



Hydrologie in Hessen, Heft 19

Gewässerkundlicher Jahresbericht 2019



Für eine lebenswerte Zukunft

Hydrologie in Hessen, Heft 19

Gewässerkundlicher Jahresbericht 2019

Wiesbaden, 2020

Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie

Impressum

Hydrologie in Hessen, Heft 19

ISSN 1438-7859
ISBN 978-3-89026-719-7

Gewässerkundlicher Jahresbericht 2019

Redaktion: Cornelia Löns-Hanna

Layout: Nadine Senkpiel

Titelbild: Flächenhafte Verteilung des Niederschlags 2019, Pegelanlage Rothemann am Döllbach, April 2019.

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

Das HLNUG auf Twitter:

https://twitter.com/hlnug_hessen

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	Jahresüberblick	6
2.2	Lufttemperatur	7
2.3	Sonnenscheindauer	8
2.4	Niederschlag	9
3	Oberflächengewässer	20
3.1	Wasserstand und Durchfluss	20
	MONIKA SPICKER	
3.2	Talsperren und Hochwasserrückhaltebecken	27
	MONIKA SPICKER	
3.3	100-jährliches Starkregenereignis im Mai 2019 in Nord- und Osthessen	32
	CORNELIA LÖNS-HANNA	
3.4	Physikalisch-chemische Beschaffenheit oberirdischer Gewässer	39
	DR. CHRISTINA KLEIN	
3.5	Untersuchungen zur Fauna und Flora der Fließgewässer	51
	ELISABETH SCHLAG	
3.6	Gewässerstruktur	55
	JOACHIM WEDEL & HEIKO TRIER	
3.7	Seen – Trophische Untersuchungen	59
	MICHAEL HÄCKL	
4	Grundwasser	64
4.1	Grundwasserneubildung	64
	MARIO HERGESELL	
4.2	Grundwasserstände und Quellschüttungen	67
	MARIO HERGESELL	
4.3	Grundwasserüberwachung Deponien	71
	JEANNETTE STÜBER-RENSCHIN	
5	Zusammenfassung	76
6	Übersicht Berichte	78

1 Vorwort



Das Jahr 2019 war wie das Vorjahr zu warm und zu trocken. Es war das drittwärmste Jahr seit 1881. Die relativ niedrigen Niederschläge des Jahres 2019 aber insbesondere auch das erhebliche Niederschlagsdefizit des Vorjahres wirkten sich auf den Wasserhaushalt aus. Dies zeigte sich in ausgeprägtem Niedrig-

wasser in den hessischen Gewässern und besonders bei niedrigen Grundwasserständen.

Die Grundwasserstände sind 2019 deutlich zurückgegangen. Am Ende des hydrologischen Sommerhalbjahres lagen die Grundwasserstände an rund der Hälfte der Messstellen sogar unter dem Niveau des Dürrejahres 2018. Vereinzelt kam es in Mittelgebirgsregionen, in denen die Trinkwasserversorgung mancherorts ausschließlich auf Quellen und flachen Brunnen beruht und gleichzeitig kein Anschluss an die überörtliche Wasserversorgung besteht, zu lokalen Versorgungsengpässen mit Trinkwasser infolge des stark angestiegenen Spitzenwasserbedarfs.

In den folgenden Kapiteln wird die Situation des Jahres 2019 anhand der Ergebnisse der gewässer-

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

Aus diesen Messergebnissen, aus Sondermessprogrammen, aus Messungen für die Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) sowie aus den Daten Dritter (Nachbarländer, Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung (WSV), Deutscher Wetterdienst (DWD), Wasserversorgungsunternehmen u. a.) wird ein gewässerkundlicher Datenpool aufbereitet. Er wird in Datenbanken ständig aktualisiert und steht für überörtlich bedeutsame Planungen, Maßnahmen und Entscheidungen allgemein zur Verfügung.

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

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



Abb. 1: Gewässerkundliche Messstellen des Landes Hessen

2 Witterung

CORNELIA LÖNS-HANNA

2.1 Jahresüberblick

Das Jahr 2019 verlief wie auch die vorherigen Jahre wieder zu trocken, sonnenscheinreich und deutlich zu warm (Abbildung 2). Laut Deutschem Wetterdienst (DWD) war es das drittwärmste Jahr seit Beginn regelmäßiger Aufzeichnungen. In Hessen betrug die mittlere Temperatur 10,1 °C.

Fielen im Januar noch mittlere Regenmengen bei annähernd mittleren Temperaturen, waren mit Ausnahme des Mai alle Monate zu warm und meist zu trocken. Der Mai war zu trüb, zu kalt und zu nass. Gegen Ende des zweiten Monatsdrittels, am 20. und 21. zog ein Tief von Südwesten kommend über Hessen und brachte erhebliche Niederschläge. Teilweise regnete es 60 bis 100 mm in 24 Stunden. Diese teil-

weise enormen Starkregenfälle führten in den betroffenen Regionen in kürzester Zeit zu Hochwasser und Überschwemmungen (siehe Kapitel 3.3).

Im extrem heißen Sommer mit neuen Hitzerekorden von über 40 °C im Juli trockneten Flüsse und Bäche zunehmend aus. Einzelne Regenfälle wirkten sich nicht nachhaltig aus. Sie führten nur kurzzeitig zum Anstieg der Wasserstände, flossen dann aber sehr schnell ab. Ab Oktober regnete es etwas mehr. Da die Gewässer und die Bodenspeicher aufgrund der langen Dürrezeiten seit dem vorigen Jahr stark ausgetrocknet waren, erholten sie sich bis zum Ende des Jahres eher langsam (Kap. 3.1, 4.1 und 4.2).

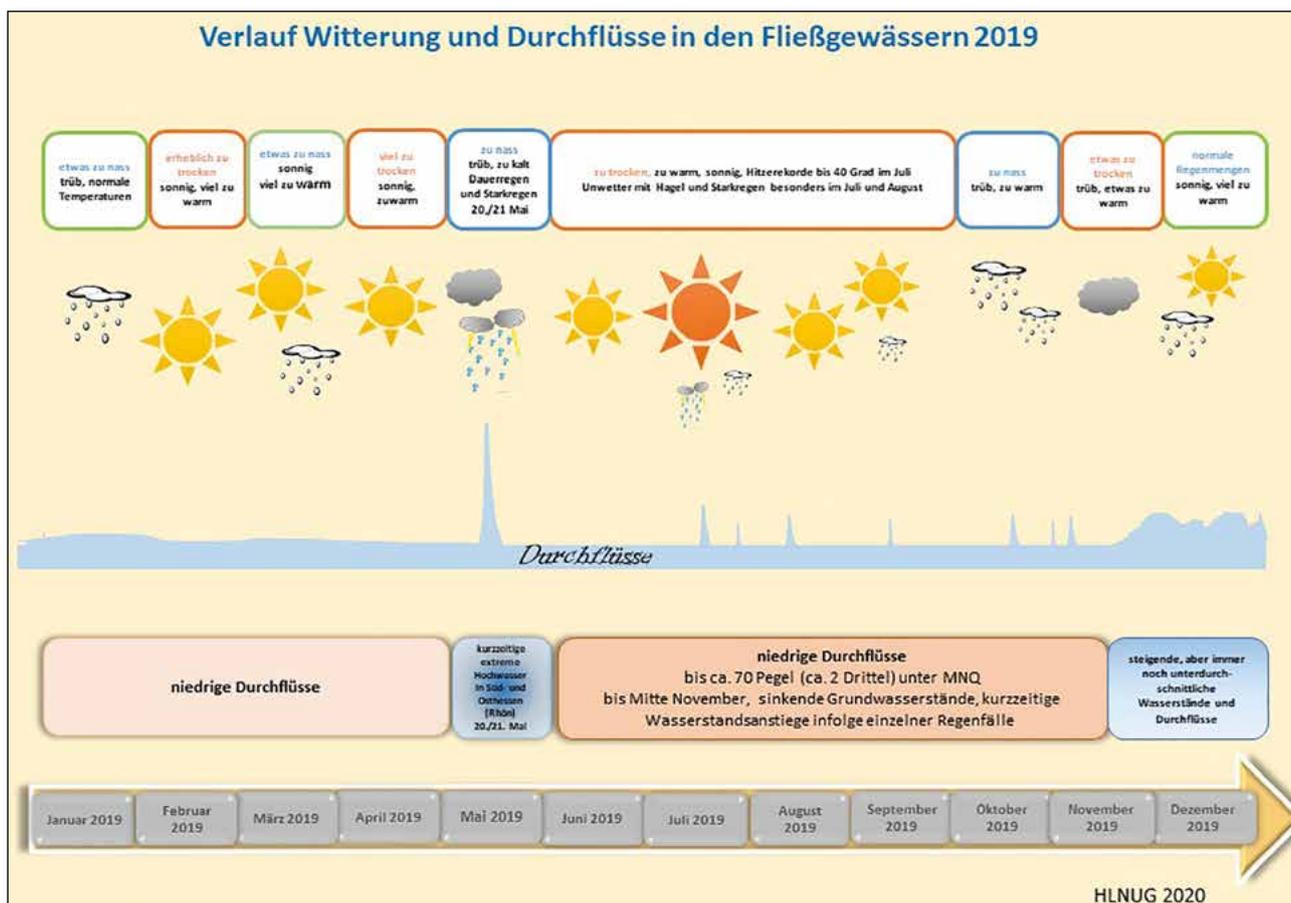


Abb. 2: Übersicht über das Witterungs- und Durchflussgeschehen im Jahr 2019

2.2 Lufttemperatur

Lufttemperaturmessnetz, Zielsetzung und Aufgabe

Lufttemperaturwerte werden im Rahmen der Gewässerkunde benötigt:

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

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

In Abbildung 3 sind die Jahresmittelwerte von Hessen seit 1881 dargestellt. Die mittlere Jahrestemperatur betrug im Jahr 2019 in Hessen 10,1 °C. Damit wurde die langjährige mittlere Temperatur des Vergleichszeitraums von 1981 bis 2010 von 8,8 °C um 1,3 Grad überschritten. Das Jahr gehört mit den Jahren 2014 (10,4 °C) und 2018 (10,5 °C) zu den wärmsten drei Jahren seit Beginn der regelmäßigen Messungen. In elf von zwölf Monaten wurden die langjährigen monatlichen Mittelwerte überschritten.

Die Temperaturentwicklung im Berichtsjahr ist in Abbildung 4 dargestellt. Der Januar wies mit einer mittleren Temperatur von 0,5 °C annähernd normale Temperaturen auf. Im Februar war es mit 3,9 °C (3 Grad über dem langjährigen Mittel) genau wie im März mit 6,6 °C (2,1 Grad über dem Mittel) viel zu warm. Auch der April war mit 9,7 °C (1,3 Grad über dem Mittelwert) zu warm. Auf den April folgte mit 10,9 °C (-2,1 Grad im Vergleich zum Mittel) ein viel zu kalter Monat. Der Mai war der einzige Monat im Jahr 2019 mit unterdurchschnittlichen Temperaturen.

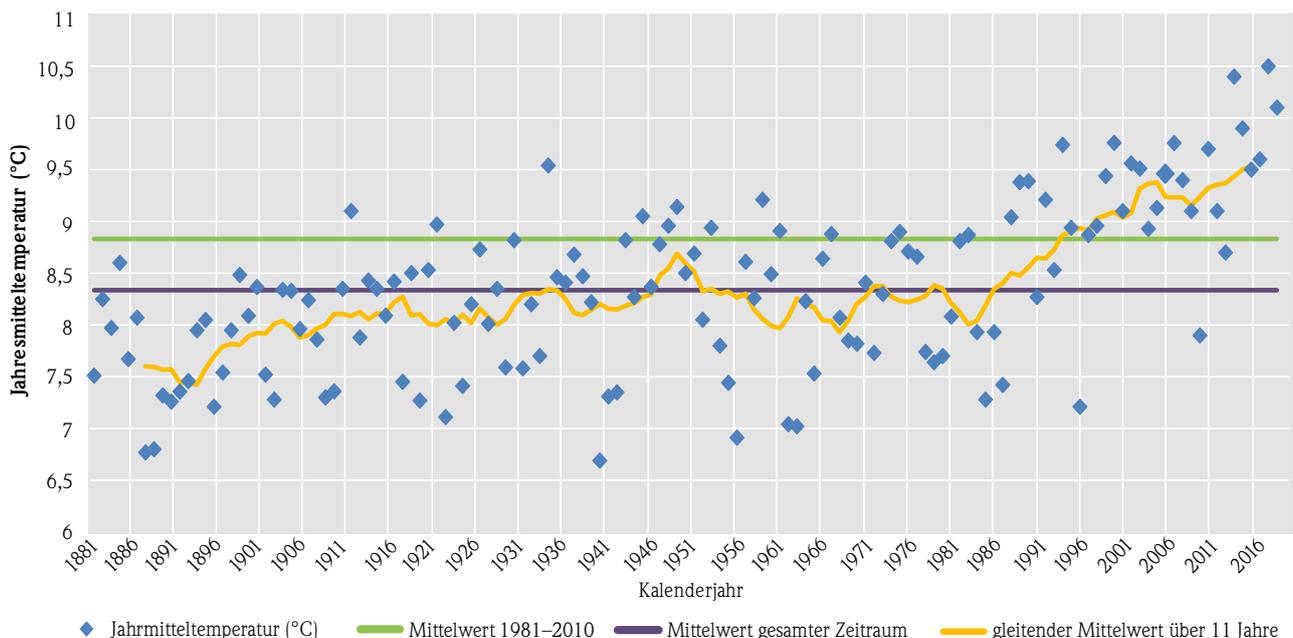


Abb. 3: Jahresmitteltemperaturen in Hessen (Daten: DWD)

Ab Juni lagen die mittleren monatlichen Temperaturen dauerhaft über den Durchschnittswerten. Erheblich zu warm war der Juni. Mit einer mittleren Temperatur von 19,4 °C, die 3,7 Grad über dem langjährigen Mittelwert lag, war er der zweitwärmste Juni seit dem Jahr 1881. Die Hitzewelle setzte sich in den folgenden Monaten Juli und August fort. Im Juli stieg das Thermometer teilweise auf Werte über 40 °C. An der DWD-Messstation Frankfurt-Westend wurde am 25. Juli mit 40,2 °C ein neuer hessischer Rekord erzielt [3]. Auch in den folgenden Monaten September bis Dezember herrschten überdurchschnittliche Temperaturen. Viel zu warm war dabei der Dezember, hier lag die Durchschnittstemperatur mit 3,4 °C um 2,1 Grad über dem Referenzwert.

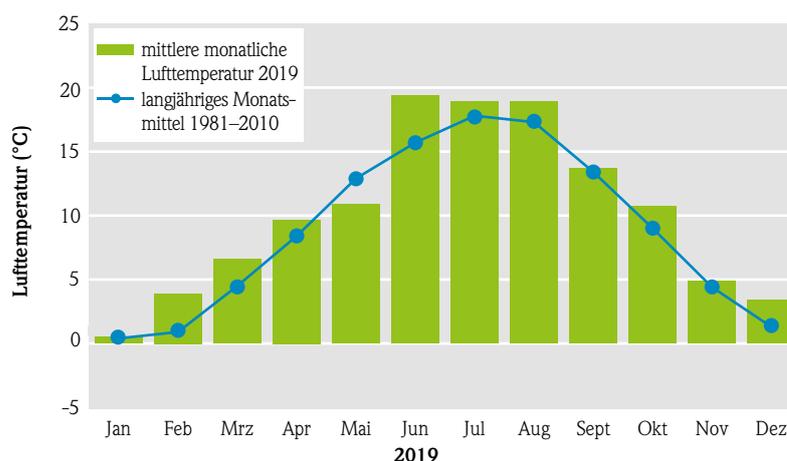


Abb. 4: Monatliche Lufttemperatur 2019 im Vergleich zum langjährigen monatlichen Mittel 1981–2010 (Daten: DWD)

2.3 Sonnenscheindauer

Sonnenscheinmessungen, Zielsetzung und Aufgabe

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

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

Sonnenschein im Jahr 2019

Insgesamt schien die Sonne in Hessen 1782 Stunden und damit 261 Stunden mehr als im Vergleichszeitraum (1 521 Stunden, Zeitraum: 1981–2010). Sonnenscheinreichster Monat war der Juni mit 306 Stunden, der damit auch der sonnenscheinreichste Juni seit Beginn der Messungen im Jahr 1951 war (Abbildung 5) [1] [2].

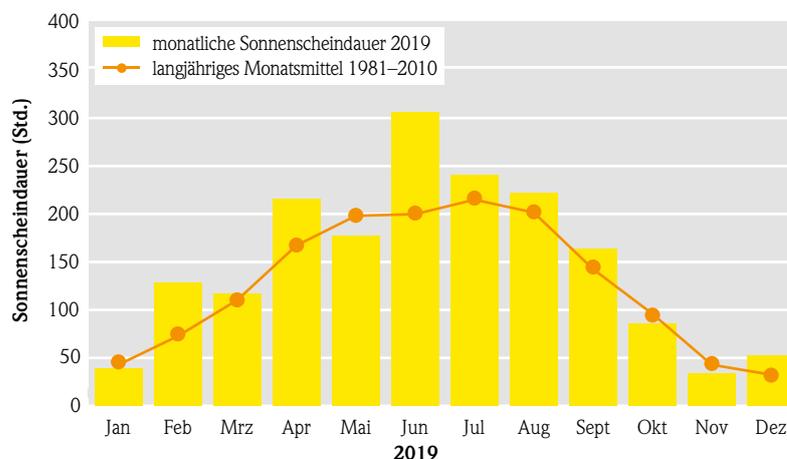


Abb. 5: Monatliche Sonnenscheindauer in Hessen 2019 im Vergleich zum langjährigen monatlichen Mittel 1981–2010 (Daten: DWD)

2.4 Niederschlag

Niederschlagsmessnetz, Zielsetzung und Aufgabe

Kenntnisse über Menge und 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 (Kanalnetze, Kläranlagen, Wasserversorgungseinrichtungen),
- sind fundierte Anhaltswerte für den Hochwasserwarndienst,
- sind wesentliche Eingangsdaten für Hochwasservorhersagesimulationen,
- sind Eingangsdaten für den Betrieb hydrologischer Modelle,
- liefern Hinweise bei der Ermittlung stofflicher Eintragspfade,
- sind bedeutsam für die Landwirtschaft und
- bieten die Grundlage für langfristige Betrachtungen im Hinblick auf Veränderungen der hydrologischen Situation.

Das hessische Niederschlagsmessnetz umfasst derzeit 66 Messstellen im Rahmen des landeseigenen, hydrologisch ausgerichteten Messnetzes (siehe Abbildungen 6 und 7). An den meisten Messstellen stehen sowohl ein Pluviometer (Messung von Minutenwerten mit Datenfernübertragung (DFÜ)) als auch ein Niederschlagsmessgerät nach Hellmann. Andere sind nur mit einem Pluviometer ausgestattet, da hier eine tägliche Ablesung durch einen Beobachter, wie sie bei Hellmann-Messgeräten erforderlich ist, nicht durchgeführt werden kann. Insgesamt gibt es 57 Messstellen, an denen hochaufgelöste Niederschlagsdaten registriert werden und deren Daten mittels DFÜ in eine zentrale Datenbank übertragen werden. Daneben gibt es noch 9 Messstellen, an denen nur einmal täglich mit einem Hellmann-Messgerät durch einen Beobachter gemessen wird. Betrieb und Unterhaltung der Niederschlagsmessgeräte erfolgt größtenteils durch die Regierungspräsidien. Einzelne Niederschlagsmessstellen werden von Dritten betrie-

ben, beispielsweise von Wasserverbänden. Zuständig für die Datenfernübertragung, den Betrieb der Datenbank, Prüfung und Veröffentlichung der Daten im Internet sowie die Datenweitergabe und die Datenauswertung ist das HLNUG.

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

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

Niederschläge im Jahr 2019

Die Jahresniederschlagsmenge in Hessen betrug im Jahr 2019 im Mittel 730 mm (l/m^2). Diese entspricht ca. 90 % der durchschnittlichen Jahresniederschlagsmenge der Vergleichsperiode 1981–2010 von 808 mm. Die Niederschlagsverteilung der einzelnen Monate ist in Abbildung 8 dargestellt. Im Folgenden wird die Niederschlagsverteilung der einzelnen Monate beschrieben.



Abb. 6: Niederschlagsmessstelle Freiensteinau (links: Pluviometer mit kontinuierlicher hochauflösender Messung und Datenfernübertragung, rechts Hellmann-Messgerät, Tagesmessung durch einen Beobachter)

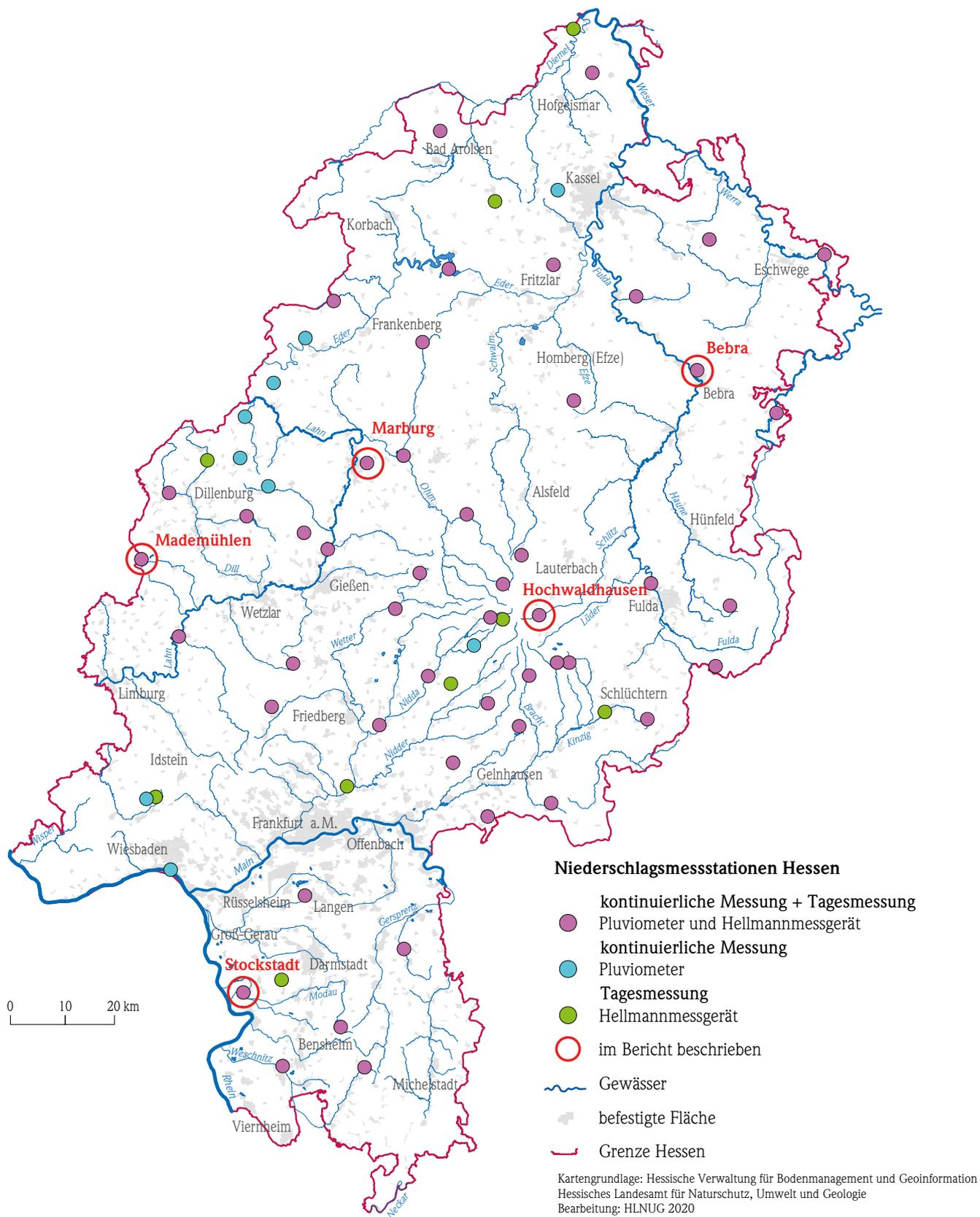


Abb. 7: Hydrologisches Niederschlagsmessnetz landeseigener Niederschlagsmessstellen

Im ersten Halbjahr 2019 wechselten sich trockene und nasse Monate ab. Im Januar, im März und im Mai fielen überdurchschnittliche Niederschlagsmengen. Der Januar war mit 75 mm (+ 9 %) und der März mit 75 mm (+ 15 %) etwas zu nass. Viel zu nass war es im Mai mit 99 mm, die Niederschlagsmenge lag 36 % über dem langjährigen monatlichen Mittelwert von 72,6 mm. Der Großteil dieser Niederschläge ging am Ende der dritten Maiwoche, am 20. und 21. Mai vor allem in Osthessen nieder. Teilweise wurden bis dahin noch nicht gemessene Tagessummen erreicht. Auf diese Ereignisse sowie deren Auswirkungen wird im Kapitel 3.3 genauer eingegangen.

Im Februar hingegen wurden mit 25 mm 44 % des normalerweise zu erwartenden Niederschlags registriert, im April fielen 62 % des Referenzwertes. Auf den zu trockenen Juni mit 50 mm (- 28 %) folgten drei weitere trockene Monate. Besonders im heißen Juli lagen die Regenmengen mit 47 mm (39 %) weit unter dem Durchschnitt. Im Oktober regnete es mit 82 mm 23 % mehr als im Mittel, im November war es mit 61 mm etwas zu trocken und im Dezember mit 75 mm ungefähr im langjährigen Mittel.

Im Jahr 2019 baute sich besonders in der zweiten Jahreshälfte bezogen auf Hessen ein Niederschlagsdefizit von 77,3 mm auf, das ca. 10 % des normalerweise zu erwartenden Jahresregens beträgt (Abbildung 9). Damit ist 2019 als etwas zu trockenes Jahr anzusehen. Obwohl es nur etwas zu trocken war, führten viele Gewässer in Hessen über längere Zeiträume Niedrigwasser.

Regionale Verteilung der Niederschläge

Die folgende Karte (Abbildung 10) stellt die flächenhafte Verteilung der Niederschläge zusammengefasst für das Jahr 2019 dar. In weiten Teilen Hessens war es im Jahr 2019 relativ niederschlagsarm. Es fielen weniger als 600 mm in der Jahressumme bzw.

zwischen 600 und 700 mm. Im Odenwald und vereinzelt in den Hochlagen von z. B. Vogelsberg, Rhön und Rothaargebirge waren die Jahresniederschläge höher und lagen vereinzelt bei Werten über 1000 mm.

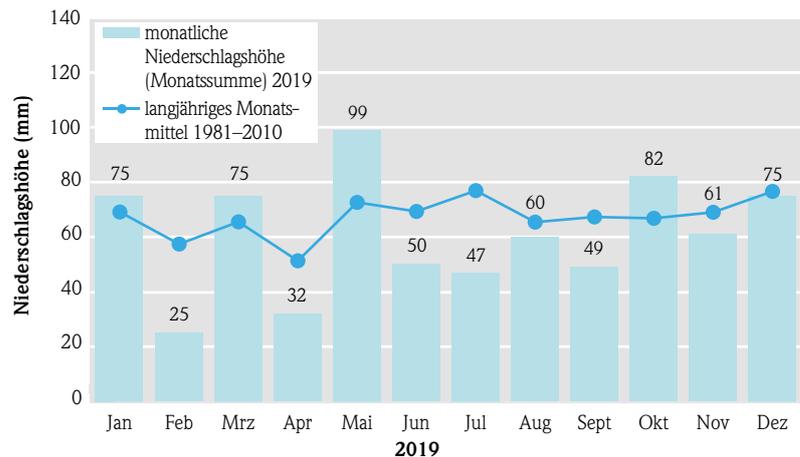


Abb. 8: Monatlicher Niederschlag in Hessen im Jahr 2019 im Vergleich zum langjährigen monatlichen Mittel 1981-2010 (Daten: DWD)

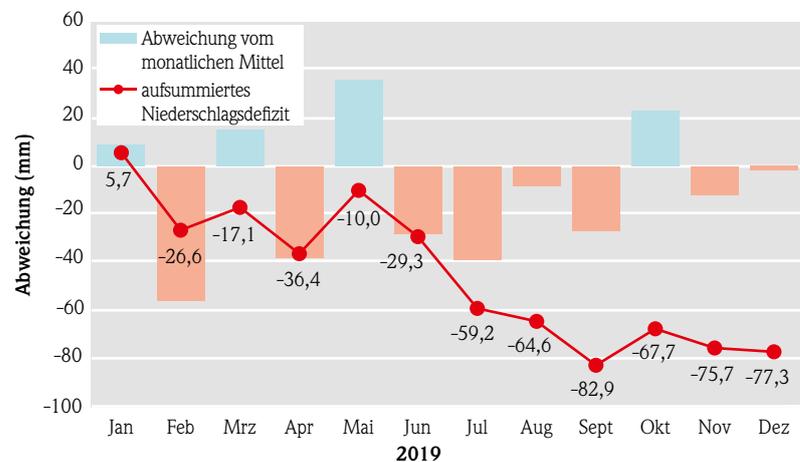


Abb. 9: Monatsniederschlag, Abweichung vom langjährigen monatlichen Mittel und Niederschlagsdefizit (Daten: DWD)

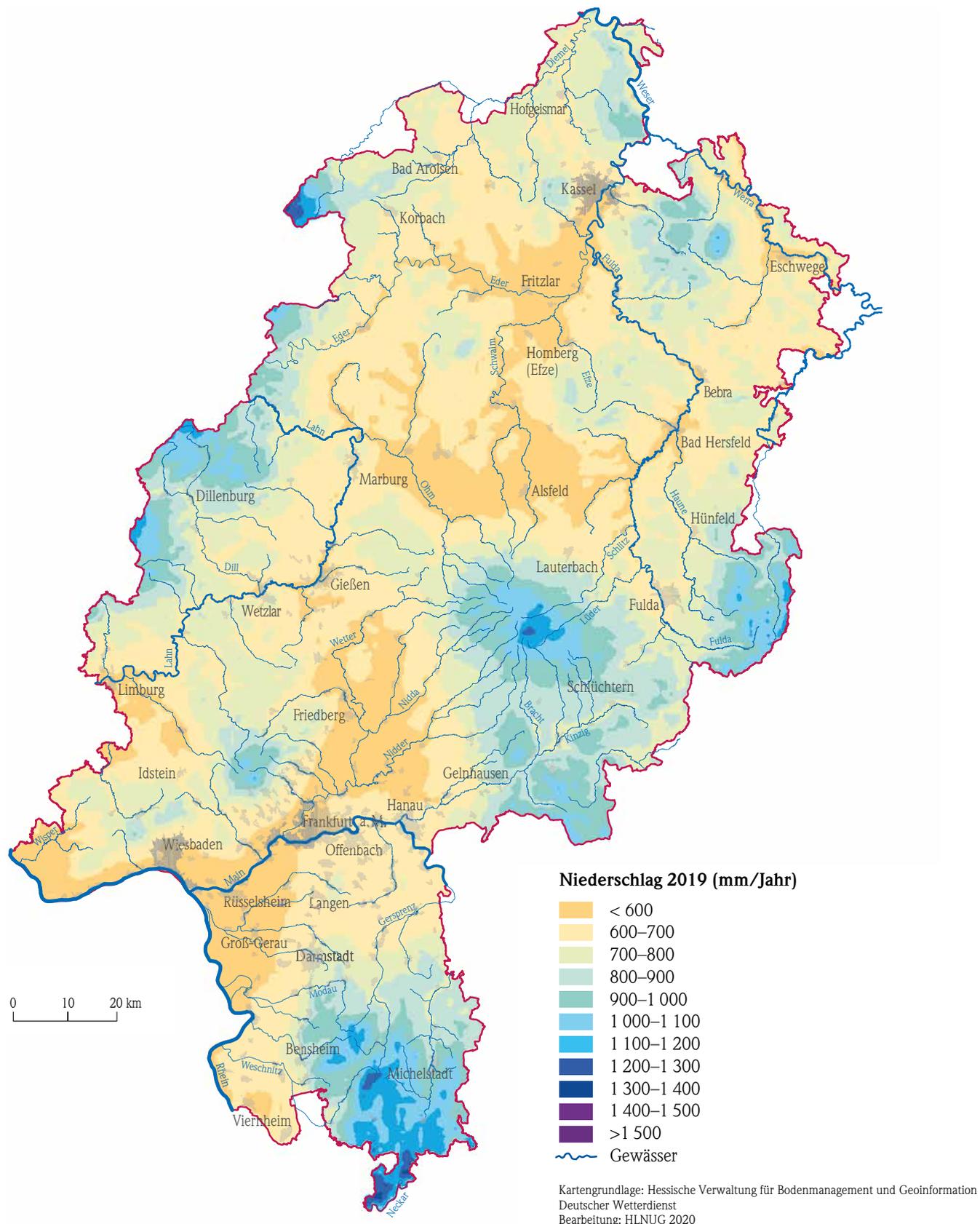


Abb.10: Flächenhafte Verteilung der korrigierten Jahresniederschläge 2019 (Daten: DWD)

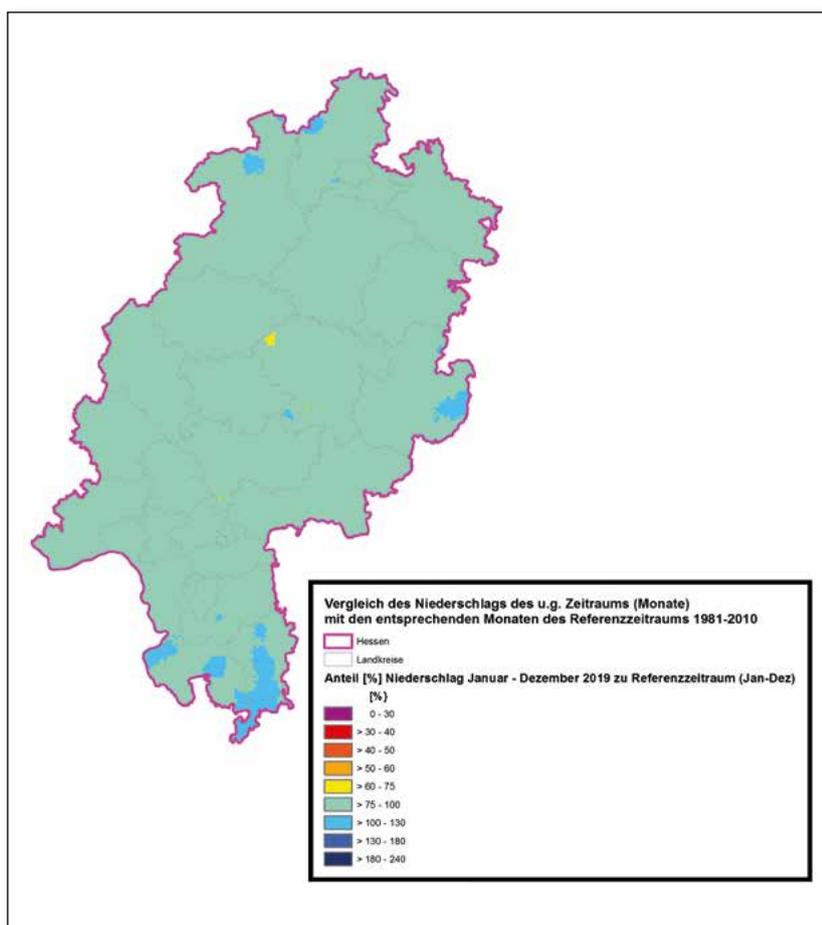


Abb. 1 1: Abweichung des Niederschlags im Jahr 2019 von den langjährigen Werten 1981–2010

In Abbildung 11 ist der Anteil des im Jahr 2019 gefallenen Niederschlags im Vergleich zum Zeitraum 1981–2010 für Hessen dargestellt. Der Darstellung ist zu entnehmen, dass in nahezu ganz Hessen der Niederschlag bei 75 bis 100 % des durchschnittlichen Wertes lag. Lediglich in Osthessen, vereinzelt in Südhessen sowie punktuell im Vogelsberg und im Westen betragen die Werte mehr als 100 % der Vergleichsmengen. Hier werden die Starkregenereignisse sichtbar.

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

Tab. 1: Niederschlagswerte (mm) ausgewählter hessischer Niederschlagsmessstellen 2019

Monat	Hochwaldhausen		Bebra		Marburg		Mademühlen		Stockstadt	
	Mittel 1981–2010	2019	Mittel 1981–2010	2019	Mittel 1981–2010	2019	Mittel 1981–2010	2019	Mittel 2001–2018	2019
Jan	152	147	46	59	62	47	116	143	30	37
Feb	119	50	38	32	43	21	88	42	34	8
Mrz	129	196	47	60	55	66	104	151	38	32
Apr	76	32	37	27	43	22	62	45	35	39
Mai	91	115	58	108	64	84	74	77	64	88
Jun	82	67	61	38	60	40	78	36	55	40
Jul	93	28	60	46	64	51	88	33	63	115
Aug	79	95	53	38	52	50	79	112	74	66
Sep	102	102	48	20	64	41	91	83	35	59
Okt	118	135	44	51	65	63	98	117	47	100
Nov	118	147	53	46	51	48	103	109	42	48
Dez	155	179	50	49	66	65	123	176	44	52
Jahres-summe	1 313	1 292	595	575	690	597	1 103	1 123	561	683

An der **Messstelle Bebra in Nordhessen** fielen 575 mm. Dies entspricht 97 % des mittleren Wertes der Jahre 1981–2010. Die größten Niederschlagsmengen fielen im Mai mit 108 mm, 51 mm (+ 88 %) mehr als im Mittel. Überdurchschnittlich regnete es außerdem im Januar, März und Oktober. Im Dezember lagen die Regenmengen im durchschnittlichen Bereich. Die übrigen Monate waren niederschlagsarm. Trockenster Monat war der September mit 20 mm und 42 % des Durchschnittswertes von 48 mm. Weitere trockene Monate waren der April mit 27 mm (- 27 %), der Juni mit 38 mm (- 36 %), der Juli mit 46 mm (- 23 %) und August mit 38 mm (- 27 %). Im Februar und im November waren die Regenmengen leicht unterdurchschnittlich.

An der **mittelhessischen Messstelle Marburg** wurden 597 mm (86 % des Vergleichswerts) im Jahr 2019 gemessen. Abgesehen vom regenreichen Mai mit 84 mm (+ 31 % mehr) und März mit 66 mm (+ 19 %) waren alle Monate hier zu trocken. Besonders niederschlagsarm war es im Januar mit 47 mm (- 24 %), im Februar mit 21 mm (- 52 %), im April mit 22 mm (- 48 %), im Juni mit 40 mm (- 34 %) und im September mit 41 mm (- 36 %). In den Monaten August, Oktober, November und Dezember wurden leicht unterdurchschnittliche Regenmengen registriert.

Im **Westerwald** an der Messstelle **Mademühlen** fielen mit 1 123 mm annähernd durchschnittliche Regenmengen. Regenreiche und trockene Monate standen sich gegenüber. Der regenreichste Monat war der Dezember, in dem mit 176 mm das langjährige Monatsmittel um 43 % überschritten wurde. Ebenfalls nass war es im Januar mit 27 mm mehr als im Mittel (+ 24 %), im März mit 47 mm Überschuss (+ 46 %), und im August mit 33 mm Überschuss (+ 43 %). In den Monaten Mai, September und November fielen ungefähr durchschnittliche Regenmengen. Extrem trockene Monate waren der Juli, in dem mit 33 mm nur 38 % (- 62 %) der sonst üblichen Regenmenge fielen, sowie der Juni mit 36 mm (- 54 %) und der Februar mit 42 mm (- 52 %).

An der Messstelle **Hochwaldhausen im Vogelsberg**, wo in der Regel relativ große Niederschlagsmengen niedergehen, regnete es im Jahr 2019 1 292 mm, dies entspricht mit einem Defizit von 21 mm (- 2 %) fast den langjährigen middle-

ren Jahressummen von 1 313 mm. Die höchsten Regenmengen fielen im März mit 196 mm, die um 51 % über dem langjährigen Mittel lagen. Überdurchschnittlich regnete es auch im Mai, August, Oktober, November und Dezember. Im Januar und September waren die Werte durchschnittlich. Insgesamt konnten die regenreichen Monate hier die extrem trockenen Monate Februar mit 50 mm (- 58 %), April mit 32 mm (- 58 %) und den trockenen Juli, in dem mit 28 mm nur 30 % der sonst üblichen Regenmenge fiel, in der Jahressumme im Mittel ausgleichen.

Die Messstelle **Stockstadt** liegt in **Südhessen** und ist erst seit 2001 in Betrieb. 2019 fielen hier 683 mm und damit 121 mm (21 %) mehr als im Zeitraum 2001 bis 2019. Die höchsten Niederschläge waren mit 115 mm (+ 82 %) im Juli und mit 100 mm (+ 110 %) im Oktober. Nennenswerte überdurchschnittliche Niederschläge gab es noch im Mai mit einem Überschuss von 24 mm (+ 37 %). Viel zu trocken war es nur im Februar mit 8,5 mm (- 75 %) gegenüber 34 mm im langjährigen Mittel und im Juni mit 40 mm (- 28 %). Etwas geringere Regenmengen fielen im März und im August. In den Monaten Januar, April, November und Dezember lagen die Niederschlagswerte leicht über dem Durchschnitt.

Die Auswertungen zeigen, dass das Niederschlagsgeschehen lokal oft sehr unterschiedlich war. So brachte beispielsweise der Januar überdurchschnittlichen Regen an den Messstellen Bebra, Stockstadt und Mademühlen, wohingegen es in Marburg und in Hochwaldhausen zu trocken war. Die überdurchschnittlichen Mair Regen hingegen fielen in Mademühlen ungefähr durchschnittlich aus. Im Juli war es überwiegend zu trocken. Lediglich an der Messstation Stockstadt wurden überdurchschnittliche Niederschläge registriert. Hier schlägt ein örtlich begrenztes Starkregenereignis vom 28. Juli durch.

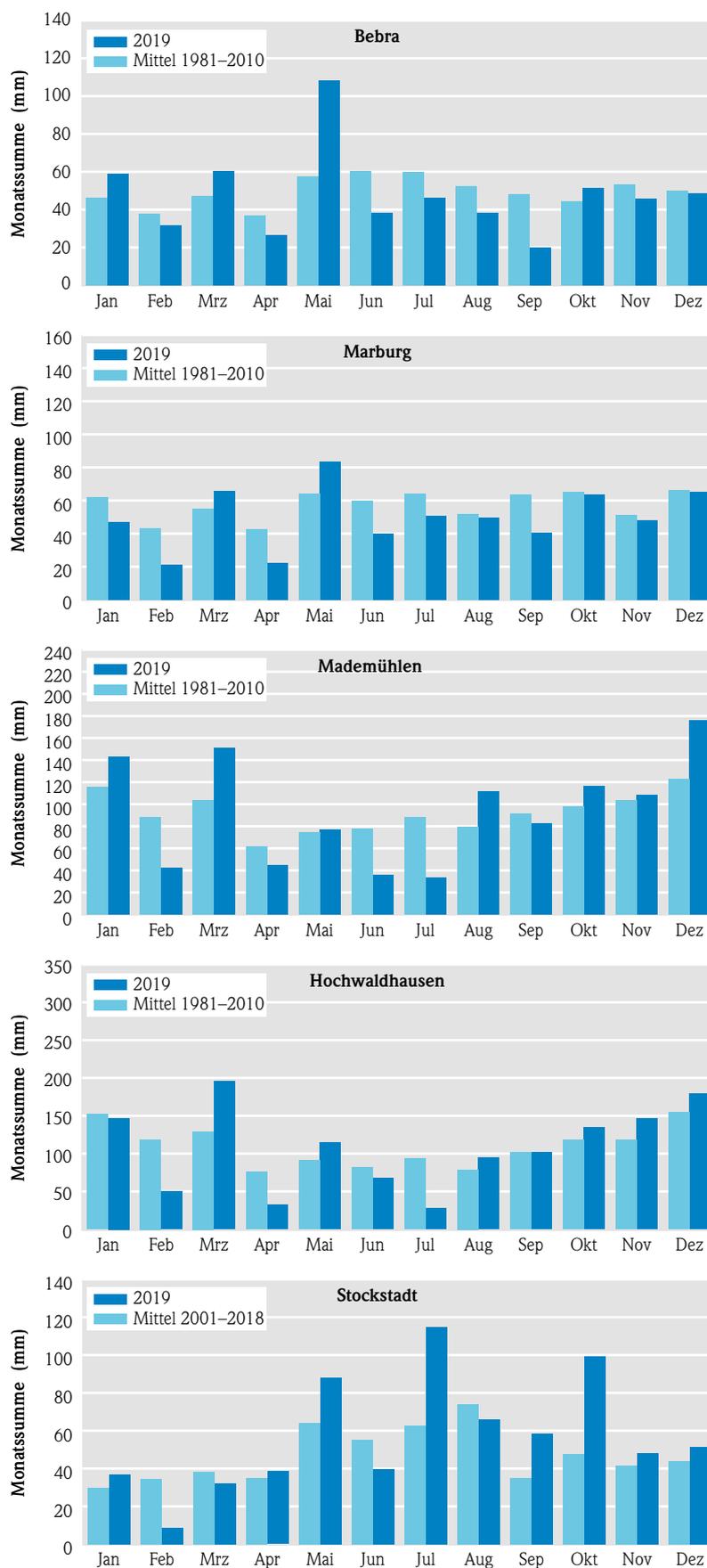


Abb. 12: Monatsniederschläge an fünf hessischen Niederschlagsmessstellen (Datenbasis: Rohdaten)

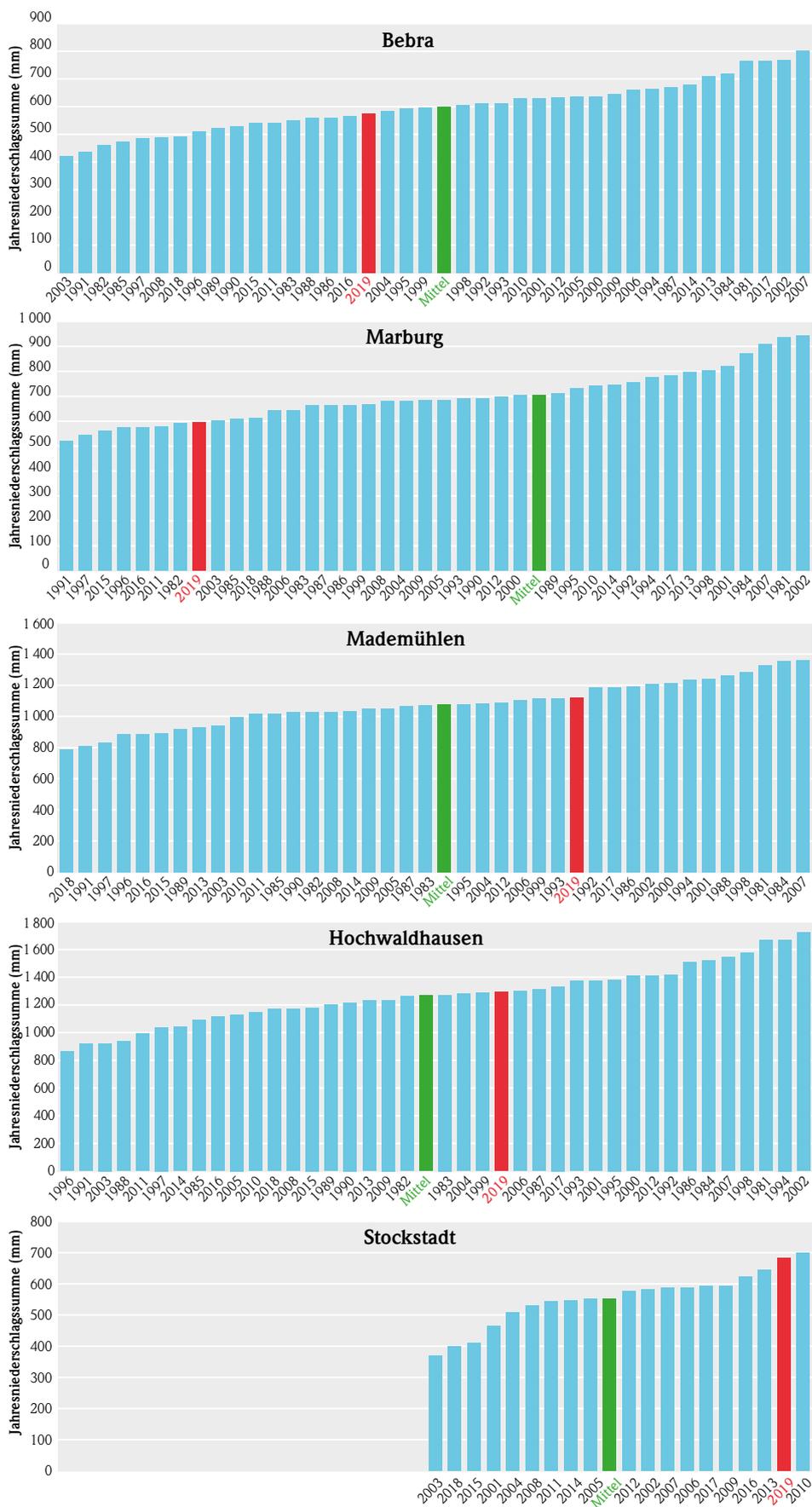


Abb. 13: Jahresniederschlagsmengen an fünf hessischen Niederschlagsmessstellen (rot: Jahressumme 2019, grün: langjähriges Mittel, Datenbasis: Rohdaten)

Starkregenereignisse 2019

Im Jahr 2019 traten weniger extreme Starkregenereignisse mit hohen Wiederkehrwahrscheinlichkeiten auf als im Jahr 2018. Abbildung 14 zeigt, wie viele Starkregenereignisse mit Stundensummen von mehr als 15 mm/Stunde an 56 hessischen Niederschlagsmessstationen seit 2006 registriert wurden.

Das stärkste zeitlich und lokal begrenzte Starkniederschlagsereignis im Jahr 2019 wurde am 27./28. Juli an der Messstation Stockstadt in Südhessen

registriert. Hier fielen 75,41 mm in 24 Stunden, davon 52,3 mm in einer Stunde. Laut KOSTRA-DWD (koordinierte Starkregenkoordinierung und -analyse) ist dies ein Ereignis mit mehr als 100-jährlicher Wiederkehrwahrscheinlichkeit (Abbildung 15).

In Tabelle 2 sind registrierte Starkregenereignisse des Jahres 2019 zusammengestellt. Hier ist als Basis die Tagessumme angegeben. Auf das außerordentliche Ereignis am 20./21. Mai mit dessen Auswirkungen wird in Kapitel 3.3 eingegangen.

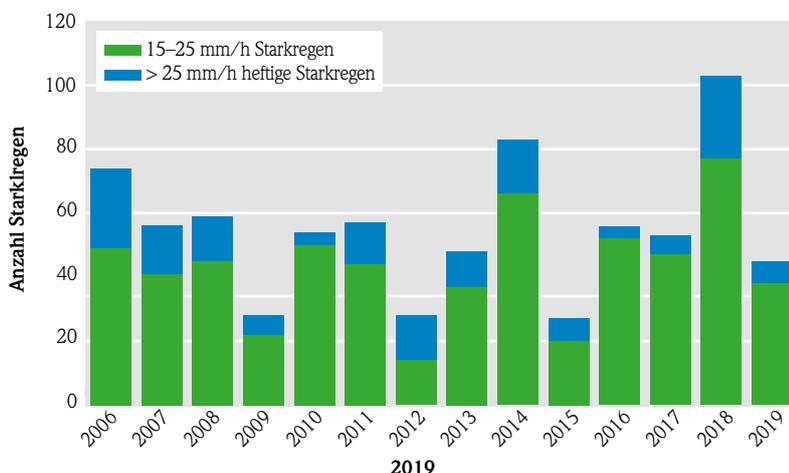


Abb. 14: Starkregen mit Stundensummen > 15 mm an hessischen Messstationen 2006 bis 2019

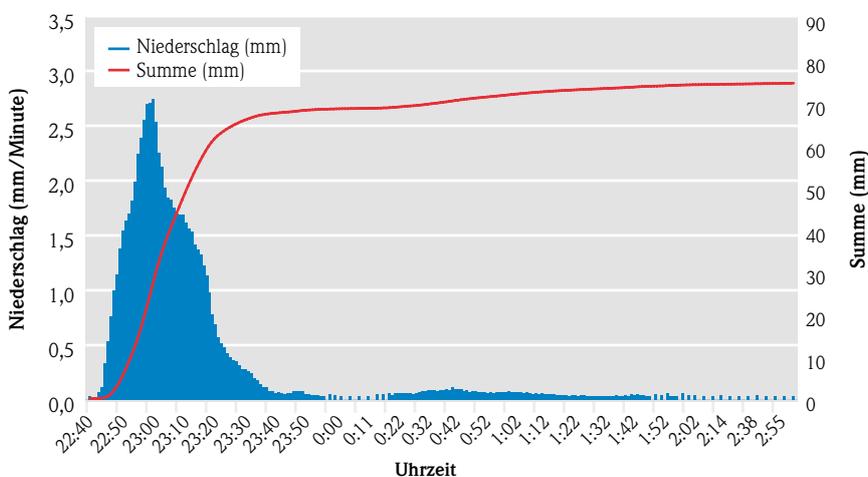


Abb. 15: Niederschlag am 27./28. Juli 2019 Messstation Stockstadt

Tab. 2: Übersicht über registrierte Starkregenereignisse 2019 in Hessen (Tagessummen > 25 mm) (Einzelereignisse unter 25 mm/Tag sind nicht aufgelistet)

Datum	Betroffene Gebiete	Höchste Messwerte (24-Stundensummen), Jährlichkeit	Auswirkungen
10.02.2019	Nordhessen, Rhön, Rothaargebirge	Willingen/Hochsauerland (DWD), 39 mm, Battenberg-Hof Karlsburg (DWD), 35 mm, Driedorf (DWD) 31 mm, Birx-Rhön (DWD), 30 mm, Auhammer, 30 mm, Wasserkuppe (DWD), 25 mm, Vöhl-Buchenberg (DWD), 25 mm, weitere N-Messstellen über 20 mm / 24 Stunden.	Hochwasser mit Meldestufenüberschreitungen in Gewässern in der Rhön und im Rothaargebirge, in der Fulda und im Fuldaeinzugsgebiet sowie im Kinziggebiet.
14.03.2019	Vogelsberg	Grebenhain-Ilbeshausen-Hochwaldhausen, 28 mm, 2 weitere Stationen zwischen 20 und 25 mm.	
15.03.2019	Rothaargebirge, Vogelsberg, Spessart, Rhön, Taunus	Grebenhain-Ilbeshausen-Hochwaldhausen, 36 mm, Driedorf-Mademühlen, 35 mm, Sinnatal-Sterbfritz, 32 mm, Biebergemünd-Bieber, 29 mm, Wasserkuppe (DWD), 26 mm, Kleiner Feldberg (DWD), 26 mm, 8 weitere Stationen zwischen 20 und 25 mm.	Hochwasser mit Meldestufenüberschreitungen der Meldestufe 1 an Fulda, Lahn, Kinzig.
19.05.2019	Mittelhessen	Kirchhain-Kläranlage 44 mm, am Folgetag 27 mm, Summe: 71 mm.	
20.–21. 05.	Osthessen, Rhön, Kinziggebiet, vereinzelt in Südhessen	Sinnatal-Sterbfritz, 112 mm, > 100-jährlich, Biebergemünd-Bieber, 108 mm > 100-jährlich, Dipperz-Giegenberg, 102 mm, > 100-jährlich, Gersfeld-Rhön-Dalherda, 96 mm, > 100-jährlich, Birx/Rhön (DWD), 101 mm, > 100-jährlich, Wasserkuppe (DWD), 94 mm, > 100-jährlich, Schotten-Eichelsachsen, 93 mm, > 50–100-jährlich, Tann/Rhön(DWD), 85 mm, > 100-jährlich, Schwarzenborn-Richberg, 73 mm, 50–100-jährlich Hessisch-Lichtenau Heilstätte am Meißner, 70 mm, 10–20-jährlich, Spangenberg-Mörshausen, 70 mm, 30–50 jährlich, 16 hess. Messstellen 40 bis 60 mm, 12 hess. Messstellen 30–40 mm, 9 hess. Messstellen 20–30 mm.	Hochwasser mit Meldestufenüberschreitungen der Meldestufe 3 im Fuldaeinzugsgebiet in der Kinzig, am Pegel Auerbach/Winkelbach. Besonders betroffen waren die Losse, die Kinzig sowie Oberläufe im Fuldaeinzugsgebiet. Teilweise Überschreitung des höchsten bisher gemessenen Wasserstandes und des höchsten aufgetretenen Durchflusses. Lokale Überschwemmungen, Sperrung von Autobahnen und Bundesstraßen Vollgelaufenen Keller, Schlammlawinen.
03.06.2019	Osthessen, Spessart	Sinnatal-Sterbfritz, 45 mm, Wanfried, 44 mm.	
19.06.2019	Nordhessen	Hofgeismar-Beberbeck, 36 mm.	
12.07.2019	Mittelhessen, Nordhessen, Rothaargebirge	Gudensberg, 64 mm, 20-jährlich, Schwarzenborn-Richberg, 63 mm, 30-jährlich, Breidenbach, 63 mm, 20-jährlich, Gießen-Wettenberg (DWD), 48 mm, 3–5-jährlich Haiger, 42 mm, Frankenberg-Eder-Rengershausen, 40 mm, 2-jährlich, Bischoffen N, 39 mm, Hofgeismar-Beberbeck, 30 mm, Biedenkopf-Sackpfeife, 47 mm (2 Tage) Bad Arolsen-Schmillinghausen, 26 mm 4 weitere Stationen zwischen 20 und 25 mm.	Unwetter mit Hagel (bis 30 cm), überflutete Straßen. Flugausfälle am Flughafen Frankfurt am Main.
28.07.2019	Südhessen, Hessisches Ried, Rhön	Stockstadt, 75 mm, davon 52 mm in einer Stunde, > 100-jährlich, Biebesheim, 73 mm (nur Hellmann-Messung), Wasserkuppe (DWD), 44 mm.	Überflutete Straßen, vollgelaufene Keller und geflutete Unterführungen.
02.08.2019	Einzelereignis Nordhessen	Bad Arolsen-Schmillinghausen, 28 mm.	
06.08.2019	Vogelsberg, Westerwald, Rhön, Taunus, Kinzig	Freigericht-Horbach, 40 mm, Schotten-Hoherodskopf, 28 mm, Nidda-KA, 27 mm, Schotten-Eichelsachsen, 26 mm, 4 Stationen zwischen 20 und 25 mm.	

07.08.2019	Westerwald	Driedorf-Mademühlen, 36 mm, 2 Stationen zwischen 20 und 25 mm.	
09.08.2019	Vogelsberg, Rhön, Westerwald, Rothaargebirge	Grebenhain-Ilbeshausen-Hochwaldhausen, 37 mm, Schotten-Hoherodskopf, 32 mm, Schotten-Eichelsachsen, 29 mm, Fulda-Gläserzell, 28 mm, Driedorf-Mademühlen, 25 mm, 10 Stationen zwischen 20 und 25 mm.	
18.08.2019	Süd Hessen, Raum Offenbach	Schwere Unwetter mit Sturm und Hagel, keine Regenmengen über 25 mm Langen-KA, 22 mm, höchste Stundensumme 16 mm Freigericht-Horbach, 22 mm, Biebergemünd-Bieber, 21 mm.	Gewitter mit Orkanböen, Hagel, überflutete Keller, abgedeckte Dächer, umgestürzte Bäume, 21 Verletzte.
08.09.2019	Mittelhessen, Niddaeinzugsgebiet	Lich-Ober Bessingen, 29 mm.	
25.09.2019	Nordhessen	Hofgeismar-Beberbeck, 32 mm.	
26.09.2019	Vogelsberg, Westerwald, Rothaargebirge	Schotten-Hoherodskopf, 40 mm, Grebenhain-Ilbeshausen-Hochwaldhausen, 30 mm, Ulrichstein-Selgenhof, 29 mm, Driedorf-Mademühlen, 28 mm, Bischoffen N, 204 mm.	
01.10.2019	Vogelsberg, Rhön, Süd Hessen	Ulrichstein-Selgenhof, 33 mm, Lich-Ober Bessingen, 30,4 mm, Fulda-Gläserzell, 28 mm, Stockstadt, 28 mm, Schotten-Eichelsachsen, 27 mm 3 weitere Stationen zwischen 20 und 25 mm.	
08.10.2019	Süd Hessen, Vogelsberg	Modautal-Brandau, 31 mm, Fürth-Krumbach, 28 mm, Schotten-Hoherodskopf, 28 mm, Biebergemünd-Bieber, 26 mm.	Kurzzeitige Überschreitung Hochwassermeldestufe 1 Pegel Auerbach/Winkelbach.
09.10.2019	Süd Hessen	Fürth-Krumbach, 36 mm.	Kurzzeitige Überschreitung Hochwassermeldestufe 1 Pegel Fahrenbach/Weschnitz.
15.10.2019	Nordhessen	Bad Arolsen-Schmillinghausen, 32 mm, 1–2-jährlich Arolsen-Landau (DWD), 30 mm, Witzenhausen/Wald (DWD), 30 mm Borgentreich (DWD), 29 mm, Warburg (DWD), 29 mm, Diemelstadt-Rhoden (DWD), 28 mm, Schmallenberg-Sellinghausen (DWD), 28 mm Weitere 11 Stationen zwischen 20 und 25 mm.	Schlammlawine in Hofgeismar-Hümmel, Überschwemmung der Bundesstraße B 83, keine Meldestufenüberschreitungen an Pegeln.

Literatur

- [1] Deutscher Wetterdienst (DWD) Pressemitteilung: Deutschlandwetter_2019, 30.12.2019, Deutscher Wetterdienst (DWD) abgerufen 21.01.2020.
- [2] Deutscher Wetterdienst (DWD) Monatliche Klimastatusberichte 2019.
- [3] Deutschlandwetter im Juli 2019, Pressemitteilung des Deutschen Wetterdienstes (DWD), abgerufen 23.01.2020.

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 120 Pegel (Abbildungen 15 bis 18). Diese erfassen und dokumentieren den Istzustand der Gewässer. Betrieb und Unterhaltung der Pegel sowie die Durchführung der Durchflussmessungen obliegen den Regierungspräsidien. Das landeseigene Pegelmessnetz wird ergänzt durch mehr als 40 Pegel von Verbänden und sonstigen Betreibern, die meist der Steuerung von Talsperren und Hochwasserrückhaltebecken dienen. Die Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung (WSV) betreibt an den Bundeswasserstraßen in Hessen weitere 20 Pegel.



Abb. 15: Pegel Essershausen an der Weil, Gewässer mit Pegeltreppe, Stufenpegel



Abb. 16: Pegel Essershausen an der Weil, Innenansicht des Pegelhauses mit Seilkrananlage, Arbeitsplatz und Einrichtung zur Datenfernübertragung



Abb. 17: Pegel Essershausen an der Weil im März 2019, Außenansicht des Pegelhauses mit Pegellatte

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

www.hlnug.de/static/pegel/wikiweb2/.

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

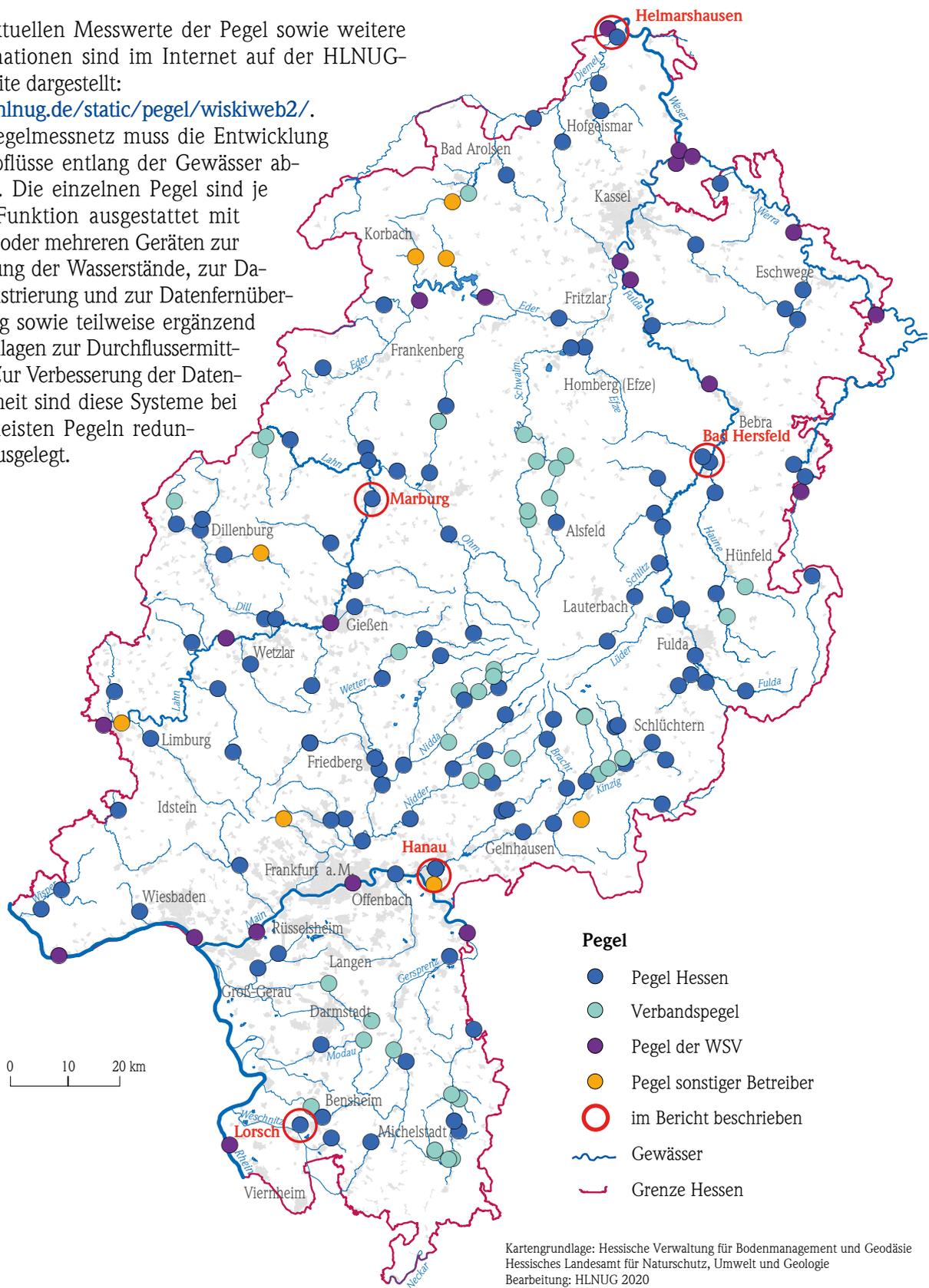


Abb. 18: Pegelmessnetz

Ergebnisse 2019

Das Durchflussverhalten der hessischen Gewässer wird zusammenfassend in den Abbildungen 19 und 20 dargestellt. Hierfür wurden die Durchflüsse von 16 repräsentativen hessischen Gewässern ausgewertet und auf die ganze Fläche Hessens hochgerechnet. Stand der Auswertung ist März 2020.

Ausnahmslos alle 12 Monate des Jahres 2019 weisen unterdurchschnittliche Abflüsse im Vergleich mit der langjährigen Reihe von 1981–2010 auf. Das Vorjahr beeinflusst noch das Abflussgeschehen des betrachteten Jahres. Niederschläge, die gefallen sind, es waren immerhin im Laufe des Jahres ca. 90 % des langjährigen Mittels, konnten das Defizit des Vorjahres in den hessischen Gewässern nicht ausgleichen. In den

Bächen und Flüssen wurde daher nur 68 % des langjährigen mittleren Abflusses erreicht.

Das ganze Jahr über kam es immer wieder an den hessischen Pegeln zu Überschreitungen der Meldestufe 1, insbesondere an kleineren Gewässern. Einzig im Monat Mai gab es Überschreitungen höherer Meldestufen. Insbesondere in den Flussgebieten der Kinzig und der Fulda, aber auch in der Werra, der Diemel und in Südhessen. Die meisten Überschreitungen der höchsten Meldestufen finden sich an Kinzig und Fulda, hier wurden an einigen Pegeln sogar die bisherigen höchsten jemals gemessenen Wasserstände übertroffen. Eine detaillierte Auswertung dieses Starkregenereignisses ist im Kapitel 3.3 zu lesen. Abgesehen davon war Hochwasser eher eine Randnotiz des Jahres 2019.

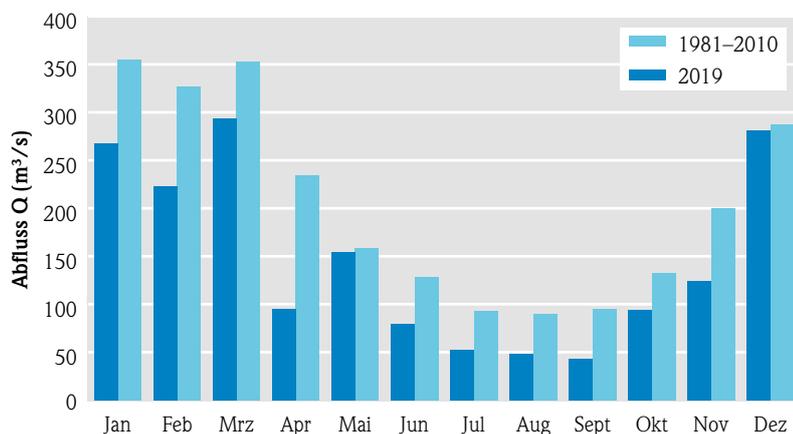


Abb. 19: Vergleich des mittleren monatlichen Abflusses mit dem langjährigen mittleren Monatsabfluss in Hessen

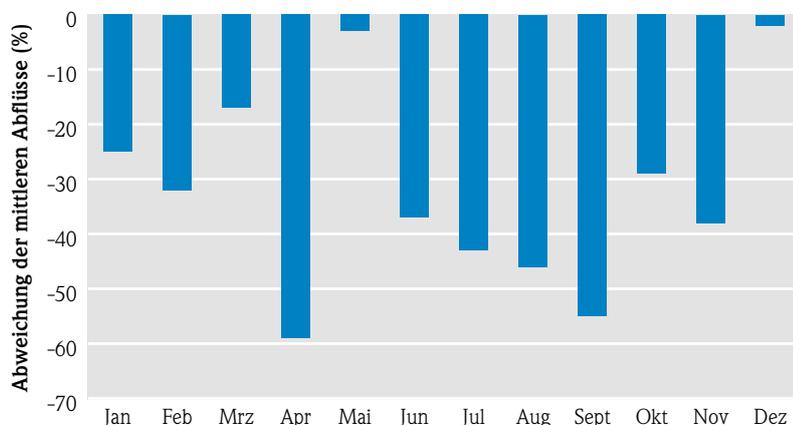


Abb. 20: Abweichung des mittleren monatlichen Abflusses (MO) vom langjährigen Monatsmittel (MO_{Reihe 1981-2010})

In viel größerem Umfang machte sich, wie in vielen anderen Bundesländern auch, die Trockenheit in Hessen bemerkbar. Die Monate April und September haben das größte Abflussdefizit mit 59 % und 55 %. Im April sind statt der langjährigen 234 m³/s landesweit nur 95 m³/s abgeflossen. In den Monaten Mai und Dezember sieht man die geringsten Abweichungen zum langjährigen Mittelwert. Gerade im Mai täuscht aber der Eindruck eines ausgeglichenen Abflussmonats, da hier v. a. Starkniederschlagsereignisse zu diesen Abflussmengen führten, welche jedoch nicht ganz Hessen betrafen und nur einen kurzen Zeitraum umfassten.

Aufgrund der sich weiter verschärfenden überregionalen Trockenheit im Jahr 2019 gibt es eine Zusammenstellung der Niedrigwasserphase des Jahres 2019 am Ende dieses Kapitels.

Beispielhaft für die hessischen Gewässer werden die Durchflüsse der Diemel (Pegel Helmarshausen) für Nordhessen, der Fulda (Pegel Bad Hersfeld 1) für Osthessen, der Lahn (Pegel Marburg) für Mittelhessen, der Kinzig (Pegel Hanau) für das Maingebiet und der Weschnitz (Pegel Lorsch) für Südhessen betrachtet (siehe Tabelle 3 und Abbildungen 22 und 23).

Wie im Jahr 2018 unterschritten alle 5 betrachteten Pegel in der Jahressumme die langjährigen Werte. Erneut kam der Pegel Hanau/Kinzig dem langjährigen Mittel, wenn auch nur mit 76 %, am nächsten.

Auffällig an den Wasserständen am **Pegel Lorsch an der Weschnitz** sind die sehr großen Defizite in den Monaten Februar, März, April, August und September. Der April hat mit 40 % der langjährigen Werte das größte Defizit. Statt 4,04 m³/s flossen lediglich 1,61 m³/s ab.

Abermals kam es durch viele kleinere Hochwasserspitzen zu schwankenden Wasserständen im Verlauf des Jahres, wenn es auch kein einziges Mal für das Erreichen der Meldestufe 1 reichte. Die größten Abflüsse traten in den Monaten Januar, Juni, Oktober und Dezember auf. Außer im Juni wurde sogar das langjährige Mittel überschritten.

Die Wasserführung am **Pegel Hanau an der Kinzig** kam dem typischen, hessenweiten Geschehen am nächsten. Auf den prozentual abflussärmsten Monat April mit nur 4,89 m³/s statt 11,92 m³/s, folgte der Mai, der aufgrund des außergewöhnlichen Starkregenereignisses mit 141 % sogar deutlich über dem langjährigen Mittel lag. Dank der Talsperre im Oberlauf kam es am Pegel selbst bei diesen enormen Regenschauern nur zur Überschreitung der Meldestufe 1. Von Mitte Juni bis Ende Dezember gab es kaum nennenswerte Hochwasserwellen mehr.

Nur etwas mehr als ⅔ des langjährigen Mittels flossen beim **Pegel Marburg an der Lahn** durch. Damit ist er zusammen mit dem Pegel Bad Hersfeld 1/Fulda der abflussärmste der 5 hier untersuchten Pegel. In keinem Monat wurden die langjährigen Mittelwerte überschritten. Mit 96 % kam der Abfluss im Dezember zwar diesem Mittel am nächsten, jedoch ist der zweitstärkste Abfluss im Monat März schon auf 88 % gesunken. Es ist nicht verwunderlich, dass



Abb. 21: Pegel Düdelnheim am Seemenbach im Februar 2019

es an diesem Pegel das ganze Jahr über zu keiner Meldestufenüberschreitung kam.

Mit 68 % des langjährigen Mittels liegt der **Pegel Bad Hersfeld 1 an der Fulda** mit dem Pegel Marburg/Lahn bei dem Wert, der für ganz Hessen ermittelt wurde. Statt dem langjährigen Jahresmittel von 247 m³/s wurden im Jahr 2019 lediglich 168 m³/s erreicht. Extreme Hochwasser und Niedrigwasser stehen sich hier wie sonst an keinem der 5 untersuchten Pegel gegenüber. Im April kamen 9,11 m³/s zum Abfluss (24,98 m³/s beträgt das langjährige Mittel), im Mai dagegen 23,3 m³/s (16,83 m³/s ist das langjährige Mittel). Damit erreichte der April mit 36 % den kleinsten prozentualen Monatswert und im Mai mit 138 % den dritthöchsten Monatswert aller untersuchten Pegel. Im Mai kam es auch zum Überschreiten der Meldestufe 2, im Februar und März zur Überschreitung von Meldestufe 1.

In Nordhessen am **Pegel Helmarshausen an der Diemel** lagen die Jahresabflusswerte im Mittelfeld. Hier lagen lediglich die Abflüsse im Januar über denen des langjährigen Mittels. In den ersten 3 Monaten des Jahres kam es immer wieder zu Hochwasserwellen, jedoch zu keiner Meldestufenüberschreitung. Nach dem Maihochwasser, welches ebenfalls unter der Meldestufe 1 blieb, durchfloss bis Ende Dezember keine bedeutsame Hochwasserwelle mehr den Pegel.

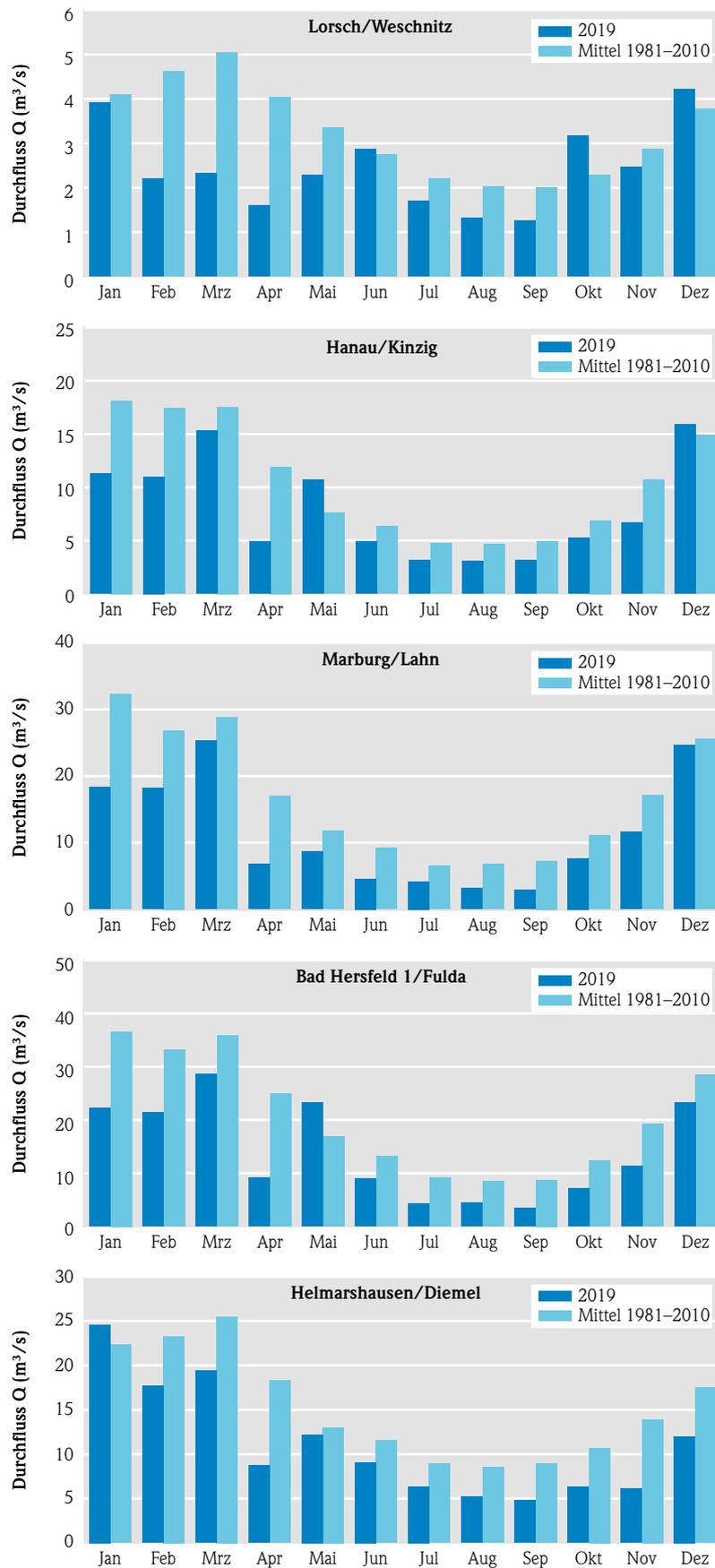


Abb. 22: Monatliche Durchflüsse an fünf hessischen Pegeln

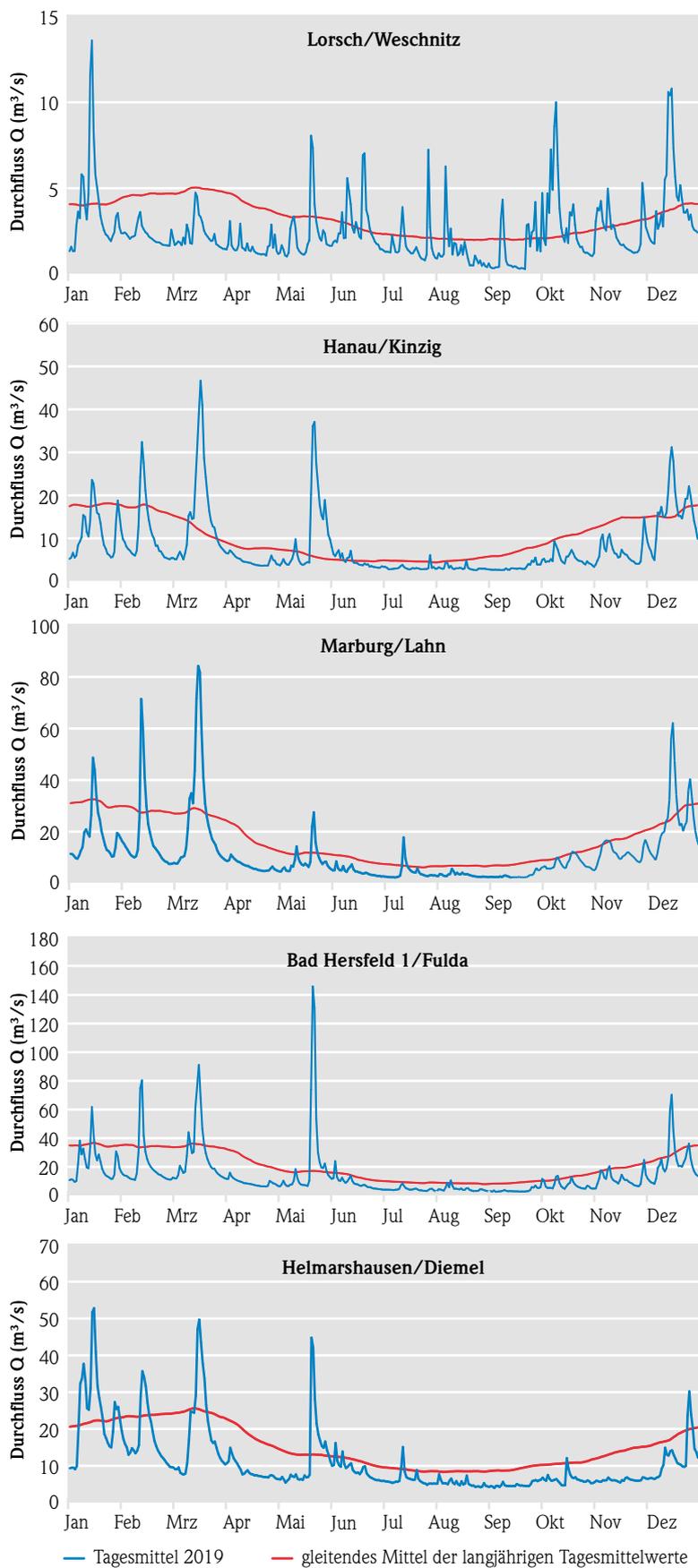


Abb. 23: Durchflüsse an fünf hessischen Pegeln

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

Monat	Q [m³/s]														
	Lorsch/Weschnitz			Hanau/Kinzig			Marburg/Lahn			Bad Hersfeld 1/Fulda			Helmarshausen/Diemel		
	Monatsmittel 2019	Monatsmittel 1981–2010	[%]	Monatsmittel 2019	Monatsmittel 1981–2010	[%]	Monatsmittel 2019	Monatsmittel 1981–2010	[%]	Monatsmittel 2019	Monatsmittel 1981–2010	[%]	Monatsmittel 2019	Monatsmittel 1981–2010	[%]
Jan	3,91	4,10	95	11,30	18,13	62	18,3	32,29	57	22,20	36,59	61	24,60	22,32	110
Feb	2,21	4,63	48	11,00	17,41	63	18,2	26,86	68	21,40	33,12	65	17,70	23,29	76
Mrz	2,32	5,04	46	15,30	17,55	87	25,3	28,76	88	28,60	35,79	80	19,40	25,48	76
Apr	1,61	4,04	40	4,89	11,92	41	6,80	17,00	40	9,11	24,98	36	8,74	18,28	48
Mai	2,29	3,36	68	10,70	7,60	141	8,72	11,78	74	23,30	16,83	138	12,20	13,04	94
Jun	2,87	2,74	105	4,89	6,35	77	4,59	9,26	50	8,99	13,13	68	9,07	11,55	79
Jul	1,71	2,21	77	3,16	4,74	67	4,17	6,57	63	4,36	9,17	48	6,36	8,92	71
Aug	1,31	2,02	65	3,10	4,66	67	3,19	6,79	47	4,48	8,47	53	5,22	8,53	61
Sep	1,26	2,00	63	3,18	4,94	64	2,89	7,28	40	3,45	8,75	39	4,83	8,95	54
Okt	3,17	2,29	139	5,27	6,89	77	7,67	11,13	69	7,20	12,35	58	6,34	10,70	59
Nov	2,47	2,86	86	6,69	10,69	63	11,6	17,10	68	11,30	19,27	59	6,12	13,95	44
Dez	4,21	3,78	111	15,90	14,90	107	24,6	25,54	96	23,20	28,42	82	12,00	17,50	69
Jahr	29	39	75	95	126	76	136	200	68	168	247	68	133	183	73

Niedrigwasser 2019

Im Jahr 2019 entwickelte sich in den hessischen Gewässern wieder eine Niedrigwasserphase. Ursache waren weniger die Niederschläge des Jahres 2019, die hessenweit mit 790 mm ca. 90 % der durchschnittlichen Jahresniederschlagsmenge betragen (Kap. 2.4), sondern die Niederschlagsdefizite des Vorjahres. In Abbildung 24 ist der Verlauf der Niedrigwassersitua-

tion für Hessen zusammenfassend dargestellt. Bereits im Juni lagen 60 % der niedrigsten Durchflüsse unterhalb des langjährigen mittleren Niedrigwasserdurchflusses (MNQ). In den Sommermonaten August und September waren nur noch ca. 10 % der Gewässer nicht von Niedrigwasser betroffen. Ab Oktober entspannte sich die Lage langsam, im Dezember waren die Durchflüsse zwar noch niedrig, lagen aber weitgehend oberhalb des Niedrigwasserbereichs.

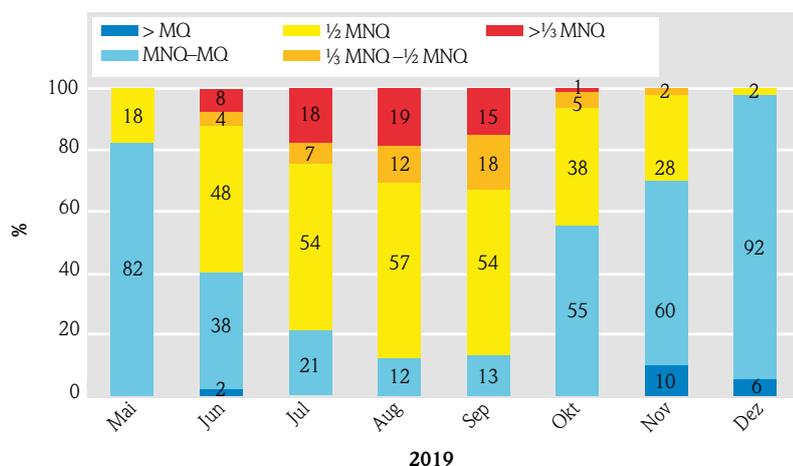


Abb. 24: Anzahl der Pegel mit den jeweils niedrigsten Tagesmitteldurchflüssen im Verhältnis zu MNQ (mittleren Niedrigwasserdurchfluss) im Jahr 2019

In Tabelle 4 sind statistische Auswertungen für verschiedene innerhessische Pegel aufgelistet. Der Tabelle ist zu entnehmen, dass die Niedrigwasserphase mit Unterschreitung des mittleren Niedrigwasserdurchflusses (MNQ) bzw. Unterschreitung des langjährigen mittleren monatlichen Niedrigwasserdurchflusses (MNQ_{Monat}) über einen Zeitraum von drei bis sechs Monaten andauerte. Ebenfalls ablesbar ist, ob und wenn ja, wie oft, der niedrigste bisher gemessene Durchfluss (NNQ) unterschritten wurde. Die langjährigen mittleren Niedrigwasserstände (MNW) wurden in Südhes-

sen zum Teil nicht, zum Teil an wenigen Tagen unterschritten. An der Lahn und an Gewässern in

Nordhessen sowie an der Kinzig lagen die niedrigsten Wasserstände ein bis zwei Monate unter MNW.

Tab. 4: Niedrigwasserauswertung hessischer Pegel

Pegel	Gewässer	MNQ (m ³ /s)	Unterschreitungstage MNQ	Unterschreitungstage MNO _{Monat}	NNQ (m ³ /s)	Unterschreitungstage NNQ	MNW (cm)
Aßlar	Dill	1,12	0	110	0,608 (05.09.1991)	0	35
Bad Hersfeld 1	Fulda	4,65	51	149	2,65 (16.08.2003)	1	197
Bad Vilbel	Nidda	6,14	52	143	2,04 (07.09.1991)	0	55
Hainstadt	Mümling	1,35	64	188	0,908 (19.09.1991)	9	66
Hanau	Kinzig	2,66	2	115	1,64 (04.09.1991)	0	133
Helmarshausen	Diemel	5,58	40	148	2,62 (17.7.1993)	0	157
Lorsch	Weschnitz	1,11	61	151	0,547 (01.09.2009)	23	107
Marburg	Lahn	3,53	87	156	2,16 (02.09.1991)	4	161

3.2 Talsperren und Hochwasserrückhaltebecken

MONIKA SPICKER

Übersicht

In Hessen gibt es 15 Talsperren (siehe Abbildungen 25 und 26) sowie ca. 30 Hochwasserrückhaltebecken. Diese dienen:

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

In Hochwasserrückhaltebecken wird vordringlich Wasser zum Hochwasserschutz der Unterlieger zurückgehalten. Wenn kein Hochwasserfall vorliegt, sind die Hochwasserrückhaltebecken nur teilweise (Becken mit Dauerstau) oder nicht gefüllt (sog. grüne Becken).

Eine Übersicht über die Lage der für den Hochwasserschutz wichtigsten Talsperren und Hochwasserrückhaltebecken ist Abbildung 26 zu entnehmen.



Abb. 25: Twistetalsperre im Juli 2019

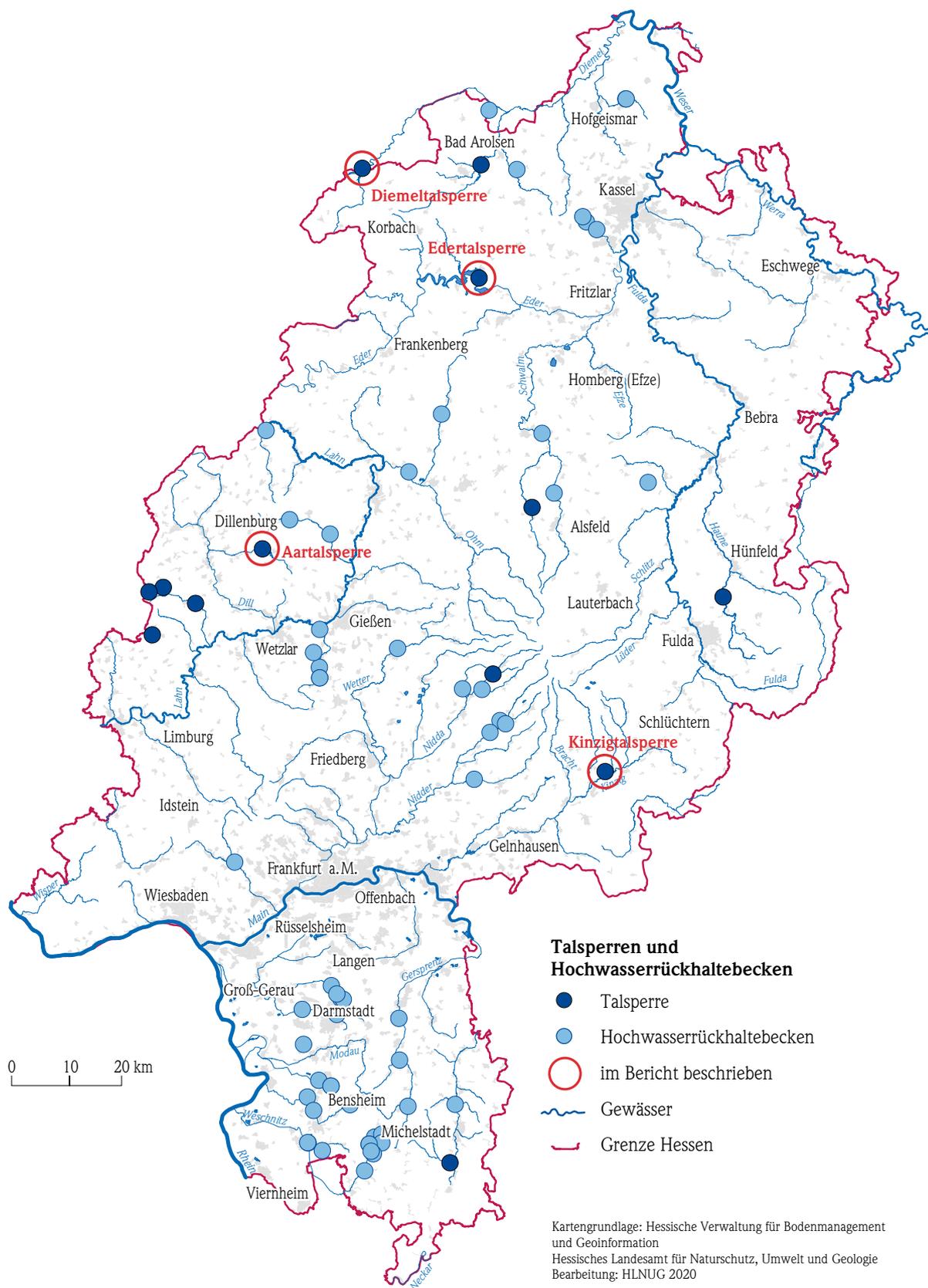


Abb. 26: Talsperren und Hochwasserrückhaltebecken

Ergebnisse 2019

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

Edertalsperre (Edersee)

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

und Erholung genutzt und stellt somit einen wesentlichen Faktor für den Tourismus in der Region dar. Weiterhin spielt die Wasserkraftnutzung eine wichtige Rolle.

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

Das gemittelte Volumen des Jahres 2019 kommt mit 121 Mio. m³ auf 94 % des langjährigen, mittleren Jahresvolumens (Abbildung 28), jedoch gibt es einige deutliche Unterschiede im Jahresverlauf (Abbildung 27). So lag von Mitte Januar bis Ende Juni die Talsperrenfüllung bis auf wenige Tage über dem langjährigen Mittel, von Juli bis November dagegen waren die Monatsmittel deutlich geringer als die langjährigen Werte. Daher ist es auch nicht verwunderlich, dass

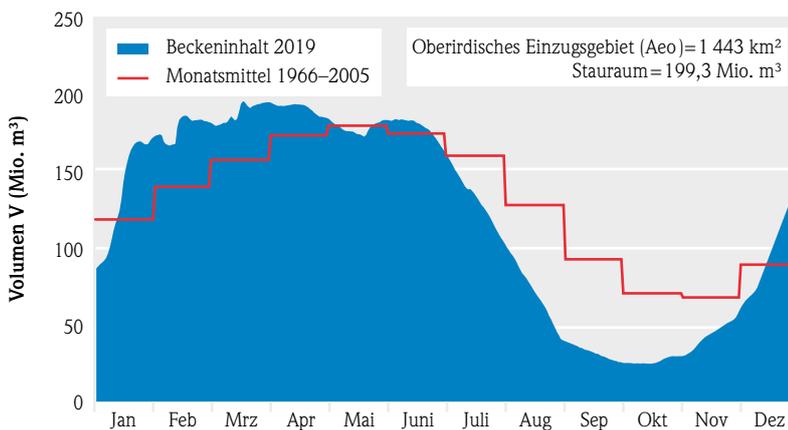


Abb. 27: Beckeninhalte der Edertalsperre

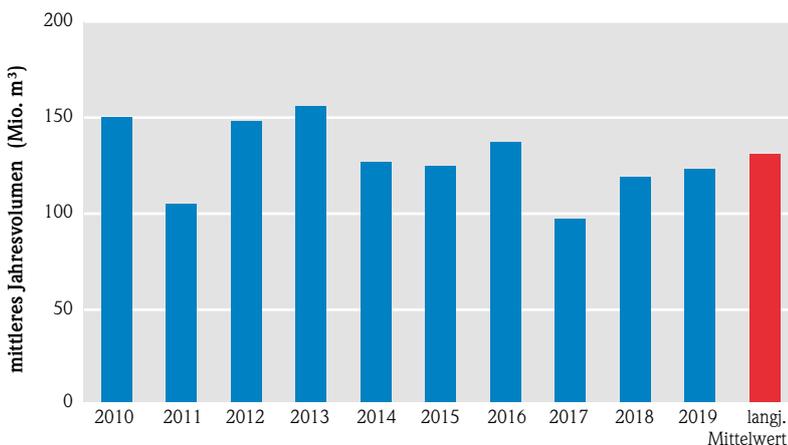


Abb. 28: Mittleres Jahresvolumen der Edertalsperre der letzten 10 Jahre und das langjährige Mittel

der Maximalwert von 195,8 Mio. m³ Mitte März registriert wurde und das Minimum von 24,65 Mio. m³ Mitte Oktober. Trotz der erneuten sommerlichen Trockenphase lag dieser Wert noch etwa ¼ über den Minimalwerten, die 2003 und 2018 erreicht wurden. Sieht man sich die prozentualen Füllungen der einzelnen Monate an, ist im Edersee das Verhältnis im Februar mit 127 % zum langjährigen Monatsmittel am größten und mit nur 35 % im September am geringsten. Ab November konnte mit dem Ansteigen der Abflüsse in den Gewässern damit begonnen werden, die Talsperre erneut zu füllen.

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.

Abgesehen von einigen Tagen zu Beginn des Jahres, konnte die Diemeltalsperre das ganze Jahr die Füllstände über denen der langjährigen Mittel halten. Die größten Füllstände sind im Januar und März zu finden, bei denen der gesamte Stauraum genutzt wurde. Im März kam es an einigen Tagen sogar zum Überlauf der Talsperre (Abbildung 29) über die Hochwasserentlastung. Nach einem weiteren Peak Ende Mai, der auf das große Starkregenereignis zurückzuführen ist (s. Kapitel 3.3), begann das übliche Absenken des Wasserstands der Talsperre, welches kontinuierlich bis Ende November erfolgt. Nach dem Erreichen des diesjährigen minimalen Talsperrenfüllstands von 9,6 Mio. m³ konnte das Volumen im Dezember wieder steigen. Im Juli und August kam es zum kleinsten Verhältnis zwischen dem Monatsmittel 2019 und dem langjährigem Wert, da dieses jedoch 109% beträgt, war die Talsperre auch in diesen beiden Monaten immer noch voller als im langjährigen Mittel. Interessant ist noch die markante Spitze im Januar. Hier spiegelt sich ein Hochwasser in Nordhessen wider, welches es in dieser Ausprägung nur in diesem Flussgebiet gegeben hat.

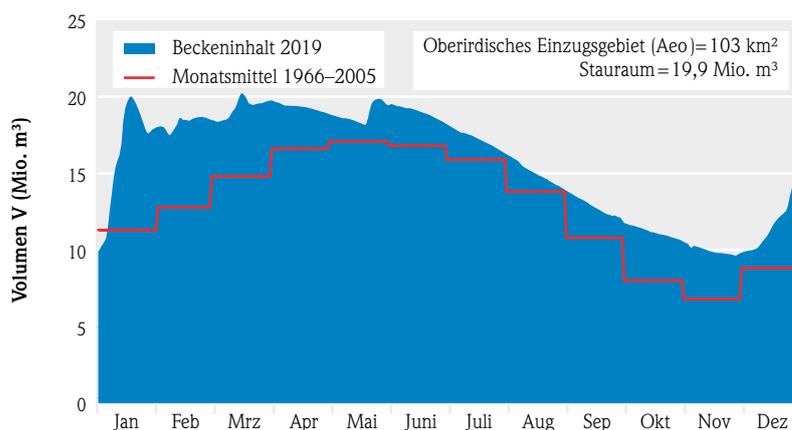


Abb. 29: Beckeninhalte der Diemeltalsperre

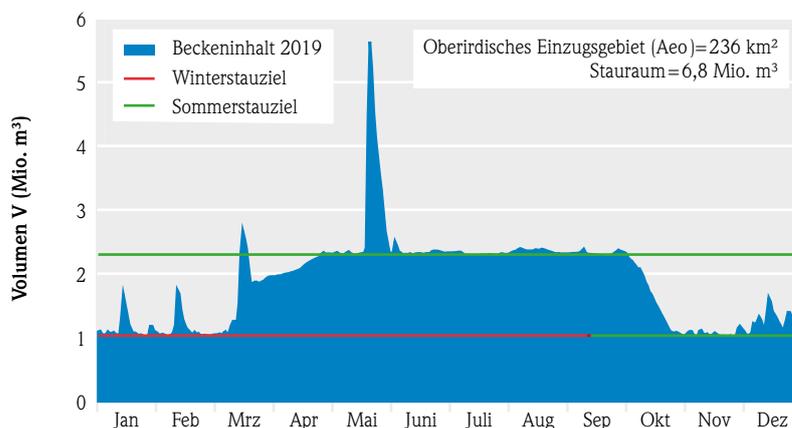


Abb. 30: Beckeninhalte der Kinzigtalsperre

Weitere Talsperren in Hessen

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

Die Füllmengen von Kinzig- und Aartalsperre sind den Abbildungen 30 und

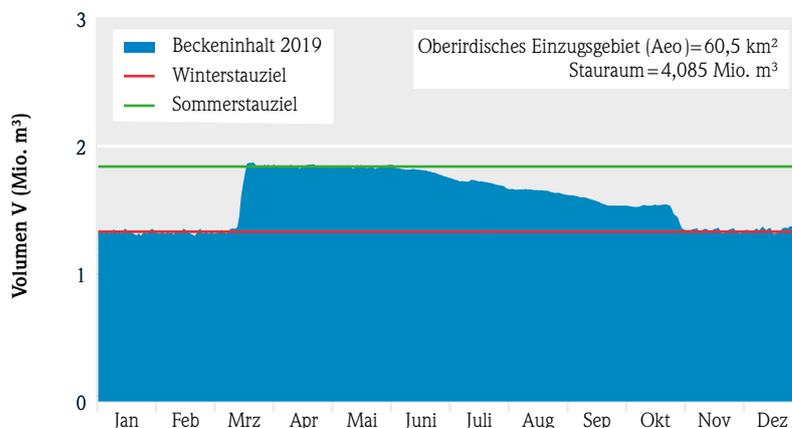


Abb. 31: Beckeninhalte der Aartalsperre

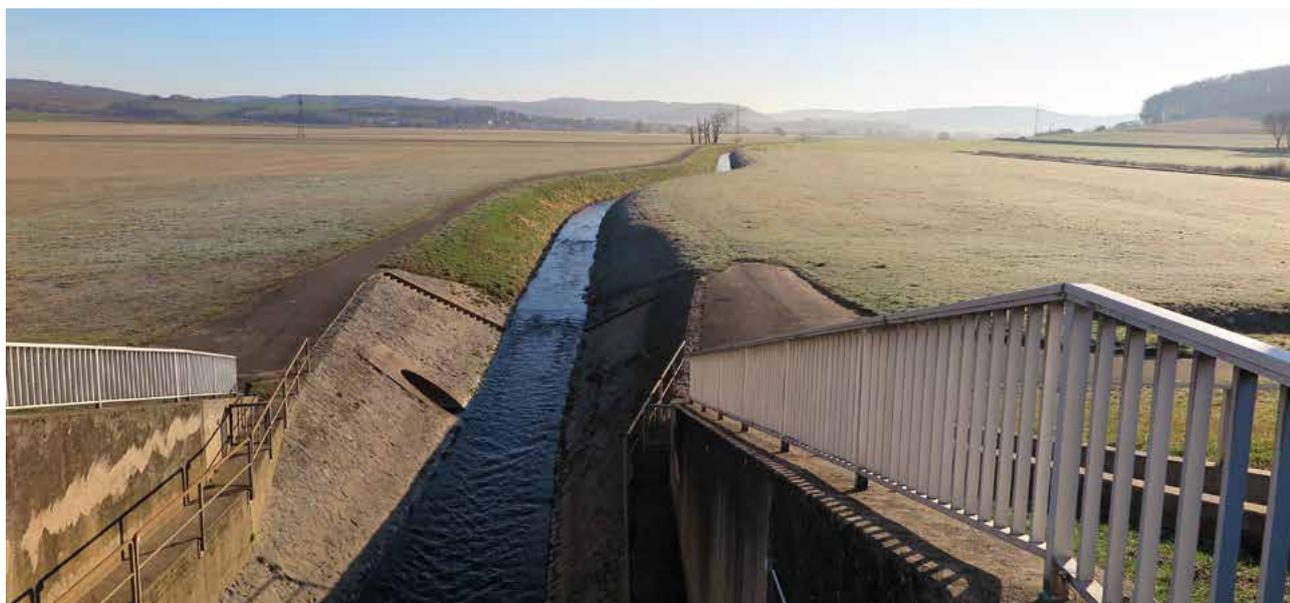


Abb. 32: Hochwasserrückhaltebecken (HRB) Düdelsheim im Februar 2019

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

Deutlich kann man erkennen, dass die einzelnen Stauziele die meiste Zeit eingehalten werden konnten. Immer wieder pausen sich kleinere (Aartalsperre) und größere (Kinzigtalsperre) Hochwasser der Gewässer im Beckeninhalte der Talsperre durch.

In der Kinzigtalsperre konnte das Starkregenereignis, welches sich Ende Mai u. a. im Vogelsberg ereignet hat, sehr gut aufgefangen werden. Dadurch wurden große Schäden im weiteren Verlauf der Kinzig verhindert. Teile des Abflusses mussten über die Hochwasserentlastung abgegeben werden. Dieses außergewöhnliche Ereignis ist im Kapitel 3.3 näher beschrieben.

An der Aartalsperre konnte das Sommerstauziel nur von Mitte März bis Mitte Juni gehalten werden, danach trat das Ziel Niedrigwasseraufhöhung in den Vordergrund. Man sieht sehr gut, dass die Talsperre gleichmäßig entleert wurde, um in der Aar für höheren Wasserstand zu sorgen.

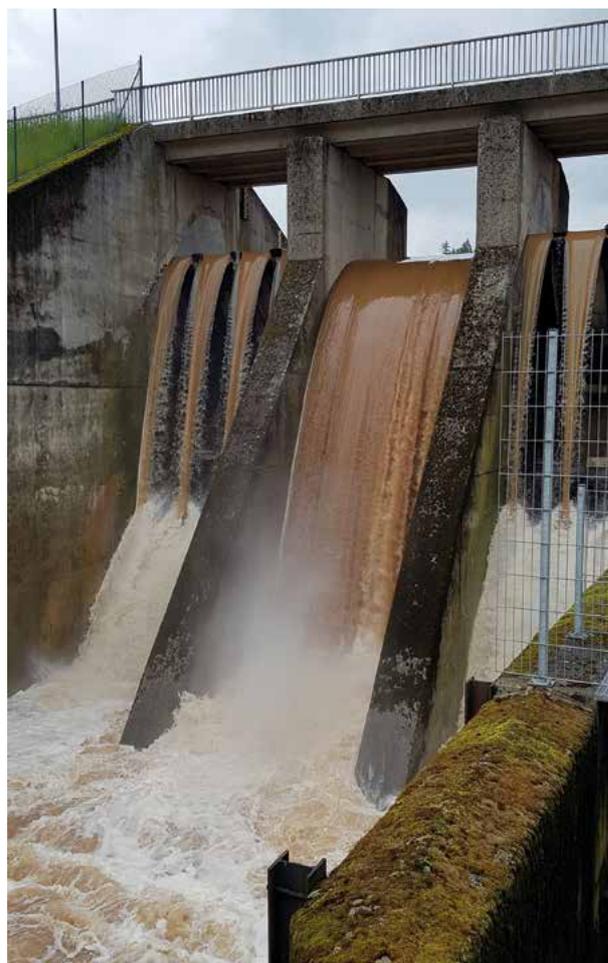


Abb. 33: Wasserabgabe der Kinzigtalsperre über alle drei Wehrfelder im Mai 2019 © Wasserverband Kinzig

3.3 100-jährliches Starkregenereignis im Mai 2019 in Nord- und Osthessen

CORNELIA LÖNS-HANNA

Wetterlage

Ab dem 19. Mai driftete Tief „Axel“ von Südwesten kommend nach Süddeutschland und brachte zunehmend feuchte und labil geschichtete Luft mit. Am 20. Mai zog „Axel“ weiter nordostwärts über Hessen. Es entwickelten sich Dauerregen mit eingelagerten Gewittern [1]. Im Norden und im Osten Hessens führten diese innerhalb von 24 Stunden zu erheblichen Niederschlägen. Satellitenbildern des Deutschen Wetterdienstes ist zu entnehmen, dass über einem größeren Gebiet, das sich zwischen Bad Hersfeld und Alsfeld über den Vogelsberg, die Rhön und den Spessart bis weit nach Osten über Bayern und Thüringen hinaus erstreckte, Niederschlagsmengen zwischen 60 bis über 100 mm in 24 Stunden niedergingen. An den westlichen Rändern dieses Gebietes und in Südhessen im Ried und im Odenwald fielen flächendeckend zwischen 25–60 mm im gleichen Zeitraum.

An Bodenstationen im Osten Hessens wurden Niederschlagshöhen von mehr als 100 mm, gefallen innerhalb von 24 Stunden, registriert (Abbildung 34). Im Vogelsberg, in Nordosthessen sowie im Osten der Rhön fielen im gleichen Zeitraum Niederschlagsmengen zwischen 40 und 80 mm. Beispielhaft für den Niederschlagsverlauf am 20. und 21. Mai werden die Messergebnisse der Stationen Biebergemünd-Bieber, Dipperz-Giegenberg und Hessisch Lichtenau am Meißner grafisch dargestellt (Abbildungen 35 bis 37). Diese Auswertungen zeigen, dass die Niederschläge an den betroffenen Messstationen in zwei Wellen auftraten. Nach einer ersten Phase hoher Intensität von ca. 3 bis 6 Stunden Dauer ließen die Regenfälle zunächst nach. Die anschließende Phase war länger und brachte zum Teil höhere Stundensummen als die erste Phase und insgesamt auch höhere Mengen.

Tab. 5: Jährlichkeiten der extremen Niederschläge vom 20. bis 21. Mai 2019, Zeitraum: 20.05.2019, 12:00 Uhr MEZ bis 20.05.2019, 11:00 Uhr MEZ

Messstation	24-Stunden-summe mm/24 h	Jährlichkeit nach KOSTRA für 24 h	Jährlichkeit nach Extrapolation KOSTRA für 24 h	Max. Stunden-summe mm/h	Jährlichkeit nach KOSTRA max. Stunden-summe
Sinntal-Sterbfritz	112,3	>100	300	14,2	<1
Biebergemünd-Bieber (Bieber)	108,7	> 100	> 300	12,7	<1
Schlüchtern-Herolz (DWD)	103,5	> 100	> 300	15,0	<1
Dipperz-Giegenberg (Giegenberg)	102,5	> 100	> 300	21,8	1–2
Birx/Rhön (DWD)	101,4	> 100	> 300	14,5	<1
Gersfeld (Rhön)-Dalherda (Dalherda)	96,3	> 100	> 300	12,1	<1
Wasserkuppe (DWD)	94,9	> 100	> 300	15,0	<1
Schotten-Eichelsachsen (Eichelsachsen)	93,5	100	100	28,9	5 –10
Tann/Rhön (DWD)	85,3	> 100	300	15,7	1–2
Schwarzenborn-Richberg	73,4	100	100	8,8	<1
Hessisch Lichtenau, Heilstätte am Meißner (Meißner)	70,1	20	–	11,5	<1

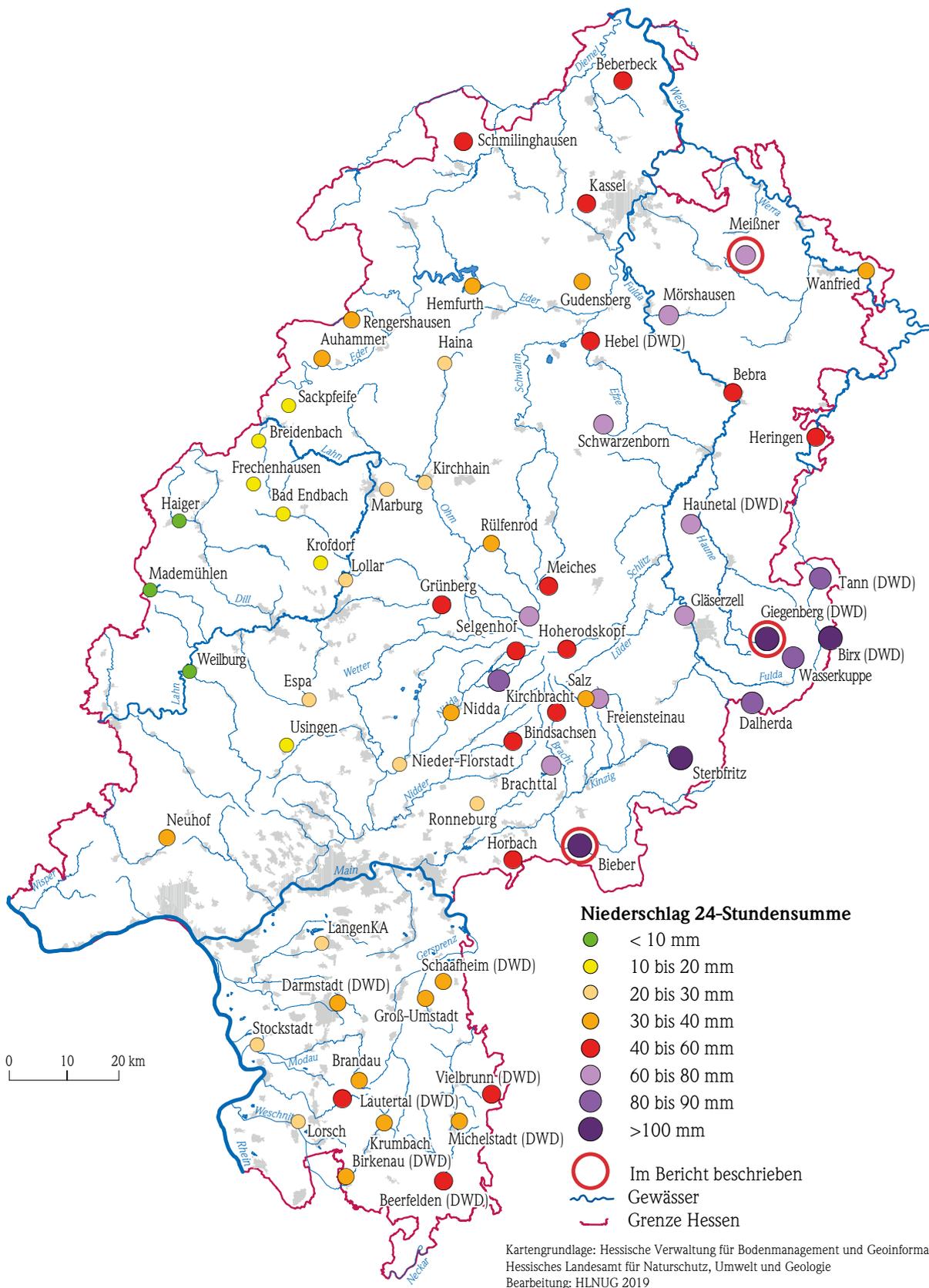


Abb. 34: 24-Stundensumme des Niederschlags vom 20. Mai 2019, 12:00 Uhr MEZ bis 21. Mai 2019, 11:00 Uhr MEZ

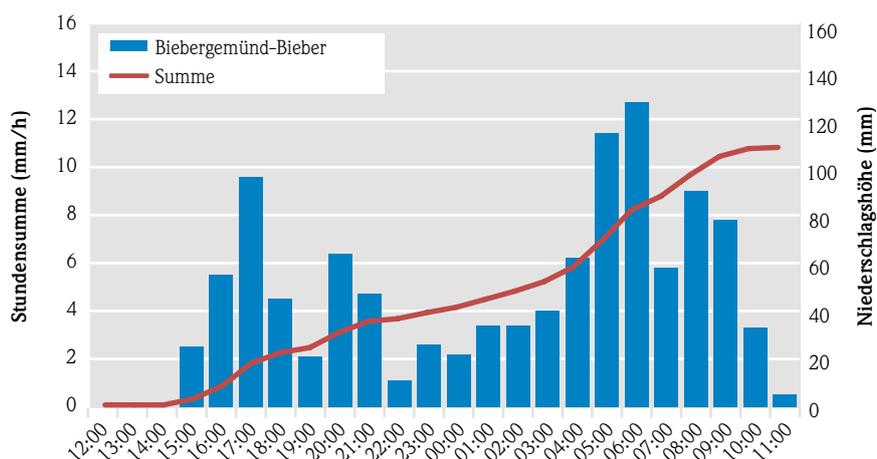


Abb. 35: Niederschlagsverlauf an der hessischen Niederschlagsmessstation Biebergemünd-Bieber (Bieber)

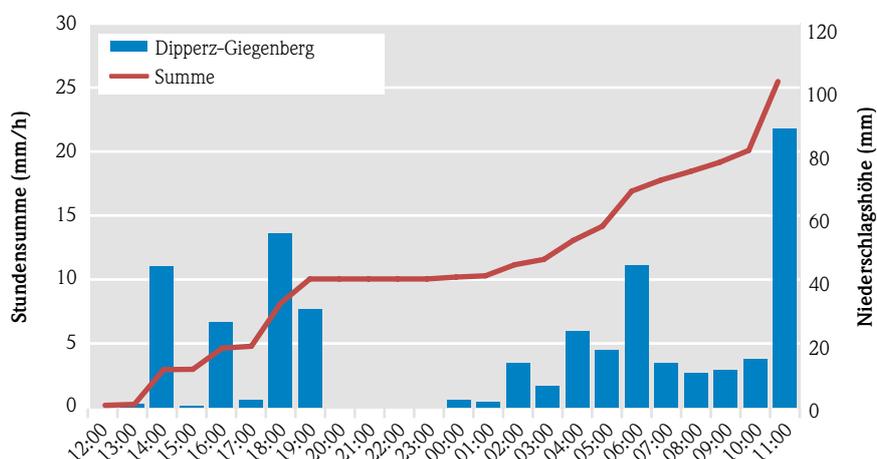


Abb. 36: Niederschlagsverlauf an der hessischen Niederschlagsmessstation Dipperz-Giegenberg (Giegenberg)

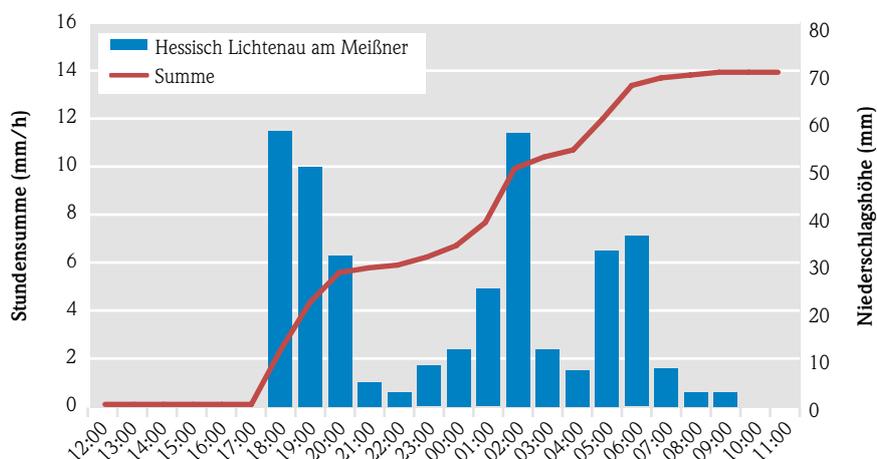


Abb. 37: Niederschlagsverlauf an der hessischen Niederschlagsmessstation Hessisch Lichtenau am Meißner (Meißner)

In Tabelle 5 sind die höchsten im Zeitraum 20. bis 21. Mai 2019 innerhalb von 24 Stunden registrierten Niederschlagssummen sowie die höchsten Stundensummen der Messstationen zu entnehmen, an denen die höchsten Regenmengen registriert wurden. 10 Niederschlagsmessstellen weisen eine 100-jährliche bzw. mehr als 100-jährliche Wiederkehrzeit auf, d.h. es handelt sich um seltene Ereignisse, mit denen statistisch gesehen nur alle 100 Jahre einmal oder noch seltener zu rechnen ist (Auswertung nach KOSTRA-DWD 2010 R3.2). Bei den Auswertungen wird deutlich, dass maßgebend für die Einordnung die innerhalb von 24 Stunden gefallenen Regenmengen sind. Weitergehende Extrapolationen der Niederschlagswerte ergeben, dass an einigen Messstationen die Wiederkehrwahrscheinlichkeit noch seltener ist. An diesen werden Wiederkehrzeiten ermittelt, die 300 Jahre oder sogar mehr Jahre betragen. Aufgrund dieser Messergebnisse und Auswertungen kann das Ereignis am 20./21. Mai als außergewöhnlich betrachtet werden.

Auswirkungen auf die Oberflächengewässer

Landesweit

Die Niederschläge führten in kurzer Zeit zum Ansteigen der Wasserstände und Durchflüsse. Betroffen waren in Nordhessen die Fulda mit ihrem Einzugsgebiet sowie in Südhessen vor allem die Kinzig, aber auch die Nidda und einzelne Gewässer im Odenwald. Insgesamt wurden an ca. 30 Pegeln Meldestufen überschritten, davon in Hessen 10 mal die Meldestufe 3. Ebenfalls die Meldestufe 3 wurde am Pegel Rockenau am Neckar gemeldet.

Punktuell waren die Niederschläge so ergiebig, dass nicht nur die Werte der Hochwassermeldestufe 3 überschritten wurden, sondern dass die Wasserstände kurzzeitig sogar die höchsten bisher gemessenen Wasserstände (HHW) übertrafen. Eine statistische Auswertung der höchsten Wasserstände und Durchflüsse ausgewählter Pegel ist in Tabelle 6 zu sehen.

In den betroffenen Gebieten standen zahlreiche Straßen und Keller unter Wasser. So musste beispielsweise die A44 bei Kassel wegen Überflutung am Vormittag des 21. Mai einige Stunden gesperrt werden. Ebenfalls überflutet wurde die A4 bei Bad Hersfeld. Die Wassermassen führten vielerorts zu Schlammlawinen. In Schotten beispielsweise wurde die Ortsdurchfahrt wegen einer Schlammlawine, ausgelöst durch die enormen Wassermassen, gesperrt [2].

Im Folgenden werden die Verläufe der Wasserstand- und Durchflussentwicklung beispielhaft an den Pegeln Helsa/Losse und Steinau/Kinzig beschrieben.



Abb. 38: Hochwasser am 21. Mai 2019 an der Losse in Kassel-Bettenhausen © Grzywotz (RP Kassel)

Tab. 6: Wasserstände und Durchflüsse an ausgewählten Pegeln

	Pegel		Steinau	Helsa	Rothe- mann	Melzdorf	Kämmer- zell	Silges	Hebel
	Gewässer		Kinzig	Losse	Döllbach	Haune	Fulda	Nüst	Efze
	Region		Ost- hessen	Nord- hessen	Ost- hessen	Ost- hessen	Ost- hessen	Ost- hessen	Nord- hessen
Wasserstand *)	höchster Wasserstand beim Ereignis	[cm]	273	250	293	336	449	174	243
	MST 3	[cm]	270	230	260	250	400	170	240
	MST 3 überschritten		ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
	HHW	[cm]	285	344	264	321	444	168	270
	Datum HHW		02.01.2003	17.07.1969	02.01.2003	11.08.1981	03.01.2003	07.05.2004	27.05.2013
	HHW überschritten		nein	nein	ja	ja	ja	ja	nein
	W für HQ 100	[cm]	264	k.A.	k.A.	308	477	k.A.	k.A.
	W HQ 100 überschritten		ja			ja	nein		
Durchfluss *)	höchster Durchfluss beim Ereignis	[m³/s]	75	30,1	39,4	71,4	205	28,4	51,1
	HHQ	[m³/s]	89,5	100	38,4	64,5	198	41	85
	Datum HHQ		02.01.2003	17.07.1969	02.01.2003	11.08.1981	03.01.2003	07.05.2004	27.05.2013
	HHQ überschritten		nein	nein	ja	ja	ja	nein	nein
	HQ 100	[m³/s]	70	58,4	41	70	217	67	56
	HQ 100 überschritten		ja	nein	nein	ja	nein	nein	nein

Ereigniszeitraum: 20. Mai 2019, 12:00 MEZ bis 22. Mai 2019, 11:00 MEZ

***) Erläuterungen:** (nach DIN 4049, Teil 1 Hydrologie [5] und Leitfaden zur Hydrometrie des Bundes und der Länder – Pegelhandbuch [6])
 HHW höchster jemals gemessener Wasserstand
 HQ100 Durchfluss, der im statistischen Mittel alle 100 Jahre auftritt
 W für HQ100 Wasserstand, der beim HQ100 rechnerisch gesehen (nach Abflusskurve) auftreten wird
 HHQ höchster im betrachteten Zeitraum aufgetretener Durchfluss

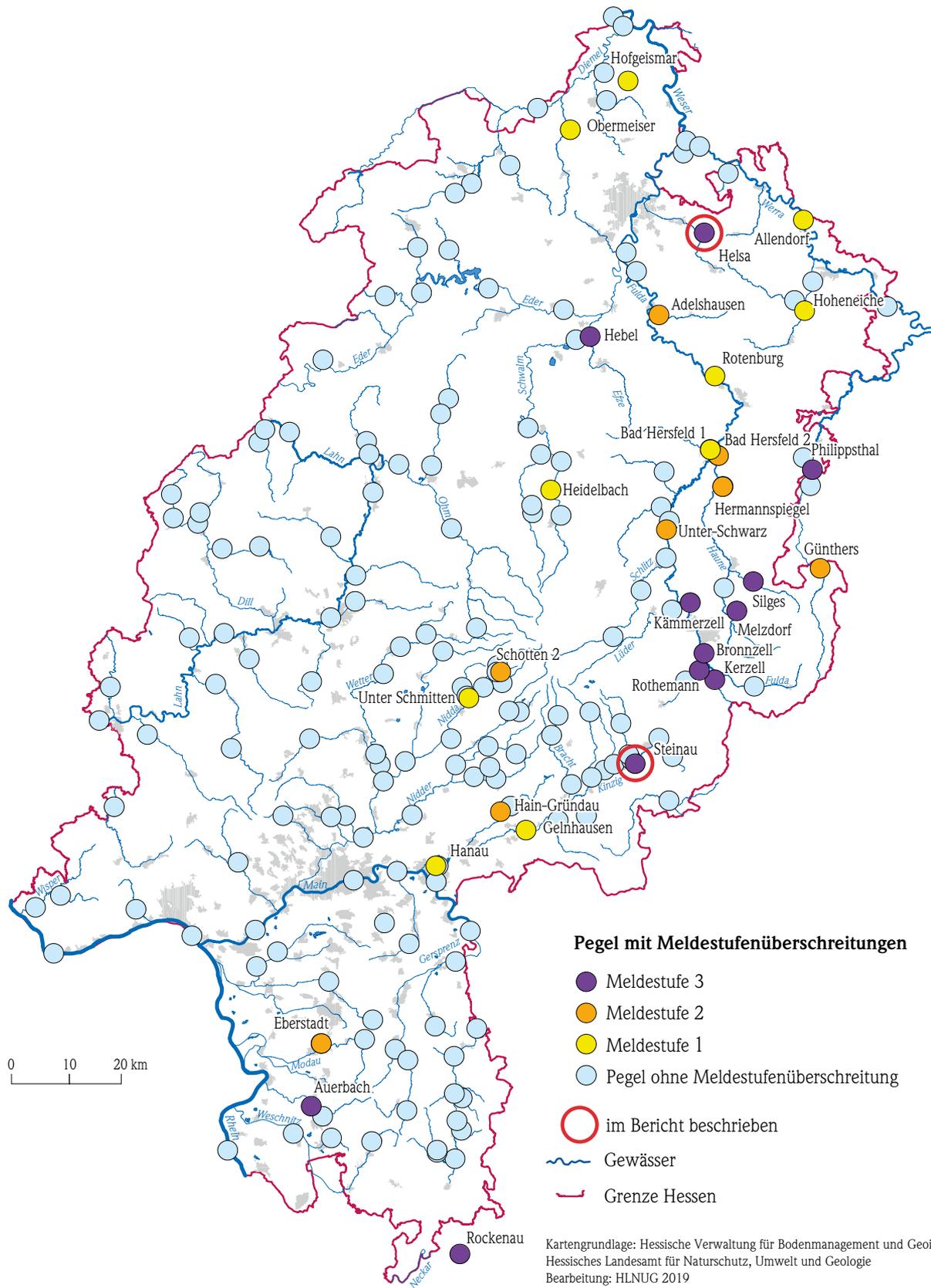


Abb. 39: Hochwassermeldestufenüberschreitungen an Pegeln in Hessen vom 20. bis 22. Mai 2019

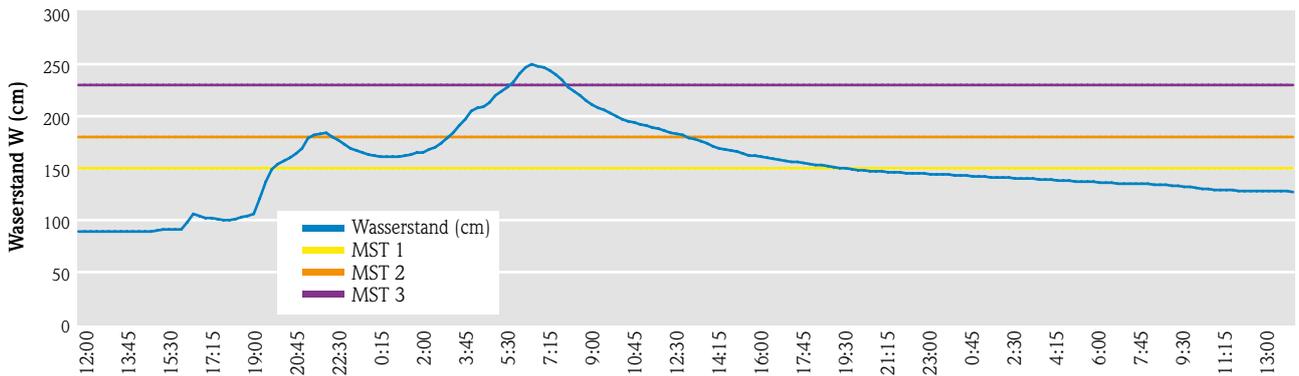


Abb. 40: Wasserstände am Pegel Helsa/Losse vom 20. bis 22. Mai 2019

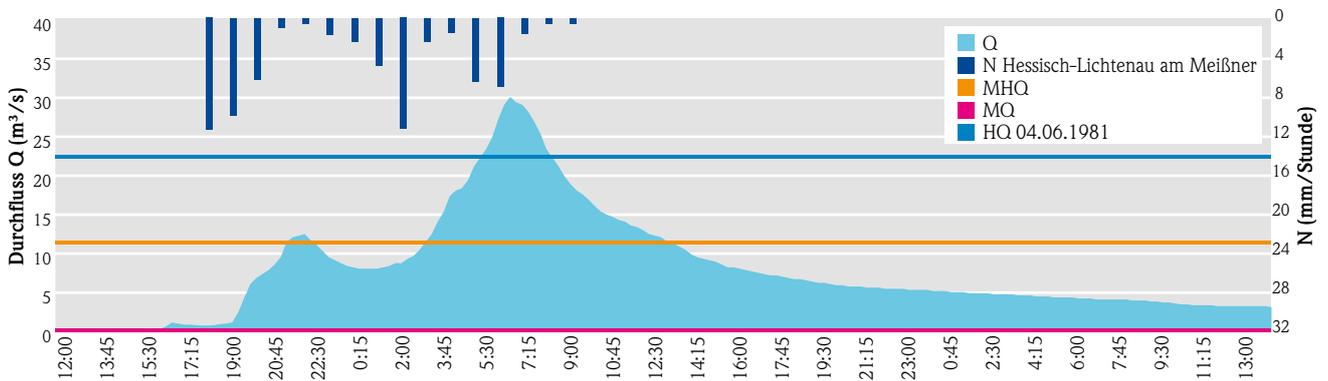


Abb. 41: Durchflüsse am Pegel Helsa/Losse, Niederschlagssummen an der Station Hessisch Lichtenau am Meißner (Meißner) vom 20. bis 22. Mai 2019

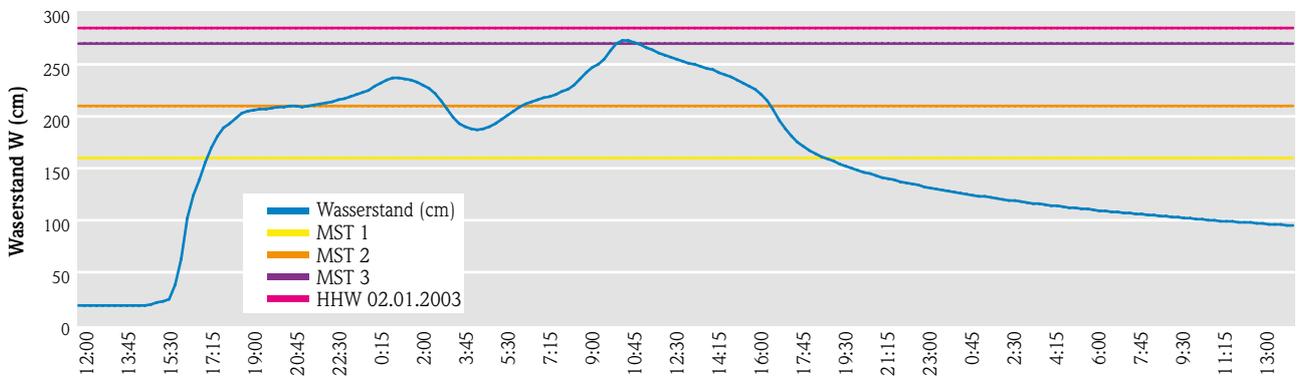


Abb. 42: Wasserstände am Pegel Steinau/Kinzig vom 20. bis 22. Mai 2019

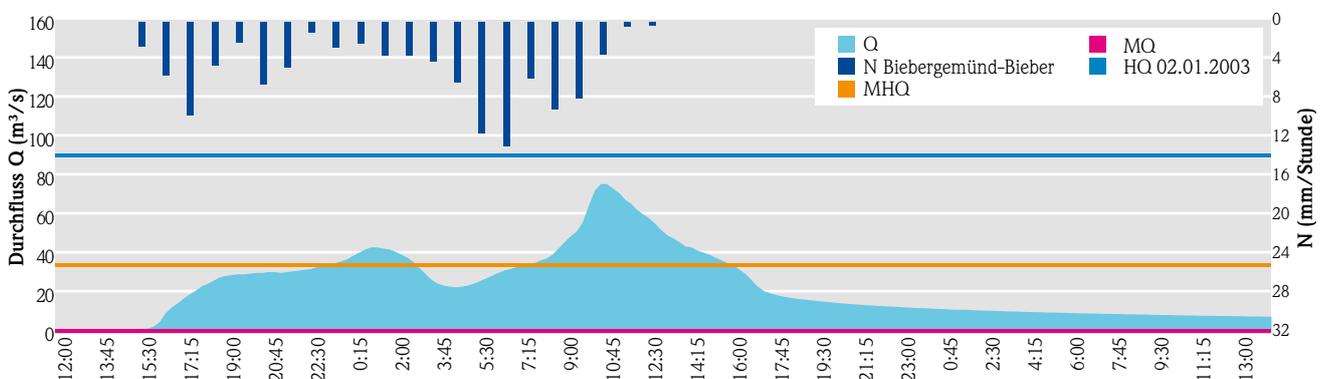


Abb. 43: Durchflüsse am Pegel Steinau/Kinzig, Niederschlagssummen an der Station Biebergemünd-Bieber (Bieber) vom 20. bis 22. Mai 2019

Pegel Helsa/Losse

In der Losse am Pegel Helsa stieg der Wasserstand innerhalb von drei Stunden durch die intensiven Regenfälle von Werten im Niedrigwasserbereich auf Werte oberhalb des Meldestufe 2 (180 cm) an (Abbildungen 38, 40 und 41). Mit dem Nachlassen der Niederschlagsintensität sank der Wasserstand. Die zweite Niederschlagsphase ließ Wasserstand und Durchfluss wieder stark ansteigen. Mit 250 cm wurde der Wert der Meldestufe 3 (230 cm) überschritten. Der Maximalwert der Durchflussmengen betrug 30,1 m³/s und übertraf damit den im Referenzzeitraum 1981–2010 höchsten gemessenen Durchfluss von 20,1 m³/s deutlich.

Die Losse trat über die Ufer. Zahlreiche Hauptverkehrsstraßen mussten gesperrt werden und es kam zu erheblichen Verkehrsbehinderungen [2]. Das Hochwasser bahnte sich seinen Weg entlang der Losse durch Helsa und Kaufungen bis hin zu den Kasseler Stadtteilen Forstfeld, Waldau und Bettenhausen. Viele Grundstücke entlang der Losse waren überflutet. Durch die bisherigen Renaturierungsmaßnahmen an der Losse wurde Stauraum geschaffen, wodurch ein Teil des Wassers zurückgehalten werden konnte. Die außerordentlich großen Wassermengen konnten jedoch nicht vollständig abgefangen werden [3]. In Kaufungen wurde der Marktplatz vor dem Rathaus überflutet und stand unter Wasser [4].

Nachdem am frühen Morgen des 21. Mai der Scheitelwert der Hochwasserwelle um 06:45 Uhr mit 250 cm erreicht wurde, fielen Wasserstand und Durchfluss im Laufe des Tages ab. Schon am Abend gegen 19:45 Uhr wurde der Meldewert der Stufe 1 (150 cm) unterschritten. Das schnelle Absinken der Wassermengen war auf den geringen Basisabfluss zu-

rückzuführen, der auf das Niederschlagsdefizit von ca. 270 mm (im hessischen Mittel) der vergangenen 15 Monate zurückzuführen war. Hätten Böden und Gewässer die normalerweise zu dieser Jahreszeit zu erwartenden Wassermengen gespeichert, wären die Ausmaße der enormen Niederschläge sowie die Schäden vermutlich weitaus höher ausgefallen.

Pegel Steinau/Kinzig

In den Abbildungen 42 und 43 werden die Wasserstand- und Durchflussentwicklung am Pegel Steinau/Kinzig sowie der Niederschlagsverlauf an der nahegelegenen Messstation Biebergemünd/Bieber dargestellt. Zunächst lagen Wasserstand und Durchfluss im Niedrigwasserbereich, bedingt durch die vorangegangene 15-monatige Trockenphase. Innerhalb weniger Stunden nach Einsetzen des Niederschlags stieg der Wasserstand auf Werte der Meldestufe 2 an. Aufgrund des Niederschlagsdefizits seit Februar 2018, das im Mittel in Hessen Ende April 2019 bei ca. 270 mm lag, fiel der Anstieg noch vergleichsweise gering aus. Mit dem Nachlassen der Niederschläge gingen die Wasserstände und Durchflüsse zunächst etwas zurück. Weitere intensive Niederschläge ließen die Wasserstände bis auf 273 cm wieder steigen, einem Wert knapp über dem Meldewert der Stufe 3. Die Kinzig trat stellenweise über die Ufer [2].

Fast so schnell, wie die Wasserstände stiegen, fielen sie innerhalb eines halben Tages wieder, da wegen der vorangegangenen Trockenphase nur geringe Wassermengen aus dem Boden zufflossen. Am Abend des 21. Mai wurde der Meldestufenwert 1 (160 cm) wieder unterschritten.

Literatur

- [1] Deutscher Wetterdienst (DWD), Monatlicher Klimastatus Deutschland, Mai 2019 https://www.dwd.de/DE/leistungen/pbfb_verlag_monat_klimastatus/monat_klimastatus.html
- [2] Hessenschau.de, abgerufen: 25.09.2019, <https://www.hessenschau.de/panorama/tief-axel-wuetet-ueberflutete-strassen-und-vollgelaufene-keller-unwetter-osthessen-108.html>
- [3] HNA 23.05.2019, abgerufen 25.09.2019 [https://www.hna.de/lokales/kreis-kassel/kreis-kassel-ort306256/unwetter-in-kaufungen-](https://www.hna.de/lokales/kreis-kassel/kreis-kassel-ort306256/unwetter-in-kaufungen-und-lohfelden-hat-hochwasserschutz-versagt-12311447.html)
- [und-lohfelden-hat-hochwasserschutz-versagt-12311447.html](https://www.lokalo24.de/lokales/landkreis-kassel/bildergalerie-ueberschwemmungen-kaufungen-nach-unwetter-12305729.html)
- [4] Lokalo24.de, abgerufen 25.09.2019, <https://www.lokalo24.de/lokales/landkreis-kassel/bildergalerie-ueberschwemmungen-kaufungen-nach-unwetter-12305729.html>
- [5] DIN 4049 Teil 1 Hydrologie, 1992, Beuth-Verlag
- [6] Leitfaden zur Hydrometrie des Bundes und der Länder – Pegelhandbuch, Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) 2018, <https://www.lawa.de/Publikationen-363-Pegel.html>

3.4 Physikalisch-chemische Beschaffenheit oberirdischer Gewässer

DR. CHRISTINA KLEIN

Monitoring der physikalisch-chemischen Messgrößen und Standardparameter

Das Gewässernetz in Hessen ist in 433 Fließgewässerabschnitte (sogenannte Wasserkörper) unterteilt. Jeder Wasserkörper besitzt im Allgemeinen eine einheitliche Typologie und eine repräsentative Messstelle für die chemischen und physikalisch-chemischen Untersuchungen am Gebietsauslass des dazugehörigen Einzugsgebietes. Innerhalb eines Bewirtschaftungszeitraumes von 6 Jahren werden die Wasserkörper mindestens über den Zeitraum von drei Jahren untersucht, um belastbare Bewertungen der Gewässerqualität im Bewirtschaftungsplan sicherstellen zu können.

Die ausgewählten Wasserkörper werden in der Regel monatlich beprobt und auf eine Vielzahl von Parametern untersucht. Einen Überblick über die Messstellen und die Ergebnisse der landesweiten Messungen erhalten Interessierte auf der Internetseite des HLNUG <https://www.hlnug.de/themen/wasser/fliessgewaesser/fliessgewaesser-chemie/standardparameter/landesweite-messungen>. An den größeren Gewässern wurden sogenannte Überblicksmessstellen definiert, die im Allgemeinen der Trendanalyse dienen, ein großes Einzugsgebiet umfassen oder an einer Landesgrenze liegen. In Hessen gibt es 13 Überblicksmessstellen, von denen sechs kontinuierlich in festen Gewässergütemessstationen überwacht werden. Hier werden wöchentlich Mischproben (Abbildung 44 a) erstellt, Stichproben entnommen und analysiert. Die Parameter

Wassertemperatur, Sauerstoffgehalt, pH-Wert, Leitfähigkeit, ortho-Phosphat und Trübung werden in den Stationen kontinuierlich gemessen. In der Werra werden zusätzlich Nitrat (Abbildung 44 b) und Chlorid, jedoch aufgrund der durch die hohen Chloridgehalte analytisch bedingten Störungen kein ortho-Phosphat gemessen. Die aktuellen Messwerte der Messstationen können ebenfalls auf der HLNUG-Webseite eingesehen werden.

Die kontinuierlichen Messungen der allgemeinen Standardparameter ermöglichen die Beobachtung der dynamischen Prozesse im Gewässer, die Erkennung absoluter Maxima und Minima, die exakte Bestimmung der Dauer von Belastungssituationen und über die kontinuierlich erzeugten Mischproben eine genaue Bestimmung von Stofffrachten.

Vor dem Hintergrund klimatischer Veränderungen und der damit verbundenen Häufung von Extremwetterereignissen wie Starkregen und Niedrigwasserperioden gewinnen die kontinuierlichen Messungen an Bedeutung. Insbesondere die Sauerstoffgehalte sowie die Nährstoffkonzentrationen können durch niederschlagsbedingte Einträge oder durch extreme Niedrigwasserstände und damit einhergehende fehlende Verdünnung kritische Werte erreichen, die einen nachteiligen Einfluss auf die Gewässerökologie bedeuten können.

Die Lagen der landesweiten Messstellen, die beprobt wurden, sowie der ortsfesten Messstationen sind in der nachfolgenden Karte (Abbildung 45) dargestellt.



Abb. 44: a) Automatischer Probenehmer für Wochenmischproben b) kontinuierliche Nitratmessung in einer Messstation

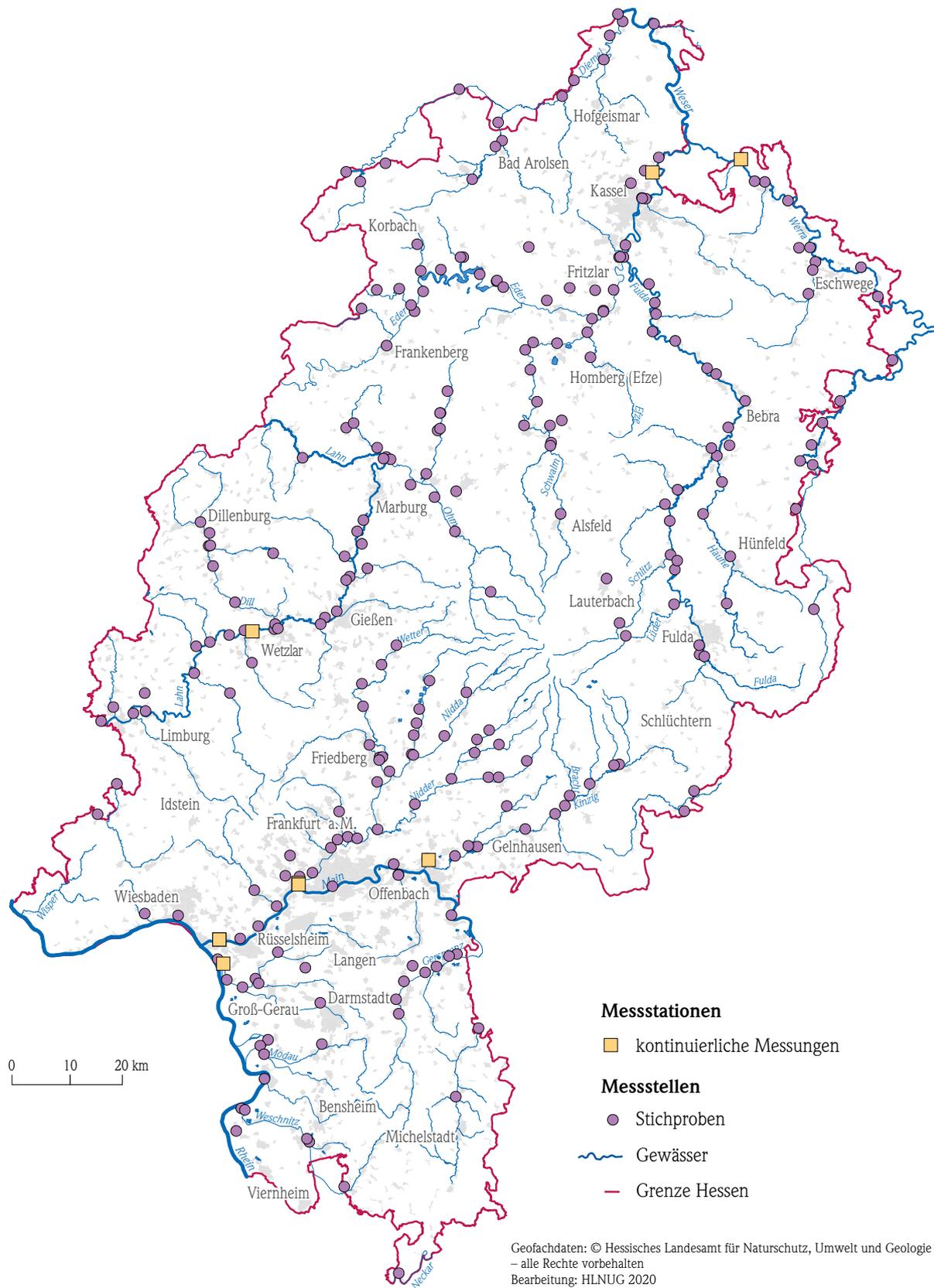


Abb. 45: Fließgewässermesstellen in Hessen im Jahr 2019. Die in rosa dargestellten Punkte geben die Lage der in 2019 monatlich beprobten Messstellen wieder. Die gelben Quadrate kennzeichnen die Standorte der Messtationen, in denen kontinuierliche Probenahmen und Messungen erfolgen.

Messergebnisse

Im Folgenden werden die Jahresganglinien für einige meteorologisch stark beeinflusste Parameter an den vier größeren hessischen Fließgewässern Main, Fulda, Lahn und Werra vor dem Hintergrund der bereits durchgeführten Maßnahmen und der in diesem Bericht dargestellten meteorologischen und hydrologischen Besonderheiten wiedergegeben.

Die Wassertemperatur

In den Fließgewässern gleicht sich die Wassertemperatur zeitverzögert der Lufttemperatur an, wird aber darüber hinaus von zahlreichen weiteren Einflüssen überlagert. Dazu gehören z. B. die Beschattung bzw. die direkte Sonneneinstrahlung bei fehlender Beschattung, der Grundwasserzufluss, die Abflussmenge und gegebenenfalls Stauhaltungen der Gewässer. In der Regel schwanken die Temperaturwerte im Tagesverlauf ähnlich den Lufttemperaturen besonders in der wärmeren Jahreszeit, wenn auch die Lufttemperaturunterschiede zwischen Tag und Nacht groß sind. Hohe Wassertemperaturen können sich negativ auf die Zusammensetzung der Biozönose, auf den Sauerstoffgehalt und das Wachstum der im Wasser lebenden Pflanzen und Tiere auswirken.

In der nachfolgenden Abbildung 46 sind die Tagesmaxima der Wassertemperatur der vier größeren Fließgewässer für das Jahr 2019 gegenübergestellt. Ab Januar bis Mitte April liegen die Wassertemperaturen und auch die gemessenen Maximaltemperaturen an den betrachteten Gewässern eng zusammen. In den wärmeren und sonnenscheinreicheren Monaten von Mai bis November unterscheiden sich die Tagesmaxima deutlicher. Insbesondere im Main zeigen sich aufgrund der zahlreichen Wärmeeinleitungen und der geringen Beschattung eine stärkere Erwärmung und höhere Maxima. Die größten Unterschiede sind im Juli zu beobachten. Die Fulda zeigt aufgrund der ausgeprägten Beschattung am Standort Wahnhausen die niedrigsten Tagesmaxima gefolgt von Werra und Lahn.

In der Abbildung 47 sind die Mittel- und Extremwerte der Tagesgänge in den vier Gewässern im Jahresverlauf dargestellt. Unterschiede der dargestellten Kurven zeigen die Spanne zwischen den Maxima und Minima in den Tagesverläufen. Im Main liegen die Verläufe aufgrund der aufgestauten größeren Wassermenge und der darauf zurückzuführenden langsameren Erwärmung bzw. Abkühlung sehr dicht zusammen. Die Oberflächengewässerverordnung (OgewV, 2016) legt sowohl Sommer- wie auch Wintermaximalwerte fest. In den Sommermonaten sollte ein Wert von 25 °C und im Winter die 10 °C-Marke nicht überschritten werden. Die Wintermonate erstrecken sich dabei über die Monate Dezember bis März und die Sommermonate beziehen sich auf April bis November.

Im Main wurden die höchsten Temperaturen im Juni, Juli und August jeweils am Ende der Monate gemessen. Die beiden Wärmeperioden Ende Juni und Juli zeigten ganztägige Überschreitungen der 25 °C-Marke, während Ende August nur die Tagesmaxima über dem Orientierungswert lagen. Die 10 °C-Marke für die Wintermonate wurde im Main erstmals am 29.03.2019 erreicht und ab diesem Zeitpunkt dauerhaft überschritten.

In der Lahn wurden die 25 °C ebenfalls Ende Juni und Ende Juli erreicht, wobei aber die Tagesmittelwerte unter 25 °C lagen. Das Wintermaximum von 10 °C wurde am 30.03.2019 erstmals überschritten (Tabelle 1).

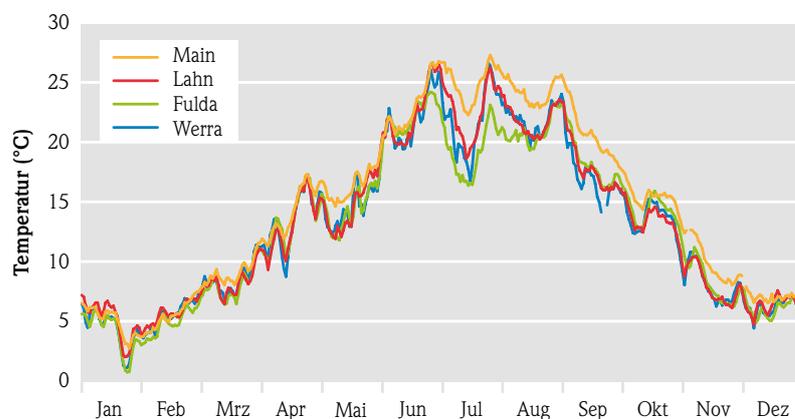


Abb. 46: Jahresganglinien der Temperaturmaxima¹ an den vier Messstationen Bischofsheim/Main, Oberbiel/Lahn, Wahnhausen/Fulda und Witzenhäuser/Werra

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

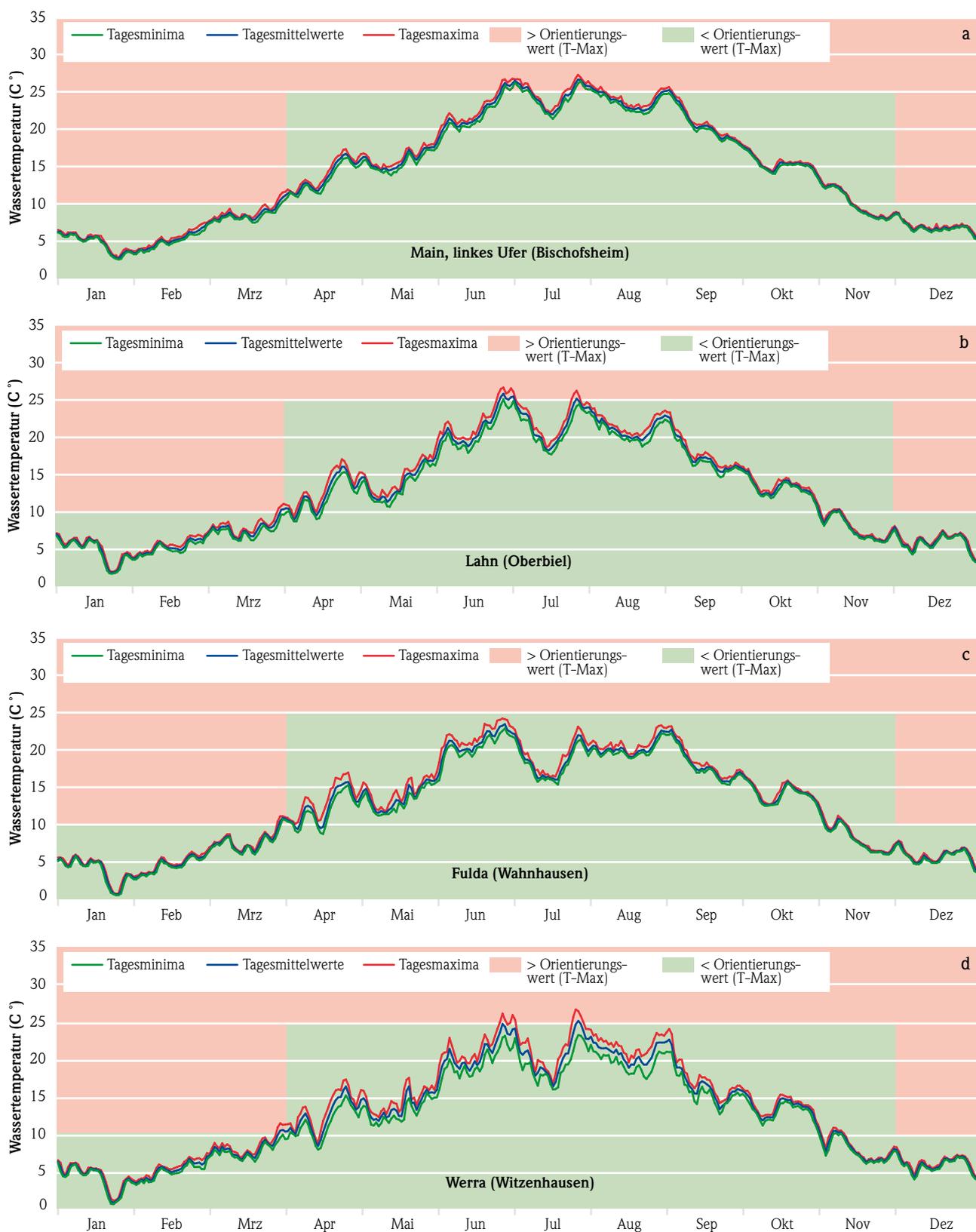


Abb. 47: Wassertemperatur als Tages-/Minima/Mittelwerte/Maxima an den vier Messstationen Bischofsheim/Main, Oberbiel/Lahn, Wahnhausen/Fulda und Witzenhausen/Werra mit Darstellung der Orientierungswerte T_{\max} (Sommer): 25 °C und T_{\max} (Winter): 10 °C

In der Fulda lagen die Tagesmaxima ganzjährig unterhalb von 25 °C, was vor allem auf die hohe Beschattung der Messstelle zurückzuführen ist. Das Wintermaximum lag am 31.03.2019 bei 11,1 °C.

Die Werra zeigt im Jahresverlauf drei deutliche Überschreitungen der kritischen Marke. Allerdings sind die Temperaturschwankungen in den Tagesgängen hier am stärksten ausgeprägt, so dass die Überschreitungen nur kurzzeitig auftreten und die Tagesmittelwerte unterhalb des Orientierungswertes liegen. Das Wintermaximum lag am 30.03.2019 bei 11,4 °C. Die Werra ist an der Messstelle über weite Strecken nicht beschattet und heizt sich bei intensiver Sonneneinstrahlung schnell auf. Die Temperaturunterschiede zwischen Tag und Nacht sind deshalb im Sommer besonders stark ausgeprägt.

Der Sauerstoffgehalt

Die Sauerstoffgehalte in den Fließgewässern unterliegen starken jahres- und tageszeitlichen Schwankungen. Diese sind einerseits auf die temperaturabhängige Löslichkeit des Sauerstoffs im Wasser zurückzuführen. Je wärmer das Wasser ist, desto weniger Sauerstoff löst sich (Sauerstoffsättigung). Andererseits kommt es durch Sonneneinstrahlung zur Photosynthese der Wasserpflanzen und damit zur Sauerstoffbildung. Diese überlagert die im warmen Wasser reduzierte Sauerstofflöslichkeit, und es können sehr hohe Übersättigungen gemessen werden.

Im Main, in der Werra und in der Fulda lagen die Sauerstoffminima über mehrere Wochen deutlich unterhalb des Orientierungswertes von 7 mg/l. Die Lahn hingegen zeigte nur einzelne kurzzeitige Unterschreitungen (Abb. 48).

In der Fulda waren im April auffallend hohe Sauerstoffgehalte (Abb. 48, dargestellt als Tagesminima) zu verzeichnen. Sie kennzeichnen den Beginn einer jahreszeitlich früh einsetzenden Algenblüte, die zeitversetzt auch an den drei anderen Gewässern meist als zweigipflige Maxima zu beobachten war. Diese Phase hält etwa bis zum 20. Mai. Dann kam es infolge eines überregionalen

Starkregenereignisses zu einem Algensterben und ersten zum Teil langanhaltenden Unterschreitungen des kritischen Sauerstoffwertes von 7 mg/l.

Die Intensität und die Dauer von Sauerstoffdefiziten zeigen sich vor allem in den nachfolgenden Jahresverläufen der Tagesminima, -maxima und -mittelwerte (Abbildung 49). Im Main lagen die Sauerstoffkonzentrationen ab Juni ganzjährig über den Zeitraum von ca. 8 Wochen unterhalb von 7 mg/l. Im August und September kam es erneut zu Algenblüten. Die durch die Photosynthese hervorgerufenen Tagesschwankungen im Sauerstoffgehalt wurden größer und die Tagesmittelwerte und -maxima überschritten die kritische Marke. Die Minima blieben jedoch noch häufig unter dem Orientierungswert. Erst im Oktober nach einer weiteren Algenblüte stabilisierten sich die Sauerstoffgehalte oberhalb des Orientierungswertes.

In der Lahn lagen die Maxima, Minima und Mittelwerte bis Mitte März und ab Ende Oktober sehr dicht beieinander. Besonders große Tagesschwankungen mit den höchsten in der Lahn gemessenen Sauerstoffkonzentrationen wurden Anfang Mai beobachtet. Dies deutet auf eine erhöhte Photosyntheseaktivität hin. In direkter Folge kam es auch hier durch das Starkregenereignis Mitte Mai zu einem schlagartigen Abfall der Sauerstoffkonzentration und erstmaligen starken Sauerstoffeinbrüchen, die Ende Mai bis Anfang Juni ganzjährig zu beobachten sind. Ab Mitte Juni wurden erneut große Tagesschwankungen beobachtet, die mit kurzzeitigen deutlichen Unterschreitungen von 7 mg/l einhergehen. Die Mittelwerte und Maxima blieben ganzjährig oberhalb des Orientierungswertes.

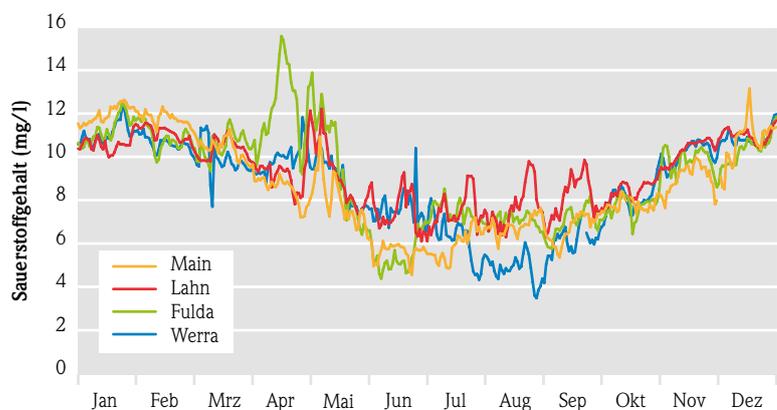


Abb. 48: Jahresganglinien der Tagesminima des Sauerstoffgehaltes an den vier Messstationen Bischofsheim/Main, Oberbiel/Lahn, Wahnhausen/Fulda und Witzenhausen/Werra

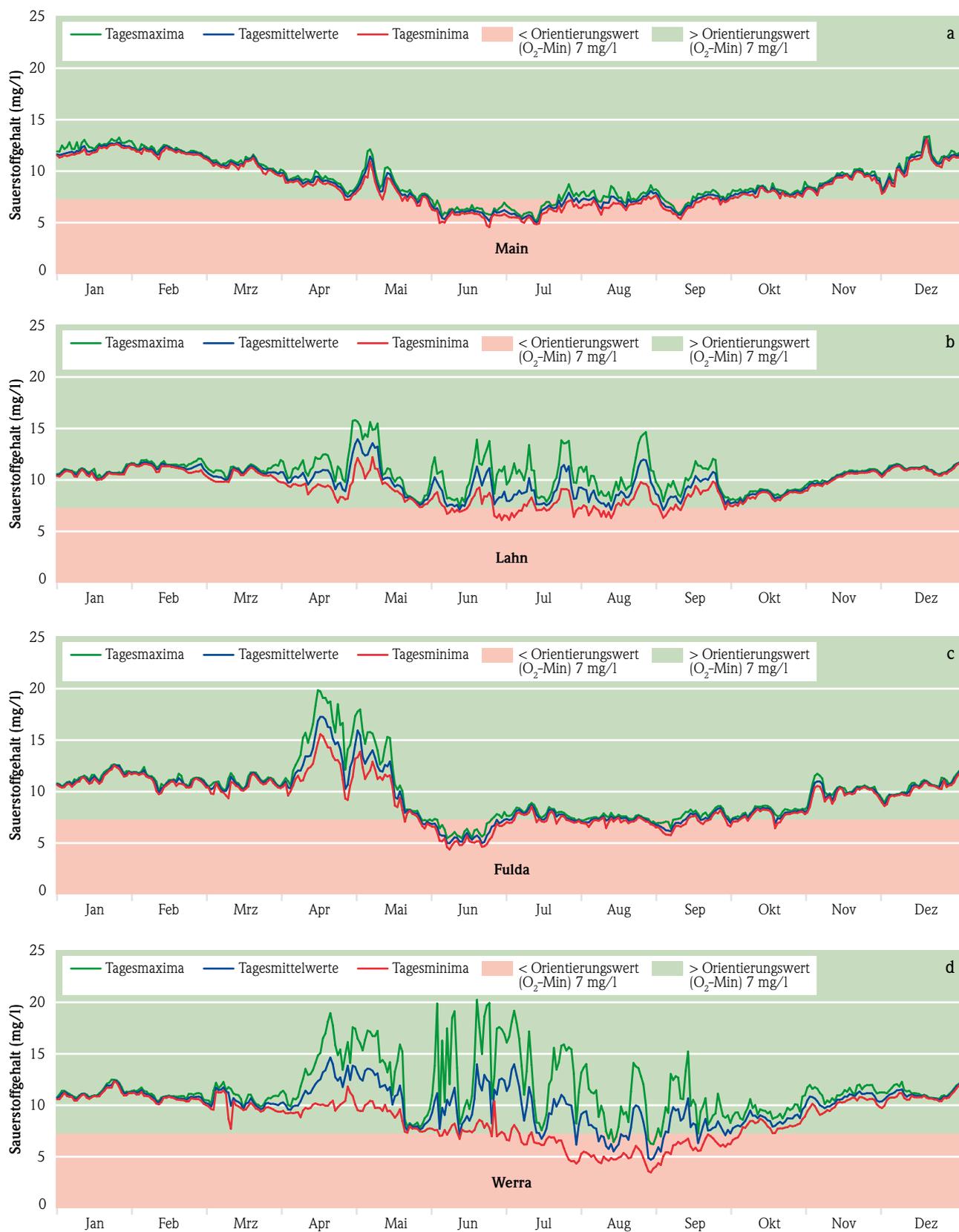


Abb. 49: Sauerstoffkonzentrationen als Tages-/Minima/Mittelwerte/Maxima an den vier Messstationen Bischofsheim Main, Oberbiel/Lahn, Wahnhausen/Fulda und Witzenhausen/Werra mit Darstellung des Orientierungswertes (O₂-Min) von 7 mg/l

Tab. 7: Absolute Sauerstoffminima und Temperaturmaxima

	O ₂ – Min mg/l	Datum	T - Max°C Sommer	Datum	T - Max°C Winter	Datum
Main	4,6	24.06.2019	27,3	26.07.2019	11,5	31.03.2019
Lahn	6,1	29.06.2019	26,7	27.06.2019	10,8	31.03.2019
Fulda	4,4	08.06.2019	24,2	26.06.2019	11,1	31.03.2019
Werra	3,5	28.08.2019	26,6	25.07.2019	11,4	30.03.2019

In der Werra zeigen sich im Jahresverlauf vielfach Phasen mit ausgeprägter Algenblüte und hohen Tagesschwankungen der Sauerstoffkonzentration. Die Tagesminima (rote Kurve) lassen von Juni bis Ende August einen Trend zu fallenden Sauerstoffkonzentrationen erkennen. Etwa ab Mitte September wurden die Tagesschwankungen geringer. Allerdings lagen die Minima weiterhin bis Anfang Oktober unterhalb von 7 mg/l. Erst im Dezember lagen die Maxima, Minima und Mittelwerte wie im Winter üblich dicht zusammen.

Die absoluten Temperaturmaxima und die Minima der Sauerstoffkonzentrationen sind in Tabelle 7 zusammengefasst.

Ortho-Phosphat und Gesamtphosphat

In den folgenden Diagrammen (Abbildung 50) sind die Konzentrationsverläufe des gelösten Phosphats (ortho-Phosphat) und des Gesamtphosphats in den wöchentlich genommenen Stichproben wiedergegeben. Während sich im Main ein eher gleichmäßiger wellenförmiger Jahresverlauf erkennen lässt, zeigen die Lahn, Fulda und Werra mehrere ausgeprägte Konzentrationsspitzen. Die im Allgemeinen höheren Konzentrationen im Sommer sind im Main daher deutlicher zu beobachten. Sie sind zurückzuführen auf eine temperaturbedingte erhöhte biologische Aktivität und die damit einhergehende Steigerung der Phosphatverfügbarkeit. Einzelne durch Regenfälle bedingte Einträge oder Mobilisierungen traten im Jahresverlauf in den Gewässern Lahn, Fulda und Werra stärker hervor als im Main.

Weniger ausgeprägt ist im Main im Vergleich zu den anderen Gewässern die im Frühjahr auftretende Zehrungsphase mit sehr geringen ortho-Phosphatkonzentrationen. Sie ist in der Lahn mit Werten von

20 µg/l über den Zeitraum von 4 Wochen besonders gut zu erkennen. Aber auch Werra und Fulda zeigen zur gleichen Zeit auf Inkorporation in die Biomasse zurückzuführende niedrige Konzentrationen von gelöstem ortho-Phosphat. Die Jahresmittelwerte aller vier Gewässer liegen für Gesamt-P deutlich über dem Orientierungswert von 0,1 mg/l.

Der Orientierungswert nach der Oberflächengewässerverordnung (OGewV, 2016) für ortho-Phosphat-Phosphor liegt bei 0,07 mg/l. In der Lahn und in der Fulda wurde dieser Wert weitgehend eingehalten und die Jahresmittelwerte liegen für die Lahn bei 0,07 mg/l ortho-Phosphat-Phosphor und für die Fulda bei 0,08 mg/l ortho-Phosphat-Phosphor. Im Main und in der Werra waren die Überschreitungen deutlicher. In der Werra beträgt der Jahresmittelwert 0,08 mg/l ortho-Phosphat-Phosphor und im Main liegt er bei 0,11 mg/l ortho-Phosphat-Phosphor.

In den beiden folgenden Karten (Abbildungen 51a und 51b) sind die ortho-Phosphat-Konzentrationen auf Basis der Wasserkörper für die jeweils letzten fünf Jahre aus dem Vorjahr und dem derzeitigen Auswertestand gegenübergestellt. Es zeigt sich weiterhin hessenweit ein deutlicher Rückgang der ortho-Phosphat-Konzentrationen. Der nach Oberflächengewässerverordnung geforderte typspezifische Orientierungswert wird vermehrt eingehalten, was an der Zunahme der grünen Flächen (Abbildung 51) zu erkennen ist. Diese positive Entwicklung (siehe auch Gewässerkundlicher Jahresbericht 2018) setzt sich trotz anhaltend häufig vorkommender Extremwetterereignisse – wie lange Trockenphasen und kurzzeitig auftretende Starkregenereignisse – fort. Sie ist auf die in den kommunalen Kläranlagen durchgeführten Reduzierungsmaßnahmen vor allem eine optimierte Phosphatfällung zurückzuführen. Die immer noch vorhandenen weißen Flächen in der Karte können nicht bewertet werden, da eine solide Datenbasis vor allem aufgrund des Trockenfallens der meist kleinen Gewässer fehlt.

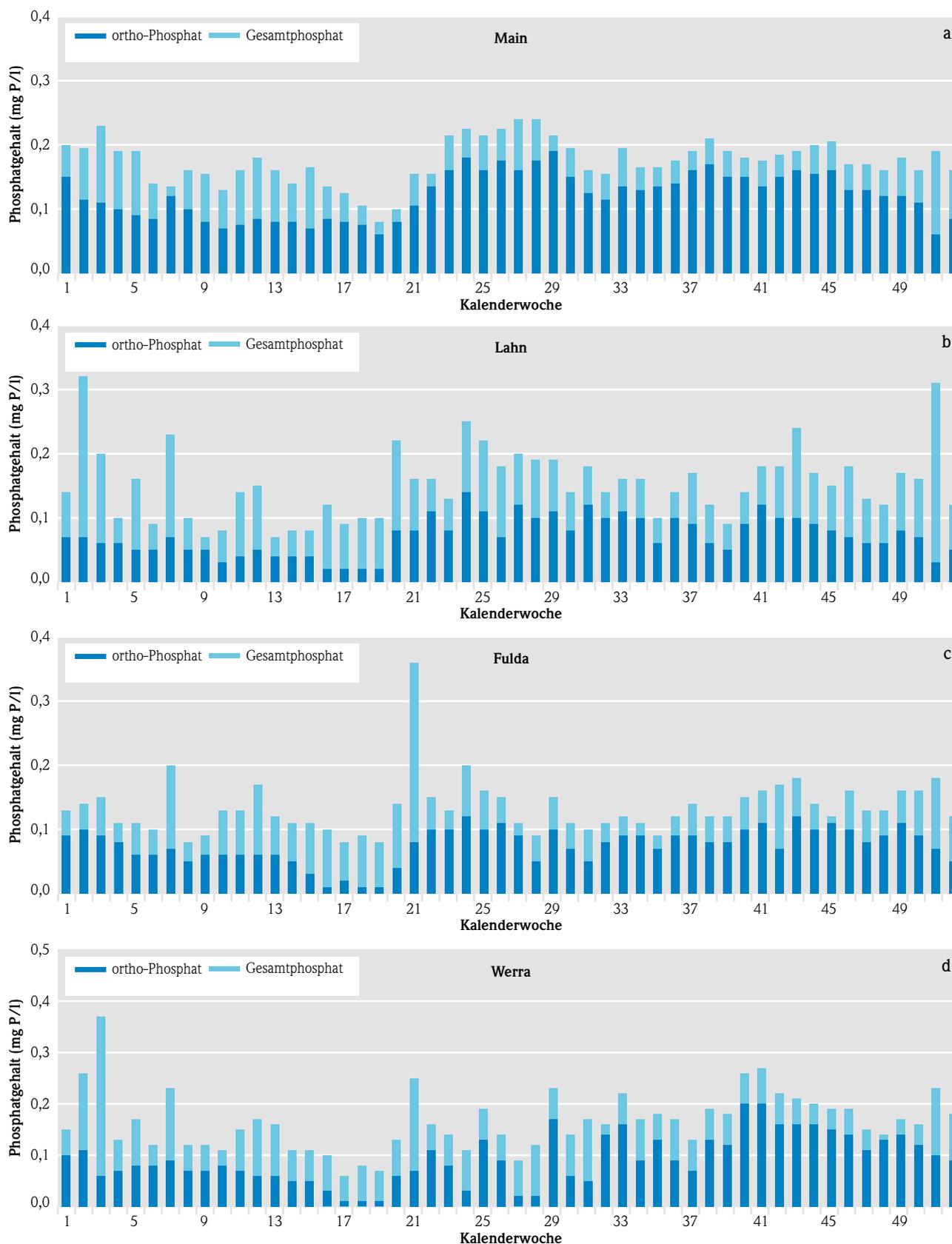


Abb. 50: Konzentration von ortho-Phosphat und Gesamtphosphat in Wochenmischproben 2019 an den Messstationen Bischofsheim/Main, Oberbiel/Lahn, Wahnhausen/Fulda und Witzenhausen/Werra

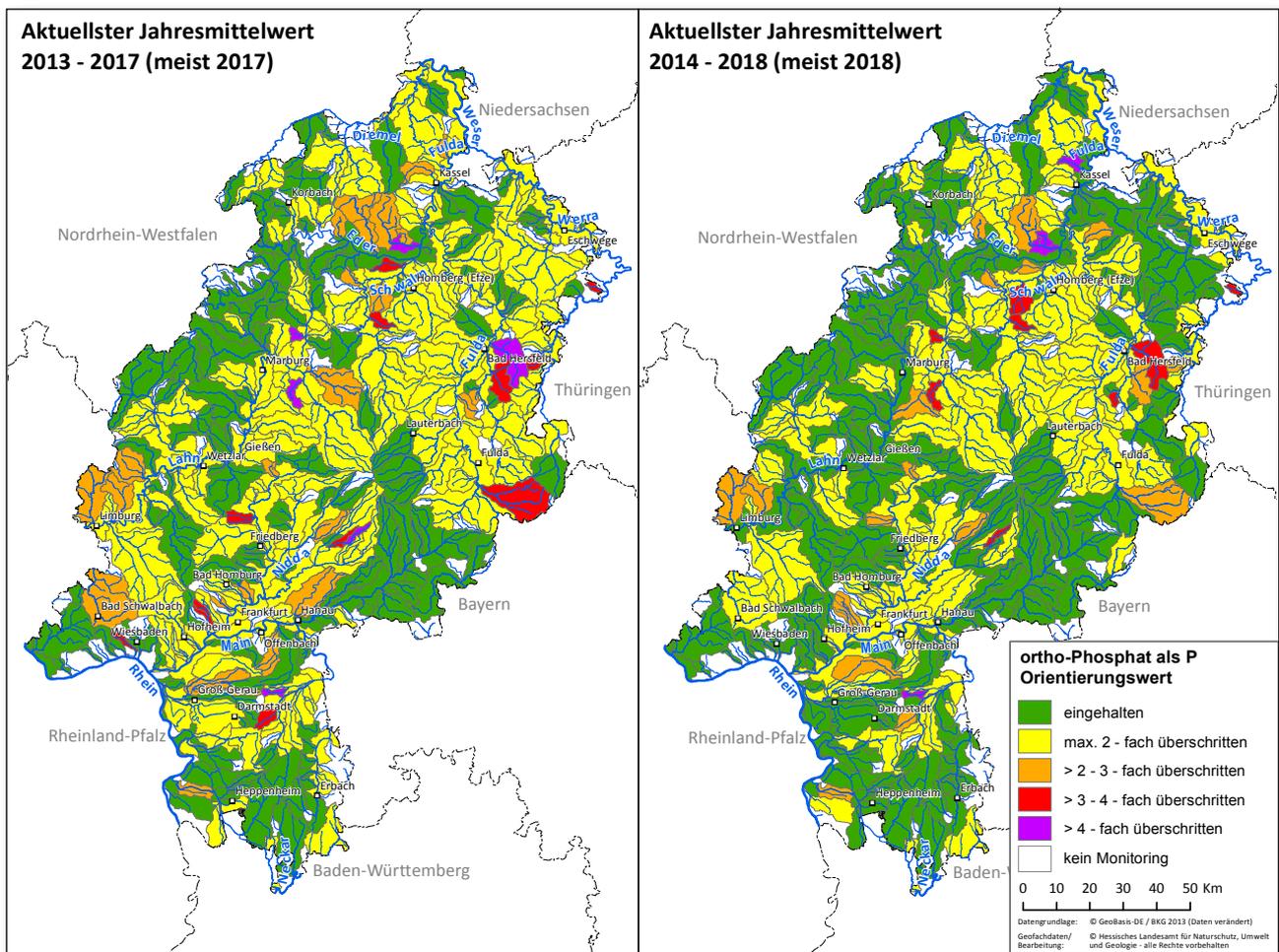


Abb. 51: Vergleich der durchschnittlichen ortho-Phosphat-Phosphor-Konzentrationen von 2013 bis 2017 mit der aktuellen Bewertung auf der Basis der derzeit aktuellen Auswertungen

Die folgende Graphik (Abbildung 52) zeigt die Veränderungen anhand von Zahlen. Von den regelmäßig untersuchten 322 Wasserkörpern halten aktuell 59 % den Orientierungswert von 0,07 mg/l ein. Im Vergleich dazu waren es im Vorjahr noch 45 %. Entsprechend geht die Anzahl der Wasserkörper, die Mehrfachüberschreitungen zeigen, sukzessive zurück.



Abb. 52: Vergleich der Orientierungswerte für ortho-Phosphat (hessenweit): Stand der Auswertung im Jahr 2018 (aktuellster Jahresmittelwert im Zeitraum 2013–2017, meist 2017) mit dem Stand aus 2019 (aktuellster Jahresmittelwert im Zeitraum 2014–2018, meist 2018)

Die elektrische Leitfähigkeit

Der Gehalt an gelösten Salzen wird meist kontinuierlich über die elektrische Leitfähigkeit gemessen. Jedes Gewässer hat eine geogene Hintergrundbelastung mit Salzen, die je nach maßgeblich vorliegenden Gesteinsschichten variiert. Überlagert werden diese Werte durch anthropogen bedingte Einträge.

Die Leitfähigkeiten an den hier betrachteten Flüssen steigen in den Trockenphasen aufgrund der fehlenden Verdünnung leicht an. Regenfälle hingegen führen immer zu einer mehr oder weniger stark ausgeprägten Abnahme der Leitfähigkeit.

Besonders deutlich ist dies in der Werra zu erkennen, die durch die hohe Salzbelastung eine durchschnittlich bis zu zehnfache Leitfähigkeit aufweist (Abbildung 53). Vier Regenereignisse in den Monaten Januar, Februar, März und Mai führen zu starken Einbrüchen der Leitfähigkeit.

In den nachfolgenden Tabellen 8 und 9 sind für die beiden Messstationen an der Werra in Witzenhausen und am Main in Bischofsheim beispielhaft die Ergebnisse der Sondenmessung aggregiert auf Wochenmittelwerte bzw. Wochenextremwerte und die Laborergebnisse aus den Wochenmischproben für ausgewählte Kohlenstoff-, Stickstoff und Phosphorparameter dargestellt. Zusätzlich ist der Abfluss als Wochenmittelwert angegeben.

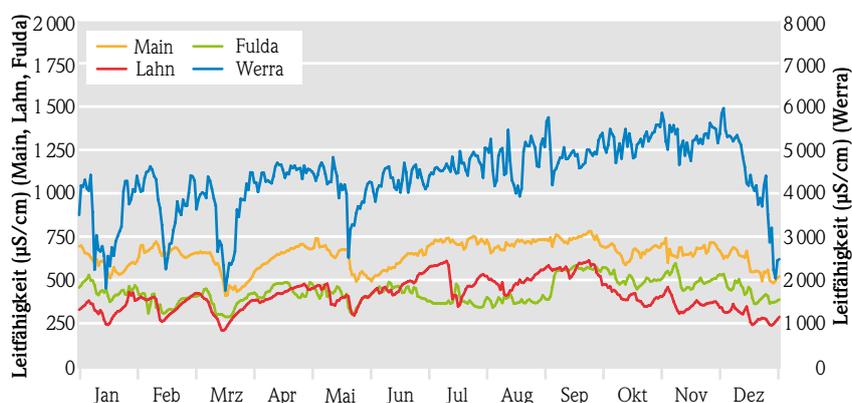


Abb. 53: Jahresganglinien der elektrischen Leitfähigkeit als Tagesmittelwerte an den vier Messstationen Bischofsheim/Main, Oberbiel/Lahn, Wahnhausen/Fulda und Witzenhausen/Werra

Tab. 8: Messergebnisse 2019 der Messstation Werra (Witzenhausen)

Periode	Abfluss Q*	Tempe- ratur	Gelöster Sauerstoff O ₂ min	pH-Wert	Elek- trische Leitfähig- keit	Gesamt- Stickstoff	Gesamt org Koh- lenstoff TOC	Ortho- Phosphat- Phosphor PO ₄ -P	Gesamt- phosphor
Woche	(m ³ /s)	(°C)	(mg/l)		(µS/cm)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
1	10,2	5,0	10,6	8,1	3660	4,4	4,7	0,10	0,15
2	12,9	5,2	10,4	8,0	3060	6,0	9,0	0,11	0,26
3	13,7	4,7	10,6	8,0	2490	5,7	7,3	0,06	0,37
4	6,30	1,6	11,2	8,1	3670	5,6	3,8	0,07	0,13
5	8,80	3,7	10,9	8,0	4100	5,4	3,6	0,08	0,17
6	6,70	4,3	10,2	8,1	4460	4,4	3,7	0,08	0,12
7	12,0	5,2	10,1	8,0	3020	5,4	5,9	0,09	0,23
8	6,50	5,9	10,4	8,1	3440	4,4	3,2	0,07	0,12
9	4,70	6,5	9,9	8,1	4020	4,5	2,3	0,07	0,12
10	6,00	8,0	9,6	8,0	4060	3,9	3,0	0,08	0,11
11	19,2	7,1	7,7	8,0	3200	4,0	7,2	0,07	0,15
12	18,7	7,8	9,4	8,1	2480	4,5	5,5	0,06	0,17
13	7,80	9,3	9,4	8,3	3970	4,3	3,2	0,06	0,16
14	5,80	10,6	9,2	8,3	4310	3,9	2,9	0,05	0,11
15	4,50	10,7	8,8	8,5	4400	3,6	3,0	0,05	0,11
16	3,70	12,0	9,9	8,8	4530	2,9	3,7	0,03	0,10
17	3,70	15,1	9,5	8,7	4550	2,5	5,5	0,01	0,06
18	4,30	13,6	9,4	8,9	4460	2,9	5,6	0,01	0,08
19	5,70	12,2	9,5	9,0	4450	2,8	7,4	0,01	0,07
20	4,70	13,4	8,8	8,7	4310	2,7	4,0	0,06	0,13
21	16,9	14,5	7,3	8,1	3350	3,6	8,0	0,07	0,25
22	7,30	16,4	7,4	8,2	4010	3,2	3,9	0,11	0,16
23	5,10	19,8	7,0	8,6	4190	2,8	4,4	0,08	0,14
24	5,60	19,2	6,7	8,4	4350	3,2	5,0	0,03	0,11
25	3,90	21,2	7,4	8,7	4330	2,3	6,1	0,13	0,19
26	2,70	23,7	7,0	8,8	4410	2,2	6,8	0,09	0,14
27	2,30	21,4	6,4	8,6	4460	2,1	4,7	0,02	0,09
28	3,40	18,4	6,2	8,4	4600	2,5	5,4	0,02	0,12
29	2,70	18,4	6,1	8,3	4630	2,9	6,2	0,17	0,23
30	2,20	23,5	4,6	8,6	4780	1,5	5,5	0,06	0,14
31	3,20	22,2	4,3	8,5	4830	2,0	10,0	0,05	0,17
32	5,10	21,1	4,4	8,3	4610	2,2	3,8	0,14	0,16
33	3,60	19,6	4,7	8,2	4400	2,5	4,1	0,16	0,22
34	2,80	19,9	4,8	8,5	4990	2,8	5,4	0,09	0,17
35	2,30	22,2	3,5	8,0	5060	3,2	6,0	0,13	0,18
36	2,20	18,2	5,1	8,4	4790	2,5	4,9	0,09	0,17
37	3,00	16,3	5,6	8,4	4890	2,8	5,5	0,07	0,13
38	2,10	14,9	5,6	8,1	4720	3,3	4,0	0,13	0,19
39	4,80	15,5	6,0	8,1	5030	3,3	3,5	0,12	0,18
40	4,70	13,9	6,6	8,0	5240	3,1	3,7	0,20	0,26
41	8,10	12,5	8,3	8,0	5050	3,0	3,8	0,20	0,27
42	7,40	14,4	7,3	7,9	5100	2,8	3,9	0,16	0,22
43	5,40	13,5	7,8	8,0	5300	2,4	3,3	0,16	0,21
44	5,20	9,5	8,6	8,1	5490	2,6	3,3	0,16	0,20
45	9,70	9,8	9,1	8,1	5310	2,6	4,2	0,15	0,19
46	8,30	7,2	10,2	8,1	5050	2,7	3,6	0,14	0,19
47	6,90	6,4	10,5	8,1	5270	3,4	2,7	0,11	0,15
48	6,80	7,2	9,7	8,1	5500	3,5	2,7	0,13	0,14
49	8,10	5,3	10,7	8,1	5400	3,5	3,5	0,14	0,17
50	16,2	5,6	10,5	8,1	4790	3,7	4,5	0,12	0,16
51	20,2	6,4	10,4	8,1	4020	4,3	7,6	0,10	0,23
52	17,1	6,3	10,4	8,1	3200	3,9	5,5	0,09	0,18

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

Tab. 9: Messergebnisse 2019 der Messstation Main (Bischofsheim)

Periode	Abfluss Q*	Temperatur	Gelöster Sauerstoff O ₂ min	pH-Wert	Elektrische Leitfähigkeit	Gesamt- Stickstoff	Gesamt org. Koh- lenstoff TOC	Ortho- Phosphat- Phosphor PO ₄ -P	Gesamt- phosphor
Woche	(m ³ /s)	(°C)	(mg/l)		(µS/cm)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
1	163,0	5,9	11,1	7,8	632	6,2	5,2	0,15	0,20
2	326,0	5,5	11,6	7,8	609	6,4	7,1	0,12	0,20
3	453,0	5,3	11,6	7,8	557	7,3	9,1	0,11	0,23
4	212,0	3,1	12,2	7,8	554	7,6	7,4	0,10	0,19
5	225,0	3,6	12,0	7,9	615	7,2	5,5	0,09	0,19
6	181,0	4,2	11,4	7,9	683	5,9	4,6	0,09	0,14
7	310,0	5,0	11,2	7,9	660	5,9	5,7	0,12	0,14
8	197,0	5,8	11,6	7,9	668	6,1	4,8	0,10	0,16
9	174,0	7,0	11,0	7,9	644	6,3	3,9	0,08	0,16
10	184,0	8,3	10,3	8,0	657	6,4	3,5	0,07	0,13
11	393,0	8,3	10,2	7,9	573	4,7	4,9	0,08	0,16
12	512,0	8,5	10,3	7,7	438	4,9	8,5	0,09	0,18
13	227,0	9,7	9,6	7,7	470	5,1	5,1	0,08	0,16
14	174,0	11,4	8,8	7,7	563	4,9	4,3	0,08	0,14
15	136,0	12,3	8,5	7,8	621	5,0	3,8	0,07	0,17
16	118,0	13,7	8,7	7,8	662	4,8	3,7	0,09	0,14
17	124,0	16,1	7,2	8,0	695	4,8	4,1	0,08	0,13
18	142,0	15,8	7,3	8,0	685	4,6	4,5	0,08	0,11
19	154,0	14,7	7,2	8,1	681	4,7	5,9	0,06	0,08
20	140,0	15,3	7,7	8,0	657	3,8	4,6	0,08	0,10
21	360,0	16,7	6,6	7,7	565	3,8	6,8	0,11	0,16
22	198,0	18,1	6,2	7,5	523	4,6	6,2	0,14	0,16
23	140,0	20,7	5,0	7,4	536	4,4	6,2	0,16	0,22
24	136,0	21,0	5,7	7,5	575	4,1	5,6	0,18	0,23
25	121,0	22,9	4,7	7,5	636	4,0	4,6	0,16	0,22
26	90,1	25,5	4,6	7,6	660	4,0	3,9	0,18	0,23
27	79,0	25,8	5,1	7,8	713	3,7	4,5	0,16	0,24
28	93,1	23,4	4,9	7,7	729	3,6	4,9	0,18	0,24
29	88,7	23,0	5,7	7,8	711	3,3	4,9	0,19	0,22
30	86,3	25,6	5,8	7,9	745	2,5	4,7	0,15	0,20
31	99,5	25,5	6,4	8,1	718	2,2	5,4	0,13	0,16
32	108,0	24,3	5,8	7,8	681	2,7	5,9	0,12	0,16
33	86,5	23,0	6,2	8,0	710	3,2	3,9	0,14	0,20
34	83,0	22,8	6,5	7,8	721	3,1	4,6	0,13	0,17
35	78,1	24,9	6,7	8,0	730	3,0	5,0	0,14	0,17
36	75,2	23,0	5,5	7,8	744	3,4	5,4	0,14	0,18
37	87,1	20,4	5,4	7,7	727	3,3	5,3	0,16	0,19
38	74,6	19,4	6,8	7,7	754	3,5	4,6	0,17	0,21
39	103,0	18,5	6,8	7,7	747	3,5	4,4	0,15	0,19
40	116,0	16,6	7,3	7,8	696	3,1	4,3	0,15	0,18
41	152,0	14,6	7,4	7,7	650	3,3	4,5	0,14	0,18
42	125,0	15,4	7,7	7,7	668	3,8	4,2	0,15	0,19
43	106,0	15,2	7,4	7,7	673	3,6	4,4	0,16	0,19
44	107,0	13,1	7,5	7,7	699	3,9	4,4	0,16	0,20
45	163,0	12,0	8,3	7,8	645	3,4	4,3	0,16	0,21
46	135,0	9,5	9,3	7,9	652	3,2	4,1	0,13	0,17
47	110,0	8,3	9,3	7,9	689	4,3	3,5	0,13	0,17
48	127,0	8,4	7,8	7,8	699	4,4	4,0	0,12	0,16
49	139,0	7,0	8,5	7,8	655	4,4	3,9	0,12	0,18
50	229,0	6,7	9,6	7,9	638	4,6	4,5	0,11	0,16
51	416,0	6,7	10,5	7,9	546	4,9	5,4	0,06	0,19
52	179,0	6,8	10,4	7,8	510	4,7	5,4	0,09	0,16

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

3.5 Untersuchungen zur Fauna und Flora der Fließgewässer

ELISABETH SCHLAG

Zielsetzung und Aufgabe

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

Zur Ermittlung des ökologischen Zustands/Potenzials werden Fauna und Flora der Gewässer untersucht. Die biologischen Qualitätskomponenten unterscheiden sich dabei in ihrer Empfindlichkeit gegenüber stofflichen, strukturellen und thermischen Belastungen und sind damit im Hinblick auf das Anzeigen möglicher Defizite unterschiedlich gute Indikatoren. Untersucht werden Fische, Makrozoobenthos (Fischnährtiere), Makrophyten (Wasserpflanzen), benthische Diatomeen (am Boden wachsende Kieselalgen), restliches Phytobenthos (andere am Boden wachsende Algen) und Phytoplankton (frei im Wasser schwebende Algen) (Abbildungen 54 bis 57).

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

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

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

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



Abb. 54: Fische: Nase *Chondrostoma nasus* © Korte, Institut für Gewässer- und Auenökologie (INGA), Riedstadt



Abb. 55: Makrozoobenthos: Köcherfliegenlarven *Brachycentrus subnubilus*



Abb. 56: Makrophyten: Sumpf-Teichfaden *Zannichellia palustris* © van de Weyer, Büro lanaplan, Nettetal

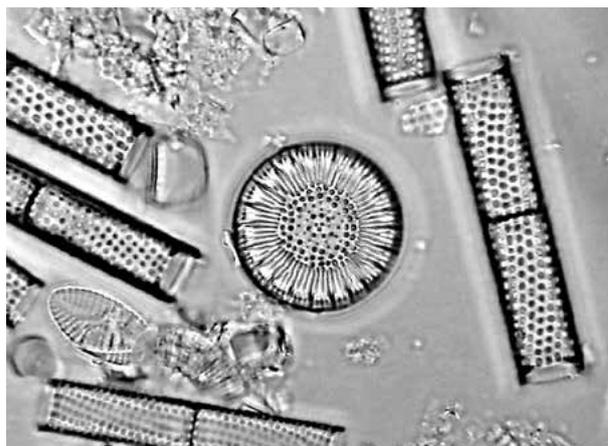


Abb. 57: Diatomeen: *Cyclotella radiosa* © Werum, Büro AGLHH, Frankfurt

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

Untersuchungen und Ergebnisse

Entsprechend des o. g. Untersuchungsintervalls wurden in 2019 folgende Untersuchungen seitens des HLNUG beauftragt (Abb. 58):

Makrozoobenthos

Das Makrozoobenthos wurde an 333 Probestellen (PS) erfasst.

Wie bereits seit 2016 wurden dabei auch 6 PS im Rahmen des Kooperationsvorhabens KLIWA „Klimaveränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft“ untersucht.

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.

Im Zuge des Nationalen Aktionsplans zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln (NAP) wurden 5 PS untersucht.

Der NAP ist Teil der Umsetzung der EU-Pflanzenschutz-Rahmenrichtlinie 2009/128/EG über einen Aktionsrahmen der Gemeinschaft für die nachhaltige Verwendung von Pestiziden. Im Mittelpunkt des NAP steht die Reduktion von Risiken für Mensch, Tier und Naturhaushalt, die durch die Anwendung von zugelassenen Pflanzenschutzmitteln entstehen können. Dabei werden die gesundheitlichen, sozialen, wirtschaftlichen und ökologischen Auswirkungen berücksichtigt [2].

In 2018 erfolgte die erste bundesweite Jahresmesskampagne des NAP-Projektes mit der Pilotstudie zur Ermittlung der Belastung von Kleingewässern in der Agrarlandschaft mit Pflanzenschutzmittel-Rückständen. Die Messungen wurden 2019 fortgesetzt. Ein abschließender Endbericht soll voraussichtlich 2020 veröffentlicht werden.

Die folgende Auswertung umfasst 322 PS, da 11 PS ausgetrocknet waren und somit nicht beprobt werden konnten. Der sehr gute ökologische Zustand wurde an keiner PS erreicht. Bei 15,2 % (49 PS) wurden ein guter und bei 33,2 % (107 PS) ein mäßiger Zustand festgestellt. Einen unbefriedigenden ökologischen Zustand wiesen 26,7 % (86 PS) auf. 24,8 % (80 PS) wurden in die Zustandsklasse schlecht eingestuft (Abbildung 59).

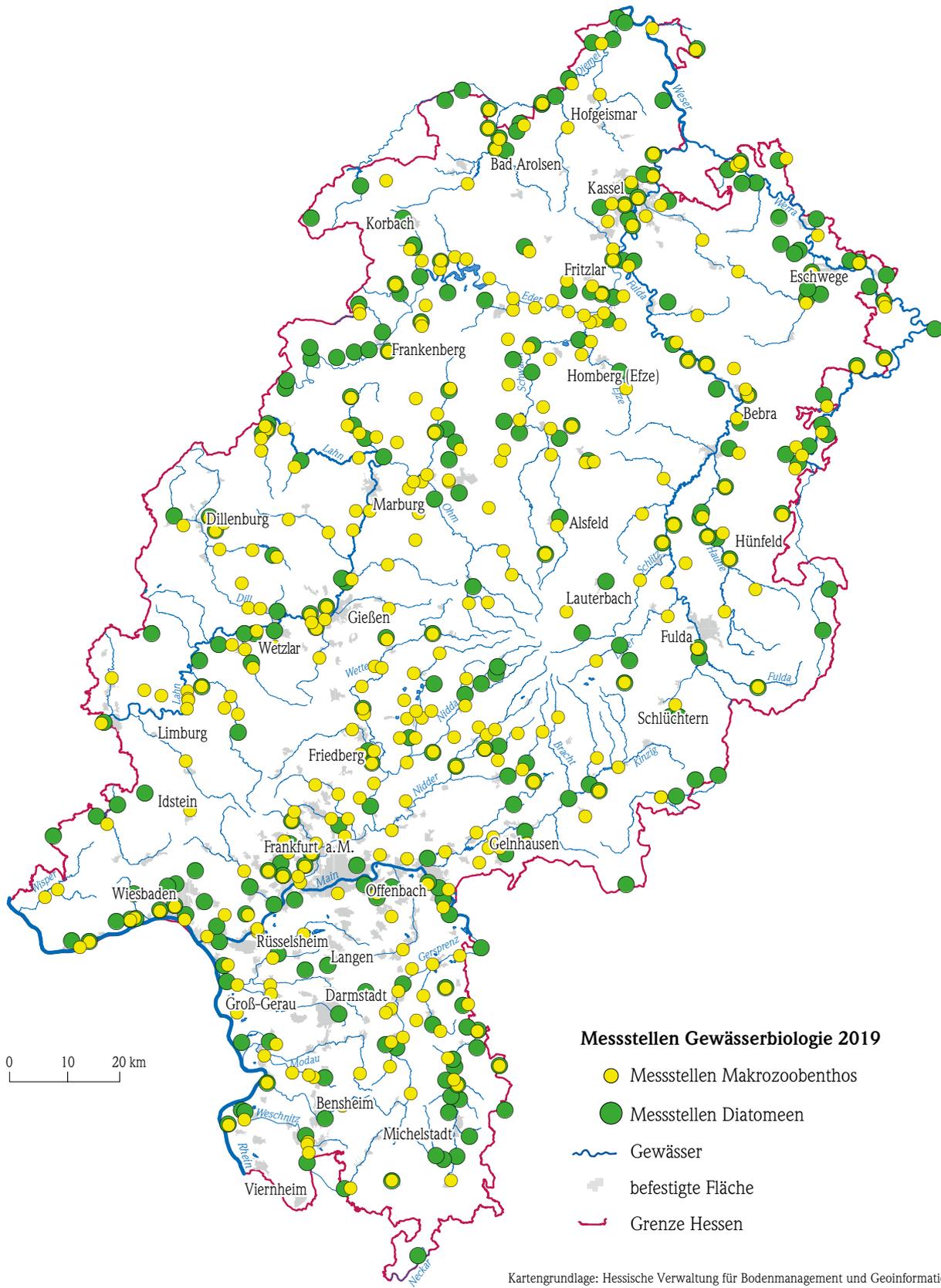


Abb. 58: Messstellen Gewässerbiologie 2019

Diatomeen

An 278 PS wurden Diatomeenproben genommen. Davon konnten 20 PS 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 verbleibenden 258 PS erreichten eine sehr gute ökologische Zustandsklasse 1,6 % (4 PS) und 14,0 % (36 PS) eine gute Zustandsklasse. In eine mäßige Zustandsklasse wurden 57,8 % (149 PS) eingestuft. 26,7 % (69 PS) wurden mit der ökologischen Zustandsklasse unbefriedigend bewertet. Die Zustandsklasse schlecht wurde nicht erreicht (Abbildung 60).

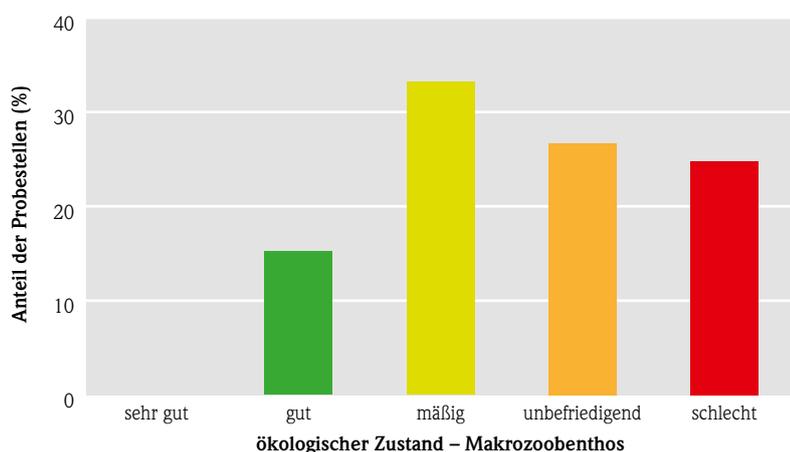


Abb. 59: Ergebnis der Makrozoobenthoserhebung mit prozentualen Anteil der Probestellen (PS) in der erreichten ökologischen Zustandsklasse

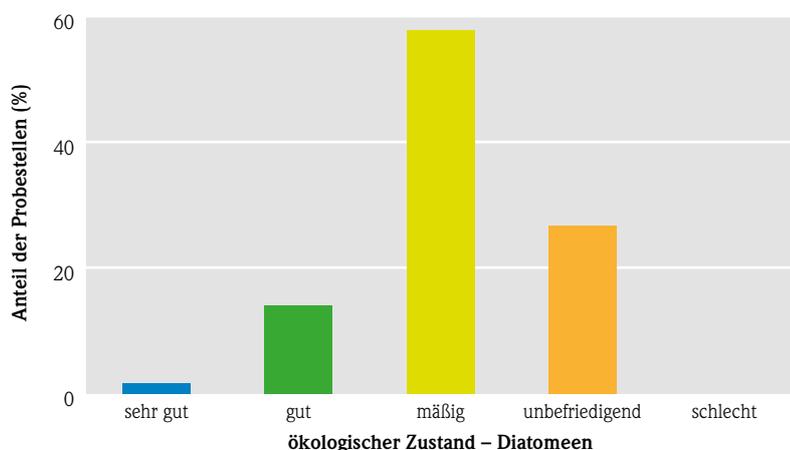


Abb. 60: Ergebnis der Diatomeenerhebung mit prozentualen Anteil der Probestellen (PS) in der erreichten ökologischen Zustandsklasse

Ausblick

Für die im Main Einzugsgebiet liegenden Gewässer Gersprenz, Glaubersgraben, Semme, Ohlebach, Lache und Erbsenbach sollen die Fischreferenzen überprüft und ggf. geändert werden.

Im Jahr 2020 soll an ca. 670 PS das Makrozoobenthos in Bächen und Flüssen untersucht werden.

Anhand der gewonnenen Ergebnisse soll eine Aktualisierung der Gewässergütekarte vorgenommen werden. Bereits 1970 wurde für Hessen die erste Gewässergütekarte erstellt und danach in unregelmäßigen Abständen und zuletzt im Jahr 2016 aktualisiert.

Der Vergleich der bisher erstellten biologischen Gütekarten zeigt, dass die seit den 1970er Jahren verstärkt durchgeführten Abwasserreinigungsmaßnahmen von Städten, Gemeinden und Industrie zu enormen Verbesserungen des Gütezustandes der Fließgewässer führten. Ca. 80 % der untersuchten hessischen Fließgewässer befinden sich bei der biologischen Gewässergüte heute in einem guten bis sehr guten Zustand; das heißt, sie sind von leicht abbaubaren organischen Stoffen weitgehend unbelastet bis gering belastet. Gleichzeitig weisen die Karten auch auf einen noch bestehenden Handlungsbedarf in ca. 20 % (ca. 1 500 km) der Gesamtlänge der WRRL-Gewässer zur Minderung der organischen Belastung hin.

Neben der Fortführung der Untersuchung an 6 PS im Rahmen des Kooperationsvorhabens KLIWA sollen auch an 8 PS Makrozoobenthoserhebungen zum Einfluss einer Kläranlage auf die Gewässergüte durchgeführt werden.

Informationen zur Biologie der Fließgewässer finden Sie unter <https://www.hlnug.de/themen/wasser/fließgewaesser/fließgewaesser-biologie>. Hier sind neben Erläuterungen

zu den biologischen Qualitätskomponenten und den angewendeten Bewertungsverfahren auch die Ergebnisse der seit 2004 durchgeführten Untersuchungen dargestellt. Darüber hinaus werden dort auch vom HLNUG beauftragte Gutachten bzw. betreute wissenschaftliche Arbeiten zu speziellen Fragestellungen der Fließgewässerbiologie sowie die seit 1970 erstellten Gewässergütekarten veröffentlicht.

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

Literatur

- [1] EG – Europäische Gemeinschaften (2000): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (WRRL).
- [2] BMEL – Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2017): Nationaler Aktionsplan zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln. <https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=Bundesministerium+f%C3%BCr+Ern%C3%A4hrung+und+Landwirtschaft%3B+Brosch%C3%BCre+Nationaler+Aktionsplan+Pflanzenschutz>; Stand: 15.04.2019
- [3] BOXEN, N. (2018): Masterarbeit – Erarbeitung einer Trophiekarte für Hessen einschließlich statistischer Auswertungen zu trophischen Belastungsfaktoren als Grundlage für eine effiziente Maßnahmenplanung an hessischen Gewässern. – 169 S.; Hannover. <https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/wasser/fliessgewaesser/biologie/MasterarbeitNinaBoxen.pdf>; Stand: 17.03.2020
- [4] HMUKLV – Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2015): Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie in Hessen – Maßnahmenprogramm 2015–2021. <http://flussgebiete.hessen.de/information/massnahmenprogramm-2015-2021/>; Stand: 15.04.2019
- [5] HMUKLV – Hessisches Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2015): Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie in Hessen – Maßnahmenprogramm 2015–2021. <http://flussgebiete.hessen.de/information/massnahmenprogramm-2015-2021/>; Stand: 15.04.2019

3.6 Gewässerstruktur

JOACHIM WEDEL & HEIKO TRIER

Stand der Nachkartierung renaturierter Fließgewässerabschnitte in Hessen für das Jahr 2019

Wie jedes Jahr fand die Gewässerstrukturkartierung der Änderungsstrecken (Gewässerabschnitte, die seit der letzten Strukturkartierung im Winter 2012/13 renaturiert wurden bzw. in denen eigendynamische Gewässerentwicklungen stattgefunden haben) außerhalb der Vegetationsperiode im Zeitraum November 2018 bis April 2019 sowie November bis Dezember 2019 statt.

Hintergrund der Nachkartierung ist die Dokumentation umgesetzter Strukturmaßnahmen zur Verbesserung der morphologischen Gewässerstrukturen sowie die Erfassung der erzielten morphologischen Gewässeraufwertungen, um das gesteckte Minimalziel guter Gewässerstrukturen auf mindestens einem Drittel der Fließgewässerstrecke zu erreichen. Es kann davon ausgegangen werden, dass ab etwa 35 % guter Gewässerstrukturen (die auch einigermaßen gut über die Gewässerverläufe verteilt sein sollten) in Verbindung mit einer intakten, linearen



Abb. 61: Laufende Renaturierungsmaßnahmen an der Nidda bei Karben

Durchgängigkeit innerhalb des Wasserkörpers, die morphologische Voraussetzung zur Erreichung des guten ökologischen Zustands bzw. Potenzials (Zielerreichung im Sinne der Wasserrahmenrichtlinie) dieses Wasserkörpers erfüllt sind. Das Minimalziel, auf mindestens 35 % der Gewässerabschnitte in einem Wasserkörper strukturell hochwertige Abschnitte bereitzustellen, stellte eine zentrale Arbeitshypothese aus dem Bewirtschaftungsplan 2009–2015 zur Umsetzung der WRRL dar, die als Grundlage für die gesamte Maßnahmenplanung im Bereich Struktur herangezogen wurde. Diese Hypothese wurde im Zuge der Aufstellung des Bewirtschaftungsplans 2015–2021 überprüft und bestätigt.

Die im Gelände erhobenen Daten werden u. a. für die Erstellung einer hessischen Übersichtskarte sowie zur Aktualisierung der Gewässerstrukturen im WRRL-Viewer (wrrl.hessen.de) verwendet, daher erfolgt die Erfassung der Daten nun gänzlich mit elektronischen Erfassungsgeräten (Tablets). Über eine entsprechende Software können die Daten weiterbearbeitet und in die dazugehörige Datenbank eingepflegt werden.

Seit der Kartiersaison 2019 erfolgt die Gewässerstrukturkartierung in Hessen durch zwei Kartiererteams in den Dienstbezirken der Regierungspräsidien Darmstadt und Gießen und teilweise auch Kassel von Wiesbaden aus. Die Erfassung der Gewässerstrukturen im Dienstbezirk des Regierungspräsidiums



Abb. 62: Mossaubach bei Ober-Mossau im Abschnitt 73



Abb. 63: Dill bei Ehringshausen im Abschnitt 103

Kassel soll ab Herbst 2020 durch ein Kartiererteam bzw. eine Kartiererin aus der HLNUG-Außenstelle in Kassel realisiert werden.

In den Bezirken der Regierungspräsidien wurden im zuvor genannten Kartierzeitraum Abschnitte an folgenden Fließgewässern nachkartiert:

Regierungsbezirk Darmstadt: Ohlebach bei Babenhausen; Wembach und Modau im Landkreis Darmstadt-Dieburg; Mosbach in Wiesbaden-Biebrich; Modau und Fanggraben bei Biebesheim; Krebsbach bei Bruchköbel; Rodau bei Mühlheim a. M. und Rodgau; Mühlbach bei Groß-Gerau; Wickerbach in Flörsheim und Wicker; Elsterbach bei Johannisberg

(Rheingau); Mossaubach im Mossaubachtal; Winkelbach bei Gernsheim

Regierungsbezirk Gießen: Dill bei Ehringshausen; Allna bei Friebertshausen; Rosphe bei Wetter-Oberrospe; Rulfe in Rauschholzhausen; Salzböde bei Lohra-Mornshausen (Gladenbach).

Regierungsbezirk Kassel: Bauna in Kirchbauna; Fulda bei Bergshausen; Untere Drusel in Kassel; Losse in Kassel und Helsa; Linsebach in Wenigenhasungen; Schwalm bei Niederurff; Flutmulde Albungen bei Albungen; Essebach und Pfieffe bei Spangenberg; Neerदार bei Neerदार; Kuhbach in Korbach und Laubach bei Wrexen.



Abb. 64: Renaturierte Fulda im Abschnitt 42 bei Bergshausen



Abb. 65: Verbaute Drusel im Abschnitt 6 in Kassel



Abb. 66: Schwalm mit Mühlgraben an der Waag-Mühle bei Niederurff im Abschnitt 184



Abb. 67: Einlauf der Flutmulde am „Nordkapp“ bei Albungen in die Werra (rechts)

3.7 Seen - Trophische Untersuchungen

MICHAEL HÄCKL

Seenmessprogramm, Zielsetzung und Aufgabe

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

Die Untersuchung hinsichtlich der Trophie ergibt eine Aussage zum Umfang und Umsatz durch Photosynthese entstandener Biomasse in einem Stehgewässer. Hierzu werden zwischen acht Trophieklassen von oligotroph (nährstoffarm, mit großer Artenvielfalt) bis hin zu hypertroph (übermäßig hoher Nährstoffgehalt, Artenarm) unterschieden (Tabelle 11).

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

Für die Trophieklassifikation von Seen nach den Vorgaben der LAWA werden vom HLNUG ca. 120 Seen in unterschiedlichen Abständen regelmäßig untersucht (Abbildung 68). Der Turnus wird je nach Bedeutung des Sees und weiteren Aspekten auf jährlich oder alle drei, sechs oder zwölf Jahre festgelegt.

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

Nach der Badegewässerverordnung werden die Badegewässer von den Gesundheitsämtern auf intestinale 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 EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) entsprechen, deren Ziel es ist, langfristig in Europa einen einheitlichen Standard der Bewertung der oberirdischen Gewässer und mit einem Gewässergütemanagement ein gemeinsames Güteziel zu erreichen. Das Güteziel ist der gute Zustand bzw. bei den nicht natürlichen Gewässern (wie in Hessen fast alle Seen) ein gutes ökologisches Potenzial. Dieses wird für die hessischen WRRL-Seen mit der Qualitätskomponente Phytoplankton ermittelt.

Trophie in der Tradition

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

Das im November 2013 veröffentlichte LAWA-Handbuch zur Trophieklassifikation von Seen behandelt die Seen differenziert je nach Seegruppe.

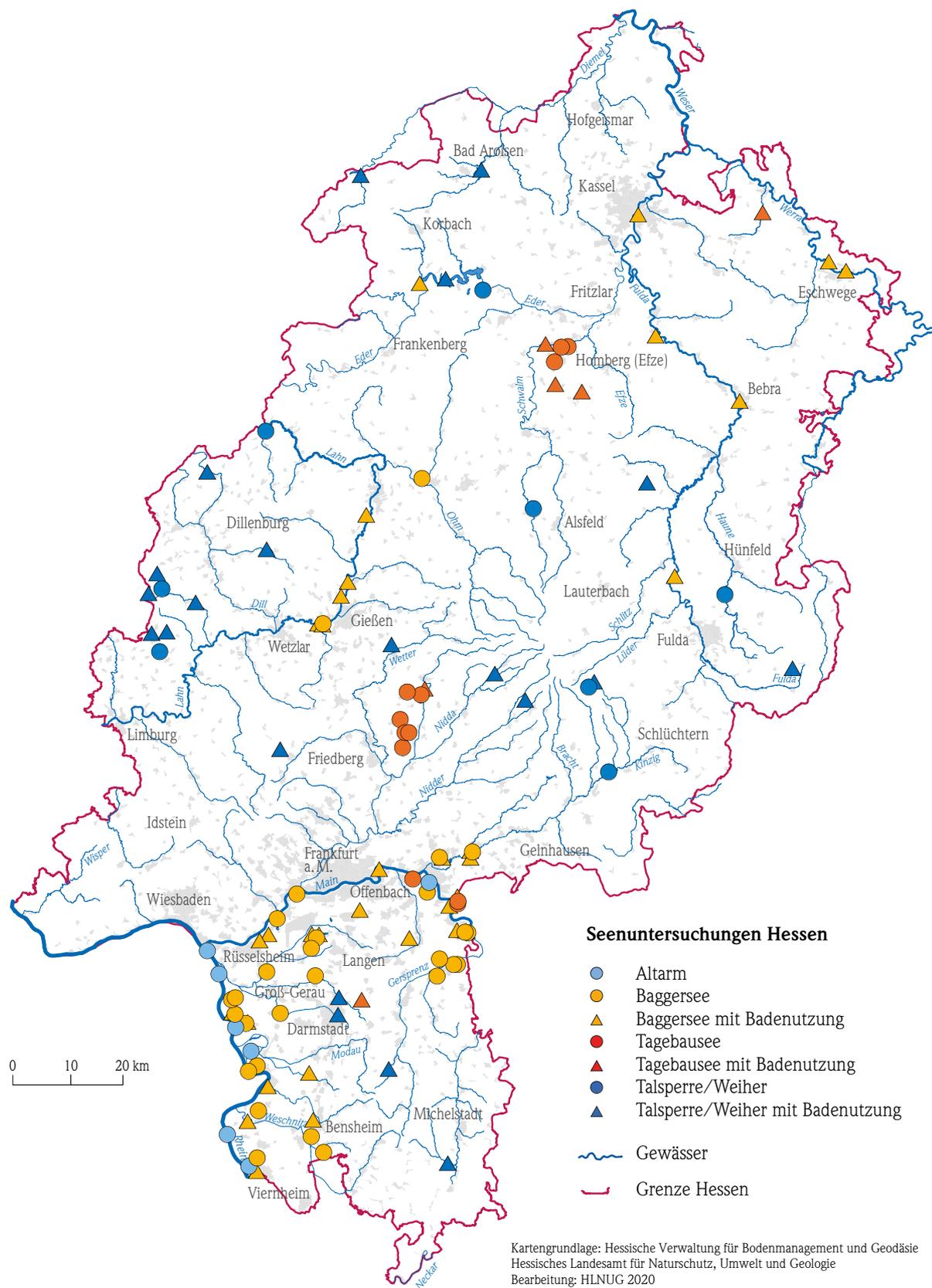


Abb. 68: Messstellen zur Überwachung der Wasserqualität der Seen

In Hessen wurden die zu untersuchenden Seen folgenden Seegruppen zugeteilt:

Tab. 10: Gruppierung hessischer Seen

Seengruppe	Kurzbezeichnung	Anzahl
geschichtete Alpenvorland- und Alpen-/Mittelgebirgs-Seen (ohne Talsperren, > 5 Hektar)	AVAMgesch	ca. 5
geschichtete Talsperren (nur Talsperren, > 5 Hektar)	geschTS	ca. 5
geschichtete Tieflandseen (ohne Talsperren, > 5 Hektar)	TLgesch	ca. 50
geschichtete Kleinseen (ohne Talsperren, ≤ 5 Hektar)	geschklein	ca. 5
polymiktische (ungeschichtete) Seen mit mittlerer Tiefe > 3 m	polygr3m	ca. 18
polymiktische (ungeschichtete) Seen mit mittlerer Tiefe ≤ 3 m	polykl3m	ca. 38

Die aktuelle LAWA-Klassifizierung wurde für die Jahre 2010 bis 2019 angewendet und führte zu folgenden Ergebnissen für die hessischen Seen (jeweils letztes Ergebnis und nur eine Messstelle pro See):

Tab. 11: LAWA-Klassifizierung hessischer Seen

LAWA-Klassifizierung	Trophie-Index	Anzahl
oligotroph	≤ 1,50	14
mesotroph 1	1,51–2,00	24
mesotroph 2	2,01–2,50	25
eutroph 1	2,51–3,00	22
eutroph 2	3,01–3,50	15
polytroph 1	3,51–4,00	18
polytroph 2	4,01–4,50	3
hypertroph	> 4,50	2

Zu berücksichtigen ist hierbei, dass es sich um eine Klassifizierung und nicht um eine Bewertung hinsichtlich des erreichbaren Seezustandes handelt. In Hessen können einige Seen aufgrund ihrer hydro-morphologischen Eigenschaften wie Volumen, Tiefe, Uferlänge auch unter natürlichen Bedingungen (d. h. ohne menschlichen Einfluss) keinen besseren Trophiezustand als eutroph 2 erreichen. In der nachfolgenden Tabelle 12 sind die Trophie-Ergebnisse des Jahres 2019 dargestellt (siehe auch Abbildungen 69, 70 und 71).

Die Trophie-Ergebnisse des Jahres 2019 fallen aufgrund des zweiten sehr trockenen und warmen Sommers in Folge allgemein etwas schlechter aus als im Durchschnitt der Vorjahre. Es wurden deutliche Verschlechterungen der Trophie im Borkener See (Südteil), FKK Orplid – Neu-Isenburg, Großen Woog, Nieder-Mooser-See, Riedsee Leeheim – nördl. See, Stockelache (Westteil) und vom Niederwald-Surfsee festgestellt. Von der extremen Trockenheit und den hohen Temperaturen waren besonders die auch ansonsten sehr flachen Seen FKK Orplid, Großer Woog und der Nieder-Mooser-See betroffen.

Trotz des extremen Sommers 2019 gab es auch mehrere positive Ergebnisse, besonders vom Birkensee in Hanau, Aartalsperre, Badensee-Autobahn Bensheim, Edertalsperre (Banfebucht) und Schusterwörther Altrhein km 0,66. Hierfür verantwortlich waren im Wesentlichen Sanierungsmaßnahmen (Birkensee) und das Ausbleiben von Starkregenereignissen (Aartalsperre) sowie von Überflutungen (Schusterwörther Altrhein).

Von der Trockenheit 2019 ganz besonders betroffen war die Grube Prinz von Hessen, da hier zu dem gesunkenen Grundwasserspiegel auch noch eine Wasserentnahme durch ein Industrieunternehmen aufgrund eines alten Wasserrechts hinzukommt. Trotzdem hatte sich der Trophiewert bemerkenswerterweise kaum verschlechtert. Jedoch wurden die nun freiliegenden Uferbereiche besonders gerne von Nilgänsen genutzt, was die Badenutzung einschränkte (Abbildung 71).

Tab. 12: Messwerte und Trophie-Klassifizierung 2019

Name	Gemeinde	See_LAWA_trophie_typ	MW Chlorophyll ($\mu\text{g/l}$)	Sichttiefe-Saison-Mw (m)	MW Pges (mg/l)	MW Pges-Zirkul. (Frühjahr) (mg/l)	Ges-Trophie-Index	Trophie-Klasse	Trophie Index Zuvor
Aartalsperre, Seemitte	Hohenahr	polygr3m	18,4	1,9	0,028	0,028	2,75	eutroph_1	3,25
Auweiher, Fulda	Fulda	polykl3m	56,1	0,8	0,308	0,110	4,15	polytroph_2	-
Alter Käsbach, See, Fulda	Fulda	polykl3m	74,1	0,4	0,259	0,065	4,28	polytroph_2	-
Badesee Gernsheim, Seemitte	Gernsheim	geschklein	2,9	3,4	0,028	0,054	2,11	mesotroph_2	2,46
Badesee Mainflingen, Seemitte	Mainhausen	polykl3m	2,9	4,4	0,016	0,030	1,71	mesotroph_1	1,83
Badesee Niederweimar, Seemitte	Weimar (Lahn)	TLgesch	2,3	5,6	0,005	0,005	0,91	oligotroph	1,22
Badesee-Autobahn Bensch., Seemitte	Bensheim	TLgesch	2,5	5,0	0,020	0,040	1,74	mesotroph_1	2,15
Birkensee, Seemitte	Hanau	polygr3m	62,9	0,8	0,057	0,027	3,56	polytroph_1	4,29
Borkener See, Südteil	Borken (Hessen)	TLgesch	1,4	6,2	0,041	0,043	1,69	mesotroph_1	1,19
BUGA See, Südteil (DLRG)	Kassel	polygr3m	60,8	2,3	0,143	0,050	3,48	eutroph_2	3,48
Edertalsperre, Banfebucht	Vöhl	geschTS	2,7	2,9	0,060	0,052	2,41	mesotroph_2	2,86
Edertalsperre, Waldecker Bucht	Edertal	geschTS	15,6	2,8	0,051	0,044	2,84	eutroph_1	2,49
Erlensee, Kirchhain	Kirchhain	polygr3m	28,1	1,1	0,063	0,038	3,27	eutroph_2	-
FKK Orplid, Neu-Isenburg, Seemitte	Neu-Isenburg	polykl3m	15,1	1,4	0,025	0,035	2,73	eutroph_1	2,14
Grosser Pfordter See, Seemitte	Schlitz	AVAMGgesch	34,9	1,1	0,072	0,040	3,02	eutroph_2	3,04
Grosser Woog, Seemitte	Darmstadt	polykl3m	12,6	1,6	0,029	0,032	2,64	eutroph_1	2,22
Grube Prinz von Hessen, Seemitte	Darmstadt	TLgesch	13,8	1,4	0,022	0,022	2,58	eutroph_1	2,56
Grüner See, Seemitte	Witzenhausen	polykl3m	45,5	0,8	0,038	0,019	3,25	eutroph_2	3,15
Usingen, Hattsteinweiher, Seemitte	Usingen	polykl3m	42,2	0,7	0,032	0,015	3,17	eutroph_2	2,87
Königsee Zellh., Seemitte	Mainhausen	TLgesch	5,8	3,3	0,010	0,005	1,53	mesotroph_1	1,85
Nieder-Mooser-See, Seemitte	Freiensteinau	polykl3m	208,7	1,1	0,106	0,028	3,98	polytroph_1	3,48
Badesee Nieder-Roden, Seemitte	Rodgau	TLgesch	5,0	1,1	0,012	0,027	1,83	mesotroph_1	1,53
NSG Mainflingen, Seemitte	Mainhausen	polykl3m	3,8	3,5	0,015	0,024	1,80	mesotroph_1	2,04
Riedsee Leeheim, nördl. See, Seemitte	Riedstadt	TLgesch	4,8	5,4	0,014	0,018	1,65	mesotroph_1	0,93
Schusterwörther Altrhein, km 0,66	Riedstadt	polykl3m	15,9	1,3	0,084	0,050	3,13	eutroph_2	3,69
Schusterwörther Altrh., km 1,3 obh. Br.	Riedstadt	polykl3m	22,6	1,0	0,217	0,079	3,62	polytroph_1	3,68
See Emma Nord, Seemitte	Großkrotzenburg	TLgesch	12,7	1,7	0,013	0,014	2,27	mesotroph_2	2,66
See Emma Süd, Seemitte	Großkrotzenburg	TLgesch	13,6	3,7	0,020	0,017	2,15	mesotroph_2	2,15
Stockelache, Westteil	Borken (Hessen)	TLgesch	6,0	4,0	0,047	0,012	2,05	mesotroph_2	1,52
Strandbad Rodenbach, Seemitte	Rodenbach	polykl3m	17,3	2,1	0,015	0,011	2,32	mesotroph_2	2,69
Niederwald, Surfsee, Seemitte	Kirchhain	polygr3m	8,3	2,5	0,049	0,016	2,37	mesotroph_2	1,79
Twistetalsperre, v. Staudamm	Bad Arolsen	geschTS	11,7	2,2	0,061	0,051	2,91	eutroph_1	2,77
Wissmarer See, Seemitte	Wettenberg	polykl3m	62,1	1,4	0,040	0,048	3,37	eutroph_2	3,39



Abb. 69: Badesee Niederweimar – oligotroph



Abb. 70: Wölfersheimer See – hypertroph (2018)



Abb. 71: Grube Prinz von Hessen im Juli 2019 – eutroph

Literatur

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

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

4 Grundwasser

4.1 Grundwasserneubildung

MARIO HERGESELL

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

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

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

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

Umgerechnet auf die Fläche Hessens werden somit im langjährigen Mittel (1971–2000) jährlich rd. 2,13 Mrd. 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.

Abbildung 74 ist eine Übersichtsdarstellung der modellierten Grundwasserneubildung aus dem Niederschlag für das Jahr 2019. Die flächenhafte Verteilung der Grundwasserneubildung folgt in etwa dem Niederschlag, wobei in Gebieten mit hohen Direktabflussanteilen (z. B. Rheinisches Schiefergebirge) und hohen Verdunstungsraten (z. B. Rhein-Main Gebiet und Wetterau) die Grundwasserneubildung aus Niederschlag geringer ausfällt.

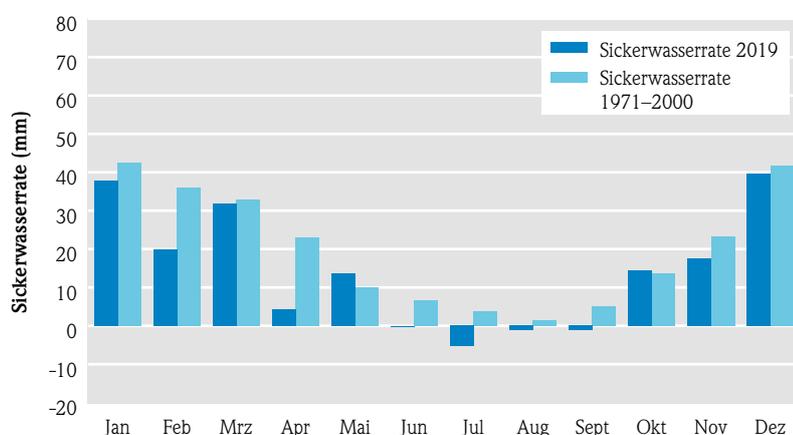


Abb. 72: Monatliche Sickerwasserraten in Hessen

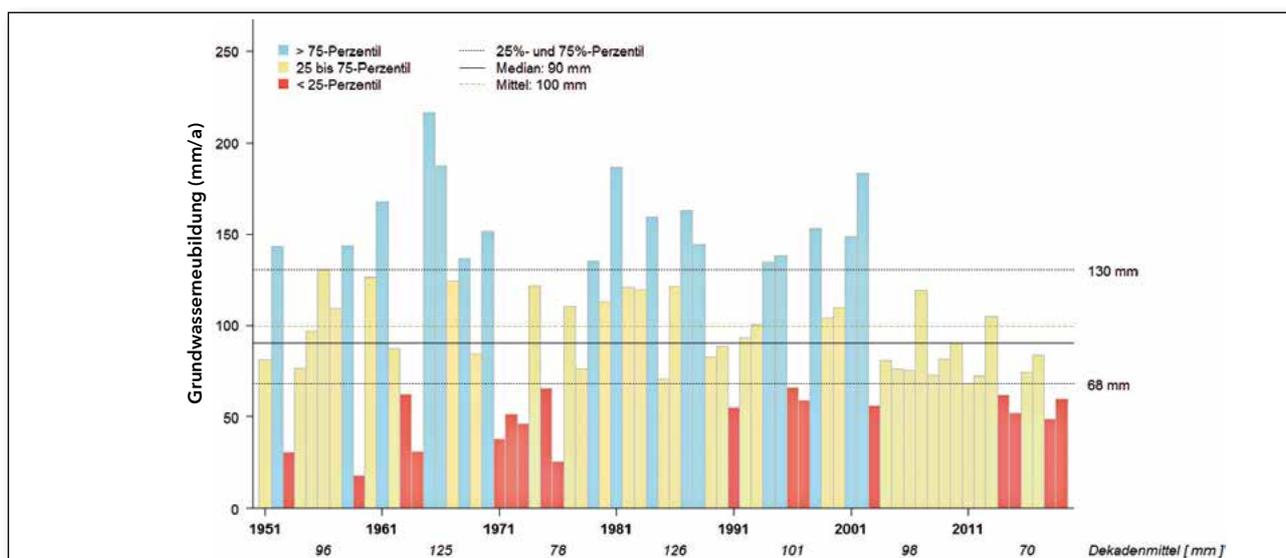


Abb. 73: Langjährige Entwicklung der Grundwasserneubildung in Hessen

Das Flächenmittel der Grundwasserneubildung betrug für das Jahr 2019 für Hessen 60 mm und lag mit 40 % deutlich unter dem langjährigen Mittelwert der Referenzperiode 1971–2000. Die niedrige Grundwasserneubildung im Jahr 2019 ist auf die unterdurchschnittlichen Niederschläge (10 % unter dem langjährigen Mittel 1971–2000), die hohen Verdunstungsraten und der daraus resultierenden niedrigen Sickerwasserrate zurück zu führen. Die Sickerwasserrate aus dem Boden ergibt sich aus der Differenz von Niederschlag minus Verdunstung und Oberflächenabfluss. Das Sickerwasser bewegt sich der Schwerkraft folgend nach unten zur Grundwasser Oberfläche und trägt maßgeblich zur Grundwasserneubildung bei. Ein Teil des Sickerwassers kann auch lateral als Zwischenabfluss abfließen.

In Abbildung 72 ist der Verlauf der monatlichen Sickerwasserrate im Jahr 2019 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 Februar und April aus, was auf die sehr niedrigen Niederschlagssummen in diesen beiden Monaten zurückzuführen ist. Im nassen und kühlen Mai fiel die Sickerwasserrate dagegen überdurchschnittlich aus. Deutlich negative Abweichungen gab es auch in den Sommermonaten Juni und Juli, die durch mehrere Hitzewellen und Trockenheit geprägt waren. Die ne-

gativen Sickerwasserraten von Juni bis September sind auf Verdunstungsverluste durch kapillaren Aufstieg zurück zu führen. Obwohl der Oktober sehr niederschlagsreich war (23 % über dem langjährigen Mittel 1971–2000), fiel die Sickerwasserrate in diesem Monat nur leicht überdurchschnittlich aus. Ein Großteil der Niederschläge füllte zunächst den entleerten Bodenspeicher auf, bevor die Sickerung verzögert einsetzen konnte.

In Abbildung 73 ist die Entwicklung der Grundwasserneubildung aus dem Niederschlag von 1951–2019 dargestellt. Die Jahreswerte unterliegen extremen Schwankungen, der Schwankungsbereich beträgt mehr als 200 mm. Für die Grundwasserneubildung ist über den gesamten Betrachtungszeitraum kein einheitlicher Trend erkennbar. Auffällig ist, dass die bis zum Jahr 2003 zu beobachtende extreme jährliche Variabilität ab dem Jahr 2003 deutlich weniger ausgeprägt ist und die jährliche Grundwasserneubildung meist unterhalb des langjährigen Mittelwertes liegt. Ausgeprägte Nassjahre wurden in Hessen seit 2003 nicht mehr beobachtet. Das Jahr 2019 hat den Trend der letzten Jahre zu niedrigeren Grundwasserneubildungsraten fortgesetzt.

Infolge der Trockenheit und der daraus resultierenden niedrigen Grundwasserneubildung im Jahr 2019 sind die Grundwasserstände im Verlauf des Jahres deutlich gesunken und die Quellschüttungen deutlich zurückgegangen (vergl. Kapitel 4.2).

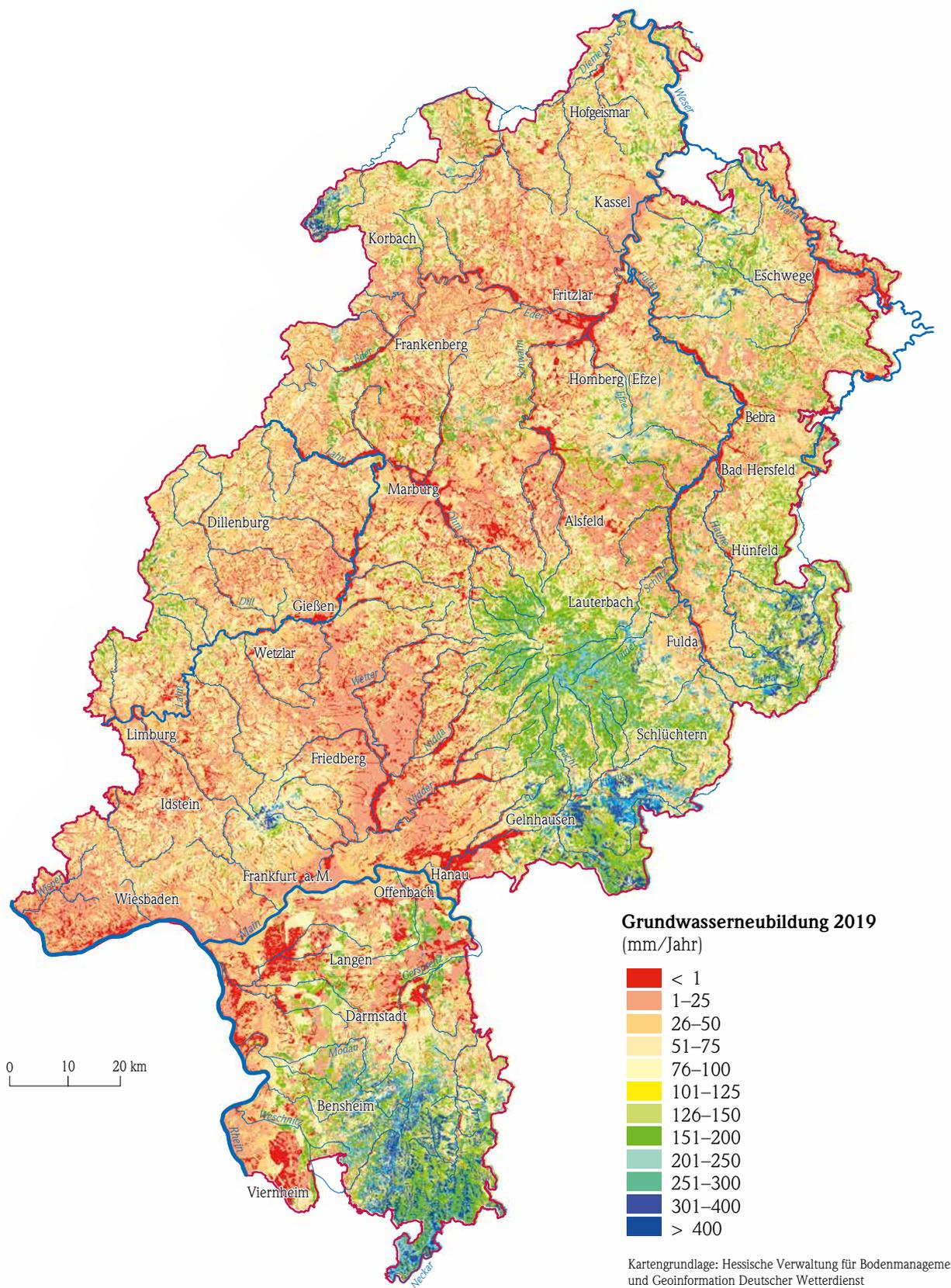


Abb. 74: Flächenhafte Darstellung der Jahressumme der Grundwasserneubildung aus Niederschlag für das Jahr 2019

4.2 Grundwasserstände und Quellschüttungen

MARIO HERGESELL

Grundwassermessnetz, Zielsetzung und Aufgabe

Das Grundwasser ist Teil des Wasserkreislaufs. Die Schwankungen der Grundwasserstände und der Quellschüttungen sind ein sicht- und messbarer Ausdruck für die Vorratsänderungen in den Grundwasserstockwerken. Im Rahmen des Landesgrundwasserdienstes wird ein flächendeckendes Messnetz (Abbildung 75) unterhalten, das für Grundwasserstände und Quellschüttungen repräsentative Werte liefert.

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

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

- Grundwasserstände
- Quellschüttungen
- Grundwasserbeschaffenheitsanalysen
- Stammdaten

Ergebnisse 2019

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

Messwerte als Ganglinien nachfolgend dargestellt werden, sind in der Übersichtskarte (Abbildung 75) mit roten Kreisen markiert. Zum Vergleich werden die Ganglinien des Jahres 2019 zusammen mit dem Verlauf von Jahren mit besonders niedrigen und hohen Grundwasserständen dargestellt (Abbildungen 76 bis 79).

Mit 730 mm Niederschlag fiel das Jahr 2019 zwar 10 % zu trocken aus, aber es war bei weitem nicht so trocken wie das Jahr 2018 (- 29 %). Auch der Witterungsverlauf war viel wechselhafter als im Vorjahr. Trotzdem lagen die Grundwasserstände Ende 2019 vielerorts niedriger als im Dürrejahr 2018.

Nachdem die Grundwasserstände und Quellschüttungen im Dürrejahr 2018 infolge der von Februar 2018 bis November 2018 lang andauernden Trockenheit auf ein vielerorts deutlich unterdurchschnittliches Niveau gefallen waren, hatten die Niederschläge des hydrologischen Winterhalbjahres (November 2018–April 2019) nur zu einer moderaten Erholung der Grundwasserhältnisse geführt. Gebietsweise sind die Grundwasserstände auch über das Winterhalbjahr weiter gefallen, da ein Großteil des Niederschlags im tiefgründig entleerten Bodenspeicher verblieben ist und kaum Grundwasserneubildung stattgefunden hat. Da die Defizite aus dem Dürrejahr 2018 über den Winter kaum ausgeglichen werden konnten, war die Ausgangssituation für das hydrologische Sommerhalbjahr 2019 (Mai–Oktober) ungünstiger als im Jahr 2018. Ende April 2019 bewegten sich die Grundwasserstände an rund zwei Drittel der Messstellen auf einem immer noch unterdurchschnittlichen Niveau. Nur an einem Drittel der Messstellen wurden durchschnittliche Werte registriert. An 12 % der Messstellen lagen die Grundwasserstände auch am Ende des hydrologischen Winterhalbjahres noch auf einem sehr niedrigen Niveau.

Im Verlauf des hydrologischen Sommerhalbjahres sind die Grundwasserstände jahreszeitlich bedingt weiter gefallen, so dass die Grundwasserstände am Ende des hydrologischen Sommerhalbjahres an rund der Hälfte der Messstellen unter dem Niveau des Vorjahres lagen.

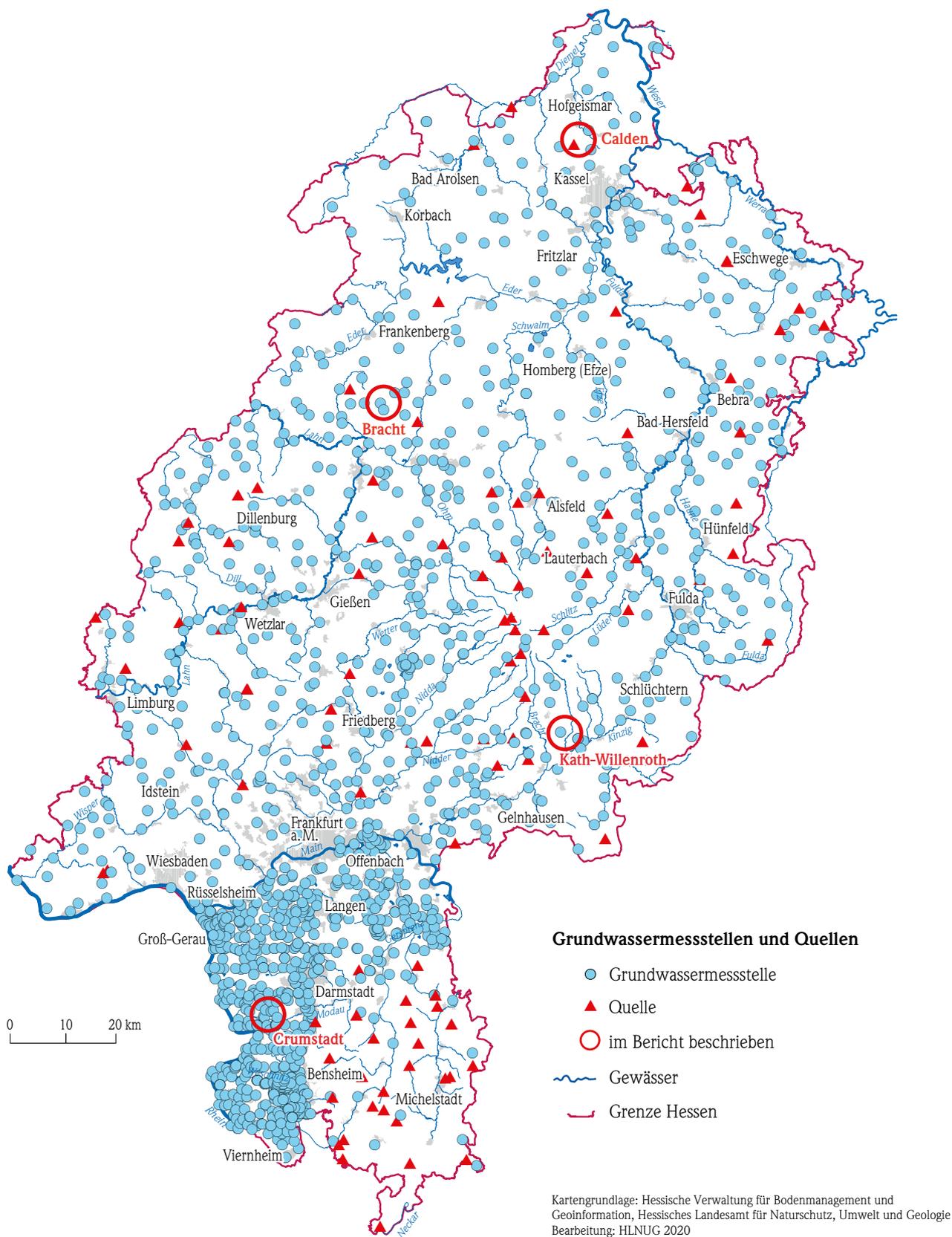


Abb. 75: Messstellen zur Überwachung der Grundwasserstände und Quellschüttungen

Ende Oktober bewegten sich die Grundwasserstände an 62 % der Messstellen auf einem unterdurchschnittlichen, 26 % auf einem durchschnittlichen und 12 % auf einem überdurchschnittlichen Niveau. Sehr niedrige Grundwasserstände wurden an 34 % der Messstellen beobachtet.

Während im Dürrejahr 2018 die Trockenheit bis Ende November andauerte, setzte die Trendwende im Jahr 2019 durch ergiebige Niederschläge Ende September deutlich früher ein. Die niederschlagsreiche Witterung setzte sich im überdurchschnittlich nassen Oktober fort. Hierdurch kam es zu einer frühen Vorsättigung der Böden, was ein früheres Einsetzen der Grundwasserneubildung im hydrologischen Winterhalbjahr ermöglichte.

Am Ende des Jahres stellte sich die Grundwassersituation nicht einheitlich dar. Die regionalen Unterschiede waren auf die räumlich variable Niederschlagsverteilung und die hydrogeologischen Eigenschaften des Untergrundes (z. B. Speicherfähigkeit und Durchlässigkeit) zurückzuführen. Hinsichtlich des Grundwasserstandsniveaus war ein Südwest-Nordost-gerichteter Gradient erkennbar. Während in den südlichen und westlichen Landesteilen (insbesondere im Hessischen Ried) vielerorts für die Jahreszeit durchschnittliche Grundwasserstände beobachtet werden konnten, waren in den zentralen und nordöstlichen Landesteilen auch vielerorts noch sehr niedrige Grundwasserstände anzutreffen.

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

Die Schüttung der Quelle Calden nördlich von Kassel (Abbildung 76) bewegte sich zu Beginn des Jahres 2019 auf dem sehr niedrigen Niveau des Jahres 1996. Nachdem die Schüttmengen bis April auf ein

leicht unterdurchschnittliches Niveau angestiegen waren, nahm die Quellschüttung bis Ende November kontinuierlich ab und lag im November unterhalb der Niedrigwassersituation von 1996. Im Verlauf des Dezembers nahmen die Schüttmengen wieder zu und erreichten am Monatsende der Jahreszeit entsprechend durchschnittliche Werte.

Die Grundwasserstandsganglinie der Messstelle Bracht im Burgwald (Abbildung 77) zeigt langfristig einen ausgeglichenen jahreszeitlichen Verlauf, der von Trocken- und Nassperioden überprägt ist. An dieser Messstelle bewegte sich der Grundwasserstand bereits zu Beginn des Jahres 2019 nur knapp oberhalb der Niedriggrundwasserstände des Jahres 1977. Im Winter 2018/2019 gab es keine nennenswerte Grundwasserneubildung an diesem Standort, so dass der Grundwasserstand hier fast durchgängig bis zum Jahresende auf ein sehr niedriges Niveau unterhalb der Niedriggrundwasserstände aus den Jahren 1977 und 2017 gefallen ist.

Die Grundwasserstände der Messstelle Katholisch-Willenroth im Büdinger Wald (Abbildung 78) lagen zu Beginn des Jahres 2019 knapp oberhalb der Niedriggrundwasserstände aus dem Jahr 1977. Auch im Zustrombereich dieser Grundwassermessstelle gab es keine nennenswerte Grundwasserneubildung. Der Grundwasserstand bewegte sich das ganze Jahr über fast konstant auf einem sehr niedrigen Niveau. Von Juli bis Jahresende entsprach die Grundwasserstandsentwicklung dem Verlauf des Jahres 1977.

Die langjährige Grundwasserstandsganglinie der Messstelle Crumstadt im Hessischen Ried (Abbildung 79) zeigt Anfang der 1970er Jahre ein starkes Absinken, welches auf hohe Grundwasserentnahmen und eine zeitgleiche Trockenperiode zurückzuführen ist. Durch Anreicherung des Grundwassers mit aufbereitetem Wasser aus dem Rhein und einer etwas erhöhten Grundwasserneubildung stieg die Grundwasseroberfläche in den 1990er Jahren wieder auf ein höheres Niveau. Zum Jahresbeginn 2019 stieg das Grundwasser leicht überdurchschnittlich hoch an und sank nur geringfügig bis September ab. Ende September begann der Grundwasserstand leicht anzusteigen.

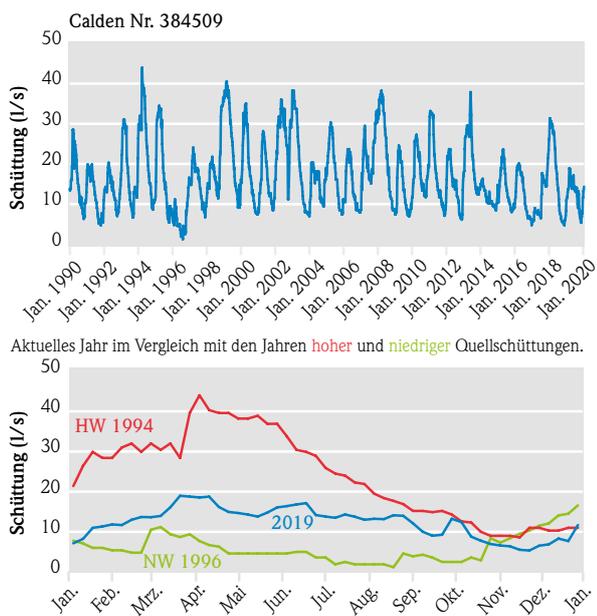


Abb. 76: Schüttungsganglinie der Quelle Calden

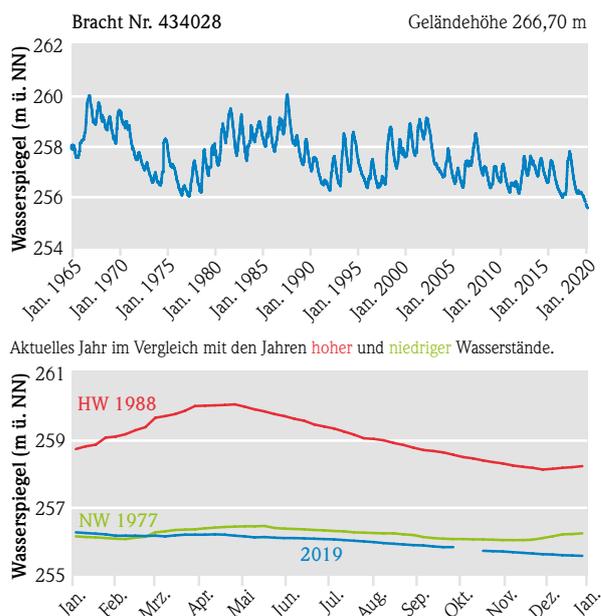


Abb. 77: Grundwasserstandsganglinie der Messstelle Bracht

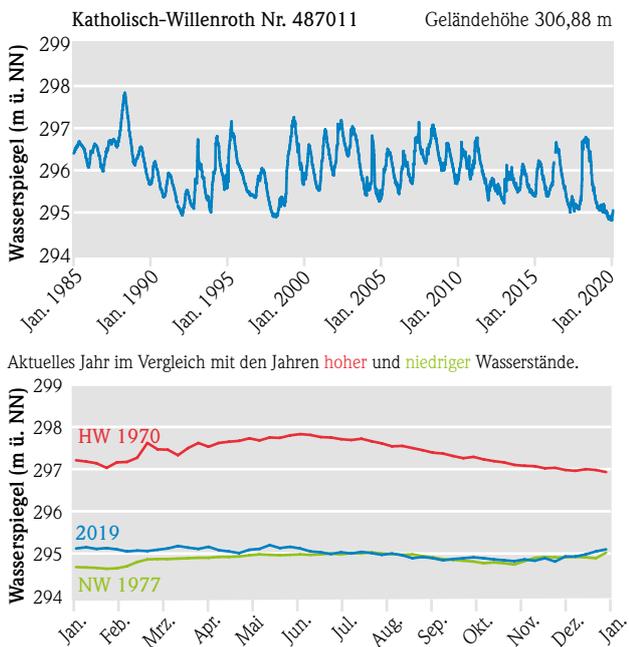


Abb. 78: Grundwasserstandsganglinie der Messstelle Katholisch-Willenroth

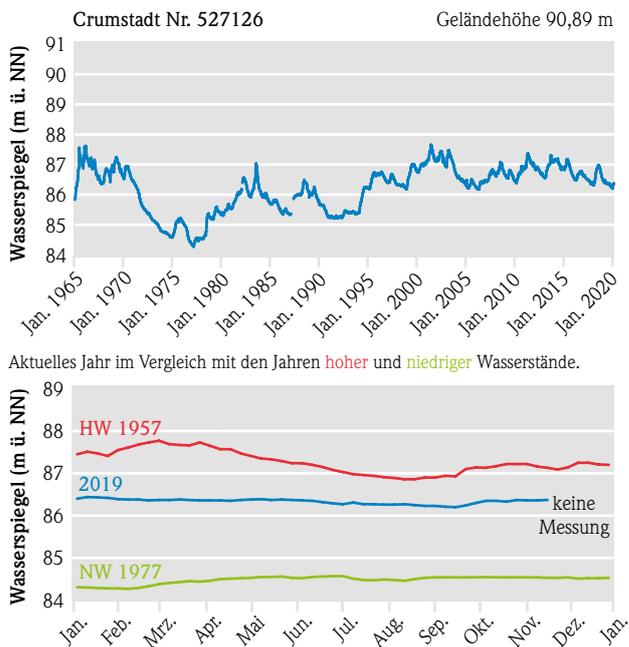


Abb. 79: Grundwasserstandsganglinie der Messstelle Crumstadt

4.3 Grundwasserüberwachung Deponien

JEANNETTE STÜBER-RENSCHIN

Grundwasserbeschaffenheitsmessnetz, Zielsetzung und Aufgabe

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

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

Beide Messnetze, sowohl das Grundwasser- als auch das Rohwassermessnetz (Abbildung 80), liefern einen umfangreichen Datenpool hinsichtlich der Grundwasserbeschaffenheit, der vom Hessischen Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) zentral gesammelt und bewertet wird. Im Fachinformationssystem Grundwasser- und Trinkwasserschutz Hessen (GruSchu; <http://gruschu.hessen.de/mapapps/resources/apps/gruschu/index.html?lang=de>) werden die Daten des Landesgrundwassermessnetzes bereitgestellt. Im Grundwasserbeschaffenheitsbericht 2017 (Grundwasser in Hessen, Heft 3) werden zahlreiche anorganische Parameter, wie beispielsweise Nitrat, organische Wasserinhaltsstoffe (Pflanzenschutzmittelwirkstoffe, Arzneimittelrückstände, andere Chemikalien) sowie mikrobiologische Parameter im hessischen Grund-

wasser eingehend dargestellt (<https://www.hlnug.de/themen/wasser/grundwasser/grundwasserbeschaffenheit.html>).

Darüber hinaus gibt es noch weitere Messprogramme zur Überwachung des Grundwassers wie das Messprogramm „Grundwasserüberwachung Deponien“ zur Grundwasserüberwachung im Umfeld hessischer Deponien und Altdeponien.

Grundwasserüberwachung im Umfeld hessischer Deponien und Altdeponien

Deponien sind Abfallbeseitigungsanlagen für die unbefristete Ablagerung von Abfällen. Je nach Abfallart, die auf einer Deponie abgelagert werden darf, werden die Deponien durch die Deponieverordnung vom 27. April 2009 in die Klassen

- 0 (mineralische Abfälle mit geringem Schadstoffgehalt),
- I (mäßig belastete, nicht gefährliche Abfälle),
- II (belastete, nicht gefährliche Abfälle),
- III (gefährliche Abfälle) und
- IV (Abfälle mit besonderer Gefährlichkeit)

eingestuft [1].

Die Klassen 0 bis III sind oberirdisch, die Klasse IV unterirdisch angelegte Deponien. Die Abfallbezeichnung und die Einstufung nach der Gefährlichkeit der Abfälle erfolgt über das Europäische Abfallverzeichnis (Abfallverzeichnis-Verordnung). Jede Abfallart bekommt einen sechsstelligen Abfallschlüssel zugewiesen.

Die Richtlinie (EU) 2018/850 über Abfalldeponien [2] (ehemals Richtlinie 1999/31/EG) regelt die Ablagerung von Abfällen in Übertage- und Untertagedeponien und wird mit der Deponieverordnung (DepV) in deutsches Recht umgesetzt. Nach der aktuell gültigen EU-Richtlinie sollen Abfälle, die zum Zweck

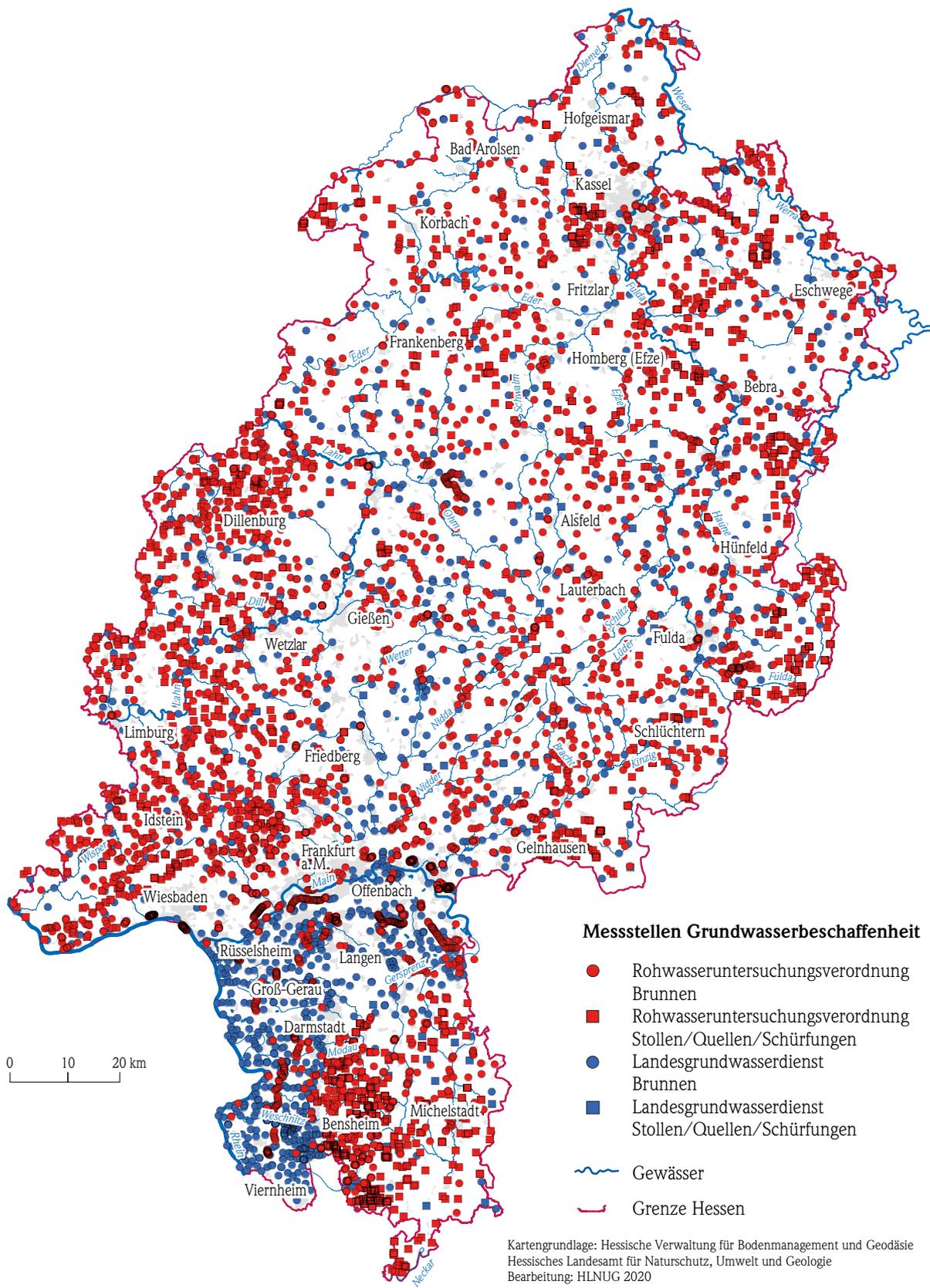


Abb. 80: Messstellen zur Überwachung der Grundwasserbeschaffenheit

der Wiederverwendung oder des Recyclings getrennt gesammelt wurden oder für das Recycling geeignet sind, zukünftig nicht mehr auf Deponien abgelagert werden. Die Novelle der DepV nach den neuen Vorgaben der EU-Richtlinie soll bis zum Sommer 2020 in nationales Recht umgesetzt werden.

Die Deponieverordnung regelt die Anforderungen an die Errichtung, den Betrieb, die Stilllegung und Nachsorge von Deponien. Seit 1. Juni 2005 dürfen auf deutschen Deponien nur noch Abfälle abgelagert werden, die rechtlich unmittelbar verbindliche Zuordnungskriterien einhalten. Für Hausmüll und hausmüllähnlichen Gewerbeabfall ist seitdem im Regelfall eine direkte Ablagerung ohne vorherige Behandlung nicht mehr möglich. Deponien unterliegen der Eigenkontrolle durch die Betreiber selbst und einer staatlichen Überwachung durch die hessischen Regierungspräsidien. Der Umfang und die Häufigkeit der Eigenkontrolle durch die Deponiebetreiber und die Überwachung durch die zuständige Behörde sind in Abhängigkeit von der Deponieklasse festgelegt. Geregelt wird dies insbesondere durch die hessische Deponieeigenkontroll-Verordnung.

Technischer Grundwasserschutz bei Deponien

Nach Maßgabe der Deponieverordnung müssen bei Deponien und Deponieteilflächen technische aufwendige Basisabdichtungen sowie mineralisch-geologische Barrieren eingebaut werden, um einen Schadstoffaustritt in den Boden und das Grundwasser zu vermeiden, das Sickerwasser im Deponiekörper sowie das Oberflächenwasser auf den Deponieflächen zu sammeln und einer Behandlung zuzuführen.

Da bei den Deponien in Deutschland historisch bedingt einzelne Ablagerungsflächen älter sind als die Deponieverordnung bzw. Ablagerungsflächen nach und nach erweitert oder neue Ablagerungsfelder im Umfeld einer Altdeponie genehmigt wurden, gibt es auch in Hessen Deponien mit Teilablagerungsflächen ohne technische oder mit teilweise unvollständiger Basisabdichtung. Auf diese Gegebenheiten wird in der Überwachung ein besonderes Augenmerk gelegt.

Angrenzende jüngere Teilflächen verfügen dagegen über eine mehrschichtige, technisch aufwendige Ba-

sisabdichtung sowie eine Sickerwasserfassung. Durch Regenwassereintritt sowie chemische und biologische Vorgänge im Deponiekörper bildet sich belastetes Sickerwasser. Dieses Sickerwasser wird gesammelt und einer Abwasserbehandlung zugeführt.

Der Deponiebetreiber hat den Anfall von Sickerwasser so gering zu halten, wie dies nach dem Stand der Technik möglich ist. Die Zusammensetzung des Sickerwassers wird durch die abgelagerten Abfälle sowie durch die Betriebsweise der Deponie und das Alter der Ablagerungen bestimmt. Für Sickerwasser von Deponien soll gemäß Merkblatt 28 der Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) ein standortbezogenes Überwachungsprogramm festgelegt werden, welches aus einem Übersichts- und einem Standardprogramm besteht. Bei der Überwachung der Anforderungen ist die örtlich zuständige Wasserbehörde zu beteiligen. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind im Betriebstagebuch zu dokumentieren. Zur Feststellung, ob von einer Deponie die Besorgnis einer schädlichen Verunreinigung des Grundwassers oder sonstiger nachteiliger Veränderungen seiner Eigenschaften ausgeht, legt die zuständige Behörde vor Beginn der Ablagerungsphase unter Berücksichtigung der jeweiligen hydrogeologischen Gegebenheiten und der Grundwasserqualität am Standort der Deponie entsprechende Auslöseschwellen und geeignete Grundwassermessstellen fest (§ 12 Abs. 1 DepV). Es ist mindestens eine Messstelle im Grundwasseranstrom und eine ausreichende Zahl von Messstellen, mindestens aber zwei Messstellen, im Grundwasserabstrom der Deponie zu errichten (Anhang 5 Nr. 3.1 Ziffer 1 DepV). Die Grundwassermessstellen müssen Informationen über den Grundwasserkörper liefern, der durch die Ablagerung von Abfällen beeinträchtigt werden könnte. Die Anforderungen gelten nicht für Deponien der Klasse 0, auf denen nur nicht verunreinigter Boden abgelagert wird (Kapitel 4.2.3.1 Verfahrenshandbuch zum Vollzug des Abfallrechts – Überwachung von Deponien [3]). In Abbildung 82 ist als Beispiel für die Anordnung der Überwachungsmessstellen eine Karte der Deponie Bastwald im Vogelsbergkreis dargestellt.

Wasseranalytik

Als Grundlage für den Grundwasser-, Boden- und Oberflächengewässerschutz ist die Analyse der Inhaltsstoffe im Sickerwasser eines Deponiekörpers

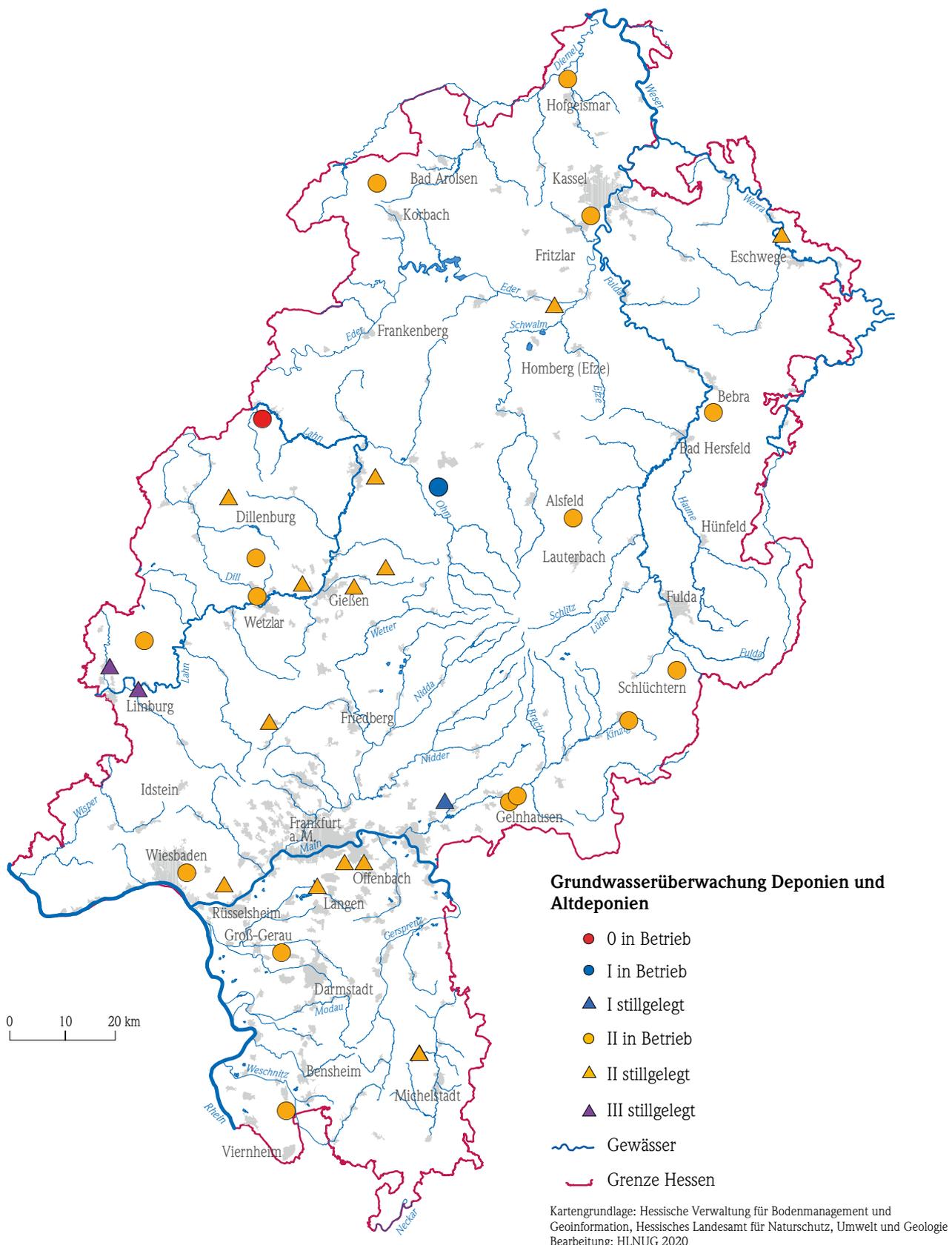


Abb. 81: Deponien mit Überwachung nach DEKVO

notwendig, insbesondere zur Ermittlung und Kontrolle von Leitparametern für die Überwachung der Gewässermessstellen im Umfeld einer Deponie. Die zuständige Behörde legt in Abstimmung mit dem Betreiber einer Deponie Grundwassermessstellen im Zu- und Abstrom des Deponiekörpers sowie Sickerwasser- und Oberflächenwassermessstellen fest. Diese werden durch den Betreiber der Deponie regelmäßig beprobt. Die Analysen werden den zuständigen Überwachungsbehörden sowie auch dem HLNUG in Form des Deponie-Eigenkontrollberichtes einmal jährlich in gedruckter oder digitaler Form übermittelt. Das HLNUG erfasst die Analysendaten der Deponien in einer Grundwasserdatenbank und wertet sie anlassbezogen aus.

Im nahen Umfeld der hessischen Deponien wurden zur Überwachung des Grund- und Oberflächenwassers rund 760 Messstellen gebaut.

Gängige Untersuchungsparameter im Grundwasser der Überwachungsmessstellen sind die Feldparameter (Temperatur, Färbung, Geruch, Leitfähigkeit, pH-Wert, Sauerstoffgehalt usw.). Hinzu kommen Laborparameter (Metalle, bestimmte Stickstoff-Parameter, Sulfat, Phosphor, Bor, TOC, Kohlenwasserstoffe, Benzol u. a.) sowie weitere spezielle Parameter, die aufgrund der in der jeweiligen Deponie abgelagerten Abfälle zu erwarten sind.

Situation in Hessen

In Hessen gibt es derzeit ca. 33 Deponien der Klassen 0 bis III, die nach DEKVO überwacht werden (Abbildung 81). Davon befinden sich 16 nicht mehr im Ablagerungsbetrieb, sondern in der Stilllegungs-

Literatur

- [1] Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung – DepV) vom 27. April 2009 (BGBl. I Nr. 22 vom 29.4.2009 S. 900), zuletzt geändert durch Artikel 2 der Verordnung vom 27. September 2017 (BGBl. I S. 3465)
- [2] Richtlinie (EU) 2018/850 des europäischen Parlaments und des Rates vom 30. Mai 2018 zur Änderung der Richtlinie 1999/31/EG über Abfalldeponien (L 150 vom 14.6.2018, S. 100–108)

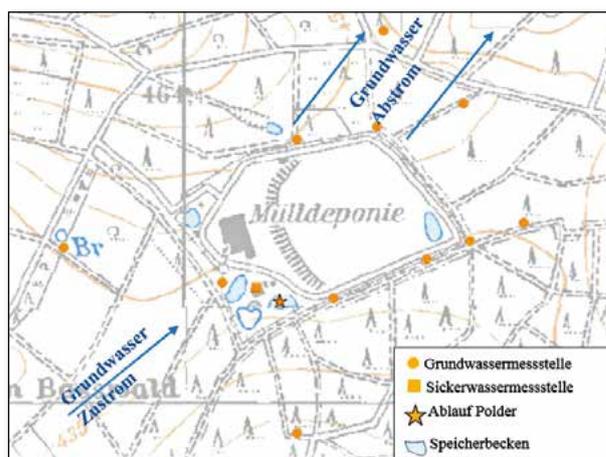


Abb. 82: Grundwassermessstellen um eine Deponie, Beispiel Bastwald im Vogelsbergkreis

Nachsorge- oder/und Rekultivierungsphase. Auch in diesen Phasen unterliegen sie weiterhin der Überwachungspflicht. Eine Auswahl wird regelmäßig beprobt und überwacht.

Ausblick

Da die deponierte Gesamtabfallmenge aufgrund der gesetzlichen Vorgaben (höherer Recyclinganteil) auch in Hessen geringer wird, außerdem nur noch vorbehandelte Abfälle mit geringem organischem Anteil abgelagert werden dürfen und zusätzlich die technischen Anforderungen an den Betrieb einer Deponie sehr hoch sind, werden zukünftig tendenziell immer weniger Sickerwasser- und Schadstoffaustritte bei Deponien erwartet. Infolge dessen wird voraussichtlich die Anzahl der Grundwassermessstellen zukünftig reduziert werden.

- [3] HMUKLV: Verfahrenshandbuch zum Vollzug des Abfallrechts – Überwachung von Deponien, Stand: 24.09.2018 (https://umwelt.hessen.de/sites/default/files/media/hmuelv/verfahrensbuch_ueberwachung_von_deponien-stand-24-9-2018.pdf)

5 Zusammenfassung

Das Jahr 2019 war zu trocken, sonnenscheinreich und zu warm. Mit 10,1 °C war es das drittwärmste Jahr seit Beginn der Wetteraufzeichnungen im Jahr 1881. Mit 730 mm lag die Jahresniederschlagsmenge bei 90 % der Menge für die Vergleichsperiode 1981–2010 von 808 mm. Die höchsten Niederschläge fielen in den hessischen Mittelgebirgsregionen. Erwähnenswert ist die Niederschlagsituation am 20. und 21. Mai. An diesen Tagen fielen vor allem in Osthesen erhebliche Niederschlagsmengen in Größenordnungen, die nur alle 300 Jahre oder noch seltener zu erwarten sind. Schnelle und starke Wasserstandsanstiege in den Oberflächengewässern der Region waren die Folge. Hierbei wurden teilweise die hier bisher bekannten höchsten Wasserstände überschritten.

Alle zwölf Monate weisen unterdurchschnittliche Abflüsse im Vergleich mit der langjährigen Reihe von 1981–2010 auf. Niederschläge, die gefallen waren, konnten das Defizit der Vorjahre in den hessischen Gewässern nicht ausgleichen. In den Bächen und Flüssen wurde nur ein Wert von 68 % des langjährigen mittleren Abflusses erreicht. Im Mai gab es Überschreitungen höherer Meldestufen, insbesondere in den Flussgebieten der Kinzig und der Fulda.

Die Füllstände in den Talsperren und Hochwasserrückhaltebecken konnten sich an den jeweiligen Stauzielen orientieren. Lediglich in den Sommer- und Herbstmonaten machte sich auch hier die Trockenheit in manchen Becken bemerkbar.

In einigen der Seen führte die anhaltende Trockenheit jedoch zu bemerkenswert niedrigeren Wasserständen. Besonders bei sehr flachen Seen konnten diese zu vielfältigen Problemen wie Verschlechterung der Trophie, verschlammte Uferbereiche und Erhöhung der Wassertemperatur führen.

Zur Ermittlung des ökologischen Zustands der Fließgewässer wurden im Jahr 2019 Untersuchungen zum Makrozoobenthos und zu Diatomeen seitens des HLNUG beauftragt. Bei knapp 85 % der hinsichtlich des Makrozoobenthos untersuchten Gewässerabschnitte wurde der sehr gute/gute ökologische Zustand noch nicht erreicht. Die Diatomeen zeigten ebenfalls an knapp 85 % der Untersuchungsbereiche Handlungsbedarf an.

Zur Ermittlung des morphologischen Zustands der Fließgewässer haben auch im Jahr 2019 Gewässerstrukturkartierungen durch Mitarbeiter des HLNUG an sogenannten Änderungstrecken stattgefunden (Gewässerabschnitte, die seit der letzten Strukturkartierung renaturiert wurden bzw. in denen eigendynamische Gewässerentwicklungen stattgefunden haben). Nach Aufbereitung der Kartierergebnisse werden diese im Laufe des Jahres 2020 im WRRL-Viewer (wrrl.hessen.de) dargestellt.

Das in Kapitel 3.3 beschriebene Starkregenereignis am 20./21.05.2019 wirkte sich auch auf die Güteparameter der in diesem Bericht betrachteten vier großen Fließgewässer aus. So war insbesondere der Gesamt-Phosphat Gehalt an der Fulda deutlich erhöht. Darüber hinaus kam es durch dieses Ereignis auch zu starken Sauerstoffeinbrüchen. Diese Beobachtungen machen deutlich, dass durch eine klimawandelbedingte Häufung von Extremwetterereignissen, die bereits erzielten Erfolge im Hinblick auf eine Verbesserung der Gewässerqualität überdeckt werden können. Es ist daher wichtig, weitere gezielte Maßnahmen zur Reduzierung der durch solche Ereignisse hervorgerufenen Belastungen zu erarbeiten und umzusetzen. Kontinuierliche Messungen können dazu beitragen, den Ursprung und das Ausmaß derartiger Einträge zu ermitteln.

Das Flächenmittel der Grundwasserneubildung betrug für das Jahr 2019 für Hessen 60 mm und lag damit 40 % unter dem langjährigen Mittelwert der Referenzperiode 1971–2000. Die niedrige Grundwasserneubildung im Jahr 2019 ist auf die unterdurchschnittlichen Niederschläge, die hohen Verdunstungsraten und die daraus resultierende niedrige Sickerwasserrate zurück zu führen. Das Jahr 2019 hat den Trend der letzten Jahre zu niedrigen Grundwasserneubildungsraten fortgesetzt.

Infolge der Trockenheit, der überdurchschnittlich hohen Temperaturen und der daraus resultierenden niedrigen Grundwasserneubildung im Jahr 2019 sind die Grundwasserstände im Verlauf des Jahres deutlich gesunken und die Quellschüttungen deutlich zurückgegangen. Wegen des ungünstigen Ausgangsniveaus im Frühjahr lagen die Grundwasserstände am Ende des hydrologischen Sommerhalbjahres an rund der

Hälfte der Messstellen sogar unter dem Niveau des Dürrejahres 2018.

Als Folgewirkung der niedrigen Grundwasserstände und geringen Quellschüttungen kam es vereinzelt in Mittelgebirgsregionen, in denen die Trinkwasserversorgung mancherorts ausschließlich auf Quellen und flachen Brunnen beruht und gleichzeitig kein Anschluss an die überörtliche Wasserversorgung besteht, zu lokalen Versorgungsengpässen mit Trinkwasser.

Der Grundwasserschutz umfasst neben den quantitativen auch die qualitativen Aspekte. Die Grundwasserbeschaffenheit wird für Grundwasserentnahmen auf der Basis der Rohwasseruntersuchungsverordnung überwacht, aber auch Deponien unterliegen der Grundwasserüberwachung. Grundlage ist die Analyse der Inhaltsstoffe im Sickerwasser eines Deponiekörpers. Es werden Grundwassermessstellen im Zu- und Abstrom des Deponiekörpers sowie Sickerwasser- und Oberflächenwassermessstellen festgelegt. Die jährlichen Analysen werden im Deponie-Eigenkontrollbericht übermittelt und anlassbezogen ausgewertet.

6 Übersicht Berichte

Der Gewässerkundliche Jahresbericht wird seit 2007 veröffentlicht. Die Berichte können auf der Webseite des HLNUG unter <https://www.hlnug.de/>

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

