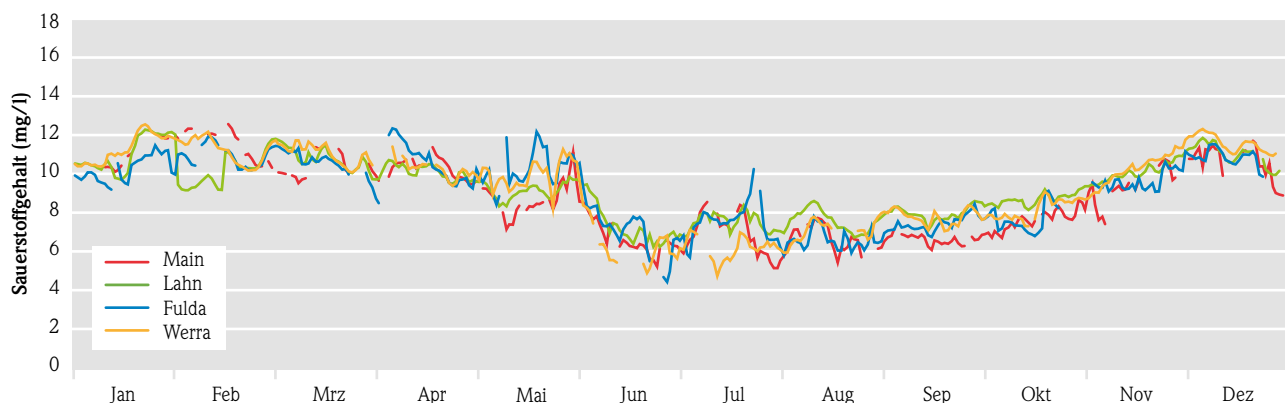
Schwankungen im Tagesverlauf der Wassertemperatur. Unterschiede zwischen Tagesminimal- und Tagesmaximal-Werten lassen sich erkennen. Auch an der Werra wurde die niedrigste Temperatur am 10.02.2023 bei 3,2 °C gemessen. Vom 10.02.2023 bis zum 22.02.2023 kam es zu einem deutlichen Anstieg auf 9 °C Wassertemperatur. Nach einem kurzzeitigen Absinken der Wassertemperatur Anfang März stieg die Wassertemperatur auf 10,7 °C und überstieg am 24.03.2023 den Orientierungswert der Wintermaximaltemperatur. Entsprechend der Lufttemperatur folgte die Wassertemperatur mit einem ähnlichen Verlauf und stieg bis zu ihrem Höhepunkt am 11.07.2023 immer weiter an. Die höchste Wassertemperatur der Werra lag am 11.07.2023 bei 25,1 °C. Mitte bis Ende Juli sank die Wassertemperatur ab und stieg am 23.08.2023 auf 22 °C. Im weiteren Verlauf sank die Wassertemperatur auf 3,9 °C am 04.12.2023 und stieg zum Jahresende auf 8,5 °C am 26.12.2023.

## Der gelöste Sauerstoffgehalt

Der Sauerstoffgehalt im Fließgewässer ist essentiell für die Biozönose. Er unterliegt starken Tag-/Nacht-schwankungen und ist abhängig von den verschiedenen physikalischen, chemischen und biochemischen Faktoren. Eine kontinuierliche Messung ist notwendig, um den Sauerstoffgehalt sowie seine Wechselwirkungen und täglichen Extremwerte sicher beurteilen zu können. Die Sauerstoffdynamik unterliegt natürlichen und anthropogenen Einflüssen. Neben sauerstoffzehrenden Prozessen finden auch sauerstoffliefernde Vorgänge z. B. durch natürliche und künstliche Belüftung sowie durch die Photosynthese

von Wasserpflanzen statt. Fehlende Messwerte und Lücken im Verlauf der Grafik ergeben sich auch hier durch Wartungsarbeiten und Spülprozesse in den Messstationen.

In Abbildung 47 sind die Jahresganglinien der Tagesminima der Sauerstoffgehalte der vier größeren hessischen Fließgewässer, bezogen auf Halbstundenwerte der kontinuierlichen Messungen, abgebildet. Je nach Größe und Belastung des Gewässers sind deutliche Unterschiede erkennbar. Sehr milde Temperaturen in der ersten Jahreshälfte und hohe Niederschlags-



**Abb. 47:** Jahresganglinien der Tagesminima der Sauerstoffgehalte für das Jahr 2023 an den vier Messstationen Bischofsheim/Main, Oberbiel/Lahn, Wahnhausen/Fulda und Witzenhausen/Werra, Daten und Grafik: HLNUG

mengen verzögerten die Photosynthese-Aktivität der Wasserpflanzen. Deutliche Schwankungen der Tagesminimalwerte ließen sich erst ab April, teilweise Mai erkennen. Besonders deutlich tritt hier die Werra hervor. Als kleineres Gewässer mit intensiver Sonneneinstrahlung durch fehlende Beschattung und einer hohen Biomasseproduktion kam es zu größeren Ausschlägen der Tagesminimalwerte. Invers zu den Wassertemperaturen sank der Sauerstoffgehalt entsprechend seiner temperaturabhängigen Löslichkeit in den Messstationen ab. Es kam an allen Messstationen zur Unterschreitung des Orientierungswertes von 7 mg/l in der Zeit von Anfang Juni bis Ende August. Je nach Witterungsbedingungen waren die Sauerstoffeinbrüche mit Unterschreitung des kritischen Sauerstoffwertes mehr oder weniger stark ausgeprägt und anhaltend. Eine starke Biomasseproduktion konnte zunächst zu einer Sauerstoffübersättigung des Fließgewässers führen. Der daraus auch resultierende erhöhte mikrobielle Abbau läuft unter sauerstoffzehrenden Prozessen ab und es kommt zu Sauerstoffmangel im Gewässer. Hohe Konzentrationen an Pflanzennährstoffen begünstigen das Wachstum von Algen und Wasserpflanzen, forcieren die genannten Prozesse und sind deshalb ein weiteres Kriterium zur Beurteilung der ökologischen Situation im Fließgewässer.

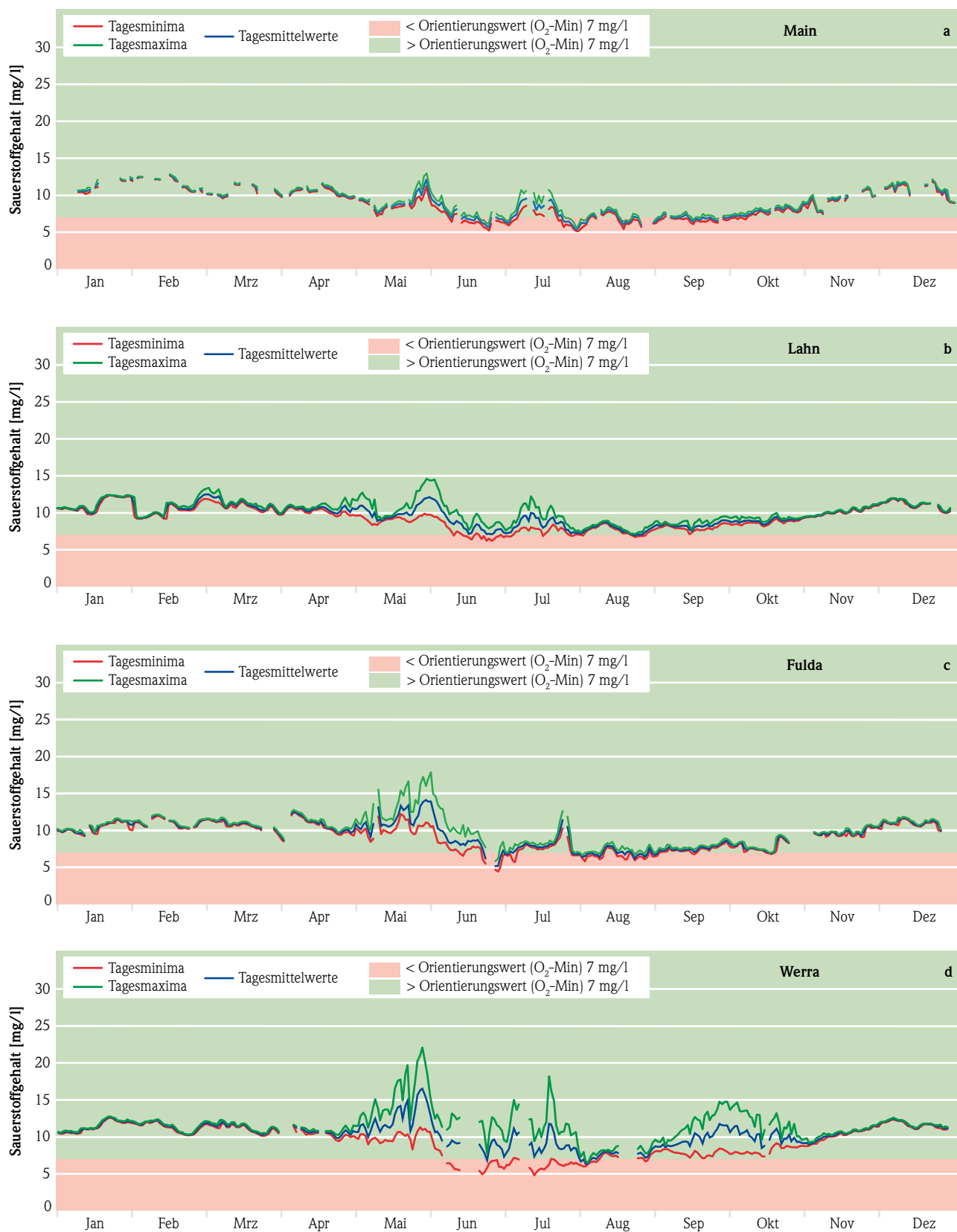
Die Jahresganglinien von Tagesminima, Tagesmaxima und Tagesmittelwerten der Sauerstoffgehalte sind nachfolgend in den Grafiken der jeweiligen Messstation abgebildet (Abb. 48). Der rot hinterlegte Bereich markiert gemäß den Anforderungen der OGeWV (2016) einen kritischen Sauerstoffwert unterhalb des Orientierungswertes von 7 mg/l.

Milde Lufttemperaturen und Hochwasser führten am **Main** zu Beginn des Jahres zu einem sehr gleichmäßigen Verlauf der Sauerstoffwerte. Ein Anstieg der Sauerstoffkonzentration mit Unterschieden im Tagesverlauf ließ sich ab dem 09.05.2023 erkennen. Besonders große Unterschiede in den Tagesminima und -maxima ließen sich am 30.05.2023 und am 19.07.2023 erkennen. In den Sommermonaten Juni bis Ende August kam es zur Unterschreitung des Orientierungswertes der Sauerstoffkonzentration von 7 mg/l. In Zusammenhang mit hohen Luft- und folgend hohen Wassertemperaturen und erneut einsetzender Photosynthese-Aktivität im September, kam es weiterhin zur Unterschreitung des Orientierungs-

wertes. Ab dem 05.10.2023 lag der Tagesminimalwert wieder über 7 mg/l. Ende des Jahres schwankte die Sauerstoffkonzentration stark, blieb allerdings über dem Orientierungswert.

Eine erste Photosynthese-Aktivität an der **Lahn** zeigte sich Anfang März. Unterschiede in Tagesminima und Tagesmaxima der Sauerstoffgehalte ließen sich deutlich erkennen. Anfang März bis Ende April lagen die Sauerstoffgehalte im Tagesverlauf eng beieinander. Langandauernde Regenfälle beeinträchtigten die Photosynthese-Aktivität der Wasserpflanzen. Erst ab dem 24.04.2023 ließen sich Unterschiede erkennen, welche auf eine neu einsetzende Algenblüte hindeuteten. Tagsüber stieg der Sauerstoffgehalt durch Photosynthese, wohingegen in der Nacht bei fehlender Photosynthese mit überwiegenden Abbauprozessen, Sauerstoff verbraucht wurde. Durch eine intensive Sonneneinstrahlung mit folgend wärmeren Wassertemperaturen sank die Löslichkeit des Gases. Zusätzlich wurden die Stoffwechselfvorgänge der Organismen und damit der Sauerstoffverbrauch bei einer Temperaturzunahme beschleunigt. Am 10.06.2023 fiel der Sauerstoffgehalt erstmals im Tagesminimum unter den Orientierungswert von 7 mg/l. Die Unterschreitung im Tagesminimum hielt bis Anfang Juli an. Anschließend stiegen die Konzentrationen im Tagesverlauf leicht an. Im August kam es vom 23.08.2023 bis zum 25.08.2023 kurzzeitig zu einer Unterschreitung der 7 mg/l. Im weiteren Verlauf stieg die Sauerstoffkonzentration an, Tagesminima, Tagesmaxima und der Tagesmittelwert lagen ab dem 25.10.2023 nah beieinander. Die Photosynthese-Aktivität kam zum Erliegen und der Sauerstoffgehalt pendelte sich über 10 mg/l ein.

In der **Fulda** setzte die Photosynthese-Aktivität der Wasserpflanzen im Vergleich zu den anderen hier betrachteten Gewässern etwas zeitverzögert ein. Eine üppige Uferbegrünung verhindert eine intensive Sonneneinstrahlung und lässt somit die Wassertemperatur langsamer steigen. Es kommt zu einer späteren Algenblüte. Tagesschwankungen der Sauerstoffkonzentration zeigten sich erstmals Ende April. Es folgten ausgeprägte Sauerstoffamplituden, die auf eine Algenblüte hinwiesen. Am 31.05.2023 wurde ein Tagesmaximalwert von 18 mg/l Sauerstoff erreicht. Am 27.06.2023 kam es zur Unterschreitung des Orientierungswertes auf ein Tagesminimum von 4,4 mg/l. Der Sauerstoffgehalt erholte sich nur langsam auf



**Abb. 48:** Sauerstoffkonzentrationen als Tageswerte (Minima/Mittel/Maxima) an den vier Messstationen Bischofsheim/Main (a), Oberbiel/Lahn (b), Wahnhausen/Fulda (c) und Witzhausen/Werra (d) mit Darstellung des Orientierungswertes (O<sub>2</sub>-Min) von 7 mg/l, Daten und Grafik: HLNUG

Werte über 7 mg/l. Nach einem steilen Anstieg des Sauerstoffs am 23.07.2023 auf 12,6 mg/l, sank der Sauerstoff im Tagesminimum vom 01.08.2023 bis 30.08.2023 erneut unter 7 mg/l. Ab dem 16.10.2023 stabilisierte sich der Sauerstoffgehalt und blieb über dem Orientierungswert.

Besonders ausgeprägte Tagesschwankungen ließen sich ab dem 24.04.2023 in der **Werra** beobachten. Eine geringe Strömungsgeschwindigkeit und unbeschattete Gewässerabschnitte begünstigten das Wachstum von Algen und Wasserpflanzen. Mit steigenden Wassertemperaturen produzierten die Pflanzen in Abhängigkeit von der Sonneneinstrahlung durch Photosynthese tagsüber Sauerstoff. Durch ideale Lebensbedingungen entsteht sehr viel organisches Material, das von den Destruenten unter Sauerstoffverbrauch wieder abgebaut wurde. Es entstehen starke Schwankungen in Tagesminima- und Tagesmaximalwerten. Anfang Juni, am 08.06.2023 sank der Tagesmittelwert in Folge starker Photosynthese-Aktivität mit hoher Biomasseproduktion und Sauerstoffübersättigung erstmals unter 7 mg/l im Tagesminimum. Die niedrigste Sauerstoffkonzentration im Tagesminimum wurde am 12.07.2023 mit 4,7 mg/l gemessen. Ab dem 06.08.2023 lag der Tagesminimalwert erstmals wieder über dem Orientierungswert. Hohe Temperaturen und intensive Sonnenstrahlung im September führten erneut zu einer Algenblüte mit deutlicher Schwankung des Sauerstoffs im Tagesverlauf. Erst ab dem 02.11.2023 kam die Photosynthese-Aktivität der Wasserpflanzen zum Erliegen. Tagesschwankungen waren nur noch gering ausgeprägt. Der Sauerstoffgehalt lag Ende des Jahres bei über 10 mg/l.

Die folgende Tabelle 5 zeigt absolute Sauerstoffminima und Temperaturmaxima der Sommer- und Wintermaximaltemperatur der vier Messstationen.

Die absoluten Sauerstoffminima, gemessen in den Sommermonaten (1.04.–30.11.), sind auf die temperaturabhängige Löslichkeit des Sauerstoffs mit steigender Wassertemperatur sowie vermehrt sauerstoffzehrende Abbauprozesse im Sommer, durch absterbende Wasserpflanzen und Algen, zurückzuführen. Ein Sauerstoffminimum für den Main wurde am 29.07.2023 mit einem Wert von 5,1 mg/l gemessen. In der Lahn kam es am 25.06.2023 zum niedrigsten Sauerstoffgehalt von 6,2 mg/l. Die Fulda lag mit ihrem Tagesminimum der Sauerstoffkonzentration am 27.06.2023 bei 4,4 mg/l und die Werra am 12.07.2023 bei 4,7 mg/l. Alle Messstationen zeigten eine Unterschreitung des Orientierungswertes für den Sauerstoff in den Sommermonaten von 7 mg/l.

Als staugeregeltes Gewässer mit zahlreichen Einleitungen hat der Main die höchste Sommermaximaltemperatur. Sie wurde am 25.06.2023 gemessen und lag bei 25,7 °C. Es kam zur Überschreitung der Sommermaximaltemperatur mit einem Orientierungswert von 25 °C. An der Werra kam es ebenfalls zur Überschreitung. Die höchste Wassertemperatur wurde dort am 11.07.2023 mit 25,1 °C gemessen. Ebenfalls am 11.07.2023 wurde an der Lahn die höchste Temperatur mit 24,6 °C erfasst. Die Fulda hatte am 21.08.2023 ihre höchste Wassertemperatur mit 24,4 °C. Die Wintermaximaltemperatur lag für den Main am 31.03.2023 bei 10,7 °C. Sehr milde Lufttemperaturen zum Jahresende führten im Main zusammen mit zahlreichen Einleitungen zur Überschreitung des Orientierungswertes von 10 mg/l. Die Messstationen Lahn, Fulda und Werra überschritten den Orientierungswert der Temperatur für die Wintermonate am 24.03.2023.

**Tab. 5:** Absolute Sauerstoffminima und Temperaturmaxima, Daten: HLNUG

Gewässer	O <sub>2</sub> -Min mg/l	Datum	T-Max °C Sommer	Datum	T-Max °C Winter	Datum
Main	5,1	29.07.2023	25,7	25.06.2023	10,7	31.03.2023
Lahn	6,2	25.06.2023	24,6	11.07.2023	10,8	24.03.2023
Fulda	4,4	27.06.2023	24,4	21.08.2023	10,2	24.03.2023
Werra	4,7	12.07.2023	25,1	11.07.2023	10,8	24.03.2023



## Ortho-Phosphat und Gesamtphosphor

Die folgenden Diagramme zeigen die Konzentrationsverläufe des gelösten Phosphats (Ortho-P) und des Gesamtphosphors (Gesamt-P) gemessen in wöchentlich genommenen Stichproben an den hier betrachteten Messstellen.

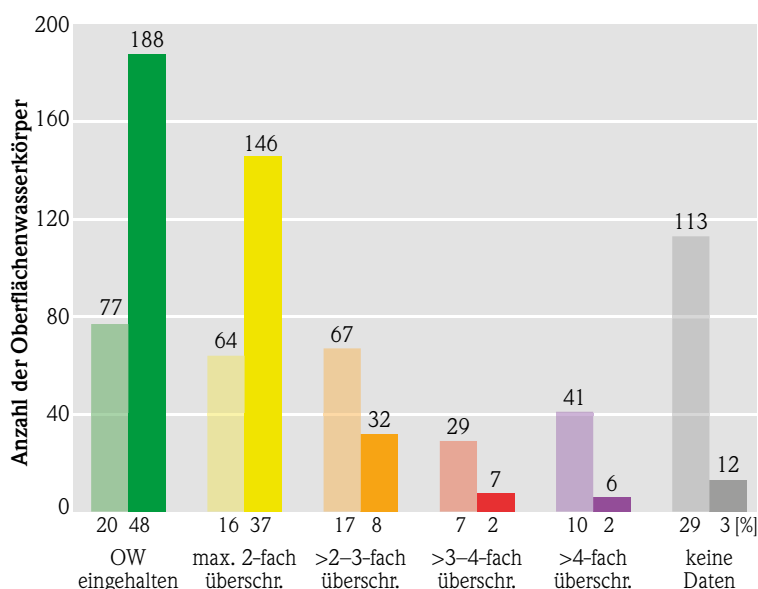
Zur Messung des Gesamtphosphorgehaltes sind Aufschlussverfahren notwendig, um alle gebundenen, gelösten und partikulären Phosphorverbindungen bei der Analyse zu erfassen. Das gelöste, freie Ion wird Ortho-Phosphat genannt. Im Oberflächengewässer beeinflusst Phosphor, insbesondere durch ein Überangebot an gelöstem, pflanzenverfügbarem Ortho-Phosphat, das Pflanzenwachstum und führt bei übermäßigem Vorkommen zur Eutrophierung des Gewässers.

Anthropogene Einwirkungen durch häusliche Abwässer, Dünger etc. beeinflussen den Gesamtphosphorgehalt der Gewässer. Der Orientierungswert (nach OGewV 2016) liegt für Ortho-Phosphat für die Wasserkörper Main, Fulda, Lahn und Werra bei 0,07 mg/l und für Gesamtphosphor bei 0,1 mg/l. Die Orientierungswerte wurden an allen vier betrachteten Gewässern nahezu durchgehend überschritten. Zur kontinuierlichen Überwachung der Ortho-Phosphatkonzentrationen sind die ortsfesten Messstationen zusätzlich mit Online-Analysegeräte ausgestattet. Die Überwachung des aktuellen Zustands mit tageszeitlichen Schwankungen sowie ereignisbedingten Einträgen, gerade im Hinblick auf Extremwetter, gewinnt an Bedeutung. Der direkte Einfluss auf die Gewässerökologie wird erfasst und dient der Entwicklung von Maßnahmen zur Verbesserung.

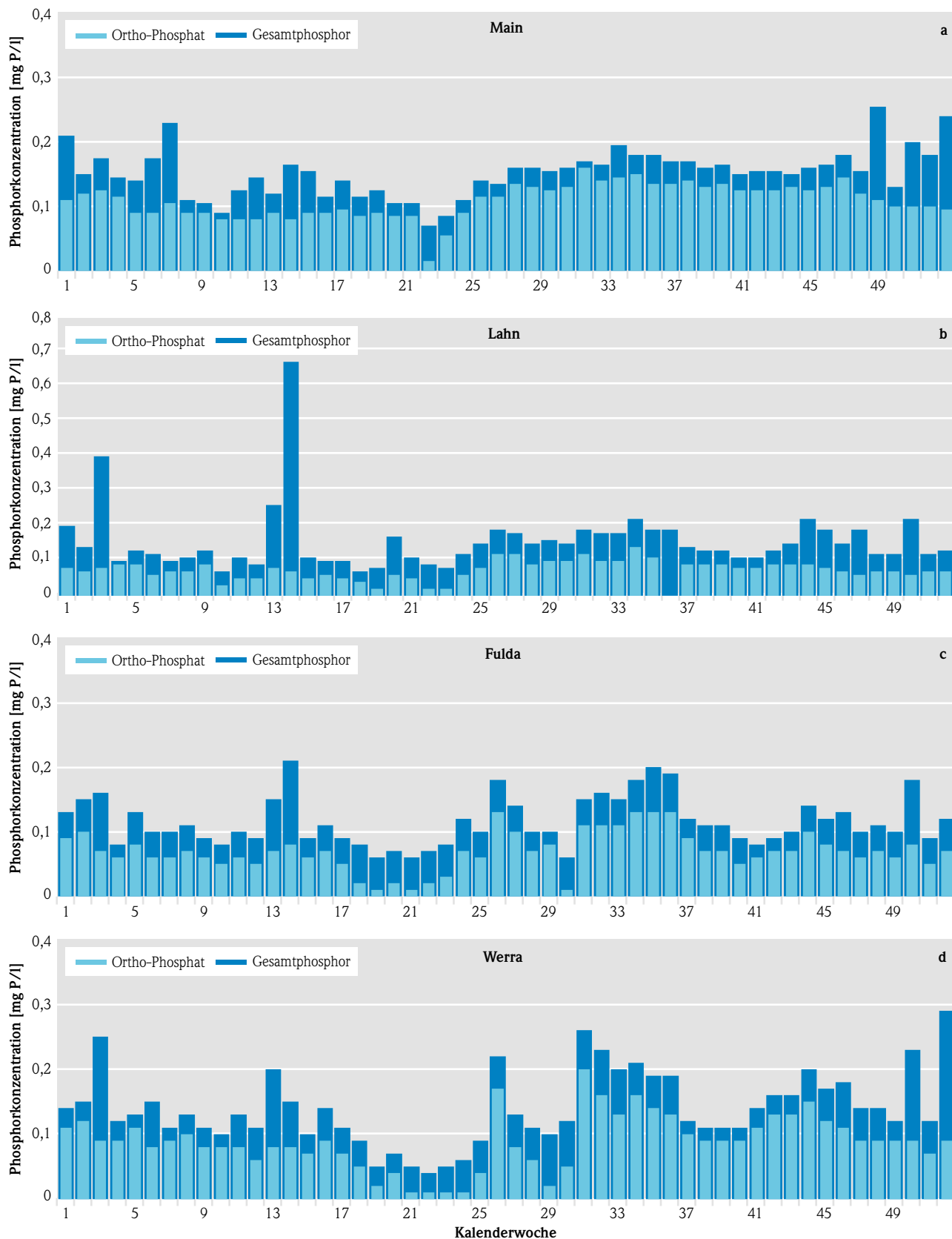
Abbildung 49 zeigt den Gehalt von gelöstem Phosphat (ortho-P) und Gesamtphosphor (Gesamt-P) gemessen in den Zweiwochenmischproben der Messstationen. Der Phosphorgehalt im Main (a) zeigte einen gleichmäßig wellenförmigen Verlauf. Phasen, in denen es zu einem starken Algenwachstum kam, zeichnen sich hervorgerufen durch die Zehrung des pflanzenverfügbaren Phosphates durch sehr geringe Konzentrationen an Ortho-Phosphat aus.

Somit lassen sich diese Zeiträume verstärkter Algenbildung (Algenblüten) im Allgemeinen in den absoluten Minima im Jahresverlauf des gelösten Phosphates erkennen. Besonders auffällig war dies an Fulda (c) und Werra (d) zu beobachten. Die Ortho-Phosphatkonzentration lag zu Beginn der Algenblüte unterhalb des Orientierungswertes von 0,07 mg/l, da Ortho-Phosphat in der Biomasse gebunden wird. Die Differenz zwischen Gesamtphosphor und dem gelösten Phosphatanteil entspricht dem an Partikel gebundenen oder in die Biomasse inkorporierten Phosphor. In der Lahn (b) kam es im Frühjahr (KW 14) zu einer auffällig hohen Gesamtphosphorkonzentration. Diese erklärt sich durch ein Regenereignis mit hoher Erosion. Erosionsereignisse können sich abhängig vom Standort stark auf den feststoffgebundenen Phosphor im Gewässer auswirken.

Als dominierende Eintragsquelle von gelöstem Phosphor (Ortho-P) im Gewässer konnten anhand der hessischen Daten kommunale Kläranlagen identifiziert werden. Durch die Umsetzung des WRRL-Maßnahmenprogramms in Hessen 2015–2021 ergaben sich deutliche Reduktionen der Phosphor-Einträge kommunaler Kläranlagen. Die dargestellten



**Abb. 50:** Vergleich der Orientierungswerte für Ortho-Phosphat (hessenweit): Stand der Auswertung im Jahr 2012 (aktuellster Jahresmittelwert im Zeitraum 2007–2011, meist 2011) mit dem Stand aus 2024 (aktuellster Jahresmittelwert im Zeitraum 2018–2023, meist 2023), Daten und Grafik: HLNUG



**Abb. 49:** Konzentration von gelöstem Phosphat (ortho-P) und Gesamtphosphor (Gesamt-P) in Zweiwochenmischproben für das Jahr 2023 an den Messstationen Bischofsheim/Main (a), Oberbiel/Lahn (b), Wahnhausen/Fulda (c) und Witzenhausen/Werra (d), Daten und Grafik: HLNUG

Ergebnisse in Abbildung 50 zeigen die Entwicklung von Ortho-Phosphat im Vergleich zu den Untersuchungszeiträumen 2007–2011 und 2018–2023. Der Anteil der regelmäßig untersuchten 391 Wasserkör-

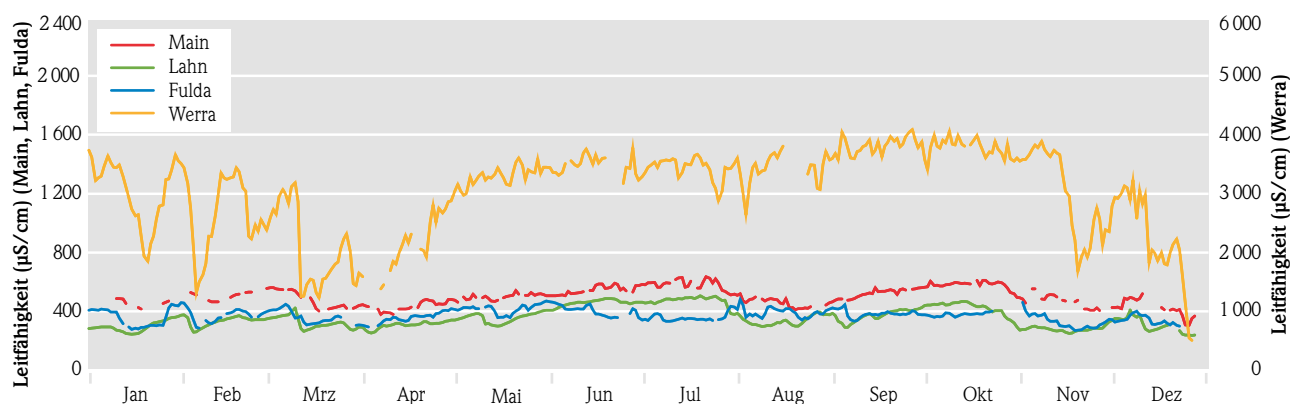
per mit Einhaltung des Orientierungswertes Ortho-Phosphat ist gestiegen. Um die Orientierungswerte künftig einhalten zu können, besteht jedoch noch weiterer Handlungsbedarf.

## Die elektrische Leitfähigkeit

Der Gesamtgehalt gelöster Salze in einem Gewässer wird über die elektrische Leitfähigkeit erfasst. In der Regel liegt die elektrische Leitfähigkeit eines Gewässers unter 1 000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Ein Grenzwert existiert nur nach Trinkwasserverordnung und beträgt 2 790  $\mu\text{S}/\text{cm}$  bezogen auf eine Wassertemperatur von 25 °C. Die im Fließgewässer festgestellte elektrische Leitfähigkeit steht unter dem Einfluss natürlicher, im Boden und Grundwasser enthaltener gelöster Stoffe. Durch anthropogene Einwirkungen (Düngung, Abwässer, Deponien, Streusalz etc.) kann sich die elektrische Leitfähigkeit erhöhen. Die elektrische Leitfähigkeit ist daher nur ein Indikator zur Überwachung der Gewässerqualität. Die Zusammensetzung der ins Wasser eingetretenen Stoffe muss dann chemisch analysiert werden. Hochwasser und Starkregenereignisse führen in der Regel zur Verdünnung und damit einem Abfall der elektrischen Leitfähigkeit, ausgedehnte Niedrigwasserphasen hingegen zu einer erhöhten elektrischen Leitfähigkeit. Für die Auswertung von Messdaten wird die elektrische Leitfähigkeit u. a. zur Bewertung der meteorologischen und hydrologischen Verhältnisse des zu untersuchenden Gewässers herangezogen.

Die **Werra** ist ein Sonderfall in der Betrachtung der Tagesmittelwerte der elektrischen Leitfähigkeiten. Einleitungen aus dem Salzbergbau führen zu ganzjährig höheren Werten. Auch der **Main** zeigt eine im Vergleich höhere elektrische Leitfähigkeit. Zahlreiche Einleitungen anliegender großer Industriebetriebe und kommunaler Kläranlagen führen zu einer Erhöhung. Das Frühjahr führte mit hohen Niederschlagsmengen und Hochwasser zu einer Abnahme der elektrischen Leitfähigkeiten. Besonders deutlich war dies an der Werra zu beobachten. Im weiteren Jahresverlauf der Tagesmittelwerte waren nahezu gleichmäßige Verläufe auf ein gemäßigtes Niederschlagsverhältnis zurückzuführen.

Nachfolgend sind exemplarisch die Messergebnisse der Messstationen Witzzenhausen und Bischofsheim dargestellt (Tab. 6 und 7). Wenn nicht anders angegeben, handelt es sich um gemittelte Ergebnisse der Laboranalysen der Zweiwochenmischproben. Die Parameter Temperatur, gelöster Sauerstoff, pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit, Gesamtstickstoff, Gesamtorg. Kohlenstoff (TOC), Ortho-Phosphat ( $\text{o-PO}_4\text{-P}$ ) und Gesamtphosphor werden standardmäßig an allen Messstationen erfasst.



**Abb. 51:** Jahresganglinien der elektrischen Leitfähigkeit als Tagesmittelwerte an den vier Messstationen Bischofsheim/Main, Oberbiel/Lahn, Wahnhausen/Fulda und Witzzenhausen/Werra für das Jahr 2023, Daten und Grafik: HLNUG

**Tab. 6:** Messergebnisse aus dem Jahr 2023 der Messstation Werra (Witzenhausen). Es handelt sich um gemittelte Werte, sofern nicht anders angegeben, Daten: HLNUG

Periode	Abfluss Q*	Temperatur	Gelöster Sauerstoff O <sub>2</sub> min	pH-Wert	Elektrische Leitfähigkeit	Gesamt- Stickstoff	Gesamt org. Kohlenstoff 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	43,7	8,5	10,4	8,1	3434	4,20	3,50	0,11	0,14
2	65,5	7,7	10,4	8,1	3207	4,80	7,90	0,12	0,15
3	98,3	5,0	11,1	8,1	2251	5,00	5,90	0,09	0,25
4	52,1	4,2	11,9	8,1	3103	4,30	3,00	0,09	0,12
5	75,6	4,8	11,5	8,2	2831	4,70	7,40	0,11	0,13
6	77,1	4,1	11,6	8,1	2156	4,70	3,50	0,08	0,15
7	50,7	6,3	10,5	8,2	3317	4,10	3,20	0,09	0,11
8	69,2	7,9	10,2	8,1	2577	3,70	4,50	0,10	0,13
9	51,0	4,9	11,2	8,3	2693	3,90	2,40	0,08	0,11
10	85,8	6,2	11,2	8,1	2500	3,60	5,30	0,08	0,10
11	127,9	7,7	10,9	8,0	1456	4,60	5,40	0,08	0,13
12	84,2	10,0	10,1	8,0	1946	4,10	6,00	0,06	0,11
13	127,1	8,5	10,4	8,0	1632	4,20	5,80	0,08	0,20
14	141,1	8,5	10,6	8,1	1507	4,40	3,50	0,08	0,15
15	80,1	9,9	10,3	8,1	2077	4,50	3,60	0,07	0,10
16	86,2	11,1	9,6	8,1	2268	4,10	3,60	0,09	0,14
17	58,7	11,5	9,4	8,2	2780	3,90	2,70	0,07	0,11
18	45,3	13,2	8,9	8,3	3119	3,70	2,90	0,05	0,09
19	40,8	15,4	9,1	8,5	3314	3,70	4,00	0,02	0,05
20	32,6	14,7	9,4	8,7	3344	3,40	3,50	0,04	0,07
21	27,4	16,2	8,3	8,8	3396	3,10	4,40	0,01	0,05
22	22,3	18,0	8,1	8,5	3390	1,90	3,70	0,01	0,04
23	19,6	19,9	5,5	8,3	3537	2,10	4,30	0,01	0,05
24	16,8	20,7	5,4	8,6	3610	2,10	5,70	0,01	0,06
25	21,4	21,7	6,4	8,1	3310	3,00	6,40	0,04	0,09
26	16,6	20,8	5,6	8,2	3411	2,80	3,40	0,17	0,22
27	14,0	20,4	6,7	8,6	3529	2,50	3,50	0,08	0,13
28	12,5	22,6	4,7	8,3	3469	2,10	3,50	0,06	0,11
29	13,4	20,4	5,8	8,4	3504	2,40	4,00	0,02	0,10
30	18,0	19,0	6,0	8,4	3261	2,80	3,40	0,05	0,12
31	30,9	18,5	5,9	7,9	3246	3,10	4,20	0,20	0,26
32	43,4	17,8	6,8	7,9	3519	3,00	4,00	0,16	0,23
33	48,3	19,7	7,2	8,0	3765	3,70	6,90	0,13	0,20
34	34,9	20,6	6,6	8,0	3292	3,40	4,80	0,16	0,21
35	31,9	17,5	7,5	8,1	3670	3,50	3,60	0,14	0,19
36	28,1	18,9	7,7	8,2	3740	3,50	3,20	0,13	0,19
37	20,9	19,0	7,1	8,4	3781	3,20	4,40	0,10	0,12
38	17,7	17,5	7,0	8,4	3896	3,30	2,30	0,09	0,11
39	16,1	16,4	7,6	8,5	3814	3,00	2,00	0,09	0,11
40	15,5	15,6	7,6	8,5	3884	3,10	2,30	0,09	0,11
41	15,8	15,1	7,3	8,3	3857	3,30	2,50	0,11	0,14
42	17,5	11,6	8,4	8,2	3786	3,30	2,70	0,13	0,16
43	20,0	11,9	8,5	8,1	3696	3,50	3,10	0,13	0,16
44	33,8	11,5	8,7	8,1	3651	3,40	4,50	0,15	0,20
45	39,1	9,8	9,6	8,1	3737	3,30	4,30	0,12	0,17
46	65,2	8,7	10,2	8,0	2764	3,40	3,90	0,11	0,18
47	76,0	7,6	10,7	8,0	2266	3,50	4,90	0,09	0,14
48	71,0	4,8	11,4	8,1	2646	4,10	6,00	0,09	0,14
49	56,2	4,5	11,4	8,2	2973	4,20	4,10	0,09	0,12
50	123,5	7,1	11,0	8,0	2073	4,50	6,30	0,09	0,23
51	157,9	6,6	11,0	8,0	1849	4,50	6,10	0,07	0,12
52	265,1	8,3	10,5	8,0	1600	4,60	4,40	0,09	0,29

**Tab.7:** Messergebnisse aus dem Jahr 2023 der Messstation Main (Bischofsheim). Es handelt sich um gemittelte Werte, sofern nicht anders angegeben, Daten: HLNUG

Periode	Abfluss Q*	Tempe- ratur	Gelöster Sauerstoff O <sub>2</sub> min	pH-Wert	Elektrische Leitfähig- keit	Gesamt- Stickstoff	Gesamt org. Kohlenstoff 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	277,0	7,8				4,80	5,30	0,11	0,21
2	383,1	8,0	10,1	7,9	478	4,70	5,50	0,12	0,15
3	546,9	6,8	10,9	7,7	422	5,10	8,00	0,13	0,18
4	265,1	4,7	11,9	7,8	462	4,50	4,80	0,12	0,15
5	351,6	5,1	11,9	8,0	519	5,00	4,40	0,09	0,14
6	406,8	4,2	12,0	7,9	466	4,60	8,20	0,09	0,18
7	238,6	5,7	11,8	7,9	509	4,40	4,40	0,11	0,23
8	253,4	7,6	10,4	8,0	531	4,80	3,80	0,09	0,11
9	204,8	6,4	10,0	8,0	554	4,60	2,80	0,09	0,11
10	358,4	6,6	9,5	7,9	530	4,60	4,50	0,08	0,09
11	624,1	7,6	11,3	7,8	444	5,30	7,20	0,08	0,13
12	389,6	9,8	10,2	7,8	428	4,65	4,80	0,08	0,15
13	461,9	10,2	9,7	7,9	434	4,15	4,55	0,09	0,12
14	610,2	9,4	9,9	8,0	394	4,35	6,15	0,08	0,17
15	360,9	10,6	10,3	7,9	412	4,80	4,55	0,09	0,16
16	358,1	11,3	10,4	8,0	465	4,90	4,05	0,09	0,12
17	264,0	13,1	9,5	8,1	462	4,65	4,10	0,10	0,14
18	214,1	15,2	8,7	8,1	489	4,60	3,50	0,09	0,12
19	236,9	16,4	7,1	7,8	483	4,80	3,75	0,09	0,13
20	186,2	16,7	8,2	7,9	511	4,55	3,75	0,09	0,11
21	154,2	18,4	8,2	8,2	516	4,40	4,10	0,09	0,11
22	125,5	20,3	8,0	8,2	508	3,35	4,20	0,02	0,07
23	123,5	21,9	6,4	7,8	525	3,40	3,95	0,06	0,09
24	112,1	23,3	6,2	7,9	565	3,95	3,65	0,09	0,11
25	121,2	24,8	5,2	7,7	562	3,40	3,85	0,12	0,14
26	104,5	23,9	5,9	7,7	574	4,10	4,25	0,12	0,14
27	94,7	22,9	6,3	8,1	584	3,65	3,80	0,14	0,16
28	91,8	24,8	7,1	8,2	602	3,60	4,70	0,13	0,16
29	92,3	23,8	6,5	8,1	594	3,55	5,20	0,13	0,16
30	143,1	22,0	5,1	7,8	549	3,15	3,45	0,13	0,16
31	216,9	20,6	5,5	7,8	489	3,05	3,55	0,16	0,17
32	261,5	19,8	7,2	7,8	480	3,25	4,15	0,14	0,17
33	234,5	22,0	5,4	7,6	439	3,35	4,95	0,15	0,20
34	163,6	24,1	4,9	7,5	434	3,20	5,00	0,15	0,18
35	160,9	21,2	6,1	7,6	469	3,70	3,70	0,14	0,18
36	123,1	21,9	6,7	7,7	494	3,90	3,80	0,14	0,17
37	109,2	22,3	6,1	7,6	533	3,70	4,60	0,14	0,17
38	102,1	20,9	6,3	7,7	541	4,05	3,20	0,13	0,16
39	92,9	19,5	6,6	7,7	559	3,80	4,45	0,14	0,17
40	103,7	18,3	6,7	7,8	580	4,00	3,75	0,13	0,15
41	98,6	17,5	7,3	7,9	591	4,00	3,25	0,13	0,16
42	111,5	15,0	7,6	7,9	598	4,25	3,55	0,13	0,16
43	159,7	13,8	7,6	7,8	567	4,60	2,90	0,13	0,15
44	226,6	13,0	7,4	7,8	506	4,25	3,70	0,13	0,16
45	219,7	11,0	9,1	7,8	500	3,65	3,95	0,13	0,17
46	369,7	11,6	7,0	7,9	472	4,10	7,40	0,15	0,18
47	371,0	8,9	9,7	7,8	412	4,15	5,50	0,12	0,16
48	357,0	5,8	10,8	7,9	425	4,15	4,95	0,11	0,26
49	317,9	5,0	9,9	7,9	491	4,30	4,60	0,10	0,13
50	583,0	7,4	11,2	8,0	449	4,65	7,45	0,10	0,20
51	520,0	6,8	9,9	7,9	386	4,85	6,25	0,10	0,18
52	751,4	9,7	8,9	8,0	341	4,40	5,80	0,10	0,24

## 3.4 Untersuchungen zur Fauna und Flora der Fließgewässer

ELISABETH SCHLAG

### Zielsetzung & 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 schwimmende Algen) (Abb. 52 bis 55).

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 organischen 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



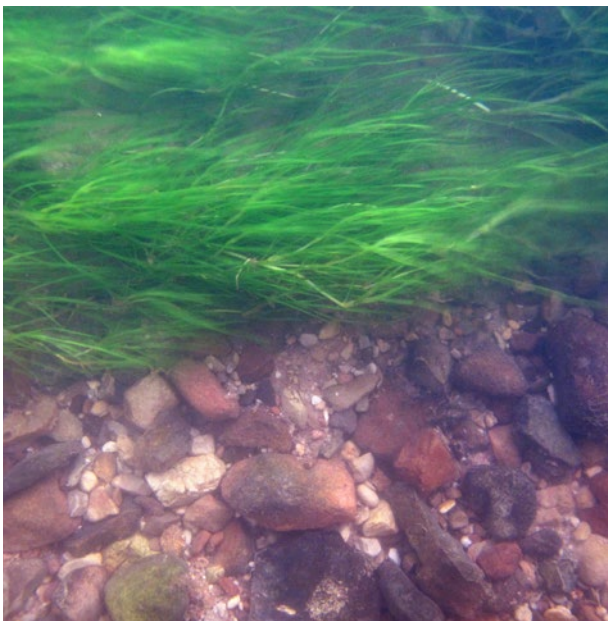
Abb. 52: Fische: Bachschmerlen *Barbatula barbatula* © Thomas Wanke, HLNUG

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.

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 drei Jahren empfohlen.

## Untersuchungen und Ergebnisse

Seit 2021 erfolgt eine zeitliche und räumliche Synchronisation der biologischen Untersuchungen mit denen der allgemeinen chemischen und physikalischen Parameter (ACP-Untersuchungen). Dieses Vorgehen soll eine bessere Ursachenforschung bezüglich der vorgefundenen ökologischen Zustandsklassen ermöglichen und ggf. eine breitere Datengrundlage im Hinblick auf weitere Fragestellungen im chemischen



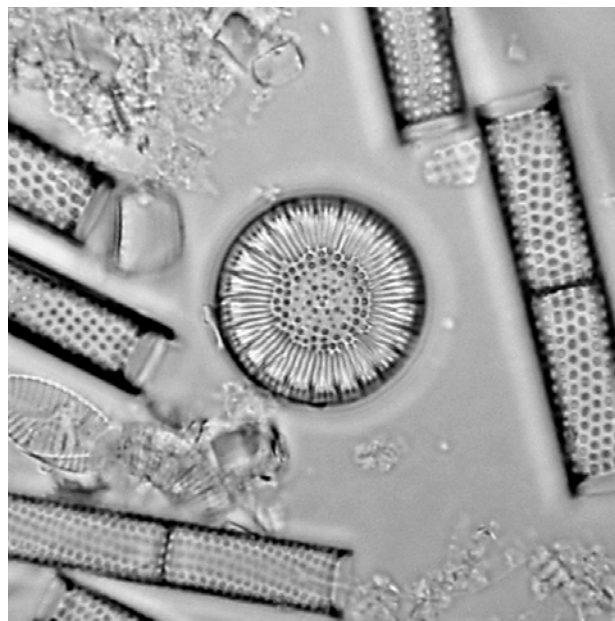
**Abb. 54:** Makrophyten: Sumpf-Teichfaden *Zannichellia palustris* © Klaus van de Weyer, Büro lanaplan, Nettetal



**Abb. 53:** Makrozoobenthos: Köcherfliegenlarven *Brachycentrus subnubilus* © Mechthild Banning, HLNUG

und stofflichen Bereich der Gewässeruntersuchungen liefern.

Entsprechend der o. g. Kriterien wurden in 2023 im Auftrag des HLNUG insgesamt 717 Untersuchungen der verschiedenen biologischen Qualitätskomponenten an 284 Probestellen (PS) durchgeführt (Abb. 56).



**Abb. 55:** Diatomeen: *Cyclotella radiosa* © Marcus Werum, Büro AGLHH, Frankfurt

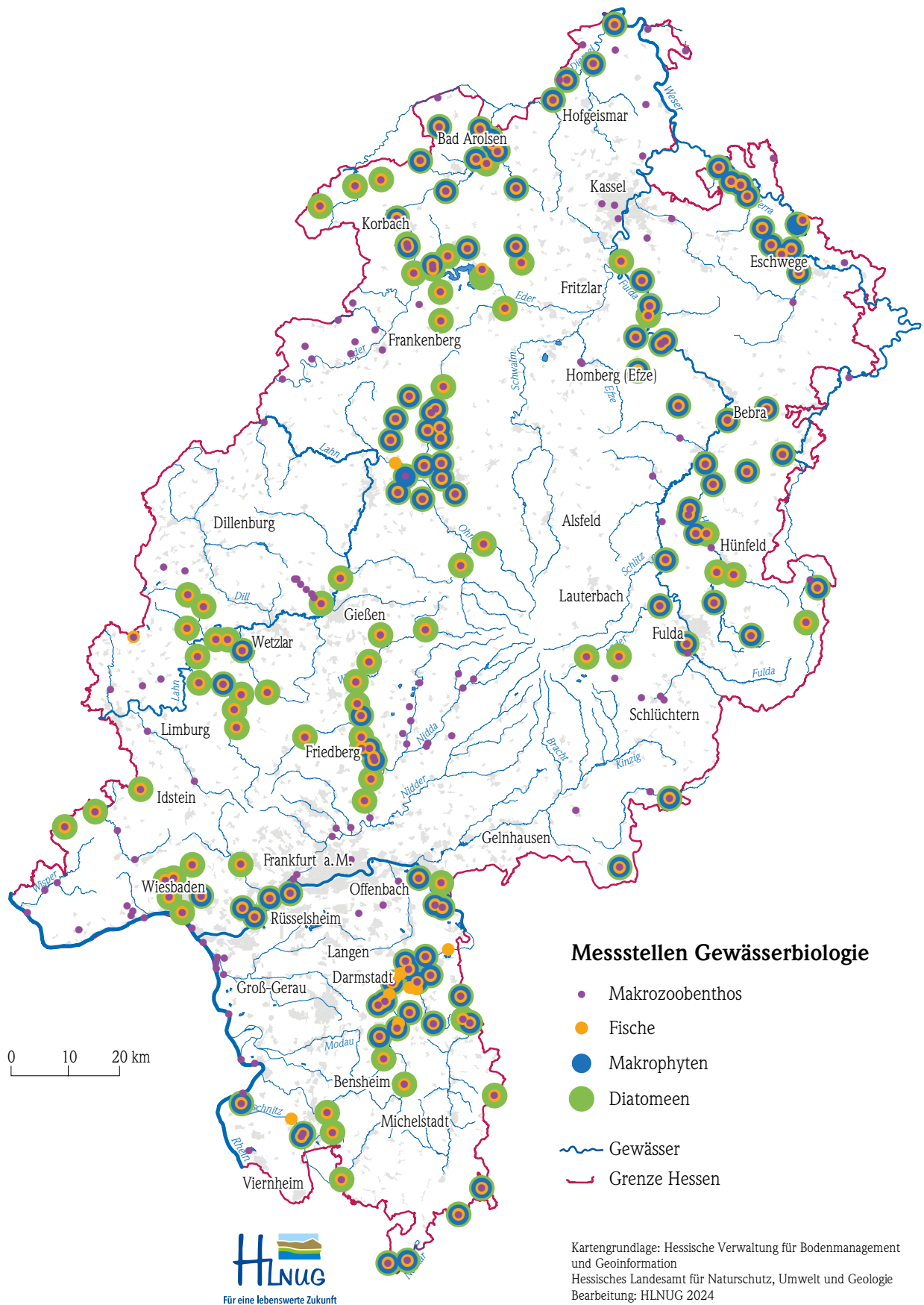


Abb. 56: Messstellen Gewässerbiologie 2023, Daten und Karte: HLNUG



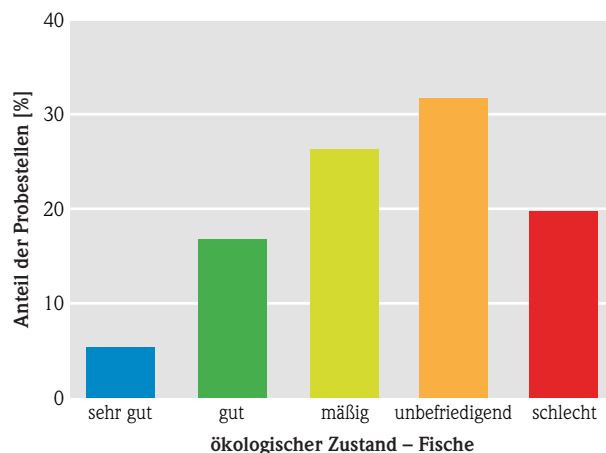
## Fische

An 180 Probestellen wurde der Fischbestand untersucht. Davon wurden an vier, sich meist in größeren Flüssen befindenden Probestellen, zur Ermittlung der stofflichen Belastung der Fischfauna zusätzlich Fische zu Biota-/Gewebeuntersuchungen entnommen. Des Weiteren wurde am Wellritzbach im Bereich der Klostermühle (Wiesbaden) eine Befischung nach FFH-Methode zur Bestandserfassung des Bachneunauges durchgeführt. An 13 Probestellen konnten aufgrund trocken gefallener Gewässerabschnitte keine Befischungen durchgeführt werden. In die folgende Auswertung gehen somit die verbleibenden 167 Probestellen ein.

An 5,4% (neun Probestellen) wurde ein sehr guter und an 16,8% (28 Probestellen) ein guter ökologischer Zustand bezüglich der Fischfauna erreicht. 26,3% (44 Probestellen) wurden in die Zustandsklasse mäßig eingestuft. Der unbefriedigende ökologische Zustand wurde an 31,7% (53 Probestellen), der schlechte an 19,8% (33 Probestellen) vorgefunden (Abb. 57).

Die Ergebnisse der Biota-Untersuchungen lagen zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Berichtes noch nicht vor. Die FFH-Befischung zeigte einen guten Bestand an Bachneunaugen.

Auch der Sommer 2023 war zu warm. An Werra, Nidda, Schwarzbach und Main überschritten die Wassertemperaturen zeitweilig den nach der Oberflächengewässerverordnung (OGewV, Anlage 7 [2]) festgelegten Orientierungswert von 25 °C. Die Temperaturvorgaben in dieser Anlage sind Orientierungswerte, bei deren Überschreitung das Erreichen des guten ökologischen Zustands bzw. des guten ökologischen Potenzials unwahrscheinlich wird. Zu einem hitzebedingten Fischsterben kam es in diesen Fließgewässern im Sommerhalbjahr 2023 jedoch nicht.



**Abb. 57:** Ergebnis der Fischbestandserhebung mit prozentualem Anteil der Probestellen in der erreichten ökologischen Zustandsklasse, Daten und Grafik: HLNUG

## Makrozoobenthos

Makrozoobenthos wurde an 268 Probestellen untersucht. Darunter waren sechs Probestellen, welche bereits seit 2016 jährlich im Rahmen des Kooperationsvorhabens KLIWA „Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft“ beprobt werden.

Bei dem Kooperationsvorhaben KLIWA wird von den Bundesländern Bayern, Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz, Saarland und Hessen ein gemeinsames Klimafolgenmonitoring durchgeführt. Ziel des Klimafolgenmonitorings ist die Abschätzung möglicher Auswirkungen der Klimaveränderungen auf die Fließgewässerfauna.

Zum Zeitpunkt der Beprobung war ein Gewässerabschnitt ausgetrocknet, so dass in die Bewertung 267 Probestellen eingehen. Der sehr gute ökologische Zustand wurde an 3,7% (zehn Probestellen) erreicht. Bei 35,6% (95 Probestellen) wurde ein guter ökologischer Zustand festgestellt. 29,2% (78 Probestellen) wurden in eine mäßige ökologische Zustandsklasse eingestuft. Einen unbefriedigenden ökologischen Zustand erzielten 15,4% (41 Probestellen) und einen schlechten 16,1% (43 Probestellen) der Probestellen (Abb. 58).

## Makrophyten

Makrophyten wurden an 102 Probestellen kartiert. Davon waren fünf Probestellen ausgetrocknet. Von den verbleibenden 97 Probestellen erreichten 5,2% (fünf Probestellen) eine sehr gute und 29,9% (29 Probestellen) eine gute ökologische Zustandsklasse. Bei 38,1% (37 Probestellen) wurde eine mäßige und bei 17,6% (17 Probestellen) eine unbefriedigende Zustandsklasse vorgefunden. In die Zustandsklasse schlecht wurden 9,3% (neun Probestellen) eingestuft (Abb. 59).

## Diatomeen 2022 und 2023

2022 wurden 178 und 2023 wurden 167 Diatomeenproben genommen. Aufgrund fehlender Kapazitäten von Fachbüros konnte ein Teil der bereits in 2022 und die gesamte Anzahl der in 2023 genommenen Diatomeenproben noch nicht ausgewertet werden. Die vollständige Auswertung der Proben von 2022 und 2023 wird voraussichtlich Ende November 2024 abgeschlossen sein. Die Darstellung der ausgewerteten Diatomeen-Probestellen von 2022 befindet sich im Gewässerkundlichen Jahresbericht 2022 [3]. Die Ergebnisdarstellung beider Probenahmejahre findet Eingang in den Gewässerkundlichen Jahresbericht 2024. Die Lage der Probestellen, der in 2023 genommenen Proben, ist in Abb. 56 dargestellt.

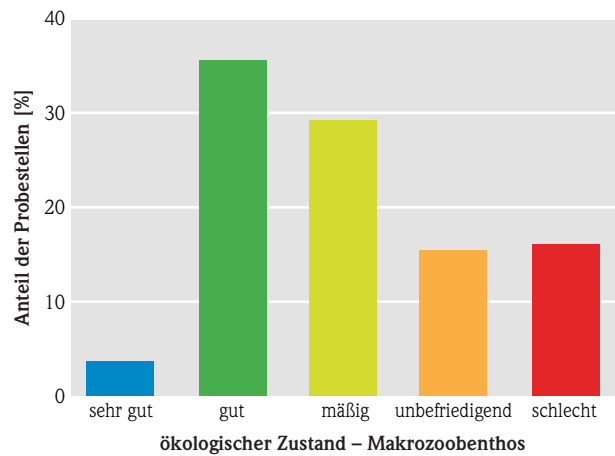
## Ausblick 2024

An ca. 210 Probestellen werden Fischbestandserhebungen durchgeführt. Dabei sollen an 16 Probestellen Fische für Biota-Untersuchungen entnommen werden.

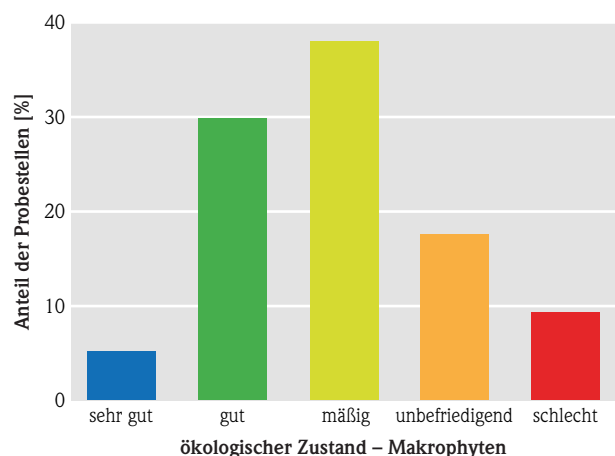
Makrozoobenthos wird an ca. 220 Probestellen erfasst.

An ca. 115 Probestellen sollen Makrophyten kartiert werden.

Diatomeenproben werden an ca. 195 Probestellen genommen. Die taxonomische Auswertung der 2024 genommenen Proben erfolgt in 2025.



**Abb. 58:** Ergebnis der Makrozoobenthosenerhebung mit prozentualem Anteil der Probestellen in der erreichten ökologischen Zustandsklasse, Daten und Grafik: HLNUG



**Abb. 59:** Ergebnis der Makrophytenkartierung mit prozentualem Anteil der Probestellen in der erreichten ökologischen Zustandsklasse, Daten und Grafik: HLNUG

## Weitere Informationen

Informationen zur Biologie der Fließgewässer finden Sie unter <https://www.hlnug.de/themen/wasser/fliessgewaesser/fliessgewaesser-biologie>. 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 Fließgewässerbiologie sowie die seit 1970 erstellten Gewässergütekarten veröffentlicht.

Über den Stand der Umsetzung der WRRL informiert das Hessische Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt, Weinbau, Forsten, Jagd und Heimat (HMLU) in Form des Bewirtschaftungsplans 2021–2027 [4] und des Maßnahmenprogramms 2021–2027 [5].

## 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] Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch den Bundesminister der Justiz (2016): Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer 1 (Oberflächengewässerverordnung - OGewV); Anlage 7 (zu § 5 Absatz 4 Satz 2) Allgemeine physikalisch-chemische Qualitätskomponenten [[https://www.gesetze-im-internet.de/ogewv\\_2016/BJNR137310016.html](https://www.gesetze-im-internet.de/ogewv_2016/BJNR137310016.html); Stand: 04.05.2024]
- [3] HLNUG – Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (2022): Gewässerkundlicher Jahresbericht 2022 [[https://www.hlnug.de/publikationen/detailseite?tx\\_cartadm\\_pi2%5Bitem%5D=1284](https://www.hlnug.de/publikationen/detailseite?tx_cartadm_pi2%5Bitem%5D=1284); Stand 04.05.2024].
- [4] HMLU – Hessisches Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt, Weinbau, Forsten, Jagd und Heimat (2024): Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie in Hessen – Bewirtschaftungsplan Hessen 2021–2027. [<https://flussgebiete.hessen.de/information/bewirtschaftungsplan-2021-2027>; Stand: 04.05.2024].
- [5] HMLU – Hessisches Ministerium für Landwirtschaft und Umwelt, Weinbau, Forsten, Jagd und Heimat (2024): Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie in Hessen – Maßnahmenprogramm 2021–2027. [<https://flussgebiete.hessen.de/information/massnahmenprogramm-2021-2027>; Stand: 04.05.2024].

## 3.5 Gewässerstruktur

JOACHIM WEDEL & ANN KATRIN THOMAS

### Erfassung der Gewässerstruktur in renaturierten Bereichen, Zielsetzung & Aufgabe

Die Gewässerstrukturkartierung der Änderungsstrecken fand wie bisher außerhalb der Vegetationsperiode im Zeitraum von November 2022 bis Mitte Mai 2023 (sowie November und Dezember 2023 – zählt zur nächsten Saison) statt.

Die Nachkartierung dokumentiert die umgesetzten Maßnahmen zur Verbesserung der morphologischen Strukturen durch die Erfassung der erzielten Gewässerveränderungen. Ziel ist es, in einem Drittel des

Gewässersystems einen guten Zustand (Strukturgüte 1–3) zu erreichen. Es wird davon ausgegangen, dass ab etwa 35 % guter Gewässerstrukturen (optimal ist es, wenn sie über die Gewässerverläufe verteilt sind) und einer intakten, linearen Durchgängigkeit innerhalb des Wasserkörpers, die morphologischen Voraussetzungen zur Erreichung des guten ökologischen Zustands als Ziel der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) erfüllt werden.



**Abb. 60:** Laufgabelung am Abschnitt 13 des Braubach (Maintal) © Joachim Wedel, HLNUG



**Abb. 61:** Inselbildung mit Krümmungsbänken an der Nuhne bei Schreufa (Abschnitt 10) © Ann Katrin Thomas, HLNUG



**Abb. 62:** Brücke über die Efze mit Laufverengung (Abschnitt 64) © Ann Katrin Thomas, HLNUG



**Abb. 63:** Angelegte Grabentasche an der Zwester Ohm im Ebsdorfergrund (Abschnitt 68) © Joachim Wedel, HLNUG



**Abb. 64:** Verzweigungen an der Par-Allna südlich Weimar (Lahn) (Abschnitt 8) © Joachim Wedel, 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. Die Daten werden elektronisch mit Tablets durch eine entsprechende Software erfasst. Die Ergebnisse der Strukturkartierung werden bei der weiteren Maßnahmenplanung zur Umsetzung der WRRL berücksichtigt.

## Regierungsbezirk Kassel

Insgesamt in der Saison kartiert: 10,3 Kilometer

- Werra-Meißner Kreis: Vierbach
- Waldeck-Frankenberg: Nuhne (Abb. 61), Laubach, Sonderbach und ein nicht benannter Graben

- Schwalm-Eder-Kreis: Efze (Abb. 62), Efze-Flutmulde
- Stadt Kassel: Drusel

## Regierungsbezirk Gießen

Insgesamt in der Saison kartiert: 9,4 Kilometer

- Marburg-Biedenkopf: Holzhäuser Bach, Lahn, Teufelsgraben, Wenkbach, Zwester Ohm (Abb. 63), Par-Allna (Abb. 64)
- Landkreis Gießen: Krebsbach, Erlenwiesenbach, Fohnbach Lauter und ein namenloser Graben
- Landkreis Limburg-Weilburg: Erbach, Wörsbach
- Vogelsbergkreis: Berfa (Abb. 68), Brenderwasser

## Regierungsbezirk Darmstadt

Insgesamt in der Saison kartiert: 8,8 Kilometer

- Hochtaunuskreis: Arnsbach
- Main-Taunus-Kreis: Schwalbach
- Wetteraukreis: Nidda, Hubbach (Abb. 65 und 66), Wetter
- Main-Kinzig-Kreis: Braubach (Abb. 60)
- Stadt Frankfurt: Sulzbach
- Rheingau-Taunus-Kreis: Stegbach
- Landkreis Bergstraße: Schliefenbach, Schlierbach, Schwarzer Graben, Stadtbach



**Abb. 65:** Sumpfiger Wald mit natürlichen Verzweigungen des Hubbach bei Hungen (Abschnitt 33) © Joachim Wedel, HLNUG



**Abb. 66:** Gehölzfreier Bereich für Bodenbrüter mit Aufweitung am Hubbach bei Hungen (Abschnitt 23) © Joachim Wedel, HLNUG



**Abb. 67:** Gestreckter Lauf des Stadtbaches in Heppenheim (Abschnitt 37) © Joachim Wedel, HLNUG

## Kurzer Überblick einiger Maßnahmen zur Verbesserung der Gewässerstrukturgüte

Die meisten Abschnitte waren Renaturierungsmaßnahmen, wie z. B. der Mosbach bei Wiesbaden oder Meldungen eigendynamischer Entwicklungen der Gewässer, die zu Strukturverbesserungen führen, wie z. B. am Vierbach bei Germerode; ebenso die Entfernung möglicher Ufersicherungen, wie z. B. am Arnsbach bei Hausen, die die Eigendynamik fördern.

An vielen Stellen der Zwerster Ohm wurde das Gewässerbett durch Einbau von Sohlenbauwerken verbessert. Durch Abreißen oder Stilllegung mehrerer Querbauwerke, wie z. B. am Grundbach bei Drommershausen, wurde die Durchgängigkeit verbessert, ebenso am Sonderbach. Auch die Offenlegung von Gewässern, wie z. B. des Teufelsgrabens in Wehrda, führt zur Aufwertung des Gewässers.

Neue Gewässerläufe wurden an der Par-Allna, teilweise mit Finanzmitteln der Ausgleichsmaßnahme zum Neubau der B3a, geschaffen. Ebenso durch Mittel der Flurbereinigungsverfahren konnten Gewässer naturnah umgestaltet werden, wie z. B. im Krebsbachsystem bei Buseck-Beuern oder an der Nuhne bei Schreufa.

Neue Auen und Uferstrukturen wurden an Erbach, Schlierbach, Schliedenbach und Holzhäuser Bach angelegt. Das Einbinden alter Fischteichanlagen im Waldgebiet in die Entwicklung naturnaher Bereiche

sind z. B. am Hubbach bei Hungen zu sehen. Am Hubbach wurde auch eine Umgestaltung des Gewässers mit gehölzfreier Zone aufgrund der seltenen Bodenbrüter wie der Bekassine durchgeführt.



**Abb. 68:** Prallbäume an der Berfa (Vogelsberg) (Abschnitt 140) © Ann Katrin Thomas, HLNUG

## 3.6 Seen – Trophische Untersuchungen

ANN KATRIN THOMAS

### Seenmessprogramm, Zielsetzung & Aufgabe

Die Seen in Hessen sind überwiegend nicht natürlichen Ursprungs. Die meisten Seen entstanden im Zuge der Rohstoffgewinnung durch Abgrabungen von Kies oder Sand (Baggerseen) oder durch den Abbau von Braunkohle (Tagebauseen) und stellen somit künstliche Seen dar. Daneben sind aus wasserwirtschaftlichen Gründen Fließgewässer zu Talsperren oder Weihern aufgestaut worden oder es kam durch Begradigungen von Fließgewässern zur Entstehung von seenähnlichen Altwässern (Altarme). Unabhängig von ihrer Entstehung bilden die hessischen Seen und Talsperren wertvolle Lebensräume mit vielfältigen Lebensgemeinschaften und sind gleichzeitig beliebte Ziele in der Freizeit, so dass sie verschiedenen Nutzungen unterliegen.

Insgesamt befinden sich aktuell ca. 80 Seenmessstellen im hessischen Gütemessprogramm (Abb. 69). In der Regel hat jeder See eine Messstelle. An vereinzelt Seen liegen aber aufgrund einer großen Seefläche oder aufgrund anderer Besonderheiten mehrere Messstellen vor, dabei wird das Ziel verfolgt, 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. Die Seen werden in unterschiedlichen Abständen regelmäßig untersucht, wobei der Turnus abhängig von verschiedenen Aspekten auf z. B. jährlich, alle drei, vier, sechs oder zwölf Jahre festgelegt wird.

Für die Seen und Talsperren, die auch als Badegewässer genutzt werden, stehen die hygienischen Kriterien im Vordergrund, um bei den Badegästen eine Infektion durch eine Verunreinigung auszuschließen. Nach der Badegewässerverordnung werden die Badegewässer von den Gesundheitsämtern auf Intestinale Enterokokken 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 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 Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) entsprechen. Ziel der WRRL ist es, langfristig in Europa einen einheitlichen Standard der Bewertung der oberirdischen Gewässer zu schaffen 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 Hilfe der biologischen Qualitätskomponente Phytoplankton ermittelt. Dafür müssen sich die Seen soweit entwickelt haben (z. B. nach dem Beenden der Abgrabungen), dass sich eine entsprechende Biozönose ausbilden konnte.

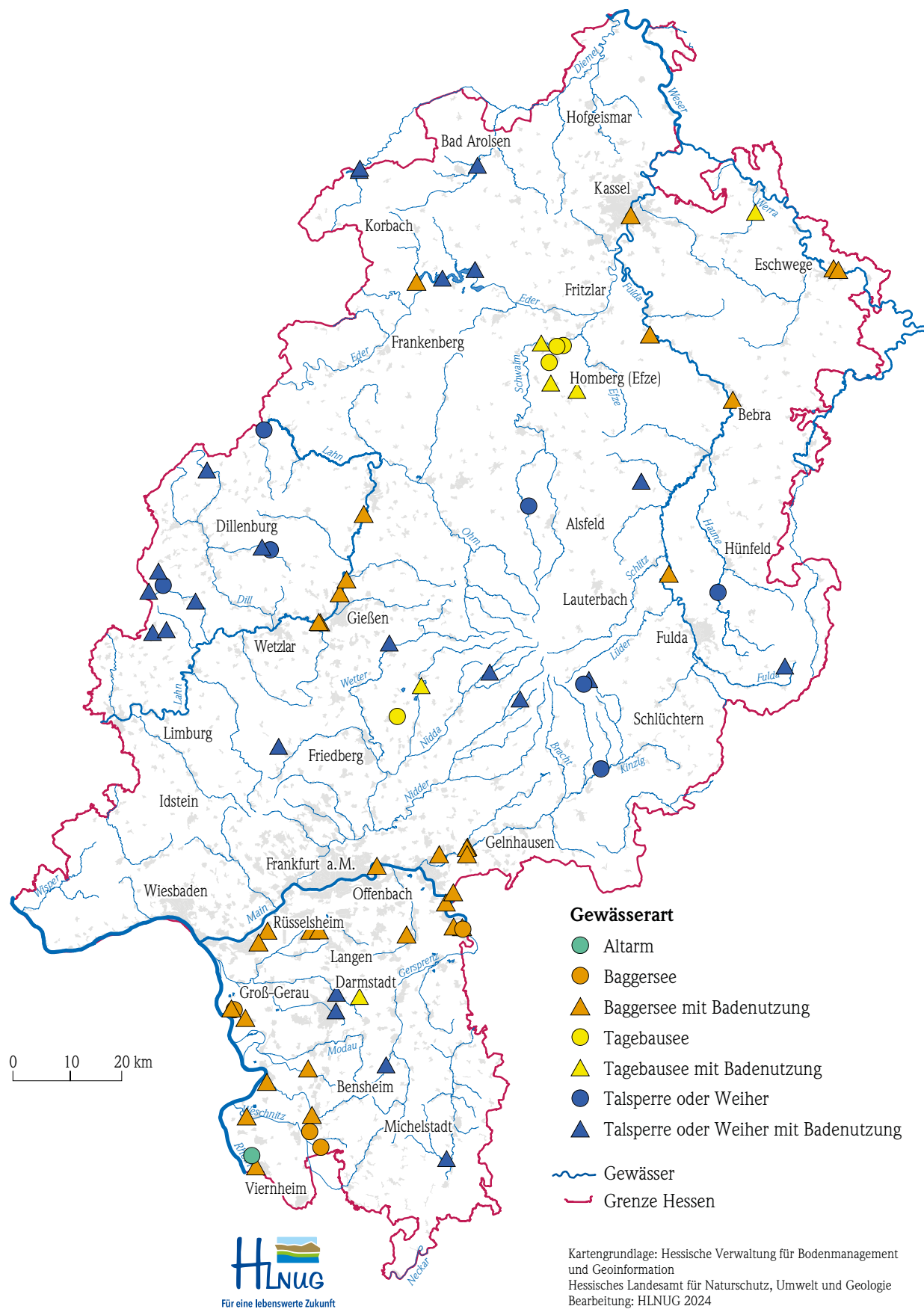


Abb. 69: Messstellen im aktuellen hessischen Seengütemessprogramm, Daten und Karte: HLNUG



## Trophieklassifikation

Alle zu untersuchenden Seen werden hinsichtlich ihrer Trophie nach den Vorgaben der LAWA (Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser) klassifiziert [1]. Die Untersuchungen hinsichtlich der Trophie ergeben eine Aussage zum Umfang und Umsatz der durch Photosynthese entstandenen Biomasse in einem Stehgewässer.

Das Phosphat spielt dabei eine große Rolle, da dieses meistens der das Algenwachstum begrenzende Nährstoff ist. Basierend auf den Parametern Chlorophylla, Sichttiefe sowie Gesamtphosphor wird der See nach seiner Trophie klassifiziert [1]. Hierzu werden zwischen acht Trophieklassen von oligotroph (nährstoffarm, mit großer Artenvielfalt) bis hin zu hypertroph (übermäßig hoher Nährstoffgehalt, artenarm) unterschieden. Weitere aus den Wasserproben ermittelte physikalische, chemische und biologische Daten dienen als zusätzliche Hilfsgrößen zur Gesamtbeurteilung der Belastungssituation.

Grundsätzlich stellt weiterhin die Eutrophierung die größte Belastung für die Seen dar. Der Begriff Eutrophierung steht für eine starke Zunahme der Biomasse infolge einer hohen Nährstoffbelastung. Auch viele Seen in Hessen weisen eine hohe Trophieklasse und damit zu viele Nährstoffe im Wasserkörper auf. Die Nährstoffe gelangen über verschiedenste Wege in die Seen und werden dort länger gehalten und umgesetzt. Darum werden Seen und Talsperren auch als sogenannte Nährstoffsinken bezeichnet.

Für die Trophieklassifikation werden die Seen zunächst einer der sechs definierten Seegruppen zugeordnet, wobei die Seen innerhalb einer Seegruppe hinsichtlich ihrer Produktivität vergleichbar sind [1]. Die im hessischen Gütemessprogramm befindlichen Seen wurden in folgende Seegruppen eingeordnet (siehe Tab. 8).

Die LAWA-Klassifizierung wurde für die Jahre 2010 bis 2023 angewendet und führte zu folgenden Ergebnissen für die Seen im aktuellen Messprogramm (jeweils letztes Ergebnis und nur eine Messstelle pro See, siehe Tab. 9).

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

Seengruppe	Kurzbezeichnung	Anzahl
geschichtete Alpenvorland- und Alpen-/Mittelgebirgs-Seen (ohne Talsperren, > 5 Hektar)	AVAMgesch	2
geschichtete Talsperren (nur Talsperren, > 5 Hektar)	geschTS	4
geschichtete Tieflandseen (ohne Talsperren, > 5 Hektar)	TLgesch	23
geschichtete Kleinseen (ohne Talsperren, ≤ 5 Hektar)	geschklein	4
polymiktische (ungeschichtete) Seen mit mittlerer Tiefe > 3 m	polygr3m	14
polymiktische (ungeschichtete) Seen mit mittlerer Tiefe ≤ 3 m	polykl3m	28

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

LAWA-Klassifizierung	Trophie-Index	Anzahl
oligotroph	≤ 1,50	11
mesotroph 1	1,51–2,00	10
mesotroph 2	2,01–2,50	15
eutroph 1	2,51–3,00	16
eutroph 2	3,01–3,50	13
polytroph 1	3,51–4,00	7
polytroph 2	4,01–4,50	1
hypertroph	> 4,50	1

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 hydro-morphologischen Eigenschaften wie Volumen, Tiefe und Uferlänge auch unter natürlichen Bedingungen (d. h. ohne menschlichen Einfluss) keinen besseren Trophiezustand als eutroph erreichen. In der nachfolgenden Tabelle sind die Trophie-Ergebnisse des Jahres 2023 dargestellt (Tab. 10).



**Abb. 70:** Stockelache 2023 – oligotroph © Ann Katrin Thomas, HLNUG



**Abb. 71:** Einstiegsstelle am Lambertheimer Altrhein 2023 © Ann Katrin Thomas, HLNUG

**Tab. 10:** Messwerte und Trophie-Klassifizierung 2023 (MW = Mittelwert, P<sub>ges</sub>= Gesamtphosphor, Zirkul. = Zirkulation, Ges. = gesamt)

See, Messstelle	Gemeinde	See Typ nach LAWA	MW Chlorophyll [ $\mu\text{g/l}$ ]	Sichttiefe-Saison-MW [m]	MW P <sub>ges</sub> [mg/l]	MW P <sub>ges</sub> -Zirkul. (Frühjahr) [mg/l]	Ges. Trophie-Index	Trophie-klasse	Trophie Index Zuvor
Badesee Teichmann, Seemitte	Vöhl	polykl3m	19,2	2,3	0,019	0,005	2,24	mesotroph_2	3,02
Badesee Gernsheim, Seemitte	Gernsheim	geschklein	15,3	2,4	0,044	0,014	2,59	eutroph_1	2,11
Badesee Klein Krotzenburg, Seemitte	Hainburg	polygr3m	16,3	1,8	0,016	0,012	2,44	mesotroph_2	2,57
Badesee Mainflingen, Seemitte	Mainhausen	polykl3m	28,4	3,5	0,017	0,005	2,23	mesotroph_2	1,71
Badesee Niederweimar, Seemitte	Weimar (Lahn)	TLgesch	2,3	7,3	0,008	0,005	0,93	oligotroph	0,91
Badesee-Autobahn Bensh., Seemitte	Bensheim	TLgesch	3,9	3,7	0,010	0,013	1,58	mesotroph_2	1,74
Diemeltalsperre, v. Staudamm	Marsberg	geschTS	11,2	3,0	0,020	0,031	2,42	mesotroph_2	2,40
Edertalsperre, Banfebucht	Vöhl	geschTS	10,8	2,2	0,027	0,037	2,62	eutroph_1	2,81
Edertalsperre, Waldecker Bucht	Edertal	geschTS	6,4	4,2	0,020	0,044	2,23	mesotroph_2	2,66
Grube Prinz von Hessen, Seemitte	Darmstadt	TLgesch	8,2	2,2	0,018	0,024	2,24	mesotroph_2	2,58
Königsee Zellhshn., Seemitte	Mainhausen	TLgesch	9,5	4,3	0,010	0,013	1,77	mesotroph_2	1,53
Lamperth. Altrhein, km 3,0	Lampertheim	polykl3m	66,9	1,0	0,130	0,038	3,72	polytroph_1	3,79
Nieder-Mooser-See, Seemitte	Freiensteinau	polykl3m	29,9	1,1	0,069	0,063	3,39	eutroph_1	3,98
Badesee Nieder-Roden, Seemitte	Rodgau	TLgesch	5,4	1,6	0,007	0,005	1,21	oligotroph	1,83
Riedsee Biblis, Seemitte	Biblis	TLgesch	3,3	4,5	0,017	0,014	1,62	mesotroph_2	1,36
Stockelache, Westteil	Borken (Hessen)	TLgesch	1,8	7,1	0,012	0,014	1,16	oligotroph	2,05
Strandbad Rodenbach, Seemitte	Rodenbach	polykl3m	9,5	2,5	0,017	0,018	2,19	mesotroph_2	2,32

Insgesamt konnte 2023 eine positive Entwicklung der Trophie-Klassifizierung festgestellt werden. Neben drei oligotrophen Seen wurden drei Seen mit mesotroph 1, sieben Messstellen mit mesotroph 2 sowie zwei Messstellen mit eutroph 1 ausgewiesen. Daneben erhielt der Nieder-Mooser-See in Freiensteinau die Einstufung eutroph 2 und der Lampertheimer Altrhein (bei km 3,0) die Einstufung polytroph 1 (Abb. 71).

An sechs Messstellen ergaben sich Verschlechterungen beim Trophie-Index, wobei dies an drei Messstellen (Badesee Gernsheim, Badesee Mainflingen und Riedsee Biblis) dazu führte, dass die Trophieklasse im Gegensatz zur vorherigen Untersuchung herabgestuft wurde. So konnte z.B. am Badesee Gernsheim bei der Untersuchung 2019 die Trophieklasse mesotroph 2 festgestellt werden, wobei vier Jahre später bei den Untersuchungen 2023 der See mit eutroph 1 klassifiziert wurde.

An vier weiteren Messstellen konnten leichte Trophie-Verbesserungen festgestellt werden. Deutlich fiel die positive Entwicklung an sieben Messstellen auf, die sich jeweils um mindestens eine Trophieklasse verbesserten. Mit einer Index-Änderung von

0,62 konnte der Badesee Nieder-Roden 2023 eine oligotrophe Klassifizierung erreichen, während im Untersuchungsjahr 2019 noch die Trophieklasse mesotroph 1 festgestellt wurde. Des Weiteren rutschte z.B. auch der Badesee Klein Krotzenburg in die nächst bessere Trophieklasse, obwohl die Index-Änderung mit 0,13 deutlich niedriger ausfiel. Hier reichte eine vergleichsweise geringe Verbesserung im Bereich der definierten Klassengrenzen aus, um eine bessere Klassifizierung zu erlangen.

Besonders hervorzuheben sind die Trophie-Verbesserungen beim Badesee Teichmann sowie bei der Stockelache (Abb. 70). Beide Badeseen wurden zwei Klassen besser eingestuft als noch im vorherigen Untersuchungsjahr. So erreichte der Badesee Teichmann 2023 die Einstufung mesotroph 2 (2020: eutroph 2) und die Stockelache die Trophieklasse oligotroph (2019: mesotroph 2).

Welche Ursachen diese insgesamt positiven Entwicklungen haben, ist meist vielschichtig und individuell unterschiedlich. Gründe können Sanierungsbemühungen, günstige klimatische Bedingungen oder auch das Ausbleiben von Starkregenereignissen sein.

## 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. Bei einem Grundwasserstockwerksbau erfolgt die Grundwasserneubildung in den tieferen Grundwasserstockwerken nicht direkt aus dem Niederschlag, sondern durch Leckage aus dem oder den jeweils überlagernden Grundwasserstockwerken. In Hessen wie auch in weiten Teilen Mitteleuropas wird Grundwasser in der Regel im Winterhalbjahr neu gebildet, wenn wegen ruhender Vegetation und niedriger Temperatur die Verdunstung zurückgeht und ein Teil des Niederschlags dem Grundwasser zusickern kann.

Im Sinne der nachhaltigen und langfristigen Grundwasserbewirtschaftung strebt Hessen einen ausgeglichenen Wasserhaushalt an. 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 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 wird. Mit diesem Modell errechnet sich für die Referenzperiode 1971–2000 ein langjähriges Flächenmittel von 105 mm/a, das heißt, pro Quadratmeter Landesfläche werden jährlich im Mittel 105 mm (entspricht 105 Liter) Grundwasser aus Niederschlag neu gebildet.

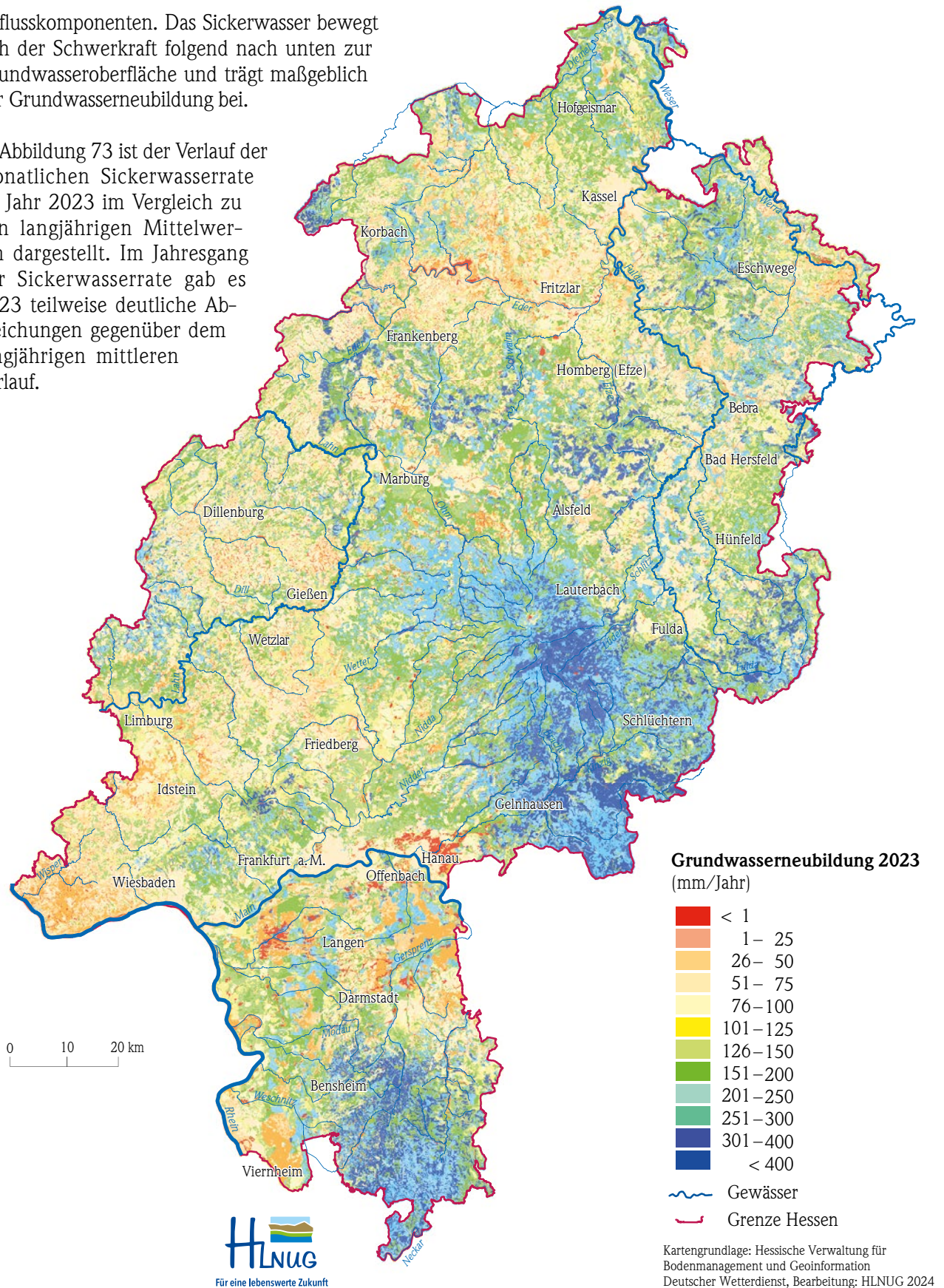
Umgerechnet auf die Fläche Hessens werden somit im langjährigen Mittel (1971–2000) jährlich rd. 2,19 Mrd. m<sup>3</sup> Grundwasser neu gebildet. Demgegenüber werden jährlich rd. 407 Mio. m<sup>3</sup> Grundwasser entnommen. Der Vergleich zeigt, dass hessenweit jährlich rd. 5fach mehr Grundwasser neu gebildet als gefördert wird. Nicht gefördertes Grundwasser strömt über die Vorflut als grundwasserbürtiger Abflussanteil wieder ab. Je nach Tiefe und Mächtigkeit des Grundwasserleiters kann dieser Prozess wenige Tage bis zu mehreren Jahrzehnten dauern.

Das zuvor genannte Verfahren zur Ermittlung der Grundwasserneubildung aus Niederschlag ist ursprünglich für die Ermittlung langjähriger Mittelwerte entwickelt worden. Unter Inkaufnahme gewisser Unsicherheiten der Modellierung wird das Verfahren im HLNUG auch für die Ermittlung jährlicher Grundwasserneubildungsraten eingesetzt. Die Karte (Abb. 72) zeigt eine Übersichtsdarstellung der modellierten Grundwasserneubildung aus Niederschlag für das Jahr 2023. Die flächenhafte Verteilung der Grundwasserneubildung entspricht in etwa der Niederschlagsverteilung, 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.

Das Flächenmittel der Grundwasserneubildung betrug für das Jahr 2023 für Hessen 149 mm und lag damit um 42% deutlich über dem langjährigen Mittelwert der Referenzperiode 1971–2000. Die hohe Grundwasserneubildung im Jahr 2023 ist auf die überdurchschnittlichen Niederschläge, vor allem in den neubildungsrelevanten Monaten des hydrologischen Winterhalbjahres (November–April) zurückzuführen (vgl. Kap. 2.4). Die Sickerwasserrate aus dem Boden ergibt sich aus der Differenz von Niederschlag minus Verdunstung und schnellen lateralen

Abflusskomponenten. Das Sickerwasser bewegt sich der Schwerkraft folgend nach unten zur Grundwasseroberfläche und trägt maßgeblich zur Grundwasserneubildung bei.

In Abbildung 73 ist der Verlauf der monatlichen Sickerwasserrate im Jahr 2023 im Vergleich zu den langjährigen Mittelwerten dargestellt. Im Jahresgang der Sickerwasserrate gab es 2023 teilweise deutliche Abweichungen gegenüber dem langjährigen mittleren Verlauf.



**Abb. 72:** Flächenhafte Darstellung der Jahressumme der Grundwasserneubildung aus Niederschlag für das Jahr 2023, Daten: KLIWA, Karte: HLNUG

Überdurchschnittlich hoch fiel die Sickerwasserbildung in den Monaten Januar, März, April, August, November und Dezember aus. Auffällig ist dabei der Sommermonat August, in dem im langjährigen Mittel normalerweise keine nennenswerte Sickerwasserbildung stattfindet. Die überdurchschnittlich hohe Sickerwasserbildung ist darauf zuzuführen, dass im August 2023 fast die doppelte Niederschlagsmenge wie im langjährigen Mittel gefallen ist (vgl. Kap. 2.4). Damit ist der August 2023 ein Beispiel dafür, dass bei ausreichender Niederschlagsmenge auch im Hochsommer Sickerwasserbildung bzw. Grundwasserneubildung stattfinden kann. Infolge der sehr hohen Sickerwasserraten in den Monaten November und Dezember konnten hessenweit deutliche Anstiege des Grundwassers beobachtet werden (vgl. Kapitel 4.2).

Die Jahreswerte der Grundwasserneubildung unterliegen extremen Schwankungen. Der Schwankungsbereich beträgt rund 180 mm (Abbildung 74). Für den gesamten Betrachtungszeitraum 1951–2023 ist kein einheitlicher Trend erkennbar. Auffällig ist, dass die bis zum Jahr 2003 zu beobachtende große jähr-

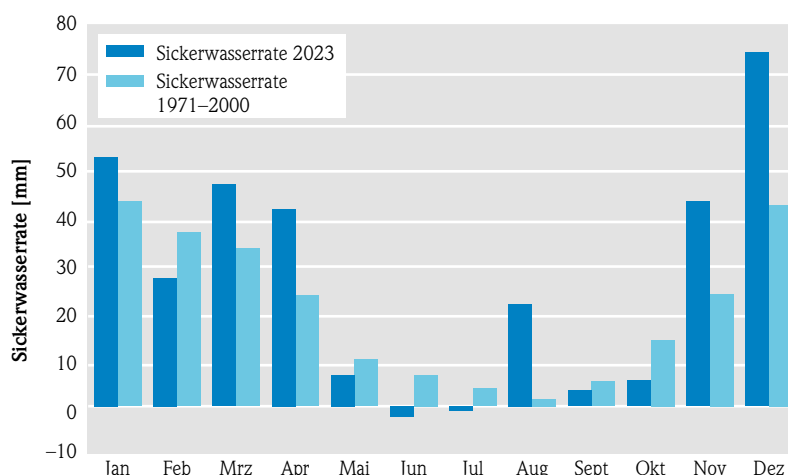


Abb. 73: Monatliche Sickerwasserraten in Hessen, Daten: KLIWA, Grafik: HLNUG

liche Variabilität ab dem Jahr 2003 deutlich weniger ausgeprägt war und die jährliche Grundwasserneubildung 20 Jahre lang meist unterhalb des langjährigen Mittelwertes lag. Ausgeprägte grundwasserneubildungsreiche Nassjahre wurden in Hessen in den Jahren 2003–2022 überhaupt nicht beobachtet. Dadurch lag die Grundwasserneubildung in dieser 20 Jahre lang andauernden Periode 28% unter dem langjährigen Mittel (1971–2000). Das Jahr 2023 stellt nach zwei neubildungsarmen Dekaden erstmals wieder ein neubildungsreiches Nassjahr dar.

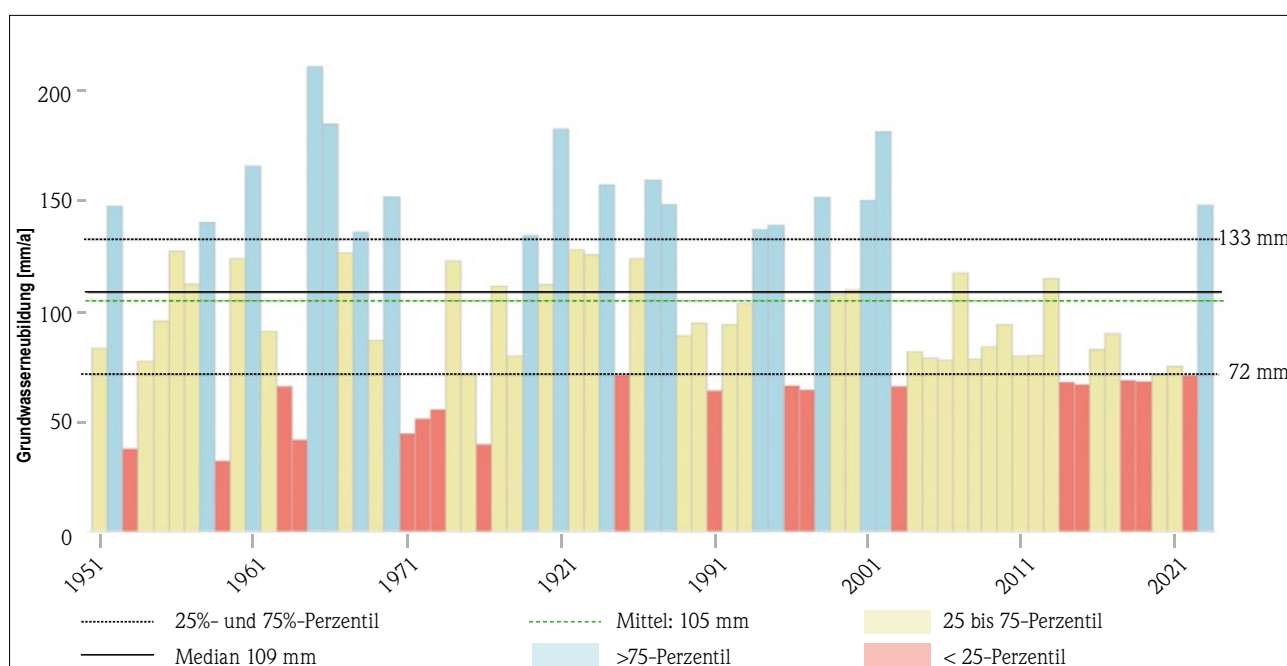


Abb. 74: Langjährige Entwicklung der Grundwasserneubildung in Hessen, Daten und Grafik: KLIWA

## 4.2 Grundwasserstände und Quellschüttungen

DR. THERESA FROMMEN

### Grundwassermessnetz, Zielsetzung & 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.

Üblicherweise findet die Regeneration der Grundwasserressourcen vor allem im hydrologischen Winterhalbjahr (November bis April) statt, da aufgrund der jahreszeitlich bedingt niedrigen Verdunstungsraten und der Vegetationsruhe ein Großteil der Niederschläge in die Böden versickern kann und durch die dann einsetzende Grundwasserneubildung die Grundwasserstände steigen.

Im hydrologischen Sommerhalbjahr (Mai bis Oktober) kommt dagegen normalerweise kaum oder nur wenig Niederschlagswasser im Grundwasser an, da ein Großteil des Niederschlags wegen der höheren Temperaturen verdunstet oder von der Vegetation verbraucht wird. Deshalb fallen die Grundwasserstände in diesem Zeitraum in der Regel. Daraus ergibt sich der für das Grundwasser charakteristische Jahresgang, mit steigenden Grundwasserständen im Winterhalbjahr und fallenden Grundwasserständen im Sommerhalbjahr. Hierbei wird von saisonalen Schwankungen gesprochen. Aufgrund der natürlichen Klimavariabilität von Temperatur und Niederschlag kommt es häufig zu Abweichungen gegenüber den mittleren Verhältnissen. In Zeiten länger andauernder Trocken- und Nassperioden werden die saisonale Schwankungen durch periodische Schwankungen überlagert.

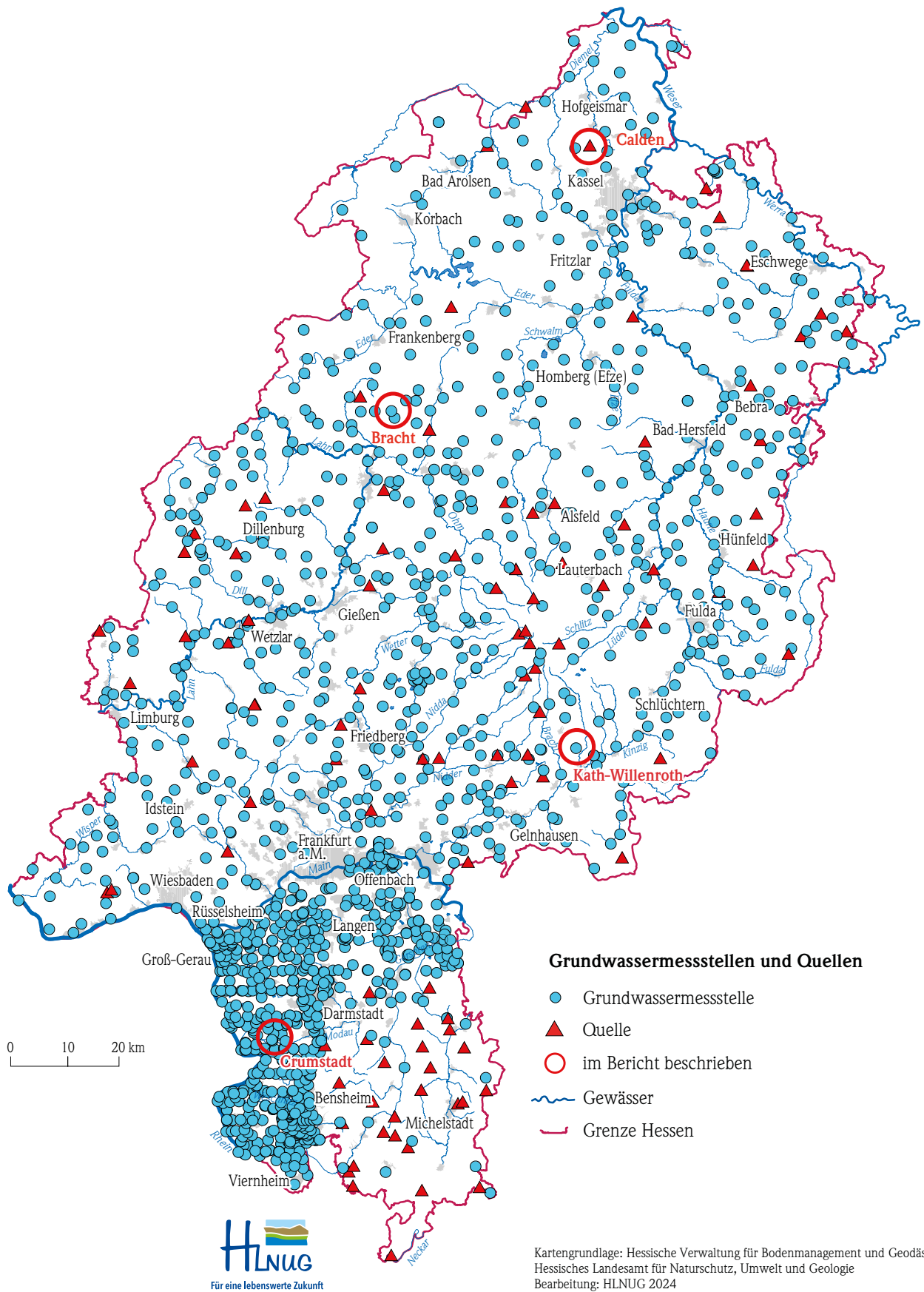
Im Rahmen des Landesgrundwasserdienstes (LGD) wird ein flächendeckendes Messnetz (Abb. 75) unterhalten, das für Grundwasserstände und Quellschüttungen repräsentative Werte liefert. Mit langfristigen Beobachtungen von Grundwasserständen und Quellschüttungen sind Entwicklungen zu erkennen, die als Grundlage für wasserwirtschaftliche Planungen dienen. Extremwerte, also höchste und niedrigste Grundwasserstände und Quellschüttungen sowie 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 <https://lgd.hessen.de> können folgenden Grundwasserinformationen zu allen Messstellen des Landesgrundwasserdienstes in Form von Daten und Grafiken recherchiert und heruntergeladen werden:

- Grundwasserstände
- Quellschüttungen
- Grundwasserbeschaffenheitsanalysen
- Stammdaten

Zusätzlich werden die Messwerte von mehr als 110 Grundwassermessstellen, die mit Datensammeln und mit Datenfernübertragung ausgestattet sind, täglich übertragen und stehen online im Messdatenportal zur Verfügung: <https://www.hlnug.de/messwerte/datenportal/grundwasser>. Die Darstellung im Messdatenportal dient einer hessenweiten Einordnung der aktuellen Grundwassersituation (Abb. 76).





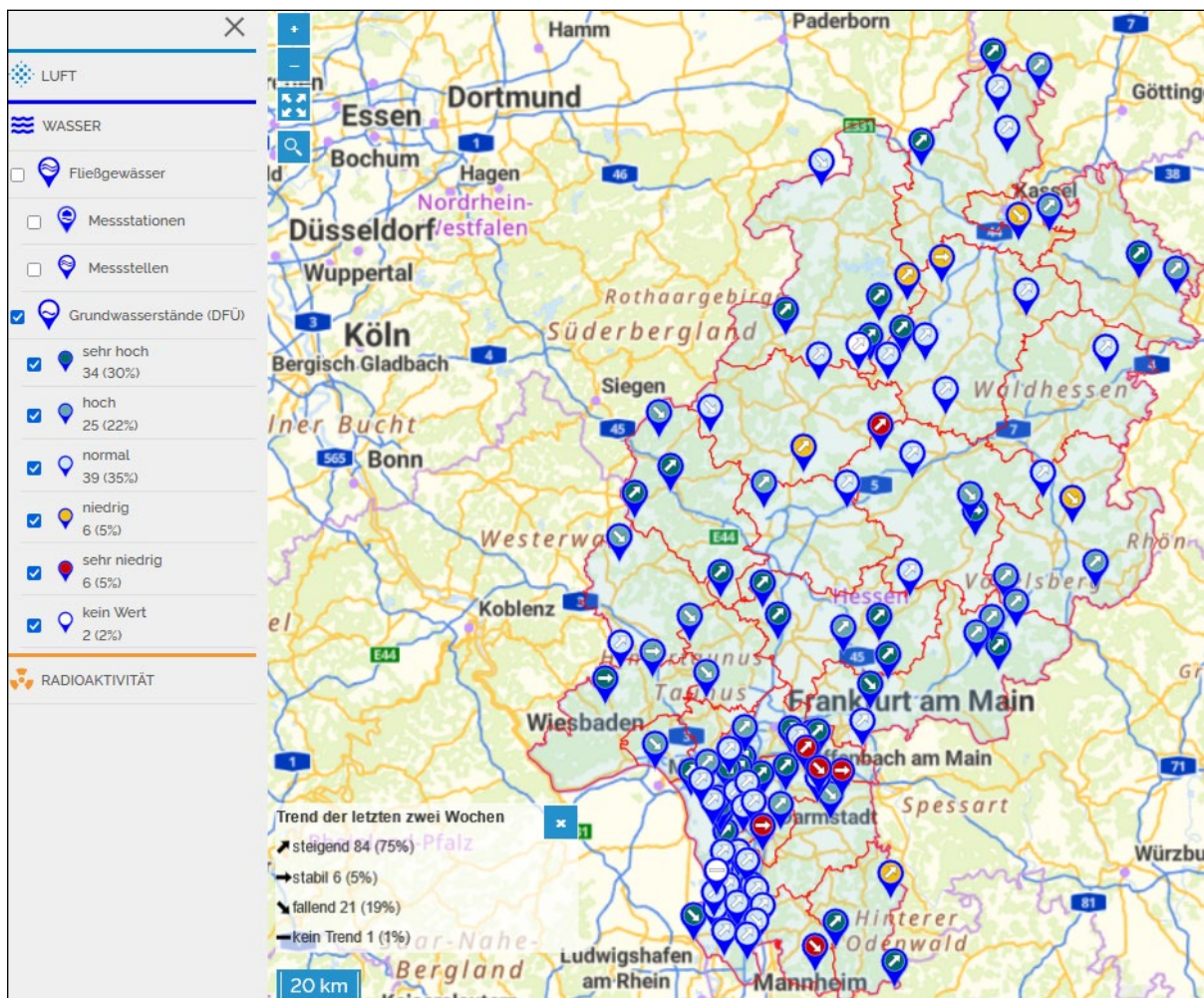
**Abb. 75:** Messstellen zur Überwachung der Grundwasserstände und Quellschüttungen, Daten und Karte: HLNUG

## Ergebnisse 2023

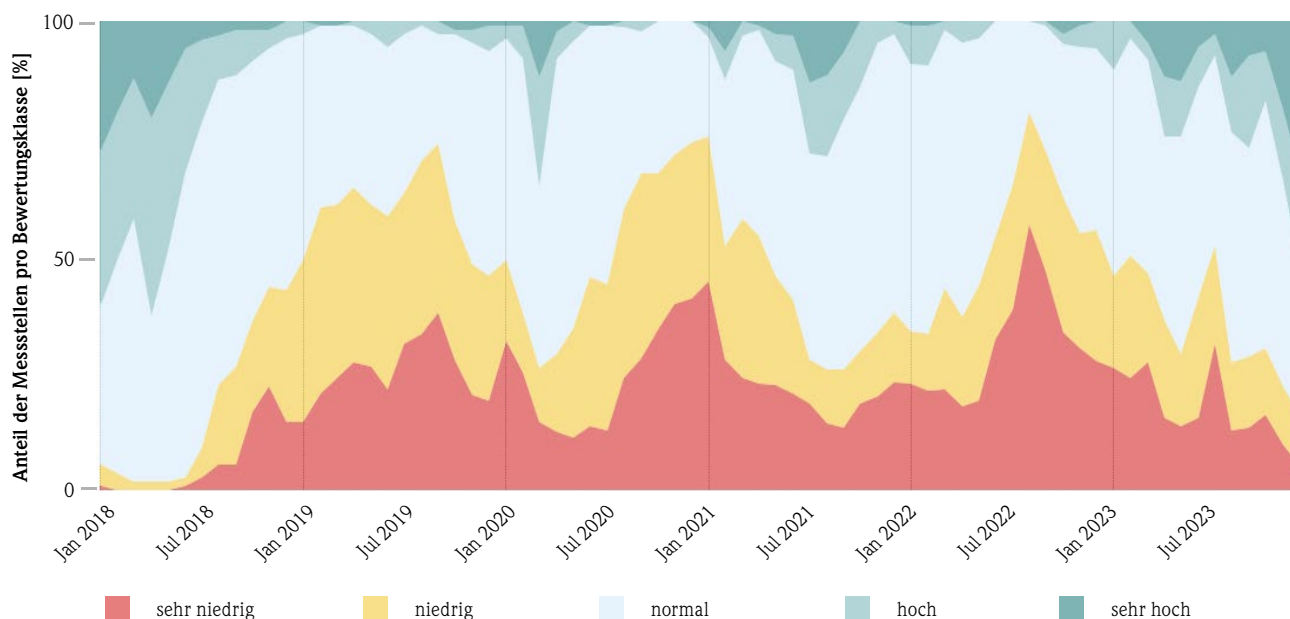
Die Abbildung 77 zeigt die Entwicklung der Grundwassersituation seit dem Jahr 2018. In der Grafik sind die Anteile der Messstellen für die fünf Bewertungsklassen des Messdatenportals dargestellt.

Aufgrund des erheblichen Niederschlagsdefizits des extremen Trockenjahrs 2018 und der trockenen Folgejahre 2019, 2020 und 2022 sind die Grundwasserstände in Hessen in diesen Jahren vielerorts deutlich zurückgegangen. Der Höhepunkt der Trockenperiode wurde im August 2022 erreicht. Die überdurchschnittlichen Niederschläge im September 2022 sorgten für eine leichte Entspannung im Grundwasser. Zu Beginn des Jahres 2023 zeigten noch knapp die Hälfte der Messstellen sehr niedrige und niedrige Grundwasserstände.

Insgesamt fiel das Jahr 2023 mit rund 953 mm im Vergleich zur Referenzperiode 1991–2020 zu nass aus (+192 mm / +25%). Allerdings verteilten sich die monatlichen Niederschlagsmengen über das Jahr hinweg sehr unterschiedlich (vgl. Kap. 2.4). Auf einen nassen Januar folgte ein trockener Februar, wodurch das für diese Jahreszeit übliche Grundwasserstandsniveau an vielen Messstellen weiterhin deutlich unterschritten wurde. Allerdings sorgten dann die beiden sehr niederschlagsreichen Monate März und April bis in den Mai hinein dafür, dass die Grundwasserstände jahreszeitlich typisch vielerorts anstiegen. Insgesamt war damit das hydrologische Winterhalbjahr 2022/2023 etwas zu nass im Vergleich zur Referenzperiode. Durch die Trockenheit in den folgenden ersten beiden Monaten des hydrologischen



**Abb. 76:** Die hessenweite Grundwassersituation zum Jahreswechsel 2023/2024, dargestellt im Messdatenportal des HLNUG, Daten und Karte: HLNUG



**Abb. 77:** Entwicklung der Grundwassersituation in Hessen (Monatsmittelwert), 2018–2023, Daten und Grafik: HLNUG

Anmerkung zur Abbildung 77: Die Klassifizierung „sehr niedrige Grundwasserstände“ stellt eine statistische Bewertung dar. Sehr niedrige Grundwasserstände sind nicht mit einem „Wassernotstand“ gleichzusetzen oder an bestimmte Auswirkungen und Maßnahmen gekoppelt. Liegt der Grundwasserstand unter dem 10%-Perzentil, also unter 90% aller Werte der Jahre 1991–2020, fällt er in die Klasse „sehr niedrig“. Analog gilt Folgendes für die übrigen Klassen:  
 niedrig: oberhalb des 10%-Perzentils und unterhalb des 25%-Perzentils  
 normal: oberhalb des 25%-Perzentils und unterhalb des 75%-Perzentils  
 hoch: oberhalb des 75%-Perzentils und unterhalb des 90%-Perzentils  
 sehr hoch: oberhalb des 90%-Perzentils

Sommerhalbjahres stiegen die Anteile an Messstellen mit sehr niedrigen und niedrigen Grundwasserständen wieder deutlich an. Die einsetzenden Niederschläge ab der zweiten Julihälfte und die weit überdurchschnittlichen Niederschläge im August sorgten dann für eine Entspannung im Grundwasser. Sie sind ein Beispiel dafür, dass bei ausreichendem Niederschlag auch im Sommer Grundwasserneubildung möglich ist (vgl. Kap. 4.1). Dies stellt aber eher die Ausnahme dar. Durch die Trockenheit im September flachten die Anstiege wieder ab, bevor durch die drei folgenden nassen Monate vielerorts eine Trendwende im Grundwasser zu beobachten war und der Anteil der Messstellen im niedrigen und sehr niedrigen Bereich deutlich sichtbar zurückging (Abb. 77).

Ende Dezember 2023 bewegten sich die Grundwasserstände in Hessen an 31% der Messstellen auf einem normalen Niveau. Rund 7% der Messstellen wiesen niedrige Grundwasserstände auf. Sehr niedrige Grundwasserstände wurden nur an 5%

der Messstellen beobachtet. Hohe oder sehr hohe Grundwasserstände wurden an 23% bzw. 33% der Messstellen registriert. Im Vergleich zum Vorjahr lagen die Grundwasserstände Ende Dezember an 96% der Messstellen auf einem höheren Niveau, was aufzeigt, dass sich gegenüber der Niedrigwassersituation im letzten Jahr die Grundwassersituation hessenweit deutlich entspannt hat. Einen so großen Anteil an Messstellen mit hohen bis sehr hohen Grundwasserständen gab es zuletzt in der ersten Jahreshälfte 2018, also vor dem Beginn der jüngsten Trockenperiode.

Die zeitliche Entwicklung der Grundwasserstände und Quellschüttungen einzelner Messstellen wird in Gangliniengrafiken dargestellt. Typische Ganglinien können großräumig einen ähnlichen Verlauf aufzeigen. Wegen der unterschiedlichen klimatischen und hydrogeologischen Standorteigenschaften sind aber häufig regionale Unterschiede zu beobachten. Grund hierfür ist die hohe räumliche Variabilität

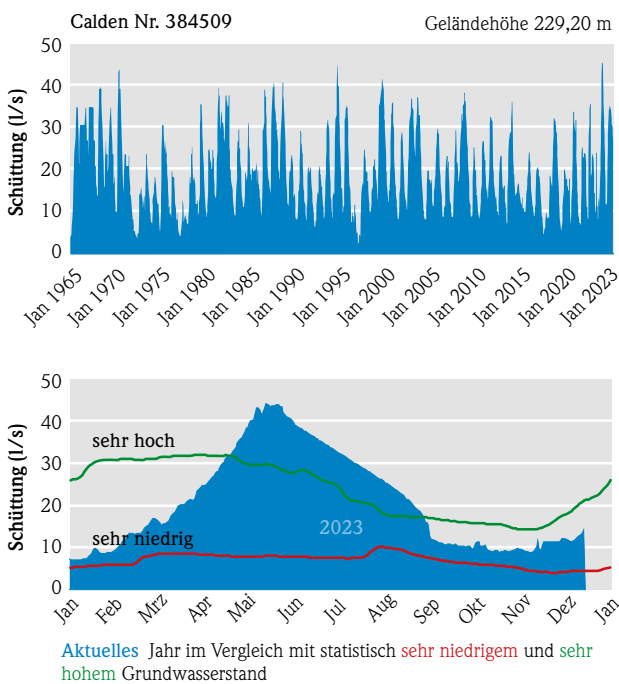
der Standorteigenschaften, z. B. neben der Niederschlagsmenge auch die hydraulische Durchlässigkeit, das Speichervermögen, die Tiefe und die Mächtigkeit der Grundwasserleiter und die daraus resultierende unterschiedliche Dynamik des Grundwassers.

Bei anthropogen unbeeinflussten Grundwassermessstellen sind die Schwankungen der Grundwasserstände im Wesentlichen geprägt durch die Höhe der Grundwasserneubildung (vgl. Kap. 4.1) und die hydraulische Durchlässigkeit der Grundwasserleiter. Die Lagepunkte der Messstellen, deren Messwerte nachfolgend als Ganglinien dargestellt werden, sind in der Übersichtskarte (Abb. 75) dargestellt. Zum Vergleich werden die Ganglinien des Jahres 2023 zusammen mit für jede Messstelle statistisch berechneten sehr hohen und sehr niedrigen Grundwasserständen dargestellt (Abb. 78–81).

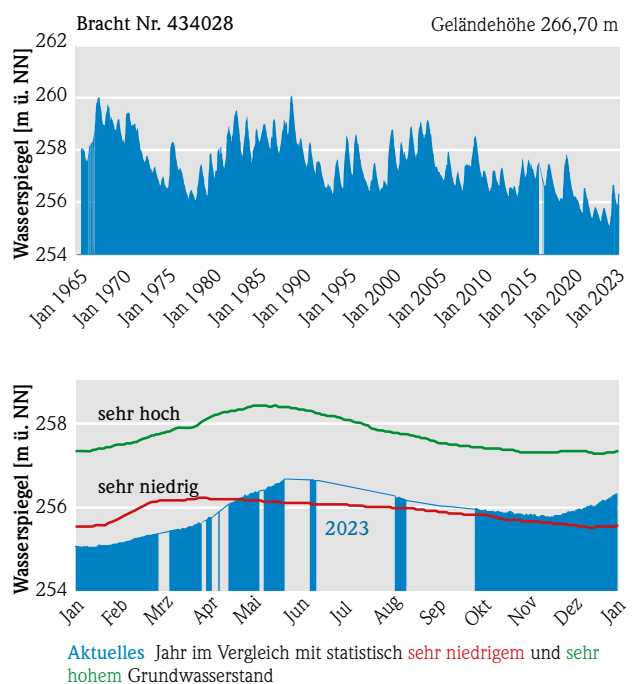
Aufgrund der Auswirkungen des trockenen Jahres 2022 bewegte sich zu Beginn des Jahres 2023 die Schüttung der Quelle Calden nördlich von Kassel (Abb. 78) auf einem niedrigen Niveau, vergleichbar mit der Schüttung im Jahr 1996. In Folge der niederschlagsreichen Monate Januar, März und April

stiegen die Quellschüttungen bis Mitte Mai auf ein sehr hohes Niveau an, bevor sie dann bis September wieder abfielen und sich bis etwa Mitte November auf einem stabilen Niveau bewegten. Die ab Herbst einsetzenden Niederschläge spiegeln sich in ansteigenden Quellschüttungen ab etwa Ende November wieder. Durch messtechnische Probleme liegen nur Werte bis Mitte Dezember vor. Über den Gesamtzeitraum von 1965–2023 bewegt sich die Schüttung der Quelle Calden, abgesehen von den jahreszeitlichen Schwankungen, in etwa auf einem gleichbleibenden Niveau.

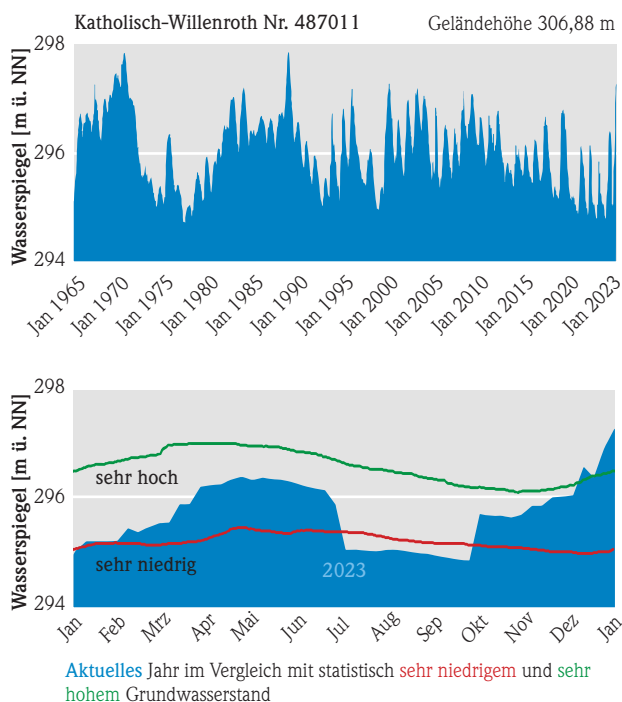
Die Grundwasserstandsganglinie der Messstelle Bracht im Burgwald (Abb. 79) zeigt einen jahreszeitlichen Verlauf, der von langfristigen Trocken- und Nassperioden überprägt ist. An dieser Messstelle bewegte sich der Grundwasserstand zu Beginn des Jahres 2023 noch in sehr niedrigen Bereichen bevor er, ähnlich wie bei der Quelle Calden, steigende Werte verzeichnete. Von Juni bis Mitte November stellte sich dann ein fallender Trend ein, der sich durch die überdurchschnittlichen Niederschläge ab Oktober wieder in einen steigenden Trend umwandelte – früher als üblich bei dieser Messstelle.



**Abb. 78:** Schüttungsganglinie der Quelle Calden, Daten und Grafik: HLNUG



**Abb. 79:** Grundwasserstandsganglinie der Messstelle Bracht, Daten und Grafik: HLNUG

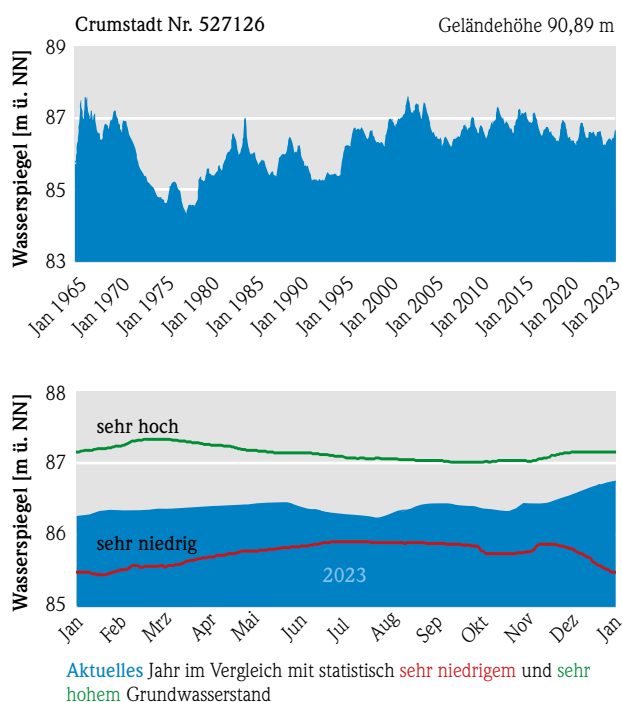


**Abb. 80:** Grundwasserstandsganglinie der Messstelle Katholisch-Willenroth, Daten und Grafik: HLNUG

Anmerkung zu den Abb. 78-81: Die Klassifizierung „sehr niedrige Grundwasserstände“ stellt eine rein statistische Bewertung dar (rote Linie in der Grafik). Sehr niedrige Grundwasserstände sind nicht mit einem „Wassernotstand“ gleichzusetzen oder an bestimmte Auswirkungen und Maßnahmen gekoppelt. Liegt der Grundwasserstand unter dem 10%-Perzentil, also unter 90% aller Werte der Jahre 1991-2020, fällt er in die Klasse „sehr niedrig“. Analog gilt Folgendes für sehr hoch: oberhalb des 90%-Perzentils.

Die Grundwasserstände der Messstelle Katholisch-Willenroth im Büdinger Wald (Abb. 80) stiegen von Januar bis Ende April – jahreszeitlich typisch – an und bewegten sich dann ab Mai bis Mitte Juni auf einem relativ stabilen Niveau. Ende Juni fielen die Grundwasserstände sichtbar ab und stiegen erst Anfang Oktober, dann aber sehr deutlich, bis zum Jahresende wieder an. Ein ähnlich hoher Wert wie Ende Dezember 2023 war an dieser Messstelle das letzte Mal im Mai 2002 zu beobachten.

Die langjährige Grundwasserstandsganglinie der Messstelle Crumstadt im Hessischen Ried (Abb. 81) zeigt Anfang der 1970er Jahre ein starkes Absinken, welches auf Grundwasserentnahmen und eine zeitgleiche Trockenperiode zurückzuführen war. Durch



**Abb. 81:** Grundwasserstandsganglinie der Messstelle Crumstadt, Daten und Grafik: HLNUG

Anreicherung des Grundwassers mit aufbereitetem Rheinwasser und einer etwas erhöhten Grundwassererneubildung stieg die Grundwasseroberfläche in den 1990er Jahren wieder auf ein höheres Niveau. Der Grundwasserstand befand sich im Verlauf des Jahres 2023 auf einem nahezu gleichbleibenden Niveau mit einem steigenden Trend ab Mitte November.

## 4.3 Grundwasserbeschaffenheit: Nitrat und Denitrifikation im Grundwasser

KIM HUSSMANN & DR. RICHARD HOFFMANN

### Grundwasserbeschaffenheitsmessnetz, Zielsetzung & Aufgabe

Grundwasser ist in Hessen die wichtigste Trinkwasserressource. Die Überwachung der Grundwasserbeschaffenheit (Qualität) ist daher von besonders hoher Bedeutung. Für das landesweite Grundwassermonitoring gibt es in Hessen unterschiedliche Messnetze. Im Wesentlichen handelt es sich um das Grundwasser-Messnetz des Landesgrundwasserdienstes mit rund 400 Messstellen zur Erfassung der überwiegend natürlichen Grundwasserbeschaffenheit der unterschiedlichen hydrogeologischen Räume und um das Rohwasser-Messnetz mit zusätzlich rund 4800 Messstellen. Dieses dient u. a. der Überwachung der Qualität des zur Trinkwassergewinnung geförderten bzw. gefassten Grundwassers (Abb. 82).

Das HLNUG sammelt und bewertet die gewonnenen Daten, berichtet regelmäßig über diese (<https://www.hlnug.de/themen/wasser/berichte/grundwasser>) und stellt die Daten des Landesgrundwassermessnetzes und des Rohwasser-Messnetzes im Fachinformationssystem Grundwasser- und Trinkwasserschutz Hessen (GruSchu; <https://gruschu.hessen.de>) frei zugänglich zur Verfügung.

### Nitrateintrag ins Grundwasser

Nitrat ist einer der wichtigsten Indikatoren für eine anthropogene Beeinflussung des Grundwassers, da (organischer) Stickstoff in Grundwasserleitern gegen bedingt nur eine sehr geringe Bedeutung hat. Der größte Nitrateintrag ins Grundwasser erfolgt im Zusammenhang mit der landwirtschaftlichen Flächennutzung. Die Düngung mit Stickstoff steuert maßgeblich das Pflanzenwachstum. Vor allem beim Anbau von Sonderkulturen (Weinbau, Gemüsebau) sowie in Gebieten mit hohem Viehbesatz werden häufig hohe Nitratkonzentrationen im Grundwasser beobachtet. Dabei stammt das Nitrat im Grundwasser entweder aus der Düngung mit Stickstoff oder aus der mikrobiellen Umwandlung organischer Substanzen im Boden. Beeinflusst wird der Nitrateintrag durch die Höhe der Grundwasserneubildung und das landwirtschaftliche Management (z. B. Höhe und

Besonderes Interesse besteht an den im Grundwasser gemessenen Nitratkonzentrationen. Erhöhte, gemessene Nitratkonzentrationen stehen auf nationaler wie regionaler Ebene fortlaufend im Blickpunkt der Öffentlichkeit. Daher beschreibt dieses Kapitel die Auswertung der hessenweiten Untersuchungsergebnisse im Hinblick auf Stickstoffverbindungen. Zum Zeitpunkt der Datenauswertung lagen für 5 625 Grund- und Rohwassermessstellen Nitratmessungen in der Grundwasserdatenbank Hessen (GruWaH) vor. Für 4070 Messstellen waren mehr als zehn Einzelmessungen für den Parameter Nitrat vorhanden. Neben den Ergebnissen der herkömmlich gemessenen Nitratkonzentration im Grundwasser wird in diesem Bericht insbesondere auch die Denitrifikation berücksichtigt, um die ursprüngliche Nitrateintragskonzentration zu bewerten. Die Denitrifikation wird in Hessen seit 2018 mittels der  $N_2$ /Argon-Methode ermittelt. Dabei wird das Untersuchungsprogramm derzeit kontinuierlich ausgebaut, um die rechtlichen Anforderungen der GrwV (2022) [1] und der AVV GeA (2022) [2] umzusetzen.

Zeitpunkt der Stickstoffdüngung, Bedeckungsdauer bzw. Stickstoffentzug des Pflanzenbestandes, Zwischenfruchtanbau).

Die Auswaschung von Nitrat im Boden gefährdet die Qualität des Grundwassers. Der Grenzwert für Trinkwasser nach der TrinkwV (2023) sowie der Schwellenwert nach der GrwV (2022) beträgt 50 mg/l. Dieser Wert wird in einigen Gebieten überschritten, sodass sich Probleme für die dort vorhandene Trinkwasserversorgung ergeben können. Nitrat stellt ein Problem für die Gesundheit dar, da Nitrat im Körper zu Nitrit umgewandelt werden kann und dies bei Kleinkindern zu einer lebensbedrohlichen Methämoglobinämie führen kann. Außerdem kann Nitrat in kanzerogene Nitrosamine und Nitrosamide umgebildet werden [3].

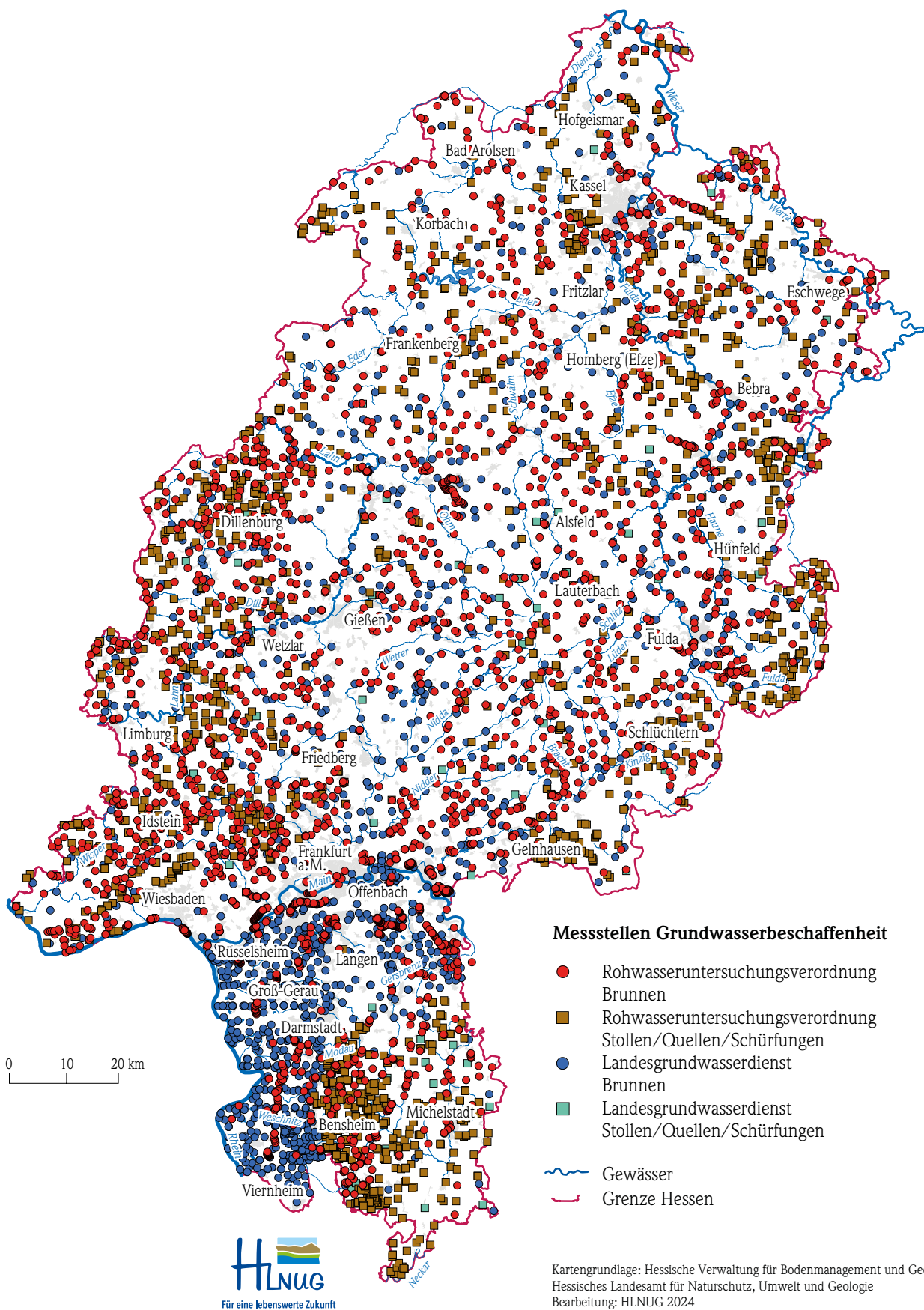


Abb. 82: Messstellen zur Überwachung der Grundwasserbeschaffenheit, Daten und Karte: HLNUG

## Denitrifikation

Nitrat kann durch mikrobielle Redoxvorgänge abgebaut werden. Dieser Abbau wird als Denitrifikation bezeichnet und erfolgt durch die Reduktion oxidierter Stickstoffverbindungen wie Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) und Nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ) zu den gasförmigen Produkten Stickstoffmonoxid (NO), Distickstoffoxid ( $\text{N}_2\text{O}$ ) und elementarem Stickstoff ( $\text{N}_2$ ). Die Denitrifikation läuft unter anaeroben Verhältnissen ab. Bakterien wie Pseudomonas oder Achromobacter verwerten bei Sauerstoffmangel anstelle von elementarem Sauerstoff, den Sauerstoff der oxidierten Stickstoffverbindungen ( $\text{NO}_3^-$  und  $\text{NO}_2^-$ ) als Wasserstoffakzeptor. Als Reduktionsmittel wird entweder organisch gebundener Kohlenstoff oder Pyrit verwertet. Denitrifikationsfördernde Faktoren sind der Mangel an gelöstem Sauerstoff im Bodenwasser, eine schlechte Bodendurchlüftung, leicht zersetzbare organische Substanzen, die von den Bakterien zum Aufbau ihrer Körpersubstanz benötigt werden, und hohe  $\text{NO}_3^-$ -Konzentrationen.

Je nach vorhandenem Reduktionsmittel wird zwischen der heterotrophen und der autotrophen Denitrifikation unterschieden. Denitrifikationsprozesse, die auf organische Kohlenstoffquellen angewiesen sind, werden als heterotroph bezeichnet. Erfolgt der Nitratabbau dagegen unter Beteiligung von Pyrit,

wird dies als autotrophe Denitrifikation bezeichnet. Je nach Art der ablaufenden Denitrifikation entstehen als Reaktionsprodukte Sulfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), Hydrogencarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ) und/oder zweiwertiges Eisen ( $\text{Fe}^{2+}$ ) bzw. Mangan ( $\text{Mn}^{2+}$ ), die im reduzierten Milieu in Lösung gehen können. Diese Reaktionsprodukte führen zu einer unerwünschten Aufhärtung des Wassers. Das entsprechende Rohwasser neigt bei Sauerstoffzufuhr zur Ausfällung von Eisen- und Manganverbindungen.

Die für die Denitrifikation benötigten Reduktionsmittel (organischer Kohlenstoff oder Pyrit) werden irreversibel verbraucht, sodass das Denitrifikationspotenzial begrenzt ist und bei Erschöpfung mit einem sukzessiven Anstieg der Nitratkonzentrationen zu rechnen ist. Für die Beurteilung eines landwirtschaftlichen Einflusses auf das Grundwasser ist daher nicht nur die aktuelle Nitratbelastung von Interesse, sondern auch die Frage, ob ein Stickstoffeintrag stattfindet und vergleichsweise geringe Nitratkonzentrationen das Ergebnis einer ablaufenden Denitrifikation sind. Bei einem nur geringen Denitrifikationspotenzial und einem gleichzeitig stattfindenden Nitratreintrag, besteht dann die Gefahr eines Nitratdurchbruchs.

## Untersuchung der Denitrifikation mittels der $\text{N}_2$ /Argon-Methode

Die ursprüngliche Nitratreintragskonzentration vor der Denitrifikation im Grundwasserleiter kann über die  $\text{N}_2$ /Argon-Methode ermittelt werden, sodass bei der Bewertung der landwirtschaftlichen Beeinflussung auch das bereits im Grundwasserleiter abgebaute Nitrat berücksichtigt werden kann. Dies ist insbesondere auch im Hinblick des irreversiblen Verbrauchs von Reduktionsmitteln von großer Bedeutung.

Mit der  $\text{N}_2$ /Argon-Methode wird der aus der Denitrifikation stammende und im Grundwasser gelöste molekulare Stickstoff (Exzess- $\text{N}_2$ ) gemessen. Der tatsächliche Eintrag von Nitrat in das Grundwasser ist

dann die Summe der herkömmlich gemessenen Nitratkonzentration und der Nitratkonzentration, die über die  $\text{N}_2$ /Argon-Methode bestimmt wurde [4, 5].

Somit können mithilfe der  $\text{N}_2$ /Argon-Methode potentiell gefährdete Bereiche hinsichtlich eines Nitratreintrags identifiziert werden, die sich manifestieren werden, sobald das Denitrifikationspotenzial im Grundwasserleiter verbraucht ist.



## Verteilung der Nitratkonzentration im hessischen Grundwasser

Tabelle 11 zeigt die Häufigkeitsverteilung der herkömmlich gemessenen Nitratkonzentration in den hessischen Grund- und Rohwasseranalysen als Mittelwerte pro Messstelle für den Zeitraum von 2010 bis 2022.

gung hinweist. Weitere 13% aller Grund- und Rohwassermessstellen zeigen gemittelte Nitratkonzentrationen zwischen 25 und 50 mg/l. Diese befinden sich überwiegend in landwirtschaftlich genutzten Bereichen. Drei Prozent aller Grund- und Rohwasser-

**Tab. 11:** Häufigkeitsverteilung der Nitratkonzentration in den hessischen Grund- und Rohwasseranalysen (Mittelwerte pro Messstelle für den Zeitraum von 2010 bis 2022)

Nitratkonzentration in mg/l	Anzahl der Messstellen	Prozentualer Anteil der Messstellen
< 5	1 142	28
≥ 5 bis 10	964	24
≥ 10 bis 25	1 301	32
≥ 25 bis 37,5	412	10
≥ 37,5 bis 50	141	3
≥ 50	110	3

Die mittlere Nitratkonzentration für ca. die Hälfte aller Grund- und Rohwassermessstellen in Hessen beträgt weniger als 10 mg/l. Diese Messstellen können als anthropogen unbeeinflusst klassifiziert werden. Ausnahme stellt hierbei das Grund- und Rohwasser in landwirtschaftlich genutzten Gebieten dar, die durch reduzierende Verhältnisse und der damit verbundenen Denitrifikation im Grundwasserleiter niedrigere Nitratkonzentrationen aufweisen. Dass der größte Anteil der Grund- und Rohwassermessstellen in diesem niedrigen Konzentrationsbereich liegt, ist u. a. in dem hohen Anteil an Wassergewinnungsanlagen im betrachteten Messnetz begründet. Diese liegen z. T. in Waldregionen, in denen keine Düngungsmaßnahmen stattfinden. Viele Wassergewinnungsanlagen, die zur Trinkwasserversorgung genutzt werden, fördern das Grundwasser häufig aus tieferen Grundwasservorkommen und nicht aus dem oberflächennahen, potentiell verschmutzungsempfindlichen Grundwasser. Zudem sind für viele der hessischen Wassergewinnungsanlagen Wasserschutzgebiete festgesetzt. In diesen gelten Auflagen und Verbote, die in den zugehörigen Festsetzungsverordnungen aufgeführt sind. Diese Auflagen und Verbote umfassen z. B. Vorgaben für die landwirtschaftliche Nutzung und tragen somit zum vorsorgenden Grundwasserschutz bei.

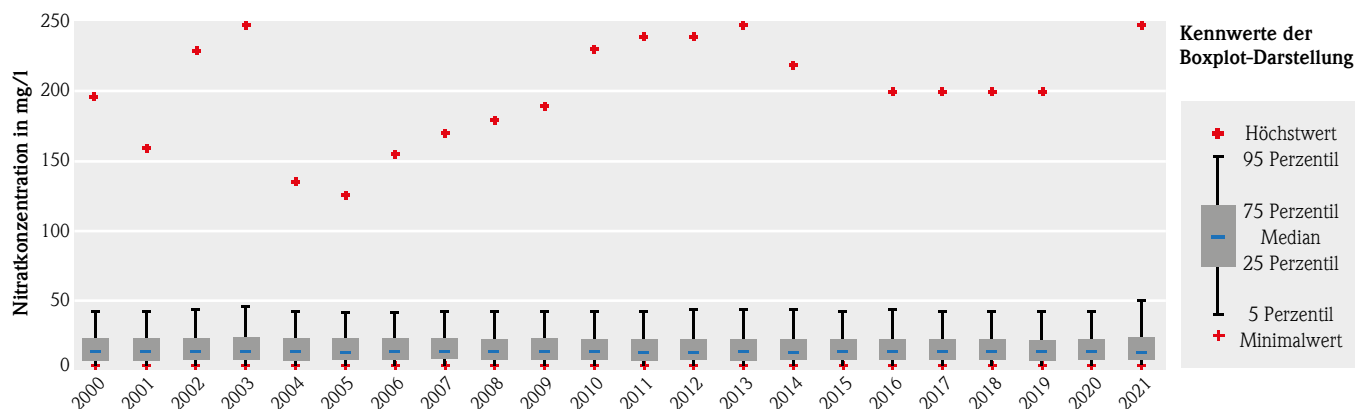
An ca.  $\frac{1}{3}$  der Grund- und Rohwassermessstellen liegt die gemittelte Nitratkonzentration zwischen 10 und 25 mg/l, was bereits auf eine anthropogene Überprä-

messstellen haben gemittelte Nitratkonzentrationen, die oberhalb des Schwellenwertes der GrwV (2022) von 50 mg/l liegen.

Abbildung 83 zeigt die Häufigkeitsverteilung der Nitratkonzentrationen des Zeitraums 2000 bis 2021 als Boxplot-Darstellung. Dies ermöglicht die Ableitung des 5., 25., 75. und 95. Perzentils, sowie des Medians. Pro dargestelltem Jahr lagen Messungen zu ca. 3 500 Grund- und Rohwassermessstellen vor.

Der Median der Nitratkonzentration liegt bei ca. 10 mg/l. Das 25. Perzentil ist ca. 5 mg/l, das 75. Perzentil ca. 20 mg/l und das 95. Perzentil ca. 40 mg/l. Ca. 5% der Messstellen (rund 180 Messstellen) wiesen im genannten Zeitraum Nitratkonzentrationen größer 40 mg/l auf. Insgesamt wird deutlich, dass sich die Nitratkonzentrationen in den letzten zwei Jahrzehnten nicht grundlegend verändert haben. Die zusätzliche Darstellung der Maximalkonzentrationen (rote Kreuze) zeigt, dass es auch Messstellen mit extrem hohen Nitratkonzentrationen gibt.

Die Darstellung eignet sich gut, um die Häufigkeitsverteilung der Nitratkonzentrationen für die einzelnen Jahre darzustellen, nicht jedoch für eine Trendermittlung. Für eine Trendbetrachtung müssen die Entwicklungen der Nitratkonzentrationen der einzelnen Messstellen bewertet werden.



**Abb. 83:** Zeitliche Variabilität der Nitratkonzentrationen in den hessischen Grund- und Rohwassermessstellen für die Jahre 2000 bis 2021, Daten und Grafik: HLNUG

## Berücksichtigung des abgebauten Nitrats in Hessen

Abbildung 84 zeigt die regionalisierte Nitratkonzentration, ermittelt aus dem im Grundwasser gemessenen Nitrat, gemeinsam mit der lokal bestimmten Nitratkonzentration, die über die  $N_2$ /Argon-Methode bestimmt wurde ( $N_2$ -Exzess in mg/l Nitrat).

Denitrifikationsprozesse treten vor allem im Hessischen Ried auf. Die herkömmlich gemessenen Nitratkonzentrationen liegen in diesem Gebiet z. T. im niedrigen Konzentrationsbereich bis 10 mg/l. Dies wird durch die regionalisierten Nitratkonzentrationen ersichtlich (Abb. 84). Die Ergebnisse der  $N_2$ /Argon-Methode zeigen jedoch, dass die ursprüngliche Eintragskonzentration von Nitrat in diesem Gebiet mit Konzentrationen bis größer 100 mg/l teils deutlich erhöht ist. Solch hohe Eintragskonzentrationen, gemessen über die  $N_2$ /Argon-Methode, treten überwiegend in Gebieten auf, in denen eine intensive landwirtschaftliche Nutzung (Ackernutzung und Sonderkulturen) stattfindet und wo das

vorhandene Grundwasser niedrige Sauerstoffkonzentrationen (< 2 mg/l) und gleichzeitig niedrige Nitratkonzentrationen aufweist (< 10 mg/l). Die Denitrifikation hat somit insbesondere im Hessischen Ried einen großen Einfluss auf die Grundwasserbeschaffenheit. Die Nitratbelastung wäre an vielen Grundwassermessstellen ohne stattfindende Denitrifikationsprozesse deutlich höher. Zu bedenken ist dabei, dass das Denitrifikationspotential begrenzt ist und bei Erschöpfung des Potentials mit einem sukzessiven Anstieg der Nitratkonzentrationen zu rechnen ist.

Bestätigt werden die Ergebnisse der  $N_2$ /Argon-Methode und die dadurch identifizierten Denitrifikationsprozesse durch eine Ammoniumbelastung im Hessischen Ried sowie durch erhöhte Sulfatkonzentration bei gleichzeitig niedrigen Sauerstoffkonzentrationen. Weitere Informationen zu diesen Stoffen finden sich im Grundwasserbeschaffenheitsbericht 2022 [6].

## Nitrateintragskonzentration pro Messstelle

Auf Grundlage von Abbildung 84 wurden nachfolgend die Nitrateintragskonzentrationen im hydrogeologischen Raum „Oberrheingraben mit Mainzer Becken“ (umfasst das Hessische Ried) und im „übrigen Hessen“ für den Betrachtungszeitraum 2018 bis 2023 an 340 hessischen Grundwassermessstellen ausgewertet. Die betrachteten Grundwassermessstellen sind Bestandteil des Grundwasser-Messnetzes des hessischen Landesgrundwasserdienstes. Insgesamt wurden für diesen Betrachtungszeitraum 1 665 Ein-

zelmessungen ausgewertet, wobei ausschließlich die Messungen betrachtet wurden für die korrespondierend zur Analyse von Nitrat auch die  $N_2$ /Argon-Methode angewandt wurde. Für jede Grundwassermessstelle erfolgte eine Mittelung der zugehörigen Einzelmessungen über den Betrachtungszeitraum. Anschließend erfolgte pro festgelegtem Gebiet eine aufsteigende Sortierung nach der gemessenen Nitratkonzentration.

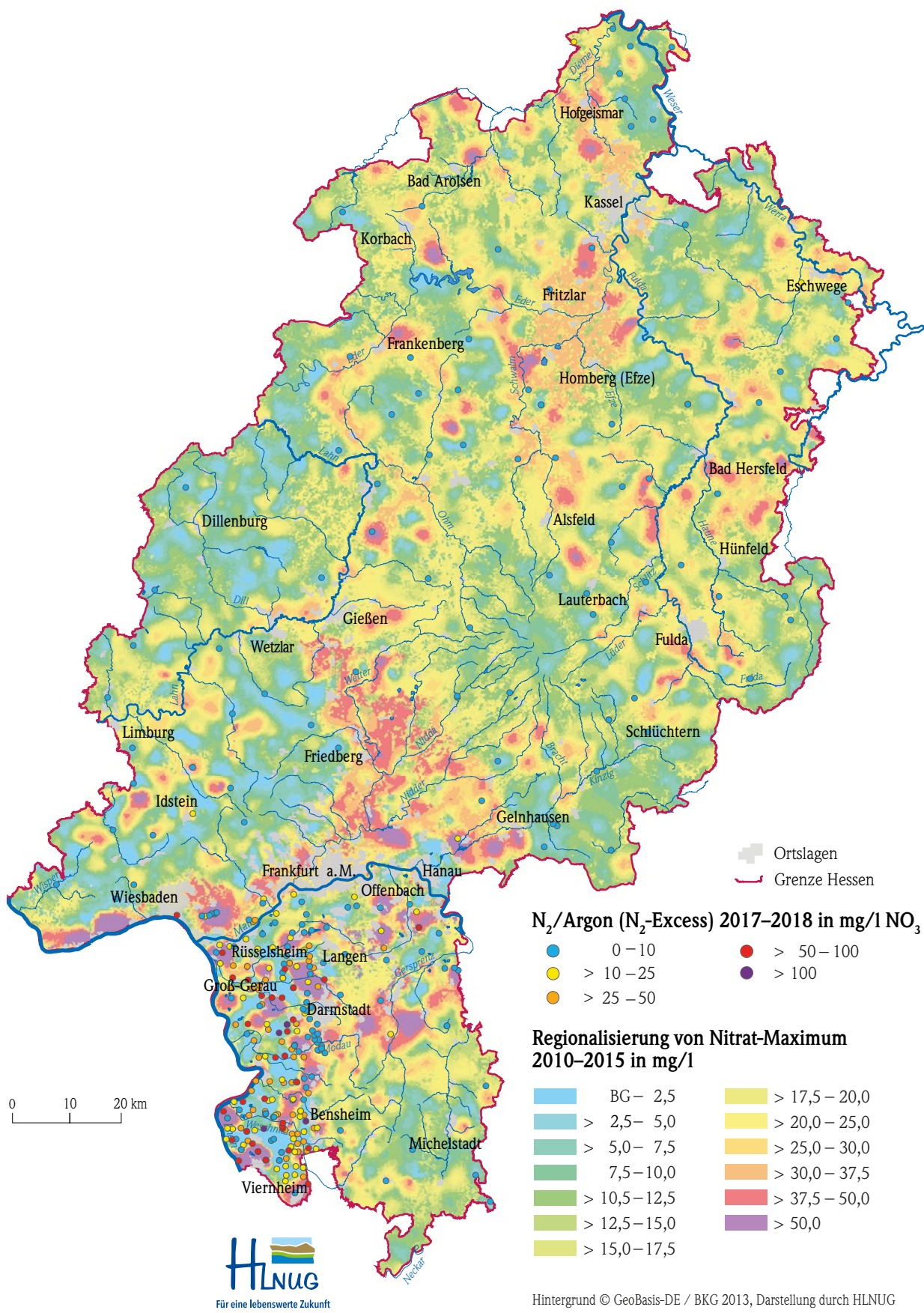


Abb. 84: Regionalisierte Nitratkonzentration und lokale N-Exzesskonzentrationen (in mg/l Nitrat), Daten und Karte: HLNUG

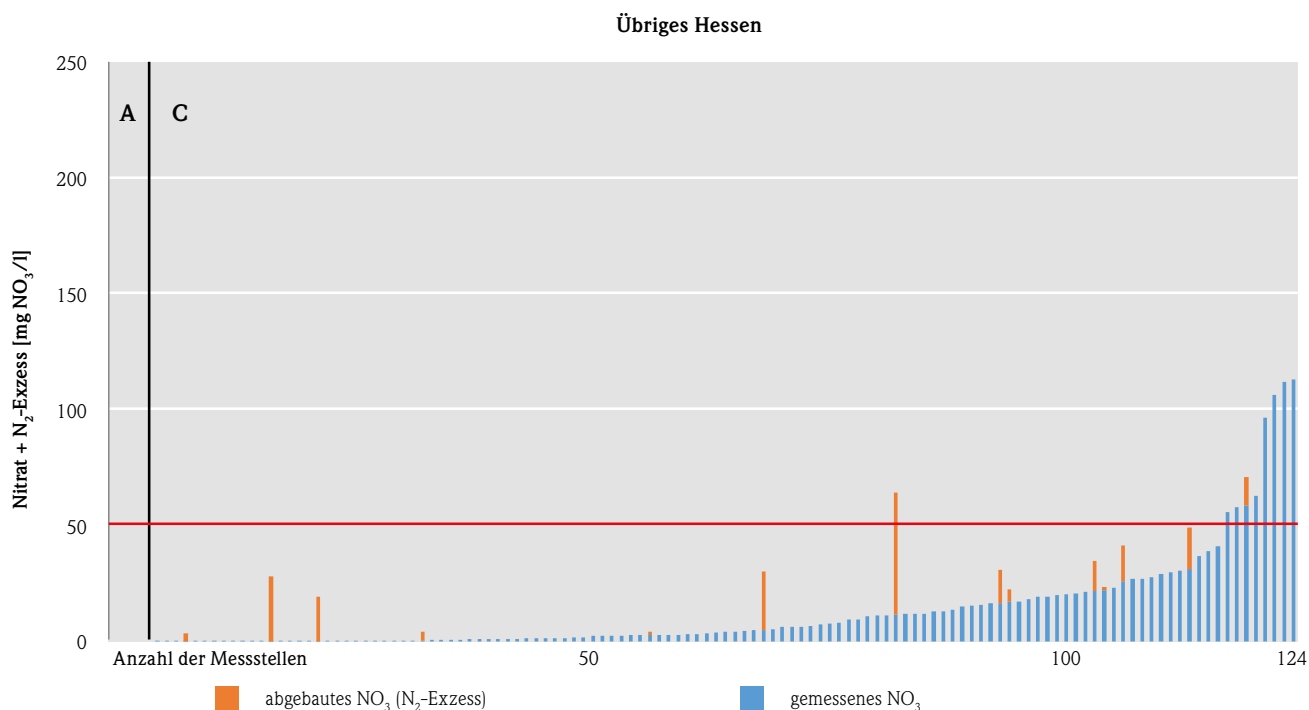
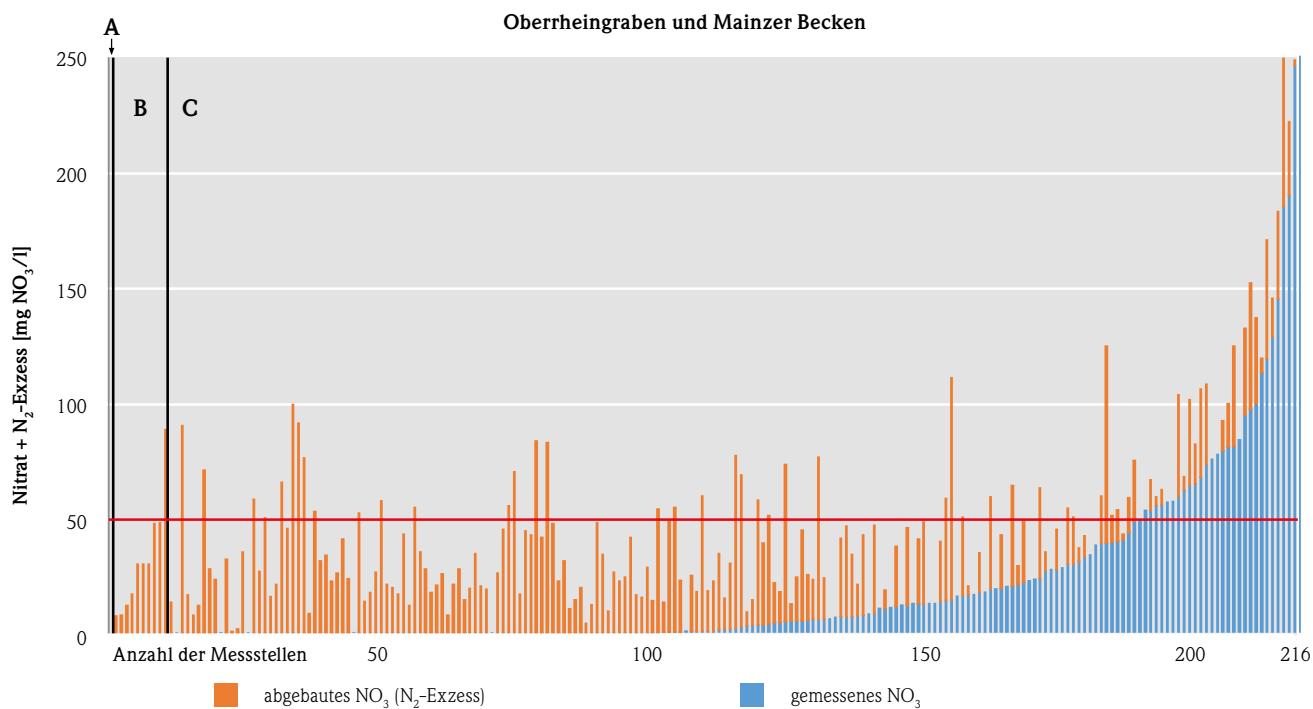
Abbildung 85 zeigt die über den Betrachtungszeitraum gemittelte Eintragskonzentration, die sich zusammensetzt aus der herkömmlich gemessenen Nitratkonzentration und der bereits abgebauten Nitratkonzentration ( $N_2$ -Exzesskonzentration). Für beide Gebiete kann die Anzahl an Messstellen bestimmt werden, in denen:

- A.** kein Nitratreintrag stattgefunden hat, d. h.  $C(NO_3) + C(N_2\text{-Exzess}) = 0 \text{ mg/l}$ ,
- B.** Nitrat vollständig abgebaut wurde, d. h.  $C(NO_3) = 0 \text{ mg/l}$  und  $C(N_2\text{-Exzess}) > 0 \text{ mg/l}$ ,
- C.** Nitrat teilweise abgebaut wurde, d. h.  $C(NO_3) > 0 \text{ mg/l}$  und  $C(N_2\text{-Exzess}) > 0 \text{ mg/l}$ , oder Nitrat gar nicht abgebaut wurde, d. h.  $C(NO_3) > 0 \text{ mg/l}$  und  $C(N_2\text{-Exzess}) = 0 \text{ mg/l}$ .

Für den hydrogeologischen Raum „Oberrheingraben mit Mainzer Becken“ gibt es 216 Grundwassermessstellen mit belastbaren Daten zu Nitrat und der  $N_2$ -Exzesskonzentrationen (Abb. 85, oben). Es hat kein Nitratreintrag an einer der 216 Messstellen stattgefunden (Fall A). Im zuströmenden Grundwasser von zehn der 216 Messstellen wurden nur  $N_2$ -Exzesskonzentrationen, aber keine Nitratkonzentrationen gemessen (Fall B), d. h., oberstromig eingetragenes Nitrat wurde bereits vollständig abgebaut. Das zuströmende Grundwasser einer dieser Messstellen zeigt eine gemittelte Nitratreintragskonzentration, die den Schwellenwert der GrwV (2022) von 50 mg/l überschreitet. Im zuströmendem Grundwasser der verbleibenden 205 Messstellen wurden Nitratkonzentrationen und in überwiegender Zahl auch  $N_2$ -Exzesskonzentrationen in unterschiedlicher Höhe gemessen (Fall C). Im Zustrombereich von 33 der 205 Messstellen ist nur Nitrat nachgewiesen, d. h., in den durch diese Messstellen erschlossenen Grundwasserleiter findet kein Nitratabbau statt. Im Zustrombereich der verbleibenden 172 Grundwassermessstellen wurden sowohl Nitrat- als auch

$N_2$ -Exzesskonzentrationen gemessen. In den durch diese Messstellen erschlossenen Grundwasserleitern erfolgt teilweise ein Nitratabbau. Insgesamt überschreitet die gemittelte Nitratreintragskonzentration deutlich häufiger den Schwellenwert von 50 mg/l, als wenn ausschließlich die gemittelten Nitratkonzentrationen betrachtet werden. D. h., ohne die stattfindende Denitrifikation wären die Nitratkonzentrationen in diesem Gebiet an vielen Grundwassermessstellen noch höher. Berücksichtigt werden muss jedoch, dass das Denitrifikationspotential begrenzt ist und mit einem sukzessiven Anstieg der Nitratkonzentrationen zu rechnen ist, sobald das Potenzial erschöpft ist.

Für den übrigen Landesbereich von Hessen gibt es 124 Grundwassermessstellen mit belastbaren Daten zu Nitrat und der  $N_2$ -Exzesskonzentrationen (Abb. 85, unten). Im zuströmenden Grundwasser von drei Messstellen wurden weder Nitrat noch  $N_2$ -Exzesskonzentrationen gemessen (Fall A) und von den verbleibenden 121 Grundwassermessstellen wurden Nitratkonzentrationen gemessen (Fall C). An 14 dieser Messstellen mit Nitratkonzentrationen wurden auch  $N_2$ -Exzesskonzentrationen gemessen, d. h., bei etwas weniger als 12 % der Messstellen, verteilt im „übrigen Hessen“, wird Nitrat teilweise abgebaut. In den anderen durch diese Messstellen erschlossenen Grundwasserleitern findet kein Nitratabbau statt. Die gemessenen Nitratkonzentrationen im zuströmenden Grundwasser an acht Grundwassermessstellen in diesem Gebiet lagen im Mittel bereits über dem Schwellenwert der GrwV (2022) von 50 mg/l. Das zuströmende Grundwasser einer weiteren Messstelle zeigte eine gemittelte Nitratreintragskonzentration von größer 50 mg/l. Die anthropogene Überprägung durch landwirtschaftliche Flächennutzung ist in diesem Gebiet im Vergleich zum hydrogeologischen Raum „Oberrheingraben mit Mainzer Becken“ geringer. Gleichzeitig scheint aber auch das Denitrifikationspotential geringer zu sein, weshalb gleichermaßen Nitratreinträge zu minimieren sind.



**Abb. 85:** Gemessene Nitrat- und N<sub>2</sub>-Exzesskonzentrationen von Grundwasser in Hessen im Zeitraum von 2018 bis 2023 (n = 340 Messstellen, 1 665 Messungen gemittelt je Messstelle). A: Messstellen, wo kein Nitratreintrag stattgefunden hat, B: Messstellen, wo Nitrat vollständig abgebaut wurde und C: Messstellen, wo Nitrat teilweise oder gar nicht abgebaut wurde. In Rot dargestellt ist der Schwellenwert der GrwV (2022) für Nitrat in Höhe von 50 mg/l. Daten und Grafik: HLNUG

## Ausblick

In Hessen zeigt das zuströmende Grundwasser von rund der Hälfte aller Grund- und Rohwassermessstellen eine anthropogene Beeinflussung durch Nitratkonzentrationen größer 10 mg/l. Dabei sind Nitratkonzentrationen größer 10 mg/l vornehmlich auf Einträge durch die landwirtschaftliche Flächennutzung zurückzuführen. Bei Betrachtung der Nitratreintragskonzentration, also der Summe von gemessenen Nitrat- und N<sub>2</sub>-Exzesskonzentrationen, zeigt sich, dass der Großteil der Messstellen mit zuströmendem Grundwasser mit Werten größer 50 mg/l im hydrogeologischen Raum „Oberer Rheingraben mit Mainzer Becken“ und somit im Hessischen Ried liegen.

Die Wasserschutzkooperationen bzw. die Zusammenarbeit in den WRRL-Maßnahmenräumen fördern den Dialog zwischen den Beteiligten und das Verständnis für das System.

Das Untersuchungsprogramm zur Denitrifikation wird in Hessen derzeit weiter ausgebaut, um die rechtlichen Anforderungen der GrwV (2022) und der AVV GeA (2022) umzusetzen. Hierfür ist vorgesehen, bis Ende des Jahres 2025 alle Grund- und Rohwassermessstellen mindestens einmal mittels der N<sub>2</sub>/Argon-Methode zu untersuchen und die Ergebnisse dann in die jeweiligen Auswertungen einzubeziehen.

## Literatur

- [1] GrwV (2022): Verordnung zum Schutz des Grundwassers (Grundwasserschutzverordnung – GrwV) vom 9. November 2010. – BGBl. I: S. 1513), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 12. Oktober 2022 (BGBl. I S. 1802) geändert worden ist
- [2] AVV GeA (2022): Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Ausweisung von mit Nitrat belasteten und eutrophierten Gebieten (AVV Gebietsausweisung – AVV GeA) vom 10. August 2022
- [3] Stuhmann, M. (2000): Verbleib eingetragenen Stickstoffs entlang eines klimatischen Transektes durch Europa. – Bayreuther Forum Ökologie, 79: IV, 154 S.; Bayreuth.
- [4] NLWKN - Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (2012): Messung des Exzess-N<sub>2</sub> im Grundwasser mit der N<sub>2</sub>/Ar-Methode als neue Möglichkeit zur Prioritätensetzung und Erfolgskontrolle im Grundwasserschutz. Grundwasser, Band 15.
- [5] HLNUG – Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (2019): Jahresbericht des Hessischen Landesamtes für Naturschutz, Umwelt und Geologie 2019.
- [6] HLNUG – Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (2023): Grundwasserbeschaffenheitsbericht 2022. Grundwasser in Hessen, Heft 5.

## 5 Zusammenfassung

Mit einer mittleren **Jahrestemperatur** von 10,7 °C in Hessen war 2023 das wärmste Jahr seit Beginn der systematischen Wetteraufzeichnungen im Jahr 1881. Die Mitteltemperatur lag um 1,4 Grad über dem Wert der Referenzperiode 1991–2020. Die Sonne schien 1727 Stunden, 138 Stunden mehr als der Referenzwert.

Die **Niederschlagssumme** im Jahr 2023 lag mit 953,11/m<sup>2</sup> um 25 % über dem Mittelwert. Mit 192 l/m<sup>2</sup> über dem langjährigen Mittelwert war 2023 ein niederschlagsreiches Jahr. In acht von zwölf Monaten fielen überdurchschnittliche Regenmengen, die teils erheblich über den Durchschnittswerten lagen.

Im Gegensatz zu den vorherigen Jahren kam es im Jahr 2023 zu mehr **Abfluss** als im langjährigen Mittel. Insbesondere die Monate April, November und herausragend der Dezember waren überdurchschnittlich abflussstark, aber auch im August gab es fast doppelt so viel Abfluss. Eine ausgeprägte Niedrigwasserphase gab es zumindest in Hessen im Jahr 2023 nicht. Zu Hochwasser ist es dagegen durch viele Dauerregentage sowie etliche Gewitterlagen in fast allen Monaten gekommen, einzig im Juli und September wurden keine Meldestufenüberschreitungen an Pegeln registriert. Die andauernde Hochwasserlage im Dezember aufgrund der vielen Niederschläge hat nicht nur Hessen stark betroffen. In unserem Bundesland waren nahezu alle Gewässereinzugsgebiete sowie die großen Wasserstraßen Rhein, mit den Zuflüssen Neckar und Main, und Weser mit der Werra, der Fulda und ihren Zuflüssen, betroffen, der Schwerpunkt lag jedoch in Nordhessen.

Insgesamt hatte die größte **Talsperre** Hessens, die Edertalsperre, höhere Füllstände als im langjährigen Mittel. Seit 2014 war sie nicht mehr so gut gefüllt und nur im Juli gab es eine unterdurchschnittliche Füllmenge im Stausee. Insbesondere von August bis Dezember war der Stand des Edersees auffallend hoch, auch hieran ist zu erkennen, dass es im Jahr 2023 überdurchschnittlich viel Niederschlag gab.

In der Diemeltalsperre wurde das größte Tagesmittel Mitte Mai mit einer vollständigen Füllung gemessen. Auch gab es lediglich einen Monat, den Januar, mit einer unterdurchschnittlichen Füllmenge im Vergleich zum langjährigen Mittel. Ebenfalls im Januar befindet sich der kleinste Tagesmittelwert. Anfang des Monats waren lediglich ca. 6 Mio. m<sup>3</sup> Wasser im Stausee. Die Monate November und Dezember haben mit der etwa 1,5-fachen Menge die größte relative Abweichung zum langjährigen Mittel, auch hier bedingt durch das außergewöhnliche Hochwasser in Nordhessen.

Die kontinuierliche Untersuchung und Überwachung der **physikalisch-chemischen Beschaffenheit** der vier größeren Fließgewässer Werra, Fulda, Lahn und Main bietet durch ortsfeste Messstationen eine zeitlich nahezu lückenlose Beobachtung und Analyse der Gewässerqualität. Eine Verschiebung dynamischer Prozesse im Gewässer steht im direkten Zusammenhang mit den hydrologischen und meteorologischen Gegebenheiten. So setzte 2023 aufgrund hoher Niederschlagsmengen im Frühjahr an nahezu allen Messstationen die Photosyntheseaktivität der Wasserpflanzen im Vergleich zu den Vorjahren 2021 und 2022 später ein.

Zur Unterschreitung des kritischen Sauerstoffgehaltes von 7 mg/l kam es in den Sommermonaten an allen Messstationen. Ganztägig wurde der Sauerstoffgehalt am Main, an der Fulda und Werra unterschritten.

Im Sommer 2023 kam es an Werra, Nidda, Schwarzbach und Main zur Überschreitung des nach der Oberflächengewässerverordnung (OGewV, Anlage 7) festgelegten Orientierungswertes für die Gewassertemperatur von maximal 25 °C. Hitzebedingte Fischsterben wurden an den Fließgewässern in Hessen in Sommerhalbjahr 2023 jedoch nicht beobachtet. Die höchste Wassertemperatur mit Überschreitung des Orientierungswertes (OGewV 2016) für die maximale Sommertemperatur zeigte der Main mit 25,7 °C am 25.06.2023. Auch der Orientierungswert für die maximale Wintertemperatur nach OGewV

(2016) wurde am Main überschritten. Sie lag am 25.12.2023 bei 12,9 °C.

Starke Schwankungen in den kontinuierlichen Messwerten waren im Jahr 2023 aufgrund der unbeständigen Wetterlage mit lokalen Gewittern besonders ausgeprägt.

Zur Ermittlung des **ökologischen Zustands der Fließgewässer** wurden im Jahr 2023 Untersuchungen zum Fischbestand, zum Makrozoobenthos, zu Makrophyten und zu Diatomeen seitens des HLNUG beauftragt. Bei Erstellung des Berichtes lagen die Ergebnisse zur Diatomeenerfassung noch nicht vor.

Bei rund 78 % der hinsichtlich des Fischbestandes untersuchten Gewässerabschnitte wird der sehr gute bzw. gute ökologische Zustand noch nicht erreicht. Das Makrozoobenthos zeigt an gut 60 % der Untersuchungsbereiche Handlungsbedarf an. Bei den Makrophyten verfehlen rund 65 % der untersuchten Gewässerabschnitte den sehr guten bzw. guten ökologischen Zustand.

In Hessen werden derzeit viele Maßnahmen zur Verbesserung der **Gewässerstruktur** umgesetzt, um die Auflage der WRRL zu erfüllen. Fertiggestellte Maßnahmen werden frühestens nach zwei Jahren bzw. zwei Hochwasserdurchläufen nachkartiert, da sich erst dann die ersten Veränderungen im und am Gewässer ausbilden.

In der Winter-Frühjahr Saison 2022/2023 wurden insgesamt 28,5 Kilometer an 46 Gewässern in Nord-, Mittel- und Südhessen nachkartiert.

Derzeit werden ca. 80 **Seenmessstellen** im hessischen Gütemessprogramm untersucht. Dabei werden die Seen hinsichtlich ihrer Trophie klassifiziert. Insgesamt konnte 2023 eine positive Entwicklung der Trophie-Klassifizierung festgestellt werden. Die Gründe für diese positive Entwicklung sind vielfältig und können z. B. Sanierungsbemühungen, günstige klimatische Bedingungen oder auch das Ausbleiben von Starkregenergieereignissen sein.

Das Flächenmittel der **Grundwasserneubildung** betrug für das Jahr 2023 für Hessen 149 mm und lag damit um 42 % deutlich über dem langjährigen Mittelwert der Referenzperiode 1971–2000. Nachdem die Grundwasserneubildung seit dem Jahr 2003 meist unterhalb des langjährigen Mittelwertes lag, stellt das Jahr 2023 nach zwei neubildungsarmen Dekaden erstmals wieder ein neubildungsreiches Nassjahr dar. Die hohe Grundwasserneubildung im Jahr 2023 ist auf die überdurchschnittlichen Niederschläge, vor allem in den neubildungsrelevanten Monaten des hydrologischen Winterhalbjahres (November–April) zurückzuführen. Aber auch die sehr ergiebigen Niederschläge im August führten zu einer für den Sommermonat August ungewöhnlich hohen Sickerwasserbildung.

Das Winterhalbjahr 2022/2023 war etwas nasser im Vergleich zur Referenzperiode, was zu einer leichten Entspannung im Grundwasser geführt hat. Durch die Trockenheit zu Beginn des hydrologischen Sommerhalbjahres stiegen die Anteile an Messstellen mit sehr niedrigen und niedrigen **Grundwasserständen** wieder deutlich an. Die einsetzenden Niederschläge ab Juli sorgten dann für eine Entspannung im Grundwasser. Durch die Trockenheit im September flachten die Anstiege wieder ab, bevor durch die drei folgenden nassen Monate der Anteil der Messstellen im niedrigen und sehr niedrigen Bereich deutlich sichtbar zurückging. Im Vergleich zum Vorjahr lagen die Grundwasserstände Ende Dezember an 96 % der Messstellen auf einem höheren Niveau, was aufzeigt, dass sich gegenüber der Niedrigwassersituation im letzten Jahr die Grundwassersituation hessenweit deutlich entspannt hat. Einen so großen Anteil an Messstellen mit hohen bis sehr hohen Grundwasserständen gab es zuletzt in der ersten Jahreshälfte 2018, also vor dem Beginn der jüngsten Trockenperiode.

Die Auswertung der Daten zur **Grundwasserbeschaffenheit** zeigt hinsichtlich der Nitrateintragskonzentrationen, also der Summe von herkömmlich gemessenen Nitrat- und N<sub>2</sub>-Exzesskonzentrationen aus der N<sub>2</sub>/Argon-Methode, dass im Bereich des



Hessischen Rieds der Großteil des Grundwassers in den Grund- und Rohwassermessstellen Schwellenwertüberschreitungen ( $> 50 \text{ mg/l}$ ) aufweisen. Die Messung von  $\text{N}_2$ -Exzesskonzentrationen mit der  $\text{N}_2$ /Argon-Methode belegt Denitrifikationsprozesse unterschiedlicher Ausprägung in Hessen. Eine hessenweite Auswertung für den Zeitraum von 2018 bis 2023 zeigt, dass im zuströmenden Grundwasser von zehn der insgesamt 340 untersuchten Grundwassermessstellen des Landesgrundwasserdienstes nur  $\text{N}_2$ -Exzesskonzentrationen, aber keine Nitratkonzentrationen gemessen wurden. D. h., in den durch

diese Messstellen erschlossenen Grundwasserleitern wird das eingetragene Nitrat vollständig abgebaut. Im Grundwasser von insgesamt vier Grundwassermessstellen wurden weder Nitrat noch  $\text{N}_2$ -Exzesskonzentrationen gemessen, d. h., es fand kein Nitratintrag statt. In den durch die verbleibenden 326 Messstellen erschlossenen Grundwasserleitern wird Nitrat teilweise oder gar nicht abgebaut.

## 6 Übersicht Berichte

Der Gewässerkundliche Jahresbericht wird seit 2007 veröffentlicht (Abb. 86). Die Berichte können auf der Web-Seite des HLNUG unter <https://www.hlnug.de>

de/themen/wasser/berichte/gewaesserkundliche-jahresberichte heruntergeladen werden.

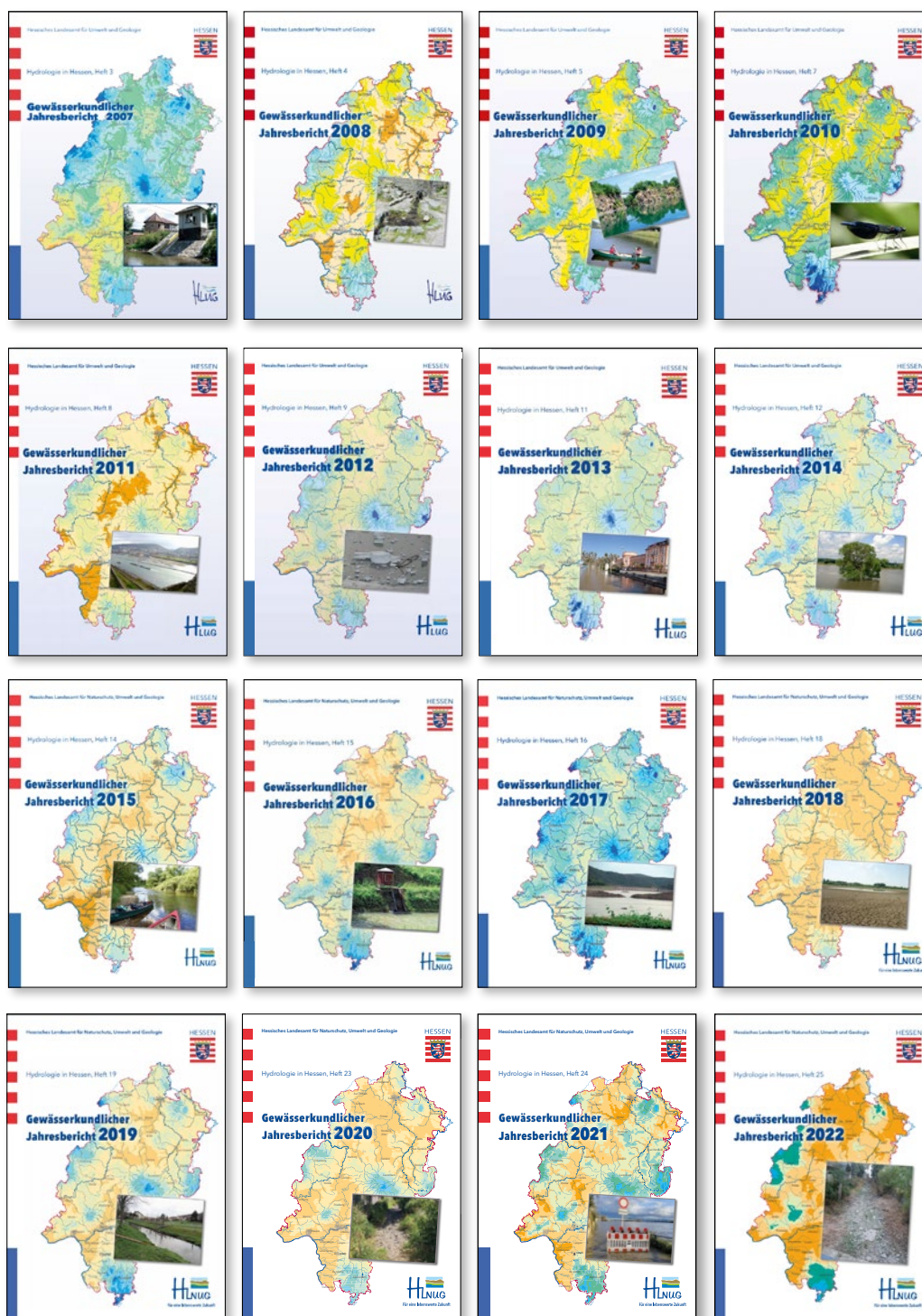


Abb. 86: Übersicht über die bisher veröffentlichten Berichte



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

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