



Bericht zum Niedrigwasserereignis Juli-November 2018

Internationale
Kommission zum
Schutz des Rheins

Commission
Internationale
pour la Protection
du Rhin

Internationale
Commissie ter
Bescherming
van de Rijn

Bericht Nr. 263



Impressum

Herausgeberin:

Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR)
Kaiserin-Augusta-Anlagen 15, D 56068 Koblenz
Postfach 20 02 53, D 56002 Koblenz
Telefon +49-(0)261-94252-0, Fax +49-(0)261-94252-52
E-mail: sekretariat@iksr.de
www.iksr.org

Internationale Kommission zum Schutz des Rheins
Commission Internationale pour la Protection du Rhin
Internationale Commissie ter Bescherming van de Rijn

Bericht zum Niedrigwasserereignis Juli-November 2018



Bendorf November 2018 (Foto: M. Braun, IKSR)



Mäuseturm Oktober 2018 (Foto: K. Wendling)

Zusammenfassung

Das Jahr 2018 war im Rheingebiet durch ein ausgeprägtes Niederschlagsdefizit in den Monaten von Februar bis November geprägt. Daraus erwuchs zunächst in den kleineren Gewässern, zunehmend im Jahresverlauf auch am gesamten Rhein ein markantes Niedrigwasser, wie es seit fast 50 Jahren nicht mehr eingetreten war. Das Niedrigwasser war im August mit hohen Luft- und Wassertemperaturen verbunden, welches zu ökologischen Beeinträchtigungen und Einschränkungen beim Kraftwerksbetrieb führte. Das Niedrigwasserereignis erreichte seine größte Ausprägung im Oktober und November. Bezogen auf die Niedrigwasserabflüsse lässt sich das Ereignis am südlichen Oberrhein als ein 15-jährliches „seltenes“ und für den restlichen Rheinverlauf ab Worms als rund 40-jährliches „sehr seltenes“ Ereignis einstufen. Bezogen auf die Niedrigwasserdauer lässt sich das Ereignis am Ober- und Mittelrhein als ein gut 50-jährliches und für den Rhein unterhalb der Moselmündung als ein gut 100-jährliches „extrem seltenes“ Ereignis einordnen. Neben ökologischen Schädigungen war insbesondere die Wirtschaft durch Produktionsminderungen und stark reduzierte Transportmöglichkeiten auf der Wasserstraße betroffen.

1 Meteorologische Entwicklung

Nach einem überdurchschnittlich feuchten und mit hohen Abflüssen verbundenen Januar setzte mit dem Februar eine lang anhaltende Periode überdurchschnittlich warmer und unterdurchschnittlicher feuchter Monate im Jahr 2018 ein, die erst mit einem feuchten und sogar einem kleineren Hochwasser am Rhein enthaltenden Dezember beendet wurde. Ursache waren in Nordwest- und später in Nordosteuropa vorherrschende stabile Hochdruckgebiete („blockierende Omegawetterlage“), die die westlich heranziehenden Tiefdruckgebiete nordwärts um Europa herumführten und so die potenziell niederschlagsbringenden Luftmassen ableiteten. Zwar war die meist trockenere Witterung durch einzelne lokale Starkregenereignisse unterbrochen, doch wirkten sich diese kaum

auf den Gebietswasserhaushalt aus. Im Hochsommer verlagerte sich der hohe Druck ostwärts, so dass heiße Luft aus Südeuropa nach Mitteleuropa herangeführt wurde und zu heißer und trockener Witterung führte. Das Jahr 2018 kann durch die Kombination aus erhöhten Lufttemperaturen und unterdurchschnittlichen Niederschlägen als Extremjahr bezeichnet werden. In Deutschland und Frankreich war beispielsweise bislang lediglich das Jahr 2003 heißer als 2018, allerdings traten im Jahr 2019 neue Hitzerekorde im Rheineinzugsgebiet auf. In der Schweiz war 2018 das wärmste Jahr seit Messbeginn 1864, ebenso das Sommerhalbjahr (April bis September) mit einem landesweiten Mittel von 12.8 °C (Normalwert 1981-2010: 10.4 °C).

Die großflächige Dürresituation, die sich über Mitteleuropa und das Rheineinzugsgebiet ausbreitete, war von großen Niederschlagsdefiziten charakterisiert. Für den deutschen Anteil am Rheineinzugsgebiet ergab sich von Februar bis November 2018 ein Niederschlagsdefizit von rund 45 % (vgl. Tabelle 1), für den französischen Teil von rund 50 bis 70 % (Juli, August und September 2018), für den schweizerischen (April bis November 2018, vgl. Abbildung 1), österreichischen und liechtensteinischen Teil (Alpenrhein, Bodensee) von rund 30 % bis 40 %. Auch in den Niederlanden gab es große Niederschlagsdefizite (vgl. Abbildung 2). In der Ostschweiz entwickelte sich die anhaltende Regenarmut sogar zu einem Jahrhundert-Ereignis (deutlich massivstes April-November Regendefizit seit Messbeginn 1864). Das Niederschlagsdefizit hielt bis November bzw. Dezember 2018 an.

Tabelle 1: Niederschlagsdefizit im deutschen Teil des Rheineinzugsgebiets (Daten: Witterungsbericht Deutscher Wetterdienst – DWD, 2018)

Niederschlagsdefizit im Rheineinzugsgebiet (nur BRD-Anteil)											
2018	N Rhein bis Main [mm]	[%] vom langj. Mittel	Defizit [mm]		N Main [mm]	[%] vom langj. Mittel	Defizit [mm]		N Rhein ab Main [mm]	[%] vom langj. Mittel	Defizit [mm]
Jan	157	209	-82		96	144	-29		117	142	-35
Feb	34	49	35		13	23	44		17	26	48
Mrz	50	63	29		54	84	10		58	77	17
Apr	30	44	38		43	85	8		41	73	15
Mai	92	94	6		61	87	9		75	104	-3
Jun	56	61	36		44	61	28		54	72	21
Jul	46	47	52		39	48	42		31	40	47
Aug	52	62	32		21	32	45		43	59	30
Sep	46	60	31		42	65	23		42	57	32
Okt	28	33	57		19	29	47		22	29	54
Nov	23	29	56		16	25	48		31	39	48
Dez	144	154	-50		123	161	-47		133	151	-45
Summe	758	76	240		571	72	227		664	74	230
Defizit in 2018			24%				28%				26%
Defizit von Feb - Nov			45%				46%				43%

Mittel = 1981 - 2010 nur Stationen in Deutschland Quelle: Deutscher Wetterdienst

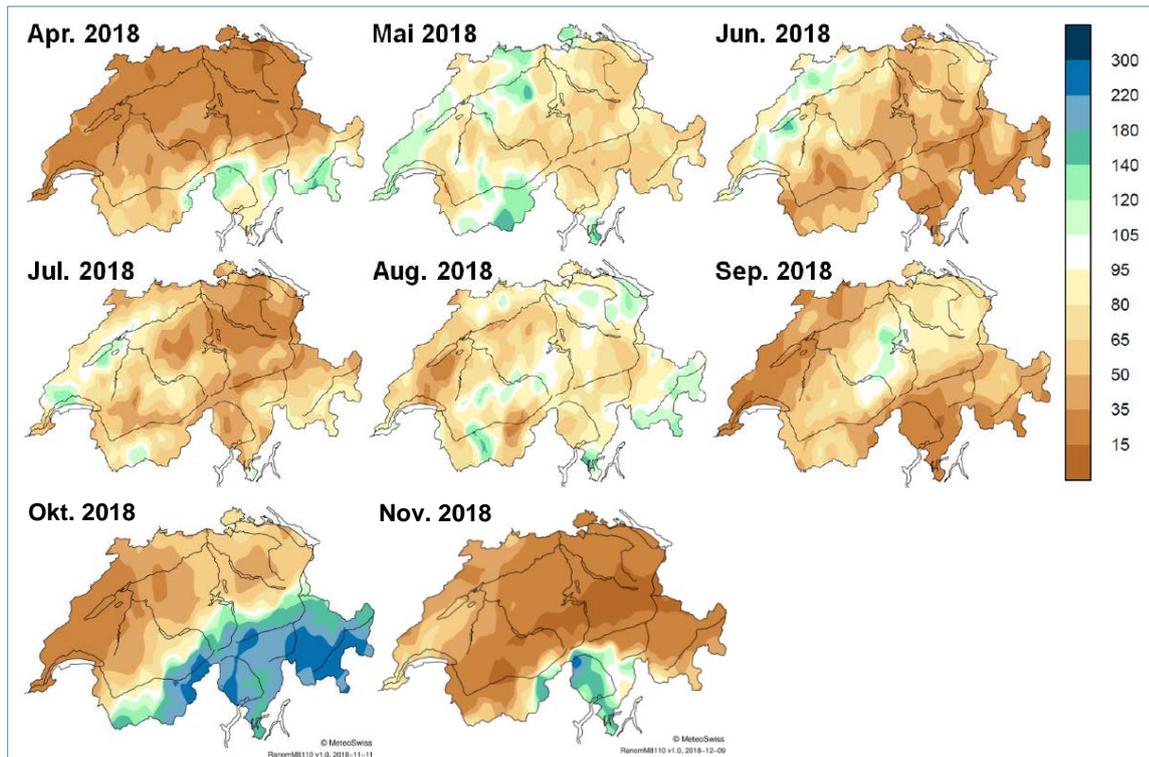


Abbildung 1: Räumliche Verteilung der monatlichen relativen Niederschlagsabweichungen von April bis November. Dargestellt ist das Verhältnis zur Norm 1981-2010 in Prozent (aus: MeteoSchweiz 2018A, ergänzt mit MeteoSchweiz 2018B und MeteoSchweiz 2018C)

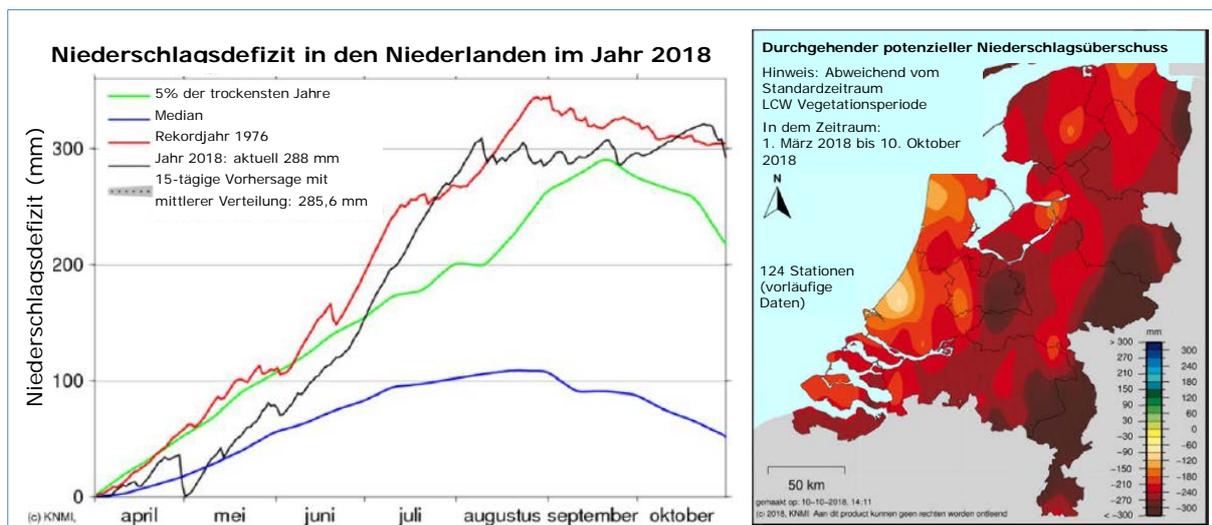


Abbildung 2: Nationales durchschnittliches Niederschlagsdefizit und durchgehende potenzielle Niederschlagsüberschuss (aus: KNMI, Stand: Oktober 2018)

2 Hydrologische Entwicklung

Aufgrund des bezogen auf die Niederschlagshöhen in etwa durchschnittlichen Jahres 2017 und der Niederschläge Anfang 2018 entwickelten sich die Niedrigwasserverhältnisse mit zeitlicher Verzögerung (Abbildung 3). Die geringen Niederschläge führten zu einer ausgeprägten, außergewöhnlich langandauernden Niedrigwassersituation im Rhein und den Zuflüssen. Einzelne lokale Starkniederschlagsereignisse zeigten erwartungsgemäß keine wesentlichen Auswirkungen auf den Abfluss in den größeren Gewässern. Im Vergleich zur Niedrigwasserperiode 2003 war das Niedrigwasser 2018 am Rhein deutlich langanhaltender und auch intensiver.

Beendet wurde die Niedrigwasserperiode 2018 nach Umstellung der Großwetterlage (Niederschläge) mit einem kleineren Abflussereignis Anfang Dezember und einem deutlichen Hochwasserereignis in der zweiten Dezemberhälfte (vgl. Abbildung 3). Tatsächlich zeigte, im französischen Teil des Rheingebiets, die erste Dekade im Dezember 2018 3-fach höhere Niederschläge als normal. Inwieweit sich die Dürre aus 2018 durch noch nicht wiederaufgefüllte Gebietspeicher noch im Folgejahr auf die Niedrigwasserabflüsse am Rhein auswirken kann, hat die BfG mittels Untersuchung des Basisabflusses sukzessive verfolgt und prognostiziert (vgl. Kap. 5).

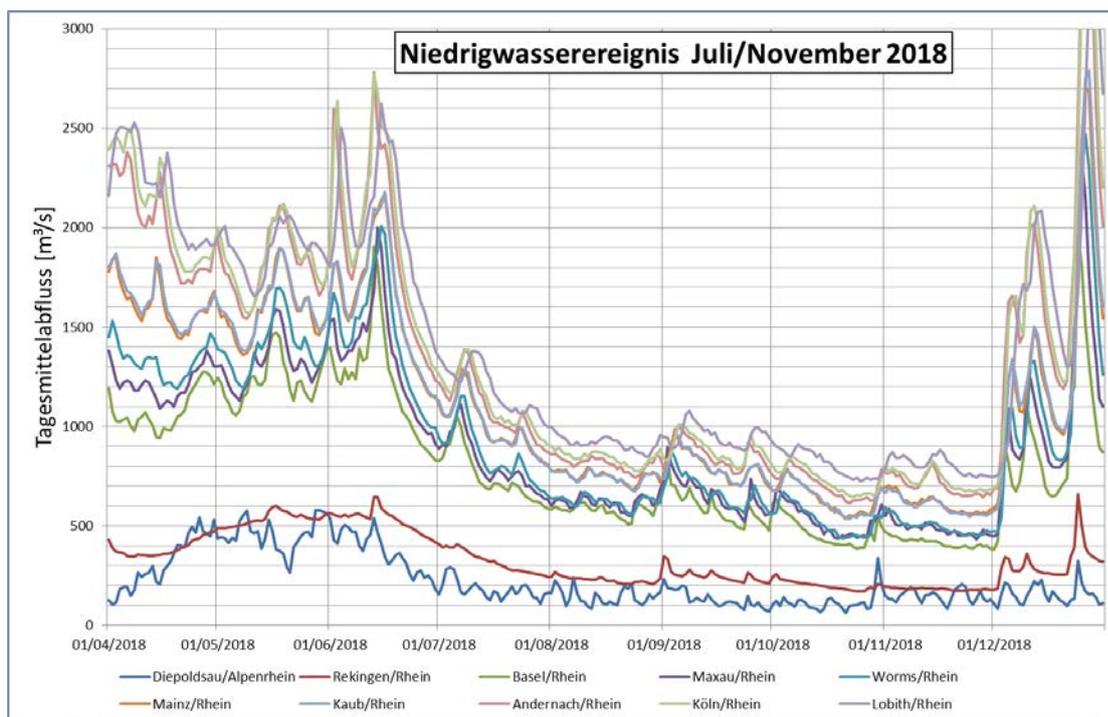


Abbildung 3: Abflüsse an den Bezugspegeln im Rheineinzugsgebiet

Die hohen Temperaturen im Frühling ließen die überdurchschnittlichen Schneemengen, die im Winter 2017/2018 in den Alpen gefallen waren, schon früh abschmelzen. Bereits im Sommer waren insbesondere im zentralen und östlichen schweizerischen Mittelland die Abflüsse einiger **Fliessgewässer** extrem tief. Im Herbst waren dann zunehmend auch Gewässer im westlichen Mittelland und im Jura betroffen. Sehr niedrige Abflüsse wurden nicht nur an kleineren Fliessgewässern registriert, sondern auch an vielen größeren der Deutschschweiz (Limmat, Reuss, Aare und Rhein). An zahlreichen Flüssen wurden Abflussmengen beobachtet, wie sie nur alle 2 bis 10 Jahre – oder wie z.B. am Unterlauf der Aare noch deutlich seltener - auftreten. Ähnlich ging es in Österreich und Deutschland, wo eine Vielzahl von Kleingewässer sogar trockengefallen ist. Ganz anders präsentierte sich die Lage in den hochalpinen, vergletscherten Einzugsgebieten. Hier führte die Hitzewelle von Ende Juli und Anfang August zu einer markanten Gletscherschmelze und bis in den Oktober hinein entsprechend zu normalen bis deutlich überdurchschnittlichen Abflüssen.

Das für den Rhein seit 2018 durchgeführte [IKSR-Niedrigwassermonitoring](#) hat Informationen über die Intensität der Niedrigwasserperiode gegeben. An den **Rheinpegeln** zeigten sich bis in den Juli mittlere Abflüsse, nach einem Abflusspeak Mitte Juni gingen aber die Abflüsse mit Ausnahme kleinerer zwischenzeitlicher Abflusserhöhungen bis Ende November deutlich zurück (vgl. Abbildung 3). Tabelle 2, Abbildungen 4 und 5 sowie Grafiken im Anhang I stellen die statistische Einordnung und Klassifizierung des Niedrigwasserereignis 2018 an den unterschiedlichen Rheinpegeln laut IKSR-Niedrigwassermonitoring dar (vgl. IKSR-[Bericht Nr. 248, operatives Niedrigwassermonitoring](#) und dazugehörigen [Erläuterungsbericht Nr. 261](#)).

Tabelle 2: Kennwerte und statistische Einordnung des Niedrigwasserereignis 2018 nach IKSR-Monitoring (Abflüsse und Dauer)

	Niedrigwasser-Abfluss [m³/s]			Niedrigwasser-Dauer [Tage]		
	MNM7Q 1961-2010	NM7Q Jul/Nov 2018	Jährlichkeit Jul/Nov 2018	maxD < NM7Q2 1961-2010	maxD < MNM7Q Jul/Nov 2018	Jährlichkeit Jul/Nov 2018
Diepoldsau	92,2	92,7	2	4	0	-
Rekingen	238	174,9	10	7	61	20
Basel	527	391,8	15	5	56*	50*
Maxau	645	447,7	15	5	79	>50
Worms	720	443,6	40	5	84	>50
Mainz	850	555,0	40	6	85	>50
Kaub	851	548,1	35	6	84	>50
Andernach	998	629,6	40	6	131*	>100
Köln	1028	655,9	40	6	130	>100
Lobith	1095	737,4	35	6	131	>100

*(Ereignis 1 Tag unterbrochen)

maxD = maximale Andauer von zusammenhängenden Tagen < MNM7Q
 NM7Q = kleinster Abflussmittelwert von 7 aufeinanderfolgenden Tagen in einem Jahr
 NM7Q2 = 2-jährlicher Niedrigwasserabfluss NM7Q
 Jährlichkeitsangaben beziehen sich auf den Referenzzeitraum 1961 – 2010
 MNM7Q = langjähriges Mittel der NM7Q

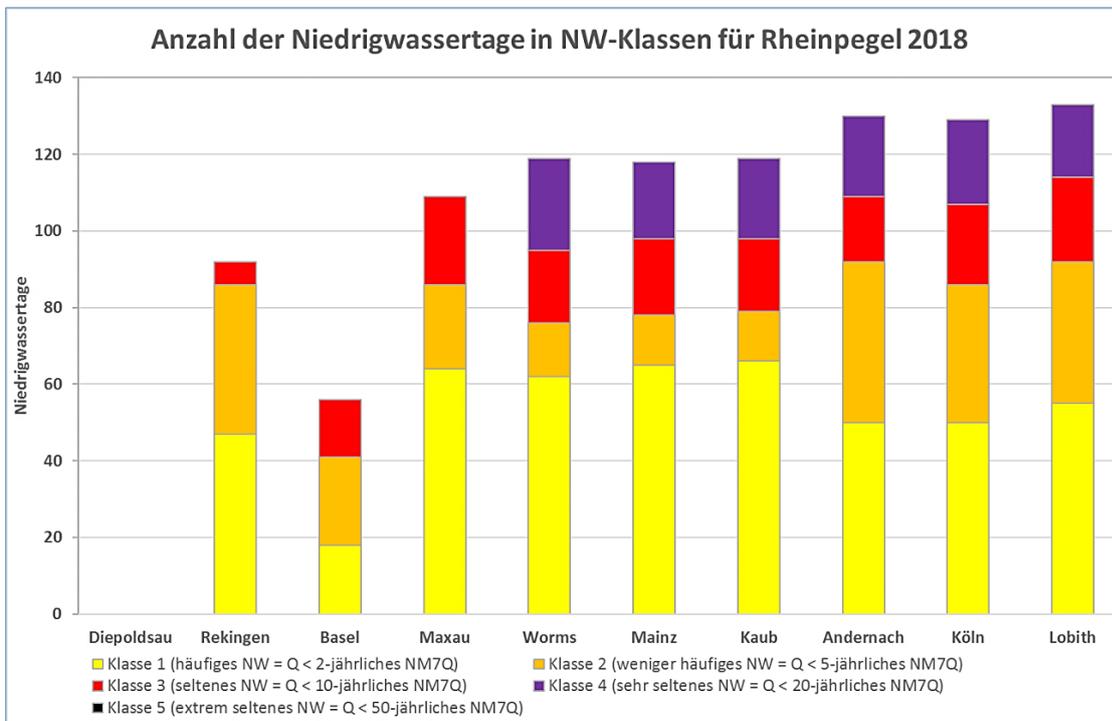


Abbildung 4: Anzahl der Niedrigwassertage eingeordnet in Niedrigwasserklassen gemäß IKSR-Monitoring

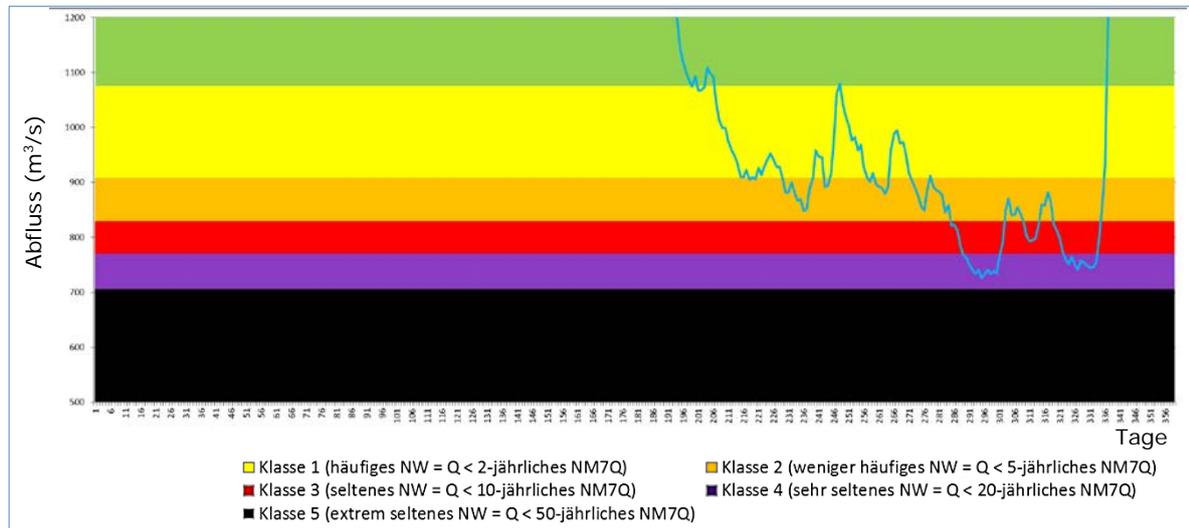


Abbildung 5: Abflussverlauf (Tagesmittelwerte) in Lobith im Jahr 2018 eingeordnet in IKSR-Monitoring-Klassen

Am Pegel Diepoldsau/Alpenrhein traten anfänglich aufgrund der Stützung durch Schnee/Gletscherschmelze und ab dem Herbst aufgrund des anthropogenen Steuerungseinfluss, keine außerordentlichen **Niedrigwasserabflüsse** (vgl. Tabelle 2, Abbildungen 3, 4 und Anhang I) auf. Erst unterhalb des Bodensees am Pegel Rekingen fielen die Abflüsse ab Mitte August unter Niedrigwasserschwelldwerte. Unterhalb des Zuflusses der Aare traten am Pegel Basel entsprechend geringe Abflüsse erst ab Oktober auf. In Maxau begann die ausgesprochene Niedrigwasserperiode am Rhein Ende September. An den Pegeln Rekingen bis Maxau wurde die Stufe eines „seltenen Niedrigwassers“ d.h. Niedrigwasserabflüsse mit einem Wiederkehrintervall von seltener als 10 Jahren erreicht. Ein deutlich größeres Ausmaß zeigten übereinstimmend die Pegel Worms bis Kaub, die bei insgesamt ca. 120 Niedrigwassertagen etwa rund 20 Tage mit Abflüssen in der Stufe 4 („sehr seltenes Niedrigwasserereignis“) und somit ein selteneres als 20-jährliches Niedrigwasserereignis erreichten. Nach Einmündung der Mosel verstärkte sich die Niedrigwassersituation am Niederrhein bis nach den Niederlanden noch weiter. An den Pegeln Andernach, Köln und Lobith wurden rund 130 Niedrigwassertage erreicht, auch dort wurde die Klasse „sehr seltenes Niedrigwasser“ für rund 20 Tage unterschritten. Bei den kleinsten aufgetretenen Abflüssen lag die Jährlichkeit am Hochrhein und am Oberrhein bis zum Pegel Maxau bei 10 bis 15 jährlich, ab dem Pegel Worms und weiter stromab wurde ein 35 bis 40-jährliches Ereignis erreicht.

Bei Betrachtung der maximalen **Unterschreitungsdauer** (vgl. Tabelle 2) ergaben sich deutlich seltenerere Eintrittswahrscheinlichkeiten. Während in Rekingen die Niedrigwasserdauer noch als 20-jährliches Ereignis einzustufen ist, entsprach die Dauer am Oberrhein bis einschließlich dem Pegel Kaub einem seltener als 50-jährlichem Ereignis und am Niederrhein von Andernach bis Lobith entwickelte sich das Ereignis hinsichtlich seiner Dauer zu einem gut 100-jährlichem Ereignis.

In der **historischen Betrachtung** (vgl. Anhang I) war das Niedrigwasserereignis von Rekingen bis Basel nicht außergewöhnlich und lag im Rahmen der Ereignisse der letzten 50 Jahre. Unterhalb von Neckar und Main nahm das Niedrigwasserausmaß deutlich zu, so kann das Ereignis von Maxau bis Mainz als größtes Ereignis der letzten 50 Jahre angesehen werden. Ab dem Pegel Kaub und insbesondere unterhalb der Mosel war das Niedrigwasserereignis in seinem Ausmaß einerseits das größte in den letzten 50 Jahren und andererseits auch in einer Größenordnung der bedeutenden größeren Niedrigwasserereignisse in der ersten Hälfte des letzten Jahrhunderts.

An einigen kleineren **Seen** im schweizerischen Mittelland wurden bereits im August außerordentlich tiefe Wasserstände mit Jährlichkeiten von mehr als 30 Jahren beobachtet. Die Jurarandseen konnten bis in den Herbst hinein auf einem durchschnittlichen Niveau reguliert werden, erreichten dann aber im November ebenfalls sehr tiefe Wasserstände, wie sie nur alle 10 bis 30 Jahre auftreten. Die Wasserstände der nicht regulierten Seen Bodensee (Untersee) und Walensee fielen im Herbst auf Werte mit Jährlichkeiten zwischen

2 und 5 Jahren, der langjährige minimale Seewasserstand wurde allerdings nicht erreicht. Des Weiteren wurde in den Niederlanden Süßwasser aus den Rheinarmen zugeführt, um den Wasserstand vom IJsselmeer so gut wie möglich zu bewirtschaften.

Durch eine deutliche Wiederauffüllung im Winter 2017-2018 waren die **Grundwasserstände** zu Beginn der Sommersaison gebietsweise hoch (notabene: In Österreich sanken die Grundwasserspiegel bereits ab April). Die Grundwasserabfuhr setzte sich nach dem Sommer fort, was zu sehr niedrigen Grundwasserständen führte. Die Grundwasserneubildung begann schließlich im Dezember, mit zwei Monaten Verspätung. Zu Beginn des Jahres 2019 lagen die Werte der Grundwasserstände und Quellschüttungen noch deutlich unter dem Normalwert.

3 Auswirkungen auf die Wasserqualität und die Ökologie

Parallel zu den geringen Abflüssen waren tendenziell steigende **Konzentrationen für einige überwiegend in Wasser gelöste Stoffe** wie z.B. Chlorid, einige Arzneistoffe wie Carbamazepin und Diclofenac und die Industriechemikalie wie z.B. 1,4 Dioxan im Unterlauf des Rheins zu beobachten (vgl. Abbildungen 6 und 7). Vielfach kann an Messstellen eine sehr enge (negative) Korrelation zwischen den Abflüssen und Konzentrationen für diese Stoffe festgestellt werden. Im Gegensatz dazu zeigt Zink, ein eher partikelgebundener Stoff eine positive Korrelation zum Abfluss, genauso wie die Abfiltrierbaren Stoffe.

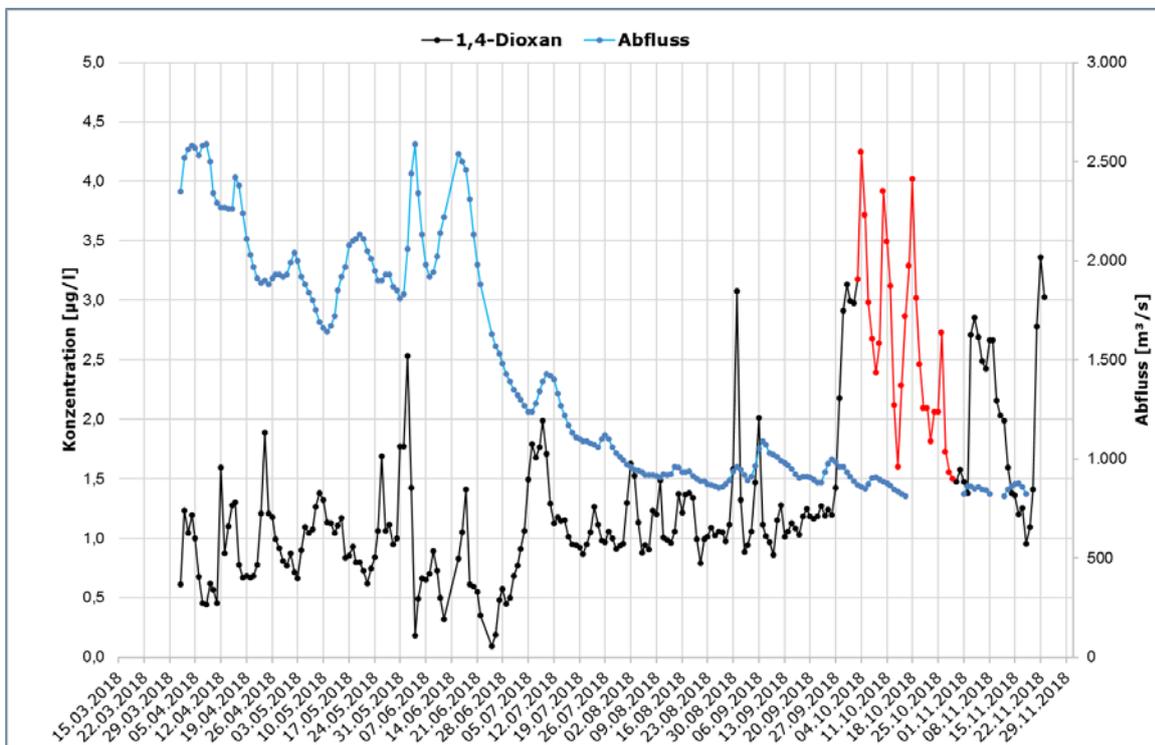


Abbildung 6: 1,4-Dioxan Konzentrationen und Abflüsse an der internationalen Messstation Bimmen.

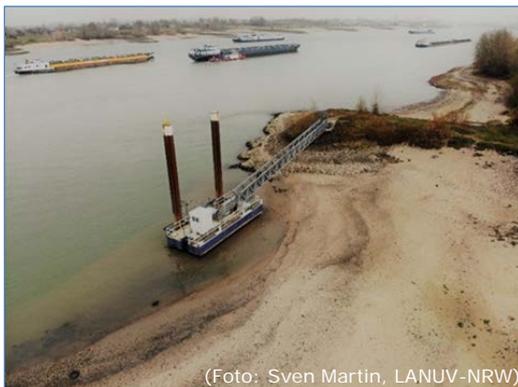


Abbildung 7: Messponton der Messstation Bimmen (Rheinkilometer 865) im November 2018

Der Orientierungswert für Zink wurde seit August und der Trinkwasserleitwert der niederländischen Behörden wurde ab September 2018 an der deutsch-niederländischen Grenze häufiger überschritten. Für Nährstoffe sind dagegen keine Korrelationen zwischen Abfluss und Konzentration zu erkennen.

Verbunden mit den sehr hohen Lufttemperaturen waren im Rhein sehr hohe **Wassertemperaturen**, insbesondere in der Zeit des „Sommer-Niedrigwasserereignisses“ im Juli und August, zu verzeichnen. Der Orientierungswert für den guten ökologischen Zustand/das gute ökologische Potenzial von 25 °C Grad wurde nahezu durchgehend von Mitte Juli bis Ende August in Worms, Mainz und Koblenz überschritten (vgl. Abbildung 8). Nach deutschen Angaben erreichten die Wassertemperaturen die zweithöchsten Temperaturwerte nach 2003 und nach schweizerischen Angaben verbreitet neue Höchstwerte seit Messbeginn (meist Anfang 1970er-Jahre). Trotz der hohen Wassertemperaturen ist der **Sauerstoffgehalt** in verschiedenen Teilen des Rheins meist nicht im kritischen Bereich gewesen. Das gilt weitgehend auch für (staugeregelte) Hauptnebenflüsse: 2018 war der Sauerstoffgehalt in der Mosel im Vergleich zu den Vorjahren eher höher oder auf gleichem Niveau. Nach dem Alarmplan Main Gewässerökologie kam es am Main kurzzeitig zu kritischen Sauerstoffdefiziten zwischen 4,0 und 4,5 mg/l Sauerstoff. Daher wurden dort wie auch am Neckar vorbeugend Maßnahmen zur Stabilisierung des Sauerstoffhaushalts ergriffen (Turbinenbelüftung, Wehrüberfall).

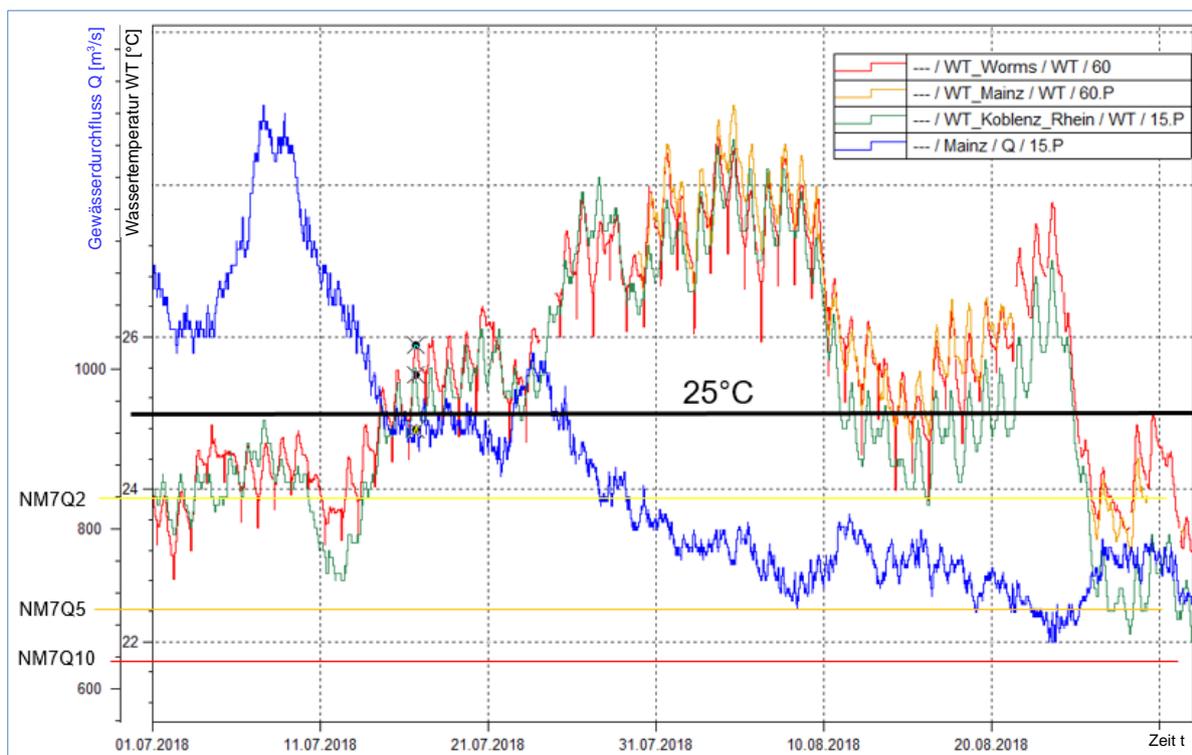


Abbildung 8: Temperaturentwicklung an einigen Rheinpegeln zwischen Juli und Ende August 2018

Die niedrigen Wasserstände und die hohen Wassertemperaturen wirkten sich auf die **Lebewesen** im Wasser aus. Als Beispiel wurde 2018 im Rhein bei Koblenz an 31 aufeinanderfolgenden Tagen der für viele im Rhein lebenden Fisch und Wirbellosenarten kritische Wert von 25 °C überschritten (BfG, 2019). Im August kam es bei Wassertemperaturen von 27 °C zu Fischsterben am Hochrhein, betroffen waren insbesondere Äschen. Im Rheineinzugsgebiet fielen Quellbereiche und Oberläufe von Gewässern z. T. trocken. Regional wurden Gewässer vor dem Trockenfallen abgefischt, und die Fische in Fischzuchten oder andere Gewässer umgesetzt, um die Bestände zu erhalten. Vermehrt wurden auch andere Maßnahmen getroffen (künstliche Beschattungen, Badeverbote an kritischen Stellen u.Ä.). Durch das Austrocknen von kleineren Fließ- und Seitengewässern kam es in einigen Schweizer Kantonen zu Fischsterben und teilweise zu Sterben von Makrozoobenthos. Auch in Liechtenstein kam es zu Fischsterben. Im deutschen Teil des Einzugsgebietes wurde kein bedeutendes witterungsbedingtes

Fischsterben im Rhein beobachtet, lediglich in Teichen oder kleineren Seen der Flussauen (in Nordrhein-Westfalen und Bayern) starben Fische. Die Sauerstoffversorgung des fließenden Rheins sowie (staugeregelter) Hauptnebenflüsse war für Fische trotz der hohen Temperaturen ausreichend (= oberhalb der für Fische kritischen Marke von 7 mg/l). Vereinzelt wurden Muschelsterben berichtet, große Muschelsterben blieben jedoch aus. Grundsätzlich waren die Jungfischbestände und auch die Makrozoobenthos-Untersuchungen unauffällig, alle Tiere waren vital. Es handelte sich beim Makrozoobenthos jedoch vornehmlich um Neozoen, die derartige Zustände besser aushalten als die heimischen Arten.

Darüber hinaus ist der Abfluss ein wichtiger Impulsgeber für die Wanderaktivität. Die Anbindung der Zuflüsse an die aufnehmenden Gewässer war teilweise eingeschränkt (Durchgängigkeit nicht gegeben, nur sehr geringe Aufstiegszahlen von Wanderfischen in vielen Rheinzufüssen, Ausbleiben der Abwanderungen bei laichbereiten Aalen) und Auenbereiche trockneten z. T. aus. Hitze und Niedrigwasser verursachten schlechte Fortpflanzungsbedingungen für die Fauna; mögliche negative Auswirkungen werden aber erst im Jahr 2019 erkennbar sein.

Im Sommer 2018 trat wie bereits 2017 eine Cyanobakterienblüte der potenziell Toxine bildenden Gattung *Microcystis* in der gesamten Mosel auf, die erst gegen Ende Oktober endete. Daher wurden in Rheinland-Pfalz aus Vorsorgegründen Warnhinweise zur Freizeitnutzung an der Mosel veröffentlicht.

Im Vergleich zu 2017 war die Cyanobakterienblüte 2018 mit Spitzenwerten von mehr als 80 µg/L Cyanobakterien-Chlorophyll deutlich stärker ausgeprägt und aufgrund der lang anhaltenden niedrigen Abflussverhältnisse länger andauernd.

Die Entstehung der „Blualgenblüten“ wurde durch die aufgrund des Niedrigwassers lange Aufenthaltszeit des sehr langsam fließenden Wassers in den Staustufen in der Mosel bis Ende Oktober begünstigt. Starke Sonneneinstrahlung und hohe Temperaturen durch die Wettersituation verstärkten dies.

In den Niederlanden kam es aufgrund hoher Chloridgehalte insbesondere bei Andijk zu Problemen mit der Trinkwasserversorgung. An verschiedenen Standorten wurde aufgrund von Problemen mit Blualgen vom Baden abgeraten.

Mancherorts führte das Niedrigwasser lokal zu einer starken Vermehrung mancher Pflanzenarten. Im Mittelrhein war eine Grünalgenentwicklung zu verzeichnen. In den austrocknenden Stellen des Rheins wurden große Populationen des Schwimmfarns (*Salvinia natans*) und der Schwabenblume (*Butomus umbellatus*) sowie flächenhaften Ausprägungen seltener „Schlammlingsfluren“ (*Limosella aquatica*; vgl. Abbildung 9) entdeckt. Auch im Bodensee begünstigten das Niedrigwasser und die Temperaturverhältnisse das Wachstum von Wasserpflanzen, lokaler Algenteppe und wärmeliebender - für Menschen harmlosen - Süßwasserquallen.



Abbildung 9: Schlammling (*Limosella aquatica*) (Rheinufer bei Bingerbrück, 20.10.2018) (aus: LFU RP 2019)

4 Besondere Betroffenheiten (Nutzungseinschränkungen, Schäden, Vorkommnisse) und getroffene Maßnahmen

Durch den trockenen und heißen Sommer kam es zu einem deutlich erhöhten **Wasserverbrauch**, zahlreichen **Wasserentnahmeverboten** (u.a. für die landwirtschaftliche Nutzung), Aufrufen zum Wassersparen (Öffentlichkeit, Landwirtschaft, Industrie) sowie großflächig zu Ertragsausfällen in der **Landwirtschaft**. Allgemein konzentrierten sich die Einschränkungen der Wassernutzung auf die Entnahme an kleineren und mittleren Fließgewässern sowie lokaler Grundwasservorkommen. Obwohl die öffentliche **Wasserversorgung** bis auf wenige Einzelfälle gewährleistet wurde, erlangte das Trocken-/Niedrigwasserereignis viel Medienaufmerksamkeit und führte zu einer Verstärkung des Problembewusstseins der Öffentlichkeit und Nutzer. Im Folgenden werden die wichtigsten Entwicklungen und Probleme der Rheinstaten in Bezug auf Wasserversorgung und –verbrauch (Trinkwasser, Landwirtschaft, ...) zusammengefasst:

- In der **Schweiz** entstand im Bereich der Landwirtschaft, neben direkten Ernteeinbußen bei Getreide und Gemüse, auch ein inländischer Futtermangel für das Vieh im Winter, da zu wenig Heu produziert werden konnte. Darüber hinaus wichen einzelne Landwirte für die Bewässerung aufgrund von Entnahmebeschränkungen oder -verboten aus Oberflächengewässern in zahlreichen Schweizer Kantonen auf Trinkwasser aus, wodurch in Ausnahmefällen die Infrastruktur von Wasserversorgungen an ihre Grenzen stieß. Insgesamt konnten Versorgungsengpässe zumeist über die Verteilnetze kompensiert werden, nur vereinzelt mussten Maßnahmen zur Notversorgung (Notfallbrunnen, Versorgung mit Zisternenwagen, Flugtransporte von Wasser zu Tränkezwecken in Sömmerungsgebiete) ergriffen werden.
- In **Österreich und Liechtenstein** konnte die Wasserversorgung durch bereits errichtete Verbundleitungen und Vernetzung zwischen Gemeinden und öffentlichen Wasserwerken sichergestellt werden. Allerdings waren in Österreich auf einigen (abgelegenen) Alpen Wassertransporte (mit Tankwagen) erforderlich, um die Trinkwasserversorgung aufrecht zu erhalten. Der Sommer 2018 hat in Liechtenstein gezeigt, dass eine Sicherstellung der landwirtschaftlichen Bewässerung während Trockenperioden Entnahmemöglichkeiten von Bewässerungswasser aus dem Trinkwassernetz bzw. dem Grundwasser bedingt.
- In **Deutschland** wurde ab Ende Juli im hessischen Teil des Rheineinzugsgebiets gebietsweise die Entnahme von Wasser aus Bächen und Flüssen (sogenannter „Gemeingebrauch“) untersagt, da es in kleineren Gewässern zu kritisch niedrigen Abflussmengen kam. In Rheinland-Pfalz (RP) führte der hohe Verbrauch in Verbindung mit einem deutlichen Rückgang der Quellschüttungen in den Mittelgebirgen bereichsweise zu Förderengpässen, die durch Zukauf von Trinkwasser von benachbarten Versorgern kompensiert werden mussten. Bei Uferfiltratanlagen am Rhein war der niedrige Wasserstand die Ursache für eine geringere Versickerungsrate und dadurch Rückgänge der Förderung um bis zu 40 % und damit verbundene deutliche Einbußen bei den Wasserversorgern. In Baden-Württemberg (BW) wie auch in Bayern (BY) musste der Gemeingebrauch an zahlreichen Gewässern eingeschränkt werden. In der Landwirtschaft wurden große Ernteaufschläge oder Ertragseinbußen verzeichnet. Die Obsternte und Weinlese fielen hingegen überdurchschnittlich gut aus. Die Hochwasservorhersagezentrale der LUBW befand sich seit dem 25. Juli durchgängig bis zum 3. Dezember 2018 (mit kurzen Unterbrechungen wegen Starkregen) im Niedrigwasserbetrieb und veröffentlichte regelmäßig Niedrigwasservorhersagen und -berichte. In BY spielte der „Niedrigwasser-Informationsdienst (NID)“ eine wichtige Informationsrolle für die Wasserwirtschaft und die Öffentlichkeit. Hier wurde der Main durch den Alarmplan Main Gewässerökologie intensiv beobachtet. Aufgrund der hohen Wassertemperaturen und zeitweise auftretender Sauerstoffdefizite bei niedrigen Abflüssen wurde für insgesamt 36 Tage die Warnstufe „Vorwarnung“, für 17 Tage die Warnstufe „Warnung“ und für 10 Tage die Warnstufe „Alarm“ ausgerufen. In dieser Zeit wurden alle Aktivitäten im Main, die zu einer weiteren Verschlechterung hätten beitragen können, wie z.B. Schlammräumungen, unterlassen. In Nordrhein-Westfalen (NRW) sind zum Schutz der Trinkwasserversorgung und der Ökosysteme die gesetzlich geregelten Mindestabflüsse in der Ruhr vorübergehend

reduziert worden, um die vorhandenen Wasserreserven zeitlich zu strecken und einer Erschöpfung der Wasserressourcen vorzubeugen.

Im deutschen Einzugsgebiet des Rheins wurden die Möglichkeiten zur Niedrigwasseraufhöhung ausgereizt. Die Speicherbewirtschaftung musste z. T. aufgrund der langanhaltenden Niedrigwasserphase angepasst werden. Zum Beispiel konnte aufgrund der verbreiteten Trockenheit mit rd. 127 Mio. m³ nur etwa 60 % des bisherigen Höchstwertes aus 2015 (rd. 206 Mio. m³) aus dem Donau-Einzugsgebiet in das Main-Gebiet übergeleitet werden.

- In **Frankreich** mussten für den Rhein keine Managementmaßnahmen ergriffen werden, da die Wasserentnahmen am Hauptrhein stark kontrolliert und begrenzt sind. Für die III und gewisse Nebenflüsse wurden u. a. Maßnahmen zum sparsamen Wasserverbrauch, zur Überwachung und Einschränkung der Einleitungen, Entnahmen und wasserbaulichen Arbeiten sowie für die Optimierung der Schleusenbetriebe vorgeschrieben.
- In den **Niederlanden** waren die Nationale Koordinierungskommission für Wasserverteilung sowie „Regionale Trockenheitsberatungen“ aktiv. Die Anwendung der gesetzlich geregelten Reihenfolge wichtigster Nutzungen (Verdrängungsreihe) hat dazu geführt, dass die Wasserverteilung in den Niederlanden verschiedentlich angepasst wurde. Das hat zu Folgen für die Wassernutzer geführt. Das beste Beispiel dafür sind die Maßnahmen, um die Versalzung im Amsterdam-Rheinkanal zu bekämpfen. Potenziell würde diese Versalzung zu unumkehrbaren Schäden der Natur der höchsten Kategorie (Kategorie 1) führen. Die getroffenen Maßnahmen gingen zu Lasten von Trinkwasser (Kategorie 2), Schifffahrt (Kategorie 4) und der Natur (Kategorie 4). Durch die „Klimasichere Wasserzuführungsanlage“ (KWA - Klimaatbestendige Wateraanvoorziening) wird Süßwasser aus dem Lek und dem Amsterdam-Rhein-Kanal entnommen, um den westlichen Teil der Niederlande mit Wasser zu versorgen. Im Jahr 2018 wurde die KWA maximal genutzt (15 m³/s). Eine separate Wasserversorgung für die Landwirtschaft auf der Insel Texel erfolgte durch Wasserversorgungs-Schiffe. Des Weiteren standen in den Niederlanden aufgrund der großen Entnahmen durch die Landwirtschaft viele Gräben trocken. Deshalb wurden in verschiedenen Gebieten Verbote für die Bewässerung aus Oberflächengewässern eingeführt. Aufgrund der Trockenheit in 2018 wurde ein sogenannter runder Tisch „Trockenheit“ eingerichtet, um die Trockenperiode aus 2018 zu evaluieren, Schlussfolgerungen zu ziehen und Empfehlungen auszusprechen, damit die Niederlande noch besser auf die trockene Jahreszeit in 2019 und später vorbereitet sind. Ein erster Bericht wurde im April 2019 veröffentlicht, der Abschlussbericht wird für Dezember 2019 erwartet.

Kraftwerke (Wasserkraftwerke, thermische Kraftwerke) mussten am Rhein und Rheinbegewässern aufgrund der geringen Abflüsse und zu hohen Wassertemperaturen (> 25 °C) (vgl. Abbildung 8) sowie dann nicht zulässigen zusätzlichen Wärmeeinleitungen ihre Leistung drosseln und die Stromproduktion reduzieren. Folgende Kernkraftwerke (KKW) waren betroffen: KKW Beznau und KKW Mühleberg (beide an der Aare, CH), KKW Fessenheim (FR), KKW Phillipsburg (DE). Einschränkungen gab es auch bei den deutschen Kohlekraftwerke Bergkamen, Walsum, Mannheim und Rheinhafen-Dampfkraftwerk Karlsruhe. Aufgrund der geringen Abflüsse reduzierte sich in der Schweiz in der zweiten Jahreshälfte auch die Produktion der Wasserkraftwerke deutlich. Auf dem schiffbaren Main reduzierten, aufgrund der hohen Wassertemperaturen, Kraftwerksbetreiber freiwillig die Stromproduktion. Im schiffbaren Neckar musste die Kühlwasserentnahme bestimmter Kraftwerke gedrosselt werden.

Durch die geringen Abflüsse stellten sich am gesamten schiffbaren Rhein extrem niedrige Wasserstände ein, die die **Schifffahrt** stark beeinträchtigten. Einerseits waren nur noch geringe Abladetiefen (der Frachtschiffe) möglich (z.B. am Mittelrhein im Oktober nur noch zu 20 % beladbar), andererseits erhöhte sich dadurch der Verkehr mit nur teilweise beladenen oder kleineren und flachgehenden Schiffen. Zum Teil wurde auf andere Verkehrsträger ausgewichen. Laut Zentraler Kommission für die Rheinschifffahrt (ZKR) reduzierte die Verringerung der maximalen Ladegrade aller Schiffstypen den gesamten Güterverkehr auf dem Rhein und anderen Wasserstraßen (= Volumeneffekt). Um diesen Verlust an Frachtkapazität auszugleichen, erhoben die Binnenschifffahrtsgesellschaften Zuschläge auf die Frachtraten, die die Beförderungspreise erhöhten (= Preiseffekt). Die abladungsbezogenen Einschränkungen am Rhein wirkten sich auch auf das

Transportaufkommen in den staugeregelten Nebenflüssen aus. Außerhalb der staugeregelten Strecken war auch die Fahrgastschifffahrt betroffen, da vielfach die Steiger nicht mehr angefahren werden konnten. Bestimmte Strecken, wie am Mittelrhein, wurden aus dem regulären Streckenverlauf herausgenommen bzw. eingestellt. Kreuzfahrt und Ausflugsschiffe mussten zeitweise Bustransporte organisieren. Fährverbindungen wurden teilweise eingestellt, da in den flachen Bereichen außerhalb der Fahrrinne keine ausreichende Tiefe mehr vorhanden war und Anlegestellen nicht mehr erreicht werden konnten. Allein an der Mittelrheinstrecke ergab sich nach ersten Schätzungen für diese Branche ein Schaden von knapp 1 Mio. Euro (BfG, 2019). Auch deutliche Verspätungen bei der Personenschifffahrt sind vermerkt worden. Andererseits lockten die Rekordniedrigwasserstände viele Touristen an („**Niedrigwassertourismus**“) (BfG, 2019).

Die Beeinträchtigung des Rheins als wichtige Verkehrsachse durch verschlechterte Transportbedingungen (u.a. von Rohstoffen) hat negative **wirtschaftliche Auswirkungen** gehabt. Als Beispiel wurde der Verlust der deutschen Industrieproduktion, u.a. Stahl und Chemie, im 3. Quartal 2018, der auf niedrige Wasserstände zurückzuführen ist, von der ZKR für die IKSR mit Angaben des Kieler Instituts für Weltwirtschaft (IfW) und des Statistisches Bundesamts (Destatis) rechnerisch auf rund 2 Mrd. Euro abgeschätzt (ZKR - nicht publiziert/IKSR-Intern, IfW, Destatis, 2018). Verminderte Transportkapazitäten führten zur Drosselung der Produktion bei Industriebetrieben, beispielsweise beziffert die BASF (Ludwigshafen) ihre Ertragseinbußen infolge des Niedrigwassers 2018 (Kühlwassernutzungseinschränkung und Warentransport) auf über 250 Mio. Euro (BASF, 2018). Anderswo war die Treibstoffversorgung eingeschränkt, es kam zu Engpässen an Tankstellen (Erhöhung der Spritpreise um etwa 20 ct/l). Im Gegenzug erhöhte das Niedrigwasser den Verdienst der Raffinerien in Deutschland. Im Oktober gaben die Schweiz und Deutschland Ölreserven frei, um der Treibstoffknappheit entgegenzuwirken. In der Schweiz wurden im Dezember 2018 zudem vorübergehend Pflichtlager für Rein-Stickstoff zur Düngerherstellung, flüssige Treib- und Brennstoffe, Speiseöle und Speisefette sowie Futtermittel freigegeben.

Abschließend sind mögliche **Sicherheitsprobleme** anzuführen. Die Trockenheit löste eine große Waldbrandgefahr aus. Am Rhein kam es in Folge der niedrigen Wasserstände zu vielen Munitions- und Granatenfunden, die teilweise geräumt, oft aber gesprengt werden mussten. In den Niederlanden wurden die (Torf)-Deiche streng überwacht, um die Risiken von Rissbildungen etc. rechtzeitig einschätzen zu können.

Weitergehende **Informationen zum Niedrigwasserereignis 2018** finden sich in Anhang II.

5 Ausblick: Niedrigwasser-Prognosen für das Jahr 2019

In der akuten Phase des Niedrigwassers (Nov. 2018) erstellte die BfG im Hinblick auf die Schifffahrt eine Ad-hoc-Studie zur Einordnung des Ereignisses sowie zu möglichen weiteren Verläufen am Pegel Kaub (Helms & Maurer - BfG, 2019). Bezüglich schifffahrtsrelevanter Abflusswerte war das Ereignis 2018 demnach zwar extrem, erreichte jedoch nicht das Ausmaß extremer historischer Ereignisse des 19. Jahrhunderts und bis Mitte des 20. Jahrhunderts.

Um mögliche weitere Verläufe des Ereignisses (Verschärfung oder Erholung) in Szenarien aufzuzeigen, wurde modellhaft die Basisabflusskomponente aus dem bisherigen Abflussganglinienverlauf herausgefiltert. Diese Abflusskomponente repräsentiert den im Gesamteinzugsgebiet vorhandenen Wasservorrat, der hauptsächlich den Trockenwetterabfluss speist und ohne eintretende Niederschläge allmählich geringer wird. Bei weiter fortgesetzter Trockenheit hätte das Ereignis demnach rasch ein mit den historischen Extremen vergleichbares Ausmaß annehmen können. Das bisher bekannte Abflussminimum von 300 m³/s am Pegel Kaub (März 1858) wäre in einem solchen Szenario zu Beginn des Februars 2019 erreicht worden.

In Kombination mit dem weiteren Verlauf dieser Komponente (Leerlaufen eines Speichers) und möglicher zukünftiger Niederschlag-Abflussereignisse (mit dann eintretenden

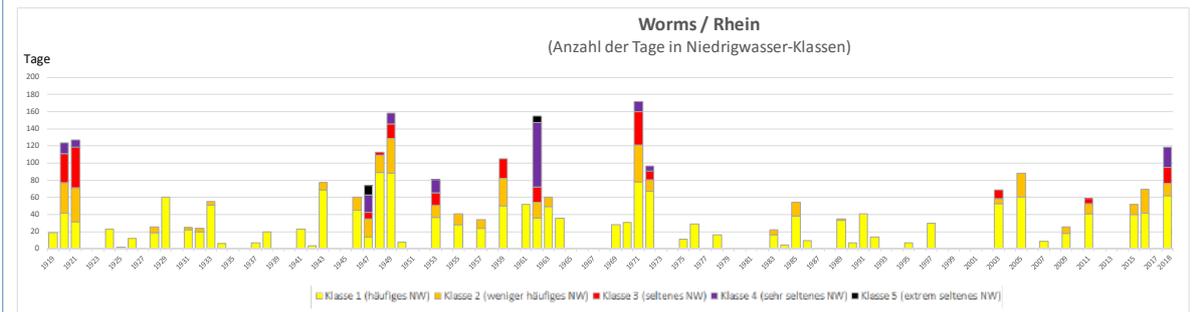
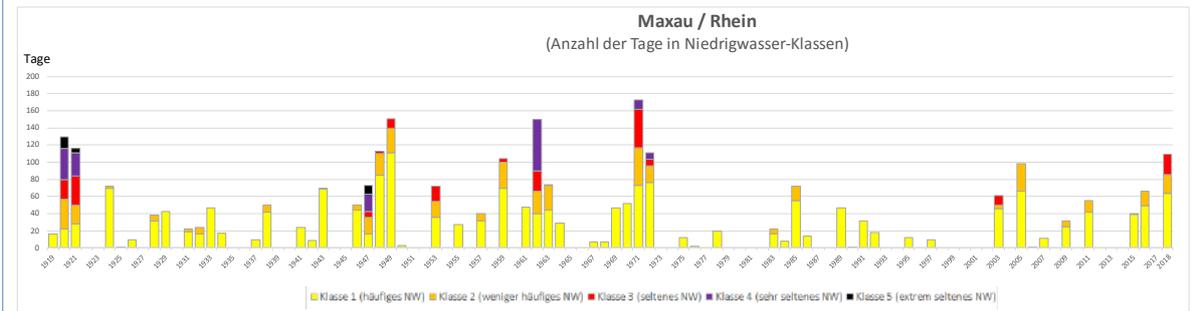
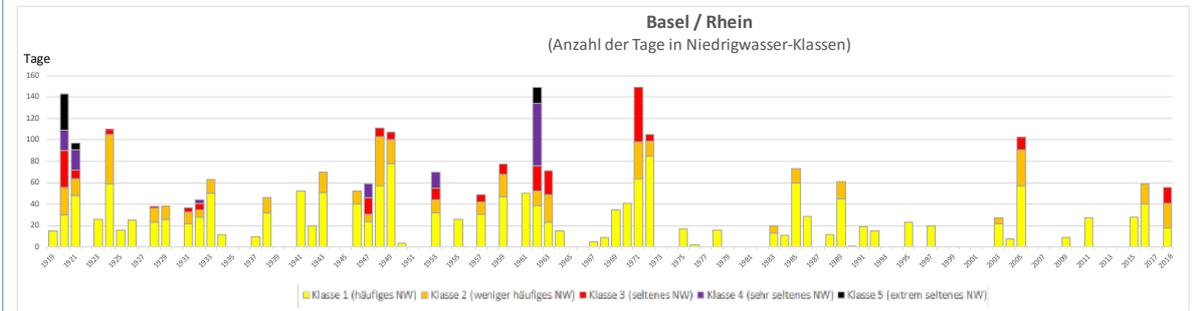
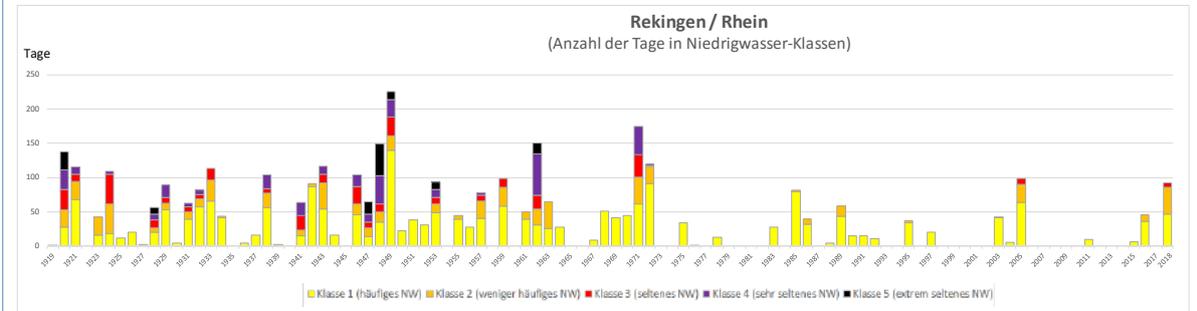
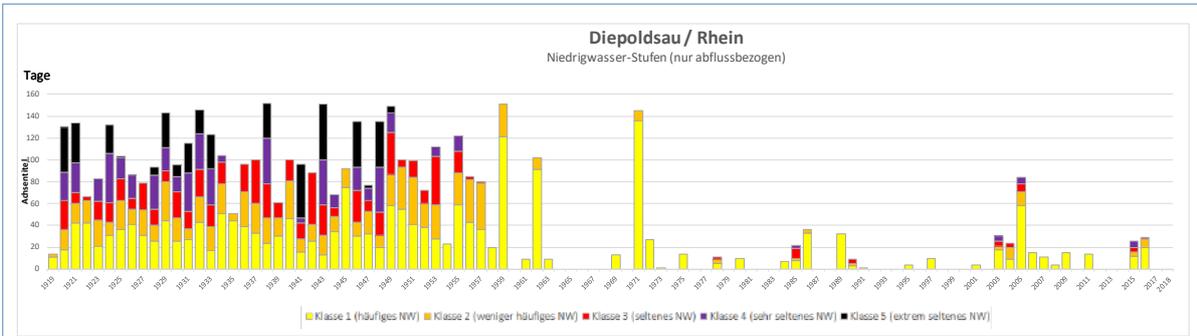
schnelleren Abflusskomponenten) ließ sich abschätzen, ob bzw. bis wann ein Auffüllen des Gebietsspeichers zu einem „normalen“ Basisabflussniveau führen konnte. Eine nachhaltige Auffüllung konnte dabei in der Regel nicht durch Einzelereignisse, sondern nur durch eine Ereignissequenz im Winter und Frühjahr erwartet werden.

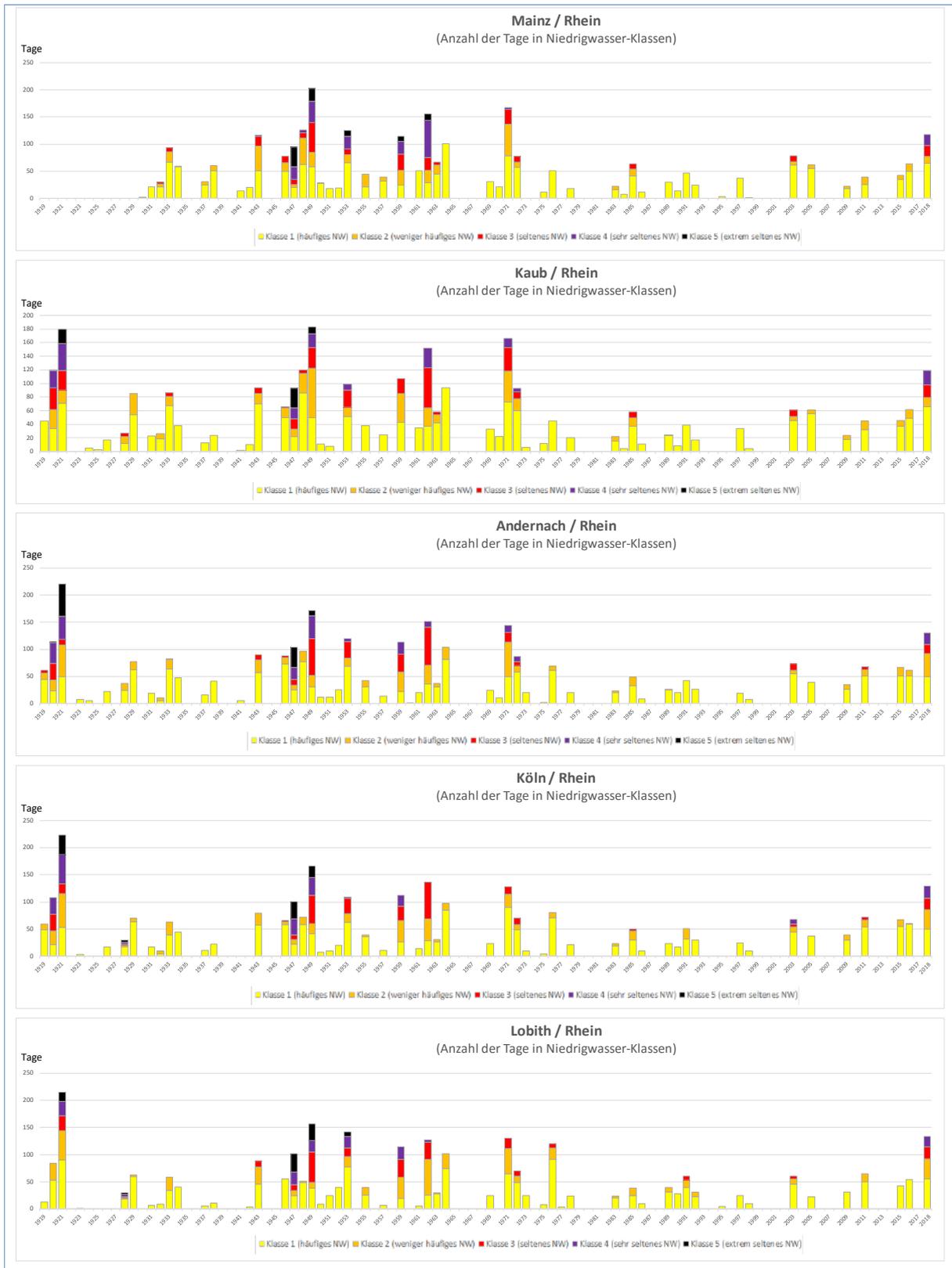
Ende Juni 2019 erreichten die aus (real) beobachteten Abflüssen berechneten Basisabflüsse des Pegels Kaub einen Wert von $820 \text{ m}^3/\text{s}$, der bezogen auf diesen Zeitpunkt im Jahresverlauf im langfristigen Vergleich leicht unterdurchschnittlich war (40%-Quantil). Damit ergab sich zwar eine weitgehende Erholung von der Niedrigwassersituation 2018, die Ausgangslage für den Sommer 2019 blieb bis dahin jedoch immer noch ungünstiger als zum entsprechenden Zeitpunkt im Jahr 2018 mit datumsbezogen etwa durchschnittlichem Basisabflussniveau von $880 \text{ m}^3/\text{s}$. (Helms & Maurer - BfG, 2019)

Anhang I - Rückblickendes Monitoring einschließlich 2018

Erläuterungen der Ausprägungsklassen:

Farbe	Klasse	Ausprägung	Bezeichnung
grün	0	\geq NM7Q(T2)	normal = kein NW
gelb	1	< NM7Q(T2)	häufiges NW
orange	2	< NM7Q(T5)	weniger häufiges NW
rot	3	< NM7Q(T10)	seltenes NW
violett	4	< NM7Q(T20)	sehr seltenes NW
schwarz	5	< NM7Q(T50)	extrem seltenes NW





Anhang II - Weitergehende Informationen zum Niedrigwasserereignis 2018

IKSR:

- Thema Niedrigwasser: <https://www.iksr.org/de/themen/niedrigwasser/>
- IKSR 2018: Bestandsaufnahme zu den Niedrigwasserverhältnissen am Rhein, Bericht Nr. 248. <https://www.iksr.org/de/dokumentearchiv/fachberichte/fachberichte-einzeldarstellung/news/detail/News/248-bestandsaufnahme-zu-den-niedrigwasserverhaeltnissen-am-rhein/>
- IKSR 2019: IKSR-Niedrigwasserüberwachung am Rhein und in seinem Einzugsgebiet: Erläuterungsbericht Nr. 261 und Links zum Niedrigwassermonitoringssystem: <https://www.iksr.org/de/themen/niedrigwasser/niedrigwassermonitoring/> sowie direkter Link zur UNDINE-Seite. http://undine.bafg.de/rhein/zustand-aktuell/rhein_nw_mon.html
- Bilder zum Niedrigwasserereignis 2018: <https://www.iksr.org/de/presse/bilder/niedrigwasser/>

CH:

- Information der schweizerischen Delegation in der EG LW (IKSR, intern)
- BAFU 2019A: Hydrologisches Jahrbuch der Schweiz 2018. Abfluss, Wasserstand und Wasserqualität der Schweizer Gewässer. Umwelt-Zustand Nr. 1907. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/wasser/publikationen-studien/publikationen-wasser/hydrologisches-jahrbuch-der-schweiz-2017.html>
- BAFU 2019B: Hitze und Trockenheit im Sommer 2018. Auswirkungen auf Mensch und Umwelt. Umwelt-Zustand Nr. 1909. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/dokumentation/medienmitteilungen/anzeige-nsb-unter-medienmitteilungen.msg-id-76786.html>
- EBP Schweiz 2019 (Bericht im Auftrag des BAFU): Trockenheit: Trockenheit im Sommer und Herbst 2018. Auswirkungen und deren Bewältigung in der Schweizer Wasserwirtschaft. https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/wasser/externe-studien-berichte/Trockenheit_im_Sommer_und_Herbst_2018.pdf.download.pdf/Trockenheit_im_Sommer_und_Herbst_2018.pdf
- MeteoSchweiz 2018A: Hitze und Trockenheit im Sommerhalbjahr 2018 - eine klimatologische Übersicht. Fachbericht MeteoSchweiz 272. https://www.meteoschweiz.admin.ch/content/dam/meteoswiss/de/service-und-publikationen/Publikationen/doc/Fachbericht_TrockenheitHitze_2018_final_d.pdf
- MeteoSchweiz 2018B: Klimabulletin Oktober 2018 https://www.meteoschweiz.admin.ch/content/dam/meteoswiss/de/service-und-publikationen/Publikationen/doc/201810_d.pdf
- MeteoSchweiz 2018c: Klimabulletin November 2018 https://www.meteoschweiz.admin.ch/content/dam/meteoswiss/de/Ungebundene-Seiten/Publikationen/doc/201811_d.pdf
- BAFU 06.08.2018: Sommer 2018: Trockenheit in der Schweiz. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/wasser/dossiers/trockenheit-in-der-schweiz-juli-2018.html>
- BAFU 14.08.2018: Niedrigwasser und hohe Wassertemperaturen im Sommer 2018. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/wasser/dossiers/niedrigwasser-sommer-2018.html>

- BAFU 21.09.2018: Die Niedrigwasserlage in der Schweiz hält an.
<https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/wasser/dossiers/niedrigwasserlage-schweiz-haelt-an-2018.html>
- BAFU 30.10.2018: Anhaltende Niedrigwasserlage im Oktober.
<https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/wasser/dossiers/anhaltende-niedrigwasserlage-im-oktober-2018.html>
- BAFU 05.12.2018: Ende des Niedrigwassers? Rückschau und Ausblick.
<https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/wasser/dossiers/ende-des-niedrigwassers-rueckschau-und-ausblick.html>

AT:

- Information der österreichischen Delegation in der EG LW (IKSR, intern)
- Homepage des Hydrographischen Dienstes Vorarlberg mit Niederschlags-, Grundwasser- und Abflussdaten: <https://vowis.vorarlberg.at/stationswrapper>
- Ganglinie Bodensee 2018:
<https://vowis.vorarlberg.at/images/see/archiv/SeeWasserstand/2018%20See%20Jahresganglinie.pdf>

FL: Information der liechtensteinischen Delegation in der EG LW (IKSR, intern)

DE:

- Informationen der deutschen Delegation in der EG LW und des Vorsitzenden der EG LW (IKSR, intern)
- DWD: Angaben des Deutschen Wetterdienstes:
https://www.dwd.de/DE/leistungen/besondereereignisse/temperatur/download_tabelle.html?nn=480164
- BfG: Angaben und Berichten der Bundesanstalt für Gewässerkunde:
https://www.bafg.de/DE/07_Nachrichten/20180629_nw.html?nn=169988.
- BfG 2019: Das Niedrigwasser 2018.
http://doi.bafg.de/BfG/2019/Niedrigwasser_2018.pdf
- BfG (Helms, M. und Maurer, T.) 2019: Ad-hoc Untersuchung der möglichen weiteren Entwicklung der Niedrigwassersituation am Rhein ab November 2018 auf Basis von Szenarien unter Verwendung ausgewählter historischer Abflussperioden (Ergänzte und in den Gebietsniederschlagsangaben korrigierte Version vom 19.02.2019). Unveröffentlichter BfG-interner Bericht.
- KLIWA 2019: Das Jahr 2018 im Zeichen des Klimawandels? Viel Wärme, wenig Wasser in Süddeutschland. <https://www.kliwa.de/download/Rueckblick2018.pdf>
- Berichte der Bundesländer zum „Trockenjahr 2018“ (einige Berichte sind noch nicht verfügbar):
 - HE: HLNUG 2019 (Löns-hanna, C., Kremer, M., Rittershofer, B.): Niedrigwasser und Trockenheit 2018.
https://www.hlnug.de/fileadmin/dokumente/wasser/sonstige_berichte/Niedrigwasserbericht_2018.pdf
 - RP: LFU RP 2019. Der Sommer 2018 in Rheinland-Pfalz: Ein Wasserwirtschaftlicher Bericht.
https://lfu.rlp.de/fileadmin/lfu/Startseitenbeitraege/Wasserwirtschaftlicher_Bericht/Der_Sommer_2018_in_RLP_web.pdf
 - BW: LUBW 2019: Zu warm, zu heiß, zu trocken? Eine klimatische Einordnung des Jahres 2018 für Baden-Württemberg. https://www.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/dateien/PDF/190312_Klimabericht_BW_2018.pdf
 - BY: *Bericht in Bearbeitung*. Weitere Informationen: Niedrigwasser- Informationsdienst Bayern und Alarmplan Main (<https://www.nid.bayern.de/>) sowie Niedrigwasser-Lagebericht Bayern: <https://www.nid.bayern.de/lage/archiv/133>

- Destatis (Statistisches Bundesamtes) 2019: Niedrigwasser beschert Binnenschifffahrt Rekordminus - Pressemitteilung Nr. 112 vom 25. März 2019. https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2019/03/PD19_112_463.html
- IfW (Kieler Institut für Weltwirtschaft) 2018: Kieler Konjunkturberichte - Deutsche Konjunktur im Winter 2018, Dezember 2018. https://www.ifw-kiel.de/fileadmin/Dateiverwaltung/IfW-Publications/-ifw/Konjunktur/Prognosetexte/deutsch/2018/KKB_50_2018-Q4_Deutschland_DE.pdf

FR: Information der französischen Delegation in der EG LW (IKSR, intern)

NL:

- Information der niederländischen Delegation in der EG LW (IKSR, intern)
- RWS 2018: Droogtemonitoren (Startbericht, 10 april 2018); <https://waterberichtgeving.rws.nl/LCW/droogtedossier/droogtemonitoren-2018>
- INFRAM 2019: Rapport eerste fase Beleidstafel Droogte; <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2019/04/04/rapport-eerste-fase-beleidstafel-droogte>

ZKR: Information/Beitrag der ZKR (Beobachter in der EG LW): „Niedrigwasserstände auf dem Rhein im Jahr 2018 und ihre wirtschaftlichen Auswirkungen auf die Binnenschifffahrt und den Industriesektor in Deutschland“ (IKSR, intern)

BASF: BASF 2019: BASF-Bericht 2018 Ökonomische, ökologische und gesellschaftliche Leistung. https://www.basf.com/global/documents/de/news-and-media/publications/reports/2019/BASF_Bericht_2018.pdf