

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 2023**



Talsperre Spremberg: Blick auf die Mündung der Spree in die Talsperre.  
(Foto: LMBV, September 2023).

Dresden, am 15. Februar 2024

Für die Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-  
Verwaltungsgesellschaft mbH



Lausitzer und Mitteldeutsche  
Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH

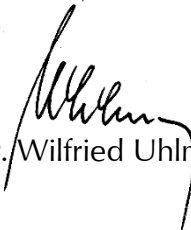
Weiterführung der Untersuchungen zur Exfiltration  
von eisenhaltigem, saurem Grundwasser in die  
Fließgewässer der Lausitz

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

### **Jahresbericht 2023**

<u>Auftraggeber:</u>	LMBV Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH Knappenstraße 1, 01968 Senftenberg
<u>Bestellnummer:</u>	15000029 vom 06.02.2023
<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>	25/22 Pos. 371
<u>Bearbeiter:</u>	Dr. Wilfried Uhlmann M. Sc. (Geografie) Robert Hiekel M. Sc. (Wasserwirtschaft) Niklas Giering

Dresden, am 15. Februar 2024



Dr. Wilfried Uhlmann

## Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis .....</b>	<b>1</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>1</b>
<b>1 Einleitung.....</b>	<b>2</b>
<b>2 Hydrologie und Wasserbewirtschaftung.....</b>	<b>4</b>
2.1 Witterungsverlauf.....	4
2.2 Durchfluss in der Spree und Bewirtschaftung der Talsperre Spremberg ...	7
2.3 Wassertemperatur in der Spree.....	10
<b>3 Eisenbelastung der Spree .....</b>	<b>11</b>
3.1 Sondermonitoring .....	11
3.2 Belastungsrelevante Maßnahmen und Ereignisse.....	14
3.3 Eisenkonzentrationen .....	15
3.4 Eisenfrachten.....	20
<b>4 Wasserbehandlung an der Vorsperre Bühlow.....</b>	<b>24</b>
4.1 Betriebszeit der Wasserbehandlung .....	24
4.2 Parameter der Wasserbehandlung .....	25
4.3 Wirkung der Wasserbehandlung.....	26
<b>5 Quellenverzeichnis .....</b>	<b>29</b>

## Abkürzungsverzeichnis

DWD.....	Deutscher Wetterdienst
FHM.....	Flockungshilfsmittel
FM .....	Flockungsmittel
GWBA .....	Grubenwasserbehandlungsanlage
IWB.....	Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann, Dresden
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 (aktuell: LfU)
MWBA .....	Modulare Wasserbehandlungsanlage
Mst.....	Messstelle
OGewV.....	Oberflächengewässerverordnung
SB.....	Speicherbecken
TA.....	Teilanlage
TS.....	Talsperre
WAL.....	Wasserverband Lausitz GmbH
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 (LMBV) und Lausitz Energie Bergbau AG (LE-B) durch ein Monitoring überwacht.

Für einen hochgradigen Eisenrückhalt in der Talsperre Spremberg ist eine ausreichend lange Verweilzeit des Spreewassers (erste Mastervariable) erforderlich. 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 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).

Als Zielwert für die Eisen-gesamt-Konzentration in der Spree in Bräsinchen ist 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. Lange 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.

Die Verweilzeiten von etwa 3 bis 6 Stunden in der Vorsperre Bühlow sind für die Eisensedimentation nicht ausreichend lang. Der Eisenrückhalt wird deshalb durch eine chemische Wasserbehandlung befördert. Die Wasserbehandlung erfolgt zweistufig: durch Flockung mit einer Kalksuspension (TA1 = Teilanlage 1) und durch die Zugabe

eines polymeren Flockungshilfsmittels (TA2 = Teilanlage 2). Die Dosierung der Kalkmilch erfolgte bis zur Anlagenrevision im Mai 2021 an der Brücke in Spremberg-Wilhelmsthal (Cantdorfer Brücke) über mehrere Verteilrohre in den Wasserstrom der Spree. In den Jahren 2021 und 2022 erfolgte der Neubau der Cantdorfer Brücke. Aus diesem Grund wurde die Eintragsleitung zur Kalkdosierung umgebaut. Seit September 2021 erfolgt die Kalkdosierung etwa 50 Meter im Unterstrom der neuen Spreebrücke an einer neu errichteten Plattform mittig im Fluss (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 (TA1, links) und Dosierstelle für das Flockungshilfsmittel am Verteilerbauwerk der Vorsperre Bühlow (TA2, rechts). (Fotos: Rauhut, Juni 2023).

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 seit Juli 2012 im Auftrag der LMBV und der LE-B ein Sondermonitoring der Wasserbeschaffenheit betrieben (Kapitel 3.1). Die Ergebnisse des Sondermonitorings werden in Form von Jahresberichten für die Kalenderjahre zusammengefasst: [IWB 2016], [IWB 2017], [IWB 2018], [IWB 2019], [IWB 2020], [IWB 2021], [IWB 2022] und [IWB 2023]. Der vorliegende Bericht umfasst die Ergebnisse des Sondermonitorings für das Kalenderjahr 2023.

## 2 Hydrologie und Wasserbewirtschaftung

### 2.1 Witterungsverlauf

Die Witterung in der Umgebung der Talsperre Spremberg im Kalenderjahr 2023 kann anhand der Lufttemperatur (Bild 4 oben), des Niederschlags (Bild 2 und Bild 4 unten) und der klimatischen Wasserbilanz (Bild 2) an der DWD-Wetterstation Cottbus charakterisiert werden. Die DWD-Wetterstation Cottbus ist aufgrund der räumlichen Nähe zum Untersuchungsgebiet im Hinblick auf die Großwetterlagen ausreichend repräsentativ. In der Tabelle 1 werden die relevanten Eckzahlen der Wetterdaten für das Berichtsjahr und für die dreißigjährige Periode von 1994 bis 2023 verglichen.

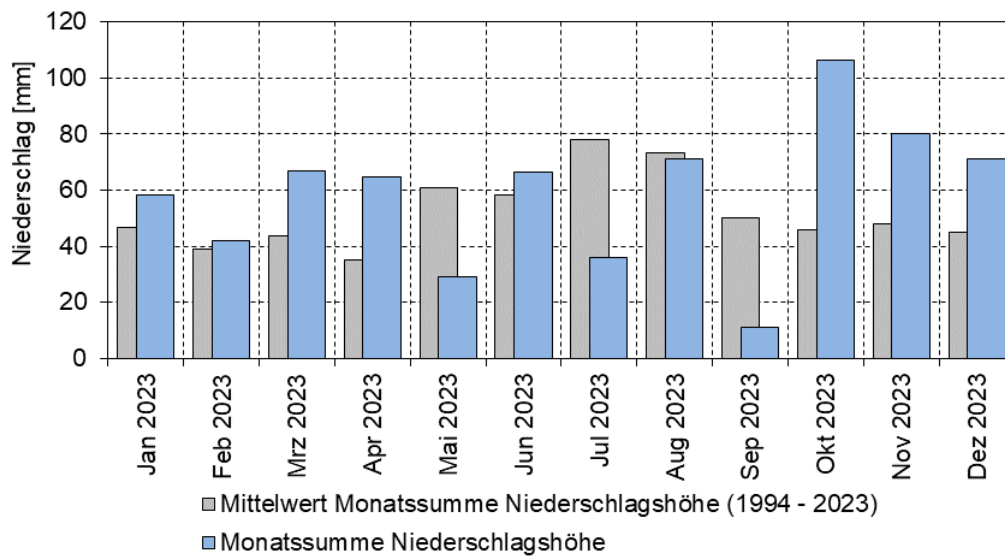
**Tabelle 1: Eckzahlen der maßgeblichen Wetterdaten für das Kalenderjahr 2023 und für die langjährigen Jahresmittelwerte der Vergleichsperiode von 1994 bis 2023 an der DWD-Wetterstation Cottbus.**

Klimatische Größe	Einheit	Kalenderjahr 2023	Vergleichsperiode 1994-2023
Jahresniederschlag, korrigiert nach [DWD 1995]	mm/a	703	623
Grasreferenzverdunstung nach [Haude 1954]	mm/a	838	786
Klimatische Wasserbilanz	mm/a	-135	-163
Mittelwert der Sonnenscheindauer	h/d	4,6	4,8
Mittelwert der Lufttemperatur	°C	+11,3	+10,1
Maximum der Lufttemperatur	°C	+36,3	+39,2
Minimum der Lufttemperatur	°C	-10,6	-21,8
Anzahl Eistage ( $T_{\max} < 0 \text{ °C}$ )	Tage/Jahr	5	17
Anzahl Frosttage ( $T_{\min} < 0 \text{ °C}$ )	Tage/Jahr	60	69
Anzahl Sommertage ( $T_{\max} \geq 25 \text{ °C}$ )	Tage/Jahr	75	57
Anzahl Heiße Tage ( $T_{\max} \geq 30 \text{ °C}$ )	Tage/Jahr	21	16

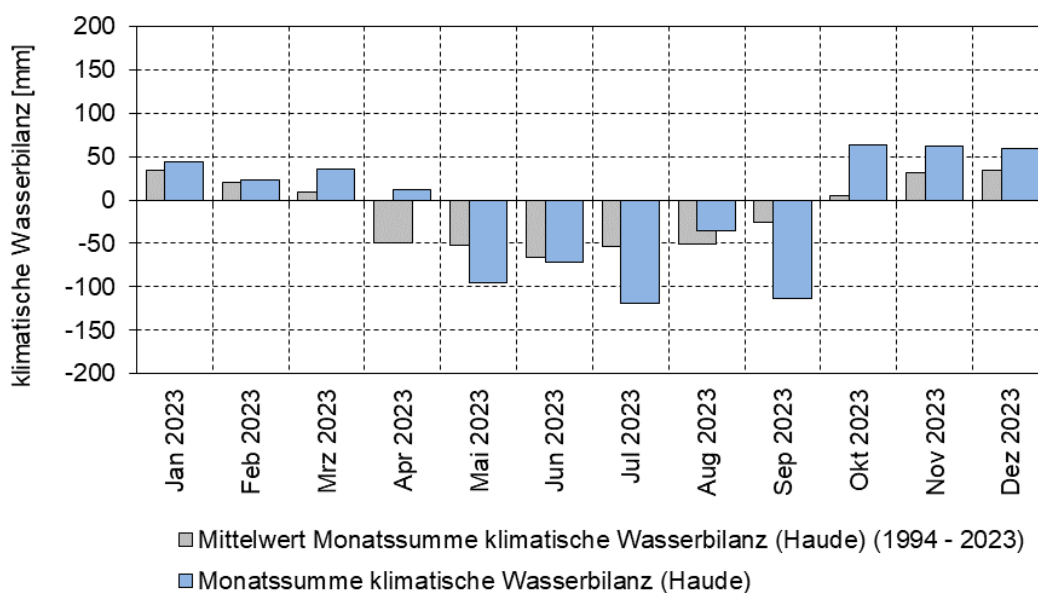
Die Lufttemperatur war im Jahr 2023 mit +11,3 °C im Mittel 1,2 Grad höher im Vergleich zur 30-jährigen Reihe von 1994 bis 2023 (Tabelle 1). Die Darstellung der Tagesmittelwerte der Lufttemperatur (rote Linie in Bild 4 oben) erfolgt im Vergleich zu den langjährigen Monatsmittelwerten (schwarze Treppe in Bild 4 oben). Im Normalfall schwankt die rote Linie um die schwarze Linie, wie in den meisten Monaten des Jahres 2023. Die einseitigen Abweichungen zeigen, dass der Januar, der September, der Oktober und der Dezember 2023 zwischen 2,1 und 3,5 Grad wärmer waren als das Monatsmittel der langjährigen Reihe. Der April 2023 war dagegen 1,6 Grad kühler. Die anderen Monate lagen in der „Norm“.

Die Monatssummen des Niederschlags basieren auf den unkorrigierten Rohdaten der DWD-Wetterstation Cottbus. Die Niederschlagshöhen werden in Abhängigkeit von der Exposition der Messstation und von der Messmethode durch Wind, Benetzung und Verdunstung systematisch zu niedrig gemessen. Alle nachfolgenden Angaben zur Niederschlagshöhe wurden nach Richter [DWD 1995] standortbezogen um +10 % korrigiert.

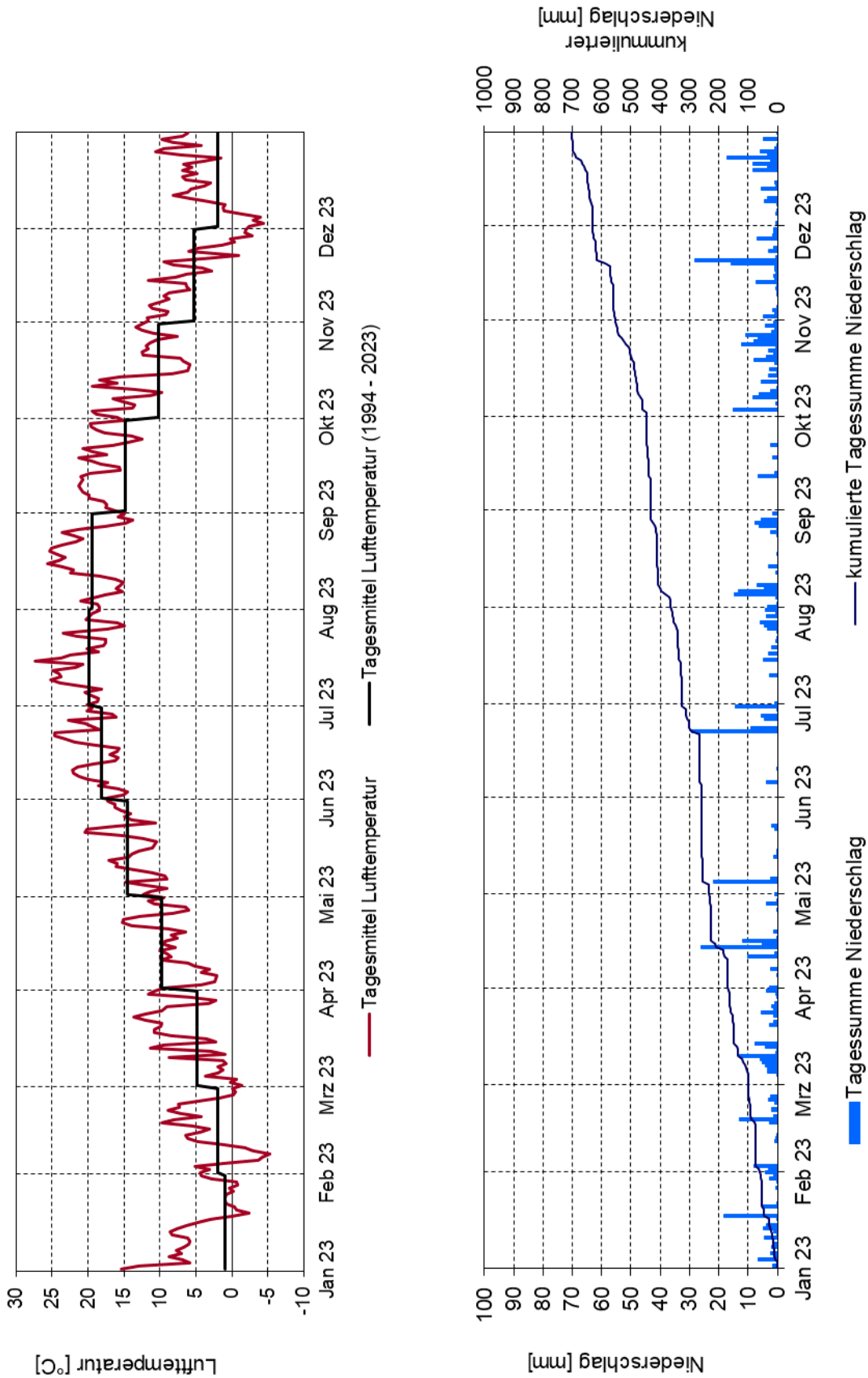
Die Niederschlagssumme an der DWD-Wetterstation Cottbus im Jahr 2023 war mit 703 mm um 80 mm höher als der Mittelwert der 30-jährigen Reihe von 1994 bis 2023 mit 623 mm/a. Ursächlich dafür waren die besonders niederschlagsreichen Monate März und April sowie Oktober, November und Dezember 2023 (Bild 2). Hier war auch die klimatische Wasserbilanz im Vergleich zur langjährigen Reihe überschüssig (Bild 3). Besonders niederschlagsarme Perioden wurden im Mai, im Juli und im September 2023 erfasst. In den übrigen Monaten war der Niederschlag gleichmäßig verteilt (Bild 4 unten).



**Bild 2:** Monatssummen des Niederschlags im Kalenderjahr 2023 und langjährige mittlere Monatssummen des Niederschlags der Kalenderjahre 1994 bis 2023 an der DWD-Wetterstation Cottbus.



**Bild 3:** Monatssummen der klimatischen Wasserbilanz nach Haude im Kalenderjahr 2023 und langjährige mittlere Monatssummen der der klimatischen Wasserbilanz der Kalenderjahre 1994 bis 2023 an der DWD-Wetterstation Cottbus.



**Bild 4:** Ganglinie der Tagesmittelwerte der Lufttemperatur im Kalenderjahr 2023 im Vergleich zu den langjährigen Monatsmittelwerten der Lufttemperatur in den Jahren 1994 bis 2023 (oben) und Tageswerte der Niederschlagshöhe und kumulative Niederschlagssumme (unten) an der DWD-Wetterstation Cottbus im Kalenderjahr 2023.

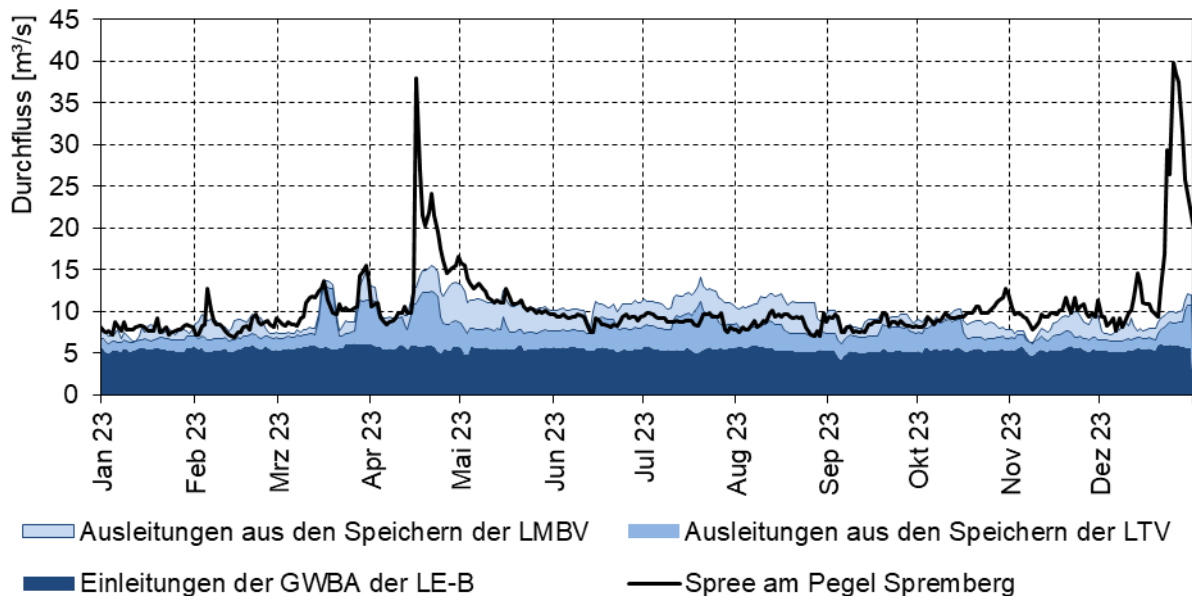


## 2.2 Durchfluss in der Spree und Bewirtschaftung der Talsperre Spremberg

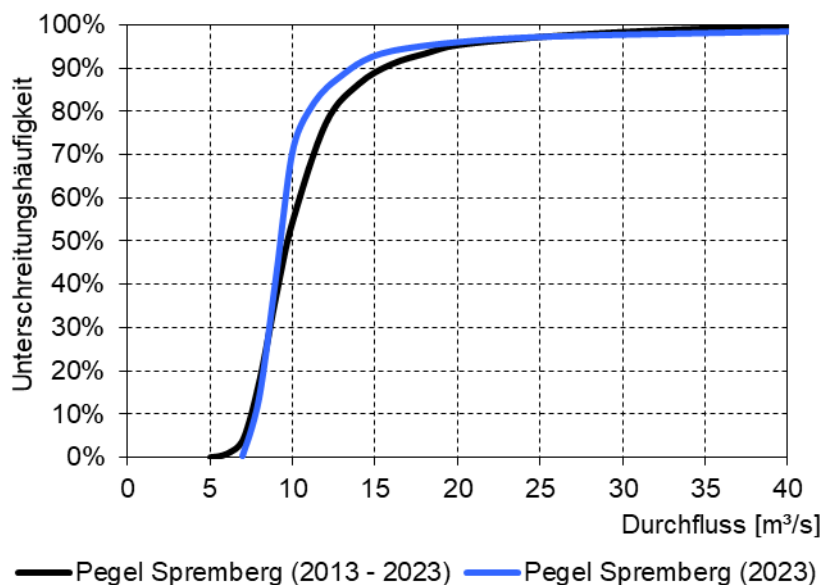
Der Durchfluss der Spree stromoberhalb der Talsperre Spremberg wird vom LfU Brandenburg am Pegel Spremberg erfasst. In Bild 6 ist die Durchflussganglinie des Pegels Spremberg auf der Grundlage von Tagesmittelwerten dargestellt.

Der Durchfluss der Spree am Pegel Spremberg lag im Jahr 2023 als Tagesmittelwert in einem Band zwischen 6,9 und 39,8 m<sup>3</sup>/s und betrug im Jahresmittel 10,4 m<sup>3</sup>/s. Die höchsten Durchflüsse wurden ereignisbezogen am 16. April und am 25. Dezember 2023 gemessen. Die größten Schwankungen traten witterungsbedingt in den hydrologischen Wintermonaten Januar bis April sowie November und Dezember auf. In den hydrologischen Sommermonaten Juni bis September 2023 lag der Durchfluss überwiegend zwischen 8 und 10 m<sup>3</sup>/s. Im Berichtszeitraum gab es kein Hochwasser. Der Durchfluss der Spree am Pegel Spremberg lag im Mittel niedriger als in der 10-jährigen Vergleichsperiode von 2013 bis 2022 (Bild 7).

Die Wasserführung in der Spree wurde durch Abgaben aus den Talsperren Bautzen und Quitzdorf (Speicher der LTV) mit 2,4 m<sup>3</sup>/s im Jahresmittel sowie aus dem SB Bärwalde und dem WSS Lohsa II (Speicher der LMBV) mit 1,9 m<sup>3</sup>/s im Jahresmittel sowie durch die Überleitung von durchschnittlich 0,2 m<sup>3</sup>/s Neißewasser (LMBV) gestützt (Bild 6). Durch die kontinuierliche Einleitung behandelter Sumpfungswässer aus den Grubenwasserbehandlungsanlagen Kringelsdorf, Tzschelln und Schwarze Pumpe (GWBA der LE-B) in den Schwarzen Schöps bzw. in die Spree wurde im Jahr 2023 am Pegel Spremberg ein Grundstock im Mittel von 5,2 m<sup>3</sup>/s des Durchflusses in der Spree gewährleistet.



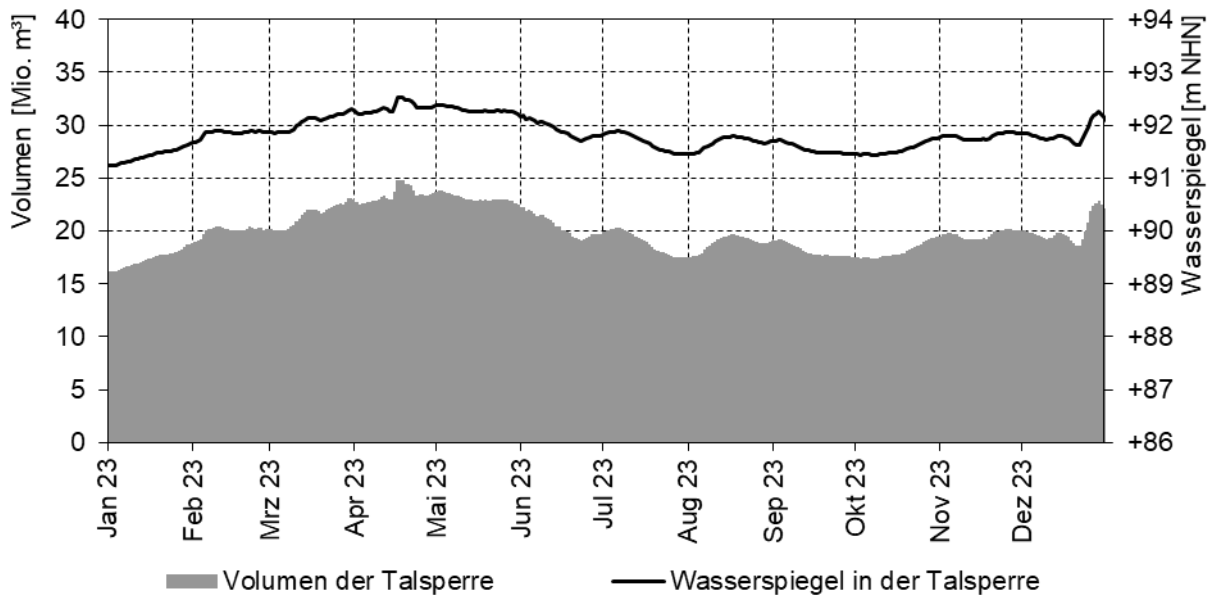
**Bild 6:** Tagesmittelwerte des Durchflusses der Spree am Pegel Spremberg (schwarze Linie) sowie Einleitungen der GWBA der LE-B (dunkelblau), Ausleitungen aus den Speichern der LTV (blau) und Ausleitungen aus den Speichern der LMBV (hellblau) im Kalenderjahr 2023 (Entnahmen sind nicht dargestellt).



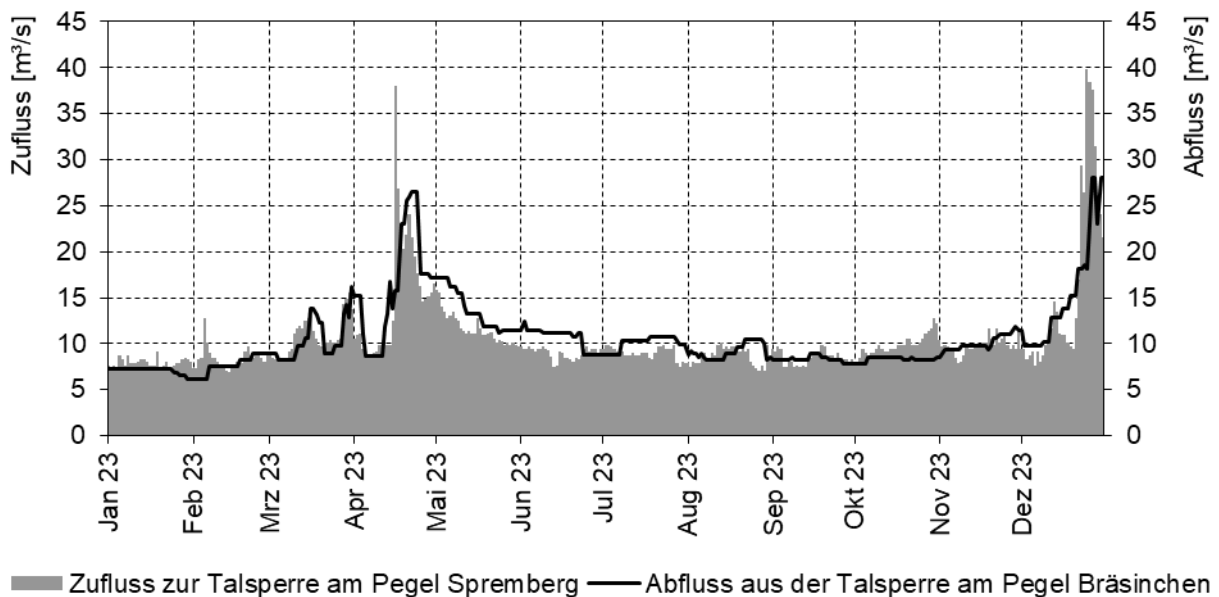
**Bild 7:** Dauerlinien der Unterschreitungshäufigkeit des Durchflusses der Spree am Pegel Spremberg im Kalenderjahr 2023 (blau) und im Vergleichszeitraum seit Beginn des täglichen Monitorings an der Talsperre Spremberg von 2013 bis 2023 (schwarz).

Die Talsperre Spremberg wird entsprechend ihrer regulären Zweckbestimmung als Speicher bewirtschaftet. In der aktuellen Berichtsperiode wurde die Talsperre bis Mitte April 2023 auf maximal +92,5 m NHN eingestaut (Bild 8). Dazu wurde das erhöhte Dargebot der Spree in den Monaten März im April 2023 in die Talsperre Spremberg eingestapelt (Bild 9). Zu Beginn des hydrologischen Sommerhalbjahres ab Mai 2023 wurden die gespeicherten Wasserressourcen zur Niedrigwasseraufhöhung in der Spree in Anspruch genommen. Auch im Sommerhalbjahr konnte aufgrund kurzzeitig kräftiger Niederschläge in den Monaten Juni und August 2023 Spreewasser in die Talsperre eingestapelt werden. Dadurch wurde die Talsperre Spremberg auch im Sommer und trotz der Freigabe von rund 7,1 Mio. m<sup>3</sup> Wasser nicht unter einen Wasserstand von +91,5 m NHN abgesenkt. In der letzten Oktoberdekade und Ende Dezember 2023 wurde der erhöhte Durchfluss in der Spree genutzt, um die Talsperre aufzufüllen, zuletzt bis auf +92,1 m NHN. Die Abflussspitzen in der Spree im Jahr 2023 wurden durch die Speicherbewirtschaftung gedämpft aufgrund des hohen Füllstands jedoch nicht vollständig zurückgehalten.

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 mit abgebildet sind.



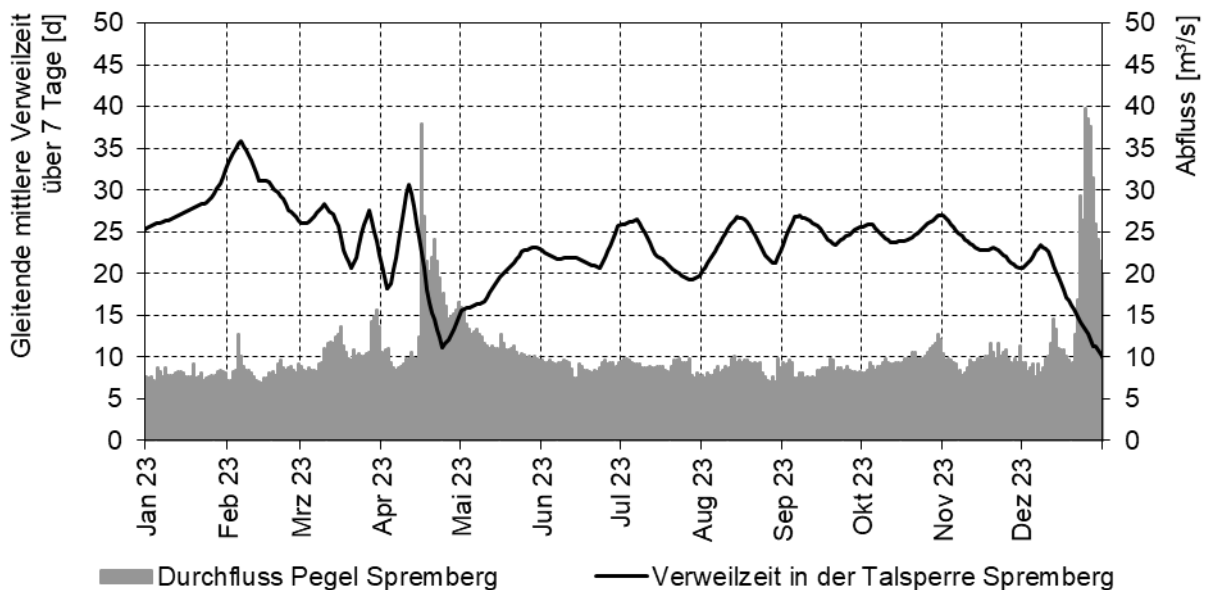
**Bild 8:** Wasserstand und Füllvolumen der Talsperre Spremberg im Kalenderjahr 2023, Quelle: LfU Brandenburg.



**Bild 9:** Durchfluss der Spree in Spremberg (Zulauf zur Talsperre) und in Bräsinschen (Abfluss aus der Talsperre) im Kalenderjahr 2023, 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 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.

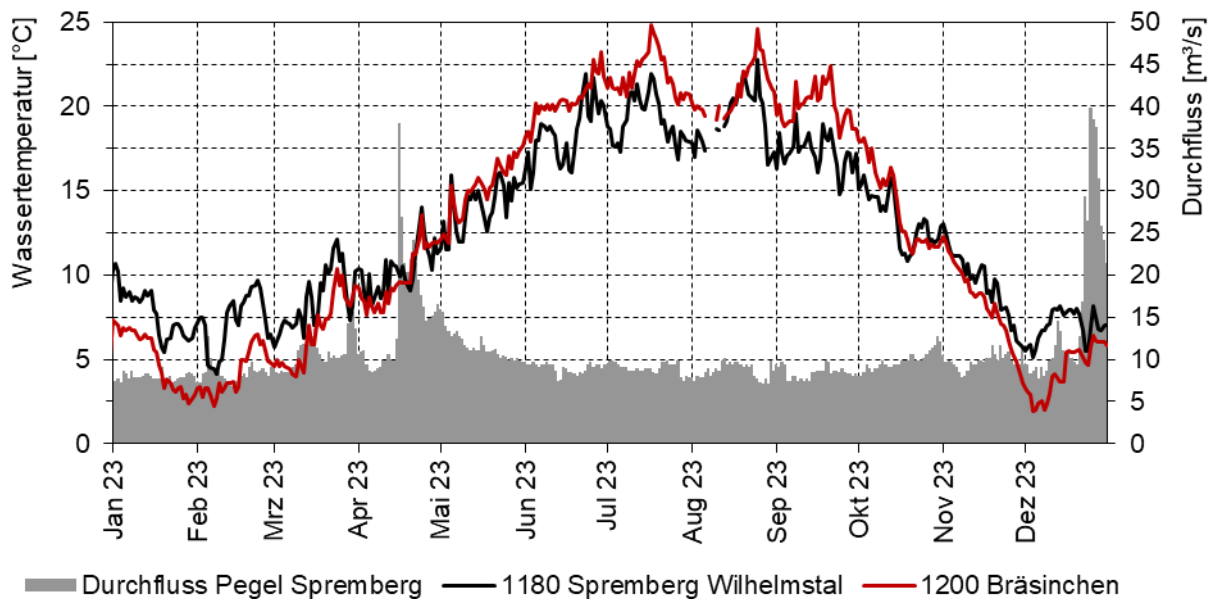
Im Kalenderjahr 2023 lag die dynamische Verweilzeit des Spreewassers in der Talsperre Spremberg in einer Spanne von 9 bis 38 Tagen. Im April und im Dezember 2023 war die Verweilzeit in der Talsperre Spremberg aufgrund des hohen Durchflusses der Spree und der großen Ausleitmenge besonders kurz (Bild 10). In den hydrologischen Sommermonaten von Mai bis Oktober 2023 schwankte die Verweilzeit meist zwischen 20 und 27 Tagen. Die lange Verweilzeit von zwei bis vier Wochen enthält hohe Sicherheitsreserven für den Eisenrückhalt in der Talsperre Spremberg.



**Bild 10:** Rechnerische Verweilzeit des Wassers der Spree in der Talsperre Spremberg (nur Hauptsperre) im Kalenderjahr 2023 als siebentägiges gleitendes Mittel.

### 2.3 Wassertemperatur in der Spree

Die Wassertemperatur in der Spree vor der Talsperre in Spremberg-Wilhelmsthal (Mst. 1180) schwankte im Kalenderjahr 2023 zwischen +4 °C im Februar und maximal +23 °C im August (Bild 11). Die Temperaturamplitude der Spree spreizte sich beim Durchgang durch die Talsperre Spremberg aufgrund der großen Kontaktfläche mit der Atmosphäre. In der Spree in Bräsinchen (Mst. 1200) schwankte die Wassertemperatur zwischen +2 °C und +25 °C. Im Winter kühlte das Wasser in der Talsperre aus und im Sommer erwärmte 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 2023.

## 3 Eisenbelastung der Spree

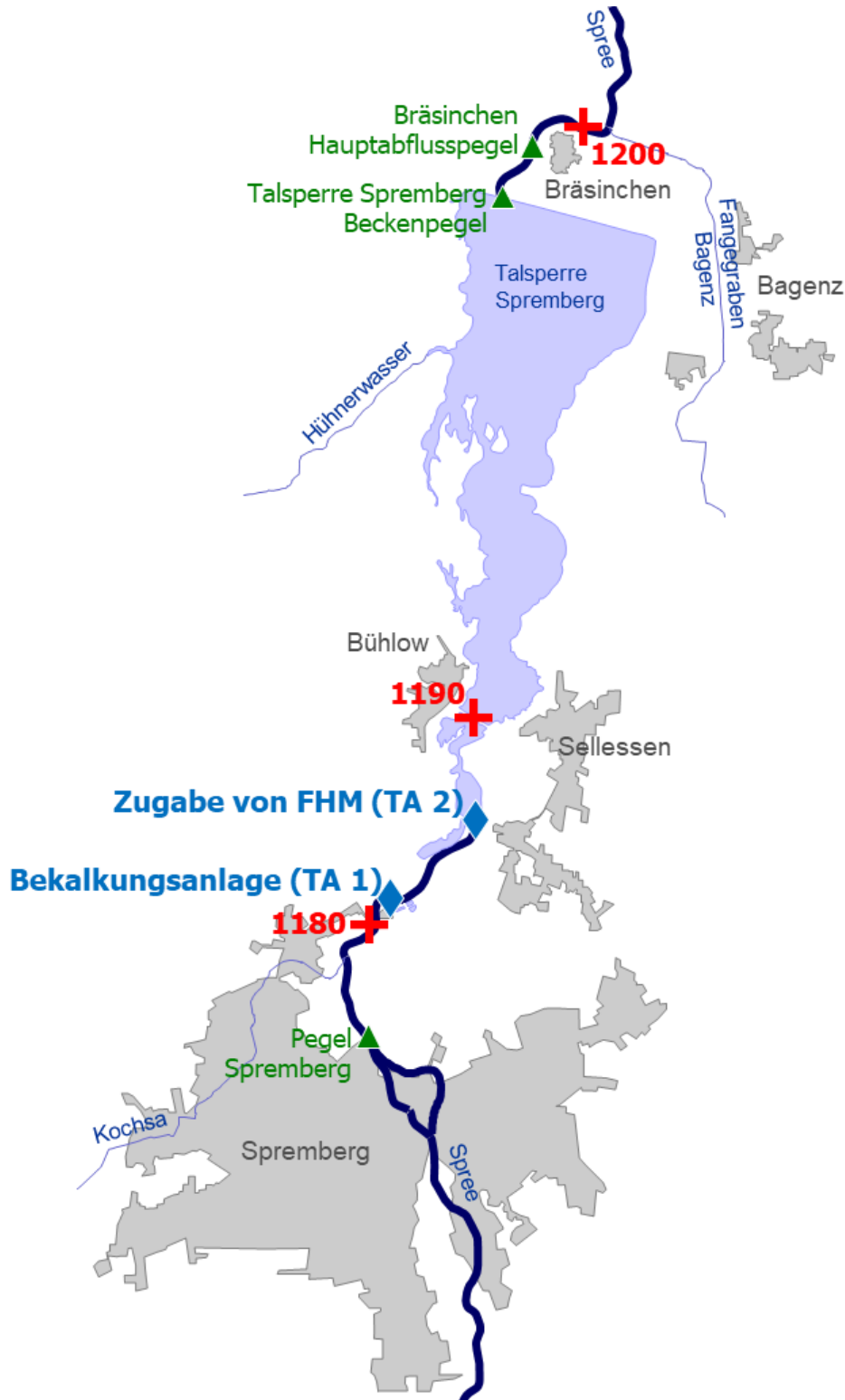
### 3.1 Sondermonitoring

Die Wasserbeschaffenheit der Spree wird im Rahmen des Sondermonitorings an den drei nachfolgenden Messstellen täglich erfasst (Bild 12):

- 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).

Aufgrund des Neubaus der Spreebrücke in Spremberg-Wilhelmsthal wurde im September 2021 für die Messstelle 1180 eine Ausweichmessstelle am Pegel Spremberg (Bild 12) eingerichtet [IWB 2022]. Der Pegel Spremberg liegt etwa 1.500 Meter stromoberhalb der Messstelle 1180. Nach Abschluss der Restarbeiten im Bereich der Spreebrücke wird die ursprüngliche Messstelle reaktiviert. Im vorliegenden Bericht wurden die Daten der Messstelle 1180 in Spremberg-Wilhelmsthal mit den Befunden zur Ausweichmessstelle am Pegel Spremberg fortgeschrieben.

Die Fotos in Bild 13 bis Bild 15 zeigen markante Zustände an den Messstellen des Sondermonitorings im Kalenderjahr 2023. Die Farbgraduierung kennzeichnet jeweils das Maß der Eisenbelastung der Spree an den entsprechenden Stellen.



**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.



**Bild 13: Messstelle am Pegel Spremberg am 08.09.2023 (Foto: IWB)**

- Durchfluss rund 8,1 m<sup>3</sup>/s
- starke Trübung
- orangebraune Färbung
- Eisen-gesamt = 2,7 mg/L
- Eisen-gelöst = 0,21 mg/L

Zustand der Spree vor der Wasserbehandlung. Hoher Anteil von Trübungseisen bei niedriger Eisen-gesamt-Konzentration.



**Bild 14: Messstelle 1190 an der Brücke Bühlow/Sellessen am 08.09.2023 (Foto: IWB)**

- Durchfluss rund 8,1 m<sup>3</sup>/s
- schwache Trübung
- gelbliche Färbung
- Eisen-gesamt = 1,5 mg/L
- Eisen-gelöst = 0,02 mg/L

Zustand der Spree nach der Wasserbehandlung in der Vorsperre Bühlow.



**Bild 15: Messstelle 1200 an der Brücke in Bräsinchen am 08.09.2023 (Foto: IWB)**

- Durchfluss rund 8,6 m<sup>3</sup>/s
- keine Trübung
- farblos
- Eisen-gesamt = 0,3 mg/L
- Eisen-gelöst = < 0,02 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 wurden des Weiteren die Wassertemperatur, der pH-Wert und die elektrische Leitfähigkeit gemessen.

Die Wasserproben wurden von der ERGO Umweltinstitut GmbH Dresden chemisch analysiert (Tabelle 2).

**Tabelle 2: 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 (C5)
Elektrische Leitfähigkeit	µS/cm		DIN EN 27888 (C8)
Sulfat	mg/L		DIN EN ISO 10304-1 (D19)
Eisen-gesamt	mg/L	Konservierung (Ansäuerung)	DIN EN ISO 11885 (E22)
Eisen-gelöst	mg/L	Konservierung (Ansäuerung) Filtration vor Ort	DIN EN ISO 11885 (E22)

Im Kalenderjahr 2023 wurden 362 Beprobungen durchgeführt. Damit liegen ein hoher zeitlicher Deckungsgrad von 99 % und ein statistisch gut gesicherter Datenbestand vor. Er gestattet, fundierte Aussagen zur Abhängigkeit der Eisenbelastung von der Witterung, vom Durchfluss in der Spree, von der Speicherbewirtschaftung der Talsperre Spremberg, 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 2023 zuverlässig charakterisiert und bilanziert werden.

### 3.2 Belastungsrelevante Maßnahmen und Ereignisse

Im Kalenderjahr 2023 hatten folgende Maßnahmen und Ereignisse 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 Regelbetrieb der modularen Wasserbehandlungsanlagen (MWBA) am Graben Neustadt und am Altarm der Spree bei Neustadt/Ortsteil Döschko,
  - der Regelbetrieb des Abfangriegels am Unterlauf der Kleinen Spree bei Sprewitz, bestehend aus einem 6er Brunnenriegel und einer Horizontaldränage,
  - der Regelbetrieb der Wasserfassung Burgneudorf, bestehend aus einem 10er Brunnenriegel und der MWBA Burgneudorf, an der Kleinen Spree in der Ortslage Burgneudorf sowie



- Gewässerunterhaltungsmaßnahmen, insbesondere:
  - Stellhandlungen an den Spreewehren im Stadtgebiet Spremberg, u. a. zur Funktionskontrolle und für den Kanusport,
  - Entschlammungsarbeiten in der Spree in Cantdorf,
  - die Unterhaltung der Drainagegräben an der Staumauer,
  - gelegentliche Funktionstests am Ablaufbauwerk der Talsperre Spremberg sowie
  - Stellhandlungen am Ablaufbauwerk der Talsperre Spremberg.

Während die erste Gruppe der Maßnahmen die Eisenbelastung der Spree im Mittel nachweislich verringert, führt die zweite Gruppe der Maßnahmen zu singulär hohen Stoßbelastungen. Details sind in der Tabelle 3 angegeben. Die Informationen wurden vom Gewässerverband Spree-Neiße und der LMBV ohne Gewähr und Anspruch auf Vollständigkeit bezogen.

**Tabelle 3: Ereignisse und Maßnahmen im Einzugsgebiet der Spree im Kalenderjahr 2023.**

Datum	Objekt	Ereignis
Ganzjährig i.d.R. wöchentlich	Stadmühlenwehr Weißes Wehr	Kontrolle der Wehranlagen und Wehrbedienung bei Bedarf (z. B. für den Kanusport)
17.04.2023	Stadmühlenwehr	Wartung und Funktionsprobe der Wehranlage
20.04.2023	Stadmühlenwehr	Beseitigung von Schwemmgut
25.04.2023 bis 27.04.2023	Stadmühlenwehr	Wartung und Funktionsprobe der Wehranlage
15.05.2023 bis 19.05.2023	Stadmühlenwehr	Sedimentverschiebung und Wehrbedienung
19.06.2023	Weißes Wehr	Wartung und Funktionsprobe der Wehranlage
25.07.2023	Stadmühlenwehr Weißes Wehr	Wartung der Wehranlagen
01.08.2023 bis 21.09.2023	Spree oh. Brücke Wilhelmsthal	Kolkverbau am rechten Spreeufer
August bis Dezember	Spree in Cantdorf	Entschlammungsarbeiten in der Spree (mit technologisch bedingten Unterbrechungen)
13.12.2023	Stadmühlenwehr Weißes Wehr	Wehrbedienung aufgrund des erhöhten Durchflusses
24.12.2023	Stadmühlenwehr	Beseitigung von Schwemmgut und Wehrbedienung
27.12.2023	Weißes Wehr	Beseitigung von Schwemmgut und Wehrbedienung
29.12.2023	Stadmühlenwehr	Hebung Oberschütze aufgrund des erhöhten Durchflusses

### 3.3 Eisenkonzentrationen

Die **Eisen-gesamt-Konzentration** der Spree in **Spremberg-Wilhelmsthal** (Mst. 1180) lag im Kalenderjahr 2023 in einer Bandbreite zwischen 2 und 20 mg/L und im arithmetischen Mittel der 362 erfassten Terminwerte bei 3,9 mg/L. Unter sommerlichen Bedingungen sank die Eisenkonzentration in Spremberg-Wilhelmsthal auf Werte um 3,0 mg/L. Die höchsten Eisenkonzentrationen wurden als Terminwerte in den Wintermonaten sowie ereignisbezogen bei den Abflussspitzen im April und Dezember 2023 erfasst (Bild 16).

Im Kalenderjahr 2023 gab es drei Ereignisse mit hohen Eisen-gesamt-Konzentrationen über 10 mg/L (Tabelle 4). Die erhöhten Eisenkonzentrationen in der Spree lassen sich auf hydrometeorologische Ursachen zurückführen. Bei erhöhten Durchflüssen wird im Flussbett der Spree Eisen mobilisiert, was dann zusätzlich zu den Einträgen aus den Quellen der Eisenbelastung in Bewegung kommt.

**Tabelle 4: Terminwerte mit erhöhten Eisenkonzentrationen in der Spree an der Messstelle Spremberg-Wilhelmsthal (Mst. 1180) und termingleicher Durchfluss am Pegel Spremberg im Kalenderjahr 2023.**

Nr.	Datum	Eisen-gesamt [mg/L]	Eisen-gelöst [mg/L]	Durchfluss [m <sup>3</sup> /s]
1	05.02.2023	10,4	0,12	12,8
2	16.04.2023	17,9	0,31	38,0
3	22.12., 23.12. und 25.12.2023	10,2 bis 19,8	0,18 bis 0,30	16,9 bis 39,8

Die niedrigsten Eisen-gesamt-Konzentrationen wurden während der Sommermonate bei niedrigen Durchflüssen um 8 m<sup>3</sup>/s in der Spree am Pegel Spremberg beobachtet. Die Ursachen dafür sind:

- Maßnahmen der LMBV zur Verringerung der Eisenbelastung (Kapitel 3.2),
- die Verringerung der Eiseneinträge in den Quellbereichen im Einzugsgebiet der Spree und Kleinen Spree infolge des überjährlich gesunkenen Grundwasserspiegels,
- die verlangsamte Fließgeschwindigkeit und dadurch verlängerte Fließzeit in der Spree infolge verringerter und gleichmäßiger Durchflüsse,
- eine beschleunigte Oxidation des zweiwertigen Eisens zum dreiwertigen Eisen infolge erhöhter Wassertemperaturen,
- ein erhöhter Anteil gut gepufferten Sumpfungswassers aus den Grubenwasserbehandlungsanlagen der LE-B am Durchfluss der Spree und
- die Beimischung eisenarmer Wässer aus den Speichern der LTV und LMBV.

Die Eisen-gesamt-Konzentration in der Spree nach der **Vorsperre Bühlow** (Mst. 1190) lag zwischen 1,2 und 6,4 mg/L und im arithmetischen Mittel der Tageswerte bei 2,3 mg/L. Die höchste Eisenkonzentration trat am 16.04.2023 durch Sedimentverfrachtung im Zusammenhang mit einer Abflussspitze in der Spree auf. Im Kalenderjahr 2023 wurde der Orientierungswert nach OGeWV von 1,8 mg/L bereits nach der Vorsperre in rund 30 % der Messtermine unterschritten. Das war vorwiegend unter hochsommerlichen Verhältnissen von Juni bis September 2023 der Fall. Zudem wurden im Januar und Februar 2023 teilweise niedrige Eisen-gesamt-Konzentration nach der Vorsperre Bühlow erfasst (Bild 16). Die winterlich erhöhten Eisenkonzentrationen begünstigten unter stabilen hydrologischen Bedingungen ihrerseits die Flockung.

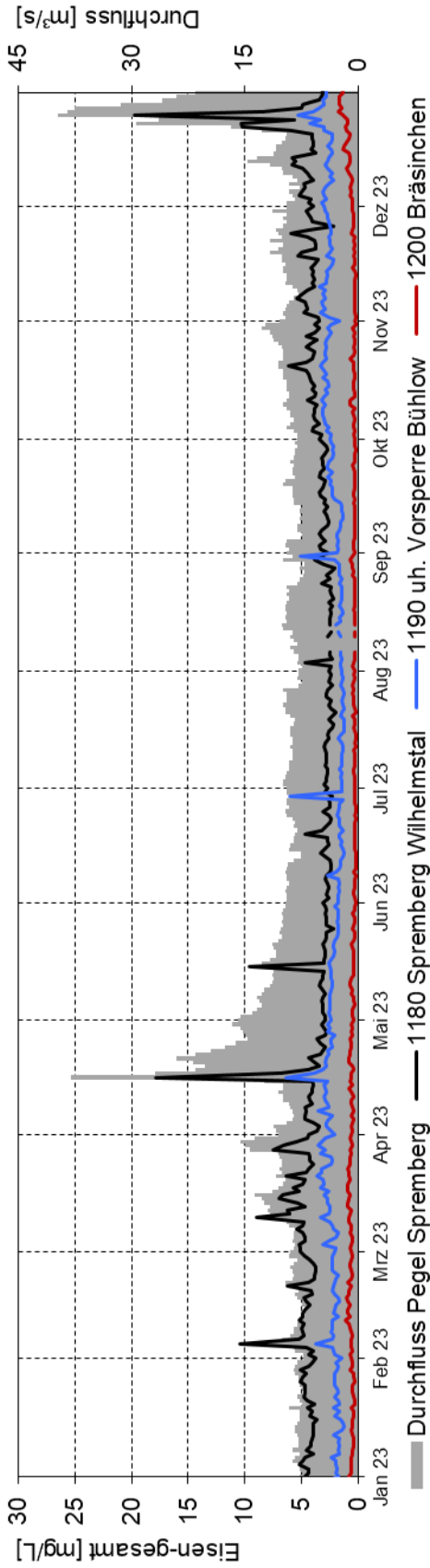
Die Eisen-gesamt-Konzentration in der Spree in **Bräsinchen** (Mst. 1200) lag im Jahr 2023 in einer Spanne zwischen 0,2 und 1,7 mg/L und im arithmetischen Mittel der Tageswerte bei 0,5 mg/L. Das Niveau der Eisen-gesamt-Konzentration am Auslauf der Talsperre Spremberg war im Sommer 2023 mit 0,3 mg/L etwas niedriger als in den

Wintermonaten mit 0,6 mg/L. 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. Die höchsten Eisenkonzentrationen wurden im Zusammenhang mit der Abflussspitze im Dezember 2023 bei sehr kurzer Verweilzeit in der Talsperre erfasst.

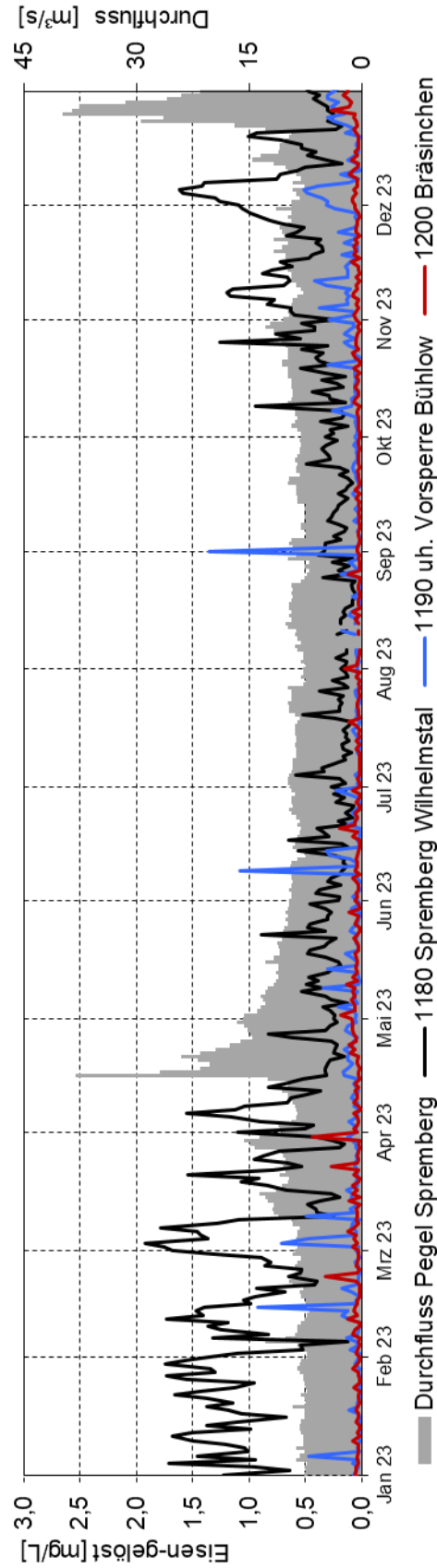
Im neutralen Zustand ( $6,5 < \text{pH} < 8,0$ ), wie er in der Spree stabil vorliegt, steht die **Eisen-gelöst-Konzentration** ausschließlich für das zweiwertige reduzierte Eisen (Klarwassereisen). Die Oxidation vom zweiwertigen zum dreiwertigen Eisen, aus dem sich das Eisenhydroxid (Trübungseisen) 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 Wintermonaten Januar bis April sowie November und Dezember des Jahres 2023 lagen die Eisen-gelöst-Konzentrationen in **Spremberg-Wilhelmsthal** im Durchschnitt bei 0,8 mg/L. In den Phasen mit erhöhtem Durchfluss in der Spree im März, April und Dezember 2023 sank die Eisen-gelöst-Konzentration in Spremberg-Wilhelmsthal zeitweise auf 0,2 mg/L. Das gelöste Eisen-II wird in diesem Fall an den reichlich vorhandenen Eisen-III-Flocken adsorbiert. In den hydrologischen Sommermonaten Mai bis Oktober 2023 lag die Eisen-gelöst-Konzentration im Mittel bei 0,3 mg/L.

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 Kapitel 1). Durch die Zugabe von Kalksuspension im TA1 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. Die Eisen-gelöst-Konzentration schwankte in Abhängigkeit vom Durchfluss und von der Wasserbehandlung im TA1 zwischen  $< 0,1$  und 1,4 mg/L. Das arithmetische Mittel der Eisen-gelöst-Konzentration lag im Sommer bei 0,07 mg/L und im Winterhalbjahr bei 0,09 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 Jahresmittel 0,05 mg/L Eisen-gelöst gemessen. Eine ungewöhnlich hohe Eisen-gelöst-Konzentration von 0,44 mg/L wurde singulär am 31.03.2023 im Zuge einer verkürzten Verweilzeit in der Talsperre infolge des erhöhten Abflusses in der Spree erfasst.



**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 2023.



**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 2023.

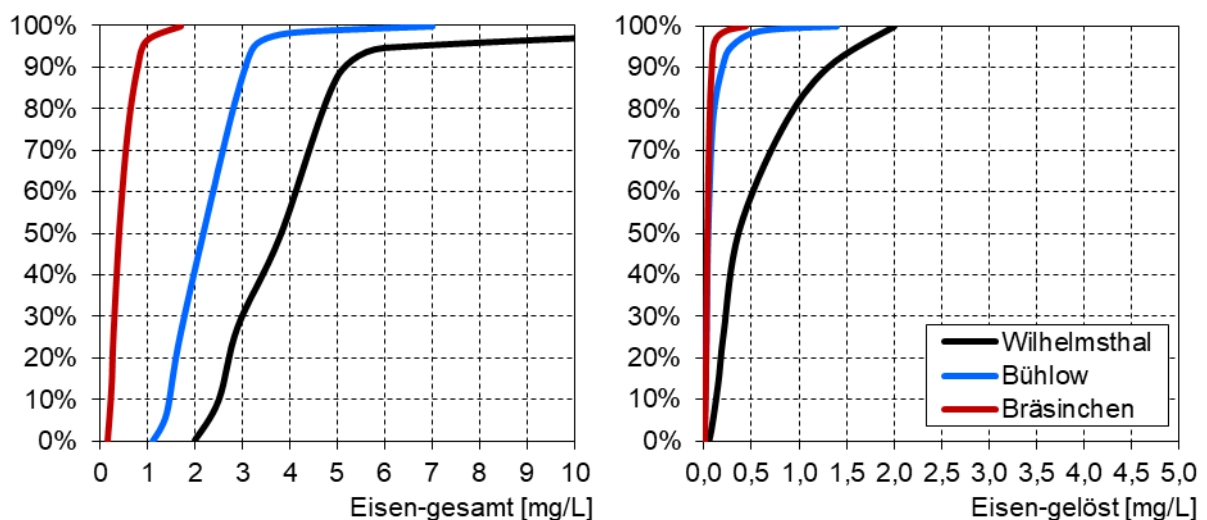
Der jahreszeitliche Vergleich der Eisenbelastung muss, abweichend von der hier vorliegenden kalenderjährlichen Betrachtung, anhand der statistischen Kennzahlen für das hydrologische Winterhalbjahr 2022/2023 und für das hydrologische Sommerhalbjahr 2023 geführt werden (Tabelle 5). Durch die Einbeziehung der Wintermonate November und Dezember 2022 und den Verzicht auf die Wintermonate November und Dezember 2023 können sich geringe Abweichungen der Konzentrationswerte für das Kalenderjahr (Bild 16 und Bild 17) und für das hydrologische Jahr (Tabelle 5) ergeben.

**Tabelle 5: Vergleich der sommerhalbjährlichen und winterhalbjährlichen Konzentrationswerte (in mg/L) und -spannen des Eisens an den Messstellen des Sondermonitorings für das hydrologische Jahr 2023.**

Messstelle	Hydrologisches Winterhalbjahr 2023 (01.11.2022 bis 30.04.2023)		Hydrologisches Sommerhalbjahr 2023 (01.05.2023 bis 31.10.2023)	
	Eisen-gesamt	Eisen-gelöst	Eisen-gesamt	Eisen-gelöst
1180 Spremberg-Wilhelmsthal	$\frac{4,7}{[2,8 \dots 17,9]}$ (181)	$\frac{0,99}{[0,09 \dots 2,5]}$ (181)	$\frac{3,1}{[2,0 \dots 9,6]}$ (181)	$\frac{0,27}{[0,06 \dots 1,3]}$ (181)
1190 Brücke Bühlow-Sellessen	$\frac{2,3}{[1,3 \dots 6,4]}$ (181)	$\frac{0,09}{[< 0,02 \dots 1,4]}$ (181)	$\frac{2,0}{[1,2 \dots 6,0]}$ (181)	$\frac{0,07}{[< 0,02 \dots 1,4]}$ (181)
1200 Bräsinchen	$\frac{0,61}{[0,3 \dots 1,2]}$ (181)	$\frac{0,05}{[< 0,02 \dots 0,4]}$ (181)	$\frac{0,34}{[0,2 \dots 0,7]}$ (181)	$\frac{0,04}{[< 0,02 \dots 0,2]}$ (181)

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

Der Vergleich der Dauerlinien der Tageswerte der Eisen-gelöst- und Eisen-gesamt-Konzentration für das Kalenderjahr 2023 an den Messstellen der Spree in Spremberg-Wilhelmsthal, nach der Vorsperre Bühlow und in Bräsinchen (Bild 18) kennzeichnet mittels der Flächendifferenzen zugleich den Eisenrückhalt in der Vorsperre Bühlow bzw. in der Talsperre Spremberg.

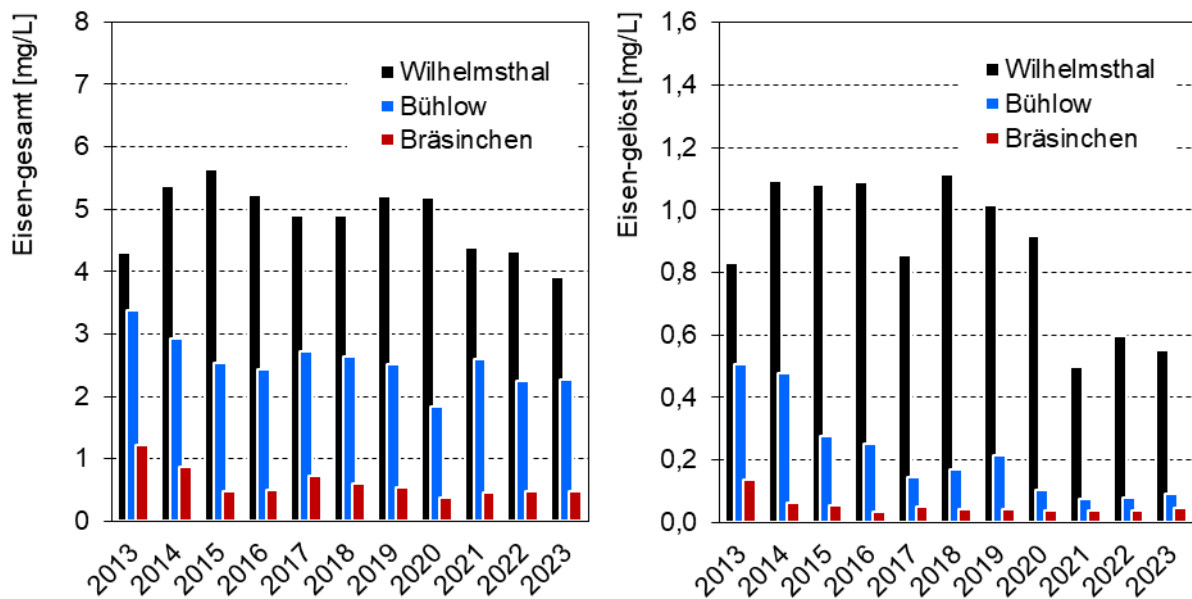


**Bild 18: Dauerlinien der Tageswerte der Eisen-gelöst- (rechts) und der Eisen-gesamt-Konzentration (links) für das Kalenderjahr 2023 an den Messstellen der Spree in Spremberg-Wilhelmsthal (schwarz), nach der Vorsperre Bühlow (blau) und in Bräsinchen (rot).**

Der Vergleich der arithmetischen Jahresmittelwerte der Eisen-gesamt- und Eisen-gelöst-Konzentration für die Messstelle Spremberg-Wilhelmsthal zeigte bis 2020 nur geringe Veränderungen der Eisenbelastung der Spree (Bild 19). Seither ist ein deutlicher Rückgang der Eisen-gesamt- und Eisen-gelöst-Konzentration erkennbar. Darin zeichnet sich die Wirkung der Abfangmaßnahmen an der Spree und an der Kleinen Spree ab.

An der Messstelle Bühlow, d. h. nach der Passage der Vorsperre haben sich die Eisen-gesamt- und insbesondere die Eisen-gelöst-Konzentrationen deutlich verringert (Bild 19). Dafür sind neben der geringeren Vorbelastung in Spremberg-Wilhelmsthal, durch die Maßnahmen an den Hotspots, auch die Wasserbehandlung in der Vorsperre seit dem Jahr 2014 und die Optimierung der Reinigungsleistung durch die Anlagen-ertüchtigung ab 2020 ursächlich.

Nach der Passage der Hauptsperre in Bräsinchen wurde nach 2014 infolge der Wasserbehandlung und der Optimierung der Bewirtschaftung ebenfalls ein deutlicher Rückgang von Eisen-gesamt und Eisen-gelöst im Jahresmittel erfasst (Bild 19).



**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 2023.

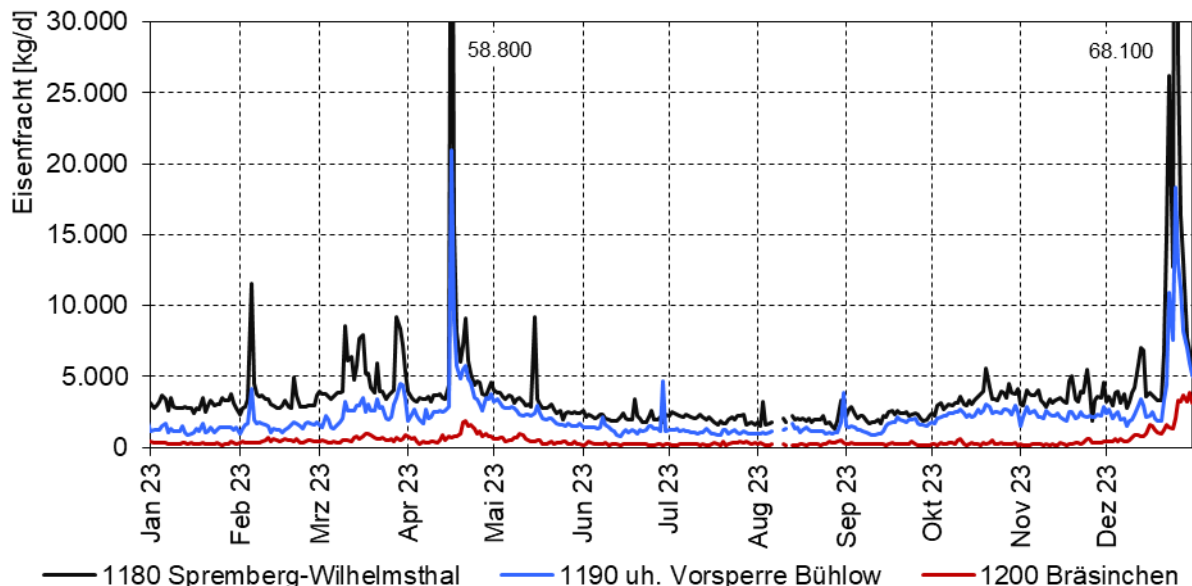
### 3.4 Eisenfrachten

Aus den Tageswerten des Durchflusses und der Eisengesamt-Konzentration an der gleichen oder einer naheliegenden Stelle wird die Eisenfracht berechnet. Sie wird für Eisen in der Maßeinheit Kilogramm pro Tag (kg/d) ausgewiesen.

In den Wintermonaten am Anfang des Kalenderjahres 2023 lag die Eisenfracht der Spree in **Spremberg-Wilhelmsthal** (Mst. 1180) um 3.500 kg/d als Tagesmittelwert (Bild 20). Im Februar, im März und im April 2023 wurden aufgrund des zeitweise erhöhten Durchflusses in der Spree singuläre Frachtspitzen bis 58.800 kg/d erfasst. Ab Mitte April 2023 sank die Eisenfracht in der Spree in Spremberg-Wilhelmsthal und lag im Sommerhalbjahr in der Regel auf einem niedrigeren Niveau zwischen 2.000 und 3.000 kg/d. Im Oktober 2023 stieg die Eisenfracht witterungsbedingt wieder an. Im Dezember 2023 wurden eine maximale Eisenfracht von 68.100 kg/d erfasst.

Die Eisenfracht in der Spree nach der **Vorsperre Bühlow** (Mst. 1190) lag im Mittel des Kalenderjahres 2023 bei 2.200 kg/d (Bild 20). Die Messreihe der Eisenfracht nach der Vorsperre Bühlow verlief nahezu parallel mit der Messreihe in Spremberg-Wilhelmsthal. Der Unterschied entspricht dem anteiligen Eisenrückhalt in der Vorsperre. Größere Unterschiede zwischen beiden Messreihen, insbesondere bei erhöhter Eisenfracht in den Monaten Februar, März, April und Dezember, zeigt einen hochgradigen Eisenrückhalt in der Vorsperre. Die ereignisbezogenen hohen Frachtspitzen im April 2023 wurden durch den Rückhalt in der Vorsperre von 58.800 kg/d auf 20.900 kg/d und im Dezember 2023 von 68.100 kg/d auf 18.300 kg/d gedämpft.

Im Kalenderjahr 2023 betrug die mittlere Eisenfracht am Pegel **Bräsinschen** nach der Passage der Talsperre Spremberg rund 450 kg/d. Im April und Dezember 2023 wurden ereignisbezogen höhere Eisenfrachten bis 3.800 kg/d erfasst (Bild 20). In diesen Phasen war der Abfluss aus der Talsperre mit 26 bzw. 28 m<sup>3</sup>/s hoch und die Verweilzeit in der Hauptsperre mit 11 bzw. 9 Tagen verhältnismäßig kurz.



**Bild 20:** Entwicklung der Eisenfrachten in der Spree in **Spremberg-Wilhelmsthal** (schwarz), nach der **Vorsperre Bühlow** (blau) und in **Bräsinschen** (rot) im Kalenderjahr 2023.

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

**Tabelle 6: Besonderheiten der Bilanzierungsperioden seit dem Beginn des Sondermonitorings im Jahr 2012. Aktuelles Berichtsjahr 2023 rot markiert.**

Bilanzierungsperiode	Besonderheit
2012-2013	Überwiegend ausgeglichene Jahre mit hohen Abflüssen in der Spree und zwei markanten Hochwasserereignissen.
2014-2017	Vergleichbare, annähernd mittlere hydrologische Bedingungen. Stauspiegel in der Talsperre Spremberg wegen der Sanierung der Staumauer und damit deutlich verkürzte Verweilzeit im Jahr 2014.
2018-2020	Vergleichbare hydrologische Bedingungen mit z. T. langanhaltenden Hitzeperioden mit erheblichem Niederschlagsdefizit. Hydrologische Niedrigwassersituation im gesamten Spreegebiet. Wirksamkeit erster Maßnahmen an der Kleinen Spree (6er Brunnenriegel, Horizontaldränage) und an der Spree (Inbetriebnahme der MWBA Neustadt).
2021 - 2022	Ausgeglichene bzw. leicht defizitäre klimatische Wasserbilanz. Nachlaufende Niedrigwassersituation im gesamten Spreegebiet. Abflussverhältnisse in der Spree vergleichbar mit 2018 und 2019. Wirksamkeit der Maßnahmen an der Kleinen Spree (6er Brunnenriegel, Horizontaldränage, 10er Brunnenriegel und MWBA Burgneudorf) und an der Spree (MWBA Neustadt und MWBA Ruhlmühle).
2023	Hydrometeorologische Bedingungen vergleichbar mit 2015, 2016 und 2017. Mittlere hydrologische Bedingungen im gesamten Spreegebiet. Wirksamkeit der Maßnahmen an der Kleinen Spree (6er Brunnenriegel, Horizontaldränage, 10er Brunnenriegel und MWBA Burgneudorf) und an der Spree (MWBA Neustadt und MWBA Ruhlmühle).

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.

**Tabelle 7: Mittlere Eisenfrachten in der Spree im Kalenderjahr 2023 im Vergleich zu vorhergehenden Bilanzierungsperioden.**

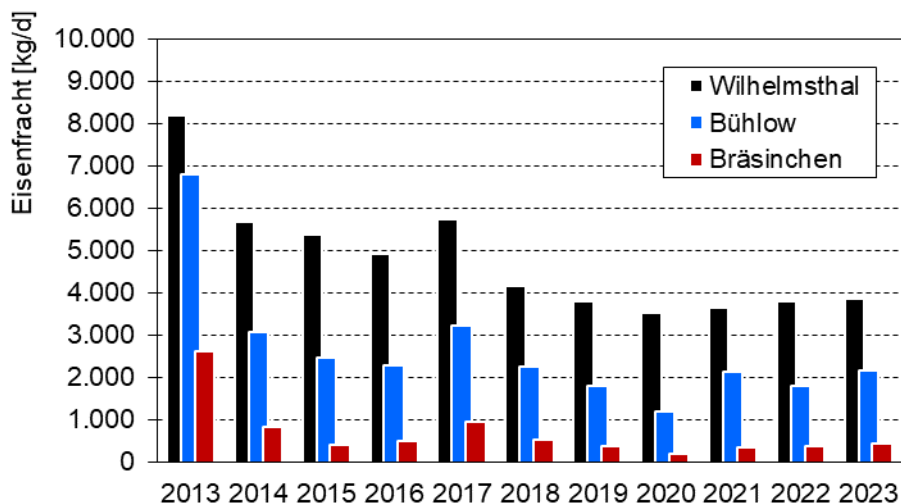
Messstelle Bilanzierungsperiode	1180 Spremberg-Wilhelmsthal			1190 Vorsperre Bühlow		1200 Bräsinschen	
	MQ	Eisenfracht	Anteil	Eisenfracht	Anteil	Eisenfracht	Anteil
	m³/s	kg/d		kg/d		kg/d	
2012-2013	21,7	7.999	100 %	6.546	82 %	2.252	28 %
2014-2017	11,7	5.434	100 %	2.770	51 %	675	12 %
2018-2020	8,5	3.846	100 %	1.757	46 %	380	10 %
2021-2022	9,2	3.738	100 %	1.981	53 %	364	10 %
2023	10,4	3.860	100 %	2.186	57 %	455	12 %



**Tabelle 8: Mittlerer Eisenrückhalt in der Vorsperre Bühlow, in der Hauptsperre und in der gesamten Talsperre Spremberg im Kalenderjahr 2023 im Vergleich zu vorhergehenden Bilanzierungsperioden.**

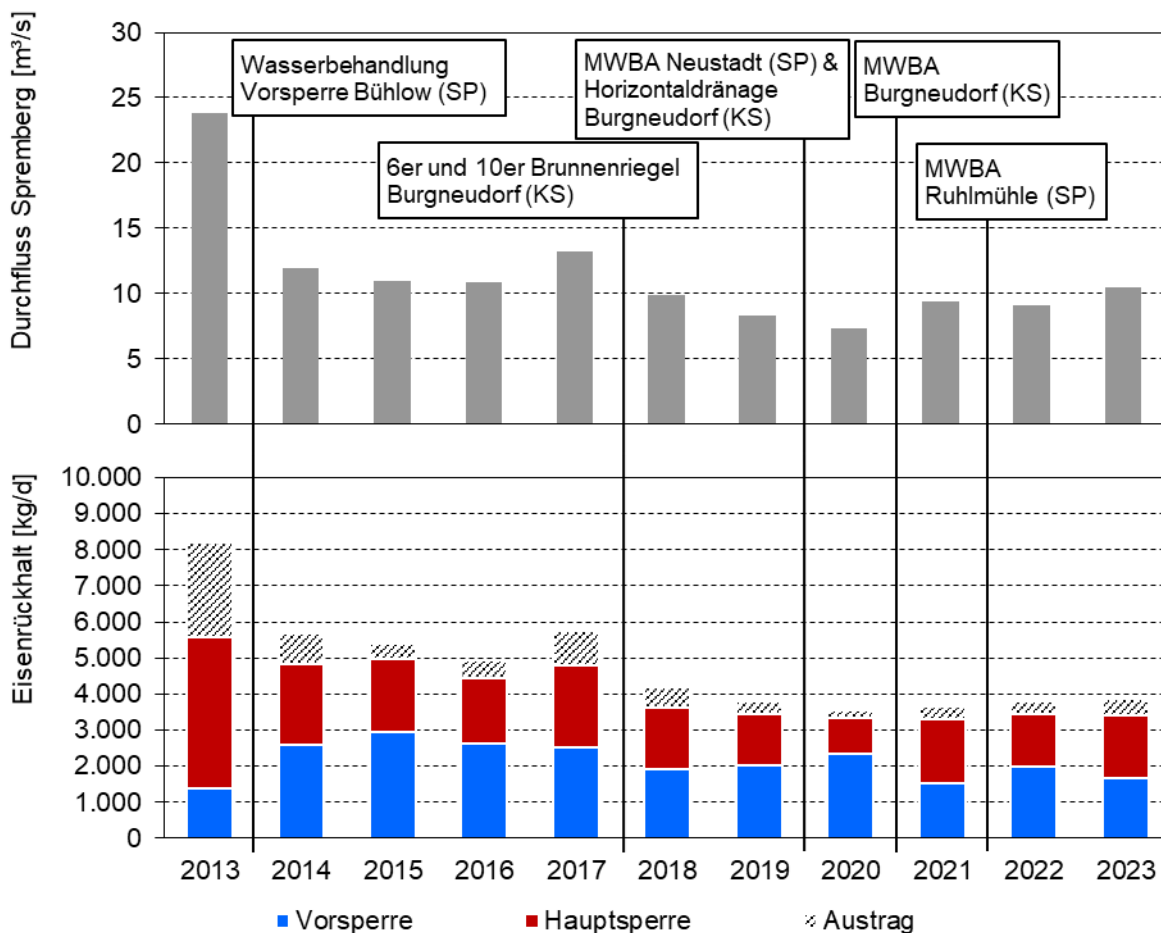
Messstelle Bilanzierungs- periode	Eisen- eintrag kg/d	Vorsperre		Hauptsperre		Gesamte Talsperre	
		Eisen- rückhalt	Anteil	Eisen- rückhalt	Anteil	Eisen- rückhalt	Anteil
		kg/d		kg/d		kg/d	
2012-2013	7.999	1.453	18 %	4.293	54 %	5.746	72 %
2014-2017	5.454	2.665	50 %	2.095	39 %	4.759	88 %
2018-2020	3.846	2.089	54 %	1.376	36 %	3.465	90 %
2021-2022	3.738	1.757	47 %	1.617	43 %	3.374	90 %
2023	3.860	1.674	43 %	1.731	45 %	3.405	88 %

Im Unterschied zur Eisenkonzentration (Bild 19) entwickelte sich die Eisenfracht in der Spree in Spremberg-Wilhelmsthal von 2012/2013 und mit Ausnahme des Jahres 2017 bis zum Jahr 2020 rückläufig. Seither liegt die mittlere Eisenfracht in Spremberg-Wilhelmsthal bei gleichzeitig abnehmender Eisenkonzentration in der Spree auf annähernd gleichem Niveau (Bild 21). Die stabile Eisenfracht ist witterungsbedingt und durch die im Vergleich zum Jahr 2020 höheren jahresmittleren Durchflüsse in der Spree begründet. Aufgrund der erhöhten Durchflüsse war die Verweilzeit in der Vorsperre in den Jahren 2021, 2022 und 2023 kürzer. Das führte zu einem geringeren Eisenrückhalt in der Vorsperre und gleichzeitig zu einem höheren Eisenrückhalt in der Hauptsperre. Der anteilige Gesamtrückhalt der Talsperre Spremberg ist seit dem Jahr 2014 nahezu unverändert (Tabelle 8).



**Bild 21: Mittlere Eisenfrachten an den Messstellen der Spree in Spremberg-Wilhelmsthal (schwarz), nach der Vorsperre Bühlow (blau) und in Bräsinchen (rot) in den Kalenderjahren von 2013 bis 2023.**

Die Befunde des Sondermonitorings im Jahr 2023 belegen die Wirkung der Maßnahmen an der Spree und an der Kleinen Spree. Durch die Abfangmaßnahmen sinkt die Eisenkonzentration in der Spree in Spremberg-Wilhelmsthal seit dem Jahr 2021 sukzessive (siehe Kapitel 3.3). Die mittlere Eisenfracht in der Spree ist trotz eines höheren Durchflusses im Jahr 2023 nicht wesentlich gestiegen. Darin zeigt sich die Wirksamkeit der Abfangmaßnahmen. Der abschnittsbezogenen Eisenrückhalt im Bereich der Talsperre Spremberg entspricht annähernd den Vorjahresbefunden (Bild 22).



**Bild 22:** Mittlerer Durchfluss am Pegel Spremberg (oben) sowie mittlerer Eisenrückhalt in der Vorsperre Bühlow (blau) und in der Talsperre Spremberg (rot) sowie Eisenaustrag aus der Talsperre in den Kalenderjahren von 2013 bis 2023 mit Kennzeichnung der Inbetriebnahme von Wasserbehandlungsmaßnahmen an der Kleinen Spree (KS) und an der Spree (SP).

## 4 Wasserbehandlung an der Vorsperre Bühlow

### 4.1 Betriebszeit der Wasserbehandlung

Die Wasserbehandlung an der Vorsperre Bühlow besteht aus räumlich getrennten Anlagen zur Flockung (Kalkung) und zur Dosierung von Flockungshilfsmitteln (siehe Bild 1 und Kapitel 1). Die Kalkung erfolgte im Kalenderjahr 2023 an 251 von 365 Tagen

mit einer täglichen Betriebszeit von 18 bis 24 Stunden (Tabelle 9). Das entspricht einem Anteil von 81 % der im Kalenderjahr 2023 zur Verfügung stehenden Betriebstage (Tage ohne Anlagenrevision). An 19 % der Betriebstage im Kalenderjahr 2023 lag die Betriebszeit entsprechend unter 18 Stunden. Die Unterbrechung der Wasserbehandlung hatte meist betriebsbedingte Ursachen, wie Umrüstung, Wartung, technische Ausfälle u. ä.

Die volumenspezifische FHM-Dosierung im TA2 erfolgte im Kalenderjahr 2023 an 304 von 365 Tagen.

Am 20.09.2023 gingen die TA1 und die TA2 für 57 Tage planmäßig in den Revisionsbetrieb. Der Revisionsbetrieb wird in der Regel in den Sommermonaten durchgeführt, wenn die Eisenbelastung der Spree am geringsten und die Bedingungen für den natürlichen Eisenrückhalt in der Vorsperre Bühlow (hohe Wassertemperatur und geringer Durchfluss) am günstigsten sind. Im Berichtsjahr 2023 erfolgte der Revisionsbetrieb verspätet. Die Teilanlagen TA1 und TA2 gingen Mitte November 2023 wieder in Betrieb.

**Tabelle 9: Anteil der Tage mit aktiver Bekalkung im TA1 von den Betriebstagen seit dem Wechsel des Anlagenbetreibers im Jahr 2020 (aktueller Betreiber: WAL Betrieb).**

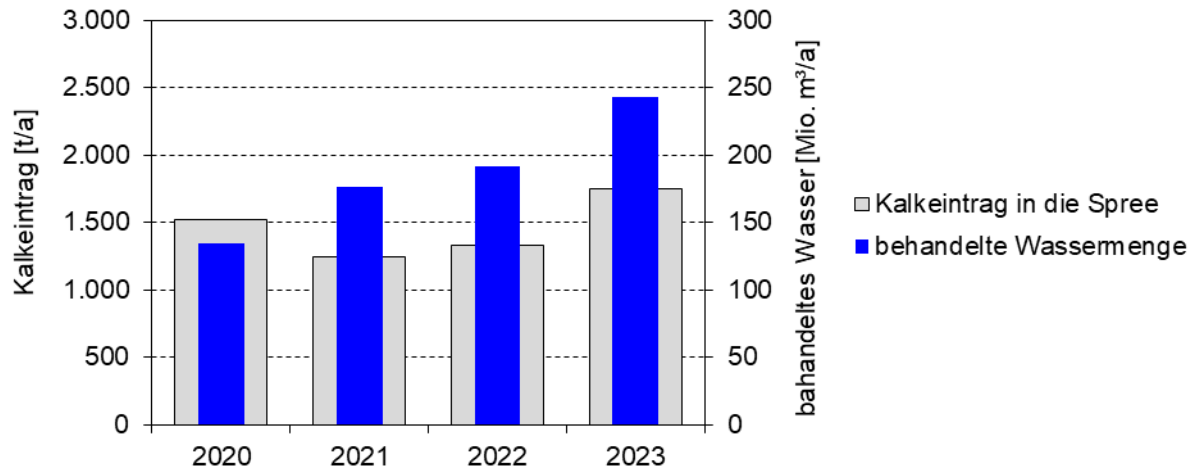
Jahr	Tage im Kalenderjahr	Tage der Anlagenrevision	Betriebstage (ohne Anlagenrevision)	Tage aktiver Bekalkung (Betriebszeit: 18 – 24h)	Anteil der Tage mit aktiver Bekalkung im Kalenderjahr
2020	366	124	242	197	81 %
2021	365	97	268	197	74 %
2022	365	87	278	234	84 %
2023	365	57	308	251	81 %

## 4.2 Parameter der Wasserbehandlung

Die Dosierung des Kalkes (= Flockungsmittel) im TA1 und des Polymers Koaret PA 3230 T (= Flockungshilfsmittel) im TA2 erfolgte näherungsweise volumenstromspezifisch in Abhängigkeit vom Durchfluss der Spree am Pegel Spremberg.

Im Jahresverlauf wurden im TA1 rund 1.750 Tonnen Weißfeinkalk in die Spree eingetragen. Das entspricht einer Zunahme des Kalkeintrages um etwa 30 % im Vergleich zum Vorjahr (Bild 23). Der erhöhte Kalkeintrag ist überwiegend auf die erhöhte Menge des behandelten Wassers der Spree und auf die verfahrenstechnische Anpassung der Konditionierung im TA1 zurückzuführen. Im Jahr 2023 wurden rund 243 Mio. m<sup>3</sup> Wasser in der Spree mit Kalk versetzt. Das entspricht einer Zunahme des behandelten Wasservolumens um 27 % im Vergleich zum Vorjahr (Bild 23). Grund dafür war das erhöhte Dargebot in der Spree (siehe Abschnitt 2.2) und die verbesserte Betriebszeit der Konditionierungsanlage (Tabelle 9). Aus dem Kalkeintrag und der behandelten Wassermenge ergibt sich für das Kalenderjahr 2023 eine volumenspezifische Kalkdosierung von 7,2 g/m<sup>3</sup>. Das entspricht den Werten der Vorjahre.

Die volumenspezifische FHM-Dosierung im TA2 betrug in der Betriebszeit des Jahres 2023 im Mittel 0,17 g/m<sup>3</sup> und maximal 0,25 g/m<sup>3</sup>.



**Bild 23:** Kalkeintrag und Menge des behandelten Wassers in der Spree seit der Anlagenerüchtigung im Jahr 2020 (aktueller Betreiber: WAL Betrieb).

### 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 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 Tageswerte der Eisenfrachten, beginnend mit dem ersten Tag der gewählten Periode. Je länger die Bilanzierungsperiode ist, desto robuster wird der kumulative Mittelwert.

Als maßgebliche Bilanzierungsperioden für die Wasserbehandlung wurden für das Kalenderjahr 2023 anhand meteorologischer, hydrologischer und bewirtschaftungsbedingter Faktoren jahresübergreifend festgelegt (Tabelle 11):

- (1) die Wasserbehandlung im Winter 2022/2023 vom 01.11.2022 bis 15.05.2023,
- (2) die Wasserbehandlung im Frühjahr und Sommer 2023 vom 16.05.2023 bis einschließlich 19.09.2023,
- (3) die Anlagenrevision im Herbst 2023 sowie
- (4) die Wasserbehandlung im Winter 2023 vom 16.11.2023 bis vorerst 31.12.2023.

In der Tabelle 10 sind die Mittelwerte der Wassertemperatur, des Durchflusses und der Verweilzeit - die eingangs erwähnten Mastervariablen für den Eisenrückhalt - vor der Vorsperre Bühlow und nach der Hauptsperre der Talsperre Spremberg in den drei Bilanzierungsperioden des Kalenderjahres 2023 gegenübergestellt.

**Tabelle 10: Wassertemperatur, Durchfluss und Verweilzeit als Leitvariablen des Eisenerückhalts vor bzw. in der Vorsperre und in der Hauptsperre Spremberg während einzelner Phasen der Wasserbehandlung im Kalenderjahr 2023.**

Bilanzierungsperiode	Wassertemperatur [°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
01.11.2022 bis 15.05.2023	+8,8	+6,8	9,9	9,8	0,19	24,2
16.05.2023 bis 19.09.2023	+18,2	+20,3	9,0	9,9	0,19	23,2
20.09.2023 bis 15.11.2023	+13,4	+14,2	9,5	8,6	0,19	24,8
16.11.2023 bis 31.12.2023	+7,3	+5,1	14,3	13,9	0,15	18,4

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

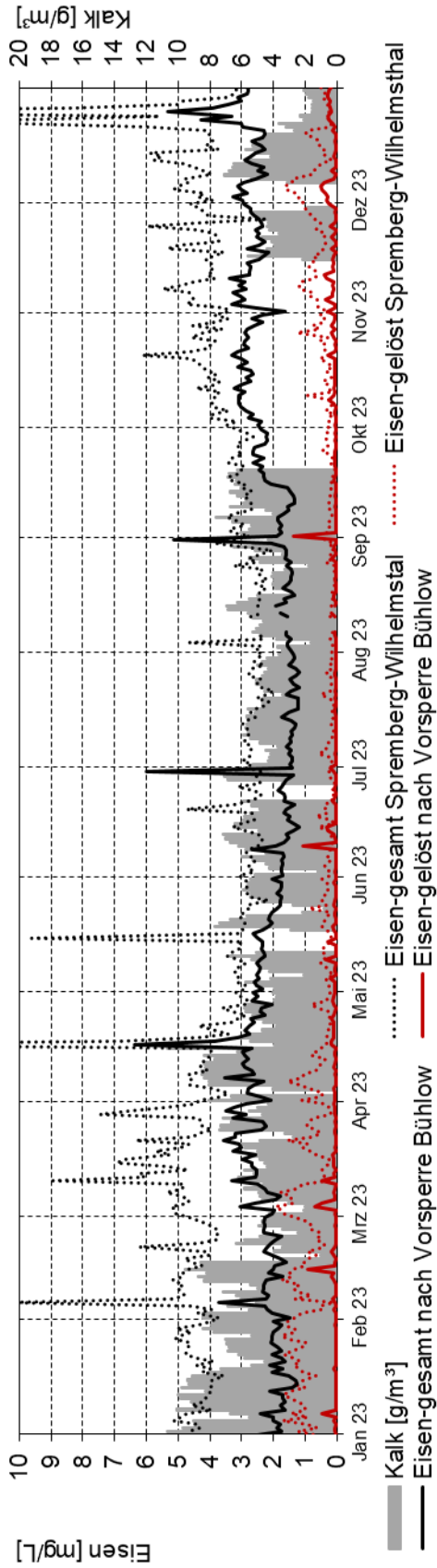
In der Tabelle 11 sind der mittlere Eiseneintrag sowie der mittlere und anteilige Eisenerückhalt in der Vorsperre Bühlow in den Bilanzierungsperioden des Jahres 2023 dargestellt. In Bild 25 ist der frachtbezogene Eisenerückhalt in der Vorsperre Bühlow als Tageswert und als kumulatives Mittel der Bilanzierungsperioden dargestellt.

**Tabelle 11: Eiseneintrag und Eisenerückhalt in der Vorsperre Bühlow während einzelner Phasen der Wasserbehandlung im Kalenderjahr 2023.**

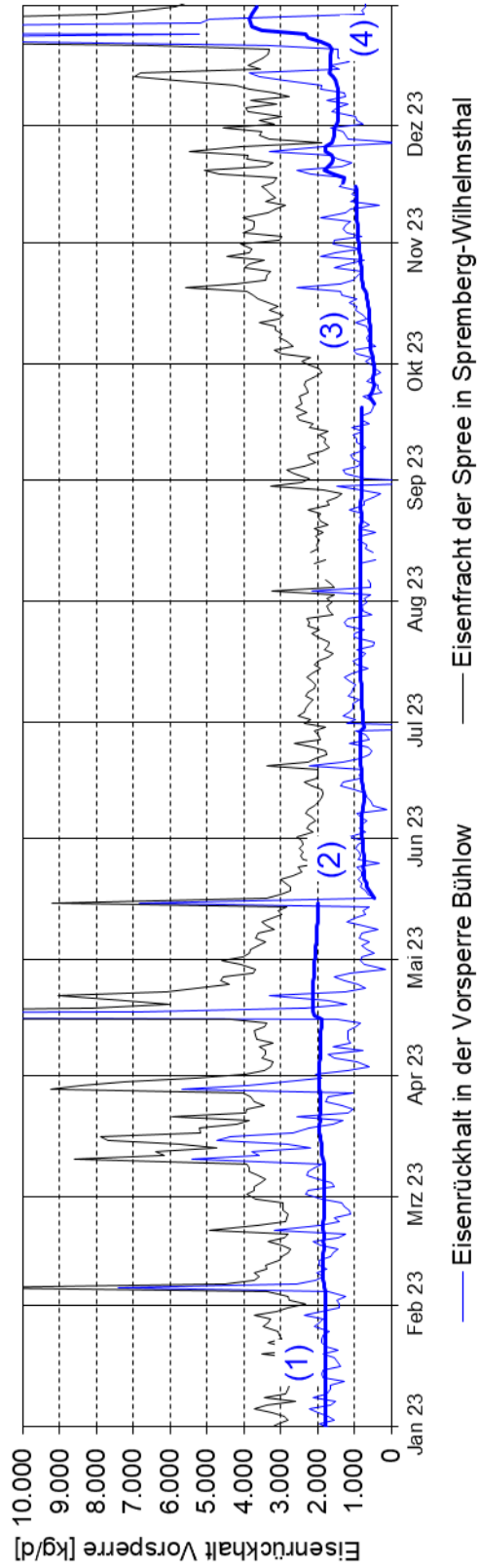
Bilanzierungsperiode	Kennzeichnung	Mittlerer Eintrag	Mittlerer Rückhalt	Anteiliger Rückhalt
		kg/d	kg/d	
01.11.2022 bis 15.05.2023	(1) Eisenerückhalt im Winter 2022/2023 bei Betrieb der Wasserbehandlung	4.110	2.000	49%
16.05.2023 bis 19.09.2023	(2) Eisenerückhalt im Frühjahr und Sommer 2023 bei Betrieb der Wasserbehandlung	2.140	800	37%
20.09.2023 bis 15.11.2023	(3) Eisenerückhalt im Herbst 2023 bei Anlagenrevision	3.200	950	30%
16.11.2023 bis 31.12.2023	(4) Winterlicher Eisenerückhalt bei Betrieb der Wasserbehandlung	7.440	3.650	49%

Der anteilige Eisenerückhalt in der Vorsperre Bühlow betrug in den winterlichen Bilanzierungsperioden (1) und (4) bei hohen Eingangsfrachten jeweils 49 %. In den Bilanzierungsperioden (2) im Frühjahr und Sommer sowie (3) im Herbst während der Anlagenrevision war der anteilige Eisenerückhalt in der Vorsperre Bühlow mit 37 % bzw. 30 % vergleichsweise niedrig, jedoch bei niedrigeren Eingangskonzentrationen.

Obwohl die meteorologischen, physikalischen und chemischen Bedingungen für den Eisenerückhalt in der Sommerperiode (2) am günstigsten waren, ist die Bilanz des anteiligen und absoluten Eisenerückhalts in der Vorsperre in dieser Periode jedoch erfahrungsgemäß ungünstig. Die Ursache liegt in der Eisenkonzentration an der Messstelle Spremberg-Wilhelmsthal, die für eine effektive Flockung zu niedrig ist. Dieses Erkenntnis wird jährlich wiederholt bestätigt.



**Bild 24:** 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 2023.



**Bild 25:** Entwicklung des Eisenrückhalts in der Vorsperre Bühlow als Fracht in kg/d als Tageswerte und als kumulative Mittel über definierte Perioden im Kalenderjahr 2023 (Erläuterung siehe Text und Tabelle 11).

## 5 Quellenverzeichnis

- [Haude 1954] Haude, W.: Zur praktischen Bestimmung der aktuellen und potentiellen Evaporation und Evapotranspiration. – Mitteilungen des deutschen Wetterdienst, Nr. 8.
- [DWD 1995] Ergebnisse methodischer Untersuchungen zur Korrektur des systematischen Meßfehlers des Hellmann-Niederschlagsmessers. Berichte des Deutschen Wetterdienstes 194, Offenbach, 1995.
- [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.
- [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.
- [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.
- [OGewV 2016] Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (Oberflächengewässerverordnung – OGewV) vom 20.06.2016 BGBl. I S. 1373 (Nr. 28).
- [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.

- [IWB 2021] Zusammenfassender Bericht für 2020 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, 26.02.2021.
- [IWB 2022] Zusammenfassender Bericht für 2021 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, 09.03.2022.
- [IWB 2023] Zusammenfassender Bericht für 2022 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, 21.02.2023.