

Wasserbeschaffenheit der Elbe während des extremen Niedrig- wassers von Juli bis Dezember 2018



Hübner, G. & Schwandt, D.,
Bundesanstalt für
Gewässerkunde (BfG)

Stand: 04.05.2020



Impressum

Herausgeber:	Flussgebietsgemeinschaft Elbe Otto-von-Guericke-Straße 5 39104 Magdeburg www.fgg-elbe.de
Redaktion:	Bundesanstalt für Gewässerkunde Geschäftsstelle der FGG Elbe
Bearbeitung:	Dr. Gerd Hübner Dr. Daniel Schwandt
Layout:	Geschäftsstelle der FGG Elbe
Bildnachweise Titelseite:	oben links: Elbe in Dresden bei Elbbrücke „Blaues Wunder“ am 27.07.2018 (Copyright Petra Walther, LfULG Sachsen) oben rechts: Elbe mit Messstation Cumlosen (rote Markierung) am 05.10.2018 (Copyright WSV/BfG) unten links: Mündung der Mulde in die Elbe am 17.09.2018 (Copyright WSV/BfG)

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	6
1 Einleitung	7
2 Hydrologische Einordnung des Niedrigwassers	8
3 Messprogramm, ergänzende Daten und Methoden	10
4 Wasserbeschaffenheit	13
4.1 Basiskenngrößen: Stichproben / kontinuierliche Sondenmessungen.....	13
4.2 Abfiltrierbare Stoffe, organischer Kohlenstoff, Chlorophyll a, Nährstoffe.....	18
4.3 Chlorid und Sulfat.....	20
4.4 Metalle	21
4.5 Schwermetalle / Arsen	23
4.6 Arzneistoffe	29
5 Einordnung der Ergebnisse	30
5.1 Wasserführung.....	30
5.2 Wasserbeschaffenheit.....	30
5.2.1 Basiskenngrößen	30
5.2.2 Phosphor.....	31
5.2.3 Haptionen.....	32
5.2.4 Schwermetalle / Arsen	33
5.2.5 Arzneistoffe	35
5.3 Methodische Aspekte zum Messprogramm.....	36
6 Literatur / Quellen	38

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Durchfluss (Tagesmittelwerte) an den Elbepegeln Wittenberg und Barby sowie Niederschlagshöhe (Tagessumme) an der Wetterstation (WST) Wittenberg im Jahr 2018.....	8
Abbildung 2: Beteiligte Behörden/Institutionen sowie Messstellen und Pegel des Messprogramms Extremereignisse beim Niedrigwasser 2018	10
Abbildung 3: Durchfluss (Tagesmittelwerte) an ausgewählten Elbepegeln vom 1.6. - 31.12.2018 im Vergleich zum langjährigen mittleren Niedrigwasserdurchfluss (MNQ ₁₉₅₆₋₂₀₁₈) und Probenahmeterminen (schwarze Linien: reguläre Termine nach FGG Elbe 2017a, schwarz-rote Linien: Zusatztermine im Rahmen des MPE).....	11
Abbildung 4: Sauerstoffgehalt (tägliche Spannweite) und Wassertemperatur (Tagesmaximum) der Elbe an den Messstationen Schmilka (Betriebsstörung 9.10. - 31.10.2018) und Schnackenburg im Vergleich zum Durchfluss (Tagesmittelwerte) während des Niedrigwassers 2018	17
Abbildung 5: Spannweite und Mittelwert der Konzentration von ortho-Phosphat-Phosphor in Elbe, Mulde, Saale und Havel beim Niedrigwasser (NW) 2018 und 2015 sowie im Jahr 2012.....	19
Abbildung 6: Konzentration von ortho-Phosphat-Phosphor (ortho-P), Chlorophyll a und abfiltrierbaren (abf.) Stoffen in der Elbe; oben: im Längsverlauf zwischen Schmilka und Schnackenburg am 15.8.2018; unten bei Schnackenburg vom 16.7. - 10.12.2018	20
Abbildung 7: Spannweite und Mittelwert der Konzentration von Chlorid (oben) und Sulfat (unten) in Elbe, Mulde, Saale und Havel beim Niedrigwasser (NW) 2018, 2015 und im Jahr 2012	21
Abbildung 8: Links: Konzentration von Calcium und Magnesium in der Elbe bei Wittenberg (WB), bei Schnackenburg (SN) sowie in der Saale bei Rosenberg (RO) beim Niedrigwasser (NW) 2018, 2015 und im Jahr 2012; rechts: Massenverhältnis von Calcium und Magnesium an den vorgenannten Messstellen im Vergleich zum Durchfluss (Q, Tagesmittelwerte) an den Bezugspegeln beim NW 2018, 2015 und im Jahr 2012.....	22
Abbildung 9: Links: Konzentration von Natrium und Kalium in der Elbe bei Wittenberg (WB), bei Schnackenburg (SN) sowie in der Saale bei Rosenberg (RO) beim Niedrigwasser (NW) 2018, 2015 und im Jahr 2012; rechts: Massenverhältnis von Natrium und Kalium an den vorgenannten Messstellen im Vergleich zum Durchfluss (Q, Tagesmittelwerte) an den Bezugspegeln beim NW 2018, 2015 und im Jahr 2012	22
Abbildung 10: Spannweite und Mittelwert der Konzentration von Nickel in Elbe, Mulde, Saale und Havel beim Niedrigwasser (NW) 2018, 2015 und im Jahr 2012 (BG = Bestimmungsgrenze)	25
Abbildung 11: Spannweite und Mittelwert der Konzentration von Arsen in Elbe, Mulde, Saale und Havel beim Niedrigwasser (NW) 2018, 2015 und im Jahr 2012.....	26
Abbildung 12a/b/c/d: Konzentration von a) Blei (oben links), b) Cadmium (oben rechts), c) Chrom (unten links) und d) Kupfer (unten rechts) in Wochenmischproben (WMP, unfiltriert) und Einzelproben (EP, unfiltriert) der Elbe nach dem MPE beim Niedrigwasser 2018 an den Messstellen Schmilka, Wittenberg und Schnackenburg sowie Durchfluss (Q, Tagesmittelwerte) an den Bezugspegeln (BG = Bestimmungsgrenze).....	27

Abbildung 13a/b/c/d: Konzentration von a) Nickel (oben links), b) Quecksilber (oben rechts), c) Zink (unten links) und d) Arsen (unten rechts) in Wochenmischproben (WMP, unfiltriert) und Einzelproben (EP, unfiltriert) der Elbe nach dem MPE beim Niedrigwasser 2018 an den Messstellen Schmilka, Wittenberg und Schnackenburg sowie Durchfluss (Q, Tagesmittelwerte) an den Bezugspegeln (BG = Bestimmungsgrenze)28

Abbildung 14: Spannweite und Mittelwert der Konzentration von Arzneistoffen in der Elbe bei Schmilka und Schnackenburg beim Niedrigwasser (NW) 2018 und 2015 sowie im Jahr 2012 (BG = Bestimmungsgrenze)29

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: NM7Q (Niedrigster mittlerer Durchfluss von 7 aufeinanderfolgenden Tagen im Kalenderjahr [m³/s]) der Pegel Dresden, Barby und Wittenberge in den Niedrigwasserjahren 2003, 2015 und 2018 sowie im Vergleichsjahr 2012 9

Tabelle 2: Unterschreitungsdauer des MNQ ($\Sigma D = \text{Gesamtzahl Tage} \leq \text{MNQ}$; maxD = längste Andauer $\leq \text{MNQ}$) an den Pegeln Schöna, Magdeburg-Strombrücke und Wittenberge in den Jahren 2003, 2015 und 2018 9

Tabelle 3: Messstellen des Messprogramms Extremereignisse 2018 10

Tabelle 4: Kenngrößen mit erhöhten Messwerten an mindestens drei Messstellen des MPE beim Niedrigwasser (NW) 16.7. - 10.12.2018; x = Maximum der NW-Messwerte ist größer als das Maximum der Einzelproben-Messwerte im Vergleichsjahr 2012 13

Tabelle 5: Maximum (Max.) von Wassertemperatur, pH-Wert und elektrischer Leitfähigkeit sowie Minimum (Min.) des Sauerstoffgehalts der Elbe beim Niedrigwasser 2018 nach dem MPE 14

Tabelle 6: Höchster Tagesmittelwert von Wassertemperatur, pH-Wert und elektrischer Leitfähigkeit sowie niedrigster Tagesmittelwert des Sauerstoffgehalts der Elbe beim Niedrigwasser (NW) 2018 und 2015 sowie im Gesamtjahr 2018 und 2012 nach kontinuierlicher Messung; NW-Messwerte 2018 im **Fettdruck**, wenn sie den größten bzw. beim Sauerstoffgehalt den niedrigsten Messwert darstellen 14

Tabelle 7: Maximum von Wassertemperatur, pH-Wert und elektrischer Leitfähigkeit sowie Minimum des Sauerstoffgehalts der Elbe beim Niedrigwasser (NW) 2018 und 2015 sowie im Gesamtjahr 2018 und 2012 nach kontinuierlicher Messung; NW-Messwerte 2018 im **Fettdruck**, wenn sie den größten bzw. beim Sauerstoffgehalt den niedrigsten Messwert darstellen 15

Tabelle 8: Mittelwert und Spannweite der Konzentration von abfiltrierbaren Stoffen, TOC, DOC und Chlorophyll a in der Elbe beim Niedrigwasser (NW) 2018, 2015 sowie im Jahr 2012 18

Tabelle 9: Prozentanteile (Mittelwerte) gelöster Schwermetalle bzw. von gelöstem Arsen an der betreffenden Gesamtkonzentration in Einzelproben des Niedrigwassers (NW) 2018 und 2015 sowie des Jahres 2012 (n = Anzahl Wertepaare [gelöst/gesamt] mit quantitativer Bestimmung; **Fettdruck** = größte Prozentanteile der gelösten Fraktion beim NW 2018) 24

Tabelle 10: Erhöhte Konzentrationen diverser Schwermetalle in der Elbe beim Niedrigwasser (NW) 2018 nach dem MPE (Max. = maximale Konzentration) 25

Zusammenfassung

Das extreme Niedrigwasser der Elbe im Sommer und Herbst des Jahres 2018 erstreckte sich über einen längeren Zeitraum und war intensiver ausgeprägt als die vorangegangenen Niedrigwasserereignisse in den Jahren 2003 und 2015. Die Wasserführung der Elbe wurde erheblich durch Zuschusswasser aus Talsperren in der Tschechischen Republik gestützt, was sich positiv auf die Wasserbeschaffenheit der Elbe in Sachsen auswirkte.

Während des Niedrigwassers kam das „Messprogramm für hydrologische Extremereignisse an der Elbe“ der Flussgebietsgemeinschaft Elbe zum Einsatz, durchgeführt von den wasserwirtschaftlichen Institutionen der Bundesländer Sachsen, Sachsen-Anhalt, Brandenburg und Niedersachsen und koordiniert von der Bundesanstalt für Gewässerkunde. Dadurch konnte die Wasserbeschaffenheit der Elbe von Schmilka bis Schnackenburg sowie der unteren Mulde, Saale und Havel 14-täglich beprobt werden. Die Messergebnisse bilden zusammen mit weiteren Daten aus dem Wassergütemonitoring der Länder die Basis für den vorliegenden Bericht. In Abhängigkeit von Wasserführung und Messterminen wird der Niedrigwasserzeitraum vom 16.7. bis 10.12.2018 betrachtet. Zur Einordnung und als Interpretationshilfe werden die Messergebnisse dem hydrologischen Referenzjahr 2012 sowie dem Niedrigwasser 2015 gegenübergestellt.

Obgleich außergewöhnlich hohe Wassertemperaturen der Elbe gemessen wurden, blieb die Sauerstoffkonzentration oberhalb fischkritischer Werte. Hohe pH-Werte traten in der Elbe nur vor der Niedrigwasserperiode, in der Mulde dagegen im Juli und August auf. Typisch für Niedrigwasserverhältnisse erhöhte sich die Konzentration der Hauptionen. Calcium, Kalium, Natrium und Chlorid sowie die elektrische Leitfähigkeit zeigten an einzelnen Messstellen Konzentrationsspitzen bzw. Höchstwerte, die dort seit 20 bis 25 Jahren nicht mehr gemessen wurden. Unter den Nährstoffen (N+P) trat in der Elbe nur ortho-Phosphat-P mehrfach in erhöhter Konzentration auf, dies jedoch ausschließlich unterhalb der Havelmündung. Die Konzentration des ortho-Phosphat-P war gegenläufig zur Konzentration von Chlorophyll a und der abfiltrierbaren Stoffe.

Die Konzentration des organischen Kohlenstoffs (TOC, DOC) blieb unauffällig, ebenso die Konzentration der organischen Schadstoffe HCH und DDX. Bei drei der vier in der Elbe bei Schmilka und Schnackenburg untersuchten Arzneistoffe traten gegenüber dem Referenzjahr erhöhte Konzentrationen auf.

Aufgrund der niedrigen Konzentration abfiltrierbarer Stoffe befand sich ein relativ großer Anteil der analysierten Schwermetalle und von Arsen in Lösung. Die Konzentration von Nickel und Arsen war aber auch in der Gesamtprobe an mehreren Messstellen erhöht.

Durch die erhöhte Probenahmefrequenz gemäß des Messprogramms Extremereignisse konnten gegenüber dem Routinemonitoring zahlreiche zusätzliche im Vergleich zum Referenzjahr erhöhte Messwerte ermittelt werden. Diese repräsentieren teilweise auch den Maximalwert der Kenngröße im gesamten Niedrigwasserzeitraum und unterstreichen die Wichtigkeit zusätzlicher Messungen im extremen Niedrigwasserfall.

1 Einleitung

Nach dem extremen Niedrigwasser der Elbe im Sommer und Herbst des Jahres 2015 (FGG Elbe 2016a) und einer ausgeprägten Niedrigwasserperiode im August und September 2016 (FGG Elbe 2019a) trat in der zweiten Hälfte des Jahres 2018 wiederum ein bemerkenswertes Niedrigwasserereignis im Elbegebiet auf. Die außerordentlich niedrige Wasserführung sowie die lange Dauer dieses Ereignisses gaben den Anlass zu dem vorliegenden Niedrigwasserbericht der Flussgebietsgemeinschaft (FGG) Elbe.

Wie die Niedrigwasserperioden 2015 und 2016 wurde auch das Niedrigwasser 2018 vom Einsatz des „Messprogramms für hydrologische Extremereignisse an der Elbe“ der FGG Elbe (kurz: „MPE“, FGG Elbe 2016b) begleitet, dessen Ergebnisse im Fokus dieses Berichtes stehen. Angefangen mit dem Junihochwasser 2013 (FGG Elbe 2014) kam das MPE damit zum vierten Mal zur Anwendung. Getragen wird das MPE von den Bundesländern Sachsen, Sachsen-Anhalt, Brandenburg, Niedersachsen und im Hochwasserfall auch von Hamburg. Die Koordination liegt bei der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG). Weiterhin ist das Helmholtzzentrum für Umweltforschung (UFZ) mit eigenen Messungen am MPE beteiligt (UFZ 2019), deren Auswertungen gesondert publiziert werden.

Auch bei dem vorliegenden Bericht handelt es sich im Wesentlichen um eine vergleichende Darstellung, Einordnung und Bewertung der Messergebnisse. Im Unterschied zu den vorausgegangenen Niedrigwasserberichten der FGG Elbe (FGG Elbe 2016a, 2019a) werden zur umfassenderen Betrachtung des Gewässerchemismus auch Messergebnisse der Länder aus Wochenmischproben des Elbewassers einbezogen. Auswertungen zum Stofftransport und dessen Modellierung werden Gegenstand weiterer Publikationen sein.

2 Hydrologische Einordnung des Niedrigwassers

Die Ausbildung der hydrologischen Dürre im Jahr 2018 wurde maßgeblich durch wiederholte und langanhaltende Zeitabschnitte mit geringen Niederschlägen, außergewöhnlich hohen Temperaturen und hoher Evapotranspiration bestimmt. So wurden 2018 in Deutschland der wärmste April und Mai sowie der zweitwärmste August seit Beginn flächendeckender Temperaturmessungen im Jahre 1881 beobachtet (DWD 2018).

Im gesamten deutschen Teil des Elbeinzugsgebietes war der Februar 2018 extrem trocken. Das obere Teilgebiet bis einschließlich der Saale verzeichnete anschließend von März bis November 2018 gegenüber dem Mittel der Jahre 1981 bis 2010 unterdurchschnittliche Gebietsniederschläge, über vier Monate sogar weniger als 50 % des langjährigen Mittels. Im Teilgebiet unterhalb der Saale wurden von Mai bis November ebenfalls unterdurchschnittliche Gebietsniederschläge registriert, davon in fünf Monaten weniger als 50 % des langjährigen Mittels und in den restlichen zwei Monaten nur wenig mehr (DWD 2018). In der Tschechischen Republik waren 2018 das Böhmisches Becken und damit (Teil-) Einzugsgebiete der Beraun (Berounka), Sasau (Sázava), Eger (Ohře) und Oberen Elbe (Horní Labe) von der Dürre besonders betroffen (ČHMÚ 2019).

Die exemplarische Darstellung des Niederschlags an der DWD-Wetterstation Wittenberg in Abbildung 1 zeigt von Mai bis November lange Zeiträume fast ohne Niederschlag (z. B. vom 27.4. - 20.6.2018 [55 Tage] in Summe nur 0,7 mm) und lediglich kurze, wenig ergiebige Niederschlagsereignisse.

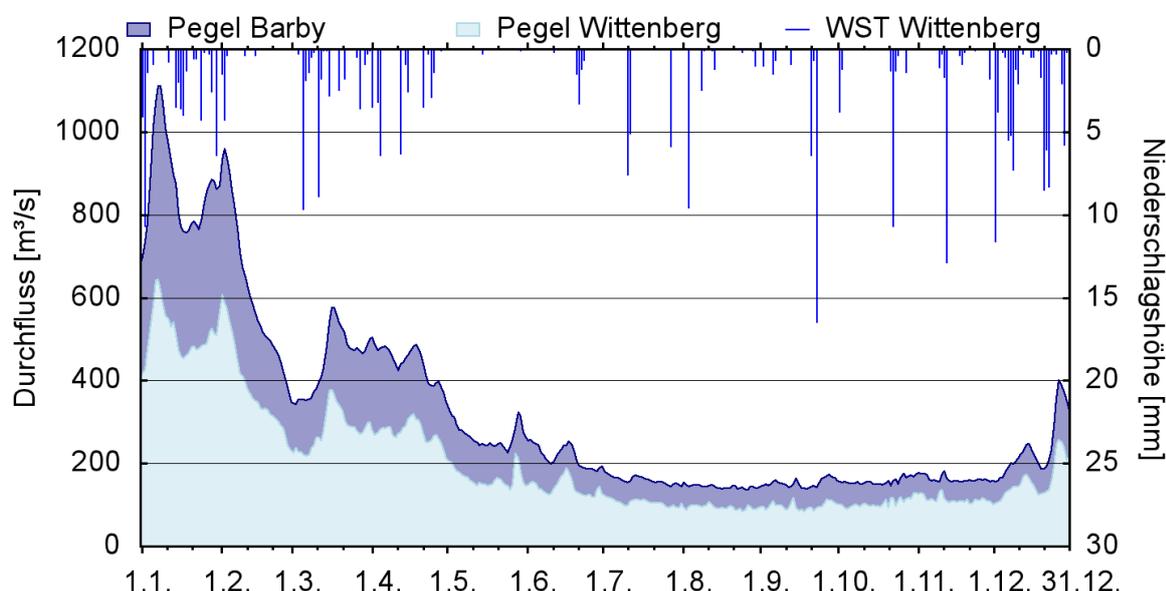


Abbildung 1: Durchfluss (Tagesmittelwerte) an den Elbepegeln Wittenberg und Barby sowie Niederschlagshöhe (Tagessumme) an der Wetterstation (WST) Wittenberg im Jahr 2018

Die geringen Niederschlagsmengen wurden in den Sommermonaten kaum und in den Herbstmonaten nur in geringem Maße abflusswirksam, so dass die Wasserführung der Mittel- und Unterelbe von Juli bis September kontinuierlich abnahm (Abbildung 1 und Abbildung 3). Am Pegel Schöna zeigten sich dagegen häufige Schwankungen der Wasserführung, die vor allem auf die Talsperrensteuerung in der Tschechischen Republik und weniger auf kurze Niederschlagsereignisse zurückgeführt werden können.

Der Vergleich der Niedrigwasserereignisse 2018, 2015 und 2003 mittels des hydrologischen Kennwertes NM7Q (niedrigster mittlerer Durchfluss von 7 aufeinanderfolgenden Tagen eines Jahres) ergibt für den Pegel Dresden 2018 und 2015 die gleiche Intensität des Niedrigwassers, jedoch einen zeitlichen Versatz der geringsten Wasserführung (Mitte September 2018 versus Mitte August 2015) (Tabelle 1). 2003 war das NM7Q höher, also das Niedrigwasser schwächer ausgeprägt. Unterhalb der Saalemündung, an den Pegeln Barby und Wittenberge, war das Niedrigwasser 2018 stärker ausgeprägt als 2015 und 2003. Die geringste Wasserführung war jeweils im August zu verzeichnen (Ende August 2018 bzw. Mitte August 2015 und 2003).

Tabelle 1: NM7Q (Niedrigster mittlerer Durchfluss von 7 aufeinanderfolgenden Tagen im Kalenderjahr [m³/s]) der Pegel Dresden, Barby und Wittenberge in den Niedrigwasserjahren 2003, 2015 und 2018 sowie im Vergleichsjahr 2012

Pegel	2003	2012	2015	2018
Dresden, Elbe	93,7 (10.8.-16.8.)	127 (26.5.-1.6.)	81,7 (10.8.-16.8.)	82,8 (14.9.-20.9.)
Barby, Elbe	171 (13.8.-19.8.)	232 (28.8.-3.9.)	153 (10.8.-16.8.)	140 (23.8.-29.8.)
Wittenberge, Elbe	175 (15.8.-21.8.)	299 (28.8.-3.9.)	183 (11.8.-17.8.)	167 (25.8.-31.8.)

Die Unterschreitungsdauer des MNQ₁₉₅₆₋₂₀₁₈ (langjähriger mittlerer Niedrigwasserdurchfluss im Zeitraum 1956 bis 2018) an den in Tabelle 2 aufgeführten Elbepegeln war 2018 von der Gesamtzahl der Tage und insbesondere von der maximalen Andauer weitaus länger als 2015 und 2003.

Tabelle 2: Unterschreitungsdauer des MNQ (ΣD = Gesamtzahl Tage \leq MNQ; maxD = längste Andauer \leq MNQ) an den Pegeln Schöna, Magdeburg-Strombrücke und Wittenberge in den Jahren 2003, 2015 und 2018

Elbepegel	MNQ ₁₉₅₆₋₂₀₁₈	2003	2015	2018
Schöna	102	ΣD 41 Tage maxD 14 Tage (5.8.-18.8.)	ΣD 69 Tage maxD 24 Tage (24.7.-16.8.)	ΣD 141 Tage maxD 24 Tage (16.7.-8.8. & 10.8.-2.9.)
Magdeburg-Strombrücke	235	ΣD 152 Tage maxD 70 Tage (2.8.-10.10.)	ΣD 128 Tage maxD 50 Tage (1.7.-19.8.)	ΣD 190 Tage maxD 176 Tage (21.6.-13.12.)
Wittenberge	286	ΣD 158 Tage maxD 105 Tage (1.7.-13.10.)	ΣD 139 Tage maxD 52 Tage (2.7.-22.8.)	ΣD 199 Tage maxD 189 Tage (10.6.-15.12.)

Wie diese Auswertungen zeigen, war das Niedrigwasser 2018 langanhaltender und unterhalb der Saalemündung auch stärker ausgeprägt als die Niedrigwasserereignisse 2015 und 2003.

3 Messprogramm, ergänzende Daten und Methoden

Nach etwa 14-tägiger Unterschreitung der auf Tagesmittelwerte bezogenen Auslöseschwellen des Durchflusses an den Elbepegeln Schöna (2. - 16.7.2018: $Q < 105 \text{ m}^3/\text{s}$) und Barby (2. - 16.7.2018: $Q < 210 \text{ m}^3/\text{s}$) wurde das MPE ab dem 16.7.2018 durchgeführt. Aus organisatorischen Gründen erfolgten die ersten Probenahmen in Sachsen-Anhalt am 17.7.2018, in Sachsen am 18.7.2018. Die Messtermine des MPE orientierten sich wiederum am Koordinierten Elbemessprogramm (KEMP) (FGG Elbe 2017a), das planmäßig auf eine Beprobung im etwa 14-täglichen Turnus verdichtet wurde (Abbildung 3). Die letzte Probenahme im Rahmen des MPE fand am 10.12.2018 bei wieder ansteigender Wasserführung statt.

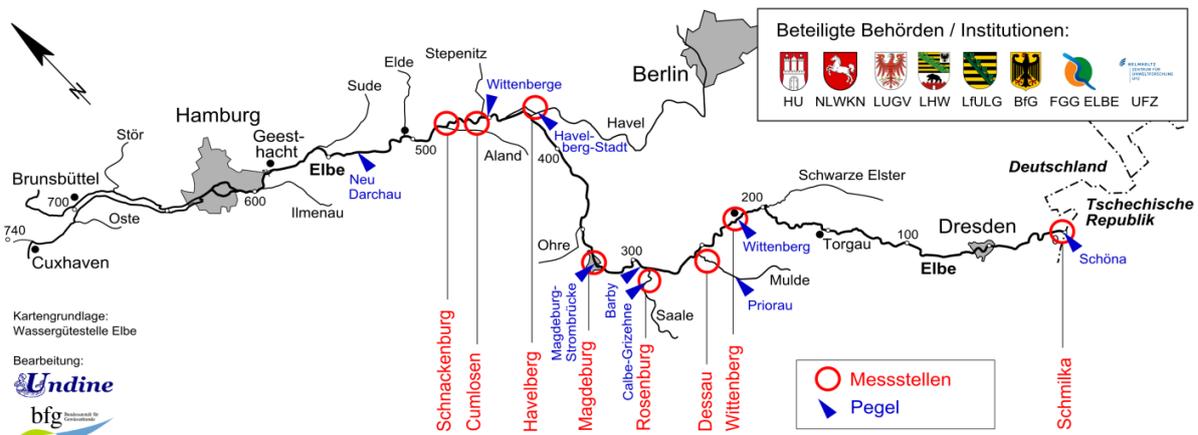


Abbildung 2: Beteiligte Behörden/Institutionen sowie Messstellen und Pegel des Messprogramms Extremereignisse beim Niedrigwasser 2018

Tabelle 3: Messstellen des Messprogramms Extremereignisse 2018

Fluss	Messstelle	Kürzel	Fluss-km	Flussseite	Bundesland
Elbe	Schmilka*	SM	3,9	rechts	Sachsen
Elbe	Wittenberg*	WB	213,8	Mitte	Sachsen-Anhalt
Elbe	Magdeburg	MD	318,1	links	Sachsen-Anhalt
Elbe	Cumlosen*	CU	470,0	rechts	Brandenburg
Elbe	Schnackenburg*	SN	474,5	links	Niedersachsen
Mulde	Dessau*	DE	7,6	links	Sachsen-Anhalt
Saale	Rosenburg	RO	4,5	rechts	Sachsen-Anhalt
Havel	Havelberg	HV	144,9	rechts	Brandenburg

* hier: zusätzlicher Einbezug von Ergebnissen der automatischen kontinuierlichen Gewässergüte-Überwachung der Länder bzw. der BfG (Radiologische Messstation Wittenberg; Fluss-km 216,6)

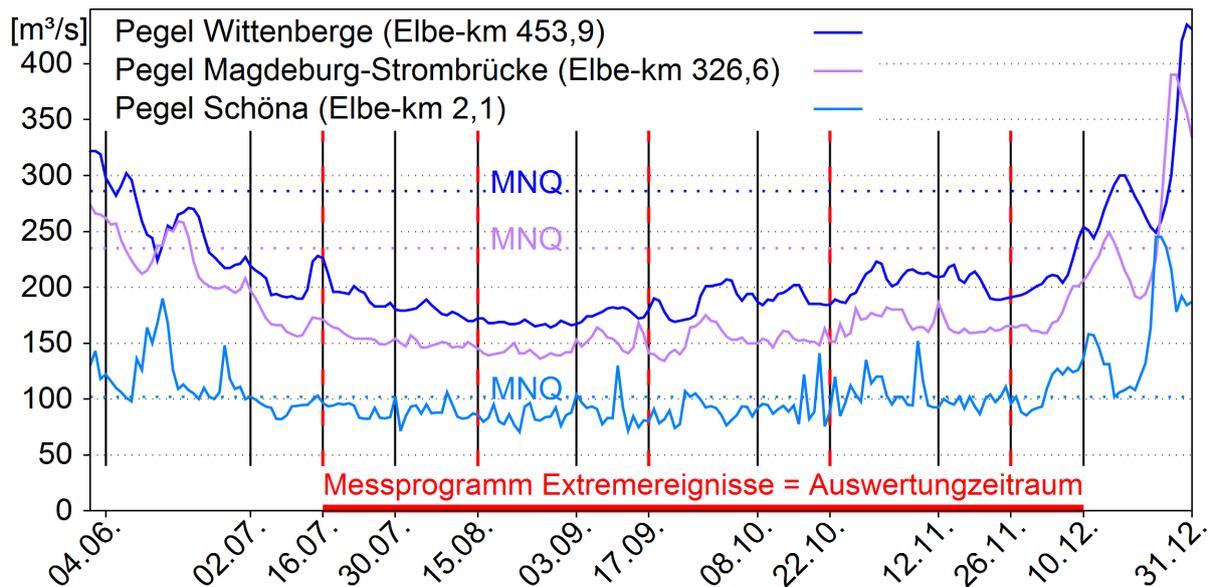


Abbildung 3: Durchfluss (Tagesmittelwerte) an ausgewählten Elbepegeln vom 1.6. - 31.12.2018 im Vergleich zum langjährigen mittleren Niedrigwasserdurchfluss (MNQ₁₉₅₆₋₂₀₁₈) und Probenahmetermine (schwarze Linien: reguläre Termine nach FGG Elbe 2017a, schwarz-rote Linien: Zusatztermine im Rahmen des MPE)

Untersucht wurden im Spektrum des KEMP (FGG Elbe 2017a) enthaltene Basiskenngrößen der Wasserbeschaffenheit, Hauptionen, Nährstoffe, Schwermetalle und Arsen, schwerlösliche halogenierte Kohlenwasserstoffe, Arzneistoffe sowie einzelne bio- bzw. bakteriologische Kenngrößen. Die Analysen erfolgten gemäß der nach KEMP (FGG Elbe 2017a) vorgesehenen Methodik.

Eine Zusammenstellung der nach dem MPE erhobenen Daten findet sich in BfG (2019a). Perspektivisch werden die Messwerte des MPE 2018 wie die Messwerte aus den vorausgehenden MPE-Einsätzen im Datenportal der FGG Elbe (2019b) aufgenommen. Neben diesen Messergebnissen stützt sich die nachfolgend vorgenommene Auswertung auf folgende Datengrundlagen:

- Durchfluss (Tagesmittelwerte) an Pegeln der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung (WSV), bereitgestellt von der BfG,
- Ergebnisse kontinuierlicher Messungen von Basiskenngrößen der Wasserbeschaffenheit der Elbe aus Landesmessstationen im Jahr 2018 (unmittelbar von den betreffenden Landesinstitutionen übermittelte Daten) und der Radiologischen Messstation Wittenberg, bereitgestellt von der BfG,
- Messergebnisse der Länder zur Wasserbeschaffenheit von Einzelproben sowie Wochenmischproben im Jahr 2018 (unmittelbar von den betreffenden Landesinstitutionen übermittelte Daten),
- Messergebnisse der Länder zur Wasserbeschaffenheit im Zeitraum 2012 bis 2017 nach FGG Elbe (2019b),
- Messergebnisse (Einzelproben) des Landesamtes für Umwelt (LfU) Brandenburg zur Messstelle Havelberg/Havel des Jahres 2012 (nicht in FGG Elbe 2019b).

Als Bewertungsgrundlage werden die Verhältnisse beim Niedrigwasser 2018 (Zeitraum 16.7. - 10.12.2018) in methodischer Analogie zu FGG Elbe (2016a) verglichen mit:

- dem Niedrigwasser 2015 (20.7. bis 5.10.2015; vorausgehendes extremes Niedrigwasserereignis),
- dem Jahr 2012 als hydrologisches „Normal-“/Referenzjahr ohne ausgeprägtes Hoch- oder Niedrigwasser,
- dem Gesamtjahr 2018 (soweit diese Daten bis zum 1.7.2019 verfügbar waren).

Wenn nicht anders vermerkt, nehmen die Vergleiche zu Messwerten außerhalb des MPE nur auf Messwerte von Einzelproben Bezug. Messwerte beim Niedrigwasser 2018, die den Höchstwert des Vergleichsjahres 2012 an der betreffenden Messstelle überschreiten, werden als „erhöht“ oder „auffällig“ bezeichnet. Zur Mittelwertberechnung von Messreihen wurden Messergebnisse unter der Bestimmungsgrenze mit der Hälfte des Wertes dieser Bestimmungsgrenze angenommen. Ein Mittelwert wurde nur ausgewiesen, wenn mindestens die Hälfte der Messwerte quantitativ bestimmt werden konnte. Bei Elementen, deren Konzentration in unfiltrierten „Gesamtproben“ und filtrierten Proben bestimmt wurde, lag in Einzelfällen der Messwert der filtrierten geringfügig über dem Messwert der unfiltrierten Probe. In diesen Fällen wurde die Konzentration der unfiltrierten Probe auch für die filtrierte Probe zugrunde gelegt. Stoffe in der filtrierten Probe (0,45 µm-Filter) werden ohne Berücksichtigung von kolloidalen Bindungsformen als „gelöst“ bezeichnet.

4 Wasserbeschaffenheit

Beim Niedrigwasser 2018 wiesen einige Kenngrößen der Wasserbeschaffenheit an mehreren Messstellen auffällige Werte auf (Tabelle 4). Wassertemperatur, elektrische Leitfähigkeit, Natrium und Chlorid waren an (fast) allen Messstellen zeitweilig erhöht, Calcium, Kalium, Sulfat, Nickel (filtriert) und Arsen an der Mehrzahl der Stellen. Organische Spurenstoffe wurden nur an den Messstellen Schmilka und Schnackenburg gemessen und sind daher in Tabelle 4 nicht enthalten. Die Konzentrationen des HCH (α -, β -, δ -, γ -), DDT, DDE und DDD (jeweils o,p'- und p,p'-) lagen in Schmilka stets unterhalb der Bestimmungsgrenze und waren auch in Schnackenburg nie auffällig. Bei den Arzneistoffen traten dagegen an beiden Messstellen erhöhte Konzentrationen auf (siehe Kapitel 4.6).

Tabelle 4: Kenngrößen mit erhöhten Messwerten an mindestens drei Messstellen des MPE beim Niedrigwasser (NW) 16.7. - 10.12.2018; x = Maximum der NW-Messwerte ist größer als das Maximum der Einzelproben-Messwerte im Vergleichsjahr 2012

Gewässer	Elbe					Mulde	Saale	Havel
	SM	WB	MD	CU	SN			
Kenngröße / Messstelle	SM	WB	MD	CU	SN	DE	RO	HV
Wassertemperatur	x	x	x	x	x	x	x	x
pH-Wert				x		x		x
elektrische Leitfähigkeit	x	x	x	x	x	x	x	x
abfiltrierbare Stoffe				x		x		x
TOC					x	x		x
DOC			x			x		x*
Calcium		x	x	?	x	x	x	
Magnesium			x	?	x			x
Kalium	x	x	x	?	x		x	x
Natrium	x	x	x	?	x	x	x	x
Chlorid	x	x	x	x	x	x	x	x
Sulfat	x		x		x	x	x	
ortho-Phosphat-Phosphor				x	x			x
Nickel (gesamt)		x	x		x	x		
Nickel (filtriert)	x	x	x	?		x	x	
Quecksilber (gesamt)				x	x	x		
Uran (gesamt)	x			?		x		x*
Arsen (gesamt)			x	x	x	x		x*
Arsen (filtriert)		x	x		x	x	x	x*

*: Vergleich zum Jahr 2012 anhand von Daten der Messstelle Toppel/Havel (Fluss-km 149,2; Sachsen-Anhalt)
?: keine Vergleichswerte für 2012 vorhanden; Maximalwert NW 2018 >Maximalwert NW 2015

4.1 Basiskenngrößen: Stichproben / kontinuierliche Sondenmessungen

In Tabelle 5 sind die Konzentrationsspitzen der Basiskenngrößen Wassertemperatur, pH-Wert und elektrische Leitfähigkeit sowie die Sauerstoffminima nach den Feldmessungen beim MPE zusammengestellt. Zur Einordnung und Interpretation dieser Stichproben-Messergebnisse sind in Tabelle 6 die Extremwerte nach Tagesmittelwerten und in Tabelle 7 die absoluten täglichen Extremwerte (Tagesmaxima bzw. -minima) der betreffenden vier Basiskenngrößen aus der kontinuierlichen automatischen Gewässerüberwachung der Binnenelbe aufgeführt. Die Stichproben-Messergebnisse (Tabelle 5) lagen mit zwei Ausnahmen – auf die nachfolgend

noch eingegangen wird – innerhalb der von den Extremwerten in Tabelle 7 markierten Grenzen.

Tabelle 5: Maximum (Max.) von Wassertemperatur, pH-Wert und elektrischer Leitfähigkeit sowie Minimum (Min.) des Sauerstoffgehalts der Elbe beim Niedrigwasser 2018 nach dem MPE

Gewässer	Elbe					Mulde	Saale	Havel
	SM	WB	MD	CU	SN			
Kenngroße / Messstelle	SM	WB	MD	CU	SN	DE	RO	HV
Max. Wassertemperatur [°C]	24,1	25,3	24,9	26,2	26,3	27,5	26,1	27,5
Max. pH-Wert	7,9	8,0	8,2	8,9	8,9	9,4	8,1	8,8
Max. el. Leitfähigkeit [µS/cm]	538	627	2.380	1.508	1.575	923	4.480	979
Min. Sauerstoffgehalt [mg/l]	6,2	7,4	7,5	9,1	10,1	8,5	7,9	6,9

Tabelle 6: Höchster Tagesmittelwert von Wassertemperatur, pH-Wert und elektrischer Leitfähigkeit sowie niedrigster Tagesmittelwert des Sauerstoffgehalts der Elbe beim Niedrigwasser (NW) 2018 und 2015 sowie im Gesamtjahr 2018 und 2012 nach kontinuierlicher Messung; NW-Messwerte 2018 im **Fettdruck**, wenn sie den größten bzw. beim Sauerstoffgehalt den niedrigsten Messwert darstellen

Gewässer			Elbe				Mulde
Kenngroße / Messstation			SM	WB	CU	SN	DE
Wassertemperatur höchster Tagesmittelwert	NW 2018	Datum [°C]	(2.8.) (26,7)	31.7. 27,2	4.8. 26,9	4.8. 26,9	(9.8.) (26,6)
	Jahr 2018	Datum [°C]	(2.8.) (26,7)	31.7. 27,2	4.8. 26,9	4.8. 26,9	(9.8.) (26,6)
	NW 2015	Datum [°C]	13.8. 26,3	11.8. 26,3	7.8. 25,0	7.8. 25,1	(Datenlücke zu groß)
	Jahr 2012	Datum [°C]	11.7. 23,3	keine Messung	28.7. 24,4	28.7. 24,4	(21.8.) (23,0)
Sauerstoffgehalt niedrigster Tagesmittelwert	NW 2018	Datum [mg/l]	(10.8.) (5,4)	5.8. 7,2	9.8. 7,7	21.9./18.10. 8,8	(13./14.9.) (7,0)
	Jahr 2018	Datum [mg/l]	(2.6.) (5,1)	5.8. 7,2	3.6./9.8. 7,7	3.6. 7,2	(3.6.) (6,1)
	NW 2015	Datum [mg/l]	17.8. 5,0	20.8. 6,6	19.8. 6,4	19.8. 6,6	(Datenlücke zu groß)
	Jahr 2012	Datum [mg/l]	8.7. 6,6	keine Messung	14.7. 8,2	14.7. 9,0	(30.7.) (5,7)
pH-Wert höchster Tagesmittelwert	NW 2018	Datum	(26.7.) (7,8)	19.11./30.11.* 8,2	15.8./30.8.* 8,8	26.8./2.9.* 8,7	(10.8.) (9,3)
	Jahr 2018	Datum	(2.5./7.5.*) (9,0)	4.5./6.5. 9,4	16.6. 9,0	29.4./22.6. 9,0	(10.8.) (9,3)
	NW 2015	Datum	1.-4.10. 7,7	10.8./5.10.* 7,9	10.8. 8,7	26.7. 8,8	(Datenlücke zu groß)
	Jahr 2012	Datum	21.-22.5. 9,3	keine Messung	17.4./21.5.* 8,9	13.-14.5. 9,1	(20./21.8.) (9,1)

Gewässer			Elbe				Mulde
Kenngröße / Messstation			SM	WB	CU	SN	DE
Elektr. Leitfähigkeit höchster Tagesmittelwert	NW 2018	Datum [µS/cm]	(10.12.) (528)	5.12. 617	28.9. 1.666	28.9. 1.747	(25.9.) (1.123)
	Jahr 2018	Datum [µS/cm]	(14.12.) (533)	5.12. 617	28.9. 1.666	28.9. 1.747	(25.9.) (1.123)
	NW 2015	Datum [µS/cm]	1.9. 484	14.8. 558	21.8. 1.489	21.8. 1.678	(Datenlücke zu groß)
	Jahr 2012	Datum [µS/cm]	16.12. 526	keine Messung	2.6. 1.380	5.6. 1.340	(29.11.) (801)
(...) Schmilka/Elbe: große Datenlücke: 9.-31.10.2018; Dessau/Mulde: große Datenlücken: 19.7.-7.8.2018; 18.6.-13.8.2015; 12.9.-19.9.2012/22.9.-12.10.2012 * Maximalwert tritt häufiger auf (angegeben ist das erste und letzte Messdatum)							

Tabelle 7: Maximum von Wassertemperatur, pH-Wert und elektrischer Leitfähigkeit sowie Minimum des Sauerstoffgehalts der Elbe beim Niedrigwasser (NW) 2018 und 2015 sowie im Gesamtjahr 2018 und 2012 nach kontinuierlicher Messung; NW-Messwerte 2018 im **Fettdruck**, wenn sie den größten bzw. beim Sauerstoffgehalt den niedrigsten Messwert darstellen

Gewässer			Elbe				Mulde
Kenngröße / Messstation			SM	WB	CU	SN	DE
Wassertemperatur Maximum	NW 2018	Datum [°C]	(1.8.) (27,4)	31.7. 28,2	3.-4.8. 27,7	26.7. 27,8	(9.8.) (27,3)
	Jahr 2018	Datum [°C]	(1.8.) (27,4)	31.7. 28,2	3.-4.8. 27,7	26.7. 27,8	(9.8.) (27,3)
	NW 2015	Datum [°C]	11.8. 26,8	11.8. 27,3	7.8. 25,8	7.8. 25,9	(Datenlücke zu groß)
	Jahr 2012	Datum [°C]	6.7. 24,0	keine Messung	28.7. 24,7	28.7. 24,8	(20.8.) (23,9)
Sauerstoffgehalt Minimum	NW 2018	Datum [mg/l]	(4.8.) (4,5)	29.7. 5,9	9.8. 5,6	29.7. 7,1	(17.7.) (5,9)
	Jahr 2018	Datum [mg/l]	(2.6.) (3,9)	29.7. 5,9	9.8. 5,6	3.6. 5,8	(3.6.) (4,9)
	NW 2015	Datum [mg/l]	17.8. 4,7	25.7. 6,1	19.8. 6,0	19.8. 6,0	(Datenlücke zu groß)
	Jahr 2012	Datum [mg/l]	9.7. 6,0	keine Messung	15.7. 7,5	15.7. 8,2	(30.7.) (4,9)
pH-Wert Maximum	NW 2018	Datum	(20.7./19.9.*) (7,9)	3.8./6.8. 8,5	25.7./29.8.* 9,0	18.7./29.8.* 8,9	(10.8.) (9,5)
	Jahr 2018	Datum	(1.5./7.5.*) (9,2)	2.5./7.5.* 9,5	11.6./16.6. 9,2	29.4./5.7.* 9,1	(10.8.) (9,5)
	NW 2015	Datum	27.8./5.10.* 7,7	9.8./12.8.* 8,1	7.8./10.8.* 8,9	26.7. 9,0	(Datenlücke zu groß)
	Jahr 2012	Datum	21./22.5. 9,5	keine Messung	14.5./20.5.* 9,1	13.5. 9,2	(20./21.8.) (9,4)

Gewässer			Elbe				Mulde
Kenngröße / Messstation			SM	WB	CU	SN	DE
Elektr. Leitfähigkeit Maximum	NW 2018	Datum [µS/cm]	(10.12.) (539)	5.12. 622	28.9. 1.695	28.9. 1.766	(25.9.) (1.332)
	Jahr 2018	Datum [µS/cm]	(10./15.12.) (539)	5.12. 622	28.9. 1.695	28.9. 1.766	(25.9.) (1.332)
	NW 2015	Datum [µS/cm]	1.9. 488	14.8. 561	21.8. 1.518	21.8. 1.697	(Datenlücke zu groß)
	Jahr 2012	Datum [µS/cm]	16.12. 532	keine Messung	2.6. 1.470	5.6. 1.350	(30.11.) (865)
(...) Schmilka/Elbe: große Datenlücke: 9.-31.10.2018; Dessau/Mulde: große Datenlücken: 19.7.-7.8.2018; 18.6.-13.8.2015; 12.9.-19.9.2012/22.9.-12.10.2012 * Maximalwert tritt häufiger auf (angegeben ist das erste und letzte Messdatum)							

Ende Juli bis Anfang August 2018 stellten sich in der Elbe außerordentlich hohe **Wassertemperaturen** ein (Abbildung 4), die im Tagesmittel um 27 °C lagen (Tabelle 6). Stellenweise traten Tagesmaxima über 28 °C auf (Tabelle 7). Der Fluss erwärmte sich stärker als beim Niedrigwasser 2015. An der Messstation Schmilka wurde am 1.8.2018 mit 27,4 °C das zweithöchste, an der Station Zehren am 28.7.2018 mit 28,7 °C das höchste Tagesmaximum der nach FGG Elbe (2019b) jeweils bis ins Jahr 1994 zurückreichenden Datenreihe der automatischen Überwachung registriert. Auch an Mulde und Havel wurden bemerkenswert hohe Wassertemperaturen gemessen (Tabelle 5). An der Mulde bei Dessau betrug die höchste **Wassertemperatur** nach den Stichproben 27,5 °C am 30.7.2018. Für diese Zeit - Ende Juli bis Anfang August - liegen leider keine Messwerte aus der automatischen Messstation Dessau vor, wo maximal 27,3 °C gemessen wurden (9.8.2018; siehe Tabelle 7). In der nach FGG Elbe (2019b) ab 1997 vorliegenden Zeitreihe der kontinuierlich gemessenen Tageshöchsttemperaturen der Mulde bei Dessau wurden 27,3 °C nur einmal überschritten, und zwar am 12.7.2010 mit 27,6 °C.

Im Rahmen des MPE wurden keine **Sauerstoffgehalte** unter 6 mg/l, sondern in der Regel deutlich höhere Werte gemessen (Tabelle 5). Nach der automatischen Überwachung (Tabelle 6) fiel der Sauerstoffgehalt der Elbe während des Niedrigwassers im Tagesmittel nur bei Schmilka zeitweise unter 6 mg/l, an den übrigen Messstationen der Elbe lagen die niedrigsten Tagesmittelwerte mit dem Fließweg ansteigend bei rund 7 - 9 mg/l. Die Minima der Tagesmittelwerte waren an allen Elbe-Messstationen höher als beim Niedrigwasser 2015. Auch im Tagesgang wurde in der Elbe kein kritischer Sauerstoffgehalt registriert. Das niedrigste Tagesminimum während des Niedrigwassers betrug bei Schmilka 4,5 mg/l O₂ und ansonsten rund 6 - 7 mg/l O₂ (Tabelle 7). Im Jahreslauf 2018 traten die niedrigsten Sauerstoffgehalte der Elbe einerseits Anfang Juni (also noch vor der Niedrigwasserperiode) und andererseits Ende Juli bis Mitte August auf (Tabelle 6, Tabelle 7). Bei Schmilka und Schnackenburg waren die Minima des Sauerstoffgehalts im Juni niedriger als im Niedrigwasserzeitraum. Die automatische Sauerstoffmessung an der Mulde ergab während des Niedrigwassers ebenfalls keine kritischen Sauerstoffgehalte (Tabelle 6, Tabelle 7).

In Abbildung 4 ist der Verlauf des **Sauerstoffgehalts** und des täglichen Maximums der **Wassertemperatur** in der Elbe im Vergleich zur Wasserführung beim Niedrigwasser 2018 dargestellt. Ende Juli bis Anfang August gingen in der Elbe bei Schmilka und Schnackenburg sehr geringe Durchflüsse mit sehr hohen Wassertemperaturen und relativ niedrigen Tagesminima des Sauerstoffgehalts einher. Die täglichen Schwankungen des

Sauerstoffgehalts waren im Juli und August bei Schnackenburg stark ausgeprägt und noch bis in die zweite Septemberhälfte hinein größer als bei Schmilka. Die Niedrigwasserphase ab dem letzten Septemberdrittel wurde geprägt durch eine geringfügig zunehmende Wasserführung bei weiter fallenden Wassertemperaturen sowie im Tagesgang kaum schwankenden und erst ab Mitte November leicht ansteigenden Sauerstoffgehalten.

Die maximalen **pH-Werte** lagen beim Niedrigwasser in der Elbe nach den MPE-Stichproben (Tabelle 5) und nach kontinuierlicher Messung (Tabelle 6) in Schmilka unter pH 8 und ansonsten im Bereich pH 8 bis pH 9. Sie bewegten sich auf dem gleichen Niveau wie beim Niedrigwasser 2015. Im Mai und Juni 2018 traten zeitweilig höhere pH-Werte auf, im Tagesmittel in Schmilka bis pH 9,0 und in Wittenberg bis pH 9,4. In der Mulde bei Dessau wurden die höchsten pH-Werte innerhalb des Niedrigwasserzeitraums gemessen (10.8.2018: Tagesmittelwert pH 9,3 und Tageshöchstwert pH 9,5; Tabelle 6, Tabelle 7). Bei den Feldmessungen des MPE lag der höchste Messwert der Mulde bei pH 9,4 am 30.7.2018. Es traten also auch zur Zeit des Ausfalls der automatischen Messstation Dessau (19.7. - 7.8.2018) hohe pH-Werte in der Mulde auf.

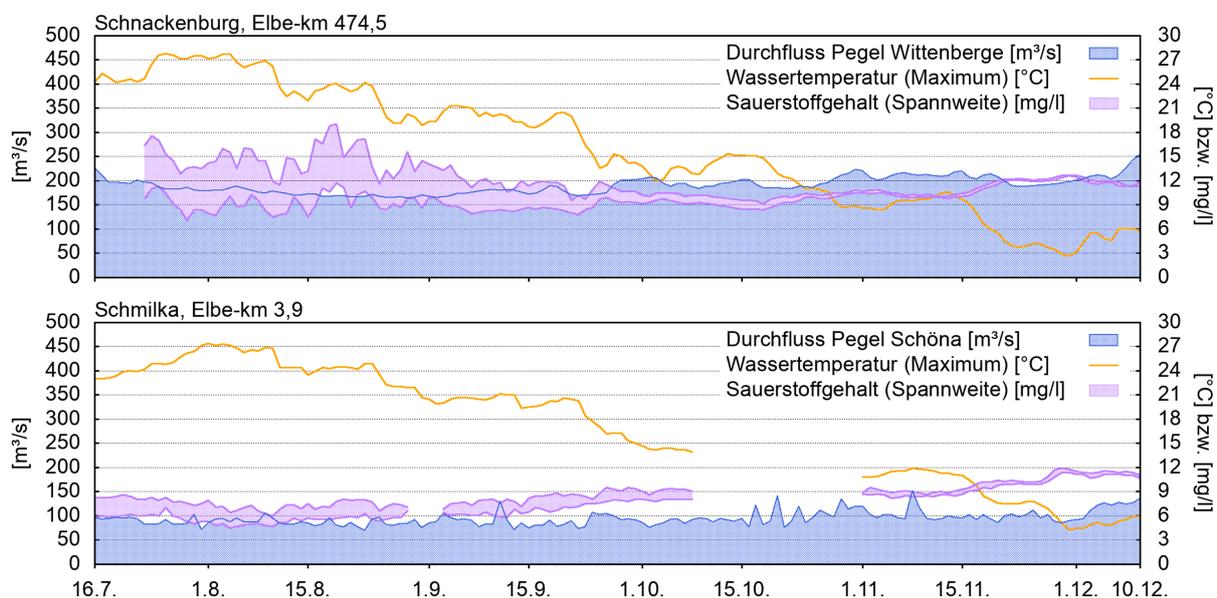


Abbildung 4: Sauerstoffgehalt (tägliche Spannweite) und Wassertemperatur (Tagesmaximum) der Elbe an den Messstationen Schmilka (Betriebsstörung 9.10. - 31.10.2018) und Schnackenburg im Vergleich zum Durchfluss (Tagesmittelwerte) während des Niedrigwassers 2018

Sehr hohe **elektrische Leitfähigkeiten** zeigten sich während des Niedrigwassers in der Saale und davon beeinflusst in den unterhalb der Saalemündung befindlichen Messstellen der Elbe, insbesondere in der Elbe bei Magdeburg (Tabelle 5). Das Maximum der Leitfähigkeit der Saale bei Rosenberg nach dem MPE (4.480 $\mu\text{S}/\text{cm}$ am 15.8.2018) war nach FGG Elbe (2019b) der höchste Wert einer dortigen Einzelstichprobe seit dem Jahr 2006. Mit Ausnahme von Schmilka waren die elektrischen Leitfähigkeiten an den automatisierten Elbe-Messstationen größer als beim Niedrigwasser 2015. Die Leitfähigkeitswerte von 1.695 $\mu\text{S}/\text{cm}$ bzw. 1.766 $\mu\text{S}/\text{cm}$ als Tagesmaxima vom 28.9.2018 an den Elbe-Messstationen Cumlosen und Schnackenburg (Tabelle 7) repräsentieren die jeweils höchsten Messwerte der in FGG Elbe (2019b) ab 1994 enthaltenen Jahresmesswertreihen an diesen Stationen. Relativ hohe elektrische Leitfähigkeiten wurden auch in der Mulde und Havel ermittelt (Tabelle 5, Tabelle 6). Die an der Mulde bei Dessau am 25.9.2018 gemessene Leitfähigkeit von 1.332 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Tabelle 7) übertrifft alle ab 1997 in FGG Elbe (2019b) zu dieser Station registrierten Messwerte.

Am 17.9.2018 wurde in einer Stichprobe des MPE bei Wittenberg eine elektrische Leitfähigkeit von 627 $\mu\text{S}/\text{cm}$ gemessen, die das absolute Maximum im Niedrigwasserzeitraum nach der kontinuierlichen Überwachung an der Messstation Wittenberg übertrifft (622 $\mu\text{S}/\text{cm}$ am 5.12.2018). Nach einer hier nicht dargestellten Gegenüberstellung der zehn Stichproben-Messwerte der Leitfähigkeit bei Wittenberg (MPE) und den Ergebnissen der kontinuierlichen Überwachung lagen die Stichproben-Messwerte in keinem Fall innerhalb der betreffenden Tagesspannweite an der Messstation, sondern meist darüber, in zwei Fällen auch darunter. Diese Abweichungen können allein durch die im Längs- und Querprofil des Gewässerbetts unterschiedliche Position der Messstellen begründet sein.

4.2 Abfiltrierbare Stoffe, organischer Kohlenstoff, Chlorophyll a, Nährstoffe

In der Elbe lagen die Konzentrationen der abfiltrierbaren Stoffe und des Chlorophyll a während des Niedrigwassers 2018 auf ähnlichem bzw. gleichem Niveau wie beim Niedrigwasser 2015 und waren niedriger als im Jahr 2012 (Tabelle 8). Lediglich bei Schnackenburg war die Konzentration abfiltrierbarer Stoffe etwas geringer als beim Niedrigwasser 2015.

Der organische Kohlenstoff, gemessen als TOC und DOC (Tabelle 8), trat in der Elbe während der Niedrigwasserzeiträume 2018 und 2015 sowie im Jahr 2012 im Mittel in ähnlicher Konzentration auf. Die Konzentrationsspitzen des TOC und DOC im Jahr 2012 wurden in der Elbe beim Niedrigwasser 2018 nur jeweils einmal geringfügig überschritten (bei Schnackenburg bzw. Magdeburg), beim Niedrigwasser 2015 in keinem Fall.

Tabelle 8: Mittelwert und Spannweite der Konzentration von abfiltrierbaren Stoffen, TOC, DOC und Chlorophyll a in der Elbe beim Niedrigwasser (NW) 2018, 2015 sowie im Jahr 2012

Gewässerabschnitt Kenngröße/Messstelle		Obere Elbe Schmilka		Obere Mittelelbe Wittenberg		Untere Mittelelbe Schnackenburg	
abfiltrierbare Stoffe [mg/l]	NW 2018	<10,0	(<10 – 19)	9,0	(4,0 – 24)	16,0	(<5,0 – 36)
	NW 2015	<10,0	(<10 – <10)	7,0	(6,0 – 9,0)	24,0	(<5,0 – 52)
	Jahr 2012	11,0	(<10 – 76)	22,0	(7,0 – 39)	20,0	(<5,0 – 48)
TOC [mg/l]	NW 2018	6,4	(4,9 – 7,3)	5,8	(5,0 – 6,5)	9,2	(6,6 – 13,7)
	NW 2015	5,8	(5,2 – 6,8)	5,8	(5,2 – 6,5)	8,6	(6,0 – 10,5)
	Jahr 2012	6,6	(5,2 – 11,0)	7,8	(5,4 – 11,0)	9,1	(6,4 – 13,6)
DOC [mg/l]	NW 2018	5,7	(4,4 – 6,2)	5,2	(4,6 – 5,7)	6,4	(5,6 – 7,2)
	NW 2015	5,3	(4,8 – 5,8)	5,0	(4,4 – 5,3)	5,6	(5,2 – 5,9)
	Jahr 2012	5,3	(4,2 – 7,7)	5,0	(4,1 – 5,8)	5,9	(5,0 – 7,2)
Chlorophyll-a [$\mu\text{g}/\text{l}$]	NW 2018	6,0	(3,0 – 15)	7,0	(2,0 – 21)	55,0	(2,0 – 150)
	NW 2015	2,0	(1,0 – 4,0)	4,0	(2,0 – 7,0)	57,0	(7,0 – 98)
	Jahr 2012	27,0	(3,0 – 83)	66,0	(2,0 – 204)	84,0	(<1,0 – 240)

Nitrat-, Nitrit- und Gesamtstickstoff zeigten beim Niedrigwasser 2018 an keiner Probestelle erhöhte Konzentrationen. Dies traf bis zum 10.12.2018 auch für Ammonium-Stickstoff zu, der an diesem letzten Probenahmetag des MPE in der Elbe bei Schmilka (0,62 mg/l $\text{NH}_4\text{-N}$) und in der Mulde bei Dessau (0,34 mg/l $\text{NH}_4\text{-N}$) eine auffällig hohe Konzentration aufwies. Abgesehen von diesen beiden Ausnahmen ergibt sich das gleiche Ergebnis wie beim Niedrigwasser 2015, bei dem die Konzentrationen der Stickstoffverbindungen ebenfalls nicht erhöht waren.

Die Konzentrationen des Gesamt- und ortho-Phosphat-Phosphors waren beim Niedrigwasser 2018 in der Elbe von Schmilka bis Magdeburg stets unauffällig. Während der Gesamt-Phosphor in der Elbe nur einmal in erhöhter Konzentration gemessen wurde (Schnackenburg, 15.8.2018: 0,18 mg/l P_{ges.}), war die Konzentration des ortho-Phosphat-Phosphors in der Elbe bei Cumlosen ab dem 17.9.2018 an jedem Messtermin erhöht, bei Schnackenburg traten im November und Dezember erhöhte Konzentrationen auf. Wie Abbildung 5 verdeutlicht, waren die Konzentrationen des ortho-Phosphat-Phosphors in der Elbe beim Niedrigwasser 2018 erst unterhalb der Havel-Mündung höher als im Jahr 2012 und beim Niedrigwasser 2015. Auffällig erscheinen die hohen ortho-Phosphat-Phosphor-Konzentrationen in der Havel.

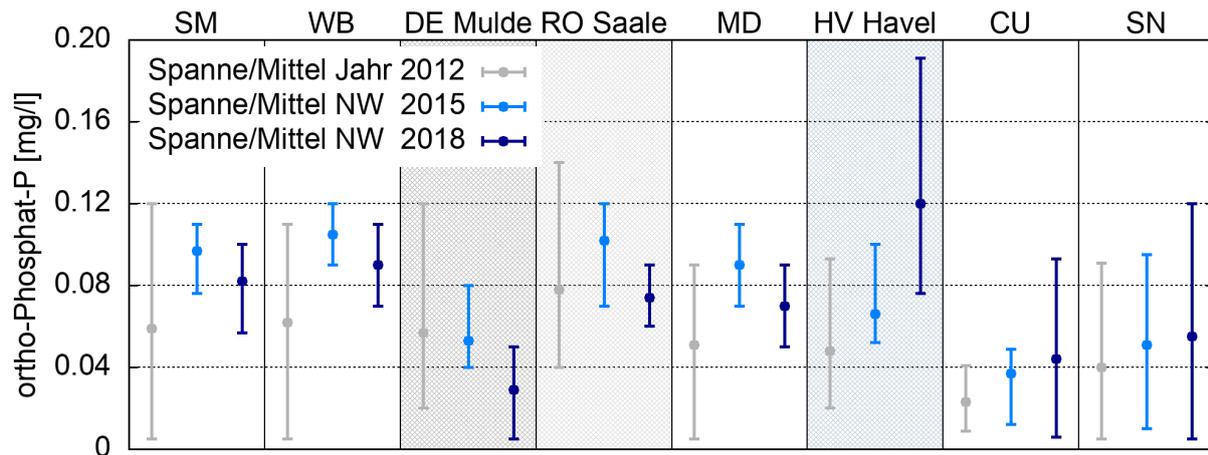


Abbildung 5: Spannweite und Mittelwert der Konzentration von ortho-Phosphat-Phosphor in Elbe, Mulde, Saale und Havel beim Niedrigwasser (NW) 2018 und 2015 sowie im Jahr 2012

Abbildung 6 zeigt den Verlauf der Konzentration des ortho-Phosphat-Phosphors im Vergleich zur Konzentration des Chlorophyll a und der abfiltrierbaren Stoffe in der Elbe. Mitte August 2018 ist im Längsverlauf der Elbe ab Wittenberg eine gegenläufige Konzentrationsentwicklung zwischen dem ortho-Phosphat-Phosphor auf der einen und Chlorophyll a sowie den abfiltrierbaren Stoffen auf der anderen Seite zu erkennen. Dieser gegenläufige Konzentrationsverlauf war bei Schnackenburg von Mitte August bis Anfang Oktober 2018 deutlich zu beobachten.

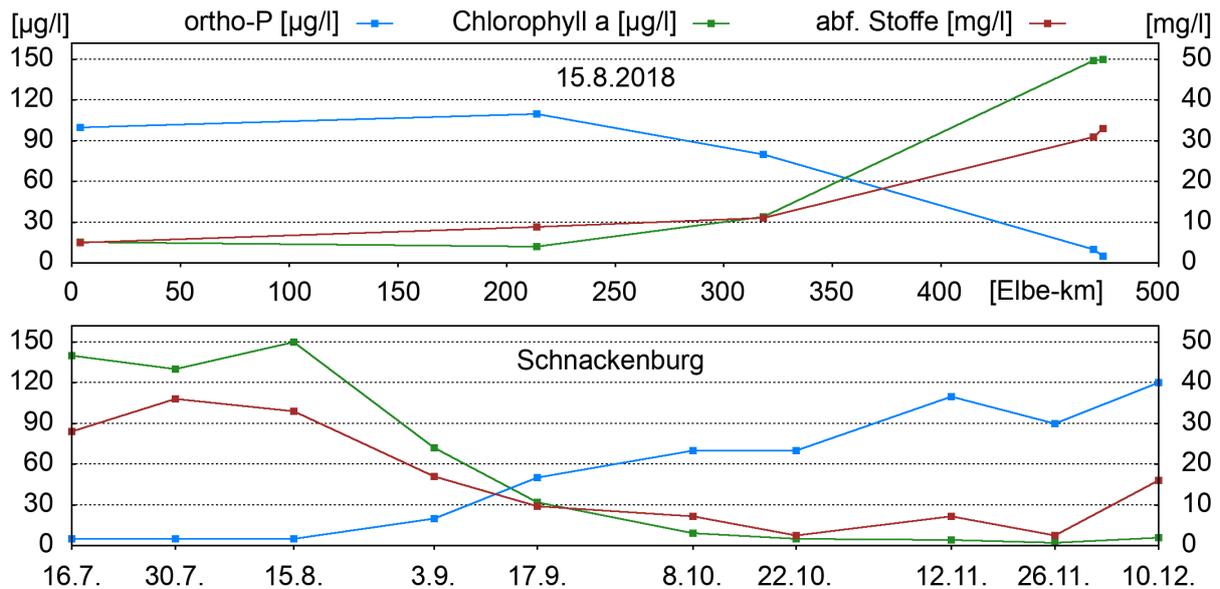


Abbildung 6: Konzentration von ortho-Phosphat-Phosphor (ortho-P), Chlorophyll a und abfiltrierbaren (abf.) Stoffen in der Elbe; oben: im Längsverlauf zwischen Schmilka und Schnackenburg am 15.8.2018; unten bei Schnackenburg vom 16.7. - 10.12.2018

4.3 Chlorid und Sulfat

Die Konzentrationen des Chlorids und Sulfats in der Elbe waren während des Niedrigwassers 2018 gegenüber dem Jahr 2012 unterhalb der Saale-Mündung deutlich erhöht und lagen im Vergleich zum Niedrigwasser 2015 etwa auf dem gleichen Niveau (Abbildung 7). Während die Konzentrationsspitzen des Sulfats in der Elbe beim Niedrigwasser 2018 niedriger waren als diejenigen beim Niedrigwasser 2015 (Ausnahme Schmilka), verhielt es sich beim Chlorid umgekehrt. Beispielsweise wurde bei Schnackenburg am 3.9.2018 eine Chloridkonzentration von 320 mg/l gemessen, der höchste dort festgestellte Wert in der Datenreihe der Einzelstichproben gemäß FGG Elbe (2019b) seit 1995. In der Elbe bei Schmilka trat am 15.8.2018 bei Sulfat mit 98 mg/l eine bemerkenswerte Konzentrationsspitze auf, die zuletzt im Oktober 2003 überschritten wurde (FGG Elbe 2019b). Durchschnittlich befand sich die Sulfatkonzentration während des Niedrigwassers 2018 aber auch in Schmilka auf gleichem Niveau wie beim Niedrigwasser 2015.

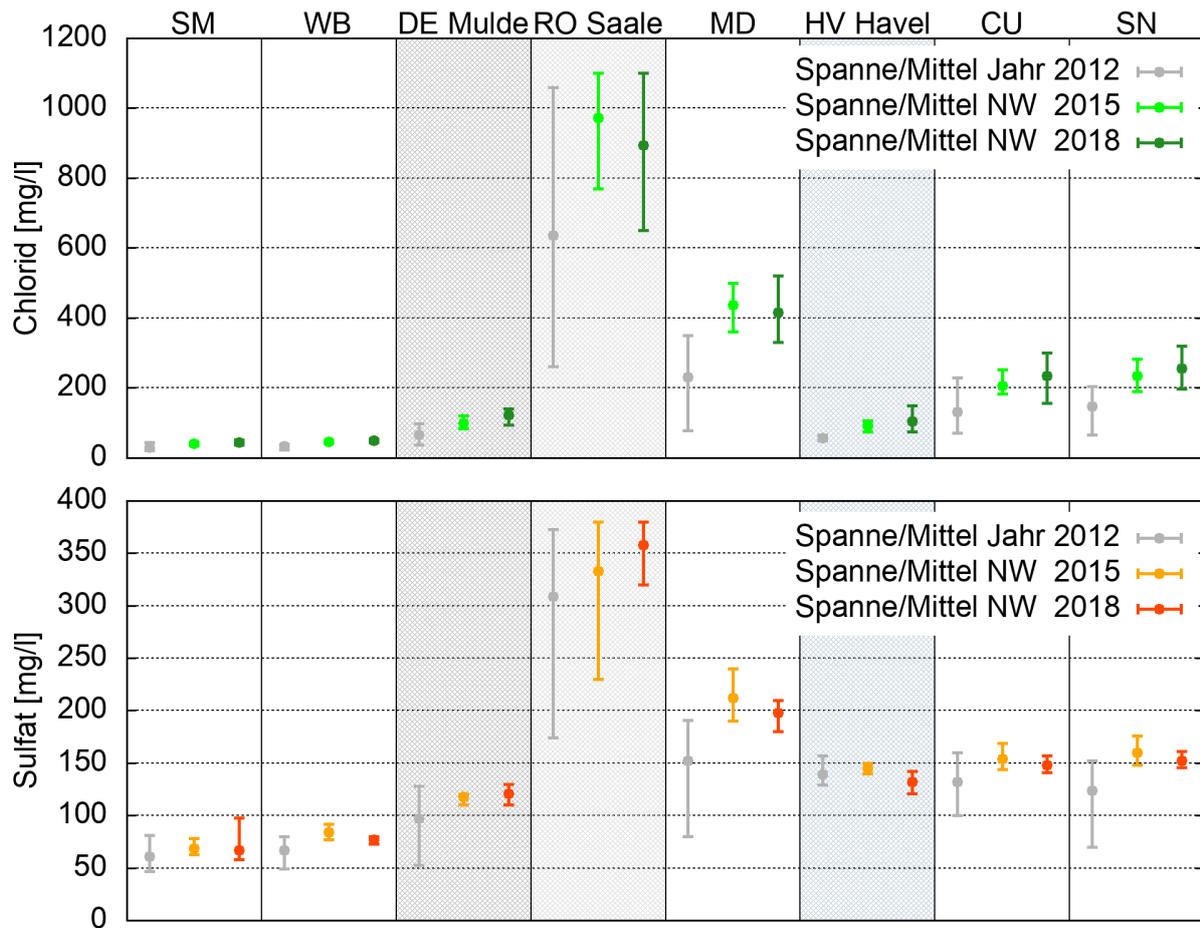


Abbildung 7: Spannweite und Mittelwert der Konzentration von Chlorid (oben) und Sulfat (unten) in Elbe, Mulde, Saale und Havel beim Niedrigwasser (NW) 2018, 2015 und im Jahr 2012

4.4 Metalle

Für die Messstellen Wittenberg und Schnackenburg an der Elbe sowie Rosenberg an der Saale sind in Abbildung 8 und Abbildung 9 (jeweils links) alle Messwerte der Metall-Hauptionen (Alkali- bzw. Erdalkalimetalle) Natrium, Kalium, Calcium und Magnesium beim Niedrigwasser 2018, 2015 und im Jahr 2012 grafisch dargestellt. Bei beiden Niedrigwasserereignissen lagen die Konzentrationen im oberen Bereich der Spannweite des Jahres 2012 bzw. übertrafen diese. Während sich in der Saale beim Niedrigwasser 2018 die Magnesiumkonzentrationen stets und die Calcium- sowie Natriumkonzentrationen fast immer innerhalb der Spannweite des Jahres 2012 befanden, überschritt die Kaliumkonzentration der Saale – wie schon beim Niedrigwasser 2015 – häufiger das Maximum dieses Vergleichsjahres. Demzufolge traten beim Niedrigwasser 2018 in der Elbe unterhalb der Saalemündung auffällige Kaliumkonzentrationen auf. Aber auch schon in der Elbe bei Wittenberg wurden – wenn auch auf deutlich niedrigerem Niveau – neben erhöhten Natrium- auch stets erhöhte Kaliumkonzentrationen gemessen.

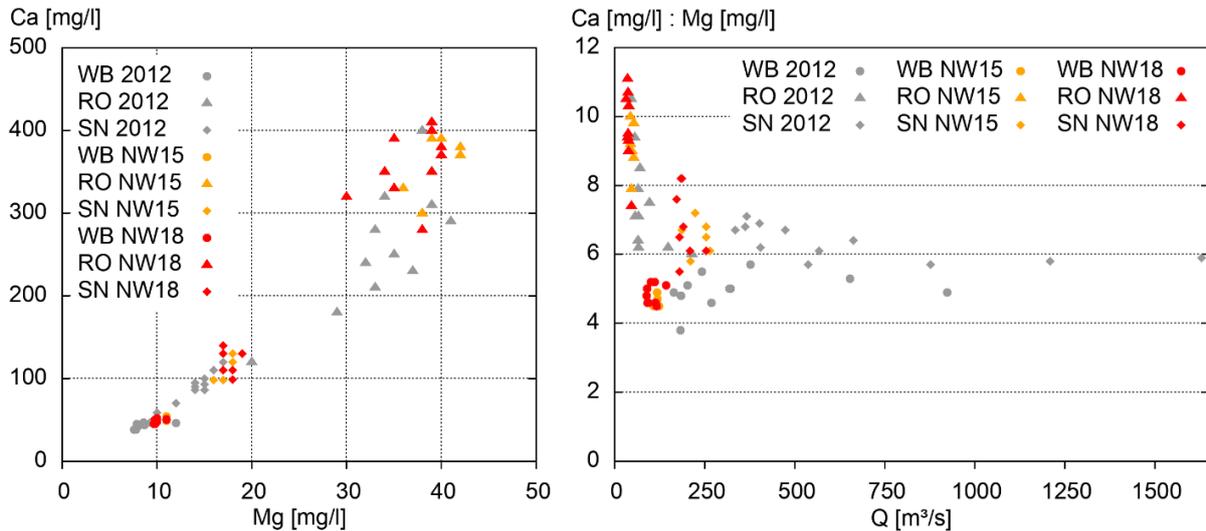


Abbildung 8: Links: Konzentration von Calcium und Magnesium in der Elbe bei Wittenberg (WB), bei Schnackenburg (SN) sowie in der Saale bei Rosenberg (RO) beim Niedrigwasser (NW) 2018, 2015 und im Jahr 2012; rechts: Massenverhältnis von Calcium und Magnesium an den vorgenannten Messstellen im Vergleich zum Durchfluss (Q, Tagesmittelwerte) an den Bezugspegeln beim NW 2018, 2015 und im Jahr 2012

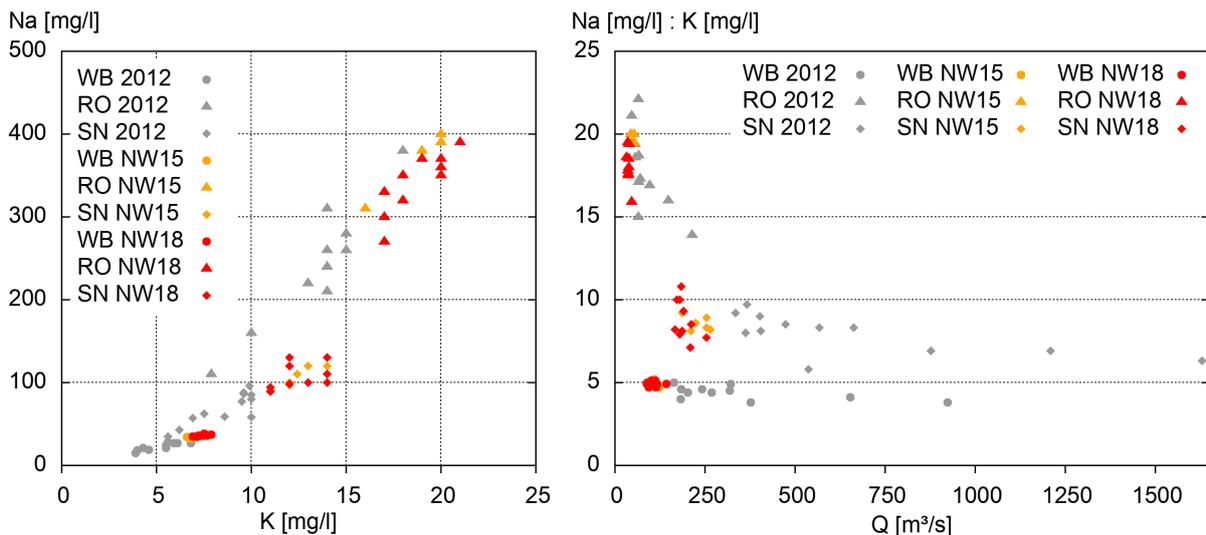


Abbildung 9: Links: Konzentration von Natrium und Kalium in der Elbe bei Wittenberg (WB), bei Schnackenburg (SN) sowie in der Saale bei Rosenberg (RO) beim Niedrigwasser (NW) 2018, 2015 und im Jahr 2012; rechts: Massenverhältnis von Natrium und Kalium an den vorgenannten Messstellen im Vergleich zum Durchfluss (Q, Tagesmittelwerte) an den Bezugspegeln beim NW 2018, 2015 und im Jahr 2012

Die Massenverhältnisse von Calcium und Magnesium (Abbildung 8 rechts) sowie von Kalium und Natrium (Abbildung 9 rechts) unterlagen beim Niedrigwasser 2018 und 2015 wie auch im Jahr 2012 in der Saale deutlich größeren Schwankungen als in der Elbe bei Wittenberg. Die geringen Durchflüsse beim Niedrigwasser 2018 waren in der Saale mit sehr großen Calcium/Magnesium-Verhältnissen verbunden, während das dortige Natrium/Kalium-Verhältnis beim Niedrigwasser im typischen Streubereich des Jahres 2012 blieb. Dennoch übertraf in der Elbe bei Schnackenburg beim Niedrigwasser 2018 sowohl die Größe des Calcium/Magnesium- als auch des Kalium/Natrium-Verhältnisses zeitweise das Maximum des Jahres 2012.

Insgesamt wurden in der Elbe unterhalb der Saale-Mündung beim Niedrigwasser 2018 – soweit Vergleichswerte zum Jahr 2012 vorlagen – Calcium mehrfach bzw. häufig, Kalium stets und Natrium häufig in erhöhter Konzentration registriert. Magnesium trat bei Magdeburg (links) an zwei und bei Schnackenburg an vier Messterminen in erhöhter Konzentration auf. Die Konzentrationsspitzen von Calcium, Magnesium, Kalium und Natrium übertrafen bei Cumlosen diejenigen des Niedrigwassers 2015, bei Magdeburg (links) und Schnackenburg wurden für Calcium und Kalium bzw. Calcium und Natrium höhere Werte als beim Niedrigwasser 2015 gemessen.

Bezüglich der Natrium-, Kalium- und Calciumkonzentrationen traten beim Niedrigwasser 2018 in der Elbe, Mulde, Saale und Havel – im Vergleich zu den langjährigen Messwerten der Einzelstichproben (Intervallmessungen) in FGG Elbe (2019b) an der betreffenden Messstelle – folgende bemerkenswerte Konzentrationsspitzen auf:

- a) Natrium: Elbe bei Wittenberg 38 mg/l Na (8.10.2018): höchste Konzentration seit 1991 (am 4.2.2004 wurden 37,5 mg/l Na gemessen); Mulde bei Dessau 100 mg/l Na (30.7.2018): höchster Messwert seit 1989; Havel bei Havelberg 74 mg/l Na (8.10.2018): höchster Wert seit 1989 (Vergleich mit Messreihe „Toppel/Havelberg“); Elbe bei Cumlosen 132 mg/l Na (3.9.2018): höchste Konzentration der registrierten Messwerte (nur Jahre 1993 - 2005 erfasst); Elbe bei Schnackenburg 130 mg/l Na (22.10. und 26.11.2018): höchste Konzentration seit 1998;
- b) Kalium: Saale bei Rosenberg 21 mg/l K (15.8.2018): höchste Konzentration seit 1998 (hier ebenfalls 21 mg/l K); Elbe bei Magdeburg (links) 15 mg/l K (30.7.2018): höchster Messwert seit 1993; Elbe bei Cumlosen 16 mg/l K (26.11.2018): höchste Konzentration der verzeichneten Messwerte (nur Jahre 1993 - 2005 erfasst);
- c) Calcium: Elbe bei Magdeburg (links) 220 mg/l Ca (3.9.2018): höchster Messwert der Datenreihe seit 1986; Elbe bei Cumlosen 157 mg/l Ca (26.11.2018): höchste Konzentration der registrierten Messwerte (nur Jahre 1993 - 2005 erfasst); Elbe bei Schnackenburg 140 mg/l Ca (8.10. und 22.10.2018): höchste Konzentration seit 1994.

4.5 Schwermetalle / Arsen

Wie beim Niedrigwasser 2015, so befand sich auch beim Niedrigwasser 2018 meist ein relativ großer Anteil der einzelnen im Gewässer transportierten Schwermetalle sowie von Arsen in Lösung. Bei der diesbezüglichen Zusammenstellung in Tabelle 9 wurden nur Messstellen mit möglichem Vergleich zum Jahr 2012 berücksichtigt. Blei, Chrom und Quecksilber wurden nicht aufgenommen, da die Anzahl der quantitativ bestimmten Wertepaare zu gering war. Die gelösten Anteile der dargestellten Elemente waren beim Niedrigwasser 2018 im Durchschnitt meist etwas kleiner als beim Niedrigwasser 2015, aber mit folgenden Ausnahmen im Mittel größer als im Vergleichsjahr 2012: 1) Uran in der Elbe, dessen durchschnittliche Löslichkeit an allen Messstellen zwischen 90 bis 100 % lag, 2) Nickel in der Elbe bei Schnackenburg und 3) Cadmium, Kupfer, Nickel und Zink in der Mulde.

Tabelle 9: Prozentanteile (Mittelwerte) gelöster Schwermetalle bzw. von gelöstem Arsen an der betreffenden Gesamtkonzentration in Einzelproben des Niedrigwassers (NW) 2018 und 2015 sowie des Jahres 2012 (n = Anzahl Wertepaare [gelöst/gesamt] mit quantitativer Bestimmung; **Fettdruck** = größte Prozentanteile der gelösten Fraktion beim NW 2018)

Gewässer	Elbe								Mulde		Saale	
	SM		WB		MD		SN		DE		RO	
Messstelle	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n
Cadmium												
NW 2018	n. e.		44	8	50	10	n. e.		56	10	77	10
NW 2015	n. e.		48	5	52	6	31	5	66	4	70	6
Jahr 2012	n. e.		33	11	35	12	25	12	69	12	41	11
Kupfer												
NW 2018	n. e.		76	10	74	10	75	8	82	10	82	10
NW 2015	98	6	84	5	76	6	73	6	91	4	77	6
Jahr 2012	n. e.		66	11	67	12	58	12	82	12	66	11
Nickel												
NW 2018	93	9	88	10	90	10	80	10	90	10	96	10
NW 2015	92	6	86	6	90	6	75	6	91	4	93	6
Jahr 2012	83	10	81	11	84	12	92	12	91	12	88	11
Uran												
NW 2018	90	10	97	10	97	10	97	10	98	10	99	10
NW 2015	98	6	99	6	100	6	99	6	100	4	99	6
Jahr 2012	91	12	98	10	97	12	100	12	96	12	97	11
Zink												
NW 2018	81	10	57	8	65	10	n. e.		54	8	85	10
NW 2015	87	6	n. e.		66	6	n. e.		62	3	85	6
Jahr 2012	47	9	n. e.		53	12	n. e.		69	12	68	11
Arsen												
NW 2018	91	10	87	10	80	10	80	10	84	10	85	10
NW 2015	94	6	90	6	86	6	85	6	91	4	92	6
Jahr 2012	81	12	76	11	75	12	58	12	80	12	76	11

n. e. = nicht ermittelt, da mindestens 50 % der Wertepaare mit Messwerten unter der Bestimmungsgrenze

Während des Niedrigwassers 2018 traten an den Messstellen der Elbe bei Blei keine und bei Cadmium, Chrom, Uran und Zink nur in Einzelfällen gegenüber dem Jahresmaximum 2012 erhöhte Konzentrationen auf (Tabelle 10). Quecksilber und Kupfer (filtrierte Proben) waren an einzelnen Stellen auch wiederholt in erhöhten Konzentrationen anzutreffen.

Zur Urankonzentration der Elbe an der Messstelle Cumlosen liegen keine Vergleichswerte aus dem Jahr 2012 vor. Zwar wurden hier in zwei Fällen in der Gesamtprobe höhere Konzentrationen als beim Niedrigwasser 2015 festgestellt, diese lagen mit 1,5 µg/l bzw. 1,4 µg/l aber unterhalb des Konzentrationsmaximums im Jahr 2012 an der nicht weit entfernt gelegenen Messstelle Schnackenburg (2,0 µg/l).

Tabelle 10: Erhöhte Konzentrationen diverser Schwermetalle in der Elbe beim Niedrigwasser (NW) 2018 nach dem MPE (Max. = maximale Konzentration)

Kenngröße	Messstelle	Datum	NW 2018	Max. 2012	Max. NW 2015	
Cadmium (filtriert)	Schmilka	18.07.2018	0,06 µg/l	<0,03 µg/l	<0,03 µg/l	
Chrom	(gesamt)	Schnackenburg	15.08.2018	1,5 µg/l	1,2 µg/l	2,3 µg/l
	(filtriert)	Magdeburg	26.11.2018	1,0 µg/l	<1,0 µg/l	0,9 µg/l
Kupfer (filtriert)	Schmilka	30.07.2018	3,7 µg/l			
		15.08.2018	3,7 µg/l	3,5 µg/l	3,3 µg/l	
		03.09.2018	4,2 µg/l			
	Schnackenburg	08.10.2018	3,7 µg/l	3,3 µg/l	5,3 µg/l	
Quecksilber	(gesamt)	Cumlosen	30.07.2018	0,060 µg/l	0,046 µg/l	0,045 µg/l
			03.09.2018	0,056 µg/l		
	Schnackenburg	30.07.2018	0,050 µg/l	0,045 µg/l	0,075 µg/l	
		12.11.2018	0,050 µg/l			
	(filtriert)	Schnackenburg	15.08.2018	0,020 µg/l		
			03.09.2018	0,010 µg/l	<0,010 µg/l	0,037 µg/l
08.10.2018			0,010 µg/l			
Uran (gesamt)	Schmilka	12.11.2018	1,5 µg/l	1,3 µg/l	1,1 µg/l	
Zink (filtriert)	Schmilka	18.07.2018	17 µg/l	13 µg/l	11 µg/l	

Nickel wurde während des Niedrigwassers 2018 an mehreren Stellen der Elbe und dort teilweise auch wiederholt in erhöhter Konzentration gemessen, sowohl in den Gesamt- als auch in den filtrierten Proben (Abbildung 10). Ab Wittenberg war die mittlere Nickelkonzentration in den Gesamt- und filtrierten Proben beim Niedrigwasser 2018 in der Elbe höher als im Jahr 2012 und während des Niedrigwassers 2015. Abgesehen von den Messstellen Schmilka und Cumlosen wurden beim Niedrigwasser 2018 in der Elbe auch die höchsten Konzentrationsspitzen von Nickel festgestellt. In Mulde, Saale und Havel war die mittlere Nickelkonzentration während des Niedrigwassers 2018 ebenfalls etwas höher als im Jahr 2012 und beim Niedrigwasser 2015.

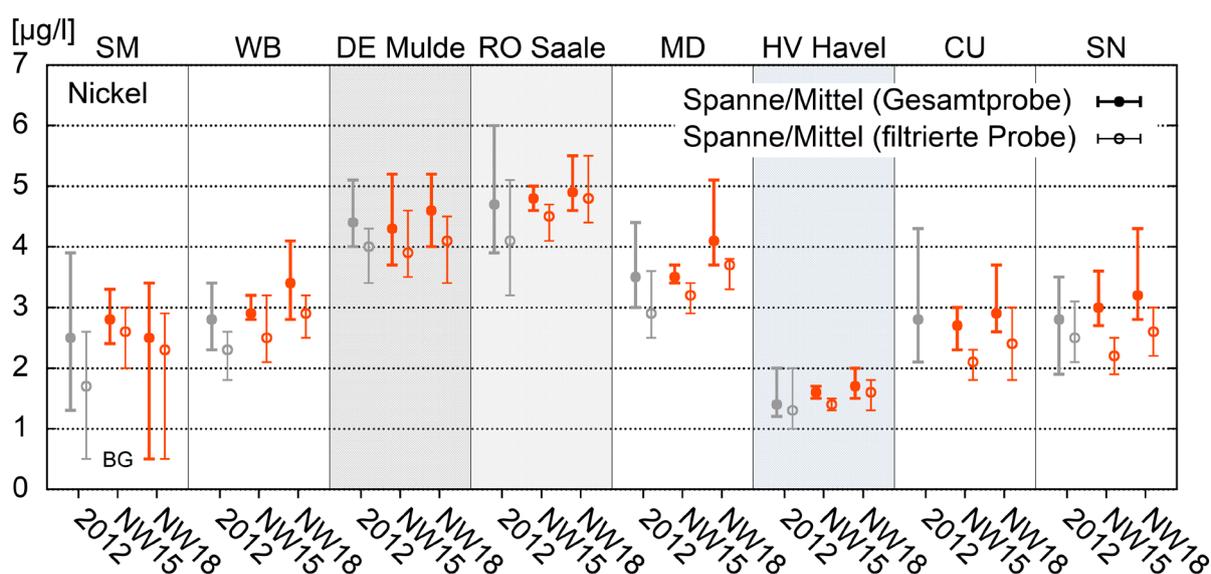


Abbildung 10: Spannweite und Mittelwert der Konzentration von Nickel in Elbe, Mulde, Saale und Havel beim Niedrigwasser (NW) 2018, 2015 und im Jahr 2012 (BG = Bestimmungsgrenze)

Die Arsenkonzentration der Elbe, Saale und Havel befand sich bei den Niedrigwasserereignissen 2018 und 2015 auf ähnlichem Niveau und war in der Elbe bei Magdeburg, Cumlosen und Schnackenburg sowie in der Havel geringfügig höher als im Jahr 2012 (Abbildung 11). An der Mulde wurden beim Niedrigwasser 2018 wie schon im Jahr 2015 dagegen starke Konzentrationserhöhungen gegenüber dem Jahr 2012 festgestellt. Beim Niedrigwasser 2018 war die mittlere Arsenkonzentration in der Mulde etwas geringer als beim Niedrigwasser 2015, die Konzentrationsspitzen der Gesamt- (bis 20 µg/l As) und der filtrierte Proben (bis 17 µg/l As) lagen jedoch höher.

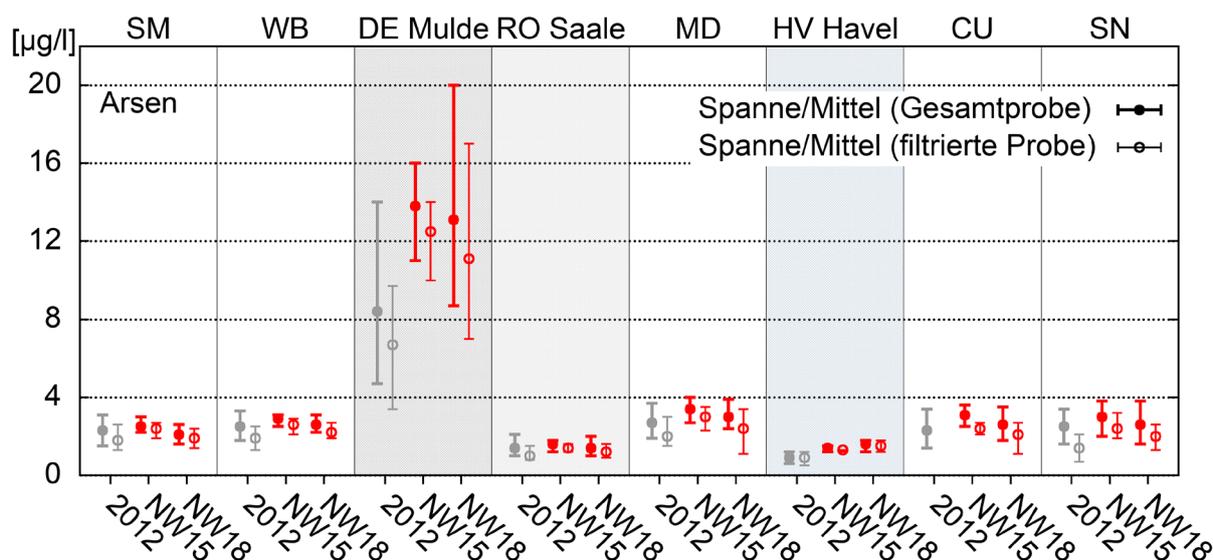


Abbildung 11: Spannweite und Mittelwert der Konzentration von Arsen in Elbe, Mulde, Saale und Havel beim Niedrigwasser (NW) 2018, 2015 und im Jahr 2012

In Abbildung 12 und Abbildung 13 werden Vergleiche der Konzentration von Schwermetallen bzw. von Arsen in den Einzelproben nach dem MPE mit den Konzentrationen in den turnusmäßigen Wochenmischproben nach dem KEMP (FGG Elbe 2017a) für die Elbe während des Niedrigwassers 2018 dargestellt. Uran wurde bei diesem Vergleich nicht berücksichtigt, da es in Mischproben von Wittenberg und Schnackenburg nicht analysiert wurde.

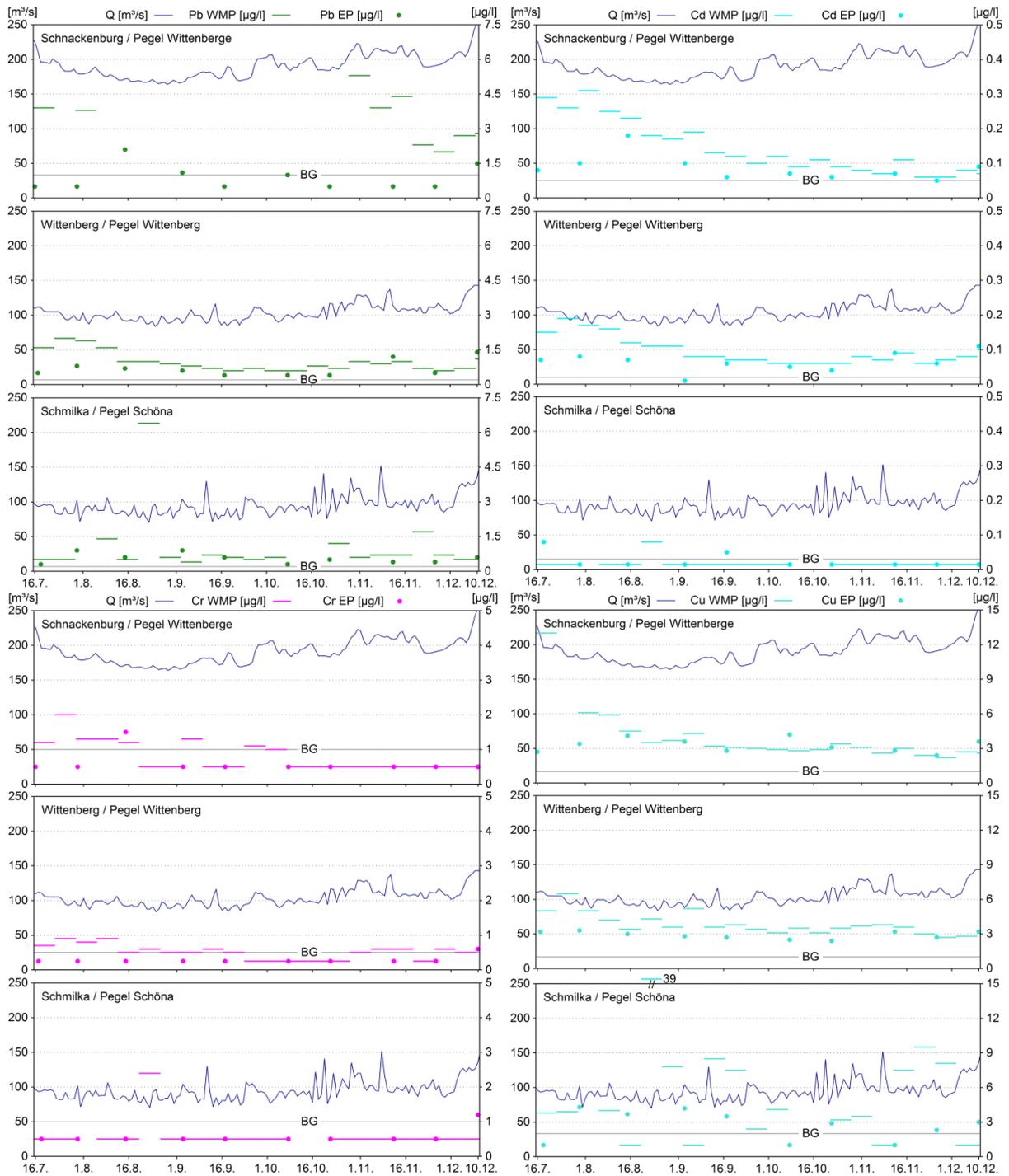


Abbildung 12a/b/c/d: Konzentration von a) Blei (oben links), b) Cadmium (oben rechts), c) Chrom (unten links) und d) Kupfer (unten rechts) in Wochenmischproben (WMP, unfiltriert) und Einzelproben (EP, unfiltriert) der Elbe nach dem MPE beim Niedrigwasser 2018 an den Messstellen Schmilka, Wittenberg und Schnackenburg sowie Durchfluss (Q, Tagesmittelwerte) an den Bezugspegeln (BG = Bestimmungsgrenze)

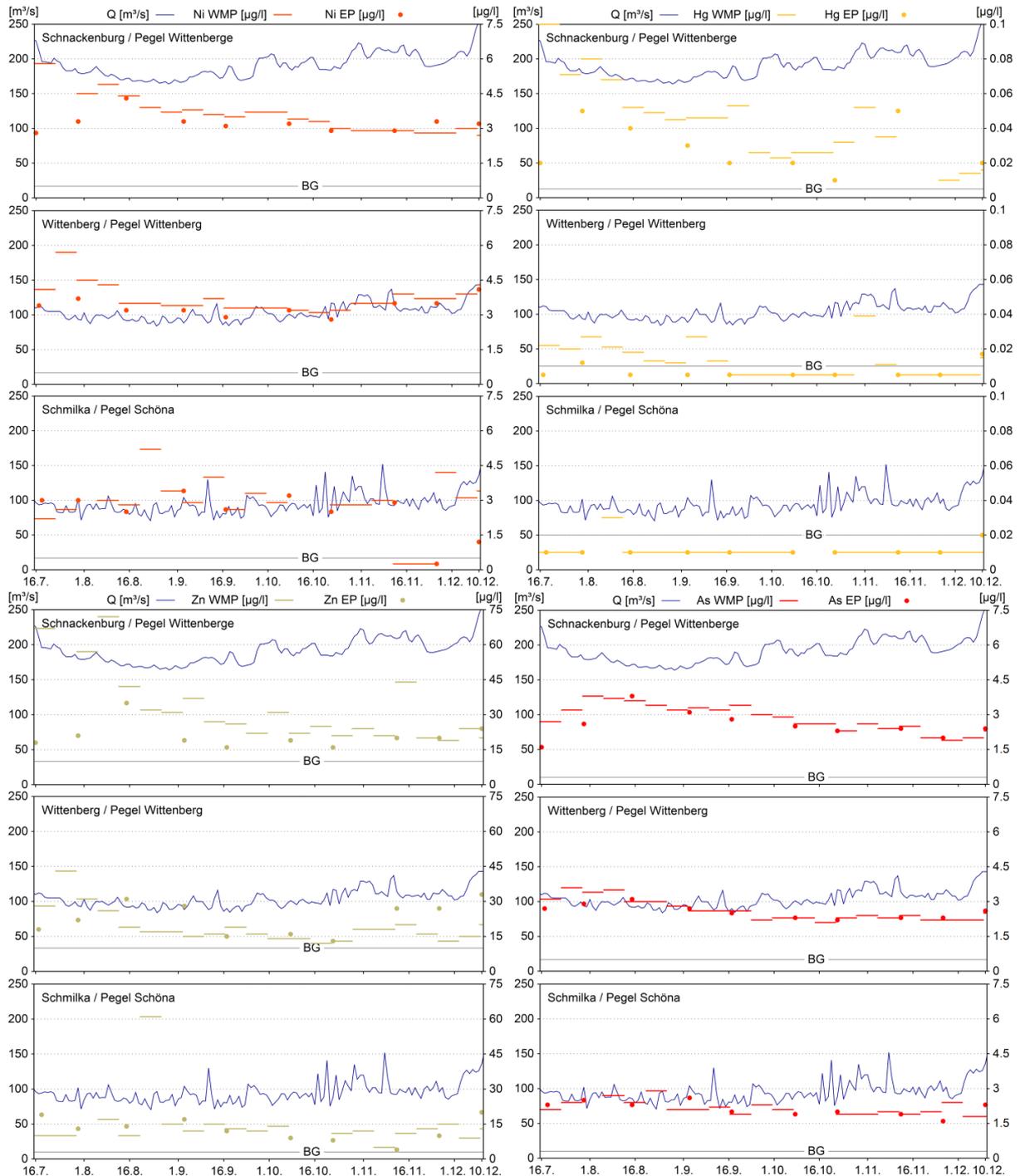


Abbildung 13a/b/c/d: Konzentration von a) Nickel (oben links), b) Quecksilber (oben rechts), c) Zink (unten links) und d) Arsen (unten rechts) in Wochenmischproben (WMP, unfiltriert) und Einzelproben (EP, unfiltriert) der Elbe nach dem MPE beim Niedrigwasser 2018 an den Messstellen Schmilka, Wittenberg und Schnackenburg sowie Durchfluss (Q, Tagesmittelwerte) an den Bezugspegeln (BG = Bestimmungsgrenze)

Je nach Element und Messstation zeigten sich teilweise beträchtliche Abweichungen zwischen den Konzentrationen in den Wochenmisch- und den Einzelproben im zugehörigen Zeitraum (Abbildung 12, Abbildung 13). Dies betrifft besonders die Kupferkonzentrationen bei Schmilka (Abbildung 12d) sowie die Blei-, Cadmium- und Quecksilberkonzentrationen bei Schnackenburg (Abbildung 12a/b, Abbildung 13b). Im Fall von Nickel (Abbildung 13a) und

insbesondere Arsen (Abbildung 13d) lagen die Messergebnisse von Einzel- und Wochenmischproben dagegen meist eng beieinander. Bezogen auf den zeitlichen Verlauf des Niedrigwassers traten gleich zu Beginn – in der zweiten Julihälfte 2018 – meist relativ große Abweichungen zwischen Wochenmisch- und Einzelproben auf.

Die Konzentration der Schwermetalle in den Mischproben war meist höher als in den Einzelproben (Abbildung 12 und Abbildung 13). Die Konzentrationsspitzen in den Mischproben des Niedrigwasserzeitraums 2018 betrafen in aller Regel die Monate Juli und August und traten meist bzw. größtenteils in bestimmten Wochen auf, und zwar bei Schmilka vom 20.8. bis 26.8., bei Wittenberg vom 23.7. bis 29.7. und bei Schnackenburg vom 16.7. bis 22.7.2018. Im Fall von Kupfer in der Elbe bei Schmilka (bis 39 µg/l Cu) und Schnackenburg (bis 13 µg/l Cu) sowie von Nickel bei Schnackenburg (bis 5,8 µg/l Ni) wiesen die Mischproben im Niedrigwasserzeitraum 2018 höhere Konzentrationsspitzen auf als im Jahr 2012.

4.6 Arzneistoffe

Die Konzentration der nur an den Elbe-Messstellen Schmilka und Schnackenburg untersuchten Arzneistoffe Carbamazepin, Diclofenac, Ibuprofen und Sulfamethoxazol ist in Abbildung 14 dargestellt. Carbamazepin und Diclofenac traten beim Niedrigwasser 2018 an beiden Messstellen in höheren Konzentrationen auf als beim Niedrigwasser 2015 und im Jahr 2012. Ibuprofen wurde bei Schmilka nur am letzten Messtermin des MPE (10.12.2018) in erhöhter Konzentration gemessen, ansonsten blieben die Werte wie auch in Schnackenburg unter 25 ng/l. Die Konzentrationen des Sulfamethoxazol lagen höher als im Jahr 2012 und auf gleichem Niveau wie beim Niedrigwasser 2015.

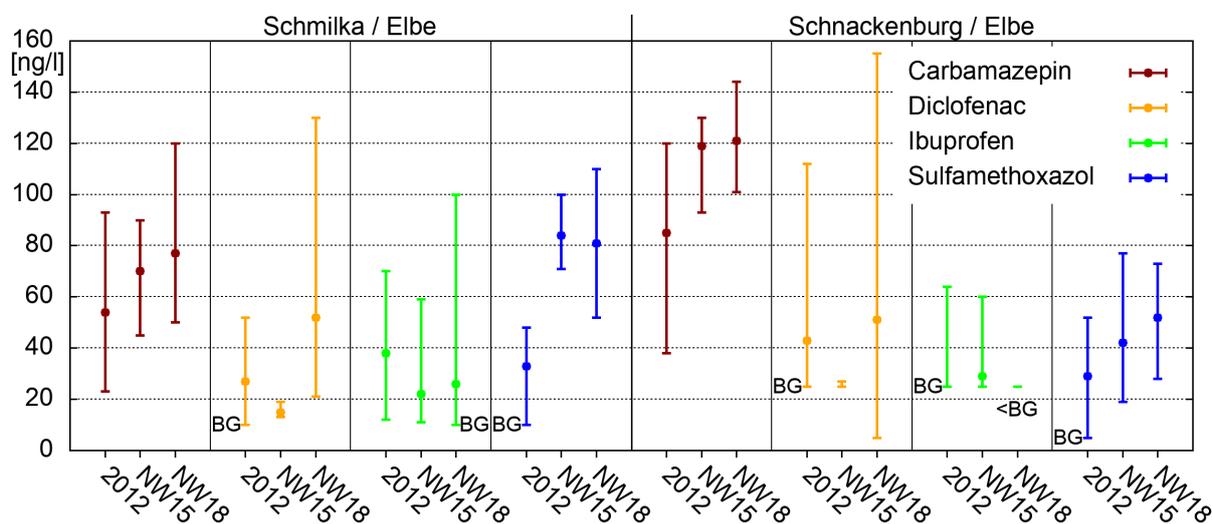


Abbildung 14: Spannweite und Mittelwert der Konzentration von Arzneistoffen in der Elbe bei Schmilka und Schnackenburg beim Niedrigwasser (NW) 2018 und 2015 sowie im Jahr 2012 (BG = Bestimmungsgrenze)

5 Einordnung der Ergebnisse

5.1 Wasserführung

Das Niedrigwasser 2018 war im Vergleich zu den Niedrigwasserereignissen 2015 und 2003 außergewöhnlich langanhaltend. Insbesondere unterhalb der Saalemündung traten auch niedrigere Durchflüsse auf. Für eine weiter zurückreichende Einordnung und Betrachtung zur Wasserführung sei auf HÜBNER & SCHWANDT (2018) sowie auf die Informationsplattform Undine (BfG 2019b) verwiesen. Danach waren extreme Sommer/Herbst-Niedrigwasserereignisse im 20. Jahrhundert vor dem massiven Talsperrenbau im Einzugsgebiet der Elbe in den 1950er und 1960er Jahren meist deutlich stärker ausgeprägt als im Jahr 2018.

5.2 Wasserbeschaffenheit

Wie beim Niedrigwasser 2015 so ist auch für das Niedrigwasser 2018 davon auszugehen, dass ein großer Anteil (schätzungsweise ca. 50 %) des Durchflusses in der Elbe bei Schmilka aus tschechischen Talsperren stammte und die Flusswasserqualität positiv beeinflusste (vgl. FGG Elbe 2016a). Dies zeigte sich bei Schmilka beispielsweise in (fast) ausschließlich unauffälligen Messwerten der elektrischen Leitfähigkeit sowie der Calcium-, Magnesium-, Phosphor- und Chlorophyll a-Konzentration. Auch in der Niedrigwasserphase im Jahr 2016 wurden die positiven Effekte des „Zuschusswassers“ aus den Talsperren in der Tschechischen Republik auf die Wasserqualität der Elbe bei Schmilka spürbar (FGG Elbe 2019a).

5.2.1 Basiskenngrößen

Die höchsten Wassertemperaturen in der Elbe traten im Jahr 2018 innerhalb der Niedrigwasserperiode auf (Ende Juli/Anfang August) - im Gegensatz zum Jahr 2015, in dem die höchsten Wassertemperaturen unterhalb von Schmilka schon Anfang Juli, und damit vor der Niedrigwasserperiode gemessen wurden (FGG Elbe 2016a). Die außerordentlich hohen, auch gegenüber dem Jahr 2015 höheren Wassertemperaturen, führten nicht zu einem fischkritischen Absinken des Sauerstoffgehalts (vgl. BfUL 2019, LHW 2019). Der Sauerstoffhaushalt blieb beim Niedrigwasser 2018 wie auch beim Niedrigwasser 2015 stabil. Der Orientierungswert nach der Oberflächengewässerverordnung (OGewV; 20.6.2016 I 1373) für den guten ökologischen Zustand/das gute ökologische Potenzial gemäß der EG-Wasserrahmenrichtlinie beträgt für die Elbe im hier betrachteten Abschnitt (Fließgewässertypen 10 und 20) $>7 \text{ mg/l O}_2$ (Mittelwert aus maximal drei aufeinander folgenden Jahresminimalwerten). Dieser Orientierungswert wurde beim Niedrigwasser 2018 von Tagesmittelwerten nur bei Schmilka unterschritten, von Tagesminima auch bei Wittenberg und Cumlosen (Tabelle 6, Tabelle 7). Bei Niedrigwasserereignissen der Elbe in der Mitte des 20. Jahrhunderts, als eine starke Belastung durch leicht abbaubare organische Substanzen vorlag, stellten sich dagegen zeitweise nahezu anoxische Verhältnisse ein (HÜBNER & SCHWANDT 2018).

Offensichtlich bedingt durch vorausgehendes starkes Phytoplankton-Wachstum im Frühjahr 2018, da in dieser Zeit hohe Chlorophyll a-Konzentrationen (z. B. LHW 2019) und hohe Sauerstoffsättigungswerte (z. B. BfUL 2019, LHW 2019) in der Elbe gemessen wurden, traten die niedrigsten Sauerstoffminima bei Schmilka und Schnackenburg schon Anfang Juni auf (O_2 -Verluste durch aerobe Zersetzung organischer Substanz, Veratmung), also vor Beginn des

Niedrigwasserzeitraums (Tabelle 6, Tabelle 7). Gleichzeitig wurden die höchsten pH-Werte in der Elbe im Mai und Juni 2018 gemessen (Tabelle 6, Tabelle 7), was ebenfalls auf eine hohe Phytoplankton-Aktivität (biogene Entkalkung mit Ausscheidung von Hydroxidionen) zurückgeführt werden kann. In der Elbe bei Schmilka (vgl. BfUL 2019) und Wittenberg (vgl. LHW 2019) waren die pH-Wert-Spitzen im April und Mai deutlich größer als im Niedrigwasserzeitraum. Nach der OGewV besteht für die Elbe als Orientierungswert für den guten ökologischen Zustand bzw. das gute ökologische Potenzial ein pH-Maximalwert von 8,5 (Mittelwert aus maximal drei aufeinander folgenden Jahresmaximalwerten). Ein pH-Wert von 8,5 wurde in der Elbe während des Niedrigwassers 2018 (im Gegensatz zum Frühjahr) nur bei Cumlosen und Schnackenburg überschritten (Tabelle 6, Tabelle 7). Diese höheren pH-Werte traten im Zeitraum von Mitte Juli bis Anfang September auf, in dem - indiziert durch relativ hohe Chlorophyll a-Konzentrationen – auch die höchste Phytoplankton-Aktivität in der Niedrigwasserperiode anzunehmen ist.

In der Mulde bei Dessau traten die höchsten pH-Werte im Unterschied zur Elbe innerhalb der Niedrigwasserperiode auf und übertrafen mit Messwerten bis pH 9,5 (10.8.2018) auch die Zielwertspanne von pH 7 - 9 nach IAWR et al. (2013). An der Mulde wurden die höchsten Konzentrationen des Chlorophyll a im Jahr 2018 Anfang und Ende Juli gemessen (LHW 2019).

Mit dem Niedrigwasser 2018 gingen für die Messstationen Cumlosen und Schnackenburg, Elbe sowie Dessau, Mulde langjährige Rekordwerte der elektrischen Leitfähigkeit einher, entsprechend des in der Mulde und in der unteren Mittel-Elbe besonders extrem ausgeprägten Niedrigwassers (vgl. BfG 2019b). Der Zeitpunkt dieser Rekordwerte (Elbe: 28.9.; Mulde: 25.9.) fällt allerdings in eine Phase wieder ansteigender Wasserführung (Durchfluss Elbe, Pegel Wittenberge 26.9. - 28.9.: 175 - 201 m³/s, Durchfluss Mulde, Pegel Calbe-Grizehne 23.9. - 25.9.: 38,6 - 57,2 m³/s). Somit ist davon auszugehen, dass niederschlagsbedingte Einträge aus dem Einzugsgebiet zur Erhöhung der Leitfähigkeit beitragen („first flush effect“; zum Niederschlag vgl. Abbildung 1). Die Leitfähigkeitsverhältnisse in der vom Niedrigwasser nicht ganz so stark betroffenen Saale sind aufgrund des Ausfalls der automatischen Messstation Rosenberg weniger leicht einzuordnen. Die Messwerte des MPE zeigen aber auch hier außergewöhnlich hohe elektrische Leitfähigkeiten, welche die in Kapitel 4.3 dargestellte sehr hohe Salzbelastung widerspiegeln.

5.2.2 Phosphor

Die Konzentrationen des Gesamt-Phosphors in der Elbe waren während des Niedrigwassers zwar in aller Regel unauffällig, lagen an allen fünf Elbe-Messstellen mit durchschnittlich 0,13 - 0,16 mg/l P aber über dem Orientierungswert für den guten Zustand/das gute ökologische Potenzial nach der OGewV ($\leq 0,10$ mg/l P_{ges} als Mittelwert aus maximal drei aufeinander folgenden Jahresmittelwerten). Für ortho-Phosphat-Phosphor besteht sinngemäß ein Orientierungswert von $\leq 0,07$ mg/l o-PO₄-P. Gegenläufig zur Entwicklung des Phytoplanktons zeigten die Konzentrationen des ortho-Phosphat-Phosphors in der Elbe während des Niedrigwassers eine große (gemessen an den Vorjahren aber nicht untypische) Schwankungsbreite, aus der durchschnittlich oberhalb von Mulde und Saale 0,08 - 0,09 mg/l o-PO₄-P und unterhalb 0,04 - 0,07 mg/l o-PO₄-P resultierten. Die Konzentrationsspitzen des ortho-Phosphat-Phosphors in der Havel bei Havelberg übertrafen zwar die Maximalwerte des Jahres 2012 und des Niedrigwassers 2015 deutlich (Abbildung 5), lagen aber im gewöhnlichen Schwankungsbereich der vorausgehenden zehn Jahre (FGG Elbe 2019b). Dies gilt auch für die von der Havel beeinflussten Konzentrationsspitzen des ortho-Phosphat-Phosphors der Elbe bei Cumlosen und Schnackenburg (FGG Elbe 2019b).

5.2.3 Hauptionen

Wie beim Niedrigwasserereignis 2015 (FGG Elbe 2016a) war die Konzentration der Hauptionen (Calcium, Magnesium, Kalium, Natrium, Chlorid und Sulfat) in der Elbe auch beim Niedrigwasser 2018 erhöht. Im Fall von Calcium, Kalium, Natrium und Chlorid wurden Konzentrationen in langjähriger Rekordhöhe ermittelt. Eine Konzentrationserhöhung der Hauptionen infolge verminderter Verdünnung bei Niedrigwasser ist ein typisches Phänomen (z. B. ZWOLSMAN & BOKHOVEN 2007, MOSLEY 2015, HELLWIG et al. 2017). Wie auch außerhalb von Niedrigwasserperioden traten die höchsten Konzentrationen der Hauptionen in der Saale auf. Bekanntermaßen gelangen diese Ionen vor allem durch Abwässer der Kali- bzw. Sodaindustrie sowie aus dem Schlüsselstollen (Altbergbau) in die Saale. Daneben trägt auch der Kalibergbau bei Zielitz an der Elbe zur Salzbelastung bei.

In der Saale bei Rosenberg wurde die höchste Calciumkonzentration von 470 mg/l Ca schon vor Beginn des Niedrigwasserzeitraums am 2.7.2018 gemessen (LHW 2019), wobei es sich um den höchsten Messwert einer Einzelstichprobe der in FGG Elbe (2019b) ab 1986 enthaltenen Datenreihe handelt. Mit 410 mg/l Ca am 15.8.2019 trat aber auch während der Niedrigwasserperiode eine sehr hohe Calciumkonzentration in der Saale auf. Nach SCHNEIDER et al. (2003) ist die Calciumkonzentration oft eng mit der elektrischen Leitfähigkeit korreliert, bei der – wie gezeigt werden konnte – im Niedrigwasserzeitraum 2018 ebenfalls langjährige Spitzenwerte ermittelt wurden. Über eine Erhöhung insbesondere der Calciumkonzentration bei Niedrigwasser berichten auch LEEKS et al. (1998).

Das während des Niedrigwassers 2018 erhöhte Ca/Mg-Verhältnis in der Saale, das sich auch auf die Elbe auswirkte, entspricht der in HÜBNER & SCHWANDT (2018) auf Basis von Jahresmittelwerten für die Saale bei Rosenberg dargestellten Entwicklung, nach der die Magnesiumkonzentration dort seit Mitte der 1990er Jahre stagniert, die Calciumkonzentration aber wieder ein relativ hohes Niveau erreicht hat.

Neben den oben genannten anthropogenen Punktquellen scheiden als mögliche weitere Ursachen für die erhöhten Kaliumkonzentrationen in der Elbe Abschwemmungen von Düngemitteln aus der Landwirtschaft oder Streusalzeinträge aus dem Einzugsgebiet, die ansonsten zu den wesentlichen Belastungsfaktoren für Kalium im Fließgewässer zählen, während der Niedrigwasserphase 2018 weitgehend bzw. vollkommen aus. Bezüglich des Natriums gelten nach HELLWIG et al. (2017) Kläranlagen als wichtigster Eintragspfad, der im Fall der Elbe aber hinter dem Einfluss von (Alt-)Bergbau und Salz-Industrie zurücksteht. Im Gegensatz zum Kalium wird für Natrium in der geltenden Trinkwasserverordnung (TrinkwV; 10.3.2016 I 459, letzte Änderung: 3.1.2018 I 99) ein Grenzwert genannt (200 mg/l Na), der in der Saale an allen Messterminen überschritten und davon beeinflusst in der Elbe bei Magdeburg (links) einmal erreicht wurde (3.9.2018).

Die Chloridkonzentrationen bei extremen Niedrigwasserereignissen der Elbe von 1904 bis 2015 sind in HÜBNER & SCHWANDT (2018) am Beispiel der Elbe bei Magdeburg zusammengestellt. Danach war die Chloridkonzentration beim Niedrigwasser 2018 vergleichbar mit den Verhältnissen beim Niedrigwasser 1904, 2003 und 2015, wobei die Wasserführung im Jahr 1904 aber deutlich geringer war. Die für die Chloridfracht der Elbe wesentlichen Zuflüsse bzw. Einleitungen sind am Beispiel des Niedrigwassers 2015 in HÜBNER et al. (2018) dargestellt. Die herausragende Bedeutung der Saale für die Chloridbelastung der Elbe wird auch durch die hohen Konzentrationen beim Niedrigwasser 2018 unterstrichen (Abbildung 7).

Die mittlere Chloridkonzentration der Saale bei Rosenberg im Niedrigwasserzeitraum (895 mg/l Cl) lag deutlich a) über dem Orientierungswert von ≤ 200 mg/l Cl (Mittelwert aus maximal drei aufeinander folgenden Jahresmittelwerten bei Gewässertyp 17) für den guten ökologischen Zustand bzw. das gute ökologische Potenzial nach der OGeWV, b) über dem Grenzwert der TrinkwV (250 mg/l Cl) und c) über dem Zielwert nach dem Europäischen Fließgewässermemorandum (IAWR et al. 2013) von 100 mg/l Cl. Ferner eignet sich nach DIN 19684-10: 2009-01 Wasser mit mehr als 280 mg/l Cl im Allgemeinen nicht mehr zur Bewässerung. Nach MIRSCH (1967) ist bei extremem Niedrigwasser (Durchfluss Saale: 30 m³/s, Elbe bei Tangermünde: 150 m³/s) von einer Hintergrundbelastung der Saale von 225 mg/l Cl und der Elbe bei Tangermünde von 133 mg/l Cl auszugehen. Beim Niedrigwasser 2018 war der mittlere Durchfluss größer (Saale-Pegel Calbe-Grizehne: 38,1 m³/s, Elbe-Pegel Tangermünde 158 m³/s), die mittlere Chloridkonzentration in der Saale jedoch erheblich und in der Elbe deutlich höher (Tangermünde: Mittelwert links/rechts: 292 mg/l Cl nach LHW 2019). Auch bei Schnackenburg wurden noch sehr hohe Chloridkonzentrationen gemessen (Abbildung 7).

Mit den hohen Chlorid- gingen während des Niedrigwassers 2018 auch hohe Sulfatkonzentrationen in der Saale einher (Mittelwert: 358 mg/l SO₄). Diese waren ebenfalls höher a) als der Orientierungswert nach der OGeWV für den guten ökologischen Zustand bzw. das gute ökologische Potenzial (≤ 200 mg/l SO₄ als Mittelwert aus maximal drei aufeinander folgenden Jahresmittelwerten bei Gewässertyp 17), b) der Grenzwert der TrinkwV (250 mg/l SO₄) und c) der Zielwert nach dem Europäischen Fließgewässermemorandum (IAWR et al. 2013) von 100 mg/l SO₄. Für die Sulfatfracht der Elbe sind neben der Saale mit geringeren Anteilen auch die Havel, Mulde und Schwarze Elster von Bedeutung (HÜBNER et al. 2018). Die Sulfatkonzentration der Schwarzen Elster bei Gorsdorf lag während des Niedrigwassers bei durchschnittlich rund 250 mg/l SO₄ und maximal bei 270 mg/l SO₄ (LHW 2019), wobei dieses Maximum nach der Datenreihe in FGG Elbe (2019b) dort zuletzt im August 2000 überschritten wurde.

5.2.4 Schwermetalle / Arsen

Typischerweise war beim Niedrigwasser der Elbe in den Jahren 2018 und 2015 der gelöste Anteil der meisten Schwermetalle sowie von Arsen an der Gesamtkonzentration im Flusswasser relativ hoch (Tabelle 9), bedingt durch die in Niedrigwasserphasen vorwiegend reduzierte Schwebstoffkonzentration (vgl. Tabelle 8 sowie FGG Elbe 2016a, HÜBNER & SCHWANDT 2016). Dass dagegen in der Mulde der gelöste Anteil von Cadmium und Zink beim Niedrigwasser 2018 im Durchschnitt kleiner war als im Jahresmittel 2012 und im Fall von Kupfer und Nickel nicht größer (Tabelle 9), könnte durch die Schwebstoffkonzentration zu erklären sein. Diese entsprach in der Mulde im Jahresdurchschnitt 2012 (6,7 mg/l) praktisch dem Mittelwert der Niedrigwasserperiode 2018 (6,8 mg/l), so dass von daher auch keine größeren gelösten Anteile beim Niedrigwasser 2018 zu erwarten wären.

Gegenüber dem Vergleichsjahr 2012 erhöhte Schwermetallkonzentrationen zeigten sich überwiegend bei den filtrierten Proben. Trotz der mit Ausnahme der Mulde relativ niedrigen Konzentration abfiltrierbarer Stoffe während des Niedrigwassers 2018 traten Nickel und Arsen nicht nur in einigen filtrierten, sondern auch in einigen Gesamtproben in (leicht) erhöhter Konzentration auf. Das Konzentrationsniveau von Nickel und Arsen in diesen unfiltrierten Einzelproben nach dem MPE wurde im Fall von drei Messstellen an der Elbe durch die Analyse von Wochenmischproben bestätigt.

Im Gegensatz zu anderen Schwermetallen ist für Nickel in der Elbe über die letzten beiden Jahrzehnte kein fallender Trend der Belastung zu konstatieren (vgl. WANG et al. 2019), was durch die hier dargestellten Ergebnisse unterstrichen wird. Zuflüsse der Elbe mit höheren Nickelkonzentrationen im deutschen Teil des Einzugsgebietes sind neben Mulde und Saale auch die Triebisch (Einfluss des „Rothschönburger Stolln“) und die Schwarze Elster (FGG Elbe 2017b). Daneben gelangt Nickel durch direkte Abwassereinleitungen aus kommunalen und industriellen Kläranlagen in die Elbe (vgl. UBA 2019). Wie am Beispiel des Niedrigwassers 2015 gezeigt wurde (HÜBNER et al. 2018), sind in Bezug auf die Nickelfracht der Elbe insbesondere die Fracht aus der Tschechischen Republik sowie die Fracht der Saale von Belang, in geringerem Maß auch die Fracht der Mulde, Havel und Schwarzen Elster.

Auch bei Arsen stammt ein beträchtlicher Anteil der Elbefracht aus der Tschechischen Republik, die auf deutscher Seite vor allem durch die Mulde erhöht wird (HÜBNER et al. 2018). Weitere relevante Frachten beim Niedrigwasser 2015 brachten Saale und Havel, wobei die Arsenkonzentration in diesen Flüssen wie auch beim Niedrigwasser 2018 geringer war als in der Elbe. Die Triebisch weist zwar hohe Arsenkonzentrationen auf, hat an der Elbefracht aufgrund ihrer relativ geringen Wassermenge aber nur einen sehr kleinen Anteil.

Da den gelösten bzw. bioverfügbaren Anteilen der Schwermetalle eine besondere ökotoxikologische Relevanz zukommt, beziehen sich die geltenden Umweltqualitätsnormen (UQN) für Schwermetallkonzentrationen in Wasserproben nach der OGewV nur auf diese Anteile. Bisher wurden zulässige Höchstkonzentrationen (ZHK-UQN) lediglich für Blei: 14 µg/l, Cadmium (je nach Wasserhärte): ≤0,45 - 1,5 µg/l, Nickel: 34 µg/l und Quecksilber: 0,07 µg/l definiert, die beim Niedrigwasser 2018 und 2015 nicht erreicht wurden.

Daneben bestehen für gelöste Schwermetalle und gelöstes Arsen nach WENZEL et al. (2015) folgende Vorschläge für zusätzliche ZHK-UQN: Chrom: 3,4 µg/l, Kupfer: 2,4 µg/l, Uran: 3,4 µg/l, Zink: 33 µg/l (bioverfügbar) und Arsen: 6,6 µg/l. Diese vorgeschlagenen ZHK-UQN wären beim Niedrigwasser 2018 im Fall von gelöstem Chrom an allen Messstellen des MPE eingehalten worden, während der Wert für gelöstes Kupfer außer an der Havel an allen Messstellen überschritten worden wäre. An der Mulde wurden zudem höhere Werte für gelöstes Uran (bis 4,5 µg/l) und gelöstes Arsen (Abbildung 11) gemessen. In der Saale, deren Zinkkonzentration durch Wasser aus dem Schlüsselstollen stark erhöht wird (z. B. BABOROWSKI & TÜMPLING 2012), fanden sich bei Rosenberg im Niedrigwasserzeitraum 2018 bis 95 µg/l gelöstes Zink, so dass der bioverfügbare Zinkanteil wahrscheinlich auch an dieser mündungsnahen Messstelle über der ZHK-UQN gelegen hätte.

Die bestehenden (OGewV) und nach WENZEL et al. (2015) vorgeschlagenen UQN für den Jahresdurchschnitt (JD-UQN) der gelösten bzw. bioverfügbaren Schwermetall- und Arsenkonzentration können nicht auf Niedrigwasserperioden bezogen werden, seien hier aber zur groben Einschätzung der Belastung aufgeführt. A) OGewV: Blei (bioverfügbar): 1,2 µg/l, Cadmium je nach Wasserhärte: ≤0,08 - 0,25 µg/l, Nickel (bioverfügbar): 4,0 µg/l; B) WENZEL et al. (2015): Chrom: 3,4 µg/l, Kupfer: 1,1 µg/l, Uran: 0,44 µg/l, Zink (bioverfügbar): 10,9 µg/l und Arsen: 1,3 µg/l.

Beim Niedrigwasser 2018 lag der Durchschnitt aller aus der gelösten Phase ermittelten Messwerte für die nach OGewV per JD-UQN geregelten Schwermetalle Blei, Cadmium und Nickel an den Messstellen des MPE der Elbe und Havel unter der JD-UQN. An Mulde und Saale betrug der Konzentrationsmittelwert im Niedrigwasserzeitraum für gelöstes Nickel 4,1 bzw. 4,8 µg/l. Bei Berücksichtigung des bioverfügbaren Anteils, wie er in LHW (2019)

ausgewiesen ist, errechnet sich für die Mulde im Niedrigwasserzeitraum nur noch ein Mittelwert von 2,0 µg/l bioverfügbares Nickel und für die Saale von 2,7 µg/l bioverfügbares Nickel.

Würden die JD-UQN-Vorschläge nach WENZEL et al. (2015) zugrunde gelegt, so läge der Durchschnitt der gelösten Konzentrationen beim Niedrigwasser 2018 an allen Elbe-Messstellen des MPE im Fall von Chrom unterhalb und bezüglich Kupfer, Uran und Arsen oberhalb der JD-UQN-Werte. Bei gelöstem Zink würde die Durchschnittskonzentration in der Elbe unterhalb der Saale (aber nicht mehr bei Cumlosen und Schnackenburg) möglicherweise über dem Wert der vorgeschlagenen JD-UQN liegen (Mittelwert Niedrigwasser 2018 bei Magdeburg links: 28 µg/l Zn gel.), wobei der bioverfügbare Anteil zu ermitteln wäre.

5.2.5 Arzneistoffe

Hinsichtlich der betrachteten Arzneistoffe ist von einem ausschließlichen Eintrag über Kläranlagen und Mischwasserentlastungen auszugehen. Da die Stoffe im Gewässer nur sehr langsam bzw. nur unter bestimmten Bedingungen transformiert werden, ist mit geringerer Wasserführung eine Aufkonzentration zu erwarten. Diese kann aufgrund der relativ hohen Konzentrationen bei den Niedrigwasserereignissen 2018 und 2015 im Fall von Carbamazepin und Sulfamethoxazol zumindest tendenziell auch unterstellt werden. Allerdings wurden die höchsten Werte des Sulfamethoxazol in beiden Niedrigwasserjahren erst im Herbst gemessen, was auf eine anteilige Transformation durch Sonneneinstrahlung hindeutet (vgl. z. B. BAHNMUELLER et al. 2014). Daneben ist ein höherer Verbrauch des Antibiotikums in den kühleren Monaten zu vermuten.

Das im Gewässer in relativ hoher Intensität dem photolytischen Abbau unterliegende Diclofenac (z. B. PACKER et al. 2003) wurde dementsprechend erst zum Ende der Niedrigwasserperiode im November und Dezember 2018 in hoher Konzentration nachgewiesen.

Die im Vergleich zum Jahr 2012 niedrigen Konzentrationen des Ibuprofen beim Niedrigwasser 2018 – abgesehen von einer Konzentrationsspitze bei Schmilka am 10. Dezember (100 ng/l) – sind vermutlich durch die gute Eliminierbarkeit dieses Stoffes in Kläranlagen (z. B. LAU 2010) und das Ausbleiben von Einträgen über Mischwasserentlastungen in der Niedrigwasserperiode zu erklären.

Für alle vier Arzneistoffe existieren JD-UQN-Vorschläge [µg/l] (ATHING et al. 2018): Carbamazepin: 0,5; Diclofenac: 0,05; Ibuprofen: 0,01 und Sulfamethoxazol: 0,6. Bei Carbamazepin und Sulfamethoxazol wurde das Niveau der vorgeschlagenen JD-UQN in der Elbe auch beim Niedrigwasser 2018 bei weitem unterschritten, bei Diclofenac wurde es erreicht. Der UQN-Vorschlag für Ibuprofen entspricht der derzeitigen Bestimmungsgrenze in Sachsen und liegt unter der Bestimmungsgrenze in Niedersachsen (0,025 µg/l). Zumindest in der Elbe bei Schmilka, vermutlich aber auch bei Schnackenburg, wäre die Konzentration der zur Diskussion gestellten JD-UQN für Ibuprofen beim Niedrigwasser 2018 in der Regel überschritten worden.

Die Konzentrationen von Carbamazepin und Diclofenac war beim Niedrigwasser 2018 an beiden Probestellen der Elbe, im Fall von Sulfamethoxazol nur in Schmilka, zeitweise größer als der Zielwert für Fließgewässer nach dem Europäischen Fließgewässermemorandum zur

qualitativen Sicherung der Trinkwassergewinnung (IAWR et al. 2013), der für Arzneistoffe auf 0,1 µg/l je Einzelstoff festgelegt wurde.

5.3 Methodische Aspekte zum Messprogramm

Mit dem Einsatz des MPE wurde die Messfrequenz zur Überwachung der Wasserbeschaffenheit im Niedrigwasserzeitraum 2018 verdoppelt (vgl. Abbildung 3). Durch die zehn Beprobungstermine vom 16.7. bis 10.12.2018 konnten – nur bezogen auf die fünf Probestellen der Elbe – insgesamt 285 erhöhte Messwerte (>Maximum 2012) ermittelt werden, die sich auf 33 Kenngrößen beziehen.

An den fünf durch das MPE veranlassten Sonder-Messterminen (16.7., 15.8., 17.9., 22.10. und 26.11.) wurden insgesamt 138 erhöhte Messwerte anhand der fünf Elbe-Probestellen festgestellt. Davon repräsentieren 29 Werte gleichzeitig das Maximum an der betreffenden Messstelle im gesamten Niedrigwasserzeitraum. Von diesen 29 Messwerten waren insgesamt 16 auch größer als beim Niedrigwasser 2015. Diese Befunde unterstreichen die Wichtigkeit der höheren Messfrequenz bei extremem Niedrigwasser.

Zur der Frage, ob ein langes Niedrigwasserereignis wie im Jahr 2018 durchgängig mit gesteigerter Messfrequenz begleitet werden sollte, seien folgende Aspekte angeführt: In der ersten Hälfte des Niedrigwasserzeitraums (16. Juli bis 17. September), in dem die Wasserführung besonders gering war (Mittelwert des Durchflusses an den fünf Messterminen am Pegel Barby: 150 m³/s), wurden an den fünf Messstellen der Elbe insgesamt 150 erhöhte Messwerte (>Maximum 2012) festgestellt, davon 43 als messstellenbezogene Maxima im gesamten Niedrigwasserzeitraum. Im zweiten Teil der Niedrigwasserperiode (8. Oktober bis 10. Dezember, ebenfalls fünf Messtermine mit durchschnittlichem Durchfluss am Pegel Barby: 169 m³/s) wurden an denselben fünf Elbe-Messstellen 135 erhöhte Messwerte ermittelt, davon 25 messstellenbezogene Niedrigwasser-Maxima. Es zeigt sich zum einen, dass die Niedrigwasserphase mit der geringsten Wasserführung für die Gewässerüberwachung von größter Relevanz ist. Zum anderen traten aber auch in der etwas weniger intensiv ausgeprägten anschließenden Niedrigwasserphase noch zahlreiche ereignisbezogene Konzentrationsspitzen auf.

Das bekannte Phänomen, dass sich die Gewässerbelastung beim Wiederanstieg der Wasserführung am Ende von Niedrigwasserperioden durch Mobilisierung von Sedimenten und Ablagerungen sprunghaft erhöhen kann (z. B. MOSLEY 2015, LEEKS et al. 1998, ANDERSON & BURT 1978), deutet sich anhand der Ergebnisse des MPE nur stellenweise an. Von den Probestellen der Elbe traten am letzten Messtermin nur bei Schmilka relativ viele Konzentrationsspitzen im Niedrigwasserzeitraum auf.

Beim MPE sind die optionalen Beprobungstermine im Niedrigwasser-Ereignisfall aus organisatorischen Gründen schon von vornherein im KEMP geregelt (vgl. FGG Elbe 2018). Damit bleibt offen, ob die interessante Phase des Wiederanstiegs der Wasserführung (Post-Niedrigwasserphase) repräsentativ getroffen wird. Auf jeden Fall erhöht sich die Chance dafür, wenn die nach dem MPE vorgesehene höhere Probenahmefrequenz auch bei längeren Niedrigwasserereignissen durchgehalten wird.

Hinsichtlich der festgestellten Diskrepanz der Ergebnisse zwischen Einzel- und Wochenmischproben bei den Schwermetallanalysen (Abbildung 12 und Abbildung 13) im

Niedrigwasserzeitraum 2018 bleibt zu bedenken, dass Unterschiede methodisch bedingt grundsätzlich zu erwarten sind (z. B. LAWA 2003). Die (fast) ausschließlich niedrigeren Konzentrationen in den Einzelproben gegenüber den Mischproben bei Blei, Cadmium und Quecksilber an der Messstelle Schnackenburg deuten auf unterschiedliche Schwebstoffführungen an den Entnahmestellen hin. In dieses Bild würden auch die geringer abweichenden Ergebnisse bei Nickel und Arsen passen, die zu relativ großen Anteilen gelöst vorkommen.

Für die Elbe bei Schmilka, wo im Fall von Kupfer in den Einzelproben sowohl deutlich niedrigere als auch deutlich höhere Konzentrationen als in den Wochenmischproben gemessen wurden, könnten auch diskontinuierliche Kupfereinleitungen vorliegen, die mit den Einzelproben teilweise gut erfasst, aber teilweise auch verpasst werden. Stark streuende Kupferkonzentrationen traten in Einzelproben der Elbe bei Schmilka auch in den Vorjahren (2016 und 2017) auf (FGG Elbe 2019b).

6 Literatur / Quellen

<p>AHTING, M., BRAUER, F., DUFFEK, A., EBERT, I., ECKHARDT, A. et al. (2018): Empfehlungen zur Reduzierung von Mikroverunreinigungen in den Gewässern. - Stand 12/2017. Umweltbundesamt: Hintergrund // April 2018; https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/uba_pos_mikroverunreinigung_final_bf.pdf (Abruf: 21.11.2019)</p>
<p>ANDERSON, M. G. & BURT, T. P. (1978): Analysis of spatial water quality and stream networks in the southern cotswolds during and after the drought of 1976. - Earth Surface Processes 3: 59-69, London; https://doi.org/10.1002/esp.3290030106 (Abruf: 5.12.2019)</p>
<p>BABOROWSKI, M. & TÜMPLING, v., W. (2012): Umsetzung Sedimentmanagementkonzept – Schwermetalleinträge Schlüsselstollen in die Saale. - Abschlussbericht. UFZ, Department Fließgewässerökologie, 41 S., Anl., Magdeburg; http://www.lhw.sachsen-anhalt.de/untersuchen-bewerten/schadstoffkonzept/schwermetalle-schlueselstollen/ (letzter Abruf: 29.11.2019)</p>
<p>BAHNMÜLLER, S., GUNTEN, v., U. & CANONICA, S. (2014): Sunlight-induced transformation of sulfadiazine and sulfamethoxazole in surface waters and wastewater effluents. - Water Research 57: 183-192, Amsterdam, NL [u. a.]; http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2014.03.019 (Abruf: 27.11.2019)</p>
<p>BFG (BUNDESANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE) (2019a): Informationsplattform Undine: Information zum Messprogramm Extremereignisse der FGG Elbe mit Mess-/Analysendaten zur Wasserbeschaffenheit beim Niedrigwasser der Elbe im Jahr 2015, 2016 und 2018; http://undine.bafg.de/elbe/extremereignisse/elbe_mp_extremereignisse.html (letzter Abruf: 4.4.2019)</p>
<p>BFG (BUNDESANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE) (2019b): Informationsplattform Undine: Extremereignisse im Elbegebiet: Hochwasser, Niedrigwasser; http://undine.bafg.de/elbe/extremereignisse/elbe_extremereignisse.html (letzter Abruf: 28.11.2019)</p>
<p>BFUL (STAATLICHE BETRIEBSGESELLSCHAFT FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT - FREISTAAT SACHSEN) (2019): Bericht der Gewässergütemessstationen 2018: Schmilka, Zehren, Dommitzsch, Bad Düben und Görlitz. - Bearb. HEISE, S.; Stand: 19.3.2019, 18 S., Anh., Nossen; https://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/wasser/3884.htm (letzter Abruf: 9.12.2019)</p>
<p>ČHMÚ (ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV) (2019): Vyhodnocení sucha na území České Republiky v roce 2018 [Auswertung der Dürre auf dem Gebiet der Tschechischen Republik im Jahr 2018], 90 S., Praha, CZ; http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/tiskove_zpravy/2019/Sucho_2018.pdf (Abruf: 31.10.2019)</p>
<p>DWD (DEUTSCHER WETTERDIENST) (2018): Monatlicher Klimastatus Deutschland [Januar - Dezember] 2018; Offenbach am Main, Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes; https://www.dwd.de/DE/leistungen/pbfb_verlag_monat_klimastatus/monat_klimastatus.htm (Abruf: 7.11.2019)</p>

<p>FGG (FLUSSGEBIETSGEMEINSCHAFT) ELBE (2014): Das Messprogramm Extremereignisse beim Junihochwasser der Elbe 2013. Schadstoffkonzentrationen und -frachten. Bearb.: SCHWANDT, D. & HÜBNER, G.; Fachberichte Hochwasser/Niedrigwasser; http://www.fgg-elbe.de/dokumente/fachberichte.html (Abruf: 24.5.2018)</p>
<p>FGG (FLUSSGEBIETSGEMEINSCHAFT) ELBE (2016a): Wasserbeschaffenheit und Schadstofftransport beim extremen Niedrigwasser der Elbe von Juli bis Oktober 2015. Bearb.: HÜBNER, G. & SCHWANDT, D.; Fachberichte Hochwasser/Niedrigwasser; http://www.fgg-elbe.de/dokumente/fachberichte.html (Abruf: 24.5.2018)</p>
<p>FGG (FLUSSGEBIETSGEMEINSCHAFT) ELBE (2016b): Messprogramm für hydrologische Extremereignisse an der Elbe. - Stand: 1.9.2016. 24 S. (unveröffentlichte aktuelle Fassung)</p>
<p>FGG (FLUSSGEBIETSGEMEINSCHAFT) ELBE (2017a): Koordiniertes Elbemessprogramm (KEMP) 2018. Stand: 15.12.2017; https://www.fgg-elbe.de/elbe-datenportal/messprogramme.html (Abruf: 24.5.2018)</p>
<p>FGG (FLUSSGEBIETSGEMEINSCHAFT) ELBE (2017b): Überblick zur Schadstoffsituation im Elbeeinzugsgebiet. Stand: 11.9.2017; Bearb.: BLONDZIK, K. et al.; Fachberichte Schadstoffmonitoring allgemein; https://www.fgg-elbe.de/dokumente/fachberichte.html (letzter Abruf: 22.11.2019)</p>
<p>FGG (FLUSSGEBIETSGEMEINSCHAFT) ELBE (2018): Koordiniertes Elbemessprogramm (KEMP) 2019. Stand: 4.12.2018; https://www.fgg-elbe.de/elbe-datenportal/messprogramme.html (Abruf: 13.12.2018)</p>
<p>FGG (FLUSSGEBIETSGEMEINSCHAFT) ELBE (2019a): Salz- und Schadstoffbelastung der Binnenelbe beim Niedrigwasser 2016. Bearb.: HÜBNER, G. & SCHWANDT, D.; Fachberichte Hochwasser/Niedrigwasser; http://www.fgg-elbe.de/dokumente/fachberichte.html (Abruf: 24.7.2019)</p>
<p>FGG (FLUSSGEBIETSGEMEINSCHAFT) ELBE (2019b): Elbe-Datenportal: Fachinformationssystem (FIS); https://www.elbe-datenportal.de/FisFggElbe/content/start/ (letzter Abruf: 31.7.2019)</p>
<p>HELLWIG, J., STAHL, K. & LANGE, J. (2017): Patterns in the linkage of water quantity and quality during low flows. - Hydrological Processes 31: 4195-4205, Chichester; https://doi.org/10.1002/hyp.11354 (letzter Abruf: 20.12.2019)</p>
<p>HÜBNER, G. & SCHWANDT, D. (2016): Transport of contaminants during extreme flood and low flow events of the River Elbe. - Magdeburger Gewässerschutzseminar, 6./7. Oktober 2016 (Dresden); Tagungsband: 131-132; https://www.ikse-mkol.org/themen/magdeburger-gewaesserschutzseminar/mgs-2016/ (letzter Abruf 28.11.2019)</p>
<p>HÜBNER, G. & SCHWANDT, D. (2018): Extreme low flow and water quality - a long-term view on the River Elbe. Erdkunde - Archive for Scientific Geography, Vol. 72, H. 3, S.235-251; https://doi.org/10.3112/erdkunde.2018.03.05 (letzter Abruf: 20.11.2019)</p>
<p>HÜBNER, G., SCHWANDT, D. & KIRCHESCH, V. (2018): Transport von Salzen und Schwermetallen beim Niedrigwasser der Elbe im Jahr 2015. - Deutsche Gesellschaft für Limnologie: Ergebnisse der Jahrestagung 2017 (Cottbus): 182 - 189, Hardegsen; https://www.dgl-ev.de/publikationen/tagungsberichte/tagungsberichte.html (letzter Abruf: 28.11.2019)</p>

<p>IAWR (INTERNATIONALE ARBEITSGEMEINSCHAFT DER WASSERWERKE IM RHEINEINZUGSGEBIET) et al. (2013): Europäisches Fließgewässermemorandum zur qualitativen Sicherung der Trinkwassergewinnung. - Stand: Oktober 2013: 27 S.; https://www.awwr.de/wir-ueber-uns/positionen-der-awwr/europaeisches-fluessgewaessermemorandum/ (Abruf: 28.11.2019)</p>
<p>LAU (LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ SACHSEN-ANHALT) (2010): Arzneistoffe in Zu- und Abläufen von Kläranlagen des Landes Sachsen-Anhalt. - Fachinformation 1/2010. 13 S., Anl.; http://www.lau.sachsen-anhalt.de/boden-wasser-abfall/abwasser/kommunalabwasser/arzneistoffe-im-abwasser/?q=Arzneistoffe (letzter Abruf: 27.11.2019)</p>
<p>LAWA (LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER) (2003): Ermittlung von Stoff-Frachten in Fließgewässern: Probenahmestrategien und Berechnungsverfahren. - Bearb. HILDEN, M. et al., Kulturbuch-Verl.: 62 S., Anh., Hannover; https://www.lawa.de/documents/ermittlung_von_stoff-frachten_in_fluessgewaessern_1552305366.pdf (Abruf: 6.12.2019)</p>
<p>LEEKES, G. et al. (1998): Post-drought flush effects upon river water quality and sediment transport in upland and lowland catchments. - Centre for Ecology & Hydrology (NERC). R&D Technical Report P77: 1-136, [Wallingford, U.K.]; http://nora.nerc.ac.uk/id/eprint/12889 (Abruf: 5.12.2019)</p>
<p>LHW (LANDESBETRIEB FÜR HOCHWASSERSCHUTZ UND WASSERWIRTSCHAFT SACHSEN-ANHALT) (2019): Monitoringergebnisse der vergangenen Jahre; https://lhw.sachsen-anhalt.de/untersuchen-bewerten/monitoringergebnisse/ (letzter Abruf: 29.11.2019)</p>
<p>MIRSCH, E. (1967): Die natürliche und industrielle Versalzung von Wipper, Unstrut, Saale und Elbe. - Mitteilungen des Instituts für Wasserwirtschaft, Sonderheft 1966: 117 S., Anl., Berlin</p>
<p>MOSLEY, L. M. (2015): Drought impacts on the water quality of freshwater systems; review and integration. - Earth-Science Reviews 140: 203-214, Amsterdam [u. a.]; https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2014.11.010 (letzter Abruf: 5.12.2019)</p>
<p>PACKER, J. L., WERNER, J. J., LATCH, D. E., MCNEILL, K. & ARNOLD, W. A. (2003): Photochemical fate of pharmaceuticals in the environment: Naproxen, diclofenac, clofibric acid, and ibuprofen. - Aquatic Sciences 65: 342-351, Dübendorf, CH; https://doi.org/10.1007/s00027-003-0671-8 (Abruf: 22.11.2019)</p>
<p>SCHNEIDER, P., NEITZEL, P.L., SCHAFFRATH, M. & SCHLUMPRECHT, H. (2003): Leitbildorientierte physikalisch-chemische Gewässerbewertung - Referenzbedingungen und Qualitätsziele. - UBA Texte 15/03: 195 S., Berlin; https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/2244.pdf (letzter Abruf: 13.12.2019)</p>
<p>UBA (UMWELTBUNDESAMT) (Hrsg.) (2019): Pollutant Release and Transfer Register. Stand: 30.9.2019; https://www.thru.de/ (letzter Abruf: 25.11.2019)</p>
<p>UFZ (HELMHOLTZZENTRUM FÜR UMWELTFORSCHUNG) (2019): Tagesberichte zum Zustand von Elbe, Mulde und Bode während der Niedrigwassersituation 2018; https://www.ufz.de/index.php?de=44471 (letzter Abruf: 31.01.2020)</p>
<p>VLIET, V., M. T. H. & ZWOLSMAN, J. J. G. (2008): Impact of summer droughts on the water quality of the Meuse river. - Journal of Hydrology 353: 1-17, Amsterdam [u. a.]; https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2008.01.001 (letzter Abruf: 18.12.2019)</p>

- WANG, Z., HUA, P., LI, R., BAI, Y., FAN, G., WANG, P., HU, B.X., ZHANG, J. & KREBS, P. (2019): Concentration decline in response to source shift of trace metals in Elbe River, Germany: A long-term trend analysis during 1998-2016. - Environmental Pollution 250: 511-519, Amsterdam, NL [u. a.]; <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.04.062> (Abruf: 28.11.2019)
- WENZEL, A., SCHLICH, K., SHEMOTYUK, L. & NENDZA, M. (2015): Revision der Umweltqualitätsnormen der Bundes-Oberflächengewässerverordnung nach Ende der Übergangsfrist für Richtlinie 2006/11/EG und Fortschreibung der europäischen Umweltqualitätsziele für prioritäre Stoffe. - UBA-Texte 47/2015: 193 S., Dessau-Roßlau; <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/revision-der-umweltqualitaetsnormen-der-bundes> (letzter Abruf: 29.11.2019)
- ZWOLSMAN, J. J. G. & BORKHOVEN, v., A. J. (2007): Impact of summer droughts on water quality of the Rhine River - a preview of climate change? - Water Science & Technology 56 (4): 45-55, Bristol; <https://doi.org/10.2166/wst.2007.535> (letzter Abruf: 18.12.2019)

www.fgg-elbe.de