

Für die LMBV mbH



Lausitzer und Mitteldeutsche  
Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH

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

**Monitoring der Eisenbelastung  
in der Spree und in der Talsperre Spremberg  
Jahresbericht 2020**



Im Vordergrund Vorsperre Bühlow mit Schwimmbagger in Aktion. Rechts und links Spülbecken. Im Hintergrund die Talsperre Spremberg (Foto: LMBV 2020).

Dresden, am 26.02.2021

Für die Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-  
Verwaltungsgesellschaft mbH



Lausitzer und Mitteldeutsche  
Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH

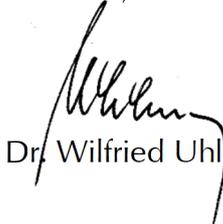
Weiterführung der Untersuchungen zur Exfiltration  
von eisenhaltigem, saurem Grundwasser in die  
Fließgewässer der Lausitz

## Monitoring der Eisenbelastung in der Spree und in der Talsperre Spremberg

### Jahresbericht 2020

<u>Auftraggeber:</u>	LMBV Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH Knappenstraße 1, 01968 Senftenberg
<u>Bestellnummer:</u>	45056251 vom 25.10.2017
<u>Verantwortlicher:</u>	Sven Radigk, Leiter der Projektgruppe Gewässergüte Fließgewässer Lausitz (PG GFL)
<u>Auftragnehmer:</u>	Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann Lungkwitzer Str. 12, 01259 Dresden
<u>Projektnummer:</u>	25/20 Pos. 610
<u>Bearbeiter:</u>	Dr. Wilfried Uhlmann M. Sc. (Geografie) Robert Hiekel M. Sc. (Wasserwirtschaft) Niklas Giering

Dresden, am 26. Februar 2021

  
Dr. Wilfried Uhlmann

## Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis .....</b>	<b>3</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>3</b>
<b>1 Einleitung.....</b>	<b>4</b>
<b>2 Hydrologie und Wasserbewirtschaftung.....</b>	<b>6</b>
2.1 Witterungsverlauf.....	6
2.2 Durchfluss in der Spree und Bewirtschaftung der Talsperre Spremberg ...	9
2.3 Wassertemperatur in der Spree.....	13
<b>3 Eisenbelastung der Spree .....</b>	<b>14</b>
3.1 Sondermonitoring .....	14
3.2 Belastungsrelevante Ereignisse und Maßnahmen .....	16
3.3 Eisenkonzentrationen .....	19
3.4 Eisenfrachten.....	23
<b>4 Wasserbehandlung an der Vorsperre Bühlow.....</b>	<b>27</b>
4.1 Chronologie der Ereignisse .....	27
4.2 Parameter der Wasserbehandlung .....	27
4.3 Wirkung der Wasserbehandlung.....	28
<b>5 Quellenverzeichnis .....</b>	<b>31</b>

## Abkürzungsverzeichnis

DWD.....	Deutscher Wetterdienst
FHM.....	Flockungshilfsmittel
FM .....	Flockungsmittel
GWBA .....	Grubenwasserbehandlungsanlage
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
LTV.....	Landestalsperrenverwaltung Sachsen
LUGV.....	Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (jetzt LfU)
MWBA .....	Modulare Wasserbehandlungsanlage
Mst.....	Messstelle
OGewV .....	Oberflächengewässerverordnung
SB.....	Speicherbecken
TA.....	Teilanlage
TS.....	Talsperre
WSS .....	Wasserspeichersystem

## 1 Einleitung

Die Talsperre Spremberg erfüllt aufgrund der hohen Eisenbelastung der Spree eine wichtige wassergütewirtschaftliche Funktion. Sie hält beträchtliche Eisenfrachten zurück und verhindert damit zuverlässig die Verfrachtung von Eisen in die stromabwärts an der Spree gelegenen Schutzgüter im Bereich der Stadt Cottbus und in das UNESCO-Biosphärenreservat Spreewald. Die vom Braunkohlenbergbau verursachte Eisenbelastung der Spree wird im Auftrag der Bergbauunternehmen Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH (kurz LMBV) und Lausitz Energie Bergbau AG (kurz LE-B) durch ein Monitoring überwacht.

Eine wesentliche Voraussetzung für einen hochgradigen Eisenrückhalt in der Talsperre Spremberg ist vor allem eine ausreichend lange Verweilzeit des Spreewassers (erste Mastervariable). Die Verweilzeit hängt vom Füllstand bzw. vom Füllvolumen der Talsperre und vom Durchfluss der Spree ab. Die Verweilzeit der Spree in der Talsperre Spremberg lag in den zurückliegenden Jahren überwiegend in einer Spanne zwischen 3 und 30 Tagen. Die kurzen Verweilzeiten gelten für Hochwasser und die längeren für Mittel- und Niedrigwasser.

Aufgrund der Besonderheiten der Hydrochemie des Eisens in Fließgewässern, insbesondere die Oxidation des zweiwertigen Eisens (sogen. Klarwassereisen) zum dreiwertigen Eisen (sogen. Trübungseisen), besteht ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Eisenrückhalt und dem pH-Wert (zweite Mastervariable) sowie zwischen dem Eisenrückhalt und der Wassertemperatur (dritte Mastervariable). Der chemisch interessierte Leser sei auf die vertiefenden theoretischen Betrachtungen zur sogenannten „Eisenkinetik“ in den Gutachten [IWB 2012] und [IWB 2013] verwiesen, die auf der Homepage der LMBV ([www.lmbv.de/index.php/lmbv-studienbraune-spree.html](http://www.lmbv.de/index.php/lmbv-studienbraune-spree.html)) veröffentlicht sind.

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

Die seit Mitte 2012 in hoher zeitlicher Dichte vorliegenden Daten zur Eisenbelastung der Spree zeigen, dass bei Verweilzeiten über 12 Tagen im Winter und über 8 Tagen im Sommer eine Eisenkonzentration unter 1,8 mg/L am Ablauf der Talsperre Spremberg jederzeit gewährleistet ist. Kürzere Verweilzeiten ziehen nicht zwangsläufig erhöhte Eisenkonzentrationen am Auslauf der Talsperre nach sich, erhöhen aber das Risiko derselben. Die anzustrebenden langen Verweilzeiten des Spreewassers in der Talsperre, die für einen hochgradigen Eisenrückhalt zu erstreben wären und durch ein hohes Stauvolumen erreicht werden können, schränken jedoch die Nutzung der Talsperre Spremberg sowohl für die Niedrigwasseraufhöhung als auch für den Hochwasserrückhalt ein. Damit die Freiheitsgrade für die Wassermengenbewirtschaftung der Talsperre Spremberg nicht zu stark eingeschränkt werden, wurden technische Möglichkeiten gesucht, den Eisenrückhalt in der Vorsperre Bühlow zu steigern. Ihre immanente wasserwirtschaftliche Funktion ist der Sedimentrückhalt.

Da das Eisen in der Vorsperre Bühlow nur zögerlich sedimentiert, wird der Eisenrückhalt durch eine chemische Wasserbehandlung befördert. Die Wasserbehandlung erfolgt zweistufig: durch Flockung mit einer Kalksuspension (TA 1 = Teilanlage 1) und durch die Zugabe eines polymeren Flockungshilfsmittels (TA 2 = Teilanlage 2). Die Dosierung der Kalkmilch erfolgt an der Brücke in Spremberg-Wilhelmsthal über mehrere Verteilrohre in den Wasserstrom der Spree (Bild 1 links). Die Dosierung des Flockungshilfsmittels erfolgt am Verteilerbauwerk an der Vorsperre Bühlow in die aufgespalteten 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 vor der Vorsperre Bühlow ist mit unterschiedlich langen Unterbrechungen seit August 2014 in Betrieb. Ursprünglich war der Betrieb der Wasserbehandlung nur für das Jahr 2014 vorgesehen. Damit sollte ein ausreichender Eisenrückhalt während der Absenkung des Wasserspiegels im Zuge der Sanierung der Staumauer der Talsperre Spremberg gewährleistet werden. Nach Abschluss der Sanierungsarbeiten an der Staumauer der Talsperre Spremberg hatten sich die fachlich Beteiligten verständigt, die Wasserbehandlung an der Vorsperre Bühlow so lange zu betreiben, bis die Maßnahmen des Barrierekonzeptes im Südraum der LMBV ausreichend Wirkung zeigen, siehe dazu [IWB 2012] und [Uhlmann & Zarach 2015].

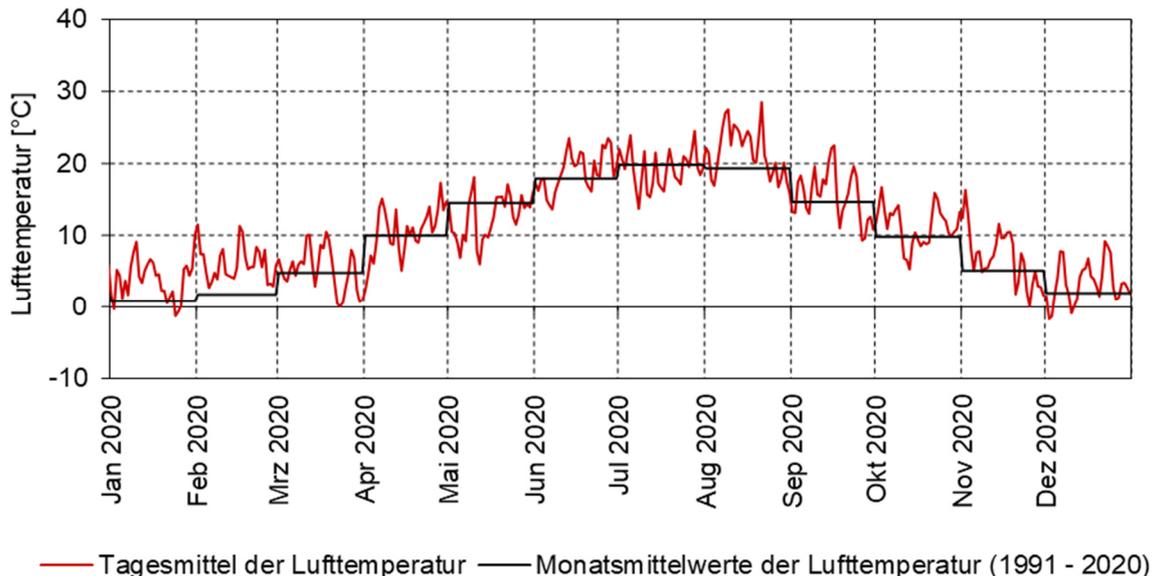
Zur Eisenbelastung der Spree und zu den Wirkungen der Wasserbehandlung wird ein Sondermonitoring der Wasserbeschaffenheit betrieben (Abschnitt 3.1). Zum Sondermonitoring der Vorjahre liegen mit [IWB 2016], [IWB 2017], [IWB 2018], [IWB 2019] und [IWB 2020] Jahresberichte vor. Sie sind auf der Homepage der LMBV veröffentlicht ([www.lmbv.de/index.php/jahresberichte.html](http://www.lmbv.de/index.php/jahresberichte.html)). Der vorliegende Bericht fasst die Ergebnisse des Sondermonitorings 2020 zusammen.

## 2 Hydrologie und Wasserbewirtschaftung

### 2.1 Witterungsverlauf

Die Witterung in der Umgebung der Talsperre Spremberg im Kalenderjahr 2020 kann anhand der Lufttemperatur (Bild 2), des Niederschlags (Bild 3 und Bild 4 unten) und der klimatischen Wasserbilanz (Bild 4 oben) an der DWD-Station Cottbus charakterisiert werden. Die DWD-Station Cottbus kann aufgrund der räumlichen Nähe zum Untersuchungsgebiet im Hinblick auf die Großwetterlagen als ausreichend repräsentativ angenommen werden.

Die Lufttemperatur betrug 2020 im Jahresmittel  $+11,3^{\circ}\text{C}$ . Sie lag damit  $1,3$  Grad höher im Vergleich zur 30-jährigen Messreihe von 1991 bis 2020. 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. Die einseitigen Abweichungen zeigen, dass die Monate Januar, Februar, August, Oktober, November und Dezember 2020 zu warm sowie der Monat Mai 2020 zu kühl waren. Alle weiteren Monate wiesen Abweichungen  $< 1,0$  Grad im Vergleich zur 30-jährigen Messreihe auf.

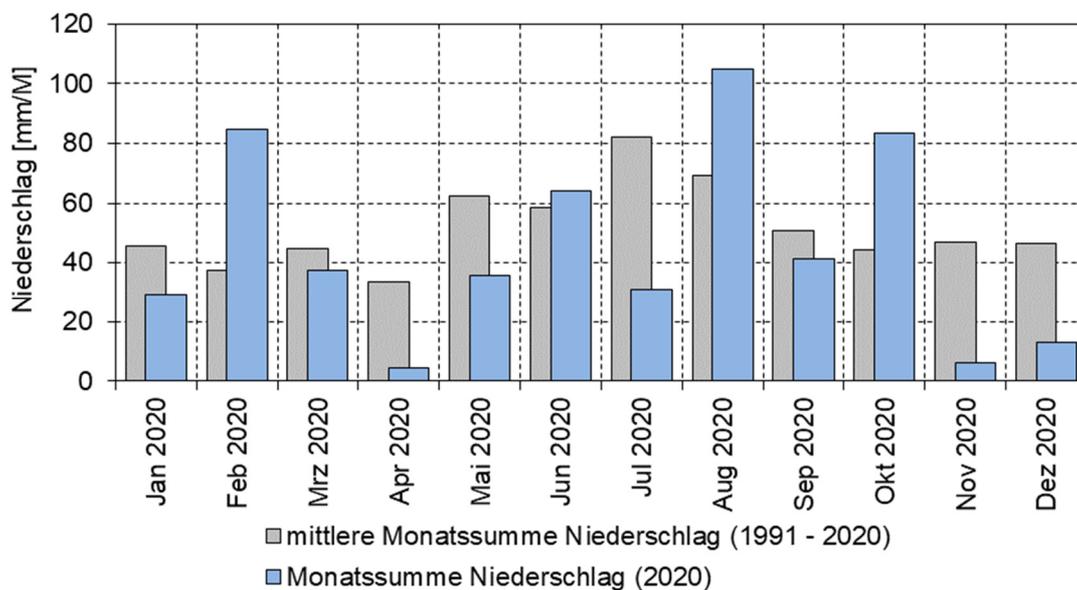


**Bild 2:** Ganglinie der Tagesmittelwerte der Lufttemperatur im Kalenderjahr 2020 im Vergleich zu den langjährigen Monatsmittelwerten der Lufttemperatur in den Jahren 1991 bis 2020 an der DWD-Station Cottbus.

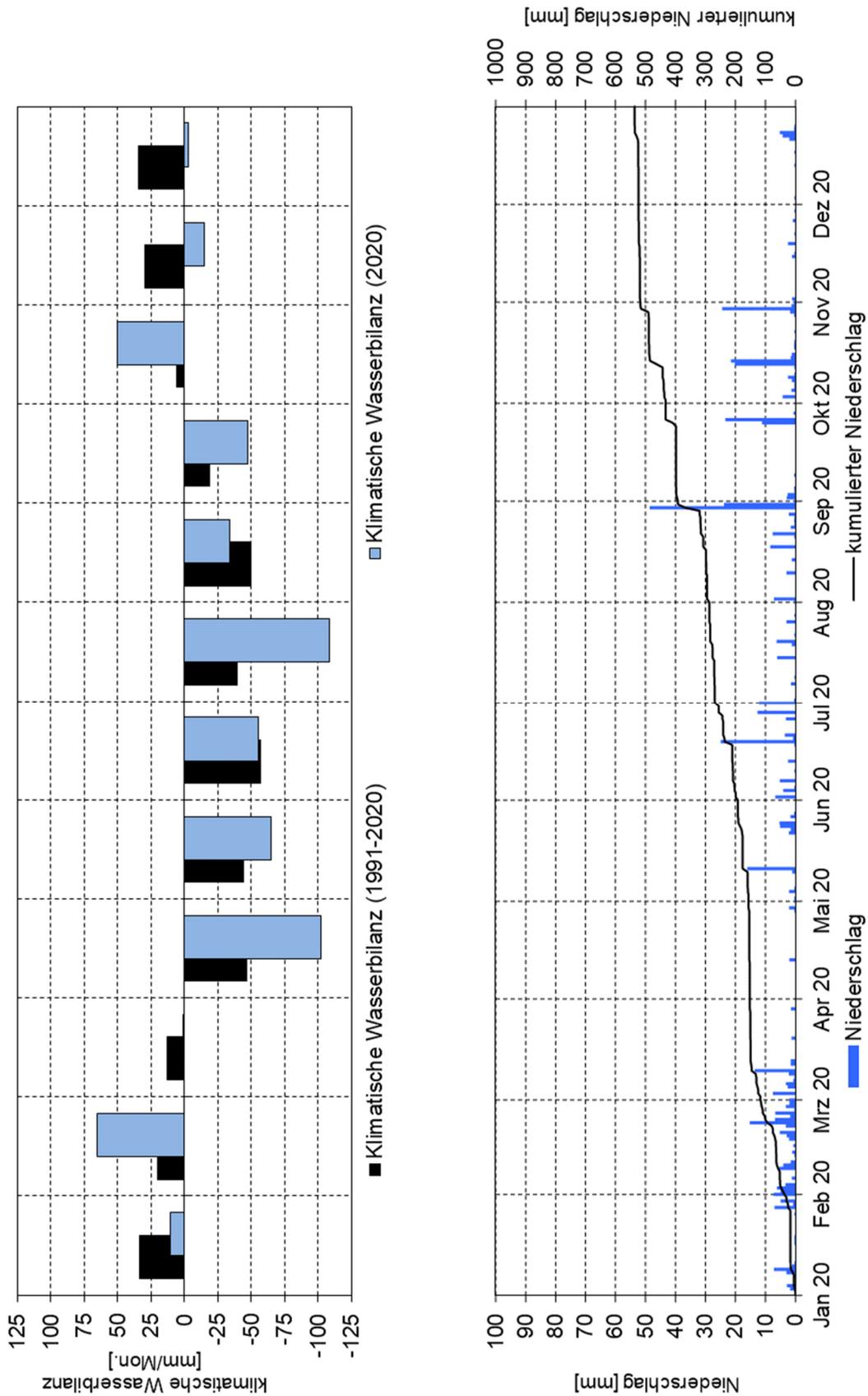
Die Monatssummen des Niederschlags basieren auf den unkorrigierten Rohdaten der DWD-Station Cottbus. Niederschlagshöhen werden in Abhängigkeit von der Exposition der Messstation und von der Messmethode durch Wind, Benetzung und Verdunstung systematisch zu niedrig gemessen. Nach Richter [DWD 1995] ist der Niederschlag an der DWD-Station Cottbus standortbezogen um 10 % zu korrigieren.

Dadurch erhöht sich die mittlere Jahressumme des Niederschlags der 30-jährigen Reihe von 1991 bis 2020 an der DWD-Station Cottbus von 566 mm/a auf 623 mm/a. Abweichend zu den Berichten aus den Vorjahren wurden alle nachfolgenden Angaben zur Niederschlagshöhe nach Richter [DWD 1995] korrigiert.

Die Niederschlagssumme betrug 2020 an der DWD-Wetterstation Cottbus 536 mm. Damit war der Niederschlag 96 mm höher im Vergleich zum trockenen Vorjahr 2019, aber immer noch 87 mm niedriger als der langjährige Mittelwert der 30-jährigen Reihe von 1991 bis 2020. Die Niederschlagsbilanz war im ersten Halbjahr 2020 fast ausgeglichen (Bild 4 oben), wenngleich die Niederschläge sehr unterschiedlich über die einzelnen Monate verteilt waren (Bild 3). Die Monate April bis September waren stark defizitär. Ungewöhnlich war, dass auch die hydrologischen Wintermonate November und Dezember 2020 defizitär waren, die ansonsten zur Nährperiode gehören. Die niederschlagsreichsten Phasen lagen von Ende Januar bis zur ersten Märzdekade 2020 sowie von Ende August bis Ende Oktober 2020 (Bild 4 unten). Letztere war durch starke singuläre Niederschlagsereignisse mit Tagessummen bis 49 mm (30.08.2020) gekennzeichnet. Niederschlagsarme bzw. -freie Perioden wurden über zwei Wochen im Januar 2020, über sieben Wochen, beginnend in der zweiten Märzdekade bis in die erste Maidekade, sowie die Monate November und Dezember 2020 beobachtet.



**Bild 3:** Monatssummen des Niederschlags im Kalenderjahr 2020 und langjährige mittlere Monatssummen des Niederschlags der Kalenderjahre 1991 bis 2020 an der DWD-Station Cottbus.

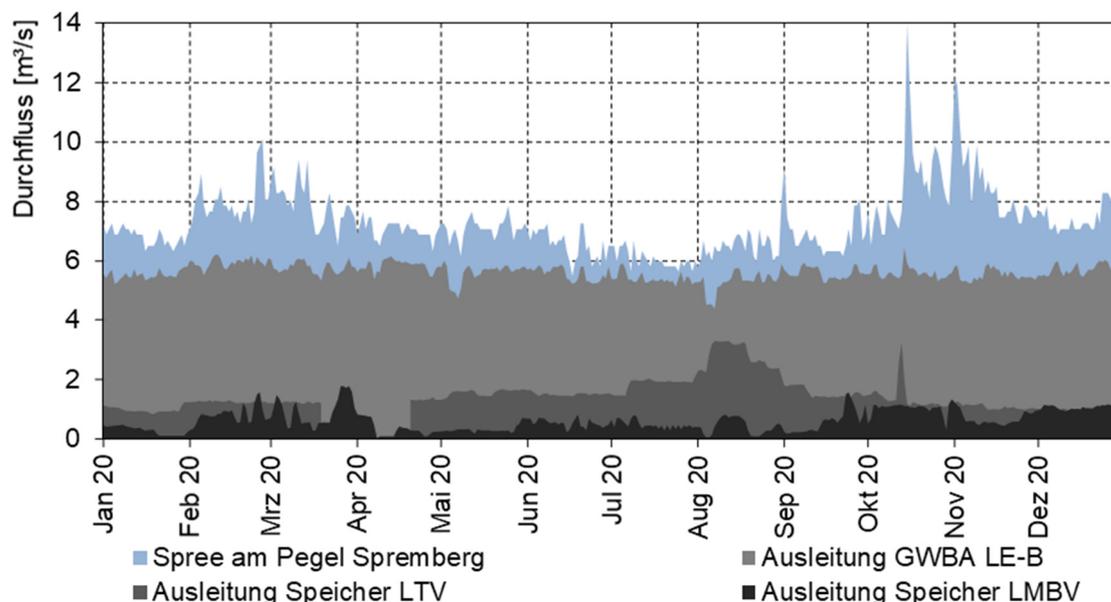


**Bild 4:** Monatssummen der klimatischen Wasserbilanz im Kalenderjahr 2020 im Vergleich mit den Mittelwerten der Kalenderjahre 1991 bis 2020 (oben) und Tageswerte der Niederschlagshöhe und kumulative Niederschlagssumme (unten) an der DWD-Station Cottbus im Kalenderjahr 2020.

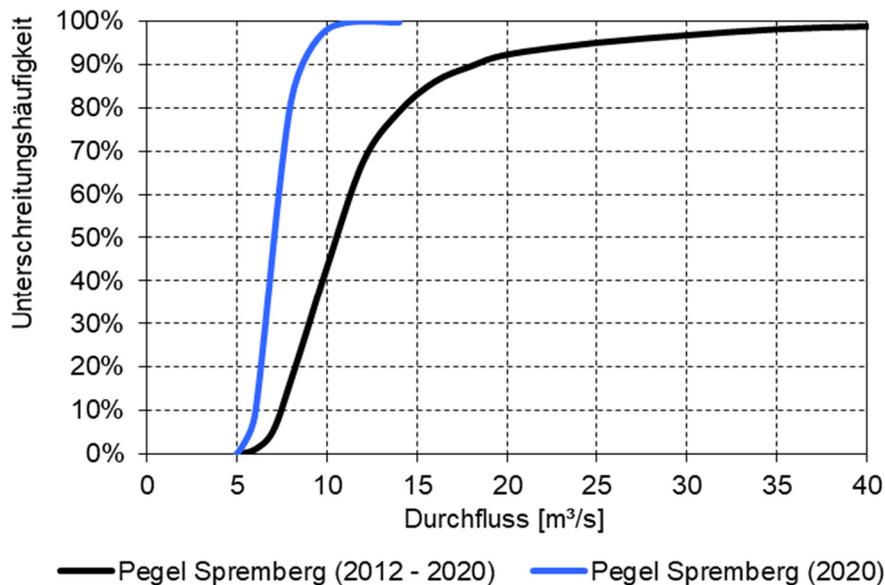
## 2.2 Durchfluss in der Spree und Bewirtschaftung der Talsperre Spremberg

Der Durchfluss der Spree stromoberhalb der Talsperre Spremberg wird vom LfU Brandenburg am Pegel Spremberg erfasst. In Bild 6 ist die Durchflussganglinie des Pegels Spremberg auf der Grundlage von Tagesmittelwerten dargestellt. Die Durchflussganglinie enthält zusätzlich die Ausleitmengen aus den Grubenwasserbehandlungsanlagen (GWBA) der LE-B, aus den Speichern der LTV und aus den Speichern der LMBV.

Der Durchfluss der Spree am Pegel Spremberg war im Jahr 2020 wenig variabel und betrug im Mittel  $7,3 \text{ m}^3/\text{s}$  (Bild 7). Der Durchfluss der Spree lag als Tagesmittelwert in einem Band zwischen  $5,5$  und  $14,0 \text{ m}^3/\text{s}$ . Im Berichtszeitraum kam kein Hochwasser vor. Der höchste Durchfluss am Pegel Spremberg wurde ereignisbezogen am 15.10.2020 mit  $14,0 \text{ m}^3/\text{s}$  gemessen. Die Wasserführung in der Spree wurde durch Abgaben aus den Talsperren Bautzen und Quitzdorf (Speicher der LTV), aus dem SB Bärwalde und aus dem WSS Lohsa II (Speicher LMBV) gestützt. Die Speichervorräte im Spreegebiet zur Stützung des Abflusses in der Spree waren aufgrund des vorlaufenden stark niederschlagsdefizitären Jahres 2019 begrenzt und im Jahr 2020 bereits früh aufgebraucht. Durch die kontinuierliche Einleitung behandelter Sumpfungswässer aus den Grubenwasserbehandlungsanlagen Kringelsdorf, Tzschellin und Schwarze Pumpe der LE-B wurde im Jahr 2020 am Pegel Spremberg ein Grundstock von 5 bis  $6 \text{ m}^3/\text{s}$  der Wasserführung der Spree gewährleistet.



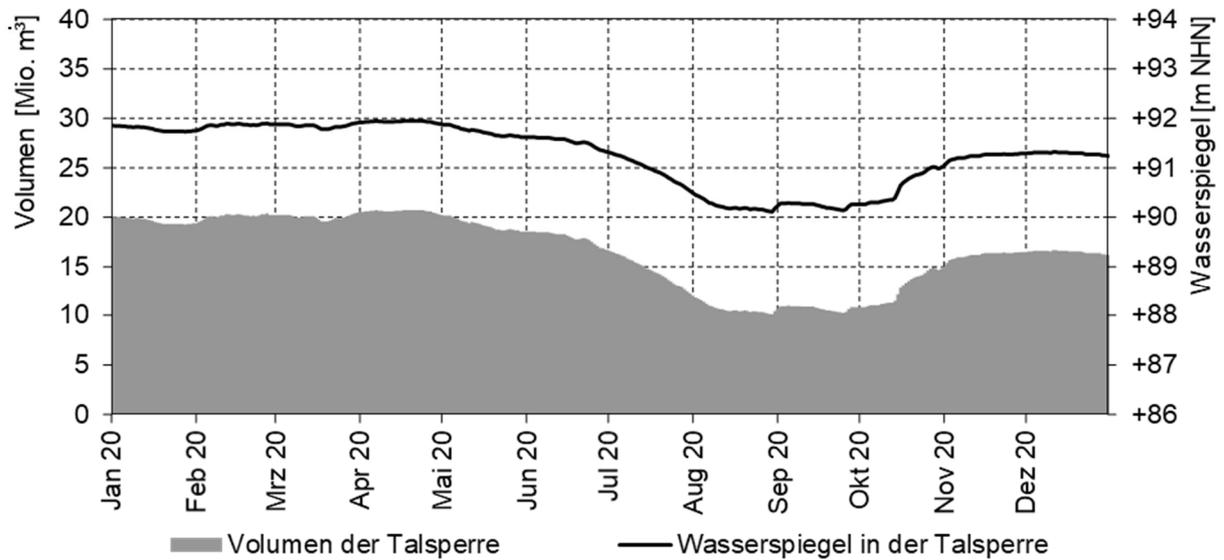
**Bild 6:** Tagesmittelwerte des Durchflusses der Spree am Pegel Spremberg (hellblau) sowie Ausleitung aus den GWBA der LE-B (hellgrau), Ausleitung aus den Speichern der LTV (grau) und Ausleitung aus den Speichern der LMBV im Kalenderjahr 2020.



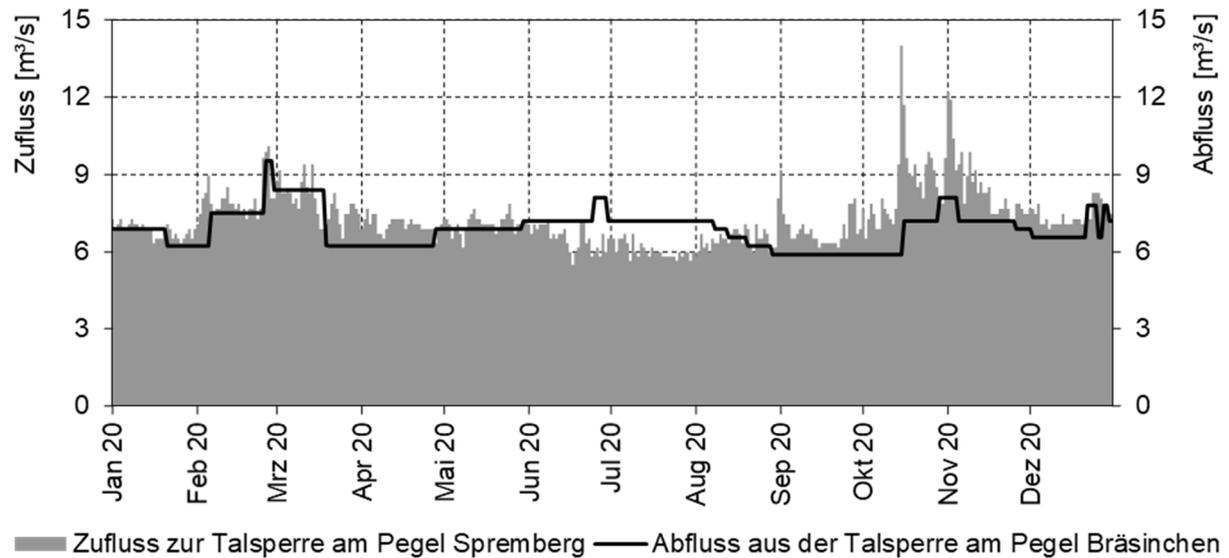
**Bild 7:** Dauerlinien der Unterschreitungshäufigkeit des Durchflusses der Spree am Pegel Spremberg im Kalenderjahr 2020 (blau) und im Vergleichszeitraum seit Beginn des täglichen Monitorings an der Talsperre Spremberg von 2012 bis 2020 (schwarz).

Die Talsperre Spremberg wird entsprechend ihrer regulären Zweckbestimmung als Speicher bewirtschaftet. Ende 2019 lag der Wasserspiegel bei +91,8 m NHN. In der aktuellen Berichtsperiode wurde die Talsperre bis April 2020 auf knapp +92,0 m NHN eingestaut (Bild 8). Ab Mai 2020 mit Beginn des hydrologischen Sommerhalbjahres wurden die gespeicherten Wasserressourcen zur Niedrigwasseraufhöhung in Anspruch genommen. Die Talsperre Spremberg wurde bis Ende August 2020 auf +90,1 m NHN abgesenkt. In dieser Zeit wurden ca. 10,3 Mio. m<sup>3</sup> Wasser freigegeben, was einem mittleren Volumenstrom von etwa 1,0 m<sup>3</sup>/s entspricht. Anschließend wurde der Wasserspiegel bis zur ersten Oktoberdekade auf einem Niveau um +90,2 m NHN gehalten, bevor der Speicher ab der zweiten Oktoberdekade zügig auf etwa +91,3 m NHN aufgefüllt und anschließend auf diesem Niveau gehalten wurde.

Die Phasen der Speicherfüllung und Speicherfreigabe können annähernd aus der Differenz der Durchflussganglinien der Pegel Spremberg (= Zufluss zum Speicher) und Bräsinchen (= Abfluss aus dem Speicher) in Bild 9 abgelesen werden, wobei hier Zugänge durch Niederschlag sowie Verluste durch Verdunstung und Versickerung nicht abgebildet sind.



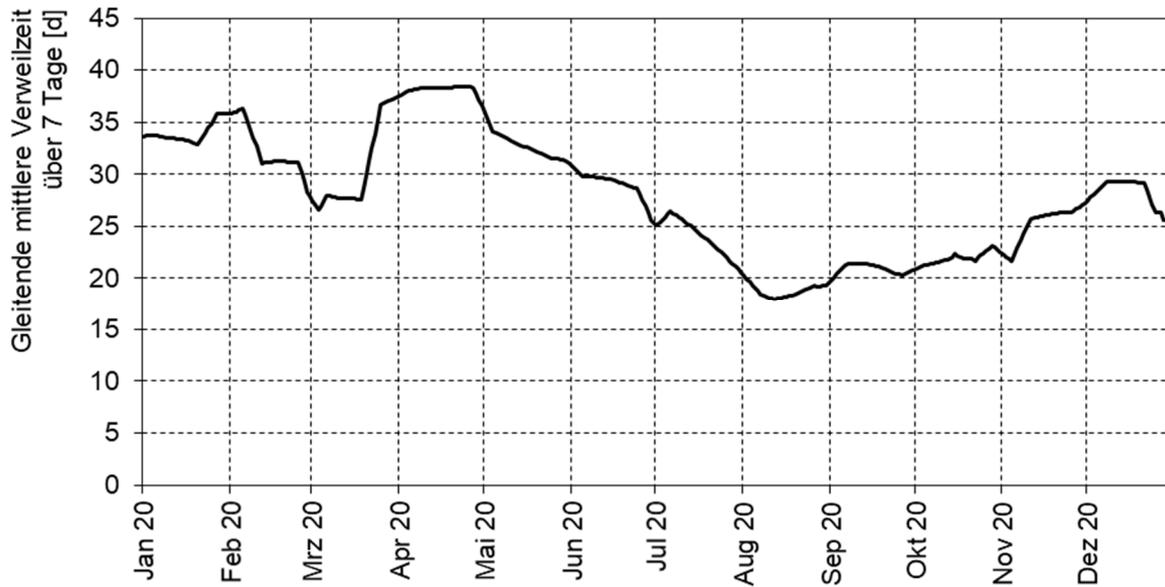
**Bild 8:** Wasserstand und Füllvolumen der Talsperre Spremberg im Kalenderjahr 2020, unkorrigierte Werte, Quelle: LfU Brandenburg.



**Bild 9:** Durchfluss der Spree in Spremberg (Zulauf zur Talsperre) und in Bräsinchen (Ablauf aus der Talsperre Spremberg) im Kalenderjahr 2020, unkorrigierte Werte, Quelle: LfU Brandenburg.

Aus dem Verhältnis zwischen dem veränderlichen Speichervolumen und dem veränderlichen Abfluss aus dem Speicher kann die dynamische Verweilzeit des Spreewassers in der Talsperre Spremberg berechnet werden. Die Verweilzeit ist in Bild 10 als siebentägiges gleitendes Mittel dargestellt. Beim Durchgang hoher Durchflüsse in den Wintermonaten und während der Sommermonate mit geringem Speichervolumen können „Einbrüche“ der Verweilzeit festgestellt werden. Das sind die Phasen, in denen mit höheren Eisenausträgen aus der Talsperre Spremberg zu rechnen wäre, sofern andere Mechanismen des Eisenrückhalts nicht funktionieren. Die dynamische Verweilzeit des Spreewassers in der Talsperre Spremberg lag im

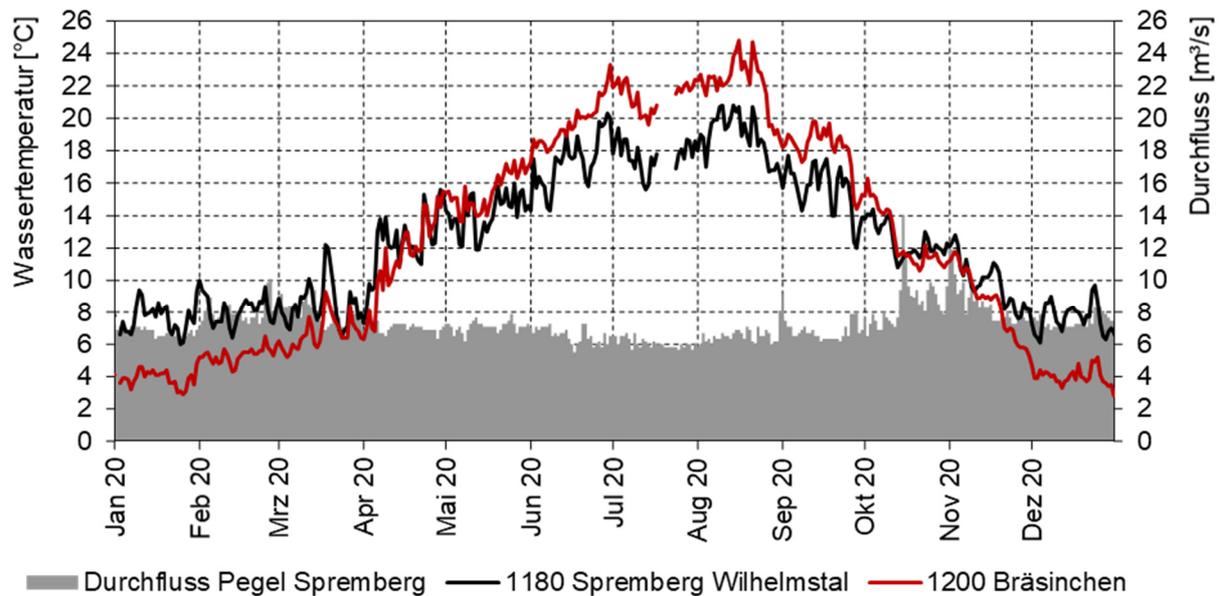
Jahr 2020 in einer Spanne von 18 bis 48 Tagen. Die lange Verweilzeit enthält hohe Sicherheitsreserven für den Eisenrückhalt in der Talsperre Spremberg.



**Bild 10:** Mittlere Verweilzeit des Wassers der Spree in der Talsperre Spremberg (nur Hauptsperre) im Kalenderjahr 2020 als siebentägiges gleitendes Mittel.

## 2.3 Wassertemperatur in der Spree

In Bild 11 ist der Jahresgang der Wassertemperatur in der Spree vor der Talsperre in Spremberg-Wilhelmsthal und nach der Talsperre in Bräsinchen dargestellt. Die Wassertemperatur in der Spree an der Messstelle 1180 in Spremberg-Wilhelmsthal schwankte zwischen minimal +6°C im Januar 2020 und maximal +21°C im August 2020. Die Temperaturamplitude der Spree spreizt sich beim Durchgang durch die Talsperre Spremberg aufgrund der großen Kontaktfläche mit der Atmosphäre. An der Messstelle 1200 in Bräsinchen schwankte die Wassertemperatur zwischen + 3°C und +25°C. Im Winter kühlt das Wasser in der Talsperre aus und im Sommer erwärmt es sich. Die sommerlich erhöhte Wassertemperatur in der Spree und in der Talsperre Spremberg beschleunigt die Oxidation des zweiwertigen Eisens (Klarwassereisen).



**Bild 11:** Entwicklung der Wassertemperatur in der Spree im Zulauf zur Talsperre Spremberg (Spremberg-Wilhelmsthal) und nach der Hauptsperre in der Spree in Bräsinchen im Kalenderjahr 2020.

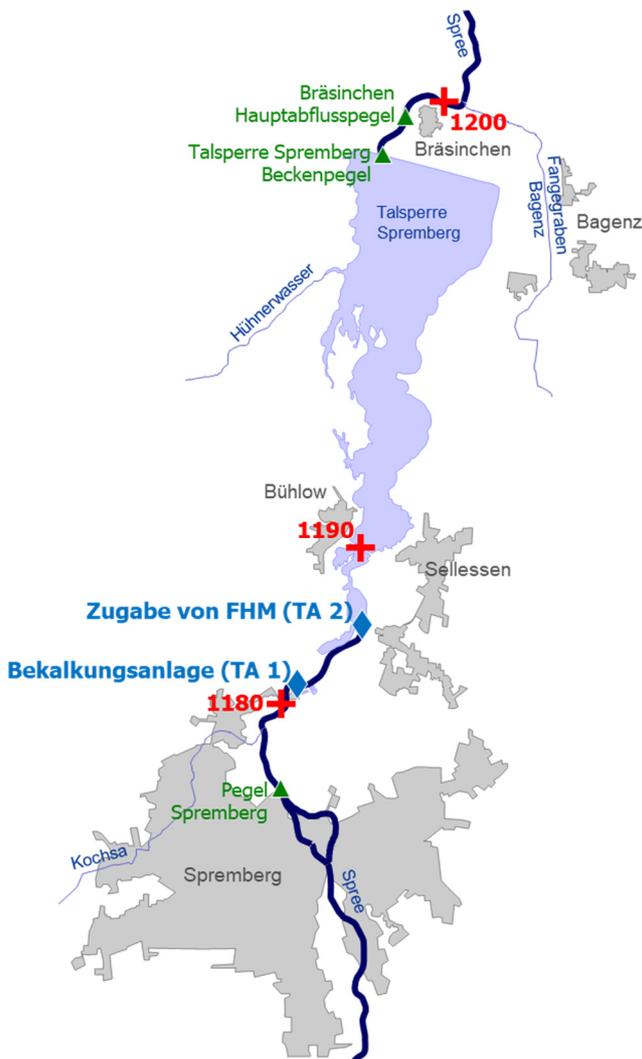
## 3 Eisenbelastung der Spree

### 3.1 Sondermonitoring

Die Wasserbeschaffenheit der Spree wird seit Juli 2012 durch ein Sondermonitoring im Auftrag der LMBV und der LE-B an den drei nachfolgenden Messstellen täglich erfasst, siehe [IWB 2016], [IWB 2017], [IWB 2018], [IWB 2019] und [IWB 2020]:

- 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 12 dargestellt.



**Bild 12:** Lage der Messstellen des Monitorings an der Talsperre Spremberg, der amtlichen Pegel und der Maßnahmen der Wasserbehandlung an der Spree vor der Vorsperre Bühlow.

Die Fotos in Bild 13 bis Bild 15 zeigen markante Zustände an den drei Messstellen des Sondermonitorings im Kalenderjahr 2020. Die Farbgraduierung kennzeichnet jeweils das Maß der Eisenbelastung der Spree an den entsprechenden Stellen.



**Bild 13: Messstelle 1180 in Spremberg-Wilhelmsthal am 29.05.2020 (Foto: IWB)**

- starke Trübung
- orange Färbung
- Eisen-gesamt = 38,4 mg/L
- Eisen-gelöst = 7,3 mg/L

Remobilisierung und Verfrachtung von Eisensedimenten infolge eines Funktionstest am Stadtmühlenwehr in Spremberg.



**Bild 14: Messstelle 1190 an der Brücke Bühlow/Sellessen am 22.07.2020 (Foto: IWB)**

- schwache Trübung,
- grünlich-gelbliche Färbung
- Eisen-gesamt = 1,5 mg/L
- Eisen-gelöst < 0,02 mg/L

Zustand nach der Wasserbehandlung in der Vorsperre Bühlow.



**Bild 15: Messstelle 1200 an der Brücke in Bräsinchen am 22.07.2020 (Foto: IWB)**

- keine Trübung,
- farblos
- Eisen-gesamt = 0,4 mg/L
- Eisen-gelöst = 0,03 mg/L

Zustand der Spree nach der Passage der Talsperre Spremberg.

Die Entnahme der Wasserproben aus der Spree erfolgt als Stichproben (Schöpfproben) aus der Strommitte und als Terminproben zu wechselnden Uhrzeiten. Zur Bestimmung der Eisen-gelöst-Konzentration werden die Teilproben vor Ort filtriert und in präparierte Probenflaschen überführt. Vor Ort werden 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 2020 wurden 361 Beprobungen durchgeführt. Bei 366 Kalendertagen liegen damit ein hoher zeitlicher Deckungsgrad von 99 % und ein statistisch sehr gut gesicherter Datenbestand vor. Er gestattet, solide Aussagen zur Abhängigkeit der Eisenbelastung von der Witterung, vom Durchfluss in der Spree, von der Speicherbewirtschaftung der Talsperre, von der Wasserbehandlung an der Vorsperre Bühlow und von sonstigen Ereignissen und Maßnahmen an der Spree zu treffen. Die Eisenbelastung der Spree kann damit für das Kalenderjahr 2020 sehr zuverlässig charakterisiert und bilanziert werden.

### 3.2 Belastungsrelevante Ereignisse und Maßnahmen

Im untersuchten Flussabschnitt der Spree hatten im Kalenderjahr 2020 folgende Maßnahmen Einfluss auf die Eisenbelastung der Spree und der Talsperre Spremberg:

- Der Betrieb von Abwehrmaßnahmen der Eisenbelastung an der Spree und an der Kleinen Spree, insbesondere:
  - der Betrieb der Modularen Wasserbehandlungsanlage (MWBA) am Graben Neustadt,
  - der Regelbetrieb des 6er Brunnenriegels am Unterlauf der Kleinen Spree,
  - der Regelbetrieb der Horizontaldränage in Sprewitz Ausbau am Unterlauf der Kleinen Spree und
  - der verfahrenstechnische Umbau der MWBA Burgneudorf einschließlich gelegentlichem Probebetrieb.
- Gewässerunterhaltungsmaßnahmen, insbesondere:
  - die Gewässerberäumung und Munitionssuche in der Kleinen Spree,
  - Stellhandlungen an den Spreewehren Stadtmühlenwehr und Weißes Wehr im Stadtgebiet Spremberg zur Funktionskontrolle, für Bauvorhaben oder für den Kanusport sowie

- die Entschlammung der Vorsperre Bühlow.

Während die erste Gruppe der Maßnahmen die Eisenbelastung der Spree im Mittel bereits nachweislich verringert, führt die zweite Gruppe der Maßnahmen zu singulär hohen Stoßbelastungen. Details sind in der Tabelle 2 angegeben.

**Tabelle 2: Ereignisse und Maßnahmen im Einzugsgebiet der Spree im Kalenderjahr 2020.**

Datum	Objekt	Ereignis
30.01.2020	Konditionierungsanlage (TA 1)	Beseitigung von Kalksedimenten in der Spree im Bereich der Austragsleitungen.
27.01.2020 bis 07.02.2020	Spree in Spremberg	Gewässerunterhaltungsmaßnahmen in der Spree stromoberhalb der Messstelle 1180 in Spremberg-Wilhelmsthal.
07.02.2020	Stadtmühlenwehr	Funktionstest.
28.05.2020	Weißes Wehr	Öffnung des Wehres zu Trainingszwecken der Kanuten.
29.05.2020	Stadtmühlenwehr Weißes Wehr	Funktionstest an der Wehrgruppe.
30.05.2020	Weißes Wehr	Öffnung des Wehres zu Trainingszwecken der Kanuten.
30.05.2020	Stadtmühlenwehr	Nachwirkung des Funktionstests am Vortag (Sedimentaufwirbelung).
Seit 01.06.2020	10er Brunnenriegel	Testbetrieb und Durchführung von Wartungsarbeiten.
Seit 01.06.2020	MWBA Burgneudorf	Testbetrieb und Durchführung von Wartungsarbeiten.
04.06.2020	Weißes Wehr	Öffnung des Wehres zu Trainingszwecken der Kanuten.
11.06.2020	Weißes Wehr	Öffnung des Wehres zu Trainingszwecken der Kanuten.
13.06.2020	Weißes Wehr	Öffnung des Wehres zu Trainingszwecken der Kanuten.
16.06.2020	Konditionierungsanlage (TA 2)	Außerbetriebnahme TA 2 der Konditionierungsanlage an der Spree in Spremberg-Wilhelmsthal.
18.06.2020	Weißes Wehr	Öffnung des Wehres zu Trainingszwecken der Kanuten.
24.06.2020	Konditionierungsanlage (TA 1)	Außerbetriebnahme TA 1 der Konditionierungsanlage an der Spree in Spremberg-Wilhelmsthal.
25.06.2020	Weißes Wehr	Öffnung des Wehres zu Trainingszwecken der Kanuten.
27.06.2020	Weißes Wehr	Öffnung des Wehres zu Trainingszwecken der Kanuten.
02.07.2020	Weißes Wehr	Öffnung des Wehres zu Trainingszwecken der Kanuten.
09.07.2020	Stadtmühlenwehr Weißes Wehr	Absenkung der Wehrgruppe zum Zweck der Frischwasserzufuhr zur Hammerlache.
10.07.2020	Stadtmühlenwehr Weißes Wehr	Absenkung der Wehrgruppe zum Zweck der Frischwasserzufuhr zur Hammerlache.
30.07.2020	Weißes Wehr	Öffnung des Wehres zu Trainingszwecken der Kanuten.
06.08.2020	Weißes Wehr	Öffnung des Wehres zu Trainingszwecken der Kanuten.
13.08.2020	Weißes Wehr	Öffnung des Wehres zu Trainingszwecken der Kanuten.
20.08.2020	Weißes Wehr	Öffnung des Wehres zu Trainingszwecken der Kanuten.
27.08.2020	Weißes Wehr	Öffnung des Wehres zu Trainingszwecken der Kanuten.
03.09.2020	Weißes Wehr	Öffnung des Wehres zu Trainingszwecken der Kanuten.
05.09.2020	Weißes Wehr	Öffnung des Wehres zu Trainingszwecken der Kanuten.

Datum	Objekt	Ereignis
06.09.2020	Weißes Wehr	Öffnung des Wehres zu Trainingszwecken der Kanuten.
10.09.2020	Weißes Wehr	Öffnung des Wehres zu Trainingszwecken der Kanuten.
17.09.2020	Weißes Wehr	Öffnung des Wehres zu Trainingszwecken der Kanuten.
24.09.2020	Weißes Wehr	Öffnung des Wehres zu Trainingszwecken der Kanuten.
01.10.2020	Weißes Wehr	Öffnung des Wehres zu Trainingszwecken der Kanuten.
08.10.2020	Weißes Wehr	Öffnung des Wehres zu Trainingszwecken der Kanuten.
15.10.2020	Weißes Wehr	Öffnung des Wehres zu Trainingszwecken der Kanuten.
19.10.2020	Konditionierungs- anlage (TA 1)	Inbetriebnahme nach Anlagenrevision für Funktions- prüfungen.
23.10.2020	Konditionierungs- anlage (TA 2)	Inbetriebnahme nach Anlagenrevision.
25.10.2020	Stadtmühlenwehr Weißes Wehr	Absenkung der Wehrgruppe zum Zwecke eines Bau- vorhabens an den Steganlagen im Stadtgebiet Spremberg.
26.10.2020	Konditionierungs- anlage (TA 1+TA 2)	Beginn des Regelbetriebs.
27.10.2020	Stadtmühlenwehr	Hebung des Stadtmühlenwehres Spremberg auf 80 cm unter Staumarke.
29.10.2020	Stadtmühlenwehr Weißes Wehr	Hebung des Stadtmühlenwehres auf 20 cm unter Staumarke und Schließung des Weißen Wehres.
29.10.2020	Spree in Trattendorf	Absenkung des Wasserspiegels in der Spree zum Zweck Beräumung des Fischpasses am Schlauchwehr.
30.10.2020	Stadtmühlenwehr Weißes Wehr	Stadtmühlenwehr und Weißes Wehr nach Beendigung der Bauarbeiten an den Steganlagen geschlossen.
06.11.2020	Weißes Wehr	Kurzzeitige Absenkungen des Weißen Wehres im Altarm der Spree in Spremberg zur Montage von Steganlagen.
09.11.2020 bis 13.11.2020	Weißes Wehr	Absenkungen des Weißen Wehres im Altarm der Spree in Spremberg zur Montage von Steganlagen.
13.11.2020	Spree in Trattendorf	Spülung des Pegels und Schlauchwehres in Trattendorf
17.11.2020	Stadtmühlenwehr	Kurzzeitige Absenkungen zur Reinigung der Schleuse.
10.12.2020 bis 15.12.2020	Spree in Spremberg	Gewässerunterhaltungsmaßnahmen in der Spree stromober- halb der Messstelle 1180 in Spremberg-Wilhelmsthal.
Gesamtes Jahr	MWBA Neustadt	Regelbetrieb: Kurzzeitige Unterbrechungen des Anlagen- betriebs hatten betriebsbedingte Ursachen (Wartung, Reinigung).
Gesamtes Jahr	6er Brunnenriegel	Regelbetrieb und Ableitung des Wassers zur GWBA Schwarze Pumpe.
Gesamtes Jahr	Horizontaldränage	Regelbetrieb und Ableitung des Wassers zur GWBA Schwarze Pumpe.
Gesamtes Jahr	Kleine Spree	Gewässerberäumungsmaßnahmen im Zusammenhang mit dem Gewässerausbau zw. Burghammer und Spreewitz.

### 3.3 Eisenkonzentrationen

Die **Eisen-gesamt-Konzentration** der Spree in **Spremberg-Wilhelmsthal** (Mst. 1180) lag im Kalenderjahr 2020 in einer Bandbreite zwischen 1,6 und 129 mg/L und im arithmetischen Mittel der 361 erfassten Terminwerte bei 5,2 mg/L. Die höchsten Eisenkonzentrationen wurden vorwiegend in den Herbst- und Wintermonaten erfasst (Bild 16). Im Kalenderjahr 2020 gab es zehn Ereignisse mit hohen Eisen-gesamt-Konzentrationen  $\geq 10$  mg/L (Tabelle 3).

**Tabelle 3: Terminwerte mit erhöhten Eisenkonzentrationen in der Spree an der Messstelle Spremberg-Wilhelmsthal (Mst. 1180) und termingleicher Durchfluss am Pegel Spremberg im Kalenderjahr 2020.**

Nr.	Datum	Eisen-gesamt [mg/L]	Eisen-gelöst [mg/L]	Durchfluss [m <sup>3</sup> /s]	Ursache
1	07.02.2020	83,9	0,23	7,5	nutzungsbedingt
2	29.05.2020	38,4	7,30	7,1	nutzungsbedingt
3	30.05.2020	10,2	0,27	7,3	nutzungsbedingt
4	15.10.2020	129,0	0,10	14,0	hydrometeorologisch
5	16.10.2020	10,7	0,10	11,7	hydrometeorologisch
6	26.10.2020	13,1	0,16	9,6	nutzungsbedingt
7	28.10.2020	16,7	0,09	8,5	nutzungsbedingt
8	29.10.2020	13,1	0,35	8,1	nutzungsbedingt
9	01.11.2020	10,2	0,09	12,2	nutzungsbedingt
10	14.12.2020	15,7	1,26	7,1	nutzungsbedingt

Acht Ereignisse mit erhöhten Eisen-gesamt-Konzentrationen im Kalenderjahr 2020 hatten nachweislich bewirtschaftungs- und nutzungsbedingte Ursachen (siehe auch Tabelle 2 in Abschnitt 3.2). Die Ereignisse an zwei aufeinanderfolgenden Tagen am 15. und 16. Oktober hatten eine hydrometeorologische Ursache. In manchen Fällen können sich die Ursachen auch überlagert haben.

Die niedrigsten Eisen-gesamt-Konzentrationen wurden während der Sommermonate bei stabil niedrigen Durchflüssen um 6 m<sup>3</sup>/s beobachtet. Die Ursachen dafür waren vielschichtig. Neben den Maßnahmen der LMBV zur Verringerung der Eisenbelastung in der Spree und neben der natürlichen Verringerung der Eiseneinträge in den Quellbereichen im oberen Einzugsgebiet der Spree infolge des gesunkenen Grundwasserstandes, spielen die verlangsamte Fließgeschwindigkeit und die dadurch verlängerte Fließzeit in der Spree, die beschleunigte Oxidation des zweiwertigen Eisens zum dreiwertigen Eisen infolge erhöhter Wassertemperaturen, anteilig erhöhte Mengen gut gepufferten Sumpfungswassers aus den Grubenwasserbehandlungsanlagen am Durchfluss der Spree sowie die Beimischung eisenarmer Wässer aus den Speichern eine Rolle.

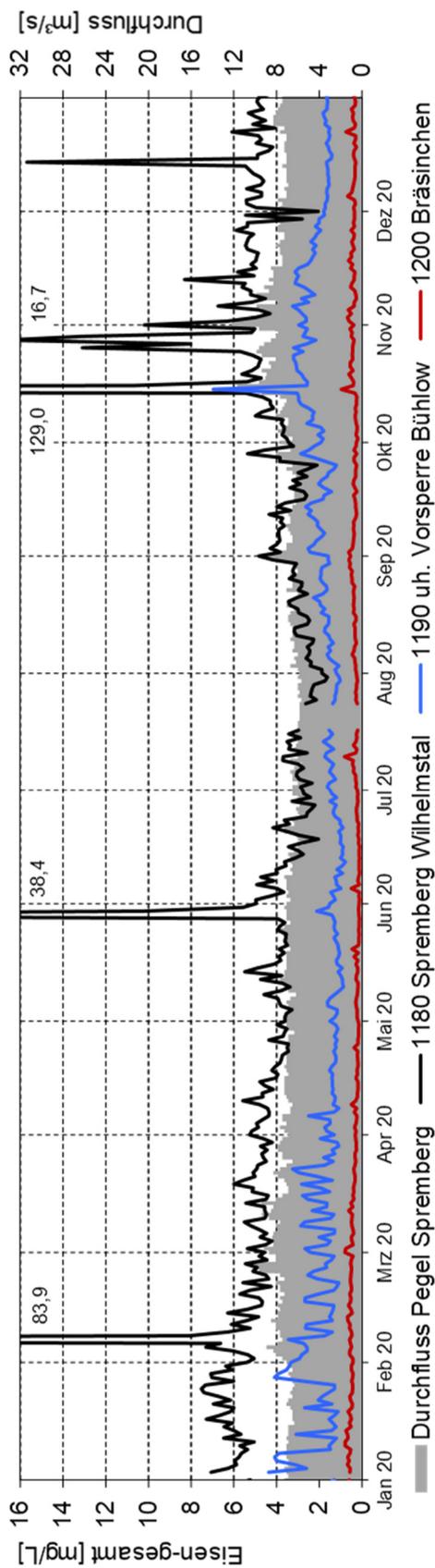
Die Eisen-gesamt-Konzentration in der Spree nach der **Vorsperre Bühlow** (Mst. 1190) lag zwischen 0,8 und 7,0 mg/L und im arithmetischen Mittel der Tageswerte bei 1,8 mg/L. Die höheren Konzentrationswerte bis 4,4 mg/L traten während der Wintermonate Januar bis März 2020 bei zeitweiliger Unterbrechung der Wasserbehandlung im TA 1 (Bekalkung) auf. Die höchste Eisenkonzentration trat im Zusammenhang mit dem höchsten Durchfluss von 14,0 m<sup>3</sup>/s am 15.10.2020 auf. Die niedrigen Konzentrationswerte wurden überwiegend bei Regelbetrieb der Wasserbehandlung im TA 1 erfasst. Im März 2020 wurden der Anlagenbetrieb optimiert und die betriebsbedingten Unterbrechungen der Kalkung deutlich verringert. Ab diesem Zeitpunkt konnte im Regelbetrieb der Anlage ein Konzentrationswert für Eisen-gesamt von 1,8 mg/L (Orientierungswert nach OGeWV) nach der Vorsperre Bühlow überwiegend unterschritten werden.

Die Eisen-gesamt-Konzentration in der Spree in **Bräsinchen** (Mst. 1200) lag im Jahr 2020 zwischen 0,1 und 1,0 mg/L und im arithmetischen Mittel der Tageswerte bei 0,4 mg/L. Das Niveau der Eisen-gesamt-Konzentration am Auslauf der Talsperre Spremberg war im Sommer 2020 niedriger als in den Wintermonaten. Der winterhalbjährlich verringerte Eisenrückhalt in der Talsperre Spremberg ist bei vergleichbar langer Verweilzeit (vgl. Bild 10) wesentlich von der niedrigen Wassertemperatur (vgl. Bild 11) verursacht.

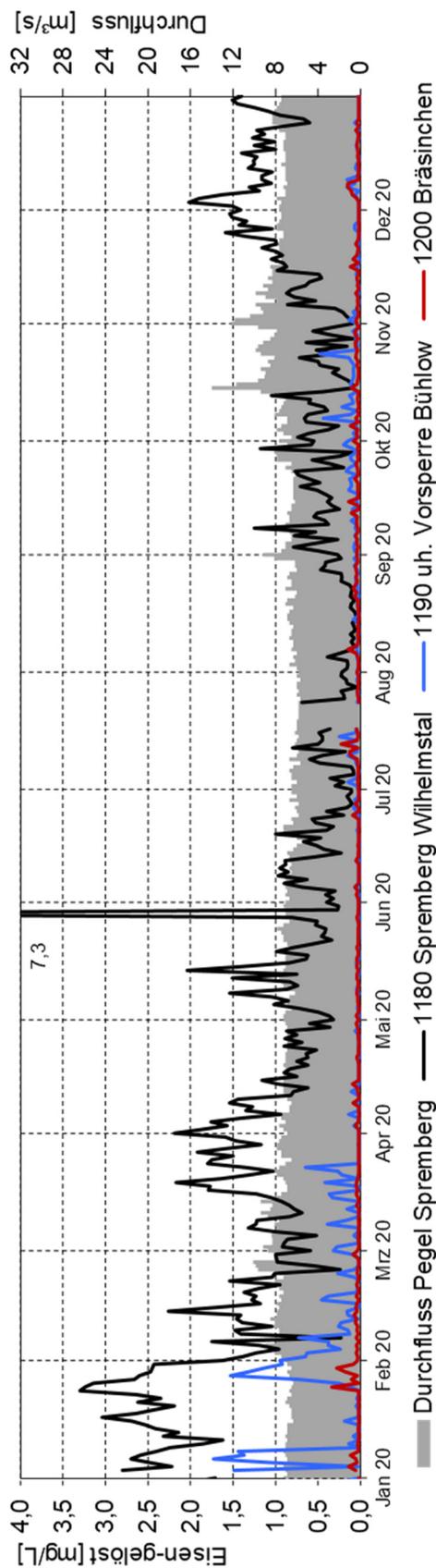
Im neutralen Zustand ( $6,5 < \text{pH} < 8,0$ ), wie er in der Spree stabil vorliegt, steht die **Eisen-gelöst-Konzentration** ausschließlich für das zweiwertige reduzierte Eisen (Klarwassereisen). Die Oxidation vom zweiwertigen zum dreiwertigen Eisen, aus dem sich das Eisenhydroxid (Trübungseisen) bildet, ist stark von der Wassertemperatur abhängig. Deshalb ist die Eisen-gelöst-Konzentration in der Spree im Winter systematisch höher als im Sommer (Bild 17). In den Wintereingangsmonaten (Januar bis April) und den Winterausgangsmonaten (November und Dezember) des Jahres 2020 lagen die Eisen-gelöst-Konzentrationen in **Spremberg-Wilhelmsthal** im Mittel bei 1,3 mg/L und in den Sommermonaten (Mai bis Oktober) bei rund 0,5 mg/L. In Zusammenhang mit der Funktionsprobe am Stadtmühlenwehr in Spremberg am 29.05.2020 (Abschnitt 3.2) wurde eine Konzentrationsspitze von 7,3 mg/L erfasst.

Die Eisen-gelöst-Konzentration nach der **Vorsperre Bühlow** ist maßgeblich von der Wasserbehandlung beeinflusst. Die Oxidationsgeschwindigkeit des zweiwertigen Eisens ist neben der Wassertemperatur signifikant vom pH-Wert abhängig. 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 niedrigen Wassertemperaturen stark beschleunigt. Im Winter schwankte die Eisen-gelöst-Konzentration im Wesentlichen in Abhängigkeit von der Wasserbehandlung im TA 1 zwischen 0,02 mg/L bei Kalkung und 1,7 mg/L bei zeitweiliger Unterbrechung der Kalkung. Das arithmetische Mittel der winterhalbjährlichen Eisen-gelöst-Konzentration lag bei 0,28 mg/L. Im Sommerhalbjahr lag sie im Mittel bei 0,06 mg/L.

In der Talsperre Spremberg wird das zweiwertige Eisen durch die lange Verweilzeit und den erhöhten pH-Wert nahezu vollständig oxidiert. In der Spree in **Bräsinchen** wurden im Sommer Eisen-gelöst-Konzentrationen im Mittel von 0,04 mg/L und im Winter im Mittel von 0,05 mg/L gemessen.



**Bild 16:** Entwicklung der Eisen-gesamt-Konzentration in der Spree in Spremberg-Wilhelmstal, nach der Vorsperre Bühlow und in Bränsinchen sowie Durchfluss der Spree in Spremberg im Kalenderjahr 2020.



**Bild 17:** Entwicklung der Eisen-gelöst-Konzentration in der Spree in Spremberg-Wilhelmstal, nach der Vorsperre Bühlow und in Bränsinchen sowie Durchfluss der Spree in Spremberg im Kalenderjahr 2020.

Der jahreszeitliche Unterschied der Eisenbelastung kann anhand der statistischen Kennzahlen für das hydrologische Winterhalbjahr 2020<sup>1)</sup> und für das hydrologische Sommerhalbjahr 2020<sup>2)</sup> gekennzeichnet werden (Tabelle 4), wobei die definitionsgemäßen Abweichungen zwischen dem hydrologischen und dem Kalenderjahr zu berücksichtigen sind (siehe Fußnote zur Tabelle 4).

**Tabelle 4: Vergleich der sommerhalbjährlichen und winterhalbjährlichen Konzentrationswerte (in mg/L) und -spannen des Eisens an den Messstellen des Sondermonitorings für das hydrologische Jahr 2020.**

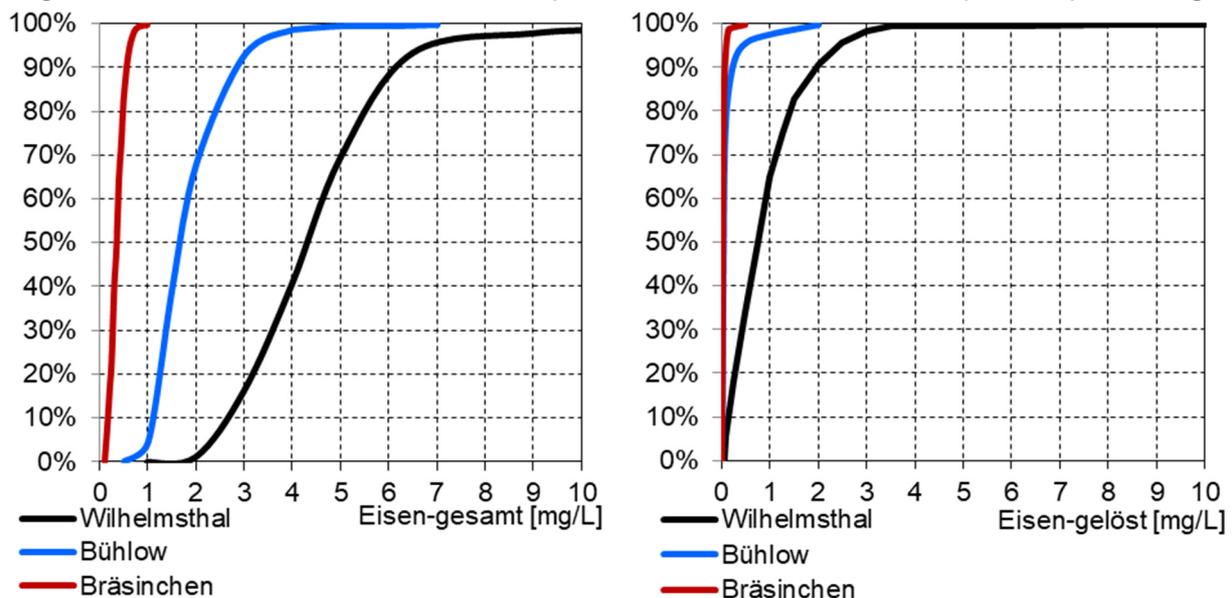
Messstelle	Hydrologisches Winterhalbjahr 2020 <sup>1)</sup>		Hydrologisches Sommerhalbjahr 2020 <sup>2)</sup>	
	Eisen-gesamt	Eisen-gelöst	Eisen-gesamt	Eisen-gelöst
1180 Spremberg-Wilhelmsthal	$\frac{5,8}{[3,5 \dots 83,9]}$ (181)	$\frac{1,6}{[0,2 \dots 3,6]}$ (181)	$\frac{4,7}{[1,6 \dots 129,0]}$ (180)	$\frac{0,49}{[0,04 \dots 7,3]}$ (180)
1190 Brücke Bühlow-Sellessen	$\frac{2,1}{[1,1 \dots 4,6]}$ (181)	$\frac{0,28}{[0,02 \dots 2,1]}$ (181)	$\frac{1,7}{[0,77 \dots 7,0]}$ (180)	$\frac{0,06}{[0,02 \dots 0,48]}$ (180)
1200 Bräsinchen	$\frac{0,48}{[0,14 \dots 1,29]}$ (181)	$\frac{0,05}{[0,02 \dots 0,52]}$ (181)	$\frac{0,30}{[0,11 \dots 0,97]}$ (180)	$\frac{0,04}{[0,02 \dots 0,23]}$ (180)

1) hydrologisches Winterhalbjahr 2020: 01.11.2019 - 30.04.2020

2) hydrologisches Sommerhalbjahr 2020: 01.05.2020 - 31.10.2020

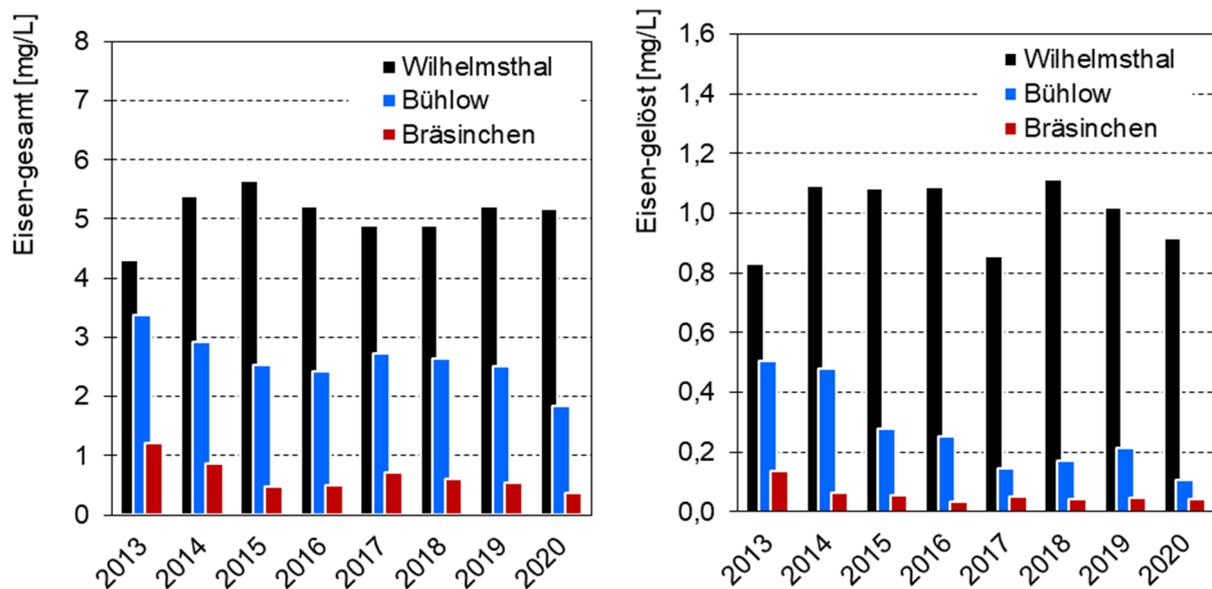
**arithmetisches Mittel**  
[Minimum ... Maximum] (Anzahl der Messwerte)

Der Vergleich der Dauerlinien der Tageswerte der Eisen-gelöst- und Eisen-gesamt-Konzentration des Kalenderjahres 2020 an den Messstellen der Spree in Spremberg-Wilhelmsthal, nach der Vorsperre Bühlow und in Bräsinchen (Bild 18) kennzeichnet zugleich den Eisenrückhalt in der Vorsperre Bühlow und in der Talsperre Spremberg.



**Bild 18: Dauerlinien der Tageswerte der Eisen-gelöst- (rechts) und der Eisen-gesamt-Konzentration (links) für das Kalenderjahr 2020 an den Messstellen der Spree in Spremberg-Wilhelmsthal (schwarz), nach der Vorsperre Bühlow (blau) und in Bräsinchen (rot).**

Ein Vergleich der arithmetischen Jahresmittelwerte der Eisen-gesamt- und Eisen-gelöst-Konzentration (schwarze Balken im Bild 19) für die Messstelle Spremberg-Wilhelmsthal zeigt bislang nur geringe Veränderungen der Eisen-belastung der Spree. Modifiziert wird die Belastungssituation jedoch durch unterschiedliche Durchflüsse. Deutlich verringert haben sich im Laufe des achtjährigen Monitorings die Eisen-gesamt- und Eisen-gelöst-Konzentrationen an den Messstellen Bühlow (blaue Balken im Bild 19) und Bräsinchen (rote Balken in Bild 19), d. h. nach der Passage der Vorsperre bzw. der Hauptsperre. Diese vorteilhafte Entwicklung ist auf die Wasserbehandlung an der Vorsperre Bühlow zurückzuführen. Nach der Vorsperre Bühlow wurde im Jahr 2020 der Orientierungswert von 1,8 mg/L der OGeWV erreicht.



**Bild 19:** 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 2020.

### 3.4 Eisenfrachten

Aus den Tageswerten des Durchflusses der Spree an einem Pegel und der Eisen-gesamt-Konzentration an der gleichen Stelle kann die Eisenfracht berechnet werden. Sie wird für Eisen in der Maßeinheit Kilogramm pro Tag (kg/d) ausgewiesen und verwendet. Die Eisenfracht wird nur für die Gesamtkonzentration berechnet.

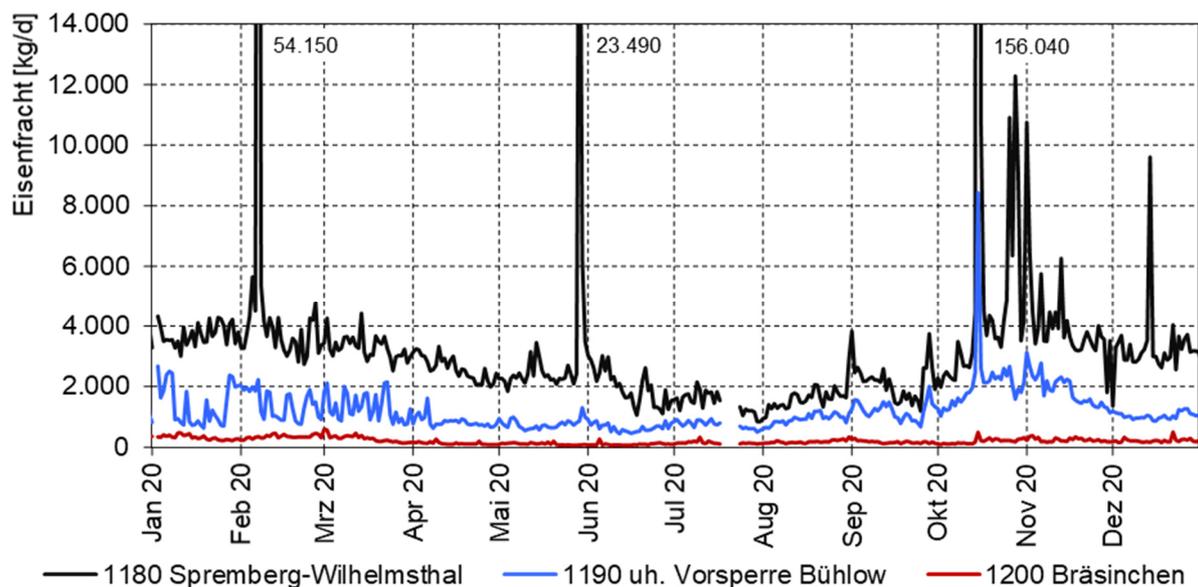
In den Wintermonaten am Anfang des Jahres 2020 lag die Eisenfracht der Spree in **Spremberg-Wilhelmsthal** überwiegend zwischen 3.000 und 4.000 kg/d als Tagesmittelwert (schwarze Linie in Bild 20). Ereignisbezogen stieg die Eisenfracht am 07.02.2020 und 29.05.2020 singularär auf Spitzenwerte von 54.000 bzw. 23.500 kg/d (Tabelle 3 und Bild 20). Ab April 2020 sank die Eisenfracht in der Spree in Spremberg-Wilhelmsthal über die folgenden Frühjahrsmonate sukzessive und verharrte während der Hochsommermonate Juli bis September 2020 auf einem niedrigen Niveau um 1.700 kg/d. Die niedrigste Eisenfracht wurde am Monatsübergang vom Juli zum August 2020 tageweise mit lediglich ca. 900 kg/d erfasst. Mit dem Witte-

rungswechsel Ende September 2020 stieg die Eisenfracht wieder auf Werte um  $4.000 \pm 1.000$  kg/d. Im vierten Quartal 2020 nahm die Eisenfracht ereignisbezogen Spitzenwerte  $> 10.000$  kg/d und am 15.10.2020 maximal sogar 156.000 kg/d an.

Die Eisenfracht in der Spree nach der **Vorsperre Bühlow** (Mst. 1190) lag im ersten Halbjahr 2020 zwischen 450 und 2.700 kg/d als Tagesmittelwert. Sie schwankte primär in Abhängigkeit von der Stabilität der Wasserbehandlung im TA 1. Von Mitte April bis Mitte September lag die Eisenfracht stabil auf einem niedrigen Niveau um 1.000 kg/d. Zu Beginn des vierten Quartals 2020, während des Stillstandes und der Ertüchtigung der Wasserbehandlungsanlage, stieg die Eisenfracht auf etwa 2.300 kg/d. Während des Regelbetriebs der Wasserbehandlungsanlage im November und Dezember 2020 konnte die Eisenfracht wieder auf niedrige Werte um 1.000 kg/d gesenkt werden. Frachtspitzen in der Spree in Spremberg-Wilhelmsthal wurden in der Vorsperre Bühlow überwiegend stark gedämpft. Lediglich am 15.10.2020 stieg die Eisenfracht im Zusammenhang mit einem hohen Durchfluss in der Spree von  $14,0 \text{ m}^3/\text{s}$  und einer hohen Eisenfracht von 156.000 kg/d in Spremberg-Wilhelmsthal (Ereignis Nr 4 in der Tabelle 3) nach der Vorsperre einmalig auf einen Wert von 8.400 kg/d.

Im Kalenderjahr 2020 betrug die mittlere Eisenfracht am Pegel **Bräsinchen** nach Passage der Talsperre Spremberg rund 200 kg/d.

Die jahresmittleren Eisenfrachten der Spree in Spremberg-Wilhelmsthal, nach der Vorsperre Bühlow und am Ablauf der Talsperre am Pegel Bräsinchen im Jahr 2020 waren bislang die niedrigsten Eisenfrachten seit Beginn des systematischen Monitorings im Jahr 2012 (Tabelle 6 und Tabelle 7).



**Bild 20:** Entwicklung der Eisenfrachten in der Spree in Spremberg-Wilhelmsthal (schwarz), nach der Vorsperre Bühlow (blau) und in Bräsinchen (rot) im Kalenderjahr 2020.

Nachfolgend werden unterschiedliche Bilanzierungsperioden der vorliegenden Messreihe miteinander verglichen, wobei Kalenderjahre mit ähnlichen Eigenschaften zusammengefasst werden. Die Bilanzierungsperioden unterscheiden sich wie folgt (Tabelle 5).

**Tabelle 5: Besonderheiten der Bilanzierungsperioden seit dem Beginn des Sondermonitorings im Jahr 2012.**

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.
2015-2017	Vergleichbare, annähernd mittlere hydrologische Bedingungen in den drei Jahren.
2018-2019	Vergleichbare hydrologische Bedingungen mit langanhaltenden Hitzeperioden mit erheblichem Niederschlagsdefizit in beiden Jahren. Angespannte hydrologische Gesamtsituation im Spreegebiet. Wirksamkeit erster Maßnahmen an der Kleinen Spree.
2020	<u>Aktuelles Berichtsjahr</u> Hydrometeorologische Bedingungen vergleichbar mit 2018 und 2019, angespannte hydrologische Gesamtsituation im Spreegebiet.

Für die Bilanzierungsperioden in der Tabelle 6 werden in der Tabelle 7 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 6) ausgewiesen. Der Eisenrückhalt in der Vorsperre Bühlow konnte durch die Wasserbehandlung und die Bewirtschaftung über die Jahre des Monitorings anteilig erhöht werden. Gleichzeitig wurde der Eisenrückhalt in der Hauptsperre sowohl anteilig als auch frachtbezogen weiter verringert.

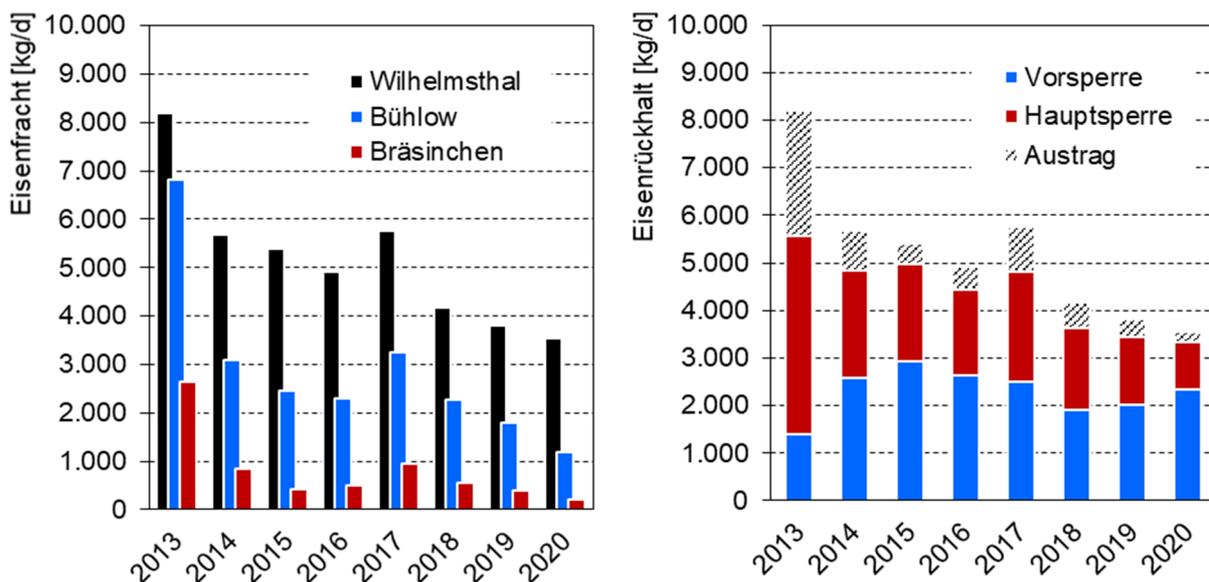
**Tabelle 6: Mittlere Eisenfrachten in der Spree im Kalenderjahr 2020 im Vergleich zu vorhergehenden Bilanzierungsperioden.**

Bilanzierungsperiode	Messstelle	1180 Spremberg-Wilhelmsthal		1190 Vorsperre Bühlow		1200 Bräsinchen	
		Eisenfracht	Anteil am Eintrag	Eisenfracht	Anteil am Eintrag	Eisenfracht	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%
2018-2019		3.995	100%	2.035	51%	468	12%
2020		3.543	100%	1.195	34%	202	6%

**Tabelle 7: Mittlerer Eisenrückhalt in der Vorsperre Bühlow, in der Hauptsperre und in der gesamten Talsperre Spremberg im Kalenderjahr 2020 im Vergleich zu vorhergehenden Bilanzierungsperioden.**

Bilanzierungsperiode	Messstelle	Vorsperre		Hauptsperre		Gesamte Talsperre	
		Eisenrückhalt	Anteil am Eintrag	Eisenrückhalt	Anteil am Eintrag	Eisenrückhalt	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%
2018-2019		1.960	49%	1.567	39%	3.527	88%
2020		2.348	66%	993	28%	3.341	94%

Im Unterschied zur Eisenkonzentration (Bild 19) entwickelte sich die Eisenfracht in der Spree in Spremberg-Wilhelmsthal seit 2012/2013 und mit Ausnahme des Jahres 2017 rückläufig (Bild 21). Die Gründe dafür sind vielschichtig. Zum einen führten die zuletzt abflussarmen Jahre zu verringerten Stoffeinträgen aus dem Grundwasser und zu einem stärkeren Eisenrückhalt in der Spree. Zum anderen entfalteten im Jahr 2020 Maßnahmen des Eisenrückhalts an der Großen Spree, z. B. der Regelbetrieb der MWBA Neustadt, sowie an der Kleinen Spree, z. B. der Regelbetrieb des 6er Brunnenriegels und der Horizontaldränage, Wirkung. Durch diese Maßnahmen konnte die Eisenfracht der Kleinen Spree deutlich gesenkt werden. Die mittlere Eisenfracht der Kleinen Spree lag im Kalenderjahr 2020 rund 400 kg/d niedriger als vor Inbetriebnahme der vorgenannten Maßnahmen. Eine exakte quantitative Zuordnung der einzelnen Effekte auf die Eisenbelastung der Spree am Referenzgütepegel Zerze an der Landesgrenze Sachsen/Brandenburg ist jedoch nicht möglich.



**Bild 21: 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 2020 und Eisenrückhalt in den Zwischenräumen.**

## 4 Wasserbehandlung an der Vorsperre Bühlow

### 4.1 Chronologie der Ereignisse

In der Tabelle 8 sind die wesentlichen Maßnahmen im Kalenderjahr 2020 im Zusammenhang mit der Wasserbehandlung an der Vorsperre Bühlow chronologisch aufgelistet.

**Tabelle 8: Chronologie der Maßnahmen an der Spree und an der Vorsperre Bühlow im Kalenderjahr 2020.**

Datum/Zeitraum	Ereignis
01.01. - 10.06.2020	Betrieb des Saugspülbaggers auf der Vorsperre und Einspülen in das Sedimentationsbecken II (werktätlich Mo bis Fr jeweils 8 Stunden).
02.01.2020	Zeitweilige Unterbrechung der Kalkung (TA 1).
02.01. - 03.01.2020	Zeitweilige Unterbrechung der FHM-Dosierung (TA 2).
07.01.2020	Zeitweilige Unterbrechung der Kalkung (TA 1).
28.01. - 29.01.2020	Zeitweilige Unterbrechung der Kalkung (TA 1).
30.01.2020	Beseitigung von Kalksedimenten in der Spree im Bereich der Austragsleitungen der Konditionierungsanlage Spremberg-Wilhelmsthal.
31.01. - 06.02.2020	Zeitweilige Unterbrechung der Kalkung (TA 1).
10.02. - 18.08.2020	Absenkung der Vorsperre durch das LfU zum Zweck der Sedimentberäumung in der Vorsperre mittels Saugspülbagger.
24.02.2020	Zeitweilige Unterbrechung der Kalkung (TA 1).
09.03.2020	Zeitweilige Unterbrechung der FHM-Dosierung (TA 2).
22.03.2020	Zeitweilige Unterbrechung der Kalkung (TA 1).
16.06.2020	Einstellung der FHM-Dosierung (TA 2) zur Anlagenrevision.
16.06. - 13.08.2020	Betrieb des Saugspülbaggers auf der Vorsperre und Einspülen in das Sedimentationsbecken I (werktätlich Mo bis Fr jeweils 8 Stunden).
24.06.2020	Einstellung der Kalkung (TA 1) zur Anlagenrevision.
19.10.2020	Funktionstest der Kalkung (TA 1).
23.10.2020	Wiederaufnahme des Regelbetriebs der FHM-Dosierung (TA 2)
26.10.2020	Wiederaufnahme des Regelbetriebs der Kalkung (TA 1)

Die Wasserbehandlung an der Vorsperre Bühlow besteht aus räumlich getrennten Anlagen zur Flockung (Kalkung) und zur Dosierung von Flockungshilfsmitteln (siehe Bild 1 und Abschnitt 1). Tageweise Unterbrechungen des Anlagenbetriebs hatten meist betriebsbedingte Ursachen (Umrüstungen, Wartung, technische Ausfälle, Wartezeit auf Kalklieferung u. a.). Längere Unterbrechungen hatten ihre Ursache in erforderlichen Anlagenrevisionen, Anlagenoptimierungen und Havarien.

### 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 Kalkung erfolgte im Kalenderjahr 2020 an 229 von 366 Tagen. Die spezifische Kalkdosierung lag in der Betriebszeit zwischen 0,4 bis 11,2 g/m<sup>3</sup> und im Mittel bei 5,1 g/m<sup>3</sup>. Die spezifische

FHM-Dosierung erfolgte im Kalenderjahr 2020 an 236 von 366 Tagen in einer Spanne zwischen 0,04 und 0,41 g/m<sup>3</sup> und im Mittel mit 0,21 g/m<sup>3</sup> (Bild 22).

### 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 Eisenfracht und des Eisenrückhaltes mitunter beträchtlich. Der Nachteil der stark schwankenden Tageswerte 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 Kalenderjahr 2020 anhand meteorologischer, hydrologischer und bewirtschaftungsbedingter Faktoren jahresübergreifend festgelegt (Tabelle 9):

- (1) die Wasserbehandlung im Herbst 2019 und Winter 2019/2020 vom 07.09.2019 bis 23.03.2020,
- (2) die Wasserbehandlung nach der Anlagenoptimierung im Frühjahr 2020 vom 24.03. bis 12.06.2020,
- (3) die Anlagenrevision im Sommer und Herbst 2020 vom 13.06. bis 14.10.2020 sowie
- (4) die Anlagenrevision im Herbst (bis 24.10.2020) und die Wasserbehandlung im Herbst und Winter 2020 vom 15.10. bis vorerst 31.12.2020.

In Bild 23 ist der frachtbezogene Eisenrückhalt in der Vorsperre Bühlow als Tageswert und als kumulatives Mittel in den ausgewiesenen Bilanzierungsperioden dargestellt. In der Tabelle 9 sind der mittlere Eiseneintrag sowie der mittlere und anteilige Eisenrückhalt in der Vorsperre Bühlow in den Bilanzierungsperioden des Kalenderjahres 2020 gegenübergestellt.

**Tabelle 9: Eiseneintrag und Eisenrückhalt in der Vorsperre Bühlow während einzelner Phasen der Wasserbehandlung im Jahr 2020.**

Bilanzierungsperiode	Kennzeichnung	Mittlerer Eintrag	Mittlerer Rückhalt	Anteiliger Rückhalt
		kg/d	kg/d	
07.09.2019 bis 23.03.2020	(1) Wasserbehandlung im Herbst 2019 und Winter 2019/2020	4.110	2.400	58 %
24.03.2020 bis 12.06.2020	(2) Wasserbehandlung im Frühjahr 2020 nach Optimierung der TA1	2.870	2.070	72 %
13.06.2020 bis 14.10.2020	(3) Anlagenrevision im Sommer und Herbst 2020	1.840	860	47 %
15.10.2020 bis 31.12.2020	(4) Anlagenrevision im Herbst und Wasserbehandlung im Herbst und Winter 2020	6.090	4.390	72 %

Der anteilige Eisenrückhalt in der Vorsperre Bühlow betrug in den Bilanzierungsperiode (1) rund 60 % und in der Bilanzierungsperiode (2) sogar über 70 %. Der absolute und anteilige Eisenrückhalt in der Vorsperre Bühlow fiel in der Sommerperiode (3) trotz Anlagenrevision mit 47 % vergleichsweise hoch aus. Grund waren die Summe günstiger natürlicher Bedingungen. Im vorangegangenen Berichtsjahr wurde in dieser Periode ein geringerer relativer Eisenrückhalt von 33 % bilanziert, was auf signifikant höhere Eingangsfrachten zurückzuführen war. Für die Bilanzierungsperiode (4) wurde ein hoher anteiliger Eisenrückhalt über 70 % bilanziert.

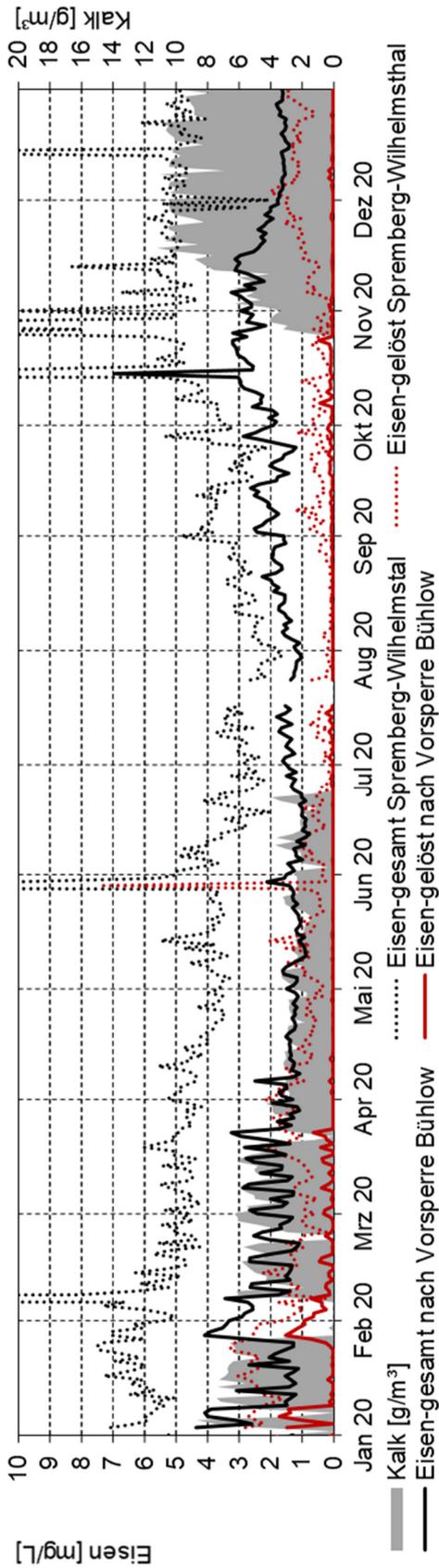
**Tabelle 10: Temperatur, Durchfluss und Verweilzeit als Leitvariablen des Eisenrückhalts vor bzw. in der Vorsperre und in der Hauptsperre Spremberg während einzelner Phasen der Wasserbehandlung im Jahr 2020.**

Bilanzierungsperiode	Temperatur [°C]		Durchfluss [m³/s]		Verweilzeit [d]	
	Vor der Vorsperre Bühlow	Nach der Hauptsperre	Vor der Vorsperre Bühlow	Nach der Hauptsperre	In der Vorsperre Bühlow *)	In der Hauptsperre
07.09.2019 bis 23.03.2020	9,9	8,2	8,0	7,0	0,22	29,8
24.03.2020 bis 12.06.2020	13,1	13,6	7,1	6,7	0,25	34,5
13.06.2020 bis 14.10.2020	17,1	19,8	6,6	6,6	0,27	22,1
15.10.2020 bis 31.12.2020	9,4	7,4	8,3	7,1	0,21	25,9

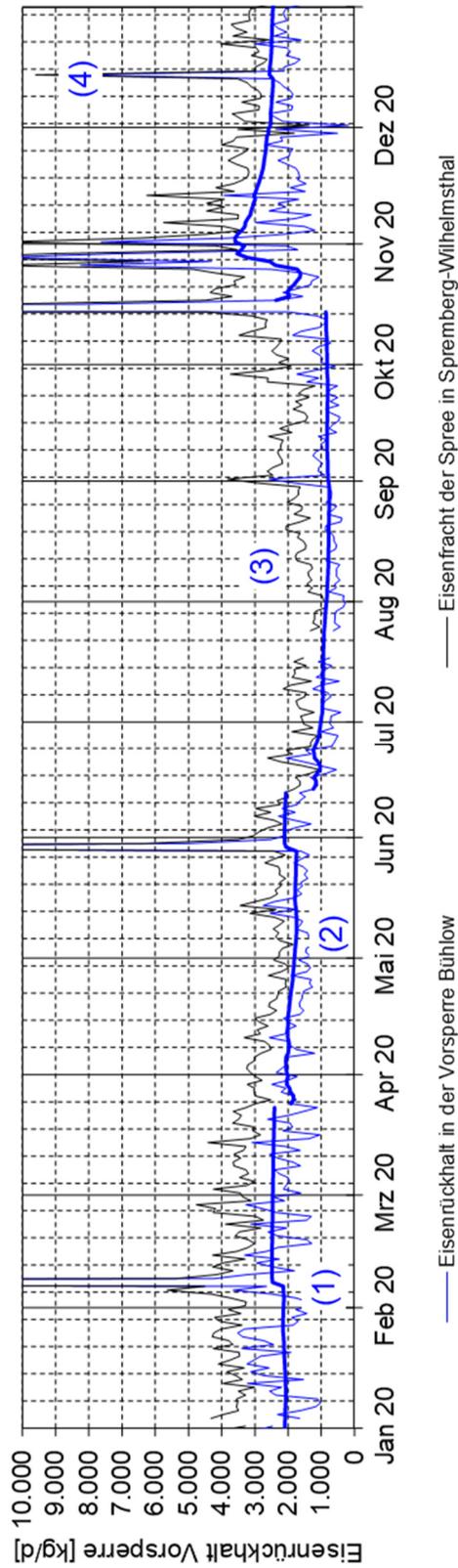
\*) unter der Annahme eines mittleren freien Wasservolumens von 150.000 m³

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 erfahrungsgemäß die ungünstigste. Die Ursache liegt in der niedrigen Eisenkonzentration an der Messstelle Spremberg-Wilhelmsthal, die für eine effektive Flockung zu gering ist. Diese Erkenntnis wird jährlich wiederholt bestätigt und liegt der Entscheidung zugrunde, die Anlagenrevision regelmäßig in der Sommerperiode durchzuführen.

Der Eisenrückhalt in der Vorsperre Bühlow ist im Kalenderjahr 2020 anteilig der bislang höchste und die absolute Eisenverfrachtung in die Hauptsperre der Talsperre Spremberg die niedrigste seit Beginn des systematischen Monitorings im Jahr 2012. Das hat mehrere Ursachen. Zum einen war die Eisenfracht der Spree in Spremberg-Wilhelmsthal im gleichen Zeitraum niedrig, zum zweiten wurde die Wasserbehandlung am TA1 für einen weitgehend unterbrechungsfreien Betrieb ertüchtigt und zum dritten wurde in der Vorsperre Bühlow in 2020 ein systematisches Schlammmanagement betrieben.



**Bild 22:** Entwicklung der Eisen-gesamt- und Eisen-gelöst-Konzentration in der Spree in Spremberg-Wilhelmstal und nach der Vorsperre Bühlow sowie volumenspezifische Einsatzmengen von Kalk im Kalenderjahr 2020.



**Bild 23:** Entwicklung des Eisenrückhalts in der Vorsperre Bühlow als Fracht in kg/d als Tageswerte und als kumulative Mittel über definierte Perioden im Kalenderjahr 2020 (Erläuterung siehe Text und Tabelle 9).

## 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.
- [IWB 2020] Zusammenfassender Bericht für 2019 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, 13.03.2020.
- [DWD 1995] Ergebnisse methodischer Untersuchungen zur Korrektur des systematischen Meßfehlers des Hellmann-Niederschlagsmessers. Berichte des Deutschen Wetterdienstes 194, Offenbach, 1995.
- [OGewV 2016] Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (Oberflächengewässerverordnung – OGewV) vom 20.06.2016 BGBl. I S. 1373 (Nr. 28).
- [Uhlmann & Zarach 2015] Uhlmann W. und V. Zarach: Maßnahmen zur Minderung der Eisenbelastungen in der Spree im Südraum des Sanierungsbergbaus der LMBV (Gesamtkonzept Südraum). Proceedings des DGFZ e.V., Heft 51, 2015, Seite 235-248. ISSN 1430-0176.