

Weiterführung der Untersuchungen zur Exfiltration
von eisenhaltigem, saurem Grundwasser
auf die Fließgewässer der Lausitz

**Monitoring der Eisenbelastung
in der Spree und in der Talsperre Spremberg
Jahresbericht 2019**



Spree in Bräsinchen am Auslauf der Talsperre Spremberg (Foto: Hiekel, 25.10.2019)

Für die LMBV mbH

LMBV 

Lausitzer und Mitteldeutsche
Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH

Weiterführung der Untersuchungen zur Exfiltration
von eisenhaltigem, saurem Grundwasser auf die
Fließgewässer der Lausitz

Monitoring der Eisenbelastung in der Spree und in der Talsperre Spremberg

Jahresbericht 2019

Auftraggeber: LMBV Lausitzer und Mitteldeutsche
Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH
Knappenstraße 1, 01968 Senftenberg

Bestellnummer: 45056251 vom 25.10.2017, Pos. 180

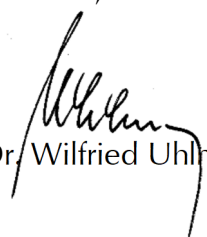
Verantwortlicher: Sven Radigk, Leiter der Projektgruppe Gewässergüte
Fließgewässer Lausitz (PG GFL)

Auftragnehmer: Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann
Lungkwitzer Str. 12, 01259 Dresden

Projektnummer: 05/17

Bearbeiter: Dr. Wilfried Uhlmann
M. Sc. (Geographie) Robert Hiekel
Dipl.-Hydrologe Kai Zimmermann

Dresden, am 13. März 2020


Dr. Wilfried Uhlmann

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	3
Abkürzungsverzeichnis	3
1 Einleitung.....	4
2 Hydrologie und Wasserbewirtschaftung.....	7
2.1 Witterungsverlauf.....	7
2.2 Durchfluss in der Spree und Bewirtschaftung der Talsperre Spremberg ...	9
3 Eisenbelastung der Spree	13
3.1 Sondermonitoring	13
3.2 Belastungsrelevante Ereignisse und Maßnahmen	16
3.3 Eisenkonzentrationen	17
3.4 Eisenfrachten.....	23
4 Wasserbehandlung an der Vorsperre Bühlow.....	26
4.1 Chronologie der Ereignisse	26
4.2 Parameter der Wasserbehandlung.....	26
4.3 Wirkung der Wasserbehandlung.....	27
5 Quellenverzeichnis	30

Abkürzungsverzeichnis

DWD	Deutscher Wetterdienst
FHM.....	Flockungshilfsmittel
FM	Flockungsmittel
IWB.....	Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann, Dresden
LBGR.....	Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe, Cottbus
LE-B	Lausitz Energie Bergbau AG, Cottbus
LfU.....	Landesamt für Umwelt Brandenburg (vormals LUGV)
LMBV.....	Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH, Senftenberg
LUGV.....	Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (jetzt LfU)
MWBA	Modulare Wasserbehandlungsanlage
Mst.....	Messstelle
MQ.....	Mittlerer Abfluss
Perz	Perzentil
SB.....	Speicherbecken
TS.....	Talsperre
WSS	Wasserspeichersystem

1 Einleitung

Die Talsperre Spremberg erfüllt aufgrund der hohen Eisenbelastung der Spree eine wassergütemwirtschaftliche wichtige Funktion. Sie hält beträchtliche Eisenfrachten der Spree zurück und verhindert damit zuverlässig die Verfrachtung von Eisen in die stromabwärts befindlichen Schutzgüter Stadt Cottbus und UNESCO-Biosphärenreservat Spreewald.

Die vom Braunkohlenbergbau verursachten stofflichen Belastungen der Spree werden im Auftrag der Bergbauunternehmen Lausitzer und Mitteldeutschen Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH (kurz LMBV) und Lausitz Energie Bergbau AG (kurz LE-B) durch ein zeitlich dichtes Monitoring der Wasserbeschaffenheit überwacht.

Eine wesentliche Voraussetzung für einen hochgradigen natürlichen Eisenrückhalt in der Talsperre Spremberg ist vor allem eine ausreichend lange Verweilzeit des Spreewassers (erste Mastervariable). Die Verweilzeit hängt vom Füllstand (bzw. Füllvolumen) der Talsperre und vom Durchfluss der Spree ab. Die Verweilzeit der Spree in der Talsperre Spremberg lag in den zurückliegenden sieben Jahren überwiegend in einer Spanne zwischen 3 und 30 Tagen. Aufgrund der Besonderheit der chemischen Prozesse des Eisens, insbesondere für die Oxidation des zweiwertigen Eisens (sogen. Klarwassereisen) zum dreiwertigen Eisen (sogen. Trübungseisen), besteht ein signifikanter Zusammenhang des Eisenrückhalts mit dem pH-Wert (zweite Mastervariable) und mit der Wassertemperatur (dritte Mastervariable). Der chemisch interessierte Leser sei auf die vertiefende theoretischen Betrachtungen zur „Eisenkinetik“ in den veröffentlichten Gutachten [IWB 2012] und [IWB 2013] verwiesen.

Als Zielwert für die Eisen-gesamt-Konzentration in der Spree in Bräsinchen wären gemäß der Anlage 7 der Oberflächengewässerverordnung [OGewV 2016] $\leq 1,8$ mg/L im Jahresmittel anzustreben.

Die seit 2012 in hoher zeitlicher Dichte vorliegenden Daten zur Eisenbelastung der Spree zeigen, dass bei etwa 12 Tagen Verweilzeit im Winter und bei etwa 8 Tagen Verweilzeit im Sommer ein Eisenrückhalt in der Talsperre Spremberg $< 1,8$ mg/L jederzeit sicher gewährleistet ist. Kürzere Verweilzeiten ziehen nicht zwangsläufig erhöhte Eisenkonzentrationen am Auslauf der Talsperre nach sich, erhöhen aber das Risiko derselben. Lange Verweilzeiten, die durch ein hohes Stauvolumen erreicht werden können, schränken andererseits die Nutzung der Talsperre Spremberg insbesondere für das Bewirtschaftungsziel Niedrigwasseraufhöhung ein. Damit die Freiheitsgrade für die Wassermengenbewirtschaftung der Talsperre Spremberg nicht zu stark eingeschränkt werden, wurden technische Möglichkeiten gesucht, den Eisenrückhalt insbesondere in der Vorsperre Bühlow zu steigern.

In einer Studie des Instituts für Wasser und Boden Dr. Uhlmann (IWB) für das Landesamt für Umwelt, Gesundheits- und Verbraucherschutz (LUGV) Brandenburg [IWB 2013] wurden verschiedene Maßnahmen zur Verbesserung des Eisenrückhalts in der Vorsperre Bühlow und in der Hauptsperre der Talsperre Spremberg abgeleitet.

Nach eingehender Prüfung der Maßnahmen wurde eine chemische Wasserbehandlung im Zulauf der Spree zur TS Spremberg favorisiert. Die Wasserbehandlung an der Spree erfolgt zweistufig: durch Flockung mit einer Kalksuspension (TA 1 bzw. Teilanlage 1) und durch die Zugabe eines polymeren Flockungshilfsmittels (TA 2 bzw. Teilanlage 2). Die Kalksuspension wird vor Ort aus Weißfeinkalk (Brantkalk) und örtlich gehobenem Grundwasser hergestellt. Als Flockungshilfsmittel (FHM) wird ein synthetisches organisches Polymer mit der Produktbezeichnung Koaret PA 3230 T verwendet. Dahinter verbirgt sich ein anionisches Polyacrylamid/Polyacrylat, welches in der Wasserbehandlung breite Anwendung findet. Die Dosierung der Kalkmilch erfolgt an der Brücke Spremberg-Wilhelmsthal über drei Verteilrohre in den Wasserstrom der Spree (Bild 1 links). Die Dosierung des Flockungshilfsmittels erfolgt am Verteilerbauwerk vor der Vorsperre Bühlow in die Teilströme der Spree (Bild 1 rechts). Zwischen beiden Dosierstellen liegt eine Fließstrecke von über 1.000 Meter, die eine gute Einmischung der Kalksuspension in die Spree gewährleistet.

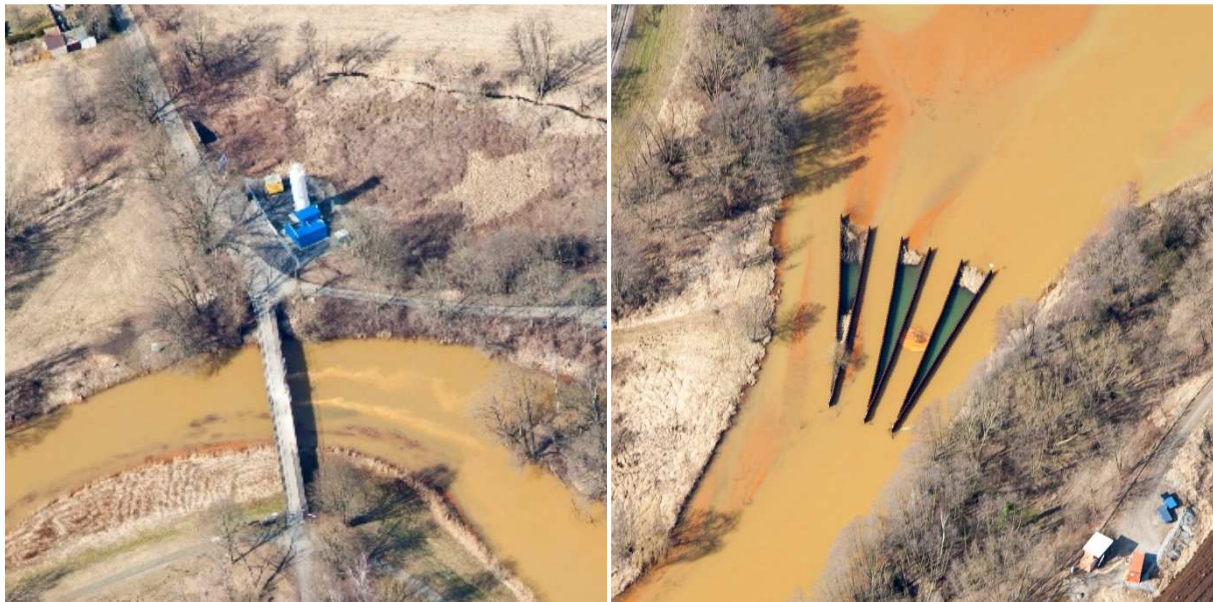


Bild 1: Wasserbehandlungsanlage an der Spree mit Kalkstation (TA 1, links) und Dosierstelle für das Flockungshilfsmittel am Verteilerbauwerk der Vorsperre Bühlow (TA 2, rechts). (Fotos: Rauhut, März 2018).

Die Wasserbehandlung in der Spree und an der Vorsperre Bühlow ist mit unterschiedlich langen Unterbrechungen seit August 2014 in Betrieb. Ursprünglich war der Betrieb der Wasserbehandlung nur für das Jahr 2014, zur Sicherung eines ausreichenden Eisenrückhalts während der Sanierung der Staumauer der Talsperre Spremberg und einer entsprechenden Absenkung des Wasserspiegels, vorgesehen. Die fachlich Beteiligten hatten sich nach Abschluss der Sanierungsarbeiten an der Staumauer Anfang des Jahres 2015 darauf verständigt, die Konditionierungsanlage an der Vorsperre Bühlow so lange weiter zu betreiben, bis die Maßnahmen des Barrierekonzeptes im Südraum des Sanierungsbergbaus der LMBV Wirkung zeigen, siehe dazu [IWB 2012].



Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann
Lungkwitzer Str. 12, 01259 Dresden
Tel 0351-2709854
Fax 0351-4668800
Email info@iwb-dresden.de



Zur Eisenbelastung der Spree und zu den Wirkungen der Wasserbehandlung wird ein Sondermonitoring der Wasserbeschaffenheit mit täglichen Beprobungen betrieben (Abschnitt 3.1). Berichte zum Sondermonitoring liegen bereits zu den Jahren 2014 und 2015 [IWB 2016], zum Jahr 2016 [IWB 2017], zum Jahr 2017 [IWB 2018] und zum Jahr 2018 [IWB 2019] vor. Der hier vorliegende Bericht fasst die Ergebnisse des Sondermonitorings im Kalenderjahr 2019 zusammen.

2 Hydrologie und Wasserbewirtschaftung

2.1 Witterungsverlauf

Die Witterung im Kalenderjahr 2019 kann anhand der Lufttemperatur (Bild 2) und des Niederschlags (Bild 3) an der DWD-Station Cottbus charakterisiert werden. Die Lufttemperatur betrug 2019 an der DWD-Wetterstation Cottbus im Jahresmittel $+11,4^{\circ}\text{C}$. Sie lag damit $+0,3$ Grad höher im Vergleich zum Vorjahr (2018) und $+1,4$ Grad höher im Vergleich zu der 30-jährigen Messreihe von 1990 bis 2019. Die Darstellung der Tagesmittelwerte der Lufttemperatur (rote Linie in Bild 2) im Vergleich zu den langjährigen Monatsmittelwerten (schwarze Treppe in Bild 2) zeigt markante Abweichungen. Im Normalfall sollte die rote Linie um die schwarze Linie schwanken. Einseitige Abweichungen zeigen, dass die Monate Februar, März, Juni und Dezember 2019 zu warm sowie der Monat Mai 2019 zu kühl waren.

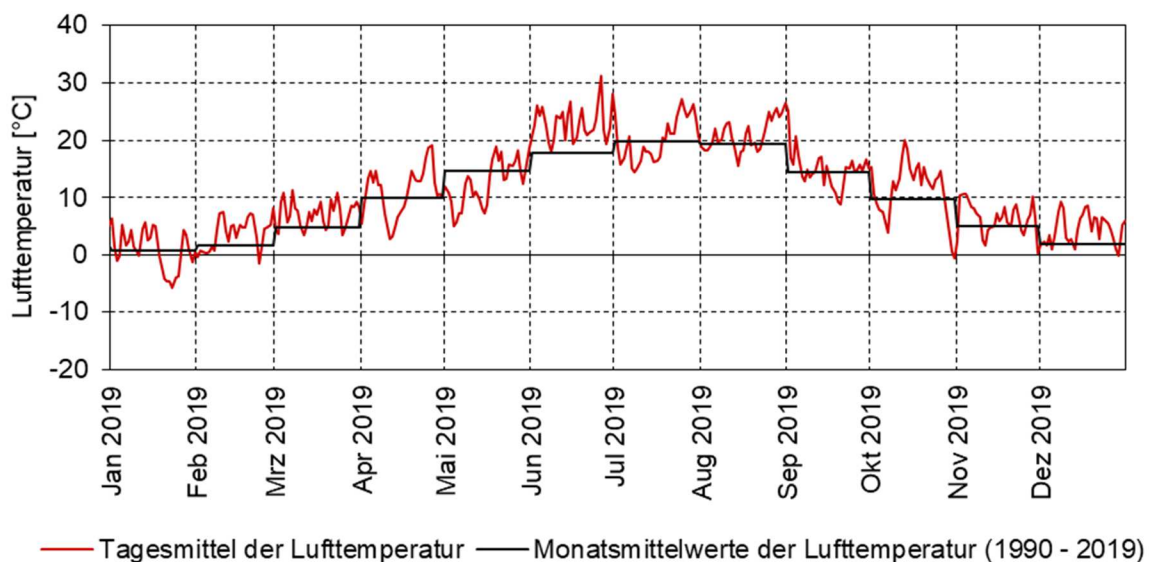


Bild 2: Ganglinie der Tagesmittelwerte der Lufttemperatur vom Januar bis Dezember 2019 im Vergleich zu den langjährigen Monatsmittelwerten der Lufttemperatur in den Jahren 1990 bis 2019 an der DWD-Station Cottbus.

Die Niederschlagssumme betrug 2019 an der DWD-Wetterstation Cottbus 400 mm. Damit war der Niederschlag noch einmal 29 mm niedriger als im trockenen und heißen Vorjahr 2018 und 166 mm niedriger im Vergleich zum langjährigen Mittelwert der 30-jährigen Messreihe von 1990 bis 2019.

Die Wintermonate Januar und März 2019 zeigten höhere Niederschläge im Vergleich zum langjährigen Mittelwert, so dass die Niederschlagsbilanz des eingehenden Jahres bis etwa Ende Mai 2019 annähernd ausgeglichen war. Die Niederschlagsbilanz des Jahres 2019 entwickelte sich durch starke Niederschlagsdefizite insbesondere in den Hochsommermonaten Juni, Juli und August 2019 stark defizitär. Das Niederschlagsdefizit verstärkte sich in den ausgehenden Wintermonaten November und Dezember 2019 noch weiter.

Der Januar war mit 62 mm der niederschlagsreichste und der Juni war mit 15 mm der niederschlagsärmste Monat des Jahres 2019. Im gesamten Kalenderjahr 2019 wurde kein Niederschlagsereignis mit einer Tagessumme über 20 mm beobachtet.

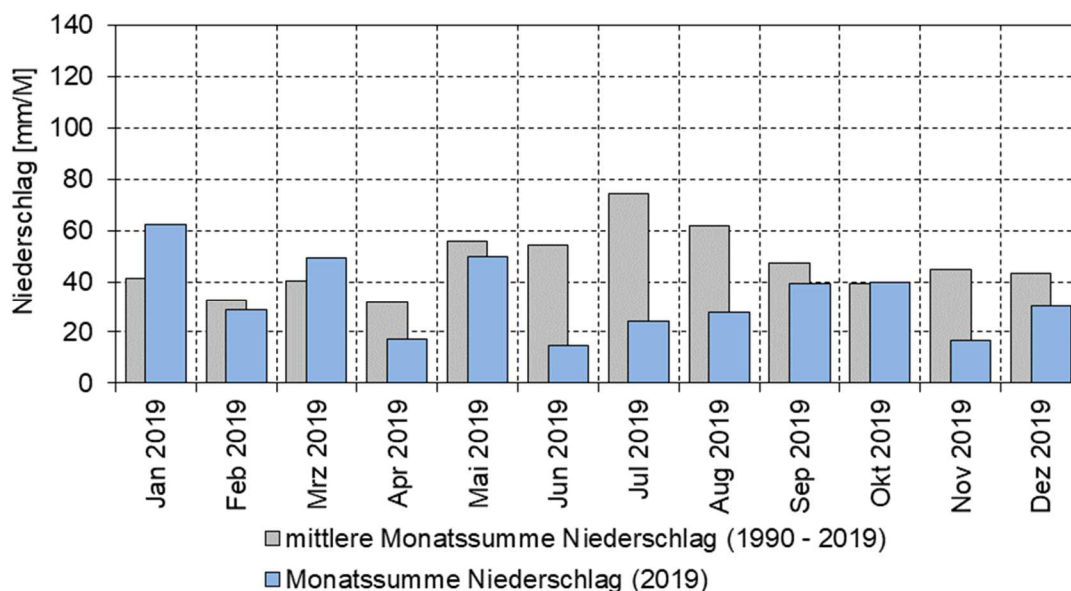


Bild 3: Monatssummen des Niederschlags im Kalenderjahr 2019 und langjährige mittlere Monatssummen des Niederschlags der Kalenderjahre 1990 bis 2019 an der DWD-Station Cottbus.

2.2 Durchfluss in der Spree und Bewirtschaftung der Talsperre Spremberg

Der Durchfluss der Spree stromoberhalb der Talsperre Spremberg wird vom LfU Brandenburg am Pegel Spremberg erfasst. In Bild 4 ist die Durchflussganglinie des Pegels Spremberg auf der Grundlage von Tagesmittelwerten dargestellt. Die Durchflussganglinie enthält zusätzlich die Ausleitmengen des Speicherbeckens (SB) Bärwalde und des Wasserspeichersystems (WSS) Lohsa II sowie den Durchfluss in der Kleinen Spree am Pegel Burgneudorf.

Der mittlere Durchfluss der Spree am Pegel Spremberg betrug im Jahr 2019 $MQ \approx 8,3 \text{ m}^3/\text{s}$. Der Durchfluss war sehr ausgeglichen (Bild 5). Die Wasserführung in der Spree infolge der spezifischen Witterungsbedingungen wurde im Sommer 2019 durch Speicherabgaben aus den Talsperren Bautzen und Quitzdorf, dem SB Bärwalde und dem WSS Lohsa II gestützt. Dabei ist zu berücksichtigen, dass durch die permanente Einleitung behandelter Sumpfungswässer aus den Grubenwasserbehandlungsanlagen Kringelsdorf, Tzschelln und Schwarze Pumpe der LE-B ein Grundstock von 5 bis $6 \text{ m}^3/\text{s}$ der Wasserführung der Spree am Pegel Spremberg gewährleistet wird. Ein Hochwasser kam in der Spree im Kalenderjahr 2019 praktisch nicht vor. Der höchste Durchfluss in der Spree am Pegel Spremberg wurde am 14.01.2019 mit $16,9 \text{ m}^3/\text{s}$ gemessen.

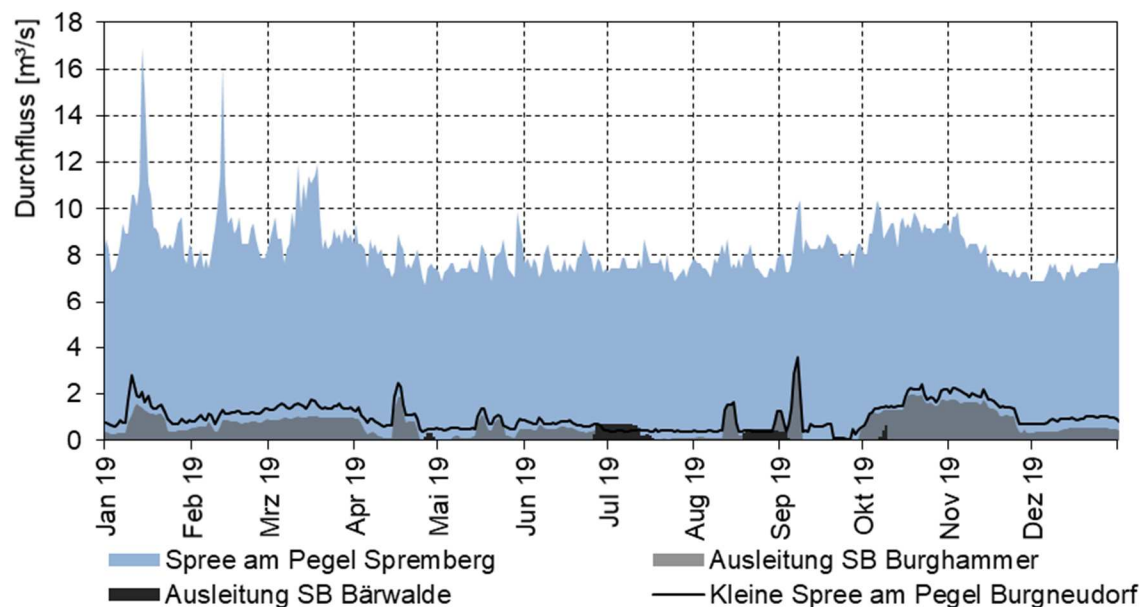


Bild 4: Tagesmittelwerte des Durchflusses der Spree am Pegel Spremberg (hellblau) und der Kleinen Spree am Pegel Burgneudorf (schwarze Linie) sowie Ausleitmengen des Speichers Burghammer (schwarz) und des Speichers Bärwalde (dunkelgrau) im Kalenderjahr 2019.

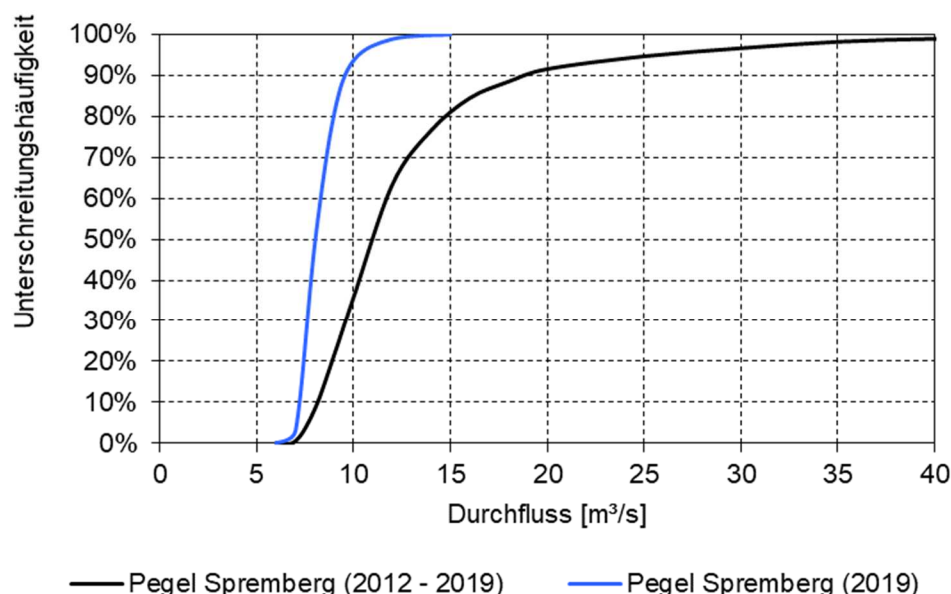


Bild 5: Dauerlinien der Unterschreitungshäufigkeit des Durchflusses der Spree am Pegel Spremberg im Kalenderjahr 2019 (blau) und im Vergleichszeitraum seit Beginn des täglichen Monitorings an der Talsperre Spremberg von 2012 bis 2019 (schwarz).

Die Kleine Spree am Pegel Burgneudorf führt das Wasser aus dem WSS Lohsa II ab. Das Wasser aus dem SB Bärwalde fließt in der Spree ab. Die Ganglinien der Durchflüsse im Vergleich (Bild 4) zeigen die Bedeutung der Speicher für die Wasserbewirtschaftung der Spree. Die Speichervorräte im Spreegebiet zur Stützung des Abflusses in der Spree waren aufgrund des vorlaufenden stark niederschlagsdefizitären Jahres 2018 jedoch begrenzt und bereits früh aufgebraucht.

Die Talsperre Spremberg wird entsprechend ihrer ursprünglichen Zweckbestimmung als Speicher bewirtschaftet. Die Talsperre Spremberg wurde in den Wintereingangsmonaten des Jahres 2019 bis auf einen Wasserspiegel von ca. +92 m NHN eingestaut (Bild 6). In den Sommermonaten wurde der Speichervorrat zur Bedarfsdeckung für Unterlieger (Spreewald, Wasserversorgung) beansprucht. Die Talsperre Spremberg wurde von Anfang Juni bis Ende September 2019 bis auf +90,4 m NHN abgesenkt. Dabei wurde ein Wasservolumen von ca. 9 Mio. m³ freigegeben. Der Speicher Spremberg wurde schließlich bis Ende Dezember 2019 wieder auf +91,8 m NHN aufgefüllt. Die Phasen der Speicherfüllung und Speicherfreigabe können aus der Differenz der Durchflussganglinien der Pegel Spremberg (= Zufluss zum Speicher) und Bräsinchen (= Abfluss aus dem Speicher) abgelesen werden (Bild 7).

Aus dem Verhältnis zwischen dem Speichervolumen und dem Abfluss aus dem Speicher kann die mittlere theoretische Verweilzeit des Spreewassers in der Talsperre Spremberg berechnet werden. Die berechnete Verweilzeit ist in Bild 8 als siebentägiges gleitendes Mittel dargestellt. Man kann „Einbrüche“ der Verweilzeit beim Durchgang höherer Durchflüsse in den Wintermonaten sowie eine verkürzte Verweilzeit während der Sommermonate bei verringertem Speichervolumen feststellen. Das wären die Phasen, in denen mit höheren Eisenausträgen aus der Talsperre Spremberg zu rechnen wäre, sofern andere Mechanismen des Eisenrückhalts

nicht funktionieren würden. Die Verweilzeit des Spreewassers in der Talsperre Spremberg lag im Jahr 2019 zwischen minimal 17 und maximal 40 Tagen. Die vergleichsweise lange Verweilzeit enthält sehr hohe Sicherheitsreserven für einen weitgehenden Eisenrückhalt.

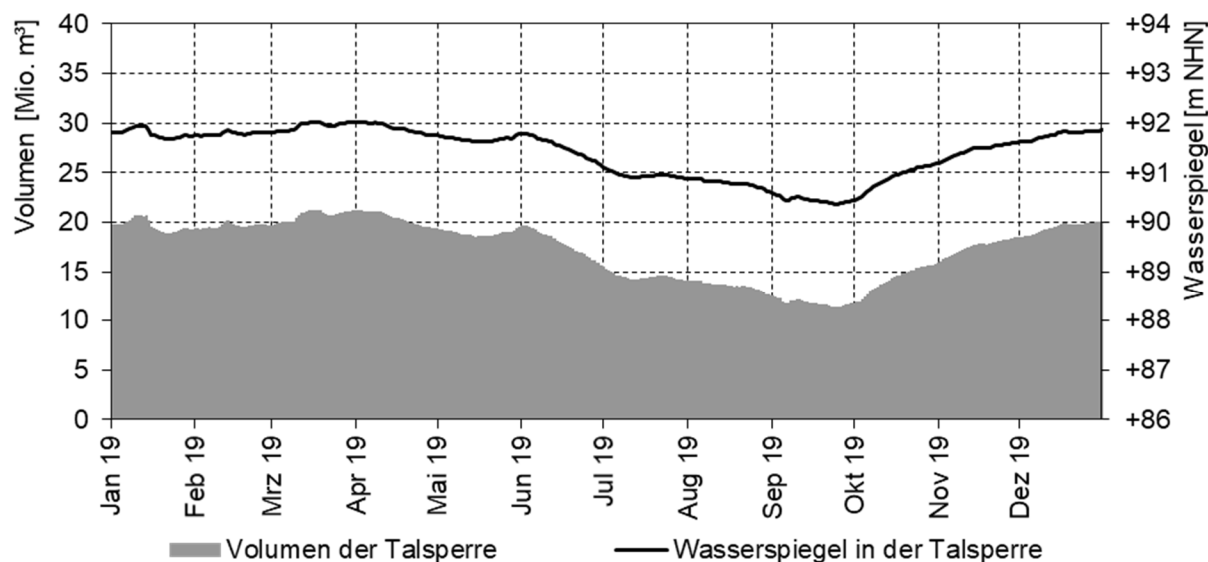


Bild 6: Wasserstand und Füllvolumen der Talsperre Spremberg im Kalenderjahr 2019, Quelle: LfU Brandenburg.

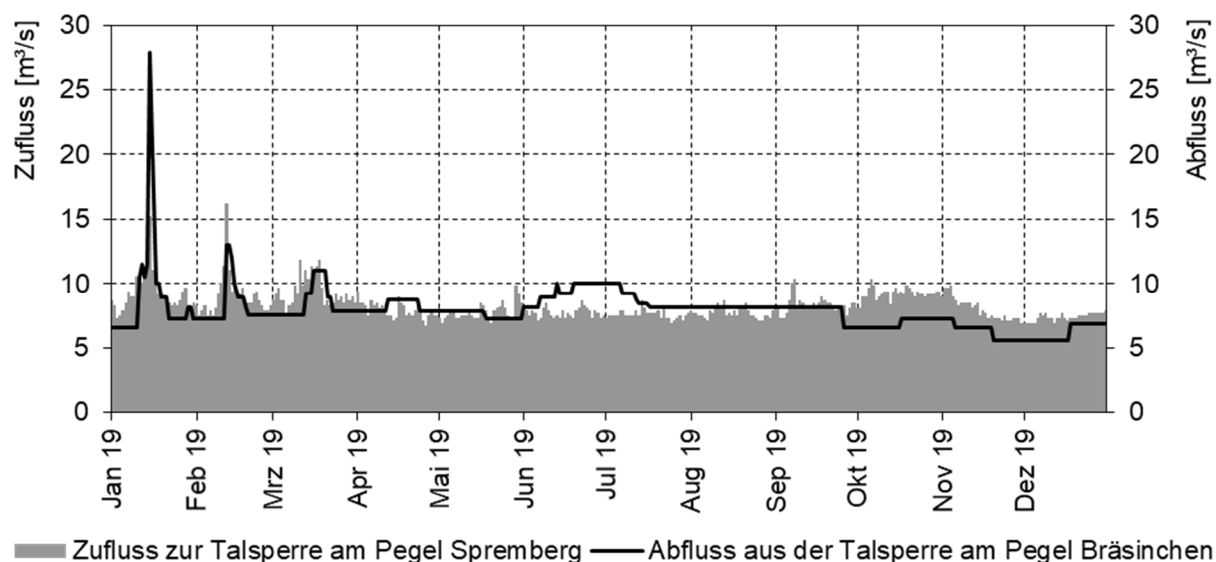


Bild 7: Durchfluss der Spree in Spremberg (Zulauf zur Talsperre) und in Bräsinchen (Ablauf aus der Talsperre Spremberg) im Kalenderjahr 2019, unkorrigierte Werte, Quelle: LfU Brandenburg.

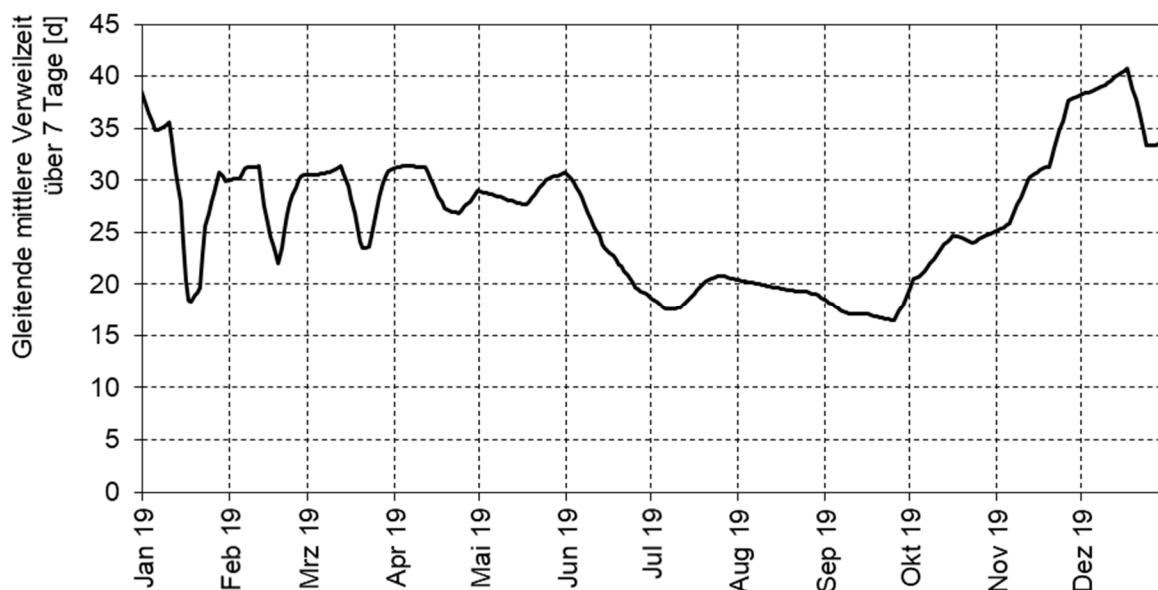


Bild 8: Mittlere Verweilzeit des Wassers der Spree in der Talsperre Spremberg (nur Hauptsperre) im Kalenderjahr 2019 als siebentägiges gleitendes Mittel.

In Bild 9 ist der Jahresgang der Wassertemperatur in der Spree vor der Talsperre Spremberg am Pegel Spremberg und nach der Talsperre Spremberg am Pegel Bräsinchen dargestellt. Die Wassertemperatur in der Spree am Pegel Spremberg schwankt zwischen minimal $+4^{\circ}\text{C}$ im Januar 2019 und maximal $+22^{\circ}\text{C}$ im Juni 2019. Die Temperaturamplitude der Spree spreizt sich beim Durchgang durch die Talsperre Spremberg. Im Winter kühlt das Wasser in der Talsperre aus und im Sommer erwärmt sich das Wasser in der Talsperre. Die sommerlich erhöhte Wassertemperatur beschleunigt die Oxidation des Eisens.

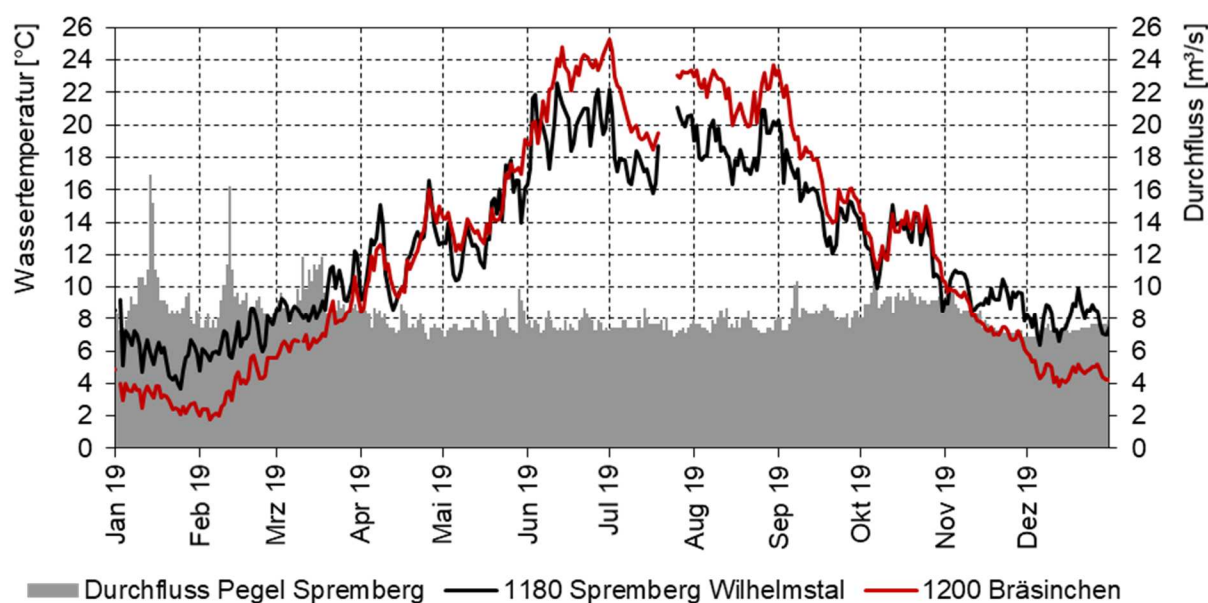


Bild 9: Entwicklung der Wassertemperatur in der Spree im Zulauf zur Talsperre Spremberg (Spremburg-Wilhelmsthal) und nach der Hauptsperre in der Spree in Bräsinchen im Kalenderjahr 2019.

3 Eisenbelastung der Spree

3.1 Sondermonitoring

Die Wasserbeschaffenheit der Spree wird seit Juli 2012 durch ein Sondermonitoring im Auftrag der LMBV und der LE-B an drei Messstellen täglich erfasst, siehe [IWB 2016], [IWB 2017], [IWB 2018] und [IWB 2019]:

- Messstelle 1180: Brücke in Spremberg-Wilhelmsthal (Zulauf zur Vorsperre Bühlow),
- Messstelle 1190: Brücke Bühlow/Sellessen (Ablauf der Vorsperre Bühlow) und
- Messstelle 1200: Brücke in Bräsinchen (Ablauf der Hauptsperre).

Die Lage der Messstellen des Sondermonitorings, der relevanten amtlichen Durchflusspegel und der Stellen der Wasserbehandlung sind in Bild 10 dargestellt.

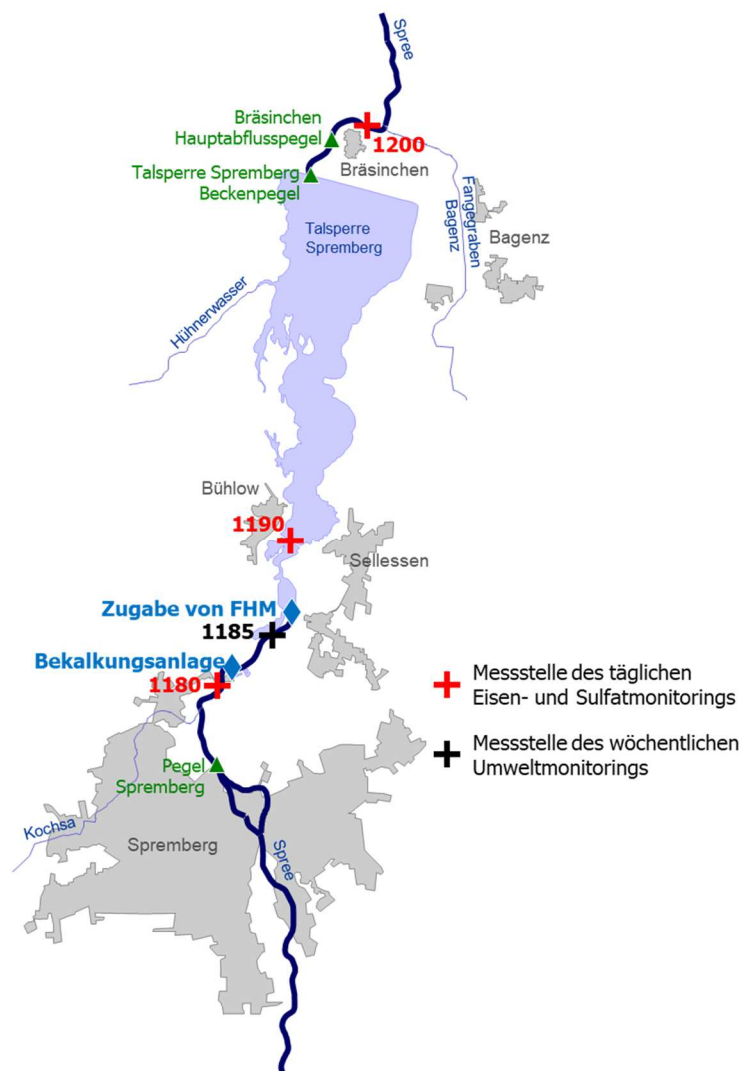


Bild 10: Lage der Messstellen des Sondermonitorings, der amtlichen Pegel und der Maßnahmen der Wasserbehandlung an der Spree vor der Vorsperre Bühlow.

Das Bild 11 zeigt markante Fotos der drei Messstellen des Sondermonitorings im Jahr 2019. Die Farbgraduierung kennzeichnet das typische Maß der Eisenbelastung der Spree an den entsprechenden Stellen.



Bild 11: Messstellen an der Spree; oben: Messstelle 1180 in Spremberg-Wilhelmsthal; Mitte: Messstelle 1190 an der Brücke Bühlow/Sellessen; unten: Messstelle 1200 an der Brücke in Bräsinchen (Fotos: IWB, Juli und Oktober 2019).

Die Entnahme der Wasserproben aus der Spree erfolgt als Stichproben (Schöpfproben) aus der Strommitte. Zur Bestimmung der Eisen-gelöst-Konzentration werden die Teilproben vor Ort filtriert und in präparierte Probenflaschen überführt. Vor Ort werden des Weiteren die Wassertemperatur, der pH-Wert und die elektrische Leitfähigkeit gemessen. Die Wasserproben wurden von der ERGO Umweltinstitut GmbH Dresden chemisch analysiert (Tabelle 1).

Tabelle 1: Kennwerte des Sondermonitorings der Eisen- und Sulfatbelastung der Spree und der Talsperre Spremberg.

Kennwert	Einheit	Vorbehandlung	Methode
Temperatur	°C		DIN 38404 (C4)
pH-Wert	---		EN ISO 105323
Elektrische Leitfähigkeit	µS/cm		DIN EN 27888
Sulfat	mg/L		DIN EN ISO 10304-1
Eisen-gesamt	mg/L		DIN EN ISO 11885 (E22)
Eisen-gelöst	mg/L	Filtration vor Ort	DIN EN ISO 11885 (E22)

Im Kalenderjahr 2019 wurden 358 Beprobungen durchgeführt. Damit liegen ein hoher zeitlicher Deckungsgrad von 98 % und ein statistisch sehr gut gesicherter Datenbestand vor. Er gestattet, Aussagen zur jahreszeitlichen Dynamik der Eisenbelastung sowie zur Abhängigkeit derselben von der Witterung, vom Durchfluss in der Spree, von der Speicherbewirtschaftung der Talsperre und von der Wasserbehandlung an der Vorsperre Bühlau zu treffen. Die Eisenbelastung der Spree kann damit zuverlässig bilanziert werden.

3.2 Belastungsrelevante Ereignisse und Maßnahmen

Im untersuchten Flussabschnitt der Spree hatten im Jahr 2019 folgende Ereignisse und Maßnahmen Einfluss auf die Eisenbelastung in der Spree und der Talsperre Spremberg:

- der Betrieb vorhandener und die Inbetriebnahme neuer Abwehrmaßnahmen der Eisenbelastung an der Spree und an der Kleinen Spree, insbesondere:
 - o der Betrieb des 6er Brunnenriegels am Unterlauf der Kleinen Spree,
 - o die Inbetriebnahme der Horizontaldränage in Spreewitz Ausbau am Unterlauf der Kleinen Spree und
 - o die Inbetriebnahme einer Modularen Wasserbehandlungsanlage (MWBA) am Graben Neustadt sowie
- Gewässerunterhaltungsmaßnahmen, insbesondere:
 - o die Gewässerberäumung der Kleinen Spree,
 - o die wiederholte Beräumung der Spree im Staubereich des Stadtmühlenwehres in Spremberg und
 - o die Entschlammung der Vorsperre Bühlw.

Details sind in der Tabelle 2 angegeben.

Tabelle 2: Belastungsrelevante Ereignisse und Maßnahmen im Einzugsgebiet der Spree im Kalenderjahr 2019.

Datum	Ereignis
14.01.2019	Erhöhter Durchfluss mit etwa 2-MQ
07.02. - 11.02.2019	Gewässerunterhaltung am Stadtmühlenwehr Spremberg
08.04.2019	Stadtmühlenwehr Spremberg
27./28.05.2019	Sedimentumlagerung und Stellhandlung am Stadtmühlenwehr Spremberg
05.08.2019	Stadtmühlenwehr Spremberg
Juni 2019	Inbetriebnahme der MWBA Neustadt (MN11): Probetrieb mit anschließendem Regelbetrieb
23.09.2019	Absenkung des Stadtmühlenwehres in Spremberg für etwa 3 Wochen
08.10.2019	Stadtmühlenwehr Spremberg
Ganzjährig	Regelbetrieb des 6er Brunnenriegels an der Kleinen Spree bei Spreewitz (MN3) und Ableitung des Wassers zur GWBA Schwarze Pumpe
Sommer 2019	Rodung der Böschungen an der Kleinen Spree für den geplanten Gewässerausbau
Herbst 2019	Munitionsabsuche in der Kleinen Spree zwischen Burghammer und Spreewitz
September 2019	Inbetriebnahme der Horizontaldränage an der Kleinen Spree zwischen Burgneudorf und Spreewitz (MN): erst Testbetrieb, dann Regelbetrieb
28.11.2019	Reinigung der Fischaufstiegsanlage am Schlauchwehr Trattendorf
03.12.2019	Stellhandlung am Stadtmühlenwehr Spremberg zur Wartung der Schleusenkammer

3.3 Eisenkonzentrationen

Die **Eisen-gesamt-Konzentration** der Spree in **Spremberg-Wilhelmsthal** (Mst. 1180) lag im Jahr 2019 in einer Bandbreite zwischen 2,2 und 26,3 mg/L und im arithmetischen Mittel der 358 erfassten Terminwerte bei 5,2 mg/L. Die höchsten Eisenkonzentrationen als Terminwerte wurden in den Wintermonaten erfasst (Bild 12). Die Ganglinie der Eisen-gesamt-Konzentrationen war im Jahr 2019 durch sieben deutlich erhöhte Werte ≥ 10 mg/L gekennzeichnet (Tabelle 3).

Tabelle 3: Terminwerte mit erhöhten Eisenkonzentrationen in der Spree an der Messstelle Spremberg-Wilhelmsthal (Mst. 1180) im Kalenderjahr 2019.

Nr.	Datum	Eisen-gesamt [mg/L]	Eisen-gelöst [mg/L]	Durchfluss [m³/s]
1	14.01.2019	20,5	9,57	16,9
2	11.02.2019	26,3	0,28	11,4
3	08.04.2019	17,6	0,31	8,5
4	27.05.2019	10,2	0,09	7,3
5	05.08.2019	9,9	0,07	7,5
6	23.09.2019	15,4	0,17	7,9
7	08.10.2019	10,0	0,33	8,7

Die Ereignisse mit erhöhten Eisen-gesamt-Konzentrationen im Jahr 2019 hatten in einem Fall (am 14.01.2019) hydrologische und in den sechs anderen Fällen bewirtschaftungsbedingte Ursachen (Tabelle 2 in Abschnitt 3.2).

Die niedrigsten Eisen-gesamt-Konzentrationen werden gewöhnlich während der Sommermonate bei stabil niedrigen Durchflüssen beobachtet. Die Ursachen dafür sind vielschichtig. Neben einer Verringerung der Eiseneinträge in den Quellbereichen im oberen Einzugsgebiet der Spree infolge gesunkener Grundwasserstände spielen die verlangsamte Fließgeschwindigkeit und die dadurch verlängerte Fließzeit, die beschleunigte Oxidation des zweiwertigen Eisens zum dreiwertigen Eisen infolge erhöhter Wassertemperaturen, anteilig erhöhter Mengen gut gepufferten Sumpfwassers aus den Grubenwasserbehandlungsanlagen am Durchfluss der Spree sowie die Beimischung eisenarmer Wässer aus den Speichern eine Rolle.

Die Eisen-gesamt-Konzentration in der Spree nach der **Vorsperre Bühlow** (Mst. 1190) lag in einer Spanne zwischen 1,2 und 5,0 mg/L und im arithmetischen Mittel der Tageswerte bei 2,5 mg/L. Die höheren Konzentrationswerte treten überwiegend bei Ausfall bzw. Außerbetriebnahme der Wasserbehandlung im TA 1 (Bekalkung) auf. Die niedrigen Konzentrationswerte wurden überwiegend in der Kombination mit der Wasserbehandlung im TA 1 erfasst.

Die Eisen-gesamt-Konzentration in der Spree in **Bräsinchen** (Mst. 1200) lag im Jahr 2019 in einer Spanne zwischen 0,2 und 2,4 mg/L und im arithmetischen Mittel der Tageswerte bei 0,5 mg/L. Das Niveau der Eisen-gesamt-Konzentration am Auslauf der Talsperre Spremberg ist im Sommer deutlich niedriger als im Winter. Der winter-

halbjährlich verringerte Eisenrückhalt in der Talsperre Spremberg ist trotz längerer Verweilzeit (Bild 8) stark von der niedrigen Wassertemperatur beeinflusst. Erhöhte Einzelwerte der Eisen-gesamt-Konzentration $> 1 \text{ mg/L}$ stehen meist im Zusammenhang mit der Regelung und Schaltung des Wehres bzw. der Turbinen an der Stau-mauer der Talsperre Spremberg. Dadurch wird ein grundnaher Sog erzeugt, der nichtkonsolidiertes Eisen mitreißt.

Im neutralen Zustand ($6,5 < \text{pH} < 8,0$), wie er in der Spree stabil vorliegt, steht die **Eisen-gelöst-Konzentration** ausschließlich für das zweiwertige reduzierte Eisen (Klarwassereisen). Die Oxidation vom zweiwertigen zum dreiwertigen Eisen, aus dem sich das Eisenhydroxid (Trübungseisen) bildet, ist stark von der Wassertemperatur abhängig (siehe oben). Deshalb ist die Eisen-gelöst-Konzentration in der Spree während der Wintermonate systematisch höher als in den Sommermonaten (Bild 13). In den Wintereingangsmonaten (Januar bis April) und Winterausgangsmonaten (November und Dezember) des Jahres 2019 wurden in Spremberg-Wilhelmsthal Eisen-gelöst-Konzentrationen im Mittel von $1,7 \text{ mg/L}$ und in den Sommermonaten im Mittel von $0,3 \text{ mg/L}$ gemessen.

Die Eisen-gelöst-Konzentration nach der Vorsperre Bühlow wird maßgeblich von der Wasserbehandlung beeinflusst. Die Oxidationsgeschwindigkeit des zweiwertigen Eisens ist neben der Wassertemperatur signifikant vom pH-Wert abhängig (siehe oben). Durch die Kalkung im TA 1 wird der pH-Wert in der Spree um 0,5 bis 1,0 Einheiten erhöht. Dadurch wird die Oxidation des zweiwertigen Eisens auch bei winterlich niedrigen Wassertemperaturen wesentlich beschleunigt. In der Spree an der Brücke Bühlow-Sellessen werden im Sommer Eisen-gelöst-Konzentrationen im Mittel von $0,06 \text{ mg/L}$ und im Winter im Mittel von $0,36 \text{ mg/L}$ gemessen. Die Wasserbehandlung im TA 1 hat hierauf einen wesentlichen Einfluss.

In der Talsperre Spremberg wird das zweiwertige Eisen durch die lange Verweilzeit und den Anstieg des pH-Wertes nahezu vollständig oxidiert. In der Spree in Bränsichen werden im Sommer Eisen-gelöst-Konzentrationen im Mittel von $0,04 \text{ mg/L}$ und im Winter im Mittel von $0,05 \text{ mg/L}$ gemessen.

Der jahreszeitliche Unterschied der Eisenbelastung kann anhand der statistischen Kennzahlen für das hydrologische Winterhalbjahr 2019 (November 2018 – April 2019) und für das hydrologische Sommerhalbjahr 2019 (Mai 2019 – Oktober 2019) gekennzeichnet werden (Tabelle 4), wobei die definitionsgemäßen Abweichungen zwischen dem hydrologischen und dem Kalenderjahr zu berücksichtigen sind (siehe Fußnote zur Tabelle 4).

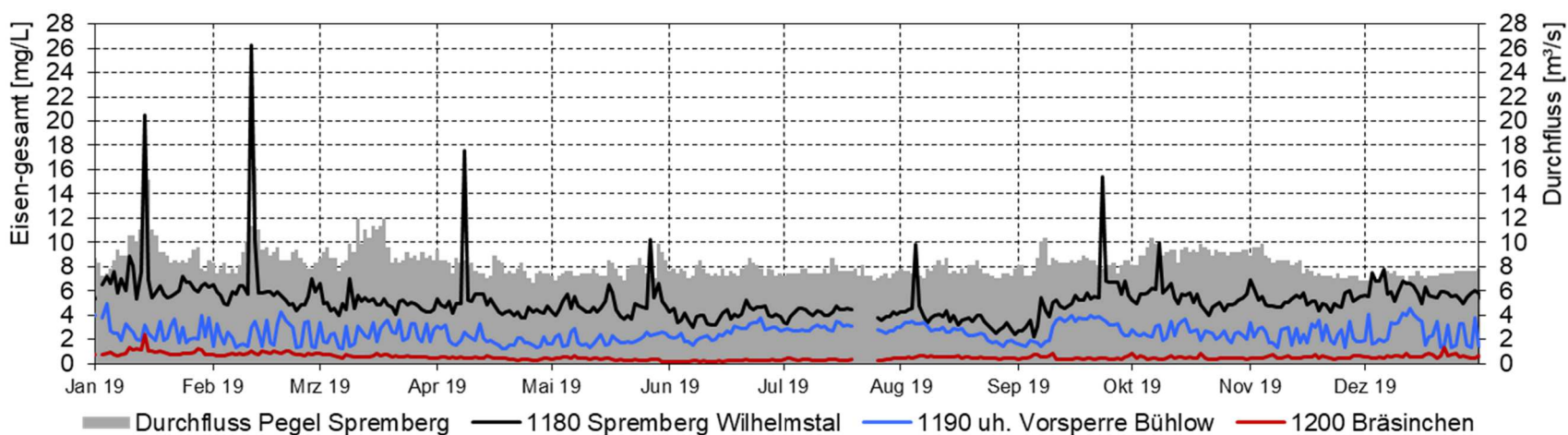


Bild 12: Entwicklung der Eisen-gesamt-Konzentration in der Spree in Spremberg-Wilhelmsthal, nach der Vorsperre Bühlow und in Bräsinchen sowie Durchfluss der Spree in Spremberg-Süd im Kalenderjahr 2019.

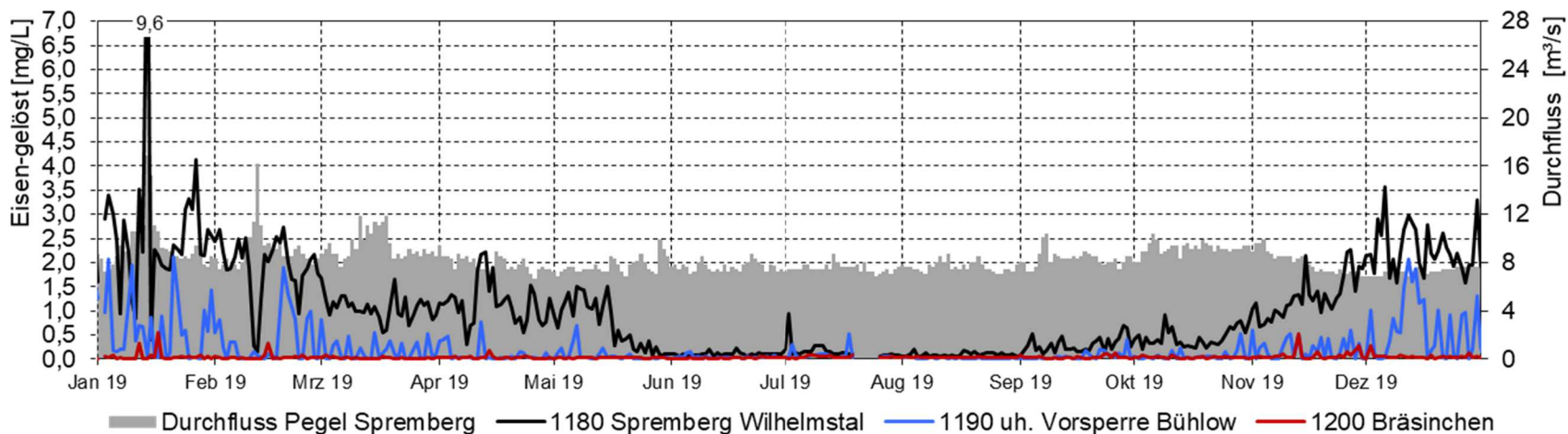


Bild 13: Entwicklung der Eisen-gelöst-Konzentration in der Spree in Spremberg-Wilhelmsthal, nach der Vorsperre Bühlow und in Bräsinchen sowie Durchfluss der Spree in Spremberg im Kalenderjahr 2019.

Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann
Lungkwitzer Str. 12, 01259 Dresden
Tel 0351-2709854
Fax 0351-4668800
Email info@iwb-dresden.de



Tabelle 4: Vergleich der sommerhalbjährlichen und winterhalbjährlichen Konzentrationswerte und -spannen des Eisens an den Messstellen des Sondermonitorings für das hydrologische Jahr 2019.

Messstelle	Hydrologisches Winterhalbjahr 2019 ¹⁾		Hydrologisches Sommerhalbjahr 2019 ²⁾	
	Eisen-gesamt	Eisen-gelöst	Eisen-gesamt	Eisen-gelöst
1180 Spremberg-Wilhelmsthal	$\frac{6,0}{[3,8 \dots 26,3]} (180)$	$\frac{1,95}{[0,17 \dots 9,6]} (180)$	$\frac{4,6}{[2,2 \dots 15,4]} (178)$	$\frac{0,31}{[0,05 \dots 1,51]} (178)$
1190 Brücke Bühlow-Sellessen	$\frac{2,6}{[1,22 \dots 5,0]} (180)$	$\frac{0,35}{[0,02 \dots 2,1]} (180)$	$\frac{2,6}{[1,37 \dots 4,0]} (178)$	$\frac{0,06}{[0,02 \dots 0,71]} (178)$
1200 Bräsinchen	$\frac{0,71}{[0,25 \dots 2,4]} (180)$	$\frac{0,04}{[0,02 \dots 0,54]} (180)$	$\frac{0,40}{[0,16 \dots 0,83]} (178)$	$\frac{0,04}{[0,02 \dots 0,13]} (178)$

1) hydrologisches Winterhalbjahr 2019: 01.11.2018 - 30.04.2019

2) hydrologisches Sommerhalbjahr 2019: 01.05.2019 - 31.10.2019

Mittelwert
[Minimum ... Maximum] (Anzahl der Messwerte)

Der Vergleich der Dauerlinien für die Tageswerte der Eisen-gelöst- und der Eisen-gesamt-Konzentration für das Kalenderjahr 2019 an den Messstellen der Spree in Spremberg-Wilhelmsthal, nach der Vorsperre Bühlow und in Bräsinchen (Bild 14) kennzeichnet zugleich den Eisenrückhalt in der Vorsperre Bühlow und in der Talsperre Spremberg.

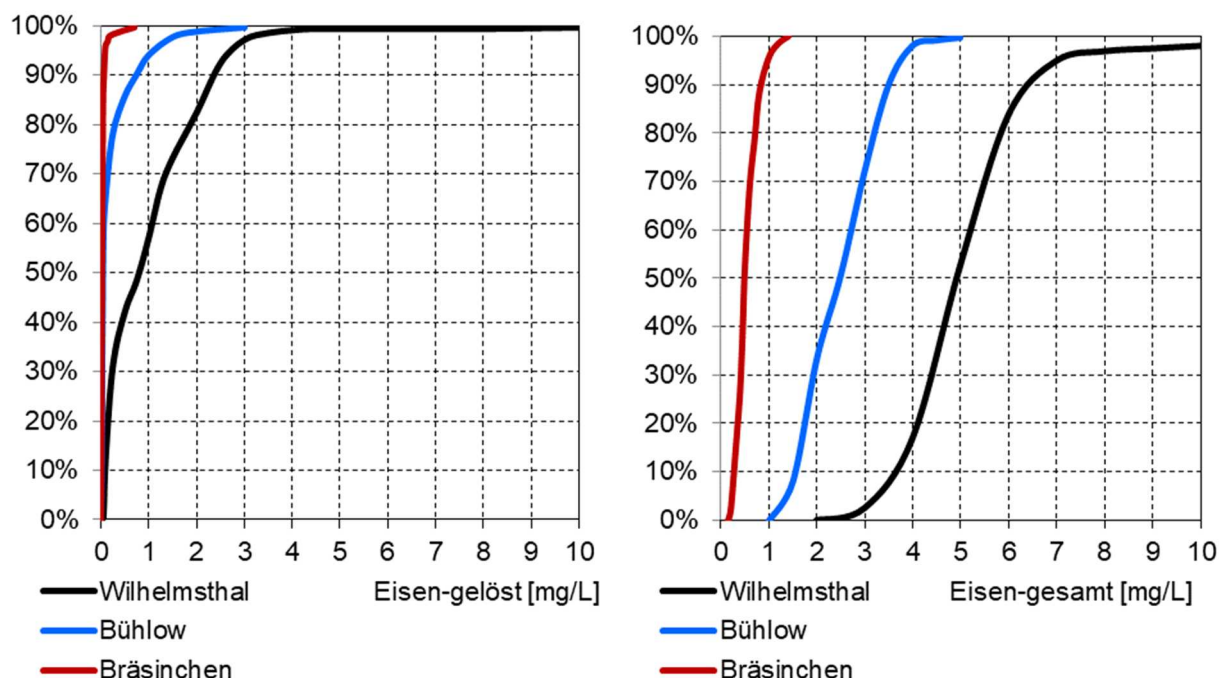


Bild 14: Dauerlinien der Tageswerte der Eisen-gelöst- (links) und der Eisen-gesamt-Konzentration (rechts) für das Kalenderjahr 2019 an den Messstellen der Spree in Spremberg-Wilhelmsthal (schwarz), nach der Vorsperre Bühlow (blau) und in Bräsinchen (rot).

Die Tabelle 5 enthält statistische Kennwerte zur Eisen-gesamt und Eisen-gelöst-Konzentration sowie zur Eisenfracht an den drei Messstellen des Sondermonitorings.

Tabelle 5: Statistische Kennzahlen der Eisenbelastung im Kalenderjahr 2019 als Eisen-gesamt- und Eisen-gelöst-Konzentration sowie als Eisenfracht an den Messstellen der Spree in Spremberg-Wilhelmsthal, nach der Vorsperre Bühlow und in Bräsinchen.

Statistischer Kennwert	Eisen-gesamt			Eisen-gelöst			Eisenfracht		
	mg/L			mg/L			kg/d		
	1180 Spremberg-Wilhelmsthal	1190 Nach der Vorsperre Bühlow	1200 Bräsinchen	1180 Spremberg-Wilhelmsthal	1190 Nach der Vorsperre Bühlow	1200 Bräsinchen	1180 Spremberg-Wilhelmsthal	1190 Nach der Vorsperre Bühlow	1200 Bräsinchen
Anzahl	358	358	358	358	358	358	358	358	358
Minimum	2,2	1,2	0,16	0,05	< 0,02	< 0,02	1.445	813	102
10Perz	3,8	1,6	0,28	0,10	< 0,02	0,02	2.420	1.032	190
25Perz	4,3	1,9	0,38	0,17	< 0,02	0,02	2.842	1.272	260
Median	4,9	2,5	0,49	0,82	0,04	0,03	3.557	1.752	323
Mittelwert	5,2	2,5	0,53	1,02	0,21	0,04	3.817	1.801	387
75Perz	5,8	3,1	0,64	1,63	0,19	0,05	4.194	2.180	440
90Perz	6,6	3,5	0,82	2,25	0,68	0,07	4.973	2.629	604
95Perz	7,0	3,7	0,98	2,69	1,02	0,09	5.545	2.833	814
99Perz	12,4	4,1	1,20	3,45	1,91	0,30	11.533	3.264	1.277
Maximum	26,3	5,0	2,38	9,57	2,11	0,54	29.933	4.857	2.413

Ein Vergleich der arithmetischen Jahresmittelwerte der Eisen-gesamt und Eisen-gelöst-Konzentration (schwarze Balken im Bild 15 links bzw. rechts) für die Messstelle Spremberg-Wilhelmsthal zeigt bislang nur geringe Veränderungen der Eisenbelastung der Spree. Überlagert und modifiziert wird die Belastungssituation durch unterschiedliche Durchflüsse. Deutlich verringert haben sich jedoch im Laufe des siebenjährigen Monitorings die Eisen-gesamt und Eisen-gelöst-Konzentrationen an den Messstellen Bühlow (blaue Balken im Bild 15 links bzw. rechts) und Bräsinchen (rote Balken in Bild 15 links bzw. rechts), d. h. nach der Passage der Vorsperre und der Hauptsperre. Diese vorteilhafte Entwicklung ist der Erfolg der Wasserbehandlung an der Vorsperre Bühlow.

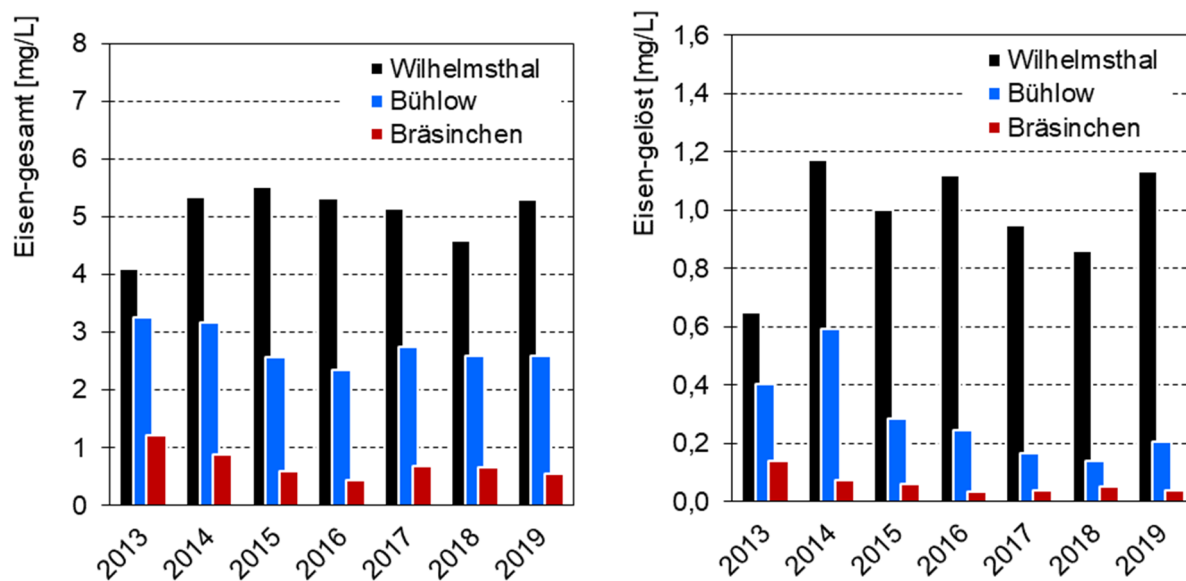


Bild 15: Mittlere Eisen-gesamt (links) und Eisen-gelöst-Konzentrationen (rechts) an den Messstellen der Spree in Spremberg-Wilhelmsthal (schwarz), nach der Vorsperre Bühlow (blau) und in Bräsinchen (rot) für die Kalenderjahre 2013 bis 2019.

3.4 Eisenfrachten

Aus den Tageswerten des Durchflusses der Spree an einem Pegel und der Eisenkonzentration an der gleichen Stelle kann die Eisenfracht bzw. der Eisenstrom berechnet werden. Die Eisenfracht wird üblicherweise nur für das Eisen-gesamt berechnet. Sie wird in der Maßeinheit Kilogramm pro Tag ausgewiesen.

In den Wintermonaten am Anfang des Jahres 2019 lag die Eisenfracht der Spree in Spremberg-Wilhelmsthal überwiegend zwischen 3.000 und 5.000 kg/d als Tagesmittelwert (schwarze Linie in Bild 16). Ereignisbezogen stieg die Eisenfracht am 14.01.2019 und 11.02.2019 singulär auf Spitzenwerte von 30.000 bzw. 26.000 kg/d an (Tabelle 3 und Bild 16).

Ab April 2019 sank die Eisenfracht in der Spree in Spremberg-Wilhelmsthal über die folgenden Frühjahrs- und Sommermonate sukzessive. Die geringste Eisenfracht wurde Ende August 2019 mit ca. 2.000 kg/d erfasst. Mit dem Witterungswechsel Anfang September 2019 stieg die Eisenfracht wieder spontan auf Werte um 4.000 ± 1.000 kg/d an. Auf diesem Niveau verharrte sie bis zum Jahresende 2019.

Im Jahresmittel betrug die Eisenfracht der Spree in Spremberg-Wilhelmsthal im Kalenderjahr 2019 rund 3.800 kg/d. Das war bislang die niedrigste Eisenfracht seit Beginn des systematischen Monitorings (Tabelle 7). Im Kalenderjahr 2019 betrugen die Eisenfrachten nach der Vorsperre Bühlow rund 1.800 kg/d und am Pegel Bräsinchen nach der Talsperre Spremberg rund 400 kg/d. Auch hierbei handelt es sich jeweils um die niedrigsten Eisenfrachten der siebenjährigen geschlossenen Messreihe seit dem Jahr 2012.

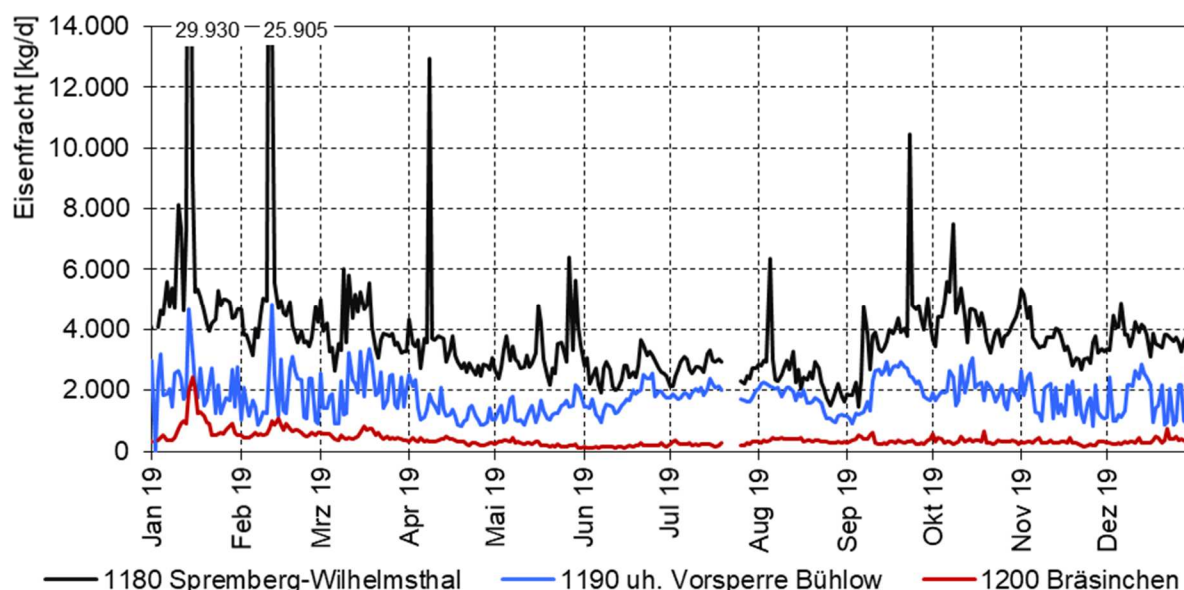


Bild 16: Entwicklung der Eisenfrachten in der Spree in Spremberg-Wilhelmsthal (schwarz), nach der Vorsperre Bühlow (blau) und in Bräsinchen (rot) im Kalenderjahr 2019.

Nachfolgend werden unterschiedliche Bilanzierungsperioden der vorliegenden Messreihe miteinander verglichen, wobei Kalenderjahre mit ähnlichen Eigenschaften zusammengefasst werden. Die Bilanzierungsperioden unterscheiden sich wie folgt (Tabelle 6).

Tabelle 6: Besonderheiten der Bilanzierungsperioden.

Bilanzierungsperiode	Besonderheit
2012-2013	Besonders niederschlagsreiche Jahre mit hohen Abflüssen in der Spree und zwei markanten Hochwasserereignissen.
2014	Niedriger Stauspiegel in der Talsperre Spremberg wegen der Sanierung der Staumauer und damit deutlich verkürzte Verweilzeit.
2016-2017	Vergleichbare, annähernd mittlere hydrologische Bedingungen in beiden Jahren.
2018	Langanhaltende Hitzeperioden mit erheblichem Niederschlagsdefizit, angespannte hydrologische Gesamtsituation im Spreegebiet.
2019	<u>Aktuelles Berichtsjahr</u> . Hydrometeorologische Bedingungen vergleichbar mit dem Jahr 2018. Wirksamkeit erster Maßnahmen an der Kleinen Spree.

Für die Bilanzierungsperioden in der Tabelle 7 werden in der Tabelle 8 der Eisenrückhalt in der Vorsperre und in der Talsperre Spremberg sowie in Summe als Fracht und anteilig zum Eintrag aus der Spree in Spremberg-Wilhelmsthal (zweite und dritte Spalte in der Tabelle 7) ausgewiesen. Der Eisenrückhalt in der Vorsperre Bühlw konnte sowohl frachtbezogen als auch anteilig durch die Wasserbehandlung und die Bewirtschaftung deutlich erhöht werden. Gleichzeitig wurde der Eisenrückhalt in der Hauptsperre sowohl anteilig als auch frachtbezogen weiter verringert.

Im Unterschied zur Eisenkonzentration (siehe Bild 15) entwickelte sich die Eisenfracht in der Spree in Spremberg-Wilhelmsthal seit 2012/2013 und mit Ausnahme des Jahres 2017 rückläufig. Die Gründe dafür sind vielschichtig. Zum einen führen die zuletzt abflussarmen Jahre zu verringerten Stoffeinträgen aus dem Grundwasser und zu einem stärkeren Eisenrückhalt in der Spree. Zum anderen greifen auch in 2019 erste Maßnahmen des Eisenrückhalts an der Kleinen Spree, z. B. der Regelbetrieb des 6er Brunnenriegels, die Inbetriebnahme der Horizontaldränage sowie die Inbetriebnahme der MWBA in Neustadt an der Großen Spree. Eine exakte quantitative Zuordnung der kumulativen Wirkungen für den Referenzgütepegel in Zerre an der Landesgrenze von Sachsen zu Brandenburg ist jedoch noch nicht möglich.

Durch den Betrieb der ersten Maßnahmen konnte die Eisenfracht der Kleinen Spree bereits deutlich gesenkt werden. Die mittlere Eisenfracht der Kleinen Spree lag im Kalenderjahr 2019 rund 500 kg/d niedriger als vor Inbetriebnahme der vorgenannten Maßnahmen. Der überwiegende Teil der Frachtverminderung wird auf den Betrieb der Abfangmaßnahmen am Unterlauf der Kleinen Spree zurückgeführt. Ein Teil der Frachtminderung geht auf die besonderen hydrometeorologischen Verhältnisse im Berichtsjahr 2019 zurück.

Tabelle 7: Mittlere Eisenfrachten in der Spree im Kalenderjahr 2019 im Vergleich zu vorhergehenden Bilanzierungsperioden.

Bilanzierungs- periode	Messstelle	1180 Spremberg- Wilhelmsthal		1190 Vorsperre Bühlow		1200 Bräsinchen	
		Eisen- fracht	Anteil am Eintrag	Eisen- fracht	Anteil am Eintrag	Eisen- fracht	Anteil am Eintrag
		kg/d		kg/d		kg/d	
2012-2013		7.999	100%	6.546	82%	2.252	28%
2014		5.679	100%	3.090	54%	844	15%
2015 -2017		5.353	100%	2.663	50%	619	12%
2018		4.173	100%	2.269	54%	550	13%
2019		3.817	100%	1.801	47%	387	10%

Tabelle 8: Mittlerer Eisenrückhalt in der Vorsperre Bühlow, in der Hauptsperre und in der gesamten Talsperre Spremberg im Kalenderjahr 2019 im Vergleich zu vorhergehenden Bilanzierungsperioden.

Bilanzierungs- periode	Messstelle	Vorsperre		Hauptsperre		Gesamte Talsperre	
		Eisen- rückhalt	Anteil am Eintrag	Eisen- rückhalt	Anteil am Eintrag	Eisen- rückhalt	Anteil am Eintrag
		kg/d		kg/d		kg/d	
2012-2013		1.453	18%	4.293	54%	5.746	72%
2014		2.589	46%	2.246	40%	4.835	85%
2015 -2017		2.690	50%	2.045	38%	4.734	88%
2018		1.904	46%	1.719	41%	3.623	87%
2019		2.016	53%	1.414	37%	3.430	90%

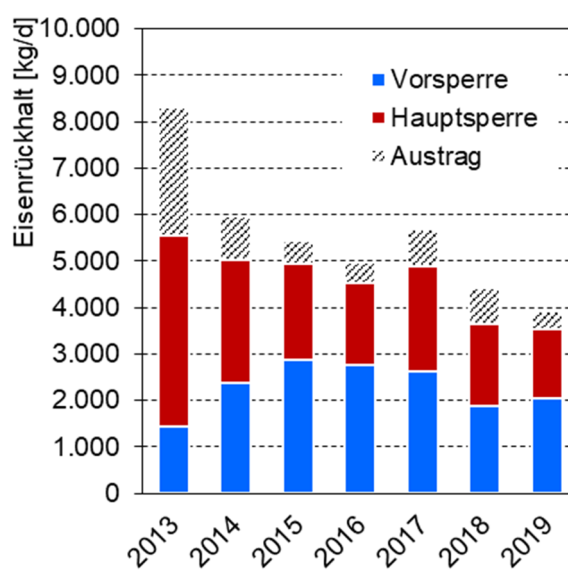
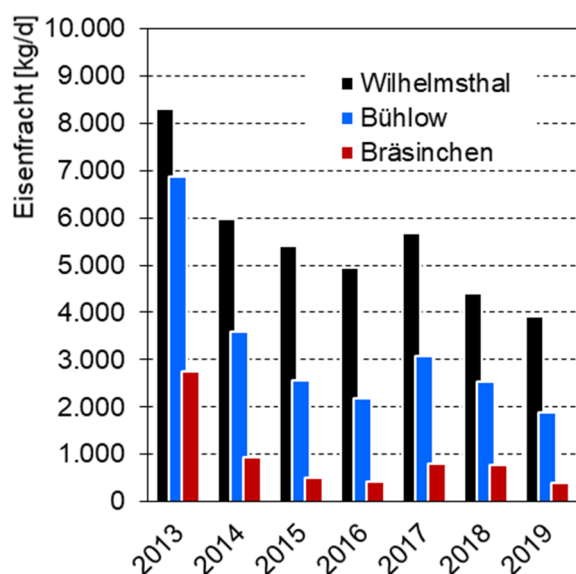


Bild 17: Mittlere Eisenfrachten an den Messstellen der Spree in Spremberg-Wilhelmsthal (schwarz), nach der Vorsperre Bühlow (blau) und in Bräsinchen (rot) für die Kalenderjahre 2013 bis 2019 und Eisenrückhalt in den Zwischenräumen.

4 Wasserbehandlung an der Vorsperre Bühlow

4.1 Chronologie der Ereignisse

In der Tabelle 9 sind die wesentlichen Ereignisse im Zusammenhang mit der Wasserbehandlung an der Vorsperre Bühlow im Jahr 2019 chronologisch aufgelistet.

Tabelle 9: Chronologie der Maßnahmen an der Spree und an der Vorsperre Bühlow im Kalenderjahr 2019.

Datum/Zeitraum	Ereignis
01.01. - 02.01.2019	Unterbrechung der Kalkung
19.02. - 21.02.2019	Unterbrechung der Kalkung
25.03.2019	Unterbrechung der Kalkung
01.04. - 02.04.2019	Unterbrechung der Kalkung
06.05.2019	Unterbrechung der Kalkung
26.05. - 28.05.2019	Unterbrechung der FHM-Dosierung für Wartungsarbeiten
09.07. - 07.08.2019	Unterbrechung der Wasserbehandlung zur Anlagenrevision
08.08. - 12.08.2019	Testbetrieb der Wasserbehandlungsanlage (Kalkung)
18.08.2019	Regelbetrieb der Wasserbehandlungsanlage (Kalkung)
04.11.2019	Unterbrechung der Kalkung
07.11. - 15.11.2019	Beräumung des festen Überfalls an der Vorsperre Bühlow
09.12. - 15.12.2019	Unterbrechung der Kalkung
26.12.2019	Unterbrechung der Kalkung

Die Wasserbehandlung an der Vorsperre Bühlow besteht aus räumlich getrennten Anlagen zur Flockung (Kalkung) und zur Dosierung von Flockungshilfsmitteln (siehe Bild 1 in Abschnitt 1). Tageweise Unterbrechungen des Anlagenbetriebs haben ihre Ursache entweder in betriebstechnischen Gründen (Umrüstungen, Wartung, technische Ausfälle) oder in der Witterung (starker Frost). Eine längere Unterbrechung des Anlagenbetriebs erfolgte planmäßig im Zusammenhang mit der Anlagenrevision im Juli und August 2019.

4.2 Parameter der Wasserbehandlung

Die Dosierung des Kalkes (= Flockungsmittel) im TA 1 und des Polymers Koaret PA 3230 T (= Flockungshilfsmittel) im TA 2 erfolgte volumenstromspezifisch in Abhängigkeit vom Durchfluss der Spree am Pegel Spremberg. Die Dosierung des Kalkes erfolgte im Jahr 2019 an 319 von 365 Tagen. Die volumenspezifische Kalkdosierung lag in der Betriebszeit zwischen 0,2 bis 17,4 g/m³ und im Mittel bei 10,7 g/m³ (Bild 18). Die volumenspezifische FHM-Dosierung erfolgte im Jahr 2019 an 360 von 365 Tagen in einer Spanne zwischen 0,08 bis 0,39 g/m³ und im Mittel mit 0,26 g/m³.

4.3 Wirkung der Wasserbehandlung

Aufgrund der natürlichen Schwankungen des Durchflusses und der Eisenkonzentration in der Spree einerseits sowie der Verwendung von Tagesmittelwerten des Durchflusses und von Terminwerten der Eisenkonzentration andererseits, schwanken die berechneten Tageswerte der Eisenfrachten und des Eisenrückhaltes beträchtlich. Der Nachteil der stark schwankenden Rechenwerte wird durch eine kumulative Mittelung überwunden. Die kumulative Mittelung erfolgt für definierte Bilanzierungsperioden durch eine fortlaufende Mittelung der Frachten, beginnend mit dem ersten Tag der gewählten Periode. Je länger die Bilanzierungsperiode ist, desto robuster wird der kumulative Mittelwert.

Als maßgebliche Bilanzierungsperioden wurden für das Berichtsjahr 2019 anhand meteorologischer, hydrologischer und bewirtschaftungsbedingter Faktoren jahresübergreifend festgelegt (Tabelle 10):

- (1) die Wasserbehandlung im Spätherbst 2018 und Winter 2018/2019 vom 16.11.2018 bis 18.02.2019,
- (2) die Wasserbehandlung im Winter/Frühjahr 2019 vom 19.02. bis 31.05.2019,
- (3) die Wasserbehandlung einschließlich der Anlagenrevision im Sommer 2019 vom 01.06. bis 06.09.2019 sowie
- (4) die Wasserbehandlung im Spätsommer, Herbst und Winter 2019 vom 07.09. bis vorerst 31.12.2019.

In Bild 19 ist der frachtbezogene Eisenrückhalt in der Vorsperre Bühlow als Tageswert und als kumulatives Mittel in den ausgewiesenen Bilanzierungsperioden dargestellt. In der Tabelle 10 sind der mittlere Eiseneintrag sowie der mittlere und anteilige Eisenrückhalt in der Vorsperre Bühlow in den Bilanzierungsperioden des Jahres 2019 gegenübergestellt.

Tabelle 10: Eiseneintrag und Eisenrückhalt in der Vorsperre Bühlow während einzelner Phasen der Wasserbehandlung im Jahr 2019.

Bilanzierungsperiode	Kennzeichnung	Mittlerer Eintrag	Mittlerer Rückhalt	Anteiliger Rückhalt
		kg/d	kg/d	
16.11.2018 bis 18.02.2019	(1) Wasserbehandlung im Spätherbst 2018 und Winter 2018/2019	5.270	3.190	61 %
19.02.2019 bis 31.05.2019	(2) Wasserbehandlung im Winter und Frühjahr 2019	3.660	2.040	56 %
01.06.2019 bis 06.09.2019	(3) Wasserbehandlung und Anlagenrevision im Sommer 2019	2.600	870	33 %
07.09.2019 bis 31.12.2019	(4) Wasserbehandlung im Spätsommer, Herbst und Winter 2019	4.000	2.090	52 %

Der anteilige Eisenrückhalt in der Vorsperre Bühlow beträgt in den Bilanzierungsperioden (1), (2) und (4) zwischen 50 % und über 60 %. Der absolute und anteilige Eisenrückhalt in der Vorsperre Bühlow fällt in der Sommerperiode (3) mit 33 % dagegen deutlich niedriger aus.

Tabelle 11: Temperatur, Durchfluss und Verweilzeit als Leitvariablen des Eisenrückhalts vor bzw. in der Vorsperre und in der Hauptsperre Spremberg während einzelner Phasen der Wasserbehandlung im Jahr 2019.

Bilanzierungs- periode	Temperatur [°C]		Durchfluss [m³/s]		Verweilzeit [d]	
	Vor der Vorsperre Bühlow *)	Nach der Haupt- sperre	Vor der Vorsperre Bühlow *)	Nach der Haupt- sperre	In der Vorsperre Bühlow *)	In der Haupt- sperre
16.11.2018 bis 18.02.2019	+6,8	+6,3	8,8	7,3	0,20	31,6
19.02.2019 bis 31.05.2019	+11,3	+11,2	8,4	8,0	0,21	29,2
01.06.2019 bis 06.09.2019	+19,0	+19,3	7,7	8,7	0,23	20,2
07.09.2019 bis 31.12.2019	+11,1	+10,8	8,3	6,7	0,21	28,3

*) unter der Annahme eines mittleren freien Wasservolumens von 150.000 m³

Obwohl die meteorologischen, physikalischen und chemischen Bedingungen für den Eisenrückhalt in der Sommerperiode (3) am günstigsten sind, ist die Bilanz des Eisenrückhalts in der Vorsperre die ungünstigste. Die Ursache liegt in der niedrigen Eisenkonzentration an der Messstelle Spremberg-Wilhelmsthal, die für eine effektive Flockung zu gering ist. Dieses Erkenntnis wird jährlich wiederholt bestätigt und liegt der Entscheidung zugrunde, die Anlagenrevision regelmäßig in der Sommerperiode durchzuführen.

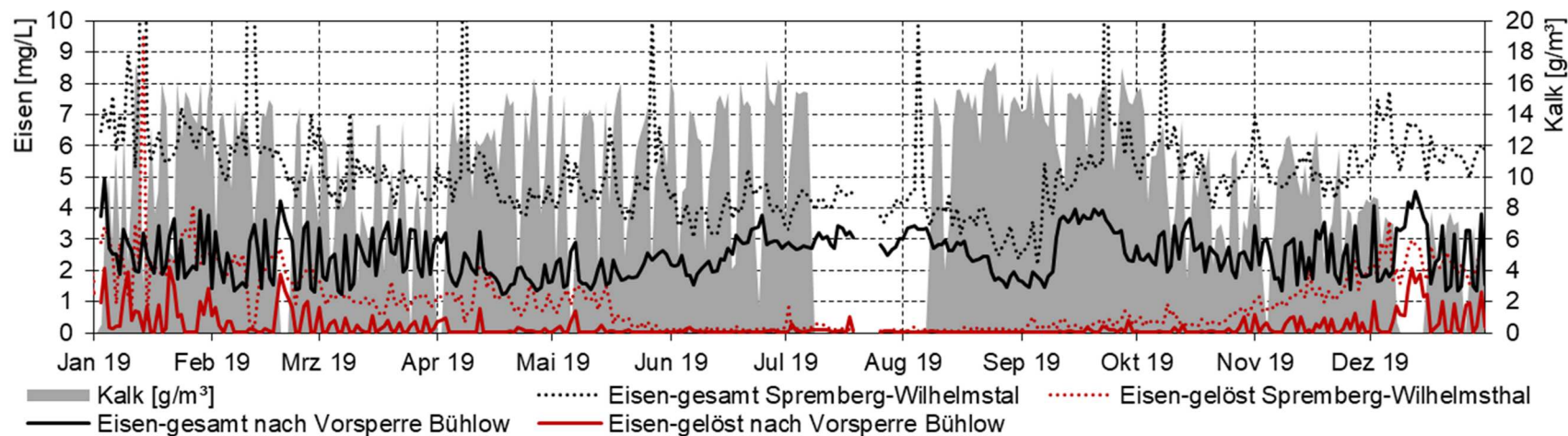


Bild 18: Entwicklung der Eisen-gesamt- und Eisen-gelöst-Konzentration in der Spree in Spremberg-Wilhelmsthal und nach der Vorsperre Bühlow sowie volumenspezifische Einsatzmengen von Kalk im Kalenderjahr 2019.

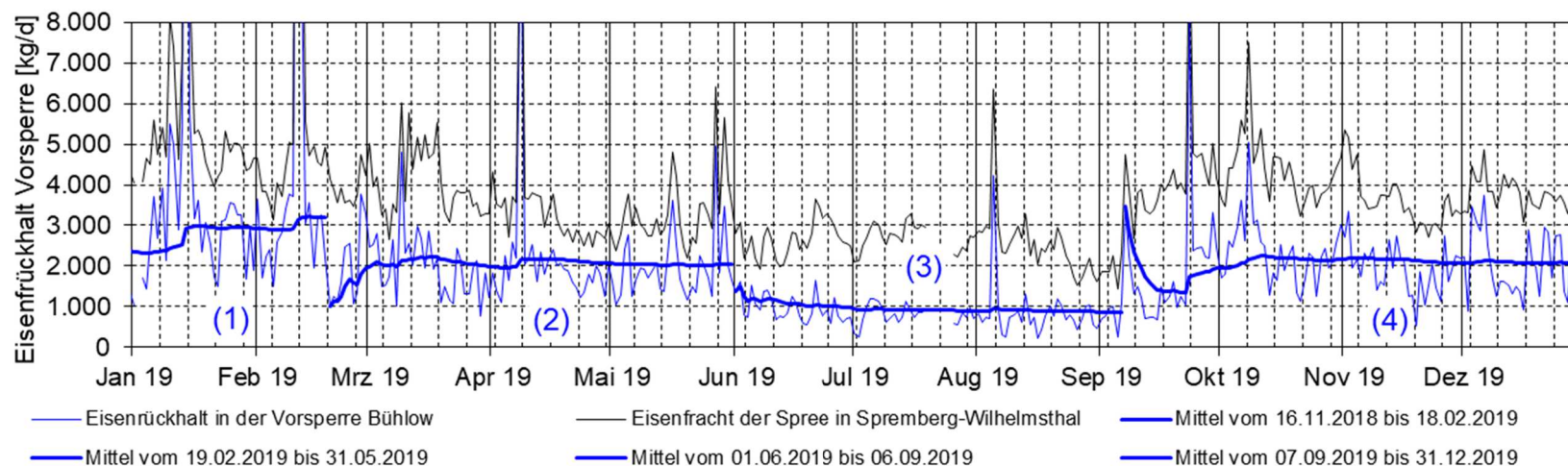


Bild 19: Entwicklung des Eisenrückhalts in der Vorsperre Bühlow als Fracht in kg/d als Tageswerte und als kumulative Mittel über definierte Perioden im Kalenderjahr 2019 (Erläuterung siehe Text und Tabelle 10).

5 Quellenverzeichnis

- [IWB 2012] Weiterführende Untersuchungen zu den hydrochemischen und ökologischen Auswirkungen der Exfiltration von eisenhaltigem, saurem Grundwasser in die Kleine Spree und in die Spree. Projektphase 2: Präzisierung der Ursachen und Quellstärken für die hohe Eisenbelastung des Grundwassers. Teil 1: Erkundung. Auftraggeber: LMBV Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH Senftenberg. Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann, Dresden, 30.09.2012.
- [IWB 2013] Fortführung der Studie zur Talsperre Spremberg: Ausführung eines investigativen Monitorings von Eisen im Wasserkörper und im Sediment der Talsperre Spremberg zur Abschätzung der Folgen steigender Eisengehalte in der Spree im Zulauf zur Talsperre infolge des Grundwasserwiederanstieges für die Talsperre und das unterliegende Gewässersystem der Spree sowie Schlussfolgerungen für erforderliche Gegenmaßnahmen. Auftraggeber: LUGV Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Cottbus. Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann, Dresden, 20.12.2013.
- [IWB 2016] Zusammenfassender Bericht für 2015 zur Eisenbelastung der Spree und der Talsperre Spremberg. Auftraggeber: LMBV Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH Senftenberg. Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann, Dresden, 12.02.2016.
- [IWB 2017] Zusammenfassender Bericht für 2016 zur Eisenbelastung der Spree und der Talsperre Spremberg. Auftraggeber: LMBV Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH Senftenberg. Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann, Dresden, 31.01.2017.
- [IWB 2018] Zusammenfassender Bericht für 2017 zur Eisenbelastung der Spree und der Talsperre Spremberg. Auftraggeber: LMBV Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH Senftenberg. Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann, Dresden, 04.03.2018.
- [IWB 2019] Zusammenfassender Bericht für 2018 zur Eisenbelastung der Spree und der Talsperre Spremberg. Auftraggeber: LMBV Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH Senftenberg. Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann, Dresden, 20.02.2019.
- [OGewV 2016] Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (Oberflächengewässerverordnung – OGewV) vom 20.06.2016 BGBl. I S. 1373 (Nr. 28).