



IWB - Privates Institut für Wasser und Boden GmbH
Lungkwitzer Str. 12 * 01259 Dresden
Tel.: 0351-2709854
E-Mail: info@iwb-dresden.de

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 2024



Spree mit Blick auf die Vorsperre Bühlow.
(Foto: LMBV, Juli 2024).

Dresden, am 19. Februar 2025

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 2024

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

Bestellnummer: 15000029 vom 06.02.2023

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

Auftragnehmer: Privates Institut für Wasser und Boden GmbH
Lungkwitzer Str. 12, 01259 Dresden

Projektnummer: 25/22 Pos. 371

Bearbeiter: Dr. Wilfried Uhlmann
M. Sc. Niklas Giering

Dresden, am 19. Februar 2025

Dr. Wilfried Uhlmann
(Geschäftsführer)

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 ...	7
2.3 Wassertemperatur in der Spree.....	10
3 Eisenbelastung der Spree	11
3.1 Sondermonitoring	11
3.2 Belastungsrelevante Maßnahmen und Ereignisse.....	14
3.3 Eisenkonzentrationen	15
3.4 Eisenfrachten.....	19
4 Wasserbehandlung an der Vorsperre Bühlow	25
4.1 Betriebszeit der Wasserbehandlung	25
4.2 Parameter der Wasserbehandlung	25
4.3 Wirkung der Wasserbehandlung.....	26
5 Quellenverzeichnis	29

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
LE-K	Lausitz Energie Kraftwerke 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) seit 2012 durch ein intensives 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. vom Füllvolumen der Talsperre und vom Durchfluss der Spree ab. Die Verweilzeit der Spree in der Talsperre Spremberg lag in den zurückliegenden Jahren meist 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), bestehen signifikante Zusammenhänge 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 erfolgt etwa 50 Meter im Unterstrom der neuen Spreebrücke im Spremberg-

Wilhelmsthal von einer 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 den beiden Dosierstellen liegt eine Fließstrecke von über 1.000 Meter, die eine ausreichend 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. Damit sollte ursprünglich 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 (Abschnitt 5). Der vorliegende Bericht umfasst die Ergebnisse des Sondermonitorings für das Kalenderjahr 2024.

2 Hydrologie und Wasserbewirtschaftung

2.1 Witterungsverlauf

Die Witterung in der Umgebung der Talsperre Spremberg im Kalenderjahr 2024 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 1995 bis 2024 verglichen.

Tabelle 1: Eckzahlen der maßgeblichen Wetterdaten für das Kalenderjahr 2024 und für die langjährigen Jahresmittelwerte der Vergleichsperiode von 1995 bis 2024 an der DWD-Wetterstation Cottbus.

Klimatische Größe	Einheit	Kalenderjahr 2024	Vergleichsperiode 1995-2024
Jahresniederschlag, korrigiert nach [DWD 1995]	mm/a	609	618
Grasreferenzverdunstung nach [Haude 1954]	mm/a	906	792
Klimatische Wasserbilanz	mm/a	-296	-174
Mittelwert der Sonnenscheindauer	h/d	5,1	4,8
Mittelwert der Lufttemperatur	°C	+12,0	+10,2
Maximum der Lufttemperatur	°C	+35,5	+39,2
Minimum der Lufttemperatur	°C	-12,2	-21,8
Anzahl Eistage ($T_{\max} < 0 \text{ °C}$)	Tage/Jahr	7	17
Anzahl Frosttage ($T_{\min} < 0 \text{ °C}$)	Tage/Jahr	50	69
Anzahl Sommertage ($T_{\max} \geq 25 \text{ °C}$)	Tage/Jahr	86	58
Anzahl Heiße Tage ($T_{\max} \geq 30 \text{ °C}$)	Tage/Jahr	30	16

Die mittlere Lufttemperatur im Jahr 2024 war um 1,8 Grad höher als das langjährige Mittel der 30-jährigen Reihe von 1995 bis 2024 (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. Die einseitigen Abweichungen zeigen, dass die Monate Februar, März, April, Mai, August, September, Oktober und Dezember 2024 zwischen bis 5,0 Grad (der ausgesprochen milde Februar 2024 und der hochsommerliche September 2024) wärmer waren als das Monatsmittel der langjährigen Reihe. Die anderen Monate lagen mit $\pm 1,0$ Grad 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 in Anlehnung an Richter [DWD 1995] standortbezogen um +10 % korrigiert.

Die Niederschlagssumme an der DWD-Wetterstation Cottbus lag im Jahr 2024 auf dem Niveau des Mittelwertes der 30-jährigen Reihe von 1995 bis 2024 (Tabelle 1). Die Monate Februar, April, Juni, Juli und September 2024 waren im Vergleich zur langjährigen Reihe niederschlagsreich (Bild 2). Niederschlagsarme Perioden wurden im März, Mai, August und Oktober 2024 erfasst (Bild 4 unten). Das Defizit der klimatischen Wasserbilanz war im Mai und im August 2024 besonders hoch (Bild 3).

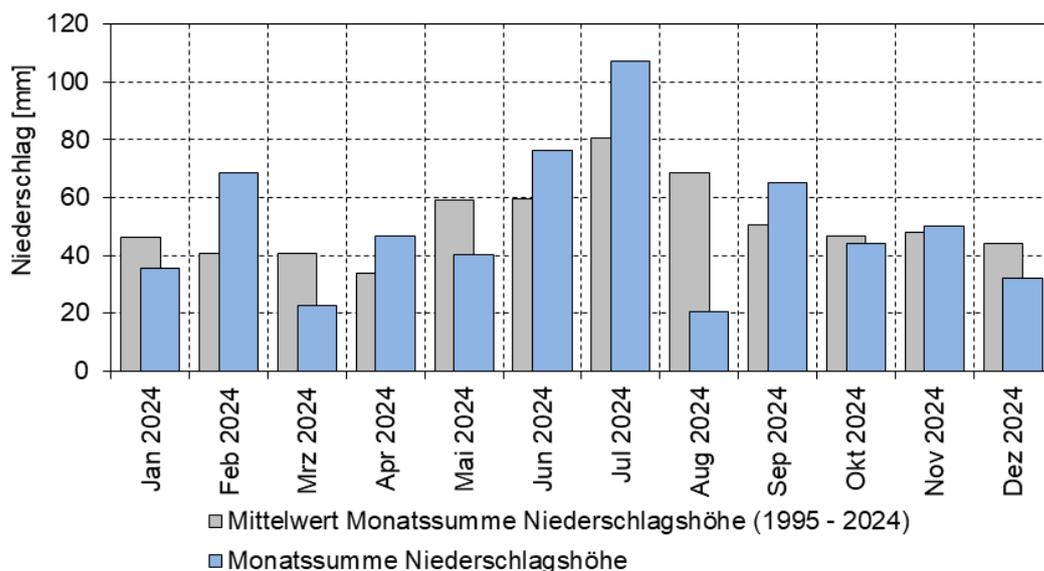


Bild 2: Monatssummen des Niederschlags im Kalenderjahr 2024 und langjährige mittlere Monatssummen des Niederschlags der Kalenderjahre 1995 bis 2024 an der DWD-Wetterstation Cottbus.

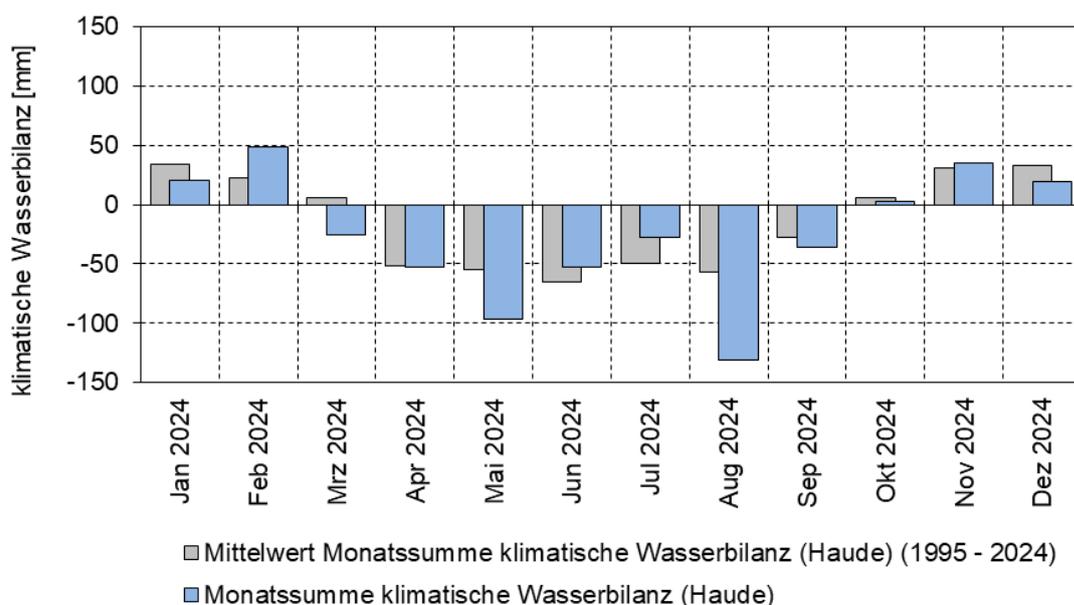


Bild 3: Monatssummen der klimatischen Wasserbilanz nach Haude im Kalenderjahr 2024 und langjährige mittlere Monatssummen der klimatischen Wasserbilanz der Kalenderjahre 1995 bis 2024 an der DWD-Wetterstation Cottbus.

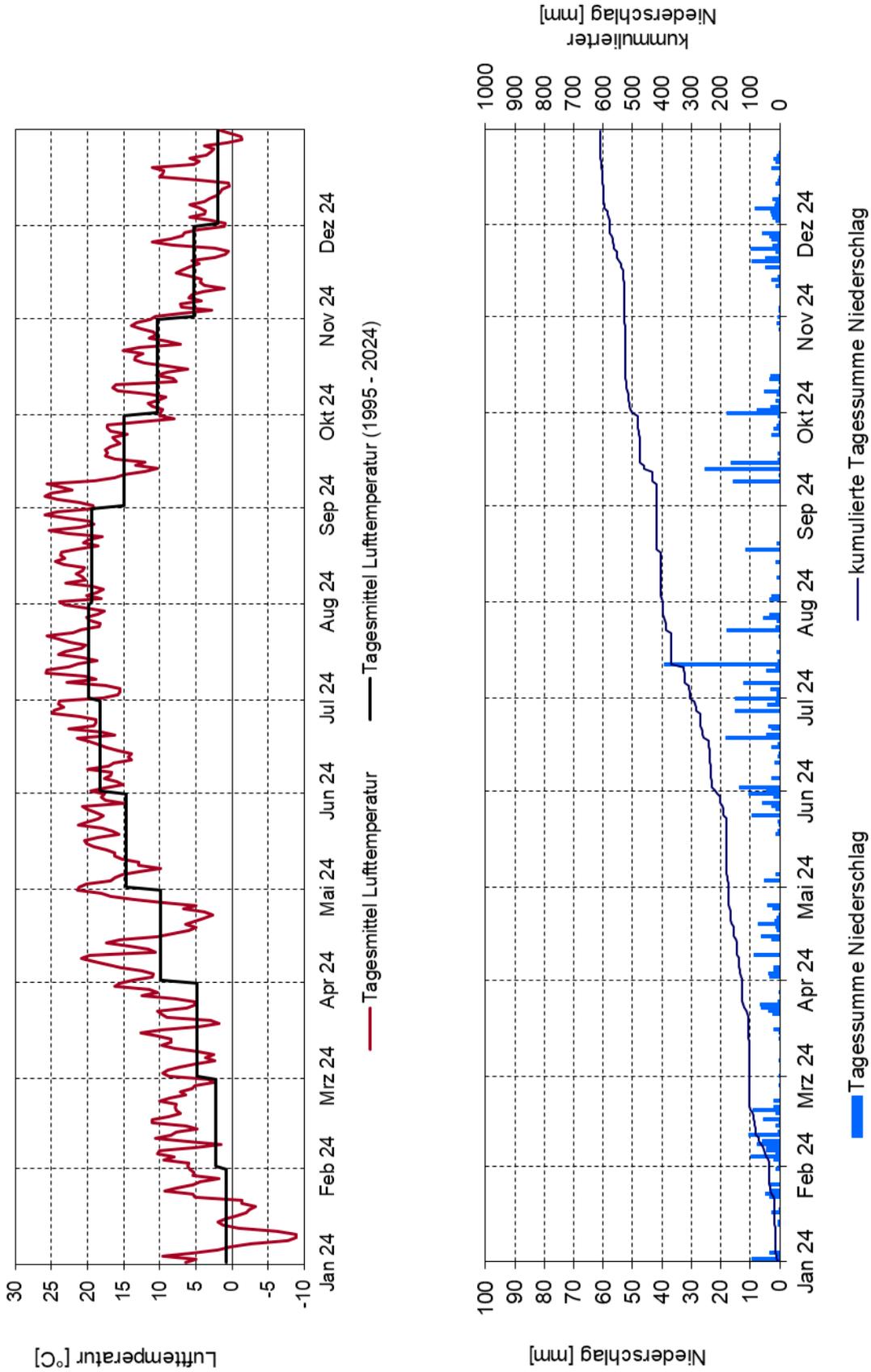


Bild 4: Jahressgang der Tagesmittelwerte der Lufttemperatur im Kalenderjahr 2024 im Vergleich zu den langjährigen Monatsmittelwerten der Lufttemperatur in den Jahren 1995 bis 2024 (oben) und Tageswerte der Niederschlagshöhe und kumulative Niederschlagssumme (unten) an der DWD-Wetterstation Cottbus im Kalenderjahr 2024.

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 2024 als Tagesmittelwert in einem Band zwischen 7,3 und 52,8 m³/s und betrug im Jahresmittel 11,8 m³/s. Die höchsten Durchflüsse wurden ereignisbezogen am 13. Februar und am 17. September 2024 gemessen. Die größten Schwankungen traten witterungsbedingt in den hydrologischen Wintermonaten Januar, Februar und Dezember 2024 auf. In den übrigen Monaten 2024 lag der Durchfluss überwiegend zwischen 7 und 10 m³/s. Der Durchfluss der Spree am Pegel Spremberg lag im Mittel niedriger als in der langjährigen Reihe seit Beginn des Monitorings im Jahr 2013 (Bild 6).

Die Wasserführung der Spree wurde durch Abgaben aus den Talsperren Bautzen und Quitzdorf (Speicher der LTV) sowie aus dem SB Bärwalde, Scheibe und dem WSS Lohsa II (Speicher der LMBV) gestützt. Die Überleitung von Neißewasser nutzte die LMBV im Jahr 2024 nur kurzzeitig mit < 0,1 m³/s in den Monaten Juni, September und November. Durch die kontinuierliche Einleitung behandelter Sumpfungswässer aus den Grubenwasserbehandlungsanlagen (GWBA) Kringelsdorf, Tzschelln und Schwarze Pumpe (LE-B) in den Schwarzen Schöps bzw. in die Spree wurde im Jahr 2024 ein Grundstock im Mittel von 5,4 m³/s des Durchflusses in der Spree am Pegel Spremberg gewährleistet (Bild 7). Für das Kraftwerk Boxberg wurden aus der Spree durch die LE-K im Mittel weniger als 0,1 m³/s entnommen. In den Oberen Landgraben wurden von der LMBV an der Pumpstation Spreewitz im Mittel ca. 0,35 m³/s aus der Spree entnommen.

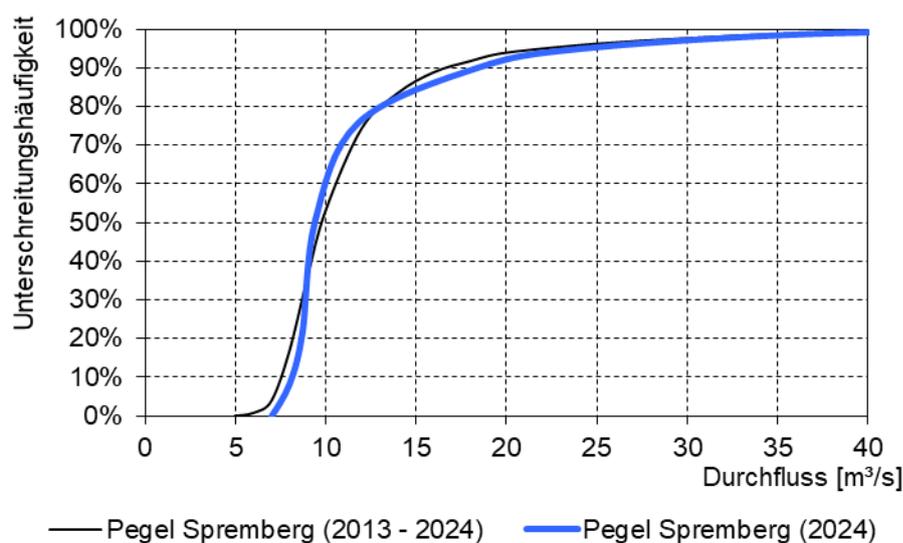


Bild 6: Dauerlinien der Unterschreitungshäufigkeit des Durchflusses der Spree am Pegel Spremberg im Kalenderjahr 2024 (blau) und im Vergleichszeitraum seit Beginn des täglichen Monitorings an der Talsperre Spremberg von 2013 bis 2024 (schwarz).

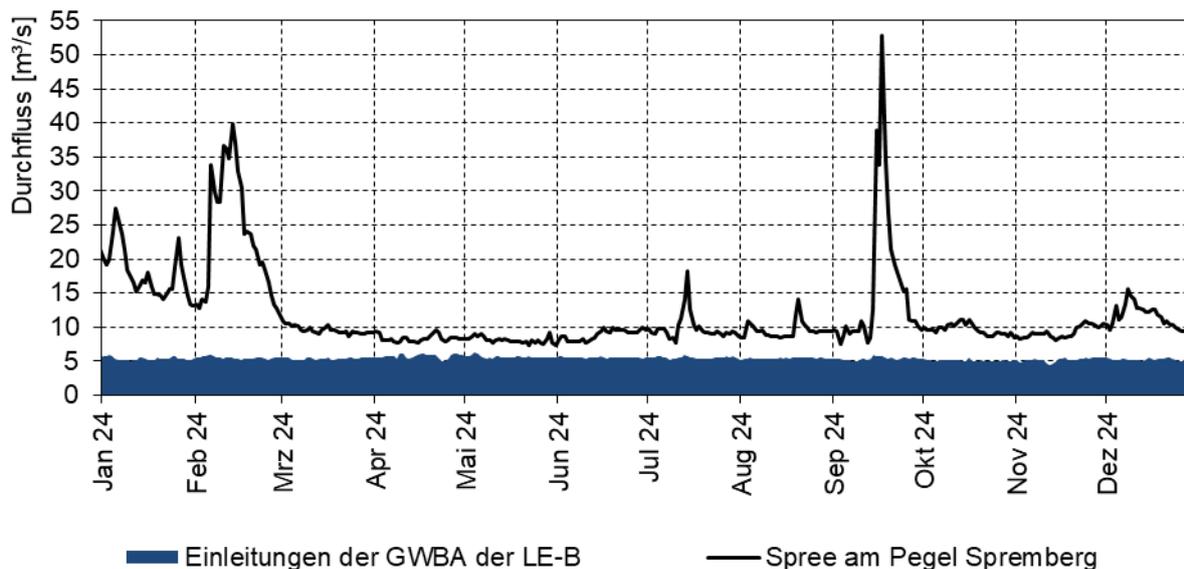


Bild 7: Jahrgang der Tagesmittelwerte des Durchflusses der Spree am Pegel Spremberg sowie der Einleitungen der GWBA der LE-B im Kalenderjahr 2024.

Die Talsperre Spremberg wird entsprechend ihrer regulären Zweckbestimmung als Speicher bewirtschaftet. Im Kalenderjahr 2024 wurde der Stauraum der Talsperre nur geringfügig in Anspruch genommen. Im Jahresverlauf lag der Wasserspiegel in der Talsperre meist zwischen +91,7 und +92,0 m NHN (Bild 8). Ende August 2024 wurde die Talsperre in Vorausschau auf ein Hochwasser um 0,4 Meter abgesenkt. Im Zuge dessen wurden etwa 2,5 Mio. m³ Stauraum freigegeben. Die Hochwasserwelle im September 2024 wurde in die Talsperre Spremberg bis zu einer Kote von +93,0 m NHN eingestapelt, was einem Nettorückhalt von ca. 10 Mio. m³ entspricht. Mit der rückläufigen Hochwasserwelle wurde der Speicherraum durch die Erhöhung der Abgabe aus der Talsperre (Bild 9) wieder freigegeben.

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.

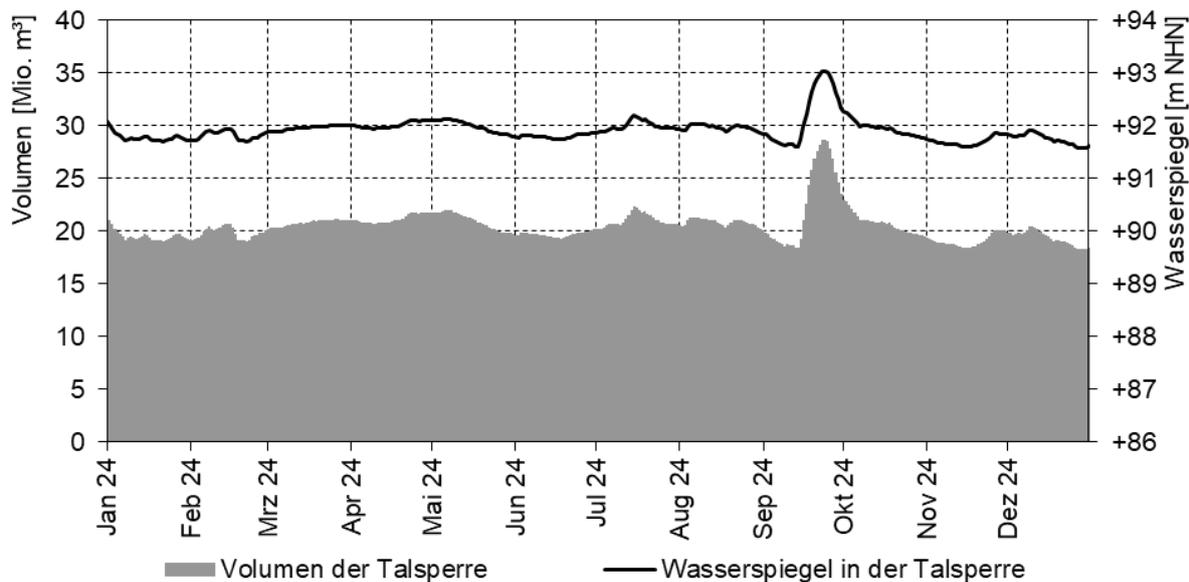


Bild 8: Jahrgang des Wasserstandes und des Füllvolumens der Talsperre Spremberg im Kalenderjahr 2024, Quelle: LfU Brandenburg.

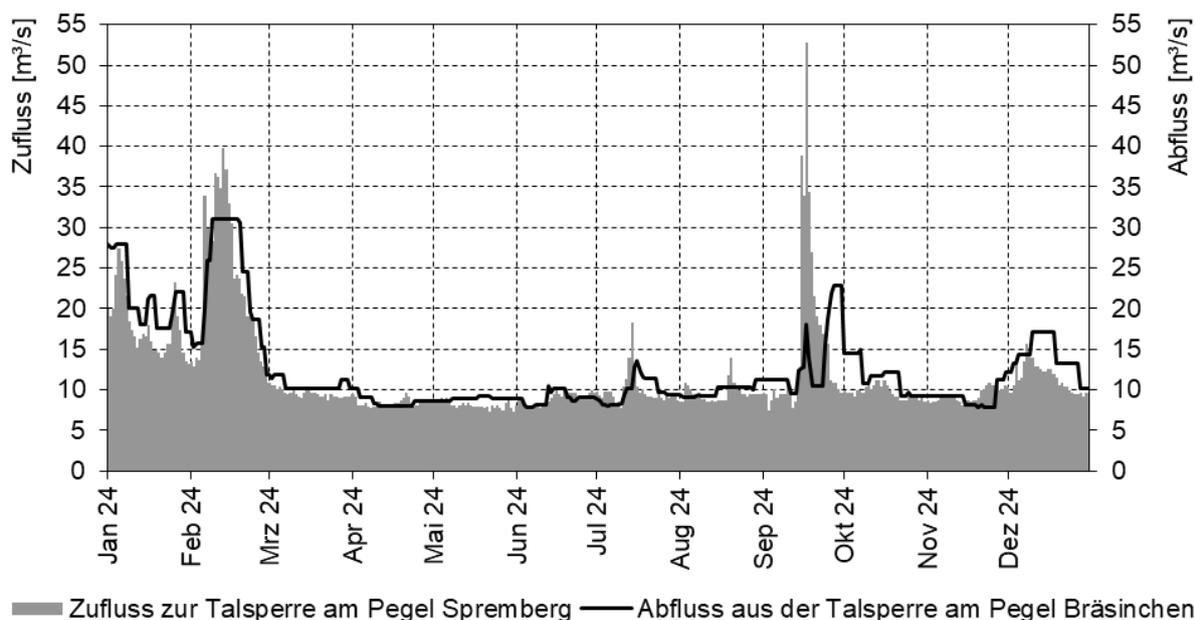


Bild 9: Jahrgang des Durchflusses der Spree in Spremberg (Zulauf zur Talsperre) und in Bräsinchen (Ablauf aus der Talsperre) im Kalenderjahr 2024, unkorrigierte Werte, Quelle: LfU Brandenburg.

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 bei gleichzeitig geringem Speichervolumen werden „Einbrüche“ der Verweilzeit festgestellt. 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 2024 lag die dynamische Verweilzeit des Spreewassers in der Talsperre Spremberg in einer Spanne von 7 bis 32 Tagen. Im Januar und Februar 2024 war die Verweilzeit in der Talsperre Spremberg aufgrund des hohen Durchflusses der Spree und der großen Ausleitmenge besonders kurz (Bild 10). Im Frühjahr und Sommer 2024 erreichte die Verweilzeit ihr Maximum bei geringem Durchfluss in der Spree. Aufgrund der gezielten Bewirtschaftung lag die Verweilzeit in der Talsperre Spremberg zum Zeitpunkt des Hochwassers im September 2024 bei mindestens 12 Tagen. Eine lange Verweilzeit von zwei bis vier Wochen enthält hohe Sicherheitsreserven für einen hochgradigen Eisenrückhalt in der Talsperre Spremberg.

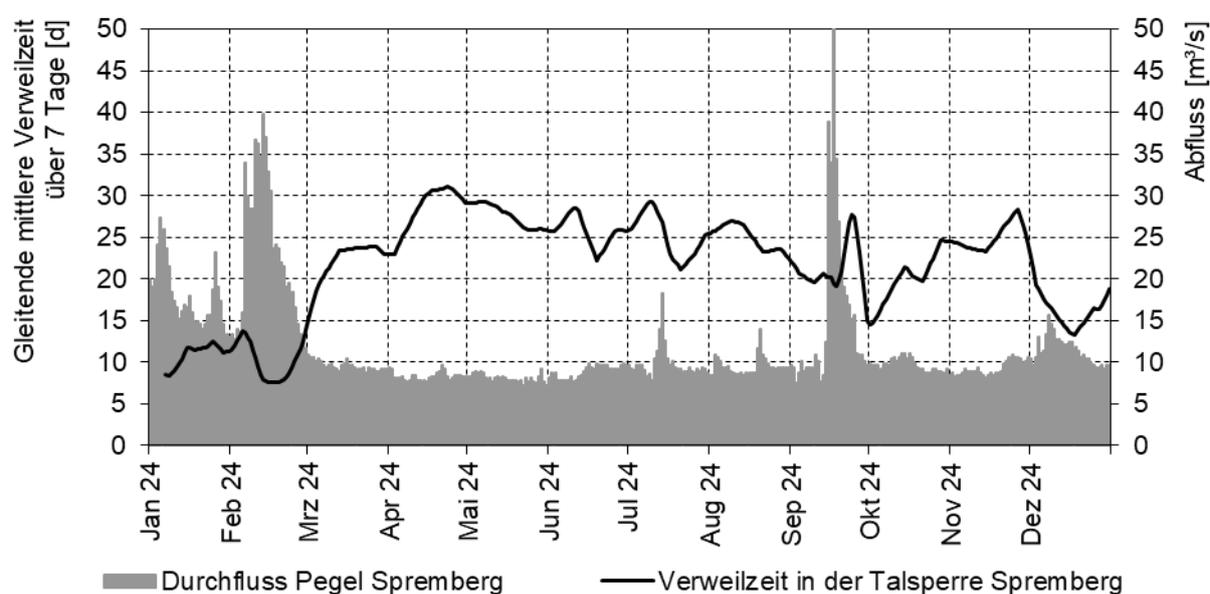


Bild 10: Jahrgang der rechnerischen Verweilzeit des Wassers der Spree in der Talsperre Spremberg (nur Hauptsperre) im Kalenderjahr 2024 als siebentägiges gleitendes Mittel.

2.3 Wassertemperatur in der Spree

Die Wassertemperatur in der Spree in Spremberg-Wilhelmsthal (Mst. 1180) schwankte im Kalenderjahr 2024 zwischen +2 °C im Januar und maximal +23 °C im Juli (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 +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).

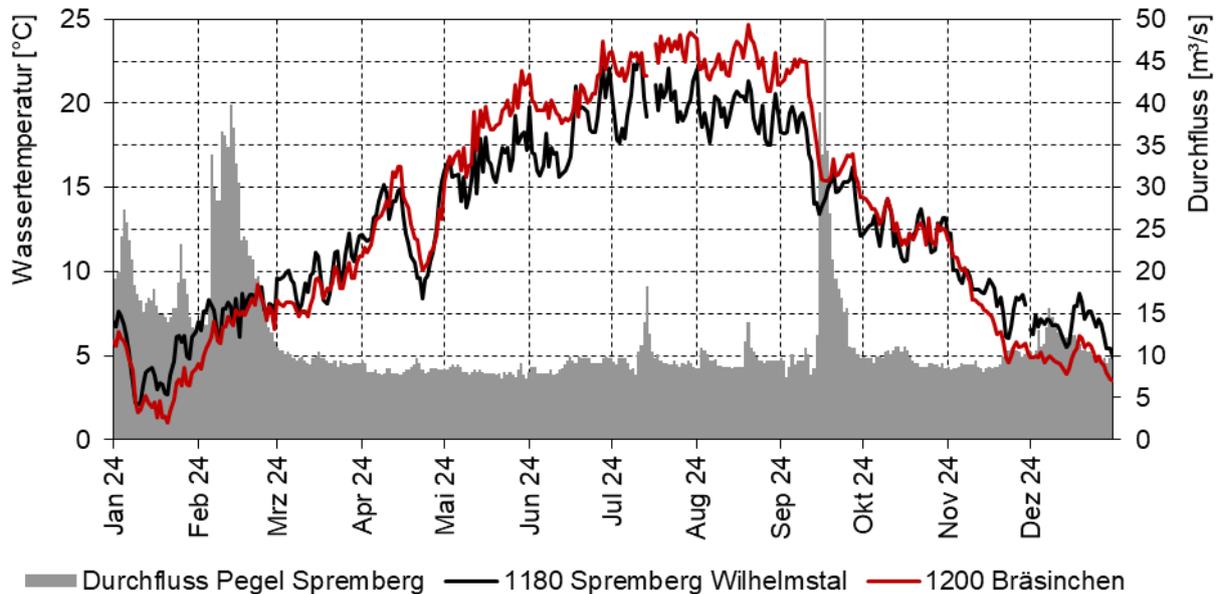


Bild 11: Jahrgang der Wassertemperatur in der Spree im Zulauf zur Talsperre Spremberg (Spremberg-Wilhelmsthal) und nach der Hauptsperre in der Spree in Bräsinchen im Kalenderjahr 2024.

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 die Messstelle 1180 an den Pegel Spremberg (Bild 12) verlegt [IWB 2022]. Der Pegel Spremberg liegt etwa 1.500 Meter stromoberhalb der Messstelle 1180. Die Daten der Messstelle 1180 in Spremberg-Wilhelmsthal wurden mit den Befunden an der Ausweichmessstelle am Pegel Spremberg fortgeschrieben. Seit Mai 2024 wird die Messstelle 1180 in Spremberg-Wilhelmsthal wieder regulär bedient.

Die Fotos in Bild 13 bis Bild 15 zeigen markante Zustände an den Messstellen des Sondermonitorings im Kalenderjahr 2024. Die Farbgraduierung kennzeichnet jeweils das Maß der Eisenbelastung der Spree an den entsprechenden Stellen.

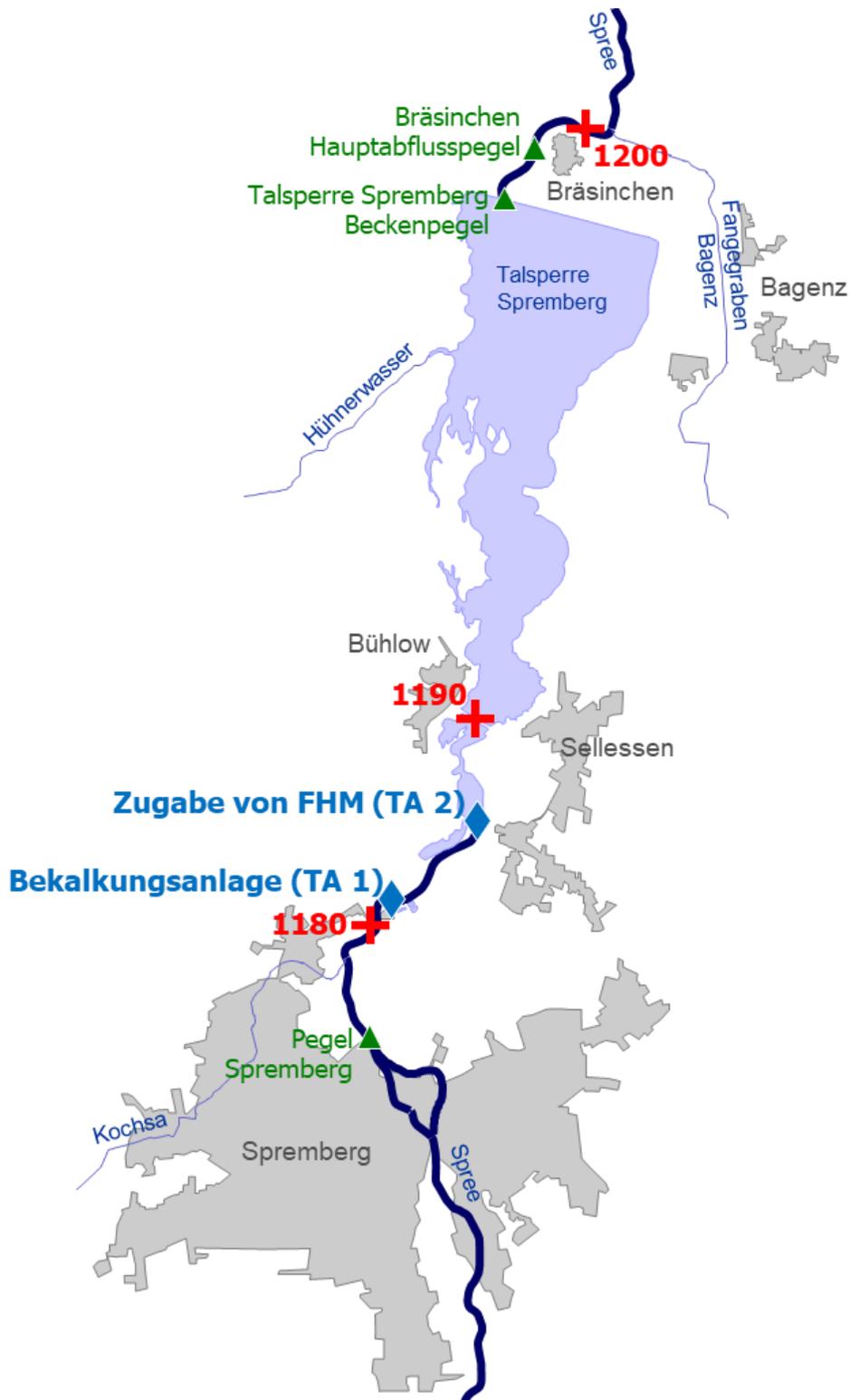


Bild 12: Lage der Messstellen des Monitorings an der Spree und an der Talsperre Spremberg, der amtlichen Pegel und der Maßnahmen der Wasserbehandlung an der Spree vor der Vorsperre Böhlow.



Bild 13: Messstelle 1180 an der Brücke Spremberg-Wilhelmsthal am 05.07.2024 (Foto: Giering)

- Durchfluss rund 9,7 m³/s
- starke Trübung
- orangebraune Färbung
- Eisen-gesamt = 3,2 mg/L
- Eisen-gelöst = 0,09 mg/L

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



Bild 14: Messstelle 1190 an der Brücke Bühlow/Sellessen am 05.07.2024 (Foto: Giering)

- Durchfluss rund 9,7 m³/s
- schwache Trübung
- gelbliche Färbung
- Eisen-gesamt = 1,6 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 05.07.2024 (Foto: Giering)

- Durchfluss rund 8,0 m³/s
- keine Trübung
- farblos
- Eisen-gesamt = 0,4 mg/L
- Eisen-gelöst = 0,07 mg/L

Zustand der Spree nach der Passage der Talsperre Spremberg.

Die Entnahme der Wasserproben aus der Spree erfolgte als Stichproben (Schöpfproben) aus der Strommitte und als Terminproben zu wechselnden Tageszeiten. Zur Bestimmung der Eisen-gelöst-Konzentration wurden 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 bezüglich der Kennwerte in der Tabelle 2 chemisch analysiert.

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 2024 mit 366 Kalendertagen wurden 364 Beprobungen durchgeführt. Damit liegen ein sehr hoher zeitlicher Deckungsgrad von über 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 2024 zuverlässig charakterisiert und bilanziert werden.

3.2 Belastungsrelevante Maßnahmen und Ereignisse

Im Kalenderjahr 2024 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 Spreewitz, 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 im Rahmen der Wasserbewirtschaftung.

3.3 Eisenkonzentrationen

Die **Eisen-gesamt-Konzentration** der Spree in **Spremberg-Wilhelmsthal** (Mst. 1180) lag im Kalenderjahr 2024 in einer Bandbreite zwischen 2 und 15 mg/L und im arithmetischen Mittel der 364 erfassten Terminwerte bei 3,8 mg/L. Die höchsten Eisenkonzentrationen wurden zum Ende des hydrologischen Winterhalbjahres 2023/2024 im März und April 2024 sowie ereignisbezogen bei singulären Abflussspitzen im Februar, Juli, September und Dezember erfasst (Bild 17). Bei erhöhten Durchflüssen wird im Flussbett der Spree sedimentiertes Eisen mobilisiert, was dann zusätzlich zu den Einträgen aus den Quellen der Eisenbelastung in Bewegung kommt. Unter sommerlichen Bedingungen von Juni bis August 2024 sank die Eisenkonzentration in Spremberg-Wilhelmsthal auf Werte unter 3,0 mg/L. Die niedrigsten Eisen-gesamt-Konzentrationen wurden während der Sommermonate bei niedrigen Durchflüssen um 9 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 1,2 und 6,3 mg/L und im arithmetischen Mittel der Tageswerte bei 2,4 mg/L. Die höchste Eisenkonzentration trat im September 2024 durch Sedimentverfrachtung im Zusammenhang mit einem Hochwasser in der Spree auf. Unter hochsommerlichen Verhältnissen wurde der Orientierungswert für Eisen-gesamt nach Anlage 7 OGeWV von 1,8 mg/L nach der Vorsperre Bühlow in ca. 20 % der Messtermine unterschritten (Bild 17). Die winterlich erhöhten Eisenkonzentrationen begünstigten unter stabilen hydrologischen Bedingungen ihrerseits die Flockung und den Rückhalt in der Vorsperre.

Die Eisen-gesamt-Konzentration in der Spree in **Bräsinchen** (Mst. 1200) lag im Jahr 2024 in einer Spanne zwischen 0,2 und 1,8 mg/L und im arithmetischen Mittel aller Tageswerte bei 0,6 mg/L. Das Niveau der Eisen-gesamt-Konzentration am Auslauf der Talsperre Spremberg war im Sommer mit 0,4 mg/L systematisch niedriger als in den Wintermonaten mit 0,8 mg/L. Der winterhalbjährlich verringerte Eisenrückhalt in der Talsperre Spremberg ist durch eine kürzere Verweilzeit (vgl. Bild 10) und durch die niedrige Wassertemperatur (vgl. Bild 11) verursacht. Das Hochwasser in der Spree vom September 2024 hatte keinen Einfluss auf die Eisen-gesamt-Konzentration im Ablauf der Talsperre Spremberg.

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 2024 lagen die Eisen-gelöst-Konzentrationen in **Spremberg-Wilhelmsthal** im Durchschnitt bei 0,7 mg/L. In den Phasen mit erhöhtem Durchfluss in der Spree im Februar und Dezember 2024 sank die Eisen-gelöst-Konzentration in Spremberg-Wilhelmsthal zeitweise auf 0,2 mg/L. Neben dem Verdünnungseffekt durch eisenarmes Wasser wird das gelöste Eisen-II in diesem Fall an den reichlich vorhandenen Eisen-III-Flocken adsorbiert. Im hydrologischen Sommer von Mai bis Oktober 2024 lag die Eisen-gelöst-Konzentration im Mittel bei 0,2 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 einer 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 beschleunigt. Die Eisen-gelöst-Konzentration schwankte in Abhängigkeit vom Durchfluss und von der Wasserbehandlung im TA1 zwischen $< 0,1$ und 1,8 mg/L. Das arithmetische Mittel der Eisen-gelöst-Konzentration lag im Sommer 2024 bei 0,12 mg/L und im Winter bei 0,14 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 0,07 mg/L Eisen-gelöst gemessen. Die höchsten Konzentrationen des gelösten Eisens bis 0,30 mg/L wurden im Winter bei niedrigen Temperaturen und vergleichsweise kurzen Verweilzeiten in der Talsperre gemessen (vgl. Bild 18).

Der jahreszeitliche Vergleich der Eisenbelastung muss, abweichend von der hier vorliegenden kalenderjährlichen Betrachtung, anhand der statistischen Kennzahlen für das hydrologische Winterhalbjahr 2023/2024 und für das hydrologische Sommerhalbjahr 2024 geführt werden (Tabelle 3). Durch die Einbeziehung der Wintermonate November und Dezember 2023 und den Verzicht auf die Wintermonate November und Dezember 2024 können sich geringe Abweichungen der Konzentrationswerte für das Kalenderjahr (Bild 17 und Bild 18) und für das hydrologische Jahr (Tabelle 3) ergeben.

Tabelle 3: Vergleich der sommerhalbjährlichen und winterhalbjährlichen Konzentrationswerte (in mg/L) und -spannen des Eisens an den Messstellen des Sondermonitorings für das hydrologische Jahr 2024.

Messstelle	Hydrologisches Winterhalbjahr 2024 (01.11.2023 bis 30.04.2024)		Hydrologisches Sommerhalbjahr 2024 (01.05.2024 bis 31.10.2024)	
	Eisen-gesamt	Eisen-gelöst	Eisen-gesamt	Eisen-gelöst
1180 Spremberg-Wilhelmsthal	$\frac{4,3}{[2,2 \dots 19,8]}$ (182)	$\frac{0,78}{[0,18 \dots 2,1]}$ (182)	$\frac{3,6}{[1,7 \dots 15,0]}$ (182)	$\frac{0,22}{[0,02 \dots 3,8]}$ (182)
1190 Brücke Bühlow-Sellessen	$\frac{2,7}{[1,7 \dots 5,3]}$ (182)	$\frac{0,14}{[< 0,02 \dots 0,9]}$ (182)	$\frac{2,2}{[1,2 \dots 6,3]}$ (182)	$\frac{0,12}{[< 0,02 \dots 1,8]}$ (182)
1200 Bräsinchen	$\frac{0,84}{[0,2 \dots 1,8]}$ (182)	$\frac{0,08}{[< 0,02 \dots 0,3]}$ (182)	$\frac{0,36}{[0,2 \dots 1,2]}$ (182)	$\frac{0,05}{[< 0,02 \dots 0,2]}$ (182)

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

Der Vergleich der Dauerlinien der Tageswerte der Eisen-gelöst- und Eisen-gesamt-Konzentration für das Kalenderjahr 2024 an den Messstellen der Spree in Spremberg-Wilhelmsthal, nach der Vorsperre Bühlow und in Bräsinchen (Bild 16) kennzeichnet mittels der Flächendifferenzen zugleich den Eisenrückhalt in der Vorsperre Bühlow bzw. in der Talsperre Spremberg.

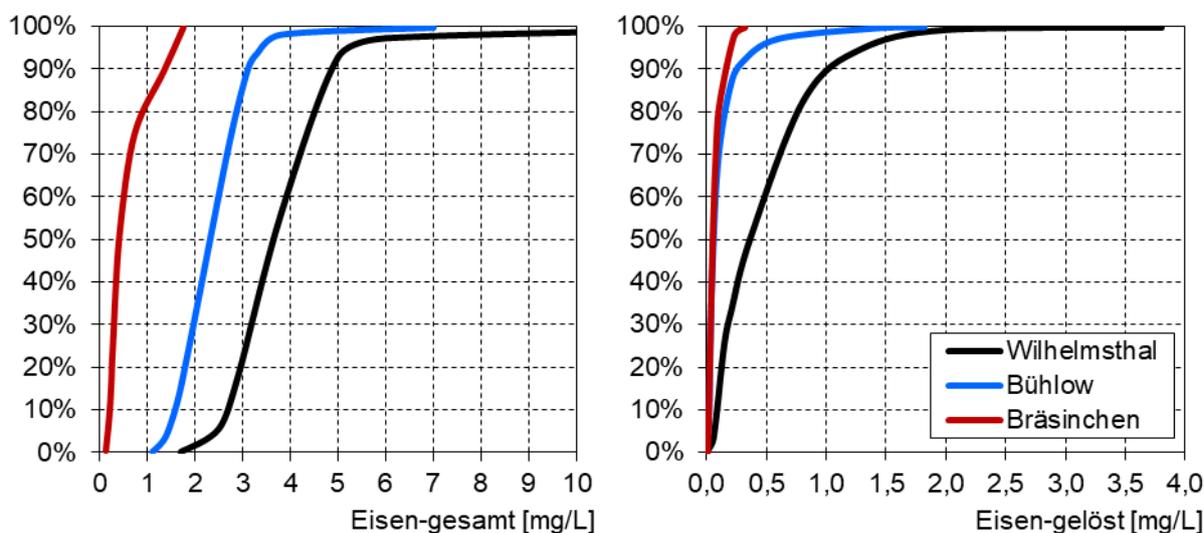


Bild 16: Dauerlinien der Tageswerte der Eisen-gelöst- (rechts) und der Eisen-gesamt-Konzentration (links) für das Kalenderjahr 2024 an den Messstellen der Spree in Spremberg-Wilhelmsthal, nach der Vorsperre Bühlow und in Bräsinchen.

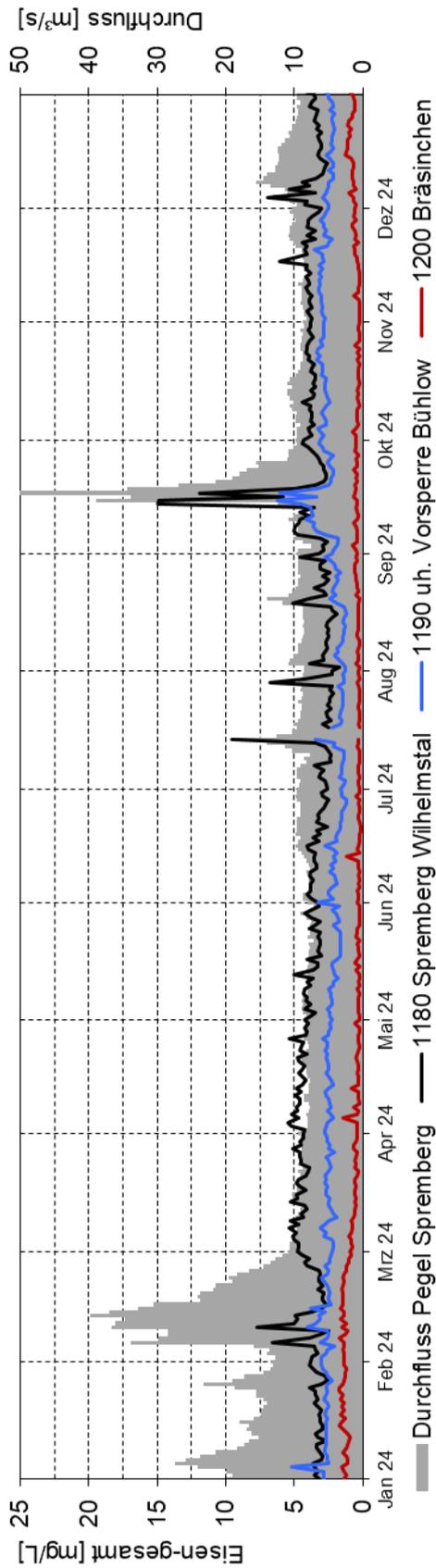


Bild 17: Entwicklung der Eisen-gesamt-Konzentration in der Spree in Spremberg-Wilhelmstal, nach der Vorsperre Bühlow und in Bränsinchen sowie Durchfluss der Spree in Spremberg im Kalenderjahr 2024.

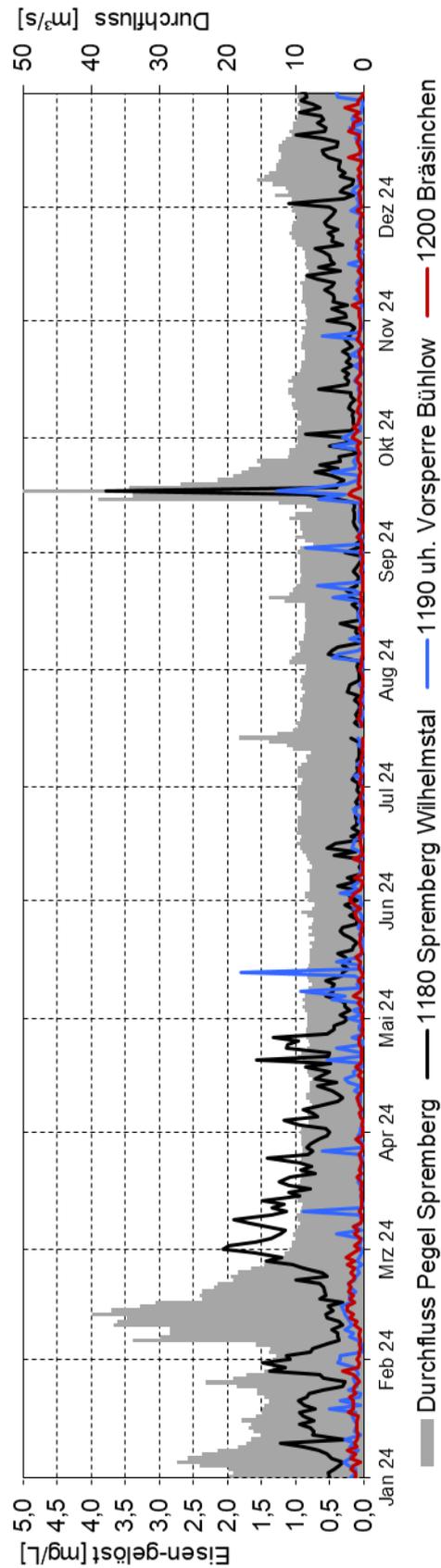


Bild 18: Jahresgang der Eisen-gelöst-Konzentration in der Spree in Spremberg-Wilhelmstal, nach der Vorsperre Bühlow und in Bränsinchen sowie Durchfluss der Spree in Spremberg im Kalenderjahr 2024.

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 Rückgang der Eisen-gesamt- und Eisen-gelöst-Konzentrationen 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 verringerten Vorbelastung in Spremberg-Wilhelmsthal durch die Maßnahmen an den Hotspots, auch die Wasserbehandlung in der Vorsperre Bühlow seit dem Jahr 2014 und die Optimierung der Reinigungsleistung durch die Anlagenertüchtigung ab 2020 ursächlich.

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

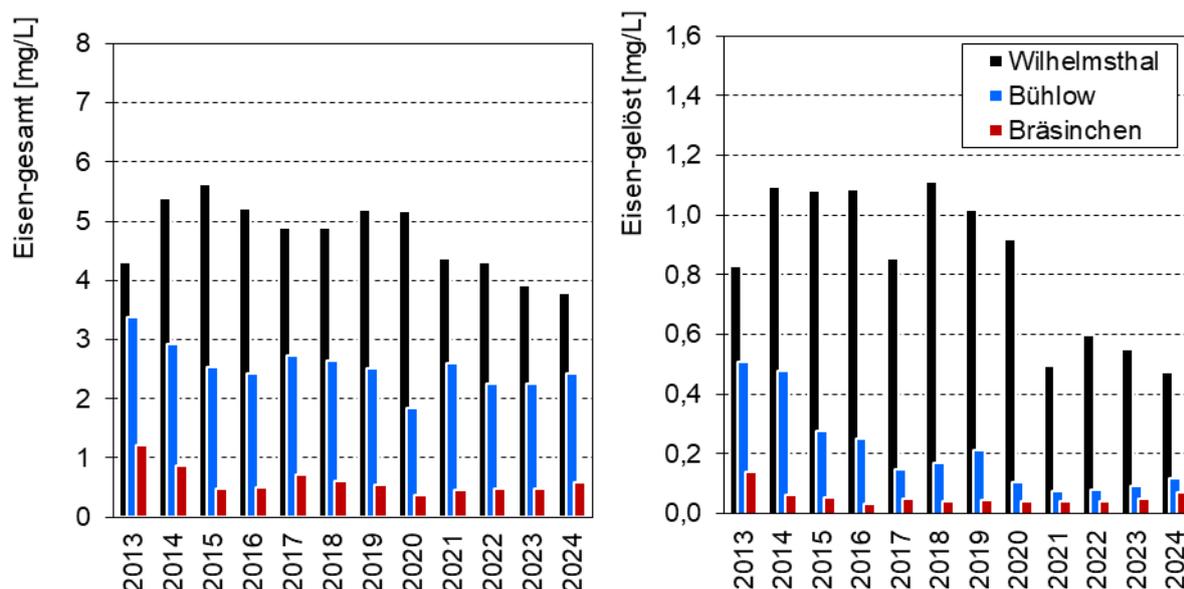


Bild 19: Mittlere Eisen-gesamt- (links) und Eisen-gelöst-Konzentrationen (rechts) an den Messstellen der Spree in Spremberg-Wilhelmsthal (schwarz), nach der Vorsperre Bühlow (blau) und in Bräsinchen (rot) für die Kalenderjahre 2013 bis 2024.

3.4 Eisenfrachten

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

In **Spremberg-Wilhelmsthal** (Mst. 1180) lag die Eisenfracht der Spree im Jahresmittel 2024 bei rund 4.000 kg/d. In den Wintermonaten Januar, Februar und Dezember 2024 wurden aufgrund des erhöhten Durchflusses in der Spree Frachtspitzen bis maximal 24.500 kg/d erfasst (Bild 20). Im Sommerhalbjahr sank die Eisenfracht in der Spree in Spremberg-Wilhelmsthal und lag in der Regel auf einem deutlich niedrigeren Niveau zwischen 1.500 und 3.000 kg/d. Während des Hochwassers in der Spree im September 2024 wurde eine maximale Eisenfracht von 54.300 kg/d erfasst. Die Frachtspitze im Juli 2024 ist auf Gewässerunterhaltungsmaßnahmen in der Spree, folglich auf Effekte der Verschleppung, zurückzuführen.

Die Eisenfracht in der Spree nach der **Vorsperre Bühlow** (Mst. 1190) lag im Mittel des Kalenderjahres 2024 bei 2.600 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 zeigen einen hochgradigen Eisenrückhalt in der Vorsperre. Das ist insbesondere der Fall bei erhöhten Durchflüssen und im Sommerhalbjahr. Die ereignisbezogenen hohen Frachten im Februar und September 2024 wurden durch den Rückhalt in der Vorsperre Bühlow von 24.500 kg/d auf 11.700 kg/d bzw. von 54.300 kg/d auf 26.400 kg/d gedämpft.

Im Kalenderjahr 2024 betrug die mittlere Eisenfracht am Pegel **Bräsinchen** nach der Passage der Talsperre Spremberg rund 760 kg/d. Aufgrund der kürzeren Verweilzeit und der niedrigen Temperaturen wurden die höchsten Eisenfrachten am Ablauf der Talsperre Spremberg in den Wintermonaten Januar, Februar und Dezember 2024 erfasst (Bild 20). Das Hochwasser im September 2024 hatte keinen Einfluss auf die Eisenfracht in der Spree nach der Passage der Talsperre Spremberg. Die Frachtspitze wurde vollständig in der Talsperre zurückgehalten.

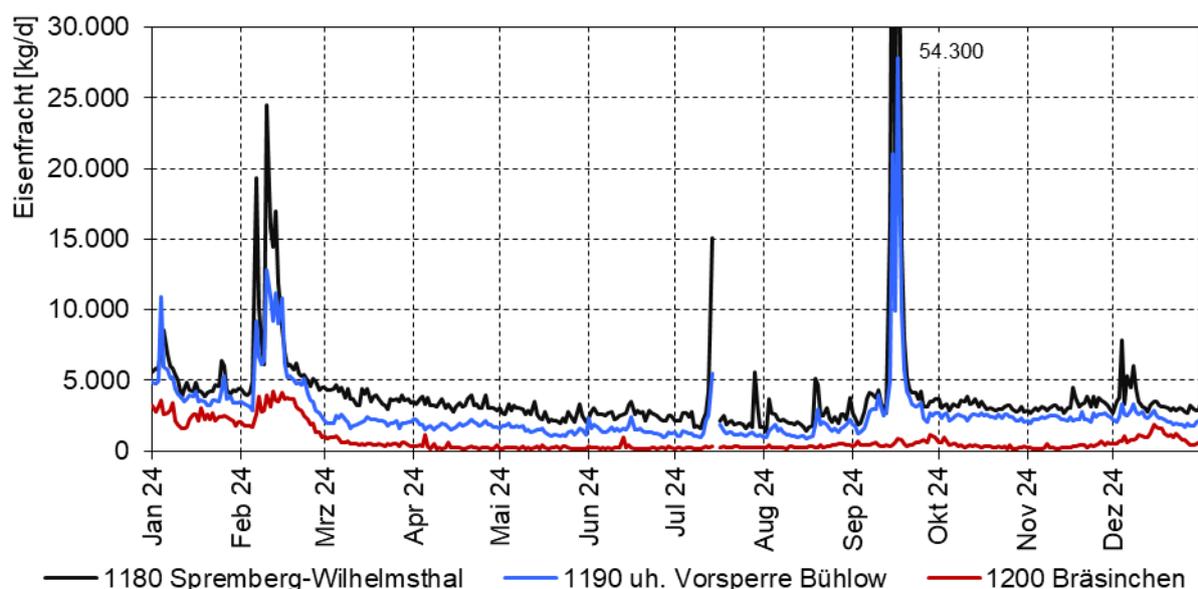


Bild 20: Jahrgang der Eisenfrachten in der Spree in Spremberg-Wilhelmsthal (schwarz), nach der Vorsperre Bühlow (blau) und in Bräsinchen (rot) im Kalenderjahr 2024.

Die Kalenderjahre 2012 bis 2024 lassen sich aufgrund ihrer hydrologischen und meteorologischen Eigenschaften in verschiedene Bilanzierungsperioden einteilen. Nachfolgend werden unterschiedliche Bilanzierungsperioden der vorliegenden Messreihe miteinander verglichen, wobei Kalenderjahre mit ähnlichen hydrometeorologischen Eigenschaften zusammengefasst werden (Tabelle 4).

Tabelle 4: Besonderheiten der Bilanzierungsperioden seit dem Beginn des Sondermonitorings im Jahr 2012. Das aktuelle Berichtsjahr 2024 ist 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 abgesenkt und damit deutlich verkürzte Verweilzeit im Jahr 2014.
2018-2020	Vergleichbare hydrologische Bedingungen mit z. T. langanhaltenden Hitzeperioden und 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	Mittlere hydrologische Bedingungen im gesamten Spreegebiet. Volle Wirksamkeit der Maßnahmen an der Kleinen Spree (6er Brunnenriegel, Horizontaldränage, 10er Brunnenriegel und MWBA Burgneudorf) und an der Spree (MWBA Neustadt und MWBA Ruhlmühle).
2024	Hydrometeorologische Bedingungen vergleichbar mit 2023. Erhöhtes Wasserdargebot im Spreegebiet und markantes Hochwasser im September 2024. Volle 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 5 werden in der Tabelle 6 der Eisenrückhalt in der Vorsperre Bühlow und in der Talsperre Spremberg sowohl in Summe als Fracht als auch anteilig zum Eintrag aus der Spree in Spremberg-Wilhelmsthal (zweite und dritte Spalte in der Tabelle 5) ausgewiesen.

Tabelle 5: Mittlere Eisenfrachten in der Spree im Kalenderjahr 2024 im Vergleich zu vorhergehenden Bilanzierungsperioden (siehe Tabelle 4).

Messstelle Bilan- zierungs- periode	1180 Spremburg-Wilhelmsthal			1190 Vorsperre Bühlow		1200 Bräsinschen	
	MQ	Eisen- fracht	Anteil	Eisen- fracht	Anteil	Eisen- fracht	Anteil
	m ³ /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 %
2024	11,8	4.031	100 %	2.632	65 %	763	19 %

Tabelle 6: Mittlerer Eisenrückhalt in der Vorsperre Bühlow, in der Hauptsperre und in der gesamten Talsperre Spremburg im Kalenderjahr 2024 im Vergleich zu vorhergehenden Bilanzierungsperioden (siehe Tabelle 4).

Messstelle Bilan- zierungs- periode	Eisen- eintrag	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 %
2024	4.031	1.399	35 %	1.869	46 %	3.268	81 %

Im Unterschied zur Eisenkonzentration (Bild 19) entwickelte sich die Eisenfracht in der Spree in Spremburg-Wilhelmsthal von 2012/2013 und mit Ausnahme des Jahres 2017 bis zum Jahr 2020 rückläufig. Seither liegt die mittlere Eisenfracht in Spremburg-Wilhelmsthal bei gleichzeitig abnehmender Eisenkonzentration in der Spree auf einem annähernd gleichen Niveau (Bild 21). Die Eisenfracht im aktuellen Bilanzjahr ist witterungsbedingt und durch den im Vergleich zum Jahr 2020 deutlich höheren jahresmittleren Durchfluss in der Spree begründet. Aufgrund der erhöhten Durchflüsse war die Verweilzeit in der Vorsperre Bühlow in den Jahren 2021, 2022, 2023 und 2024 in der Folge jeweils kürzer. Das hatte einen verringerten Eisenrückhalt in der Vorsperre Bühlow zur Folge und gleichzeitig einen erhöhten Eisenrückhalt in der Hauptsperre. Der anteilige Gesamtrückhalt der Talsperre Spremburg war im Jahr 2024 mit 81 % etwa 10 % niedriger als in den Vorjahren (Tabelle 6).

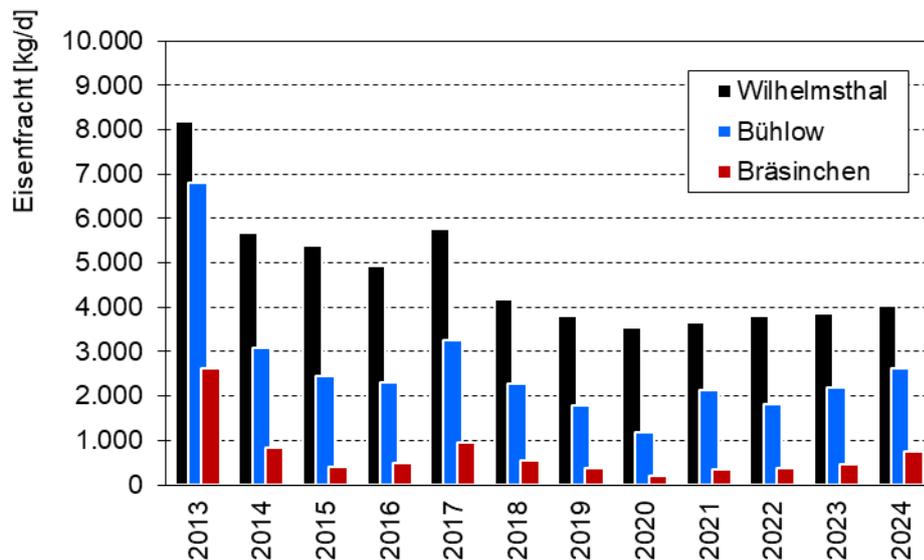


Bild 21: Jahresmittelwerte der Eisenfrachten an den Messstellen der Spree in Spremberg-Wilhelmsthal (schwarz), nach der Vorsperre Bühlow (blau) und in Bräsinchen (rot) in den Kalenderjahren von 2013 bis 2024.

Die Befunde des Sondermonitorings im Jahr 2024 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 der erhöhten Durchflüsse im Jahr 2024 nicht wesentlich gestiegen. Darin zeigt sich die Wirksamkeit der Abfangmaßnahmen. Der abschnittsbezogene Eisenrückhalt im Bereich der Talsperre Spremberg entspricht annähernd den Vorjahresbefunden (Bild 22).

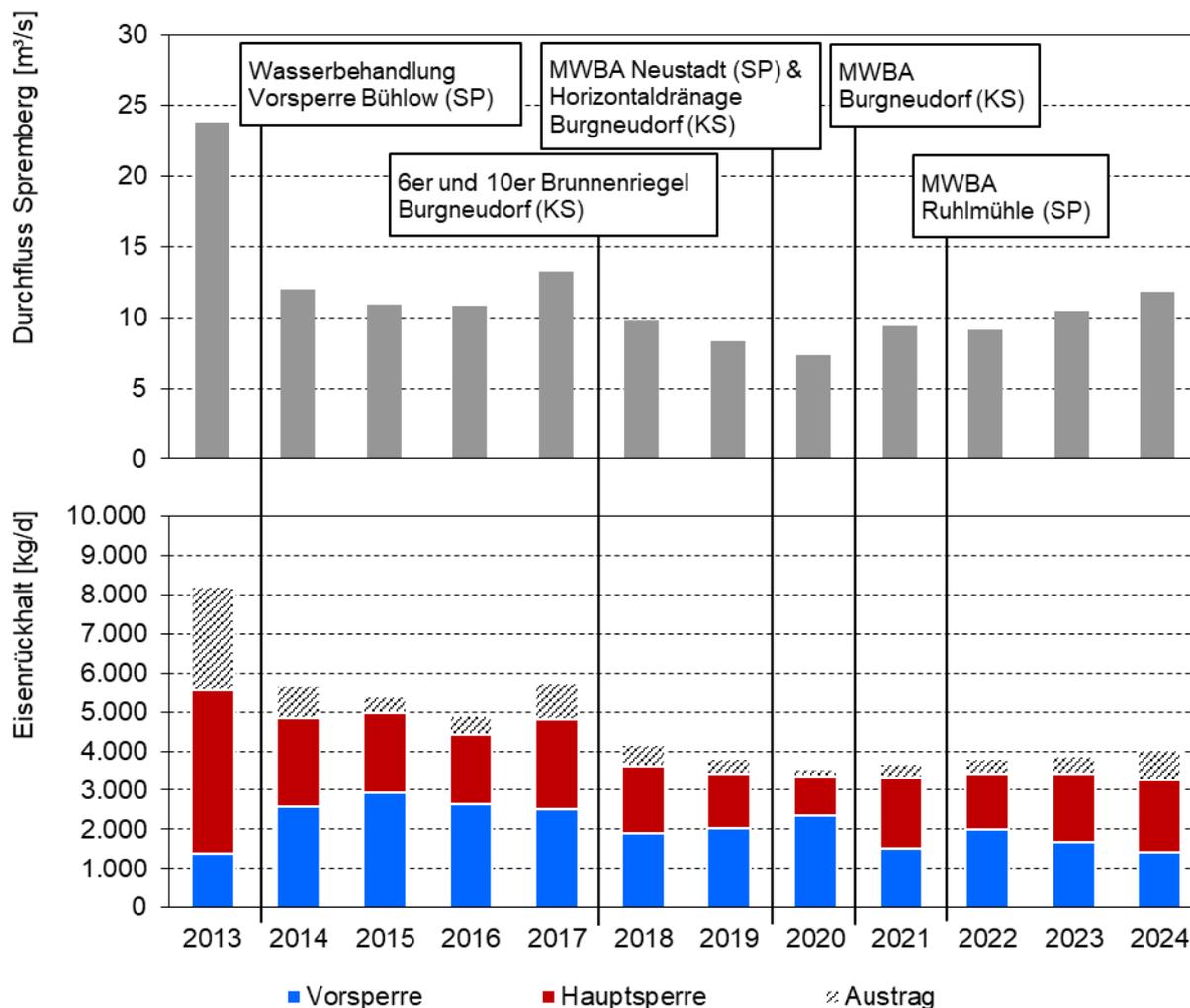


Bild 22: Mittlerer Durchfluss am Pegel Spremberg (oben) sowie mittlerer Eisenrückhalt in der Vorsperre Bühlow (blau) und in der Talsperre Spremberg (rot) sowie Eisenaustrag aus der Talsperre in den Kalenderjahren von 2013 bis 2024 mit Kennzeichnung der Inbetriebnahme von Wasserbehandlungsmaßnahmen an 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 2024 an 299 von 366 Tagen mit einer täglichen Betriebszeit zwischen 18 und 24 Stunden (Tabelle 7). Das entspricht einem Anteil von 86 % der im Kalenderjahr 2024 zur Verfügung stehenden Betriebstage (Tage ohne Anlagenrevision). An 13 % der Betriebstage im Kalenderjahr 2024 lag die Betriebszeit unter 18 Stunden. Die Unterbrechung der Wasserbehandlung hatte meist betriebsbedingte Ursachen, wie Umrüstung, Wartung und technische Ausfälle.

Die volumenspezifische FHM-Dosierung im TA2 erfolgte im Kalenderjahr 2024 an 350 von 366 Tagen.

Am 30.05.2024 gingen die TA1 und die TA2 für 19 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. Die Teilanlage TA1 ging am 18.06.2024 und die TA2 am 15.06.2024 wieder in Betrieb.

Tabelle 7: Anteil der Tage mit 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 mit Bekalkung (Betriebszeit: 18 – 24 Std.)	Anteil der Tage mit 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 %
2024	366	19	347	299	86 %

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 2.000 Tonnen Weißfeinkalk in die Spree eingetragen. Das entspricht einer Zunahme des Kalkeintrages um etwa 250 Tonnen im Vergleich zum Vorjahr (Bild 23). Der erhöhte Kalkeintrag ist überwiegend auf die erhöhte Menge des behandelten Wassers der Spree zurückzuführen. Im Kalenderjahr 2024 wurden rund 329 Mio. m³ Wasser in der Spree mit Kalk versetzt. Das entspricht einer Zunahme des behandelten Wasservolumens um 35 % im Vergleich zum Vorjahr

(Bild 23). Grund dafür war der erhöhte Durchfluss in der Spree (siehe Abschnitt 2.2) und eine verlängerte Betriebszeit der Konditionierungsanlage (Tabelle 7). Aus dem Kalkeintrag und der behandelten Wassermenge ergibt sich für das Kalenderjahr 2024 eine volumenspezifische Kalkdosierung von $6,1 \text{ g/m}^3$. Diese war niedriger als im Vorjahr ($7,2 \text{ g/m}^3$), was als Ursache für den verringerten anteiligen Eisenrückhalt in der Vorsperre Bühlow (siehe Tabelle 6) ausgemacht wird.

Die volumenspezifische FHM-Dosierung im TA2 betrug in der Betriebszeit des Jahres 2024 im Mittel $0,17 \text{ g/m}^3$ und maximal $0,30 \text{ g/m}^3$.

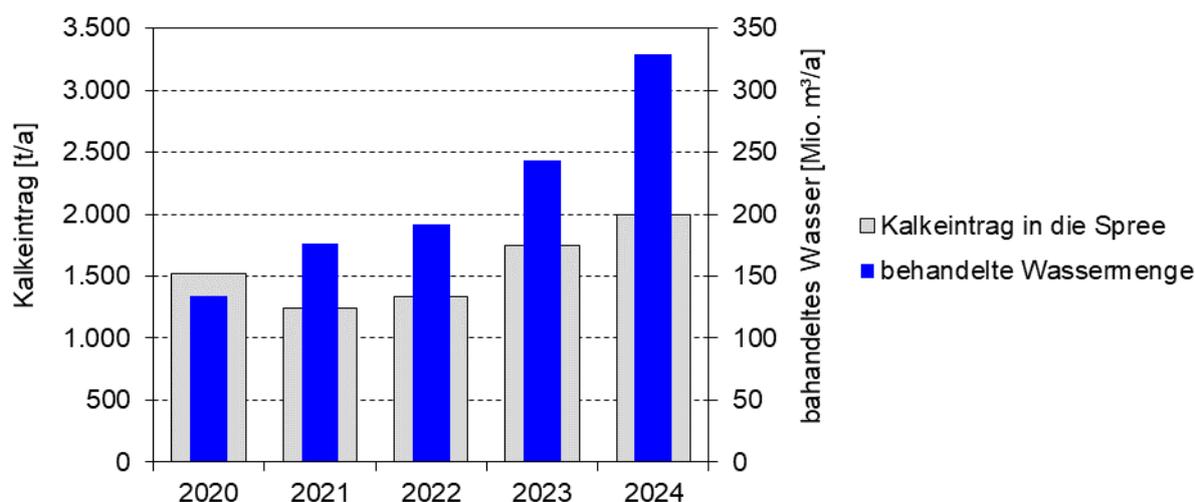


Bild 23: Kalkeintrag und Menge des behandelten Wassers in der Spree seit der Anlagenerüchtigung im Jahr 2020 (aktueller Betreiber: WAL Betrieb).

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 2024 anhand meteorologischer, hydrologischer und bewirtschaftungsbedingter Faktoren jahresübergreifend festgelegt (Tabelle 9):

- (1) die Wasserbehandlung im Winter 2023/2024 vom 16.11.2023 bis 25.02.2024,
- (2) die Wasserbehandlung im Spätwinter, Frühjahr und Sommer 2024 vom 26.02.2024 bis 13.09.2024, einschließlich der Anlagenrevision von 30.05.2024 bis 17.06.2024 sowie

- (3) die Wasserbehandlung im Herbst/Winter 2024 vom 14.09.2024 bis vorerst zum 31.12.2024.

In der Tabelle 8 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 2024 gegenübergestellt.

Tabelle 8: Mittelwerte der Wassertemperatur, des Durchflusses und der Verweilzeit als Mastervariablen des Eisenrückhalts vor bzw. in der Vorsperre und in der Hauptsperre Spremberg während einzelner Phasen der Wasserbehandlung im Kalenderjahr 2024.

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
16.11.2023 bis 25.02.2024	+6,6	+5,0	18,1	18,9	0,12	14,0
26.02.2024 bis 13.09.2024	+16,0	+17,6	9,1	9,7	0,19	25,2
14.09.2024 bis 31.12.2024	+9,7	+9,0	10,3	12,3	0,17	20,3

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

In der Tabelle 9 sind der mittlere Eiseneintrag sowie der mittlere und anteilige Eisenrückhalt in der Vorsperre Bühlow in den Bilanzierungsperioden des Jahres 2024 dargestellt. In Bild 25 ist der frachtbezogene Eisenrückhalt in der Vorsperre Bühlow als Tageswert und als kumulatives Mittel der Bilanzierungsperioden dargestellt.

Tabelle 9: Eiseneintrag und Eisenrückhalt in der Vorsperre Bühlow während einzelner Phasen der Wasserbehandlung im Kalenderjahr 2024.

Bilanzierungsperiode	Kennzeichnung	Mittlerer Eintrag	Mittlerer Rückhalt	Anteiliger Rückhalt
		kg/d	kg/d	
16.11.2023 bis 25.02.2024	(1) Eisenrückhalt im Winter 2023/2024 bei Betrieb der Wasserbehandlung	6.980	2.420	35%
26.02.2024 bis 13.09.2024	(2) Eisenrückhalt im Frühjahr und Sommer 2024 bei Betrieb der Wasserbehandlung und bei Anlagenrevision	2.970	1.280	43%
14.09.2024 bis 31.12.2024	(3) Winterlicher Eisenrückhalt bei Betrieb der Wasserbehandlung	3.320	930	28%

Der anteilige Eisenrückhalt in der Vorsperre Bühlow lag in der winterlichen Bilanzierungsperiode (1) bei hohen Eingangsfrachten mit 35 % auf einem vergleichsweise niedrigen Niveau. Grund dafür war der erhöhte Durchfluss in der Spree im Winter 2023/2024 und die dadurch deutlich verkürzte Verweilzeit in der Vorsperre. In der Bilanzierungsperiode (3) war der anteilige Eisenrückhalt in der Vorsperre Bühlow mit 28 % ebenso niedrig, jedoch bei niedrigen Eingangskonzentrationen. In der Sommerperiode (2) waren die meteorologischen, physikalischen und chemischen Bedingungen für den Eisenrückhalt am günstigsten.

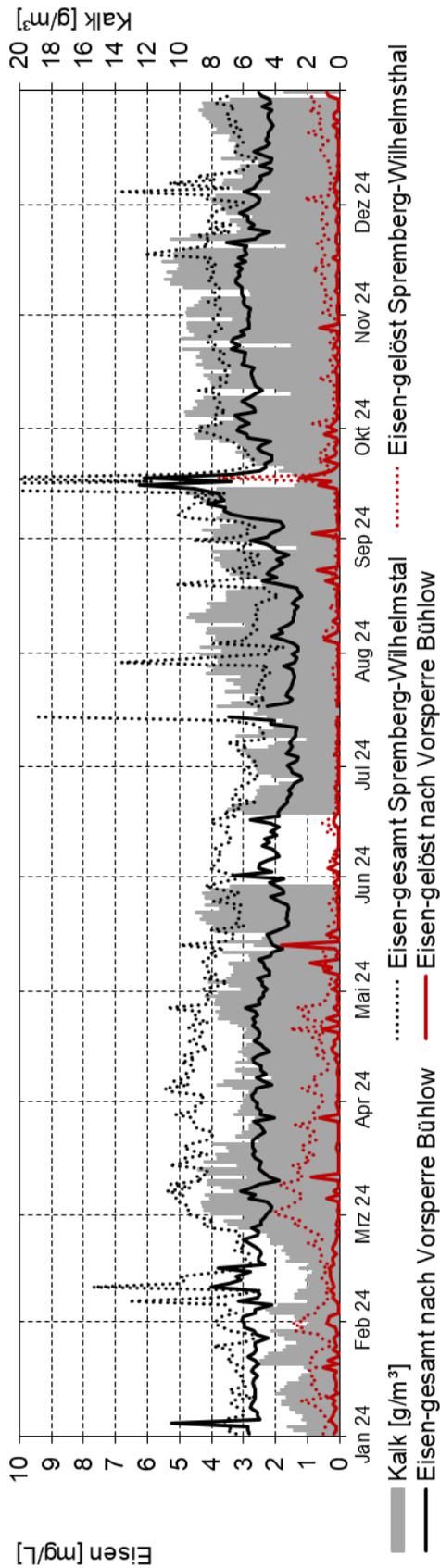


Bild 24: Entwicklung der Eisen-gesamt- und Eisen-gelöst-Konzentration in der Spree in Spremberg-Wilhelmstal und nach der Vorsperre Bühlow sowie volumenspezifische Einsatzmengen von Kalk im Kalenderjahr 2024.

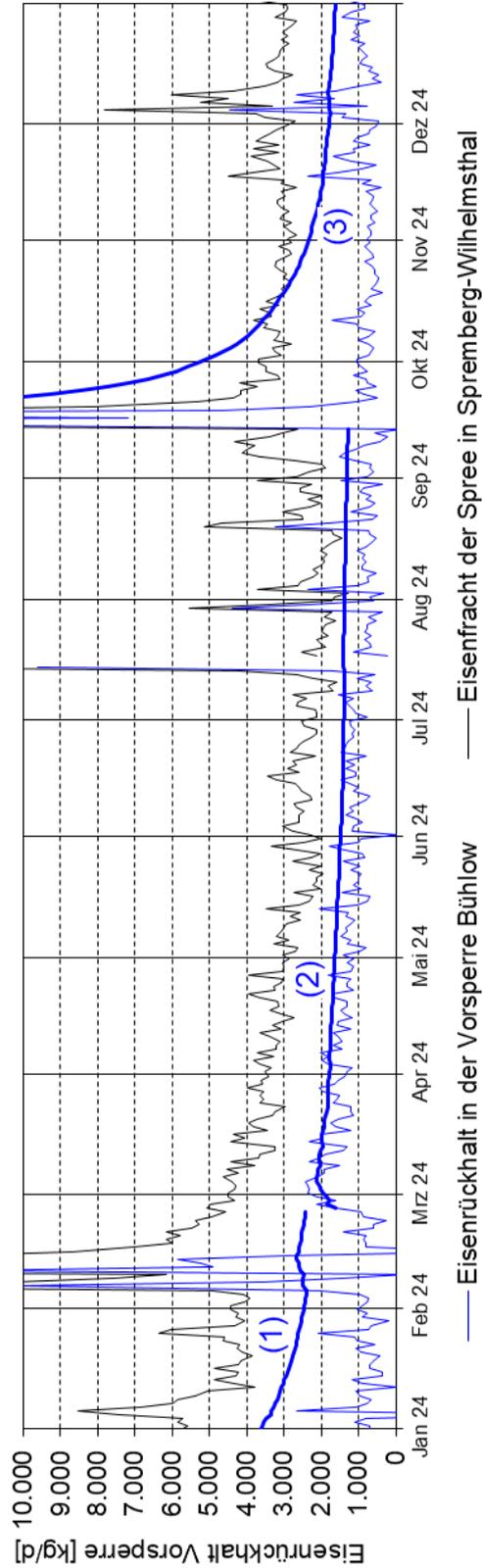


Bild 25: Entwicklung des Eisenrückhalts in der Vorsperre Bühlow als Fracht in kg/d als Tageswerte und als kumulative Mittel über definierte Perioden im Kalenderjahr 2024 (Erläuterung siehe Text und Tabelle 9).

5 Quellenverzeichnis

- [Haude 1954] Haude, W.: Zur praktischen Bestimmung der aktuellen und potentiellen Evaporation und Evapotranspiration. – Mitteilungen des deutschen Wetterdienstes, Nr. 8.
- [DWD 1995] Ergebnisse methodischer Untersuchungen zur Korrektur des systematischen Meßfehlers des Hellmann-Niederschlagmessers. 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.
- [IWB 2024] Zusammenfassender Bericht für 2023 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, 15.02.2024.