



*Für die Senatsverwaltung für
Stadtentwicklung und Umwelt Berlin*

Bewertung der hydrologischen Verhältnisse und der Sulfatkonzentrationen in der Spree in den Jahren 2014/2015 vom Bereich Neustadt-Ruhlmühle im Freistaat Sachsen bis in den Berliner Raum

Kurztitel: Fallanalyse der Sulfatbelastung in der Spree 2014/2015

Auftrag mit Az. VIII E 2 / 21 vom 21.07.2015
Projektnummer IWB 11/15



Nordumfluter am Wehr Schmogrow (Foto: Westphal, 2013)

Dresden, am 28.08.2015



*Für die Senatsverwaltung für
Stadtentwicklung und Umwelt Berlin-VIII E2*

Bewertung der hydrologischen Verhältnisse und der Sulfatkonzentrationen in der Spree in den Jahren 2014/2015 vom Bereich Neustadt-Ruhlmühle im Freistaat Sachsen bis in den Berliner Raum

Kurztitel: Fallanalyse der Sulfatbelastung in der Spree 2014/2015

Auftraggeber: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und
Umwelt Berlin-VIII E2
Brückenstraße 6, 10179 Berlin

Bestellnummer: Auftrag mit Az. VIII E 2 / 21 vom 21.07.2015

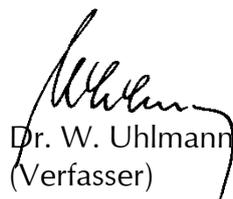
Verantwortlicher: Herr Rehfeld-Klein

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

Projektnummer: 11/15

Bearbeiter: Dr. Wilfried Uhlmann
Dipl.-Hydrologe Kai Zimmermann

Dresden, am 28.08.2015


Dr. W. Uhlmann
(Verfasser)



Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	1
Anlagenverzeichnis	2
Abkürzungsverzeichnis	3
Zusammenfassung	4
1 Veranlassung	9
2 Aufgabenstellung	11
3 Untersuchungsgebiet	12
3.1 Allgemeines	12
3.2 Bilanzräume	14
4 Daten	17
4.1 Untersuchungszeitraum	17
4.2 Klima	17
4.3 Fließgewässer	17
4.4 Bergbaufolgeseen	19
4.5 Technische Anlagen	19
5 Klimatische Wasserhaushaltsgrößen	20
6 Hydrologie	26
6.1 Dynamik des Abflussgeschehens	26
6.2 Historische Einordnung des Abflussgeschehens	34
6.3 Mengenbilanzen	36
7 Sulfat	39
7.1 Sulfatquellen	39
7.2 Dynamik der Sulfatkonzentration	41
7.2.1 Technische Anlagen	41
7.2.2 Bergbaufolgeseen	46
7.2.3 Zuflüsse	51
7.2.4 Diffuse Zuflüsse	57
7.2.5 Spree	58
7.3 Frachtbilanzen	72
7.4 Signallaufzeiten	77
7.5 Bewertung der bisherigen Maßnahmen	80
8 Schlussfolgerungen	82
9 Empfehlungen	86
9.1 Sulfatmonitoring	86
9.2 Sulfatprognosen	88
9.2.1 Klären der Aufgabenstellung	88
9.2.2 Modellanforderung	89
9.2.3 Datenanforderungen	90
10 Quellenverzeichnis	91



Anlagenverzeichnis

Anlage 1	Übersichtskarten des Untersuchungsgebietes	6 Blatt
Anlage 2	Klimatische Wasserhaushaltsgrößen im Untersuchungsgebiet.....	4 Blatt
Anlage 3	Auswertung der hydrologische Verhältnisse im Untersuchungsgebiet	
Anlage 3.1	Langfristige Entwicklung der hydrologischen Verhältnisse.....	23 Blatt
Anlage 3.2	Entwicklung der hydrologischen Verhältnisse im Untersuchungszeitraum.....	8 Blatt
Anlage 4	Entwicklung der Sulfateinträge der Emittenten	
Anlage 4.1	Entwicklung der Sulfatkonzentration und der Ausleitmenge von technischen Anlagen.....	4 Blatt
Anlage 4.2	Entwicklung der Sulfatfracht von technischen Anlagen	5 Blatt
Anlage 4.3	Entwicklung der Sulfatkonzentration und der Ausleitmenge von Bergbaufolgeseen	6 Blatt
Anlage 4.4	Entwicklung der Sulfatfracht aus Bergbaufolgeseen	5 Blatt
Anlage 5	Entwicklung der Sulfatkonzentration in der Spree und in deren Zuflüssen	
Anlage 5.1	Entwicklung der Sulfatkonzentration in den Zuflüssen der Spree	7 Blatt
Anlage 5.2	Entwicklung der Sulfatkonzentration in der Spree.....	6 Blatt
Anlage 6	Bilanzierung der Sulfatfracht in der Spree	
Anlage 6.1	Im Untersuchungszeitraum.....	1 Blatt
Anlage 6.2	Im hydrologischen Jahr 2014	1 Blatt
Anlage 7	Übersicht der verwendeten Daten	
Anlage 7.1	Fließgewässer	5 Blatt
Anlage 7.2	Bergbaufolgeseen	2 Blatt
Anlage 7.3	Technische Anlagen.....	2 Blatt



Abkürzungsverzeichnis

AG	Arbeitsgemeinschaft; Auftraggeber; Aktiengesellschaft
AG-FG	Arbeitsgemeinschaft Flussgebietsbewirtschaftung
AK.....	Arbeitskreis
AN	Auftragnehmer
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
DWD.....	Deutscher Wetterdienst
FWA	Frankfurter Wasser- und Abwassergesellschaft mbH
FZL	Flutungszentrale Lausitz (bei der LMBV)
GGM.....	Gewässergütemanagement
GSM Spree.....	Gütesteuermmodell Spree
GWBA	Grubenwasserbehandlungsanlage (Sprachgebrauch VE-M)
GWRA	Grubenwasserreinigungsanlage (Sprachgebrauch LMBV)
GWWA.....	Grundwasserwiederanstieg
INKA-BB	Innovationsnetzwerk Klimaanpassung Berlin-Brandenburg
IWB.....	Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann, Dresden
KW.....	Kraftwerk
LBGR.....	Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg
LfULG	(Sächsisches) Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
LMBV.....	Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH, Senftenberg
LTV	Landestalsperrenverwaltung (des Freistaates Sachsen)
LUGV.....	Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (Brandenburg)
MLUL.....	Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft (Brandenburg)
MHM.....	Montanhydrologisches Monitoring der LMBV
OBA.....	(Sächsisches) Oberbergamt
SenStadtUm	Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt (Berlin)
TS.....	Talsperre
VE-M	Vattenfall Europe Mining AG
VE-G.....	Vattenfall Europe Generation AG
VS.....	Vorsperre
WSV	Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes
WSA	Wasser- und Schifffahrtsamt Berlin
WW.....	Wasserwerk



Zusammenfassung

- (1) Durch die Einleitung von Sumpfungswasser aus den Grubenwasserbehandlungsanlagen des aktiven Braunkohlenbergbaus, durch Ausleitungen aus den Bergbaufolgeseen des Sanierungsbergbaus sowie durch bergbaubeeinflusste diffuse Grundwasserzuflüsse wird die Spree im Gewässerabschnitt zwischen Uhyst (Sachsen) und Lübben (Brandenburg) unter anderem mit Sulfat belastet. Im unteren Spreeabschnitt, im Wasserwerk Briesen und in den Wasserwerken Friedrichshagen und Wuhlheide, wird mittels Uferfiltration aus der Spree Trinkwasser gewonnen. Bei weiter steigenden Sulfatkonzentrationen in der Spree wird eine Überschreitung des Trinkwassergrenzwertes für Sulfat im Reinwasser der Wasserwerke befürchtet. Die Sulfatkonzentration in der Spree war insbesondere im Sommerhalbjahr 2014 zeitweilig stark angestiegen.
- (2) Die Entwicklung der Sulfatkonzentration in der Spree im Sommer 2014 hat multikausale Ursachen, die aufzuklären waren. Diesem Ansinnen dient die vorliegende Fallanalyse der Sulfatbelastung in der Spree. Sie wurde für das Zeitfenster vom Juli 2012 bis Juni 2015 durchgeführt und baut wesentlich auf ein Sondermessprogramm zur Talsperre Spremberg auf.
- (3) Grundlage für die Fallanalyse der Sulfatbelastung in der Spree bilden öffentlich verfügbare Klimadaten, die Durchflussdaten und Daten der Gewässergüteüberwachung der Länderbehörden, die Überwachungswerte der Bergbauunternehmen zu den Einleitungen sowie diverse Sondermessprogramme. Als wichtige Datengrundlage sind insbesondere die täglichen Messungen der Sulfatkonzentration im Zulauf und Ablauf der Talsperre Spremberg zu werten, die seit Juli 2012 durchgeführt werden. Sie haben wesentlich zum Verständnis der Transformation des Sulfatsignals in der Talsperre Spremberg und der Dynamik der Sulfatbelastung in der Spree beigetragen.
- (4) Die Jahresmittelwerte des Niederschlags, der potentiellen Verdunstung und der klimatischen Wasserbilanz des hydrologischen Jahres 2014 lagen im Bereich der Mittelwerte der verwendeten 20-jährigen meteorologischen Vergleichsreihe. Die hydrometeorologische Vorgeschichte sowie die deutlich vom langjährigen Mittel abweichende innerjährliche und regionale Verteilung der klimatischen Komponenten führten jedoch zu einer besonderen Dargebotsituation im hydrologischen Jahr 2014.
- (5) Die hydrometeorologischen Verhältnisse insbesondere im oberen Einzugsgebiet der Spree waren im hydrologischen Jahr 2014 für die Abflussbildung ungünstig. Der Überschuss der klimatischen Wasserbilanz lag im hydrologischen Winterhalbjahr 2014 deutlich niedriger als der langjährige Mittelwert. Infolge dessen konnten die wasserwirtschaftlichen Speicher im Oberlauf der Spree sowie das Grundwasser nicht ausreichend gefüllt werden. Die Niederschlagsereignisse im Sommerhalbjahr 2014 waren episodisch von hoher Intensität aber überwiegend von kurzer Dauer. Sie waren dadurch kaum abflusswirksam und nicht grundwasserneubildend.



- (6) In der Folge der hydrometeorologischen Verhältnisse sowie der für die Sanierung der Talsperre Spremberg angepassten Ablaufsteuerung der sächsischen Talsperren fiel das Wasserdargebot im oberen Einzugsgebiet der Spree im Jahr 2014 deutlich geringer aus als in den Vorjahren. Der Durchfluss der Spree am Pegel Lieske lag im Mittel des hydrologischen Jahres 2014 bei $2,8 \text{ m}^3/\text{s}$ und damit etwa 40 % unter dem langjährigen Mittelwert von $4,7 \text{ m}^3/\text{s}$. Der Schwarzen Schöps bot ein vergleichbares Bild. Zwischen März und September 2014 lag das mittlere Wasserdargebot im Oberlauf des Schwarzen Schöps lediglich bei $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$.
- (7) Für die Spreepegel Spremberg und Lübben wurde die Zusammensetzung der Durchflüsse aus natürlichen und bergbaulichen Quellen im hydrologischen Jahr 2014 ermittelt. Der Durchfluss am Pegel Spremberg speist sich im Mittel zu 32 % aus dem natürlichen Wasserdargebot, zu 54 % aus den Sumpfungswassereinleitungen des aktiven Braunkohlenbergbaus, zu 9 % aus den Ausleitungen der Bergbaufolgeseen des Sanierungsbergbaus und zu ca. 5 % aus diffusen Grundwasserzutritten. Der mittlere Spreedurchfluss am Pegel Lübben entstammt zu 42 % dem natürlichen Wasserdargebot, zu 45 % dem aktiven Bergbau, zu 9 % dem Sanierungsbergbau und zu 4 % diffusen Grundwasserzutritten.
- (8) Die vorangegangenen hydrologischen Jahre 2010 bis 2013 waren im langjährigen Vergleich eine Periode mit einem deutlich erhöhten Wasserdargebot. Der Grundwasserwiederanstieg in den Gebieten des Sanierungsbergbaus wurde dadurch beschleunigt. Zahlreiche Fließgewässer im ehem. Grundwasserabsenkungstrichter erlangten Grundwasseranschluss. Zahlreiche Bergbaufolgeseen erreichten oder überschritten ihre geotechnisch begründeten Zielwasserstände und mussten in die öffentliche Vorflut ausleiten.
- (9) Seit 2010 wird ein Anstieg der Sulfatfrachten der Grubenwasserbehandlungsanlagen des aktiven Braunkohlenbergbaus beobachtet. Sie haben sich von ca. 99.000 t/a im Jahr 2008 auf ca. 136.000 t/a im Jahr 2014 erhöht. Die Gründe liegen meist in gestiegenen Wassermengen (GWBA Tzschelln und GWBA Kringelsdorf) und seltener in gestiegenen Sulfatkonzentrationen des Sumpfungswassers (GWBA Schwarze Pumpe).
- (10) Die zunehmenden Ausleitungen aus den Bergbaufolgeseen führten zu einem deutlichen Anstieg des Stoffaustrags aus dem Sanierungsbergbau. Der Sulfat-austrag aus den Bergbaufolgeseen hat sich von ca. 21.000 t/a im Jahr 2010 auf ca. 44.000 t/a im Jahr 2014 erhöht. Durch den Grundwasseranschluss wird zusätzlich Sulfat in die Fließgewässer eingetragen.
- (11) Die gestiegenen Sulfatmissionen des aktiven Braunkohlenbergbaus und des Sanierungsbergbaus wurden in den Jahren 2010 bis 2013 durch das überdurchschnittliche Wasserdargebot in der Spree auf akzeptable Konzentrationen verdünnt. Im hydrologischen Jahr 2014 und im darauf folgenden hydrologischen Winterhalbjahr 2015 verringerte sich das natürliche Wasserdargebot in den Fließgewässern. Die gestiegenen Sulfateinträge wurden insbesondere im hydrologischen Sommerhalbjahr 2014 durch das natürliche Wasserdargebot nicht mehr ausreichend verdünnt.



- (12) Das derzeit gültige reguläre Sulfat-Immissionsziel von 450 mg/L am Pegel Spremberg-Wilhelmsthal wurde im dreijährigen Untersuchungszeitraum von Juli 2012 bis Juni 2015 mit einer Häufigkeit von 24 % überschritten. Allein im hydrologischen Jahr 2014 betrug die Überschreitungshäufigkeit rund 50 %. Von März bis September 2014 wurden am Immissionspegel Spremberg-Wilhelmsthal dauerhaft Sulfatkonzentrationen über dem temporären Immissionsziel von 500 mg/L gemessen. Das temporäre Immissionsziel wurde aufgrund der eingeschränkten Steuermöglichkeiten für die Dauer der Sanierung des Ausleitbauwerkes der Talsperre Spremberg festgelegt.
- (13) Die Talsperre Spremberg hat nur einen geringen Einfluss auf die Sulfatkonzentration im Unterstrom der Spree. Die Form des Sulfatsignals im Zulauf wird während der Passage der Talsperre nur wenig verändert. Die Passage dämpft und verzögert das Sulfatsignal der Spree. Die beobachtete Verzögerung des stofflichen Ausgangssignals gegenüber dem Eingangssignal liegt in Abhängigkeit von den Durchflüssen der Spree und vom Stauvolumen der Talsperre zwischen 3 und 10 Tagen. Die Verkürzung der Verweilzeit des Spreewassers auf wenige Tage in der zum Zwecke der Sanierung geleerten Talsperre Spremberg führte im Sommer 2014 zu einer beschleunigten Translation des Sulfatsignals.
- (14) Durch Versickerungsverluste hat die Talsperre Spremberg eine geringe mindernde Wirkung für die Sulfatfracht. Der Frachtverlust wird im Mittel des dreijährigen Untersuchungszeitraumes mit etwa 9 % bilanziert.
- (15) Im Abschnitt der Spree zwischen der Talsperre Spremberg und dem Oberspreewald wird das Sulfatsignal infolge der kurzen Verweilzeit nahezu verzögerungsfrei weitergegeben. Die geringen Zuflüsse in diesem Spreeabschnitt haben keinen nennenswerten Einfluss auf die Sulfatkonzentration der Spree.
- (16) Die Transformation des Sulfatsignals der Spree im Oberspreewald hängt von der inneren Wasserverteilung ab. Durch die Teilung der Hauptströme der Spree im Spreewald wird das Sulfatsignal bis zum Pegel Lübben gespreizt und gedämpft, aber vergleichsweise wenig zeitlich verzögert. Die südlichen Zuflüsse aus dem Sanierungsbergbau: das Greifenhainer Fließ, das Vetschauer Mühlenfließ, die Dobra und die Wudritz führen sehr hohe Sulfatkonzentrationen. Wegen überwiegend geringer sommerlicher Durchflüsse wirken sie nur begrenzt konzentrationserhöhend auf das Sulfat in der Spree.
- (17) Der Unterspreewald hat keinen nennenswerten Einfluss auf das Sulfatsignal der Spree. Für den Pegel Leibsch am Ausgang des Unterspreewaldes ist ein Sulfat-Immissionsziel von 300 mg/L im 90-Perzentil festgelegt. Im Untersuchungszeitraum zwischen Juli 2012 und Juni 2015 wurde das Immissionsziel mit einer Häufigkeit von 55 % überschritten. Allein im hydrologischen Jahr 2014 lag die Überschreitungshäufigkeit bei 92 %.
- (18) Durch die anteilige Überleitung von Spreewasser in das Einzugsgebiet der Dahme am Wehr Leibsch wird die Sulfatfracht in der Spree im Mittel um 25 % verringert. Auf die Sulfatkonzentration der Spree hat die Überleitung zunächst keine Wirkung.



- (19) Zwischen dem Pegel Leibsch und dem Pegel Beeskow durchfließt die Spree den Neuendorfer See und den Schwielochsee und erhält Zuflüsse aus dem Einzugsgebiet. Dadurch wird das Sulfatsignal der Spree verzögert und gedämpft sowie die Sulfatkonzentration graduell verdünnt. In Abhängigkeit vom Durchfluss der Spree dauert es ein bis zwei Monate, bis ein Anstieg der Sulfatkonzentration am Pegel Leibsch den Pegel Beeskow erreicht wird. Die Sulfatkonzentration in Beeskow hängt maßgeblich von der Vorbelastung in Leibsch sowie dem Volumenstromanteil der sulfatarmen Gebietszuflüsse am Durchfluss der Spree ab.
- (20) Zwischen dem Pegel Beeskow und dem Infiltrationspumpwerk des Wasserwerkes Briesen fließen der Spree der Oder-Spree-Kanal und lokale Fließgewässer zu. Die Zuflüsse haben ebenfalls eine verdünnende Wirkung auf die Sulfatkonzentration der Spree. Eine nennenswerte zeitliche Verzögerung des Sulfatsignals ist in diesem Spreeabschnitt nicht feststellbar.
- (21) Das Wasserwerk Briesen gewinnt Trinkwasser anteilig aus der Spree durch Uferfiltration. Der Trinkwassergrenzwert für Sulfat liegt bei 250 mg/L. Da Sulfat bei der Grundwasserpassage und bei der Wasseraufbereitung im Wasserwerk kaum zurückgehalten wird, sollte eine dauerhafte Überschreitung dieses Wertes in der Spree vermieden werden. Im Untersuchungszeitraum zwischen Juli 2012 und Juni 2015 wurde eine Sulfatkonzentration von 250 mg/L mit einer Häufigkeit von 41 % überschritten. Im hydrologischen Jahr 2014 lag die Überschreitungshäufigkeit bei 57 %.
- (22) Die zahlreichen kleinen Zuflüsse zwischen Briesen und Berlin verdünnen die Sulfatkonzentration der Spree nicht mehr maßgeblich. Die Sulfatkonzentration der Spree vor Einmündung in den Dämeritzsee liegt auf dem Konzentrationsniveau der Spree in Briesen.
- (23) Die Fallanalyse ergibt für Niedrigwasserabflüsse eine Fließzeit von Spremberg bis Briesen zwischen 2 und 3 Monaten. Bei Hochwasser in der Spree, wie im Juli 2012 und Juni 2013, verkürzt sich die Fließzeit auf ca. 2 Wochen. Bei einer langen Fließzeit steigt die Wahrscheinlichkeit eines Witterungsumschwunges und damit der Verdünnung der Sulfatkonzentration im Unterstrom.
- (24) Die Sulfatfrachten der Spree im hydrologischen Jahr 2014 wurden im Südraum (am Pegel Spremberg-Wilhelmsthal) mit ca. 161.000 t/a und im Nordraum mit ca. 210.000 t/a (Pegel Lübben) ermittelt. In den meisten Bilanzabschnitten der Spree ist die Bilanzierung der Sulfatfrachten konsistent. Eine Deckungslücke der Sulfatbilanz im Oberspreewald zwischen der Summe der Einträge und dem summarischen Austrag von etwa 12 % wird auf Versickerungsverluste ins Grundwasser zurückgeführt.



- (25) Anteil an der hohen Sulfatbelastung der Spree im Jahr 2014 hatte neben den gestiegenen Sulfateinträgen aus dem aktiven und Sanierungsbergbau (siehe Thesen (9) bzw. (10)) und dem im Vergleich zu den Vorjahren geringeren natürlichen Wasserdargebot (siehe These (5)) auch eine eingeschränkte Sulfatsteuerung. Die Einschränkungen ergaben sich aus der unvollständigen Füllung der sächsischen Talsperren zu Beginn des hydrologischen Sommerhalbjahres 2014 (siehe These (5)) und deren ersatzweise Nutzung für die Niedrigwasseraufhöhung in Brandenburg sowie aus den Besonderheiten der Wassermengenbewirtschaftung zur Gewährleistung eines ausreichenden Eisenrückhalts in der Vorsperre Bühlow während der Sanierung der Talsperre Spremberg. Die Anteile der einzelnen Einflussfaktoren an der erhöhten Sulfatbelastung der Spree im Jahr 2014 können im Einzelnen nicht ausgewiesen werden.
- (26) Eine Abschätzung der künftigen Entwicklung der Sulfatbelastung der Spree bedarf zunächst zuverlässiger Prognosen der weiteren Entwicklung der Sulfateinträge aus dem aktiven Braunkohlenbergbau und aus dem Sanierungsbergbau. Modellgestützte Prognosen des Sulfattransports in der Spree müssen der beachtlichen Retention im Einzugsgebiet Rechnung tragen.



1 Veranlassung

Der Braunkohlenbergbau in der Lausitz verursacht beträchtliche Sulfateinträge in die Spree. Dies geschieht durch:

- Einleitungen aus Grubenwasserbehandlungsanlagen des aktiven Braunkohlenbergbaus (Punktquellen),
- Einleitungen der Kühlturmbabflut aus Braunkohlenkraftwerken (Punktquellen),
- Ausleitungen aus Bergbaufolgeseen des Sanierungsbergbaus (Punktquellen),
- Grundwasserzutritten im Bereich des Sanierungsbergbaus (diffuse Quellen),
- bergbaulich belastete Fließgewässer II. Ordnung, bei denen das Sulfat hier wiederum aus Bergbaufolgeseen, diffusen Grundwasserzutritten oder diversen Dränagen stammen kann und
- aus diversen Dränagen in Ortslagen, die zur Abwehr der Folgen des Grundwasserwiederanstiegs errichtet wurden.

In den zurückliegenden Jahren stiegen die Einleitungen (Frachten) aus Grubenwasserbehandlungsanlagen an. Infolge des fortgeschrittenen Grundwasserwiederanstiegs im Sanierungsbergbau der LMBV haben die Ausleitung aus den Bergbaufolgeseen und die Grundwasserzutritte in die Fließgewässer an Bedeutung gewonnen. Dadurch, dass die Zunahme der Stoffeinträge auf lang anhaltend niedrige Durchflüsse in der Spree traf, hat sich die Sulfatkonzentration in der Spree deutlich erhöht. In der Spree in Spremberg-Wilhelmsthal wurden im Sommer 2014 zeitweilig über 600 mg/L Sulfat gemessen. Hohe Sulfatkonzentrationen wurden bis in den Berliner Raum registriert. Erstmals wurde der Immissionszielwert am Pegel Rahnsdorf in 2014 signifikant überschritten. Durch die gestiegene Sulfatkonzentration in der Spree sind Nutzungen betroffen, vor allem die Trinkwassergewinnung aus Uferfiltrat im Wasserwerk Briesen sowie in den Berliner Wasserwerken Friedrichshagen und Wuhlheide.

Bei der Auswertung des behördlichen Sulfatmonitorings der Spree für das Jahr 2014 wurde im AK „Wasserbeschaffenheit“ der AG „Flussgebietsbewirtschaftung Spree-Schwarze Elster“ am 11.06.2015 herausgearbeitet, dass sich die Ursachen der Erhöhung der Sulfatkonzentrationen im Jahr 2014 anhand der behördlichen Daten nicht eindeutig zuordnen lassen. Es handelt sich dabei um eine Überlagerung mehrerer Ursachen, wie

- um geringere Abflüsse im Untersuchungszeitraum,
- um die Änderung der Sulfatsteuerung im Zusammenhang mit der Sanierung der Talsperre Spremberg im Sommer 2014, bei der der Immissionswert für den Zeitraum der Wasserabsenkung auf 500 mg/L angehoben wurde, damit mehr Wasser in den sächsischen Talsperren im Oberlauf der Spree für die Niedrigwasseraufhöhung der Spree zur Verfügung stand sowie
- um eine deutlich zunehmende bergbaubedingte Sulfatmission (eingebrachte Sulfatfrachten), aber veränderliche Sulfatkonzentrationen in Abhängigkeit vom Wasserdargebot.



Die verschiedenen bisherigen Untersuchungen zur Sulfatthematik der Spree in den Jahren zuvor ergaben bisher nicht die notwendigen detaillierten Erkenntnisse aus dem Wechselspiel der unterschiedlichen und in Veränderung begriffenen Ursachen. Für die möglicherweise erforderliche Festlegung weiterer Maßnahmen zur Sulfatsteuerung auf die Immissionsziele gemäß den „Grundsätzen für die länderübergreifende Bewirtschaftung der Flussgebiete Spree, Schwarze Elster und Lausitzer Neiße“ war eine detailliertere Auswertung der besonderen Situation im Jahr 2014 erforderlich. Dazu waren alle zur Verfügung stehenden hydrologischen und chemischen Daten (behördliche und von Dritten) der Spree und ihrer Zuflüsse von oberhalb des bergbaulichen Beeinflussungsgebietes bis zum Pegel Rahnsdorf einzubeziehen. Da bisher auch im Jahr 2015 geringere Abflüsse in der Spree registriert werden, sind die bislang vorliegenden Daten für das Jahr 2015 in der Fallanalyse mit zu betrachten. Vereinbarter Datenschnitt ist der 30.06.2015. Priorität gegenüber dem Datenschnitt hat jedoch eine kurzfristige Fertigstellung der Untersuchungen.

Die Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin-VII E2 hat das Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann am 21.07.2015 unter dem Aktenzeichen VIII E 2 / 21 mit der Bearbeitung der Fallanalyse zur Sulfatbelastung der Spree in den Jahren 2014/2015 beauftragt. Die Beauftragung erfolgte auf der Grundlage eines Angebots des Instituts für Wasser und Boden Dr. Uhlmann mit der internen Projektnummer 11/15 vom 17.07.2015. Die dem Angebot zugrunde liegende Aufgabenstellung wurde im AK „Wasserbeschaffenheit“ der AG „Flussgebietsbewirtschaftung“ vorbesprochen und zwischen den fachlich Beteiligten im E-Mail-Verkehr im Detail abgestimmt.

Die Unternehmen VE-M, VE-G und LMBV sowie die Länderbehörden hatten im Vorfeld der Bearbeitung ihre Mitwirkung an der Fallanalyse durch die vorbehaltlose Bereitstellung der erforderlichen Daten zugesichert.



2 Aufgabenstellung

Als Aufgaben für die Fallanalyse zur Sulfatbelastung der Spree wurden zwischen den fachlich Beteiligten abschließend folgende Zielstellungen formuliert:

1. Hydrologische Charakterisierung des Untersuchungszeitraumes.
2. Detaillierte Ursachenermittlung der gestiegenen Sulfatkonzentrationen in der Spree für das Jahr 2014 und für das erste Halbjahr 2015. Teileinzugsgebietsbezogene Bewertung der Bedeutung der Sulfatquellen für den Konzentrationsverlauf im Untersuchungszeitraum. Darstellung der Einleitmengen und Sulfatkonzentrationen an den relevanten Quellen in möglichst zeitdiskreter Form einschließlich der Veränderungen der Emissionen seit 2006.
3. Teileinzugsgebietsbezogener Abgleich der erfassten Emissionen mit den Immissionen (Frachtbilanz). Kritische Diskussion der Frachtbilanz.
4. Einschätzung der durchflussabhängigen Fließzeiten und Konzentrationsverläufe der Stoffsignale von den jeweiligen Eintrittsstellen über die einzelnen Sulfatmessstellen in der Spree bis zum Pegel Rahnsdorf und dem Entnahmebauwerk Briesen/Neubrück.
5. Prüfung statistischer Zusammenhänge zwischen den Sulfatkonzentrationen an den Pegeln Leibsch und Neubrück bzw. Leibsch und Rahnsdorf.
6. Bewertung der zwischenzeitlich (in 2015) eingeleiteten Maßnahmen zur Bereitstellung von Wasser zur Sulfatverdünnung, u. a. aus den Talsperren Bautzen und Quitzdorf.
7. Gesamtbewertung und Empfehlungen für die Fortschreibung des Sulfatmonitorings und zur Fortschreibung der Sulfatprognosen. Detaillierte Ursachenermittlung der gestiegenen Sulfatkonzentrationen in der Spree im Kalenderjahr 2014 und im ersten Halbjahr 2015.

Für die Analyse aller Monitoringergebnisse wurden die behördlich ermittelten Daten der Länder Berlin, Brandenburg und Sachsen durch die Senatsverwaltung Berlin, das Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg bzw. das Sächsische Landesamt für Umwelt, Geologie und Landwirtschaft zur Verfügung gestellt. Auf die im Auftrag der Bergbauunternehmen Vattenfall Europe Mining AG, Vattenfall Europe Generation AG sowie Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH ermittelten Monitoringergebnisse konnte ebenfalls zugegriffen werden. Die Zustimmungen der Unternehmen lagen vor. Ebenso wurden durch den Auftraggeber weitere Daten der Wasserversorger zu den Wasserwerken Briesen, Friedrichshagen und Wuhlheide bereitgestellt.



3 Untersuchungsgebiet

3.1 Allgemeines

Das Untersuchungsgebiet der Spree wurde von der Talsperre Bautzen (Flusskilometer 321,3) bis zum Pegel Hohenbinde kurz vor dem Großen Müggelsee (Flusskilometer 50,3) aufgespannt (Bild 1).

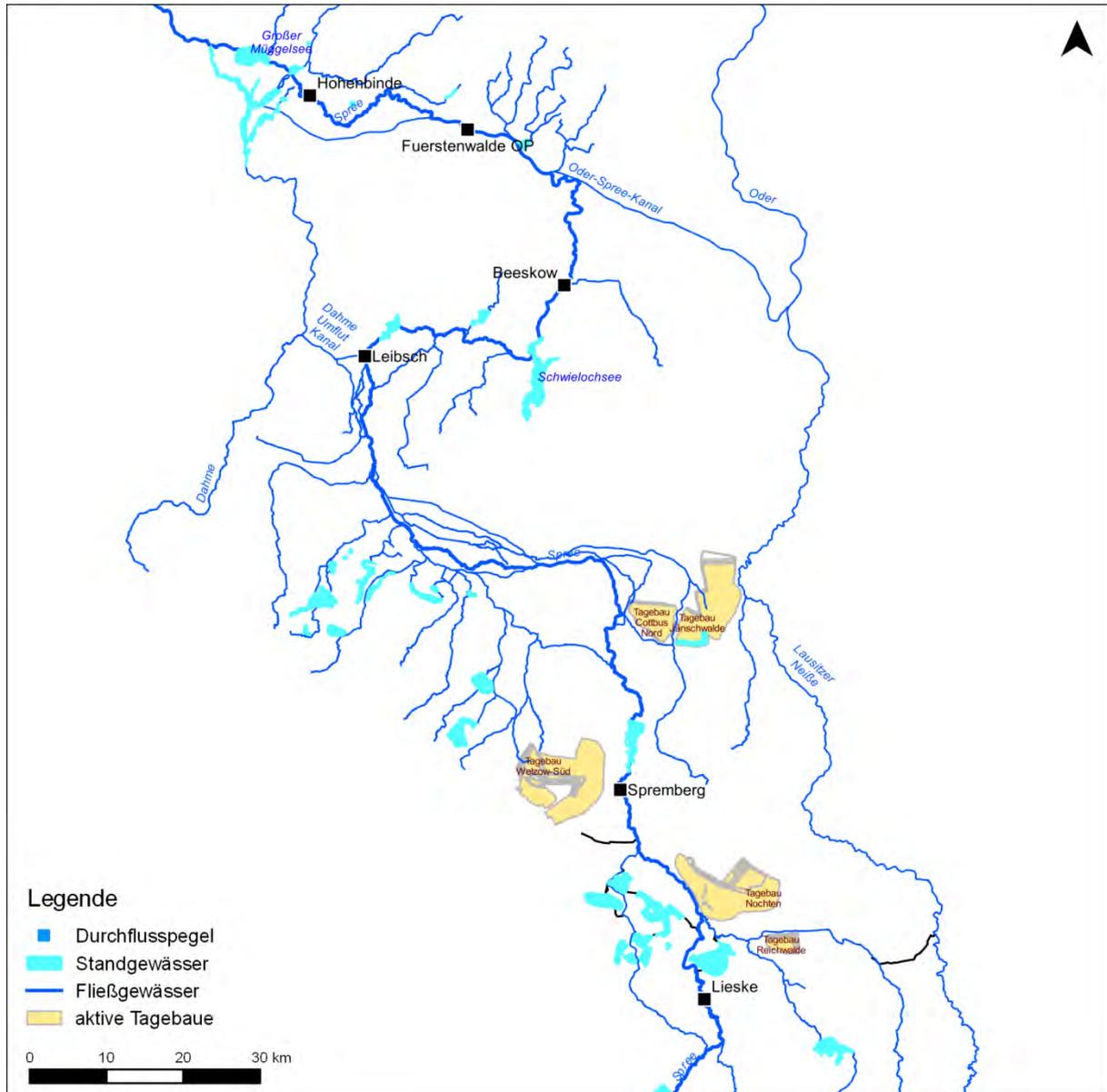


Bild 1: Übersicht des Untersuchungsgebietes mit maßgeblichen Durchflusspegeln an der Spree

Hierin eingeschlossen sind die maßgeblichen Zuflüsse als Fließgewässer 2. Ordnung, wie der Schwarze Schöps, die Kleine Spree und das Große Fließ. Besondere Beachtung verdienen auch die Fließgewässer 2. Ordnung, die am Nordabhang des Lausitzer Grenzwalls die Sanierungsgebiete Gräbendorf/Greifenhain, Seese-Ost und



Seese-West sowie Schlabendorf-Nord und Schlabendorf-Süd entwässern. Damit sollten möglichst alle relevanten Einflüsse auf das Wasserdargebot und auf die Wasserbeschaffenheit der Spree erkannt und reflektiert werden.

An die Spree im Untersuchungsgebiet bzw. an ihre Zuflüsse bestehen vielseitige Nutzungsanforderungen:

- Talsperren (Bautzen, Quitzdorf, Spremberg) zur Niedrigwasseraufhöhung und zum Hochwasserrückhalt
- Künftige Speicher (Bärwalde, Lohsa II-Burghammer)
- Durchleitung von Flutungswasser (Neißeüberleitung)
- Vorflut für Industriestandorte (z. B. Schwarze Pumpe) und Kläranlagen (z. B. Spremberg, Cottbus, Lübbenau, ...)
- Vorflut für Grubenwasserbehandlungsanlagen (GWBA Kringelsdorf, Tzschelln, Schwarze Pumpe und Jänschwalde)
- Kühlwasserressource für Kraftwerke (Boxberg)
- Wasserressource für die Trinkwassergewinnung durch Uferfiltration (Wasserwerke Briesen und Friedrichshagen)
- Natur- und Landschaftsschutz (Biosphärenreservat Oberspreewald, Unterspreewald, diverse FFH- und SPA-Gebiete, Natur- und Landschaftsschutzgebiete)
- Gewässerökologie (Wasserrahmenrichtlinie)
- Tourismus (Talsperre Spremberg, Spreewald, Schwielochsee, Müggelsee)
- Fischwirtschaft
- Wassersport

Die Talsperre Bautzen an der Spree und die Talsperre Quitzdorf am Schwarzen Schöps im oberen Einzugsgebiet sowie die Talsperre Spremberg im mittleren Einzugsgebiet der Spree dienen der Mengenbewirtschaftung. Im Unterlauf der Spree werden der Neuendorfer See, der Schwielochsee, der Dämeritzsee und der Müggelsee von der Spree durchflossen. Diese Seen werden nicht in die Wassermengenbewirtschaftung der Spree einbezogen. Dazu sind die wasserbaulichen Voraussetzungen nicht gegeben.

Die Wassermengenbewirtschaftung der Spree erfolgt in Abstimmung zwischen den Ländern Sachsen, Brandenburg und Berlin. Das koordinierende Organ ist die AG „Flussgebietsbewirtschaftung“, die regelmäßig mindestens vierteljährlich tagt. Von der länderübergreifenden AG „Flussgebietsbewirtschaftung“ wurden „Grundsätze für die länderübergreifende Bewirtschaftung der Flussgebiete Spree, Schwarze Elster und Lausitzer Neiße“ [U 1] erarbeitet. Diese Leitlinien werden ständig aktualisiert. Die letzte Aktualisierung datiert vom 17.07.2014. Die „Grundsätze“ beinhalten auch Zielstellungen zur Wasserbeschaffenheit der Spree. Die praktische Abstimmung und Ausführung der zwischen den Beteiligten abgestimmten Regelhandlungen erfolgt durch die LTV, das LUGV und die FZL der LMBV. Die bisher dominante Mengenbewirtschaftung wird zunehmend mit den Erfordernissen der Wassergütebewirtschaftung konfrontiert. Wobei derzeit zwei gewichtige Herausforderungen bestehen: die Eisenbelastung und die Sulfatbelastung.

Praktisch alle Lausitzer Braunkohlentagebaue der VE-M und Braunkohlenkraftwerke der VE-G sowie ein beträchtlicher Teil der Lausitzer Sanierungstagebaue der LMBV



liegen im Einzugsgebiet der Spree. Die Spree zählt zu den am stärksten vom Braunkohlenbergbau beeinflussten Fließgewässern in Deutschland. Ein beträchtlicher Anteil der derzeitigen Wasserführung der Spree geht auf die Einleitung behandelter Sumpfungswässer aus den Braunkohlentagebauen zurück. Dieses Wasser wird dem Grundwasser entnommen und stellt eine Anleihe auf die Grundwasserressourcen dar, die zu gegebener Zeit ausgeglichen werden muss. Bei der Einstellung des Braunkohlenbergbaus müssen der Grundwasserabsenkungstrichter und die verbliebenen Hohlformen mit Wasser gefüllt werden. Dafür muss das Wasserdargebot der örtlichen Fließgewässer in Anspruch genommen werden. Im Sanierungsbergbau der LMBV in der Lausitz sind die über Jahrzehnte aufgelaufenen Wasserbilanzdefizite bis heute zu einem großen Teil ausgeglichen. Dazu haben eigene Maßnahmen der LMBV (Wasserüberleitung, Flutungsmanagement), günstige Witterungsbedingungen und eine komfortable Ressourcensituation infolge der hohen Wassereinleitungen aus dem aktiven Braunkohlenbergbau beigetragen.

3.2 Bilanzräume

Für die Fallanalyse der Sulfatbelastung wird die Spree in zehn **Bilanzabschnitte** gegliedert (Tabelle 1). Die Gliederung der Bilanzabschnitte der Spree erfolgt jeweils an einem Gütepegel, dem entweder ein Durchflusspegel direkt zugeordnet ist oder dem ein Durchflusspegel zugeordnet werden kann. Für die einzelnen Bilanzabschnitte werden jeweils geschlossene Stoffbilanzen für Sulfat erstellt.

Tabelle 1: Bilanzabschnitte der Spree und wesentliche Gewässernutzer

Nr. des Bilanzabschnittes	Gewässerabschnitt der Spree	Wesentliche Gewässernutzer		
		Öffentliche und sonstige	Sanierungsbergbau LMBV	Braunkohlenbergbau VE-M und VE-G
1	Von der TS Bautzen bis zum Wehr Bärwalde	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Talsperre Bautzen (LTV) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Einleitung SB Bärwalde (Wehr Uhyst) ▪ Einleitung SB Lohsa II (Wehr Bärwalde) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Entnahme KW Boxberg
2	Vom Wehr Bärwalde bis zum Pegel Spreewitz	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Schwarzer Schöps ▪ Kleine Spree 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Grundwasserzutritt zum Altarm an der Ruhlmühle ▪ Diffuse Grundwasserzutritte 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Einleitung GWBA Tzschelln
2a	Schwarzer Schöps von der Talsperre Quitzdorf bis zur Mündung in die Spree	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Talsperre Quitzdorf (LTV) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ausleitung SB Bärwalde 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Einleitung GWBA Kringelsdorf ▪ Entnahme KW Boxberg ▪ Einleitung KW Boxberg
2b	Kleine Spree vom Pegel Burg 2 bis zur Mündung in die Spree bei Spreewitz		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Entnahme SB Burghammer ▪ Ausleitung SB Burghammer ▪ Diffuse Grundwasserzutritte 	
3	Spree vom Pegel Spreewitz bis zum Pegel Spremberg		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nicht relevant 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Industriekanal Schwarze Pumpe (Einleitung GWBA und KW Schwarze Pumpe)



Nr. des Bilanzabschnittes	Gewässerabschnitt der Spree	Wesentliche Gewässernutzer		
		Öffentliche und sonstige	Sanierungsbergbau LMBV	Braunkohlenbergbau VE-M und VE-G
4	Spree vom Pegel Spremberg bis zum Pegel Bräsinchen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Talsperre Spremberg (LUGV) 		
5	Spree vom Pegel Bräsinchen bis zum Pegel Schmogrow	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Abzweig Priorgraben ▪ Abzweig Hammerstrom 		
6	Spree vom Pegel Schmogrow bis zum Pegel Hartmannsdorf	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Staubewirtschaftung Oberspreewald 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ausleitungen aus Bergbaufolgeseen: <ul style="list-style-type: none"> # Gräbendorfer See # Drehnaer See # Lichtenauer See # Schlabendorfer See ▪ Fließgewässer 2. Ordnung mit diffusen Grundwasserzutritten: <ul style="list-style-type: none"> # Greifenhainer Fließ # Vetschauer Mühlenfließ # Dobra # Wudritz 	
6a	Tranitzfließ, Malxe und Großes Fließ			<ul style="list-style-type: none"> ▪ Einleitung GWBA Jänschwalde
7	Spree vom Pegel Hartmannsdorf bis zum Pegel Leibsch	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Passage Unterspreewald ▪ Abzweig Dahme-Spree-Kanal 	Keine	Keine
8	Spree vom Pegel Leibsch bis zum Pegel Beeskow	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Neundorfer See ▪ Schwielochsee 	Keine	Keine
9	Spree vom Pegel Beeskow bis zum Pegel Fürstenwalde	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Einlauf Oder-Spree-Kanal 	Keine	Keine
10	Spree vom Pegel Fürstenwalde bis Pegel Hohenbinde	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Abzweig Oder-Spree-Kanal 	Keine	Keine

Das betrachtete Einzugsgebiet der Spree kann hinsichtlich der Formierung der Sulfatkonzentration in drei maßgebliche **Transformationsräume** gegliedert werden:

- I. ein oberes Einzugsgebiet als dargebotsbildendes Einzugsgebiet ohne relevante bergbauliche Stoffeinträge,
- II. ein mittleres Einzugsgebiet als Einzugsgebiet mit den Sulfateinträgen aus dem aktiven Braunkohlenbergbau und aus dem Sanierungsbergbau und
- III. ein unteres Einzugsgebiet mit sulfatverdünnender Wirkung durch das Gebietsdargebot.

Das mittlere Einzugsgebiet wird weiterhin gegliedert in:

- II.a einen sogenannten Südraum mit dominanten Sulfateinträgen aus dem aktiven Braunkohlenbergbau,
- II.b die Talsperre Spremberg mit Retention und Dämpfung des Sulfatsignals sowie Abgänge durch Versickerung und
- II.c einen sogenannten Nordraum mit dominanten Sulfateinträgen vor allem aus dem Sanierungsbergbau.



Die Transformationsräume lassen sich durch folgende Messpunkte im Zulauf und Ablauf erfassen (Tabelle 2). Diese Stellen sind gleichzeitig für ein zeitlich dichtes Monitoring geeignet und empfohlen (s. Abschnitt 9.1).

Tabelle 2: Regionale Einheiten und charakterisierende Messstellen

Bilanzraum			Fließgewässer	Relevante Pegel	
				Durchfluss	Sulfat
I.	II.a		Spree	Lieske	Lieske
			Schwarzer Schöps	Reichwalde	Reichwalde
			Kleine Spree	Burg 2	Burg 2
	II.b		Spree	Spremberg-Süd	Spremberg-Wilhelmsthal
			Spree	Bräsinchen	Bräsinchen
	II.c		Spree	Schmogrow	Fehrow
			Großes Fließ	Fehrow	Fehrow
		III.		Spree	Lübben
			Spree	Fürstenwalde	Briesen



4 Daten

4.1 Untersuchungszeitraum

Vom Auftragnehmer wurden im Sommer 2012 im Rahmen des BMBF-Verbundvorhabens INKA-BB „Klimawandel und Innovation“, Teilprojekt 21: „Instrumentarien für die nachhaltige regionale wasserwirtschaftliche Planung und Entwicklung – Beispiel Lausitz“ tägliche Probenahmen an drei Messstellen an der Spree im Bereich der Talsperre Spremberg veranlasst: in Spremberg-Wilhelmsthal, nach der Vorsperre Bühlow und am Ablauf der Talsperre Spremberg in Bräsinchen. Die chemischen Analysen beinhalten unter anderem die Kennwerte Sulfat und Eisen. Die Messungen wurden im Juli 2012 begonnen und im Oktober 2013 abgeschlossen. Die VE-M und die LMBV hatten sich im Herbst 2013 darauf verständigt, die täglichen Beprobungen weiterzuführen. Da die zeitliche dichte Beprobung gleichzeitig dem Monitoring von Wasserbehandlungsmaßnahmen an der Vorsperre Bühlow dient, wurden die tägliche Beprobungen langfristig vertraglich vereinbart. Für die vorliegende Bewertung liegt eine dreijährige Messreihe von Anfang Juli 2012 bis Ende Juni 2015 mit etwa 1.080 Wertetripeln vor. Dieser Zeitraum definiert auch den zeitlichen Rahmen der nachfolgenden Datenauswertung.

4.2 Klima

Zur Bewertung der hydrometeorologischen Verhältnisse im Spreeeinzugsgebiet zwischen Bautzen und Berlin wurden die frei verfügbaren Daten der in der Tabelle 3 aufgeführten Messstationen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) genutzt. Für jede Klimastation standen pro Tag drei Messwerte (07:30 Uhr, 14:30 Uhr und 21:30 Uhr) der Parameter Lufttemperatur, Luftfeuchte und Niederschlag zur Verfügung. Für die Datenauswertung wurden aus diesen Einzelwerten für jeden Parameter Tagesmittel bzw. Tagessummen gebildet.

Tabelle 3: Liste der zur Bewertung der hydrometeorologischen Verhältnisse im Spreeeinzugsgebiet verwendeten DWD-Stationen

Stationsname	Stationskennziffer	Stationshöhe [m NHN]	Datenverfügbarkeit	
			von	bis
Görlitz	10499	+238	01.01.1991	30.06.2015
Cottbus	10496	+69	01.01.1961	30.06.2015
Lindenberg	10393	+112	01.01.1961	30.06.2015
Berlin-Tempelhof	10384	+49	01.01.1961	30.06.2015

4.3 Fließgewässer

Der **Durchfluss der Fließgewässer** im Untersuchungsgebiet wird an den behördlichen Durchflusspegeln erfasst. Die relevanten Durchflusspegel in Sachsen werden vom Landesamt für Umwelt Landwirtschaft und Geologie (LfULG) sowie von der Landestalsperrenverwaltung (LTV) betrieben. In Brandenburg erfolgt der Betrieb der Durchflusspegel durch das Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucher-



schutz (LUGV) sowie durch die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) bzw. das Wasser- und Schifffahrtsamt Berlin (WSA). Im Rahmen der Fallanalyse wurden die Daten der in der Anlage 7.1 - Blatt 1 und Blatt 2 aufgeführten Durchflusspegel ausgewertet. Die Durchflussdaten wurden vom jeweiligen Betreiber zur Verfügung gestellt.

Die Durchflussdaten liegen an allen Pegeln bis zum Ende des hydrologischen Jahres 2014 als korrigierte Tagesmittelwerte vor. Für die sächsischen Durchflusspegel des LfULG und der LTV standen für das hydrologische Jahr 2015 unkorrigierte Tagesmittelwerte zur Verfügung. In Brandenburg lagen für die Durchflusspegel der Spree im hydrologischen Jahr 2015 nur die 7-Uhr-Einzelmesswerte vor. Für die anderen Durchflusspegel in Brandenburg wurden für das hydrologische Jahr 2015 die Tagesmittelwerte des Durchflusses aus den Tagesmittelwerten des gemessenen Wasserstandes abgeleitet. Die Datenverfügbarkeit und die Datenart an den einzelnen Durchflusspegeln ist in der Übersicht in der Anlage 7.1 - Blatt 1 und Blatt 2 aufgeführt.

Die **Sulfatkonzentration der Fließgewässer** im Untersuchungsgebiet wird an Gütemessstellen erfasst. Eine Übersicht aller für die Fallanalyse verwendeten Gütemessstellen findet sich in der Anlage 7.1 - Blatt 3 bis Blatt 5. In der Übersicht ist neben dem verfügbaren Dateizeitraum auch die Anzahl der Messwerte verzeichnet.

Die Wasserbeschaffenheit der Fließgewässer wird in Sachsen vom Landesamt für Umwelt Landwirtschaft und Geologie (LfULG) und in Brandenburg vom Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (LUGV) im Rahmen des behördlichen Fließgewässermonitorings erfasst. Die behördlichen Messstellen werden dabei im Regelfall 13 Mal pro Jahr beprobt. Somit steht an den behördlichen Gütemessstellen durchschnittlich ein Messwert pro Monat für die Auswertung zur Verfügung.

Die LMBV erfasst die Sulfatkonzentration in der Spree, dem Schwarzen Schöps und der Kleinen Spree an mehreren Gütemessstellen im Rahmen des Montanhydrologischen Monitorings (MHM). Die Gütemessstellen an der Spree werden monatlich beprobt. Die Erfassung der Wasserbeschaffenheit des Schwarzen Schöps erfolgt bei Ausleitung aus dem Bärwalder See aller zwei Wochen und ansonsten einmal pro Monat. Die Beprobung der Gütemessstellen an der Kleinen Spree zwischen dem Ausleiter Burghammer und der Einmündung in die Spree erfolgt wöchentlich.

Die Wasserbeschaffenheit der Spree in Spremberg-Wilhelmsthal, unterhalb der Vorsperre Bühlow und am Ablauf der Talsperre Spremberg in Bräsinchen wird seit Juli 2012 vom Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann im Auftrag der VE-M und der LMBV täglich beprobt (vgl. Abschnitt 4.1). Seit August 2014 erfolgt zudem im Zusammenhang mit der Wasserbehandlung einmal pro Woche eine Beprobung der Wasserbeschaffenheit der Spree unmittelbar am Zulauf zur Vorsperre Bühlow.

Von der Frankfurter Wasser- und Abwassergesellschaft mbH (FWA) als Betreiber des Wasserwerkes Briesen wird die Spree in Höhe des Infiltrationspumpwerkes des Wasserwerkes regelmäßig beprobt. Für den dreijährigen Untersuchungszeitraum zwischen Juli 2012 bis Juni 2015 liegen zwei Messwerte pro Woche zur Sulfatkonzentration der Spree vor.



4.4 Bergbaufolgeseen

Die in die Bergbaufolgeseen eingeleiteten und aus den Bergbaufolgeseen ausgeleiteten **Wassermengen** werden von der LMBV erfasst. Die Anlage 7.2 – Blatt 1 enthält eine Übersicht, in der alle von der LMBV zur Verfügung gestellten Daten verzeichnet sind. Die Flutungs- und Ausleitmengen des Bärwalder Sees und des Speichersystems Lohsa II liegen als Tagesmittelwerte vor. Für die Bergbaufolgeseen im Nordraum der LMBV liegen die Ausleitmengen als Monatsmittelwerte bzw. als Monatssummen vor. Für die Ausleitung aus dem Schönfelder See (RL 4) in die Dobra stehen nur geschätzte Jahressummen zur Verfügung.

Die Entwicklung der **Wasserbeschaffenheit** in den Bergbaufolgeseen wird von der LMBV im Rahmen des Montanhydrologischen Monitorings (MHM) überwacht. In der Anlage 7.2 – Blatt 2 sind die von der LMBV für diese Untersuchung zur Verfügung gestellten Daten zusammengefasst. In der Übersicht finden sich weiterhin Angaben zur derzeitigen Häufigkeit der Beprobung sowie zur Anzahl der verfügbaren Sulfatmesswerte.

4.5 Technische Anlagen

Die **Einleit- und Entnahmemengen** der technischen Anlagen der Vattenfall Europe Mining AG (VE-M) und der Vattenfall Europe Generation AG (VE-G) werden von den Betreibern erfasst. Für den Untersuchungszeitraum wurden die Ausleitmengen der Anlagen von der VE-M und der VE-G als Tagesmittelwerte zur Verfügung gestellt. Für die Kalenderjahre 2008 bis 2011 standen zur GWBA Kringelsdorf, zur GWBA Tzschelln, zur GWBA Schwarze Pumpe sowie zu den Kraftwerken Schwarze Pumpe und Boxberg die wöchentlich an das Gewässergütemanagement (GGM) Spree gemeldeten Daten zur Verfügung [U 6]. Das Gewässergütemanagement Spree dient zur zeitnahen Bereitstellung von Beschaffenheitsdaten für das Gütesteuernmodell Spree (GSM Spree) [U 5]. In der Anlage 7.3 – Blatt 1 sind die verfügbaren Mengendaten zusammengefasst.

Die **Wasserbeschaffenheit** im Ablauf der technischen Anlagen wird vom Anlagenbetreiber im Rahmen des Anlagenmonitorings in regelmäßigen Abständen erfasst. Die Sulfatkonzentration im Ablauf der GWBA Kringelsdorf, der GWBA Tzschelln, der GWBA Schwarze Pumpe sowie der Kraftwerke Schwarze Pumpe und Boxberg wird seit dem Jahr 2008 von der VE-M bzw. VE-G wöchentlich an das Gewässergütemanagement Spree gemeldet. Dieser Datenbestand wurde mit Zustimmung der Anlagenbetreiber für die Datenauswertung genutzt. Für die GWBA Jänschwalde wurden von der VE-M die wöchentlichen Messwerte zur Sulfatkonzentration für den Untersuchungszeitraum zur Verfügung gestellt. In der Anlage 7.3 – Blatt 2 befindet sich eine Übersicht zu den Beschaffenheitsdaten der technischen Anlagen.



5 Klimatische Wasserhaushaltsgrößen

Die Durchflüsse der Spree zwischen Bautzen und Berlin sind durch die vielfältigen Gewässernutzungen stark überprägt. Dies sind beispielsweise die Steuerung der Ablaufmengen der Talsperren Bautzen und Quitzdorf im Oberlauf, die Flutungswasserentnahmen und die Ausleitungen aus den Bergbaufolgeseen, die Sumpfungswasser-einleitungen des aktiven Bergbaus, die Wasserentnahmen und -ableitungen der Kraftwerke und der Industrie, die Wasserentnahmen und -rückleitungen der Fischwirtschaft sowie die Wasserüberleitungen in benachbarte Flusseinzugsgebiete. Aufgrund dieser Einflüsse kann das natürliche Wasserdargebot der Spree im hydrologischen Jahr 2014 nur eingeschränkt bewertet und historisch eingeordnet werden.

Zur Bewertung der hydrometeorologischen Verhältnisse im Spreeeinzugsgebiet zwischen Bautzen und Berlin wurden die frei verfügbaren Daten der DWD-Messstationen Görlitz, Cottbus, Lindenberg und Berlin-Tempelhof verwendet (siehe Abschnitt 4.2). Die Stationen verteilen sich über das gesamte Untersuchungsgebiet (siehe Anlage 1 – Blatt 6). Die Station Görlitz wird für das obere Spreeeinzugsgebiet zwischen Bautzen und der Talsperre Spremberg in Ansatz gebracht und die Station Cottbus für den Spreeabschnitt zwischen der Talsperre Spremberg und dem Pegel Leibsch. Für das Spreeeinzugsgebiet zwischen Leibsch und Briesen wird die Station Lindenberg als repräsentativ angesehen und für den Unterlauf der Spree bis Berlin die Station Berlin-Tempelhof.

Für die Datenauswertung wird die 20-jährige Reihe der hydrologischen Jahre von 1995 bis 2014 verwendet. In der Meteorologie wird normalerweise ein 30-jähriger Zeitraum (Klimanormalperiode) für die statistische Auswertung genutzt. Da die Daten der Station Görlitz aber erst seit dem Jahr 1991 vorliegen, wurde der Auswertez Zeitraum auf 20 Jahre verkürzt.

Für jede Station wurden als relevante Klimagrößen der Niederschlag, die Lufttemperatur und die potentielle Landoberflächenverdunstung ausgewertet. Die potentielle Verdunstung wurde nach dem Verfahren von Haude aus den verfügbaren Daten berechnet [U 2]. Aus der Differenz zwischen Niederschlag und potentieller Landoberflächenverdunstung wurde die klimatische Wasserbilanz ermittelt. Die Tageswerte wurden für verschiedene Zeiträume (Monate, hydrologische Halbjahre, hydrologische Jahre) aggregiert und bewertet. Die Jahressummen des Niederschlags, der potentiellen Verdunstung sowie der klimatischen Wasserbilanz sind in der Anlage 2 im Vergleich zum 20-jährigen Mittelwert für jede Station dargestellt.

An der **Station Görlitz** fielen im hydrologischen Jahr 2014 insgesamt 675 mm Niederschlag und damit 10 mm mehr als im Durchschnitt der hydrologischen Jahre 1995 bis 2014. Die Jahressumme der potentiellen Verdunstung lag im Jahr 2014 bei 565 mm und damit 32 mm niedriger als im Mittel des 20-jährigen Vergleichszeitraumes (596 mm). Die klimatische Wasserbilanz an der Station Görlitz war im hydrologischen Jahr 2014 mit 110 mm überschüssig und lag folglich 42 mm über dem 20-jährigen Mittelwert, der bei 68 mm liegt. (Anlage 2 – Blatt 3).



Die innerjährliche Verteilung der klimatischen Wasserhaushaltsgrößen weicht jedoch deutlich von den langjährigen Mittelwerten ab. In Bild 2 sind die Monatssummen der klimatischen Wasserbilanz des Jahres 2014 im Vergleich zum 20-jährigen Mittel dargestellt. Die klimatische Wasserbilanz im hydrologischen Winterhalbjahr 2014 liegt deutlich unter dem langjährigen Durchschnitt. Zwischen November 2013 und April 2014 fielen im Vergleich zum 20-jährigen Durchschnitt rund 50 mm weniger Niederschlag, wohingegen die potentielle Verdunstung infolge des warmen Winters rund 20 mm über dem Durchschnitt lag. Der Überschuss der klimatischen Wasserbilanz im hydrologischen Winterhalbjahr fiel somit rund 70 mm bzw. 62 % geringer aus als im langjährigen Mittel. Entsprechend geringer war auch das Wasserdargebot im oberen Einzugsgebiet der Spree. Infolge dessen konnten die wasserwirtschaftlich relevanten Speicher Bautzen und Quitzdorf in dieser Periode nicht ausreichend aufgefüllt werden, was entsprechende Auswirkungen auf die Wassermengenbewirtschaftung im nachfolgenden hydrologischen Sommerhalbjahr 2014 hatte.

Im hydrologischen Sommerhalbjahr 2014 war die klimatische Wasserbilanz an der Station Görlitz allerdings deutlich überschüssig im Vergleich dem langjährigen Mittelwert. Dies ist vor allem auf die sehr hohen Niederschläge im Monat Mai 2014 sowie auf die geringere potentielle Verdunstung in den Monaten Mai, August und September 2014 zurückzuführen. Die Niederschlagsereignisse im Sommerhalbjahr 2014 waren von hoher Intensität, aber größtenteils von kurzer Dauer. Sie hatten damit nur kurzzeitig Einfluss auf das Abflussgeschehen der Fließgewässer und waren für die Grundwasserneubildung überwiegend nicht wirksam.

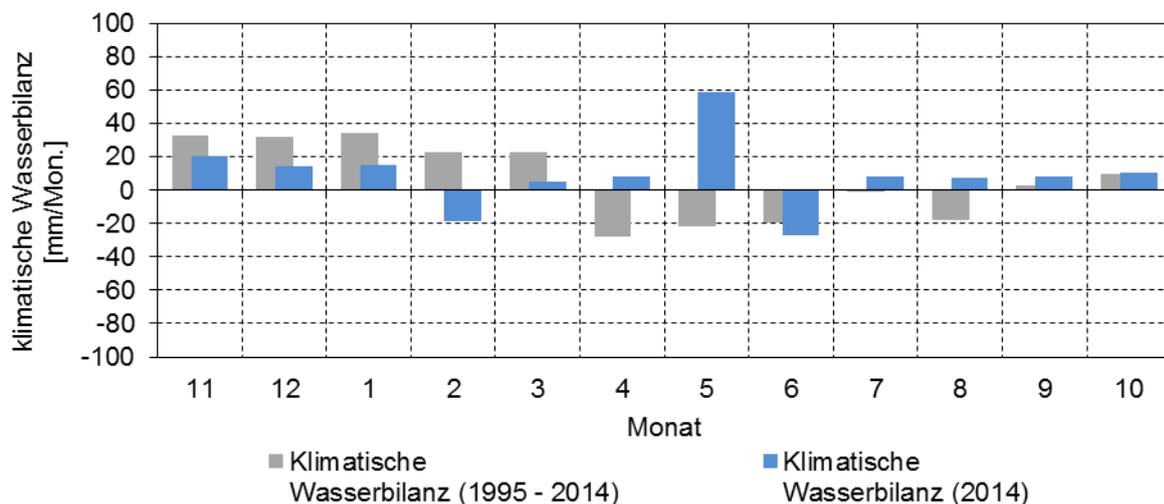


Bild 2: Monatssummen der klimatischen Wasserbilanz an der Station Görlitz im hydrologischen Jahr 2014 im Vergleich zum Mittel der hydrologischen Jahre 1995 bis 2014

Die Niederschlagssumme an der **Station Cottbus** betrug im hydrologischen Jahr 2014 669 mm und lag damit 84 mm über dem langjährigen Mittel (584 mm). Die Summe der potentiellen Verdunstung lag im Jahr 2014 mit 722 mm auf dem Niveau des langjährigen Mittelwertes (721 mm). Die klimatische Wasserbilanz war im Jahr 2014 mit -53 mm defizitär, aber deutlich weniger defizitär als mit -136 mm im 20-jährigen Mittel. Die Jahressumme der klimatischen Wasserbilanz an der Station Cottbus lag etwa auf dem Niveau des Vorjahres (Anlage 2 – Blatt 3).

Vergleichbar der Station Görlitz zeigt auch hier die innerjährliche Verteilung der klimatischen Wasserbilanz im Jahr 2014 deutliche Abweichungen vom langjährigen Mittel. In Bild 3 sind die Monatssummen der klimatischen Wasserbilanz im hydrologischen Jahr 2014 im Vergleich zum 20-jährigen Mittel dargestellt. Die klimatische Wasserbilanz im hydrologischen Winterhalbjahr 2014 fällt deutlich weniger überschüssig aus. Es fielen in diesem Zeitraum rund 24 mm weniger Niederschlag und die potentielle Verdunstung war infolge der höheren Temperaturen rund 26 mm höher. Der Überschuss der klimatischen Wasserbilanz im Winterhalbjahr 2014 war somit rund 50 mm bzw. 76 % niedriger als im langjährigen Durchschnitt. Da die Grundwasserneubildung überwiegend in den Wintermonaten erzeugt wird, fiel sie im mittleren Einzugsgebiet der Spree folglich deutlich geringer aus.

Das hydrologische Sommerhalbjahr 2014 weicht ebenfalls deutlich vom langjährigen Durchschnitt ab. Das Defizit der klimatischen Wasserbilanz in den Monaten Juni und Juli 2014 war infolge geringer Niederschläge deutlich größer als im Mittel. Dagegen war der August 2014 überschüssig. Im gesamten August 2014 fielen an der Station Cottbus 204 mm Niederschlag, was allein etwa 30 % der Jahresniederschlagssumme entspricht. Etwa zwei Drittel der Monatssumme fielen als Starkniederschlag innerhalb von zwei Tagen Anfang August 2014. Dieses Ereignis hatte aufgrund der trockenen Vorperiode nur kurzzeitig Einfluss auf das Abflussgeschehen in der Spree.

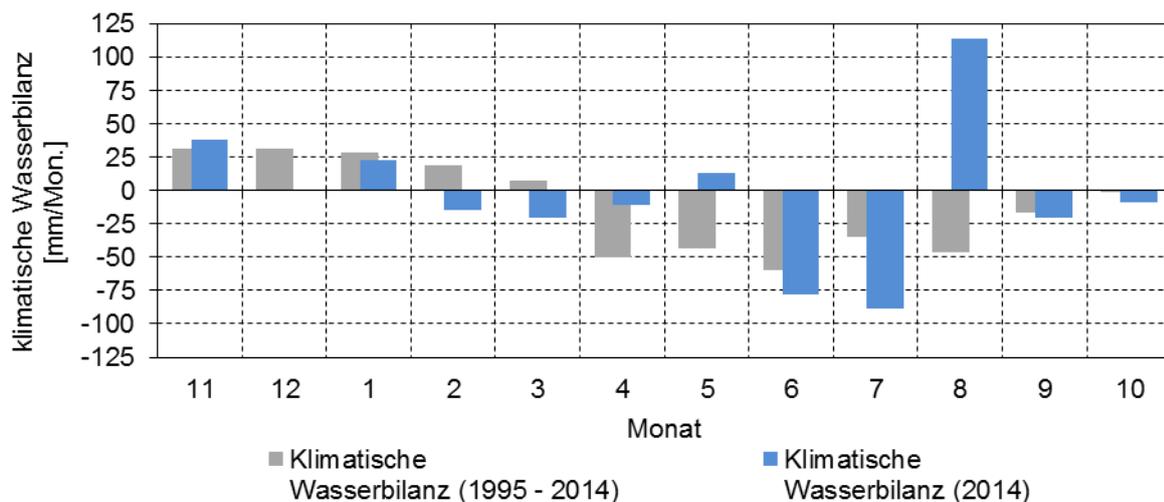


Bild 3: Monatssummen der klimatischen Wasserbilanz an der Station Cottbus im hydrologischen Jahr 2014 im Vergleich zum Mittel der hydrologischen Jahre 1995 bis 2014

An der **Station Lindenberg** fielen im hydrologischen Jahr 2014 insgesamt 500 mm Niederschlag und damit 72 mm weniger als im 20-jährigen Durchschnitt (572 mm). Die Jahressumme der potentiellen Verdunstung im Jahr 2014 betrug 604 mm und lag rund 20 mm unter dem langjährigen Mittelwert (624 mm). Das Defizit der klimatischen Wasserbilanz an der Station Lindenberg fiel im hydrologischen Jahr 2014 mit -104 mm rund 52 mm bzw. 100 % vom Betrag größer aus als im Durchschnitt der letzten 20 Jahre (-52 mm) (Anlage 2 – Blatt 3).

Wie bei den Stationen Cottbus und Görlitz zeigt die in Bild 4 dargestellte innerjährige Verteilung der klimatischen Wasserbilanz ein deutliches Defizit im hydrologischen Winterhalbjahr 2014. Im Unterschied zum langjährigen Durchschnitt von 92 mm Wasserbilanzüberschuss lag die klimatische Wasserbilanz im Winterhalbjahr 2014 bei Null. Dies ist auf die im Vergleich zum langjährigen Mittel rund 30 % geringeren Niederschläge und auf die um 14 % höhere Verdunstung zurückzuführen. Dadurch war auch die Grundwasserneubildung entsprechend gering.

Das Defizit der klimatischen Wasserbilanz im Sommerhalbjahr 2014 war infolge etwas höherer Niederschläge, insbesondere im Mai 2014, und etwas geringerer Verdunstungsmengen mit -109 mm niedriger als im 20-jährigen Durchschnitt (-165 mm).

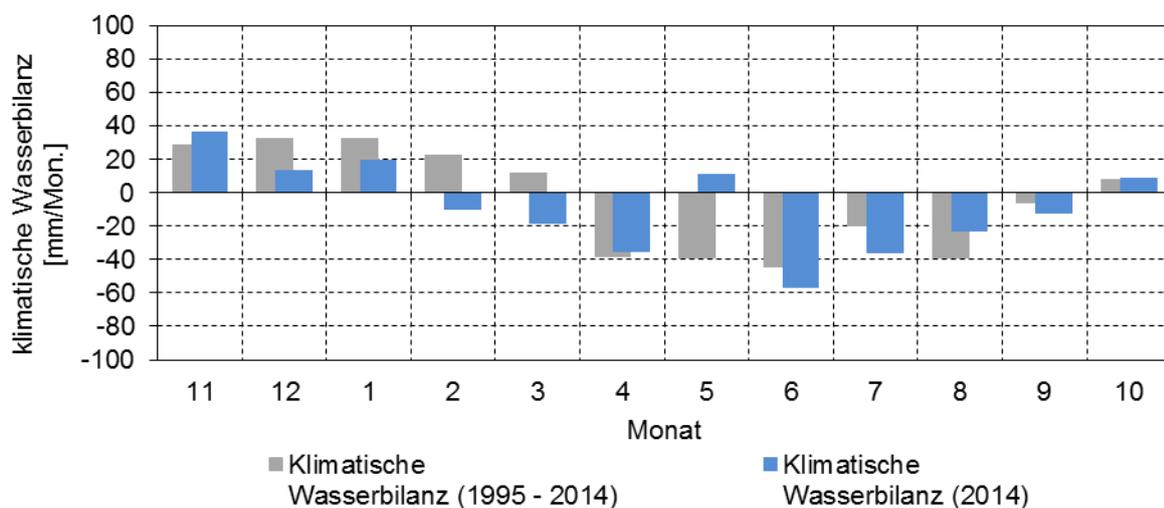


Bild 4: Monatssummen der klimatischen Wasserbilanz an der Station Lindenberg im hydrologischen Jahr 2014 im Vergleich Mittel der hydrologischen Jahre 1995 bis 2014

Die Niederschlagssumme an der **Station Berlin-Tempelhof** lag im hydrologischen Jahr 2014 bei 459 mm und fiel im Vergleich zum langjährigen Mittel von 582 mm um beträchtliche 124 mm niedriger aus. Die Summe der potentiellen Verdunstung war im Jahr 2014 mit 717 mm dagegen höher als im 20-jährige Durchschnitt (670 mm). Das Defizit der klimatischen Wasserbilanz lag somit im Jahr 2014 mit -258 mm im Betrag deutlich über dem Durchschnitt (-88 mm) der Jahre 1995 bis 2014 (vgl. Anlage 2 – Blatt 3).

Die innerjährige Verteilung der klimatischen Wasserbilanz an der Station Berlin-Tempelhof ist in Bild 5 dargestellt. Der Überschuss der klimatischen Wasserbilanz im hydrologischen Winterhalbjahr 2014 liegt deutlich niedriger als der langjährige Mittelwert. Infolge der um 28% geringeren Niederschläge und der um 28 % höheren potentiellen Verdunstung lag die klimatische Wasserbilanz im Winterhalbjahr 2014 bei -13 mm und war damit sogar defizitär. Dies sind rund 110 mm weniger als im langjährigen Durchschnitt. Die Niederschläge im hydrologischen Sommerhalbjahr 2014 lagen an der Station Berlin-Tempelhof 16 % unter dem langjährigen Durchschnitt. Die potentielle Verdunstung in dieser Periode lag etwa im Bereich des Mittelwertes. Das Defizit der klimatischen Wasserbilanz im Sommerhalbjahr 2014 fiel damit rund 37 % höher aus als im Mittel der letzten 20 Jahre.

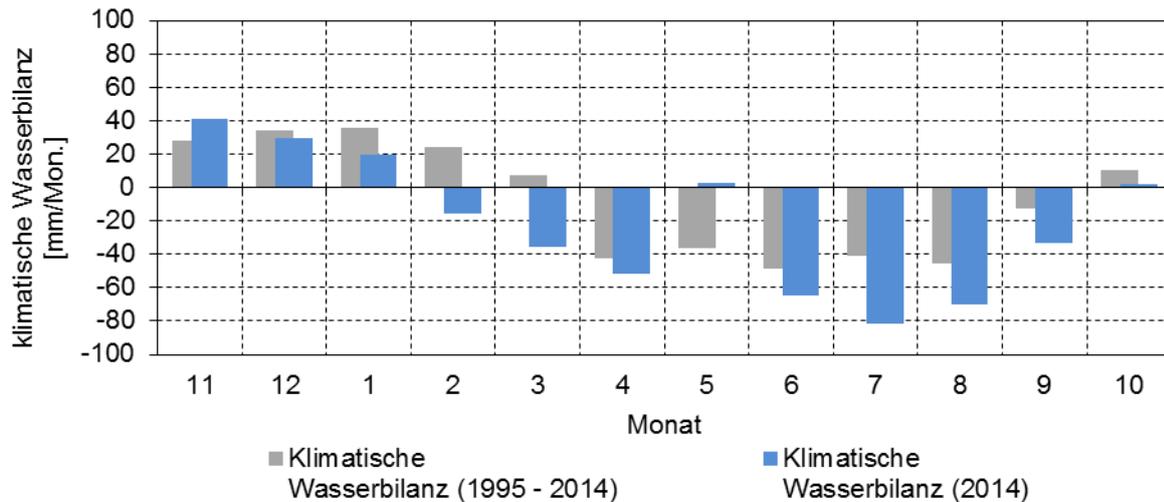


Bild 5: Monatssummen der klimatischen Wasserbilanz an der Station Berlin-Tempelhof im hydrologischen Jahr 2014 und im Mittel der hydrologischen Jahre 1995 bis 2014

Die Auswertung der hydrometeorologischen Verhältnisse des hydrologischen Jahres 2014 zeigt, dass die klimatische Wasserbilanz im **oberen Einzugsgebiet der Spree** (Stationen Görlitz und Cottbus) im Jahresmittel über dem Durchschnitt lag. Der Bilanzüberschuss der Station Görlitz lag dabei über dem langjährigen Mittel und das Bilanzdefizit der Station Cottbus unter dem langjährigen Mittel (Bild 6). Die innerjährige Verteilung zeigt dagegen sehr ungünstige Verhältnisse. Der klimatische Wasserbilanzüberschuss lag in dem für die Füllung der wasserwirtschaftlichen Speicher und für die Grundwasserneubildung relevanten hydrologischen Winterhalbjahr deutlich unter dem langjährigen Mittelwert. Dies bedeutet, dass die Talsperren und der Grundwasserspeicher nicht vollständig wieder aufgefüllt werden konnten. Die Niederschlagsmengen im hydrologischen Sommerhalbjahr 2014 lagen im oberen Einzugsgebiet der Spree insgesamt über dem langjährigen Mittel. Allerdings fiel ein großer Teil der Niederschläge in Form singulärer Starkniederschläge von kurzer Dauer und hoher Intensität. Diese Ereignisse führten nur zu einem entsprechend kurzen zeitlich Anstieg des Durchflusses in den Fließgewässern.

Der Überschuss der klimatischen Wasserbilanz fiel im hydrologischen Winterhalbjahr 2014 an den Stationen im **unteren Einzugsgebiet der Spree** (Stationen Lindenberg und Berlin-Tempelhof) ebenfalls niedriger aus als im langjährigen Mittel. Dadurch konnte der Grundwasserspeicher nicht vollständig aufgefüllt werden. Die klimatische Wasserbilanz im Sommerhalbjahr 2014 lag zumindest an der Station Lindenberg noch über dem Durchschnitt. Aber auch hier dominierten kurze Niederschlagsereignisse mit hoher Intensität. An der Station Berlin-Tempelhof war die klimatische Wasserbilanz im hydrologischen Sommerhalbjahr 2014 deutlich stärker defizitär als im Durchschnitt. Das Wasserdargebot im unteren Einzugsgebiet der Spree war im hydrologischen Sommerhalbjahr 2014 folglich niedriger als in den Vorjahren. Im hydrologischen Jahr 2014 fällt das Defizit der klimatischen Wasserbilanz an den Stationen Lindenberg und Berlin-Tempelhof deutlich höher aus als im langjährigen Mittel (Bild 6).

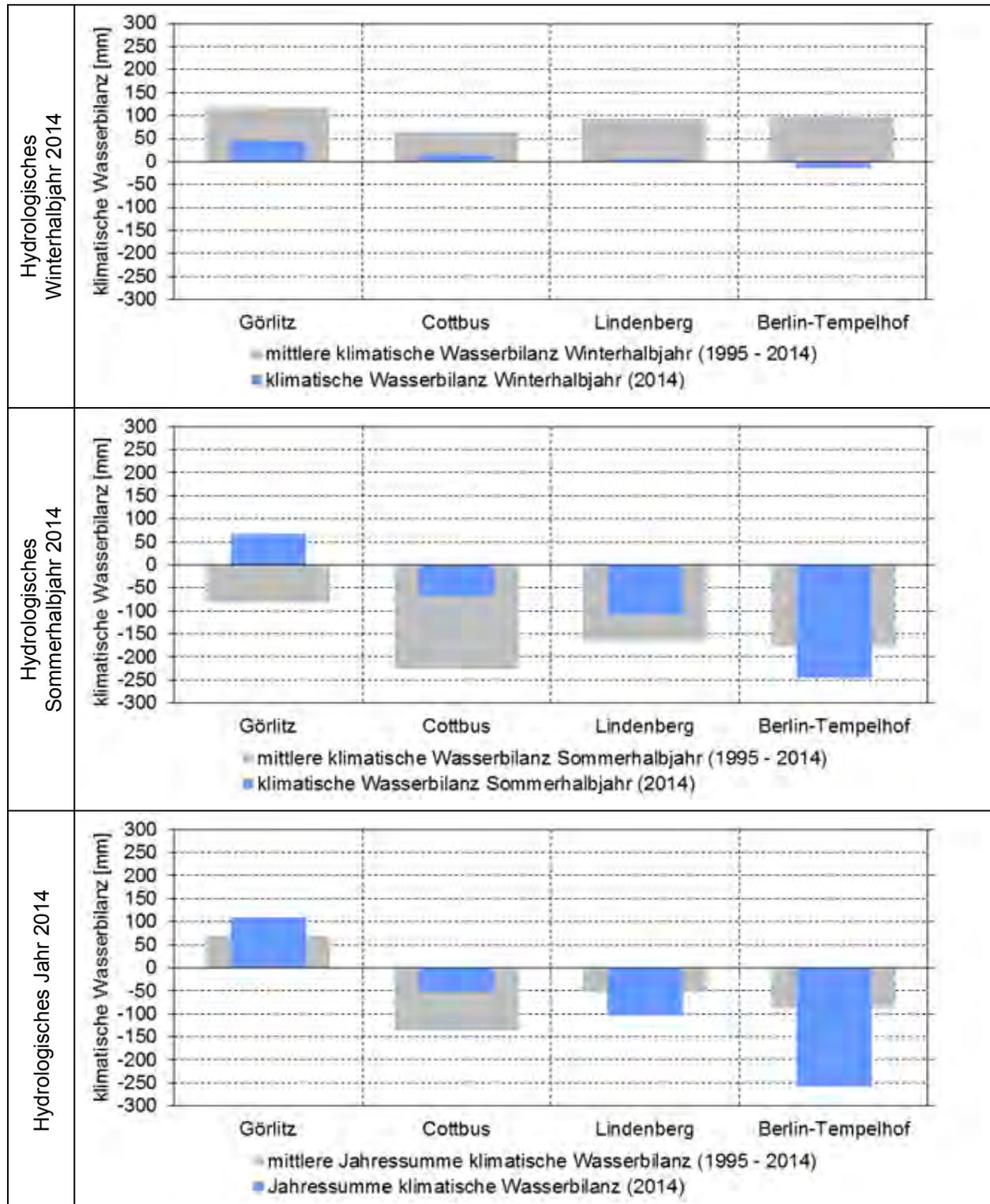


Bild 6: Vergleich der klimatischen Wasserbilanzen der vier Wetterstationen im Untersuchungsgebiet

6 Hydrologie

6.1 Dynamik des Abflussgeschehens

Zwischen der Sulfatbelastung und dem Durchfluss der Spree lassen sich Zusammenhänge erkennen. Zur Klärung der Ursachen für die hohe Sulfatbelastung im Jahr 2014 soll daher zuerst das Abflussgeschehen in der Spree näher untersucht werden. In der Anlage 3.2 sind die Ganglinien der Durchflüsse an den maßgeblichen Pegeln der Spree sowie die Durchflussganglinien der maßgeblichen Zuflüsse für den dreijährigen Untersuchungszeitraum zwischen Juli 2012 und Juni 2015 dargestellt. Im Abschnitt 6.2 wird das Abflussgeschehen im Untersuchungszeitraum historisch eingeordnet.

Der Durchfluss im Oberlauf der Spree wird durch den **Pegel Lieske** gekennzeichnet (Bild 7). Der Durchfluss am Pegel Lieske ist von der Ausleitmenge der Talsperre Bautzen sowie dem Zufluss aus dem Löbauer Wasser abhängig. Zwischen der Talsperre Bautzen und der Einmündung des Löbauer Wassers wird ein Teil des Spreewassers am Wehr Spreewiese in die Kleine Spree abgeschlagen. Der mittlere Durchfluss am Pegel Lieske lag im dreijährigen Untersuchungszeitraum bei $5,4 \text{ m}^3/\text{s}$. Im hydrologischen Jahr 2014 war der mittlere Durchfluss mit $2,8 \text{ m}^3/\text{s}$ nur etwa halb so hoch. Das Jahr 2014 ist durch eine lange Niedrigwasserperiode von März bis September gekennzeichnet. Der Durchfluss in diesem Zeitraum lag bei $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$ und wurde nur durch kurzzeitige Durchflussspitzen bis $6 \text{ m}^3/\text{s}$ infolge singulärer Niederschlagsereignisse unterbrochen (Bild 7). Die Abflussspitzen sind ausschließlich auf die Zunahme des Durchflusses im Löbauer Wasser zurückzuführen. Aus der Talsperre Bautzen wurden im dreijährigen Untersuchungszeitraum durchschnittlich $3,1 \text{ m}^3/\text{s}$ und im hydrologischen Jahr 2014 nahezu konstant $1,9 \text{ m}^3/\text{s}$ ausgeleitet. Die geringe Ausleitmenge im hydrologischen Jahr 2014 ist auch auf eine angepasste Wassermengenbewirtschaftung zur Absicherung der Sanierung der Talsperre Spremberg zurückzuführen (siehe Abschnitt 7.5).

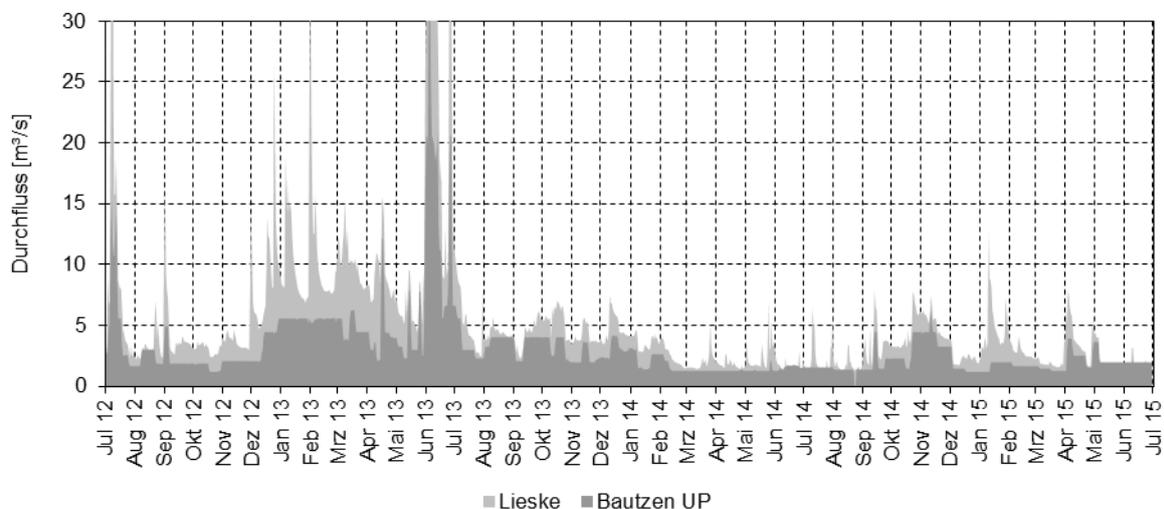


Bild 7: Ganglinien des Durchflusses in der Spree am Pegel Lieske (hellgrau) und am Pegel Bautzen (dunkelgrau) im Untersuchungszeitraum von Juli 2012 bis Juni 2015

Zwischen dem Pegel Lieske und dem Zufluss des Schwarzen Schöps wird der Spree am Wehr Uhyst Wasser für die **Flutung des Bärwalder Sees** sowie am Wehr Bärwalde für die **Flutung des Speichers Lohsa II** und für die Wasserversorgung des Kraftwerkes Boxberg entnommen. Die mittlere Überleitungsmenge in den Bärwalder See am Wehr Uhyst lag im Untersuchungszeitraum bei $0,47 \text{ m}^3/\text{s}$ und im hydrologischen Jahr 2014 bei $0,41 \text{ m}^3/\text{s}$. In der Niedrigwasserperiode zwischen März und September 2014 wurden im Durchschnitt $0,37 \text{ m}^3/\text{s}$ in den Speicher Bärwalde eingeleitet. Die Wasserüberleitung erfolgt dabei episodisch bei Abflussspitzen in der Spree. Die Flutung des Speichers Lohsa II wurde im Oktober 2014 wieder aufgenommen. Seitdem wurden im Durchschnitt $0,72 \text{ m}^3/\text{s}$ aus der Spree entnommen.

Für die **Wasserversorgung des Kraftwerkes Boxberg** wurden im Mittel des Untersuchungszeitraumes und des hydrologischen Jahres 2014 jeweils rund $0,23 \text{ m}^3/\text{s}$ aus der Spree entnommen. Die Kraftwerksementnahme lag in der Niedrigwasserperiode zwischen März und September 2014 mit $0,24 \text{ m}^3/\text{s}$ auf gleichem Niveau.

Der Durchfluss an der Mündung des **Schwarzen Schöps** ist abhängig vom Wasserdargebot des oberen Einzugsgebietes, der Ausleitung aus der GWBA Kringelsdorf, der Wasserentnahme für das Kraftwerk Boxberg sowie von der Ausleitung aus dem Bärwalder See. Der mittlere Durchfluss des Schwarzen Schöps am Pegel Boxberg lag im Untersuchungszeitraum bei $6,4 \text{ m}^3/\text{s}$ und im hydrologischen Jahr 2014 bei $4,2 \text{ m}^3/\text{s}$ (Bild 8). Die Niedrigwasserperiode zwischen März und September 2014 wurde nur kurzzeitig von maximalen Abflussspitzen bis $7 \text{ m}^3/\text{s}$ unterbrochen.

Die mittlere Ausleitmenge der **GWBA Kringelsdorf** lag im hydrologischen Jahr 2014 bei $3,1 \text{ m}^3/\text{s}$ und hatte damit einen Anteil von rund 74 % am Durchfluss des Schwarzen Schöps am Pegel Boxberg. In der Niedrigwasserperiode zwischen März und September 2014 erhöhte sich der Anteil des Sumpfungswassers aus der GWBA Kringelsdorf am Durchfluss des Pegels Boxberg auf fast 90 % (Bild 8).

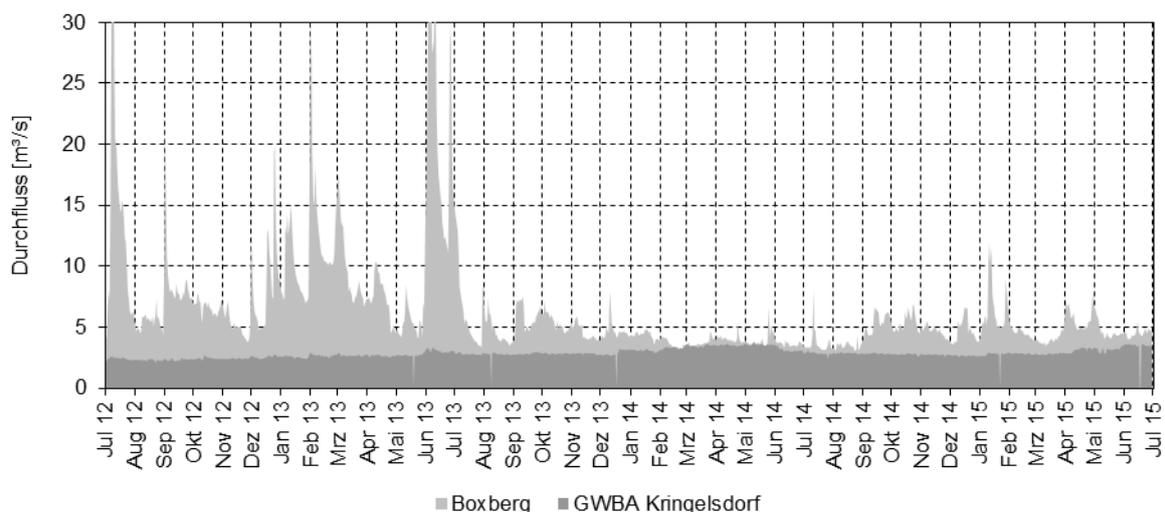


Bild 8: Ganglinien des Durchflusses im Schwarzen Schöps am Pegel Boxberg (hellgrau) und der Ableitmenge der GWBA Kringelsdorf im Untersuchungszeitraum von Juli 2012 bis Juni 2015

Die **Ausleitung aus dem Speicher Bärwalde** in den Schwarzen Schöps lag zwischen Juli 2012 und Juni 2015 bei durchschnittlich $0,67 \text{ m}^3/\text{s}$. Im hydrologischen Jahr 2014 war die Ausleitmenge mit $0,38 \text{ m}^3/\text{s}$ nur etwa halb so groß. In der Niedrigwasserperiode zwischen März und September 2014 wurden im Mittel lediglich $0,16 \text{ m}^3/\text{s}$ in den Schwarzen Schöps ausgeleitet.

Für das **Kraftwerk Boxberg** wurden im dreijährigen Untersuchungszeitraum und im hydrologischen Jahr 2014 durchschnittlich $0,94 \text{ m}^3/\text{s}$ Wasser aus dem Schöps entnommen. In der Niedrigwasserperiode zwischen März und September 2014 war die Entnahmemenge mit $0,98 \text{ m}^3/\text{s}$ nur geringfügig höher. Aus dem Kraftwerk Boxberg wurden im dreijährigen Untersuchungszeitraum sowie im hydrologischen Jahr 2014 im Mittel ca. $0,20 \text{ m}^3/\text{s}$ wieder in den Schöps zurückgeleitet.

Der Durchfluss der Spree nach dem Zufluss des Schwarzen Schöps wird durch die Daten des **Pegels Sprey** charakterisiert (Bild 9). Der mittlere Durchfluss der Spree am Pegel Sprey betrug im Untersuchungszeitraum rund $10,8 \text{ m}^3/\text{s}$ und im hydrologischen Jahr 2014 rund $6,0 \text{ m}^3/\text{s}$. Zwischen März und September 2014 ging der Durchfluss am Pegel Sprey im Mittel auf $4,7 \text{ m}^3/\text{s}$ zurück und wurde nur von kurzzeitigen Abflussspitzen bis etwa $10 \text{ m}^3/\text{s}$ unterbrochen.

Zwischen dem Pegel Sprey und der Einmündung der Kleinen Spree leitet die **GWBA Tzschelln** behandeltes Sumpfungswasser in die Spree. Die Einleitmenge der **GWBA Tzschelln** lag im gesamten Untersuchungszeitraum nahezu konstant bei $0,78 \text{ m}^3/\text{s}$.

Am **Pegel Spreewitz** wird der Durchfluss der Spree nach der Einmündung der Kleinen Spree erfasst. Im dreijährigen Untersuchungszeitraum betrug der mittlere Durchfluss rund $13,3 \text{ m}^3/\text{s}$ und im hydrologische Jahr 2014 rund $8,2 \text{ m}^3/\text{s}$. Zwischen März und September 2014 ging der Durchfluss der Spree sogar auf durchschnittlich $6,6 \text{ m}^3/\text{s}$ zurück. Der Durchfluss schwankte in diesem Zeitraum durch die periodischen Ausleitungen aus dem Speicher Burghammer sowie durch die niederschlagsbedingten Abflussspitzen aus dem Oberlauf zwischen 4 und $13 \text{ m}^3/\text{s}$ (Bild 9).

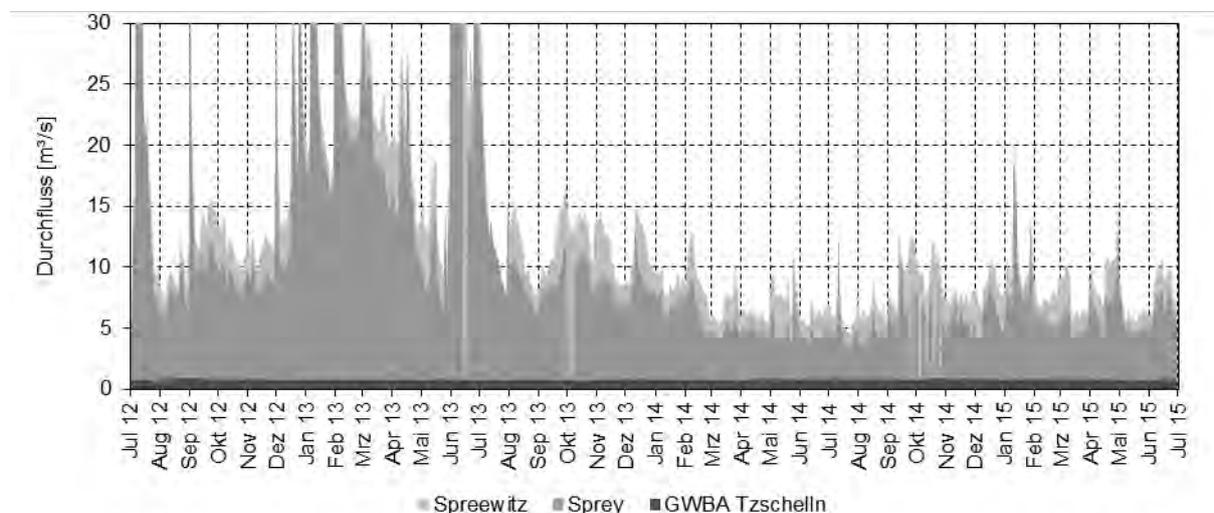


Bild 9: Ganglinien des Durchflusses in der Spree am Pegel Spreewitz (hellgrau) und am Pegel Sprey sowie der Ableitmenge der GWBA Tzschelln (schwarz) im Untersuchungszeitraum von Juli 2012 bis Juni 2015

Der Durchfluss der Kleinen Spree vor Einmündung in die Spree wird am **Pegel Burgneudorf** erfasst. Im dreijährigen Untersuchungszeitraum lag der Durchfluss der Kleinen Spree im Mittel bei $1,9 \text{ m}^3/\text{s}$ und im hydrologischen Jahr 2014 bei $1,6 \text{ m}^3/\text{s}$. Zwischen März und September 2014 ging der Durchfluss der Kleinen Spree auf durchschnittlich $1,2 \text{ m}^3/\text{s}$ zurück. Durch Ausleitung aus dem Speicher Burghammer schwankte der Durchfluss der Kleinen Spree im hydrologischen Jahr 2014 zwischen $0,4$ und $3 \text{ m}^3/\text{s}$ (Bild 10).

Die Ausleitung aus dem **Speicher Burghammer** erfolgt periodisch mit Mengen bis $2,8 \text{ m}^3/\text{s}$ (Bild 10). Im Untersuchungszeitraum und im hydrologischen Jahr 2014 lag die mittlere Ausleitmenge bei ca. $0,7 \text{ m}^3/\text{s}$. Zwischen März und September 2014 lag die durchschnittliche Ausleitmenge mit $0,6 \text{ m}^3/\text{s}$ geringfügig unter dem Jahresmittel.

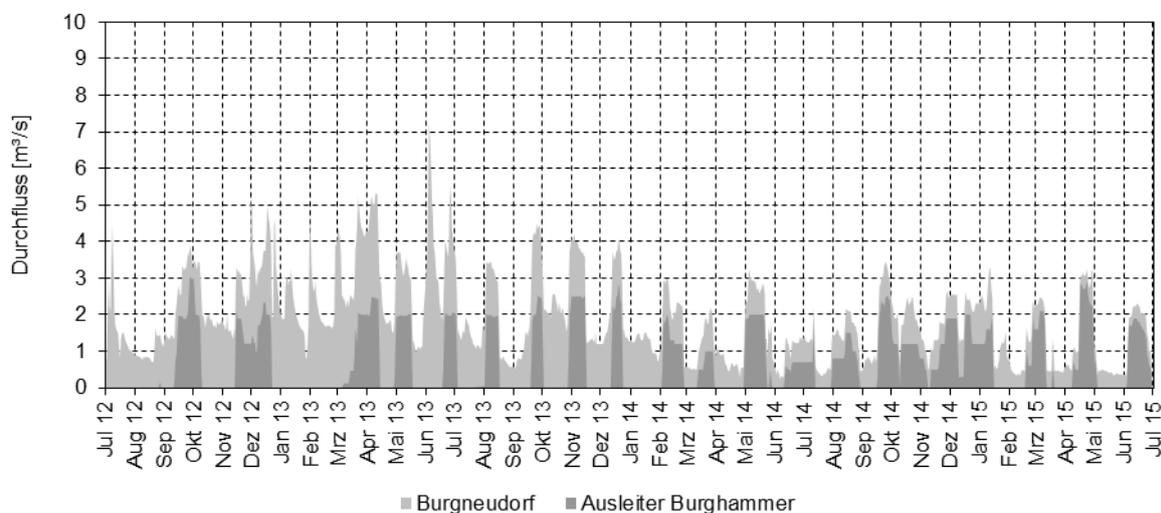


Bild 10: Ganglinien des Durchflusses in der Kleinen Spree am Pegel Burgneudorf (hellgrau) und der Ableitmenge des Speichers Burghammer (dunkelgrau) im Untersuchungszeitraum von Juli 2012 bis Juni 2015

Zwischen dem Pegel Spreewitz und der Talsperre Spremberg erhält die Spree Zufluss aus der **GWBA Schwarze Pumpe** und aus dem **Kraftwerk Schwarze Pumpe**. Die mittlere Ausleitmenge der GWBA Schwarze Pumpe lag im dreijährigen Untersuchungszeitraum und im hydrologischen Jahr 2014 jeweils bei rund $2,6 \text{ m}^3/\text{s}$. Aus dem Kraftwerk Schwarze Pumpe wurden ca. $0,25 \text{ m}^3/\text{s}$ ausgeleitet.

Der Durchfluss der Spree wird am Pegel Spremberg im Zulauf und am Pegel Bräsinchen im Ablauf der **Talsperre Spremberg** erfasst (Bild 11). Im gesamten Untersuchungszeitraum flossen der Talsperre Spremberg im Mittel $16,6 \text{ m}^3/\text{s}$ zu. Etwa $15,5 \text{ m}^3/\text{s}$ wurden wieder abgegeben. Im hydrologischen Jahr 2014 lag die mittlere Zulaufmenge bei $11,7 \text{ m}^3/\text{s}$ und die mittlere Ablaufmenge bei $11,6 \text{ m}^3/\text{s}$. Für die Sanierungsarbeiten an der Staumauer war die Talsperre Spremberg von Mai bis August 2014 bis auf eine Staukote von $+89 \text{ m NHN}$ abgesenkt und wurde dort bis Mitte Dezember 2014 gehalten. Vereinzelt Durchflussspitzen wurden im Stauraum zurückgehalten. Zwischen August und Dezember 2014 wurde der Durchfluss der Spree dann direkt durchgeleitet. Nach Abschluss der Sanierungsarbeiten wurde die Talsperre wieder eingestaut. Die Staukote von $+92 \text{ m NHN}$ wurde binnen eines Monats am 12.01.2015 wieder erreicht.

Zwischen der Talsperre Spremberg und dem Spreewald wird Wasser anteilig in den **Priorgraben** und in den **Hammergraben** abgeschlagen. Der Priorgraben mündet in das Greifenhainer Fließ, das über den Südumfluter wieder in die Spree mündet. Der Hammergraben durchfließt die Peitzer Fischteiche und vereinigt sich danach mit der Malxe zum Großen Fließ. Dieses dükert den Nordumfluter und mündet erst am Ausgang des Oberspreewaldes in die Spree. Im dreijährigen Untersuchungszeitraum wurden im Mittel rund $1,0 \text{ m}^3/\text{s}$ in den Priorgraben und rund $1,8 \text{ m}^3/\text{s}$ in den Hammergraben übergeleitet. Im hydrologischen Jahr 2014 lagen die mittleren Überleitungsmengen in den Priorgraben bei $0,94 \text{ m}^3/\text{s}$ und in den Hammergraben bei $1,97 \text{ m}^3/\text{s}$.

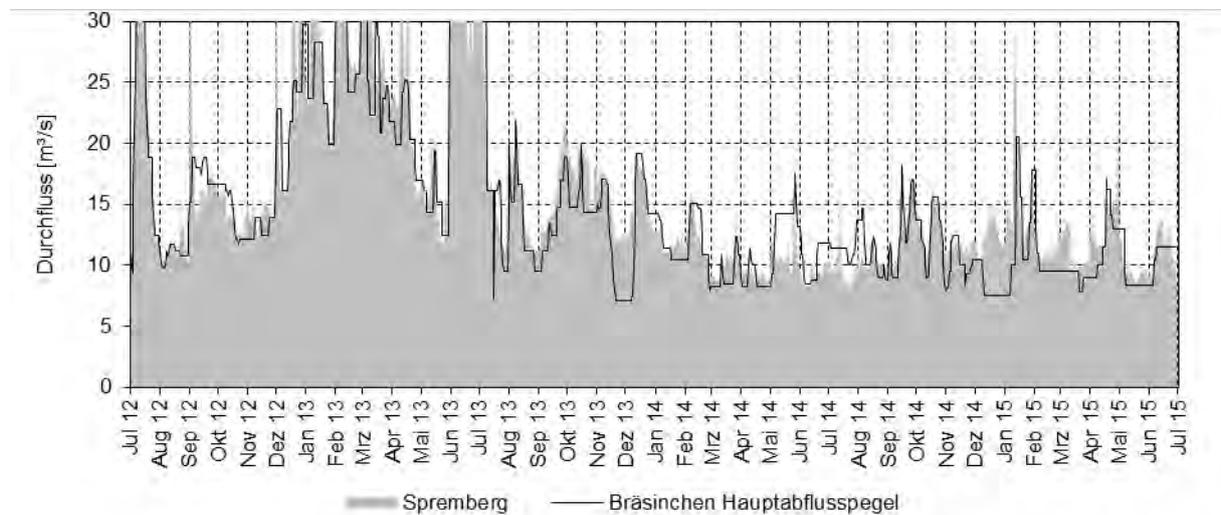


Bild 11: Ganglinien des Durchflusses in der Spree im Zulauf (grau) und im Ablauf der Talsperre Spremberg (schwarze Linie) im dreijährigen Untersuchungszeitraum von Juli 2012 bis Juni 2015

Am Eingang des Spreewaldes teilt sich die Spree in den Nordumfluter, in die Hauptspreewald und in den Südumfluter. Die Aufteilung der Durchflüsse erfolgt nach wasserwirtschaftlichen Gesichtspunkten. Im Spreewald erhält die Spree Zuflüsse aus dem **Greifenhainer Fließ**, dem **Vetschauer Mühlenfließ**, dem **Göritzer Mühlenfließ**, der **Dobra**, dem **Beuchower Dorfgraben**, der **Wudritz** und der **Berste**. Am Ausgang des Oberspreewaldes mündet ferner das **Große Fließ** in die Spree. Im dreijährigen Untersuchungszeitraum flossen der Spree auf diesem Weg im Mittel $7,4 \text{ m}^3/\text{s}$ zu. Davon stammen ca. 55 % aus dem Großen Fließ und ca. 15 % aus der Berste. Die mittlere Zuflussmenge war im hydrologischen Jahr 2014 mit $7,3 \text{ m}^3/\text{s}$ gleich groß.

Der gesamte Durchfluss der Spree am Ausgang des Oberspreewaldes wird am **Pegel Lübben** erfasst. Der mittlere Durchfluss der Spree lag hier im dreijährigen Untersuchungszeitraum bei $21,4 \text{ m}^3/\text{s}$ und im hydrologischen Jahr 2014 bei rund $16,6 \text{ m}^3/\text{s}$ (Bild 12). Der Spreedurchfluss am Pegel Lübben schwankte im hydrologischen Jahr 2014 zwischen $3 \text{ m}^3/\text{s}$ im Minimum und ca. $30 \text{ m}^3/\text{s}$ im Maximum. Die hohen Abflussspitzen entstehen durch die Überlagerung der Abflussspitzen der Spree und des Großen Fließes. Die Ursache für den starken Rückgang des Durchflusses im Juli 2014 ist derzeit nicht bekannt. Der Durchfluss der Spree im Ablauf der Talsperre Spremberg lag zu dieser Zeit bei rund $10 \text{ m}^3/\text{s}$. Der Durchfluss des Großen Fließes zeigt für diesen Zeitraum auch keine außergewöhnlich starken Schwankungen (Anlage 3.2 – Blatt 6).

Vor dem **Pegel Leibsch** wird Spreewasser über den Dahme-Umflut-Kanal in das Einzugsgebiet der Dahme geleitet. Der mittlere Durchfluss der Spree am Pegel Leibsch betrug im dreijährigen Untersuchungszeitraum ca. $15,8 \text{ m}^3/\text{s}$ und im hydrologischen Jahr 2014 rund $13,2 \text{ m}^3/\text{s}$. Im Untersuchungszeitraum wurden im Mittel $5,6 \text{ m}^3/\text{s}$ und im hydrologischen Jahr 2014 im Mittel $3,3 \text{ m}^3/\text{s}$ in die Dahme übergeleitet. Die Durchflussdynamik der Spree wird durch die Wasserüberleitung nicht maßgeblich beeinflusst. Allerdings verringern sich die Spitzenabflüsse (Bild 12).

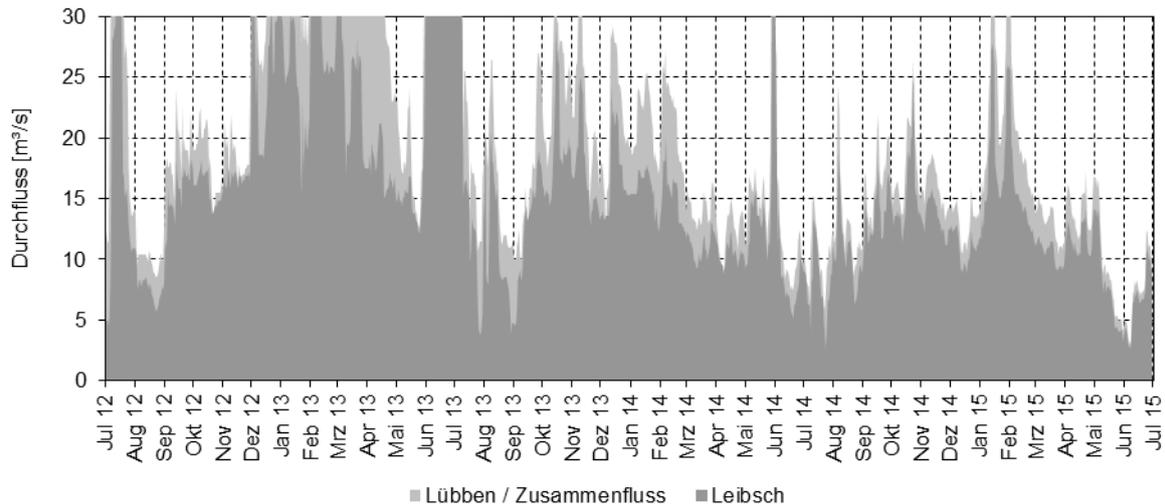


Bild 12: Ganglinien des Durchflusses in der Spree am Pegel Lübben (hellgrau) und am Pegel Leibsch (dunkelgrau) im Untersuchungszeitraum von Juli 2012 bis Juni 2015

Zwischen dem Pegel Leibsch und dem **Pegel Beeskow** passiert die Spree den Neuendorfer See und den Schwielochsee. Der Durchfluss der Spree erhöht sich durch Gebietszuflüsse. Der Durchfluss der Spree am Pegel Beeskow lag im Mittel des dreijährigen Untersuchungszeitraumes bei $19,5 \text{ m}^3/\text{s}$ und im Mittel des hydrologischen Jahres bei $15,4 \text{ m}^3/\text{s}$. Demnach flossen der Spree im Untersuchungszeitraum durchschnittlich $3,7 \text{ m}^3/\text{s}$ und im hydrologischen Jahr 2014 durchschnittlich $2,2 \text{ m}^3/\text{s}$ aus dem Einzugsgebiet zu. Die Dynamik des Durchflusses der Spree am Pegel Leibsch spiegelt sich am Pegel Beeskow wieder (Bild 13).

Auf dem weiteren Fließweg münden der Oder-Spree-Kanal und weitere kleine Fließe in die Spree, die den Durchfluss erhöhen. Am **Pegel Fürstenwalde** lag der mittlere Durchfluss im dreijährigen Untersuchungszeitraum bei $23,7 \text{ m}^3/\text{s}$ und im hydrologischen Jahr 2014 bei $20,3 \text{ m}^3/\text{s}$. Der mittlere Durchfluss der Spree erhöhte sich durch die Zuflüsse ab dem Pegel Beeskow somit im Untersuchungszeitraum um $4,2 \text{ m}^3/\text{s}$ und im hydrologischen Jahr 2014 um $4,9 \text{ m}^3/\text{s}$. Welchen Ursprung diese hohen Zuflüsse insbesondere im Jahr 2014 haben, konnte nicht beantwortet werden. Die verfügbaren Daten für den Oder-Spree-Kanal am Wehr Kersdorf (Anlage 3.2 – Blatt 8) zeigen deutlich geringere Mengen. Die Durchflussdynamik der Spree am Pegel Beeskow wird durch die Zuflüsse nicht substantiell verändert (Bild 14).

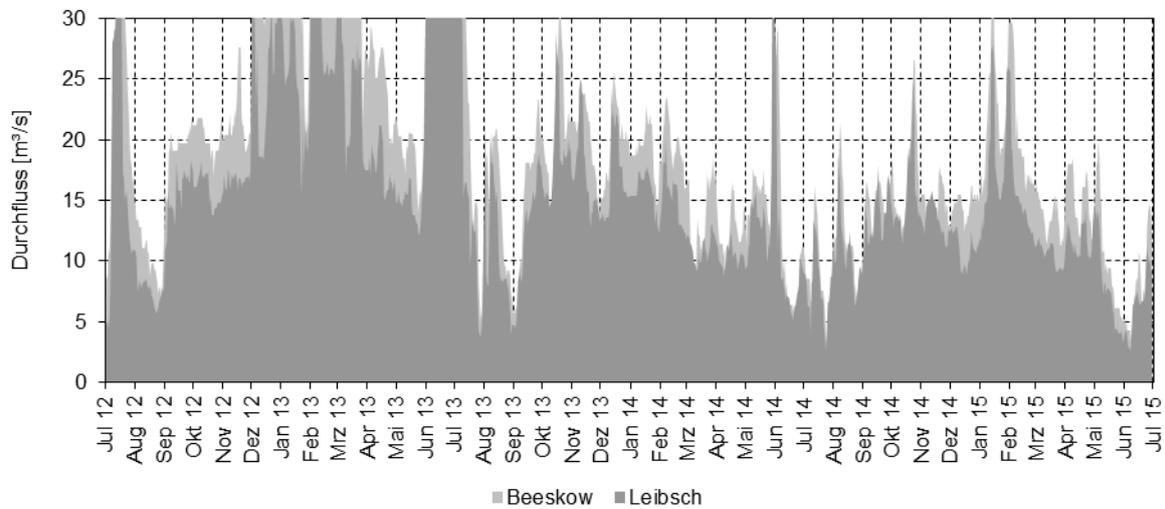


Bild 13: Ganglinien des Durchflusses in der Spree am Pegel Beeskow (hellgrau) und am Pegel Leibsch (dunkelgrau) im Untersuchungszeitraum von Juli 2012 bis Juni 2015

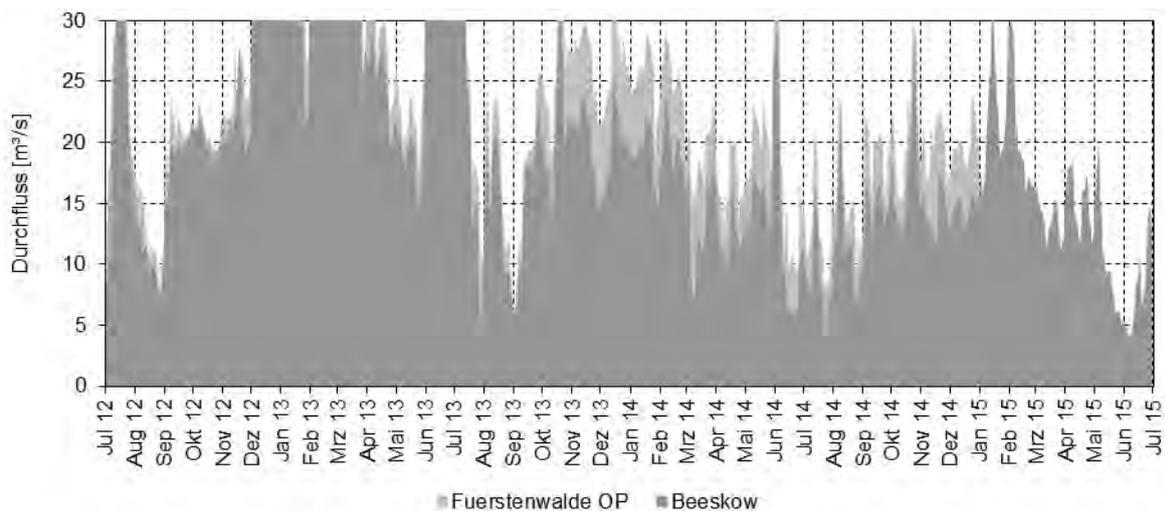


Bild 14: Ganglinien des Durchflusses in der Spree am Pegel Fürstenwalde (hellgrau) und am Pegel Beeskow (dunkelgrau) im Untersuchungszeitraum von Juli 2012 bis Juni 2015

Am Wehr Große Tränke wird ein Teil der Spree in den Oder-Spree-Kanal übergeleitet. Im weiteren Gewässerverlauf münden kleine Fließe in die Spree ein. Der Durchfluss der Spree vor Einmündung in den Dämeritzsee wird am **Pegel Hohenbinde** erfasst. Im dreijährigen Untersuchungszeitraum lag der mittlere Durchfluss der Spree hier bei 13,2 m³/s. Der mittlere Durchfluss im hydrologischen Jahr 2014 lag bei 13,1 m³/s. Demnach wurden im gesamten Untersuchungszeitraum durchschnittlich rund 10,5 m³/s und im hydrologischen Jahr 2014 im Mittel 7,3 m³/s in den Oder-Spree-Kanal übergeleitet. Durch die Wasserüberleitung werden die Durchflussspitzen der Spree gekappt. Sie lagen im hydrologischen Jahr 2014 am Pegel Hohenbinde bei maximal 17,5 m³/s (Bild 15).

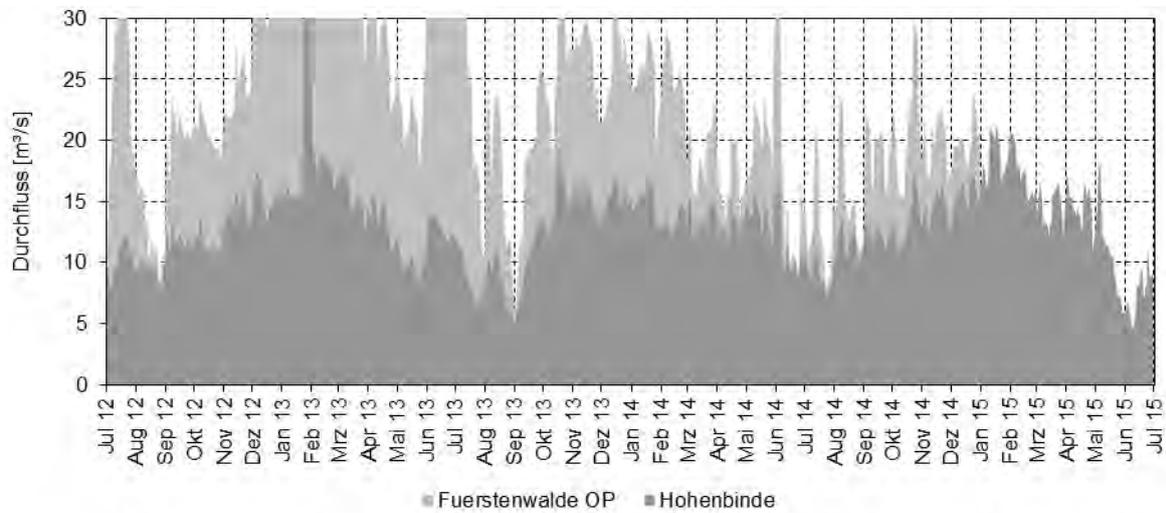


Bild 15: Ganglinien des Durchflusses in der Spree am Pegel Fürstenwalde (hellgrau) und am Pegel Hohenbinde (dunkelgrau) im Untersuchungszeitraum von Juli 2012 bis Juni 2015

6.2 Historische Einordnung des Abflussgeschehens

Die verfügbaren Durchflussreihen der Spree und der maßgeblichen Zuflüsse wurden statistisch ausgewertet, um das Durchflussgeschehen der Spree im hydrologischen Jahr 2014 historisch einzuordnen. Als Auswertezeitraum wurden die hydrologischen Jahre 1998 bis 2014 verwendet. Dabei wurde für jeden Pegel ein mittlerer Jahresgang auf Monatsbasis sowie der Jahresmittelwert des Durchflusses ermittelt und in Verbindung mit den gemessenen Durchflussdaten dargestellt. Die Darstellungen für alle ausgewerteten Durchflussreihen finden sich in der Anlage 3.1. Im Folgenden werden die Durchflussverhältnisse des Jahres 2014 an den Spreepegeln Lieske, Spremberg, Leibsch und Beeskow historisch eingeordnet und diskutiert.

Der Jahresmittelwert des Durchflusses am **Pegel Lieske** in den hydrologischen Jahren 1998 bis 2014 liegt bei $4,7 \text{ m}^3/\text{s}$. Der mittlere Durchfluss im hydrologischen Jahr 2014 betrug mit $2,8 \text{ m}^3/\text{s}$ etwa 60 % des Mittelwertes des Vergleichszeitraumes. Die Monatsmittel des Durchflusses lagen im hydrologischen Jahr 2014 ganzjährig unter den langjährigen Mittelwerten (Bild 16). Im hydrologischen Winterhalbjahr 2014 betrug der Durchfluss der Spree am Pegel Lieske durchschnittlich etwa $2,3 \text{ m}^3/\text{s}$ bzw. 43 % vom langjährigen Mittel. Im hydrologischen Sommerhalbjahr 2014 lagen die Durchflüsse der Spree hier lediglich bei $1,3 \text{ m}^3/\text{s}$ bzw. bei 33 % des langjährigen Durchschnitts. Die geringen Durchflüsse am Pegel Lieske im hydrologischen Jahr 2014 sind vor allem auf die geringeren Ausleitmengen aus der Talsperre Bautzen zurückzuführen (siehe Abschnitt 6.1)

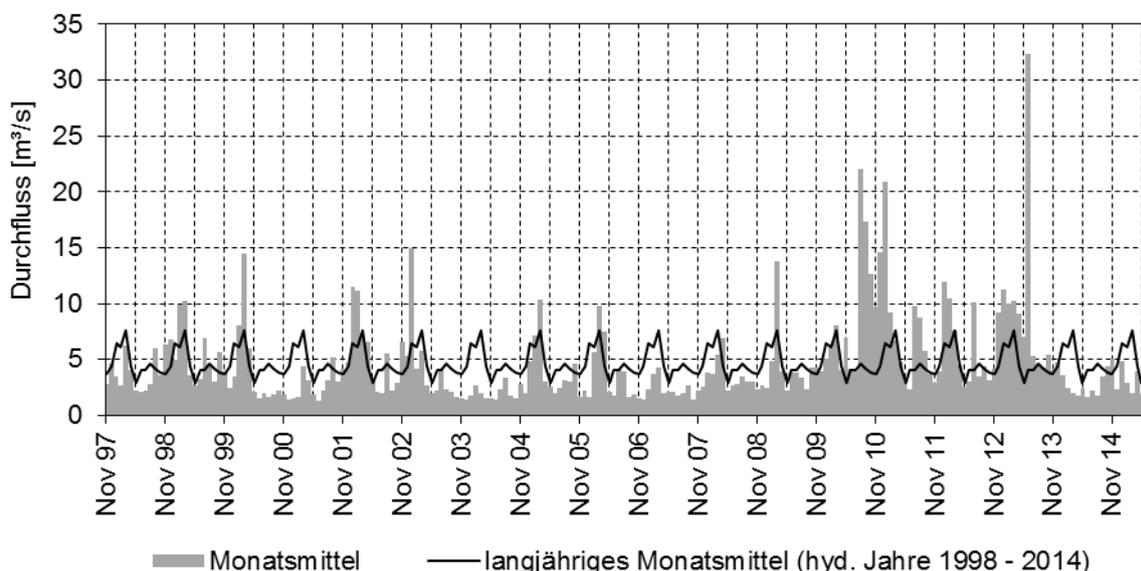


Bild 16: Mittlerer Jahresgang des Durchflusses der Spree am Pegel Lieske (schwarze Linie) im Vergleich mit den Monatsmittelwerten des Durchflusses

Das langjährige Mittel des Durchflusses der Spree am **Pegel Spremberg** liegt bei $12,7 \text{ m}^3/\text{s}$. Der mittlere Durchfluss des hydrologischen Jahres 2014 ist mit $11,7 \text{ m}^3/\text{s}$ nur 7 % geringer. Die geringeren Durchflüsse traten am Pegel Spremberg vor allem zwischen Januar und April 2014 auf (Bild 17). In dieser Zeit lag die mittlere Abwei-

chung vom langjährigen Mittel bei $-4,2 \text{ m}^3/\text{s}$ bzw. -27% . Im verbleibenden hydrologischen Jahr 2014 war die Abweichung vom langjährigen Mittel gering.

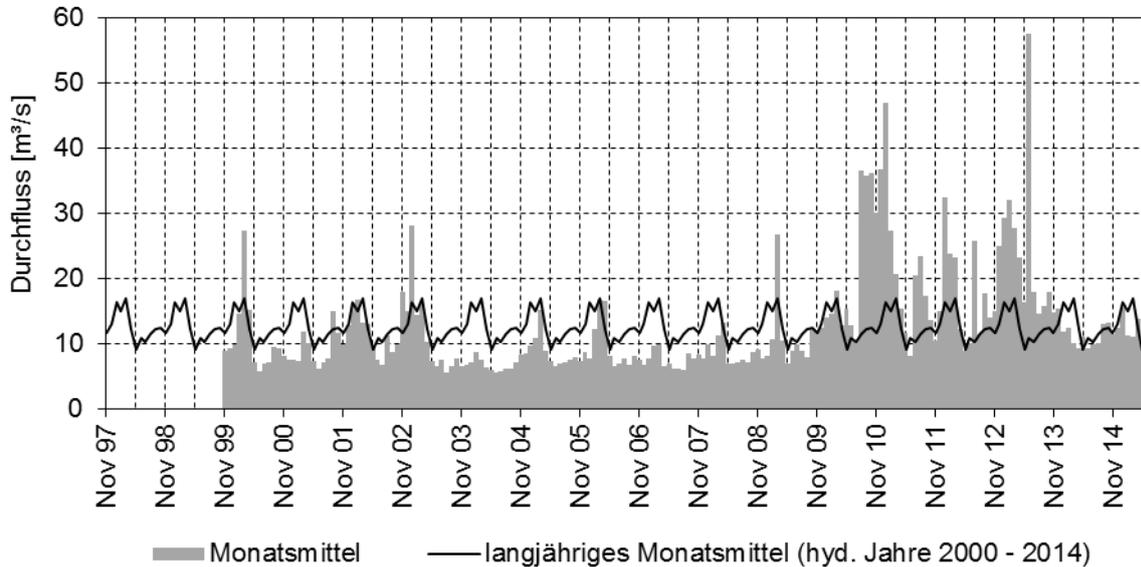


Bild 17: Mittlerer Jahrgang des Durchflusses der Spree am Pegel Spremberg (schwarze Linie) im Vergleich mit den Monatsmittelwerten des Durchflusses

Das Durchflussgeschehen der Spree am **Pegel Leibsch** zeigt eine dem Pegel Spremberg vergleichbare historische Einordnung. Der mittlere Durchfluss am Pegel Leibsch lag im hydrologischen Jahr 2014 bei $13,2 \text{ m}^3/\text{s}$ und war damit sogar etwas höher als das langjährige Mittel von rund $13,0 \text{ m}^3/\text{s}$. Das Bild 18 zeigt, dass der Durchfluss der Spree im hydrologischen Winterhalbjahr 2014 mit $14,4 \text{ m}^3/\text{s}$ unter dem langjährigen Mittel von $16,8 \text{ m}^3/\text{s}$ lag. Im hydrologischen Sommerhalbjahr 2014 lag der Durchfluss mit rund $12,0 \text{ m}^3/\text{s}$ über dem langjährigen Mittelwert von $9,2 \text{ m}^3/\text{s}$.

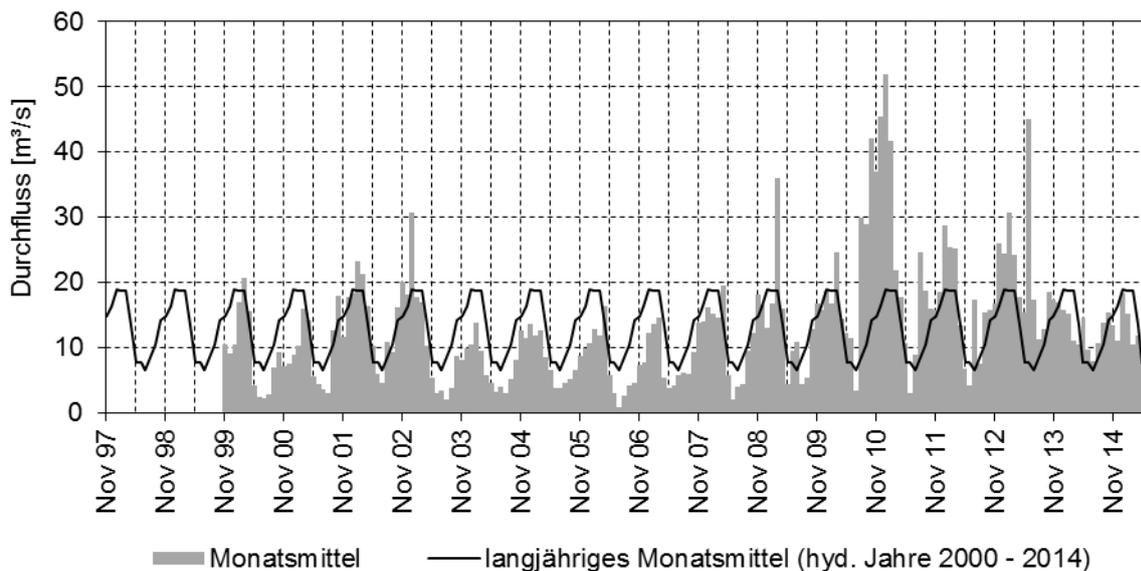


Bild 18: Mittlerer Jahrgang des Durchflusses der Spree am Pegel Leibsch (schwarze Linie) im Vergleich mit den Monatsmittelwerten des Durchflusses

Der mittlere Durchfluss der Spree am **Pegel Beeskow** in den hydrologischen Jahren 1998 bis 2014 liegt bei rund $16,7 \text{ m}^3/\text{s}$. Der mittlere Durchfluss im hydrologischen Jahr 2014 war mit $15,4 \text{ m}^3/\text{s}$ rund 7 % niedriger. Die Monatsmittel des Durchflusses lagen im hydrologischen Winterhalbjahr 2014 unter dem langjährigen Mittelwert und im hydrologischen Sommerhalbjahr 2014 geringfügig darüber (Bild 19).

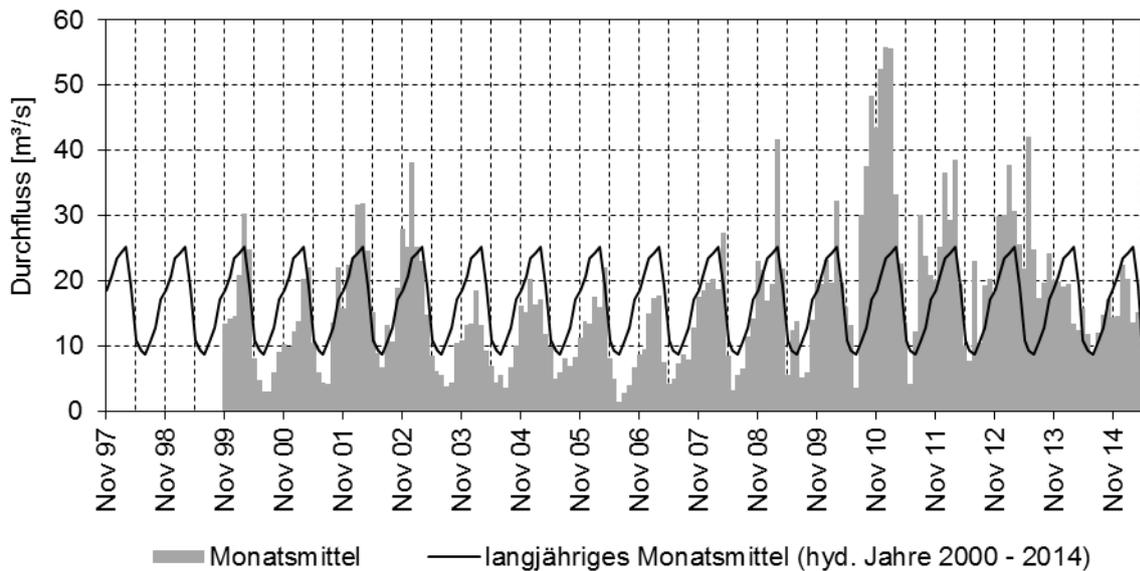


Bild 19: Mittlerer Jahresgang des Durchflusses der Spree am Pegel Beeskow (schwarze Linie) im Vergleich mit den Monatsmittelwerten des Durchflusses

Insgesamt zeigt sich, dass das Wasserdargebot im Oberlauf der Spree im hydrologischen Jahr 2014 ganzjährig deutlich unter dem langjährigen Mittelwert lag. Dies wird auf die besonderen hydrometeorologischen Verhältnisse im Winter 2013/2014 im oberen Spreeeinzugsgebiet zurückgeführt (Abschnitt 5). Das geringe Wasserdargebot aus dem oberen Einzugsgebiet wurde im Jahr 2014 durch die sulfatreichen Sumpfungswässer des aktiven Bergbaus, durch die Ausleitungen aus den sulfatreichen Bergbaufolgeseen des Sanierungsbergbaus sowie durch sulfatreiche diffuse Grundwasserzutritte im Einzugsgebiet zu großen Teilen kompensiert. Im Unterlauf der Spree lagen infolge dessen die Durchflüsse im hydrologischen Sommerhalbjahr 2014 sogar geringfügig über den langjährigen Mittelwerten. Dies lässt darauf schließen, dass der überwiegende Teil des Durchflusses im Sommerhalbjahr 2014 aus den genannten Quellen stammt.

6.3 Mengenzbilanzen

Aus den verfügbaren hydrologischen und Wassermengendaten wurde die Zusammensetzung der Durchflüsse an den Spreepegeln Spremberg und Lübben aus natürlichen und bergbaulichen Quellen ermittelt. Der Pegel Spremberg charakterisiert den Ausgang des Bilanzgebietes Südraum mit den dominanten Stoffeinträgen aus dem aktiven Braunkohlenbergbau. Am Pegel Lübben verlässt die Spree den Oberspreewald und damit das bergbaubeeinflusste Bilanzgebiet. Es subsummiert zusätzlich die Stoffeinträge aus dem Sanierungsbergbau im Nordraum (vgl. Abschnitt 3.2). Die Bilanzierung der Durchflussanteile wurde für das hydrologische Winterhalbjahr 2014 und für das hydrologische Sommerhalbjahr 2014 vorgenommen.



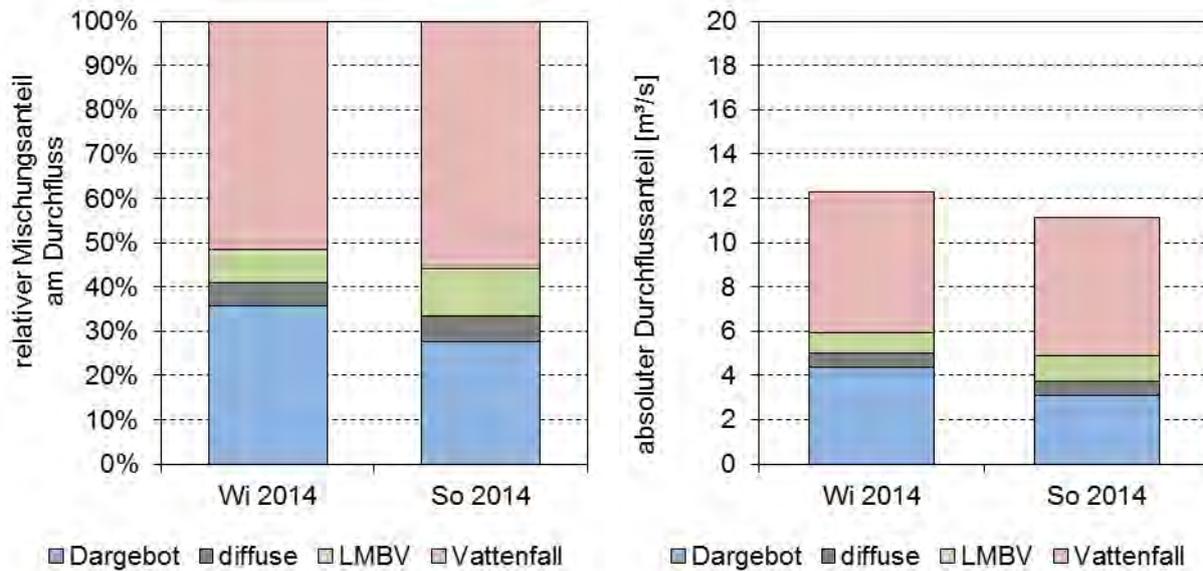
Die Bilanzierung erfolgt in Fließrichtung. Das natürliche Wasserdargebot im Oberlauf des Untersuchungsgebietes entspricht dem Durchfluss der Spree am Pegel Lieske, der Kleinen Spree am Pegel Burg 2 und des Schwarzen Schöps am Pegel Boxberg abzüglich der Ausleitmenge der GWBA Kringelsdorf. Abgehende Bilanzanteile wie Wasserentnahmen bzw. Wasserverluste, z. B. durch Versickerung, wurden im jeweiligen Bilanzabschnitt mengenproportional auf die zugehenden Bilanzanteile aufgeteilt. Die zugehenden Bilanzanteile wurden den drei Quellen „natürliches Dargebot“, „Sanierungsbergbau“ (LMBV) und „aktiver Braunkohlenbergbau“ (Vattenfall) zugeordnet. Die vierte Bilanzgröße „diffuse Grundwasserzuflüsse“ im Südraum ergibt sich aus der Differenz zwischen den bilanzierten und den gemessenen Durchflüssen am Pegel Spremberg. Im Nordraum ist derzeit keine belastbare Differenzierung nach dem „natürlichen Wasserdargebot“ aus den Einzugsgebieten am Nordhang des Lausitzer Grenzwalls und den diffusen Grundwasserzuflüssen möglich. Die um die messbaren Einflüsse des Sanierungsbergbaus bereinigten Durchflüsse des Greifenhainer Fließes, des Vetschauer Mühlenfließes, des Göritzer Mühlenfließes, der Dobra, des Beuchower Dorfgrabens und der Wudritz wurden daher vollständig dem „natürlichen Wasserdargebot“ zugeordnet.

In Bild 20 oben sind die relativen Mischungsanteile und die absoluten Durchflussanteile der Spree am **Pegel Spremberg** dargestellt. Der mittlere Durchfluss der Spree am Ausgang des Südraums lag im hydrologischen Winterhalbjahr 2014 bei $12,3 \text{ m}^3/\text{s}$ und im hydrologischen Sommerhalbjahr 2014 bei $11,1 \text{ m}^3/\text{s}$. Die relativen Mischungsanteile in Bild 20 oben links zeigen, dass im Winterhalbjahr rund 52 % und im Sommerhalbjahr rund 56 % des Durchflusses der Spree am Pegel Spremberg aus den Einleitungen des aktiven Bergbaus stammt. Das natürliche Wasserdargebot bildete im hydrologischen Winterhalbjahr 2014 rund 36 % und im hydrologischen Sommerhalbjahr 2014 rund 28 % des Durchflusses am Pegel Spremberg. Die Ausleitungen aus den Bergbaufolgeseen des Sanierungsbergbaus der LMBV (aus den Speichern Bärwalde und Burghammer) machten zwischen 8 % (hydrologisches Winterhalbjahr) und 11 % (hydrologisches Sommerhalbjahr) aus. Die diffusen Grundwasserzutritte wurden mit etwa 5 % des Spreedurchflusses geschätzt. Die absoluten Durchflussanteile des aktiven Bergbaus, des Sanierungsbergbaus und der diffusen Grundwasserzutritte variieren in den beiden hydrologischen Halbjahren nur gering (Bild 20, oben rechts). Der niedrigere Spreedurchfluss im hydrologischen Sommerhalbjahr 2014 ist vor allem auf das um ca. $1,3 \text{ m}^3/\text{s}$ geringere natürliche Wasserdargebot im Vergleich zum hydrologischen Winterhalbjahr 2014 zurückzuführen.

Das Bild 20 unten zeigt die relativen Mischungsanteile und die absoluten Durchflussanteile der Spree am **Pegel Lübben**. Der mittlere Durchfluss der Spree am Pegel Lübben lag im hydrologischen Winterhalbjahr 2014 bei $18,8 \text{ m}^3/\text{s}$ und im Sommerhalbjahr bei $14,3 \text{ m}^3/\text{s}$. Der Durchfluss der Spree zwischen dem Pegel Spremberg und dem Pegel Lübben hat sich im Nordraum um rund $6,6 \text{ m}^3/\text{s}$ (hydrologisches Winterhalbjahr) bzw. $3,2 \text{ m}^3/\text{s}$ (hydrologisches Sommerhalbjahr) erhöht. Der überwiegende Teil des Zuwachses ist auf das natürliche Gebietsdargebot sowie auf die Einleitung des aktiven Bergbaus aus der GWBA Jänschwalde zurückzuführen. Im hydrologischen Winterhalbjahr 2014 entstammten rund 50 % und im hydrologischen Sommerhalbjahr 2014 rund 32 % des Spreedurchflusses am Pegel Lübben dem natürlichen Wasserdargebot einschließlich der diffusen Grundwasserzuströme im

Bereich des Sanierungsbergbaus. Die Einleitungen aus dem aktiven Bergbau stellten zwischen 39 % (hydrologisches Winterhalbjahr) und 52 % (hydrologisches Sommerhalbjahr) des Spreedurchflusses am Pegel Lübben. Der Anteil der Ausleitungen aus den Bergbaufolgeseen des Sanierungsbergbaus im Südraum und Nordraum am Durchfluss der Spree liegt zwischen 8 % (hydrologisches Winterhalbjahr) und 12 % (hydrologisches Sommerhalbjahr). Die diffusen Grundwasserzuflüsse im Südraum stellen zwischen 3 % (hydrologisches Winterhalbjahr) und 4 % (hydrologisches Sommerhalbjahr) des Spreedurchflusses am Pegel Lübben.

Spree in Spremberg-Wilhelmsthal



Spree in Lübben

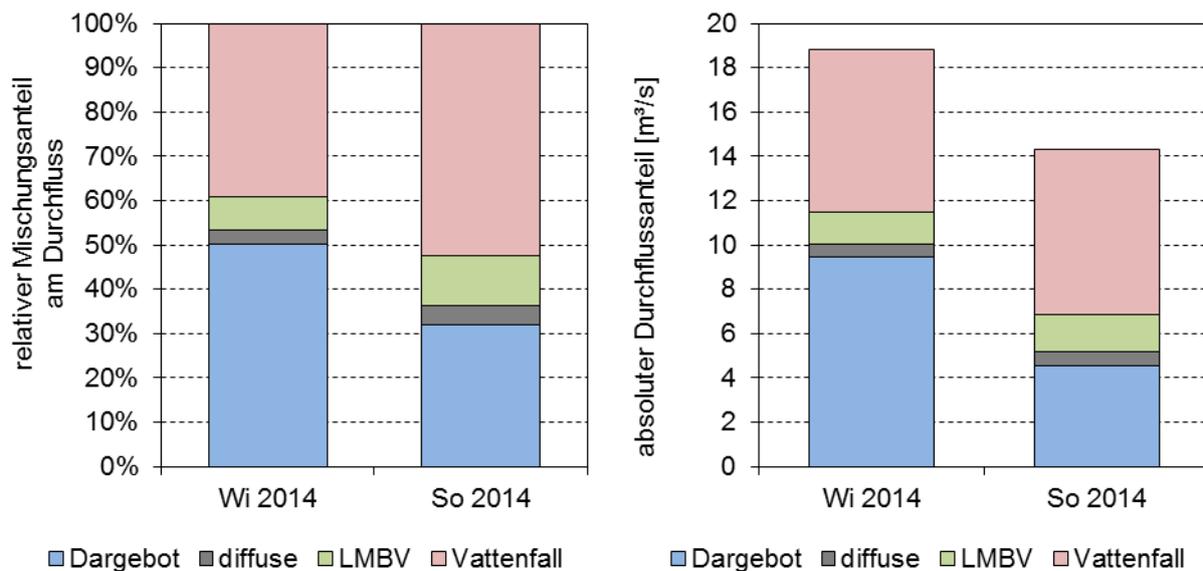


Bild 20: Relative Mischungsanteile und absolute Durchflussanteile der Spree in Spremberg-Wilhelmsthal (oben) und in Lübben (unten) gegliedert nach den maßgeblichen Quellen natürliches Dargebot (blau), diffuse Zuströme (grau), LMBV (grün) und Vattenfall (rot)



7 Sulfat

7.1 Sulfatquellen

Die maßgeblichen Quellen der Sulfatbelastung in der Spree sind:

- die „natürliche“ Hintergrundbelastung,
- Grubenwasserbehandlungsanlagen der VE-M,
- Kraftwerke der VE-G,
- Ausleitungen aus Bergbaufolgeseen durch die LMBV,
- Zuflüsse sulfatbelasteter Fließgewässer II. Ordnung aus den Gebieten des Grundwasserwiederanstiegs im Sanierungsbergbau,
- diverse örtliche Entwässerungsgräben und
- diffuse Grundwasserzutritte.

Die sogenannte „natürliche“ Hintergrundbelastung der Fließgewässer enthält im engeren Sinne eine anthropogene Vorbelastung, die durch landwirtschaftliche, kommunale und industrielle Flächennutzungen entsteht. In den Fließgewässern außerhalb des Lausitzer Braunkohlenreviers liegt die Sulfatkonzentration überwiegend zwischen 50 und 100 mg/L. Für die Spree am Pegel Lieske wurde eine durchflussgewichtet mittlere Sulfatkonzentration von ca. 70 mg/L bestimmt. Die wirkliche natürliche Hintergrundbelastung der Fließgewässer mit Sulfat ohne jegliche anthropogenen Einflüsse würde deutlich niedriger liegen.

In der Tabelle 4 sind die maßgeblichen bergbaubedingten Sulfatquellen der Spree in der Reihenfolge entsprechend der Fließrichtung zusammengestellt [U 16].

Weitere kleine Einleitungen, wie z. B. aus kommunalen Wasserbehandlungsanlagen (Boxberg, Schwarze Pumpe, Spremberg u. a.), Drainagegräben (Graben Neustadt, Gräben Zerze u. s. w.) oder Fließe werden nicht gesondert berücksichtigt. Sie werden unter den diffusen Stofffrachten subsummiert. Ihr Anteil an der Sulfatbilanz ist vernachlässigbar gering.

Im Unterschied zum Kraftwerk Schwarze Pumpe und dem Kraftwerk Jänschwalde ist das Kraftwerk Boxberg kein Sulfatemittent und ist daher nicht in der Tabelle 4 aufgeführt. Im Kraftwerk Boxberg wird statt Sumpfungswasser das Wasser des Schwarzen Schöps und der Spree zur Kühlung verwendet. Die Ableitung des Kühlwassers in die Vorflut führt somit nicht zur Erhöhung der Sulfatfracht, jedoch aufgrund der Wasserverluste zu einer geringen Erhöhung der Sulfatkonzentration.



Tabelle 4: Maßgebliche Sulfatquellen im bergbaubeeinflussten Einzugsgebiet der Spree zwischen Uhyst (Sachsen) und Lübben (Brandenburg)

	Quelle	Zuordnung	Weg	Art der Quelle
Südraum	„Natürliche“ Hintergrundbelastung: Sulfatfracht in der Spree vor dem Einfluss des Braunkohlenbergbaus	ohne	Spree	-
	Tagebau Reichwalde mit GWBA Kringelsdorf	VE-M	Vereinigter Schöps → Spree	Punktquelle
	Speicher Bärwalde	LMBV	Vereinigter Schöps → Spree	Punktquelle
	Tagebau Nochten mit GWBA Tzschelln	VE-M	Spree	Punktquelle
	Grundwasserzufluss aus der Spreewitzer Rinne zum Altarm der Spree an der Ruhlmühle	LMBV	Altarm Spree → Spree	Diffuse Quelle
	Speichersystem Dreiweibern-Lohsa II-Burghammer	LMBV	Kleine Spree → Spree	Punktquelle
	Grundwasserzufluss aus der Spreewitzer Rinne zur Kleinen Spree	LMBV	Kleine Spree → Spree	Diffuse Quelle
	Industriepark Schwarze Pumpe mit GWBA Schwarze Pumpe und KW Schwarze Pumpe	VE-G / VE-M u. a.	Spree	Punktquelle
Nordraum	KW Jänschwalde mit GWBA Jänschwalde	VE-G / VE-M	Malxe → Großes Fließ → Spree	Punktquelle
	Ökowasser Koselmühlenfließ und Steinitzer Wasser aus der GWBA „Am Weinberg“	VE-M	Koselmühlenfließ → Priorgraben → Greifenhainer Fließ → Südumfluter → Spree	Punktquellen Diffuse Quellen
	Gräbendorfer See und Greifenhainer Fließ	LMBV	Greifenhainer Fließ → Südumfluter → Spree	Punktquellen Diffuse Quellen
	Greifenhainer See und Vetschauer Mühlenfließ	LMBV	Vetschauer Mühlenfließ → Südumfluter	Punktquellen Diffuse Quellen
	Bischdorfer See Schönfelder See Kittlitzer See Redlitzer See	LMBV	Dobra → Südumfluter → Spree	Punktquellen
	Tornower Seen Lichtenauer See	LMBV	Beuchower Dorfgraben → Schuggergraben → Zerkwitzer Kahnfahrt → Spree	Punktquellen
	Drehnaer See Schlabendorfer See und Lorenzgraben	LMBV	Lorenzgraben → Wudritz → Spree	Punktquellen Diffuse Quellen
	Weißacker Moor Bornsdorfer Teiche Bornsdorfer Kohlegraben	LMBV Altbergbau	Berste → Spree	Diffuse Quellen



7.2 Dynamik der Sulfatkonzentration

7.2.1 Technische Anlagen

Die Entwicklung der Ableitungen und der Sulfatkonzentrationen der Grubenwasserbehandlungsanlagen (GWBA) der VE-M und der Kraftwerke (KW) der VE-G im Untersuchungszeitraum von Juli 2012 bis Juni 2015 sind in der Anlage 4.1 als Ganglinien dargestellt. In der Anlage 4.2 ist die langfristige Entwicklung der beiden Größen seit dem hydrologischen Jahr 2008 auf der Basis von Jahresmittelwerten dargestellt.

Die Sulfatkonzentration im Ablauf der **GWBA Kringelsdorf** lag im Untersuchungszeitraum zwischen 200 und 300 mg/L, wobei die Sulfatkonzentration im Untersuchungszeitraum leicht zurückgeht. Dieser rückläufige Trend zeigt sich auch in der langfristigen Entwicklung der Jahresmittelwerte (Anlage 4.2 – Blatt 1). Im hydrologischen Jahr 2014 lag die mittlere Sulfatkonzentration im Ablauf bei 260 mg/L.

Die mittlere Ableitung der GWBA Kringelsdorf betrug im Untersuchungszeitraum rund 2,8 m³/s und im hydrologischen Jahr 2014 rund 3,1 m³/s. Zwischen Februar und Juni 2014 wurden tägliche Ableitungen bis 3,5 m³/s erfasst (Bild 21). Die durchschnittlichen Ableitungen der GWBA Kringelsdorf haben sich seit 2008 von etwa 1,8 m³/s auf ca. 3,1 m³/s im Jahr 2014 erhöht (Anlage 4.2 – Blatt 1).

Die aus der GWBA Kringelsdorf in den Schwarzen Schöps eingeleitete Sulfatfracht hat sich infolge der gestiegenen Ausleitungen von rund 18.000 t im Jahr 2008 auf ca. 25.500 t im Jahr 2014 erhöht (Anlage 4.2 – Blatt 1).

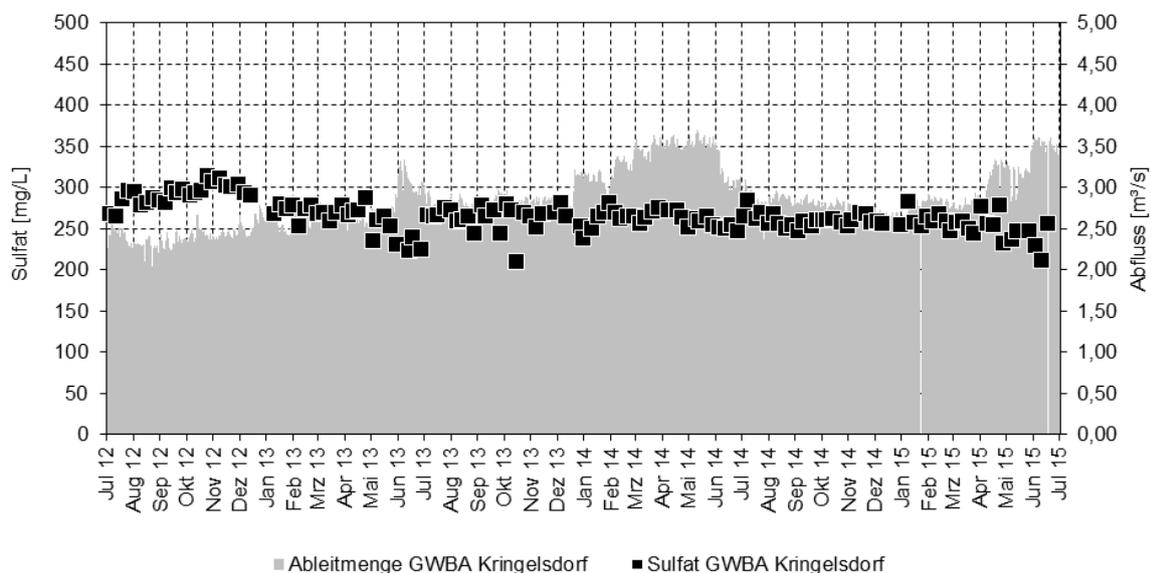


Bild 21: Sulfatkonzentration und Ableitung der GWBA Kringelsdorf von Juli 2012 bis Juni 2015

Die Sulfatkonzentration im Ablauf der **GWBA Tzschelln** lag im dreijährigen Untersuchungszeitraum zwischen 1.500 und 2.000 mg/L, wobei die Sulfatkonzentrationen leicht rückläufig sind (Bild 22). Dieser Trend zeigt sich ebenfalls in der langfristigen Entwicklung (Anlage 4.2 – Blatt 2). Im hydrologischen Jahr 2014 lag die mittlere Sulfatkonzentration im Ablauf der GWBA Tzschelln bei 1.780 mg/L.

Die durchschnittliche Ableitmenge der GWBA Tzschelln lag im Untersuchungszeitraum und im hydrologischen Jahr 2014 bei 0,78 m³/s. Die Ableitmenge schwankt im Untersuchungszeitraum nur geringfügig (Bild 22). Die durchschnittliche Ableitmenge der GWBA Tzschelln hat sich in den Jahren von 2010 bis 2012 von ca. 0,5 m³/s auf rund 0,75 m³/s erhöht und ist seitdem auf diesem Niveau geblieben (Anlage 4.2 – Blatt 2).

Infolge der seit 2010 gestiegenen Ausleitmengen ist die aus der GWBA Tzschelln in die Spree eingetragene Sulfatfracht von rund 29.500 t im hydrologischen Jahr 2010 auf rund 44.000 t im hydrologischen Jahr 2014 gestiegen (Anlage 4.2 – Blatt 2).

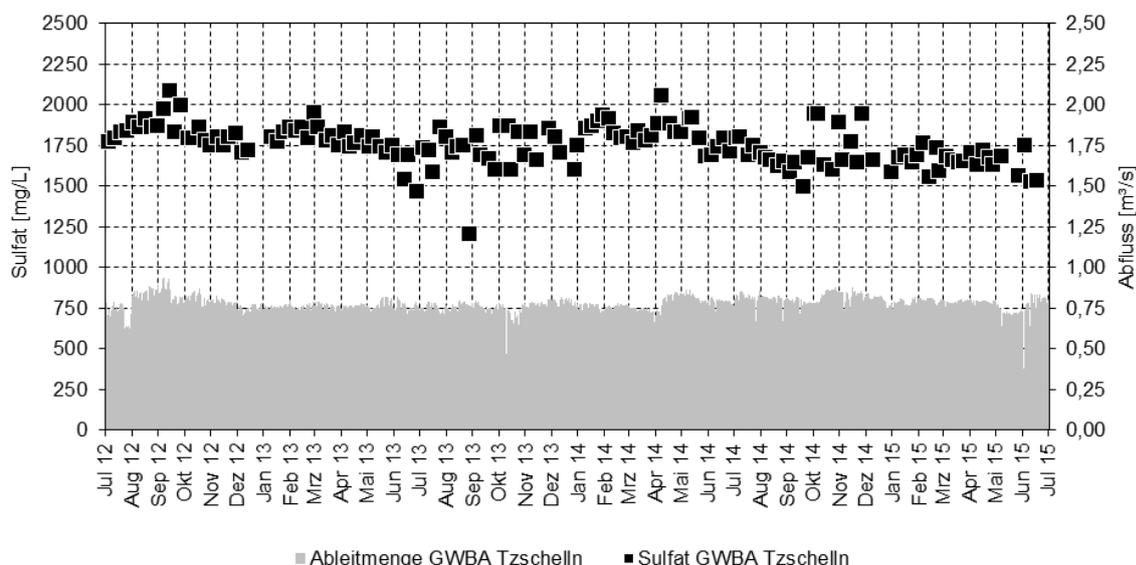


Bild 22: Sulfatkonzentration und Ableitmenge der GWBA Tzschelln von Juli 2012 bis Juni 2015

Die Sulfatkonzentration im Ablauf der **GWBA Schwarze Pumpe** schwankte im dreijährigen Untersuchungszeitraum zwischen 400 und 500 mg/L (Bild 23). Im hydrologischen Jahr 2014 lag die mittlere Sulfatkonzentration im Ablauf bei 480 mg/L und lag damit ca. 50 mg/L über der mittleren Konzentration in den Vorjahren. Ein Trend steigender Sulfatkonzentrationen kann aus den Daten allerdings nicht abgeleitet werden (Anlage 4.2 – Blatt 3).

Die durchschnittliche Ableitmenge der GWBA Schwarze Pumpe lag im dreijährigen Untersuchungszeitraum von Juli 2012 bis Juni 2015 sowie im hydrologischen Jahr 2014 bei rund 2,6 m³/s. Die Ableitmenge nimmt dabei über den Untersuchungszeitraum tendenziell zu. Zeitweise wurden Ableitmengen bis 3,0 m³/s erfasst (Bild 23). Ein langfristiger Trend ist bei den Ausleitmengen der GWBA Schwarze Pumpe jedoch nicht erkennbar (Anlage 4.2 – Blatt 3).

Die aus der GWBA Schwarze Pumpe in die Spree eingetragenen Sulfatfrachten folgen der Entwicklung der Ableitungen und der Sulfatkonzentration. Ein Trend kann aus den verfügbaren Daten nicht abgeleitet werden. Die im Durchschnitt des hydrologischen Jahres 2014 in die Spree eingetragene Sulfatfracht lag bei rund 40.000 t und damit ca. 5.000 t über den Sulfateinträgen der Vorjahre. Die Zunahme der Sulfatfracht im hydrologischen Jahr 2014 ist auf die im Vergleich zu den Vorjahren erhöhte Ableitmenge sowie die höhere Sulfatkonzentration zurückzuführen (Anlage 4.2 – Blatt 3)

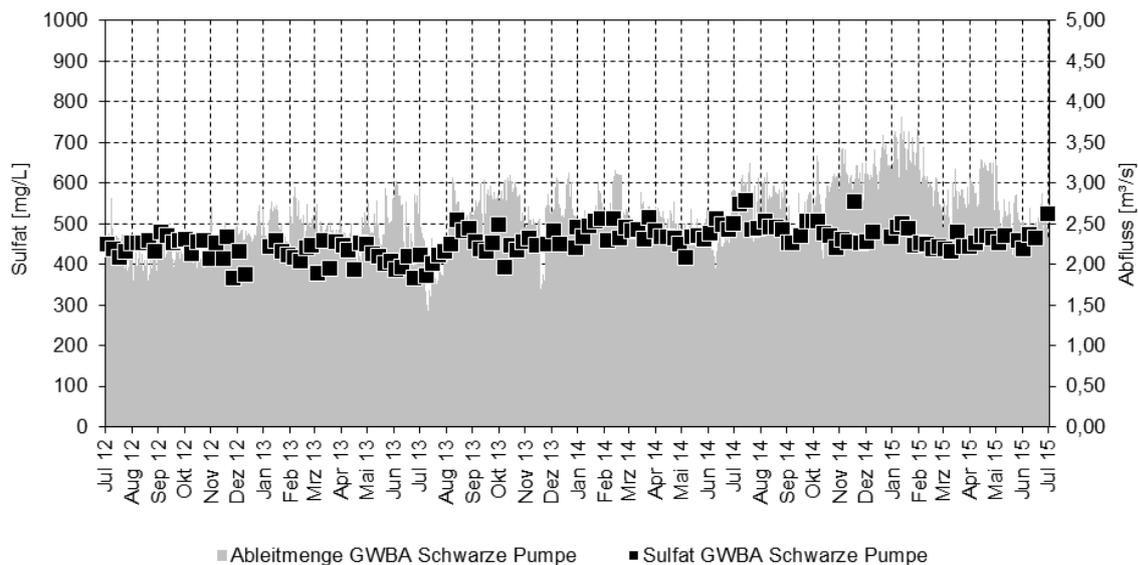


Bild 23: Sulfatkonzentration und Ableitmenge der GWBA Schwarze Pumpe von Juli 2012 bis Juni 2015

Die Sulfatkonzentration im gemeinsamen Ablauf der **GWBA Jänschwalde** und des **Kraftwerkes Jänschwalde** schwankte im Untersuchungszeitraum zwischen 250 und 400 mg/L und lag im Mittel bei 340 mg/L (Bild 24). Im hydrologischen Jahr 2014 lag die mittlere Sulfatkonzentration im Anlagenablauf bei ca. 320 mg/L und damit geringfügig unter den mittleren Konzentrationen der Vorjahre (Anlage 4.2 – Blatt 4).

Die durchschnittliche Ausleitmenge der GWBA und des Kraftwerkes Jänschwalde lag zwischen Juli 2012 und Juni 2015 bei 1,71 m³/s. Die mittlere tägliche Ausleitmenge schwankte dabei zwischen 1,0 und 2,5 m³/s. Im hydrologischen Jahr 2014 lag die durchschnittliche Ausleitmenge bei 1,62 m³/s (Bild 24). Ein Trend kann aus den verfügbaren Daten nicht abgeleitet werden (Anlage 4.2 – Blatt 4).

Die aus der GWBA und dem KW Jänschwalde über die Malxe und das Große Fließ in die Spree eingetragene Sulfatfracht lag im hydrologischen Jahr 2014 bei ca. 15.700 t und damit geringfügig unter den Sulfatfrachten der Vorjahre. Zu den Sulfateinträgen vor dem Jahr 2012 kann auf der Grundlage der verfügbaren Daten keine Aussage getroffen werden (Anlage 4.2 – Blatt 4).

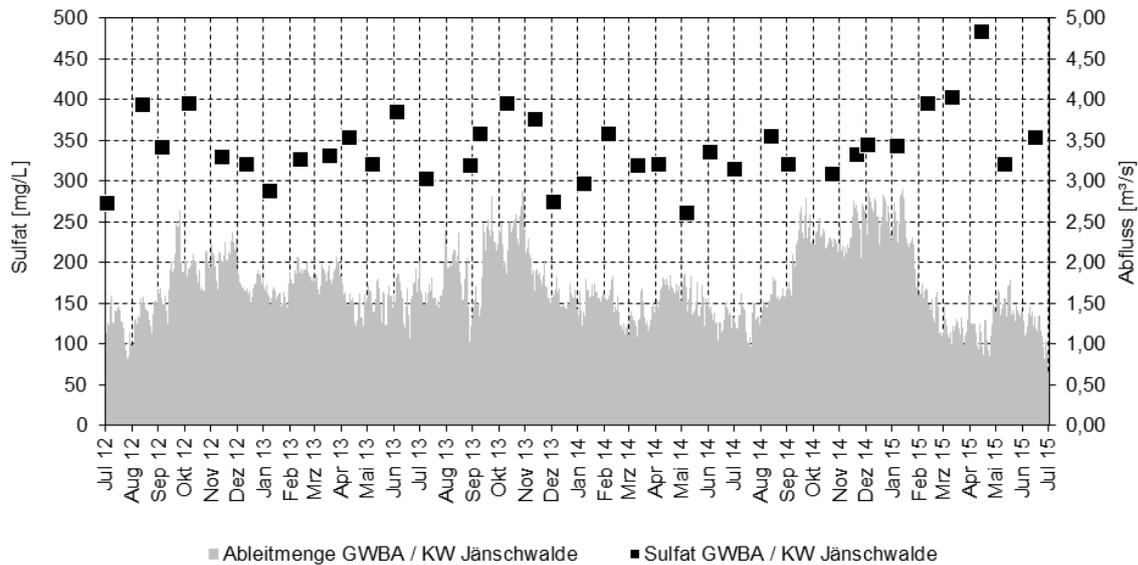


Bild 24: Sulfatkonzentration und Ausleitmenge der GWBA und des Kraftwerkes Jänschwalde von Juli 2012 bis Juni 2015

Die Sulfatkonzentration im Ablauf des **Kraftwerkes Schwarze Pumpe** schwankte im dreijährigen Untersuchungszeitraum zwischen 1.000 und 1.500 mg/L. Die mittlere Sulfatkonzentration lag bei 1.290 mg/L. Im hydrologischen Jahr 2014 betrug die mittlere Sulfatkonzentration 1.250 mg/L (Anlage 4.1 - Blatt 3). Ein Entwicklungstrend der Sulfatkonzentration ist aus den verfügbaren Daten nicht ableitbar (Anlage 4.2 – Blatt 5).

Die mittlere Ausleitmenge des Kraftwerkes Schwarze Pumpe lag im Untersuchungszeitraum bei ca. 0,23 m³/s, wobei die Ausleitmenge infolge der technischen Spezifik des Anlagenbetriebs zwischen 0,1 und 0,4 m³/s schwankte (Anlage 4.1 - Blatt 3). Im hydrologischen Jahr 2014 betrug die durchschnittliche Ausleitmenge ca. 0,27 m³/s und lag damit über den Mittelwerten der Vorjahre (Anlage 4.2 – Blatt 5).

Im hydrologischen Jahr 2014 wurden aus dem Kraftwerk Schwarze Pumpe ca. 10.800 t Sulfat über den Industriekanal in die Spree eingetragen. Der Sulfateintrag im Jahr 2014 war höher als in den Vorjahren. Die Zunahme des Sulfateintrags im Jahr 2014 ist ausschließlich auf die gestiegenen Ausleitmengen zurückzuführen (Anlage 4.2 – Blatt 5).

Das Kühlwasser für das **Kraftwerk Boxberg** wird anteilig zu etwa 20 % aus der Spree und zu etwa 80 % aus dem Schwarzen Schöps entnommen. Die Rückleitung des Anlagenwassers in den Schwarzen Schöps erfolgt über die Erdbecken und über den Regenwassersammler. Die Sulfatkonzentrationen und die Ausleitmengen des Erdbeckens und des Regenwassersammlers sind in der Anlage 4.1 - Blatt 3 bzw. in der Anlage 4.1 - Blatt 4 dargestellt.



Die durchschnittliche Kühlwasserentnahme des Kraftwerkes Boxberg betrug im dreijährigen Untersuchungszeitraum rund $1,17 \text{ m}^3/\text{s}$. Davon wurden im Mittel ca. 80 % bzw. $0,94 \text{ m}^3/\text{s}$ aus dem Schwarzen Schöps und ca. 20 % bzw. $0,23 \text{ m}^3/\text{s}$ aus der Spree entnommen. Die Entnahmemengen im hydrologischen Jahr 2014 unterscheiden sich davon nur unwesentlich. Der Wasserbedarf des Kraftwerkes Boxberg ist durch die Inbetriebnahme des neuen Kraftwerksblockes R im Jahr 2012 angestiegen.

Die aus dem Kraftwerk Boxberg in den Schwarzen Schöps ausgeleitete summarische Wassermenge lag im Durchschnitt des Untersuchungszeitraumes zwischen Juli 2012 und Juni 2015 bei ca. $0,18 \text{ m}^3/\text{s}$. Davon wurden ca. 60 % bzw. $0,11 \text{ m}^3/\text{s}$ über den Regenwassersammler und die verbleibenden 40 % bzw. $0,07 \text{ m}^3/\text{s}$ über das Erdbecken ausgeleitet. Die mittleren Ableitungen im Jahr 2014 unterscheiden sich nur unwesentlich von den Mittelwerten des Untersuchungszeitraumes. Die Ausleitmengen des Erdbeckens weisen nur eine geringe Dynamik auf, wohingegen die Ausleitmengen des Regenwassersammlers deutlich stärker schwanken (vgl. Anlage 4.1 - Blatt 3 und Blatt 4).

Die Sulfatkonzentration im Erdbeckenablauf des Kraftwerkes Boxberg liegt im Mittel des dreijährigen Untersuchungszeitraumes bei 510 mg/L . Sie schwankt zwischen 400 und 700 mg/L . Im hydrologischen Jahr 2014 lag die durchschnittliche Sulfatkonzentration im Erdbeckenablauf bei 580 mg/L . Die Sulfatkonzentration im Ablauf des Regenwassersammlers lag im Durchschnitt des Untersuchungszeitraumes bei 760 mg/L und im Mittel des hydrologischen Jahres 2014 bei 710 mg/L . Die Sulfatkonzentration im Ablauf des Regenwassersammlers schwankt zwischen 180 und 1.000 mg/L , wobei die höheren Sulfatkonzentrationen nach Angaben von VE-G durch die Ableitung von Kühlturmabsalzwasser bedingt sind.

Die Einleitungen des Kraftwerkes Boxberg führen nicht zu einer Erhöhung der Sulfatfracht in der Spree, da das abgeleitete Wasser zuvor aus den Vorflutern entnommen wurde. Die Ableitungen haben allerdings eine konzentrationserhöhende Wirkung, da nur ein Teil des entnommenen Wasser wieder zurückgeleitet wird. Die gleiche Sulfatfracht wird mit einem geringeren Volumenstrom transportiert.

In Bild 25 sind die jährlichen Sulfateinträge aus den Anlagen der VE-M und der VE-G in die Spree im Zulauf der Talsperre Spremberg für die hydrologischen Jahre seit 2008 gestapelt dargestellt. Aus der Darstellung geht hervor, dass der summarische Sulfateintrag von ca. 83.700 t im Jahr 2008 auf ca. 120.500 t im Jahr 2014 gestiegen ist. Dies entspricht einer Zunahme um ca. 44 %, bezogen auf den Sulfateintrag des Jahres 2008. Der größte Teil des erhöhten Sulfateintrages ist auf die gestiegenen Ausleitmengen der Grubenwasserreinigungsanlagen der VE-M zurückzuführen. Wird der Sulfateintrag aus der GWBA und aus dem Kraftwerk Jänschwalde mit einbezogen (ca. 15.700 t), wurden im hydrologischen Jahr 2014 insgesamt rund 136.200 t Sulfat aus den Anlagen der VE-M und VE-G in die Spree eingetragen.

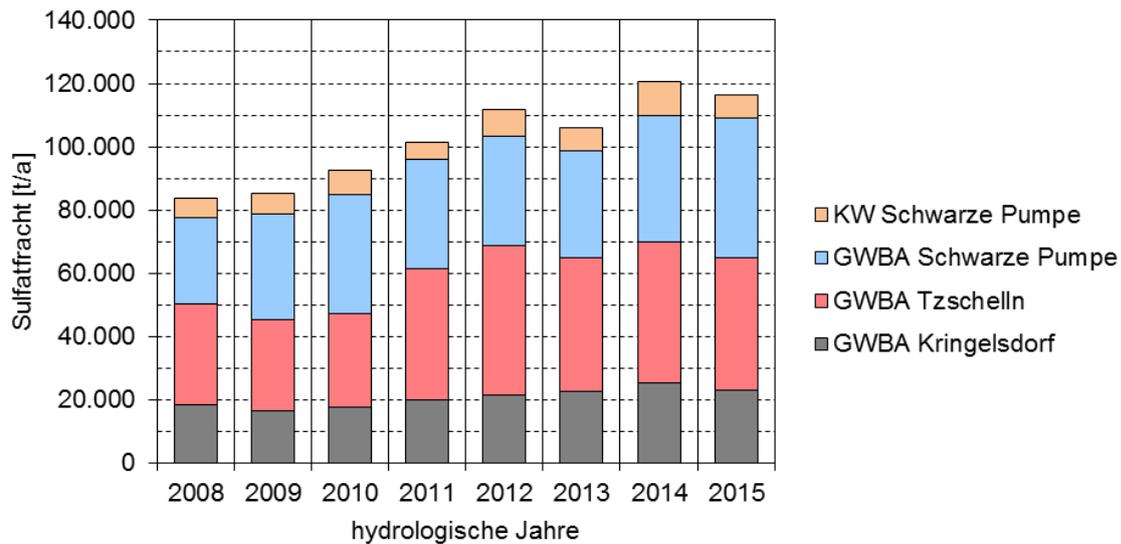


Bild 25: Entwicklung der jährlichen Sulfateinträge der VE-M und der VE-G in die Spree im Südraum in den Jahren von 2008 bis 2015

7.2.2 Bergbaufolgeseen

Die Entwicklung der Sulfatkonzentration in den Bergbaufolgeseen der LMBV sowie der Ausleitmengen in die Fließgewässer seit dem Jahr 2010 sind in der Anlage 4.3 als Ganglinien dargestellt. In der Anlage 4.4 finden sich die aus den Bergbaufolgeseen ausgetragenen jährlichen Sulfatfrachten.

Die Sulfatkonzentration im **Speicher Bärwalde** ist seit 2010 von 200 mg/L auf ca. 150 mg/L im Jahr 2014 gesunken. Die durchschnittliche Sulfatkonzentration im Untersuchungszeitraum von Juli 2012 bis Juni 2015 und im hydrologischen Jahr 2014 lag bei rund 140 mg/L (Bild 26).

Im Untersuchungszeitraum wurden im Mittel ca. 0,68 m³/s aus dem Speicher Bärwalde in den Schwarzen Schöps ausgeleitet. Die mittlere Ausleitmenge im hydrologischen Jahr 2014 war mit 0,38 m³/s deutlich geringer (Bild 26). Die Ausleitung aus dem Speicher Bärwalde erfolgt nicht kontinuierlich, sondern periodisch. Dabei werden im Tagesmittel Ausleitmengen bis maximal 3,0 m³/s erreicht.

Zwischen Juli 2012 und Juni 2015 wurde der Speicher Bärwalde mit ca. 0,47 m³/s aus der Spree und ca. 0,62 m³/s aus dem Einzugsgebiet (Dürrbacher Fließ, Schulenburgkanal) gespeist. Die Wasserzufuhr im hydrologischen Jahr 2014 war mit ca. 0,39 m³/s aus der Spree und 0,28 m³/s aus dem Einzugsgebiet geringer als im dreijährigen Untersuchungszeitraum. Bei einem Wasserstand von +124 m NHN hat der Speicher Bärwalde eine defizitäre Grundwasserbilanz mit rund -0,5 m³/s.

Im Untersuchungszeitraum wurden durchschnittlich 3.400 t/a Sulfat aus dem Speicher Bärwalde in den Schwarzen Schöps eingetragen. Der Sulfateintrag im hydrologischen Jahr 2014 war infolge der niedrigeren Ausleitmengen mit ca. 2.000 t deutlich geringer (Anlage 4.4 – Blatt 1).

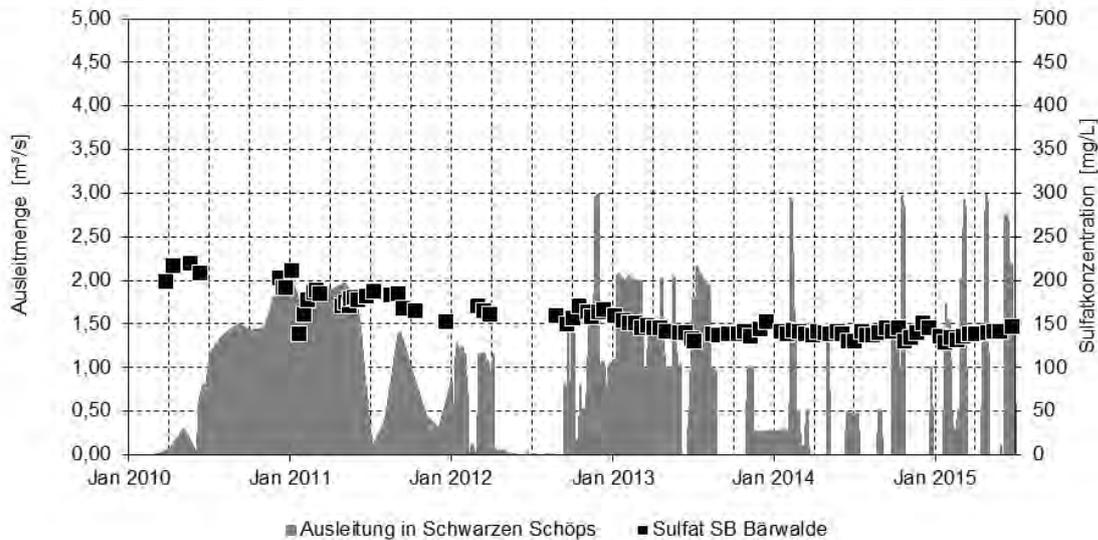


Bild 26: Ganglinie der Sulfatkonzentration im Speicher Bärwalde und die Ausleitmengen in den Schwarzen Schöps von Januar 2010 bis Juni 2015

Die Sulfatkonzentration im **Speicher Burghammer** ist durch die Verdünnung mit Flutungswasser aus der Kleinen Spree seit 2010 von 1.100 auf ca. 800 mg/L im Jahr 2014 gesunken. Die durchschnittliche Sulfatkonzentration zwischen Juli 2012 und Juni 2015 lag bei rund 820 mg/L. Die mittlere Sulfatkonzentration im hydrologischen Jahr 2014 lag nur geringfügig über dem Mittelwert des Untersuchungszeitraumes (Bild 27).

Zwischen Juli 2012 und Juni 2015 wurden im Mittel 0,7 m³/s aus dem Speicher Burghammer in die Kleine Spree ausgeleitet. Die durchschnittliche Ausleitmenge im hydrologischen Jahr 2014 lag nur unwesentlich darüber. Die Ausleitung aus dem Speicher Burghammer erfolgt periodisch (Bild 27). In den Ausleitperioden wurden im Tagesmittel bis 3,0 m³/s Wasser in die Kleine Spree abgegeben.

Im Untersuchungszeitraum wurde der Speicher Burghammer mit durchschnittlich 0,2 m³/s aus der Kleinen Spree geflutet. Zusätzlich wurden in diesem Zeitraum ca. 0,17 m³/s aus dem Scheibensee übergeleitet. Die mittlere Flutungswassermenge aus der Kleinen Spree war im hydrologischen Jahr 2014 mit 0,12 m³/s nur etwa halb so hoch wie im dreijährigen Untersuchungszeitraum. Der Speicher Burghammer hat bei einem Wasserstand von +108,5 m NHN eine überschüssige Grundwasserbilanz mit ca. +0,6 m³/s. Dieses Wasser muss unter Berücksichtigung der hydrochemischen Ausleitkriterien [U 1] notwendigerweise in die Kleine Spree ausgeleitet werden.

Im dreijährigen Untersuchungszeitraum zwischen Juli 2012 und Juni 2015 wurden durchschnittlich 15.900 t/a Sulfat aus dem Speicher Burghammer in die Kleine Spree eingetragen. Der Sulfateintrag im hydrologischen Jahr 2014 war mit 18.400 t nur geringfügig höher (Anlage 4.4 – Blatt 1).

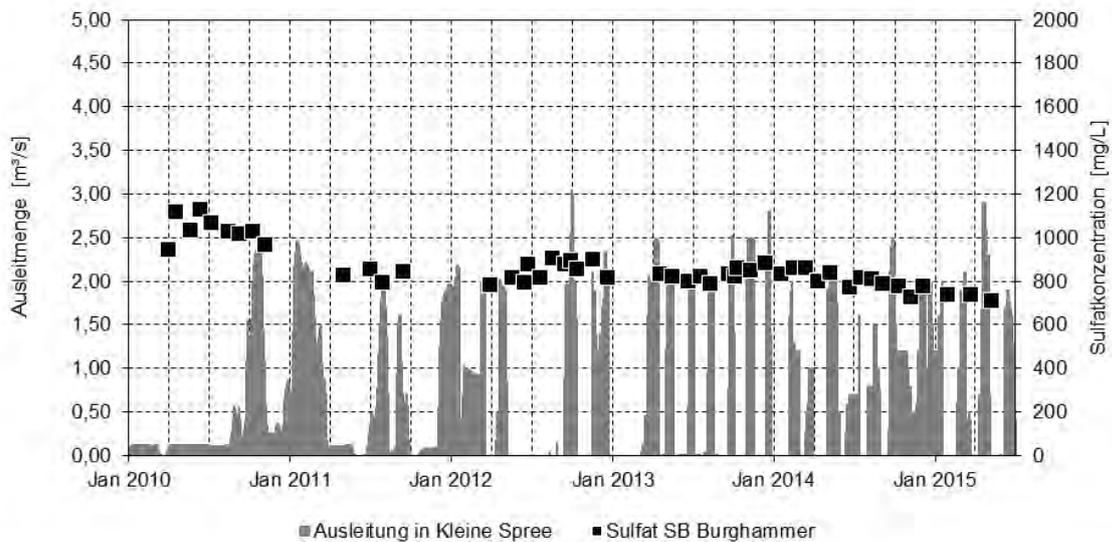


Bild 27: Ganglinie der Sulfatkonzentration im Speicher Burghammer und der Ausleitmengen in die Kleine Spree von Januar 2010 bis Juni 2015

Die Sulfatkonzentration im **Gräbendorfer See** schwankt seit dem Jahr 2010 zwischen 400 und 500 mg/L. Die Sulfatkonzentration im **Aldöberner See** liegt seit 2010 bei rund 1.000 mg/L. Ein Entwicklungstrend der Sulfatkonzentration ist in beiden Seen nicht erkennbar (Anlage 4.3 – Blatt 2).

Aus dem Gräbendorfer See wurden im Mittel des Untersuchungszeitraumes ca. 0,07 m³/s in das Greifenhainer Fließ ausgeleitet. Die durchschnittliche Ausleitmenge im hydrologischen Jahr 2014 war mit 0,04 m³/s etwas geringer. Im Sommerhalbjahr des hydrologischen Jahres 2014 wurde gar kein Wasser aus dem Gräbendorfer See ausgeleitet (Anlage 4.3 – Blatt 2). Der Aldöberner See hat seinen Endwasserstand noch nicht erreicht und leitet daher noch nicht in das Greifenhainer Fließ aus.

Die aus dem Gräbendorfer See in die Spree eingetragene Sulfatfracht betrug im Mittel des Untersuchungszeitraumes rund 1.300 t/a. Infolge der geringeren Ausleitmengen wurden im hydrologischen Jahr 2014 nur rund 600 t Sulfat aus dem Gräbendorfer See ausgetragen (Anlage 4.4 – Blatt 2).

Die mittlere Sulfatkonzentration im **Redlitzer See (RL 1)** ist zwischen 2010 und 2014 von 800 auf 900 mg/L gestiegen. Im hydrologischen Jahr 2014 lag die mittlere Sulfatkonzentration im Redlitzer See bei 880 mg/L. Die mittlere Ausleitmenge des Redlitzer Sees lag im Untersuchungszeitraum bei 0,012 m³/s (Anlage 4.3 – Blatt 3). Im Mittel des dreijährigen Untersuchungszeitraumes wurden rund 320 t/a Sulfat aus dem Redlitzer See in die Spree eingetragen (Anlage 4.4 – Blatt 3).

Die Sulfatkonzentration im **Drehnaer See (RL 12)** liegt seit 2011 stabil bei 600 mg/L. Eine Ausleitung aus dem Drehnaer See erfolgt erst seit Mai 2014. Die mittlere Ausleitmenge lag im hydrologischen Jahr 2014 bei 0,05 m³/s (Anlage 4.3 – Blatt 4). Dabei wurden rund 940 t Sulfat in die Spree eingetragen (Anlage 4.4 – Blatt 4).

Im **Schönfelder See (RL 4)** stieg die Sulfatkonzentration zwischen 2010 und März 2015 von ca. 300 auf 700 mg/L. Die mittlere Sulfatkonzentration im hydrologischen Jahr 2014 lag bei ca. 650 mg/L. Zur Ausleitmenge des Schönfelder Sees liegen nur Schätzungen vor. Danach wurden im hydrologischen Jahr 2014 rund 0,1 m³/s ausgeleitet (Anlage 4.3 – Blatt 4). Die in die Spree im Jahr 2014 eingetragene Sulfatfracht betrug damit rund 2.100 t (Anlage 4.4 – Blatt 4).

Die Sulfatkonzentration im **Bischdorfer See (RL 23)** liegt seit Juli 2012 stabil bei rund 500 mg/L. Seit Oktober 2013 wird aus dem Bischdorfer See der Bilanzüberschuss ausgeleitet. Im hydrologischen Jahr 2014 lag die mittlere Ausleitmenge bei rund 0,05 m³/s (Anlage 4.3 – Blatt 3). Damit wurden rund 720 t Sulfat in die Spree eingetragen (Anlage 4.4 – Blatt 3).

Die Sulfatkonzentration im **Lichtenauer See (RL F)** schwankt zwischen 1.600 und 1.800 mg/L. Im hydrologischen Jahr 2014 lag die mittlere Sulfatkonzentration im Lichtenauer See bei 1.760 mg/L (Bild 28). Seit April 2011 wird der Lichtenauer See in den Beuchower Dorfgraben ausgeleitet. Die mittlere Ausleitmenge betrug im hydrologischen Jahr 2014 0,094 m³/s. Seit Februar 2013 wird zusätzlich Wasser über den Lichtenauer Graben zur Dobra abgeleitet. Auf diesem Weg wurden im Mittel des hydrologischen Jahres 2014 rund 0,23 m³/s abgegeben. Seit April 2013 werden im Mittel 0,22 m³/s aus dem Schlabendorfer See (RL 14/15) in den Lichtenauer See übergeleitet (Bild 28). Im Untersuchungszeitraum von Juli 2012 bis Juni 2015 wurden im Mittel 13.300 t/a Sulfat pro Jahr aus dem Lichtenauer See in die Spree eingetragen. Aufgrund der höheren Ausleitmengen lag der Sulfateintrag in die Spree im hydrologischen Jahr 2014 mit 18.200 t über dem Mittel des dreijährigen Untersuchungszeitraumes (Anlage 4.4 – Blatt 5).

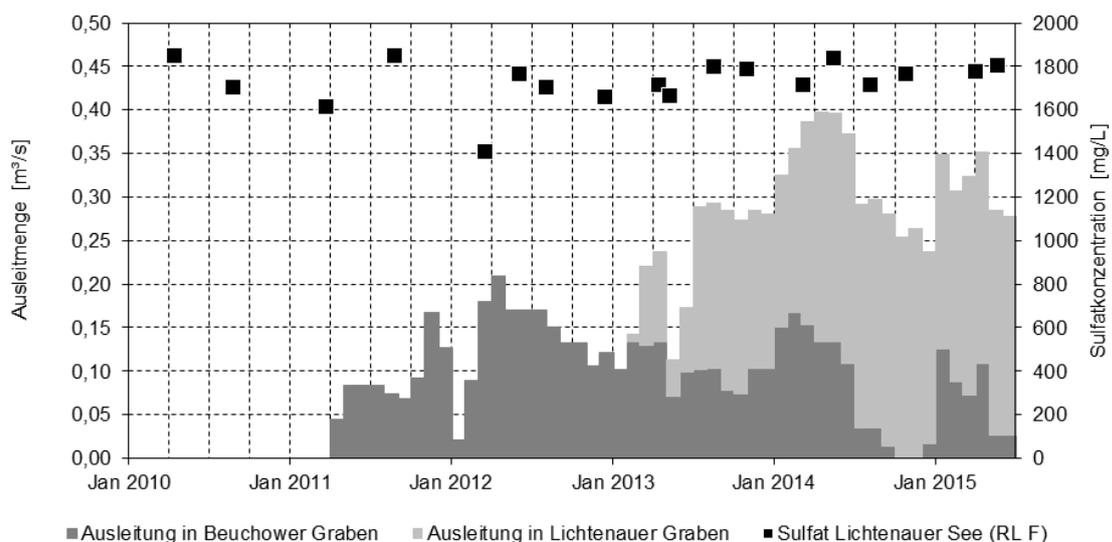


Bild 28: Ganglinie der Sulfatkonzentration im Lichtenauer See (RL F) und Ausleitmengen in den Beuchower und Lichtenauer Graben von Januar 2010 bis Juni 2015

Die Sulfatkonzentration im **Schlabendorfer See (RL 14/15)** ist von 2010 bis 2015 von 1.750 auf 2.000 mg/L gestiegen. Die mittlere Sulfatkonzentration im hydrologischen Jahr 2014 lag bei 1.970 mg/L (Anlage 4.3 – Blatt 5). Seit April 2013 werden durchschnittlich 0,22 m³/s aus dem Schlabendorfer See in den Lichtenauer See

(RL F) übergeleitet. Zwischen Juni und November 2013 wurden im Mittel $0,03 \text{ m}^3/\text{s}$ in den Lorenzgraben ausgeleitet. Die Ausleitung in den Lorenzgraben wurde erst im Juni 2015 im Rahmen eines Probetriebs wieder aufgenommen. Im hydrologischen Jahr 2014 wurde kein Wasser in den Lorenzgraben ausgeleitet (Anlage 4.3 – Blatt 5). Aus dem Schlabendorfer See wurde im gesamten Untersuchungszeitraum im Mittel 630 t Sulfat pro Jahr über den Lorenzgraben in die Spree eingetragen, wobei der Sulfateintrag im hydrologischen Jahr 2014 bei Null lag (Anlage 4.4 – Blatt 5).

Die Sulfatkonzentration im **Hindenberger See (RL A)** ist seit 2012 von 600 auf rund 900 mg/L im Jahr 2015 gestiegen. Eine Ausleitung aus dem Hindenberger See (RL A) erfolgt bedarfsabhängig bei Überschreitung des Grenzwasserstandes. Im dreijährigen Untersuchungszeitraum sowie im hydrologischen Jahr 2014 wurden durchschnittlich $0,005 \text{ m}^3/\text{s}$ ausgeleitet (Anlage 4.3 – Blatt 6). Mit diesem Wasser wurden ca. 110 t Sulfat pro Jahr in die Spree eingetragen (Anlage 4.4 – Blatt 6).

In Bild 29 sind die jährlichen Sulfateinträge aus den Bergbaufolgeseen der LMBV in die Fließgewässer für die hydrologischen Jahre von 2010 bis 2015 gestapelt dargestellt. Die Bergbaufolgeseen im Nordraum der LMBV sind nach den Einzugsgebieten der Fließgewässer zusammengefasst, in welche die Seen ausleiten. Der Sulfateintrag aus den Bergbaufolgeseen in die Spree hat sich danach von 21.000 t/a in 2010 auf 44.000 t/a in 2014 erhöht, mithin mehr als verdoppelt. Ein beträchtlicher Teil des Anstiegs ist auf die deutlich erhöhten Ausleitmengen des Lichtenauer Sees (RL F) seit dem hydrologischen Jahr 2013 zurückzuführen. Daran sind maßgeblich die Überleitmengen aus dem Schlabendorfer See (RL 14/15) beteiligt. Vom summarischen Sulfataustrag aus den Bergbaufolgeseen stammen im hydrologischen Jahr 2014 allein 85% aus dem Lichtenauer See, aus dem Schlabendorfer See und aus dem Speicher Burghammer.

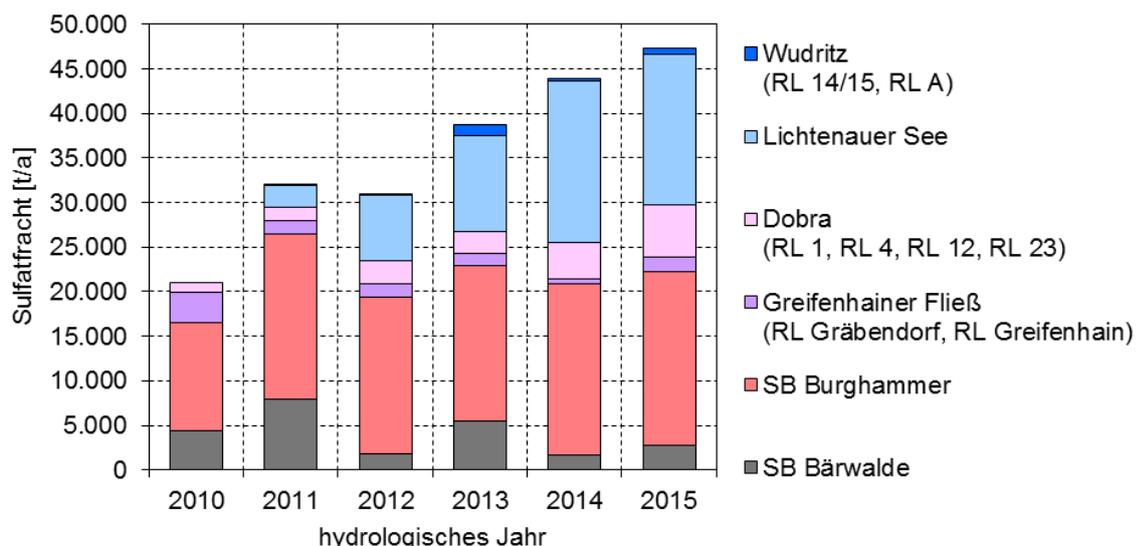


Bild 29: Entwicklung der aus den Bergbaufolgeseen ausgetragenen Sulfatfrachten in den hydrologischen Jahren von 2010 bis 2015

7.2.3 Zuflüsse

In der Anlage 5.1 sind die Durchflüsse und die Sulfatkonzentrationen der maßgeblichen Spreezuflüsse für den Untersuchungszeitraum von Juli 2012 bis Juni 2015 als Ganglinien dargestellt. Die Spreezuflüsse zwischen dem Pegel Lieske in Sachsen und dem Pegel Leibsch in Brandenburg sind zum überwiegend Teil sehr gut mit Daten belegt. Von den vielen kleinen Spreezuflüssen zwischen Leibsch und Berlin werden allerdings nur wenige messtechnisch erfasst. Die Dynamik der Sulfatkonzentration in den kleinen Zuflüssen in diesem Spreeabschnitt wird exemplarisch anhand des Rocher Mühlenfließes und der Oelse gezeigt. Eine Bilanzierung der über diese Zuflüsse in die Spree eingetragenen Sulfatfrachten erfolgt in Abschnitt 7.3.

Die Sulfatkonzentration an der Mündung des **Schwarzen Schöps** wird maßgeblich von der Ausleitung der GWBA Kringelsdorf (vgl. Abschnitt 4.5), der Ausleitung aus dem Bärwalder See (vgl. Abschnitt 7.2.2) und der Ausleitung aus dem Kraftwerk Boxberg (vgl. Abschnitt 4.5) bestimmt.

In Niedrigwasserperioden entstammen bis zu 95 % des Durchflusses am Pegel Boxberg aus der GWBA Kringelsdorf. Deshalb entspricht die Sulfatkonzentration des Schwarzen Schöps nahezu der Sulfatkonzentration am Ausleiter der GWBA Kringelsdorf. Das wird besonders in der Niedrigwasserperiode zwischen Februar und September 2014 deutlich (Bild 30). Bei höheren Zuflüssen aus dem Einzugsgebiet, wie z. B. zwischen Dezember 2012 und Mai 2013, wird die Sulfatkonzentration im Schwarzen Schöps verdünnt.

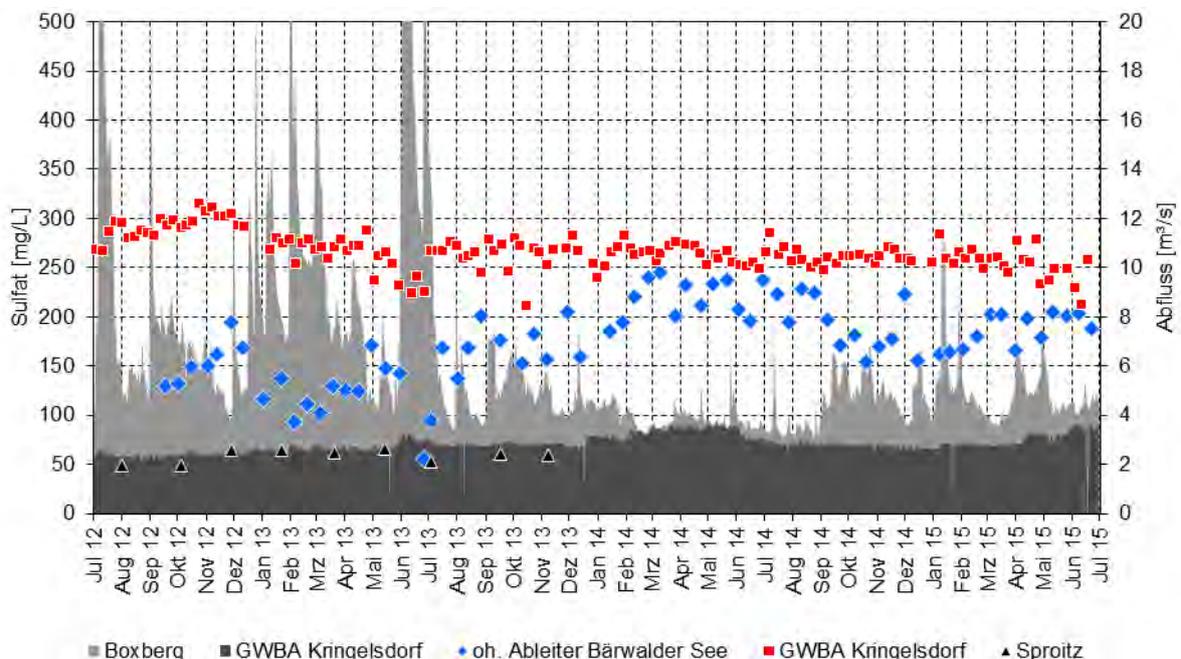


Bild 30: Ganglinien der Sulfatkonzentration im Schwarzen Schöps unterhalb der Talsperre Quitzdorf (schwarz), am Pegel Boxberg (blau) und im Ablauf der GWBA Kringelsdorf (rot) sowie Durchfluss im Schwarzen Schöps am Pegel Boxberg (hellgrau) und Ausleitmengen der GWBA Kringelsdorf (dunkelgrau) im Zeitraum von Juli 2012 bis Juni 2015 (Mengen bei 20 m³/s abgeschnitten und nicht gestapelt)

Die Ausleitung aus dem Bärwalder See (vgl. Abschnitt 7.2.2) wirkt in Niedrigwasserperioden mit einer hohen Sulfatvorbelastung des Schwarzen Schöps verdünnend auf die Sulfatkonzentration. In der Niedrigwasserperiode zwischen Februar und September 2014 wurden allerdings nur geringe Mengen aus dem Bärwalder See ausgeleitet (Bild 31). Die Ausleitungen des Kraftwerkes Boxberg (vgl. Abschnitt 7.2.1) führen zu einer Erhöhung der Sulfatkonzentration im Schwarzen Schöps. Aufgrund der Mischungsverhältnisse ist die Konzentrationserhöhung bei geringen Abflüssen stärker ausgeprägt als bei hohen Abflüssen (Bild 31). In der Niedrigwasserperiode zwischen Februar und September 2014 wurde an der Mündung des Schwarzen Schöps mit ca. 250 mg/L die höchsten Sulfatkonzentrationen im dreijährigen Untersuchungszeitraum erfasst.

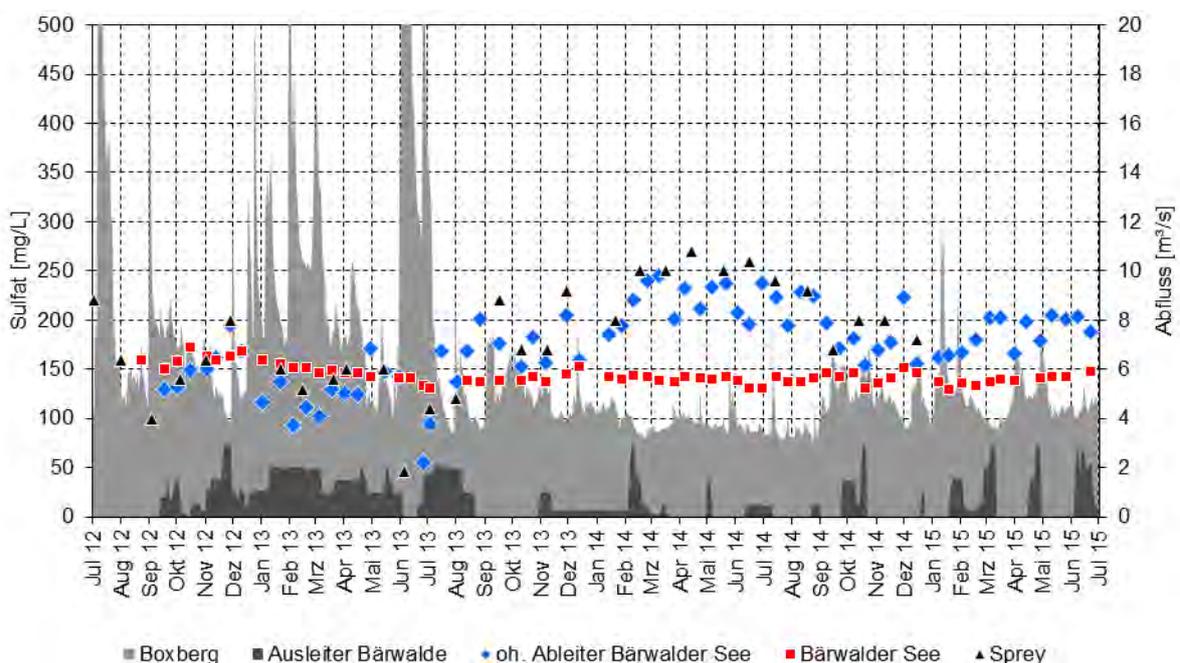


Bild 31: Ganglinien der Sulfatkonzentration im Schwarzen Schöps vor Einmündung in die Spree (schwarz), am Pegel Boxberg (blau) und im Speicher Bärwalde (rot) sowie Durchfluss im Schwarzen Schöps am Pegel Boxberg (hellgrau) und Ausleitmengen des Speichers Bärwalde (dunkelgrau) im Zeitraum von Juli 2012 bis Juni 2015 (Mengen bei 20 m³/s abgeschnitten und nicht gestapelt)

Die Sulfatkonzentration an der Mündung der **Kleinen Spree** wird von der Ausleitung des Speichers Burghammer und von den diffusen Grundwasserzutritten zwischen dem Schulzwehr und der Mündung maßgeblich beeinflusst. Stromoberhalb vom Ausleiter Burghammer liegt die Sulfatkonzentration der Kleinen Spree im gesamten Untersuchungszeitraum bei rund 70 mg/L (Bild 32).

Wird aus dem Speicher Burghammer Wasser ausgeleitet, erhöht sich die Sulfatkonzentration in der Kleinen Spree stromunterhalb des Ableiters. Der Anstieg der Sulfatkonzentration hängt dabei vom Durchfluss der Kleinen Spree im Oberlauf und dem sich daraus ergebenden Mischungsverhältnis mit der Ausleitmenge ab. Bei geringen Abflüssen dominiert die Ausleitung des Speichers Burghammer und die Sulfatkonzentration in der Kleinen Spree entspricht dann nahezu der Sulfatkonzentration im Speicher Burghammer, wie z. B. zwischen Mai und Dezember 2014

(Bild 32). Bei höheren Durchflüssen in der Kleinen Spree wird das ausgeleitete Wasser stärker verdünnt und die Sulfatkonzentration im Unterlauf ist entsprechend geringer, wie z. B. zwischen Oktober 2012 und Oktober 2013 (Bild 32).

Die diffusen Grundwasserzutritte im Unterlauf der Kleinen Spree führen ebenfalls zu einer Erhöhung der Sulfatkonzentration in der Kleinen Spree. Dies wird besonders in den Perioden ohne Ausleitung aus dem Speicher Burghammer deutlich. Die Konzentrationserhöhung hängt dabei vom Mengenverhältnis zwischen dem Grundwasserzustrom und dem Durchfluss der Kleinen Spree ab. Führt die Kleine Spree ausreichend Wasser, stellt sich an der Mündung der Kleinen Spree eine Sulfatkonzentration zwischen 100 und 200 mg/L ein (siehe Oktober 2012 bis Oktober 2013 in Bild 32). Bei geringen Durchflüssen in der Kleinen Spree, wie im hydrologischen Jahr 2014, kann die Sulfatkonzentration an der Mündung durch die diffuse Grundwasserzutritte bis auf 300 mg/L ansteigen.

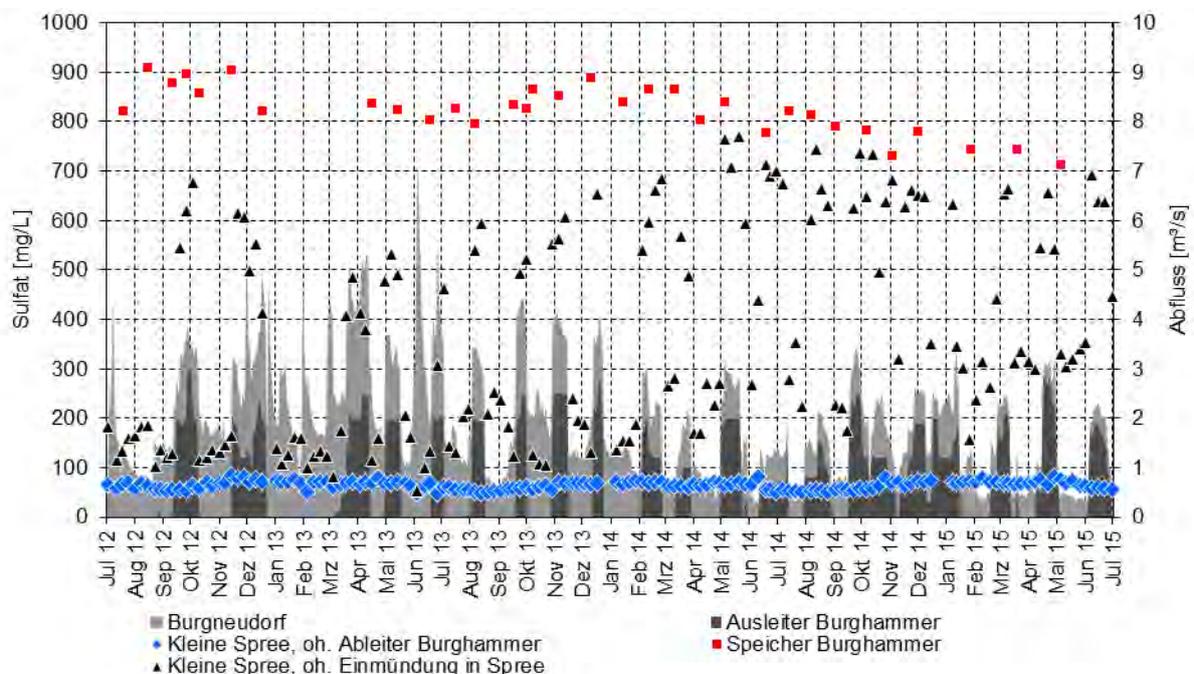


Bild 32: Ganglinien der Sulfatkonzentration in der Kleinen Spree vor Einmündung in die Spree (schwarz), oberhalb des Ableiter Burghammer (blau) und im Speicher Burghammer (rot) sowie der Durchfluss in der Kleinen Spree am Pegel Burgneudorf (hellgrau) und die Ausleitmenge des Speichers Burghammer (dunkelgrau) im Zeitraum von Juli 2012 bis Juni 2015 (Mengen nicht gestapelt)

Das **verlegte Tranitzfließ** mündet bei Cottbus-Merzdorf in die Spree. Der Abfluss des verlegten Tranitzfließes setzt sich aus dem Dargebot des oberen Einzugsgebietes und dem Zufluss aus dem Branitz-Dissenchener Grenzgraben zusammen. Die Sulfatkonzentration im verlegten Tranitzfließ zeigt eine deutliche Abhängigkeit vom Durchfluss, wobei die Sulfatkonzentrationen bei höheren Durchflüssen abnehmen (Anlage 5.1 – Blatt 2). Das Jahresmittel des Durchflusses im verlegten Tranitzfließ lag im hydrologischen Jahr 2013 bei 0,54 m³/s mit einer mittleren Sulfatkonzentration von ca. 100 mg/L. Im Mittel des Folgejahres 2014 ging der Durchfluss im verlegten Tranitzfließ auf 0,25 m³/s zurück wobei die mittlere Sulfatkonzentration auf ca. 300 mg/L anstieg (Anlage 5.1 – Blatt 2).

Der Durchfluss im **Großen Fließ** setzt sich aus dem Abfluss der Malxe, dem Abfluss des Hammergrabens bzw. des Hammerstroms sowie der Ausleitung der GWBA und des Kraftwerkes Jänschwalde zusammen. Der Hammergraben wird am Wehr in Cottbus-Merzdorf mit Spreewasser bespannt. Die Dynamik sowie die Höhe der Sulfatkonzentration im Großen Fließ wird maßgeblich von der Einleitung der GWBA und des Kraftwerkes Jänschwalde bestimmt (Anlage 5.1 – Blatt 3). Im dreijährigen Untersuchungszeitraum lag die mittlere Sulfatkonzentration des Großen Fließes am Pegel Fehrow bei 320 mg/L.

Die Sulfatkonzentration im **Greifenhainer Fließ** lag im dreijährigen Untersuchungszeitraum zwischen 300 und 500 mg/L. Die sich an der Mündung des Greifenhainer Fließes einstellende Sulfatkonzentration ist vom Mengenverhältnis zwischen dem Dargebot des Einzugsgebietes, dem über den Priorgraben übergeleiteten Spreewasser sowie den aus dem Gräbendorfer See ausgeleiteten Wassermengen abhängig. Stellt das übergeleitete Spreewasser, wie im hydrologischen Jahr 2014, den Hauptanteil des Abflusses im Greifenhainer Fließ, liegt die Sulfatkonzentration an der Mündung des Greifenhainer Fließes auf dem Niveau der Spree und folgt deren Dynamik (Bild 33). Nimmt der Anteil des Wasserdargebots aus dem Einzugsgebiet am Gesamtabfluss zu, wie zwischen Dezember 2012 und August 2013, wird das Sulfatsignal an der Mündung des Greifenhainer Fließes weitgehend vom Sulfatsignal der Spree entkoppelt (Bild 33).

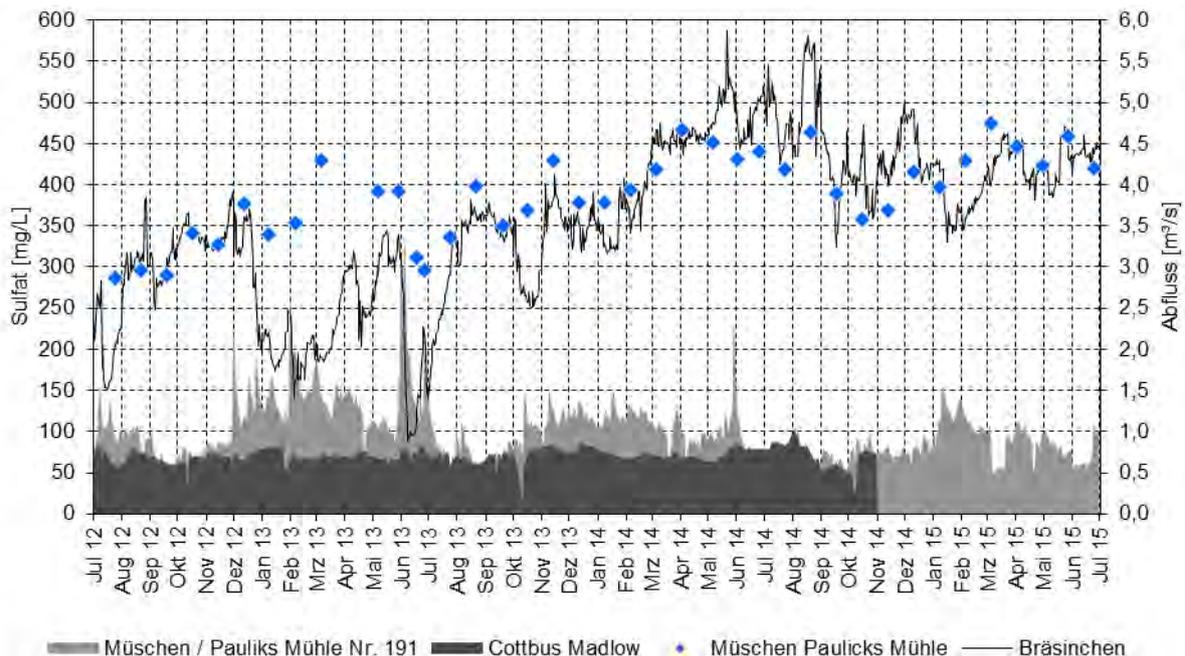


Bild 33: Ganglinien der Sulfatkonzentration im Greifenhainer Fließ vor Einmündung in den Südumfluter (blau) und im der Spree unterhalb der Talsperre Spremberg (schwarze Linie) sowie der Durchfluss im Greifenhainer Fließ am Pegel Müschen (hellgrau) und die aus der Spree übergeleitete Wassermenge (dunkelgrau) im Zeitraum von Juli 2012 bis Juni 2015 (Mengen nicht gestapelt)

An der Mündung des **Vetschauer Mühlenfließes** lag die Sulfatkonzentration im drei-jährigen Untersuchungszeitraum zwischen 400 und 500 mg/L (Anlage 5.1 – Blatt 4). Im hydrologischen Jahr 2014 lag die mittlere Sulfatkonzentration im Vetschauer Mühlenfließ bei 470 mg/L. Bei hohen Durchflüssen, wie z. B. zwischen Dezember 2012 und August 2013, gingen die Sulfatkonzentrationen im Vetschauer Mühlenfließ auf ca. 400 mg/L zurück (Anlage 5.1 – Blatt 4).

Die Sulfatkonzentration im **Göritzer Mühlenfließ** schwankt im Untersuchungszeitraum von Juli 2012 bis Juni 2015 zwischen 150 und 250 mg/L, wobei vereinzelt Werte bis 400 mg/L erfasst wurden (Anlage 5.1 – Blatt 4). Bis September 2012 wurde von der LMBV Stützungswasser im Oberlauf der Göritzer Mühlenfließes eingeleitet. Seit diesem Zeitpunkt generiert sich der Abfluss im Göritzer Mühlenfließ aus dem Dargebot seines Einzugsgebietes.

Bis März 2013 lag die Sulfatkonzentration in der **Dobra** am Pegel Boblitz bei 400 mg/L. Seit März 2013 wird Wasser aus dem Lichtenauer See (RL F) über den Lichtenauer Graben in die Dobra ausgeleitet (vgl. Abschnitt 7.2.2). Das führte zu einem deutlich Anstieg der Sulfatkonzentration auf 1.000 bis 1.200 mg/L (Bild 34). Die Dynamik der Sulfatkonzentration in der Dobra hängt dabei vom Mengenverhältnis zwischen der Ausleitmenge aus dem Lichtenauer See, den Ausleitmengen aus anderen Bergbaufolgeseen im Einzugsgebiet (Schönfelder See, Bischdorfer See, Drehnaer See, Redlitzer See) und vom Wasserdargebot des Einzugsgebietes ab. Im Sommerhalbjahr 2014 stellt sich bei vergleichsweise stationären Abflüssen eine Sulfatkonzentration von ca. 1.200 mg/L an der Mündung der Dobra ein (Bild 34).

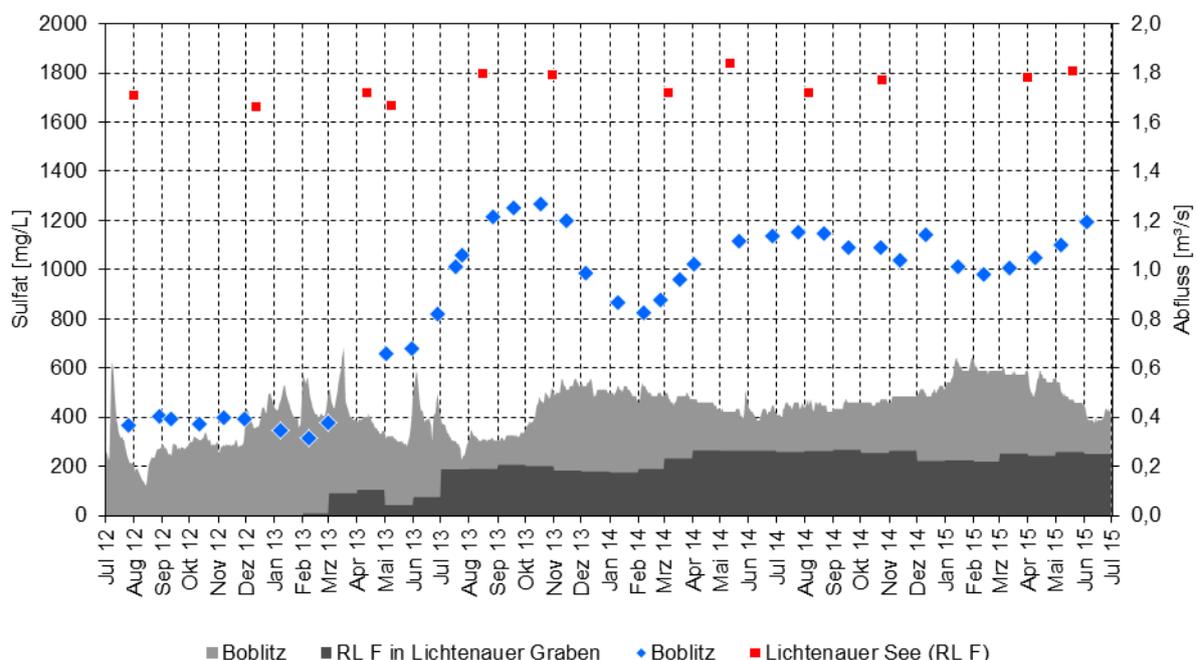


Bild 34: Ganglinien der Sulfatkonzentration in der Dobra am Pegel Boblitz (blau) und im Lichtenauer See (rot) sowie der Durchfluss in der Dobra am Pegel Boblitz (hellgrau) und die aus dem Lichtenauer See in die Dobra abgeleitete Wassermenge (dunkelgrau) im Zeitraum von Juli 2012 bis Juni 2015 (Mengen nicht gestapelt)



Die Sulfatkonzentration der **Wudritz** am Pegel Ragow 2 schwankt im dreijährigen Untersuchungszeitraum zwischen 600 und 1.000 mg/L (Anlage 5.1 – Blatt 5). Die Dynamik der Sulfatkonzentration steht im Zusammenhang mit dem Durchfluss. Bei hohen Durchflüssen sinken die Sulfatkonzentrationen nach der Verdünnungsregel, wohingegen sie bei niedrigen Durchflüssen steigen. Im Sommerhalbjahr 2013 stieg die Sulfatkonzentration in der Wudritz bis auf 1.400 mg/L, was auf die temporäre Ausleitung aus dem Schlabendorfer See in den Lorenzgraben zurückzuführen ist (vgl. Abschnitt 7.2.2). Im Sommerhalbjahr 2014 lag die mittlere Sulfatkonzentration in der Wudritz über 800 mg/L (Anlage 5.1 – Blatt 5).

Die Sulfatkonzentration in der **Berste** folgt einem Jahrgang. Im dreijährigen Untersuchungszeitraum schwankt die Sulfatkonzentration zwischen 100 und 200 mg/L (Anlage 5.1 – Blatt 6). Für die Berste besteht ein ungewöhnlicher Zusammenhang zwischen dem Durchfluss und der Sulfatkonzentration. Die Sulfatkonzentration in der Berste nimmt bei hohen Abflüssen zu, was im Allgemeinen in den Wintermonaten geschieht. Das hängt mit den Besonderheiten der Abflussbildung und der Sulfatquellen im Einzugsgebiet zusammen. Im Winterhalbjahr bildet sich in den Niedermooren des Einzugsgebietes Abfluss, der im Sommerhalbjahr nahezu versiegt. Die Niedermoore generieren aufgrund der bergbaulichen Beeinflussung sulfatreiches Wasser. Deshalb nimmt die Sulfatkonzentration in der Berste bei hohen Abflüssen zu. Im hydrologischen Winterhalbjahr 2014 lag die mittlere Sulfatkonzentration in der Berste bei 160 mg/L und im Sommerhalbjahr bei 110 mg/L (Anlage 5.1 – Blatt 6).

Das **Rocher Mühlenfließ** mündet stromoberhalb des Schwielochsees in die Spree. Die Sulfatkonzentration im Rocher Mühlenfließ weist einen Jahrgang auf, wobei die Sulfatkonzentrationen im Winterhalbjahr auf ca. 75 mg/L ansteigen und im Sommerhalbjahr auf ca. 50 mg/L zurückgehen (Anlage 5.1 – Blatt 6). Der direkt proportionale Zusammenhang der Sulfatkonzentration mit dem Durchfluss wird, wie im Fall der Berste, auf die Besonderheiten der Abflussbildung im Einzugsgebiet zurückgeführt.

Die **Oelse** mündet stromunterhalb des Pegels Beeskow in die Spree. Die Sulfatkonzentration in der Oelse weist einen der Berste und dem Rocher Mühlenfließ vergleichbaren Jahrgang und eine vergleichbare Durchflussabhängigkeit auf. Bei hohen Durchflüssen steigen die Sulfatkonzentrationen in der Oelse bis auf 100 mg/L und sinken bei geringen Durchflüssen auf ca. 50 mg/L (Anlage 5.1 – Blatt 7).

Im **Oder-Spree-Kanal** wird Wasser aus der Oder zur Spree übergeleitet. Der Oder-Spree-Kanal mündet bei Kersdorf in die Spree. Die Sulfatkonzentration im Oder-Spree-Kanal lag im hydrologischen Sommerhalbjahr 2014 im Mittel bei 230 mg/L und im hydrologischen Winterhalbjahr bei 140 mg/L. Die Vorjahre zeigten keine vergleichbare Differenzierung der Sulfatkonzentration zwischen dem Sommer- und dem Winterhalbjahr (Anlage 5.1 – Blatt 7).



7.2.4 Diffuse Zuflüsse

Insbesondere im Südraum der LMBV im Spreegebiet zwischen Uhyst und Spremberg wird die Wasserbeschaffenheit der Spree durch diffuse Grundwasserzutritte direkt beeinflusst. Die gewachsenen Grundwasserleiter, die während des Braunkohlenbergbaus von der Grundwasserabsenkung erfasst wurden, waren von der Pyritverwitterung genauso betroffen, wie die Innenkippen und Außenhalden der Braunkohlentagebaue [U 7].

Der Grundwasserwiederanstieg im Sanierungsbergbau der LMBV ist weit fortgeschritten und in zahlreichen Sanierungsbereichen bereits abgeschlossen. Das hohe Wasserdargebot in den Jahren 2010 und 2011 hatte den Grundwasserwiederanstieg beschleunigt. Der Anschluss des Grundwassers an die Fließgewässer stellte sich innerhalb kurzer Zeit ein. Deshalb trat das Phänomen der Gewässerverockerung scheinbar spontan auf. Mit dem Eisen werden auch Säuren und vor allem Sulfat in die Fließgewässer eingetragen.

Im Südraum erfolgen die diffusen Grundwasserzuflüsse zur Spree und zur Kleinen Spree direkt. Deshalb sind die Stofffrachten des Grundwassers als Einträge hier gesondert zu bilanzieren. Im Nordraum erfolgen die diffusen Grundwasserzuflüsse überwiegend zu den Fließgewässern II. Ordnung bzw. zu deren Zuflüssen [U 8]. Die aus dem Grundwasser eingetragenen Sulfatfrachten sind deshalb in den Frachten der Fließgewässer enthalten.

Derzeit bekannte Grundwasserzutritte im Südraum sind nach [U 7]:

- Der diffuse Grundwasserzufluss aus der Spreewitzer Rinne zur Spree im Bereich zwischen dem Altarm der Spree am Wehr Ruhlmühle und Spreewitz.
- Der diffuse Grundwasserzufluss aus der Spreewitzer Rinne zur Kleinen Spree im Bereich zwischen Burghammer und Spreewitz.

Darüber hinaus werden in die Spree Stofffrachten aus lokalen Entwässerungsgräben eingetragen, die den diffusen Grundwasserzufluss praktisch vor der Spree abfangen, wie im Altarm der Spree an der Ruhlmühle, im Graben Neustadt, im Alten Mühlgraben Zerre und weitere.

Die diffusen Grundwasserzutritte zu den Fließgewässern lassen sich umso schwerer quantitativ erfassen, je geringer der Anteil am Durchfluss des entsprechenden Fließgewässers ist. An der Kleinen Spree wurden die diffusen Grundwasserzutritte als Nettobetrag durch wiederholte Differenzmessung der Durchflüsse ermittelt. An der Spree wurden die diffusen Grundwasserzutritte entweder durch direkte Messungen exakt bestimmt, wie z. B. am Altarm an der Ruhlmühle, oder aus den Bilanzen des geohydraulischen Modells geschätzt [U 8].

Im Südraum sind derzeit folgende diffuse Sulfateinträge bekannt (Tabelle 5).



Tabelle 5: Kenntnisstand zu den diffusen Stoffeinträgen im Südraum

Fließgewässer	Einleiter bzw. Gewässerabschnitt	Erfassungsmethode, Quelle	Mittlerer Volumenstrom	Mittlere Sulfatkonzentration	Mittlere Sulfatfracht
			L/s	mg/L	t/a
Spree	Punkteinleiter Altarm Ruhlmühle	Direkte Messung	120	620	2.200 ¹⁾
	Punkteinleiter Graben Neustadt	Direkte Messung	16	1.100	600 ¹⁾
	Diffuse Altarm Ruhlmühle bis Spreewitz	Bilanzen des geohydraulischen Modells LMBV	200 – 500	600 - 800	7.700 ²⁾
Kleine Spree	Diffuse Burghammer bis Spreewitz	Direkte Messung und inverse Modellierung	200 – 300	600 - 800	5.500 ²⁾
Spree	Punkteinleiter Alter Mühlgraben Zerze	Direkte Messung	450	440	6.500 ¹⁾

1) berechnet aus den Wertepaaren des Durchflusses und der Sulfatkonzentration

2) berechnet aus den Mittelwerten des Durchflusses und der Sulfatkonzentration

7.2.5 Spree

Die im Untersuchungszeitraum von Juli 2012 bis Juni 2015 in der Spree beobachtete Dynamik der Sulfatkonzentration wird im Folgenden abschnittsweise dargestellt und diskutiert. In der Anlage 5.2 sind die Sulfatkonzentrationen und die Durchflüsse in den in Abschnitt 3.2 definierten Bilanzräumen der Spree als Ganglinien dargestellt. Die Bilanzierung der Sulfatfrachten in der Spree erfolgt in Abschnitt 7.3.

7.2.5.1 Spree von der Talsperre Bautzen bis zum Wehr Bärwalde

Die Sulfatkonzentration im Spreeabschnitt zwischen der **Talsperre Bautzen** und dem **Zuleiter Lohsa II** in Bärwalde schwankt im dreijährigen Untersuchungszeitraum zwischen 50 und 100 mg/L, wobei die höheren Sulfatkonzentrationen in Verbindung mit niedrigen Durchflüssen auftreten (Anlage 5.2 – Blatt 1). Im hydrologischen Jahr 2014 lag die Sulfatkonzentration am Zulaufbauwerk zum Speicher Lohsa II bei durchschnittlich 85 mg/L und schwankte nur geringfügig.

7.2.5.2 Spree vom Wehr Bärwalde bis zum Pegel Spreewitz

Die Einmündung des **Schwarzen Schöps** (vgl. Abschnitt 7.2.3), die Einleitung von Sumpfungswasser aus der **GWBA Tzschelln** (vgl. Abschnitt 7.2.1) sowie die **diffusen Grundwasserzutritte** zwischen dem Wehr Ruhlmühle und der Einmündung der Kleinen Spree (vgl. Abschnitt 7.2.4) führen zu einem Anstieg der Sulfatkonzentration in der Spree. Bei geringen Durchflüssen in der Spree steigt die Sulfatkonzentration infolge der bereits hohen Vorbelastung des Schwarzen Schöps mit Sulfat sowie der geringen Verdünnungswassermengen aus dem Oberlauf der Spree deutlich stärker an, als in Perioden mit hohen Durchflüssen (z. B. von Dezember 2012 bis August 2013, siehe Bild 35). In der Niedrigwasserperiode zwischen Februar und September 2014 lag die Sulfatkonzentration in der Spree vor der Einmündung der Kleinen Spree bereits zwischen 400 und 500 mg/L.

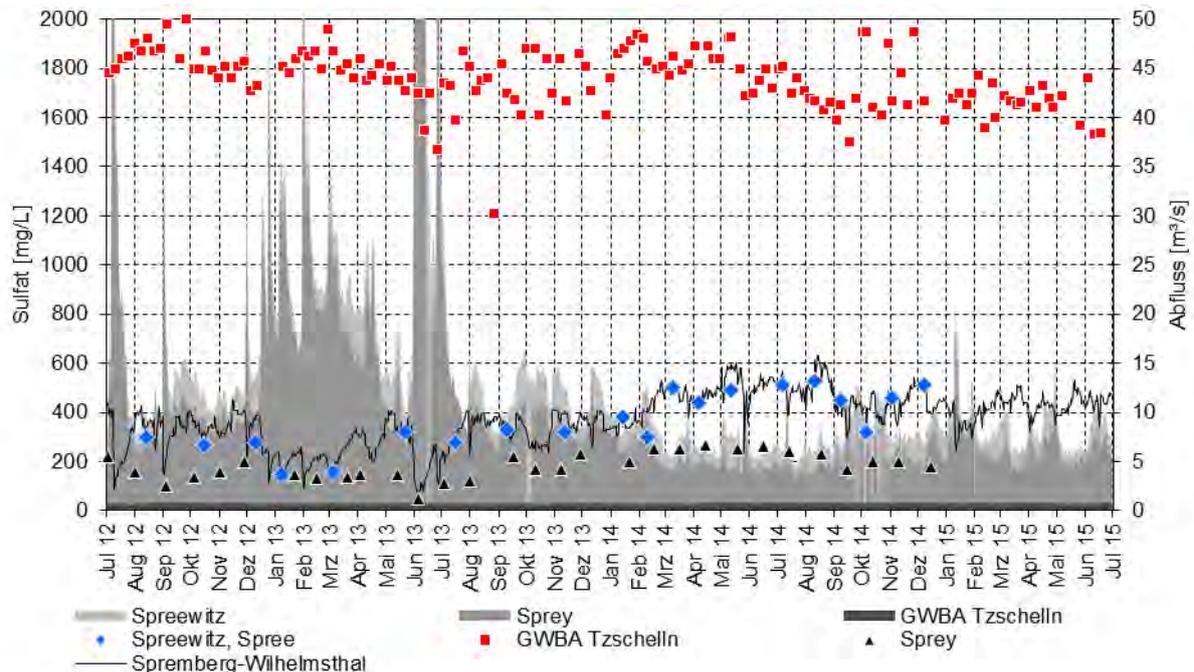


Bild 35: Ganglinien der Sulfatkonzentration an der Mündung des Schwarzen Schöps (schwarz), in der Spree vor Einmündung der Kleinen Spree (blau), in Spremberg-Wilhelmsthal (schwarze Linie) und im Ablauf der GWBA Tzschelln (rot) sowie der Durchflüsse in der Spree am Pegel Spreewitz (hellgrau) und am Pegel Sprey (dunkelgrau) und der Ausleitmenge der GWBA Tzschelln (schwarz) im Zeitraum von Juli 2012 bis Juni 2015 (Mengen bei 50 m³/s abgeschnitten und nicht gestapelt)

Die Ausleitung aus dem **Speicher Burghammer** (vgl. Abschnitt 7.2.2) sowie die **diffusen Grundwasserzutritte** zur Kleinen Spree (vgl. Abschnitt 7.2.4) erhöhen die Sulfatkonzentration in der **Kleinen Spree** (vgl. Abschnitt 7.2.3) und in der Spree zusätzlich (Anlage 5.2 – Blatt 2).

7.2.5.3 Spree vom Pegel Spreewitz bis zum Pegel Spremberg-Wilhelmsthal

Die Einleitung von Sumpfungswasser aus der **GWBA Schwarze Pumpe** sowie die Ausleitung des **Kraftwerkes Schwarze Pumpe** (vgl. Abschnitt 7.2.1) wirken im Allgemeinen erhöhend auf die Sulfatkonzentration der Spree. Liegt die Sulfatkonzentration der Spree vor Einmündung des Industriekanals Schwarze Pumpe allerdings bereits höher als die Mischkonzentration beider Anlagen, hat die Einleitung verdünnende Wirkung (Bild 36). Die Sulfateinträge aus den verschiedenen Entwässerungsgräben zwischen Zerre und der Talsperre Spremberg haben infolge der geringen Ausleitmengen keine nennenswerte Wirkung auf die Sulfatkonzentration der Spree. Bei geringen Durchflüssen steigt die Sulfatkonzentration durch die verschiedenen Einleitungen deutlich stärker an als bei hohen Durchflüssen. In der Niedrigwasserperiode zwischen Februar und September 2014 wurden am Immissionspegel Spremberg-Wilhelmsthal zeitweilig Sulfatkonzentrationen zwischen 500 und 600 mg/L erfasst (Bild 36).

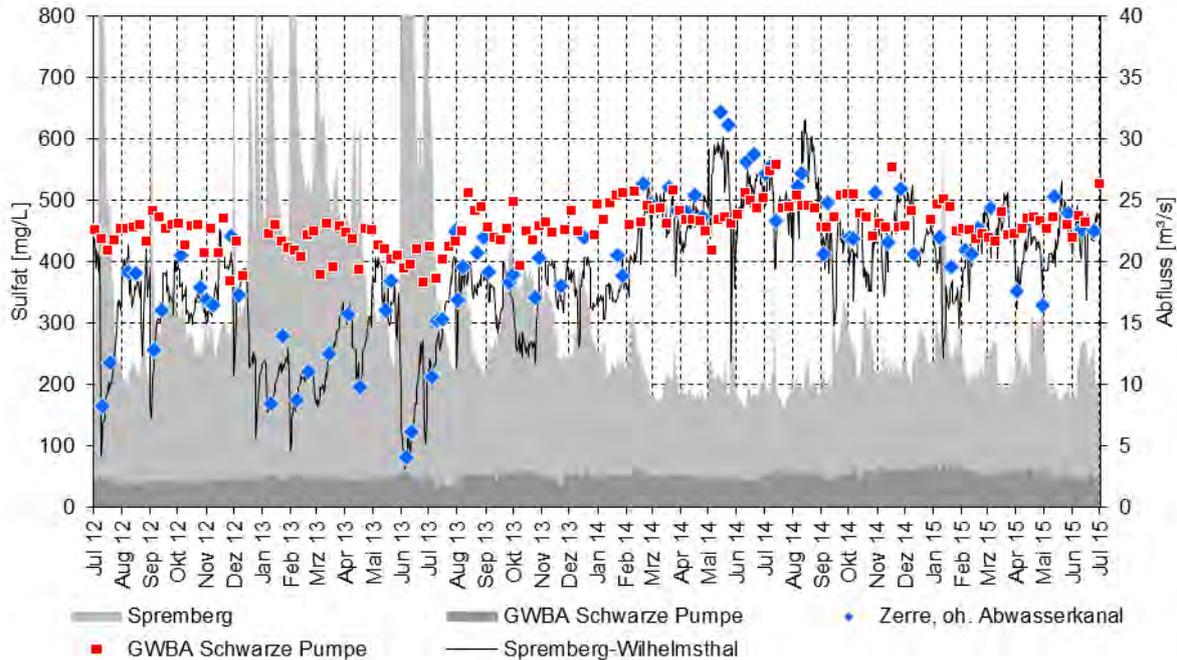


Bild 36: Ganglinien der Sulfatkonzentration in der Spree in Zerze (blau), in Spremberg-Wilhelmsthal (schwarze Linie) und im Ablauf der GWBA Schwarze Pumpe (rot) sowie der Durchflüsse in der Spree am Pegel Spremberg (hellgrau) und die Ausleitmenge der GWBA Schwarze Pumpe (dunkelgrau) im Zeitraum von Juli 2012 bis Juni 2015 (Mengen bei 40 m³/s abgeschnitten und nicht gestapelt)

Die Sulfatkonzentration der Spree im Zulauf der Talsperre Spremberg wird durch die Messwerte am **Immissionspegel Spremberg-Wilhelmsthal** charakterisiert. Die statistischen Kenngrößen der Sulfatkonzentration am Immissionspegel Spremberg-Wilhelmsthal sind für den dreijährigen Untersuchungszeitraum und für das hydrologische Jahr 2014 in der Tabelle 6 zusammengestellt. Durch die täglichen Messungen sind die Stichproben gut mit Daten belegt.

Tabelle 6: Statistik der Sulfatkonzentration in der Spree in Spremberg-Wilhelmsthal, Angaben in mg/L

Auswertezeitraum	Anzahl	Minimum	Mittelwert	Median	90-Perz	Maximum
Gesamter Jul 2012 – Jun 2015	1.073	64	373	383	500	631
Hydrologisches Jahr 2014 Nov 2013 – Okt 2014	357	236	446	449	545	631

Für den Immissionspegel Spremberg-Wilhelmsthal wurde durch die AG Flussgebietsbewirtschaftung Spree – Schwarze Elster ein **Immissionsziel für Sulfat** von 450 mg/L im 90-Perzentil definiert [U 1]. Dies soll die Sulfatbelastung der Spree begrenzen und die Trinkwasserversorgung im Unterlauf der Spree sichern. Das Immissionsziel soll durch eine Wassergütebewirtschaftung eingehalten werden. Für den Zeitraum der Sanierungsarbeiten an der Talsperre Spremberg von August bis Dezember 2014 wurde das Immissionsziel temporär auf 500 mg/L angehoben. Die aus den verfügbaren Messdaten abgeleitete Überschreitungshäufigkeit der Sulfatkonzentration der Spree am Immissionspegel im dreijährigen Untersuchungszeitraum und im hydrologischen Jahr 2014 sind in Bild 37 dargestellt.

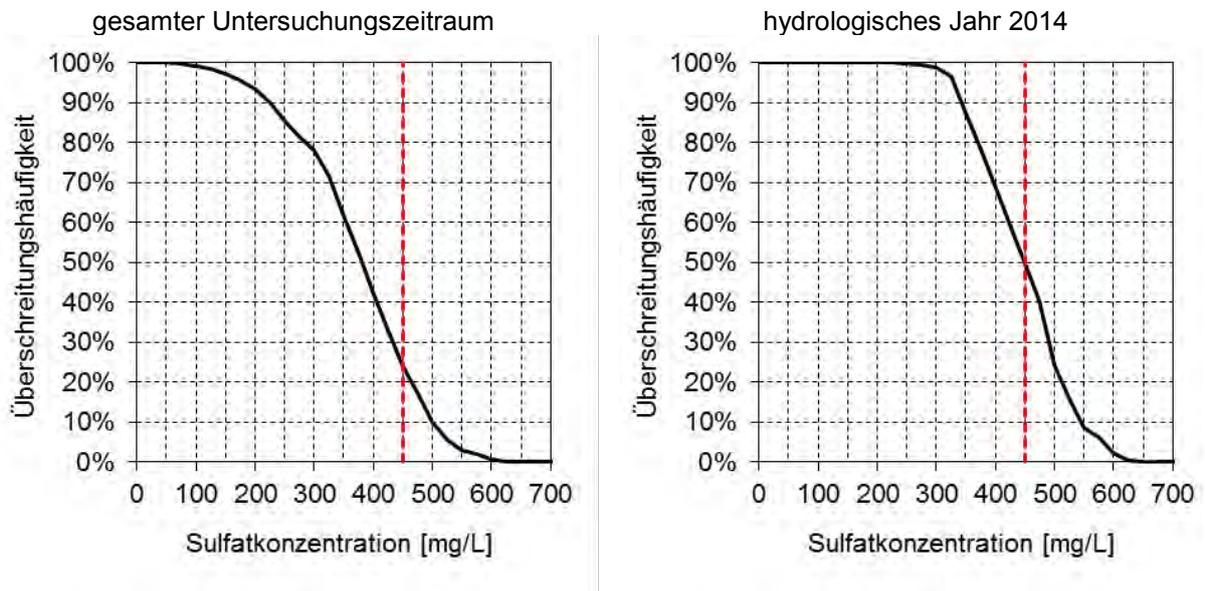


Bild 37: Überschreitungshäufigkeit der Sulfatkonzentration in der Spree am Immissionspegel Spremberg-Wilhelmsthal für den dreijährigen Untersuchungszeitraum (links) und für das hydrologische Jahr 2014 (rechts), das Immissionsziel für Sulfat ist als rote Linie dargestellt

Im gesamten Untersuchungszeitraum wurde das Immissionsziel von 450 mg/L mit einer Häufigkeit von 24 % überschritten. Im hydrologischen Jahr 2014 lag die Überschreitungshäufigkeit des Immissionszieles bei 50 %.

7.2.5.4 Spree vom Pegel Spremberg-Wilhelmsthal bis zum Pegel Bräsinchen (Talsperre Spremberg)

In Bild 38 sind die Sulfatkonzentrationen im Zulauf und im Ablauf der **Talsperre Spremberg** dargestellt. Das Sulfatsignal der Spree wird in der Talsperre Spremberg mehrere Tage verzögert. Der Verzögerung des Ausgangssignals gegenüber dem Eingangssignal beträgt in Abhängigkeit vom Durchfluss und vom Stauvolumen zwischen 3 und 10 Tage (Bild 38). Die kurze Verzögerung gilt für ansteigende Hochwasserwellen, wie im Juli 2012 und im Juni 2013. Die längere Verzögerung gilt für abnehmende Hochwasserwellen oder beim sommerlichen Rückgang der Durchflüsse. Zwischen Mai und August 2014 wurde die Talsperre Spremberg im Zuge von Sanierungsarbeiten an der Staumauer auf +89,0 m NHN abgesenkt. Diese Stauhöhe wurde bis zum Abschluss der Sanierungsarbeiten im Dezember 2014 beibehalten. Der Speichereinhalte bei dieser Stauhöhe beträgt ca. 5,6 Mio. m³. Die mittlere Verweilzeit in diesem Zeitraum betrug aufgrund wenig variabler Durchflüsse ca. 6 Tage.

Die Form des Eingangssignals der Sulfatkonzentration in die Talsperre Spremberg wird während der Passage der Talsperre nur wenig verändert (Bild 38). Die Passage der Talsperre Spremberg dämpft die Konzentrationsamplitude (Bild 39). Das arithmetische Mittel der Sulfatkonzentration im Zulauf und im Ablauf der Talsperre liegen sehr nah beieinander. Die in Bild 39 erkennbare Abweichung der Mittelwerte ist durch die Translationsprozesse bedingt. In der Tabelle 7 sind die statistischen Kenngrößen der Sulfatkonzentration im Ablauf der Talsperre Spremberg für den dreijährigen Untersuchungszeitraum und für das hydrologische Jahr 2014 dargestellt.

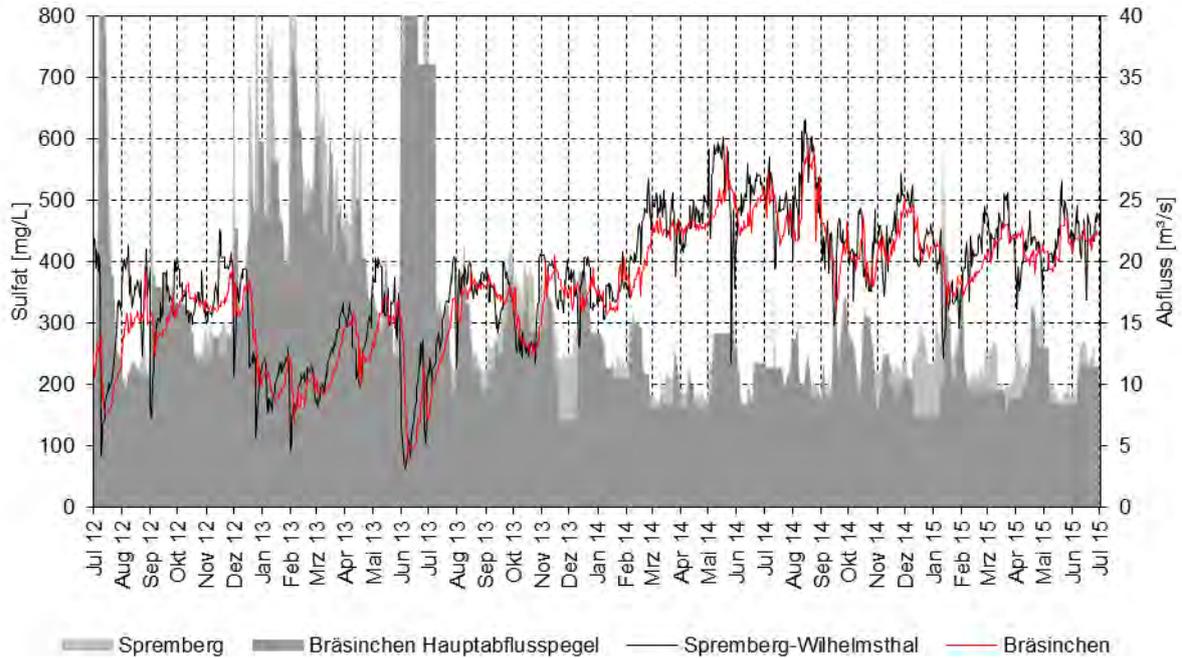


Bild 38: Ganglinien der Sulfatkonzentration im Zulauf (schwarze Linie) und im Ablauf der Talsperre Spremberg (rote Linie) und der Durchflüsse der Spree im Zulauf (hellgrau) und im Ablauf der Talsperre Spremberg (dunkelgrau) im Zeitraum von Juli 2012 bis Juni 2015 (Mengen bei 40 m³/s abgeschnitten und nicht gestapelt)

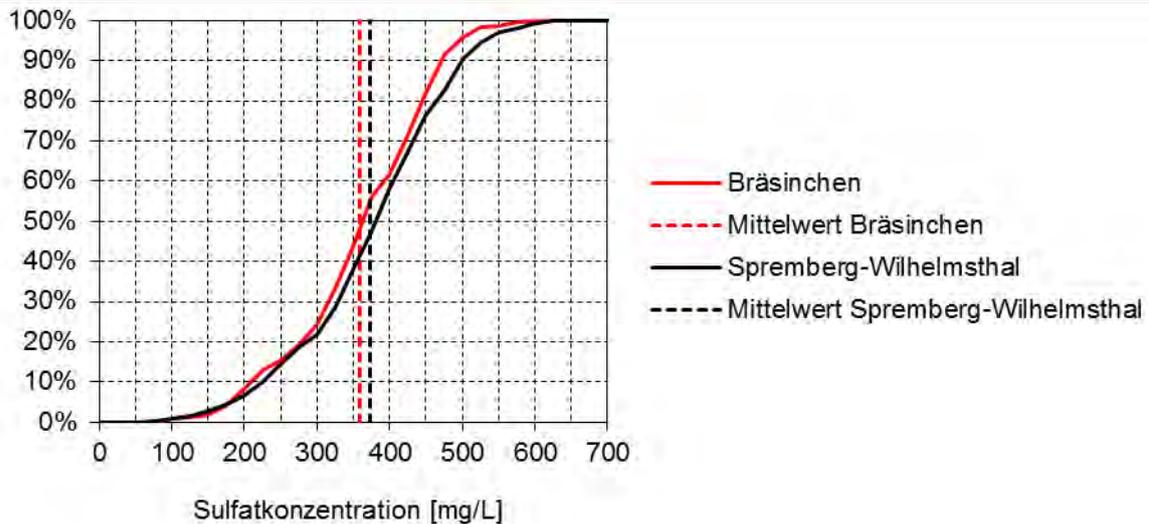


Bild 39: Sulfatkonzentration im Zulauf (Spremberg-Wilhelmsthal) und im Ablauf (Bräsinchen) der Talsperre Spremberg im Vergleich als Summenkurve

Tabelle 7: Statistik der Sulfatkonzentration in der Spree in Bräsinchen, Angaben in mg/L

Auswertezeitraum	Anzahl	Minimum	Mittelwert	Median	90-Perz	Maximum
Gesamter Jul 2012 – Jun 2015	1.069	88	358	362	470	588
Hydrologisches Jahr 2014 Nov 2013 – Okt 2014	357	307	428	438	508	588

7.2.5.5 Spree vom Pegel Bräsinchen bis zum Pegel Schmogrow

Im Spreeabschnitt zwischen der Talsperre Spremberg und dem Oberspreewald zweigen der Priorgraben und der Hammergraben aus der Spree ab. Diese münden in das Greifenhainer Fließ bzw. in das Große Fließ und vereinigen sich erst im Spreewald bzw. stromunterhalb des Oberspreewaldes wieder mit der Spree. Bis zum Eingang in den Oberspreewald fließen der Spree das **verlegte Trinitzfließ** (Abschnitt 7.2.3) sowie mehrere Entwässerungsgräben zu. Die Zuflüsse haben keinen nennenswerten Einfluss auf die Sulfatkonzentration im betrachteten Spreeabschnitt (Bild 40). Die Verweilzeit in diesem Spreeabschnitt beträgt nur wenige Stunden, so dass keine relevante zeitliche Verzögerung des Sulfatsignals auftritt. Das Sulfatsignal vom Ablauf der Talsperre Spremberg wird nahezu unverändert bis zum Eingang des Oberspreewaldes transportiert (Bild 40).

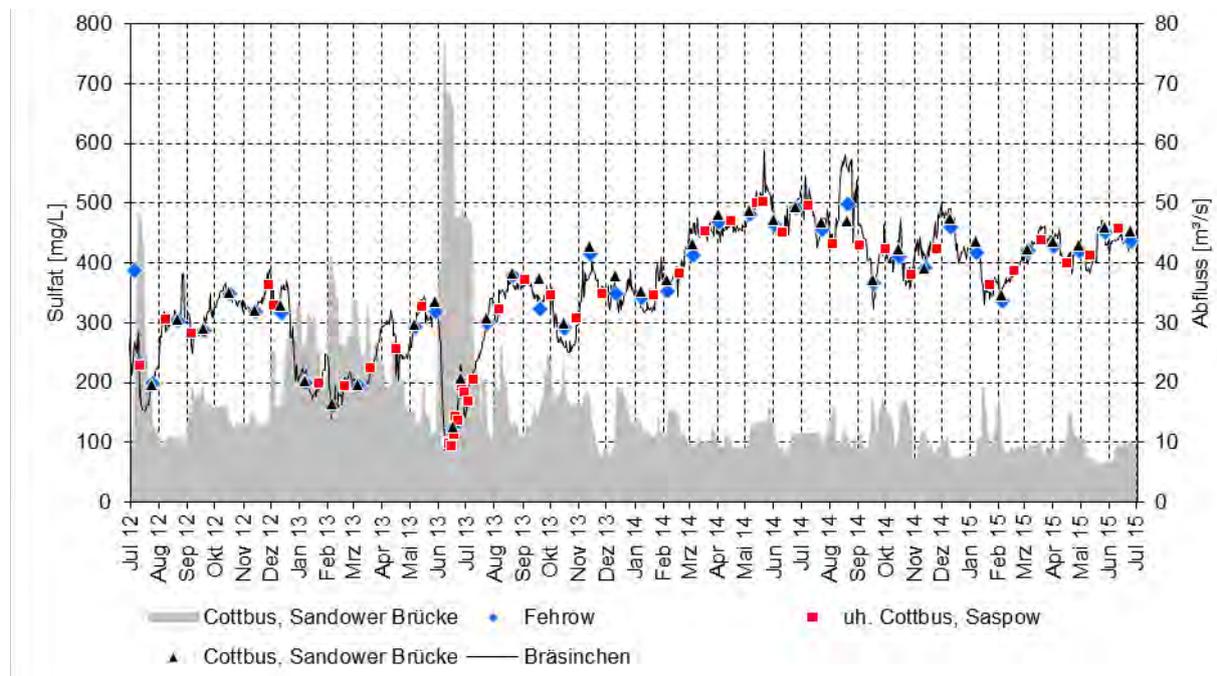


Bild 40: Ganglinien der Sulfatkonzentration in der Spree im Ablauf der Talsperre Spremberg (schwarze Linie), in Cottbus (schwarz), unterhalb von Cottbus (rot) und am Eingang des Oberspreewaldes (blau) und des Durchflusses der Spree am Pegel Cottbus im Zeitraum von Juli 2012 bis Juni 2015

7.2.5.6 Spree vom Pegel Schmogrow bis zum Pegel Hartmannsdorf (Oberspreewald)

Die Transformation des Sulfatsignals der Spree im **Oberspreewald** hängt maßgeblich von der Wasserverteilung ab. Der Wasserstrom wird im Oberspreewald im Mittel gemäß Bild 41 verteilt. Neben der Spree mündet das Große Fließ in den Oberspreewald. Das Große Fließ nimmt vorher die Malxe und den Hammerstrom auf (vgl. Abschnitt 7.2.3). Für die Sulfatbelastung der Fließgewässer im Oberspreewald sind außerdem die südlichen Zuflüsse aus den Sanierungsgebieten Gräbendorf/Greifenhain (Greifenhainer Fließ, Vetschauer Mühlenfließ, Göritzer Mühlenfließ), Seese

Ost/West und Schlabendorf Süd/Nord (Dobra, Wudritz, Berste) von Bedeutung (vgl. Abschnitt 7.2.3). Die drei erstgenannten Fließe münden in den Südumfluter. Die zwei zuletzt genannten Fließe münden in die Hauptspreewald nach der Einmündung des Südumfluters.

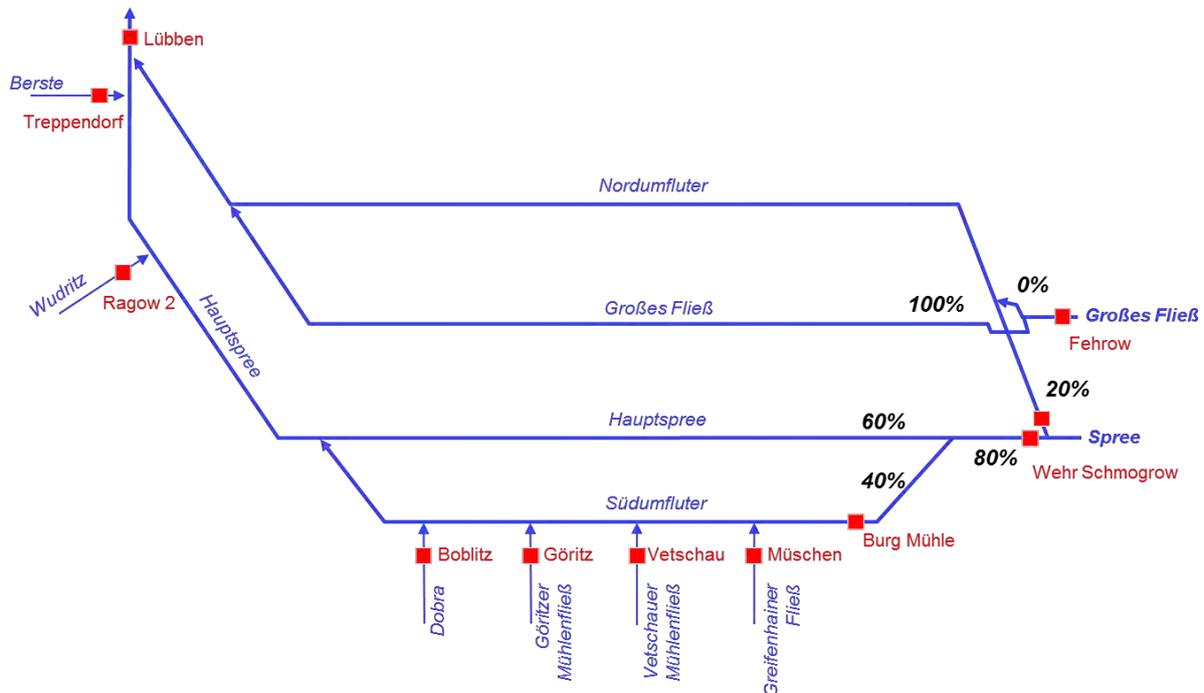


Bild 41: Anteilige Aufteilung der mittleren Durchflüsse (MQ) auf die Hauptfließgewässer des Oberspreewaldes und behördliche Durchflussmessstellen (nach LUGV)

Die Transformation des Sulfatsignals der Spree durch die Passage des Oberspreewaldes ist in Bild 42 dargestellt. Das Sulfatsignal der Spree wurde im Oberspreewald bis zum Februar 2014 insgesamt nur schwach gedämpft. Die niedrigen Konzentrationen der Hochwasserwellen im Jahr 2013 werden stärker gedämpft. Der mit dem Rückgang des Hochwassers folgende Anstieg der Sulfatkonzentration im Ablauf der Talsperre Spremberg erfolgt im Unterlauf des Oberspreewaldes fast ohne zeitlichen Verzug. Im August 2013 wird sogar das Konzentrationsniveau von etwa 370 mg/L Sulfat an der Messstelle Bräsinchen nahezu zeitgleich erreicht. Ab Februar 2014 löst sich allerdings das Sulfatsignal in Hartmannsdorf am Ausgang des Oberspreewaldes vom Signal in Bräsinchen. Während die Sulfatkonzentration im Ablauf der Talsperre Spremberg zwischen Februar und März 2014 auf über 400 mg/L ansteigt und bis September 2014 auf diesem hohen Konzentrationsniveau verbleibt, steigt die Sulfatkonzentration der Spree in Hartmannsdorf deutlich langsamer an. Etwa Anfang April 2014 hatte die Spree in Hartmannsdorf ein Konzentrationsniveau von ca. 400 mg/L Sulfat erreicht. Dieses Konzentrationsniveau hielt sich mit kurzen Unterbrechungen bis Januar 2015. Erst als die Sulfatkonzentration in Bräsinchen ab Januar 2015 wieder dauerhaft unter 400 mg/L absank, folgte das Sulfatsignal am Ausgang des Oberspreewaldes wieder dem Sulfatsignal von Bräsinchen. Zwischen Februar und April 2015 stieg dann die Sulfatkonzentration in Hartmannsdorf erneut langsam auf ca. 400 mg/L an und erreicht im Juni 2015 das Konzentrationsniveau der Messstelle Bräsinchen von ca. 430 mg/L (Bild 42).

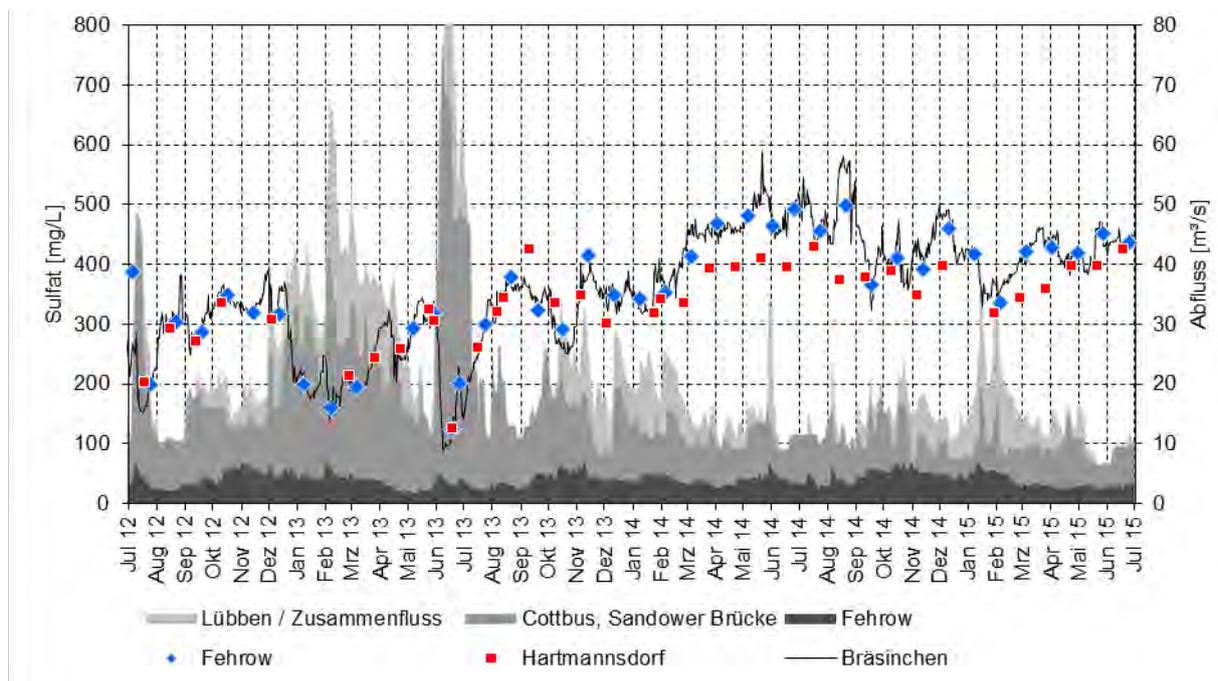


Bild 42: Ganglinien der Sulfatkonzentration in der Spree im Ablauf der Talsperre Spremberg (schwarze Linie), am Eingang (blau) und am Ausgang (rot) des Oberspreewaldes und der Durchfluss in der Spree am Pegel Cottbus (dunkelgrau), am Pegel Lübben (hellgrau) und im Großen Fließ am Pegel Fehrow (schwarz) im Zeitraum von Juli 2012 bis Juni 2015 (Mengen bei 80 m³/s abgeschnitten und nicht gestapelt)

Die unterschiedlichen Konzentrationsniveaus am Eingang und am Ausgang des Oberspreewaldes in der Niedrigwasserperiode zwischen März und September 2014 werden auf die Verdünnung des sulfatreichen Spreewassers durch das Große Fließ und durch die Berste zurückgeführt. Die Durchflüsse lagen in diesem Zeitraum im Großen Fließ bei 4 m³/s und in der Berste bei 0,5 m³/s. Die beiden Zuflüsse stellten in Summe rund ein Drittel des Durchflusses am Pegel Lübben (Bild 42). Aus den sulfatreichen Zuflüssen des Greifenhainer Fließes, des Vetschauer Mühlenfließes, der Dobra und der Wudritz floss der Spree in diesem Zeitraum in Summe durchschnittlich nur 1,7 m³/s zu. Das die Sulfatkonzentrationen in Hartmannsdorf im Juni 2015 bis auf das Konzentrationsniveau der Spree in Bräsinchen anstieg, wird insbesondere auf die geringen Durchflüsse im Großen Fließ zurückgeführt.

7.2.5.7 Spree vom Pegel Hartmannsdorf bis zum Pegel Leibsch (Unterspreewald)

Die Sulfatkonzentration der Spree wird durch die Passage des **Unterspreewaldes** nicht maßgeblich verändert. Die Sulfatkonzentration an der Gütemessstelle in Leibsch folgt weitgehend den Werten an der Gütemessstelle in Hartmannsdorf (Bild 43). Ein direkter statistischer Vergleich der Sulfatkonzentrationen beider Messstellen ist nicht möglich, weil die Sulfatkonzentrationen an den Messstellen etwa 14-tägig zeitversetzt erfasst werden. Eine nennenswerte zeitliche Verschiebung des Sulfatsignals der Spree durch den Unterspreewald ist nicht feststellbar. Am Wehr Hartmannsdorf und am Wehr Leibsch wird Spreewasser entnommen und in das Einzugsgebiet der Dahme übergeleitet. Dies hat keinen unmittelbaren Einfluss auf die Sulfatkonzentration der Spree, verringert aber deren Sulfatfracht.

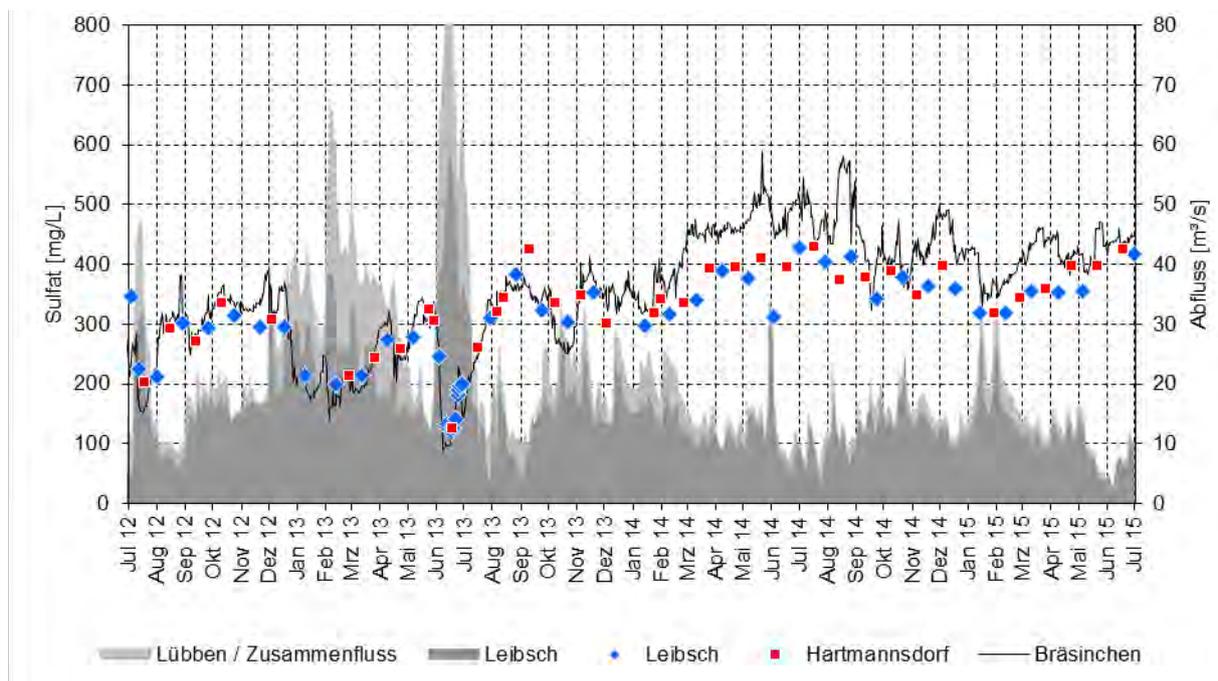


Bild 43: Ganglinien der Sulfatkonzentration in der Spree im Ablauf der Talsperre Spremberg (schwarze Linie), am Eingang (rot) und am Ausgang (blau) des Unterspreewaldes und der Durchflüsse in der Spree am Pegel Leibsch (dunkelgrau) und am Pegel Lübben (hellgrau) im Zeitraum von Juli 2012 bis Juni 2015 (Mengen bei 80 m³/s abgeschnitten und nicht gestapelt)

Die in Bild 42 und Bild 43 dargestellten Messdaten zeigen, dass sowohl der Ober- als auch der Unterspreewald nur eine geringe Retentionswirkung haben. Der überwiegende Durchfluss (> 90 %) erfolgt in den Hauptfließen. Die Dämpfung des Sulfat-signals lässt sich auf eine Dispersion infolge des verzweigten Gewässernetzes sowie auf eine Verdünnung durch die Berste und durch das Große Fließ zurückführen. Die Verdünnungswirkung des Großen Fließes und der Berste kommt allerdings erst in länger anhaltenden Niedrigwasserperioden mit Sulfatkonzentrationen über 400 mg/L im Ablauf der Talsperre Spremberg zum Tragen.

Für den **Pegel Leibsch** wurde von der AG Flussgebietsbewirtschaftung Spree – Schwarze Elster ebenfalls ein Immissionsziel für Sulfat festgelegt. Seit Anfang 2014 soll am Pegel Leibsch eine Sulfatkonzentration von 300 mg/L im 90-Perzentil nicht überschritten werden [U 1]. Dadurch soll, wie durch das Immissionsziel am Pegel Spremberg-Wilhelmsthal, die Sulfatbelastung der Spree begrenzt und die Trinkwasserversorgung im Unterlauf der Spree gesichert werden. In der Tabelle 8 sind die statistischen Kenngrößen der Sulfatkonzentration am Pegel Leibsch für den dreijährigen Untersuchungszeitraum und für das hydrologische Jahr 2014 enthalten. Aufgrund der geringen Datendichte werden keine Summenkurven dargestellt.

Das Immissionsziel für den Pegel Leibsch wurde nach August 2013 nahezu dauerhaft überschritten (Bild 43). Zuvor wurde das Immissionsziel lediglich infolge hoher Durchflüsse in der Spree und einer entsprechend geringen Sulfatvorbelastung unterschritten. Im gesamten Untersuchungszeitraum lag die mittlere Sulfatkonzentration am Immissionspegel etwa auf dem Niveau des Immissionszieles. Im hydrologischen Jahr 2014 wurde das Immissionsziel selbst im Mittel überschritten (Tabelle 8).

**Tabelle 8: Statistik der Sulfatkonzentration in der Spree in Leibsch, Angaben in mg/L**

Auswertezeitraum	Anzahl	Minimum	Mittelwert	Median	90-Perz	Maximum
Gesamter Jul 2012 – Jun 2015	47	120	290	311	385	427
Hydrologisches Jahr 2014 Nov 2013 – Okt 2014	12	297	363	365	412	427

7.2.5.8 Spree vom Leibsch bis zum Pegel Beeskow (Neuendorfer See und Schwielochsee)

Auf der Fließstrecke vom Pegel **Leibsch** zum Pegel **Beeskow** durchfließt die Spree den **Neuendorfer See** und den **Schwielochsee**. Der Neuendorfer See wird von der Spree längs durchflossen. Aufgrund seiner Morphometrie kann davon ausgegangen werden, dass das gesamte Seevolumen (Tabelle 9) für die Retention wirksam wird. Das Volumen des Neuendorfer Sees beträgt mit ca. 6 Mio. m³ zwischen 25 % und 50 % des Volumens der Talsperre Spremberg. Die mittlere theoretische Verweilzeit liegt damit im Bereich von einem Tag bis maximal fünf Tage. Der Schwielochsee hat ein bedeutend größeres Volumen als der Neuendorfer See und sogar ein größeres Volumen als die Talsperre Spremberg. Aufgrund der Lage des Zuflusses und Abflusses der Spree am Nordzipfel des Schwielochsees, dem eigentlichen Glower See, wird jedoch nur ein kleines Teilvolumen des Standgewässers stofflich retentionswirksam.

Tabelle 9: Volumina der von der Spree durchflossenen bzw. tangierten Standgewässer, nach [U 22]

Talsperre bzw. See	Stauhöhe	Volumen
Talsperre Spremberg	+90,0 m NHN	10 Mio. m ³
	+92,0 m NHN	20 Mio. m ³
Neuendorfer See		5,7 Mio. m ³
Schwielochsee		31 Mio. m ³

Die Spree erhält im Abschnitt zwischen den Pegeln Leibsch und Beeskow Zuflüsse aus dem Einzugsgebiet, z. B. aus dem Kossenblatter See, dem Schwenowsee, dem Rocher Mühlenfließ sowie den Zuflüssen des Schwielochsees. Im Mittel des dreijährigen Untersuchungszeitraums flossen der Spree rund 3,7 m³/s und im Mittel des hydrologischen Jahres 2014 ca. 2,2 m³/s aus dem Einzugsgebiet zu. Bezogen auf den Pegel Leibsch entspricht das einer Durchflusszunahme von 23 % bzw. 16 %. Die Zuflüsse wirken sulfatverdünnend. Die Sulfatkonzentration in Beeskow liegt deshalb überwiegend niedriger als in Leibsch. Eine Ausnahme stellt nur der Durchgang der Hochwasserwelle dar, wo oberstromig kurzzeitig niedrigere Sulfatkonzentrationen gemessen wurden (Bild 44). Die Dynamik des Sulfatsignals im Ablauf der Talsperre Spremberg findet sich in gedämpfter Form auch am Pegel Beeskow wieder.

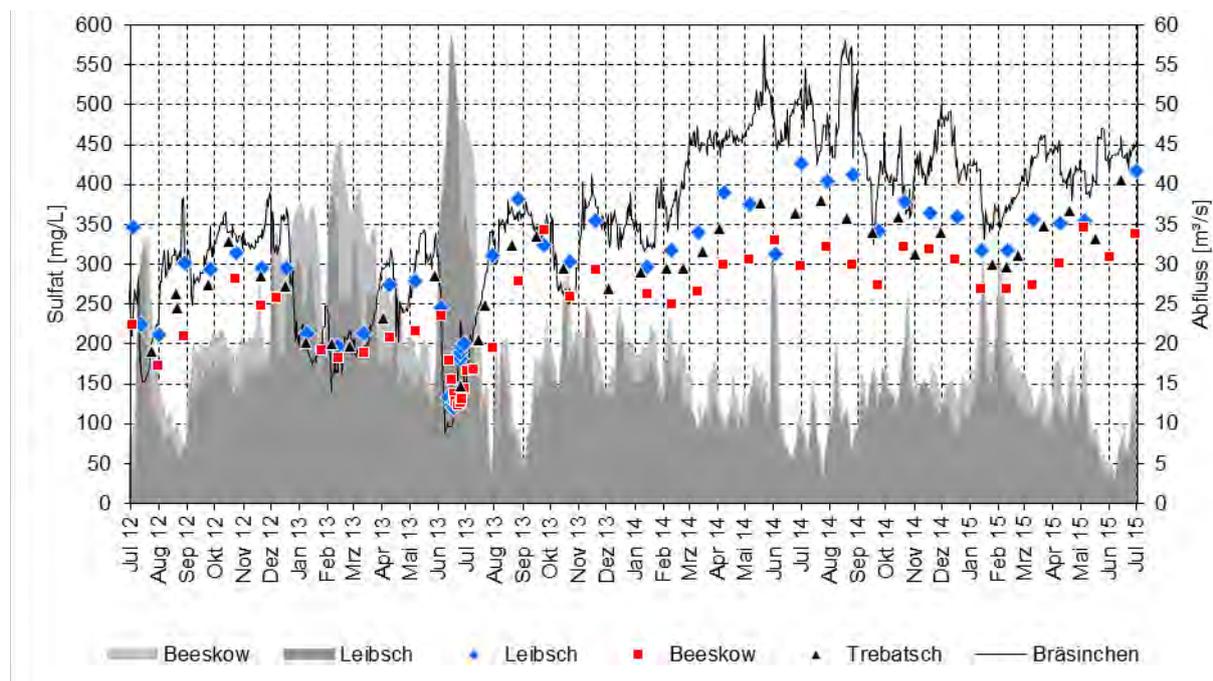


Bild 44: Ganglinien der Sulfatkonzentration in der Spree im Ablauf der Talsperre Spremberg (schwarze Linie), am Pegel Leibsch (blau), vor der Passage des Schwielochsees (schwarz) und am Pegel Beeskow (rot) sowie der Durchflüsse in der Spree am Pegel Leibsch (dunkelgrau) und am Pegel Beeskow (hellgrau) im Zeitraum von Juli 2012 bis Juni 2015 (Mengen nicht gestapelt)

Die Daten zeigen (Bild 44), dass der Spreeabschnitt zwischen Leibsch und Beeskow eine deutlich verzögernde und dämpfende Wirkung auf das Sulfatsignal in der Spree hat. In Abhängigkeit vom Durchfluss dauert es 1 bis 2 Monate, bis ein Anstieg der Sulfatkonzentration am Pegel Leibsch den Pegel Beeskow erreicht. Durch die verdünnend wirkenden Zuflüsse aus dem Einzugsgebiet fällt der Anstieg der Sulfatkonzentration am Pegel Beeskow im Allgemeinen geringer aus als am Pegel Leibsch. Die dämpfende Wirkung auf die Sulfatkonzentration der Spree wird besonders in der Niedrigwasserperiode von Februar bis September 2014 deutlich. In dieser Zeit stieg die Sulfatkonzentration am Pegel Leibsch bis auf ca. 400 mg/L. Am Pegel Beeskow erreichten die Sulfatkonzentrationen in dieser Periode maximal 330 mg/L. Im dreijährigen Untersuchungszeitraum wurde am Pegel Beeskow eine Sulfatkonzentration von 350 mg/L nicht überschritten (Bild 44). Aus der Dynamik der spezifischen Sulfattransformation im Spreeabschnitt können Hinweise für die Sulfatsteuerung abgeleitet werden. Insgesamt liegen zum Flussabschnitt aber zu wenige Daten vor, um aus der Systemanalyse belastbare Steuerregeln abzuleiten. Es liegt die Vermutung nahe, dass insbesondere der Schwielochsee mit seinem beträchtlichen Volumen bei Hochwasser- und bei Niedrigwasserabflüssen der Spree unterschiedliche Retentionswirkungen entfaltet.

7.2.5.9 Spree vom Pegel Beeskow bis zum Pegel Fürstenwalde

Im Spreeabschnitt von **Beeskow** bis **Fürstenwalde** erhält die Spree weitere Zuflüsse aus dem Einzugsgebiet (z. B. Oelse, Demnitzer Mühlenfließ, Heinersdorfer Fließ) sowie aus der Scheitelwasserhaltung des **Oder-Spree-Kanals**. Zwischen dem Zufluss des Oder-Spree-Kanals und Fürstenwalde liegt das Infiltrationspumpwerk des Wasserwerkes Briesen. Durch die Zuflüsse aus dem Einzugsgebiet und aus dem Oder-Spree-Kanal verringerte sich die Sulfatkonzentration im hydrologischen Jahr 2014 im Mittel von 290 mg/L in Beeskow auf 270 mg/L in Fürstenwalde. Die Dynamik des Sulfatsignals am Pegel Beeskow findet sich auch in Fürstenwalde wieder. Eine nennenswerte zeitliche Verschiebung des Sulfatsignals der Spree zwischen den beiden Messstellen ist nicht erkennbar (Bild 45).

Vor der Einmündung des Oder-Spree-Kanals wird die Wasserbeschaffenheit der Spree an der behördlichen Gütemessstelle **Neubrück** erfasst. Für diese Gütemessstelle wurde von der AG Flussgebietsbewirtschaftung Spree – Schwarze Elster ein Immissionsziel für Sulfat von 280 mg/L im 90-Perzentil festgelegt [U 1]. In der Tabelle 10 sind die statistischen Kenngrößen der Sulfatkonzentration an der Gütemessstelle Neubrück für den dreijährigen Untersuchungszeitraum und für das hydrologische Jahr 2014 zusammengestellt. Auf die Darstellung von Summenkurven wurde aufgrund der geringen Datendichte verzichtet.

Im Untersuchungszeitraum von Juli 2012 bis Juni 2015 wurde das Immissionsziel von 280 mg/L mit einer Häufigkeit von 39 % überschritten. Im hydrologischen Jahr 2014 lag die Überschreitungshäufigkeit bei 67 %.

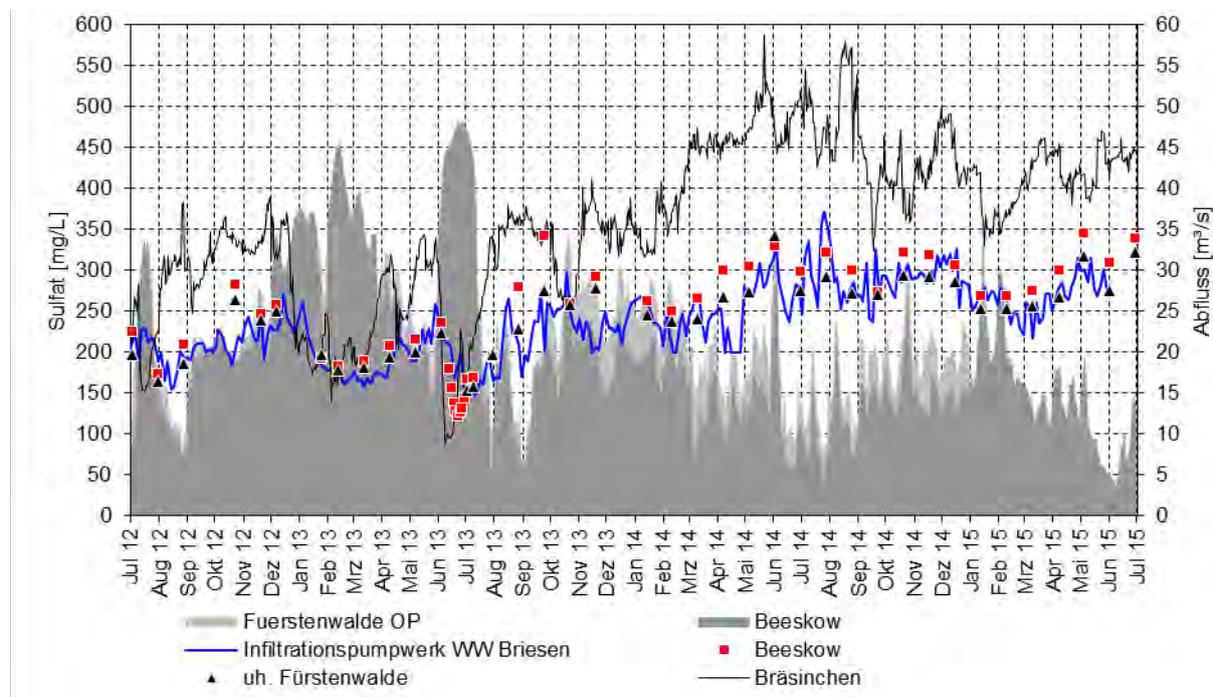


Bild 45: Ganglinien der Sulfatkonzentration in der Spree im Ablauf der Talsperre Spremberg (schwarze Linie), am Pegel Beeskow (rot), am Infiltrationspumpwerk des Wasserwerkes Briesen (blaue Linie) und am Pegel Fürstenwalde (schwarz) sowie der Durchflüsse in der Spree am Pegel Beeskow (dunkelgrau) und am Pegel Fürstenwalde (hellgrau) im Zeitraum von Juli 2012 bis Juni 2015 (Mengen nicht gestapelt)

**Tabelle 10: Statistik der Sulfatkonzentration in der Spree an der Gütemessstelle Neubrück, Angaben in mg/L**

Auswertezeitraum	Anzahl	Minimum	Mittelwert	Median	90-Perz	Maximum
Gesamter Jul 2012 – Jun 2015	39	162	256	263	315	344
Hydrologisches Jahr 2014 Nov 2013 – Okt 2014	12	245	288	290	317	337

Das **Wasserwerk Briesen** gewinnt Trinkwasser aus der Spree durch Uferfiltration. Das Infiltrationspumpwerk liegt stromunterhalb der Einmündung des Oder-Spree-Kanals. Der Trinkwassergrenzwert für Sulfat liegt bei 250 mg/L. Die dauerhafte Überschreitung dieses Wertes in der Spree sollte daher vermieden werden, da Sulfat in der Grundwasserpassage und im Wasserwerk kaum zurückgehalten wird. Diesem Ziel dienen auch die Bewirtschaftungsmaßnahmen im oberen Spreeinzugsgebiet.

Die Sulfatkonzentration der Spree im Bereich des Infiltrationspumpwerkes wird vom Wasserwerksbetreiber überwacht. Die wöchentlichen Messwerte zur Sulfatkonzentration der Spree sind in Bild 45 als blaue Linie dargestellt. Die Dynamik der Sulfatkonzentration am Infiltrationspumpwerk folgt der Konzentrationsdynamik am Pegel Beeskow. Die Sulfatkonzentration am Infiltrationspumpwerk liegt auf dem gleichen Niveau wie in Beeskow bzw. geringfügig darunter. Der Zielwert von 250 mg/L Sulfat in der Spree wurde seit Mai 2014 nahezu dauerhaft überschritten. Davor traten nur vereinzelte Überschreitungen des Grenzwertes auf.

In der Tabelle 11 sind die statistischen Kennwerte der Sulfatkonzentration der Spree am Infiltrationspumpwerk für den dreijährigen Untersuchungszeitraum, für das hydrologische Jahr 2014 sowie für die Periode mit der dauerhaften Überschreitung des Zielwertes von Mai 2014 bis Juni 2015 dargestellt. Die aus den verfügbaren Messdaten abgeleitete Überschreitungshäufigkeit der Sulfatkonzentration in der Spree am Infiltrationspumpwerk im gesamten Untersuchungszeitraum sowie im hydrologischen Jahr 2014 sind in Bild 37 dargestellt.

Tabelle 11: Statistik der Sulfatkonzentration in der Spree am Infiltrationspumpwerk des Wasserwerkes Briesen, Angaben in mg/L

Auswertezeitraum	Anzahl	Minimum	Mittelwert	Median	90-Perz	Maximum
Gesamter Jul 2012 – Jun 2015	292	147	238	237	296	371
Hydrologisches Jahr 2014 Nov 2013 – Okt 2014	100	200	261	260	309	371
Letzte 14 Monate Mai 2014 – Jun 2015	109	217	281	279	316	371

Zwischen Juli 2012 und Juni 2015 wurde der Zielwert von 250 mg/L Sulfat in der Spree in 41 % der Fälle überschritten. Im hydrologischen Jahr 2014 lag die Überschreitungshäufigkeit bei 57 %. Wird für die Auswertung der Zeitraum der letzten 14 Monate von Mai 2014 bis Juni 2015 zu Grunde gelegt (vgl. Bild 45), liegt die Überschreitungshäufigkeit des Zielwertes bei fast 90 %.

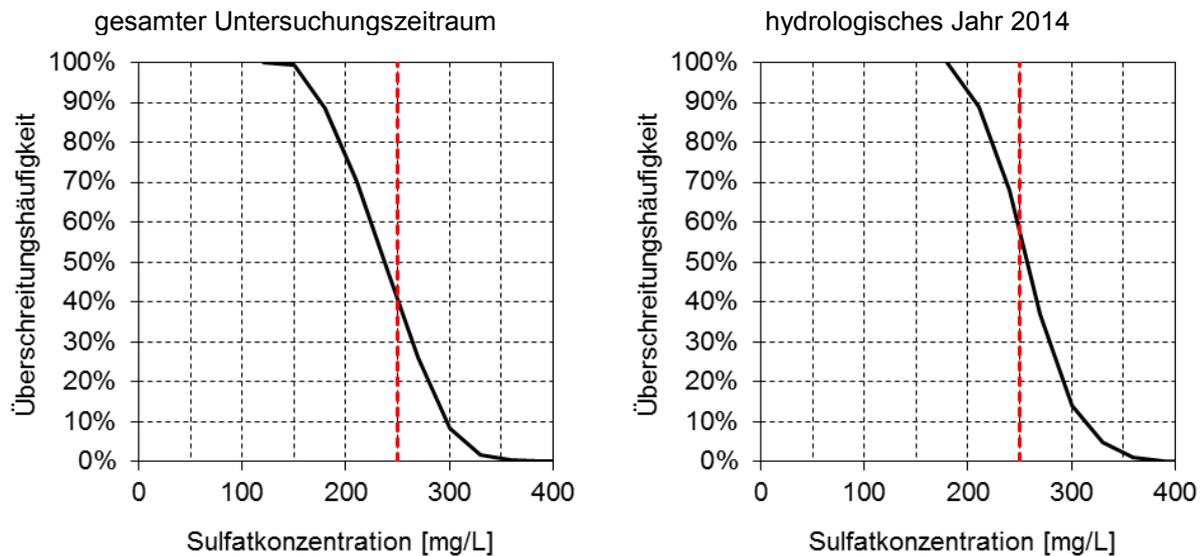


Bild 46: Überschreitungshäufigkeit der Sulfatkonzentration in der Spree am Infiltrationspumpwerk des Wasserwerkes Briesen für den dreijährigen Untersuchungszeitraum (links) und für das hydrologische Jahr 2014 (rechts). Der Zielwert für Sulfat ist als rote Linie dargestellt.

7.2.5.10 Spree vom Pegel Fürstenwalde bis Friedrichshagen (Großer Müggelsee)

Stromunterhalb von Fürstenwalde wird am **Wehr Große Tränke** Spreewasser in den Oder-Spree-Kanal übergeleitet. Bei Neuzittau mündet die Spree in den Dämeritzsee und nachfolgend in den **Großen Müggelsee**. Am Nordufer des Müggelsees liegt das **Wasserwerk Friedrichshagen**. Zwischen dem Wehr Große Tränke und der Einmündung in den Müggelsee erhält die Spree Zuflüsse aus dem Einzugsgebiet. Diese Zuflüsse verdünnen die Sulfatkonzentration der Spree allerdings nicht maßgeblich (Bild 47). Die Sulfatkonzentration der Spree an der Gütemessstelle Neuzittau liegt auf dem gleichen Konzentrationsniveau wie in Fürstenwalde und zeigt auch die gleiche zeitliche Dynamik (Bild 47). Eine zeitliche Verschiebung des Sulfatsignals zwischen Fürstenwalde und dem Müggelsee ist nicht erkennbar.

Die Auswertung der zeitlichen Dynamik der Sulfatkonzentrationen im Längsschnitt der Spree macht deutlich, dass der Spreeabschnitt vom Pegel Leibsch zum Pegel Beeskow eine maßgebliche Rolle für die Transformation des Sulfatsignals spielt. Durch die Retentionswirkung des Neuendorfer Sees und des Schwielochsees sowie die Verdünnung durch Gebietszuflüsse wird das Sulfatsignal der Spree gedämpft und gestreckt. Die Retention des Spreewaldes ist im Vergleich dazu eher gering. Bei geringen Durchflüssen in der Spree bewirken hier allerdings die sulfatarmen Zuflüsse des Großen Fließes und der Berste eine verdünnende Wirkung auf die Sulfatkonzentration in der Spree. Die Zuflüsse im unteren Spreeabschnitt zwischen Beeskow und Berlin verdünnen die Sulfatkonzentration in der Spree nur noch marginal.

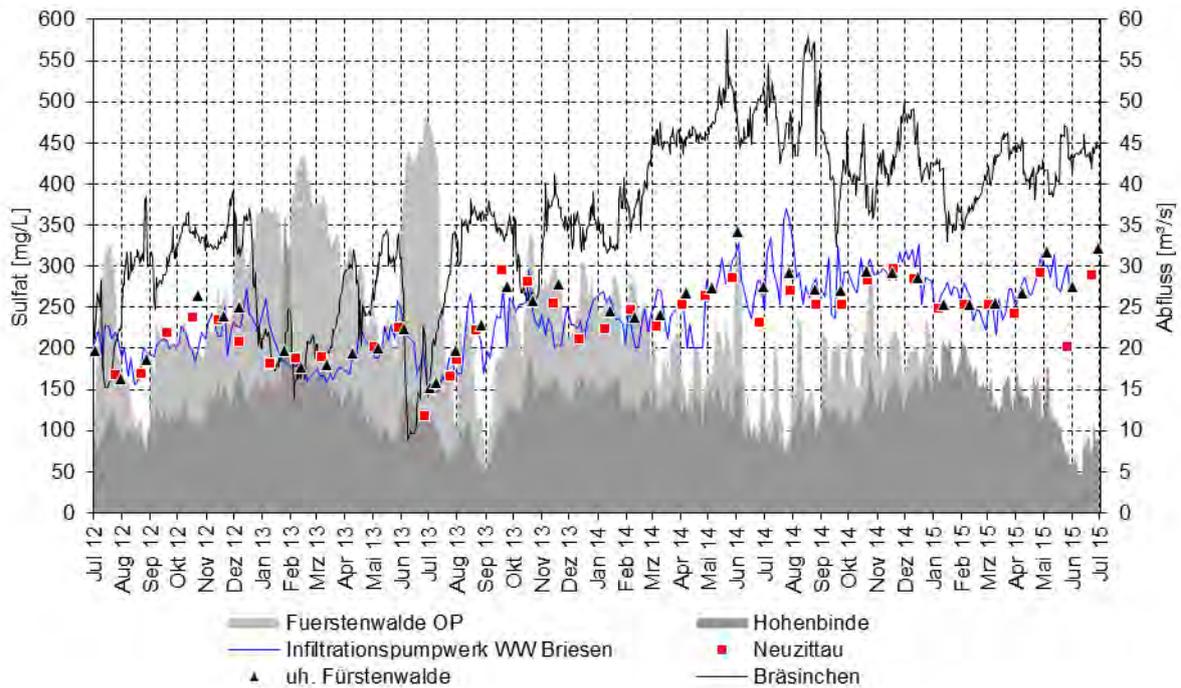


Bild 47: Ganglinien der Sulfatkonzentration in der Spree im Ablauf der Talsperre Spremberg (schwarze Linie), in Neuzittau (rot), am Infiltrationspumpwerk des Wasserwerkes Briesen (blaue Linie) und am Pegel Fürstenwalde (schwarz) sowie der Durchflüsse in der Spree am Pegel Hohenbinde (dunkelgrau) und am Pegel Fürstenwalde (hellgrau) im Zeitraum von Juli 2012 bis Juni 2015 (Mengen nicht gestapelt)

7.3 Frachtbilanzen

Auf der Grundlage der verfügbaren Messdaten zum Durchfluss und zur Sulfatkonzentration wurden Frachtbilanzen für den Längsschnitt der Spree von der Talsperre Spremberg und Berlin berechnet. Um den Einfluss der hohen Sulfatkonzentrationen im Jahr 2014 auf die Sulfatfracht der Spree zu untersuchen, wurden Bilanzen für den gesamten dreijährigen Untersuchungszeitraum von Juli 2012 bis Juni 2015 und für das hydrologische Jahr 2014 erstellt und miteinander verglichen. Auf eine Bilanzierung von Sulfatfrachten in kürzeren Zeiträumen (Halbjahre, Quartale) wurde aufgrund der überwiegend geringen zeitlichen Datendichte an den behördlichen Messstellen (Monatswerte) verzichtet. Die **grundsätzliche Vorgehensweise für die Frachtberechnung** wird im Folgenden kurz erläutert.

Als Datengrundlage zur Bilanzierung der Sulfatfrachten in den **Fließgewässern** wurden die Terminmessungen verwendet, um die Durchflussabhängigkeit der Sulfatkonzentration zu berücksichtigen. Das schließt folglich nur die Terminmessungen ein, zu denen zeitgleich Durchfluss und Sulfatkonzentration vorliegen. An den behördlichen Gütemessstellen liegt durchschnittlich ein Wertepaar pro Monat vor.

Die Sulfatfrachten von **technischen Anlagen** (GWBA und Kraftwerke) sind zeitlich verhältnismäßig ausgeglichen. Der Datenumfang und die Art der Frachtermittlung spielt hier keine entscheidende Rolle. Das Kraftwerk Boxberg wird in der Sulfatbilanz der Spree nicht berücksichtigt, da der Kühlwasserbedarf des Kraftwerkes durch Ent-



nahmen aus der Spree und aus dem Vereinigten Schöps gedeckt wird. Die Ableitung des Kühlwassers in die Vorflut führt somit nicht zu einer Erhöhung der Sulfatfracht, aber zu einer Konzentrationserhöhung. Der Kühlwasserbedarf der Kraftwerke Schwarze Pumpe und Jänschwalde wird dagegen vollständig aus Sumpfungswasser gedeckt. Beide Kraftwerke müssen daher in die Sulfatbilanz einbezogen werden. Die Sulfateinträge aus den technischen Anlagen wurden in Abschnitt 7.2.1 ausgewertet.

Die Wasserbeschaffenheit in den **Bergbaufolgeseen** verändert sich nur sehr langsam. Die jährlich zwei- bis viermaligen Messungen des MHM sind zur Kennzeichnung der Sulfatfrachten der Ausleitungen aus den Bergbaufolgeseen deshalb ausreichend genau. Der Sulfataustrag aus den Bergbaufolgeseen der LMBV wurde in Abschnitt 7.2.2 diskutiert.

Die Frachten der **diffusen Stoffeinträge** entziehen sich in der Regel einer direkten Ermittlung. Sie werden aus der Stoffbilanz definierter Flussabschnitte invers berechnet.

Bei der Bilanzierung wurde berücksichtigt, dass alle Sulfateinträge einen natürlichen Anteil bzw. eine **natürliche Hintergrundkonzentration** aufweisen. Aus den langjährigen Untersuchungen zum Gütesteuermodell Spree (vgl. [U 5], [U 6], [U 10]) wurde eine durchflussgewichtete mittlere Sulfatkonzentration von etwa 70 mg/L für die natürliche Hintergrundkonzentration im Spreeeinzugsgebiet abgeleitet. Bei der Bilanzierung wurden alle Sulfateinträge um die natürliche Hintergrundbelastung bereinigt. Diese Korrektur wurde auch für die GWBA des aktiven Braunkohlenbergbaus in Ansatz gebracht, weil auch ein juveniles Grundwasser natürlicherweise Sulfat enthält.

Für die bergbaulich beeinflussten Spreeabschnitte zwischen dem Pegel Lieske und der Talsperre Spremberg, für die Talsperre Spremberg selbst sowie für den Nordraum zwischen dem Pegel Bräsinchen und dem Pegel Lübben am Ausgang des Spreewaldes werden detaillierte Zustrom-Abstrom-Bilanzen unter Berücksichtigung aller bekannten Zugänge berechnet. Zu den Sulfateinträgen im weiteren Spreeverlauf vom Spreewald bis Berlin liegen nur wenige Daten vor. Diese werden daher invers aus der Sulfatbilanz der Spree ermittelt.

Die Frachtberechnungen für den gesamten dreijährigen Untersuchungszeitraum von Juli 2012 bis Juni 2015 sind in der Anlage 6.1 und für das hydrologische Jahr 2014 in der Anlage 6.2 dokumentiert. In Bild 48 sind die Sulfatfrachten im Längsschnitt der Spree für den Untersuchungszeitraum und für das hydrologische Jahr 2014 im Vergleich dargestellt.

Die mittlere Sulfatfracht im **Zulauf zur Talsperre Spremberg** lag im dreijährigen Untersuchungszeitraum bei 169.800 t/a und im hydrologischen Jahr 2014 bei 161.300 t/a (Bild 48). Die höhere Sulfatfracht im dreijährigen Untersuchungszeitraum ist an deutlich höhere Durchflüsse gebunden. Der mittlere Durchfluss am Pegel Spremberg lag im dreijährigen Untersuchungszeitraum bei 16,6 m³/s und im hydrologischen Jahr 2014 bei 11,7 m³/s (siehe Anlage 6.1 und Anlage 6.2). Damit ergibt sich für den gesamten Untersuchungszeitraum eine durchflussgewichtete mittlere Sulfatkonzentration von 324 mg/L und für das hydrologische Jahr 2014 von 437 mg/L. Letztere fällt 33 % höher aus.

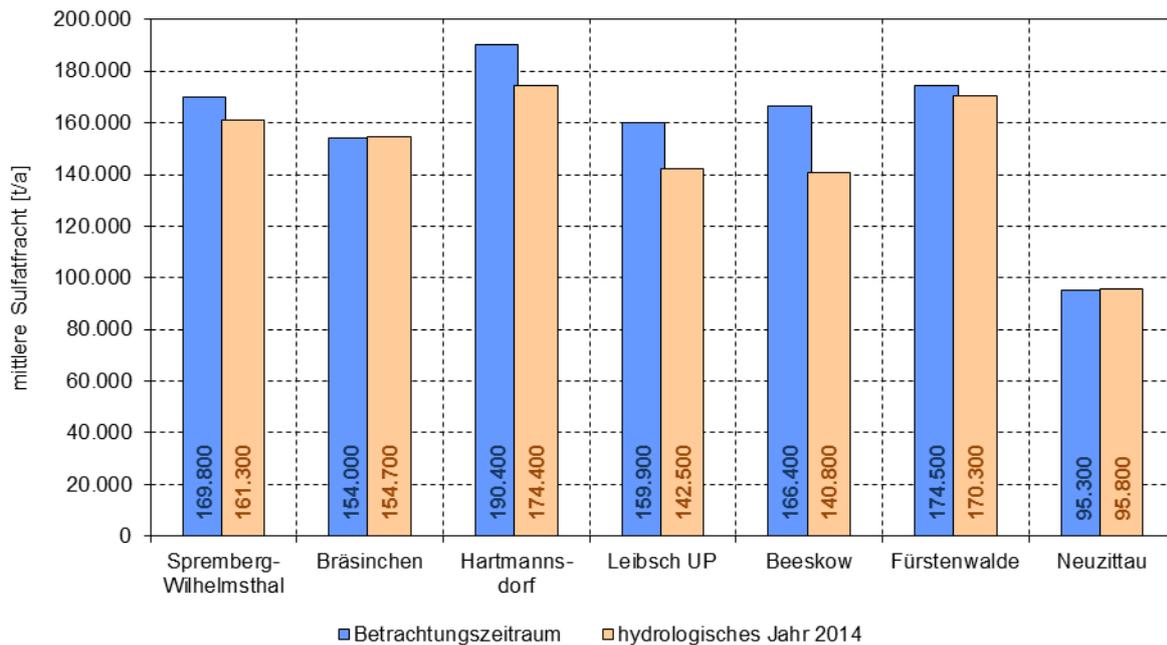


Bild 48: Sulfatfrachten im Längsschnitt der Spree zwischen Spremberg und Berlin für den gesamten dreijährigen Untersuchungszeitraum (blau) und für das hydrologische Jahr 2014 (orange)

Der mittlere Sulfateintrag aus technischen Anlagen lag mit 105.700 t/a im hydrologischen Jahr 2014 etwa +6 % höher als im dreijährigen Untersuchungszeitraum, der mit 99.400 t/a beziffert werden kann (vgl. Abschnitt 7.2.1). Der mittlere Sulfateintrag aus den Bergbaufolgeseen Bärwalde und Burghammer war mit 18.600 t/a im dreijährigen Untersuchungszeitraum bzw. 18.700 t/a im hydrologischen Jahr 2014 in beiden Auswertezwischenräumen etwa gleich groß (vgl. Abschnitt 7.2.2).

Der Sulfateintrag durch diffuse Grundwasserzutritte zur Spree und zur Kleinen Spree betrug im hydrologischen Jahr 2014 mit 11.700 t/a nur etwa 60 % im Vergleich im dreijährigen Untersuchungszeitraum (19.900 t/a). Als Ursache für den geringeren Sulfateintrag aus den diffusen Quellen im Jahr 2014 werden zum einen der kurze Auswertezwischenraum und die damit verbundene statistische Unsicherheit gesehen. Zum anderen kann aber auch davon ausgegangen werden, dass die Grundwasserzuflüsse im Jahr 2014 infolge gesunkener Grundwasserstände tatsächlich quantitativ zurückgegangen ist. Der für den gesamten Untersuchungszeitraum ermittelte Sulfateintrag deckt sich sehr gut mit den in Abschnitt 7.2.4 ermittelten Einträgen, die methodisch unabhängig ermittelt wurden.

Am **Ablauf der Talsperre Spremberg** wurde im hydrologischen Jahr 2014 eine mittlere Sulfatfracht von 154.700 t/a und für den gesamten Untersuchungszeitraum von 154.000 t/a ermittelt (Bild 48). Die mittlere Sulfatfracht der Spree verringerte sich in der Talsperre Spremberg im hydrologischen Jahr 2014 somit um etwa 6.600 t/a und im dreijährigen Untersuchungszeitraum im Mittel um etwa 15.800 t/a. Dies entspricht einer Verringerung der eingetragenen Sulfatfracht um 4 % (hydrologisches Jahr 2014) bzw. 9 % (Untersuchungszeitraum). Die Verringerung der Sulfatfracht wird auf die Versickerung in der Talsperre Spremberg und den damit verbundenen Sulfataustrag ins Grundwasser zurückgeführt, siehe [U 9]. Der geringere Verlust im



Jahr 2014 kann auf die niedrigeren Versickerungsmengen infolge des abgesenkten Stauspiegels in der Talsperre zurückgeführt werden.

Die mittlere Sulfatfracht der Spree stieg zwischen der Talsperre Spremberg und dem **Ausgang des Oberspreewaldes** (Gütemessstelle Hartmannsdorf) durch weitere Sulfateinträge auf 174.400 t/a im hydrologisches Jahr 2014 bzw. auf 190.400 t/a im dreijährigen Untersuchungszeitraum (Bild 48). Die höhere Fracht ist an höhere Durchflüsse gebunden. Der Durchfluss der Spree am Ausgang des Oberspreewaldes (Pegel Lübben) lag im hydrologischen Jahr 2014 bei 16,6 m³/s und im gesamten Untersuchungszeitraum bei 21,4 m³/s. Die durchflussgewichtete mittlere Sulfatkonzentration der Spree an der Gütemessstelle Hartmannsdorf lag somit im dreijährigen Untersuchungszeitraum bei 282 mg/L und im hydrologischen Jahr 2014 bei 334 mg/L (siehe Anlage 6.1 und Anlage 6.2).

Der mittlere Sulfateintrag aus den Bergbaufolgeseeen im Nordraum lag im hydrologischen Jahr 2014 mit 20.700 t/a etwas höher als der Eintrag im dreijährigen Untersuchungszeitraum (18.200 t/a). Der mittlere Sulfateintrag aus den technischen Anlagen war dagegen im hydrologischen Jahr 2014 mit 12.300 t/a etwas niedriger als im Untersuchungszeitraum (13.800 t/a). Wie im Südraum waren die mittleren Sulfateinträge aus diffusen Quellen auch im Nordraum im hydrologischen Jahr 2014 (12.600 t/a) geringer als im Untersuchungszeitraum (16.500 t/a). Der Unterschied wird auf das niedrigere Wasserdargebot zurückgeführt.

Aus der **Bilanz der Einträge** wurde für die Spree in Hartmannsdorf im hydrologischen Jahr 2014 eine mittlere Sulfatfracht von 209.900 t/a und im dreijährigen Untersuchungszeitraum von 212.900 t/a ermittelt. Die bilanzierten Sulfatfrachten liegen damit 12 % (im Untersuchungszeitraum) bzw. 20 % (im hydrologischen Jahr 2014) über den mittleren Sulfatfrachten, die aus den Messwerten berechnet wurden (siehe Anlage 6.1 und Anlage 6.2). Das Sulfatbilanzdefizit ist insofern sachlogisch, da aus langjährigen Wasserbilanzen für den Oberspreewald ein mittleres Bilanzdefizit von ca. -2,4 m³/s ermittelt wird. Bezogen auf den mittleren Durchfluss der Spree am Pegel Lübben ist das ein Defizit von etwa -11 % im Untersuchungszeitraum bzw. -15 % im hydrologischen Jahr 2014. Das Wasserbilanzdefizit entsteht dabei überwiegend durch die Versickerung ins Grundwasser. Der Spreewald liegt auf der pleistozänen Krausnik-Burg-Peitz-Gubener Hauptrinne mit mächtigen und geohydraulisch gut durchlässigen Grundwasserleitern.

Sowohl das Wasserbilanzdefizit als auch das Sulfatbilanzdefizit im Oberspreewald sind jeweils Nettogrößen. Auch der graduelle Unterschied zwischen beiden relativen Verlustgrößen ist sachlogisch, wenn auch wegen des begrenzten Datenkollektivs, insbesondere im hydrologischen Jahr 2014, in der ausgewiesenen Größenordnung unsicher. Die festgestellten Bilanzdefizite des Durchflusses und der Sulfatfrachten im Spreewald sollten durch geeignete Messprogramme verifiziert werden.

Durch die Überleitung von Spreewasser in das Einzugsgebiet der Dahme verringert sich die Sulfatfracht der Spree am **Pegel Leibsches**. Die mittlere Sulfatfracht am Ausgang des Unterspreewaldes lag im dreijährigen Untersuchungszeitraum bei 159.900 t/a und im hydrologischen Jahr 2014 bei 142.500 t/a (Bild 48). Die Verringerung der Sulfatfracht um 30.500 t/a im dreijährigen Untersuchungszeitraum bzw. um 31.900 t im hydrologischen Jahr 2014 hatte die gleiche Größenordnung. Aller-



dings war die im Mittel übergeleitete Wassermenge im hydrologischen Jahr 2014 mit $3,3 \text{ m}^3/\text{s}$ deutlich geringer als im dreijährigen Untersuchungszeitraum ($5,6 \text{ m}^3/\text{s}$).

Zwischen dem Pegel Leibsch und dem **Pegel Beeskow** erhält die Spree Zuflüsse aus dem Einzugsgebiet, wodurch sich die Sulfatfracht erhöht. Im dreijährigen Untersuchungszeitraum nahm die mittlere Sulfatfracht in diesem Spreeabschnitt um 6.500 t auf 166.400 t/a am Pegel Beeskow zu (Bild 48). Der mittlere Zufluss aus dem Einzugsgebiet lag im Untersuchungszeitraum bei rund $3,7 \text{ m}^3/\text{s}$. Wird die Zunahme des Durchflusses mit der Zunahme der Sulfatfracht in Beziehung gesetzt, ergibt sich für das Dargebot aus dem Einzugsgebiet eine durchflussgewichtete mittlere Sulfatkonzentration von rund 50 mg/L . Das deckt sich mit den verfügbaren Daten zur Wasserbeschaffenheit der lokalen Zuflüsse (z. B. Rocher Mühlenfließ, siehe Abschnitt 7.2.3). Für das hydrologische Jahr 2014 ergibt sich allerdings eine Verringerung der Sulfatfracht der Spree zwischen Leibsch und Beeskow um 1.700 t/a (Bild 48). Dies ist unplausibel, da der Durchfluss im Mittel um $2,2 \text{ m}^3/\text{s}$ zunimmt. Die berechnete Verringerung der Sulfatfracht im Jahr 2014 wird auf den kurzen Auswertzeitraum und die geringe Datendichte zurückgeführt (lediglich 13 Wertepaare pro Messstelle).

Die mittlere Sulfatfracht der Spree am **Pegel Fürstenwalde** lag im dreijährigen Untersuchungszeitraum bei 174.500 t/a und im hydrologischen Jahr 2014 bei 170.300 t/a (Bild 48). Der mittlere Durchfluss im Untersuchungszeitraum betrug rund $23,7 \text{ m}^3/\text{s}$ und im hydrologischen Jahr 2014 rund $20,4 \text{ m}^3/\text{s}$. Daraus ergibt sich eine durchflussgewichtete mittlere Sulfatkonzentration in der Spree von 282 mg/L im Untersuchungszeitraum bzw. von 334 mg/L im hydrologischen Jahr 2014. Die Zunahme der Sulfatfracht zwischen dem Pegel Beeskow und dem Pegel Fürstenwalde ist auf die Einmündung des Oder-Spree-Kanals sowie auf die Zuflüsse aus dem Einzugsgebiet zurückzuführen. Wird die Zunahme des Durchflusses mit der Zunahme der Sulfatfracht im Spreeabschnitt in Beziehung gesetzt, ergibt sich für die Zuflüsse eine durchflussgewichtete mittlere Sulfatkonzentration von 61 mg/L im Untersuchungszeitraum bzw. 188 mg/L im hydrologischen Jahr 2014. Der deutliche Unterschied zwischen den beiden Konzentrationen kann derzeit nicht widerspruchsfrei erklärt werden. Aufgrund des Konzentrationsniveaus wird vermutet, dass im hydrologischen Jahr 2014 ein beträchtlicher Teil der Durchflusszunahme zwischen Beeskow und Fürstenwalde aus dem Oder-Spree-Kanal stammt. Die Sulfatkonzentration im Oder-Spree-Kanal lag im hydrologischen Sommerhalbjahr 2014 über 200 mg/L (siehe Abschnitt 7.2.3). Die Durchflussdaten des Pegels Kersdorf stützen diese Vermutung allerdings nicht.

Durch die Überleitung von Spreewasser in den Oder-Spree-Kanal am Wehr Große Tränke verringert sich die mittlere Sulfatfracht in der Spree im dreijährigen Untersuchungszeitraum um 79.200 t auf 95.300 t/a oberhalb des Müggelsees (Neuzittau). Im hydrologischen Jahr 2014 verringert sich die mittlere Sulfatfracht der Spree durch die Wasserüberleitung um 74.500 t auf 95.800 t/a . Die mittleren Durchflüsse am **Pegel Hohenbinde** sind in beiden Auswertzeiträumen mit $13,2 \text{ m}^3/\text{s}$ im Untersuchungszeitraum bzw. $13,1 \text{ m}^3/\text{s}$ im hydrologischen Jahr 2014 etwa gleich groß. Die durchflussgewichtete mittlere Sulfatkonzentration der Spree vor Einmündung in den Müggelsee liegt für beide Auswertzeiträume bei rund 230 mg/L .



Die Auswertung der Sulfatfrachten im Längsschnitt der Spree zeigt, dass im Mittel des dreijährigen Untersuchungszeitraums rund 92 % der Sulfatfracht der Spree in Fürstenwalde dem bergbaubeeinflussten Spreeeinzugsgebiet stromoberhalb des Pegels Leibsch entstammen. Im hydrologischen Jahr 2014 liegt der Anteil bei 84 %. Dabei entstammen nur 65 % im hydrologischen Jahr 2014 bzw. 67 % im dreijährigen Untersuchungszeitraum des Durchflusses am Pegel Fürstenwalde dem oberen Spreeeinzugsgebiet. Dies bedeutet, dass die Zuflüsse zwischen dem Pegel Leibsch und dem Pegel Fürstenwalde nur eine geringe Sulfatbelastung aufweisen (siehe Abschnitt 7.2.5).

7.4 Signallaufzeiten

Im Sommer 2014 wurden bei Niedrigwasser über mehrere Wochen Sulfatkonzentrationen bis 600 mg/L in der Spree in Spremberg-Wilhelmsthal und bis 450 mg/L nördlich des Unterspreewaldes (Leibsch) gemessen (Abschnitt 7.2.5). In Beeskow, nahe der Uferfiltratfassung des Wasserwerkes Briesen, wurden in den Jahren vor 2013 überwiegend Sulfatkonzentrationen unter 250 mg/L gemessen. Im Jahr 2013 wurden hier erstmalig Sulfatkonzentrationen über 300 mg/L erfasst. Eine vergleichbare Situation stellte sich auch im Jahr 2014 dar.

Die LMBV hat in der Flutungszentrale Lausitz (FZL) ein Gütesteuermodell installiert, das sogenannte GSM Spree [U 5] und [U 10], das der Steuerung der Sulfatfrachten im oberen Spreegebiet dient. Zielstellung der Sulfatsteuerung ist die Einhaltung eines Immissionswertes von 450 mg/L Sulfat an der Gütemessstelle in Spremberg-Wilhelmsthal. Die fachlich Beteiligten gingen bislang davon aus, dass bei der Einhaltung dieses Immissionszieles in Spremberg-Wilhelmsthal im Unterstrom der Spree, speziell in Beeskow, eine Sulfatkonzentration von 250 mg/L nicht überschritten wird. Das Monitoring der Sulfatbelastung der Spree in den letzten drei Jahren [U 21] hat diese Annahme jedoch widerlegt.

Die Beobachtungen des Monitorings zur Sulfatbelastung der Spree in der Talsperre Spremberg [U 21] zeigen eine beträchtliche Retention (Fließzeit) in der Spree innerhalb des räumlichen Untersuchungsrahmens. Auf ein bestimmtes Sulfatsignal am Eingang bzw. am Ausgang der Talsperre Spremberg kann die Spree an den relevanten unterstromigen Gewässergütemessstellen (Leibsch, Beeskow) unterschiedlich reagieren. Das hängt wesentlich von der Entwicklung der hydrometeorologischen Bedingungen vor allem in den nördlichen Transformationsräumen während der Signallaufzeit ab. Zur Prognose der Sulfatbelastung im Unterstrom ist deshalb die Kenntnis der Signallaufzeiten erforderlich.

Zur Ermittlung der Signallaufzeiten werden zwei methodisch unterschiedliche Wege gesehen:

- ein großmaßstäblicher hydraulischer Test und/oder Tracertest in der Spree sowie
- eine deterministische Modellierung der instationären Fließgewässerhydraulik und des Stofftransportes in der Spree



Für einen hydraulischen und/oder Tracertest in der Spree können folgende Signale genutzt werden:

- (1) Natürliche Signale: Hochwasserwellen
- (2) Künstliche Signale: Markante Stellhandlungen:
 - Das spontane Öffnen oder Schließen des Ausleiters eines Bergbaufolgesees mit einem intensiven hydraulischen und/oder chemischen Signal.
 - Die deutliche Veränderung der Ausleitmengen einer Talsperre (Verringerung oder Erhöhung).
 - Die Revision einer technischen Anlage mit relevantem Volumenstrom und/oder relevanter Sulfatkonzentration (z. B. die Außer- und/oder Wiederinbetriebnahme einer GWBA bzw. relevanter Teile davon).

Am günstigsten lassen sich Signallaufzeiten durch natürliche Ereignisse nachverfolgen. Als solches hatte sich das Hochwasser im Juni 2013 angeboten, das vom LUGV durch verdichtete Messungen der Wasserbeschaffenheit begleitet wurde. Die Beobachtungen des Monitorings und des Hochwassers 2013 zeigen, dass:

- die Talsperre Spremberg (gemessen in Bräsinchen) das Signal der Sulfatkonzentration vom Oberlauf (gemessen in Spremberg-Wilhelmsthal) um etwa 3 bis 10 Tage verzögert, jedoch nur vergleichsweise wenig dämpft (siehe Bild 38),
- die weitere Translation des Sulfatsignals von der Talsperre Spremberg bis zum Spreewald nur mit geringer zeitlicher Verzögerung und nahezu ohne Signaldämpfung erfolgt,
- durch die Teilung der Hauptströme der Spree im Spreewald das Sulfatsignal bis zum Pegel Hartmannsdorf etwas gespreizt und damit gedämpft, aber nur vergleichsweise wenig zeitlich verzögert wird ¹⁾,
- der Unterspreewald nur wenig zur Verzögerung und Dämpfung des Sulfattransports in der Spree beiträgt,
- der Neuendorfer See entsprechend seines kleinen Seevolumens den Sulfattransport lediglich um 1 bis 3 Tage ohne maßgebliche Signaldämpfung verzögert,
- die Wirkung des Schwielochsees auf den Sulfattransport nicht abschließend geklärt ist²⁾, aber offensichtlich nur eine geringe Retention und Dämpfung ausübt und
- zwischen dem Neuendorfer See und dem Müggelsee die Sulfatkonzentration durch Gebietszuflüsse und durch Zufluss aus der Scheitelwasserhaltung des Oder-Spree-Kanals anteilig unterschiedlich verdünnt wird.

- 1) Differenzen der Sulfatkonzentrationen im Oberlauf und im Unterlauf des Spreewaldes haben im Wesentlichen ihre Ursache in den jahreszeitlich stark unterschiedlichen Sulfateinträgen aus dem Nordraum des Sanierungsbergbaus. Der Sulfataustrag aus dem Nordraum ist im Winterhalbjahr sehr hoch und trifft auf verdünnte Sulfatkonzentrationen in der Spree infolge jahreszeitlich erhöhter Durchflüsse. Im Sommerhalbjahr ist der Sulfataustrag aus dem Nordraum deutlich geringer und trifft in der Regel auf hohe Sulfatkonzentrationen in der Spree.
- 2) Die Signale niedriger Sulfatkonzentrationen während der Hochwässer im Juli 2012 und im Juni 2013 hatten den Schwielochsee in wenigen Tagen passiert. Das deutet darauf hin, dass der Schwielochsee nur anteilig in den Stoffaustausch mit der Spree einbezogen ist.



Das Stoffsignal des Junihochwassers 2013 wurde vom LUGV zeitlich dicht überwacht. Vom Zulauf zur Talsperre Spremberg bis zum Müggelsee betrug die stoffliche Signallaufzeit des Hochwassers im Juni 2013 etwa 16 Tage. Unter den Bedingungen lang anhaltender Niedrigwasserabflüsse und gleichbleibend hoher Sulfatkonzentrationen in der Talsperre Spremberg wird eine stoffliche Signallaufzeit von ca. zwei bis drei Monate vom Zulauf der Talsperre Spremberg bis Beeskow beobachtet. In dieser Zeit kann die Sulfatkonzentration in der Spree in Beeskow nahezu auf die gleichen Werte wie im Ablauf der Talsperre Spremberg steigen, wenn die verdünnend wirkenden Gebietsabflüsse in dieser Zeit ausbleiben.

Perioden mit lang anhaltenden Niedrigwasserabflüssen in der Spree sind folglich besonders kritisch für die Sulfatbelastung. Bei gelegentlichen Hochwässern wird die Sulfatkonzentration in der Spree bis Beeskow hinreichend verdünnt. Bereits Hochwasser mit etwa 2·MQ (25 bis 30 m³/s am Pegel Spremberg) erfüllen diesen Zweck.

Die Fehleinschätzung bzgl. des Zusammenhanges zwischen dem Immissionswert der Sulfatkonzentration in Spremberg-Wilhelmsthal und der Sulfatkonzentration in Beeskow hat ihre Ursache in einem einfachen statistischen Vergleich beider Datenkollektive ohne Berücksichtigung der zeitlichen Transformation des Sulfatsignals.

Ein hydraulischer und/oder Tracertest in der Spree erscheint auf dem ersten Blick praktisch und genehmigungsrechtlich kaum durchführbar. Die Tatsache, dass im oberen Einzugsgebiet der Spree jedoch Akteure tätig sind, die Stellhandlungen mit maßgeblichen Änderungen des Durchflusses (LTV, LUGV) und auch der Wasserbeschaffenheit (LMBV, VE-M) der Spree ausführen bzw. ausführen können, rückt einen Tracerversuch in den Bereich des Machbaren.



7.5 Bewertung der bisherigen Maßnahmen

Die Sulfatbelastung der Spree im Zulauf der Talsperre Spremberg wird von der Flutungszentrale Lausitz (FZL) der LMBV gesteuert. Die Steuerung der Sulfatlast erfolgt durch Regelung der Ausleitmengen aus den Bergbaufolgeseen Burghammer und Bärwalde sowie den Talsperren Quitzdorf und Bautzen. Das Ziel der Steuerung ist die Einhaltung des Immissionszieles von 450 mg/L Sulfat in Spremberg-Wilhelms-thal. Die Freiheitsgrade der Sulfatsteuerung leiten sich aus der nicht regelbaren Sulfatvorbelastung in der Spree, den notwendigerweise abzuleitenden Bilanzüberschüssen aus den Bergbaufolgeseen, insbesondere Burghammer, sowie aus dem verfügbaren Dargebot an sulfatarmen Verdünnungswasser ab.

Der Speicher Burghammer weist eine überschüssige Grundwasserbilanz auf (siehe Abschnitt 7.2.2). Um den Wasserstand im Speicher Burghammer zu halten, muss der Bilanzüberschuss in die Vorflut abgegeben werden. Die Ausleitung des sulfatreichen Seewassers führt aber zu einer Erhöhung der Sulfatkonzentration in der Spree. Um den Anstieg der Sulfatkonzentration in der Spree zu begrenzen bzw. die Sulfatkonzentration auf dem bestehenden Niveau zu halten, wird gleichzeitig sulfatarmses Verdünnungswasser aus dem Speicher Bärwalde abgegeben. Zudem besteht die Möglichkeit, die Sulfatvorbelastung der Spree durch Erhöhung der Abgabemengen aus den Talsperren Quitzdorf und Bautzen zu verringern.

Die Freiheitsgrade der Sulfatsteuerung waren im Jahr 2014 durch die Sanierungsarbeiten an der Staumauer der Talsperre Spremberg eingeschränkt. Dabei sind die folgenden zwei Sachverhalte maßgeblich:

1. Die Talsperre Spremberg konnte während der Sanierungsarbeiten in den abflussarmen Sommermonaten nicht für die Niedrigwasseraufhöhung im Unterlauf der Spree genutzt werden. Die Niedrigwasseraufhöhung im Jahr 2014 musste daher aus den sächsischen Talsperren Bautzen und Quitzdorf erfolgen.
2. Um das Risiko eines Durchbrechens relevanter Eisenkonzentrationen durch die Talsperre Spremberg während der Sanierungsarbeiten zu mindern, erfolgte in der Vorsperre Bühlow eine Wasserbehandlung zur Eisenabscheidung. Für eine stabile Wasserbehandlung sollte ein Durchfluss von 15 m³/s im Zulauf der Vorsperre Bühlow möglichst nicht überschritten werden.

Die zusätzliche Abgabe von sulfatarmen Wasser aus den Talsperren Bautzen und Quitzdorf sowie aus dem Speicher Bärwalde zur Verdünnung der Ausleitung des Speichers Burghammer war im hydrologischen Jahr 2014 somit nur eingeschränkt möglich. Zu dem waren die sächsischen Talsperren zu Beginn des hydrologischen Sommerhalbjahres 2014 in Folge der ungünstigen hydrometeorologischen Verhältnisse im hydrologischen Winterhalbjahr nicht vollständig gefüllt (siehe Abschnitt 5). Die bis dato in den Talsperren verfügbaren Wasserressourcen mussten somit sparsam genutzt werden. Dabei hatte die Niedrigwasseraufhöhung für den Unterlauf der Spree Vorrang vor der Sulfatsteuerung. Um ein Minimum an Freiheitsgraden zur Sulfatsteuerung während der Sanierungsarbeiten an der Mauer der Talsperre Spremberg zu erhalten, wurde das Immissionsziel für Sulfat für diesen Zeitraum temporär auf 500 mg/L angehoben.



Zwischen November 2013 und März 2014 konnte die Ausleitung von sulfatreichem Wasser aus dem Speicher Burghammer durch die Zugabe von sulfatarmem Wasser aus dem Speicher Bärwalde ausreichend verdünnt werden. Die Sulfatkonzentration der Spree in Spremberg-Wilhelmsthal lag in diesem Zeitraum unter dem Immissionsziel von 450 mg/L (siehe Abschnitt 7.2.5.3).

Zwischen März und Mai 2014 lag die Sulfatkonzentration in Spremberg-Wilhelmsthal in Folge des rückläufigen Wasserdargebots aus dem oberen Einzugsgebiet der Spree und der damit einhergehenden erhöhten Sulfatvorbelastung auf dem Niveau des Immissionszieles von 450 mg/L bzw. darüber. Aus dem Speicher Burghammer wurde in diesen zwei Monaten nur an 14 Tagen eine geringe Wassermenge von maximal 1 m³/s abgegeben. Eine zeitgleiche Wasserabgabe aus dem Speicher Bärwalde erfolgt nicht. Die Ausleitung aus dem Speicher Burghammer hatte keinen erkennbaren Einfluss auf die Sulfatkonzentration der Spree (siehe Abschnitt 7.2.5.3).

Im Mai 2014 wurden dann nahezu durchgehend 2 m³/s aus dem Speicher Burghammer ausgeleitet. Da diese Ausleitung nicht durch entsprechende Abgaben aus dem Speicher Bärwalde verdünnt werden konnte, stieg die Sulfatkonzentration der Spree in Spremberg-Wilhelmsthal bis auf ca. 600 mg/L. Im Mai 2014 begann zudem die Absenkung des Wasserstandes in der Talsperre Spremberg für die Sanierungsarbeiten an der Staumauer (siehe Abschnitt 7.2.5.4).

Zwischen Juni und August 2014 erfolgte eine ca. vierwöchige Ausleitung aus dem Speicher Burghammer mit maximal 0,5 m³/s. Die Ausleitung wurde durch eine Wasserabgabe aus dem Speicher Bärwalde in gleicher Höhe verdünnt. Die Sulfatkonzentration der Spree in Spremberg-Wilhelmsthal stieg während der Ausleitung auf maximal 550 mg/L (siehe Abschnitt 7.2.5.3).

Anfang August 2014 war die Absenkung des Wasserstandes in der Talsperre Spremberg abgeschlossen und die Sanierungsarbeiten begannen. Im August 2014 wurde zudem die Wasserbehandlung zur Eisenabscheidung in der Vorsperre Bühlow aufgenommen (Punkt 2). Die Ausleitung aus dem Speicher Burghammer konnte im August durch Limitierung des Durchflusses im Zulauf zur Talsperre Spremberg nicht durch entsprechende Abgaben sulfatarmen Wassers aus den sächsischen Talsperren oder aus dem Speicher Bärwalde verdünnt werden. Infolge dessen stieg die Sulfatkonzentration der Spree in Spremberg-Wilhelmsthal im August 2014 über 600 mg/L (siehe Abschnitt 7.2.5.3).

Ab September 2014 nahm das Wasserdargebot aus dem oberen Einzugsgebiet der Spree deutlich zu, wodurch die Sulfatvorbelastung der Spree zurückging. Infolge des höheren natürlichen Wasserdargebots der Spree standen die Wasserressourcen der sächsischen Talsperren auch für die Sulfatsteuerung wieder zur Verfügung. Die Ausleitungen aus dem Speicher Burghammer konnten somit zwischen September und November 2014 durch Zugabe sulfatarmen Wassers aus dem Speicher Bärwalde und aus der Talsperre Bautzen ausreichend verdünnt werden. Die Sulfatkonzentration der Spree in Spremberg-Wilhelmsthal lag in diesem Zeitraum auf dem Niveau des Immissionszieles von 450 mg/L (siehe Abschnitt 7.2.5.3). In den sächsischen Talsperren Bautzen und Quitzdorf wurden im Jahr 2014 in Summe 20 Mio. m³ für die Niedrigwasseraufhöhung und die Sulfatsteuerung vorgehalten. Davon wurden aufgrund der zuvor erläuterten Einschränkungen ca. 12,3 Mio. m³ bzw. 61 % abgerufen.



8 Schlussfolgerungen

Aus den durchgeführten Untersuchungen können folgende maßgeblichen Schlussfolgerungen hinsichtlich der Sulfatbelastung der Spree abgeleitet werden:

(1) Zur langfristigen Entwicklung der Sulfateinträge und –konzentrationen (Betrachtungszeitraum von 2008 bis 2015)

Die hydrologischen Jahre 2010 bis 2013 waren im langjährigen Vergleich eine Periode mit durchgängig erhöhtem Wasserdargebot. Insbesondere das hydrologische Sommerhalbjahr 2010 und das darauf folgende hydrologische Winterhalbjahr 2011 führten durch anhaltend hohe Niederschläge zu sehr hohen Grundwasserneubildungsraten. Sie beschleunigten den Grundwasserwiederanstieg in den Gebieten des Sanierungsbergbaus der LMBV und führten zum Grundwasseranschluss zahlreicher Fließgewässer. Die Folge war das scheinbar plötzliche und flächendeckende Erscheinen diffuser Stoffeinträge, die durch das Eisen auffällig markiert waren. In dieser Periode erreichten und überschritten zahlreiche Bergbaufolgeseen außerdem ihre geotechnisch begründeten Zielwasserstände, woraus die Notwendigkeit erwuchs, aus Gründen der geotechnischen Sicherheit das Wasser aus den Bergbaufolgeseen in die Vorflut auszuleiten. Dieser Zeitpunkt markiert einen deutlichen Anstieg der Stoffausträge aus dem Sanierungsbergbau.

Insbesondere ab dem Jahr 2010 wird auch ein Anstieg der Sulfatfrachten aus dem aktiven Braunkohlenbergbau der VE-M beobachtet. Die Gründe hierfür sind im Einzelnen nicht bekannt. Zumindest als anteilige Ursache wird auch hier die erhöhte Grundwasserneubildung vermutet, die zu einer Erhöhung der Sumpfungleistungen in den Tagebauen zwang, um geotechnische Grenzwasserstände einzuhalten. Der erhöhte Sulfataustrag aus den Braunkohlentagebauen wurde in der Spree in Hinblick auf die Sulfatkonzentration zunächst durch das hohe Wasserdargebot kompensiert.

(2) Zur Dynamik der Sulfatkonzentration (Untersuchungszeitraum von Juli 2012 bis Juni 2015)

Die Transformation des Sulfatsignals in der Spree von Spremberg bis Briesen wird durch zwei Prozesse maßgebliche beeinflusst:

- durch die zeitliche und räumliche Translation des Sulfatsignals aus dem oberen Spreegebiet (Immissionspegel Spremberg-Wilhelmsthal) und
- durch verdünnend wirkende Zuflüsse (Wasserdargebot der Einzugsgebiete und entsprechende Einleiter).

Aus der intensiven Beobachtung des Sommerhochwassers im Juni 2013 konnte eine stoffliche Signallaufzeit in der Spree von Spremberg bis Briesen von etwa 14 Tagen ermittelt werden. Für derzeit typische Abflüsse der Spree im Bereich von 8 bis 12 m³/s am Pegel Spremberg, was etwa (0,5...0,8)·MQ entspricht, wurden auf indirektem Weg Signallaufzeiten von etwa 2 bis 3 Monaten abgeleitet.



Kritische Situationen hinsichtlich der Sulfatkonzentration entwickeln sich im Unterlauf der Spree dann, wenn das Immissionsziel in Spremberg-Wilhelmsthal anhaltend überschritten wird und die Durchflüsse, insbesondere jedoch das Gebietsdargebot im Unterlauf der Spree, zugleich anhaltend niedrig sind. In diesem Fall steigt die Sulfatkonzentration entlang der Spree auf die hohen Konzentrationswerte im Oberstrom der Spree an. Gelegentliche und zeitweilige Überschreitungen der Immissionsziele im Oberlauf der Spree werden durch die Translationszeit im Spreegebiet in der Regel kompensiert.

(3) Zu den speziellen Verhältnissen im hydrologischen Jahr 2014

Die Jahresmittelwerte des Niederschlags, der potentiellen Verdunstung und der klimatischen Wasserbilanz des hydrologischen Jahres 2014 lagen im Bereich der Mittelwerte der verwendeten 20-jährigen meteorologischen Vergleichsreihe. Die hydrometeorologische Vorgeschichte sowie die deutlich vom langjährigen Mittel abweichende innerjährliche und regionale Verteilung der klimatischen Komponenten führten jedoch zu einer besonderen Dargebotssituation im hydrologischen Jahr 2014.

Die hydrometeorologischen Verhältnisse insbesondere im oberen Einzugsgebiet der Spree waren im hydrologischen Jahr 2014 für die Abflussbildung ungünstig. Der Überschuss der klimatischen Wasserbilanz lag im hydrologischen Winterhalbjahr 2014 deutlich niedriger als der langjährige Mittelwert. Infolge dessen konnten die wasserwirtschaftlichen Speicher im Oberlauf der Spree sowie das Grundwasser nicht ausreichend gefüllt werden. Die Niederschlagsereignisse im Sommerhalbjahr 2014 waren episodisch von hoher Intensität aber überwiegend von kurzer Dauer. Sie waren dadurch kaum abflusswirksam und nicht grundwasserneubildend. Die ungünstige hydrometeorologische Konstellation hielt vorerst bis Mitte 2015 an

Für die LMBV bestand auch im Jahr 2014 der Zwang, aus bestimmten Bergbaufolgeseen Wasser abzuleiten, um die geotechnischen Grenzwasserstände einzuhalten bzw. nach einer vorherigen Überschreitung wieder zu erreichen. Davon waren der Bernsteinsee (RL Burghammer), der Lichtenauer See (RL F) und der Schlabendorfer See (RL 14/15) betroffen. Diese Seen sind zugleich durch hohe Sulfatkonzentrationen gekennzeichnet. Diese Bergbaufolgeseen erzeugen aufgrund ihrer hydrogeologischen Konstellation dauerhaft einen Wasserbilanzüberschuss, der weitgehend unabhängig vom innerjährlichen Witterungsverlauf entsteht. Deshalb müssen die Bilanzüberschüsse dieser Bergbaufolgeseen auch in der Zukunft mehr oder weniger kontinuierlich in die Vorflut ausgeleitet werden.

Die hohen Sulfateinträge aus den Anlagen der VE-M und aus den Bergbaufolgeseen der LMBV wurden im Jahr 2014 durch das natürliche Wasserdargebot nicht mehr ausreichend verdünnt. Von März bis September 2014 wurden durchgehend hohe Sulfatkonzentrationen am Immissionspegel in Spremberg-Wilhelmsthal gemessen, die dauerhaft über den temporär angehobenen Zielwert von 500 mg/L lagen.



Das zeitlich anhaltende Absenken des Wasserspiegels in der Talsperre Spremberg im Sommer und Herbst 2014 hatte einen vergleichsweise geringen Einfluss auf die Sulfatbelastung der Spree im Unterstrom. Zumal die Sulfatbelastung als hohe Konzentrationswerte bereits im März 2014 einsetzte, als die Talsperre Spremberg noch weitgehend gefüllt war. Ansonsten sind die Wirkungen der Talsperre Spremberg auf die Sulfatkonzentration in der Spree wie folgt einzuschätzen:

- Eine konzentrationsmindernde Wirkung hat die Talsperre Spremberg nicht.
- Durch Versickerungsverluste hat die Talsperre Spremberg eine frachtmindernde Wirkung. Sie lässt sich auf der Grundlage der täglichen Messungen von Juli 2012 bis Juni 2015 im Mittel mit etwa 9 % der Sulfatfracht am Pegel Spremberg-Wilhelmsthal (Emissionen des Südraumes) schätzen. Die Versickerung und damit die frachtmindernde Wirkung der Talsperre Spremberg fällt bei hohem Einstau etwas stärker und bei niedrigem Einstau entsprechend geringer aus. Die wasserstandsabhängigen Versickerungsraten der Talsperre Spremberg sind derzeit nicht bekannt.
- Durch das geringere Wasservolumen während der Absenkphase von Juli bis November 2014 wurde die Retentionszeit des Spreewassers in der Talsperre Spremberg deutlich verkürzt und die Translation des Sulfatsignals entsprechend beschleunigt. Bei einem hohen Füllstand hat die Talsperre Spremberg eine verzögernde Wirkung für den Transport des Sulfats. Das erhöht die Wahrscheinlichkeit, dass während der Translationszeit insbesondere im Unterlauf der Spree Niederschläge auftreten, die ein Wasserdargebot generieren, das eine sulfatverdünnende Wirkung entfaltet.

Zwischen Juli 2012 und Juni 2015 wurden folgende Überschreitungen der pegelspezifischen Immissionsziele in der Spree beobachtet (Tabelle 12):

Tabelle 12: Überschreitungshäufigkeit der Immissionsziele im dreijährigen Untersuchungszeitraum und im hydrologischen Jahr 2014

Immissionspegel	Immissionsziel	Überschreitungen Jul 2012 – Jun 2015	Überschreitungen 2014
Spremberg-Wilhelmsthal	450 mg/L als 90-Perz	24 %	50 %
Leibsch	300 mg/L als 90-Perz	55 %	92 %
Neubrück	280 mg/L als 90-Perz	39 %	67 %
Briesen ¹⁾	250 mg/L ²⁾	41 %	57 %

- 1) Das Bilanzprofil Briesen ist kein behördlich definierter Immissionspegel. Hier befindet sich aber das Infiltrationspumpwerk des Wasserwerkes Briesen zur Gewinnung von Uferfiltrat. Da Sulfat bei der Grundwasserpassage und im Wasserwerk kaum zurückgehalten werden kann, wird für dieses Bilanzprofil eine Sulfatkonzentration unterhalb des Trinkwassergrenzwertes von 250 mg/L Sulfat im Spreewasser angestrebt.
- 2) Der angeführte Wert von 250 mg/L entspricht dem Trinkwassergrenzwert für Sulfat und ist kein behördlich definiertes Immissionsziel.



(4) Zur Wirkung von Steuermaßnahmen

Die Steuerung der Ausleitung des sulfatreichen Wassers aus dem Speicher Burghammer wurde von der FZL immer in Verbindung mit einer Ausleitung des sulfatarmen Wassers aus dem Speicher Bärwalde betrieben. Die Verhältnisse der Volumenströme wurden unter Berücksichtigung der Vorbelastung der Spree so eingestellt, dass der Immissionswert am Pegel Spremberg-Wilhelmsthal möglichst nicht überschritten wird.

Insgesamt zeigt sich, dass die Freiheitsgrade der Sulfatsteuerung im hydrologischen Jahr 2014 stark eingeschränkt waren. Zum einen war wegen den Sanierungsarbeiten an der Talsperre Spremberg eine Anpassung der Mengenbewirtschaftung im oberen Einzugsgebiet der Spree erforderlich. Da die Talsperre Spremberg für den Zeitraum der Sanierung nicht für die Niedrigwasseraufhöhung genutzt werden konnte, musste diese Funktion von den sächsischen Talsperren Bautzen und Quitzdorf übernommen werden. Diese waren aber infolge des geringen Wasserdargebots im hydrologischen Winterhalbjahr 2014 am Anfang des Sommerhalbjahres nicht vollständig gefüllt. Da zu diesem Zeitpunkt die weitere Entwicklung der Dargebotsverhältnisse im Spree-einzugsgebiet nicht vorhersehbar war, musste mit den verfügbaren Wasserressourcen entsprechend sparsam umgegangen werden. Dabei hatte die Niedrigwasseraufhöhung Vorrang vor der Sulfatsteuerung. Ab September 2014 nahm das Wasserdargebot im oberen Einzugsgebiet der Spree deutlich zu, wodurch eine vollständige Inanspruchnahme der in den sächsischen Talsperren für die Niedrigwasseraufhöhung vorgehaltenen Wasserressourcen unwahrscheinlich wurde. Daher wurden die verfügbaren Wasserressourcen ab September 2014 auch für die Sulfatsteuerung eingesetzt.

Zur Begrenzung der Sulfatbelastung der Spree bei Ausleitung aus dem Speicher Burghammer stand im hydrologischen Jahr 2014 nur das sulfatarme Wasser des Speichers Bärwalde zur Verfügung. Infolge des geringen Wasserdargebots aus dem oberen Einzugsgebiet wies die Spree zwischen März und September 2014 auch eine erhöhte Sulfatvorbelastung auf. In diesem Zeitraum lag die Sulfatkonzentration der Spree vor Einmündung der Kleinen Spree nahezu durchgehend auf dem Niveau des Immissionszieles von 450 mg/L oder darüber (siehe Abschnitt 7.2.5). Die weitere Erhöhung der Sulfatkonzentration in der Spree bei Ausleitung aus dem Speicher Burghammer konnte durch die Ausleitung aus dem Speicher Bärwalde in diesem Zeitraum zwar gemildert aber aufgrund der hohen Sulfatvorbelastung nicht vollständig kompensiert werden. Die dafür erforderlichen Wassermengen standen im Speicher Bärwalde nicht zur Verfügung. Die ab August 2014 erforderliche Begrenzung des Durchflusses der Spree für die Wasserbehandlung zur Eisenabscheidung in der Vorsperre Bühlow schränkte die Sulfatsteuerung zusätzlich ein. Eine vollständige Einstellung der Ausleitung aus dem Speicher Burghammer in diesem Zeitraum war ebenso wenig möglich, da der Bilanzüberschuss des Speichers zwingend abgeleitet werden muss. Ab September 2014 stand dann auch das sulfatarme Wasser in den sächsischen Talsperren Bautzen und Quitzdorf für die Sulfatsteuerung zur Verfügung.

Die Neißewasserüberleitung war 2014 ganzjährig nicht in Betrieb.



9 Empfehlungen

9.1 Sulfatmonitoring

Als Voraussetzung zur Verbesserung des Systemverständnisses und als Grundlage für die geplante Modellentwicklung (Abschnitt 9.2) werden folgende Vorschläge zur Qualifizierung des Sulfatmonitorings im betroffenen Spreegebiet unterbreitet:

- (1) Einrichtung von Dauermessstellen mit kontinuierlicher Erfassung der elektrischen Leitfähigkeit (analog der Messstelle in Spremberg-Wilhelmsthal)
 - Spree in Leibsch (Immissionspegel)
 - Spree in Briesen
 - Großes Fließ in Fehrow
- (2) Verdichtung der Messreihen für Sulfat mit mindestens einer wöchentlichen Probennahme an ausgewählten Gütepegeln:
 - Spree in Hartmannsdorf
 - Spree in Leibsch (Immissionspegel)
 - Spree in Briesen
 - Großes Fließ in Fehrow
- (3) Qualifizierte Stichtagsmessungen zur Erfassung der Durchflüsse und Sulfatkonzentrationen im Einzugsgebiet der Spree zwischen Leibsch und Beeskow.
- (4) Schließen von Daten- und Kenntnislücken insbesondere zum Spreewald und zum unteren Spreegebiet:
 - Klären der Bewirtschaftungsregeln der Hauptströme des Spreewaldes
 - Klären der limnologischen Funktionalität des Neuendorfer Sees
 - Klären der limnologischen Funktionalität des Schwielochsees
- (5) Einbeziehung weiterer Einleiter in das Meldesystem des Gewässergütemanagements:
 - GWRA und KW Jänschwalde
 - Bergbaufolgeseen des Nordraumes

Die Empfehlung (1) orientiert weniger an der Nutzung der genannten Pegel für die Sulfatsteuerung, sondern auf das Erkennen der Zusammenhänge zwischen der Wasserführung und der Sulfatkonzentration. Sie dient mithin der Quantifizierung der Translation des Sulfatsignals, das in Spremberg-Wilhelmsthal und am Ausgang der Talsperre Spremberg durch tägliche Beprobungen mit einer hohen zeitlichen Dichte erfasst wird.

Die monatlichen Beprobungen der Spree sind nicht geeignet, die Translation des Sulfatsignals ausreichend sicher zu beschreiben, zumal die Beprobungstermine aus hydrologischer Sicht willkürlich gewählt und Fehler in den Daten enthalten sind. Das



Monitoring der LMBV zur Sulfat- und Eisenbelastung erfasst wöchentlich Werte. Die Datenreihen lassen systemanalytische Zusammenhänge erkennen. Vergleichbare Messungen werden laut der Empfehlung (2) für die Spree in Hartmannsdorf, in Leibsch und in Briesen sowie für das Große Fließ in Fehrow vorgeschlagen. Das gesamte empfohlene Messkonzept zur Verfolgung der Transformation des Sulfatsignals in der Spree ist in der Tabelle 13 enthalten.

Tabelle 13: Maßgebliche Messstellen zur Charakterisierung der Transformation des Sulfatsignals

Transformationsräume nach Abschnitt 3.2			Fließgewässer	Relevante Messstellen	
				Durchfluss	Sulfat
I.	II.a		Spree	Lieske	1)
			Schwarzer Schöps	Reichwalde	1)
			Kleine Spree	Burg 2	1)
	II.b		Spree	Spremberg-Süd	Spremberg-Wilhelmsthal
			Spree	Bräsinchen	Bräsinchen
	II.c		Spree	Schmogrow	2)
			Großes Fließ	Fehrow	Fehrow
		III.		Spree	Lübben
			Spree	Fürstenwalde	Briesen

1) Abbildung durch Signalmodelle ausreichend

2) Übertragung des Sulfatsignals von Bräsinchen

Das methodische Instrumentarium der Stichtagsmessungen in begrenzten Einzugsgebieten bzw. Teileinzugsgebieten laut der Empfehlung (3) dient der Erstellung geschlossener Wasser- und Stoffbilanzen in einer quasistationären Phase. Stichtagsmessungen sind geeignet, Daten- und Erkenntnislücken aufzudecken.

Beobachtungen im Frühsommer 2015 haben gezeigt, dass die Transformation des Sulfatsignals im Spreewald durch die Lenkung der Volumenströme in den Spreewaldfließen am Wehr Schmogrow beeinflusst wird. Für die Interpretation der Daten des Sulfatmonitorings insbesondere in Hartmannsdorf und Leibsch, für die zeitliche Translation des Sulfatsignals, für die Modellentwicklung (Abschnitt 9.2) und für die Ableitung von Steuerempfehlungen ist es erforderlich, die Regeln zu kennen und zeitnah über veränderte Regulierungen informiert zu werden.

Gemäß den vorliegenden Daten wird der Neuendorfer See von der Spree offensichtlich vollständig durchströmt. Die Wirkung des Neuendorfer Sees beschränkt sich entsprechend der konkreten Verweilzeit auf eine zeitliche Verzögerung des Sulfatsignals. Aufgrund der deutlich kürzeren Verweilzeit im Vergleich zur Talsperre Spremberg ist die Dämpfung des Sulfatsignals, das nach der Passage des Spreewaldes verschliffen wird, gering.

Die wenigsten Erkenntnisse liegen zum Verhalten des Schwiellochsees hinsichtlich der Transformation des Sulfatsignals vor. Gemäß den vorliegenden Daten ist nur ein kleiner Teil des Volumens des Schwiellochsee in den Stoffaustausch mit der Spree einbezogen. Die Fragen zur limnologischen Funktionalität des Neuendorfer Sees und des Schwiellochsees können durch geeignete Messprogramme aufgeklärt werden. Die Klärung dieser Fragestellungen ist Voraussetzung für die beabsichtigte Modellentwicklung (Abschnitt 9.2).



Der Betrieb der Datenerfassung im Rahmen des GGM hat sich bewährt. Hieraus bezieht das GSM Spree zeitaktuelle Eingangsdaten zu den maßgeblichen Einleitern für die wöchentlichen Sulfatprognosen zum Immissionspegel Spremberg-Wilhelmsthal. Die Verwaltung des GGM wird derzeit hoheitlich vom Landkreis Bautzen betrieben. Es wird empfohlen, das GGM auf das Gebiet der vorgesehenen Modell-erweiterung auszudehnen.

9.2 Sulfatprognosen

Von den Beteiligten werden Prognosen zur künftigen Entwicklung der Sulfatbelastung in der Spree als Langfristprognose erwartet. Diese Prognosen sollen günstiger Weise modellgestützt dargestellt werden. Zugleich besteht der Anspruch an das Modell, auch für saisonale Mittelfristprognosen verwendet zu werden. Die Anforderungen an eine entsprechende Modellentwicklung sind darzustellen. Das geschieht nachfolgend unter den Rubriken:

- Klären der Aufgabenstellung
- Modellanforderungen
- Datenanforderungen

9.2.1 Klären der Aufgabenstellung

Gemäß der Aufgabenstellung sind Sulfatprognosen für die nächsten 5 bis 10 Jahre erwünscht. Dieser Prognosehorizont wird vom Gutachter als Langfristprognose bezeichnet. Im Unterschied dazu werden saisonale Prognosen, z. B. für einen Zeitraum von sechs Monaten, als Mittelfristprognosen und Wochenprognosen, wie sie z. B. für das obere Spreegebiet mit dem GRMSTEU und dem GSM Spree bereits praktiziert werden, als Kurzfristprognosen bezeichnet.

Für das Erstellen von Langfristprognosen sind grundlegend zu unterscheiden:

- (1) die Entwicklung der Sulfatfrachten der maßgeblichen Sulfatemittenten (Grubenwasserbehandlungsanlagen, Kraftwerke, Bergbaufolgeseen, diffuse Stoffeinträge) im Laufe der nächsten 5 bis 10 Jahren und
- (2) die hydrometeorologischen Szenarien und die darauf angepassten Bewirtschaftungsszenarien, die diese Entwicklung überlagern.

Der Schwerpunkt der Langfristprognosen zur Entwicklung der Sulfatkonzentration in der Spree liegt in einer zuverlässigen Einschätzung der weiteren Entwicklung der Sulfatfrachten der maßgeblichen Sulfatemittenten (Quellenprognose). Hierbei handelt es sich im Wesentlichen um eine mehr oder weniger deterministische Einschätzung, wie sich die Sulfatfrachten unter absehbaren unternehmens- und energiepolitischen Rahmenbedingungen weiter entwickeln, wo das Maximum der Stoffeinträge (Frachtsumme) liegt und wann dieses Maximum (Zeit) voraussichtlich erreicht wird? Das Maximum der Sulfateinträge entspricht dem stofflichen worst-case-Szenario. Dieses sollte bevorzugt für die Simulation der räumlichen und zeitlichen Translation des Sulfatsignals im Spreegebiet verwendet werden.



Die hydrometeorologischen und daraus entstehenden Bewirtschaftungsszenarien im Prognosezeitraum sind weniger exakt vorhersagbar. Sie können nur stochastisch betrachtet werden. Unter Berücksichtigung der aus der Entwicklung der Sulfatkonzentrationen im Jahr 2014 gewonnenen Erkenntnisse ist jedoch von Bedeutung, dass nicht nur „einfache Statistiken“ der Sulfatkonzentrationen in der Spree mit Über- und Unterschreitungswahrscheinlichkeiten dargestellt werden, sondern das aus den stochastischen Reihen die Verkettung besonderer hydrologischer Ereignisse analog zum Beispiel der Ereigniskette der hydrologischen Jahre 2014 und 2015 abgeleitet werden kann. Aus dem Vergleich solcher Ereignisketten kann das hydrologische worst-case-Szenarium analysiert werden.

Das stoffliche und das hydrologische worst-case-Szenarium müssen in der Realität nicht zwangsläufig zusammenfallen. Die Überlagerung dieser worst-case-Szenarien ist jedoch geeignet, die ungünstigsten Auswirkungen der Sulfatbelastung darzustellen und die Wirkung verschiedener Maßnahmen zur Gegensteuerung vergleichend zu bewerten.

9.2.2 Modellanforderung

Der **Modellraum** ist gleich zu setzen mit dem untersuchten Spreeabschnitt von Bautzen bis Briesen einschließlich aller relevanten Zuflüssen und Abgänge sowie Einleiter und Entnahmen.

Als Mindestanforderungen an das **Mengenmodell** sind zu stellen:

- eine möglichst kleine Zeitschrittweite (höchstens eine Woche),
- die Berücksichtigung aller problemadäquaten Bilanzprofile in der Spree,
- die explizite und ortskonkrete Berücksichtigung aller relevanter Bilanzgrößen (Einleiter und Entnahmen, Zuflüsse und Abgänge),
- die hydrologisch adäquate und ortskonkrete Berücksichtigung der diffusen Zuflüsse und der Versickerungen in der Spree,
- die Berücksichtigung gebietsdifferenzierter Wasserdarangebote zwischen den oberen, mittleren und unteren Einzugsgebieten sowie
- die Berücksichtigung der Häufigkeiten, der Intensität und der Dauer hydrologischer Systemzustände.

Als Mindestanforderungen an das **Sulfat(translations)modell** sind zu stellen:

- die Berücksichtigung des Retentionsvolumens im Flusseinzugsgebiet (Flusslauf, Speicher, durchflossene Seen, Spreewald),
- die Berücksichtigung der Translationszeit im Flusseinzugsgebiet (Flusslauf, Speicher, durchflossene Seen, Spreewald) sowie
- die Bilanztreue der Sulfatfrachten.

An beide Submodelle sind als allgemeingültige Anforderungen an eine gute Modellpraxis als Anforderungen zu stellen:

- die Kalibrierbarkeit und
- die Verifizierbarkeit anhand von vorliegenden Messwerten.



9.2.3 Datenanforderungen

An die notwendigen Eingangsdaten für die Langfristprognosen werden folgende Anforderungen gestellt:

- Zeitlich belastbare Prognosen zur Emission von Sulfatfrachten durch VE-M aus den einzelnen Braunkohlentagebauen bzw. Grubenwasserbehandlungsanlagen (sogenannte Sumpfungswasserprognosen),
- Prognosen zur Entwicklung des Wasserbedarfs der Kraftwerke der VE-G,
- Aktualisierung der Wasserbilanzen und der Güteprognosen zu den Bergbaufolgeseen, die relevante Sulfatfrachten emittieren (vor allem Lohsa II/Burghammer, Altdöberner See, Bischdorfer See, Schönfelder See, Lichtenauer See und Schlabendorfer See) sowie
- Präzisierung der Abschätzungen zu den diffusen Stoffeinträgen in relevanten Eintragsgebieten (Spreegebiet im Südraum, Greifenhainer Fließ, Neues Vetschauer Mühlenfließ, Kleptna, Dobra, Wudritz).



10 Quellenverzeichnis

- [U 1] Grundsätze für die länderübergreifende Bewirtschaftung der Flussgebiete Spree, Schwarze Elster und Lausitzer Neiße. AG „Flussgebietsbewirtschaftung Spree-Schwarze Elster“ Stand: 17.07.2014.
- [U 2] DVWK-Merkblätter zur Wasserwirtschaft - Heft 238. Ermittlung der Verdunstung von Land- und Wasserflächen. Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH. Bonn, 1996.
- [U 3] Wissenschaftlich-technisches Projekt 112 „Gewässergüte in Tagebauseen der Lausitz“ 2008 - 2012. Gutachten zur Entwicklung der Wasserbeschaffenheit in den Bergbaufolgeseen der Schlabendorfer Felder. BTU Cottbus, 31.07.2009.
- [U 4] Modellierung des Sulfattransportes in der Spree. Berichtsversion für das Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz Brandenburg. G.E.O.S. Ingenieurgesellschaft mbH Freiberg, 30.11.2010.
- [U 5] Erarbeitung eines Gütesteuermodells Spree zwischen den Pegeln Uhyst und Spremberg für die Flutungs- und Nachsorgephase. Bericht zur Stichtagsmessung und Abschlussbericht. Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann, Dresden, 17.07.2006.
- [U 6] Komplexe Erfassung und gutachterliche Analyse von Beschaffenheitsdaten bergbaulich und abwasserrelevanter Parameter in der Spree vom Bilanzprofil Uhyst bis zur Talsperre Spremberg unter Berücksichtigung gegenwärtiger und potentieller Gewässernutzer. Kurztitel: Gewässergütemanagement Spree. Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann, Dresden, 30.11.2007.
- [U 7] Weiterführende Untersuchung zu den hydrochemischen und ökologischen Auswirkungen der Exfiltration von eisenhaltigem, saurem Grundwasser in die Kleine Spree (nördlich Speicher Burghammer) und in die Spree (Ruhlmühle). Projektphase 2: Präzisierung der Ursachen und Quellstärken für die hohe Eisenbelastung des Grundwassers. Teil 1: Erkundung. Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann, Dresden, 30.09.2012.
- [U 8] Studie zu den Auswirkungen des Grundwasserwiederanstieges auf die Beschaffenheit der Oberflächengewässer in den Sanierungsgebieten B1 (Seese/Schlabendorf) und B2 (Greifenhain/Gräbendorf). Projektphase 2: Vertiefung der Untersuchungen zur Präzisierung der Modellgrundlagen und der Bemessungsansätze für Wasserbehandlungsanlagen, Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann, Dresden, 31.03.2013.
- [U 9] 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. Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann, Dresden, 31.12.2013.
- [U 10] Weiterentwicklung des Gütesteuermodells Spree im Jahr 2013/2014: Ergänzende Modellentwicklungen und Nutzerforen, Datenhaltung mit dem GGM, Sensitivitätsanalyse und Modellvalidierung. Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann, Dresden, 30.12.2014.



- [U 11] Wissenschaftlich-technisches Projekt 112 „Gewässergüte in Tagebauseen der Lausitz“ 2013 - 2015. TA10/14: Konzeption für die weitere wasserwirtschaftliche Sanierung der Schlabendorfer Felder. Teilleistung zur Systemanalyse der hydrologischen, geohydraulischen und hydrochemischen Verhältnisse. Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann, 13.03.2015.
- [U 12] Kontrolle und Auswertung der Wassergüte der Tagebauseen und Vorfluter im Sanierungsgebiet Lausitz/Brandenburg Monitoringbericht 2014 für die Vorfluter in B2 (Gräbendorf/Greifenhain). Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann, Dresden, 03.08.2015.
- [U 13] Kontrolle und Auswertung der Wassergüte der Tagebauseen und Vorfluter im Sanierungsgebiet Lausitz/Brandenburg. Monitoringbericht 2014 für die Tagebauseen in B2 (Gräbendorf/Greifenhain). Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann, Dresden, 03.08.2015.
- [U 14] Kontrolle und Auswertung der Wassergüte der Tagebauseen und Vorfluter im Sanierungsgebiet Lausitz/Brandenburg. Monitoringbericht 2014 für die Vorfluter in B1 (Schlabendorf/Seese). Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann, Dresden, 10.04.2015.
- [U 15] Kontrolle und Auswertung der Wassergüte der Tagebauseen und Vorfluter im Sanierungsgebiet Lausitz/Brandenburg. Monitoringbericht 2014 für die Tagebauseen in B1 (Schlabendorf/Seese). Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann, Dresden, 31.03.2015.
- [U 16] Einschätzung des Anteils des Sanierungsbergbaus der LMBV an der Sulfatbelastung der Spree. Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann, Dresden, 31.03.2015.
- [U 17] Weiterführung der Untersuchungen zur Exfiltration von eisenhaltigem, saurem Grundwasser auf die Fließgewässer der Lausitz (Nordraum): Nachsorgemonitoring an der Wudritz und Überwachung der Spree. 1. Quartalsbericht 2015. Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann, Dresden, 08.05.2015.
- [U 18] Weiterführung der Untersuchungen zur Exfiltration von eisenhaltigem, saurem Grundwasser auf die Fließgewässer der Lausitz (Nordraum): Nachsorgemonitoring an der Wudritz und Überwachung der Spree. 2. Quartalsbericht 2015. Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann, Dresden, 31.07.2015.
- [U 19] Betriebskonzept für den Probetrieb zur Ausleitung des Schlabendorfer Sees in den Lorenzgraben. Zuarbeit zum Wasserrechtsantrag der LMBV. Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann, Dresden, 30.06.2015.
- [U 20] Wochenberichte zur Eisenbelastung der Spree und der Talsperre Spremberg. Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann, Dresden, vierzehntägige Aktualisierung.
- [U 21] Tägliches Sulfat- und Eisenmonitoring zur TS Spremberg im gemeinsamen Auftrag der VE-M und der LMBV. Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann, Dresden, fortlaufend.
- [U 22] Köhler, J.; J. Gelbrecht und M. Pusch: Die Spree. Zustand, Problem, Entwicklungsmöglichkeiten. (Limnologie aktuell, Band 10), E. Schweitzerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 2002.