

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 2022



Talsperre Spremberg: Blick von Süden auf die Mündung der Spree in die Talsperre.
(Foto: LMBV, August 2022).

Dresden, am 21. Februar 2023

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 2022

<u>Auftraggeber:</u>	LMBV Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH Knappenstraße 1, 01968 Senftenberg
<u>Bestellnummer:</u>	45056251 vom 25.11.2020
<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. 620
<u>Bearbeiter:</u>	Dr. Wilfried Uhlmann M. Sc. (Geografie) Robert Hiekel M. Sc. (Wasserwirtschaft) Niklas Giering

Dresden, am 21. Februar 2023

Dr. Wilfried Uhlmann

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	1
Abkürzungsverzeichnis	1
1 Einleitung	2
2 Hydrologie und Wasserbewirtschaftung	4
2.1 Witterungsverlauf	4
2.2 Durchfluss in der Spree und Bewirtschaftung der Talsperre Spremberg ...	8
2.3 Wassertemperatur in der Spree.....	11
3 Eisenbelastung der Spree	12
3.1 Sondermonitoring	12
3.2 Belastungsrelevante Maßnahmen und Ereignisse.....	15
3.3 Eisenkonzentrationen	17
3.4 Eisenfrachten.....	21
4 Wasserbehandlung an der Vorsperre Bühlow	26
4.1 Chronologie der Ereignisse	26
4.2 Parameter der Wasserbehandlung	26
4.3 Wirkung der Wasserbehandlung.....	27
5 Quellenverzeichnis	30

Abkürzungsverzeichnis

DWD	Deutscher Wetterdienst
FHM.....	Flockungshilfsmittel
FM	Flockungsmittel
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
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 Hochwasserückhalt 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 (Bild 1 links). Im Sommer 2021 begann der Ersatzneubau der Cantdorfer Brücke. Aus diesem Grund wurden die Eintragsleitungen zur Kalkdosierung umgebaut. Seit September 2021 erfolgt die Kalkdosierung etwa 50 Meter im Unterstrom der neuen Spreebrücke an einer neu errichteten Plattform im Fluss (Bild 2). 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.

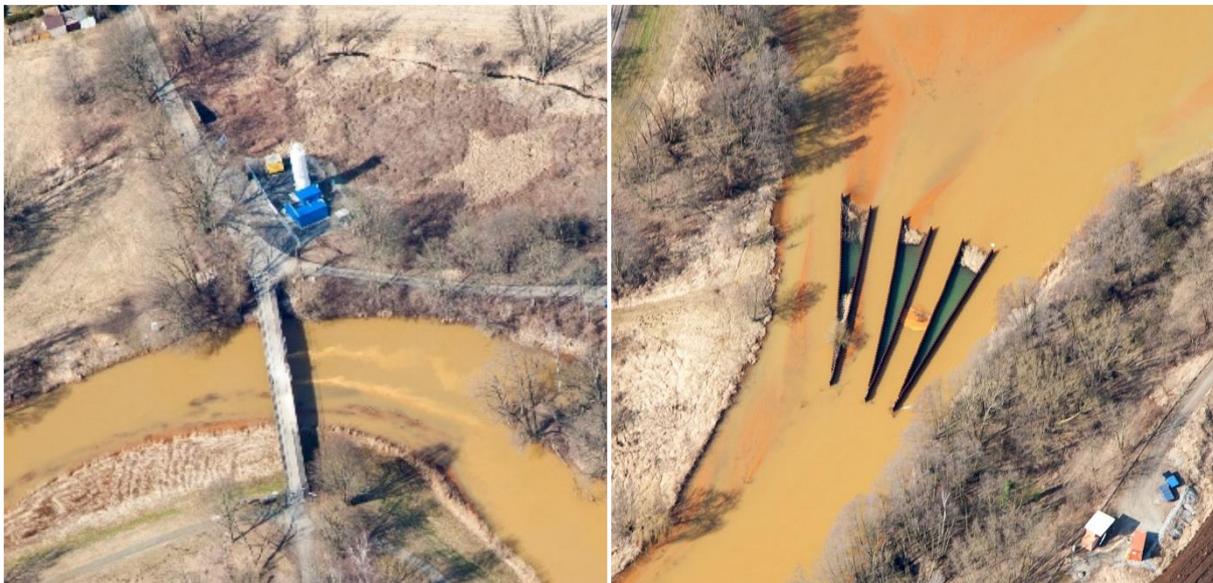


Bild 1: Wasserbehandlungsanlage an der Spree mit Kalkstation (TA1, links) und Dosierstelle für das Flockungshilfsmittel am Verteilerbauwerk der Vorsperre Bühlow (TA2, rechts). (Fotos: Rauhut, März 2018).



Bild 2: Wasserbehandlungsanlage an der Spree mit Ersatzneubau der Spreebrücke (Cantdorfer Brücke) in Spremberg Wilhelmsthal (links, 19.05.2022) und neue Eintragsplattform TA1 (rechts, 13.01.2023). (Fotos: Rauhut, IWB).

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 ein Sondermonitoring der Wasserbeschaffenheit im Auftrag der LMBV und der LE-B betrieben (Kapitel 3.1). Die Ergebnisse des Sondermonitorings werden in Form von Jahresberichten für die Kalenderjahre zusammengefasst. Der vorliegende Bericht umfasst die Ergebnisse des Sondermonitorings für das Kalenderjahr 2022.

2 Hydrologie und Wasserbewirtschaftung

2.1 Witterungsverlauf

Die Witterung in der Umgebung der Talsperre Spremberg im Kalenderjahr 2022 kann anhand der Lufttemperatur (Bild 3), des Niederschlags (Bild 4 und Bild 5 unten) und der klimatischen Wasserbilanz (Bild 5 oben) an der DWD-Wetterstation Cottbus charakterisiert werden. Die DWD-Wetterstation Cottbus kann aufgrund der räumlichen Nähe zum Untersuchungsgebiet im Hinblick auf die Großwetterlagen als ausreichend repräsentativ angenommen werden. In der Tabelle 1 sind die relevanten Eckzahlen der Wetterdaten für das Berichtsjahr und für die dreißigjährige Vergleichsperiode von 1993 bis 2022 gegenübergestellt.

Tabelle 1: Eckzahlen der maßgeblichen Wetterdaten für das Kalenderjahr 2022 und für die langjährigen Jahresmittelwerte der Vergleichsperiode von 1993 bis 2022 an der DWD-Wetterstation Cottbus.

Klimatische Größe	Einheit	Kalenderjahr 2022	Vergleichsperiode 1993-2022
Jahresniederschlag, korrigiert nach [DWD 1995]	mm/a	471	625
Grasreferenzverdunstung nach [Haude 1954]	mm/a	868	740
Klimatische Wasserbilanz	mm/a	-397	-115
Mittelwert der Sonnenscheindauer	h/d	5,4	4,8
Mittelwert der Lufttemperatur	°C	+11,0	+10,1
Maximum der Lufttemperatur	°C	+39,2	+39,2
Minimum der Lufttemperatur	°C	-10,1	-21,8
Anzahl Eistage ($T_{\max} < 0 \text{ °C}$)	Tage/Jahr	8	17
Anzahl Frosttage ($T_{\min} < 0 \text{ °C}$)	Tage/Jahr	79	84
Anzahl Sommertage ($T_{\max} \geq 25 \text{ °C}$)	Tage/Jahr	66	57
Anzahl Heiße Tage ($T_{\max} \geq 30 \text{ °C}$)	Tage/Jahr	21	16

Die Lufttemperatur war im Jahr 2022 mit +11,0 °C im Mittel rund 1 Grad höher im Vergleich zur 30-jährigen Messreihe von 1993 bis 2022 (Tabelle 1). Die Darstellung der Tagesmittelwerte der Lufttemperatur (rote Linie in Bild 3) erfolgt im Vergleich zu

den langjährigen Monatsmittelwerten (schwarze Treppe in Bild 3). Im Normalfall schwankt die rote Linie um die schwarze Linie. Die einseitigen Abweichungen zeigen, dass der Januar, der Februar, der Juni, der August und der Oktober 2022 zwischen 2,0 und 3,2 Grad wärmer waren. Der April und der September 2022 waren dagegen 1,5 Grad kühler. Die anderen Monate lagen in der „Norm“. Im Dezember 2022 wurde ein Kälteeinbruch mit acht aufeinanderfolgenden Eistagen erfasst.

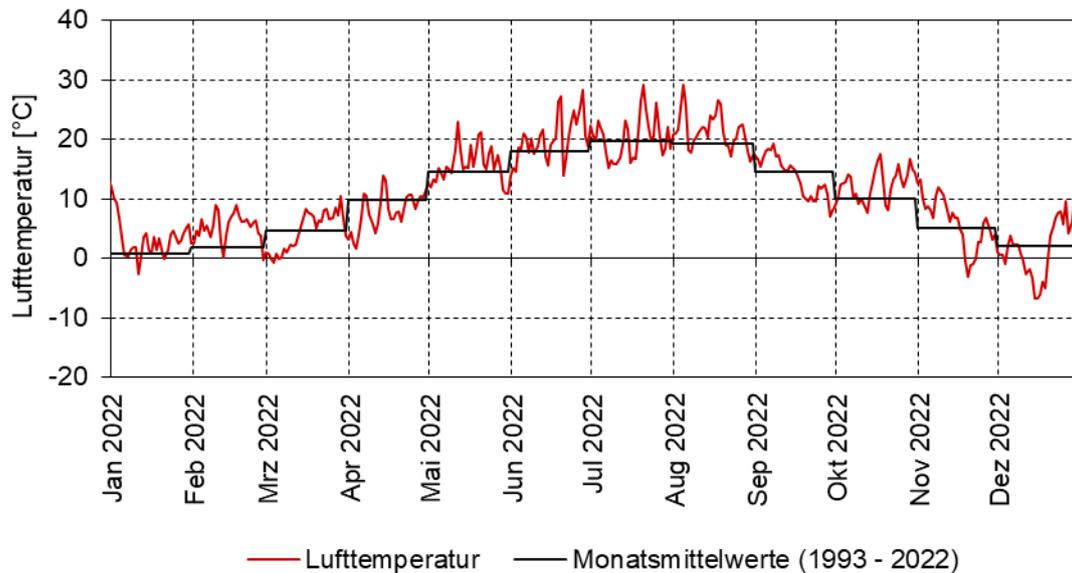


Bild 3: Ganglinie der Tagesmittelwerte der Lufttemperatur im Kalenderjahr 2022 im Vergleich zu den langjährigen Monatsmittelwerten der Lufttemperatur in den Jahren 1993 bis 2022 an der DWD-Wetterstation Cottbus.

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 lag im Jahr 2022 mit 471 mm rund 150 mm niedriger als der Mittelwert der 30-jährigen Reihe von 1993 bis 2022 mit 625 mm/a. Der Niederschlag war in den Monaten Januar und Februar 2022 sowie September bis Dezember 2022 gleichmäßig verteilt. Von Juni bis August 2022 dominierten niederschlagsarme bzw. -freie Perioden, die durch kurze ergiebige Niederschlagsereignisse unterbrochen wurden (Bild 5 unten). Der März und der Juli 2022 waren mit Niederschlagssummen von 3 bzw. 12 mm nahezu niederschlagsfrei (Bild 4). Ungewöhnlich war, dass die klimatische Wasserbilanz des Spätsommermonats September 2022 im Vergleich zur 30-jährigen Messreihe überschüssig war (Bild 5 oben).

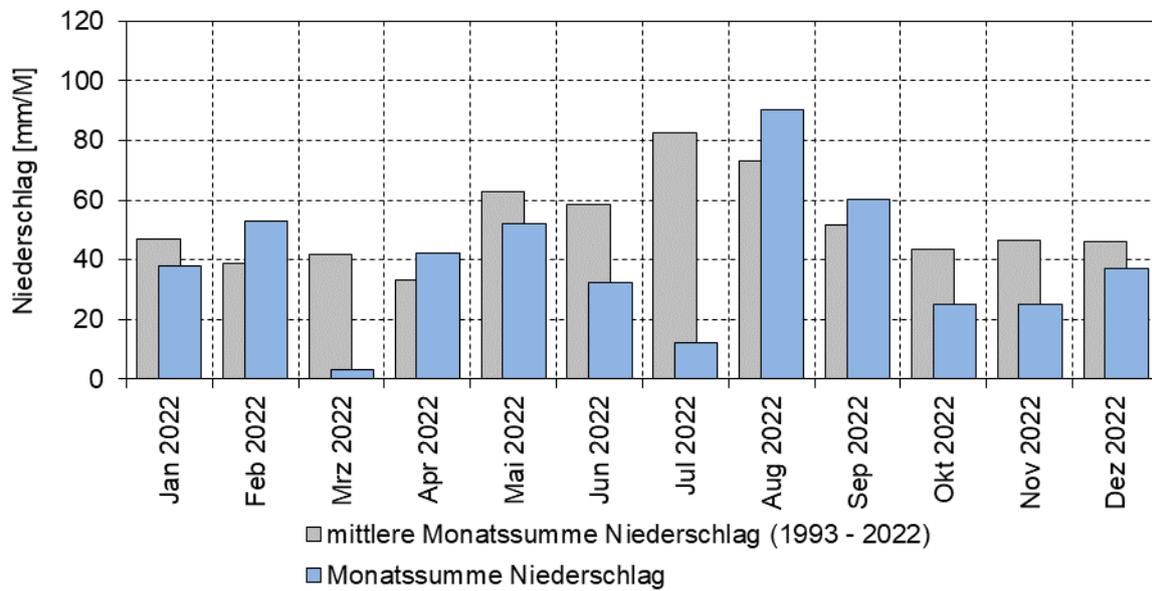


Bild 4: Monatssummen des Niederschlags im Kalenderjahr 2022 und langjährige mittlere Monatssummen des Niederschlags der Kalenderjahre 1993 bis 2022 an der DWD-Wetterstation Cottbus.

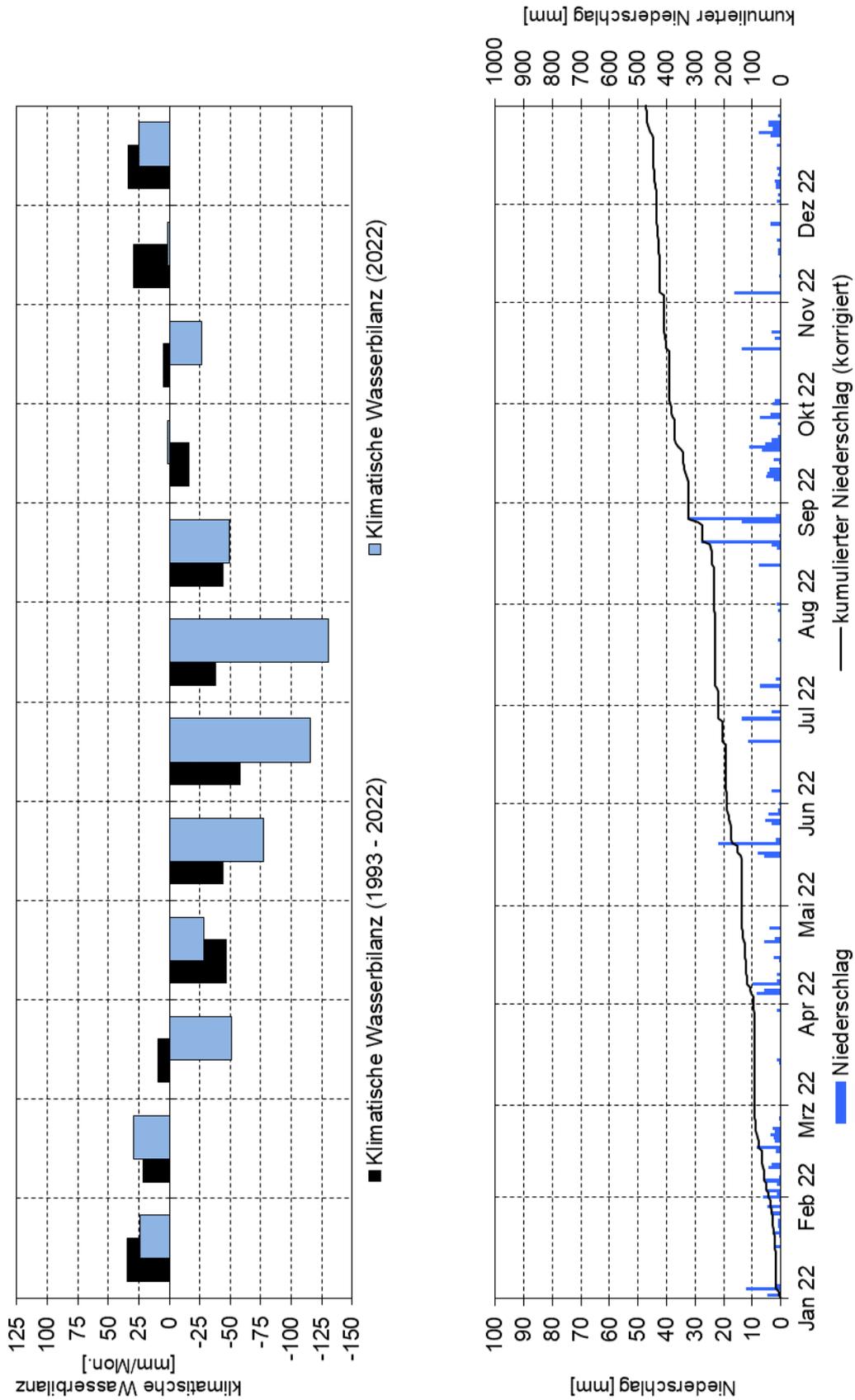


Bild 5: Monatssummen der klimatischen Wasserbilanz im Kalenderjahr 2022 im Vergleich mit den Mittelwerten der Kalenderjahre 1993 bis 2022 (oben) und Tageswerte der Niederschlagshöhe und kumulative Niederschlagssumme (unten) an der DWD-

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 7 ist die Durchflussganglinie des Pegels Spremberg auf der Grundlage von Tagesmittelwerten dargestellt.

Der Durchfluss der Spree am Pegel Spremberg lag im Jahr 2022 als Tagesmittelwert in einem Band zwischen 6,7 und 21,5 m³/s und betrug im Jahresmittel 9,1 m³/s. Der höchste Durchfluss wurde ereignisbezogen am 22.02.2022 gemessen. Die größten Schwankungen traten witterungsbedingt im ersten Halbjahr 2022 auf. In der trockenen Periode ab Juni 2022 lag der Durchfluss der Spree meist zwischen 8 und 9 m³/s. Im Berichtszeitraum gab es kein Hochwasser. Der Durchfluss der Spree am Pegel Spremberg lag deutlich niedriger als in der 10-jährigen Vergleichsperiode von 2013 bis 2022 (Bild 8).

Die Wasserführung in der Spree wurde durch Abgaben aus den Talsperren Bautzen und Quitzdorf (Speicher der LTV) mit 2,8 m³/s im Jahresmittel sowie aus dem SB Bärwalde und dem WSS Lohsa II (Speicher der LMBV) mit 1,5 m³/s im Jahresmittel sowie durch die Überleitung von durchschnittlich 0,2 m³/s Neißewasser (LMBV) gestützt (Bild 7). 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 2022 am Pegel Spremberg ein Grundstock von im Mittel 5,2 m³/s des Durchflusses in der Spree gewährleistet.

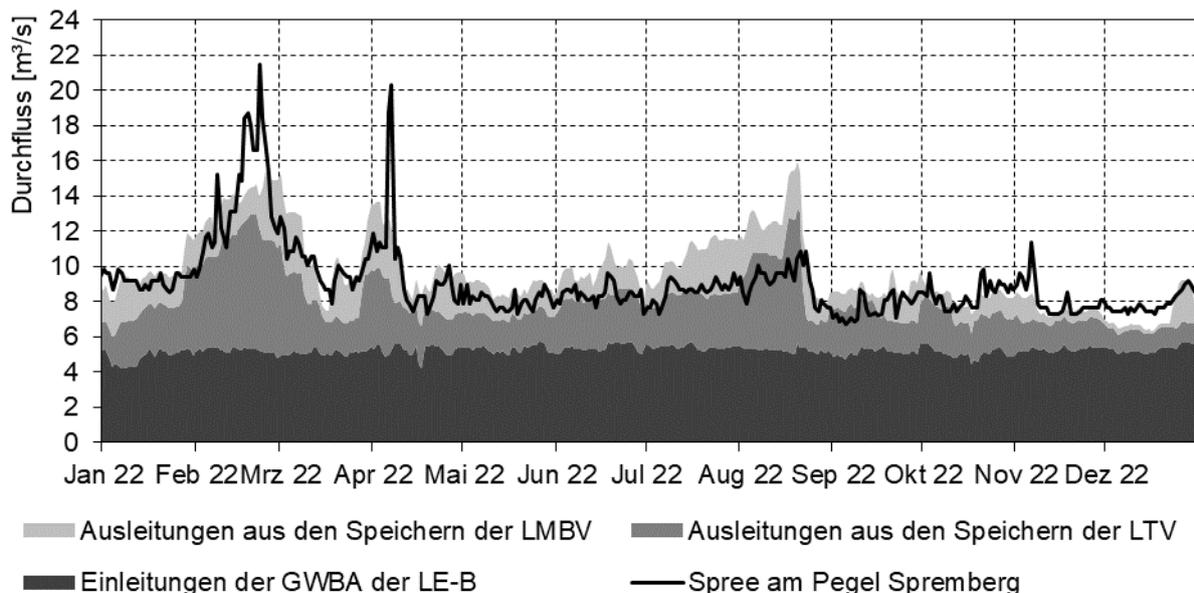


Bild 7: Tagesmittelwerte des Durchflusses der Spree am Pegel Spremberg (schwarze Linie) sowie Einleitungen der GWBA der LE-B (dunkelgrau), Ausleitungen aus den Speichern der LTV (grau) und Ausleitungen aus den Speichern der LMBV (hellgrau) im Kalenderjahr 2022 (Entnahmen sind nicht dargestellt).

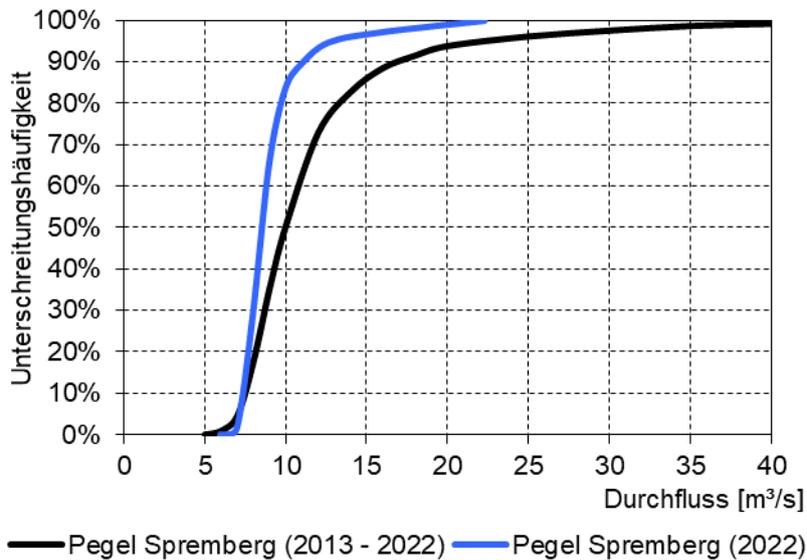


Bild 8: Dauerlinien der Unterschreitungshäufigkeit des Durchflusses der Spree am Pegel Spremberg im Kalenderjahr 2022 (blau) und im Vergleichszeitraum seit Beginn des täglichen Monitorings an der Talsperre Spremberg von 2013 bis 2022 (schwarz).

Die Talsperre Spremberg wird entsprechend ihrer regulären Zweckbestimmung als Speicher bewirtschaftet. Ende des Jahres 2022 lag der Wasserspiegel bei ca. +91,8 m NHN (Bild 9). In der aktuellen Berichtsperiode wurde die Talsperre bis Mitte April 2022 auf maximal +92,2 m NHN eingestaut. Dazu wurde u. a. die kurzzeitige Abflussspitze im April 2022 eingestapelt (Bild 10). Zu Beginn des hydrologischen Sommerhalbjahres ab Mai 2022 und verstärkt im Juni und Juli 2022 wurden die gespeicherten Wasserressourcen zur Niedrigwasseraufhöhung in der Spree in Anspruch genommen. Die Talsperre Spremberg wurde bis Mitte September 2022 mit Unterbrechung durch eine dreitägige Auffüllphase Mitte August 2022 sukzessive auf +90,6 m NHN abgesenkt. In dieser Zeit wurden ca. 9,0 Mio. m³ Wasser freigegeben, was einem mittleren Volumenstrom von etwa 0,8 m³/s entspricht. Anschließend wurde die Talsperre bis zur ersten Oktoberdekade zügig auf +91,0 m NHN aufgefüllt und bis Dezember 2022 auf diesem Niveau gehalten.

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 10 abgelesen werden, wobei hier Zugänge durch Niederschlag sowie Verluste durch Verdunstung und Versickerung nicht mit abgebildet sind.

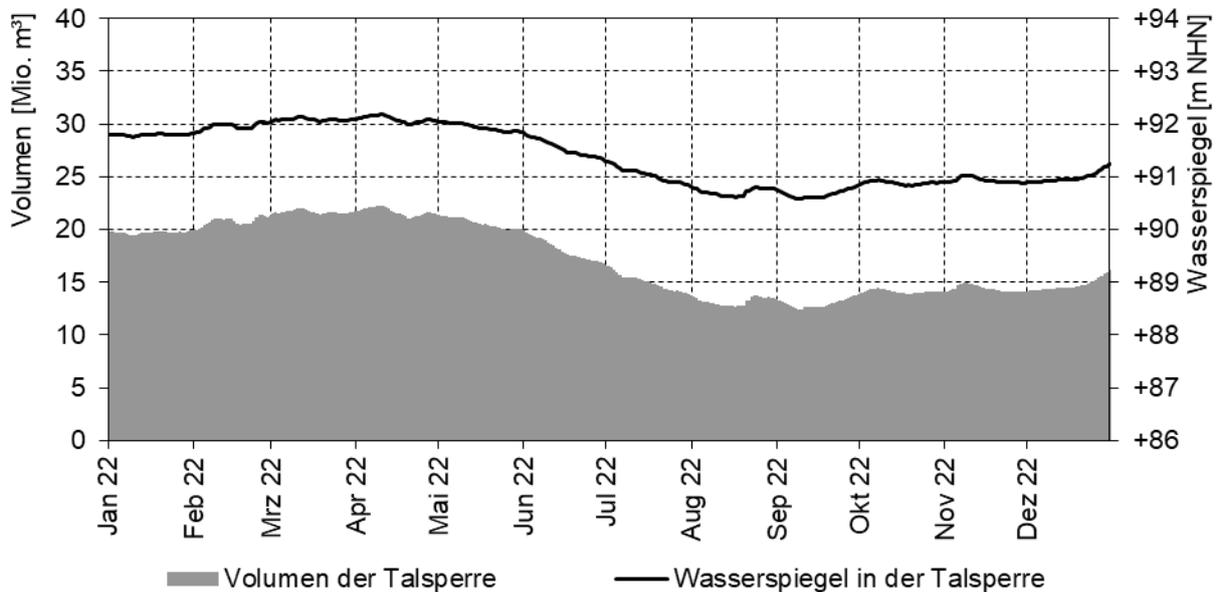


Bild 9: Wasserstand und Füllvolumen der Talsperre Spremberg im Kalenderjahr 2022, Quelle: LfU Brandenburg.

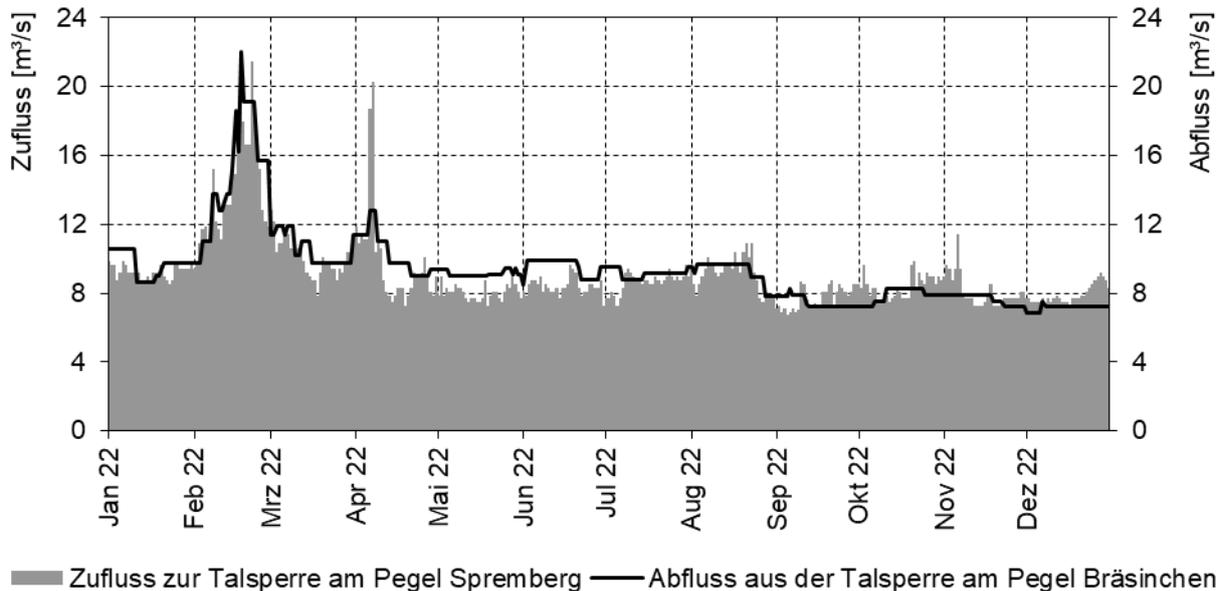


Bild 10: Durchfluss der Spree in Spremberg (Zulauf zur Talsperre) und in Bräsinchen (Ablauf aus der Talsperre) im Kalenderjahr 2022, unkorrigierte Werte, Quelle: LfU Brandenburg.

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 11 als siebentägiges gleitendes Mittel dargestellt. Beim Durchgang hoher Durchflüsse in den Wintermonaten und ggf. während der Sommermonate mit geringem Speichervolumen können „Einbrüche“ der Verweilzeit festgestellt werden. Das sind die Phasen, in denen mit höheren Eisenasträgen aus der Talsperre Spremberg zu rechnen wäre, sofern andere Mechanismen des Eisenrückhalts nicht funktionieren.

Im Berichtsjahr 2022 lag die dynamische Verweilzeit des Spreewassers in der Talsperre Spremberg in einer Spanne von 11 bis 28 Tagen. Im Februar hatte die Verweilzeit aufgrund des hohen Durchflusses der Spree das Jahresminimum (Bild 11). Von Juni bis August 2022 sank der Füllstand der Talsperre durch die stetige Inanspruchnahme zur Niedrigwasseraufhöhung, wodurch sich die Verweilzeit des Spreewassers sukzessiv verkürzte. Mit steigendem Füllstand ab Oktober 2022 verlängerte sich die Verweilzeit in der Talsperre wieder. Die lange Verweilzeit von zwei bis vier Wochen enthält hohe Sicherheitsreserven für den Eisenrückhalt in der Talsperre Spremberg.

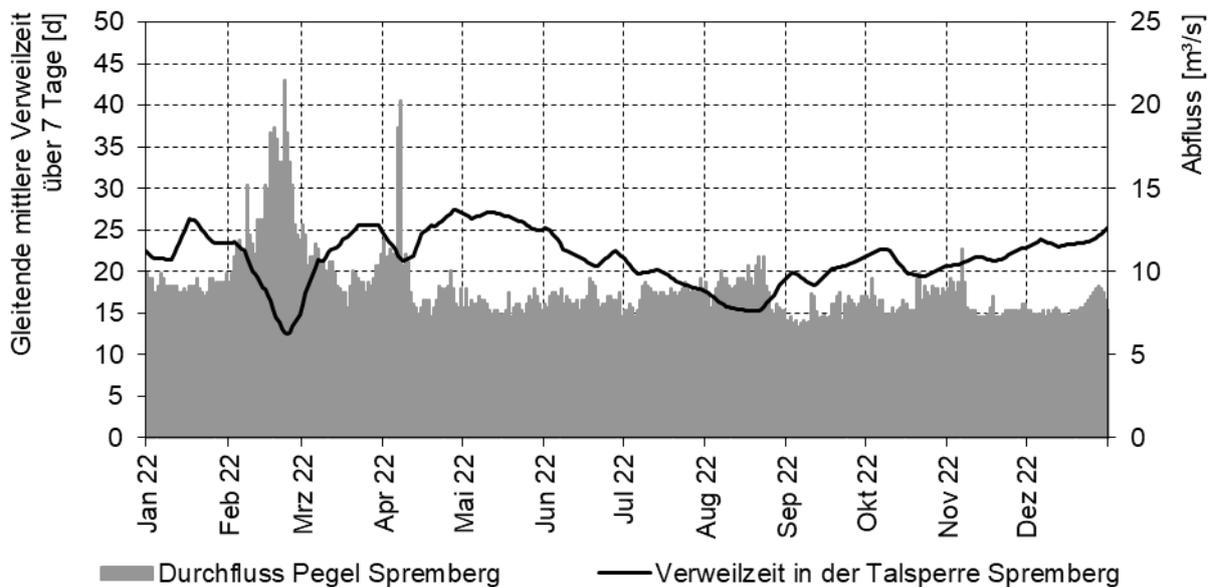


Bild 11: Rechnerische Verweilzeit des Wassers der Spree in der Talsperre Spremberg (nur Hauptsperre) im Kalenderjahr 2022 als siebentägiges gleitendes Mittel.

2.3 Wassertemperatur in der Spree

Die Wassertemperatur in der Spree vor der Talsperre in Spremberg-Wilhelmsthal (Mst. 1180) schwankte im Berichtsjahr 2022 zwischen +3 °C im Dezember und maximal +23 °C im August (Bild 12). Die Temperaturamplitude der Spree spreizte sich beim Durchgang durch die Talsperre Spremberg aufgrund der großen Kontaktfläche mit der Atmosphäre auf. In der Spree in Bräsinchen (Mst. 1200) schwankte die Wassertemperatur zwischen + 1 °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).

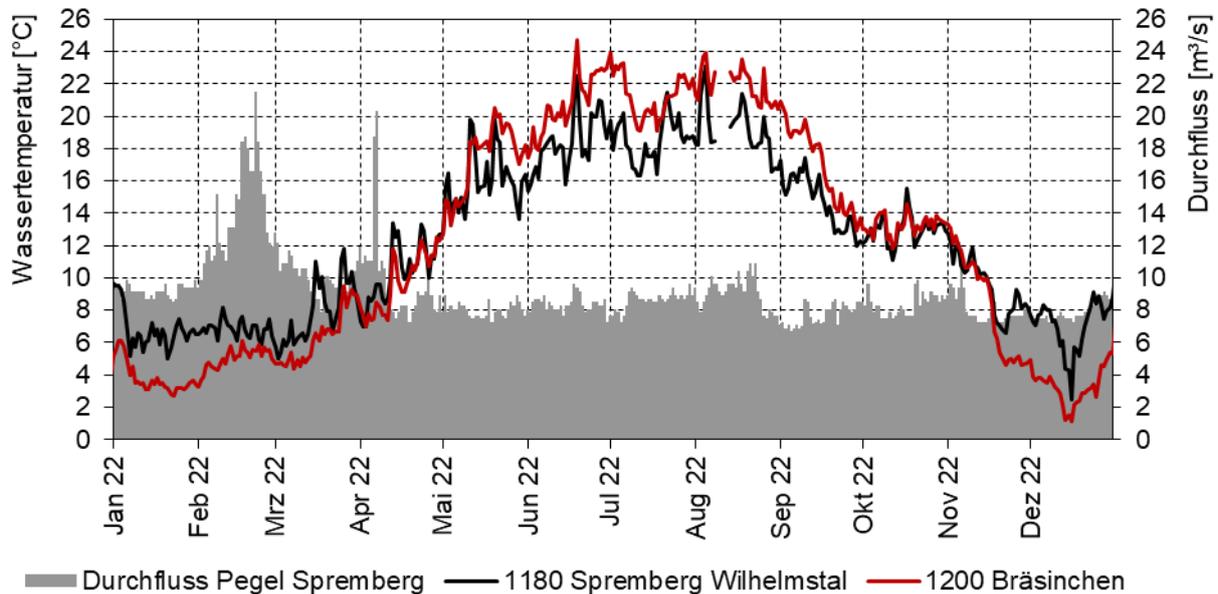


Bild 12: Entwicklung der Wassertemperatur in der Spree im Zulauf zur Talsperre Spremberg (Spremburg-Wilhelmsthal) und nach der Hauptsperre in der Spree in Bräsinchen im Kalenderjahr 2022.

3 Eisenbelastung der Spree

3.1 Sondermonitoring

Die Wasserbeschaffenheit der Spree wird im Rahmen des Sondermonitorings an den drei nachfolgenden Messstellen täglich erfasst (Bild 13).

- 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 der Bauarbeiten an der Spreebrücke in Spremberg-Wilhelmsthal wurde im September 2021 für die Messstelle 1180 eine Ausweichmessstelle am Pegel Spremberg (Bild 13) eingerichtet [IWB 2022]. Der Pegel Spremberg liegt etwa 1.500 Meter stromoberhalb der Messstelle 1180. Nach Abschluss der für das Jahr 2023 geplanten Gewässerberäumung im Bereich der neuen Spreebrücke in Spremberg-Willhelmsthal wird die ursprüngliche Messstelle reaktiviert. Im vorliegenden Bericht wurden die Daten der Messstelle 1180 in Spremberg-Wilhelmsthal mit den Befunden der Ausweichmessstelle fortgeschrieben.

Die Fotos in Bild 14 bis Bild 16 zeigen markante Zustände an den Messstellen des Sondermonitorings im Kalenderjahr 2022. Die Farbgraduierung kennzeichnet jeweils das Maß der Eisenbelastung der Spree an den entsprechenden Stellen.

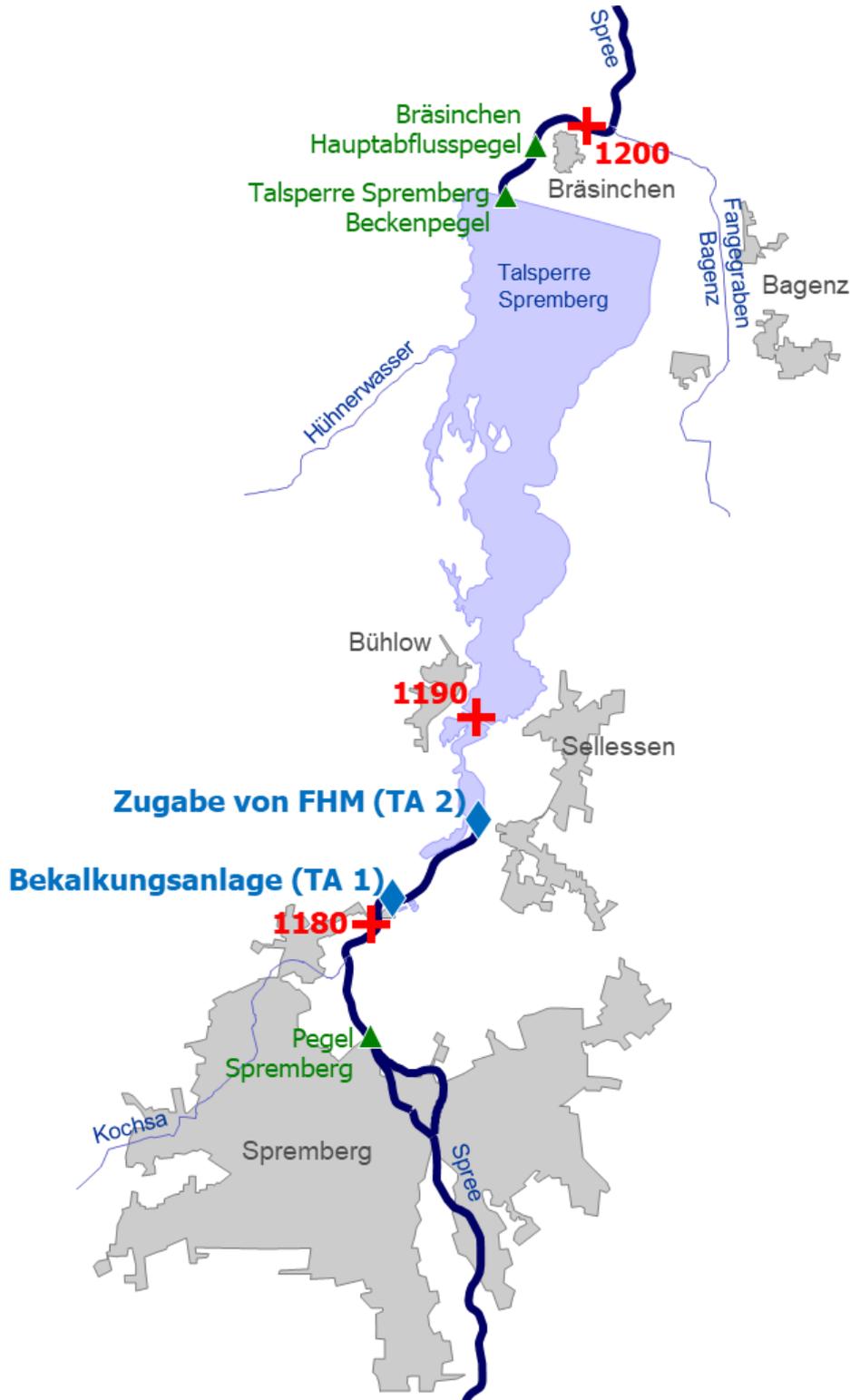


Bild 13: Lage der Messstellen des Monitorings an der Talsperre Spremberg, der amtlichen Pegel und der Maßnahmen der Wasserbehandlung an der Spree vor der Vorsperre Bühlow.



Bild 14: Messstelle am Pegel Spremberg am 15.07.2022 (Foto: IWB)

- Durchfluss rund 8,7 m³/s
- starke Trübung
- orangebraune Färbung
- Eisen-gesamt = 2,6 mg/L
- Eisen-gelöst = 0,31 mg/L

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



Bild 15: Messstelle 1190 an der Brücke Bühlow/Sellessen am 15.07.2022 (Foto: IWB)

- Durchfluss rund 8,7 m³/s
- schwache Trübung
- grünlich-gelbliche Färbung
- Eisen-gesamt = 1,7 mg/L
- Eisen-gelöst = 0,09 mg/L

Zustand der Spree nach der Wasserbehandlung in der Vorsperre Bühlow.



Bild 16: Messstelle 1200 an der Brücke in Bräsinschen am 15.07.2022 (Foto: IWB)

- Durchfluss rund 9,2 m³/s
- keine Trübung
- farblos
- Eisen-gesamt = 0,2 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 2022 wurden 362 Beprobungen durchgeführt. Bei 365 Kalendertagen liegen damit ein hoher zeitlicher Deckungsgrad von 99 % und ein statistisch sehr 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, 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 2022 zuverlässig charakterisiert und bilanziert werden.

3.2 Belastungsrelevante Maßnahmen und Ereignisse

Im Kalenderjahr 2022 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:
 - der Ausbau und die Beräumung der Kleinen Spree im Unterlauf auf einer Länge von ca. 4,5 Kilometer zwischen Burghammer und Spreewitz,
 - Stellhandlungen an den Spreewehren im Stadtgebiet Spremberg, u. a. zur Funktionskontrolle und für den Kanusport,
 - die laufende Entschlammung der Vorsperre Bühlow,
 - 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 bereits 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 2022.

Datum	Objekt	Ereignis
Ganzjährig, i.d.R. wöchentlich	Stadmühlenwehr Weißes Wehr	Kontrolle der Wehranlagen und Wehrbedienung bei Bedarf (z. B. für den Kanusport)
28.02.2022 bis 01.03.2022	Weißes Wehr	Trockenlegung der Wehranlage aufgrund von Baumaßnahmen
05.04.2022 bis 08.04.2022	Stadmühlenwehr	Sedimentberäumung vor dem Fischpass
23.06.2022	Weißes Wehr	Wehrbedienung
04.08.2022	Weißes Wehr	Wehrbedienung
03.09.2022	Weißes Wehr	Wehrbedienung
04.09.2022	Weißes Wehr	Wehrbedienung
07.11.2022 bis 08.11.2022	Stadmühlenwehr	Wartung und Funktionsprobe der Wehranlage
28.11.2022	Weißes Wehr	Wartung der Wehranlage und Wehrbedienung

3.3 Eisenkonzentrationen

Die **Eisen-gesamt-Konzentration** der Spree in **Spremberg-Wilhelmsthal** (Mst. 1180) lag im Kalenderjahr 2022 in einer Bandbreite zwischen 2 und 157 mg/L und im arithmetischen Mittel der 362 erfassten Terminwerte bei 4,3 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 zu einem Termin im Juni 2022 erfasst (Bild 17). Im Kalenderjahr 2022 gab es zwei Ereignisse mit hohen Eisen-gesamt-Konzentrationen ≥ 10 mg/L (Tabelle 4).

Tabelle 4: Terminwerte mit erhöhten Eisenkonzentrationen in der Spree an der Messstelle Spremberg-Wilhelmsthal (Mst. 1180) und termingleicher Durchfluss am Pegel Spremberg im Kalenderjahr 2022.

Nr.	Datum	Eisen-gesamt [mg/L]	Eisen-gelöst [mg/L]	Durchfluss [m ³ /s]
1	17.02.2022	10,1	0,12	18,4
2	06.04.2022	157,0	1,38	18,7

Die erhöhte Eisenkonzentration im Februar 2022 wird auf hydrometeorologische Ursachen zurückgeführt. Die Konzentrationsspitze im April 2022 war bewirtschaftungsbedingt (Kapitel 3.2).

Die niedrigsten Eisen-gesamt-Konzentrationen wurden während der Sommermonate bei niedrigen Durchflüssen um 8 m³/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 0,4 und 3,7 mg/L und im arithmetischen Mittel der Tageswerte bei 2,3 mg/L. Die höchste Eisenkonzentration trat am 06.04.2022 durch Sedimentverfrachtung im Zusammenhang mit Arbeiten zur Gewässerunterhaltung auf. Im Kalenderjahr 2022 wurde der Orientierungswert nach OGewV von 1,8 mg/L bereits nach der Vorsperre zu rund 20 % der Messtermine bei einem Regelbetrieb der Wasserbehandlung im TA1 (Bekalkung) im April und Mai 2022 sowie unter hochsommerlichen Verhältnissen von Juni bis September 2022 unterschritten. Zudem wurden im November und Dezember 2022 vergleichsweise niedrige Eisen-gesamt-

Konzentration nach der Vorsperre Bühlow erfasst (Bild 17). 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 2022 zwischen 0,1 und 1,4 mg/L und im arithmetischen Mittel der Tageswerte bei 0,5 mg/L. Das Niveau der Eisen-gesamt-Konzentration am Auslauf der Talsperre Spremberg war im Sommer 2022 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 11) wesentlich von der niedrigen Wassertemperatur (vgl. Bild 12) verursacht. Einzelne Befunde bis 1,4 mg/L können zum Teil mit Funktionsproben oder Stellhandlungen am Ablaufbauwerk und mit der Unterhaltung der Staumauerdränagen der Talsperre Spremberg zeitlich in Verbindung gebracht werden.

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 18). In den Wintermonaten Januar bis April sowie November und Dezember des Jahres 2022 lagen die Eisen-gelöst-Konzentrationen in **Spremberg-Wilhelmsthal** im Mittel bei 0,9 mg/L. In Phasen mit erhöhtem Durchfluss in der Spree im Februar und in der letzten Dezemberwoche sank die Eisen-gelöst-Konzentration in Spremberg-Wilhelmsthal durch Verdünnung unter 0,5 mg/L. Zudem begünstigten die erhöhten Wassertemperaturen in der letzten Dezemberwoche die Eisenoxidation. In den Sommermonaten Mai bis Oktober 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 Kalkung 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 sowohl im Sommer- als auch im Winterhalbjahr bei 0,07 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 0,04 mg/L Eisen-gelöst gemessen. Die höchste Konzentration von 0,20 mg/L wurde einmalig im Juni 2022 erfasst.

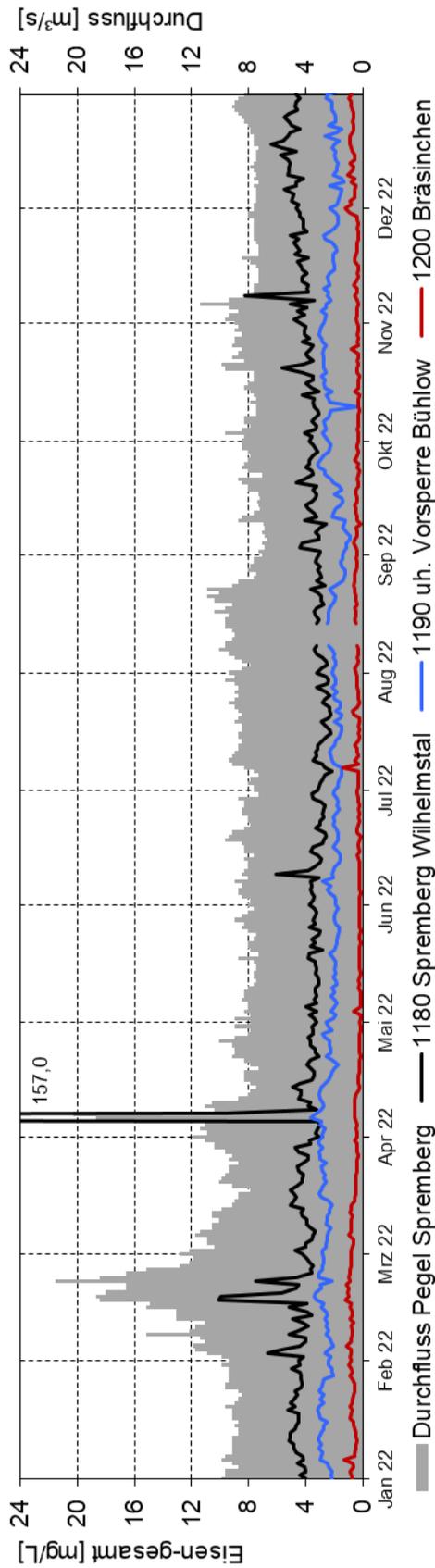


Bild 17: Entwicklung der Eisen-gesamt-Konzentration in der Spree in Spremberg-Wilhelmstal, nach der Vorsperre Bühlow und in Bränsinchen sowie Durchfluss der Spree in Spremberg im Kalenderjahr 2022.

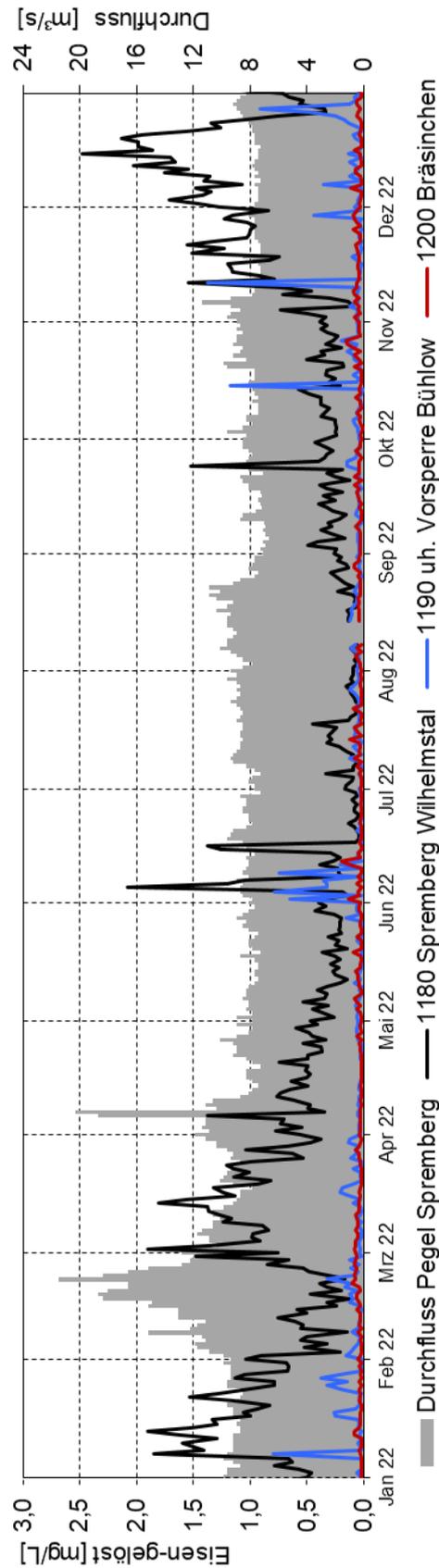


Bild 18: Entwicklung der Eisen-gelöst-Konzentration in der Spree in Spremberg-Wilhelmstal, nach der Vorsperre Bühlow und in Bränsinchen sowie Durchfluss der Spree in Spremberg im Kalenderjahr 2022.

Der jahreszeitliche Unterschied der Eisenbelastung kann anhand der statistischen Kennzahlen für das hydrologische Winterhalbjahr 2022¹⁾ und für das hydrologische Sommerhalbjahr 2022²⁾ gekennzeichnet werden (Tabelle 5), wobei die definitionsgemäßen Abweichungen zwischen dem hydrologischen und dem Kalenderjahr zu berücksichtigen sind (siehe Fußnote zur Tabelle 5).

Tabelle 5: Vergleich der sommerhalbjährlichen und winterhalbjährlichen Konzentrationswerte (in mg/L) und -spannen des Eisens an den Messstellen des Sondermonitorings für das hydrologische Jahr 2022.

Messstelle	Hydrologisches Winterhalbjahr 2022 ¹⁾		Hydrologisches Sommerhalbjahr 2022 ²⁾	
	Eisen-gesamt	Eisen-gelöst	Eisen-gesamt	Eisen-gelöst
1180 Spremberg-Wilhelmsthal	$\frac{5,2}{[3,0 \dots 157]}$ (181)	$\frac{0,86}{[0,12 \dots 2,1]}$ (181)	$\frac{3,3}{[2,2 \dots 6,1]}$ (181)	$\frac{0,27}{[0,04 \dots 2,1]}$ (181)
1190 Brücke Bühlow-Sellessen	$\frac{2,6}{[1,8 \dots 3,7]}$ (181)	$\frac{0,07}{[0,02 \dots 0,80]}$ (181)	$\frac{2,0}{[0,4 \dots 3,1]}$ (181)	$\frac{0,07}{[0,01 \dots 1,18]}$ (181)
1200 Bräsinchen	$\frac{0,56}{[0,11 \dots 1,3]}$ (181)	$\frac{0,04}{[0,02 \dots 0,14]}$ (181)	$\frac{0,34}{[0,10 \dots 1,43]}$ (181)	$\frac{0,04}{[0,01 \dots 0,20]}$ (181)

1) hydrologisches Winterhalbjahr 2022: 01.11.2021 - 30.04.2022

2) hydrologisches Sommerhalbjahr 2022: 01.05.2022 - 31.10.2022

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

Der Vergleich der Dauerlinien der Tageswerte der Eisen-gelöst- und Eisen-gesamt-Konzentration für das Kalenderjahr 2022 an den Messstellen der Spree in Spremberg-Wilhelmsthal, nach der Vorsperre Bühlow und in Bräsinchen (Bild 19) kennzeichnet mittels der Flächendifferenzen zugleich den Eisenrückhalt in der Vorsperre Bühlow bzw. in der Talsperre Spremberg.

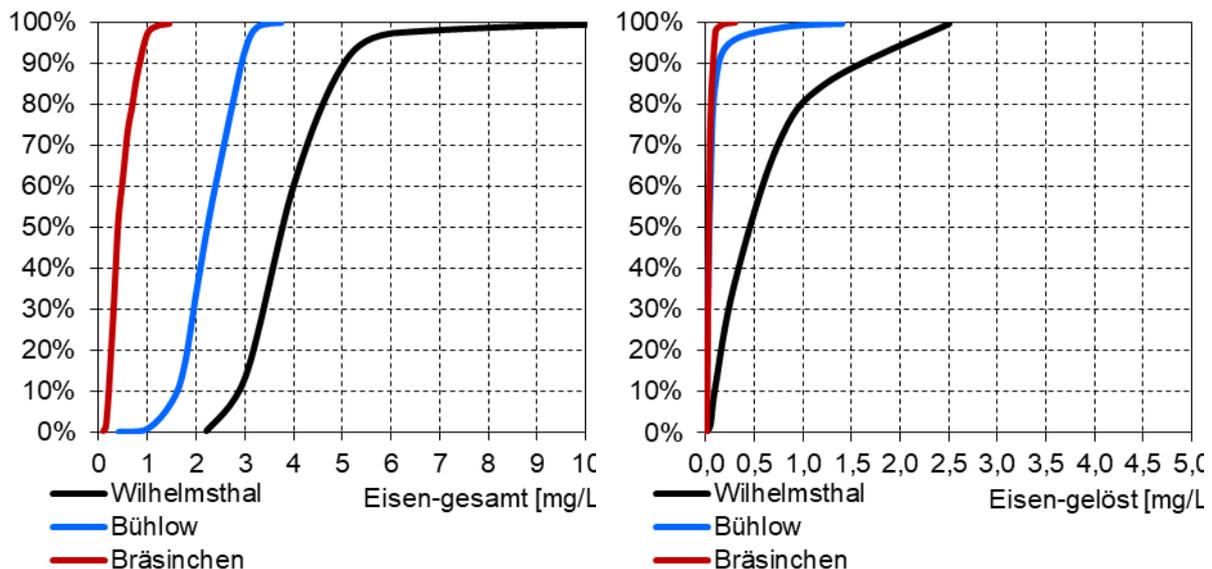


Bild 19: Dauerlinien der Tageswerte der Eisen-gelöst- (rechts) und der Eisen-gesamt-Konzentration (links) für das Kalenderjahr 2022 an den Messstellen der Spree in Spremberg-Wilhelmsthal (schwarz), nach der Vorsperre Bühlow (blau) und in Bräsinchen (rot).

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 20). Im Berichtsjahr und im Vorjahr 2021 lagen die Eisen-gesamt- und Eisen-gelöst-Konzentration deutlich niedriger. Darin zeichnet sich die Wirkung der Abfangmaßnahmen an der Spree und an der Kleinen Spree ab.

Deutlich verringert haben sich im Laufe des nunmehr zehnjährigen Monitorings die Eisen-gelöst-Konzentrationen an der Messstelle Bühlow und die Eisen-gesamt-Konzentration in Bräsinchen, d. h. nach der Passage der Vorsperre bzw. der Hauptsperre (Bild 20). Diese vorteilhafte Entwicklung ist des Weiteren auf die Wasserbehandlung an der Vorsperre Bühlow zurückzuführen.

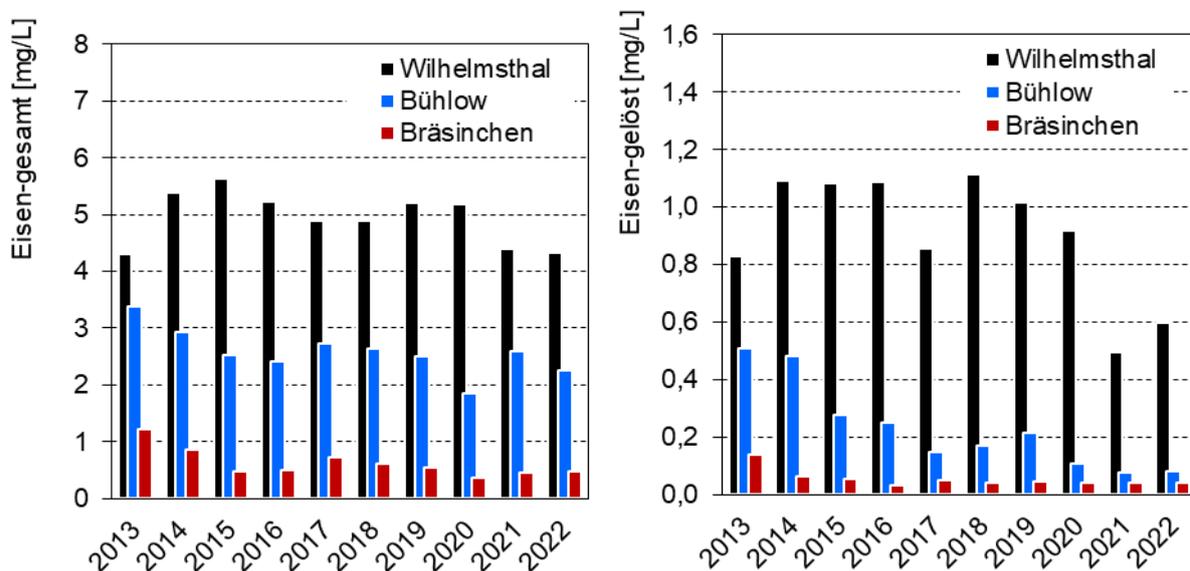


Bild 20: Mittlere Eisen-gesamt (links) und Eisen-gelöst-Konzentrationen (rechts) an den Messstellen der Spree in Spremberg-Wilhelmsthal (schwarz), nach der Vorsperre Bühlow (blau) und in Bräsinchen (rot) für die Kalenderjahre 2013 bis 2022.

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.

In den Wintermonaten am Anfang des Jahres 2022 lag die Eisenfracht der Spree in **Spremberg-Wilhelmsthal** (Mst. 1180) um 4.000 kg/d als Tagesmittelwert (Bild 21). Im Februar stieg die Eisenfracht der Spree aufgrund des erhöhten Durchflusses zeitweise auf etwa 16.000 kg/d. Ereignisbezogen betrug die Eisenfracht am 06.04.2022 in der Spitze rund 254.000 kg/d (Bild 21). Ab Mitte April 2022 sank die Eisenfracht in der Spree in Spremberg-Wilhelmsthal sukzessive und lag im Sommerhalbjahr in der Regel auf einem niedrigeren Niveau zwischen 2.000 und 3.000 kg/d. Von Oktober bis Dezember 2022 stieg die Eisenfracht wieder auf Werte um 4.000 kg/d.

Die Eisenfracht in der Spree nach der **Vorsperre Bühlow** (Mst. 1190) lag zu Beginn des Kalenderjahres 2022 überwiegend um 2.000 kg/d als Tagesmittelwert (Bild 21). Die Eisenfracht schwankte primär in Abhängigkeit von der Stabilität der Wasserbehandlung im TA1. Lediglich im Februar und April 2022 stieg die Eisenfracht im Zusammenhang mit hohen Durchflüssen in der Spree von 21,5 bzw. 18,7 m³/s und gleichzeitig hohen Eisenfrachten von 16.000 bzw. 254.000 kg/d in Spremberg-Wilhelmsthal nach der Vorsperre Bühlow einmalig auf 5.500 bzw. 6.000 kg/d. Im zweiten Quartal des Jahres 2022 sank die Eisenfracht sukzessive unter 2.000 kg/d und blieb anschließend auf diesem Niveau. Die ereignisbezogenen Anstiege der Eisenfracht in Spremberg-Wilhelmsthal wurden in der Vorsperre Bühlow stark gedämpft.

Im Kalenderjahr 2022 betrug die mittlere Eisenfracht am Pegel **Bräsinchen** nach der Passage der Talsperre Spremberg rund 380 kg/d. Im Februar 2022 wurden phasenweise Eisenfrachten um 1.800 kg/d erfasst (Bild 21). In diesen Phasen war der Abfluss aus der Talsperre mit 21,5 m³/s hoch und die Verweilzeit in der Hauptsperre mit 13 Tagen verhältnismäßig kurz. Die ereignisbezogene Belastungsspitze aus der Vorsperre Bühlow im April 2022 wurde von der Talsperre Spremberg vollständig abgefangen.

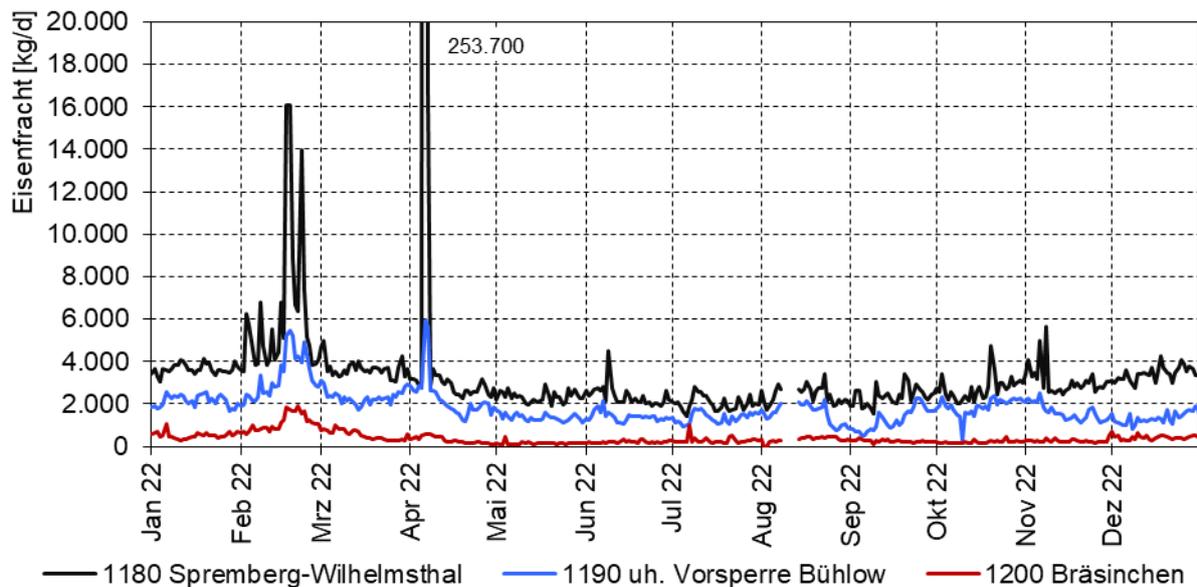


Bild 21: Entwicklung der Eisenfrachten in der Spree in Spremberg-Wilhelmsthal (schwarz), nach der Vorsperre Bühlow (blau) und in Bräsinchen (rot) im Kalenderjahr 2022.

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.

Bilanzierungsperiode	Besonderheit
2012-2013	Überwiegend ausgeglichene Jahre mit hohen Abflüssen in der Spree und zwei markanten Hochwasserereignissen.
2014	Annähernd mittlere hydrologische Bedingungen. Niedriger Stauspiegel in der Talsperre Spremberg wegen der Sanierung der Staumauer und damit deutlich verkürzte Verweilzeit.
2015-2017	Vergleichbare, annähernd mittlere hydrologische Bedingungen.
2018-2019	Vergleichbare hydrologische Bedingungen mit z. T. langanhaltenden Hitzeperioden mit erheblichem Niederschlagsdefizit. Hydrologische Niedrigwassersituation im gesamten Spreegebiet. Wirksamkeit erster Maßnahmen an der Kleinen Spree (Inbetriebnahme des 6er Brunnenriegels).
2020	Hydrometeorologische Bedingungen vergleichbar mit 2018 und 2019. Hydrologische Niedrigwassersituation im gesamten Spreegebiet. Wirksamkeit bestehender Maßnahmen an der Kleinen Spree (6er Brunnenriegel, Horizontaldränage) und an der Spree (Inbetriebnahme der MWBA Neustadt).
2021	Ausgeglichene klimatische Wasserbilanz. Nachlaufende Niedrigwassersituation im gesamten Spreegebiet. Abflussverhältnisse vergleichbar mit 2018 und 2019. Gesteigerte Wirksamkeit bestehender Maßnahmen an der Kleinen Spree (Inbetriebnahme und ganzjähriger Einfahrbetrieb des 10er Brunnenriegels und der MWBA Burgneudorf) und an der Spree (Regelbetrieb der MWBA Neustadt und Inbetriebnahme/Einfahrbetrieb der MWBA Ruhlmühle im 2. Halbjahr).
2022	<u>Aktuelles Berichtsjahr.</u> Hydrometeorologische Bedingungen vergleichbar mit 2018, 2019 und 2020. Hydrologische Niedrigwassersituation im gesamten Spreegebiet. Wirksamkeit bestehender Maßnahmen an der Kleinen Spree (Regelbetrieb des 10er Brunnenriegels und der MWBA Burgneudorf) und an der Spree (Regelbetrieb der MWBA Neustadt und der 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 2022 im Vergleich zu vorhergehenden Bilanzierungsperioden.

Bilanzierungsperiode	1180 Spremberg-Wilhelmsthal			1190 Vorsperre Bühlow		1200 Bräsinchen	
	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	11,9	5.679	100 %	3.090	54 %	844	15 %
2015-2017	11,7	5.356	100 %	2.666	50 %	619	12 %
2018-2019	9,1	3.995	100 %	2.035	51 %	468	12 %
2020	7,3	3.543	100 %	1.195	34 %	202	6 %
2021	9,4	3.666	100 %	2.148	59 %	351	10 %
2022	9,1	3.810	100 %	1.814	48 %	377	10 %

Tabelle 8: Mittlerer Eisenrückhalt in der Vorsperre Bühlow, in der Hauptsperre und in der gesamten Talsperre Spremberg im Kalenderjahr 2022 im Vergleich zu vorhergehenden Bilanzierungsperioden.

Messstelle Bilanzierungs- periode	Eisen- eintrag kg/d	Vorsperre		Hauptsperre		Gesamte Talsperre	
		Eisen- rückhalt kg/d	Anteil	Eisen- rückhalt kg/d	Anteil	Eisen- rückhalt kg/d	Anteil
2012-2013	7.999	1.453	18 %	4.293	54 %	5.746	72 %
2014	5.679	2.589	46 %	2.246	40 %	4.835	85 %
2015-2017	5.356	2.690	50 %	2.046	38 %	4.736	88 %
2018-2019	3.995	1.960	49 %	1.567	39 %	3.527	88 %
2020	3.543	2.348	66 %	993	28 %	3.341	94 %
2021	3.666	1.518	41 %	1.797	49 %	3.315	90 %
2022	3.810	1.996	52 %	1.437	38 %	3.433	90 %

Im Unterschied zur Eisenkonzentration (Bild 20) entwickelte sich die Eisenfracht in der Spree in Spremberg-Wilhelmsthal von 2012/2013 und mit Ausnahme des Jahres 2017 bis zum Jahr 2020 rückläufig (Bild 23). Zudem konnte der Eisenrückhalt in der Vorsperre Bühlow durch die Wasserbehandlung und die Bewirtschaftung anteilig erhöht werden. Gleichzeitig wurde der Eisenrückhalt in der Hauptsperre sowohl anteilig als auch frachtbezogen verringert. 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 die lokalen Maßnahmen des Eisenrückhalts (siehe Kapitel 3.2 und Tabelle 6) an der Spree und an der Kleinen Spree bereits Wirkung. Eine exakte Zuordnung der einzelnen Effekte auf die Eisenbelastung der Spree an der Messstelle 1180 in Spremberg-Wilhelmsthal ist nicht möglich.

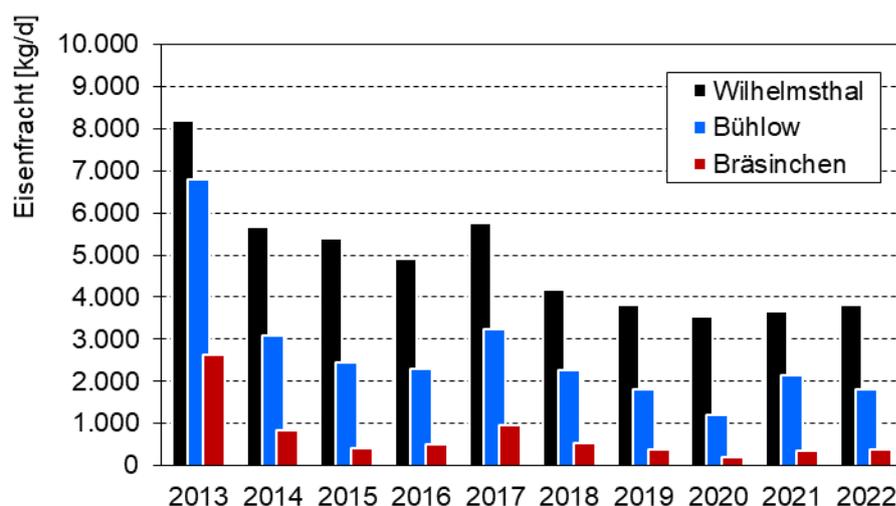


Bild 22: Mittlere Eisenfrachten an den Messstellen der Spree in Spremberg-Wilhelmsthal (schwarz), nach der Vorsperre Bühlow (blau) und in Bräsinchen (rot) in den Kalenderjahren von 2013 bis 2022.

Auch im aktuellen Berichtsjahr 2022 belegen die Befunde des Sondermonitorings die Wirkung der Maßnahmen an der Spree und an der Kleinen Spree erwartungsgemäß. Die mittlere Eisenfracht der Kleinen Spree lag im Kalenderjahr 2022 rund 550 kg/d niedriger als vor Inbetriebnahme der Maßnahmen (Daten aus LMBV Quellenmonitoring Südraum). Durch die Abfangmaßnahmen liegt die Eisenkonzentration in der Spree in Spremberg-Wilhelmsthal seit dem Jahr 2021 auf einem niedrigen Niveau (siehe Kapitel 3.3). Die aktuellen Befunde zu den Eisenfrachten und zum abschnittsbezogenen Eisenrückhalt im Bereich der Talsperre Spremberg (Bild 23) entsprechen annähernd den Vorjahresbefunden. Das Einzelereignis mit signifikant erhöhten Eisenfrachten im Zulauf zur Talsperre Spremberg von 254.000 kg/d im April 2022 wirkte sich jedoch maßgeblich auf die Jahresmittelwerte an den Messstellen 1180 und 1190 aus. Zu diesem Termin (Bild 21) betrug der Eisenrückhalt in der Vorsperre rechnerisch 98 %. Das entspricht einem Rückhalt von rund 247.700 kg/d. Auf das Berichtsjahr bezogen entspricht das einer Erhöhung des jahresmittleren Eisenrückhalts um rund 680 kg/d bzw. 10 % (Tabelle 8).

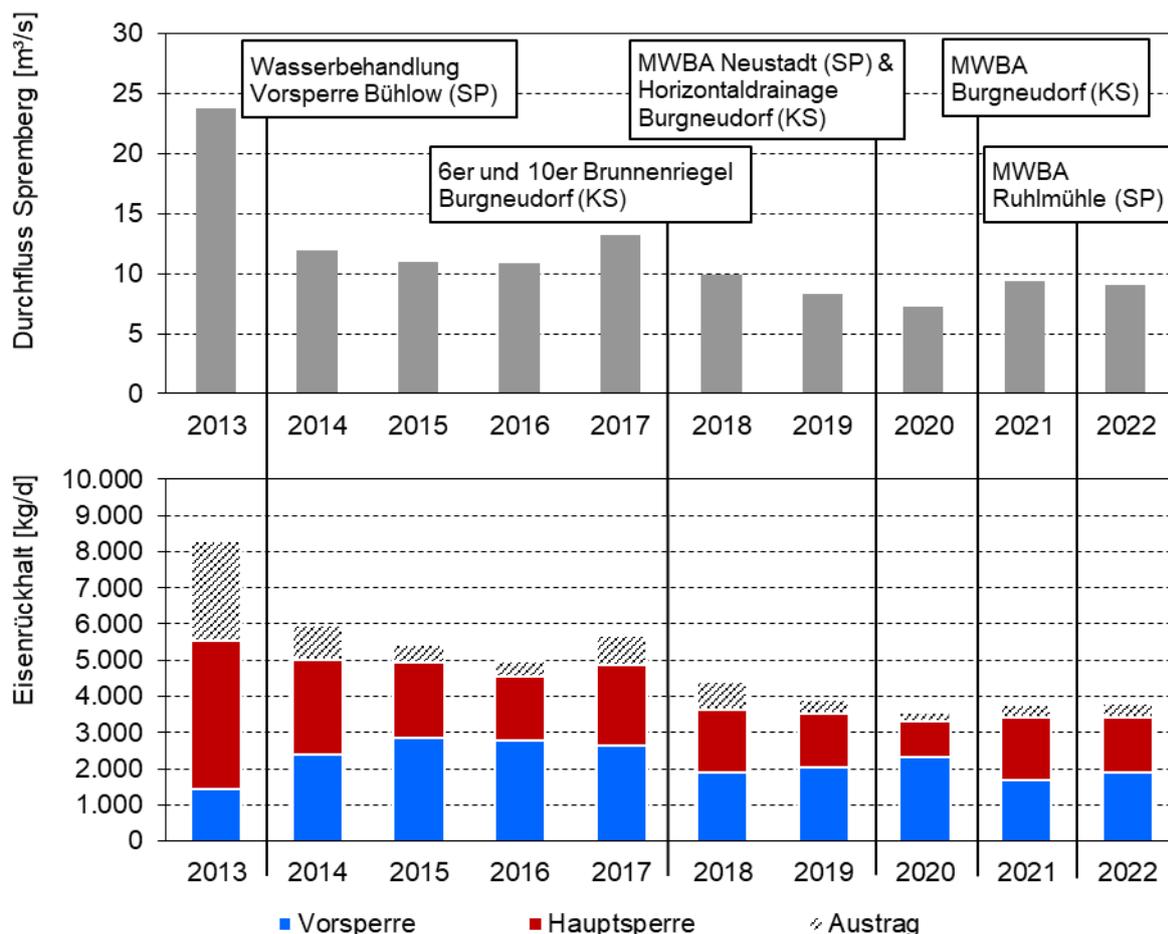


Bild 23: Mittlerer Durchfluss am Pegel Spremberg (oben) sowie mittlerer Eisenrückhalt in der Vorsperre Bühlow (blau) und in der Talsperre Spremberg (rot) sowie Eisenaustrag aus der Talsperre in den Kalenderjahren 2013 bis 2022 mit Kennzeichnung der Inbetriebnahme von Wasserbehandlungsmaßnahmen an der Kleinen Spree (KS) und an der Spree (SP).

4 Wasserbehandlung an der Vorsperre Bühlow

4.1 Chronologie der Ereignisse

In der Tabelle 9 sind die wesentlichen Ereignisse im Kalenderjahr 2022 im Zusammenhang mit der Wasserbehandlung an der Vorsperre Bühlow chronologisch aufgelistet.

Tabelle 9: Chronologie der Ereignisse an der Spree und an der Vorsperre Bühlow im Kalenderjahr 2022.

Datum/Zeitraum	Ereignis
24.01.-26.01.2022	Unterbrechung der Kalkung (TA1).
16.02.-18.02.2022	Unterbrechung der Kalkung (TA1).
08.03.2022	Unterbrechung der FHM-Dosierung (TA2).
15.03.-18.03.2022	Unterbrechung der Kalkung (TA1) und der FHM-Dosierung (TA2).
21.03.2022	Unterbrechung der FHM-Dosierung (TA2).
24.03.-04.04.2022	Unterbrechung der FHM-Dosierung (TA2).
06.04.2022	Unterbrechung der FHM-Dosierung (TA2).
08.04.-05.05.2022	Unterbrechung der FHM-Dosierung (TA2).
27.05.-03.06.2022	Unterbrechung der Kalkung (TA1).
10.06.-15.06.2022	Unterbrechung der Kalkung (TA1)
01.07.-25.09.2022	Unterbrechung der Kalkung (TA1) zur Anlagenrevision
01.07.-07.10.2022	Unterbrechung der FHM-Dosierung (TA2) zur Anlagenrevision.
27.12.-28.12.2022	Unterbrechung der Kalkung (TA1)

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). Tageweise Unterbrechungen des Anlagenbetriebs hatten meist betriebsbedingte Ursachen (Umrüstungen, Wartung, technische Ausfälle, Wartezeit auf Kalklieferung u. a.). Am 01.07. gingen die TA1 und die TA2 planmäßig in den Revisionsbetrieb. Der Revisionsbetrieb wird regelmäßig 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. Die Teilanlagen TA1 und TA2 gingen Ende September bzw. Anfang Oktober 2022 wieder in Betrieb.

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. Die Kalkung erfolgte im Kalenderjahr 2022 an 264 von 365 Tagen. Die volumenspezifische Kalkdosierung im TA1 betrug in der Betriebszeit bis 12 g/m³ und im Mittel 7,6 g/m³ (Bild 24). Die volumenspezifische FHM-Dosierung im TA2 erfolgte im Kalenderjahr 2022 an 221 von 365 Tagen. Die volumenspezifische FHM-Dosierung im TA2 betrug in der Betriebszeit bis 0,29 g/m³ und im Mittel 0,17 g/m³.

4.3 Wirkung der Wasserbehandlung

Aufgrund der natürlichen Schwankungen des Durchflusses und der Eisenkonzentration in der Spree einerseits sowie der Verwendung von Tagesmittelwerten des Durchflusses und von Terminwerten der Eisenkonzentration andererseits, schwanken die berechneten Tageswerte der 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 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 2022 anhand meteorologischer, hydrologischer und bewirtschaftungsbedingter Faktoren jahresübergreifend festgelegt (Tabelle 11):

- (1) die Wasserbehandlung im Winter 2021/2022 vom 20.11.2021 bis 06.04.2022,
- (2) die Wasserbehandlung im Frühjahr und Herbst 2022 einschließlich der Anlagenrevision im Sommer 2022 bis 31.10.2022 sowie
- (3) die Wasserbehandlung im Winter 2022 vom 01.11. bis vorerst 31.12.2022.

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 2022 gegenübergestellt.

Tabelle 10: Wassertemperatur, Durchfluss und Verweilzeit als Leitvariablen des Eisenrückhalts vor bzw. in der Vorsperre und in der Hauptsperre Spremberg während einzelner Phasen der Wasserbehandlung im Kalenderjahr 2022.

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
20.11.2021 bis 06.04.2022	+7,2	+4,9	10,3	10,8	0,18	22,8
07.04.2022 bis 31.10.2022	+15,9	+17,6	8,5	8,9	0,21	21,3
01.11.2022 bis 31.12.2022	+8,3	+5,9	8,0	7,4	0,22	22,8

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

In der Tabelle 11 sind der mittlere Eiseneintrag sowie der mittlere und anteilige Eisenrückhalt in der Vorsperre Bühlow in den drei Bilanzierungsperioden des Kalenderjahres 2022 gegenübergestellt. In Bild 25 ist der frachtbezogene Eisenrückhalt in der Vorsperre Bühlow als Tageswert und als kumulatives Mittel in den ausgewiesenen Bilanzierungsperioden dargestellt.

Tabelle 11: Eiseneintrag und Eisenerückhalt in der Vorsperre Bühlow während einzelner Phasen der Wasserbehandlung im Kalenderjahr 2022.

Bilanzierungs- periode	Kennzeichnung	Mittlerer Eintrag	Mittlerer Rückhalt	Anteiliger Rückhalt
		kg/d	kg/d	
20.11.2021 bis 06.04.2022	(1) Eisenerückhalt im Winter 2021/2022 bei Betrieb der Wasserbehandlung	5.830	3.450	59%
07.04.2022 bis 31.10.2022	(2) Eisenerückhalt Frühjahr und Herbst 2022 bei Betrieb der Wasserbehandlung und im Sommer 2022 bei Anlagenrevision	2.490	950	38%
01.11.2022 bis 31.12.2022	(3) Winterlicher Eisenerückhalt bei Betrieb der Wasserbehandlung	3.250	1.790	55%

Der anteilige Eisenerückhalt in der Vorsperre Bühlow betrug in der winterlichen Bilanzierungsperiode (1) bei hohen Eingangsfrachten 59 %. In der winterlichen Bilanzierungsperiode (3) lag der Eisenerückhalt bei 55 %. In der Bilanzierungsperiode (2) im Frühjahr, im Sommer während der Anlagenrevision und bis in den Herbst hinein war der anteilige Eisenerückhalt in der Vorsperre Bühlow mit 38 % vergleichsweise niedrig, dies jedoch bei niedrigen Eingangskonzentrationen.

Obwohl die meteorologischen, physikalischen und chemischen Bedingungen für den Eisenerückhalt in der Sommerperiode (2) am günstigsten waren, ist die Bilanz des Eisenerückhalts in der Vorsperre erfahrungsgemäß in dieser jedoch am ungünstigsten. Die Ursache liegt in der Eisenkonzentration an der Messstelle Spremberg-Wilhelms-
 thal, die für eine effektive Flockung zu niedrig ist. Diese Erkenntnis wird jährlich wiederholt bestätigt und liegt der Entscheidung zugrunde, die Anlagenrevision regelmäßig in der Sommerperiode durchzuführen.

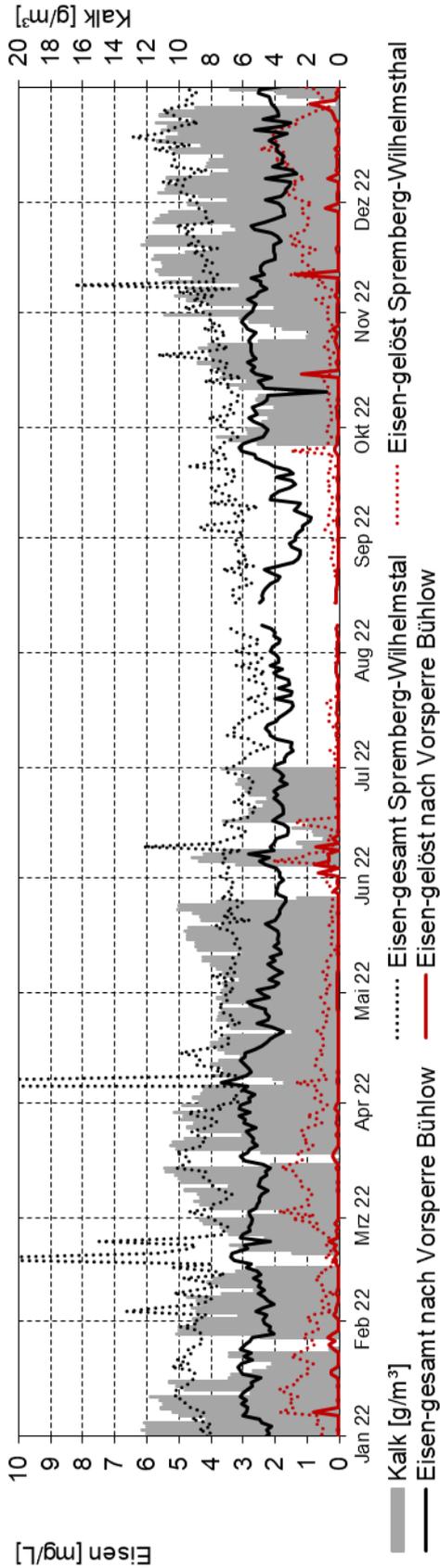


Bild 24: Entwicklung der Eisen-gesamt- und Eisen-gelöst-Konzentration in der Spree in Spremberg-Wilhelmstal und nach der Vorsperre Bühlow im Vergleich mit den Messungen im Vorlauf des Spremberg-Wilhelmstals

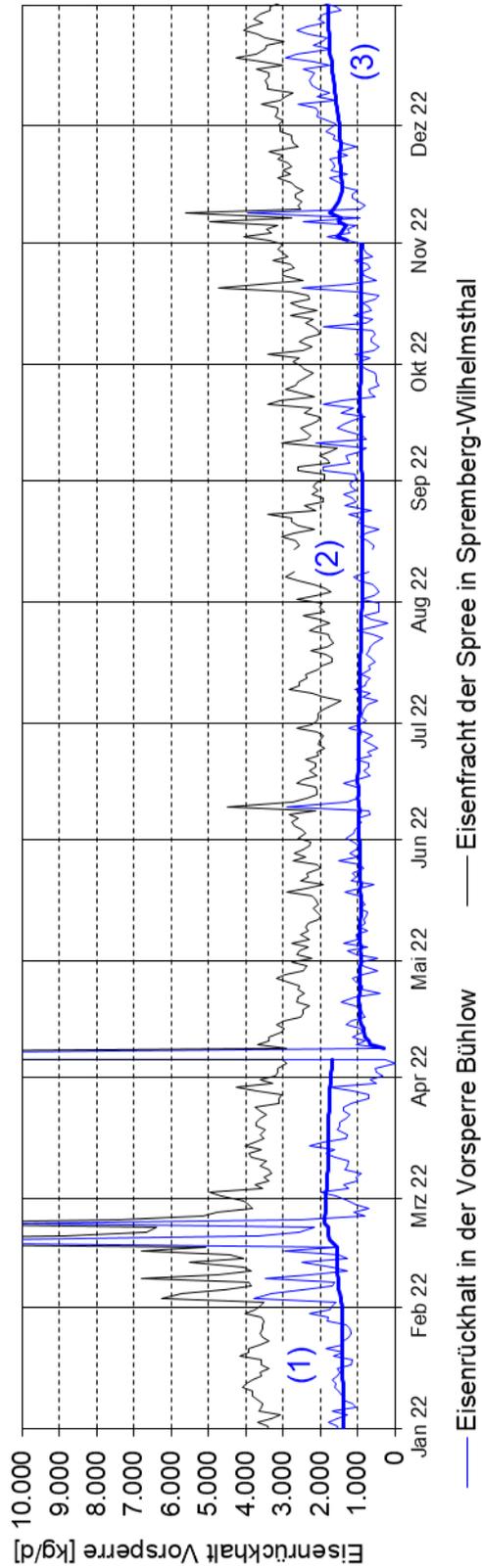


Bild 25: Entwicklung des Eisenrückhalts in der Vorsperre Bühlow als Fracht in kg/d als Tageswerte und als kumulative Mittel über die Monate im Vergleich mit den Messungen im Vorlauf des Spremberg-Wilhelmstals (Tabelle 4.4)

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.