

Hydrologie in Hessen, Heft 25

Gewässerkundlicher Jahresbericht 2022



Für eine lebenswerte Zukunft

Hydrologie in Hessen, Heft 25

Gewässerkundlicher Jahresbericht 2022

Wiesbaden, 2023

Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Impressum

Hydrologie in Hessen, Heft 25

ISSN 1438-7859

ISBN 978-3-89026-725-8

Gewässerkundlicher Jahresbericht 2022

Redaktion: Cornelia Löns-Hanna

Layout: Martina Schaffner

Titelbild: Flächenhafter Niederschlag im Jahr 2022 (Datenquelle: DWD), Foto: Pegel Rod an der Weil, 05.09.2022, RP Gießen

Herausgeber, © und Vertrieb:

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

Telefon: 0611 6939-111

Telefax: 0611 6939-113

E-Mail: vertrieb@hlnug.hessen.de

www.hlnug.de

Diese Broschüre wurde mit FSC-Zertifizierung gedruckt.

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

Inhalt

1	Vorwort	4
2	Witterung	6
	CORNELIA LÖNS-HANNA	
2.1	Allgemeines	6
2.2	Lufttemperatur	7
2.3	Sonnenscheindauer	9
2.4	Niederschlag	10
3	Oberflächengewässer	18
3.1	Wasserstand und Durchfluss	18
	MONIKA SPICKER	
3.2	Talsperren und Hochwasserrückhaltebecken	26
	MONIKA SPICKER	
3.3	Niedrigwasser und Dürre 2022	32
	CORNELIA LÖNS-HANNA	
3.4	Physikalisch-chemische Beschaffenheit oberirdischer Gewässer	39
	ANDREAS BURMEISTER, KATHARINA RÜCKLE, JANA SEMSEI	
3.5	Gewässerstruktur	56
	JOACHIM WEDEL, ANN KATRIN THOMAS	
3.6	Untersuchungen zur Fauna und Flora der Fließgewässer	59
	ELISABETH SCHLAG	
3.7	Seen – Trophische Untersuchungen	66
	MICHAEL HÄCKL, ANN KATRIN THOMAS	
4	Grundwasser	72
4.1	Grundwasserneubildung	72
	MARIO HERGESELL	
4.2	Grundwasserstände und Quellschüttungen	75
	MARIO HERGESELL	
4.3	Grundwasserbeschaffenheit: PFAS-Untersuchungen in Hessen	80
	KIM HUSSMANN, HARALD RÜCKERT	
5	Zusammenfassung	88
6	Übersicht Berichte	90

1 Vorwort



Trockenheit und Dürre aber auch Hochwasser und Sturzfluten bestimmten die wasserwirtschaftliche Situation in den vergangenen Jahren. Gerade im Sommer des letzten Jahres 2022 waren die Monate Mai bis August besonders niederschlagsarm, sodass Trockenheit und Dürre die Medien be-

herrschte. Auch wenn zu Beginn des Jahres ein leichtes Winterhochwasser auftrat und einzelne Monate überdurchschnittliche Regenmengen brachten, konnte die Trockenheit nicht ausgeglichen werden. Nennenswerte Sturzfluten wurden 2022 in Hessen nicht verzeichnet.

Im Zuge des Klimawandels scheinen Dürren und Hochwasser häufiger und heftiger zu werden. Dazu stellt sich vielen Menschen die Frage, ob die Wasservorräte immer knapper werden, sodass nicht mehr genügend Wasser für die Beregnung der Felder vorhanden sein wird oder sogar ein Trinkwassermangel herrschen wird.

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 Messun-

gen 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 WEB-Seiten 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 wird die wasserwirtschaftliche Situation des Jahres 2022 dargestellt. Dieser Bericht ist bereit der 16. 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 fluid and cursive, with the first letters of the first and last names being capitalized and prominent.

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



350 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

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 (Quelle: Deutscher Wetterdienst, Wetterlexikon)

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 2022

Das Wetterjahr 2022 war in Deutschland laut Deutschem Wetterdienst (DWD) [1] das wärmste und sonnenscheinreichste seit Beginn der Wetteraufzeichnungen 1881. Mit einer Jahresmitteltemperatur von 10,6 °C war es viel zu warm. Die Jahresniederschlagssumme betrug 681 l/m². Mit 80,3 l/m² unter dem langjährigen Mittelwert war es zu trocken. Während es in den ersten Monaten, abgesehen vom trockenen März, vergleichsweise ausreichend regnete, war es in den Sommermonaten Mai bis September besonders warm und niederschlagsarm. Dementsprechend führten die Gewässer wenig Wasser. Die letzten vier Monate waren wechselhaft (Abb. 2).

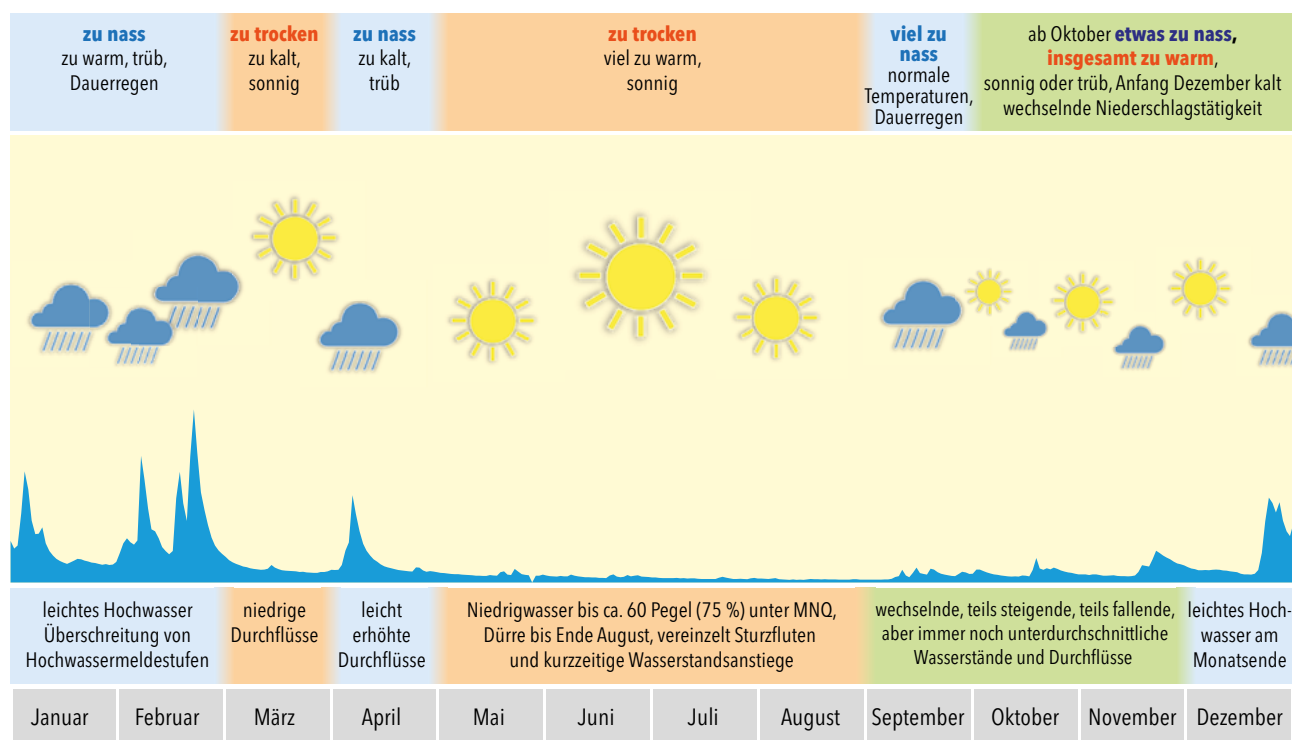


Abb. 2: Witterungs- und Abflussverlauf im Jahr 2022

2.2 Lufttemperatur

Lufttemperaturmessnetz, Zielsetzung und Aufgabe

Die Lufttemperatur wird an hesseneigenen Messstellen des Luftmessnetzes erhoben. Außerdem kann für den internen Gebrauch auf Werte von Messstationen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) zugegriffen werden.

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 2022

Die mittlere Jahrestemperatur betrug im Jahr 2022 in Hessen 10,6 °C. Damit lag sie 1,3 Grad über der langjährigen mittleren Temperatur des Vergleichszeitraums von 1991–2020 von 9,3 °C. Das Jahr 2022 war noch wärmer als die Jahre 2014, 2018, 2019 und 2020 und ist das wärmste Jahr seit Beginn der Wetteraufzeichnungen 1881. In Abbildung 3 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 2022 2,4 Grad zu warm. Der Abbildung 3 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 80er Jahre die Temperaturen stark anstiegen.

Der Temperaturverlauf im Berichtsjahr ist in Abbildung 4 dargestellt. Abgesehen vom April, in dem es mit 8,0 °C 1,1 Grad zu kalt war und den Monaten September und Dezember mit nahezu ausgeglichenen Temperaturen, war es in den übrigen neun Monaten zu warm. Im Vergleich mit der Referenzperiode 1961–1990 zeigen alle Monate zu warme Temperaturen.

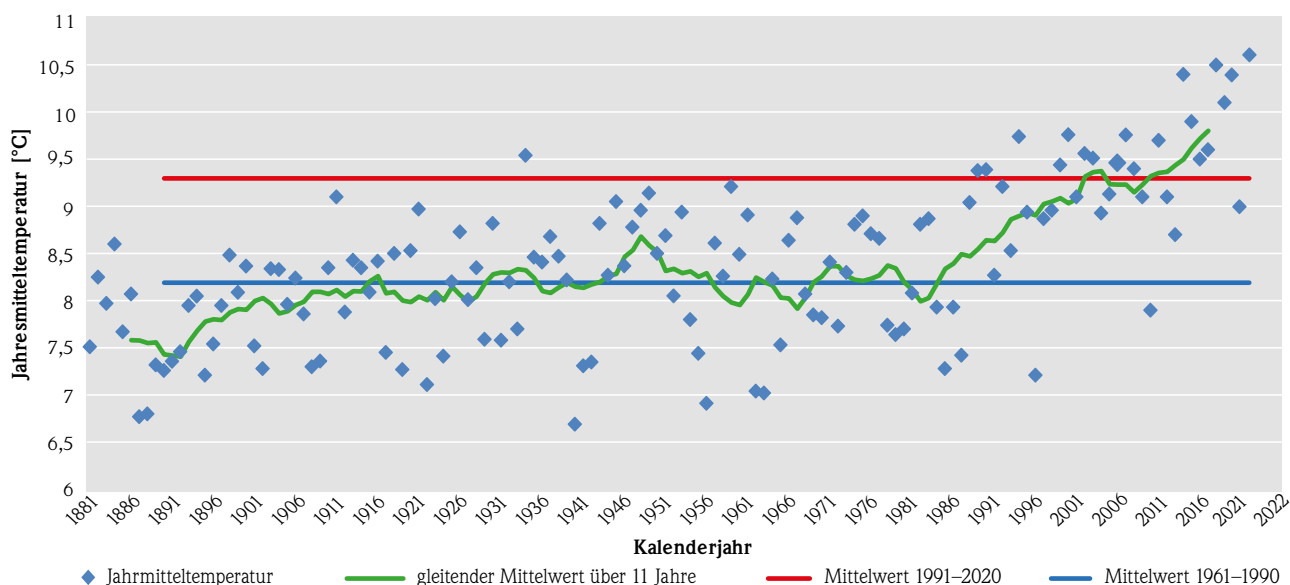


Abb. 3: Jahresmitteltemperaturen in Hessen, Daten: DWD

So lagen im Januar die Mitteltemperaturen mit 2,7 °C 1,8 Grad über dem Referenzwert von 0,9 °C und im Februar 4,3 °C sogar 2,7 Grad über dem Mittelwert. Der März war nur leicht zu warm mit 5,4 °C, 0,5 Grad über dem langjährigen Monatsmittel.

Ab Mai setzte sich abgesehen von den Monaten September mit 13,4 °C (–0,2 Grad unter dem Mittelwert) und Dezember mit 1,9 °C (0,1 Grad über dem

Mittelwert) die warme Phase fort. Mehrere intensive Hitzewellen führten zu Temperaturrekorden. Die größten Temperaturabweichungen gab dabei in den Monaten Juni mit 18,4 °C (+2,1 Grad), August mit 20,8 °C (+3,0 Grad) und Oktober mit 12,2 °C (+3,0 Grad). Tabelle 1 zeigt die mittleren monatlichen Temperaturen des Jahres 2022 im Vergleich zu den Mittelwerten der Referenzperioden 1991–2020 und 1961–1990.

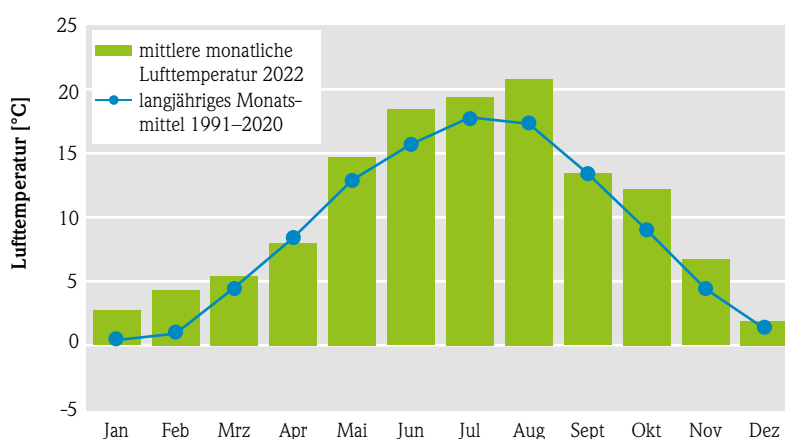


Abb. 4: Monatliche Lufttemperatur 2022 im Vergleich zum langjährigen monatlichen Mittel 1991–2020, Daten: DWD

Tab. 1: Vergleich der monatlichen Lufttemperatur 2022 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 2022 [°C]	Abweichung 2022 vom langjährigen Monatsmittel 1991–2020 [°C]	Abweichung 2022 vom langjährigen Monatsmittel 1961–1990 [°C]
Januar	0,9	–0,4	2,7	1,8	3,1
Februar	1,6	0,6	4,3	2,7	3,7
März	4,9	3,8	5,4	0,5	1,6
April	9,1	7,5	8,0	–1,1	0,5
Mai	13,0	12,2	14,7	1,7	2,5
Juni	16,3	15,2	18,4	2,1	3,2
Juli	18,2	16,9	19,4	1,2	2,5
August	17,8	16,4	20,8	3,0	4,4
September	13,6	13,2	13,4	–0,2	0,2
Oktober	9,2	8,9	12,2	3,0	3,3
November	4,8	3,8	6,7	1,9	2,9
Dezember	1,8	0,8	1,9	0,1	1,1
Jahresmittelwert	9,3	8,2	10,6	1,3	2,4

2.3 Sonnenscheindauer

Sonnenscheinmessungen, Zielsetzung und Aufgabe

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

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

Sonnenscheindauer im Jahr 2022

Insgesamt schien die Sonne in Hessen 2005 Stunden und damit 519 Stunden mehr als im langjährigen Mittel. Die monatlichen Sonnenstunden zeigt Abbildung 5. Besonders sonnenscheinreich im Vergleich zum monatlichen Mittel des Referenzzeitraumes 1991–2020 war es im März mit 239 Sonnenstunden (+115 Stunden), und in den Sommermonaten August mit 294 Stunden (+86 Stunden), Juni mit 286 Stunden (+76 Stunden) und Juli mit 269 Stunden (+50 Stunden). Aber auch in den übrigen Monaten schien die Sonne reichlich, abgesehen von den zu trüben Monaten Januar und September. Im Dezember entsprach die Sonnenscheindauer dem Mittelwert.

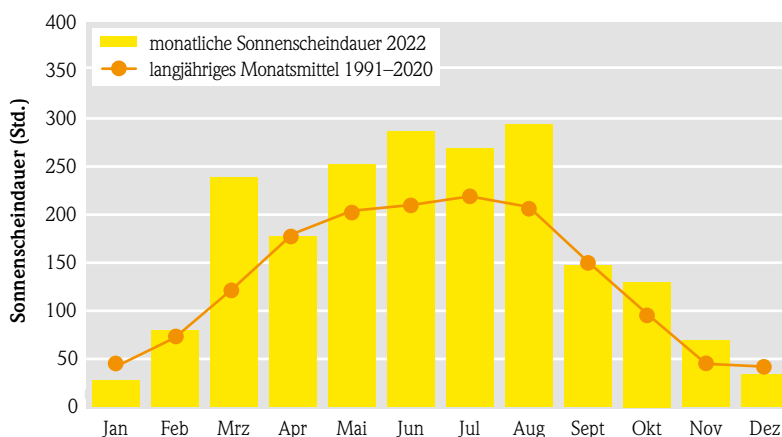


Abb. 5: Monatliche Sonnenscheindauer in Hessen 2022 im Vergleich zum langjährigen monatlichen Mittel 1991–2020, Daten: DWD

2.4 Niederschlag



Abb. 6: Niederschlagsmessstelle Freiensteinau (links: Pluviometer, rechts: Hellmann-Messgerät)

Niederschlagsmessnetz, Zielsetzung und Aufgabe

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

- bilden die Grundlage zur Bemessung wasserwirtschaftlicher Anlagen (z. B. Kanalnetze, Kläranlagen, Wasserversorgungseinrichtungen),
- sind fundierte 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 fünf Standorten stehen einzelne Hellmannmessgeräte für die tägliche Ablesung (siehe Abb. 6 und 7). Betrieb und Unterhaltung der Niederschlagsmessgeräte erfolgt größtenteils durch die Regierungspräsidien. Einzelne Niederschlagsmessstellen werden von Dritten betrieben, beispielsweise von Wasserverbänden. Zuständig für die Datenfernübertragung, den Betrieb der Datenbank, Prüfung und Veröffentlichung der Daten im Internet sowie die Datenweitergabe und die Datenauswertung ist das HLNUG.

Zusätzlich zu den Daten der hydrologischen Landesmessstellen werden 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/web-public/#/overview/Niederschlag24> zeitnah veröffentlicht.

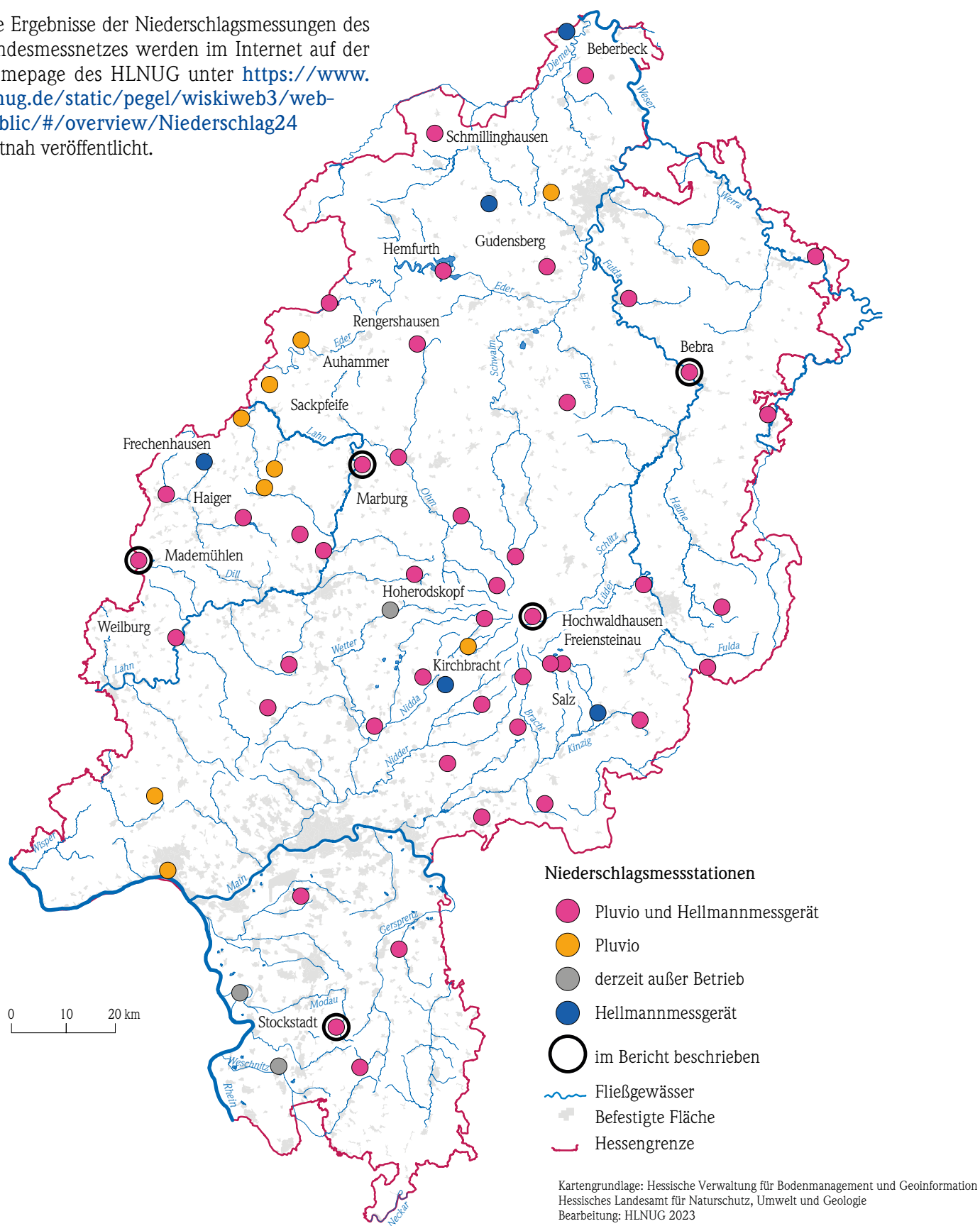


Abb. 7: Hydrologisches Niederschlagsmessnetz landeseigener Niederschlagsmessstellen

Niederschlag im Jahr 2022

Im Jahr 2022 fielen hessenweit im Mittel $681,1 \text{ l/m}^2$. Im Vergleich zum Wert der Referenzperiode 1991–2020 von $761,5 \text{ mm}$ waren dies $89,5 \%$. Die Differenz betrug $-80,3 \text{ l/m}^2$ (-11%) und somit war 2022 etwas zu trocken. Verglichen mit dem Wert der Klimareferenzperiode 1961–1990 von 793 mm war es mit 86% des mittleren Wertes zu trocken.

Die Gesamtniederschlagssumme des Jahres 2022 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 2022 sind Abbildung 8 zu entnehmen. Die Abweichungen gegenüber den langjährigen Monatsmittelwerten zeigt Abbildung 9. Ersichtlich ist, dass es eine lange trockene Phase in den Sommermonaten Mai bis August gab. Dabei fielen im Juli mit $29,6 \text{ l/m}^2$ nur 37% der durchschnittlichen Regenmenge, im August mit $16,3 \text{ l/m}^2$ nur 24% . Ebenfalls viel zu trocken war es im März. Im September hingegen regnete es mit $121,4 \text{ l/m}^2$ mehr als das Doppelte der durchschnittlichen Menge von $59,81 \text{ mm}^3$. Ebenfalls niederschlagsreich waren Januar, Februar und April, ausgeglichen der Oktober. Dabei kam es zu Beginn des Jahres in einigen Regionen zu einem leichten Winterhochwasser. Leicht unterdurchschnittliche Regenmengen fielen Ende des Jahres im November und Dezember. Im Dezember war es in den ersten Wochen weitgehend trocken, erst in der vierten Woche gab es teils erhebliche Regenmengen, die sogar lokal ein leichtes Hochwasser verursachten. Die monatlichen Niederschläge sind in Tabelle 2 den Werten der Referenzperioden 1991–2020 und 1961–1990 gegenübergestellt.

Abbildung 10 zeigt die Jahresniederschlagssummen für Hessen seit 1881. Neben den einzelnen Jahressummen sind die Mittelwerte der Referenzzeitreihen 1960–1991 von 793 l/m^2 , der Mittelwert von 1990–2020 von 762 l/m^2 und der über den gesamten Zeitraum gebildete Mittelwert 1881–2022 von 751 l/m^2 dargestellt. Um langfristige Schwankungen oder Trends besser darstellen zu können, wird der gleitende Mittelwert der Jahressummen über 11 Jahre gebildet. Deutlich sind langfristige dekadische Schwankungen der Niederschlagshöhen erkennbar. Hohe Niederschlagssummen, die über den Mittelwerten der Referenzreihen liegen, wurden in den 60er,

80er und im Zeitraum Mitte der 90er 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 l/m^2 und 2017 mit 836 l/m^2 vergleichsweise niedriger. Die langfristige Auswertung zeigt aber auch, dass ab Beginn der Wetteraufzeichnungen 1881 von Ausnahmen abgesehen bis zu Beginn der Nullerjahre des vorigen Jahrhunderts, also über ca. 40 Jahre und in den 30er, 40er und teilweise 50er Jahren die Jahresmittelwerte unter Daten der Referenzzeitreihen liegen, die Perioden mit geringeren Niederschlägen also überwogen. So ist auch insgesamt der Mittelwert des gesamten betrachteten Zeitraums 1881 bis 2022 mit 751 l/m^2 noch etwas niedriger als der Mittelwert der 30-jährigen Referenzperiode 1991–2020.

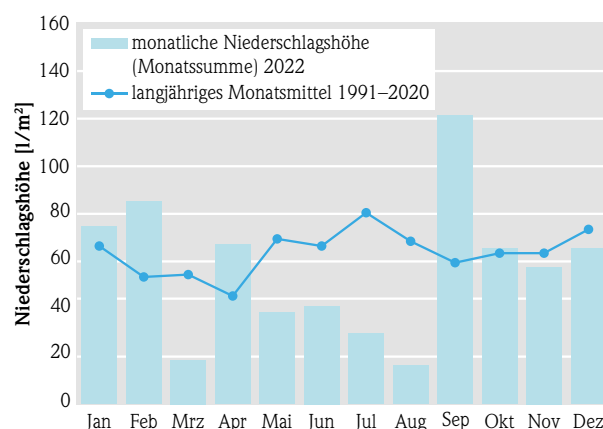


Abb. 8: monatliche Niederschlagssummen in Hessen, Daten DWD

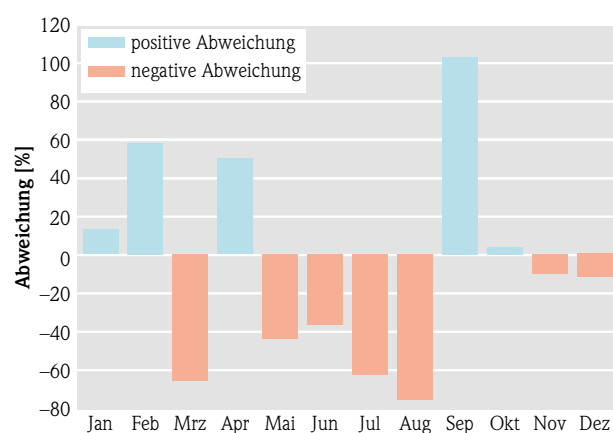
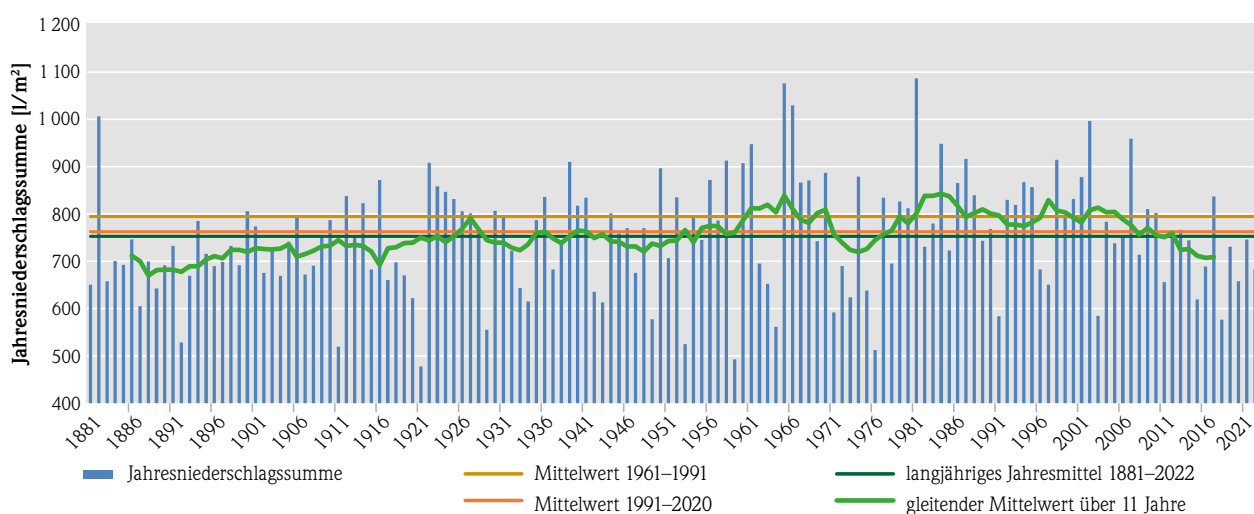


Abb. 9: Abweichung des monatlichen Niederschlags 2022 vom langjährigen Mittel 1991–2020, Daten: DWD

Tab. 2: Abweichung des monatlichen Niederschlags im Jahr 2022 von den Werten der Referenzperioden 1991–2020 und 1961–1990, Daten: DWD

	langjähriges Monats- bzw. Jahresmittel		Gebiets- niederschlag 2022	Abweichung 2022 vom langjährigen Monats- bzw. Jahresmittel			
	1991–2020	1961–1990		1991–2020		1961–1990	
	l/m ²	l/m ²		%	l/m ²	%	l/m ²
Jan	66,2	63,2	74,7	12,8	8,5	18,3	11,5
Feb	53,8	52,0	85,2	58,4	31,4	63,7	33,2
Mrz	54,6	61,6	18,5	–66,1	–36,1	–69,9	–43,1
Apr	44,8	58,8	67,1	49,8	22,3	14,1	8,3
Mai	68,5	70,5	38,5	–43,8	–30,0	–45,4	–32,0
Jun	65,3	79,9	41,3	–36,8	–24,0	–48,3	–38,6
Jul	79,6	72,7	29,6	–62,8	–50,0	–59,3	–43,1
Aug	67,6	69,6	16,3	–75,9	–51,3	–76,6	–53,3
Sept	59,8	57,4	121,4	103,0	61,6	111,4	64,0
Okt	63,1	59,0	65,5	3,8	2,4	11,1	6,5
Nov	63,8	71,3	57,6	–9,7	–6,2	–19,2	–13,7
Dez	74,3	77,2	65,4	–12,0	–8,9	–15,3	–11,8
Jahreswerte	761,4	793,3	681,1	–10,5	–80,3	–14,1	–112,2

**Abb. 10:** Jahresniederschlagssummen 1881–2022, Daten: DWD

Nennenswerte an Niederschlagsmessstationen erfasste **Starkregenereignisse** gab es im Jahr 2022 in Hessen nur sehr wenige, wie die Auswertung der hessischen Stationen anhand der registrierten Stundensummen zeigt (Abbildung 11). So wurden keine Starkregen der Stufe 3 ($> 40 \text{ l/m}^2 \cdot \text{Stunde}$) und nur drei Ereignisse der Stufe 2 mit mehr als 25 bis 40 l/m^2 in einer Stunde registriert. Da Starkregenereignisse lokal eng begrenzt auftreten, können die Ereignisse nicht lückenlos erfasst werden. So kann die Auswertung nur einen Anhaltspunkt zur langjährigen Einordnung geben. Im Vergleich ist 2022 das Jahr mit den wenigsten Starkregenereignissen in Hessen seit 2006.

Eine Auswertung über **Dauerregen** verschiedener Intensitäten, gemessen als Tagessummen seit 2002 an hessischen Niederschlagsstationen kann der folgenden Abbildung 12 entnommen werden. Vergleichsweise wurden 2022 nur wenige Dauerregentage festgestellt, wobei ergiebige Dauerregen mit Tageswerten von mehr als 30 l/m^2 nur viermal an verschiedenen hessischen Stationen gemessen wurden. Extrem ergiebige Tagessummen mit Werten $> 80 \text{ l/m}^2$ wurden an hessischen Stationen 2022 nicht registriert.

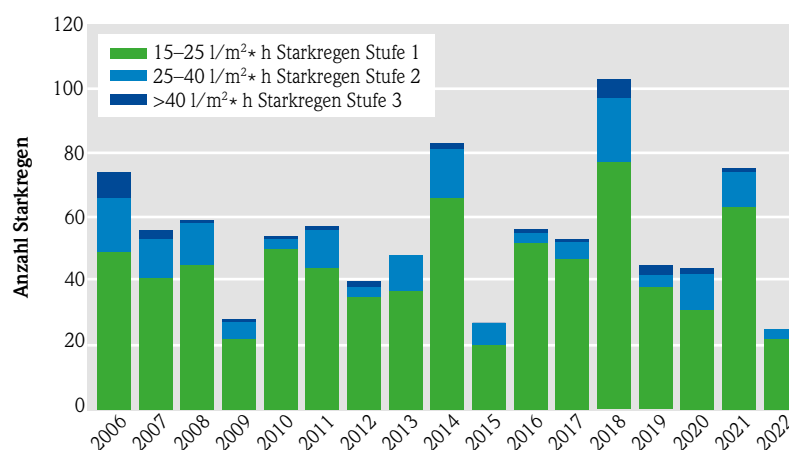


Abb. 11: Anzahl Starkregen, Stufen 1, 2 und 3 in Hessen 2006–2022, Basis: Stundensummen hessischer Niederschlagsstationen

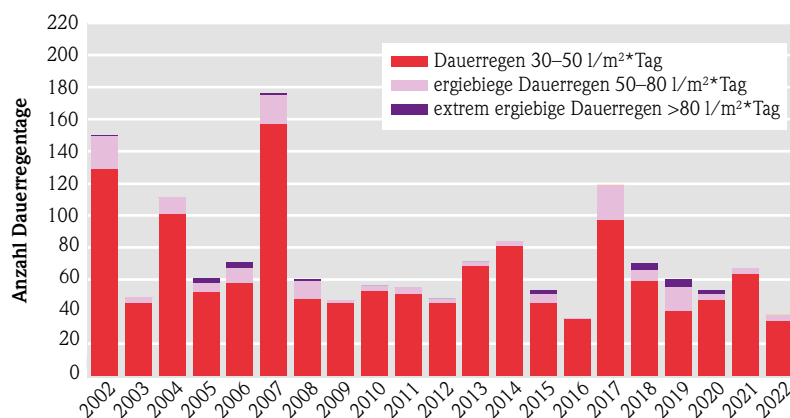


Abb. 12: Anzahl der Regenereignisse unterschiedlicher Intensität in Hessen 2002–2022, Basis: Tagessummen hessischer Niederschlagsstationen

Regionale Verteilung der Niederschläge

Die regionale Verteilung der Niederschläge kann Abbildung 13 entnommen werden. Höhere Niederschlagsmengen bis 1000 l/m^2 fielen in den Mittelgebirgen, vor allem im Vogelsberggebiet und in der Rhön, sowie in den westhessischen Gebirgen Westerwald und Rothaargebirge, im Taunus und in den nordhessischen Gebirgen. Trockener hingegen war es im übrigen Hessen, insbesondere im Rheingau und im hessischen Ried sowie im Norden von Hessen mit Jahresniederschlagssummen unter 600 l/m^2 .

In Tab. 3 und den Grafiken der folgenden Abb. 14 wird das Niederschlagsgeschehen an einzelnen, in verschiedenen Regionen Hessens liegenden Niederschlagsmessstationen anhand der Monatssummen dargestellt und mit denen der vorangegangenen Jahre verglichen. Diese Auswertungen zeigen, dass das Niederschlagsgeschehen in Hessen in allen Regionen im Jahr 2022 größtenteils einheitlich verlaufen ist.

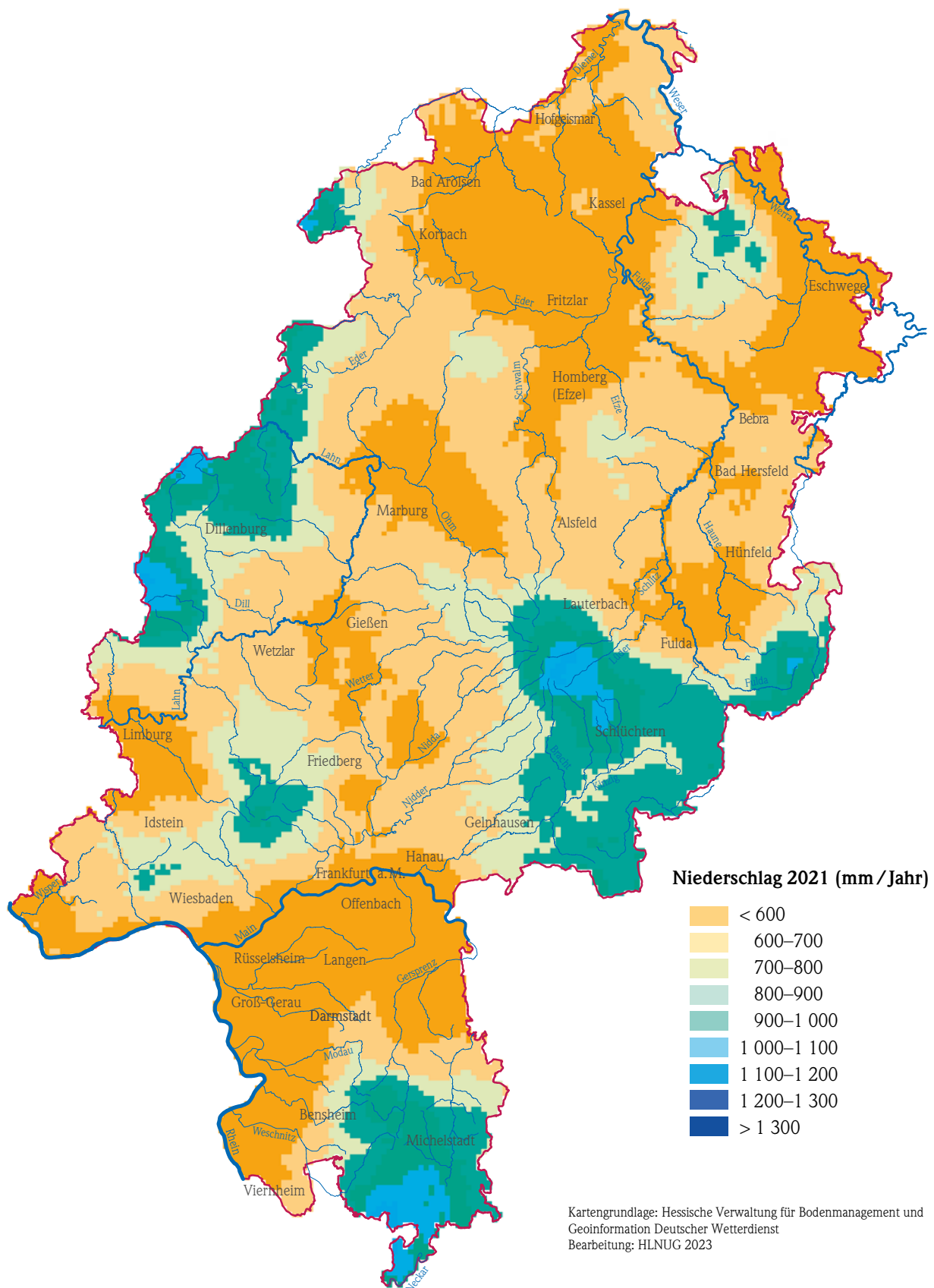


Abb. 13: Niederschlagsverteilung in Hessen 2022, Daten: DWD

Tab. 3: Niederschlagswerte [l/m²] ausgewählter hessischer Niederschlagsmessstellen 2022

Messstation	Bebra		Marburg		Mademühlen		Hochwaldhausen		Modautal	
Höhenlage [m über NN]	192		325		548		475		313	
Monat	Niederschlag Monatssumme [l/m²]									
	Mittel 1991–2020	2022	Mittel 1991–2020	2022	Mittel 1991–2020	2022	Mittel 1991–2020	2022	Mittel 2005–2020	2022
Jan	49	62	61	61	112	108	151	146	71	102
Feb	37	59	45	73	87	172	115	262	68	79
Mrz	42	14	45	26	87	21	109	23	70	18
Apr	35	47	41	66	58	89	68	90	52	93
Mai	60	39	65	54	69	64	86	32	90	11
Jun	58	15	64	35	72	64	73	36	78	58
Jul	70	40	71	25	94	30	100	45	77	15
Aug	57	26	61	4	85	12	84	19	94	29
Sep	47	83	55	112	80	150	93	191	63	142
Okt	45	49	55	22	90	60	109	107	71	101
Nov	50	45	56	43	96	85	111	109	72	75
Dez	50	47	69	73	126	110	161	137	99	63
Jahressumme	601	525	690	594	1 056	964	1 258	1 195	904	785

An der Messstation **Bebra in Nordhessen** lag die Jahresniederschlagssumme mit 525 l/m² 76 l/m² (13 %) unter dem Durchschnittswert von 601 l/m². Die größten Regenmengen fielen hier im September mit 83 l/m², was 77 % über dem monatlichen Mittelwert liegt. Ebenfalls regenreich waren zum Jahresbeginn der Januar und Februar sowie der April. In der langen Trockenphase von Mai bis August summier- te sich jedoch ein Niederschlagsdefizit von mehr als 120 l/m² auf, dass insgesamt im Jahresverlauf nicht ausgeglichen werden konnte.

In **Mittelhessen** an der **Station Marburg** fiel im Jahresmittel mit 594 l/m² und somit 96 l/m² (12 %) weniger Regen als im Mittel, das 690 l/m² beträgt. Die Verteilung niederschlagsreicher, niederschlagsarmer und ausgeglichener Monate entsprach dem an

anderen Stationen in Hessen. Das Defizit in den Monaten Mai bis August belief sich auf 141 l/m². Im September hingegen fielen mit 112 l/m² mehr als das Doppelte (102 % mehr) als im langjährigen Monatsmittel von 55 l/m².

Im **Vogelsberg** an der Messstation **Hochwaldhausen** fielen im Jahr 2022 mit 1195 l/m² 62 l/m² (5 %) weniger Regen als im Mittel (1258 l/m²). Die höchsten Niederschläge gab es auch hier in den Monaten Februar, April und September. Das Defizit in den Sommermonaten Mai bis August betrug insgesamt 202 l/m². Die Niederschläge im Februar lagen mit 228 l/m² 142 l/m² (128 %) über dem Monatsmittelwert, im September betrug die Monatssumme mit 191 l/m² 98 l/m² (105 %) mehr als das Monatsmittelwert von 93 l/m².

Da die Messstation Stockstadt in **Süd-hessen** 2022 teilweise ausgefallen war, werden die Niederschlagsdaten der Messstation **Modautal** betrachtet. Auch hier entsprach der Jahresgang weitgehend dem der übrigen hessischen Stationen mit Ausnahme des Junis. Dieser wies mit einer Monatssumme von 58 l/m² zwar 20 l/m² (26 %) zu wenig Regen gegenüber den langjährigen Monatsmittelwerten auf, die Differenz war jedoch nicht so ausgeprägt wie an den anderen Stationen. Das Defizit in den vier Monaten Mai bis August betrug hier 225 l/m². Der Niederschlag lag im September bei 142 l/m² und war somit 79 l/m², (126 %) höher als das langjährige Monatsmittel von 63 l/m². Insgesamt wurden hier im Jahr 2022 785 l/m² registriert, dies ist 119 l/m² (13 %) weniger als der Mittelwert von 904 l/m².

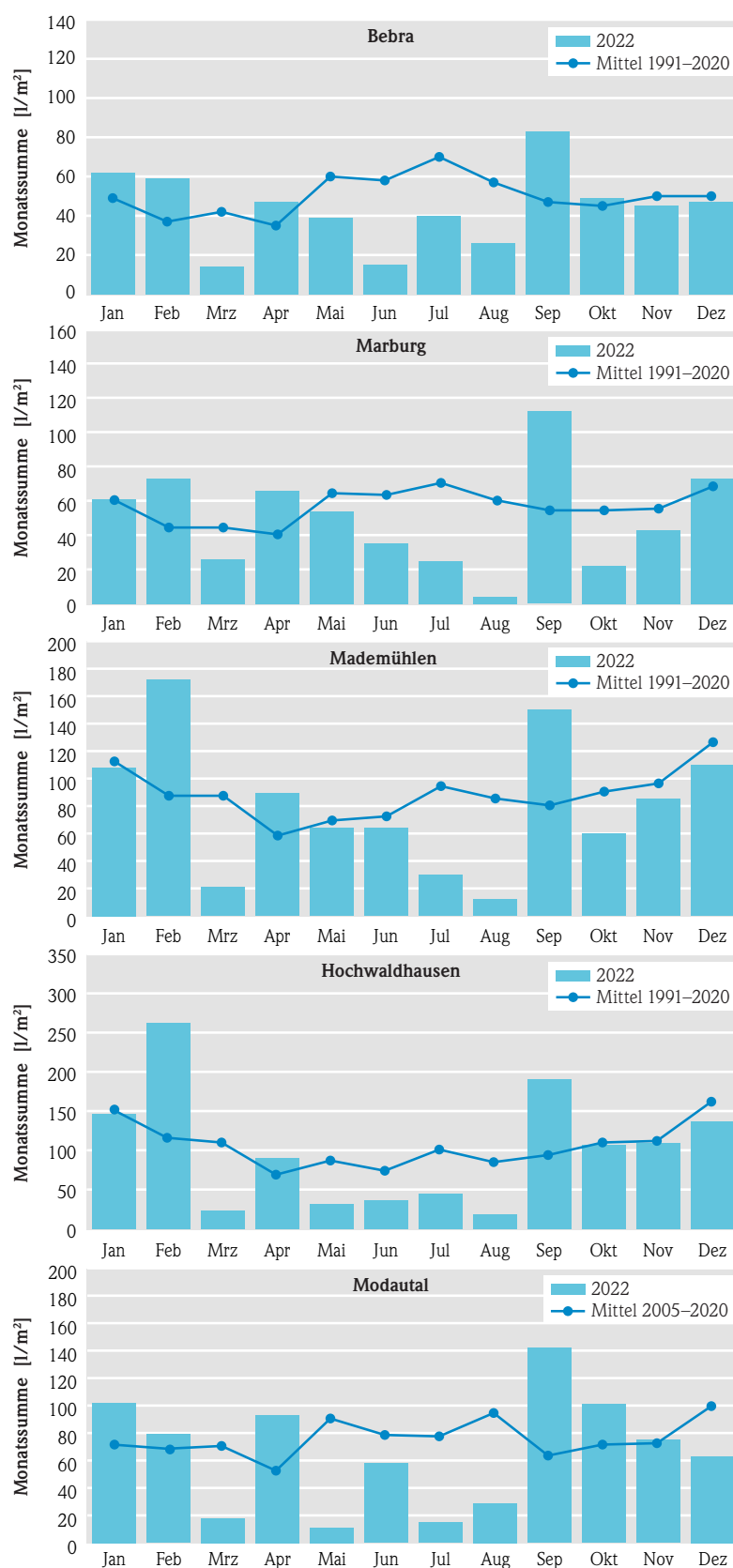


Abb. 14: Monatsniederschläge an fünf hessischen Niederschlagsmessstationen (ungeprüfte Rohdaten)

3 Oberflächengewässer

3.1 Wasserstand und Durchfluss

MONIKA SPICKER

Pegelmessnetz, Zielsetzung und Aufgabe

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

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

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

Zur Ermittlung der Wasserstands- und Durchflusswerte betreibt das Land Hessen ca. 120 Pegel (Abb. 15, 16 und 17). Diese erfassen und dokumentieren den Ist-Zustand 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.15: Pegel Ober-Erlenbach am Erlenbach, © RPU Wiesbaden

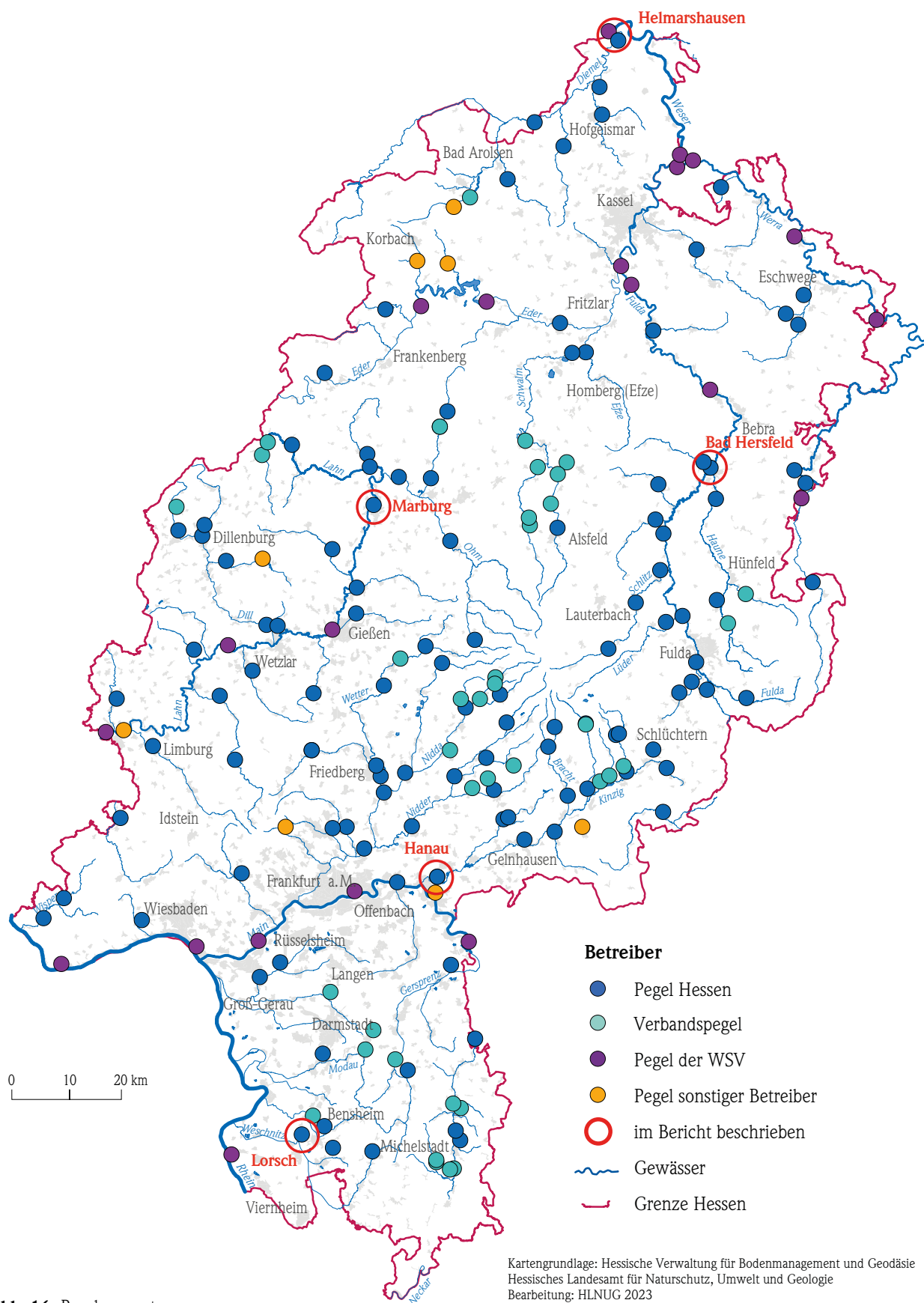


Abb. 16: Pegelmessnetz

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.

Näheres zum Betrieb der Pegel, zur Ausstattung sowie den Messverfahren zu Wasserstands- und Durchfluss(Abfluss)messungen kann den Web-Seiten unter <https://www.hlnug.de/themen/wasser/wasserstands-und-durchflusswerte-pegel> sowie den weiterführenden Regelwerken https://www.hlnug.de/fileadmin/img_content/wasser/pegel/statistische_auswertungen/Leitfaden_zur_Hydrometrie_des_Bundes_und_der_Laender.pdf und der Fachliteratur entnommen werden.



Abb. 17: Pegel Bensheim an der Lauter, © Jutta Bernhardt, RPU Darmstadt

Ergebnisse 2022

Das Durchflussverhalten der hessischen Gewässer wird zusammenfassend in den Abbildungen 18 und 19 dargestellt. Hierfür wurden die Durchflüsse 16 repräsentativer hessischer Gewässer ausgewertet und auf die ganze Fläche Hessens hochgerechnet. Stand der Auswertung ist März 2023.

Als **neue Referenzperiode** gilt ab dem Jahr 2021 der Zeitraum von **1991–2020**. Geprüfte Daten liegen jedoch noch nicht bis zum Ende dieser Reihe vor, sodass die letzten drei Jahre zwar plausibilisiert, aber nicht abschließend geprüft wurden.

Wie bereits in den Jahren davor gab es lediglich zwei Monate, die 2022 einen größeren Abfluss als im langjährigen Mittel hatten. Im Februar lagen die Abflüsse mit 68 % deutlich über dem langjährigen Mittel, im April mit 5 % nur wenig darüber. Negativer Spitzenreiter war in diesem Jahr der August mit 61 % Abweichung zum 30-jährigen Mittel. Bereits im Mai begann eine Phase sehr geringen Abflusses, Monat für Monat stieg das Defizit an. Im September und Oktober kam es zwar wegen der großen gefallenen Niederschlagsmenge zu einer Abschwächung der Abweichung auf „nur noch“ –15 %, jedoch waren die Abflüsse bis zum Ende des Jahres ausnahmslos geringer als im langjährigen Mittel.

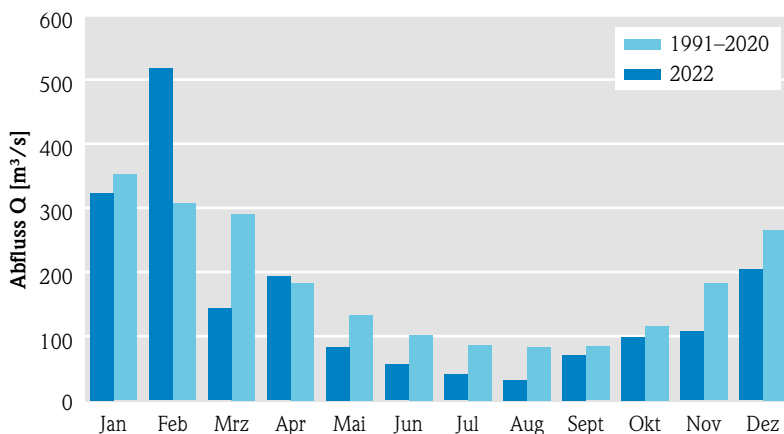


Abb. 18: Vergleich des mittleren monatlichen Abflusses (MQ) mit dem langjährigen mittleren Monatsabfluss ($MQ_{\text{Reihe 1991–2020}}$) in Hessen

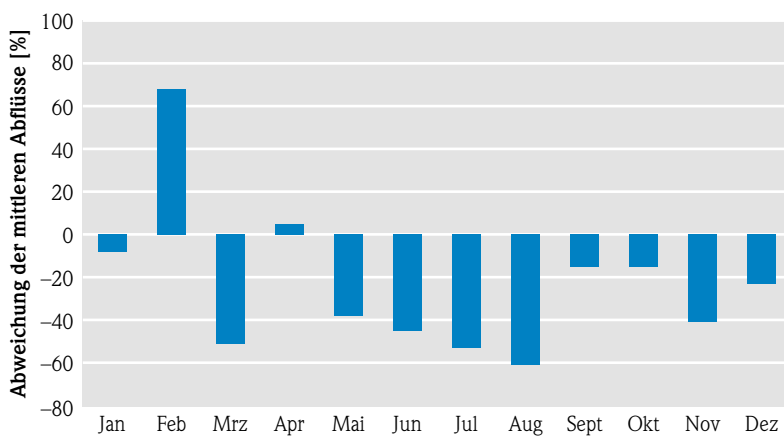


Abb. 19: Abweichung des mittleren monatlichen Abflusses (MQ) vom langjährigen Monatsmittel ($MQ_{\text{Reihe 1991–2020}}$) in Hessen

Insbesondere im abflussstarken Februar kam es vor allem im Fulda- und Kinziggebiet zu **Hochwasser** mit vielen Meldestufenüberschreitungen, meist handelte es sich dabei um die Meldestufe 1, vor allem im Fuldagebiet aber ebenfalls um die Meldestufe 2. Doch auch im Januar verzeichneten in Süd- und Osthessen einige Pegel Überschreitungen der Meldestufe 1. Weitere Monate, in denen Meldestufenüberschreitungen und damit erhöhte Wasserstände in den Gewässern ein Thema waren, waren der April und der Oktober, jedoch jeweils nur regional begrenzt. So waren im April Wohra und Orke, also Nordwesthessen, und der südliche Teil Hessens betroffen, im Oktober Mittel- und erneut Südhessen. Nach einer längeren Zeit ohne Hochwasser führte ein ergiebiges, von Westen kommendes Regentief, um die Weihnachtstage herum zu weiteren Meldestufenüberschreitungen. Betroffen waren wieder das Fuldagebiet, das Kinzig- und das Niddagebiet sowie einzelne Gewässer in Südhessen. **Insgesamt betrachtet waren in diesem Jahr Hochwasserereignisse nicht sehr stark ausgeprägt.** Tabelle 4 gibt einen Überblick über die Anzahl der Pegel, die im jeweiligen Zeitraum Meldestufenüberschreitungen aufwiesen.

Tab. 4: Anzahl der Pegel mit der jeweils höchsten Meldestufe bei den verschiedenen Ereignissen 2022

Zeitraum	MST 1	MST 2	MST 3
4. bis 5. Januar	25	8	keine
7. Februar	18	2	keine
17. bis 18. Februar	10	8	keine
21. bis 23. Februar	22	7	keine
8. / 9. April	3	keine	keine
18. Oktober	6	keine	keine
22. bis 25. Dezember	18	keine	keine

Die **Niedrigwasserphase** begann nach einem regenreichen April im Mai. In diesem Monat führten die Gewässer $\frac{2}{3}$ der sonst üblichen Wassermengen, bis August nahm die Wasserführung immer mehr ab, sodass in diesem Monat im Mittel nur noch $\frac{1}{3}$ der sonst üblichen Wassermengen die Gewässer durchfloss. Im September ging infolge der starken Regenfälle, die mehr als das Doppelte des Monatswerts betrug, die Niedrigwassersituation zurück. Jedoch lagen die Durchflüsse immer noch bei nur 85 % der für den Monat üblichen Wassermenge. Im Oktober wiesen die Fließgewässer trotz leicht überdurchschnittlicher Regenmengen noch 15 % zu niedrige Durchflüsse auf. Die geringen Niederschläge Ende des Jahres im November und Dezember führten wieder zu sinken-

den Wasserständen und Durchflüssen. Diese lagen Ende 2022 ca. ein Viertel unter den für die Jahreszeit üblichen Mengen. Da sich durch die fehlenden Niederschläge **eine Dürre in Hessen** entwickelte, sind diese Ereignisse im Kapitel 3.3 noch einmal detaillierter beschrieben.

Immer wieder kommt es an einigen Pegeln zum Aufstau des Gewässers, der durch Menschen verursacht wird und somit zur **Beeinflussung der Messwerte**. Als Beispiel ist der Pegel Martinsthal an der Walluf in Abbildung 20 zu sehen. An diesem Pegel wurden im Sommer 2022 mehrfach Dämme mit Hilfe von Steinen gebaut, was zu einem Anstieg des Wasserstands führte (in diesem Fall kam es zu einem Aufstau von 12 cm). Dies hat zur Folge, dass die Durchflüsse am Pegel falsch berechnet werden und viel zu hoch in den Webviewern des HLNUG dargestellt werden. Die Korrektur dieser Beeinflussungen kann meist nur im Nachgang direkt in der Datenbank des wasserwirtschaftlichen Informationssystems erfolgen. Meist treten diese Manipulationen bei niedrigen Wasserständen, kleinen Pegelquerschnitten und Pegeln, welche in der Nähe von Wohngebieten bzw. im öffentlichen Raum liegen, auf.

Beispielhaft für den **Abflussverlauf der hessischen Gewässer 2022** werden die Durchflüsse der Diemel (Pegel Helmarshausen) für Nordhessen, der Fulda (Pegel Bad Hersfeld 1) für Osthessen, der Lahn

**Abb. 20:** Durch Menschen verursachter Aufstau am Pegel Martinsthal an der Walluf, © RPU Wiesbaden

(Pegel Marburg) für Mittelhessen, der Kinzig (Pegel Hanau) für das Maingebiet und der Weschnitz (Pegel Lorsch) für Südhessen betrachtet (siehe Tab. 5 sowie Abb. 21 und 22).

Der abflussstarke Monat April zeigte sich auch in den einzeln betrachteten Pegeln, jedoch lagen sogar in diesem Monat, trotz der hohen Abflüsse, zwei dieser fünf Pegel nur über 90 % und erreichten somit nicht die Mengen der langjährigen Werte. Insgesamt waren am nordhessischen Pegel Helmarshausen an der Diemel die Durchflüsse am geringsten, er kam mit 121 m³/s im Jahr auf gerade einmal drei Viertel der langjährigen Abflüsse. Hanau an der Kinzig erreichte im Jahr 92 % und lag nur 10 m³/s unter dem Jahresmittel von 1991–2020. Die höchsten und die niedrigsten prozentualen Abweichungen der Monatsmittel waren beide an der Lahn zu finden. Der Pegel Marburg führt im Februar mit 46,5 m³/s fast das doppelte des 30-jährigen Mittel und im August mit nur noch 2,17 m³/s gerade ein Drittel.

In Südhessen am **Pegel Lorsch an der Weschnitz** fanden sich die meisten Monate über 100 % der einzelnen langjährigen Monatsmittel. Fünf von 12 Monate zeigten höhere Abflussmengen, diese waren neben Januar und April die Herbstmonate September bis November. Im August kam der Pegel fast an den diesjährigen Monatsnegativrekord der fünf betrachteten Pegel heran. Mit nur 34 % erreichte er nur unwesentlich mehr Abfluss als der Pegel Marburg im Lahneinzugsgebiet.

An der **Kinzig am Pegel Hanau** waren es vor allem die ersten beiden Monate, die überdurchschnittlich waren und auch der Oktober erreichte 103 % der langjährigen Werte und lag somit leicht darüber. Im April wurden mit 9,44 m³/s 98 % und im September mit 4,42 m³/s 96 % der Monatsmittelwerte von 1991–2020 erreicht, sodass man in diesem Fall von fünf durchschnittlichen Monaten sprechen kann. Nur in den Sommermonaten Juli und August wurden weniger als 50 % der Mittelwerte verzeichnet.

Tab. 5: Durchflüsse (Monatsmittelwerte) an fünf hessischen Flüssen (Auswertestand: März 2023)

Monat	Q [m ³ /s]														
	Lorsch/Weschnitz			Hanau/Kinzig			Marburg/Lahn			Bad Hersfeld 1/ Fulda			Helmarshausen/ Diemel		
	Monats- mittel 2022	Monats- mittel 1991– 2020	[%]	Monats- mittel 2022	Monats- mittel 1991– 2020	[%]	Monats- mittel 2022	Monats- mittel 1991– 2020	[%]	Monats- mittel 2022	Monats- mittel 1991– 2020	[%]	Monats- mittel 2022	Monats- mittel 1991– 2020	[%]
Jan	4,46	4,06	110	23,50	18,50	127	23,70	31,10	76	31,00	36,20	86	14,90	21,50	69
Feb	3,64	4,19	87	24,30	17,10	142	46,50	24,40	191	54,80	31,20	176	31,40	21,90	143
Mrz	1,99	4,17	48	8,92	15,30	58	10,30	22,30	46	15,50	29,20	53	12,30	21,50	57
Apr	3,48	3,20	109	9,44	9,67	98	15,80	13,20	120	17,70	19,10	93	15,30	15,20	101
Mai	1,41	2,80	50	4,77	7,01	68	5,73	9,43	61	8,42	14,20	59	7,90	11,20	71
Jun	1,61	2,43	66	2,95	5,51	54	4,20	6,95	60	4,77	10,50	45	6,29	9,34	67
Jul	0,891	2,02	44	2,17	4,67	46	2,87	6,38	45	3,59	8,65	42	5,87	8,02	73
Aug	0,635	1,89	34	1,79	4,35	41	2,17	6,53	33	2,88	7,45	39	5,12	7,84	65
Sep	2,81	1,84	153	4,42	4,59	96	5,11	6,47	79	6,57	7,64	86	4,62	7,72	60
Okt	2,99	2,10	142	6,49	6,29	103	7,07	9,62	73	10,20	11,00	93	4,89	9,58	51
Nov	2,8	2,74	102	6,61	9,95	66	9,40	15,20	62	11,30	17,60	64	4,94	12,90	38
Dez	2,45	3,50	70	11,90	14,00	85	19,30	23,80	81	21,40	25,60	84	7,49	15,00	50
Jahr	29	35	83	107	117	92	152	175	87	188	218	86	121	162	75

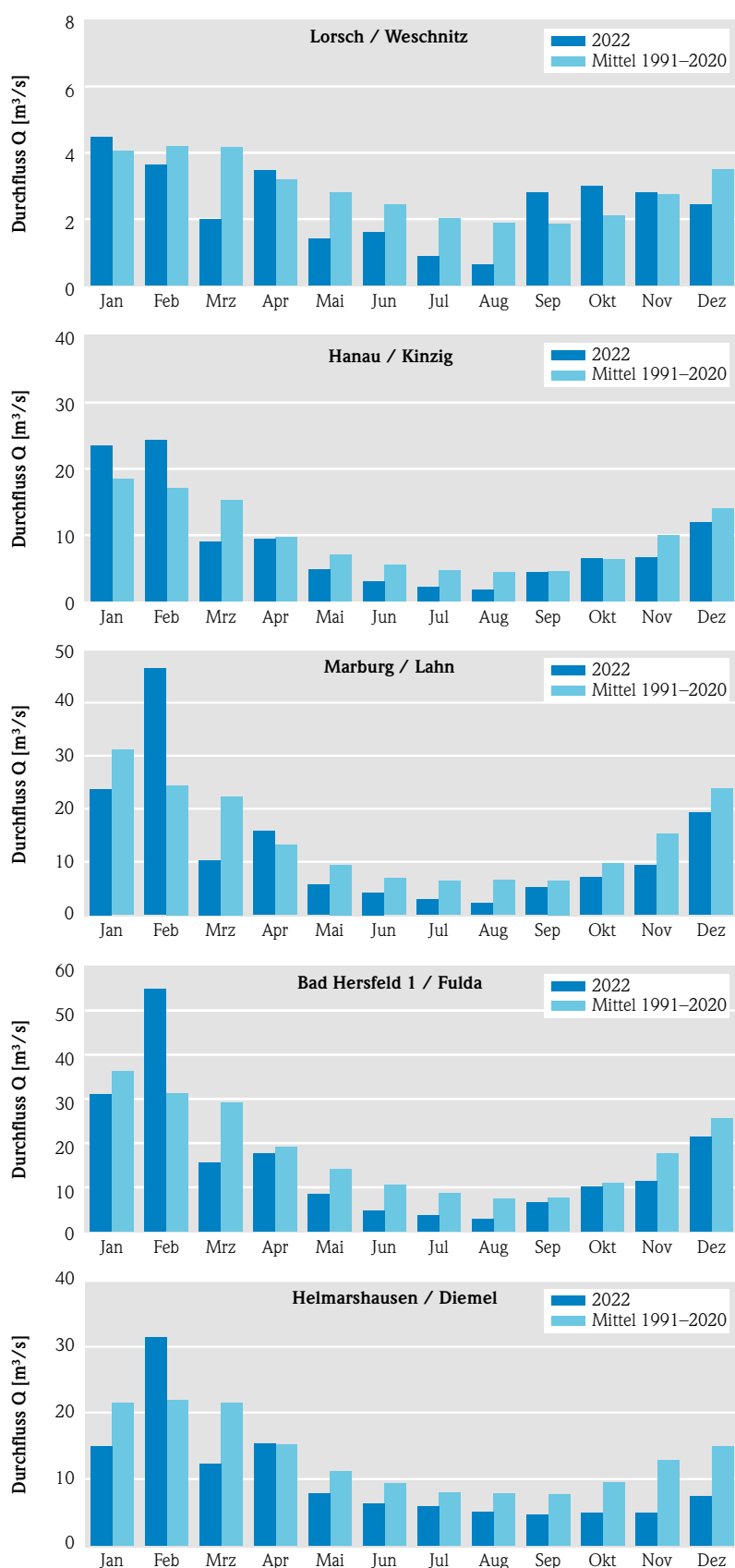


Abb. 21: Monatliche Durchflüsse an fünf hessischen Pegeln

Die Daten am **Pegel Marburg an der Lahn** stellten das dritte Jahr in Folge Rekorde auf: 2020 war die größte positive Abweichung der fünf betrachtenden Pegel aufgetreten, 2021 die größte negative und im Jahr 2022 waren beide Extremwerte der prozentualen Abweichung zu den langjährigen Monatsmitteln an diesem Pegel zu finden. Bis auf die Monate Februar und April blieben die Abflussmengen unter denen der 30-jährigen Reihe.

Für Osthessen wird der **Pegel Bad Hersfeld 1 an der Fulda** genauer betrachtet; auffällig war hier, dass nur ein einziger Monat, nämlich der Februar, über den langjährigen Mitteln lag. Dies ist daher bemerkenswert, weil es gerade im Fuldaeinzugsgebiet zu häufigen Hochwasserwellen kommt. Das Jahr 2022 ist daher für die Fulda, abgesehen vom Februar, ungewöhnlich ruhig verlaufen.

Nordhessen hat dieses Jahr, wie bereits öfter in den vergangenen Jahren, den wenigsten Abfluss am betrachteten **Pegel Helmarshausen an der Diemel** verzeichnet. Die Monate Februar und April lagen zwar über dem langjährigen Mittelwert, die restlichen Monate zeigten jedoch geringere Abflüsse, wenn auch, abgesehen vom November, immer über 50 % des langjährigen Mittelwertes. Von Juli bis November wurde die prozentuale Abweichung immer größer. Im Dezember stiegen die Abflüsse deutlich an und auch die prozentuale Abweichung wurde kleiner, dennoch wurde nur die Hälfte der langjährigen Werte erreicht.

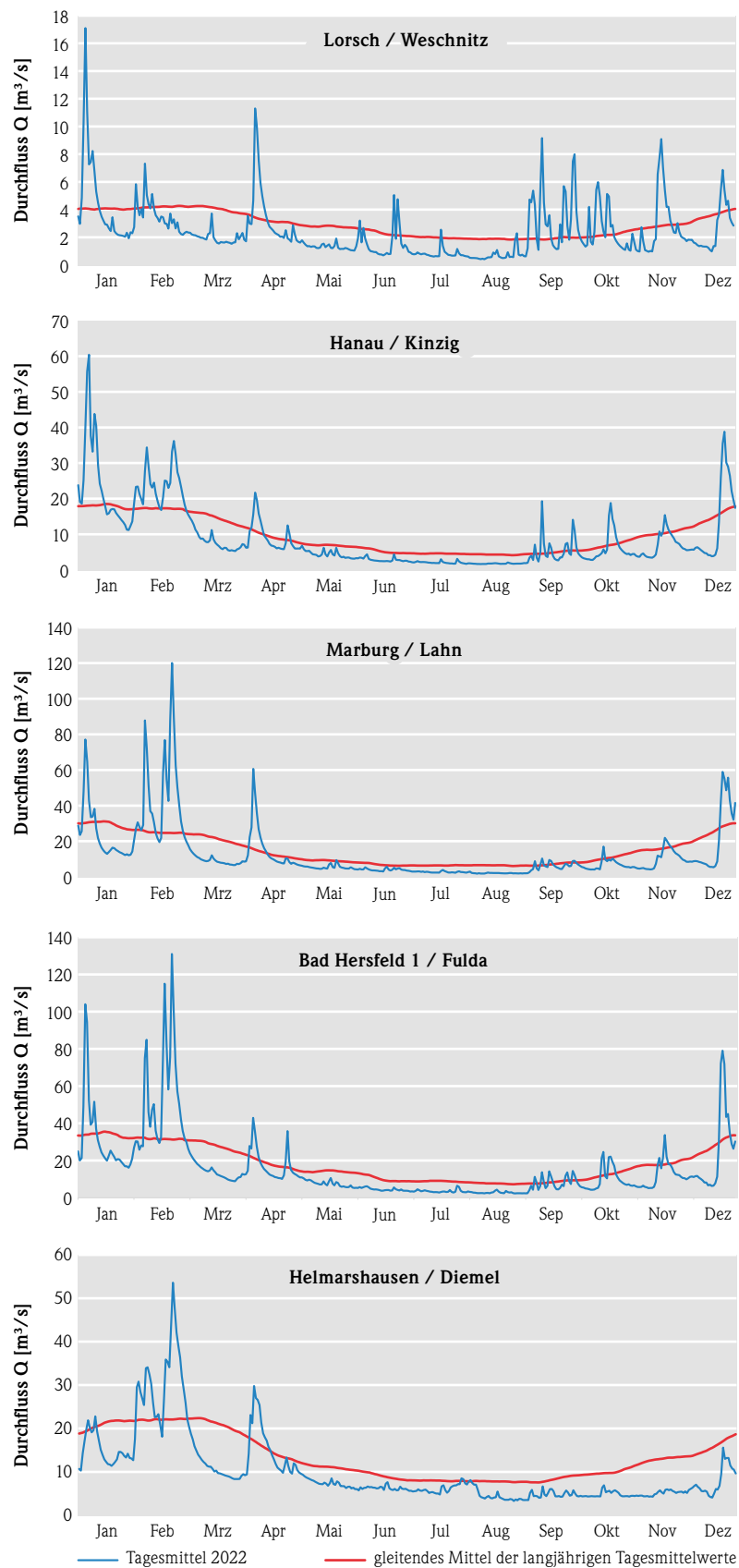


Abb. 22: Durchflüsse an fünf hessischen Pegeln

3.2 Talsperren und Hochwasserrückhaltebecken

MONIKA SPICKER

Übersicht

In Hessen gibt es ca. 20 Talsperren sowie ca. 50 Hochwasserrückhaltebecken (siehe Abb. 23 und 27). 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 24 zu entnehmen.



Abb. 23: Haunetalsperre, Überlauf bei Hochwasser, © Sven Ruscher, RP Kassel, Standort Bad Hersfeld

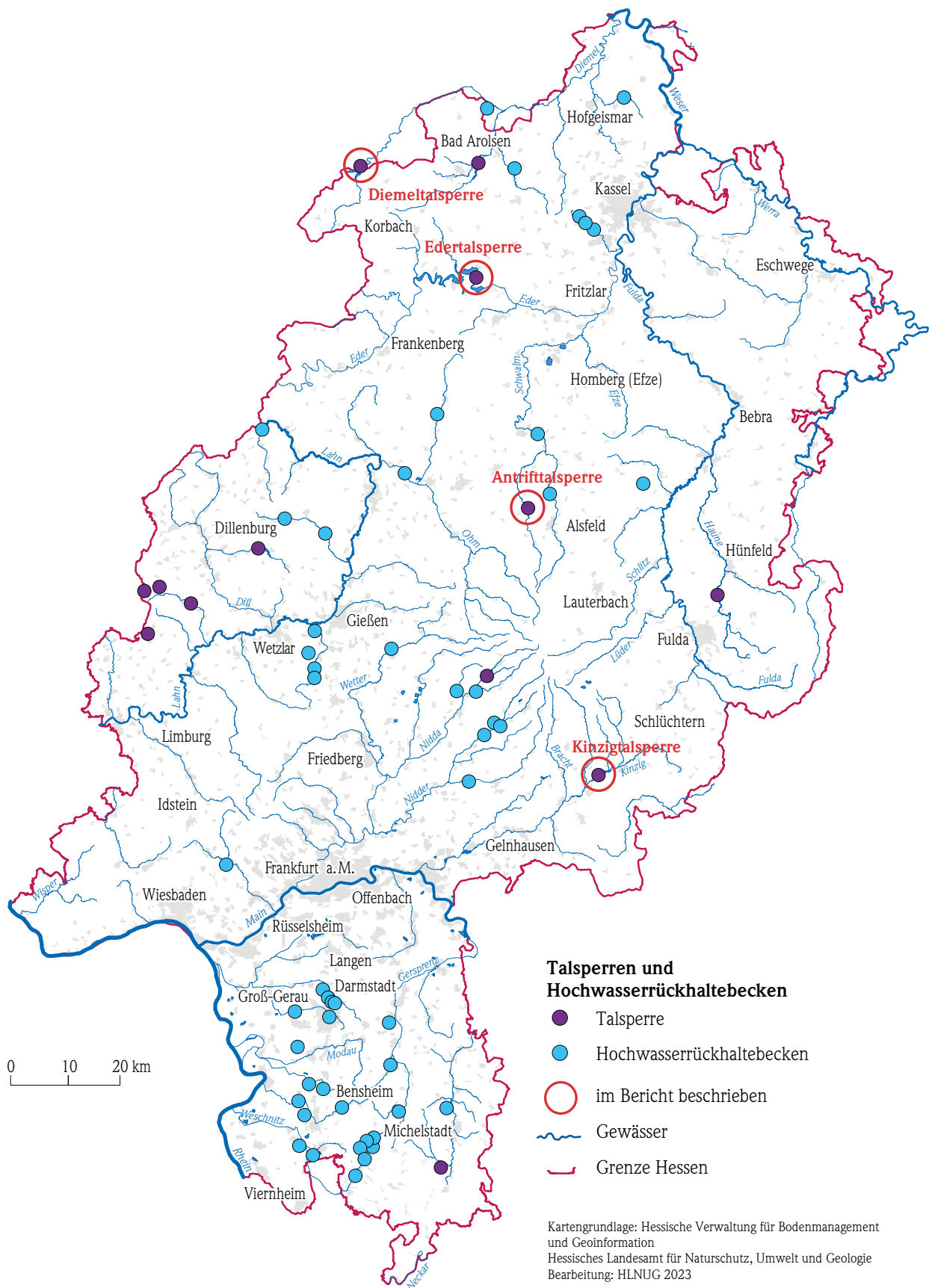


Abb. 24: Lage der Talsperren und Hochwasserrückhaltebecken

Ergebnisse 2022

Im Folgenden wird exemplarisch die Situation in den Talsperren anhand der beiden großen Talsperren in Hessen, der Edertalsperre und der Diemeltalsperre, sowie zweier kleinerer Talsperren beschrieben.

Beckenfüllungen der Talsperren werden einerseits durch die Witterungsverhältnisse, insbesondere Niederschläge, bestimmt, andererseits – und dies hat größere Auswirkungen – durch die Talsperrensteuerung.

Die Füllmengen der Edertalsperre und Diemeltalsperre sind den Abbildungen 25, 26 und 29 zu entnehmen.

men. Ergänzend werden in den beiden Abbildungen des mittleren Tagesvolumens die Einzugsgebiete und die Stauraumgröße genannt.

In den Abbildungen 30 und 31 sind die Füllmengen von Antrift- 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. Naherholung und Niedrigwasseraufhöhung der Gewässer Antreff bzw. Aar, festgelegt.

Edertalsperre (Edersee)

Die größte Talsperre in Hessen ist die Edertalsperre mit einem Stauraum von 199,3 Mio. m³, 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.

Die ersten fünf Monate war die Edertalsperre im Durchschnitt voller als im langjährigen Mittel, lief jedoch, mit etwas Verzögerung, aufgrund der Stützung der Wasserstände der Oberweser, recht schnell aus. Im September wurde mit 26,8 Mio. m³ das Minimum der Talsperrenfüllung erreicht, danach sich anschließend die Edertalsperre langsam wieder. Erst ganz am Ende des

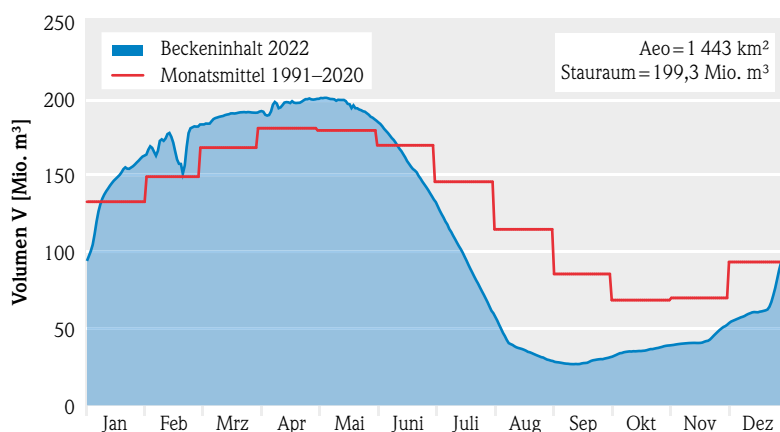


Abb. 25: Beckeninhalt der Edertalsperre, Daten: Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung (WSV)

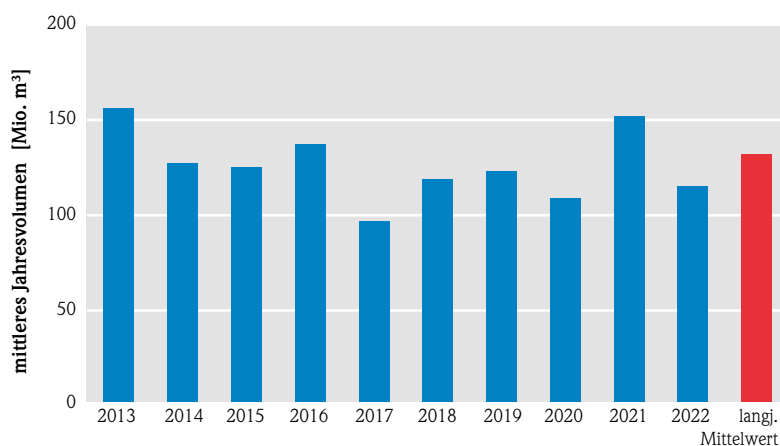


Abb. 26: Mittleres Jahresvolumen der Edertalsperre der letzten 10 Jahre und das langjährige Mittel, Daten: Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung (WSV)



Abb. 27: Schlammabeseitigung in der Ibratalsperre, © Sven Ruscher, RP Kassel, Standort Bad Hersfeld

Jahres war der Edersee wieder geringfügig voller als im langjährigen Mittel. Das mittlere Jahresvolumen betrug im Jahr 2022 mit 113 Mio. m³ 87 % des langjährigen Mittelwertes (Abb. 29).

Von Januar bis Mai füllte sich die Talsperre stets, im Februar kam es zu kurzzeitigen Abnahmen des Talsperreninhalts; trotzdem war in diesem Monat das Verhältnis von Monatsdurchschnitt zu langjährigem Mittel mit 114 % am größten.

Randvoll war der Edersee Anfang Mai, die Leerung begann Mitte Mai und vollzog sich in relativ kurzer

Zeit. War noch am 16.05.2022 mit 198 Mio. m³ die Edertalsperre vollständig gefüllt, so verzeichnete sie nur drei Monate später am 16.08.2022 nur noch 36,6 Mio. m³. Im Monatsmittel waren im August mit 38,8 Mio. m³ nur etwa ein Drittel der langjährigen monatlichen Menge im Ederstausee vorhanden und auch der September wies diese prozentuale Füllung auf. Der September war daher sowohl absolut, als auch prozentual gesehen der Monat mit den geringsten Wassermengen. Mit den einsetzenden Niederschlägen konnte dann die Talsperre wieder aufgefüllt werden (Abb. 26).

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.

Auch in der Diemeltalsperre lagen die ersten Monatsmittel des Jahres über dem langjährigen Durchschnitt. Hier waren es die Monate Januar bis Juni. Doch auch im Anschluss daran wirkte sich die Niedrigwassersituation aus und der Inhalt der Talsperre sank bis weit in den Dezember hinein, bis zum Minimum am 19.12. mit 3,8 Mio. m³ (Abb. 29).

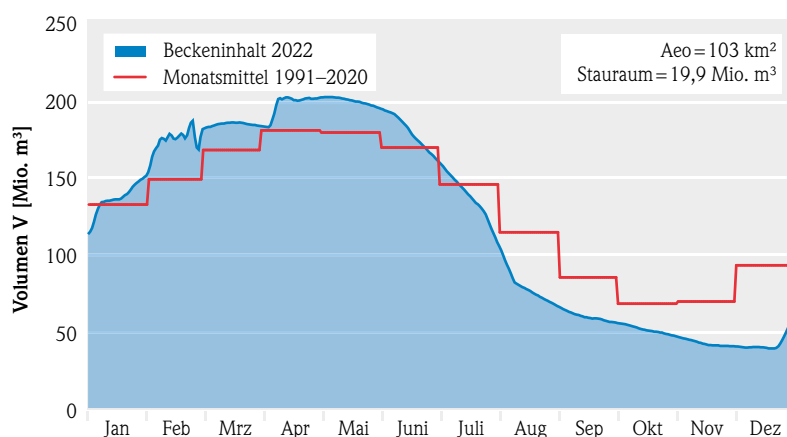


Abb. 29: Beckeninhalte der Diemeltalsperre, Daten: Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung (WSV)

Die überdurchschnittlichen Niederschläge im Februar zeigen sich in der Tagesganglinie deutlich als kleinere und mittlere Zacken. In diesem Monat war auch die positive Abweichung zum langjährigen Mittel mit 116 % am größten. Im April konnten die Regenmengen dafür genutzt werden die Diemeltalsperre zu füllen, so war sie Anfang Mai mit 19,9 Mio. m³ so voll wie sonst im gesamten Jahr nicht mehr. Das Monatsmittel mit 19,7 Mio. m³ war das größ-

te im Jahr. Ende Dezember stieg das Volumen zwar wieder an, das langjährige Mittel wurde jedoch nicht erreicht; im Gegenteil, die Abweichung war mit nur 44 % Füllung im Dezember so groß wie in keinem anderen Monat.

Aufs Jahr betrachtet betrug der Inhalt der Diemeltalsperre 83 % und lag damit 1,5 Mio. m³ unter dem langjährigen Mittel.

Weitere Talsperren in Hessen

Beispielhaft werden die Antrift- und die Aartalsperre (Abb. 28) als weitere Talsperren in Hessen dargestellt. Beide dienen, wie die anderen hessischen Talsperren, vorrangig dem Hochwasserschutz und der Niedrigwasseraufhöhung während der abflussarmen Zeiten sowie der Stromerzeugung. Weiterhin werden beide Talsperren für verschiedene Freizeitaktivitäten genutzt.

Die Hochwasserwellen, die es zu Beginn des Jahres in Hessen gab, sind in der Volumendarstellung der Antrifttalsperre gut sichtbar. Die Wasser-

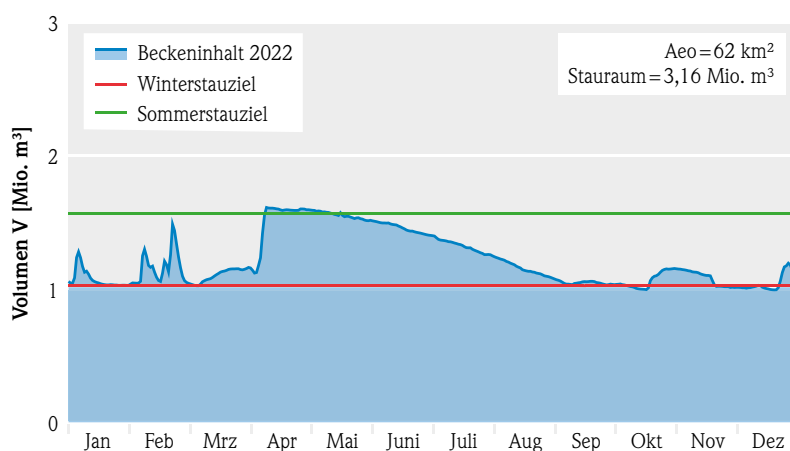


Abb. 30: Beckeninhalte der Antrifttalsperre



Abb. 28: Aartalsperre, © Ines Walter, RP Gießen

mengen des Hochwassers im April wurden, wie in der Diemeltalsperre, dafür genutzt, die Talsperre zu füllen. Hier kam es innerhalb von 6 Tagen zu einer Änderung des Talsperreninhalts von 0,491 Mio. m³, was ein Plus von ca. 44 % darstellte. Kurz darauf erfolgte eine kontinuierliche Absenkung bis Anfang September (Abb. 30).

In der Aartalsperre sind die Volumenänderungen deutlich abgeschwächer. Bis Mitte März lag der Talsperreninhalt relativ konstant auf Höhe des Winterstauziels, stieg dann aber schnell an und erreichte das Maximum von 1,89 Mio. m³ am 09.04. Die nächsten beiden Monate blieb die Talsperre auf dem Niveau des Sommerstauziels und nahm anschließend drei Monate kontinuierlich ab. Von

Anfang September bis Ende Oktober verharrte der Füllstand, um dann von November an wieder auf das Winterstauziel abgesenkt zu werden (Abb. 30).

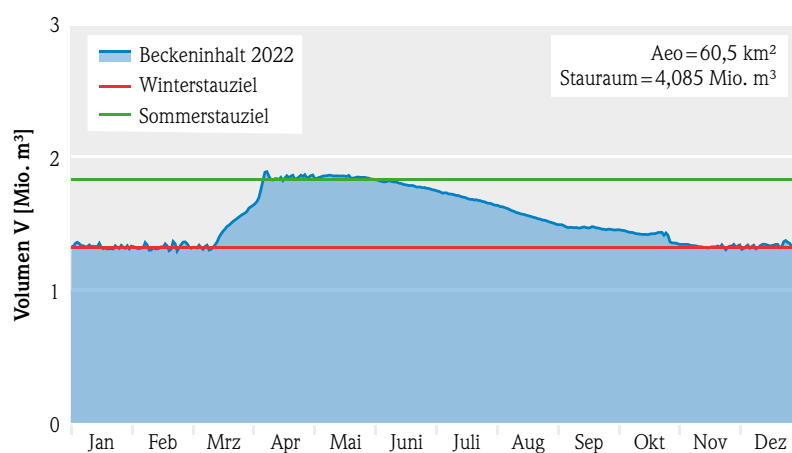


Abb. 31: Beckeninhalt der Aartalsperre

3.3 Niedrigwasser und Dürre 2022

CORNELIA LÖNS-HANNA

Allgemeines



Abb. 32: Trockenfall am Pegel Rod an der Weil, © RP Gießen (01.08.2022)

Ab Mai bis weit in den Dezember waren die hessischen Gewässer von Niedrigwasser und Dürre betroffen. So wurden ab Mai vier Monate lang unterdurchschnittliche Regenmengen (siehe Kap. 2) registriert, was als meteorologische Dürre zu betrachten ist. Das Niederschlagsdefizit führte zusammen mit den hohen Temperaturen in hessischen Gewässern zu lang

andauernden Niedrigwasserphasen, teilweise fielen Gewässer trocken (Abb. 32). Jedoch waren nicht nur die Niederschläge des Jahres 2022 ausschlaggebend, auch die trockenen Vorjahre, insbesondere 2018, wirkten sich aus.

Im Folgenden werden einige Begriffe erläutert:

Dürre

Von einer **meteorologischen Dürre** spricht man, wenn es **ein bis zwei Monate** trockener als üblich ist.

Bei einer **landwirtschaftlichen Dürre** sind **zwei oder mehr Monate** zu trocken. Die Folge sind Ernte-einbußen infolge unzureichender Wasserversorgung der Pflanzen.

Ab vier Monaten Trockenheit spricht man von einer **hydrologischen Dürre**. Betroffen sind Pegel und Grundwasser. Die Wasserstände fallen unter einen Normalwert. Wasserreserven im Grundwasser, in Seen und Talsperren fallen unter statistische Kennwerte.

Darüber hinaus existieren je nach Anwendungsbereich noch andere Definitionen, z. B. sozioökonomische Dürre oder forstwirtschaftliche Dürre.

Als **Niedrigwasser** im Binnenbereich bezeichnet man nach DIN 4049-3 [1] den Zustand in einem oberirdischen Gewässer, bei dem der Wasserstand oder der Durchfluss einen bestimmten Schwellenwert erreicht oder unterschritten hat. Dieses Niedrigwasser ist grundsätzlich wetter- oder jahreszeitlich bedingt. Die regulären jahreszeitlichen Schwankungen werden mit dem mittleren Niedrigwasserdurchfluss (MNO) bemessen, darunter herrscht ausgeprägtes Niedrigwasser.

Für die Beschreibung von Niedrigwasser werden verschiedene Kennwerte [nach 1 und 2] verwendet:

Durchfluss (auch Abfluss) Q

NQ bezeichnet den niedrigsten Durchfluss eines bestimmten Zeitraums.

MNO bezeichnet den mittleren Niedrigwasserdurchfluss. Er wird als arithmetischer Mittelwert der kleinsten Werte in gleichartigen Zeitspannen (z. B. In gleichen Monaten, gleichen Halbjahren) gebildet. **MNO_{Monat}** wird analog dem MNO für jeden Monat gerechnet.

NNQ niedrigster je gemessener Durchflusswert.

NM7Q niedrigstes Niedrigwasser an 7 aufeinanderfolgenden Tagen.

Wasserstand W

MW mittlerer Wasserstand im betrachteten Zeitraum.

MNW mittlerer Niedrigwasserstand, Mittel der jeweils geringsten Durchflusswerte der Einzeljahre.

NNW niedrigster je gemessener Wasserstand.

In diesem Kapitel wird von Niedrigwasser gesprochen, wenn der Durchflusswert im Gewässer unter MNO liegt. Ein Niedrigwassertag ist in diesem Kapitel ein Tag, an dem der Tagesmitteldurchfluss kleiner als MNO ist. Für die Auswertung hessischer Pegel werden Tagesmittelwerte des Vergleichszeitraum 1981–2010 herangezogen.

Für die Betrachtung der Pegeldaten der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung werden den Seiten der Bundesanstalt für Gewässerkunde [3], und der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung [4] genutzt.

Niedrigwasser in Hessen 2022

Die hessischen Gewässer wiesen im Sommer 2022 niedrige bis sehr niedrige Wasserstände und Durchflussmengen auf (Abb. 33). Ursache waren die geringen Niederschlagsmengen vor allem im August in Verbindung mit hohen Lufttemperaturen. Aber auch die Wasserarmut der Vorjahre, insbesondere der Jahre 2018 und 2020 wirkte noch nach. Der Verlauf der Wasserstände und Durchflüsse (Abflüsse) ist in Kapitel 3.1 beschrieben.

Um das Ausmaß von Niedrigwasser und Dürre in oberirdischen Gewässern beurteilen zu können, muss sowohl die Dauer als auch die Intensität des Niedrigwassers betrachtet werden.

Tabelle 6 kann die Entwicklung der Niedrigwassersituation im Laufe der Monate entnommen werden. Während im Mai noch 80 von 100 Pegeln keinen Niedrigwassertag aufwiesen, verschärfte sich die Lage über die Sommermonate. Im August gab es nur noch sieben Pegel, an denen es keinen Niedrigwassertag gab, im September waren nur noch drei Pegel

ohne Niedrigwasser, da die Niederschläge erst Ende der ersten Septemberwoche einsetzten. Fünf Pegel fielen zeitweise trocken. Zum Ende des Jahres nahm die Anzahl der Niedrigwassertage ab, so wurde im November an ca. zwei Dritteln der Pegel kein Niedrigwassertag mehr registriert, im Dezember wiesen ca. drei Viertel der Pegel keinen Niedrigwassertag mehr auf.

Tabelle 7 und Abbildung 33 zeigen die Anzahl der Tage bzw. Monate im Zeitraum Mai bis Dezember 2022, an denen an den jeweiligen Pegeln Niedrigwasser herrschte. Insgesamt gab es an mehr als der Hälfte der Pegel Niedrigwasser, das mehr als zwei Monate lang andauerte.

Abbildung 34 zeigt den Vergleich der Niedrigwassersituation 2022 mit der des Jahres 2018. So traten 2018 an insgesamt mehr als 10 400 Tagen (bei 100 Pegeln) Niedrigwasser auf. Im Jahr 2022 gab es an den entsprechenden Pegeln über 8 100 Niedrigwassertage.

Tab. 6: Anzahl der Niedrigwassertage an Pegeln in Hessen 2022 (Referenzzeitraum: 1981 bis 2010)

Monat	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
kein Niedrigwassertag	99	81	39	14	4	4	45	61	72
< 7 Tage Niedrigwasser	1	7	19	7	2	18	17	11	15
7 bis 14 Tage Niedrigwasser	0	8	14	9	6	39	15	8	9
> 14 Tage Niedrigwasser	0	4	28	70	88	39	22	19	3
davon trocken gefallen	0	2	1	2	5	1	0	0	0
kein Wert	0	0	0	0	0	0	1	1	1

Tab. 7: Niedrigwasserdauer an Pegeln in Hessen 2022 (Referenzzeitraum: 1981 bis 2010)

Niedrigwassertage bzw. -monate	Anzahl der Pegel
Kein Niedrigwassertag	0
1 bis 14	3
15 Tage bis 1 Monat	8
1 bis 2 Monate	17
2 bis 4 Monate	56
mehr als 4 Monate	16

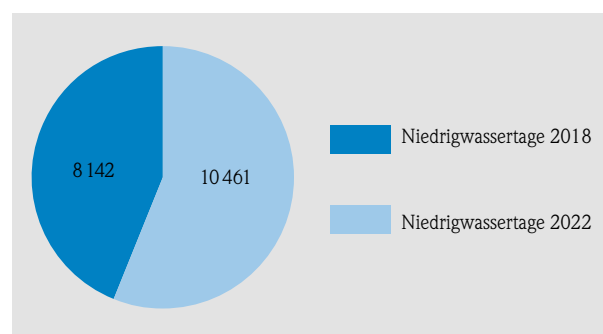


Abb. 34: Anzahl der Niedrigwassertage an hessischen Pegeln 2018 und 2022

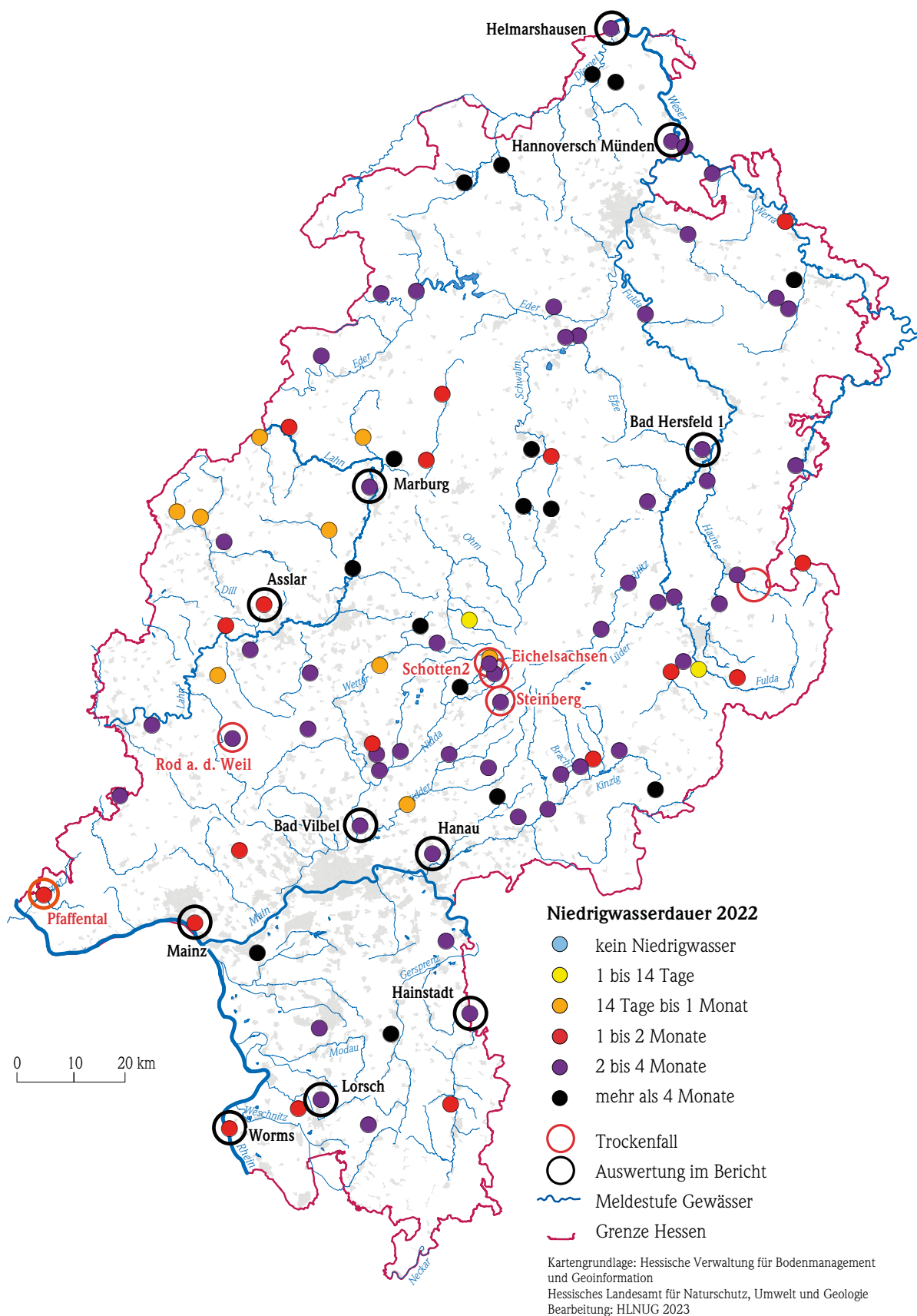


Abb. 33: Anzahl der Niedrigwassertage an hessischen Pegeln Mai bis Dezember 2022

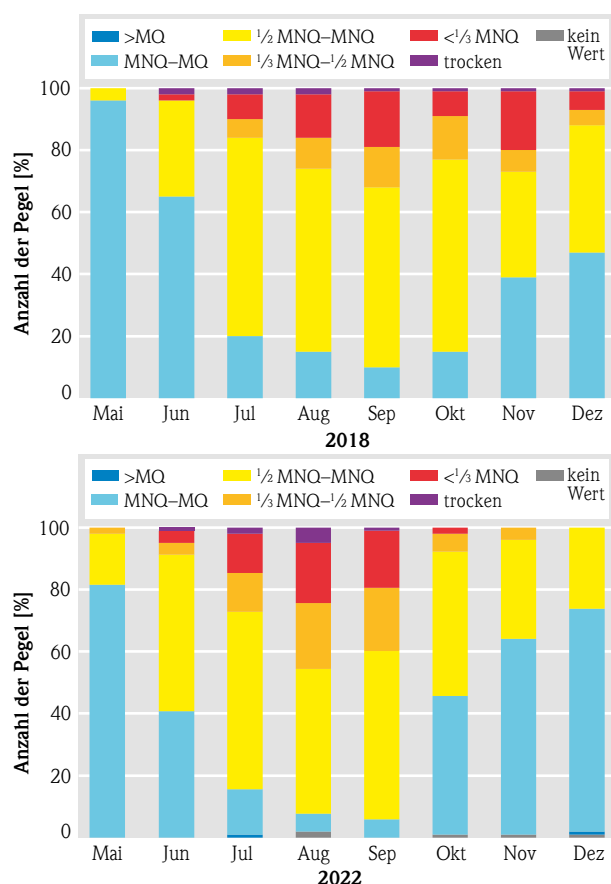


Abb. 35: niedrigster Tagesmitteldurchfluss Q [m^3/s] im Monat in den Jahren 2018 und 2022, ausgewertet wurde der Tag mit dem jeweils niedrigsten Durchfluss

In Abbildung 35 wird die Intensität des Niedrigwassers im Vergleich zum MNQ als Anteil dargestellt. Verglichen wird die Situation im Jahr 2022 mit der des Jahres 2018. Erkennbar ist, dass die Niedrigwasserphase im Jahr 2022 früher begann als 2018. Während im Mai 2018 noch der Großteil der Gewässer keinen Niedrigwassertag aufwies, trat im Jahr 2022 im Mai bereits an 20 Pegeln mindestens ein Tag mit Niedrigwasser auf. Im Oktober 2022 hingegen gab es verglichen mit 2018 weniger Niedrigwasser. Im Jahr 2018 dauerte die intensive Niedrigwasserphase bis Dezember, während sich 2022 ab Oktober die Niedrigwassersituation entspannte. Sowohl die Intensität des Niedrigwassers als auch die Anzahl der betroffenen Pegel war 2022 geringer als 2018.

Betrachtung einzelner Flüsse und Bäche

Innerhessische Gewässer

In Tabelle 8 sind die Niedrigwassertage für einzelne Pegel, die verschiedene Regionen in Hessen repräsentieren (Abb. 33), von Januar bis Dezember 2022 ausgewertet. Die wenigsten Niedrigwassertage wurden an der Weschnitz am Pegel Lorsch im hessischen Ried mit 77 Tagen registriert. Die Gewässer an den übrigen Pegeln führten, abgesehen vom im Westen gelegenen Pegel Aßlar, an der Dill ca. zwei oder mehr Monate unterdurchschnittliche Wassermengen unter MNQ. Noch häufiger wurden im Betrachtungszeitraum die jeweiligen monatlichen Niedrigwasserwerte ($\text{MNW}_{\text{Monat}}$) unterschritten. Weniger häufig lagen die Wasserstände unter den mittleren Niedrigwasserständen. Dies könnte unter anderem daran liegen, dass die Wasserstände nicht nur durch die Wasser-

mengen, sondern durch äußerer Bedingungen wie das Gewässerprofil oder Krautwuchs in den Gewässern beeinflusst werden.

Exemplarisch für die verschiedenen Gewässer in Hessen werden in den Abbildungen 36 und 37 die Durchflussmengenentwicklungen in der Fulda, einem größeren Gewässer im Norden Hessens, am Pegel Bad Hersfeld 1 und in der Mümling, einem kleineren südlichen Gewässer, das dem Main zufließt, dargestellt. Trotz der unterschiedlichen Größe und Lage in jeweils einem anderen Einzugsgebiet ist der Verlauf ähnlich. Nach hohen Durchflüssen am Anfang des Jahres und nochmals höheren Wassermengen im April herrschte in beiden Gewässern wie

auch in den meisten anderen Bächen und Flüssen in Hessen von Mai bis Mitte September weitgehend Niedrigwasser mit Wassermengen unter MNQ. Ab

September nahmen die Wassermengen wieder zu und lagen mit Schwankungen bis Endes des Jahres zwischen MNQ und MQ.

Tab. 8: Auswertung einiger hessischer Pegel (01.01. bis 31.12.2022), (statistische Vergleichswerte aus der Reihe 1981–2010)

Pegel	Aßlar	Bad Hersfeld 1	Bad Vilbel	Hainstadt	Hanau	Helmarshausen	Lorsch	Marburg
Gewässer	Dill	Fulda	Nidda	Mümling	Kinzig	Diemel	Weschnitz	Lahn
MNQ [m^3/s]	1,1	4,65	2,97	1,31	2,64	5,58	1,11	3,53
Unterschreitungs-tage MNQ	51	93	90	103	80	72	77	73
Unterschreitungs-tage $\text{MNQ}_{\text{Monat}}$	142	171	152	199	149	199	177	159
NQ [m^3/s]	0,608 (05.09.1991)	2,65 (16.08.2003)	2,04 (07.09.1991)	0,908 (19.09.1991)	1,64 (04.09.1991)	2,62 (17.7.1993)	0,547 (01.09.2009)	2,16 (02.09.1991)
Unterschreitungs-tage NQ	16	19	54	31	0	0	13	25

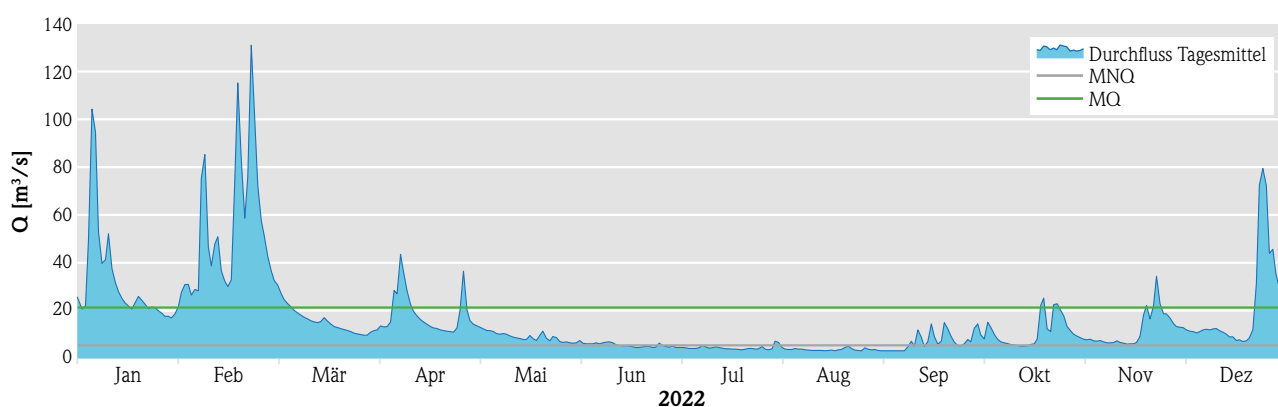


Abb. 36: Ganglinien der Durchflüsse am Pegel Bad Hersfeld 1/Fulda Januar bis Dezember 2022

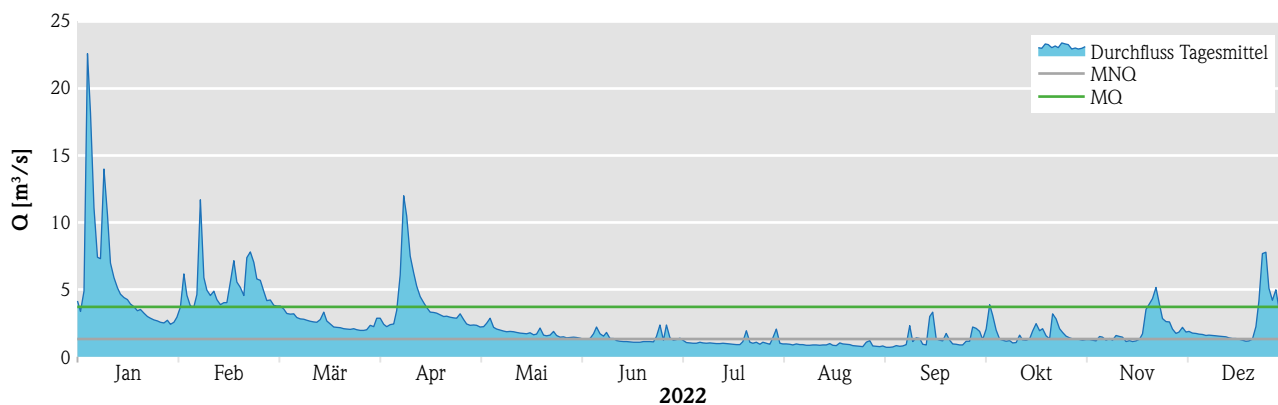


Abb. 37: Ganglinien der Durchflüsse am Pegel Hainstadt/Mümling Januar bis Dezember 2022

Bundeswasserstraßen

Die Wasserführung der Bundeswasserstraßen Rhein und Weser (Tab. 9) wird überwiegend durch außerhessische Zuflüsse bestimmt. Das Abflussregime des Rheins wird durch diverse Zuflüsse insbesondere aus dem Alpenvorland und dem Schwarzwald sowie Neckar und Main bestimmte. Infolgedessen tritt Niedrigwasser im Rhein in der Regel erst in der zweiten Jahreshälfte auf. Die Abflüsse der Weser werden nicht nur durch die aktuellen Niederschläge, sondern auch durch abgelassenes Wasser aus der Edertalsperre beeinflusst, die zur Stützung der Wasserstände in Trockenzeiten angelegt wurde.

In Tabelle 9 werden die Niedrigwasserauswertungen am hessischen Rheinabschnitt und an der Oberweser dargestellt. Im Rhein wurde an den hessischen Rheinpegeln eine Niedrigwasserphase von etwas mehr als einem Monat gemessen, in Hannoversch-Münden an der Weser lag die Niedrigwasserphase zwischen einem und zwei Monaten.

Abbildung 38 zeigt den Abflussverlauf am hessischen Rheinabschnitt am Pegel Mainz. MNQ wurde im August und Anfang September unterschritten.

Tab. 9: Auswertung Pegel an Rhein und Weser (01.01. bis 31.12.2022), Daten: Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung (WSV), Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG)

Pegel	Worms		Mainz		Hannoversch-Münden	
	Gewässer-kundliche Hauptzahl	Unterschreitung 2022 [Tage]	Gewässer-kundliche Hauptzahl	Unterschreitung 2022 [Tage]	Gewässer-kundliche Hauptzahl	Unterschreitung 2022 [Tage]
NM7Q [m³/s]	424	0	467	0	10,6	0
MNQ [m³/s]	660	39	766	43	33,6	48
NNW [cm]	2	0	110	0	keine Auswertung	keine Auswertung
MNW [cm]	46	39	159	35	96	56

Auswertestand: 20. April 2023

Quelle: Bundesanstalt für Gewässerkunde (Undine) [3] und WSV (Pegelonline) [4]

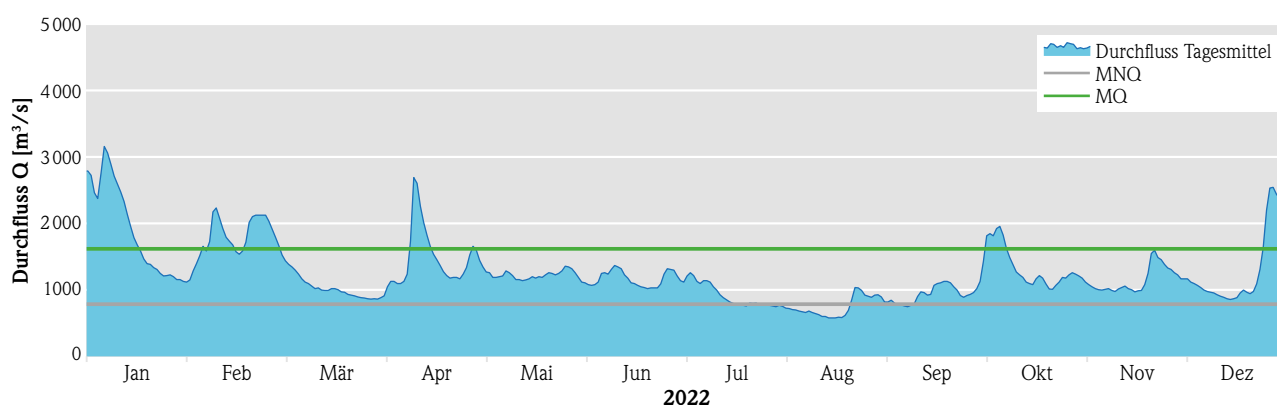


Abb. 38: Durchflussmengen am Pegel Mainz/ Rhein, Daten: Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung (WSV), Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG)

Literatur

- [1] Deutsches Institut für Normung e.V. (1994-10): DIN 4049 Teil 3: Begriffe zur quantitativen Hydrologie
- [2] Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser – LAWA (2018): Leitfaden zur Hydrometrie des Bundes und der Länder – Pegelhandbuch, Teil C. https://www.lawa.de/documents/02_anhang_2_lawa_pegelhandbuch_2_3_1552303807.pdf
- [3] Informationsplattform Undine, Bundesanstalt für Gewässerkunde [bfg] https://undine.bafg.de/rhein/zustand-aktuell/rhein_akt_WQ.html
- [4] PEGEL ONLINE. Gewässerkundliches Informationssystem der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung <https://www.pegelonline.wsv.de/gast/start>

3.4 Physikalisch-chemische Beschaffenheit oberirdischer Gewässer

ANDREAS BURMEISTER, KATHARINA RÜCKLE, JANA SEMSEI

Allgemeines zum Messnetz

Zur Erfüllung der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) mit dem Ziel die oberirdischen Gewässer in einen guten ökologischen und guten chemischen Zustand zu bringen und diesen zu erhalten werden hessenweit an ca. 400 Chemie-Messstellen (Abb. 39) Proben der Gewässer genommen und im Labor auf eine Vielzahl von Parametern zur Bestimmung der Gewässergüte analysiert. Die einzelnen Messstellen werden innerhalb eines Bewirtschaftungszeitraums von sechs Jahren über drei Jahre monatlich beprobt. Um den gesamten stofflichen Austrag aus einem Flusseinzugsgebiet zu erfassen, befindet sich die Messstelle meist in Mündungsnähe. Der Einfluss von Quellen, Bächen und kleineren Flüssen, die in das Gewässer münden, werden miterfasst und abgebildet. Je nach Einzugsgebiet und Nutzung der Gewässer unterscheiden sich die Eintragsquellen und somit Schadstoffe. Das Spektrum der chemischen Untersuchung ist daher in spezifischen Messprogrammen festgelegt und richtet sich in der Auswahl der Parameter sowie der zeitlich terminierten repräsentativen Wasserprobenahme, z. B. bei saisonal eingetragenen Stoffen, im Umfang nach den Einflüssen der vorliegenden Eintragsquellen. Eintragsquellen sind häufig Kläranlagen mit häuslichen und gewerblichen Abwässern oder landwirtschaftlich genutzte Flächen, welche Nährstoffe wie zum Beispiel Phosphat sowie Pflanzenschutzmittel, Arzneimittel und Schwermetalle zu unterschiedli-

chen Anteilen eintragen. Ein Standardmessprogramm mit chemischen Parametern zur grundlegenden Beurteilung und Bewertung des Gewässerzustands läuft an allen Messstellen über Stichproben und ortsfeste Messstationen, welche zusätzlich mit automatischen Probenehmern und Messtechnik zur kontinuierlichen Gewässerüberwachung ausgestattet sind. Bei der Probenahme vor Ort, an den Messstellen, werden mit Feldmessgeräten die Parameter Wassertemperatur, Sauerstoffgehalt, pH-Wert und Leitfähigkeit aufgenommen und dokumentiert. Die Aufnahme der Parameter ermöglicht wertvolle Rückschlüsse auf die Beschaffenheit des Gewässers, insbesondere unter Einbeziehung von Randbedingungen vor und bei der Probenahme, wie örtliche Gegebenheiten sowie meteorologische und hydrologische Verhältnisse. Für eine repräsentative Probenahme ist möglichst an der gleichen Stelle des Gewässers, mit Hilfe einer Schöpfkelle die Wasserprobe zu entnehmen. 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 wird 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

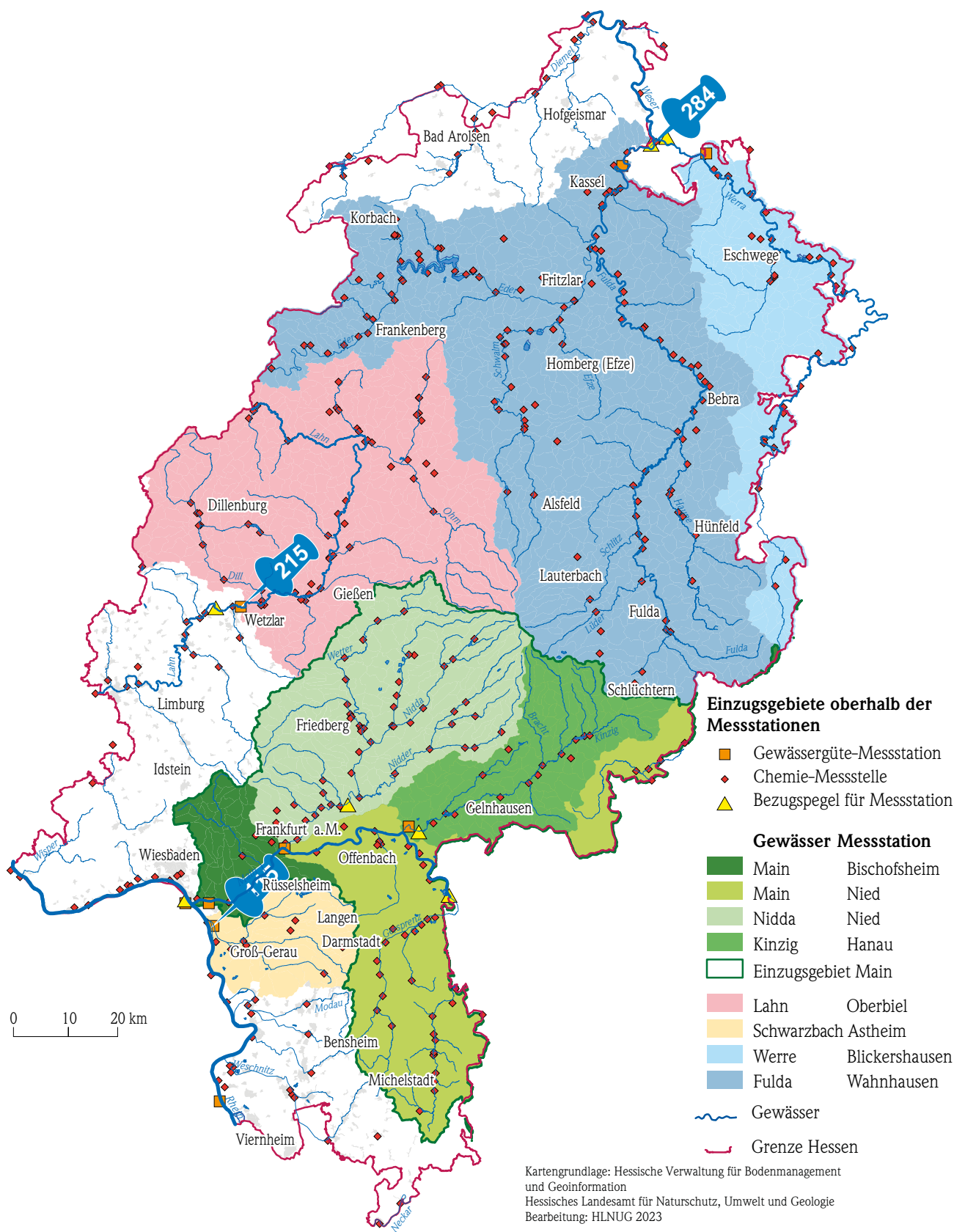


Abb. 39: Übersicht über das Messnetz zur Erfassung der Wasserbeschaffenheit in Hessen, Gewässergüte-Messstationen und Chemie-Messstellen



Messstation 284 Fulda, Wahnhausen



Messstation 215 Lahn, Oberbiel



Messstation 115 Schwarzbach, Ginsheim



Abb. 40: Ortsfeste Gewässergüte-Messstationen

sollen die Proben unmittelbar auf eine Vielzahl von Parametern untersucht werden. Ist dies nicht möglich werden sie im Kühlschrank bei 4°C aufbewahrt. Die Ergebnisse der Untersuchungen werden in Datenbanken gespeichert, stehen für Auswertungen zur Verfügung und werden auf dem Messdatenportal des HLNUG (<https://www.hlnug.de/messwerte/datenportal>) veröffentlicht.

Zusätzlich zu den Chemie-Messstellen betreibt das Hessische Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie insgesamt sieben ortsfeste Messstationen und ist an zwei weiteren länderübergreifenden ortsfesten Messstationen beteiligt (siehe Abb. 40). Die Messstationen befinden sich an den größeren hessischen Fließgewässern bzw. Gewässern mit besonderer Belastungssituation und liegen in Mündungsnähe, um auch hier den gesamten stofflichen Austrag aus einem Flusseinzugsgebiet abzubilden. Die Messergebnisse sind somit repräsentativ für den untersuchten Gewässerabschnitt (Oberflächenwasserkörper nach WRRL) und dienen der Überblicksüberwachung nach OGewV. Für die Überwachung der Gewässerqualität wird das Flusswasser über Tauchpumpen zu den Messgeräten und Online-Analysatoren in der Messstation gefördert. Diese messen kontinuierlich und übertragen im Abstand weniger Minuten Messdaten der Parameter Leitfähigkeit, Wassertemperatur, Sauerstoff und pH-Wert. Diese Parameter sind sogenannte Standardparameter. Sie bilden den Gewässer-

zustand ab und steuern maßgeblich die biologischen und chemischen Prozesse im Fließgewässer. Zudem unterliegen sie starken tageszeitlichen Schwankungen und stehen unter anthropogenem Einfluss, so dass sie nur durch eine fortlaufende Messung sicher beurteilt werden können. Je nach Einzugsgebiet und Eintragsquellen werden weitere spezifische Parameter erfasst. Nährstoffe wie zum Beispiel Phosphat sowie Pflanzenschutzmittel, Arzneimittel und Schwermetalle werden zu unterschiedlichen Anteilen durch Kläranlagen und diffus über landwirtschaftlich genutzte Flächen eingetragen. Die Nährstoffe ortho-Phosphat, Gesamtphosphor und Ammonium werden zum Teil in den Messstationen kontinuierlich gemessen. Zusätzlich entnehmen automatische Probenehmer (siehe Abb. 41) in den Messstationen im Abstand von 5–10 Minuten ein definiertes Volumen des Flusswassers aus der durchströmten Leitung und führen es in einem kühl gelagerten Kanister zu einer Mischprobe zusammen. Dies ermöglicht eine lückenlose Bereitstellung von Wochenmischproben, um spezifische Parameter auch nachträglich zu analysieren und eventuell auftretende Schadensfälle oder Belastungen unklarer Herkunft nachzuweisen. Wöchentlich werden Stichproben entnommen und für die weitere, aufwändigere Analyse im Labor auf Spurenverunreinigungen untersucht, wie z. B. Pflanzenschutzmittel, Arzneimittel und Schwermetalle. Im Gegensatz zur kontinuierlichen Messung zeigen Stichproben jedoch nur eine Momentaufnahme der Gewässerqualität.



Durchflussblock mit Sonden zur kontinuierlichen Messung



Automatischer Probenehmer zur Erstellung von Wochenmischproben



Hahn zur Entnahme von Stichproben

Abb. 41: Probenahme und Messsonden zur kontinuierlichen Gewässerüberwachung in ortsfesten Messstationen

Messergebnisse

Fließgewässer stellen komplexe Systeme dar, in denen verschiedene Einzelwirkungen und Interaktionen ablaufen. Über die Jahre hat sich die Schadstoffbelastung der Fließgewässer verändert. Die intensive Nutzung unserer Gewässer beispielsweise zur Entlastung von Abwässern oder zur Be- und Entwässerung von Nutzflächen wirkt sich verstärkt negativ auf die Gewässerqualität aus. Neu auftretende bzw. neu erkannte Schadstoffe erfordern zusätzliche, aufwändige Analysemethoden im Labor, gerade im Hinblick auf organische Mikroverunreinigungen. Hydro-meteorologische Extremereignisse stellen den Betrieb kontinuierlich messender Gewässergüte-Messstationen vor besondere Herausforderungen. 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 der Parameter ist aus Vorsorgegründen und zur Beurteilung des Einflusses von Extremwetterereignissen von großer Bedeutung. Insbesondere die Wassertemperatur und das natürliche Abflussgeschehen beeinflussen die biologischen und ökologischen Prozesse im Gewässer. Die täglichen Schwankungen der Wassertemperatur sind von einem jährlichen Zyklus überlagert und sind im Frühjahr und Sommer

ausgeprägt. Mikrobielle Stoffumsätze nehmen bei hohen Temperaturen zu, ebenso der Energieumsatz der Organismen, wodurch mehr Sauerstoff verbraucht wird. Die Löslichkeit des Sauerstoffs nimmt jedoch mit steigender Temperatur ab, sodass weniger Sauerstoff zur Verfügung steht und es zu kritischen Konzentrationen kommen kann. Planungsinstrument ist die Oberflächengewässerverordnung mit Orientierungswerten, die den ökologischen Zustand und die physikalisch-chemische Beschaffenheit der Oberflächengewässer bewerten. Eine Resilienz der Gewässer gegenüber Austrocknung und zunehmend hohen Temperaturen, besonders in den Sommermonaten Juli und August ist gefordert. Die maximal erreichten Wassertemperaturen hängen u. a. vom Beschattungsgrad des Fließgewässers ab.

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 Standorte der Messstationen liegen am Gebietsauslass großer, stark belasteter Einzugsgebiete oder an hessischen Landesgrenzen.

Die Wassertemperatur

Die Temperatur der Fließgewässer wird maßgeblich durch die vorherrschende Lufttemperatur bestimmt. Im Vergleich zur Luft erwärmt sich das Gewässer langsamer und kühlt langsamer ab, wodurch Temperaturextreme im Gewässer geringer als in der umgebenden Luft sind und zeitlich verzögert auftreten. Der Fließgewässertyp ist ebenfalls von Bedeutung. Kleinere, flachere und verzweigte Gewässer unterliegen größerem Einfluss meteorologischer Bedingungen. Das heißt, sie heizen schneller auf als gerade verlaufende Gewässer mit großen Volumen. Die nachfolgenden grafischen Auswertungen verdeutlichen die Unterschiede der Wassertemperatur bei unterschiedlicher Gewässergröße, Durchfluss und Beschattung. Kleinere Lücken mit fehlenden Messwerten entstehen durch regelmäßige Spülprozesse der Wasserleitungen und allgemeine Wartungsarbeiten.

Abbildung 42 zeigt die Tagesmaxima der Wassertemperaturen des Main, der Lahn, der Fulda und der Werra im Jahresverlauf von Januar bis Dezember 2022.

Zu Beginn des Jahres zeigen sich milde Temperaturen. Sehr sonnige Tage im März führen zu einem steilen Anstieg der Wassertemperatur, woraufhin viele Schneefälle im April für eine erneute Abkühlung sorgen. Mitte April steigen die Wassertemperaturen stetig an. In den Monaten Juni, Juli und August war es sehr trocken und sonnig. Hier zeigen sich deutliche Unterschiede in den Wassertemperaturen der Messstationen. Die höchste Wassertemperatur mit Überschreitung der 25 °C zeigt der Main. Als stauge-regeltes Gewässer mit Einleitungen aus anliegenden Kläranlagen, Industriebetrieben und Kraftwerken

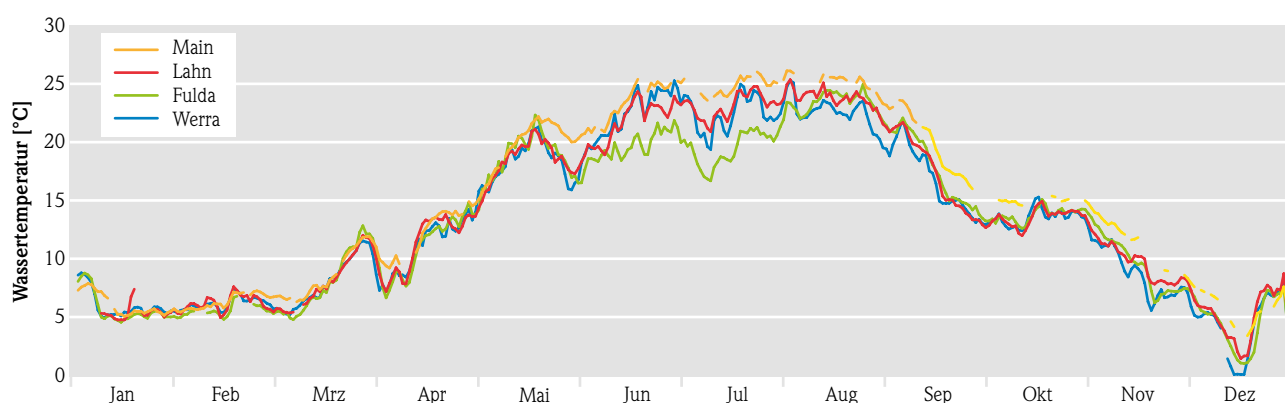


Abb. 42: Jahresganglinien der Temperaturmaxima im Jahr 2022 an den vier Messstationen Bischofsheim/Main, Oberbiel/Lahn, Wahnhausen/Fulda und Witzenhausen/Werra

führt der Main ganzjährig hohe Wassertemperaturen. Die hohen Lufttemperaturen im Sommer mit einfallender Sonnenstrahlung führen zu einer schnellen Erwärmung und hohen Wassertemperaturen. Werra und Lahn sind kleinere, verzweigte Fließgewässer mit geringeren Abflüssen. Die meteorologischen Bedingungen, insbesondere eine intensive Sonneneinstrahlung beeinflussen die Wassertemperatur entscheidend. Hier zeigen sich die höchsten täglichen Temperaturschwankungen. Als stark beschattetes Fließgewässer zeigt die Fulda deutlich geringere Wassertemperaturen in den Sommermonaten. Ende September sinken die Wassertemperaturen allgemein ab. Der Oktober 2022 war einer der wärmsten in Hessen (DWD). Die milden Lufttemperaturen spiegeln sich auch in der Wassertemperatur wieder. In der zweiten Dezemberhälfte kühlt die Wassertemperatur mit einer Woche Dauerfrost extrem ab. Besonders in den nördlichen Regionen Hessens, in denen die Messstationen Witzenhausen an der Werra und Wahnhausen an der Fulda liegen, kommt es zu sehr strengem Frost und Wassertemperaturen um die 0 °C. Sehr milde Lufttemperaturen und erhebliche Niederschläge zum Jahresende lassen die Wassertemperatur Ende Dezember ansteigen.

Die nachfolgenden Grafiken (Abb. 43) zeigen im Detail die Wassertemperaturen der jeweiligen Messstation. Der grün hinterlegte Bereich markiert gemäß den Anforderungen der Wasserrahmenrichtlinie 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. Milde Temperaturen zu Beginn des Jahres zeigen sich in der Wassertemperatur, welche sich von Anfang Januar bis Ende Februar bei 5 °C einpendelt. In Folge warmer sonniger Tage im März steigt die Wassertemperatur von 6 °C Anfang März auf 11 °C am 29. März 2022. Die Wintermaximaltemperatur von 10 °C wird vom 25. März 2022 bis 01. April 2022 überschritten. Kühle Lufttemperaturen Anfang April mit Schneefällen lassen die Wassertemperatur etwas zeitversetzt abfallen. Ab dem 13. April 2022 steigen die Werte stetig an. Die Sommermonate Juni, Juli und August sind sehr warm und trocken. Am 19. Juni 2022 überschreitet die Wassertemperatur des Mains erstmalig den Sommermaximalwert von 25 °C. Am 05. August 2022 kommt es zum maximalen Wert von 25,9 °C. Mitte September fallen die Wassertemperaturen etwas ab. Im Oktober zeigt sich ein milder Verlauf der Wassertemperatur um die 15 °C. Anschließend fällt die Wassertemperatur entsprechend der Lufttemperatur kontinuierlich ab. Wie bereits in den letzten Jahren zu beobachten war, steigt die Wassertemperatur Mitte/Ende Dezember aufgrund der milden Lufttemperaturen leicht an. Am 31. Dezember 2022 werden 7,5 °C Wassertemperatur gemessen.

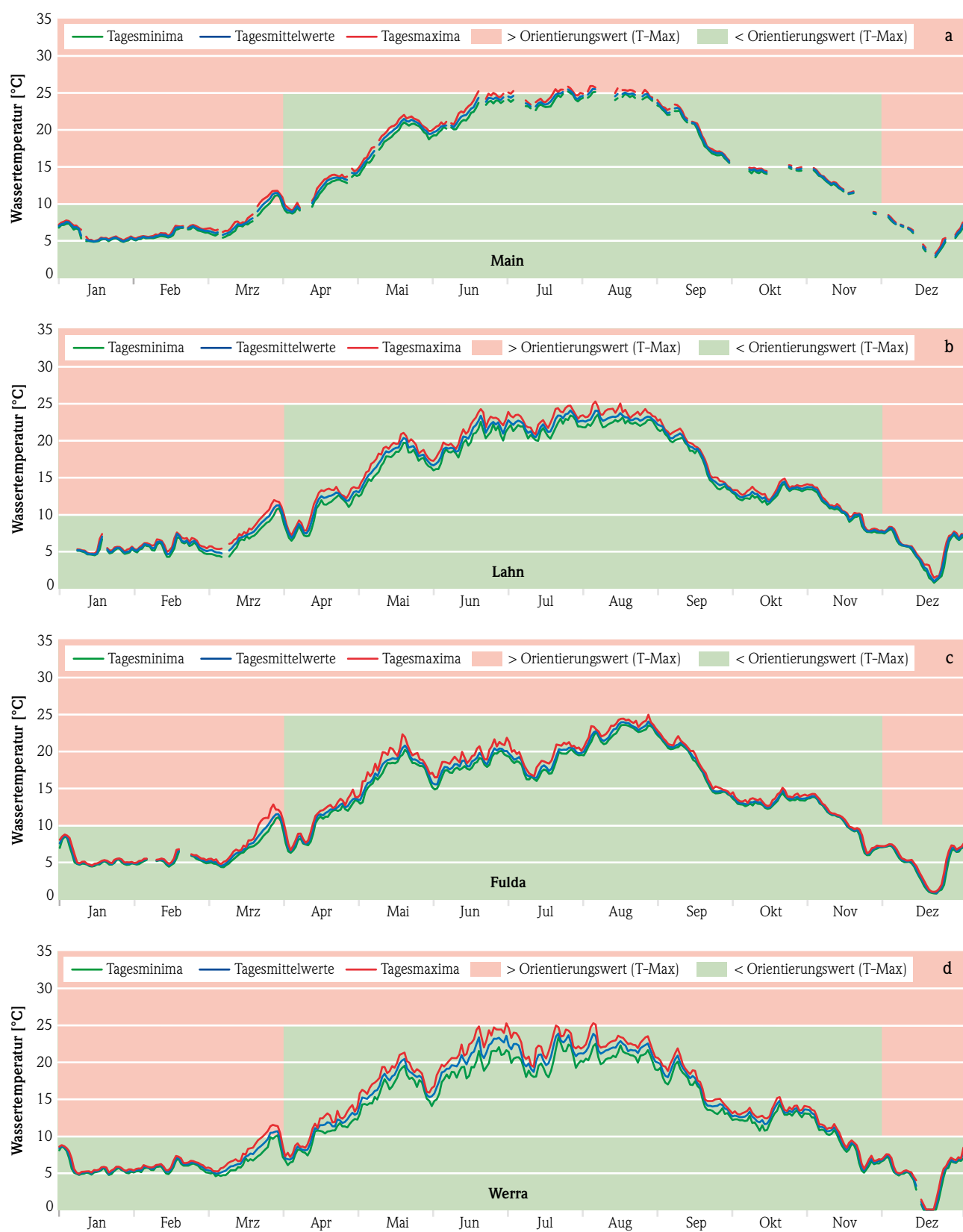


Abb. 43: Wassertemperatur als Tageswert (Minima/Mittel/Maxima) für das Jahr 2022 an den vier Messstationen Bischofsheim/Main (a), Oberbiel/Lahn (b), Wahnhausen/Fulda (c) und Witzhausen/Werra (d) mit Darstellung der Orientierungswerte T_{\max} (Sommer): 25 °C und T_{\max} (Winter): 10 °C

Die Wassertemperatur der **Lahn** zeigt 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 Wassertemperatur werden 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. Deutlich zu erkennen ist der Anstieg der Wassertemperatur im März von 5 °C am 10. März auf 11 °C am 31. März. Auch hier wird die Wintermaximaltemperatur nach OGeWV (2016) von 10 °C überschritten. Anfang April sorgen Schneefälle für eine Abkühlung der Wassertemperatur auf 7 °C. Eine warme und trockene Wetterperiode von Mai bis Ende August führt zu einem Anstieg der Wassertemperatur. Es kommt jedoch zu keiner ganztägigen Überschreitung der 25 °C. Im September sinken die Wassertemperaturen stetig ab und bedingt durch warme Lufttemperaturen Mitte Oktober wieder an. Von November bis Dezember sinkt die Wassertemperatur und findet ihr Minimum nach einem Kälteeinbruch und frostigen Werten am 18. Dezember 2022 bei 1,5 °C. Ende Dezember steigt die Wassertemperatur auf 8,7 °C an.

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. Der Verlauf der Wassertemperatur von Januar bis Februar pendelt sich bei 5 °C ein. Im März steigt

die Wassertemperatur aufgrund des warmen sonnigen Wetters deutlich an. Schneefälle und kühlere Lufttemperaturen Anfang April sorgen für einen Abfall der Wassertemperatur von 11 °C am 31. März 2022 auf 6,7 °C am 4. April 2022. Daraufhin steigt die Wassertemperatur stetig an und verläuft entsprechend der Lufttemperatur. Im August werden hier die wärmsten Wassertemperaturen mit durchschnittlich 23 °C gemessen. Anfang September fällt die Wassertemperatur ab und pendelt sich zunächst bei 13 °C im Oktober ein. Von November bis Mitte Dezember fällt die Wassertemperatur weiter ab und zeigt ihr Minimum bei 1 °C am 20. Dezember 2022. Ende Dezember steigt die Wassertemperatur stark an. Am 30. Dezember 2022 werden 7 °C Wassertemperatur gemessen.

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 hier zeigt sich zu Beginn des Jahres ein milder Verlauf der Wassertemperatur mit starkem Anstieg im März. Der Kälteeinbruch Anfang April ist in einem Abfall der Wassertemperaturen deutlich zu sehen. Ab dem 04. April steigt die Wassertemperatur entsprechend der Lufttemperatur stetig an. Mitte Mai kommt es zu einem Abfall der Wassertemperatur von 18 °C am 28. Mai 2022 auf 15,5 °C am 31. Mai 2022. Daraufhin steigt die Wassertemperatur weiter an und zeigt deutliche Unterschiede in den Tagesminima- und Tagesmaximalwerten, welche die Tag- und Nachtschwankungen abbilden. Am 18. Dezember 2022 kommt es an der Werra nach frostigen Lufttemperaturen zu Wassertemperaturen um die 0 °C. Zum Jahresende, am 31.12.2022, steigt die Wassertemperatur auf 8,5 °C an.

Der gelöste Sauerstoffgehalt

Der Sauerstoffgehalt im Fließgewässer ist essentiell für die Biozönose. Er unterliegt starken Tag-/Nachtschwankungen 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 44 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. Während bei der Temperaturbetrachtung die Tagesmaximalwerte betrachtet werden, sind bei den Sauerstoffgehalten die Tagesminimalwerte ausschlaggebend. Der Orientierungswert für den Sauerstoffgehalt im Gewässer, zur Erfüllung des guten ökologischen Zustands (nach OGewV 2016), liegt bei einem Minimalwert von 7 mg/l.

In den ersten Monaten des Jahres, von Januar bis Ende März liegt der Sauerstoffgehalt zwischen 10–12 mg/l. Erst Ende März/Anfang April, wenn mit wärmeren Wassertemperaturen die Photosyntheseaktivität der Wasserpflanzen einsetzt, zeigt sich eine deutliche Dynamik in den Sauerstoffgehalten. Besonders hohe Werte werden regelmäßig an der Fulda in den Monaten April, Mai und Juni gemessen. Hier erreicht die Phytoplanktonentwicklung ein Maximum. Ende Mai in Folge schwerer Unwetter in Nordhessen, mit Starkregen und einer plötzlichen Abkühlung der Lufttemperatur, kommt es an den Messstationen in Witzenhausen an der Werra, sowie Wahnhausen an der Fulda zu deutlichen Sauerstoffeinbrüchen. Fehlende Sonneneinstrahlung und der Eintrag von Trübstoffen in Verbindung mit biologischer Sauerstoffzehrung verhindern die Sauerstoffproduktion in dieser Situation. Es kommt zu einer deutlichen Unterschreitung des Orientierungswertes von 7 mg/l. Sauerstoffeinbrüche sind besonders in den Sommermonaten zu beobachten und je nach Witterungsbedingung mehr oder weniger stark ausgeprägt. Meh-

rere intensive Hitzewellen im Juni und Juli führen zur Erwärmung der Wassertemperatur und niedrigen Sauerstoffgehalten entsprechend der temperaturabhängigen Löslichkeit. Durch eine starke Biomasseproduktion in den Sommermonaten, mit erhöhtem mikrobiellen Abbau und sauerstoffzehrenden Prozessen, kommt es zu Sauerstoffmangel im Gewässer. Die hohe zeitliche Auflösung der kontinuierlichen Messungen, welche starke tageszeitliche Schwankungen aufzeichnet, ermöglicht es die Dauer von kritischen Einwirkungen und absolute Extremwerte für die im Gewässer lebenden Organismen zu erfassen. Im Main, an der Werra und Fulda kommt es in den Sommermonaten zur Unterschreitung der kritischen Sauerstoffkonzentration. Erst Ende September erholt sich der Sauerstoffhaushalt der Gewässer und zeigt geringe Schwankungen bis zum Jahresende.

Die Jahresganglinien von Tagesminima, Tagesmaxima und Tagesmittelwerten der Sauerstoffgehalte sind nachfolgend in den Grafiken der jeweiligen Messstation abgebildet (Abb. 45). Der rot hinterlegte Bereich markiert gemäß den Anforderungen der OGewV (2016) einen kritischen Sauerstoffwert unterhalb des Orientierungswertes von 7 mg/l.

Eine erste Photosyntheseaktivität zeigt sich in den Unterschieden der Tagesminima- und Tagesmaximalwerten des Sauerstoffs im **Main** bereits im Februar. Mitte Mai, am 14.05.2022, kommt es zur kurzzeitigen Unterschreitung des Orientierungswertes von 7 mg/l. Daraufhin zeigen sich hohe Sauerstoffamplituden mit Sauerstoffwerten bis 15 mg/l am 25.05.2022 und einer Unterschreitung der 7 mg/l am 10.06.2022 und 12,5 mg/l am 19.06.2022 mit einer

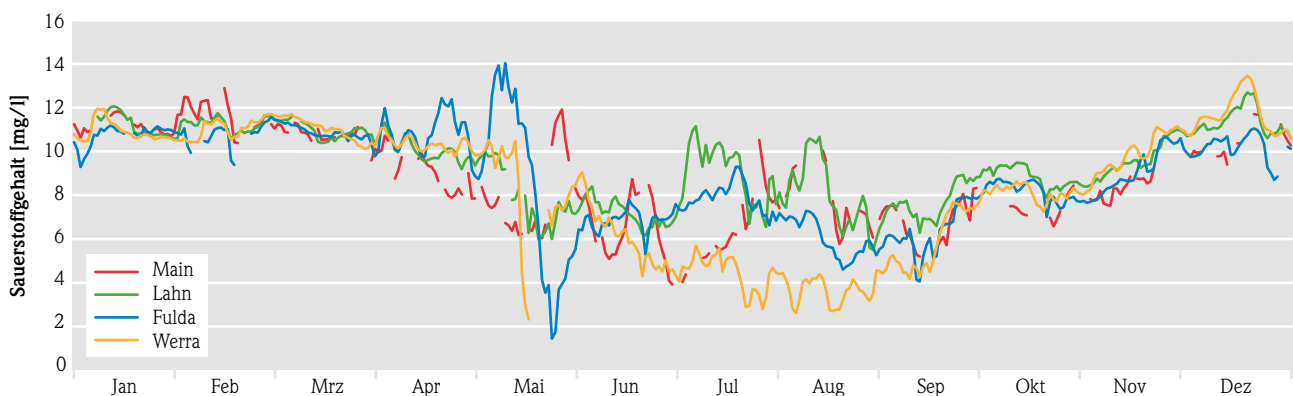


Abb. 44: Jahresganglinien der Tagesminima der Sauerstoffgehalte für das Jahr 2022 an den vier Messstationen Bischofsheim/Main, Oberbiel/Lahn, Wahnhausen/Fulda und Witzenhausen/Werra

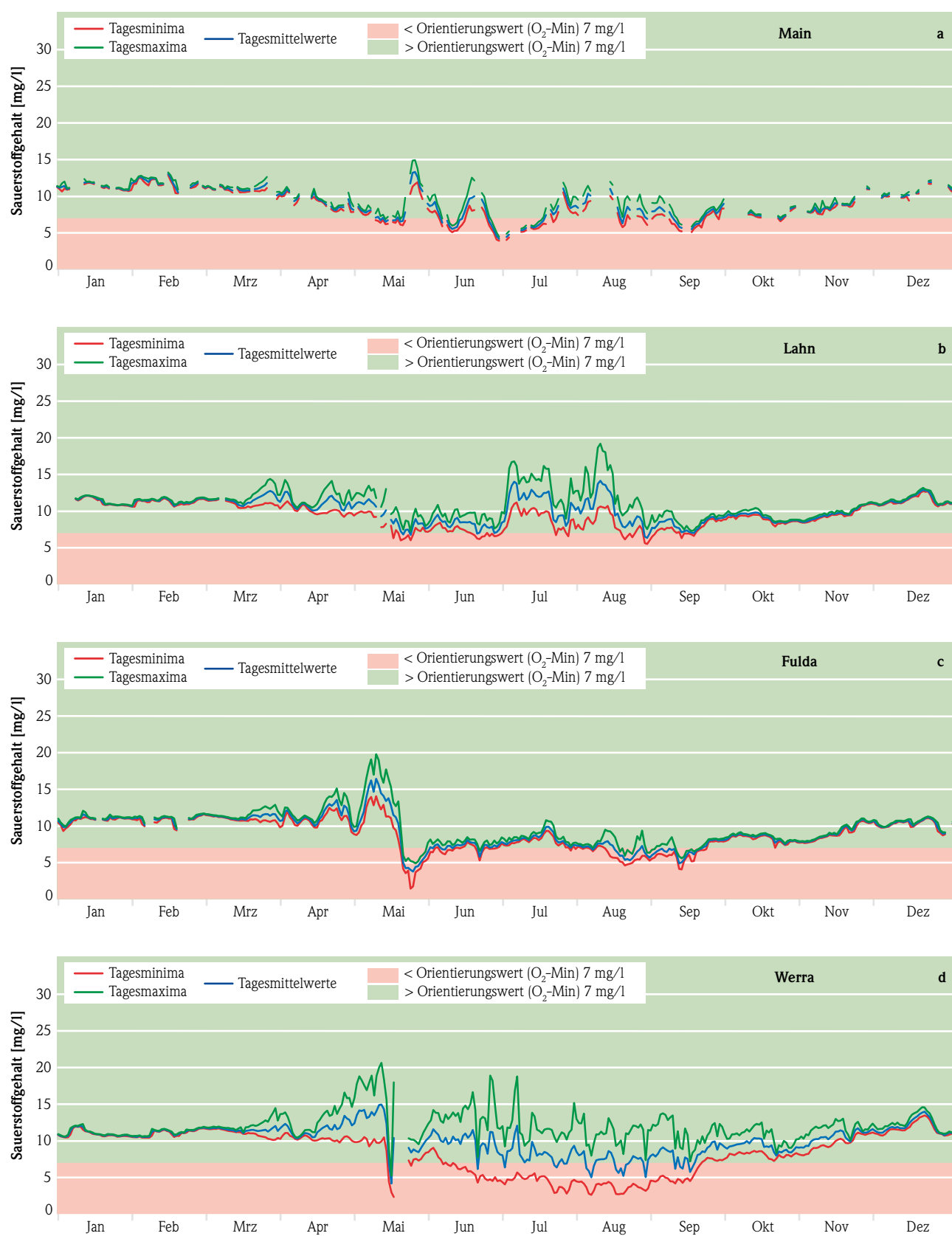


Abb.45: Sauerstoffkonzentrationen als Tageswerte (Minima/Mittel/Maxima) an den vier Messstationen Bischofsheim/Main (a), Oberbiel/Lahn (b), Wahnhausen/Fulda (c) und Witzenhausen/Werra (d) mit Darstellung des Orientierungswertes (O₂-Min) von 7 mg/l

darauffolgenden Unterschreitung am 26.06.2022. Im weiteren Verlauf erholt sich die Sauerstoffkonzentration nur langsam und steigt am 17.07.2022 erstmals wieder über den kritischen Wert. Es folgen weitere kurzfristige Unterschreitungen Ende August bis Mitte September. Ab Oktober steigt der Sauerstoffgehalt langsam an. Geringere Unterschiede im Tagesverlauf deuten auf das Ende der Photosynthese hin.

An der Lahn zeigt sich ab Mitte März eine erste Photosyntheseaktivität deutlich in den Tagesverläufen des Sauerstoffgehaltes. Tagsüber steigt der Sauerstoffgehalt, wohingegen in der Nacht, durch den Abbau der Biomasse, Sauerstoff verbraucht wird. Ende Mai sinkt die Sauerstoffkonzentration ab. Durch wärmere Wassertemperaturen sinkt die Löslichkeit des Gases. Zusätzlich werden die Stoffwechselvorgänge der Organismen und damit der Sauerstoffverbrauch bei einer Temperaturzunahme beschleunigt. Am 17.05.2022 sowie am 20.06.2022 liegt der Sauerstoffgehalt unter dem Orientierungswert von 7 mg/l. Im Juli und August zeigen sich Sauerstoffamplituden mit Werten bis zu 19 mg/l. Ab Mitte Oktober liegen Tagesminimum, -maximum und -mittelwert wieder nahe beieinander. Die Sauerstoffkonzentration nimmt zu und liegt ab Ende November über 10 mg/l.

Auch in der Fulda zeigt sich ab Ende März, mit vermehrter Sonneneinstrahlung und wärmeren Temperaturen ein Unterschied in der Tagesdynamik des Sauerstoffgehaltes. Die Spanne zwischen Sauerstoffmaxima und -minima ist deutlich zu erkennen und deutet auf eine Sauerstoffproduktion der Wasserpflanzen hin. Am 24.05.2022 sorgt ein Unwetter für einen Sauerstoffeinbruch. Die kritische Sauerstoffkonzentration wird deutlich unterschritten, es kommt zu Tagesminialwerten von 1,5 mg/l. Der Sauerstoffgehalt erholte sich daraufhin und steigt auf Werte über 7 mg/l. In den Monaten August und

September zeichnet sich eine zweite Algenblüte ab, welche ebenfalls zur kurzfristigen Unterschreitung der 7 mg/l Sauerstoff durch den Abbau übermäßig vorhandener Biomasse führt. Ab Oktober steigt der Sauerstoffgehalt an, Tagesminima und Tagesmaxima liegen wieder eng beieinander. Der Sauerstoffgehalt liegt Ende des Jahres bei 10,5 mg/l.

Die Messstation in Witzenhausen an der Werra befindet sich an einem unbeschatteten Gewässerabschnitt mit geringer Strömungsgeschwindigkeit. Ideale Bedingungen für das Wachstum von Algen und Wasserpflanzen. Mit steigenden Wassertemperaturen Ende März produzieren die Pflanzen in Abhängigkeit von der Sonneneinstrahlung durch Photosynthese tagsüber Sauerstoff. Ideale Lebensbedingungen begünstigen die Biomasseproduktion und es kommt zu einem unkontrollierten Wachstum. Abgestorbene Biomasse sinkt zu Boden und wird von den Destruenten unter Sauerstoffverbrauch wieder abgebaut. Stark ausgeprägte Sauerstoffamplituden verdeutlichen die Auswirkung. Mitte Mai sinkt der Sauerstoffgehalt drastisch ab und unterschreitet erstmalig die 7 mg/l in Folge eines Unwetters. Die Sauerstoffkonzentration erholt sich recht schnell. Ende Mai bis Anfang November setzt sich die Algenblüte mit hohen Sauerstoff-Tagesmaximalwerten von bis zu 19 mg/l und Tagesminimalwerten von 5 mg/l am 25.06.2022 fort. Im Verlauf des Sauerstoffgehaltes kommt es in den Sommermonaten zur Unterschreitung der 7 mg/l. Ende November steigt der Sauerstoffgehalt langsam an, am 30.12.2022 werden 11 mg/l gemessen.

Die folgende Tabelle 10 zeigt absolute Sauerstoffminima und Temperaturmaxima der Sommer- und Wintermaximaltemperatur der vier Messstationen. Die unterschiedliche Belastungssituation der Gewässer mit unterschiedlicher Gewässergröße, Durchfluss und Beschattung nimmt erheblichen Einfluss auf die

Tab. 10: Absolute Sauerstoffminima und Temperaturmaxima

Gewässer	O ₂ -Min mg/l	Datum	T-Max °C Sommer	Datum	T-Max °C Winter	Datum
Main	3,9	29.06.2022	26,1	03.08.2022	11,9	30.03.2022
Lahn	5,5	28.08.2022	25,4	04.08.2022	12,0	28.03.2022
Fulda	1,4	24.05.2022	25,0	26.08.2022	12,8	28.03.2022
Werra	2,3	17.05.2022	25,3	04.08.2022	12,7	13.12.2022

Parameter Sauerstoff und Wassertemperatur. Die absoluten Sauerstoffminima, gemessen in den Sommermonaten (1.04.–30.11.) sind auf die temperaturabhängige Löslichkeit des Sauerstoffs mit steigender Wassertemperatur sowie vermehrt sauerstoffzehrenden Abbauprozessen im Sommer, durch absterbende Wasserpflanzen und Algen, zurückzuführen. Die

Wintermaximaltemperatur ist für den Zeitraum 1.12.–31.03. definiert. Eine Überschreitung der Wintermaximaltemperatur tritt Ende März durch bereits hohe Lufttemperaturen im Frühjahr auf. Besonders milde Temperaturen im Dezember werden in den letzten Jahren vermehrt gemessen.

Ortho-Phosphat und Gesamtphosphor

Hohe Konzentrationen an Pflanzennährstoffen wie ortho-Phosphat und Gesamtphosphor im Fließgewässer begünstigen das Wachstum von Algen und Wasserpflanzen. Insbesondere ein Überangebot des gelösten pflanzenverfügbaren ortho-Phosphats kann zur Eutrophierung des Gewässers führen. Unter natürlichen Bedingungen liegen die Pflanzennährstoffe in geringen Konzentrationen vor, Überschreitungen sind meist auf anthropogene Einwirkungen (häusliche Abwässer, Waschmittel, Dünger etc.) zurückzuführen. Das vermehrte Pflanzenwachstum führt zunächst zu einer Sauerstoffübersättigung des Fließgewässers. In Abhängigkeit zur Sonneneinstrahlung wird durch Photosynthese sehr viel Sauerstoff produziert. Auf eine Sauerstoffübersättigung am Tag (bis 120 %) folgt in der Nacht ein verstärkter Verbrauch durch die Atmung mit einem O_2 -Mangel am Morgen. Durch ein Überangebot an Biomasse und dem sauerstoffzehrenden mikrobiellen Abbauprozess dieser, kommt es vermehrt zu Sauerstoffmangel, meist in Zusammenhang mit hohen Wassertemperaturen in den Sommermonaten und einer geringeren Löslichkeit an Sauerstoff. Eine Überwachung der ortho-Phosphat und Gesamtphosphorkonzentration im Gewässer ist daher ein weiteres wichtiges Kriterium zur Beurteilung der ökologischen Situation im Fließgewässer.

Die folgenden Diagramme (Abb. 46) zeigen die Konzentrationsverläufe des gelösten Phosphats und des Gesamtphosphors 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. 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-Phosphat-Konzentrationen wurden 2021 weitere Online-Analysegeräte zur Ausstattung aller ortsfester Messstationen beschafft. 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 46 zeigt den Gehalt von gelöstem Ortho-Phosphat und Gesamtphosphat gemessen in den Zweiwochenmischproben der Messstationen. Der Phosphatgehalt im Main (a) zeigt einen gleichmäßig wellenförmigen Verlauf. Die Jahresganglinie des pflanzenverfügbaren, gelösten Anteils ist in den Sommermonaten höher. Phasen, in denen es zu einem starken Algenwachstum kommt, zeichnen sich, hervorgerufen durch die Zehrung des pflanzenverfügbaren Phosphates, durch geringere 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 ist dies an Fulda (c) und Werra (d) zu beobachten. Die ortho-Phosphatkonzentration liegt im Frühjahr, zu Beginn der Algenblüte meist 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.

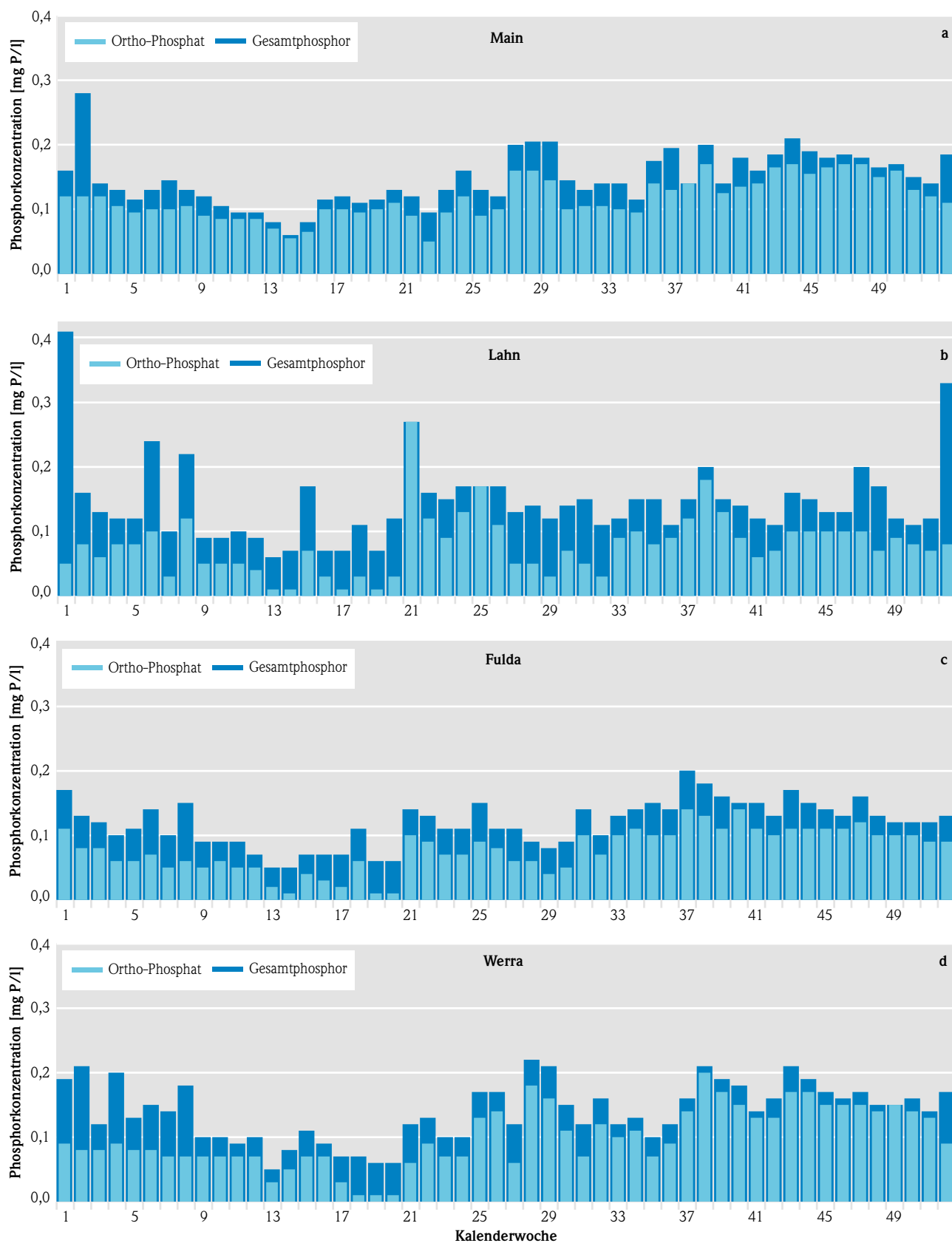


Abb. 46: Konzentration von gelöstem Phosphat und Gesamtphosphor in Wochenmischproben 2022 an den Messstationen Bischofsheim/Main, Oberbiel/Lahn, Wahnhausen/Fulda und Witzzenhausen/Werra

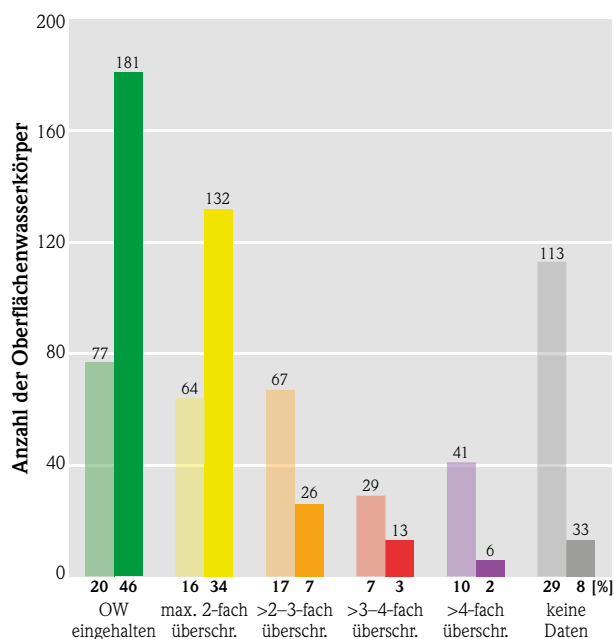
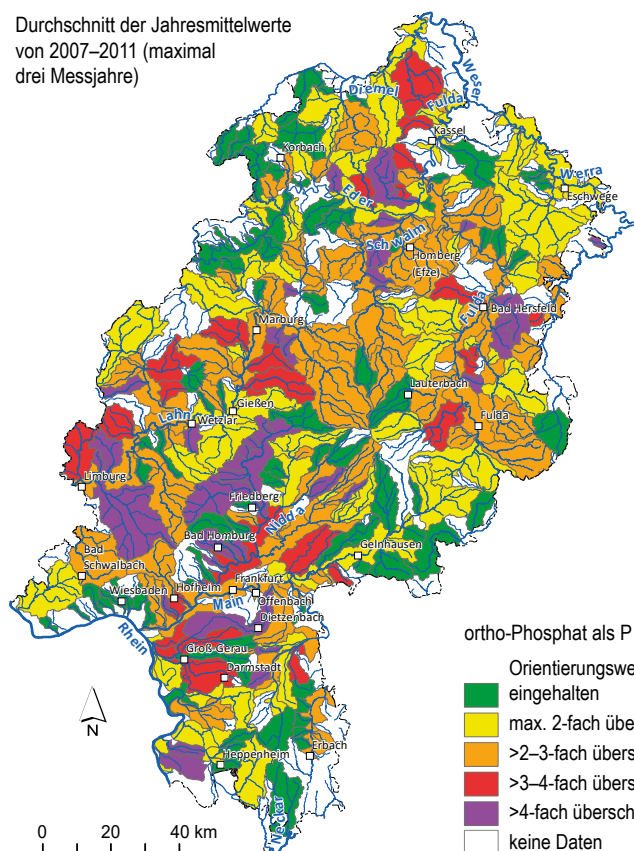


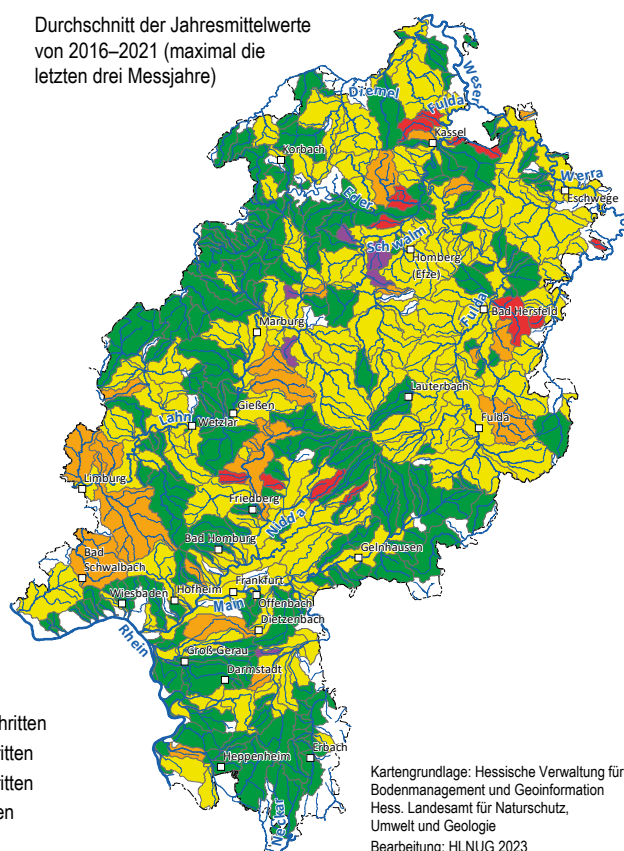
Abb. 47: Vergleich der Messergebnisse in den Oberflächenwasserkörpern für ortho-Phosphat (hessenweit) mit dem Orientierungswert gemäß OGewV 2016. Betrachtungszeitraum 2007–2011 (transparent) und Betrachtungszeitraum 2016–2021 (kräftige Farben)

Als dominierende Eintragsquelle von gelöstem Phosphor 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. Infolgedessen nahm die ortho-Phosphat-Konzentration in Fließgewässern erheblich ab. Die dargestellten Ergebnisse in Abbildung 46 zeigen die Entwicklung von ortho-Phosphat-P im Vergleich zu den Untersuchungszeiträumen 2007–2011 und 2016–2021. Der Anteil der regelmäßig untersuchten Wasserkörper mit Einhaltung des Orientierungswertes ortho-Phosphat-P ist von 20 % auf 46 % gestiegen. Gleichzeitig hat sich der Anteil derer mit sehr hohen Überschreitungen verringert. Um die Orientierungswerte künftig einhalten zu können, besteht jedoch noch weiterer Handlungsbedarf.

Durchschnitt der Jahresmittelwerte von 2007–2011 (maximal drei Messjahre)



Durchschnitt der Jahresmittelwerte von 2016–2021 (maximal die letzten drei Messjahre)



ortho-Phosphat als P
Orientierungswert
eingehalten
max. 2-fach überschritten
>2–3-fach überschritten
>3–4-fach überschritten
>4-fach überschritten
keine Daten

Kartengrundlage: Hessische Verwaltung für Bodenmanagement und Geoinformation
Hess. Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie
Bearbeitung: HLNUG 2023

Abb. 48: Entwicklung der ortho-Phosphat-Konzentration in Oberflächengewässern vor und nach Umsetzung der Maßnahmen des hessischen Phosphorprogramms an kommunalen Kläranlagen

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 (TrinwV 2023) und beträgt $2\,790\,\mu\text{S}/\text{cm}$ bei einer Wassertemperatur von $25\,^{\circ}\text{C}$. 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 oder erniedrigen. 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.

Zu Beginn des Jahres, im Januar und Februar, kam es zu hohen Niederschlagssummen, was sich in einer Abnahme der elektrischen Leitfähigkeit zeigt. Besonders deutlich tritt dies an der Werra hervor. Niederschlagsreich, gekennzeichnet durch extreme Schneefälle, zeigt sich auch der April. Hier ist eine deutliche Verdünnung der Leitfähigkeit an der Werra, Fulda und Lahn zu sehen. Aufgrund der Größe des Gewässers werden Niederschlagsereignisse mit einer einhergehenden Verdünnung der Leitfähigkeit im Main abgepuffert. Ersichtlich ist eine lange trockene Phase im März und in den Sommermonaten Mai bis August. Im September kommt es zu überdurchschnittlichen Regenmengen, was sich im Abfall der Leitfähigkeit an allen Messstationen zeigt. Im weiteren Jahresverlauf bleiben die Leitfähigkeiten auf ähnlichem Niveau. In der letzten Hälfte des Monats Dezember kommt es zu erheblichen Regenmengen, welche lokal zu Hochwasser führen. Die Leitfähigkeit nimmt durch den großen Eintrag von salzarmem Niederschlagswasser ab.

Nachfolgend sind exemplarisch einige Messergebnisse der Messstation Witzenhausen und Bischofsheim tabellarisch dargestellt (Tab. 11). Es handelt sich um Ergebnisse aus Laboranalysen von Wochenmischproben (Gesamtphosphor), Gesamter organischer Kohlenstoffgehalt und Wochenstichproben (ortho-Phosphat) oder Werte aus kontinuierlich gemessenen Parametern (gelöster Sauerstoff, Wassertemperatur, pH-Wert).

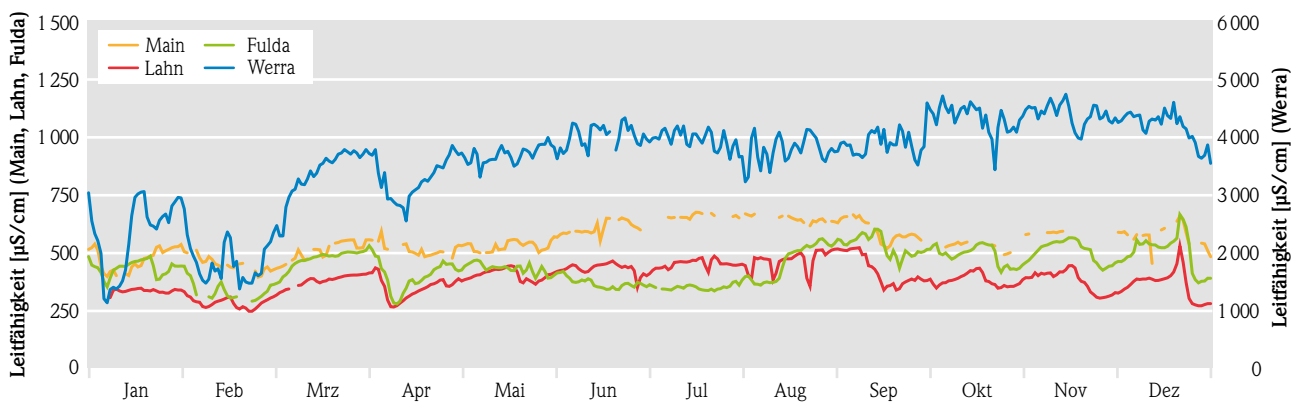


Abb. 49: Jahresganglinien der elektrischen Leitfähigkeit als Tagesmittelwerte an den vier Messstationen Bischofsheim/Main, Oberbiel/Lahn, Wahnhausen/Fulda und Witzenhausen/Werra für das Jahr 2022

Tab. 11: Messergebnisse aus dem Jahr 2022 der Messstation Werra (Witzenhausen)

Periode	Abfluss Q*	Tempe- ratur	Gelöster Sauerstoff O ₂ min	pH-Wert	Elektrische Leitfähig- keit	Gesamt- Stickstoff	Gesamt org. Kohlenstoff TOC	ortho-Phosphat- Phosphor oPO ₄ -P	Gesamt- phosphor
Woche	[m ³ /s]	[°C]	[mg/l]		[µS/cm]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]
1	120,0	6,5	10,5	8,0	1650	5,10	12,00	0,09	0,19
2	86,6	5,1	10,9	8,1	1953	4,50	4,40	0,08	0,21
3	62,6	5,4	10,6	8,2	2719	4,40	3,60	0,08	0,12
4	64,5	5,5	10,6	8,0	2709	4,00	3,70	0,09	0,20
5	88,1	5,6	10,4	8,0	2203	4,00	7,00	0,08	0,13
6	111,7	5,7	10,4	8,0	1604	3,70	4,40	0,08	0,15
7	117,2	6,2	10,5	8,0	1897	3,80	8,00	0,07	0,14
8	145,3	6,2	11,1	8,0	1616	4,30	4,90	0,07	0,18
9	85,0	5,3	11,6	8,1	2347	3,90	2,90	0,07	0,10
10	53,6	5,6	11,3	8,1	3141	4,40	2,50	0,07	0,10
11	42,7	7,0	11,0	8,1	3479	4,20	2,20	0,07	0,09
12	34,7	9,0	10,3	8,2	3686	3,80	2,10	0,07	0,10
13	33,6	9,0	10,1	8,4	3713	3,70	2,90	0,03	0,05
14	61,8	7,9	10,2	8,1	3196	4,00	4,70	0,05	0,08
15	56,4	10,3	10,0	8,1	2861	3,60	3,70	0,07	0,11
16	39,0	11,8	10,0	8,4	3287	3,40	3,10	0,07	0,09
17	35,8	12,6	9,8	8,5	3647	3,20	3,20	0,03	0,07
18	30,9	15,3	9,3	8,9	3604	2,80	4,00	0,01	0,07
19	25,7	17,6	4,5	9,0	3647	2,20	4,90	0,01	0,06
20	24,6	19,4	2,3	8,8	3653	2,60	5,10	0,01	0,06
21	21,9	17,6	6,6	8,3	3783	2,90	3,90	0,06	0,12
22	19,6	16,9	7,5	8,7	3797	2,90	3,00	0,09	0,13
23	17,3	19,7	6,2	8,6	3989	2,70	2,90	0,07	0,10
24	14,1	21,3	5,4	8,6	4150	2,50	3,30	0,07	0,10
25	45,2	22,0	4,3	8,4	4112	2,40	3,70	0,13	0,17
26	12,6	22,7	4,1	8,2	3951	2,40	3,50	0,14	0,17
27	10,8	20,6	4,6	8,3	4029	2,60	3,80	0,06	0,12
28	10,1	20,1	4,5	8,1	4030	2,90	3,60	0,18	0,22
29	9,7	22,7	2,9	8,3	3943	2,40	3,60	0,16	0,21
30	11,6	21,7	2,8	8,4	3839	2,00	5,50	0,11	0,15
31	10,6	22,4	2,6	8,2	3624	2,50	3,70	0,07	0,12
32	8,3	21,9	3,7	8,3	3797	1,80	3,60	0,12	0,16
33	8,1	22,0	2,7	7,9	3764	1,90	3,30	0,10	0,12
34	8,2	21,8	3,2	8,1	3897	1,80	3,40	0,11	0,13
35	9,3	19,1	4,4	8,3	3810	2,10	3,30	0,07	0,10
36	11,0	19,6	4,2	8,1	3759	2,10	2,70	0,09	0,12
37	15,1	16,9	4,5	8,1	3997	3,00	3,20	0,14	0,16
38	16,2	14,1	7,1	8,2	3967	3,20	3,30	0,20	0,21
39	17,1	13,0	7,4	8,3	4024	3,30	3,30	0,17	0,19
40	18,5	12,6	8,2	8,2	4451	3,20	3,90	0,15	0,18
41	14,3	12,4	7,6	8,1	4487	2,90	2,60	0,13	0,14
42	19,4	13,8	7,3	7,9	4094	3,10	4,10	0,13	0,16
43	19,4	13,5	7,9	7,9	4213	2,70	3,80	0,17	0,21
44	14,7	11,8	8,2	8,1	4447	2,50	2,50	0,17	0,19
45	13,4	10,2	9,1	8,2	4530	2,80	2,60	0,15	0,17
46	15,5	8,1	9,7	8,2	4249	2,90	2,90	0,15	0,16
47	22,0	6,3	10,8	8,2	4407	3,90	3,40	0,15	0,17
48	19,5	6,5	10,7	8,2	4306	3,60	2,60	0,14	0,15
49	19,8	4,9	11,4	8,2	4283	4,00	2,50	0,15	0,15
50	16,5	0,8	11,9	8,3	4337	4,10	2,40	0,14	0,16
51	32,1	3,4	10,9	8,2	4213			0,13	0,14
52	62,6	7,3	10,6	8,0	3480	4,30	4,80	0,09	0,17

Tab.12: Messergebnisse aus dem Jahr 2022 der Messstation Main (Bischofsheim)

Periode	Abfluss Q*	Tempe- ratur	Gelöster Sauerstoff O ₂ min	pH-Wert	Elektrische Leitfähig- keit	Gesamt- Stickstoff	Gesamt org. Kohlenstoff TOC	ortho-Phosphat- Phosphor oPO ₄ -P	Gesamt- phosphor
Woche	[m ³ /s]	[°C]	[mg/l]		[µS/cm]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]
1	717,7	7,2	10,7	7,9	454	5,20	10,50	0,12	0,16
2	518,3	5,2	11,7	7,9	426	4,80	8,40	0,12	0,28
3	322,2	5,3	11,1	8,0	482	5,25	6,35	0,12	0,14
4	290,6	5,3	10,7	8,1	524	5,75	5,05	0,11	0,13
5	360,0	5,5	10,9	8,0	511	4,75	3,90	0,10	0,12
6	531,6	5,8	11,5	8,0	465	4,35	5,95	0,10	0,13
7	439,0	6,5	10,4	7,9	450	4,35	5,15	0,10	0,15
8	531,8	6,9	11,1	7,9	417	4,35	5,50	0,11	0,13
9	331,5	6,4	10,9	7,9	441	4,10	3,65	0,09	0,12
10	235,3	6,3	10,5	8,0	487	4,85	3,50	0,09	0,11
11	219,2	7,6	10,5	7,9	512	5,00	3,05	0,09	0,10
12	171,6	10,0	10,7	8,1	555	4,80	2,60	0,09	0,10
13	172,1	10,7	9,6	8,3	546	4,75	2,95	0,07	0,08
14	287,6	9,3	8,8	8,2	550	4,95	3,30	0,06	0,06
15	355,3	11,4	9,4	7,8	522	5,50	6,75	0,07	0,08
16	207,0	13,4	7,9	7,8	499	4,75	5,15	0,10	0,12
17	248,1	13,9	7,8	7,8	514	4,75	4,35	0,10	0,12
18	202,5	16,0	7,4	7,9	527	4,75	4,30	0,10	0,11
19	158,7	19,1	6,2	7,7	517	4,65	4,30	0,10	0,12
20	158,2	21,0	6,0	7,8	550	4,35	4,50	0,11	0,13
21	125,4	20,9	9,6	8,4	533	3,60	5,70	0,09	0,12
22	121,0	20,1	6,8	8,2	571	3,65	3,85	0,05	0,10
23	121,4	21,1	5,1	7,8	597	4,25	3,95	0,10	0,13
24	98,3	23,1	5,8	8,0	614	4,20	4,60	0,12	0,16
25	105,0	24,4	5,5	8,2	646	3,60	4,00	0,09	0,13
26	105,1	24,5	3,9	7,6	619	3,30	4,00	0,10	0,12
27	93,6	23,6	5,1	7,7	658	3,30	4,50	0,16	0,20
28	87,2	23,7	5,5	7,7	663	3,45	3,85	0,16	0,21
29	80,2	24,8	6,2	8,0	674	2,95	4,35	0,15	0,21
30	83,1	24,9	7,4	8,4	661	2,40	5,00	0,10	0,15
31	76,6	25,4	8,0	8,4	670	2,35	4,95	0,11	0,13
32	63,3	24,9	9,6	8,6	661	2,15	5,40	0,11	0,14
33	79,9	25,1	5,8	8,3	651	1,90	4,80	0,10	0,14
34	83,3	24,7	6,1	8,2	641	2,00	5,75	0,10	0,12
35	81,1	23,0	6,9	8,4	649	2,35	7,05	0,14	0,18
36	95,9	22,5	5,2	8,1	652	2,50	5,45	0,13	0,20
37	165,3	20,0	5,1	7,8	557	2,65	5,40	0,14	0,14
38	137,7	17,2	5,7	7,8	578	2,85	4,30	0,17	0,20
39	156,7	16,2	6,9	7,9	572	3,20	4,30	0,13	0,14
40	158,0	14,7	7,5	7,7	537	3,40	3,55	0,14	0,18
41	119,1	14,6	7,1	7,7	548	3,70	3,60	0,14	0,16
42	159,0	15,1	6,6		538	3,85	3,30	0,17	0,19
43	144,1	14,8	8,0	7,6	501	3,90	3,75	0,17	0,21
44	113,2	14,1	7,6	7,7	586	3,60	3,15	0,16	0,19
45	111,2	12,6	7,5	7,7	595	3,60	3,25	0,17	0,18
46	147,7	11,2	8,6	7,7	594	3,65	3,50	0,17	0,19
47	214,3	9,1	9,7	8,0	578	3,90	3,40	0,17	0,18
48	155,3	7,9	9,8	7,9	592	4,35	3,40	0,15	0,17
49	143,3	6,8	9,8	7,9	579	4,80	4,30	0,16	0,17
50	119,5	4,1	9,4	8,0	558	5,00	4,20	0,13	0,15
51	270,1	4,1	11,7	7,8	618	5,10	5,30	0,12	0,14
52	423,0	6,7	10,3	7,9	524	5,50	8,50	0,11	0,19

3.5 Gewässerstruktur

JOACHIM WEDEL, ANN KATRIN THOMAS

Ziel und Aufgabe der Gewässerstrukturkartierung

Die Gewässerstruktur beeinflusst die ökologische Funktionsfähigkeit der Fließgewässer in besonderem Maße. Um den von der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) geforderten guten, ökologischen Zustand zu erreichen, muss die Gewässerstruktur gewisse Mindestanforderungen erfüllen.

Die Erstkartierung der Gewässerstruktur aller hessischen Fließgewässer (ca. 24 000 km) erfolgte Mitte bis Ende der neunziger Jahre. Im Vorfeld der 2014 anstehenden Fortschreibung des WRRL-Bewirtschaftungsplans und Maßnahmenprogramms waren weitere Neukartierungen erforderlich. 2012 und 2013 wurden durch externe Ingenieurbüros die gemäß

WRRL berichtspflichtigen 8 000 km Fließgewässer in Hessen ohne die großen Ströme (Rhein, Main, Neckar und Weser) kartiert.

Das Gesamtergebnis sowie das Projekt der Neukartierung wurden bereits im Gewässerkundlichen Jahresbericht 2015 dargestellt. Die Dokumente sind auf der Homepage des HLNUG zu finden.

Detailergebnisse inkl. Fotos und generierte Kartierbögen sind bereits seit 2015 im WRRL-Viewer des HLNUG zu finden (<http://wrrl.hessen.de>) (Abb. 50).

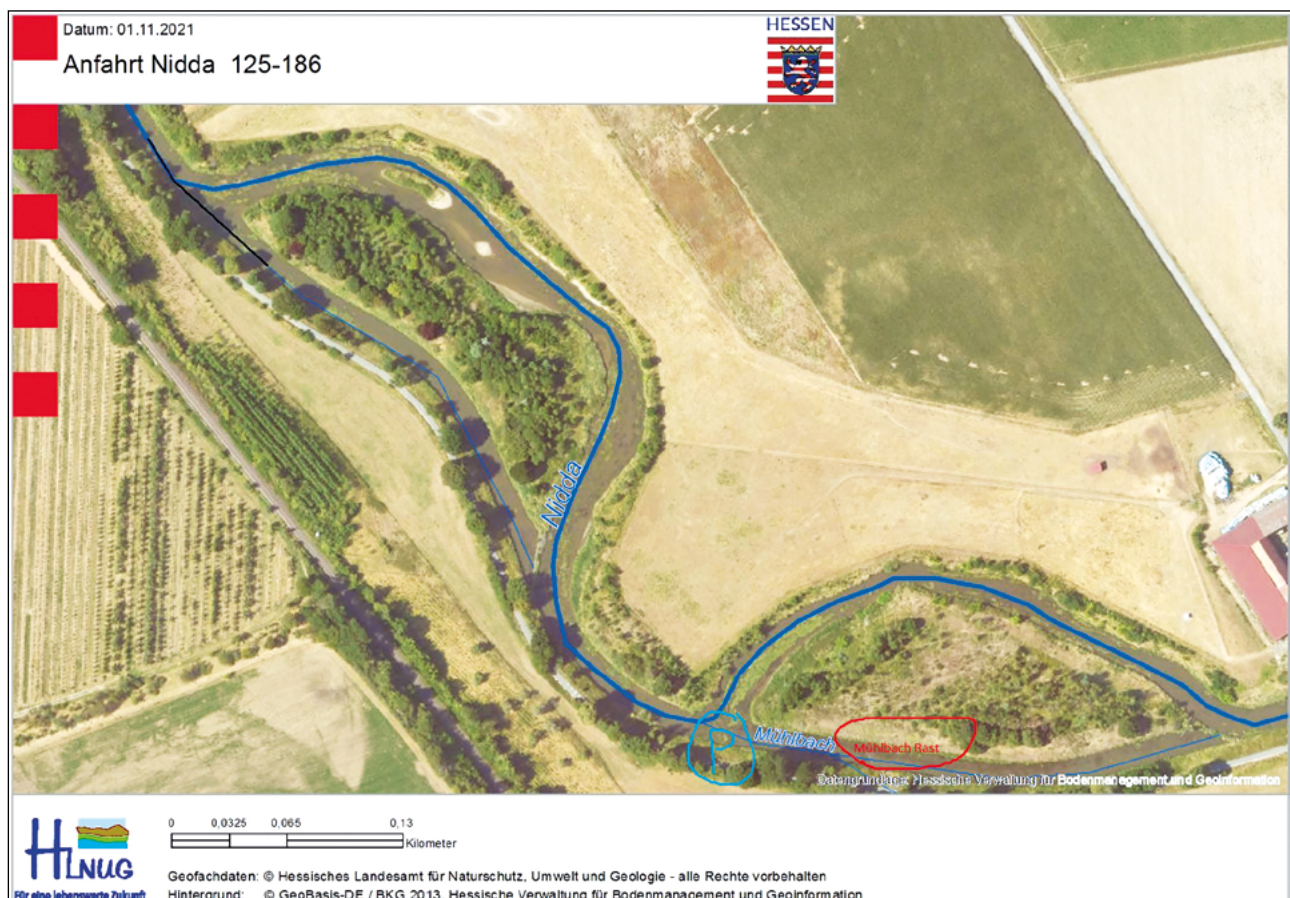


Abb. 50: Luftaufnahme renaturierter Abschnitte an der Nidda bei Gronau (Bad Vilbel)

Kontinuierliche Nachkartierungen im Jahre 2021/2022

Um die Daten zur Gewässerstruktur aktuell zu halten, führt das HLNUG kontinuierliche Nachkartierungen von Änderungstrecken durch. Als Änderungstrecken werden Gewässerabschnitte bezeichnet, in denen sich aufgrund einer Renaturierungsmaßnahme, Maßnahmen der Gewässerunterhaltung, eigendynamischen Entwicklungen oder sonstigen Bau- und Ausgleichsmaßnahmen strukturelle Merkmale der Gewässermorphologie seit der letzten Strukturkartierung verändert haben.

Die Gewässerstrukturkartierung erfolgt üblicherweise in den Monaten November bis Mai, da die Gewässer sowie ihre Böschungs- und Uferbereiche in diesem Zeitraum aufgrund des Ruhens der Vegetationsperiode besser erreichbar und einsehbar sind.

Während der Kartiersaison 2021/2022 wurden Gewässerabschnitte an folgenden Bächen und Flüssen nachkartiert (Abb. 51–56):

Bereich Regierungspräsidium Darmstadt:

Seemenbach, Meerbach, Merkenfritzerbach, Nidda, Steinbach, Usa, Hellenbach, Weschnitz, Westerbach, Lattwiesengraben, Walluf

Bereich Regierungspräsidium Gießen:

Cyriaxweimarer Bach, Lahn, Dill, Reichenbach, Gräben bei Biebertal

Bereich Regierungspräsidium Kassel:

Alborn, Fulda, Gilsa, Nieste, Walkegraben, Schwalm, Haune, Gude

Die Ergebnisse der durch das HLNUG durchgeführten Nachkartierungen werden im Laufe des folgenden Jahres im WRRL-Viewer (<http://wrml.hessen.de>) dargestellt.

Grundlagen der Kartierungen

Die Neukartierung der Gewässerstrukturen in Hessen 2012/13 erfolgte auf Grundlage der „Kartieranleitung für die kleinen bis großen Fließgewässer“ (LANUV-Arbeitsblatt 18; 2012).

2019 wurde die „LAWA-Verfahrensempfehlung Gewässerstrukturkartierung – Verfahren für kleine bis mittelgroße Fließgewässer (1. Auflage 2000)“ durch die Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) überarbeitet und erweitert.

Die Kartierung der Gewässerstruktur im Gelände sowie die Auswertung, Speicherung und Weiterverarbeitung der erhobenen Daten erfolgt in Hessen mittels elektronischer Kartiersoftware (BEACH_GSG_3). Diese Software ist so angepasst, dass eine Auswertung der LAWA Kartieranleitungen möglich ist.



Abb. 51: Die Nidda, Abschnitt 153 (Niddaknie bei Dortelweil) mit Aufweitung



Abb. 52: Meerbach (bei Heppenheim), Abschnitt 19 mit neuem Gehölzbestand



Abb. 53: Prallbäume am Merkenfritzerbach (bei Gedern im Landkreis Wetterau), Abschnitt 51



Abb. 54: Die Lahn bei Caldern, Abschnitt 288 mit einem Absturz mit Fischtreppe



Abb. 55: Die Haune bei Sieglos (Landkreis Hersfeld-Rotenburg) Abschnitt 78 mit Inselbildung



Abb. 56: Die Schwalm bei Treysa (Schwalm-Eder-Kreis), Abschnitt 307 mit Laufverzweigungen

3.6 Untersuchungen zur Fauna und Flora der Fließgewässer

ELISABETH SCHLAG

Zielsetzung und Aufgabe

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

Zur Ermittlung des ökologischen Zustands/Potenzials werden Fauna und Flora der Gewässer untersucht. Die biologischen Qualitätskomponenten unterschei-

den 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. 57–60).



Abb. 57: Fische: Nase *Chondrostoma nasus*, © Korte, Institut für Gewässer- und Auenökologie (INGA), Riedstadt



Abb. 58: Makrozoobenthos: Köcherfliegenlarven *Brachycentrus subnubilus*

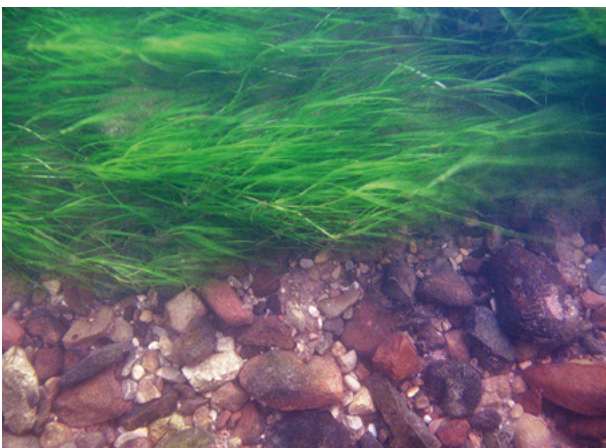


Abb. 59: Makrophyten: Sumpf-Teichfaden *Zannichellia palustris*, © van de Weyer, lanaplan, Nettetal

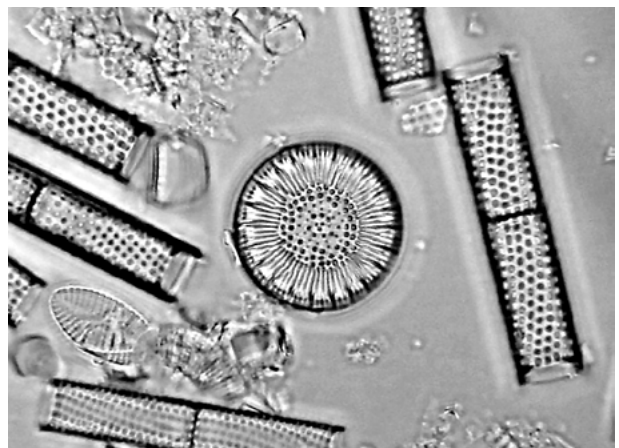


Abb. 60: Diatomeen: *Cyclotella radiosa*, © Werum, AGLHH, Frankfurt

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 EG-WRRL die Variabilität der Gewässer und deren Lebensgemeinschaften. Deshalb

wurde zunächst allen Gewässern ein entsprechender Gewässertyp zugeordnet (z. B. silikatischer grobmaterialreicher Mittelgebirgsbach oder silikatischer Mittelgebirgsfluss). Die ökologische Bewertung erfolgt dann für die verschiedenen Typen entsprechend unterschiedlich. Dabei werden die Gewässer in fünf ökologische Zustandsklassen von sehr gut bis schlecht eingestuft. Bei einer festgestellten Zustandsklasse von mäßig oder schlechter unterscheidet sich die Lebensgemeinschaft zu stark von der einer natürlichen oder naturnahen Biozönose und es müssen Maßnahmen zur Verbesserung des ökologischen Zustands ergriffen werden.

Um den von der EG-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 und stofflichen Bereich der Gewässeruntersuchungen liefern.

Entsprechend der o. g. Kriterien wurden in 2022 im

Auftrag des HLNUG an insgesamt 798 Probestellen (PS) die verschiedenen biologischen Qualitätskomponenten erfasst (siehe Abb. 61).

Im vorliegenden Gewässerkundlichen Jahresbericht 2022 werden die Ergebnisse der bereits in 2021 durchgeführten Probenahme der Diatomeen dargestellt. Aufgrund fehlender Kapazitäten von Fachbüros konnte die vollständige Auswertung der Proben erst im Herbst 2022 erfolgen. Die Darstellung der Diatomeen-PS befindet sich im Gewässerkundlichen Jahresbericht 2021 [2].

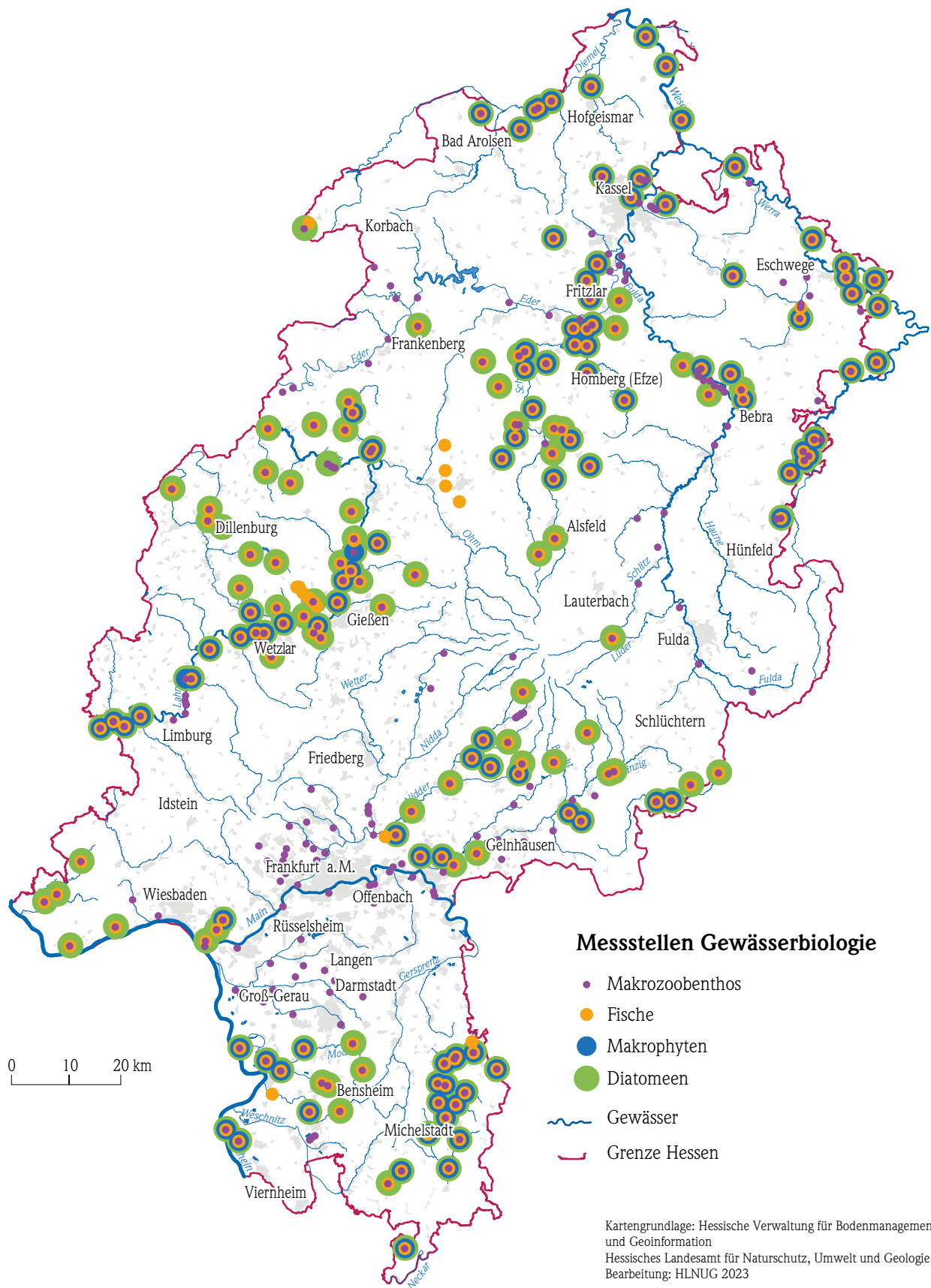


Abb. 61: Messstellen Gewässerbiologie 2022

Fische

An 191 Probestellen wurde der Fischbestand untersucht. Davon wurden an 10, sich meist in größeren Flüssen befindenden PS, zur Ermittlung der stofflichen Belastung der Fischfauna zusätzlich Fische zu Biota-/Gewebeuntersuchungen entnommen. Weiterhin fanden an einem Gewässerabschnitt der Hoppecke Befischungen nach FFH-Methode zur Bestandserfassung der Groppe und am Erfelder Altrhein zur Erhebung des Steinbeißers statt. An 26 PS konnten aufgrund trockengefallener Gewässerabschnitte keine Befischungen durchgeführt werden. In die folgende Auswertung gehen somit die restlichen 165 PS ein.

An 3,0 % (5 PS) wurde ein sehr guter und an 20,6 % (34 PS) ein guter ökologischer Zustand bezüglich der Fischfauna erreicht. 26,1 % (43 PS) wurden in die Zustandsklasse mäßig eingestuft. Der unbefriedigende ökologische Zustand wurde an 29,1 % (48 PS), der schlechte an 21,2 % (35 PS) vorgefunden (siehe Abb. 62).

Die Ergebnisse der Biota-Untersuchungen lagen zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Berichtes noch nicht vor.

In der Hoppecke wurden in 2022 fünf adulte Individuen und keine Jungfische der FFH-Art Groppe gefunden. Bei der vorherigen FFH-Befischung in 2020 wurden insgesamt 23 Individuen, davon 10 Jungfische, erfasst. Eine Ursache für das Fehlen von Jungfischen und auch der geringe Anteil an adulten Individuen in 2022 im Vergleich zu 2020 konnte nicht ermittelt werden, da sowohl die Erfassungsbedingungen, als auch die Habitatqualität und Beeinträchtigungen in beiden Untersuchungsjahren gleich waren. Hinsichtlich der FFH-Art Steinbeißer im Erfelder Altrhein waren die Individuenzahlen 2022 in etwa gleich zu 2020. 2022 wurden insgesamt 215 Individuen des Steinbeißers, davon 20 Jungfische, und in 2020 219 Individuen, davon 33 Jungfische, gefunden.

Der Hitzesommer 2022 brachte anhaltend hohe Temperaturwerte und Niedrigwasserstände über die Monate Juni bis August. Langanhaltende Hitze- und Niedrigwasserphasen lösen zunehmend mehr akute Belastungen aus. Besonders kritisch für Fische kann es in Verbindung mit einer schlechten Sauerstoffversorgung werden. Insbesondere in stau-regelten Flüssen kann es – u. a. auch infolge der verlängerten Aufenthaltszeit des Wassers – zu thermischen Belastungen und damit einhergehenden Sauerstoffdefiziten kommen. Im Juli überschritten die Wassertemperaturen im Main den nach der Oberflächengewässerverordnung (OGewV, Anlage 7 [3]) 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. Eine Häufung hitzebedingter Fischsterben wurde an den Fließgewässern in Hessen in Sommerhalbjahr 2022 jedoch nicht beobachtet (siehe Abb. 62).

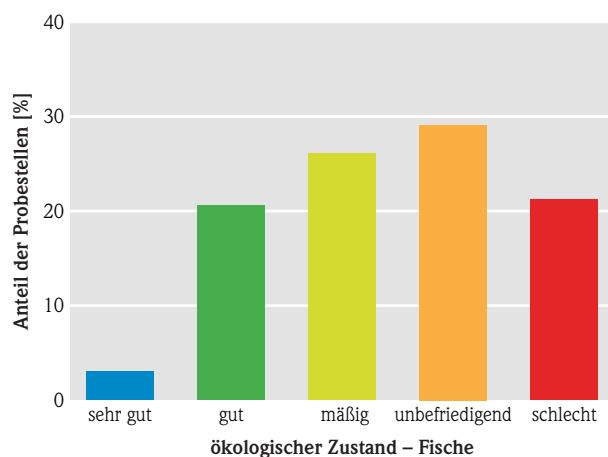


Abb. 62: Ergebnis der Fischbestandserhebung mit prozentualen Anteil der PS in der erreichten ökologischen Zustandsklasse

Makrozoobenthos

Makrozoobenthos wurde an 320 PS untersucht. Darunter waren 6 PS, 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 und Hessen ein gemeinsames Klima-Biomonitoring durchgeführt. Ziel des Klima-Biomonitorings ist die Abschätzung der Auswirkungen möglicher Klimaveränderungen auf die Fließgewässerfauna.

Die Ergebnisse der KLIWA-Untersuchungen lagen zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Berichtes noch nicht vor.

Makrozoobenthos wird aufgrund der Lebenszyklen und Schlupfzeiten der Wasserinsekten in den Bächen von Anfang Januar bis spätestens Mitte April und in den Flüssen und Strömen von Anfang Mai bis spätestens Ende Juni beprobt. Damit wurden die Untersuchungen der Bäche, in denen sich ca. zwei Drittel der PS befanden, bereits im Frühjahr, also vor dem Dürresommer, durchgeführt. Auch die zeitlich spätere Beprobung der Flüsse und Ströme blieb weitgehend von den Folgen des Hitzesommers unbeein-

flusst, was sich in nur einer ausgetrockneten Probe-stelle widerspiegelt.

In die Bewertung gehen somit 319 PS ein. Der sehr gute ökologische Zustand wurde an 1,6 % (5 PS) erreicht. Bei 27,6 % (88 PS) wurde ein guter ökologischer Zustand festgestellt. 24,8 % (79 PS) wurden in eine mäßige ökologische Zustandsklasse eingestuft. Einen unbefriedigenden ökologischen Zustand erzielten 19,4 % (62 PS) und einen schlechten 26,6 % (85 PS) der PS (siehe Abb. 63).

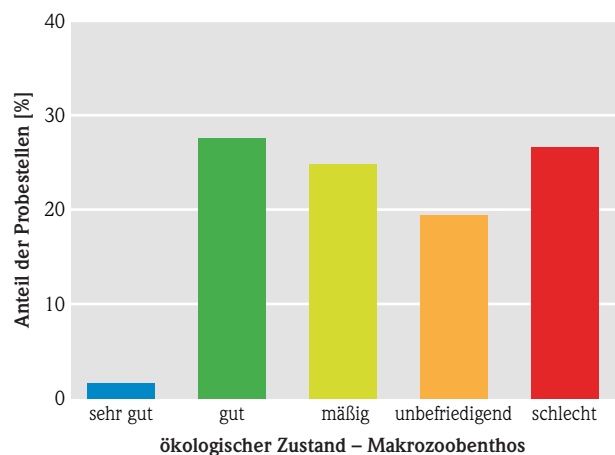


Abb. 63: Ergebnis der Makrozoobenthoserhebung mit prozentualem Anteil der PS in der erreichten ökologischen Zustandsklasse

Makrophyten

Makrophyten wurden an 109 PS kartiert. An 12 PS konnten keine Wasserpflanzen festgestellt werden. Davon waren 8 PS ausgetrocknet und an 4 PS aus nicht näher bestimmbar Ursachen keine Makrophyten vorhanden. Von den verbleibenden 97 PS erreichten 3,1 % (3 PS) eine sehr gute ökologische Zustandsklasse. Eine gute Zustandsklasse wurde bei 20,6 % (20 PS) und eine mäßige Zustandsklasse wurde bei 36,1 % (35 PS) vorgefunden. 29,9 % (29 PS) wurden in die ökologische Zustandsklasse unbefriedigend und 10,3 % (10 PS) in die Zustandsklasse schlecht eingestuft (siehe Abb. 63).

Die Kartierung der Makrophyten erfolgt verfahrensgemäß von Ende Juni bis Mitte September. Damit fielen die Kartierungen 2022 noch in die von hohen

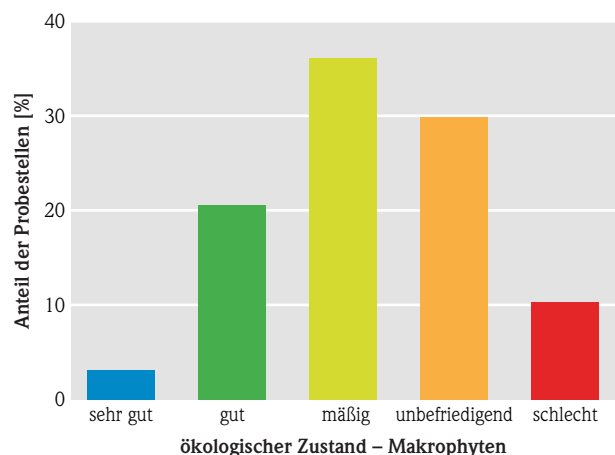


Abb. 64: Ergebnis der Makrophytenkartierung mit prozentualem Anteil der PS in der erreichten ökologischen Zustandsklasse

Temperaturen und niedrigen Wasserständen gekennzeichneten Monate Juni bis August. Veränderungen im Arteninventar gab es bei den wasserführenden Gewässern allerdings nur an den PS der Weser. Hier war ein häufiges Vorkommen von aquatischen Neo-

phyten aus den Subtropen wie *Azolla filiculoides* (Algenfarn) zu beobachten. Der Algenfarn profitiert vermutlich von den hohen Wassertemperaturen (siehe Abb. 64).

Diatomeen 2022

Es wurden 178 Diatomeenproben entnommen, deren vollständige Auswertung in 2023 erfolgen wird. Die Lage der Messstellen ist in Abbildung 61 dargestellt;

die Ergebnisse finden Eingang in den Gewässerkundlichen Jahresbericht 2023.

Diatomeen 2021

In 2021 wurden an 173 PS Diatomeenproben genommen.

Neun PS davon konnten nicht in die Bewertung eingehen, da die entsprechenden Gewässerabschnitte ausgetrocknet waren. Die Bewertung des ökologischen Zustands erfolgte anhand des Trophie-Indexes nach Pfister et al. (2016) und mit den Klassengrenzen nach Boxen (2018) [3].

Von den restlichen 164 PS erreichten eine sehr gute ökologische Zustandsklasse 5,5% (9 PS) und eine gute Zustandsklasse 25,0% (41 PS). In eine mäßige Zustandsklasse wurden 21,3% (35 PS) eingestuft. 38,4% (63 PS) wurden mit der ökologischen Zustandsklasse unbefriedigend bewertet. Die Zustandsklasse schlecht erreichten 9,8% (16 PS) (siehe Abb. 65.).

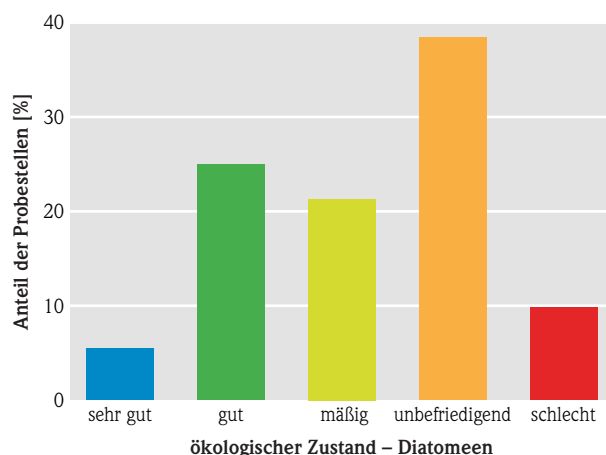


Abb. 65: Ergebnis der Diatomeenerhebung 2021 mit prozentualem Anteil der PS in der erreichten ökologischen Zustandsklasse

Ausblick 2023

An ca. 180 PS werden Fischbestandserhebungen durchgeführt. Dabei sollen an 7 PS Fische für Biota-Untersuchungen entnommen und an 1 PS ein FFH-Monitoring durchgeführt werden.

Makrozoobenthos wird an ca. 270 PS erfasst.

An ca. 100 PS sollen Makrophyten kartiert werden.

Diatomeenproben werden an ca. 180 PS genommen. Die taxonomische Auswertung dieser 2023 genommenen Proben erfolgt in 2024.

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 Fließgewässerbio-

logie sowie die seit 1970 erstellten Gewässergütekarten veröffentlicht.

Über den Stand der Umsetzung der EG-WRRL informiert das Hessische Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (HMUKLV) 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] HLNUG – Hessisches Landeamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (2022): Gewässerkundlicher Jahresbericht 2021. [https://www.hlnug.de/fileadmin/shop/publikationen/wasser/hydrologie/gwjb_21_211109_Web.pdf; Stand 04.05.2023]
- [3] 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/anlage_7.html; Stand: 04.05.2023]
- [4] HMUKLV – Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2015): Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie in Hessen – Bewirtschaftungsplan Hessen 2021–2027. [<https://flussgebiete.hessen.de/information/bewirtschaftungsplan-2021-2027>; Stand: 04.05.2023]
- [5] HMUKLV – Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2015): Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie in Hessen – Maßnahmenprogramm 2021–2027. [<https://flussgebiete.hessen.de/information/maassnahmenprogramm-2021-2027>; Stand: 04.05.2023]

3.7 Seen - Trophische Untersuchungen

MICHAEL HÄCKL, ANN KATRIN THOMAS

Seenmessprogramm, Zielsetzung und 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. 75 Seenmessstellen im hessischen Gütemessprogramm (siehe Abb. 66). 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 Badesegewässer 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 entwickeln 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.

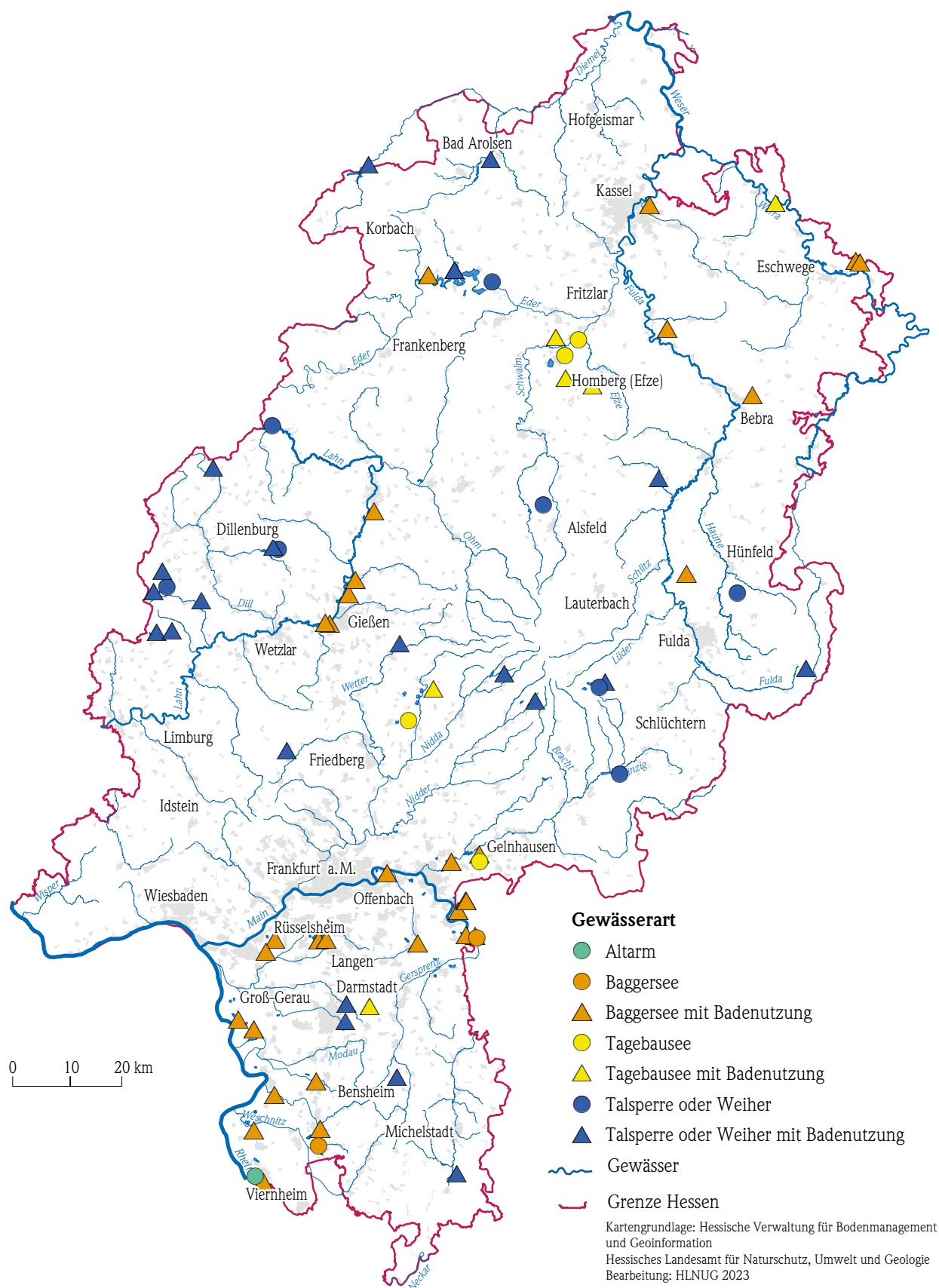


Abb. 66: Messstellen im aktuellen hessischen Seengütemessprogramm

Trophieklassifikation

Alle zu untersuchenden Seen werden hinsichtlich ihrer Trophie nach den Vorgaben der LAWA (Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser) klassifiziert. 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 Chlorophyll-a, 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.

Die im hessischen Gütemessprogramm befindlichen Seen wurden folgenden Seegruppen zugeordnet (siehe Tab. 13).

Die LAWA-Klassifizierung wurde für die Jahre 2010 bis 2022 angewendet und führte zu folgenden Ergebnissen für die Seen im aktuellen Messprogramm (jeweils letztes Ergebnis und nur eine Messstelle pro See) (siehe Tab. 14).

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, Uferlänge auch unter natürlichen Bedingungen (d.h.

Tab. 13: 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	21
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. 14: LAWA-Klassifizierung hessischer Seen

LAWA-Klassifizierung	Trophie-Index	Anzahl
oligotroph	≤ 1,50	10
mesotroph 1	1,51–2,00	10
mesotroph 2	2,01–2,50	14
eutroph 1	2,51–3,00	16
eutroph 2	3,01–3,50	12
polytroph 1	3,51–4,00	8
polytroph 2	4,01–4,50	1
hypertroph	> 4,50	1

ohne menschlichen Einfluss) keinen besseren Trophiezustand als eutroph 2 erreichen. In der nachfolgenden Tabelle sind die Trophie-Ergebnisse des Jahres 2022 dargestellt (siehe auch Abb. 67 und 68).

Insgesamt konnte 2022 eine positive Entwicklung der Trophie-Klassifizierung festgestellt werden. Neben vier oligotrophen Seen wurden drei Messstellen mit mesotroph 1, vier Messstellen mit mesotroph 2, sieben Messstellen mit eutroph 1 sowie vier Seen mit eutroph 2 ausgewiesen. Daneben erhielt der BUGA-See in Kassel die Einstufung polytroph 1.

An sechs Messstellen ergaben sich Verschlechterungen beim Trophie-Index, wobei dies an drei Messstellen (BUGA-See, Edertalsperre, Waldecker



Abb. 67: Borkener See 2022 – oligotroph



Abb. 68: Grüner See bei Hundelshausen (Witzenhausen) 2022 – eutroph 2

Tab. 15: Messwerte und Trophie-Klassifizierung 2022 (MW = Mittelwert, P_{ges}= Gesamtphosphor, Zirkul. = Zirkulation, Ges. = gesamt)

See, Messstelle	Gemeinde	See Typ nach LAWA	MW Chlorophyll [µg/l]	Sichttiefe-Saison-Mw [m]	MW P _{ges} [mg/l]	MW P _{ges} -Zirkul. (Frühjahr) [mg/l]	Ges-Trophie-Index	Trophie-klasse	Trophie Index Zuvor
Aartalsperre, v. Staudamm	Bischoffen	polygr3m	8,6	2,6	0,024	0,019	2,27	mesotroph_2	2,75
Badesee Heuchelheimer See 2	Heuchelheim	TLgesch	12,0	2,1	0,022	0,040	2,52	eutroph_1	2,85
Borkener See, Südteil	Borken (Hessen)	TLgesch	2,4	7,6	0,005	0,005	0,81	oligotroph	1,69
BUGA See, Südteil	Kassel	polygr3m	70,2	2,0	0,125	0,081	3,64	polytroph_1	3,48
Edertalsperre, Waldecker Bucht	Edertal	geschTS	12,1	2,5	0,028	0,044	2,66	eutroph_1	2,39
Grosser Pfordter See	Schlitz	AVAMG-gesch	13,5	1,4	0,030	0,031	2,75	eutroph_1	3,41
Grüner See	Witzenhausen	polykl3m	40,1	0,9	0,034	0,019	3,16	eutroph_2	3,25
Guckalsee	Poppenhausen	polykl3m	24,2	1,0	0,050	0,030	3,11	eutroph_2	3,42
Usingen, Hattsteinweiher	Usingen	polykl3m	19,8	1,0	0,029	0,026	2,88	eutroph_1	3,17
Launsbacher See	Wettenberg	polygr3m	3,9	2,9	0,014	0,012	1,78	mesotroph_1	2,26
Raunheimer Waldsee	Raunheim	polygr3m	1,4	0,9	0,007	0,005	0,74	oligotroph	1,63
Riedsee Leeheim, nördl. See	Riedstadt	tlgesch	3,8	6,1	0,007	0,013	1,29	oligotroph	1,68
Silbersee Frielendorf, Südteil	Frielendorf	AVAMG-gesch	6,4	2,3	0,014	0,013	2,05	mesotroph_2	2,62
Stauweiher Ewersbach	Dietzhöhlztal	polykl3m	3,3	1,9	0,019	0,005	1,71	mesotroph_1	1,77
Trais-Horloffter See	Hungen	tlgesch	4,7	3,1	0,008	0,012	1,61	mesotroph_1	2,27
Twistetalsperre, v. Staudamm	Bad Arolsen	polygr3m	15,4	3,5	0,028	0,055	2,58	eutroph_1	2,80
Badesee Vogel, Geinsheim	Trebur	polygr3m	11,6	3,0	0,014	0,012	2,13	mesotroph_2	2,41
Waldschwimmbad Rüsselsheim	Rüsselsheim	polygr3m	11,9	1,8	0,023	0,016	2,47	mesotroph_2	2,43
Waldsee Winkels	Mengerskirchen	geschklein	13,6	1,1	0,052	0,057	3,10	eutroph_2	2,66
Badesee Walldorf	Mörfelden-Walldorf	tlgesch	2,5	3,8	0,009	0,005	1,23	oligotroph	1,79
Werratalsee, Ostteil	Meinhard	polygr3m	28,9	1,9	0,032	0,029	2,93	eutroph_1	2,74
Werratalsee, Westteil	Eschwege	polygr3m	51,1	1,3	0,050	0,028	3,31	eutroph_2	3,15
Wissmarer See, Seemitte	Wettenberg	polykl3m	14,8	1,6	0,024	0,023	2,59	eutroph_1	3,37

Bucht sowie Waldsee Winkels) dazu führte, dass die Trophieklasse im Gegensatz zur vorherigen Untersuchung herabgestuft wurde. So konnte z. B. am Waldsee Winkels bei der Untersuchung 2018 die Trophieklasse eutroph 1 festgestellt werden, wobei vier Jahre später bei den Untersuchungen 2022 der See mit eutroph 2 klassifiziert wurde.

An sechs weiteren Messstellen konnten leichte Trophie-Verbesserungen festgestellt werden. Besonders deutlich fiel die positive Entwicklung an elf Messstellen auf, die sich jeweils um eine Trophieklasse verbesserten. Mit einer Index-Änderung von 0,89 konnte der Badensee Raunheimer Waldsee 2022 eine oligotrophe Klassifizierung erreichen, während im

Untersuchungsjahr 2018 noch die Trophieklasse mesotroph 1 festgestellt wurde. Des Weiteren rutschten z. B. auch der Hattsteinweiher oder der Riedsee Leeheim in die nächst bessere Trophieklasse, obwohl die Index-Änderungen deutlich geringer ausfielen. Hier reichten vergleichsweise geringe Verbesserungen im Bereich der definierten Klassengrenzen aus, um eine bessere Klassifizierung zu erlangen.

Welche Ursache diese insgesamt positive Entwicklung hat, 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 Grundwasserstockwerksbau erfolgt die Grundwasserneubildung in den tieferen Stockwerken nicht direkt aus dem Niederschlag, sondern durch Leckage aus dem jeweils überlagernden Stockwerk. 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.

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

Die Grundwasserneubildung lässt sich mittels hydrogeologischer Modelle errechnen. In Hessen kommt ein zweistufiges GIS-gestütztes Verfahren zum Einsatz, bei dem ein Bodenwasserhaushaltsmodell mit einem speziell für Hessen entwickelten Regressionsmodell gekoppelt wurde. Mit diesem Modell errechnet sich für die Referenzperiode 1971–2000 ein langjähriges Flächenmittel von 102 mm/a, das heißt, pro Quadratmeter Landesfläche werden jährlich im Mittel 102 mm (entspricht 102 Liter) Grundwasser aus dem Niederschlag neu gebildet.

Umgerechnet auf die Fläche Hessens werden somit im langjährigen Mittel (1971–2000) jährlich rd.

2,13 Mrd. m³ Grundwasser neu gebildet. Demgegenüber werden jährlich rd. 407 Mio. m³ Grundwasser entnommen. Der Vergleich zeigt, dass hessenweit jährlich rd. 5-fach mehr Grundwasser neu gebildet als gefördert wird. Nicht genutztes Grundwasser strömt über die Vorflut als grundwasserbürtiger Abflussanteil wieder ab.

Das zuvor genannte Verfahren zur Ermittlung der Grundwasserneubildung aus Niederschlag ist ursprünglich für die Ermittlung langjähriger Mittelwerte der Grundwasserneubildung entwickelt worden. Unter Inkaufnahme gewisser Modellunsicherheiten wird das Verfahren im HLNUG auch für die Ermittlung von jährlichen Grundwasserneubildungsraten eingesetzt. Die Karte (siehe Abb. 69) zeigt eine Übersichtsdarstellung der modellierten Grundwasserneubildung aus Niederschlag für das Jahr 2022. Die flächenhafte Verteilung der Grundwasserneubildung folgt in etwa dem Niederschlag, wobei in Gebieten mit hohen Direktabflussanteilen, geringen Speichereigenschaften (z. B. Rheinisches Schiefergebirge) und hohen Verdunstungsraten (z. B. Rhein-Main Gebiet und Wetterau) die Grundwasserneubildung aus Niederschlag geringer ausfällt.

Das Flächenmittel der Grundwasserneubildung betrug für das Jahr 2022 für Hessen 54 mm und lag mit 47 % deutlich unter dem langjährigen Mittelwert der Referenzperiode 1971–2000. Die geringe Grundwasserneubildung im Jahr 2022 ist auf die unterdurchschnittlichen Niederschläge in den neubildungsrelevanten Monaten, die hohen Verdunstungsraten und der daraus resultierenden niedrigen Sickerwasserrate zurückzuführen. 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 Grundwasser Oberfläche und trägt maßgeblich zur Grundwasserneubildung bei.

In Abbildung 69 ist der Verlauf der monatlichen Sickerwasserrate im Jahr 2022 im Vergleich zu den langjährigen Mittelwerten dargestellt. Im Jahresgang der Sickerwasserrate gab es teilweise deutliche Abweichungen gegenüber dem langjährig mittleren Verlauf.

Deutlich zu gering fiel die Sickerwasserrate in den grundwasserneubildungsrelevanten Monaten März, April, Mai, Oktober, November und Dezember aus, was auf die niedrigen Niederschlagssummen in diesen Monaten zurückzuführen ist. Überdurchschnittlich hoch fiel die Sickerwasserrate dagegen in den Monaten Februar, September und Oktober aus. Durch die von Mai bis August andauernde trocken-heiße Witterung kam es in Gebieten mit geringen Flurabständen zur Grundwasserzehrung infolge kapillaren Aufstiegs. Während dieser sehr trockenen und heißen Phase des letzten Jahres konnten verbreitet deutlich fallende Grundwasserstände beobachtet werden (vergl. Kap. 4.2).

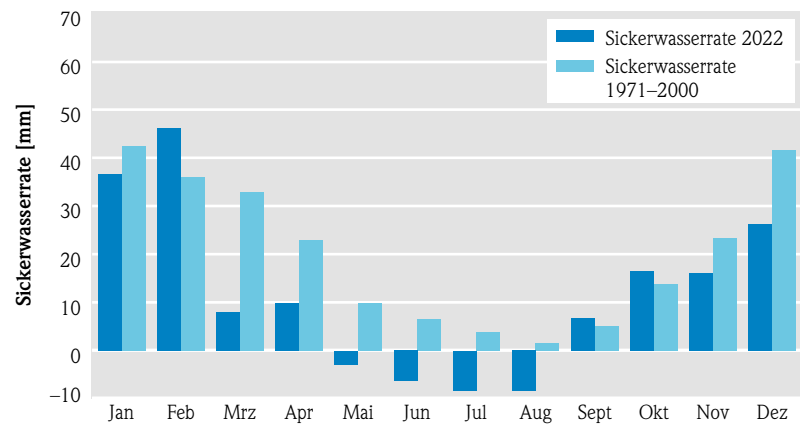


Abb. 69: Monatliche Sickerwasserraten in Hessen

In der Summe fiel die Sickerwasserrate in insgesamt neun Monaten unterdurchschnittlich aus, was schließlich zu der geringen Grundwasserneubildung im Kalenderjahr 2022 geführt hat.

Die Jahreswerte der Grundwasserneubildung unterliegen extremen Schwankungen, der Schwankungsbereich beträgt mehr als 200 mm (siehe Abb. 70). Für den gesamten Betrachtungszeitraum 1951–2022 ist

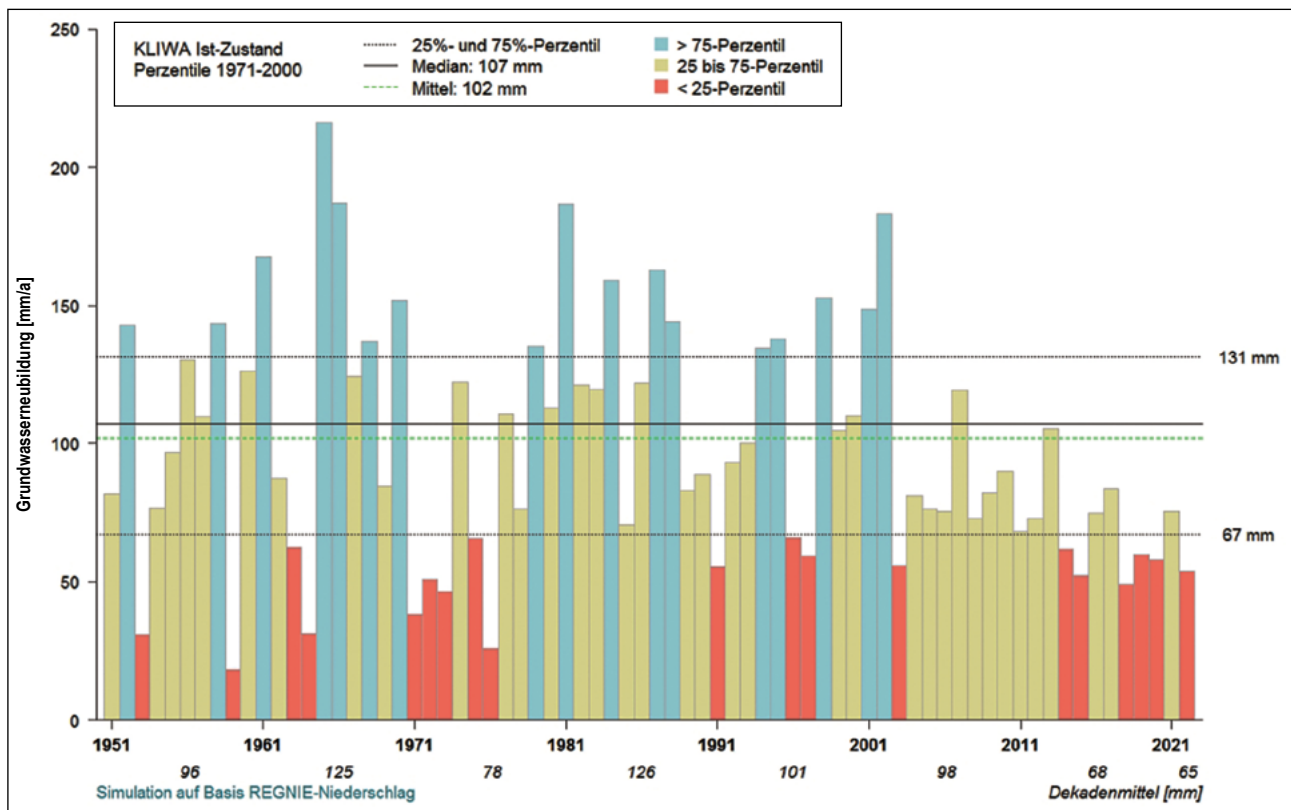


Abb. 70: Langjährige Entwicklung der Grundwasserneubildung in Hessen

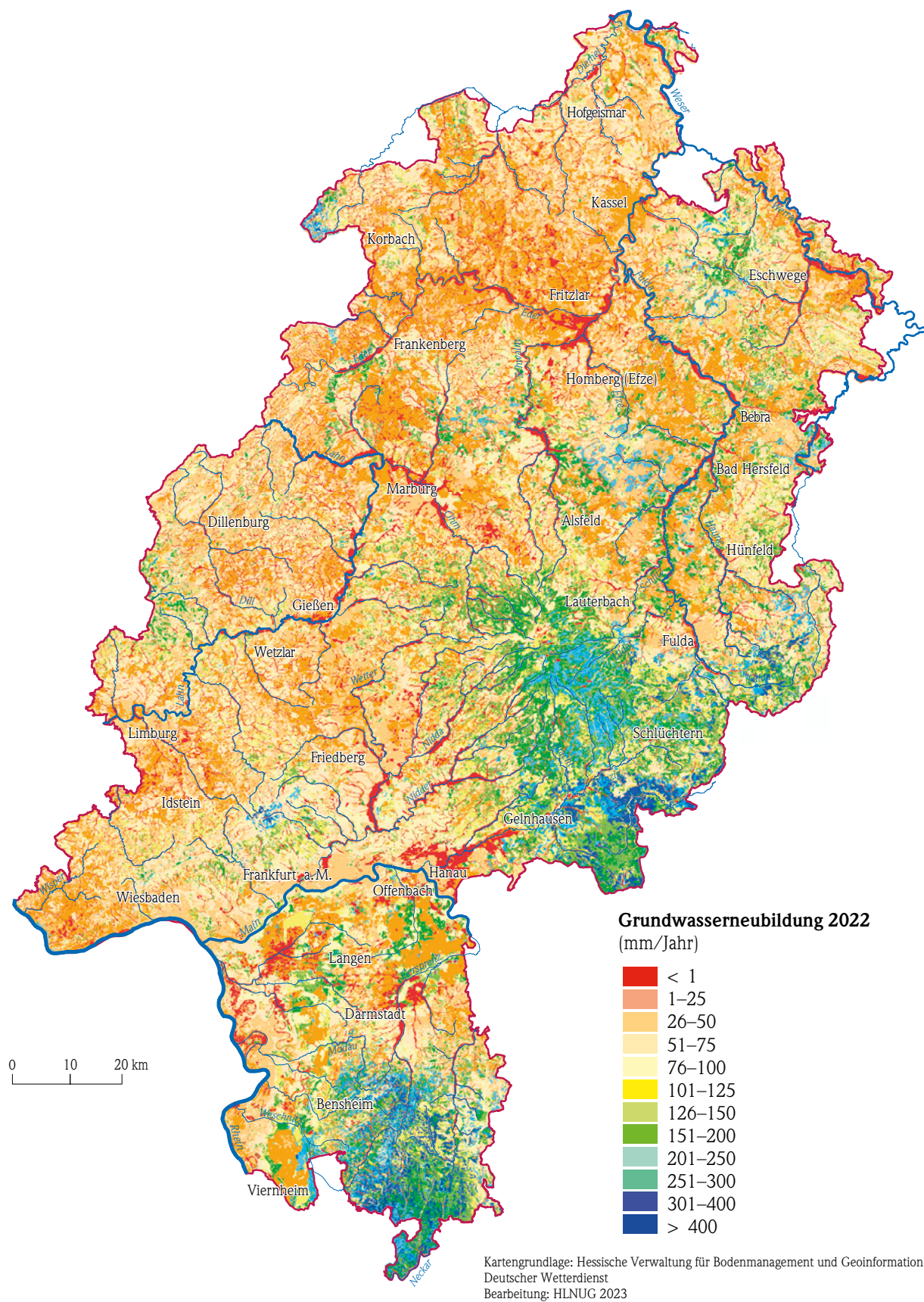


Abb. 71: Flächenhafte Darstellung der Jahressumme der Grundwasserneubildung aus Niederschlag für das Jahr 2022

kein einheitlicher Trend erkennbar. Auffällig ist, dass die bis zum Jahr 2003 zu beobachtende große jährliche Variabilität ab dem Jahr 2003 deutlich weniger ausgeprägt ist und die jährliche Grundwasserneubildung meist unterhalb des langjährigen Mittelwertes liegt. Ausgeprägte grundwasserneubildungsreiche Nassjahre wurden in Hessen seit 2003 nicht mehr beobachtet. Dadurch lag die Grundwasserneubildung in den vergangenen 20 Jahren (seit 2003) 28 % unter dem langjährigen Mittel (1971–2000).

Das Jahr 2022 hat den Trend der letzten Jahre zu niedrigeren Grundwasserneubildungsraten fortgesetzt. Dadurch konnten sich die infolge der trockenen Vorjahre vielerorts gesunkenen Grundwasserstände der jeweils oberen Grundwasserleiter noch nicht wieder erholen (vergl. Kap. 4.2). Für eine nachhaltige Regeneration der Grundwasserspeicher wären ergiebige Niederschläge über einen längeren Zeitraum notwendig. Um die bestehenden Defizite im Grundwasser auszugleichen, wären vermutlich zwei oder mehr Neubildungsreiche Nassjahre in Folge erforderlich.

4.2 Grundwasserstände und Quellschüttungen

MARIO HERGESELL

Grundwassermessnetz, Zielsetzung und Aufgabe

Das Grundwasser ist Teil des Wasserkreislaufs. Die Schwankungen der Grundwasserstände und der Quellschüttungen sind ein sicht- und messbarer Ausdruck für die Vorratsänderungen in den Grundwasserstockwerken.

Üblicherweise findet die Regeneration der Grundwasserressourcen vor allem im hydrologischen Winterhalbjahr (November–April) statt. Aufgrund der jahreszeitlich bedingt niedrigen Verdunstungsraten und der Vegetationsruhe kann ein Großteil der Niederschläge in die Böden versickern. Die einhergehende Grundwasserneubildung lässt die Grundwasserstände steigen.

Im hydrologischen Sommerhalbjahr (Mai bis Oktober) kommt dagegen kaum oder nur wenig Niederschlagswasser im Grundwasser an, da die Vegetation das Wasser verbraucht und es wegen der höheren Temperaturen verdunstet. 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. Man spricht hier deshalb auch von saisonalen Schwankungen. Aufgrund der natürlichen Klimavariabilität von Temperatur und Niederschlag kommt es häufig zu Abweichungen gegenüber den mittleren Verhältnissen. In Zeiten länger andau-

render Trocken- und Nassperioden werden die saisonalen Schwankungen durch periodische Schwankungen überlagert.

Im Rahmen des Landesgrundwasserdienstes wird ein flächendeckendes Messnetz (siehe Abb. 72) unterhalten, das für Grundwasserstände und Quellschüttungen repräsentative Werte liefert.

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

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

- Grundwasserstände
- Quellschüttungen
- Grundwasserbeschaffenheitsanalysen
- Stammdaten

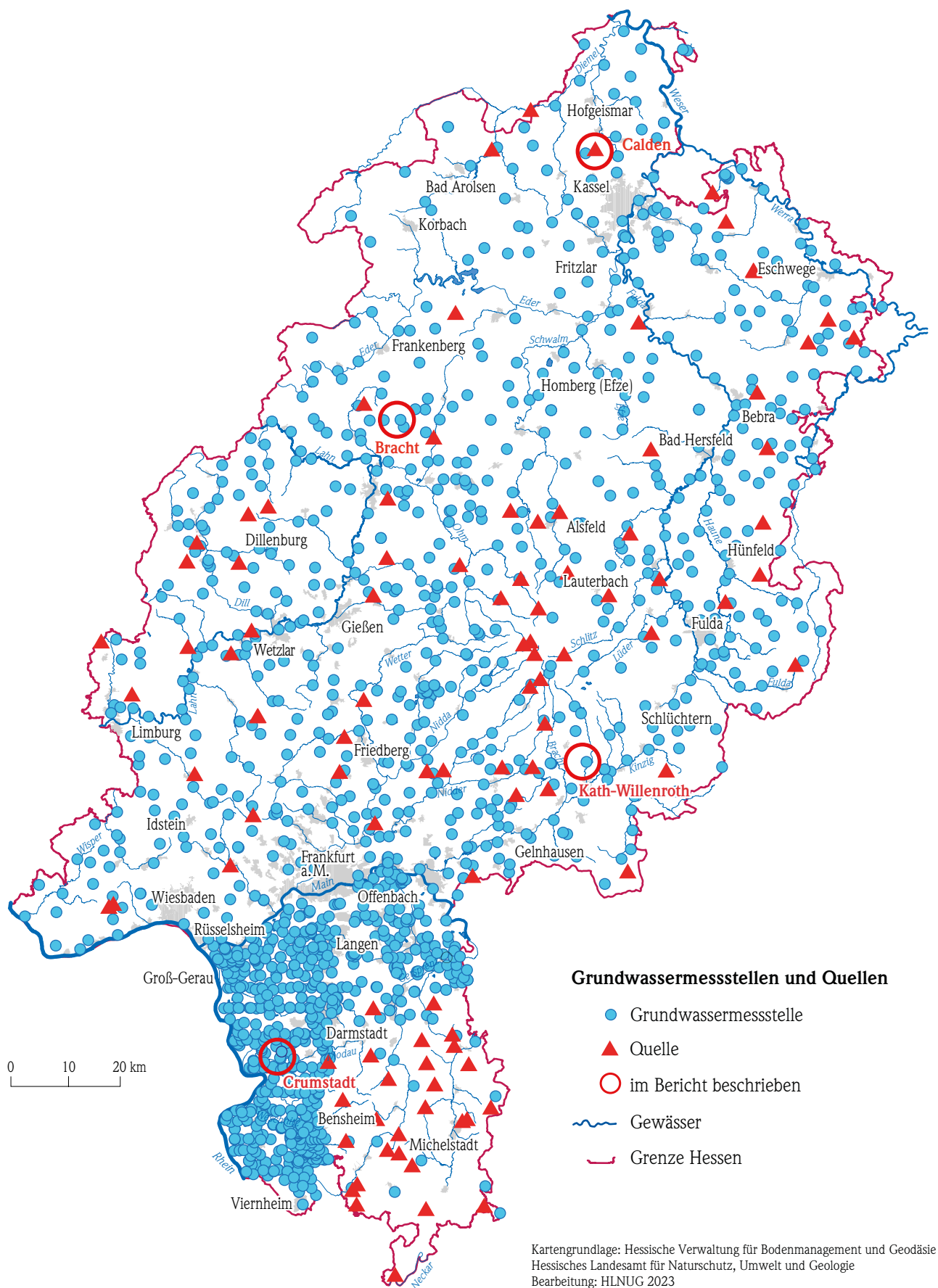


Abb. 72: Messstellen zur Überwachung der Grundwasserstände und Quellschüttungen

Ergebnisse 2022

Aufgrund des erheblichen Niederschlagsdefizits des extremen Trockenjahrs 2018 und der trockenen Folgejahre 2019 und 2020 sind die Grundwasserstände in Hessen in den letzten Jahren vielerorts deutlich zurückgegangen. Nach den drei zu trockenen Jahren in Folge lag die Niederschlagsmenge im Jahr 2021 mit 745 mm nur geringfügig (–2 %) unter dem langjährigen Mittel der Referenzperiode 1991–2020. Das Jahr 2022 fiel mit rund 681 mm im Vergleich zur Referenzperiode 1991–2020 etwas zu trocken aus (–80 mm / –11 %). Allerdings fielen die monatlichen Niederschlagsmengen über das Jahr hinweg sehr unterschiedlich aus (s. Kap. 2.4).

Aufgrund der trockenen Witterung im Herbst 2021 und zu Beginn des hydrologischen Winterhalbjahres 2021/2022 fielen die Grundwasserstände vielerorts bis in den Dezember hinein. Die zu Beginn des hydrologischen Winterhalbjahres (November–April) häufig zu beobachtende Trendwende zu steigenden Grundwasserständen blieb zunächst aus. Erst Ende Dezember 2021 konnten infolge einsetzender Niederschläge zunehmend Anstiege im Grundwasser beobachtet werden.

Das Jahr 2022 begann überdurchschnittlich nass. Durch die ergiebigen Niederschläge im Januar und Februar setzten sich die Anstiege fort und sorgten für eine vorübergehende Erholung der Grundwasserstände. Durch die Trockenheit im März flachten die Anstiege ab und es stellten sich zunehmend auch wieder rückläufige Grundwasserverhältnisse ein. Die überdurchschnittlichen Niederschläge im April sorgten am Ende des hydrologischen Winterhalbjahres vielerorts noch einmal für Anstiege im Grundwasser. In der Summe bewirkte die wechselhafte Witterung des hydrologischen Winterhalbjahres 2021/2022 nur für eine moderate Erholung der Grundwasserstände.

Die von Mai bis August andauernde extreme Trockenheit hat zu deutlich sinkenden Grundwasserständen und einem Höhepunkt der Niedrigwassersituation im August geführt. Ende August 2022 bewegten sich die Grundwasserstände in Hessen an 60 % der Messstellen auf einem sehr niedrigen Niveau. Rund 22 % der Messstellen wiesen unterdurch-

schnittliche Grundwasserstände auf. Erst die ergiebigen Niederschläge im September sorgten vielerorts für erste Entspannungssignale und eine Trendwende im Grundwasser. Durch die leicht überdurchschnittlichen Niederschläge im Oktober setzte sich die Entspannung fort. Trotz leicht unterdurchschnittlicher Niederschläge im November und Dezember waren vielerorts moderat steigende Grundwasserstände zu beobachten. Die Anteile der Messstellen mit unterdurchschnittlichen und sehr niedrigen Grundwasserständen sind von September bis Dezember kontinuierlich über vier Monate hinweg gesunken. Trotz dieser leichten Entspannung im Grundwasser wurde das für Dezember übliche Grundwasserstandsniveau weiterhin an mehr als der Hälfte der Messstellen unterschritten.

Im Dezember 2022 bewegten sich die Grundwasserstände in Hessen an 26 % der Messstellen auf einem sehr niedrigen Niveau. Rund 28 % der Messstellen wiesen unterdurchschnittliche Grundwasserstände auf. Durchschnittliche Grundwasserstände wurden an 37 % der Messstellen beobachtet. Überdurchschnittliche oder sehr hohe Grundwasserstände wurden nur an 6 % bzw. 0 % der Messstellen registriert. An 3 % der Messstellen lagen keine aktuellen Daten vor. Im Vergleich zum Vorjahr lagen die Grundwasserstände am Ende des Jahres an 59 % der Messstellen auf einem niedrigeren Niveau. An 41 % der Messstellen wurden höhere Grundwasserstände als im Dezember 2021 beobachtet. Die am Jahresende verzeichneten Defizite im Grundwasser waren nicht nur auf den Witterungsverlauf des Jahres 2022, sondern im Wesentlichen auf das hohe Niederschlagsdefizit des extrem trockenen Jahres 2018 und der trockenen Folgejahre 2019 und 2020 zurückzuführen.

Die über einen langen Zeitraum entstandenen Defizite im Grundwasser können nicht durch einzelne Niederschlagsereignisse ausgeglichen werden. Für eine nachhaltige Erholung der Grundwasserstände werden über längere Zeiträume andauernde und ergiebige Niederschläge benötigt. Damit sich die Grundwasserspeicher wieder vollständig füllen können, müssten zwei Neubildungsreiche Jahre aufeinanderfolgen. Das war zuletzt in den Jahren 2001 und 2002 der Fall (vergl. Kap. 4.1).

Die zeitliche Entwicklung der Grundwasserstände und Quellschüttungen 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 (Niederschlagsmenge, Durchlässigkeit, Speichervermögen, Tiefe des Grundwassers und Mächtigkeit des Grundwasserleiters) und die daraus resultierende unterschiedliche Dynamik (Reaktionszeit) des Grundwassers.

Die Schwankungen der Grundwasserstände sind im Wesentlichen geprägt durch die Höhe der Grundwasserneubildung (vergl. 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. 72) dargestellt. Zum Vergleich werden die Ganglinien des Jahres 2022 zusammen mit dem Verlauf von Jahren mit besonders niedrigen und hohen Grundwasserständen dargestellt (Abb. 73–76).

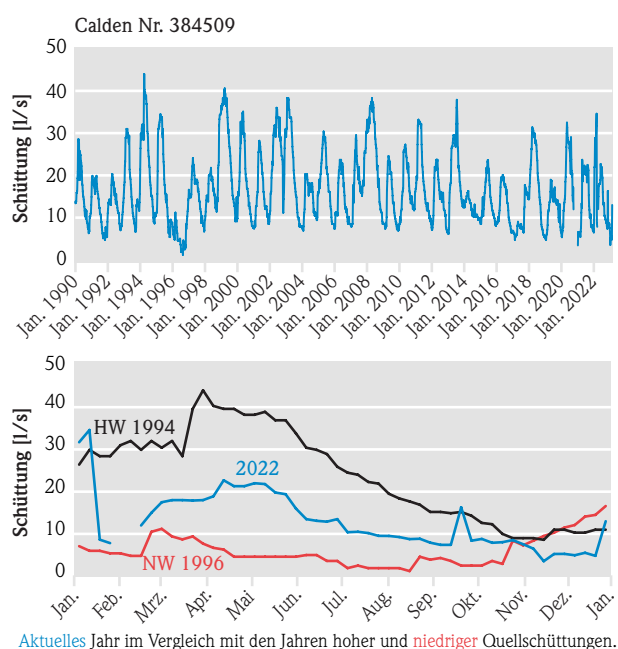


Abb. 73: Schüttungsganglinie der Quelle Calden

Die Schüttung der Quelle Calden nördlich von Kassel (Abb. 73) bewegte sich zu Beginn des Jahres 2022 oberhalb des sehr hohen Niveaus des Jahres 1994, bevor sie im Verlauf des Januars deutlich zurückgegangen ist. In der Zeit von Februar bis April sind die Schüttmengen auf ein mittleres Niveau angestiegen. In Folge der einsetzenden Trockenheit sind die Quellschüttungen von Mai bis in den November fast kontinuierlich zurückgegangen und bewegten sich ab November auf einem sehr niedrigen Niveau. Erst Ende Dezember nahmen die Schüttmengen wieder zu. Über den Gesamtzeitraum von 1990–2022 ist eine leicht abnehmende Tendenz bei der Schüttung der Quelle Calden zu beobachten.

Die Grundwasserstandsganglinie der Messstelle Bracht im Burgwald (Abb. 74) zeigt langfristig einen jahreszeitlichen Verlauf, der von Trocken- und Nassperioden überprägt ist. An dieser Messstelle bewegte sich der Grundwasserstand im Verlauf des ganzen Jahres 2022 deutlich unterhalb der Niedriggrundwasserstände des Jahres 1977. Seit Ende der 1980-er Jahre ist ein abnehmender Trend bei der Entwicklung der Grundwasserstände zu beobachten.

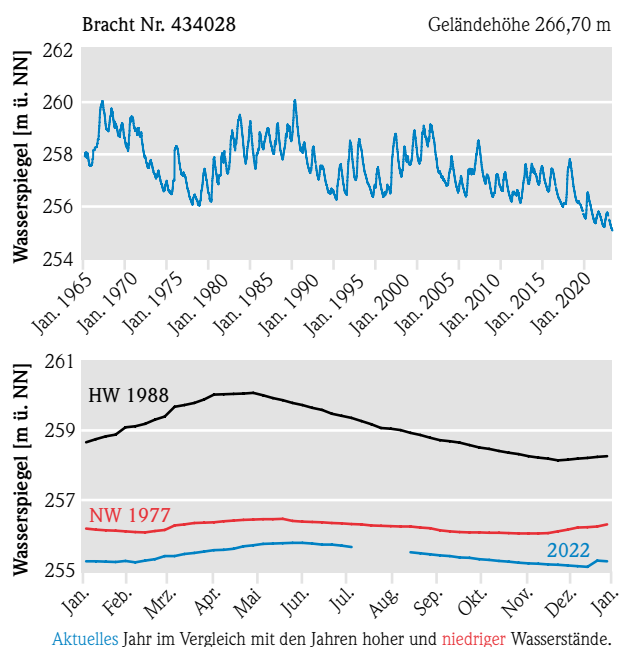


Abb. 74: Grundwasserstandsganglinie der Messstelle Bracht

Die Grundwasserstände der Messstelle Katholisch-Willenroth im Büdinger Wald (Abb. 75) lagen zu Beginn des Jahres 2022 nur wenig oberhalb der Niedriggrundwasserstände aus dem Jahr 1977. Von Februar bis Ende März stiegen die Grundwasserstände etwas an, bevor sie ab April bis zum Jahresende gesunken sind. Von Juni bis Ende Oktober bewegten sich die Grundwasserstände dann auf dem sehr niedrigen Niveau von 1977, bevor sie im November und Dezember dieses Niveau sogar leicht unterschritten haben.

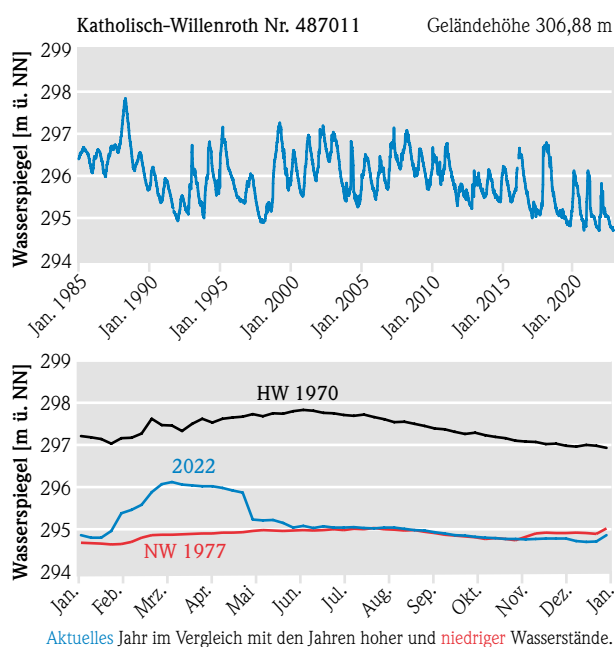


Abb. 75: Grundwasserstandsganglinie der Messstelle Katholisch-Willenroth

Die langjährige Grundwasserstandsganglinie der Messstelle Crumstadt im Hessischen Ried (Abb. 76) zeigt Anfang der 1970er Jahre ein starkes Absinken, welches auf Grundwasserentnahmen und eine zeitgleiche Trockenperiode zurückzuführen war. Durch Anreicherung des Grundwassers mit aufbereitetem Rhein-Wasser und einer etwas erhöhten Grundwasserneubildung stieg die Grundwasseroberfläche in den 1990er Jahren wieder auf ein höheres Niveau.

Der Grundwasserstand befand sich im Verlauf des Jahres 2022 auf einem nahezu gleichbleibenden überdurchschnittlichen Niveau.

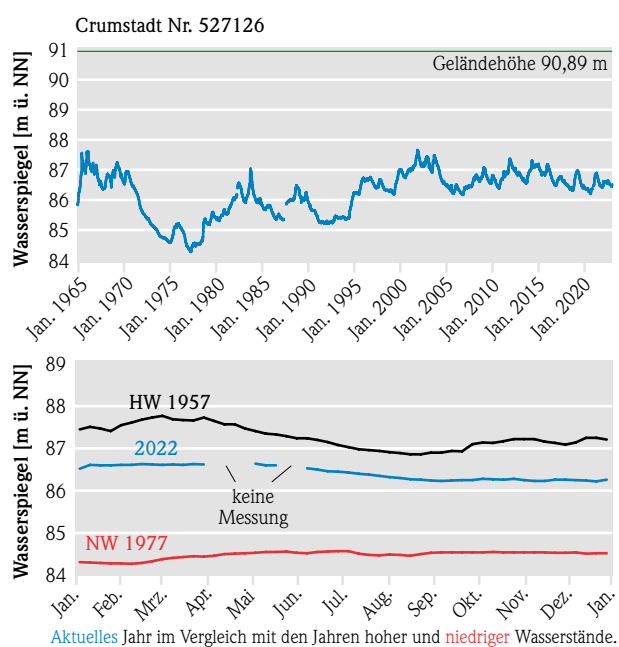


Abb. 76: Grundwasserstandsganglinie der Messstelle Crumstadt

4.3 Grundwasserbeschaffenheit: PFAS-Untersuchungen in Hessen

KIM HUSSMANN UND HARALD RÜCKERT

Grundwasserbeschaffungsmessnetz, Zielsetzung und Aufgabe

In Hessen ist Grundwasser die wichtigste Ressource für die Trinkwasserversorgung. Deshalb kommt der Überwachung der Grundwasserbeschaffenheit eine sehr hohe Bedeutung zu. Die Bewertung der Grundwasserbeschaffenheit basiert in Hessen auf unterschiedlichen Messnetzen, die mit unterschiedlichen Zielvorgaben Bestandteil des landesweiten Grundwassermonitorings sind. Im Wesentlichen handelt es sich um das Grundwasser-Messnetz des Landesgrundwasserdienstes und um das Rohwasser-Messnetz (Abb. 75). Die Messstellen des Landesgrundwasserdienstes erschließen überwiegend die natürliche Grundwasserbeschaffenheit der unterschiedlichen hydrogeologischen Räume und umfassen etwa 400 Messstellen. Demgegenüber umfasst das Rohwasser-Messnetz rund 4800 Messstellen, über die die Qualität des zur Trinkwassergewinnung geförderten bzw. gefassten Grundwassers überwacht wird. Grundlage für das Rohwasser-Messnetz ist die Verordnung über die Untersuchung des Rohwassers von Wasserversorgungsanlagen (RUV) vom 19.05.1991 sowie die Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der Rohwasseruntersuchungsverordnung (VV-RUV 1995).

Beide Messnetze, sowohl das Grundwasser- als auch das Rohwassermessnetz (siehe Abb. 77), liefern einen umfangreichen Datensatz hinsichtlich der Grundwasserbeschaffenheit, der vom Hessischen Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) zentral gesammelt und bewertet wird. Im Fachinformationssystem Grundwasser- und Trinkwasserschutz Hessen (GruSchu; <http://gruschu.hessen.de>) werden die Daten des Landesgrundwassermessnetzes bereitgestellt. Zudem berichtet das HLNUG in regelmäßigen Abständen zur Grundwasserbeschaffenheit. Diese Berichte können über die Website <https://www.hlnug.de/themen/wasser/berichte/grundwasser> heruntergeladen werden.

Im Gewässerkundlichen Jahresbericht 2022 werden im Folgenden die Untersuchungsergebnisse des Landesgrundwassermessnetzes im Hinblick auf per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS) ausgewertet und dargestellt. Die Daten sind auch über das Fachinformationssystem Grund- und Trinkwasserschutz Hessen (GruSchu; <http://gruschu.hessen.de>) veröffentlicht.

PFAS (per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen)

Mit dem Titel „PFAS – Gekommen, um zu bleiben“ wurde die Ausgabe 01/2020 des Magazins des Umweltbundesamtes „Schwerpunkt“ veröffentlicht [1]. In diesem wird die Problematik der organischen Kohlenstoff-Fluor-Verbindungen thematisiert, die sich aufgrund ihres breiten Anwendungsspektrums und ihrer chemischen Eigenschaften zunehmend zu unseren „ewigen Begleitern“ entwickeln.

PFAS (per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen) bestehen aus fluorierten Kohlenstoffketten verschiedener Längen und werden in Polymere und Nicht-Polymere gruppiert. Die Gruppe der Nicht-Polymere umfasst per- und polyfluorierte Alkylverbindungen, bei denen

Fluoratome die Wasserstoffatome vollständig (perfluoriert), bzw. teilweise (polyfluoriert) ersetzen. Die wichtigsten Untergruppen der PFAS sind perfluorierte Carbon- (-COOH) und Sulfonsäuren (-SO₃OH), die sich durch ihre funktionelle Gruppe voneinander unterscheiden.

Seit Beginn der PFAS-Herstellung in den 1950er Jahren hat sich das Anwendungsspektrum stetig erweitert. PFAS haben äußerst stabile Kohlenstoff-Fluor-Verbindungen, die auch chemischen, photolytischen und biologischen Abbauprozessen widerstehen. Durch ihren Aufbau haben PFAS sowohl hydrophobe als auch hydrophile Eigenschaften, die für Tenside

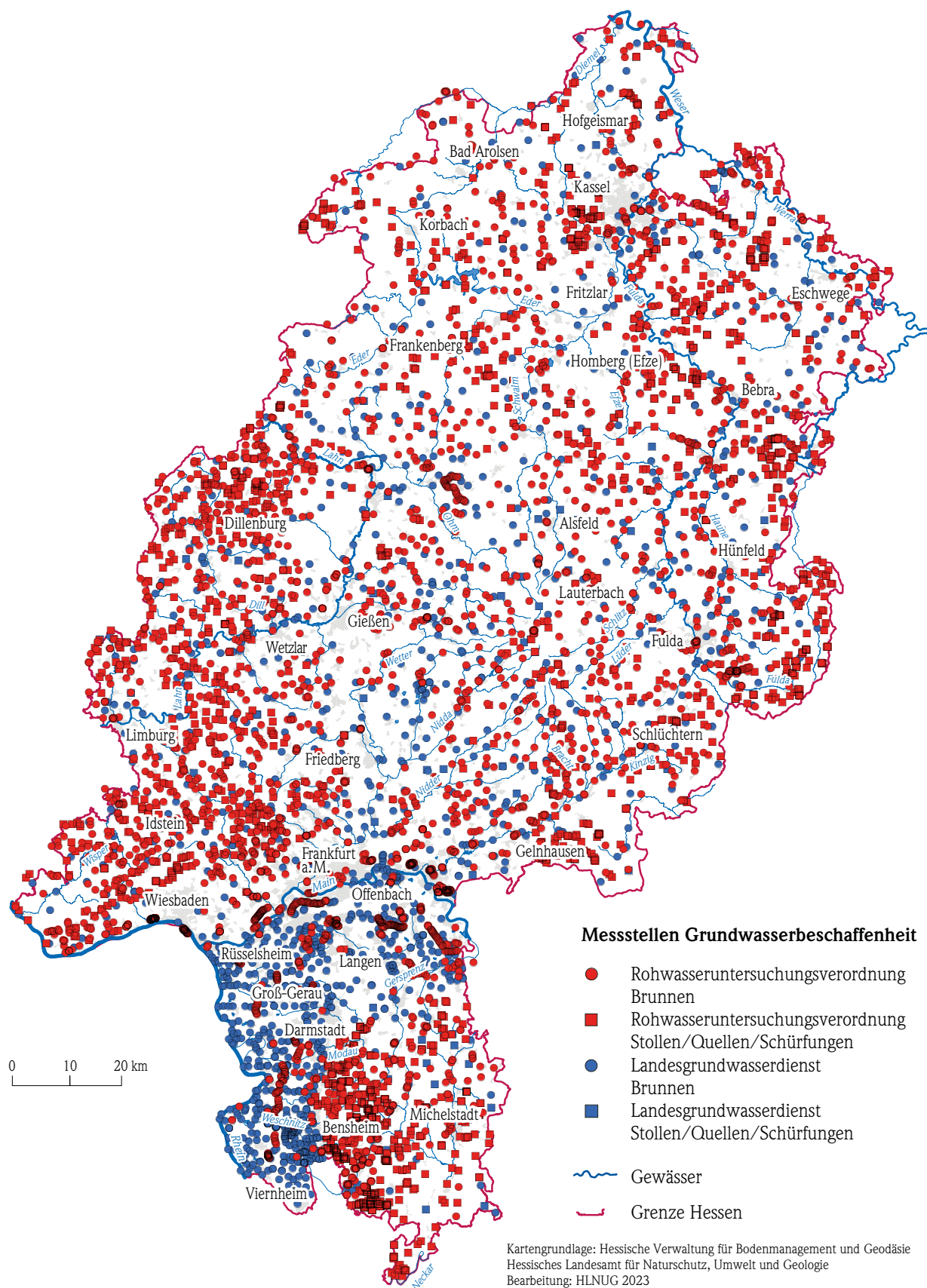


Abb. 77: Messstellen zur Überwachung der Grundwasserbeschaffenheit

charakteristisch sind. Durch den bei PFAS zusätzlich vorhandenen lipophoben Charakter sind sie zudem fett- und ölabweisend.

PFAS werden in der industriellen Produktion und in vielen alltäglichen Lebensbereichen eingesetzt. Dabei wird heute von ca. 5 000 genutzten PFAS-Einzelverbindungen ausgegangen. Großteils sind dies polyfluorierte Verbindungen, die häufig auch als Vorläuferverbindungen (Precursor) bezeichnet werden, da sie in der Umwelt zu perfluorierten Verbindungen abgebaut werden können. Diese sind in der Umwelt persistent. Die Eintragspfade von PFAS in die Umwelt sind divers. Die organischen Fluorverbindungen gelangen beispielsweise über Kläranlagen in Oberflächengewässer oder nach Schadensfällen mit dem Sickerwasser durch die Bodenpassage ins Grundwasser. Zudem werden PFAS über den Luftpfad weltweit verteilt, sodass sie inzwischen auch in abgelegenen Gebieten nachweisbar sind.

Neben den persistenten Eigenschaften sind PFAS auch bioakkumulierbar und werden daher im menschlichen Organismus sowie in Lebensmitteln und im Trinkwasser nachgewiesen. Da inzwischen Erkenntnisse über die Bioakkumulation und Toxizität zu einigen PFAS-Einzelverbindungen vorliegen, ist die Herstellung und Verwendung erster PFAS (PFOS seit 2006, PFOA seit 2017) nur noch in sehr wenigen Ausnahmefällen gestattet. Zudem wird derzeit ein Vorschlag zur EU-weiten Beschränkung von PFAS diskutiert.

Aktuell gelten für dreizehn PFAS-Einzelverbindungen Geringfügigkeitsschwellenwerte oder Gesundheitliche Orientierungswerte [2]. Im Dezember 2020 wurde die Europäische Richtlinie (EU) 2020/2184

über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch veröffentlicht, in der für die Parameter „PFAS gesamt“ und „Summe der PFAS“ eine Mindestanforderung zur Bewertung der Trinkwasserqualität festgelegt wurde. Aufgrund der zweijährigen Übergangsfrist sollte Deutschland diese Anforderungen bis spätestens zum 12. Januar 2023 in nationales Recht überführen und damit eine neue Trinkwasserverordnung (TrinkwV) in Kraft setzen.

Von den inzwischen ca. 5 000 genutzten PFAS-Einzelverbindungen werden derzeit maximal 30 Verbindungen regelmäßig erfasst und ausgewertet. Überwiegend sind dies perfluorierte Alkylsubstanzen. In Hessen werden an den Landesgrundwassermessstellen jährlich folgende Parameter im Rahmen des Routine-Messprogramms untersucht:

- Perfluorbutansäure (PFBA)
- Perfluorbutansulfonsäure (PFBS)
- Perfluordecansäure (PFDA)
- Perfluordecylsulfonsäure (PFDS)
- Perfluordodecansäure (PFDoA)
- Perfluorheptansäure (PFHpA)
- Perfluorhexansäure (PFHxA)
- Perfluorhexylsulfonsäure (PFHxS)
- Perfluornonansäure (PFnA)
- Perfluoroctansäure (PFOA)
- Perfluoroctylsulfonsäure (PFOS)
- Perfluorpentansäure (PFPA, PFPeA)
- Perfluortetradecansäure (PFTeA, PFTetA)
- Perfluorundecansäure (PFuA)
- H4-Perfluoroctylsulfonsäure (H4PFOS)

Ergebnisse des Untersuchungsprogrammes

Für einen Gesamtüberblick wurden die im Jahr 2021 gemessenen PFAS-Einzelverbindungen als Summenkonzentration ausgewertet (Abb. 78). Nachweise von PFAS im Grundwasser finden sich am häufigsten im Hessischen Ried. Dies liegt insbesondere an der Einleitung von nach aktuellem Stand der Technik geklärten Abwässern in die Vorfluter und am Stofftransport durch die Interaktion von Oberflächengewässern und Grundwasser. Die sandig und kiesig

aufgebauten Grundwasserleiter im Hessischen Ried weisen eine gute bis sehr gute hydraulische Durchlässigkeit auf, wodurch eine Interaktion stattfinden und sich eingetragene Stoffe im Grundwasser ausbreiten können. Ob ein Eintrag über das Aufbringen von Bodenmischgut auf landwirtschaftlichen Flächen ebenfalls eine Ursache sein könnte, kann nicht abschließend festgestellt werden.

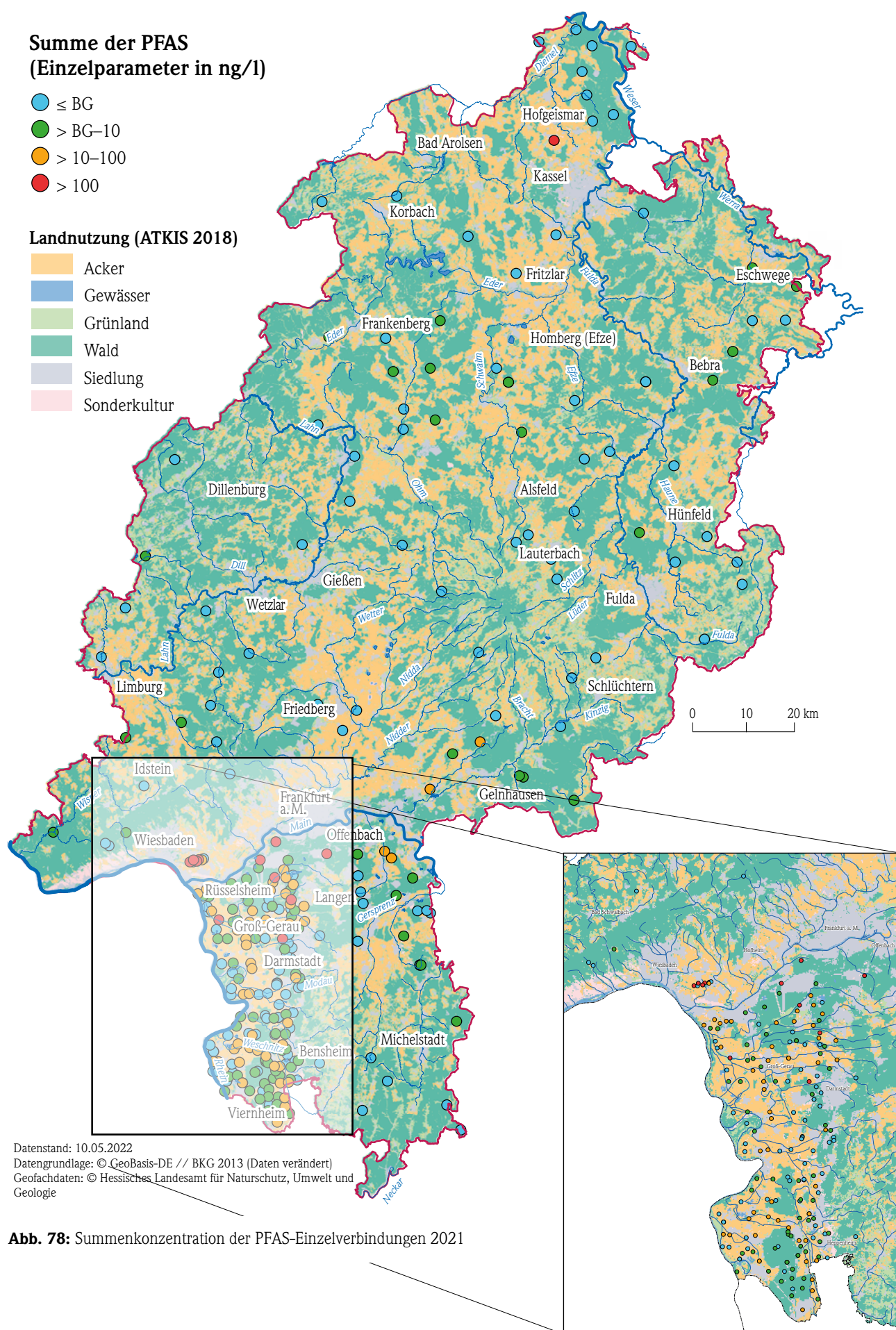


Abb. 78: Summenkonzentration der PFAS-Einzerverbindungen 2021

Im Jahr 2021 wurden insgesamt 298 Grundwasserproben untersucht. In 149 Fällen sind PFAS nachgewiesen worden, die Hälfte aller untersuchten Grundwässer haben entsprechend Positivbefunde von PFAS. Die aktuell geltenden Geringfügigkeitsschwellenwerte bzw. Gesundheitlichen Orientierungswerte für PFAS-Einzerverbindungen [2] wurden im betrachteten Zeitraum hessenweit in lediglich zwei Mess-

stellen des Landesgrundwasserdienstes überschritten.

Im Norden Hessens wurde in den Jahren 2003–2006 auf einigen landwirtschaftlichen Flächen mit PFAS belastetes Bodenmischgut aufgebracht, was zu erhöhten PFAS-Konzentrationen in diesem Bereich im Grundwasser führen kann [3].

Fingerprints zur Charakterisierung der Grundwasserproben

Um die PFAS-Befunde im Grundwasser über einen längeren Zeitraum zu bewerten, wird die anteilige Zusammensetzung von PFAS-Einzelparametern zur Summenkonzentration (Fingerprint) herangezogen (Abb. 77). Die Fingerprints für die einzelnen Messjahre zeigen eine relative Abnahme des Parameters PFBA bei einer relativen Zunahme des Parameter PFHxS. Die Parameter PFOS und PFOA waren zu Beginn der Messreihe im Jahr 2010 zusammen mit etwa 35 % an der PFAS-Summenkonzentration be-

teilt, im Jahr 2019 liegt der relative Anteil nach Schwankungen weiterhin bei ca. 35 %. Die Charakteristik der Fingerprints veränderte sich daher hauptsächlich durch die Parameter PFBA und PFHxS.

In den absoluten Werten (Mittelwerte der gemessenen Konzentrationen der PFAS-Einzelparameter) zeichnet sich insgesamt eine steigende Tendenz für PFAS-Konzentrationen im Grundwasser ab. Nur der Einzelparameter PFBA zeigt diese steigende Tendenz nicht (Abb. 79).

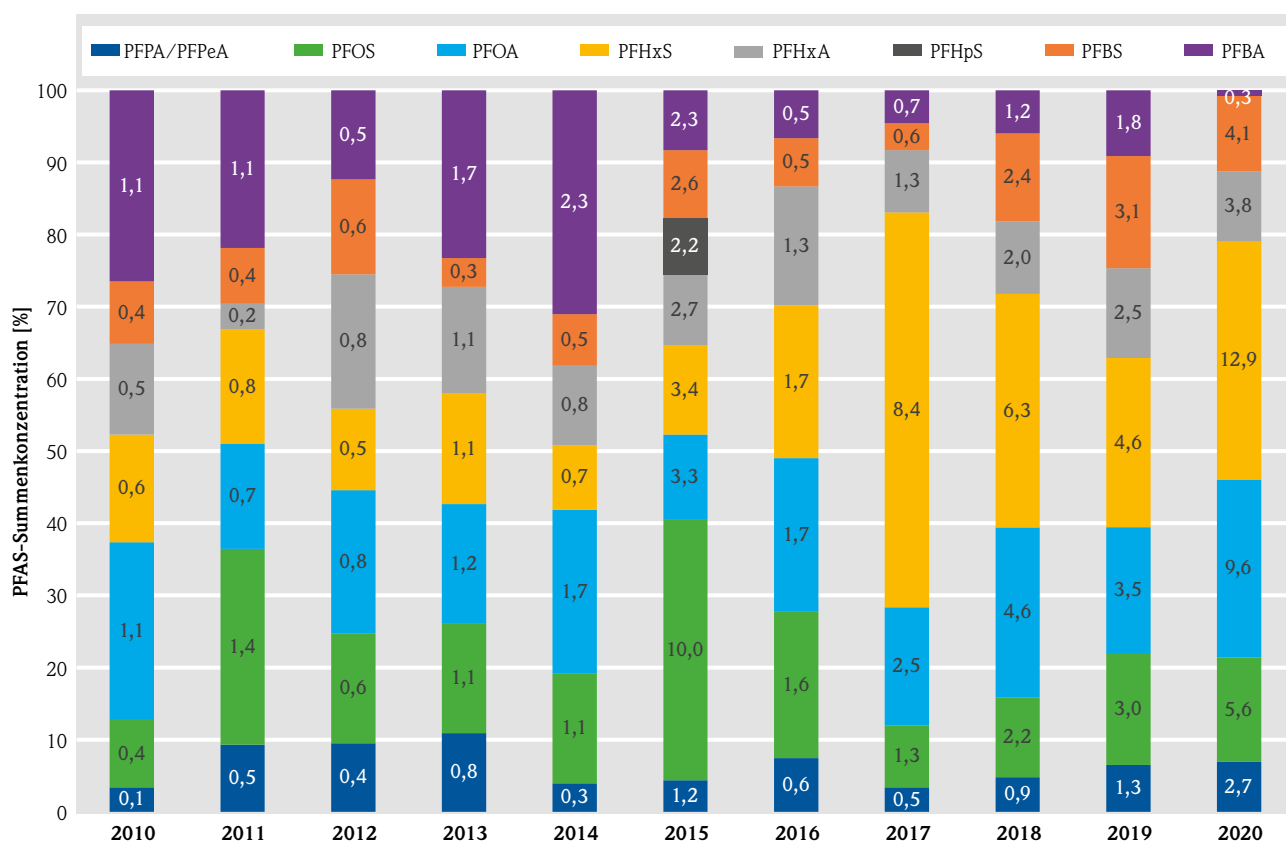


Abb. 79: Fingerprints der PFAS-Summenkonzentration für die Messjahre 2010–2020; die Beschriftung in den Balken zeigt den Mittelwert der gemessenen Konzentrationen (ng/l) der PFAS-Einzelparameter

Nordöstlicher Teil des Schwarzbachsystems mit dem Flughafen Frankfurt am Main

Das nördliche Hessische Ried mit der nördlichen Begrenzung durch den Main zeigt eine vielfältige Flächennutzung. Das dichtbesiedelte Gebiet mit dem Verkehrsflughafen Frankfurt am Main und stellenweiser land- und forstwirtschaftlicher Nutzung wird nachfolgend betrachtet. Anlass sind zunehmende PFAS-Konzentrationen in der Grundwassermessstelle (GWM) 10895 (neu 17963) Kelsterbach nördlich des Flughafens Frankfurt am Main. Die Lage der untersuchten Grundwassermessstellen im Bereich des Flughafens ist in Abbildung 80 dargestellt.

Der Flughafen Frankfurt am Main liegt im Bereich von zwei Grundwasserkörpern, DEHE_2490_3101 und DEHE_2398_3101. Der Grundwasserkörper DEHE_2490_3101 liegt südlich des Mains und ist durch eine nordwestliche Grundwasserströmung in Richtung Main gekennzeichnet. Der sich weiter

südlich daran anschließende Grundwasserkörper DEHE_2398_3101 deckt das sogenannte Landgrabensystem mit dem Schwarzbach ab und hat eine abweichende Grundwasserfließrichtung in Richtung Westen zum Rhein.

Die Fingerprints für die Grundwassermessstellen (GWM) im nördlichen Hessischen Ried im Umfeld des Flughafens Frankfurt am Main sind in Abbildung 81 dargestellt und zeigen, dass die Zusammensetzung von PFAS-Einzelparametern zur Summenkonzentration von den Einflussbereichen der GWM abhängig ist.

Die GWM 10895 (Kelsterbach), 17058 (Schwanheim) und 10933 (Frankfurt), die im Grundwasserabstrom des Flughafens liegen, zeigen in den Fingerprints Abweichungen zueinander, sie sind aber in

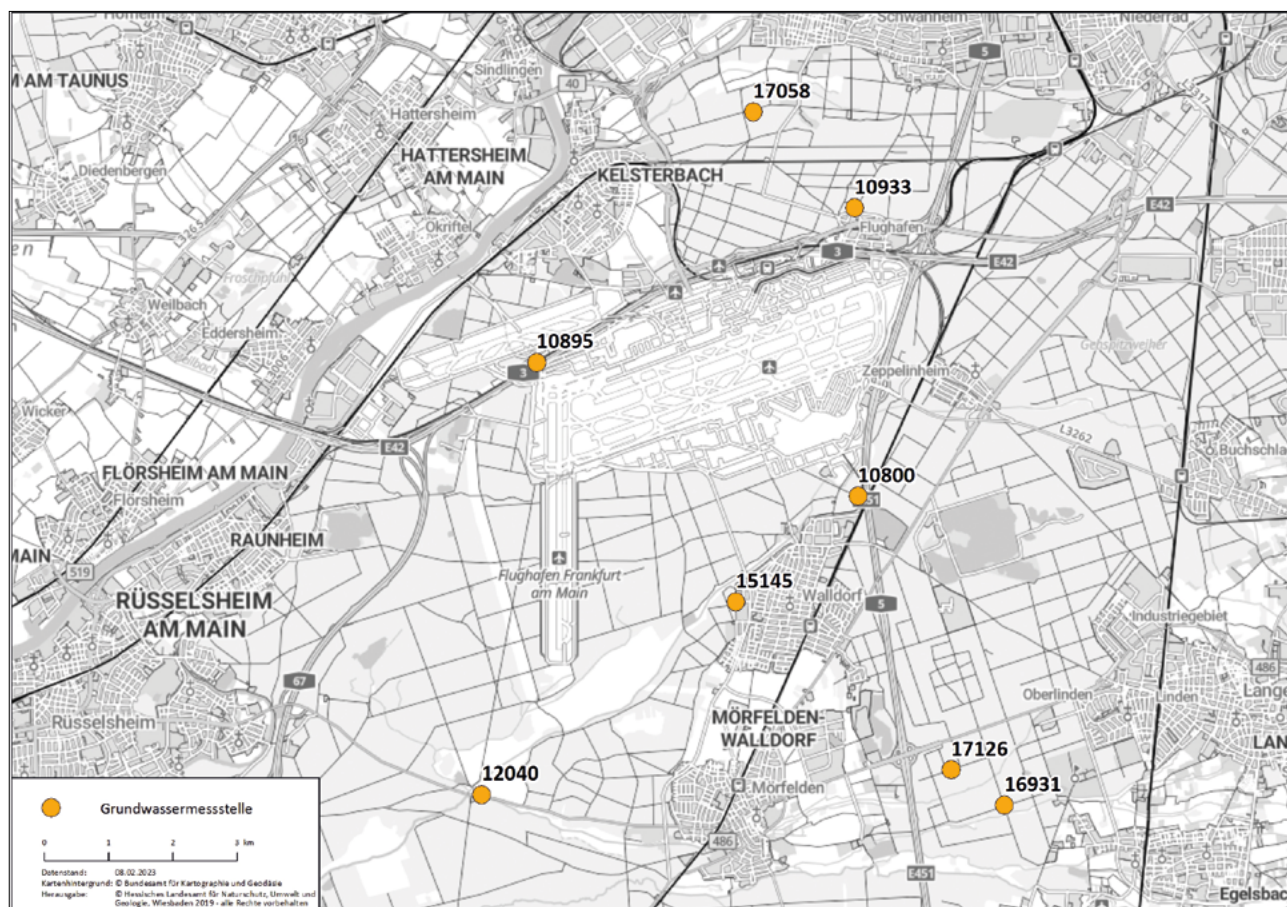


Abb. 80: Lage der Grundwassermessstellen (GWM) im nördlichen Hessischen Ried im Umfeld des Flughafens Frankfurt am Main

ihrer Charakteristik grundsätzlich vergleichbar. Die GWM 17058 (Schwanheim) liegt weiter entfernt im Abstrombereich des Flughafens, sodass die Signatur aufgrund von physikalisch-chemische-Effekten abweichen kann. Insgesamt weisen die drei GWM im Abstrom des Flughafens einen hohen Anteil von PFHxS und einen geringen Anteil von PFOS auf.

Die GWM 10933 (Frankfurt) und 15145 (Walldorf) haben einen sehr ähnlichen Fingerprint, obwohl die GWM 15145 (Walldorf) nicht im Grundwasserabstrom des Flughafens liegt. Die für die Jahre von 2010 bis 2020 ermittelten Mediane der Konzentrationen von PFAS-Einzelparametern sind in der GWM 15145 (Walldorf) jedoch deutlich geringer als die in der GWM 10933 (Frankfurt).

Der Fingerprint der GWM 10800 (Zeppelinheim) im Grundwasserzustrom zum Flughafen besteht zu 90 % aus den Parametern PFHxS und PFOA und zeigt somit eine deutlich abweichende Signatur gegenüber den Messstellen im Abstrombereich des Flughafens. Auch die anderen drei GWM in Mörfelden (17126, 16931 und 12040) südlich des Flughafens zeigen gegenüber den Messstellen nördlich des Flughafens eine abweichende Signatur mit einem höheren Anteil an PFOS und einem geringeren Anteil an PFHxS. Zudem sind die Mediane der Konzentrationen von PFAS-Einzelparametern für den Zeitraum von 2010 bis 2020 in den Messstellen im Grundwasserzustrom zum Flughafen grundsätzlich deutlich niedriger. Der Eintrag von PFAS in diese GWM findet vermutlich durch die Vorfluter Landgraben/Schwarzbach und somit durch die Interaktion zwischen Oberflächengewässer und Grundwasser statt.

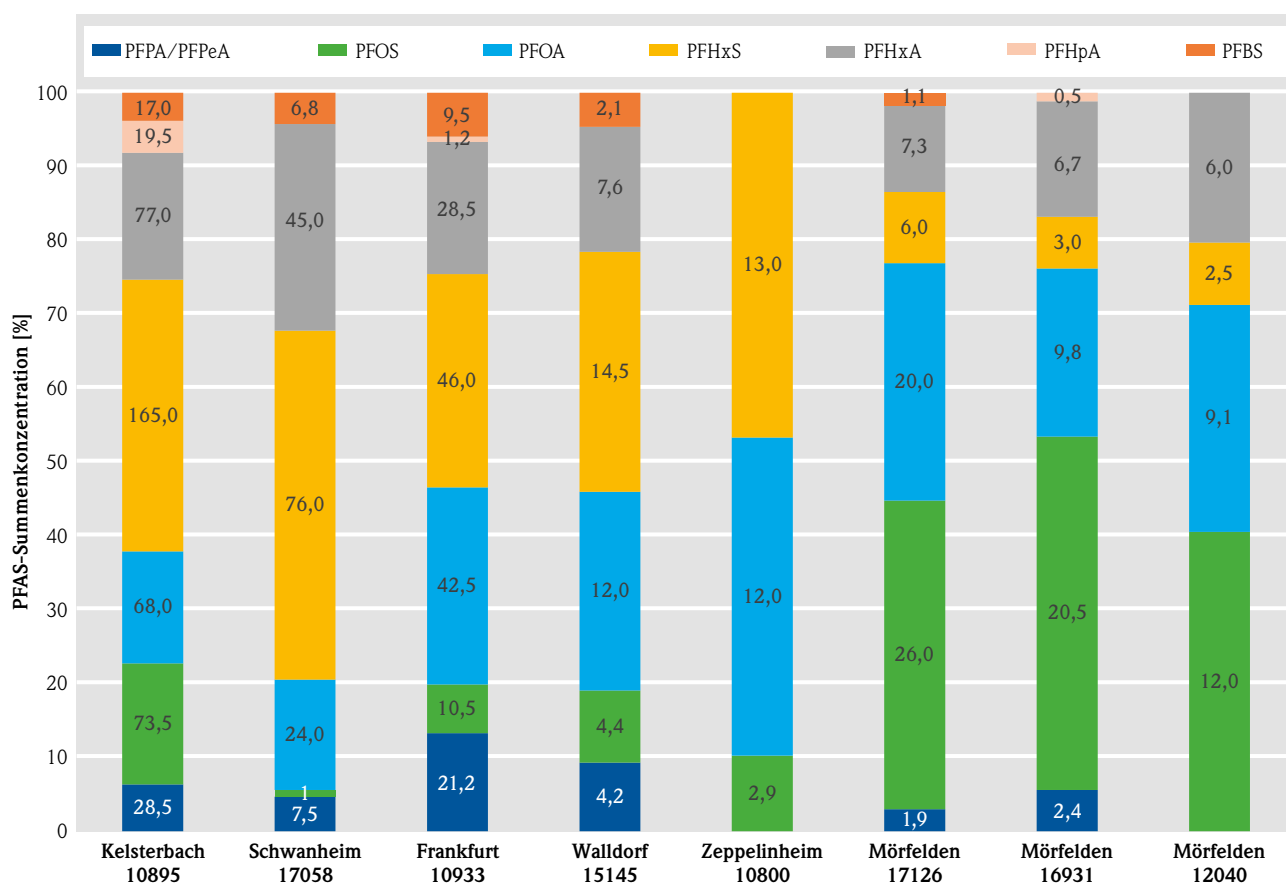


Abb. 81: Fingerprints der PFAS-Summenkonzentration für die Grundwassermessstellen im nördlichen Hessischen Ried im Umfeld des Flughafens Frankfurt am Main; die Beschriftung in den Balken zeigt den Median für die in den Jahren von 2010 bis 2020 gemessenen Konzentrationen (ng/l) der PFAS-Einzelparameter

Ausblick

PFAS sind aufgrund ihrer ubiquitären Verbreitung und durch ihre zum Teil bestehende toxikologische Relevanz von besonderer Bedeutung. In der am 12. Januar 2020 in Kraft getretenen Europäischen Richtlinie (EU) 2020/2184 wurden erstmals verbindliche Mindestanforderungen zur Bewertung der Trinkwasserqualität in Bezug zur Parametergruppe der PFAS aufgestellt. Diese Anforderungen sollte Deutschland aufgrund der zweijährigen Übergangsfrist bis spätestens zum 12. Januar 2023 in nationales Recht überführen und damit eine neue Trinkwasserverordnung

(TrinkwV) in Kraft setzen. Zudem werden durch die noch im Abstimmungsprozess befindliche Trinkwassereinzugsgebieteverordnung (TrinkwEzgV) voraussichtlich weitere neue Kriterien zur Untersuchung und Beurteilung unter anderem von PFAS festgelegt. Hinsichtlich dieser neu geregelten Beurteilungskriterien wird die Parametergruppe in Zukunft verstärkt in der Grundwasserüberwachung zu berücksichtigen sein, weshalb eine Fortführung des routinemäßigen Monitoring-Programms mit PFAS-Untersuchungen unabdingbar ist.

Literatur

- [1] Umweltbundesamt (2020): PFAS – Gekommen um zu bleiben. Schwerpunkt: Magazin des Umweltbundesamtes 1/2020. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/2546/publikationen/uba_sp_pfas_web_0.pdf
- [2] Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) (2017): Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser – Per- und polyfluorierte Chemikalien (PFC). https://www.lawa.de/documents/03_anlage_3_bericht_gfs_fuer_pfc_endfassung_22_11_2017_2_1552302208.pdf
- [3] HLUG – Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (2010): Perfluorierte Chemikalien (PFC) in Hessen Untersuchungsprogramm des HLUG; Wiesbaden.

5 Zusammenfassung

Mit einer mittleren Jahrestemperatur von 10,6 °C war 2022 das wärmste Jahr seit Beginn der Wetteraufzeichnungen 1991. Die Mitteltemperatur lag um 1,3 Grad über dem Wert der Referenzperiode 1991–2020. Die Sonne schien 2005 Stunden, 519 Stunden mehr als der Referenzwert. Damit war 2022 sonnen-scheinreich.

Die **Niederschlagssumme** im Jahr 2023 lag mit 681 l/m² 11 % unter dem Mittelwert. Die Niederschlagstätigkeit war in den verschiedenen Monaten recht unterschiedlich. Zum Jahresbeginn im Januar und Februar, aber auch im April und besonders im September war es zu nass, wohingegen es in den Sommermonaten Mai bis August extrem wenig regnete. Insgesamt war es damit 2022 zu trocken.

Der **Abfluss (Durchfluss) in den oberirdischen Gewässern** lag weitgehend unter den Mittelwerten. Es gab wie bereits in den Jahren davor lediglich zwei Monate, die 2022 einen größeren Abfluss als im langjährigen Mittel hatten. Im Februar lagen die Abflüsse mit 68 % deutlich über dem langjährigen Mittel, lokal kam es zu mehreren leichten **Hochwasserwellen**. Im April lag der Durchfluss nur 5 % über dem Monatsmittel. Negativer Spitzenreiter war in diesem Jahr der August mit 61 % Abweichung zum 30-jährigen Mittel. Bereits im Mai begann eine Phase sehr geringen Abflusses, Monat für Monat stieg das Defizit an. Im September und Oktober kam es zwar wegen der großen gefallenen Niederschlagsmenge zu einer Abschwächung der Abweichung auf „nur noch“ –15 %, jedoch waren die Abflüsse von Mai bis zum Ende des Jahres ausnahmslos geringer als im langjährigen Mittel.

Im Sommer 2022 trat eine lange **Dürre- und Niedrigwasserphase** auf, die, wenn auch etwas kürzer, aber insgesamt vergleichbar mit der des Jahres 2018 war. Insbesondere im August war sie ausgeprägt, mehr als 80 % der untersuchten Pegel in Hessen wiesen Wassermengen auf, die unterhalb des langjährigen mittleren Niedrigwasserwertes (MNQ) lagen. Im gesamten Zeitraum lagen an mehr als der Hälfte der Pegel die Durchflüsse zwei bis vier Monate im Niedrigwasserbereich. An fünf Pegeln und in weiteren Gewässeranschnitten fielen die Gewässer trocken.

Die größte **Talsperre**, der Edersee, war Anfang Mai randvoll, die Leerung begann Mitte Mai und vollzog sich in relativ kurzer Zeit. War noch am 16.05.2022 mit 198 Mio. m³ die Edertalsperre quasi vollständig gefüllt, so verzeichnete sie nur drei Monate später am 16.08.2022 nur noch 36,6 Mio. m³.

Aufs Jahr betrachtet betrug der Inhalt der Diemeltalsperre 83 % und lag damit 1,5 Mio. m³ unter dem langjährigen Mittel. Im April konnten die Regenmengen dafür genutzt werden die Diemeltalsperre zu füllen, so erreichte sie Anfang Mai mit 19,9 Mio. m³ die maximale Jahresfüllung. Doch im Anschluss daran wirkte sich die Niedrigwassersituation aus und der Inhalt der Talsperre sank bis weit in den Dezember hinein, bis zum Minimum am 19.12. mit 3,8 Mio m³.

Die **physikalisch-chemische Beschaffenheit** der oberirdischen Fließgewässer in Hessen ist stark beeinflusst durch die vor Ort herrschenden meteorologischen und hydrologischen Verhältnisse. Extremwetterereignisse überlagern die saisonalen und tageszeitlichen Schwankungen der kontinuierlich gemessenen Parameter. Hohe Niederschlagssummen zu Beginn des Jahres führten zu einer Verringerung der Leitfähigkeiten, wohingegen im Sommer, insbesondere in den niederschlagarmen Monaten Mai bis August die Leitfähigkeiten nahezu konstant gemessen wurden. Wetterextreme, wie das Gewitter Ende Mai an der Fulda bei Wahnhausen, zeigten sich deutlich in den zeitlich hochaufgelösten Messwerten. Es kam am 24.05.2022 kurzzeitig zum Einbruch des Sauerstoffgehaltes an der Fulda, mit Minimalwerten von unter 2 mg/l. Gegen Ende des Jahres kam es zu erheblichen Regenmengen, welche lokal zu Hochwasser führten und den Betrieb ortsfester Messstation erheblich einschränkten. Es kam lokal zu Messunterbrechungen. Die Wassertemperatur am Main überschritt in den Sommermonaten Juni, Juli und August nur kurzfristig das Temperaturmaxima von 25 °C. Als staugeregeltes Gewässer mit vielen Einleitungen führte der Main ganzjährig hohe Wassertemperaturen.

Die Ermittlung der **Gewässerstrukturen** in renaturierten Gewässerabschnitten erfolgte 2022 an 24 Gewässern in Hessen. Mit drei Teams wurden über

32 Kilometer Fließgewässerstrecke kartiert. Die Gesamtbewertungen wurden im Durchschnitt mit dunkelgrün für mäßig verändert in diesen Bereichen gewertet, dass ist ein gutes Ergebnis.

Zur Ermittlung des **ökologischen Zustands der Fließgewässer** wurden im Jahr 2022 Untersuchungen zum Fischbestand, zum Makrozoobenthos, zu Makrophyten und zu Diatomeen seitens des HLNUG beauftragt. Bei rund 76 % der hinsichtlich des Fischbestandes untersuchten Gewässerabschnitte wird der sehr gute bzw. gute ökologische Zustand noch nicht erreicht. Das Makrozoobenthos zeigt an gut 70 % der Untersuchungsbereiche Handlungsbedarf an. Bei den Makrophyten verfehlen ebenfalls rund 76 % der untersuchten Gewässerabschnitte den sehr guten bzw. guten ökologischen Zustand. Bei den in 2021 genommenen Diatomeenproben besteht bei knapp 70 % der Untersuchungsbereiche noch Handlungsbedarf.

Der Hitzesommer 2022 führte im Main zur Überschreitung des nach der Oberflächengewässerverordnung OGewV Anlage 7 festgelegten Orientierungswertes für die Gewässertemperatur von maximal 25 °C. Hitzebedingte Fischsterben wurden an den Fließgewässern in Hessen in Sommerhalbjahr 2022 jedoch kaum beobachtet.

An einigen Probestellen der Weser kam es zu einem häufigen Vorkommen von aquatischen Neophyten aus den Subtropen.

Derzeit werden ca. 75 **Seenmessstellen im hessischen Gütemessprogramm** untersucht. Insgesamt konnte 2022 eine positive Entwicklung der Trophie-Klassifizierung festgestellt werden. Gründe für die insgesamt positive Entwicklung könnten Sanierungsbemühungen, günstige klimatische Bedingungen oder auch das Ausbleiben von Starkregenereignissen sein.

Das Flächenmittel der **Grundwasserneubildung** betrug für das Jahr 2022 für Hessen 54 mm und lag mit 47 % deutlich unter dem langjährigen Mittelwert der Referenzperiode 1971–2000. Damit hat das Jahr 2022 den Trend der letzten Jahre zu niedrigeren Grundwasserneubildungsraten fortgesetzt.

Nachdem die wechselhafte Witterung des hydrologischen Winterhalbjahres 2021/2022 für eine moderate Erholung der **Grundwasserstände** gesorgt hatte, hat die von Mai bis August andauernde extreme Trockenheit zu deutlich sinkenden Grundwasserständen und einem Höhepunkt der Niedrigwassersituation im August geführt. Am Ende des Jahres bewegten sich die Grundwasserstände in Hessen an mehr als der Hälfte der Messstellen auf einem sehr niedrigen oder unterdurchschnittlichen Niveau. Die am Jahresende beobachteten Defizite im Grundwasser waren nicht nur auf den Witterungsverlauf des Jahres 2022, sondern im Wesentlichen auf das hohe Niederschlagsdefizit des extrem trockenen Jahres 2018 und der trockenen Folgejahre 2019 und 2020 zurückzuführen.

Die Auswertung der **Grundwasserbeschaffenheit** zeigt hinsichtlich der inzwischen ubiquitär verbreiteten PFAS, dass diese Parametergruppe im Grundwasser am häufigsten im Hessischen Ried nachgewiesen wurde. In die Oberflächengewässer des Hessischen Rieds werden nach aktuellem Stand der Technik geklärte Abwässern eingeleitet und die sandigen und kiesigen Grundwasserleiter in dieser Region ermöglichen eine Interaktion zwischen Oberflächengewässer und Grundwasser. In den 2021 hessenweit untersuchten 298 Grundwasserproben wurden PFAS in der Hälfte der Proben nachgewiesen. Die geltenden Geringfügigkeitsschwellenwerte bzw. Gesundheitlichen Orientierungswerte für PFAS-Einzelverbindungen wurden im betrachteten Zeitraum hessenweit in lediglich zwei Messstellen des Landesgrundwasserdienstes überschritten.

6 Übersicht Berichte

Der Gewässerkundliche Jahresbericht wird seit 2007 veröffentlicht (Abb. 82). Die Berichte können auf der Web-Seite des HLNUG unter [https://www.hlnug.de](https://www.hlnug.de/themen/wasser/berichte/gewaesserkundliche-jahresberichte) heruntergeladen werden.

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

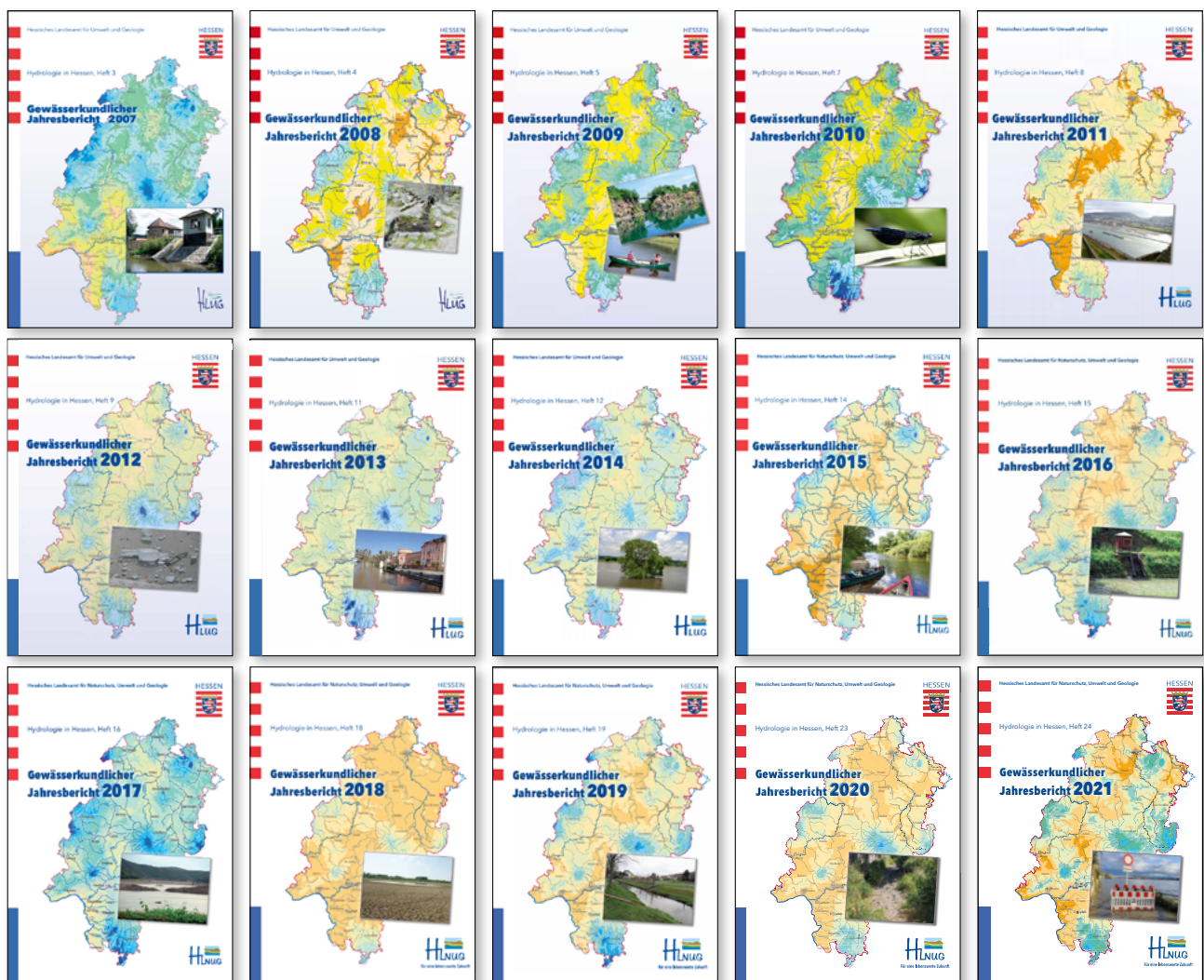


Abb. 82: Übersicht über die bisher veröffentlichten Berichte



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

www.hlnug.de