WBalMo Sulfatprognosemodell Spree

Zusammenfassung

Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe
Inselstraße 26
03046 Cottbus

Bericht

November 2017

The expert in **WATER ENVIRONMENTS**

Dieser Bericht wurde im Rahmen des DHI Business-Management-Systems (Bureau Veritas - zertifiziert nach ISO 9001, Qualitätsmanagement) erstellt.

ISO 9001
Management System Certification
BUREAU VERITAS
Certification Denmark A/S

Erstellt von	Genehmigt von
Dr. Michael Kaltofen	Dr. Oliver Stoschek
Geschäftsbereichsleiter Wasserressourcenmanagement	*Direktor Solutions*
15.11.2017	15.11.2017
X	X
Signiert von: Michael Kaltofen	Signed by: Oliver Stoschek

WBalMo Sulfatprognosemodell Spree

Zusammenfassung

Erstellt für	Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Inselstraße 26 03046 Cottbus
Vertreten durch	Frau Brit Sanderhoff

Wasserwerk Briesen

Frankfurter Wasser- und Abwassergesellschaft via rbb-online.de

Projektmanager	Dr. Michael Kaltofen

Projektnummer	14804436
Datum Genehmigung	
Revision	2.0
Einstufung	Offen

DHI WASY GmbH • • Volmerstraße 8 • DE-12489 Berlin • Deutschland
Telefon: +49 30 67 99 98-0 • Telefax: +49 30 67 99 98-99 • mail@dhi-wasy.de • www.dhigroup.de

INHALT

Glossar **1**

1 Bereitgestellte Entscheidungsgrundlagen **3**

2 Darstellung und Erläuterung der Szenarioergebnisse für die Querschnitte WW Briesen und Rahnsdorf **5**

2.1 Fragestellungen und ihre Ergebnisgrundlagen 5
2.2 Details zu den Maßnahmen und Betriebszuständen der Szenarien 6
2.3 Prognosen der Sulfatkonzentration und Risiken für die Trinkwasserversorgung bei realistischen Maßnahmen und Betriebszuständen 7
Methodische Vorbemerkungen 7
Prognose der monatlichen Sulfatkonzentrationen am Profil WW Briesen 8
Auswahl des Bezugsrisikos für die weitere Bewertung 9
Prognose der monatlichen Sulfatkonzentrationen am Profil Rahnsdorf 12
Risiken für die Trinkwasserversorgung durch die WW Briesen und Friedrichshagen in Bezug auf die Immissionsrichtwerte 14
2.4 Bewertung der Immissionsrichtwerte in Spremberg-Wilhelmsthal und Leibsch sowie Wirksamkeit der aktuellen realistischen Maßnahmen und Betriebszustände 17
Bewertung der Immissionsrichtwerte in Spremberg-Wilhelmsthal und Leibsch 17
Wirksamkeit der aktuellen realistischen Maßnahmen und Betriebszustände 19
2.5 Wirksamkeit zukünftiger Maßnahmen und Betriebszustände 20
2.6 Unsicherheiten der bisherigen Aussagen und Mittel zu ihrer Bewältigung 24

3 Möglichkeiten der Nutzung des WBalMo Sulfatprognosemodell Spree für die Planung und Steuerung der Flussgebietsbewirtschaftung **25**

4 Kurzfassung **26**

5 Literatur **31**

ABBILDUNGEN

Abbildung 2-1: Prognosen der monatlichen Sulfatkonzentrationen am Profil WW Briesen für ausgeprägte Sulfatereignisse 8
Abbildung 2-2: Überschreitungswahrscheinlichkeiten der Sulfatkonzentrationsstufen von 200 bis 500 mg/L für das Profil WW Briesen (Szenario REAL16) 10
Abbildung 2-3: Prognosen der Spannweite der Sulfatkonzentrationen von Maximalereignissen am Profil WW Briesen für moderat ausgeprägte Maxima (Szenario REAL16) 11
Abbildung 2-4: Immissionsrichtwerte an den Profilen Spremberg-Wilhelmsthal und WW Briesen und die Prognosen der monatlichen Sulfatkonzentrationen für ausgeprägte Sulfatereignisse (Szenario REAL16) 18
Abbildung 2-5: Inhaltsentwicklung des SB Lohsa II bei Speicherbetrieb 22
Abbildung 2-6: Entwicklung der Sulfatkonzentrationen in den SB Burghammer und Lohsa II bei Speicherbetrieb ohne Durchleitung 23

TABELLEN

Tabelle 2-1: Zusammenfassende Charakterisierung der Szenarien 6
Tabelle 2-2: Übersicht der Maßnahmen und Betriebszuständen der prognostischen Szenarien 7
Tabelle 2-3: Prognosen der maximalen monatlichen Sulfatkonzentrationen für Sulfatereignisse unterschiedlicher Ausprägung am Profil WW Briesen (Szenario REAL16) 9

Tabelle 2-4: Maximale monatliche Sulfatkonzentrationen für Sulfatereignisse der Jahre 2013, 2014 und 2015 am Profil Neubrück (obh. Schleuse Kersdorf) 9
Tabelle 2-5: Prognosen der Spannweite der Sulfatkonzentrationen von Maximalereignissen am Profil WW Briesen (Szenario REAL16) 11
Tabelle 2-6: Prognosen der maximalen monatlichen Sulfatkonzentrationen für Sulfatereignisse unterschiedlicher Ausprägung am Profil Rahnsdorf (Szenario REAL16) 12
Tabelle 2-7: Maximale monatliche Sulfatkonzentrationen für Sulfatereignisse der Jahre 2013, 2014 und 2015 am Profil Neuzittau 13
Tabelle 2-8: Prognosen der Spannweite der Sulfatkonzentrationen von Maximalereignissen am Profil Rahnsdorf (Szenario REAL16) 13
Tabelle 2-9: Einordnung des Immissionsrichtwertes für das Profil WW Briesen anhand der maximalen monatlichen Sulfatkonzentrationen der Sulfatereignisse der Jahre 2013, 2014 und 2015 am Profil Neubrück sowie der Prognosen für das Profil WW Briesen 15
Tabelle 2-10: Einordnung des Immissionsrichtwertes für das Profil Rahnsdorf anhand der maximalen monatlichen Sulfatkonzentrationen der Sulfatereignisse der Jahre 2013, 2014 und 2015 am Profil Neuzittau sowie der Prognosen für das Profil Rahnsdorf 16
Tabelle 2-11: Einordnung des Immissionsrichtwertes für das Profil Spremberg-Wilhelmsthal anhand der maximalen monatlichen Sulfatkonzentrationen der Sulfatereignisse der Jahre 2014 und 2015 sowie der Prognosen (REAL16) 17
Tabelle 2-12: Verdünnungspotential Zwischeneinzugsgebietes von Leibsch bis zum WW Briesen anhand der monatlichen Sulfatkonzentrationen der Sulfatereignisse der Jahre 2014 und 2015 sowie der Prognosen (REAL16) 19
Tabelle 2-13: Reduktion der monatlichen Sulfatkonzentrationen durch die aktuell realistischen Maßnahmen und Betriebszustände (REAL16) im Vergleich zur Ausgangslage (MIN16) für die Profile Spremberg-Wilhelmsthal, WW Briesen und Rahnsdorf 20
Tabelle 2-14: Reduktion der monatlichen Sulfatkonzentrationen durch die aktuell maximalen Maßnahmen und Betriebszustände (MAX16) im Vergleich zu aktuell realistischen (REAL16) für die Profile Spremberg-Wilhelmsthal, WW Briesen und Rahnsdorf 21

ANHANG

ANHANG A

WBalMo Sulfatprognosemodell Spree: Übersicht zur Funktionsweise

ANHANG B

WBalMo Sulfatprognosemodell Spree: Übersicht der Sulfateinträge und –ausleitungen sowie der Sulfattranslationsmodule

ANHANG C

WBalMo Sulfatprognosemodell Spree: Prognosen der Sulfatkonzentration

Glossar

Immissionsrichtwert

Bergbaurelevanter Beschaffenheitsparameter für (Haupt-)Fließgewässer. Er dient als Grundlage für die operative Bewirtschaftung nach Menge und Güte in Verbindung mit den aktuellen Wasserbeschaffenheiten und Durchflussverhältnissen in den Hauptfließgewässern sowie den aktuellen Wasserbeschaffenheiten in den Tagebauseen. Auf die Sulfat-Immissionsrichtwerte nehmen die diesbezüglichen objektspezifischen Empfehlungen zu Ausleitbedingungen Bezug (AG FGB, März 2017).

Die Immissionsrichtwerte für Sulfat sind als 90-Perzentil gegeben (AG FGB, März 2017). Für die adäquate Bewertung der Wasserbeschaffenheit auf der Grundlage von Stichtagsmessungen (mindestens 11 Messungen jährlich) sind deshalb 10% der oberen Extremwerte zu streichen. Bei der Verwendung von mittleren monatlichen Sulfatkonzentrationen, z. B. aus den langfristigen Prognosen der Sulfatkonzentrationen mit dem WBalMo Sulfatprognosemodell, ist eine entsprechende Verringerung durch die Mittelwertbildung gegeben.

Für die operative Bewirtschaftung wird der Immissionsrichtwert als Vorgabe verwendet (AG FGB, März 2017).

Maximale monatliche Sulfatkonzentration aus monatlichen Sulfatkonzentrationen

Die Analyse monatlicher Sulfatkonzentrationen, insbesondere die Berechnung der Wiederkehrintervalle, bezieht alle Sulfatkonzentrationen ein, die für verschiedene Witterungs-, Abfluss- und Bewirtschaftungssituationen prognostiziert wurden. Ebenso nimmt das Maximum aus den Sulfatkonzentrationen eines Wiederkehrintervalls Bezug auf alle analysierten Werte. Daher ist es für Risikountersuchungen am geeignetsten.

Maximale Sulfatkonzentration aus jährlichen Maximalereignissen

Die Analyse jährlicher Maximalereignisse, insbesondere die Berechnung der Wiederkehrintervalle ihrer Maximalkonzentrationen, bezieht nur die höchsten der monatlichen Sulfatkonzentrationen eines Jahres ein. Im Vergleich zur Analyse der Gesamtheit aller Sulfatkonzentrationen, die für verschiedene Witterungs-, Abfluss- und Bewirtschaftungssituationen prognostiziert wurden, werden für gleiche Wiederkehrintervalle höhere Konzentrationswerte ermittelt. Die Beschränkung auf Maximalereignisse erlaubt ihre vergleichende Betrachtung, erschwert aber Risikountersuchungen, die sich auf alle prognostizierten Sulfatkonzentrationen beziehen müssen.

Planungshorizont

Zeitraum bis zum Jahr 2052, für den im WBalMo Sulfatprognosemodell Spree Witterung (Niederschlag und potentielle Verdunstung), Abfluss sowie Wasserbewirtschaftung und –nutzung prognostisch betrachtet werden.

Realisierung

Simulierte Zeitreihe von Variablen der Witterung oder des Abflusses für den Zeitraum des Planungshorizontes im WBalMo, die statistisch identisch mit der zugrundeliegenden gemessenen Zeitreihe ist, diese jedoch nach Ausprägung und Dauer von Ereignissen, z. B. Niedrigwasser, übertreffen kann. Eine Vielzahl von Realisierungen, bei der Anwendung des WBalMo zumeist 100, erlaubt eine statistische Prognose der genannten Variablen.

Sulfatsteuerung	Ggf. notwendige Steuerung der Abgabe aus bergbaulichen Speichern und der Ausleitungen aus Tagebauseen, welche die Einhaltung eines Immissionsrichtwertes in der Spree nicht gefährdet, vgl. (AG FGB, März 2017). Die Steuerung hängt von der Sulfatkonzentration im Speicher bzw. See und in den Vorflutern ab.
Sulfatverdünnung	Für die Gewährleistung eines Immissionsrichtwertes kann Wasser mit geringen Sulfatkonzentrationen, wie z. B. Abgaben aus dem SB Bärwalde und den TS Bautzen und Quitzdorf oder Überleitungen aus der Neiße, zur Absenkung der Sulfatkonzentration bereitgestellt werden, vgl. (AG FGB, März 2017).

1 Bereitgestellte Entscheidungsgrundlagen

Das WBalMo Sulfatprognosemodell Spree berechnet eine kontinuierliche wasserwirtschaftliche Bilanz aus natürlichen Wasserdargebot und wasserwirtschaftlichen Nutzungen, zu denen Entnahmen, Mindestdurchflüsse, Einleitungen sowie die Bewirtschaftung von Speichern und Überleitungen gehören, sowie die resultierenden Sulfatkonzentrationen im Verlauf der Spree. Die Wasserversorgung der Entnahmen und Mindestdurchflüsse sowie die Wasserbereitstellung aus Speichern und Überleitungen wird mit dem Ziel gesteuert, eine rangfolgegeregelte Wasserbedarfsdeckung sowie die Einhaltung der Immissionsrichtwerte zu gewährleisten.

Für die Lösung dieser Aufgaben besteht das WBalMo Sulfatprognosemodell Spree aus folgenden Modellen:

- Wasserbewirtschaftungsmodell WBalMo Version *LM150902_04SPM*,
- Sulfatprognosemodell WBalMo *SPM1.05*,
- stochastisches Simulationsmodell meteorologischer Größen SIKOSIMO Spree/Schwarze Elster Version *2008*,
- Niederschlag-Abfluss-Modellkomplex NAM-EGMO Version *20140715*.

Der Modellkomplex wird nach dem Monte-Carlo-Prinzip angewendet: Aus einer statistisch großen Anzahl von räumlich differenzierten, wahrscheinlichen Entwicklungen der Witterung (Niederschlag, potentielle Verdunstung) werden natürliche Abflüsse für alle wesentlichen Vorfluter des Spree/Schwarze-Elster-Einzugsgebietes erzeugt, die wiederum entsprechend den Rangfolgeregelungen lage- und zeitrichtig mit den Nutzungen bilanziert werden und von einer nach Menge und Sulfat gesteuerten Bewirtschaftung beeinflusst werden. Daraus ergeben sich eine statistisch große Anzahl von Ergebnissen zu resultierenden Durchflüssen, dem Wasserversorgungsgrad der Nutzungen, Sulfatkonzentrationen an Profilen der Vorfluter, Inhalten der Speicher u.v.m. Dabei werden alle Einflussfaktoren, wie Witterung, Wasserbedarf, Speicherbewirtschaftung, Sulfatemissionen, Bewirtschaftungsregeln usw., lage- und zeitrichtig sowie simultan miteinander verknüpft. Daher sind keine Vereinfachungen an den Schnittstellen der Einflussfaktoren erforderlich.

Das beschriebene Vorgehen versetzt das WBalMo Sulfatprognosemodell Spree in die Lage, eine prognostische Risikobewertung für z. B. das Verhältnis von Wasserbereitstellung und Wasserbedarf oder für Sulfatkonzentrationen durchzuführen.

Die im Folgenden dargestellten Details vertiefen die bisherigen Erläuterungen zu den bereitgestellten Entscheidungsgrundlagen:

- Wasserbewirtschaftungsmodell WBalMo Version *LM150902_04SPM*:

  Das Modellgebiet des Bewirtschaftungsmodells umfasst die Flussgebiete der Spree (bis Große Tränke UP) und Schwarzen Elster sowie der Lausitzer Neiße und Dahme. Im Modellgebiet sind etwa 230 Nutzungen und 12 Speicher bzw. Talsperren berücksichtigt. Die Wasserbewirtschaftung umfasst die Bereitstellung von Zuschusswasser aus Talsperren bzw. Speichern, ein Bedarfsmanagement wie auch die Priorität von Wassernutzungen - unabhängig von ihrer Lage. Mit einer Vielzahl frei definierter Algorithmen werden weitere spezifische Bewirtschaftungsprozesse bis hin zum Feuchtgebietsmanagement oder der dynamischen Bedarfsberechnung realisiert. Im LM150902_04SPM sind ca. 100 derartige Erweiterungen mit insgesamt fast 9000 Zeilen Programmcode wirksam.

  Eine Risikobewertung kann z. B. in Bezug auf Defizite der Wasserbereitstellung, Einhaltung von Mindestabflüssen oder Speicherfüllungen vorgenommen werden. Der diesbezügliche Vergleich verschiedener Nutzungs- oder

Bewirtschaftungsvarianten erlaubt die Optimierung der betrachteten Planungsvorgaben.

- Sulfatprognosemodell WBalMo *SPM1.05*:

  Das Sulfatprognosemodell dient der Berechnung der Sulfatkonzentrationen an den Profilen der Vorfluter sowie der optimalen Steuerung der Sulfatverdünnung, der Restriktion von Abgaben aus dem WSS Lohsa II sowie der Steuerung der Ausleitung aus Tagebauseen (Schlabendorfer See, Cottbuser Ostsee). Dazu werden 75 Punkt- und diffuse Sulfatemissionen (SEM), zum Teil mit zeitvariablen Sulfatkonzentrationen, berücksichtigt. Für die TS Spremberg und die SB Burghammer und Lohsa II liefern Bilanzmodelle die Sulfatkonzentrationen des gespeicherten Wassers. Für die SB Burghammer und Lohsa II werden dabei sowohl der wasserstandsabhängige Grundwassereinfluss wie auch die räumlich differenzierten Sulfatkonzentrationen der Teilvolumenströme einbezogen bzw. berechnet.

  Für die Berücksichtigung von Translationszeiten im Spreewald und der unteren Spree wurden entsprechende Module (STM) erstellt und mit mathematischen Methoden kalibriert.

  Basierend auf den Berechnungen der Sulfatkonzentrationen aus Emission und Translation und dem Vergleich mit den Immissionsrichtwerten an den Profilen Spremberg-Wilhelmsthal, Leibsch und WW Briesen optimiert das Sulfatprognosemodell die Sulfatverdünnung und Sulfatsteuerung im Rahmen der Bewirtschaftungsregeln und Randbedingungen.

Eine Übersicht der Sulfatemissionen (SEM) und Sulfattranslationsmodule (STM) enthält Anhang A, Abb. 1 bis 3, für den Südraum, für den Nordraum einschließlich Malxe und Spree zwischen Bräsinchen und Schmogrow sowie für die untere Spree. Details zur Kalibrierung und zur Modellgüte im Vergleich mit den Jahren 2013 bis 2015 können dem Abschlussbericht zur Entwicklung des Sulfatprognosemodells entnommen werden (DHI WASY, 2017).

- Stochastisches Simulationsmodell meteorologischer Größen SIKOSIMO Spree/Schwarze Elster Version *2008* und Niederschlag-Abfluss-Modellkomplex NAM-EGMO Version *20140715*

  Das SIKOSIMO Spree/Schwarze Elster enthält räumlich differenzierte stochastische Modelle der Witterung, die auf der statistischen Analyse langer Reihen von Messdaten beruhen. Diese Modelle können eine statistische große Zahl von wahrscheinlichen Entwicklungen der Witterung erzeugen, sogenannte Realisierungen. Für den Planungshorizont des WBalMo Sulfatprognosemodell Spree bis zum Jahr 2052 werden 100 Realisierungen der Witterung (Niederschlag und potentielle Verdunstung) erzeugt.

  Die Witterungsdaten werden durch NAM mit einer verfeinerten räumlichen Differenzierung in Durchflüsse der Vorfluter transformiert. Diese Durchflüsse enthalten aufgrund der eben beschriebenen stochastischen Verfahren eine Vielzahl von Dargebotssituationen, die die beobachtete Vielfalt nach Dauer und Ausprägung z. B. von Niedrigwassersituationen übertrifft. Exemplarisch zeigen dies die Simulationsergebnisse am Pegel Bautzen Weite Bleiche/Spree, ein weitgehend durch Nutzungen unbeeinflusster Pegel. Der kleinste Durchfluss der Niedrigwasserperiode 2003-2006 trat im August 2003 mit 0,79 m³/s auf. Der geringste jemals beobachtete Wert trat allerdings im September des Jahres 1991 mit 0,64 m³/s auf (Reihe der Monatswerte 1951-2006). Die sich aus der Simulation der unbeeinflussten Abflüsse ergebenden, korrespondierenden Minima betragen 0,3 m³/s

im August und 0,26 m³/s im September. Diesen Werten ist ein Wiederkehrintervall von T=500 a zuzuordnen.

Entsprechend den dargestellten Prognoseverfahren können mit dem WBalMo Sulfatprognosemodells Spree z. B. die folgenden Ergebnisse berechnet werden:

- Überschreitungswahrscheinlichkeit für Sulfatkonzentrationsstufen (z. B. 200 mg/L, 300 mg/L, 400 mg/L),
- Sulfatkonzentrationen für verschiedene Wiederkehrintervalle (2, 5 und 10 Jahre),
- Mindest- und Maximalkonzentrationen für Sulfatereignisse verschiedener Dauer und Wiederkehrintervalle.

Die Angabe eines Wiederkehrintervalls kennzeichnet die Ausprägung eines Ereignisses, je statistisch seltener umso extremer ist der entsprechende Wert einzuschätzen, wie z. B. hohe Sulfatkonzentration, niedrige Durchflüsse oder Wasserversorgungsgrade. Ein vergleichbares Vorgehen ist aus dem Hochwasserrisikomanagement vertraut, das sich an Schutzzielen in Bezug auf mindestens beherrschbare Hochwasserabflüsse bestimmter Wiederkehrintervalle orientiert, z. B. für HQ(T=100 a). Da Sulfateinträge und Durchflüsse maßgeblich durch den ober- und unterirdischen Wasserhaushalt gesteuert werden, ist von einer saisonalen Abhängigkeit der Sulfatkonzentrationen auszugehen. Dementsprechend erfolgt die Ermittlung der Wahrscheinlichkeiten und Sulfatkonzentrationen saisonal, z. B. monatlich.

Weitere Details können dem Abschlussbericht zur Entwicklung des Sulfatprognosemodells entnommen werden (DHI WASY, 2017).

2 Darstellung und Erläuterung der Szenarioergebnisse für die Querschnitte WW Briesen und Rahnsdorf

2.1 Fragestellungen und ihre Ergebnisgrundlagen

Die im Zuge der Entwicklung des WBalMo Sulfatprognosemodells Spree berechneten Ergebnisse erlauben bereits - in unterschiedlichem Maß – auf die folgenden Fragestellungen einzugehen:

1. Welche Sulfatkonzentrationen in der Spree sind in naher Zukunft an den Standorten der WW Briesen und Friedrichshagen unter der Annahme realistischer Maßnahmen und Betriebszustände im oberhalb gelegenen Einzugsgebiet zu erwarten?
   Wie ist für diese Prognosen das Risiko für die Trinkwasserversorgung einzuschätzen?

2. Wie ist die Wirkung der aktuell realistischen Maßnahmen und Betriebszustände einzuschätzen? Wie sind in diesem Zusammenhang die Immissionsrichtwerte an den Profilen Spremberg-Wilhelmsthal und Leibsch zu bewerten?

3. Welche Wirkung ist von zukünftigen Maßnahmen und Betriebszuständen zu erwarten? Dazu gehören die Steuerung der Ausleitung aus dem Schlabendorfer See und Cottbuser Ostsee, die Umleitung von Sulfatfracht über den Nordumfluter und den Dahme-Umflutkanal wie auch die Nutzung des Speichersystems WSS Lohsa II.

Die für die Diskussion dieser Fragestellungen vorliegenden Ergebnisse beziehen sich auf bestehende oder zu erwartende Maßnahmen und Betriebszustände, die für die

Entwicklung des WBalMo Sulfatprognosemodells Spree in Szenarien definiert wurden. Sie sind in der folgenden Tabelle 2-1 zusammenfassend charakterisiert.

Tabelle 2-1: Zusammenfassende Charakterisierung der Szenarien

Zielstellung	Maßnahmen und Betriebszustände	Kurz-bezeich-nung	Lfd.-Nr. (DHI WASY, 2017)
Modellkalibrierung und -validierung	Zurückliegende Bewirtschaftung 2013-2015	KALI	1
Wirkungsabschätzung für sulfatreduzierende Maßnahmen – Ausgangslage	Minimum an sulfatreduzierenden Maßnahmen	MIN16-0 und MIN16	2 und 5
Wirkungsabschätzung – Aktuell maximale Sulfatreduktion	Alle aktuell mit Bewirtschaftungsregeln hinterlegte, sulfatreduzierende Maßnahmen sowie günstige Betriebszustände der relevanten Steuergrößen	MAX16	3
Wirkungsabschätzung – Aktuell erwartete Sulfatreduktion	Aktuell realistische, mit Bewirtschaftungsregeln hinterlegte, sulfatreduzierende Maßnahmen sowie Betriebszustände der relevanten Steuergrößen	REAL16	4

Anhand der Lfd.-Nr. kann der Bezug zur Nummerierung der Szenarien im Abschlussbericht hergestellt werden, z. B. in Tabelle 74 und 75 (DHI WASY, 2017). Details zu den Maßnahmen und Betriebszuständen der Szenarien enthält der folgende Abschnitt 2.2. Die Diskussion der einzelnen Fragestellungen erfolgt in den Abschnitten 2.3, 2.4 und 2.5.

2.2 Details zu den Maßnahmen und Betriebszuständen der Szenarien

In Tabelle 2-2 ist eine Übersicht enthalten, welche Maßnahmen und Betriebszustände im Einzelnen für die genannten Szenarien angesetzt wurden. Generell wird zwischen einerseits Sulfatverdünnung aus den TS Bautzen und Quitzdorf, dem SB Bärwalde oder mit Neißewasser und andererseits der Sulfatsteuerung der Ausleitungen aus Tagebauseen und ggf. der Restriktion der Abgaben des WSS Lohsa II unterschieden. Für die Tagebaurestseen werden die Zustände „keine Flutung“, „Flutung“ und „Nachsorge“ (Flutung abgeschlossen) erfasst.

Tabelle 2-2: Übersicht der Maßnahmen und Betriebszuständen der prognostischen Szenarien

Kurzbezeichnung	MIN16-0	MIN16	MAX16	REAL16
Sulfatverdünnung	nein		ja	
SB Bärwalde	nur Menge		2. Priorität	1. Priorität
TS Bautzen und Quitzdorf	nur Menge		3. Priorität	2. Priorität
Neißeüberleitung	RLK-Nachsorge		1. Priorität	RLK-Flutung
WSS Lohsa II				
Speicherbetrieb	ja		nein	
Sulfatsteuerung	ja	nein	ja	
Durchleitung SB Lohsa II	ja	nein	ja	
Durchleitung SB Burghammer	ja			
Schlabendorfer See				
Sulfatsteuerung	nein		ja	
Mindestabgabe Eisen	0,1 m³/s			
Cottbuser Ostsee				
Flutung mit/ohne Spreewasser	Flutung mit		Flutung ohne	Nachsorge
Sulfatsteuerung	nein			ja
Mindestabgabe Fischaufstieg	keine			0,3 m³/s
Restlochkette				
Flutung/ Nachsorge	Nachsorge		Flutung	
Klinger See				
Flutung mit/ohne Spreewasser	keine Flutung			Flutung mit
Flutungsmenge Spreewasser				0,28 m³/s
Diffuse Einträge				
Diffuse bergbauliche Einträge	ja			
Diffuse natürliche Einträge	ja			

2.3 Prognosen der Sulfatkonzentration und Risiken für die Trinkwasserversorgung bei realistischen Maßnahmen und Betriebszuständen

Methodische Vorbemerkungen

Die im folgenden dargestellten Prognosen der Sulfatkonzentration basieren auf aktuell realistischen, mit Bewirtschaftungsregeln hinterlegten, sulfatreduzierenden Maßnahmen sowie Betriebszuständen der relevanten Steuergrößen (REAL16, vgl. Tabelle 2-1, Details in Abschnitt 2.2). Die – neben den Emissionen selbst - wichtigen Einflüsse auf die Höhe der Sulfatkonzentration, wie:

- Umfang der Sulfatverdünnung aus dem niederschlagsabhängigen Eigendargebot (Niedrigwassersituationen begünstigen hohe Sulfatkonzentrationen),
- Wasserverfügbarkeit zur Sulfatverdünnung aus Neiße, TS Bautzen und Quitzdorf sowie dem SB Bärwalde (Niedrigwasser in der Neiße, niedrige Füllung der

Talsperren oder bereits verbrauchte Vorhaltemengen begünstigen hohe Sulfatkonzentrationen).

werden im WBalMo Sulfatprognosemodell mit ihrer statistischen Vielfalt prognostiziert, und in den Modellsimulationen mit den Sulfatemissionen sowie Bewirtschaftungsgrundsätzen verknüpft. Daraus ergeben sich unterschiedliche Ausprägungen von Sulfatereignissen:

- *Mittlere* Sulfatereignisse (statistisch in der Hälfte des Planungszeitraumes ist die Überschreitung dieser Sulfatkonzentrationen zu erwarten, Wiederkehrintervall der Überschreitung T = 2 a),
- *Moderat ausgeprägte* Sulfatereignisse (statistisch in jedem fünften Jahr ist die Überschreitung dieser Sulfatkonzentrationen zu erwarten, Wiederkehrintervall der Überschreitung T = 5 a),
- *Ausgeprägte* Sulfatereignisse (statistisch in jedem zehnten Jahr ist die Überschreitung dieser Sulfatkonzentrationen zu erwarten, Wiederkehrintervall der Überschreitung T = 10 a),
- *Moderat extreme* Sulfatereignisse (statistisch in jedem zwanzigsten Jahr ist die Überschreitung dieser Sulfatkonzentrationen zu erwarten, Wiederkehrintervall der Überschreitung T = 20 a).

Prognose der monatlichen Sulfatkonzentrationen am Profil WW Briesen

Die Abbildung 2-1 zeigt prognostizierte monatliche Sulfatkonzentrationen am Profil WW Briesen, unterhalb der Schleuse Kersdorf, für ausgeprägte Sulfatereignisse (T = 10 a) und stellt diese den am Profil Neubrück gemessenen, zu Monatswerten aggregierten Sulfatkonzentrationen der Jahre 2013 bis 2015 gegenüber.

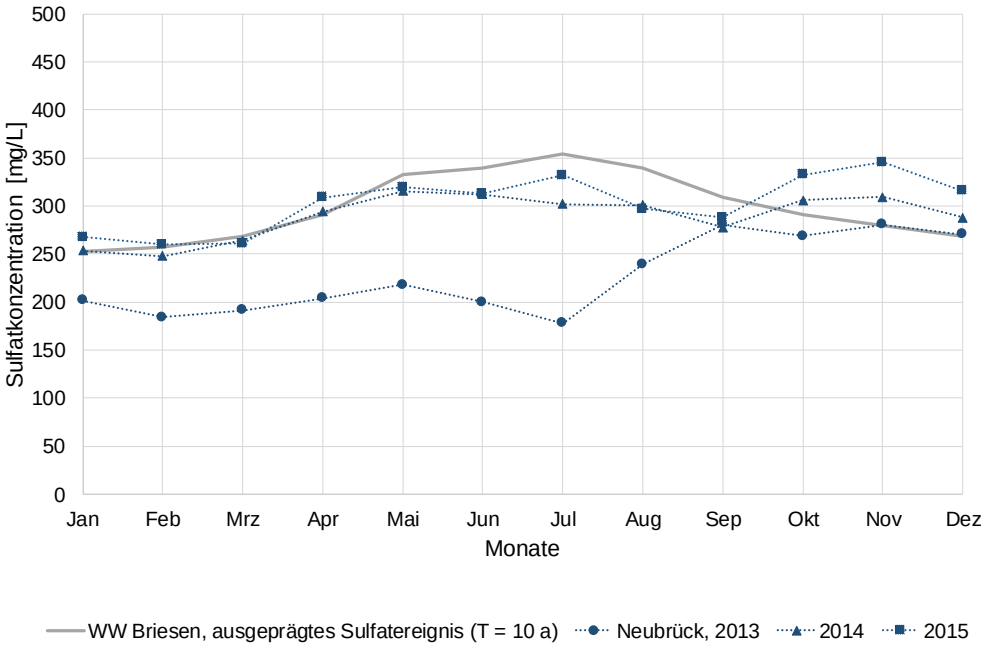


Abbildung 2-1: Prognosen der monatlichen Sulfatkonzentrationen am Profil WW Briesen für ausgeprägte Sulfatereignisse

Die maximale Sulfatkonzentration wird in Höhe von 354 mg/L im Monat Juli prognostiziert (vgl. Tabelle 2-3). Eine vergleichbare monatliche Sulfatkonzentration wurde an der Messstelle Neubrück mit 345 mg/L für den November 2015 ermittelt (vgl. Tabelle 2-4).

Die Prognosen für die maximalen monatlichen Sulfatkonzentrationen für alle weiteren Ausprägungen von Sulfatereignissen sind in Tabelle 2-3 zusammengefasst. Die entsprechenden Abbildungen sind im Anhang B, Abb. 4 bis Abb. 7, sowie im Abschlussbericht, Anhang 3.3.3 (DHI WASY, 2017), enthalten.

Tabelle 2-3: Prognosen der maximalen monatlichen Sulfatkonzentrationen für Sulfatereignisse unterschiedlicher Ausprägung am Profil WW Briesen (Szenario REAL16)

Profil WW Briesen: Prognose		
Sulfatereignis	**maximale monatliche Sulfatkonzentration**	**Wiederkehrintervall**
Mittleres Ereignis	289 mg/L	T = 2 a
Moderat ausgeprägtes Ereignis	330 mg/L	T = 5 a
Ausgeprägtes Ereignis	354 mg/L	T = 10 a
Moderat extremes Ereignis	367 mg/L	T = 20 a

Anhand der Prognosen der maximalen monatlichen Sulfatkonzentrationen und der entsprechenden Werte können die Sulfatereignisse der Jahre 2013 und 2014 als mittleres bzw. moderat ausgeprägtes Ereignis eingeordnet werden. Einen entsprechenden Überblick enthält Tabelle 2-4.

Tabelle 2-4: Maximale monatliche Sulfatkonzentrationen für Sulfatereignisse der Jahre 2013, 2014 und 2015 am Profil Neubrück (obh. Schleuse Kersdorf)

Profil Neubrück (obh. Schleuse Kersdorf): Einordnung 2013-2015		
Jahr	**maximale monatliche Sulfatkonzentration**	**Sulfatereignis, Wiederkehrintervall**
2013	281 mg/L	Mittleres Ereignis, ca. T = 2 a
2014	315 mg/L	Moderat ausgeprägtes Ereignis , ca. T = 5 a
2015	345 mg/L	Ausgeprägtes Ereignis, ca. T = 10 a

Auswahl des Bezugsrisikos für die weitere Bewertung

Das Risiko und das Ausmaß der Überschreitung des Immissionsrichtwertes am Profil WW Briesen wären demnach einzuschätzen:

- In Bezug auf ausgeprägte Sulfatereignisse (T = 10 a), um sich am schwerwiegendsten Ereignis der Jahre 2013 bis 2015 zu orientieren,
- In Bezug auf moderat extreme Sulfatereignisse (T = 20 a), um sich auch an bisher noch nicht erreichten Extremen zu orientieren.

Im Weiteren wird diese Betrachtungsweise durch die Einbeziehung folgender Indikatoren vertieft:

- Überschreitungswahrscheinlichkeiten der Sulfatkonzentrationsstufen von 200 bis 500 mg/L,
- Mindest- und Maximalkonzentration von jährlichen Maximalereignissen unterschiedlicher Ausprägung und Dauer.

Die Überschreitungswahrscheinlichkeiten der Sulfatkonzentrationsstufen geben einen Überblick über ein breites Spektrum von Sulfatkonzentrationen, insbesondere auch über die eben betrachteten, direkt berechneten Wiederkehrintervalle hinaus, d. h. in Bezug auf sehr kleine bzw. sehr große Wiederkehrintervalle.

Für das Profil WW Briesen ergeben sich für die Konzentrationsstufen (siehe Abbildung 2-2, vgl. Abschlussbericht, Anhang 3.3.1 (DHI WASY, 2017)):

- 200 mg/L: Die Überschreitungswahrscheinlichkeiten betragen überwiegend deutlich über 90 %, so dass mit niedrigeren Werten sehr selten zu rechnen ist.
- 400 mg/L: Die Überschreitungswahrscheinlichkeiten betragen in den Sommermonaten maximal 1.8 %, so dass höhere Werte nur für extreme und darüber liegende Sulfatereignisse möglich sind. Als Wiederkehrintervall ergibt sich mindestens 50 Jahre.

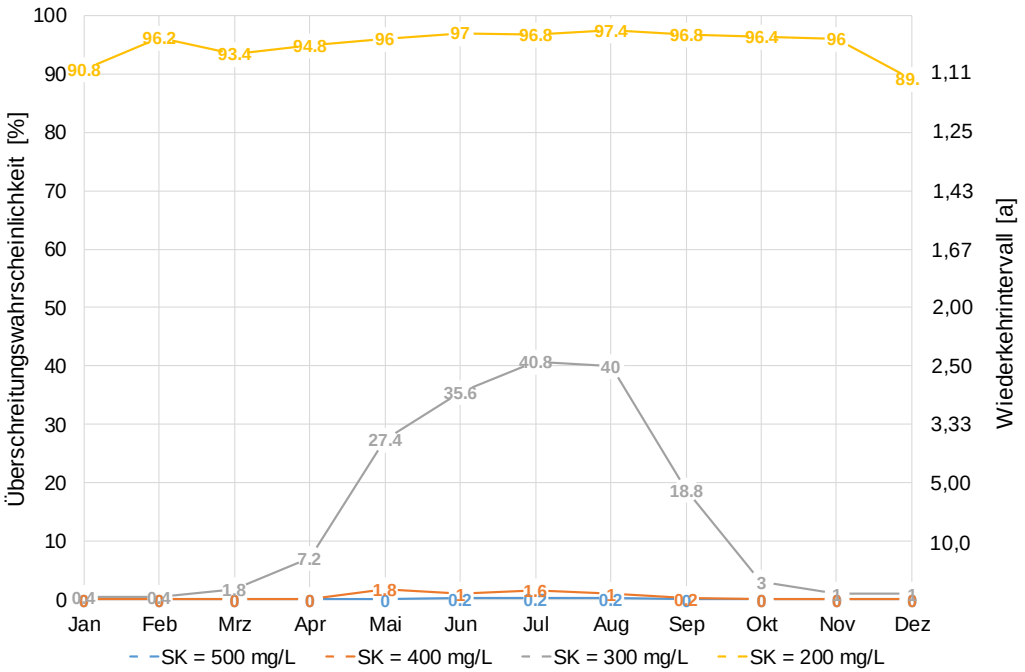


Abbildung 2-2: Überschreitungswahrscheinlichkeiten der Sulfatkonzentrationsstufen von 200 bis 500 mg/L für das Profil WW Briesen (Szenario REAL16)

Im Vergleich mit den eben genannten 400 mg/L für mindestens 50-jährliche Ereignisse geben demnach moderat extreme Sulfatereignisse (maximal 367 mg/L, Wiederkehrintervall T = 20 a) eine ausreichende Orientierung für bisher noch nicht erreichte Extreme.

Zu vergleichbaren Schlussfolgerungen führt die gesonderte Analyse ausschließlich der jährlichen Maximalereignisse. Da dann nur die höchsten der insgesamt auftretenden monatlichen Sulfatkonzentrationen betrachtet werden, ergeben sich für gleiche Wiederkehrintervalle höhere Konzentrationswerte. Die Zuordnung der Wiederkehrintervalle zum Charakter der Sulfatereignisse wird beibehalten (vgl. „Methodische Vorbemerkungen“ eingangs dieses Abschnitts).

Ein moderat ausgeprägtes Maximalereignis, das von einem aus 5 Maximalereignissen übertroffen wird, weist am Profil WW Briesen eine Maximalkonzentration von 357 mg/L auf (siehe Abbildung 2-3, vgl. im Abschlussbericht (DHI WASY, 2017) für die Maximalkonzentration Anhang 3.3.4, für die Mindestkonzentrationen Anhang 3.3.5).

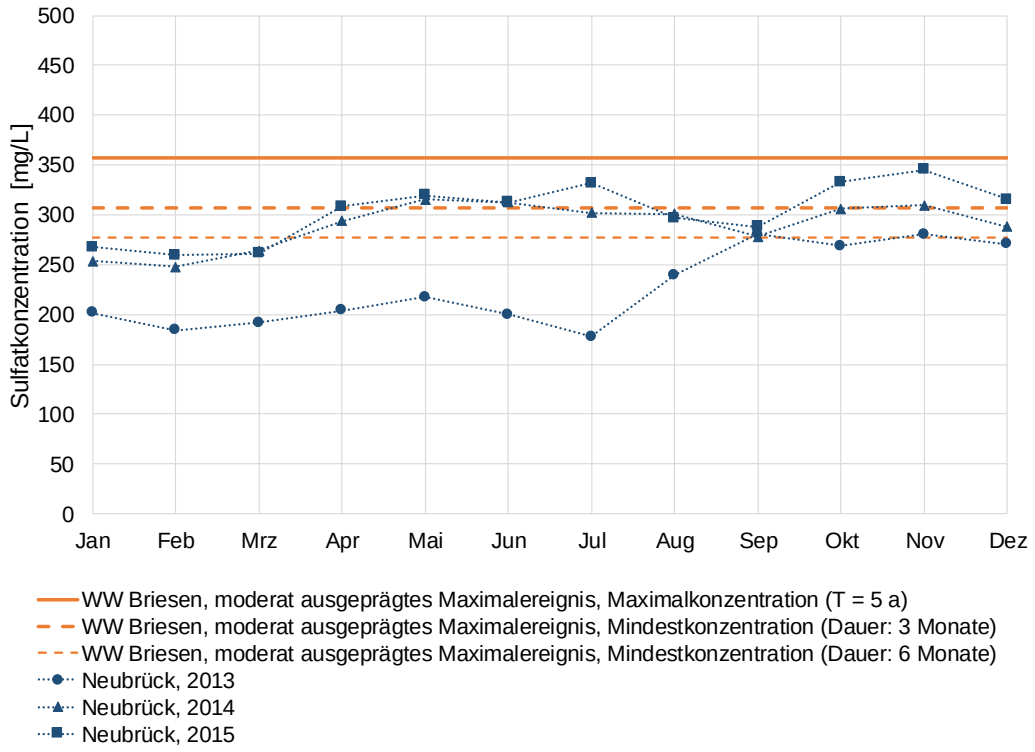


Abbildung 2-3: Prognosen der Spannweite der Sulfatkonzentrationen von Maximalereignissen am Profil WW Briesen für moderat ausgeprägte Maxima (Szenario REAL16)

Die Mindestkonzentrationen eines Maximalereignisses dieser Ausprägung betragen:

- 307 mg/L bei einer Dauer von 3 Monaten: Dies entspricht der Konzentration, mit der die in der Regel sommerlichen Maximalereignisse beginnen bzw. enden.
- 277 mg/L bei einer Dauer von 6 Monaten: Dies entspricht der Konzentration, die deutlich vor Beginn bzw. nach dem Ende des eigentlichen Sulfatmaximums zu erwarten ist, in der Regel sind es daher die winterlichen Sulfatkonzentrationen.

Die Prognosen der Spannweite der Sulfatkonzentrationen aller berechneten Ausprägungen von Maximalereignissen für das Szenario REAL16 enthält Tabelle 2-5. Die entsprechenden Abbildungen enthält Anhang B, Abb. 8 bis Abb. 11, vgl. im Abschlussbericht (DHI WASY, 2017) für die Maximalkonzentration Anhang 3.3.4, für die Mindestkonzentrationen Anhang 3.3.5.

Tabelle 2-5: Prognosen der Spannweite der Sulfatkonzentrationen von Maximalereignissen am Profil WW Briesen (Szenario REAL16)

Profil WW Briesen: Prognose			
Maximalereignis	**Maximalkonzentration**	**Mindestkonzentration bei einer Dauer von 3 Monaten / 6 Monaten**	**Wiederkehr-intervall**
Mittleres	296 mg/L	278 mg/L / 254 mg/L	T = 2 a
Moderat ausgeprägtes	357 mg/L	307 mg/L / 277 mg/L	T = 5 a
Ausgeprägtes	386 mg/L	320 mg/L / 287 mg/L	T = 10 a
Moderat extremes	496 mg/L	334 mg/L / 295 mg/L	T = 20 a

Der Vergleich der jährlichen Maximalereignisse mit den Sulfatereignissen aus monatlichen Sulfatkonzentrationen ergibt in Bezug auf die höchsten Werte (vgl. Tabelle 2-3 und Tabelle 2-5):

- Moderat ausgeprägte Maximalereignisse erreichen nahezu die Ausprägung moderat extremer Sulfatereignisse aus monatlichen Sulfatkonzentrationen.
- Ausgeprägten Maximalereignisse hingegen sind Sulfatereignisse aus monatlichen Sulfatkonzentrationen mit einem Wiederkehrintervall von 50 Jahren zuzuordnen (vgl. 400 mg/L in Abbildung 2-2).

Die gesonderte Analyse ausschließlich der jährlichen Maximalereignisse bestätigt ebenfalls die Wahl ausgeprägter sowie moderat extremer Sulfatereignisse, um sich an der Gefährdung der in den Jahren 2013 bis 2015 höchsten Sulfatkonzentrationen bzw. an noch nicht aufgetretenen Extremen zu orientieren.

Die reale Häufigkeit von Ereignissen mit bestimmten Wiederkehrintervallen illustrieren die Hochwasserereignisse am Pegel Dresden/ Elbe. Die Hochwässer der Jahre 2002 (Wiederkehrintervall zwischen 100 a und 200 a), 2006 (10 a bis 20 a) und 2013 (50 a bis 100 a) weisen Wiederkehrintervalle auf, die beträchtlich größer als der zeitliche Abstand ihres Auftretens sind.

Prognose der monatlichen Sulfatkonzentrationen am Profil Rahnsdorf

Die Prognosen für die maximalen monatlichen Sulfatkonzentrationen für alle Ausprägungen von Sulfatereignissen sind in Tabelle 2-6 zusammengefasst. Die entsprechenden Abbildungen sind im Anhang B, Abb. 12 bis Abb. 15 enthalten.

Darüber hinaus ist in Tabelle 2-6 auch die Analyse der Überschreitungswahrscheinlichkeiten für Sulfatkonzentrationsstufen integriert (für die entsprechende Abbildung siehe Anhang B, Abb. 16).

Tabelle 2-6: Prognosen der maximalen monatlichen Sulfatkonzentrationen für Sulfatereignisse unterschiedlicher Ausprägung am Profil Rahnsdorf (Szenario REAL16)

Profil Rahnsdorf: Prognose		
Sulfatereignis	**maximale monatliche Sulfatkonzentration**	**Wiederkehrintervall**
Ca. extrem günstiges Ereignis	*200 mg/L*	*T(Unterschreitung) = 33 a*
Mittleres Ereignis	265 mg/L	T = 2 a
Moderat ausgeprägtes Ereignis	288 mg/L	T = 5 a
Ausgeprägtes Ereignis	305 mg/L	T = 10 a
Moderat extremes Ereignis	316 mg/L	T = 20 a
„Jahrhundertereignis“	*400 mg/L*	*T > 500 a*

Die daraus abgeleitete Einordnung der Sulfatereignisse der Jahre 2013 bis 2015 anhand der maximalen monatlichen Sulfatkonzentrationen am Profil Neuzittau ist Tabelle 2-7 zu entnehmen.

Aus den in Tabelle 2-6 integrierten Sulfatkonzentrationsstufen und deren statistischer Bewertung kann geschlussfolgert werden, dass 200 mg/L nur extrem selten unterschritten werden können, während Sulfatkonzentrationen über 400 mg/L nahezu ausgeschlossen werden können.

Tabelle 2-7: Maximale monatliche Sulfatkonzentrationen für Sulfatereignisse der Jahre 2013, 2014 und 2015 am Profil Neuzittau

Profil Neuzittau: Einordnung 2013-2015		
Jahr	**maximale monatliche Sulfatkonzentration**	**Sulfatereignis, Wiederkehrintervall**
2013	281 mg/L	Moderat ausgeprägtes Ereignis , ca. T = 5 a
2014	293 mg/L	Moderat ausgeprägtes Ereignis , ca. T = 5 a
2015	306 mg/L	Ausgeprägtes Ereignis, ca. T = 10 a

Die Prognosen der Spannweite der Sulfatkonzentrationen aller berechneten Ausprägungen von Maximalereignissen für das Szenario REAL16 enthält Tabelle 2-8. Die entsprechenden Abbildungen enthält Anhang B, Abb. 17 bis Abb. 20.

Tabelle 2-8: Prognosen der Spannweite der Sulfatkonzentrationen von Maximalereignissen am Profil Rahnsdorf (Szenario REAL16)

Profil Rahnsdorf: Prognose			
Maximalereignis	**Maximalkonzentration**	**Mindestkonzentration bei einer Dauer von 3 Monaten / 6 Monaten**	**Wiederkehr-intervall**
Mittleres	269 mg/L	257 mg/L / 240 mg/L	T = 2 a
Moderat ausgeprägtes	309 mg/L	277 mg/L / 258 mg/L	T = 5 a
Ausgeprägtes	325 mg/L	286 mg/L / 265 mg/L	T = 10 a
Moderat extremes	**344 mg/L**	**293 mg/L / 270 mg/L**	**T = 20 a**

Der Vergleich der jährlichen Maximalereignisse mit den Sulfatereignissen aus monatlichen Sulfatkonzentrationen ergibt in Bezug auf die höchsten Werte (vgl. Tabelle 2-6 und Tabelle 2-8):

- Moderat ausgeprägte Maximalereignisse erreichen nahezu die Ausprägung moderat extremer Sulfatereignisse aus monatlichen Sulfatkonzentrationen.
- Ausgeprägte Maximalereignisse hingegen weisen eine geringfügig größere Ausprägung als moderat extreme Sulfatereignisse aus monatlichen Sulfatkonzentrationen auf.

Hierzu ist anzumerken, dass das Absinken der Maximalkonzentrationen von Briesen bis Rahnsdorf für die prognostizierten moderat extremen Maximalereignisse unplausibel hoch ist (ca. 150 mg/L), während alle anderen Prognosen ein Absinken im Bereich zwischen 30 und 80 mg/L zeigen, ebenso die gemessenen Werte für Neubrück und Neuzittau (im Mittel 30 mg/L, maximal bis 83 mg/L). Ursache hierfür ist die vereinfachte Bilanz der Volumenströme zwischen dem Profil Große Tränke UP/Spree und Rahnsdorf,

die lediglich auf Mittelwerten aus dem WBalMo Berlin basiert. Deren sulfatverdünnender Einfluss dominiert ab dem Bereich moderat extremer Sulfatereignisse. Lösungen hierfür zeigt Abschnitt 2.6 auf.

Die gesonderte Analyse ausschließlich der jährlichen Maximalereignisse bestätigt ebenfalls die Wahl ausgeprägter sowie moderat extremer Sulfatereignisse, um sich an der Gefährdung der in den Jahren 2013 bis 2015 höchsten Sulfatkonzentrationen bzw. an noch nicht aufgetretenen Extremen zu orientieren.

Die Auswertung der Prognosen für das Profil Rahnsdorf bestätigt ebenfalls die Wahl des Bezugsrisikos für die weiteren Bewertungen:

- In Bezug auf ausgeprägte Sulfatereignisse (T = 10 a), um sich am schwerwiegendsten Ereignis der Jahre 2013 bis 2015 zu orientieren,
- In Bezug auf moderat extreme Sulfatereignisse (T = 20 a), um sich auch an bisher noch nicht erreichten Extremen zu orientieren.

Risiken für die Trinkwasserversorgung durch die WW Briesen und Friedrichshagen in Bezug auf die Immissionsrichtwerte

Die Gefährdungsabschätzung kann hier nur in Bezug auf die derzeit gültigen Immissionsrichtwerte, siehe Tabelle 1, Anlage 4 in (AG FGB, März 2017), erfolgen. Betrachtungen zur Reinwasserkonzentration erfordern weitergehende Untersuchungen durch die Betreiber der Wasserwerke zur Hydrogeologie, Grundwasserdynamik und anderen Einflussgrößen, wie z. B. die Mischungsverhältnisse von Uferfiltrat und Grundwasser.

Für die Einordnung der Immissionsrichtwerte in die prognostizierten und die 2013 bis 2015 gemessenen Sulfatkonzentrationen wurden deren maximale monatliche Sulfatkonzentrationen dem Immissionsrichtwert gegenübergestellt und in der Tabelle 2-9 für das WW Briesen aufsteigend angeordnet (vgl. Anhang B, Abb. 21 bis Abb. 24). Zusätzlich ist die Anzahl der Monate angegeben, in denen der Immissionsrichtwert überschritten wird.

Tabelle 2-9: Einordnung des Immissionsrichtwertes für das Profil WW Briesen anhand der maximalen monatlichen Sulfatkonzentrationen der Sulfatereignisse der Jahre 2013, 2014 und 2015 am Profil Neubrück sowie der Prognosen für das Profil WW Briesen

Profil WW Briesen/ Neubrück: Einordnung Immissionsrichtwert			
Zeitbezug	**maximale monatliche Sulfatkonzentration**	**Anteil der Monate über dem Immissionsrichtwert**	**Sulfatereignis, Wiederkehrintervall**
	280 mg/L		**Immissionsrichtwert**
2013	281 mg/L	2 aus 12	Mittleres, ca. T = 2 a
Prognose	289 mg/L	3 aus 12	Mittleres, T = 2 a
2014*)	315 mg/L	8 aus 12	Moderat ausgeprägtes, ca. T = 5 a
Prognose	330 mg/L	6 aus 12	Moderat ausgeprägtes, T = 5 a
2015*)	345 mg/L	9 aus 12	Ausgeprägtes, ca. T = 10 a
Prognose	354 mg/L	7 aus 12	Ausgeprägtes, T = 10 a
Prognose	367 mg/L	8 aus 12	Moderat extremes, T = 20 a

*) Immissionsrichtwert in Spremberg-Wilhelmsthal zeitweise auf 500 mg/L erhöht (Wasserabsenkung zur Sanierung der Staumauer)

Die Übersicht zeigt, dass bis zu mittleren Sulfatereignissen der Immissionsrichtwert nicht überschritten wird.

Für das WW Friedrichshagen ergibt sich aus einer gleichartigen Übersicht (Tabelle 2-10, vgl. Anhang B, Abb. 21 bis Abb. 24) eine etwas höhere Wahrscheinlichkeit der Überschreitung des Immissionsrichtwertes wie auch ein größeres Ausmaß.

Tabelle 2-10: Einordnung des Immissionsrichtwertes für das Profil Rahnsdorf anhand der maximalen monatlichen Sulfatkonzentrationen der Sulfatereignisse der Jahre 2013, 2014 und 2015 am Profil Neuzittau sowie der Prognosen für das Profil Rahnsdorf

Profil Rahnsdorf/ Neuzittau: Einordnung Immissionsrichtwert			
Zeitbezug	**maximale monatliche Sulfatkonzentration**	**Anteil der Monate über dem Immissionsrichtwert**	**Sulfatereignis, Wiederkehrintervall**
Prognose	200 mg/L	0 aus 12	Ca. extrem günstiges, T(Unterschreitung) = 33 a
	220 mg/L		**Immissionsrichtwert**
Prognose	265 mg/L	12 aus 12	Mittleres, T = 2 a
2013	281 mg/L	3 aus 12	Moderat ausgeprägtes, ca. T = 5 a
Prognose	288 mg/L	12 aus 12	Moderat ausgeprägtes, T = 5 a
2014*)	293 mg/L	12 aus 12	Moderat ausgeprägtes, ca. T = 5 a
Prognose	305 mg/L	12 aus 12	Ausgeprägtes, T = 10 a
2015*)	306 mg/L	12 aus 12	Ausgeprägtes, ca. T = 10 a
Prognose	316 mg/L	12 aus 12	Moderat extremes, T = 20 a

*) Immissionsrichtwert in Spremberg-Wilhelmsthal zeitweise auf 500 mg/L erhöht (Wasserabsenkung zur Sanierung der Staumauer)

Die für mittlere Sulfatereignisse prognostizierte maximale monatliche Sulfatkonzentration liegt um 45 mg/L, und damit deutlich, über dem Immissionsrichtwert. Die minimalen monatlichen Sulfatkonzentrationen für mittlere Sulfatereignisse am Profil Rahnsdorf liegen um Werte im einstelligen Bereich, und damit geringfügig, oberhalb des Immissionsrichtwertes. Sie treten in 3 aus 12 Monaten auf.

Für die Bewertung der Risiken in Bezug auf

- ausgeprägte Sulfatereignisse (T = 10 a), um sich am schwerwiegendsten Ereignis der Jahre 2013 bis 2015 zu orientieren (vgl. Anhang B, Abb. 23),
- moderat extreme Sulfatereignisse (T = 20 a), um sich auch an bisher noch nicht erreichten Extremen zu orientieren (vgl. Anhang B, Abb. 24),

ergibt sich für das WW Briesen

- eine signifikante Überschreitung des Immissionsrichtwertes von Mai bis August um ca. 50 bis 70 mg/L für ausgeprägte Sulfatereignisse,
- eine signifikante Überschreitung des Immissionsrichtwertes von Mai bis August um ca. 80 bis 90 mg/L für moderat extreme Sulfatereignisse,

und für das WW Friedrichshagen am Profil Rahnsdorf

- eine Überschreitung des Immissionsrichtwertes um mindestens 20 mg/L bei einer signifikanten Überschreitung von Mai bis August um ca. 80 mg/L für ausgeprägte Sulfatereignisse,
- eine Überschreitung des Immissionsrichtwertes um mindestens 30 mg/L bei einer signifikanten Überschreitung von Mai bis August um ca. 85 bis 95 mg/L für moderat extreme Sulfatereignisse.

2.4 Bewertung der Immissionsrichtwerte in Spremberg-Wilhelmsthal und Leibsch sowie Wirksamkeit der aktuellen realistischen Maßnahmen und Betriebszustände

Bewertung der Immissionsrichtwerte in Spremberg-Wilhelmsthal und Leibsch

Der Kern der aktuell realistischen Maßnahmen zur Verringerung der Gefährdung der Trinkwasserversorgung durch die WW Briesen und Friedrichshagen besteht in der Sulfatverdünnung sowie der Steuerung von Sulfatfrachten aus bergbaulichen Speichern und Seen (Restriktion von Abgaben aus dem WSS Lohsa II bzw. Ausleitungen). Die Wirkung dieser Maßnahmen wird durch die Immissionsrichtwerte an den Profilen Spremberg-Wilhelmsthal und Leibsch bestimmt.

Die folgende Tabelle 2-11 zeigt im Vergleich zur Einordnung der Immissionsrichtwerte an den Profilen der Wasserwerke (Tabelle 2-9 und Tabelle 2-10), dass die Differenzen zwischen den prognostizierten bzw. 2014 und 2015 aufgetretenen Sulfatkonzentrationen einerseits und dem Immissionsrichtwert (am Profil Spremberg-Wilhelmsthal) andererseits deutlich geringer ausfallen.

Tabelle 2-11: Einordnung des Immissionsrichtwertes für das Profil Spremberg-Wilhelmsthal anhand der maximalen monatlichen Sulfatkonzentrationen der Sulfatereignisse der Jahre 2014 und 2015 sowie der Prognosen (REAL16)

Profil Spremberg-Wilhelmsthal: Einordnung Immissionsrichtwert			
Zeitbezug	**maximale monatliche Sulfatkonzentration**	**Anteil der Monate über dem Immissionsrichtwert**	**Sulfatereignis, Wiederkehrintervall**
	450 mg/L		**Immissionsrichtwert**
Prognose	450 mg/L	0 aus 12	Moderat ausgeprägtes, T = 5 a
Prognose	450 mg/L	0 aus 12	Ausgeprägtes, T = 10 a
2015*)	459 mg/L	1 aus 12	Ausgeprägtes, ca. T = 10 a
Prognose	499 mg/L	2 aus 12	Moderat extremes, T = 20 a
2014*)	513 mg/L	6 aus 12	Moderat extremes, ca. T = 20 a

*) Immissionsrichtwert in Spremberg-Wilhelmsthal zeitweise auf 500 mg/L erhöht (Wasserabsenkung zur Sanierung der Staumauer)

Daraus kann geschlussfolgert werden, dass eine Absenkung des Immissionsrichtwertes am Profil Spremberg-Wilhelmsthal dazu beitragen kann, die Immissionsrichtwerte an den Profilen der Wasserwerke zu erreichen. Diese Aussage wird durch die Abbildungen im Anhang B, Abb. 25 bis Abb. 28, sowie die folgende Abbildung 2-4 weiter differenziert.

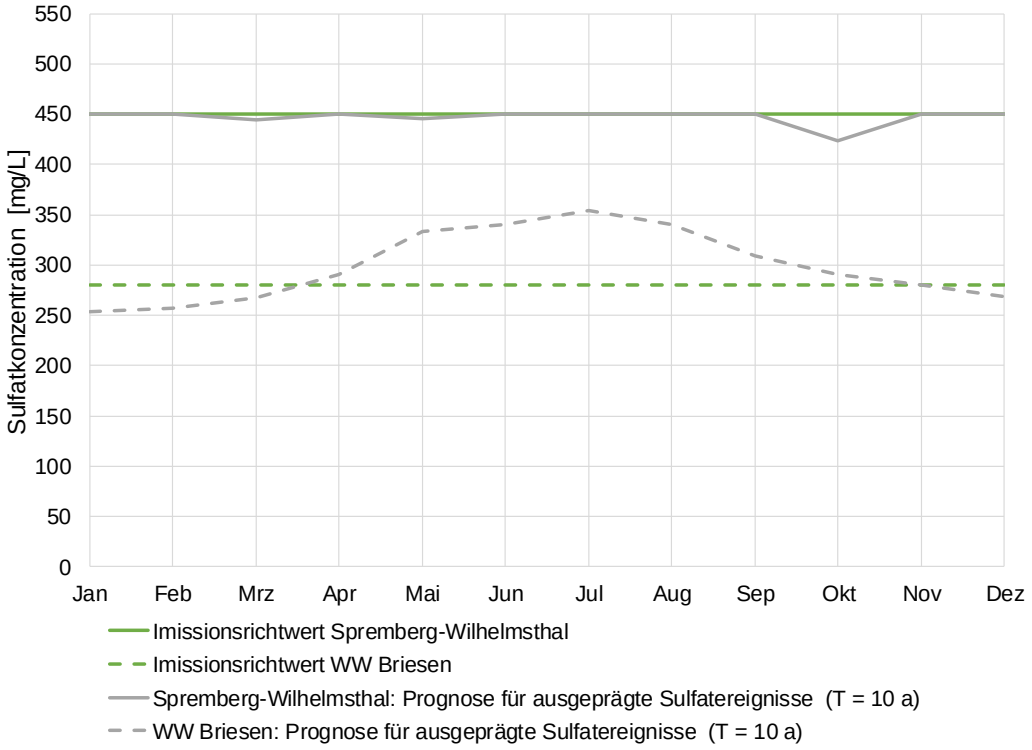


Abbildung 2-4: Immissionsrichtwerte an den Profilen Spremberg-Wilhelmsthal und WW Briesen und die Prognosen der monatlichen Sulfatkonzentrationen für ausgeprägte Sulfatereignisse (Szenario REAL16)

Abbildung 2-4 zeigt, dass für ausgeprägte Sulfatereignisse (T = 10 a) der Immissionsrichtwert in Spremberg-Wilhelmsthal stets gewährleistet werden kann. Die überwiegende Übereinstimmung von Immissionsrichtwert und Sulfatkonzentration weist auf die Optimierung der Sulfatverdünnung und –steuerung hin. Demgegenüber zeigen Sulfatereignisse gleicher Ausprägung am Profil WW Briesen ein saisonal differenziertes Bild: Von Mai bis August treten dann erhebliche Überschreitungen des Immissionsrichtwertes auf, während in den Wintermonaten die Sulfatkonzentrationen auch bei ausgeprägten Sulfatereignissen unter den Immissionsrichtwert sinken.

Folgende Schlussfolgerungen ergeben sich:

- Die Absenkung des Immissionsrichtwertes in Spremberg-Wilhelmsthal sollte saisonal differenziert untersucht werden.
- Die Einhaltung des aktuellen Immissionsrichtwertes in Spremberg-Wilhelmsthal für ausgeprägte Ereignisse erfolgt bereits durch maßgebliche Ausnutzung der Verdünnungs- und Steuermöglichkeiten. Die Leistungsfähigkeit und die Nebenwirkungen auf die Wasserversorgung kann die Absenkung begrenzen.
- Das Ausmaß der anzustrebenden Absenkung ist auch ausgehend vom Bezugsrisiko für moderat extreme Sulfatereignisse zu diskutieren (vgl. Anhang B, Abb. 28).

Die Bewertung des Immissionsrichtwertes in Leibsch (300 mg/L) fällt anders aus, da die Differenz zum Immissionsrichtwert am Profil WW Briesen nur 20 mg/L beträgt. Diese Differenz darf deutlich höher sein, da das Verdünnungspotential des Zwischeneinzugsgebietes von Leibsch bis zum WW Briesen erheblich größer ist, wie die Tabelle 2-12 und die entsprechenden Abbildungen des Anhangs B (Abb. 29 bis Abb. 32) zeigt.

Tabelle 2-12: Verdünnungspotential Zwischeneinzugsgebietes von Leibsch bis zum WW Briesen anhand der monatlichen Sulfatkonzentrationen der Sulfatereignisse der Jahre 2014 und 2015 sowie der Prognosen (REAL16)

Zeitbezug	Minimale Verdünnung	Maximale Verdünnung	Sulfatereignis, Wiederkehrintervall (WW Briesen)
2014	55 mg/L	119 mg/L	Moderat ausgeprägtes, ca. T = 5 a
2015	23 mg/L	141 mg/L	Ausgeprägtes, ca. T = 10 a
Prognose	76 mg/L	135 mg/L	Mittleres, T = 2 a
Prognose	76 mg/L	143 mg/L	Moderat ausgeprägtes, T = 5 a
Prognose	75 mg/L	142 mg/L	Ausgeprägtes, T = 10 a
Prognose	71 mg/L	149 mg/L	Moderat extremes, T = 20 a

Gegenwärtig ist deshalb der Immissionsrichtwert am Profil Leibsch wirkungslos und die sich einstellenden Sulfatkonzentrationen werden wesentlich durch den Immissionsrichtwert am Profil Spremberg-Wilhelmsthal bestimmt. Eine Änderung des Immissionsrichtwertes am Profil Leibsch muss daher:

- im Kontext zur Änderung der Immissionsrichtwerte an den Profilen der Wasserwerke erfolgen,
- die aus dem Immissionsrichtwert am Profil Spremberg-Wilhelmsthal resultierenden Sulfatkonzentrationen am Profil Leibsch berücksichtigen, um die Sulfatsteuerung der Ausleitungen aus dem Cottbuser Ostsee und dem Schlabendorfer See effizient gestalten zu können.

Die Schlussfolgerungen für die Immissionsrichtwerte an den Profilen Spremberg-Wilhelmsthal und Leibsch gelten in gleicher Weise sowohl für die Wirkung am Profil WW Briesen als auch für das Profil Rahnsdorf, WW Friedrichshagen. Zu beachten ist allerdings die unterschiedliche Gefährdung, die sich aus den derzeit gültigen Immissionsrichtwerten an den Profilen der Wasserwerke ergibt. Sie ist am Ende des vorhergehenden Abschnitts 2.3, Teilabschnitt „Risiken für die Trinkwasserversorgung durch die WW Briesen und Friedrichshagen in Bezug auf die Immissionsrichtwerte“, dargestellt.

Wirksamkeit der aktuellen realistischen Maßnahmen und Betriebszustände

Wie die eben analysierten derzeit gültigen Immissionsrichtwerte und weitere aktuell realistische Maßnahmen und Betriebszustände wirken, wird durch den Vergleich des entsprechenden Szenarios REAL16 mit dem Szenario MIN16 bewertet, das nahezu keine Maßnahmen zur Bewältigung von kritischen Sulfatkonzentrationen sowie entsprechend ungünstige Betriebszustände aufweist (vgl. Abschnitt 2.2). Dieser Vergleich wurde für Prognosen von moderat ausgeprägten, ausgeprägten und moderat extremen Sulfatereignissen durchgeführt. Die minimalen und maximalen Reduktionen der monatlichen Sulfatkonzentrationen fasst Tabelle 2-13 zusammen. Details geben die Abbildungen im Anhang B, Abb. 33 bis Abb. 41, wieder.

Tabelle 2-13: Reduktion der monatlichen Sulfatkonzentrationen durch die aktuell realistischen Maßnahmen und Betriebszustände (REAL16) im Vergleich zur Ausgangslage (MIN16) für die Profile Spremberg-Wilhelmsthal, WW Briesen und Rahnsdorf

Minimale Reduktion	Maximale Reduktion	Sulfatereignis, Wiederkehrintervall
Spremberg-Wilhelmsthal		
25 mg/L	70 mg/L	Moderat ausgeprägtes, T = 5 a
28 mg/L	94 mg/L	Ausgeprägtes, T = 10 a
26 mg/L	95 mg/L	Moderat extremes, T = 20 a
WW Briesen		
9 mg/L	18 mg/L	Moderat ausgeprägtes, T = 5 a
8 mg/L	30 mg/L	Ausgeprägtes, T = 10 a
7 mg/L	32 mg/L	Moderat extremes, T = 20 a
Rahnsdorf		
8 mg/L	13 mg/L	Moderat ausgeprägtes, T = 5 a
8 mg/L	19 mg/L	Ausgeprägtes, T = 10 a
7 mg/L	23 mg/L	Moderat extremes, T = 20 a

Die Reduktion der Sulfatkonzentrationen am Profil Spremberg-Wilhelmsthal ist bedeutend und kann für die aktuell realistischen Maßnahmen und Betriebszustände bis 95 mg/L betragen. Dabei werden die maximalen Reduktionen im Sommer erforderlich und erreicht, die minimalen Reduktionen im Winter. Am Profil WW Briesen sind noch ca. ein Drittel, am Profil Rahnsdorf noch ca. ein Viertel dieser Reduktion wirksam.

2.5 Wirksamkeit zukünftiger Maßnahmen und Betriebszustände

Die Analyse der Wirksamkeit zukünftiger Maßnahmen und Betriebszustände beginnt mit dem Vergleich der Prognosen von moderat ausgeprägten, ausgeprägten und moderat extremen Sulfatereignissen für das aktuell maximale Szenario (MAX16) und das Szenario mit den aktuell realistischen Maßnahmen und Betriebszuständen. Die minimalen und maximalen Reduktionen der monatlichen Sulfatkonzentrationen fasst Tabelle 2-14 zusammen. Details geben die Abbildungen im Anhang B, Abb. 42 bis Abb. 50, wieder.

Tabelle 2-14: Reduktion der monatlichen Sulfatkonzentrationen durch die aktuell maximalen Maßnahmen und Betriebszustände (MAX16) im Vergleich zu aktuell realistischen (REAL16) für die Profile Spremberg-Wilhelmsthal, WW Briesen und Rahnsdorf

Minimale Reduktion	Maximale Reduktion	Sulfatereignis, Wiederkehrintervall
Spremberg-Wilhelmsthal		
-3 mg/L	3 mg/L	Moderat ausgeprägtes, T = 5 a
-2 mg/L	4 mg/L	Ausgeprägtes, T = 10 a
-13 mg/L	2 mg/L	Moderat extremes, T = 20 a
WW Briesen		
-5 mg/L	1 mg/L	Moderat ausgeprägtes, T = 5 a
-7 mg/L	6 mg/L	Ausgeprägtes, T = 10 a
-6 mg/L	5 mg/L	Moderat extremes, T = 20 a
Rahnsdorf		
-4 mg/L	0 mg/L	Moderat ausgeprägtes, T = 5 a
-4 mg/L	2 mg/L	Ausgeprägtes, T = 10 a
-4 mg/L	3 mg/L	Moderat extremes, T = 20 a

Die Reduktion der Sulfatkonzentrationen ist generell nicht signifikant. Die Zuwächse der Sulfatkonzentrationen (negative Reduktion) finden in den Wintermonaten im ungesteuerten Bereich unterhalb der Immissionsrichtwerte statt. Sie gehen auf die Wirksamkeit von Neißewasser zurück, das nicht am Bedarf für die Immissionsrichtwerte, sondern am Flutungsbedarf für die Restlochkette im Schwarze-Elster-Gebiet ausgerichtet ist. Somit ist der Einsatz der Neißeüberleitung für die Sulfatverdünnung als gleichwertig mit ihrer Verwendung für die Flutung der Restlochkette einzuschätzen.

Weitere Maßnahmen sind noch nicht oder nicht separat auf ihre Wirkung untersucht. Dazu werden folgende Einschätzungen gegeben:

- Die Steuerung der Ausleitungen aus dem Cottbuser Ostsee und dem Schlabendorfer See ist nicht separat auf seine Wirkung untersucht worden. Ihre Wirkung ist zu betrachten, wenn abschließende Festlegungen zur wasserwirtschaftlichen Nutzung des Cottbuser Ostsees und zum Immissionsrichtwert Leibsch getroffen wurden.
- Die Umleitung von Wasser aus der Spree bei Schmogrow über den Nordumfluter kann wegen der kürzeren Translationszeit Wirkungen in Leibsch nur dann und in marginalem Ausmaß erzielen, wenn signifikante Änderungen der Sulfatkonzentration im Zustrom zum Spreewald auftreten. Zugleich sind diese Effekte mit den Auswirkungen auf die Bewirtschaftung des Spreewaldes abzuwägen. Die Untersuchung und Bewertung dieser Option ist daher von geringer Priorität für die Maßnahmen in Bezug auf die Standorte der Wasserwerke.
- Die Umleitung von Wasser über den Dahme-Umflut-Kanal kann das Verdünnungspotential des Zwischengebietes von Leibsch bis zum WW Briesen vergrößern. Allerdings gelangt diese Sulfatfracht über die Dahme ebenfalls in den Bereich von Brunnengalerien des WW Friedrichshagen. Die Effekte sind ebenfalls

mit den Auswirkungen auf die Bewirtschaftung der Dahme und der unteren Spree abzuwägen.

Die Nutzung des Speichersystems WSS Lohsa II hängt von der Einhaltung des Immissionsrichtwertes ab, wie es die Ausleitempfehlungen (AG FGB, März 2017) vorsehen. Im Ergebnis z. B. der Durchleitung von Spreewasser konnte der restriktionsfreie Zustand bereits erreicht werden. Vorhandene Teilergebnisse des WBalMo Sulfatprognosemodells zeigen, dass eine vergleichbare Wirkung sich unter bestimmten Bedingungen auch bei einer Speicherbewirtschaftung einstellt. Abbildung 2-5 und Abbildung 2-6 zeigen die Entwicklung von Inhalt und Sulfatkonzentration des SB Lohsa II über einen Zeitraum von 6 Jahren. Dabei sind die Unsicherheiten der Grundwasserbeeinflussung hinsichtlich der Aktualität der Modelle der Volumenströme und ihrer Sulfatkonzentrationen zu beachten (siehe folgender Abschnitt 2.6).

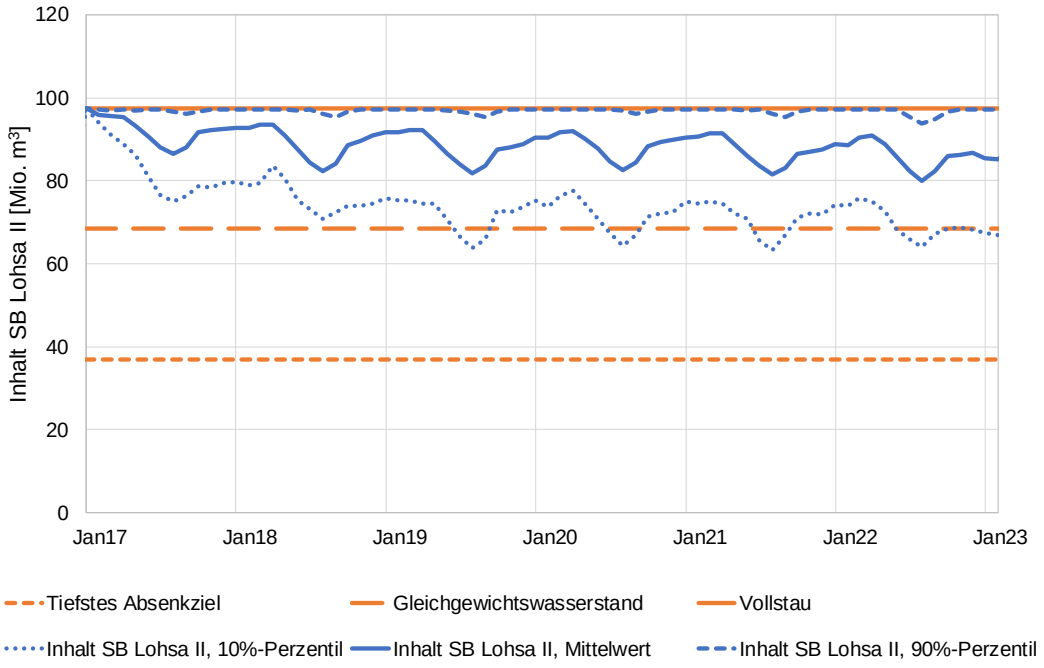


Abbildung 2-5: Inhaltsentwicklung des SB Lohsa II bei Speicherbetrieb

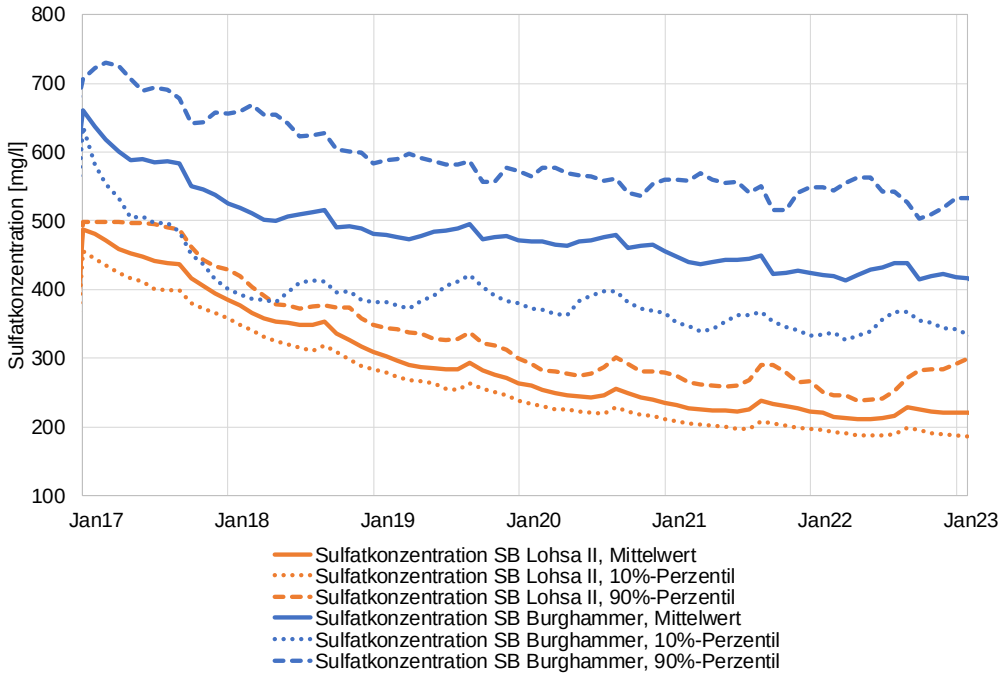


Abbildung 2-6: Entwicklung der Sulfatkonzentrationen in den SB Burghammer und Lohsa II bei Speicherbetrieb ohne Durchleitung

Der Verlauf der Inhalte und Sulfatkonzentrationen erlaubt folgende Einschätzungen:

- Die Beanspruchung des WSS Lohsa II ist gering, solange bergbauliches Sümpfungswasser und die Vorhaltemenge von 20 Mio. m³ pro Jahr in den TS Bautzen und Quitzdorf eine gute Basis bilden.
- Der Speicherbetrieb hat ebenso eine sulfatverdünnende Wirkung, wie die praktizierte wasserversorgungsneutrale Durchleitung von Spreewasser.
- Die Sulfatkonzentrationen in den Speicherbecken zeigen selbst bei der derzeitigen geringen Ausschöpfung des Nutzraumes ein Wiederansteigen der Sulfatkonzentration beim Erreichen der tiefsten Wasserstände.

Daraus leiten sich die folgenden Aspekte ab:

- Die speicherwirtschaftliche Nutzung des WSS Lohsa II trägt zusammen mit einer Durchleitung von Spreewasser zu restriktionsfreien Ausleitungsbedingungen bei.
- Der Umfang der Vorhaltemenge der TS Bautzen und Quitzdorf wirkt sich direkt auf den Umfang der Abgaben aus dem WSS Lohsa II, damit auf die tiefsten Wasserstände in den Speicherbecken und in der Folge auf einen stärkeren Wiederanstieg der Sulfatkonzentrationen aus.
- Eine Verringerung der bergbaulichen Sümpfungswassereinleitungen kann durch höhere Abgaben aus dem WSS Lohsa II ausgeglichen werden. In der Folge sind die für die Vorhaltemenge skizzierten Effekte zu erwarten.

Die Entwicklung eines mehrphasigen Bewirtschaftungsplans für das WSS Lohsa II kann die genannten Aspekte berücksichtigen und quantifizieren. Damit wären Aussagen abgesichert, in wieweit die Nutzung des WSS Lohsa II im Speicherbetrieb nachhaltig positive Auswirkungen auf die Sulfatkonzentration an den Standorten der Wasserwerke haben könnte. Diese könnten z. B. eintreten, wenn infolge der geringeren Beanspruchung der TS Bautzen und Quitzdorf für die Deckung des Wasserbedarfs in Brandenburg dann mehr Wasser für die Bewältigung extremer Sulfatereignisse zur Verfügung stehen würde.

2.6 Unsicherheiten der bisherigen Aussagen und Mittel zu ihrer Bewältigung

Die Unsicherheiten der bisherigen Aussagen konzentrieren sich auf folgende Bereiche:

- Dynamik der wasser- und gütewirtschaftlichen Planungen und der Erkenntnisse zu den Sulfatemissionen,
- Unschärfe der Darstellung der wasser- und gütewirtschaftlichen Einflüsse im WBalMo Sulfatprognosemodell Spree.

Die stetige Anpassung der Planungen und der Erkenntnisgewinn in Untersuchungen zur Sulfatproblematik erfordert eine ebenso kontinuierliche Fortschreibung des WBalMo Sulfatprognosemodells. Dafür existieren Erfahrungen mit dem WBalMo Ländermodell im Rahmen der AG Flussgebietsbewirtschaftung, die es gilt auszuwerten und auf die Bedingungen des Sulfatprognosemodells anzuwenden. Eine enge Zusammenarbeit der Beteiligten über den Daten- und Informationsaustausch hinaus während der wasserwirtschaftlichen Planung kann der Komplexität der wasser- und gütewirtschaftlichen Prozesse und ihrer modellgestützten Prognose gerecht werden.

Unschärfen der modellgestützten Prognosen mit dem WBalMo Sulfatprognosemodell Spree betreffen:

- Zwischengebiet von Große Tränke UP/Spree bis Rahnsdorf,
- WSS Lohsa II,
- Versorgungsbilanzen der Bereiche Boxberg, Schwarze Pumpe und Jänschwalde.

Das Zwischengebiet von Große Tränke UP/Spree bis Rahnsdorf ist nicht Teil des WBalMo Spree/Schwarze-Elster, sondern des WBalMo Berlin. Im WBalMo Sulfatprognosemodell Spree wurden deshalb Mittelwerte für den Zustrom aus der Löcknitz (am Zufluss zum Dämmeritzsee) mit 1.5 m^3/s und für alle sonstigen Einflüsse mit. 0.25 m^3/s angesetzt. Der Zustrom aus der Löcknitz wird mit einer Sulfatkonzentration von 210 mg/L angesetzt. Dadurch bekommt insbesondere der Zufluss aus der Löcknitz bei Prognosen von geringen Zuflüssen mit hohen Sulfatkonzentrationen von Große Tränke UP ein nicht gerechtfertigtes sulfatreduzierendes Gewicht. Durch Verschiebung der Modellgrenzen bis Rahnsdorf kann diese Unsicherheit behoben werden. Ein übergreifendes stochastisches Modell für die Witterung existiert bereits für 50 und 100 Jahre mit Klimaszenarien, vgl. (BfG, 2013).

Im Rahmen der Erstellung des WBalMo Sulfatprognosemodells Spree wurde eine Kalibrierung der WBalMo-Modelle für die Grundwasserbeeinflussung der SB Lohsa II und Burghammer in allen Teilbereichen vorgenommen. Eine erneute Kalibrierung dieser Modelle kann die Zuverlässigkeit erhöhen, wenn möglichst aktuelle, lange Messreihen der Oberflächenwasserkomponenten und aktuelle Ergebnisse für die Grundwasserkomponenten aus numerischen Grundwassermodellen verwendet werden, die gegenwärtig durch die LMBV beauftragt sind. Eine Plausibilisierung unter Verwendung von prognostischen Zeitreihen der Oberflächenwasserkomponenten aus dem WBalMo Sulfatprognosemodell für den Speicherbetrieb ist erforderlich. Zugleich sollten dabei neue Erkenntnisse zu den Sulfatkonzentrationen des Grundwassers in den Anstrombereichen einfließen und Maßnahmen, wie z. B. die Einleitung von an der Spree gefördertem, sulfathaltigem Grundwasser eingearbeitet bzw. geprüft werden.

Die Versorgungskomplexe Boxberg, Schwarze Pumpe und Jänschwalde unterliegen der ständigen Anpassung an die Betriebsführung und der Optimierung der wassermengen- und gütewirtschaftlichen Prozesse. Ein Vergleich mit der Bilanzierung im WBalMo Sulfatprognosemodell sollte einschließen, dass der Kraftwerksbedarf saisonal und witterungsabhängig variiert und daher die Volumenströme und deren

Sulfatkonzentrationen ebenso schwanken können. Derzeit werden hierfür Jahreswerte angesetzt.

3 Möglichkeiten der Nutzung des WBalMo Sulfatprognosemodell Spree für die Planung und Steuerung der Flussgebietsbewirtschaftung

Mit dem WBalMo Sulfatprognosemodell Spree wird die Wasserwirtschaft in die Lage versetzt, Planung und Steuerung der Flussgebietsbewirtschaftung konsistent sowie verknüpft nach Menge und Sulfat durchzuführen.

Die aufgrund der Risikobewertung mit dem WBalMo Sulfatprognosemodell Spree definierten Maßnahmen und Betriebszustände, deren Festlegung in den Bewirtschaftungsgrundsätzen sowie die daran geknüpften Erwartungen an die Sulfatkonzentrationen müssen konsistent zur Planung auch in die aktuelle operative Steuerung einfließen. Mit dem WBalMo Sulfatprognosemodell Spree wäre ein einzugsgebietsweit geschlossenes Modell verfügbar. Technisch sind dafür die Voraussetzungen gegeben, da das aktuelle Steuermodell GRMSTEU direkt ein WBalMo-Modell zur Basis für die Ermittlung des Steuervorschlages verwendet. Im nächsten Schritt ist eine Zusammenführung des WBalMo Ländermodells mit dem WBalMo Sulfatprognosemodell Spree vorgesehen.

Die Entwicklung eines mehrphasigen Bewirtschaftungsplans für das WSS Lohsa II, der für eine nachhaltige restriktionsfreie Nutzung den notwendigen Umfang der Vorhaltemenge aus den TS Bautzen und Quitzdorf sowie die Konsequenzen einer Reduzierung der Sümpfungswassereinleitungen einbezieht, kann mit Hilfe des WBalMo Sulfatprognosemodells Spree erfolgen. Die entsprechenden quantitativen Nachweise zur Genehmigung wären ein direktes Ergebnis dieser Unterstützung des Planungsverfahrens.

Die Einflussfaktoren auf die Sulfatkonzentration in den Vorflutern unterliegen zeitlichen Veränderungen. Dies betrifft nicht nur die Maßnahmen und Betriebszustände, sondern auch die Sulfatemissionen selbst, insbesondere die bergbaulichen diffusen Einträge, die Sümpfungswassereinleitungen und die Sulfatkonzentration im WSS Lohsa II. Bei der Entwicklung des WBalMo Sulfatprognosemodells Spree wurde dieser Dynamik durch die Definition von Szenarien Rechnung getragen. Das zugrundeliegende WBalMo LM150902_04SPM und seine Folgemodelle bieten aber auch die Möglichkeit, die Dynamik selbst in ihrer Überlagerung zu untersuchen und Aussagen zur zeitlichen Entwicklung der Sulfatkonzentration zu prognostizieren.

4 Kurzfassung

Das Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg als koordinierende Institution beauftragte am 13.05.2016 die DHI WASY GmbH mit der „Erstellung des Sulfatprognosemodells Spree“. Die Bearbeitung gliederte sich in Module mit folgenden Inhalten:

1. Prüfung und Aktualisierung bestehender Daten und Regeln, Erweiterung um Maßnahmen, Analyse gemessener Sulfatdaten, Sulfatmodul Einträge und Speicherseen, Modul Sulfatsteuerung Obere Spree (Finanzierung durch Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt des Landes Berlin, Abschluss am 12. August 2016).
2. Modul Sulfattranslation, Integration in das WBalMo Spree-Schwarze Elster, Fragmentierung der Ergebniszeitreihen, Module Ergebnisauswertung und Indikatoren (Finanzierung durch Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft Brandenburg, Abschluss am 11. November 2016).
3. Funktionsnachweis, Güte des Mengenmodells, Güte des Sulfatprognosemodells (Finanzierung durch Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg, Abschluss am 12. Juli 2017).

Die Detailergebnisse der Erstellung des Sulfatprognosemodells enthält ein umfangreicher Abschlussbericht (DHI WASY, 2017). Da der Auftrag „Erstellung eines Sulfatprognosemodells“ keine Studie zu Prognosen der Sulfatkonzentrationen an den Standorten der Wasserwerke, zur Gefährdung der Trinkwasserversorgung oder zur Bewertung der Immissionsrichtwerte, Maßnahmen und Betriebszustände zum Gegenstand hatte, gleichwohl aber im Zuge der Arbeiten szenariobasierte Ergebnisse vorzulegen waren und erfolgreich ermittelt wurden, beauftragte das Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg die DHI WASY GmbH am 22. August 2017 mit einer diesbezüglichen Zusammenfassung zum WBalMo Sulfatprognosemodell Spree. Grundlage bildete die entsprechende Festlegung 6 aus der 29. Beratung der AG FGB am 13. Oktober 2016.

Das WBalMo Sulfatprognosemodell Spree erlaubt Risikoanalysen der Ausprägung und Dauer von Sulfatkonzentrationen sowie weiterer mengenwirtschaftlicher Aspekte der Wasserbereitstellung. Dazu dienen Verfahren, die eine Vielzahl von Dargebotssituationen bereitstellen, die die beobachtete Vielfalt nach Dauer und Ausprägung z. B. von Niedrigwassersituationen, übertreffen. Auf dieser Basis wird eine kontinuierliche wasserwirtschaftliche Bilanz berechnet, die Entnahmen, Mindestdurchflüsse, Einleitungen wie auch die Bewirtschaftung von Speichern und Überleitungen einschließt, und die resultierenden Sulfatkonzentrationen im Verlauf der Spree berechnet. Die Wasserbereitstellung für Entnahmen und Mindestdurchflüsse sowie gemäß den Bewirtschaftungsgrundsätzen aus Speichern und Überleitungen wird mit dem Ziel gesteuert, eine rangfolgegeregelte Wasserbedarfsdeckung sowie die Einhaltung der Immissionsrichtwerte zu gewährleisten.

Die vorliegende Zusammenfassung beantwortet folgende Fragestellungen:

1. Welche Sulfatkonzentrationen in der Spree sind in naher Zukunft an den Standorten der WW Briesen und Friedrichshagen unter der Annahme realistischer Maßnahmen und Betriebszustände im oberhalb gelegenen Einzugsgebiet zu erwarten?
   Wie ist für diese Prognosen in Bezug auf die gegenwärtigen Immissionsrichtwerte das Risiko für die Trinkwasserversorgung einzuschätzen?

2. Wie ist die Wirkung der aktuell realistischen Maßnahmen und Betriebszustände einzuschätzen? Wie sind in diesem Zusammenhang die Immissionsrichtwerte an den Profilen Spremberg-Wilhelmsthal und Leibsch zu bewerten?

3. Welche Wirkung ist von zukünftigen Maßnahmen und Betriebszuständen zu erwarten?

Die für die Diskussion dieser Fragestellungen vorliegenden Ergebnisse beziehen sich auf bestehende oder zu erwartende Maßnahmen und Betriebszustände, die für die Erstellung des WBalMo Sulfatprognosemodells Spree in Szenarien definiert wurden:

- Ausgangslage für die Wirkungsabschätzung mit einem Minimum an sulfatreduzierenden Maßnahmen (abgekürzt MIN16),
- Aktuell realistische Sulfatreduktion mit den zu erwartenden und mit Bewirtschaftungsregeln hinterlegten, sulfatreduzierenden Maßnahmen sowie entsprechenden Betriebszustände der relevanten Steuergrößen (REAL16),
- Aktuell maximale Sulfatreduktion mit allen aktuell mit Bewirtschaftungsregeln hinterlegten, sulfatreduzierenden Maßnahmen sowie günstigen Betriebszustände der relevanten Steuergrößen (MAX16).

Die auf der Basis der Szenarioergebnisse durchgeführte Risikoanalyse geht von folgenden Ausprägungen von Sulfatereignissen aus:

- *Mittlere* Sulfatereignisse (statistisch in der Hälfte des Planungszeitraumes ist die Überschreitung dieser Sulfatkonzentrationen zu erwarten, Wiederkehrintervall der Überschreitung T = 2 a),
- *Moderat ausgeprägte* Sulfatereignisse (statistisch in jedem fünften Jahr ist die Überschreitung dieser Sulfatkonzentrationen zu erwarten, Wiederkehrintervall der Überschreitung T = 5 a),
- *Ausgeprägte* Sulfatereignisse (statistisch in jedem zehnten Jahr ist die Überschreitung dieser Sulfatkonzentrationen zu erwarten, Wiederkehrintervall der Überschreitung T = 10 a),
- *Moderat extreme* Sulfatereignisse (statistisch in jedem zwanzigsten Jahr ist die Überschreitung dieser Sulfatkonzentrationen zu erwarten, Wiederkehrintervall der Überschreitung T = 20 a).

Für die aktuell realistische Sulfatreduktion ergeben sich die folgenden Prognosen am Profil WW Briesen und ihre Einordnung in die Sulfatereignisse der Jahre 2013, 2014 und 2015 sowie den Immissionsrichtwert:

Profil WW Briesen (Messwerte für Neubrück)			
Zeitbezug	**maximale monatliche Sulfatkonzentration**	**Anteil der Monate über dem Immissionsrichtwert**	**Sulfatereignis, Wiederkehrintervall**
	280 mg/L		**Immissionsrichtwert**
2013	281 mg/L	2 aus 12	Mittleres, ca. T = 2 a
Prognose	289 mg/L	3 aus 12	Mittleres, T = 2 a
2014*)	315 mg/L	8 aus 12	Moderat ausgeprägtes, ca. T = 5 a
Prognose	330 mg/L	6 aus 12	Moderat ausgeprägtes, T = 5 a
2015*)	345 mg/L	9 aus 12	Ausgeprägtes, ca. T = 10 a
Prognose	354 mg/L	7 aus 12	Ausgeprägtes, T = 10 a
Prognose	367 mg/L	8 aus 12	Moderat extremes, T = 20 a

*) Immissionsrichtwert in Spremberg-Wilhelmsthal zeitweise auf 500 mg/L erhöht (Wasserabsenkung zur Sanierung der Staumauer der TS Spremberg)

Die folgende Tabelle gibt die entsprechende Übersicht für das Profil Rahnsdorf.

Profil Rahnsdorf (Messwerte für Neuzittau)			
Zeitbezug	**maximale monatliche Sulfatkonzentration**	**Anteil der Monate über dem Immissionsrichtwert**	**Sulfatereignis, Wiederkehrintervall**
Prognose	200 mg/L	0 aus 12	Ca. extrem günstiges, T(Unterschreitung) = 33 a
	220 mg/L		**Immissionsrichtwert**
Prognose	265 mg/L	12 aus 12	Mittleres, T = 2 a
2013	281 mg/L	3 aus 12	Moderat ausgeprägtes, ca. T = 5 a
Prognose	288 mg/L	12 aus 12	Moderat ausgeprägtes, T = 5 a
2014*)	293 mg/L	12 aus 12	Moderat ausgeprägtes, ca. T = 5 a
Prognose	305 mg/L	12 aus 12	Ausgeprägtes, T = 10 a
2015*)	306 mg/L	12 aus 12	Ausgeprägtes, ca. T = 10 a
Prognose	316 mg/L	12 aus 12	Moderat extremes, T = 20 a

*) Immissionsrichtwert in Spremberg-Wilhelmsthal zeitweise auf 500 mg/L erhöht (Wasserabsenkung zur Sanierung der Staumauer der TS Spremberg)

Die Bewertung der Risiken für die Trinkwasserversorgung in Bezug auf die Immissionsrichtwerte bezieht sich auf

- ausgeprägte Sulfatereignisse (T = 10 a), um sich am schwerwiegendsten Ereignis der Jahre 2013 bis 2015 zu orientieren und auf
- moderat extreme Sulfatereignisse (T = 20 a), um sich auch an bisher noch nicht erreichten Extremen zu orientieren.

Für das WW Briesen ergibt sich

- eine signifikante Überschreitung des Immissionsrichtwertes von Mai bis August um ca. 50 bis 70 mg/L für ausgeprägte Sulfatereignisse,
- eine signifikante Überschreitung des Immissionsrichtwertes von Mai bis August um ca. 80 bis 90 mg/L für moderat extreme Sulfatereignisse,

und für das WW Friedrichshagen am Profil Rahnsdorf

- eine Überschreitung des Immissionsrichtwertes um mindestens 20 mg/L bei einer signifikanten Überschreitung von Mai bis August um ca. 80 mg/L für ausgeprägte Sulfatereignisse,
- eine Überschreitung des Immissionsrichtwertes um mindestens 30 mg/L bei einer signifikanten Überschreitung von Mai bis August um ca. 85 bis 95 mg/L für moderat extreme Sulfatereignisse.

Der Kern der Maßnahmen zur Verringerung der Gefährdung der Trinkwasserversorgung besteht in der Sulfatverdünnung sowie der Steuerung von Sulfatfrachten aus bergbaulichen Speichern und Seen. Das Ausmaß der Steuerung wird durch die Immissionsrichtwerte an den Profilen Spremberg-Wilhelmsthal und Leibsch bestimmt. In Spremberg-Wilhelmsthal sind Prognosen und vergangene Ereignisse vergleichsweise gering vom Immissionsrichtwert entfernt, so dass die realistisch definierten Maßnahmen

und Betriebszuständen die Leistungsfähigkeit zur Sulfatverdünnung – und –steuerung gering oder nicht überschreiten.

Profil Spremberg-Wilhelmsthal: Einordnung Immissionsrichtwert			
Zeitbezug	**maximale monatliche Sulfatkonzentration**	**Anteil der Monate über dem Immissionsrichtwert**	**Sulfatereignis, Wiederkehrintervall**
	450 mg/L		**Immissionsrichtwert**
Prognose	450 mg/L	0 aus 12	Moderat ausgeprägtes, T = 5 a
Prognose	450 mg/L	0 aus 12	Ausgeprägtes, T = 10 a
2015*	459 mg/L	1 aus 12	Ausgeprägtes, ca. T = 10 a
Prognose	499 mg/L	2 aus 12	Moderat extremes, T = 20 a
2014*	513 mg/L	6 aus 12	Moderat extremes, ca. T = 20 a

*) Immissionsrichtwert in Spremberg-Wilhelmsthal zeitweise auf 500 mg/L erhöht (Wasserabsenkung zur Sanierung der Staumauer der TS Spremberg)

Der Immissionsrichtwert in Leibsch (300 mg/L) ist nahezu identisch mit dem Immissionsrichtwert für das WW Briesen (280 mg/L). Das Verdünnungspotential des Zwischeneinzugsgebietes von Leibsch bis zum WW Briesen ist jedoch erheblich größer:

Zeitbezug	Minimale Verdünnung	Maximale Verdünnung	Sulfatereignis, Wiederkehrintervall (WW Briesen)
2014	55 mg/L	119 mg/L	Moderat ausgeprägtes, ca. T = 5 a
2015	23 mg/L	141 mg/L	Ausgeprägtes, ca. T = 10 a
Prognose	76 mg/L	135 mg/L	Mittleres, T = 2 a
Prognose	76 mg/L	143 mg/L	Moderat ausgeprägtes, T = 5 a
Prognose	75 mg/L	142 mg/L	Ausgeprägtes, T = 10 a
Prognose	71 mg/L	149 mg/L	Moderat extremes, T = 20 a

Gegenwärtig ist deshalb der Immissionsrichtwert am Profil Leibsch wirkungslos und die sich einstellenden Sulfatkonzentrationen werden wesentlich durch den Immissionsrichtwert am Profil Spremberg-Wilhelmsthal bestimmt. Daraus ergeben sich folgende Handlungsmöglichkeiten:

1. Die Immissionsrichtwerte in Leibsch sowie an den Profilen WW Briesen und Rahnsdorf sind an den Immissionsrichtwert Spremberg-Wilhelmsthal so anzupassen, dass sich ein vergleichbarer Grad der Einhaltung der Immissionsrichtwerte im gesamten Längsschnitt der Spree ergibt. Die Immissionsrichtwerte sind dann konsistent ohne an den Profilen der Wasserwerke deren Gefährdung zu entsprechen.
2. Der Immissionsrichtwert in Spremberg-Wilhelmsthal ist so nach unten zu korrigieren, dass sich ein festzulegender Grad der Einhaltung der Immissionsrichtwerte für die Profile WW Briesen und Rahnsdorf ergibt. Dabei sollte:
   - Die Absenkung saisonal differenziert untersucht werden,

- Die Grenzen der Leistungsfähigkeit der Steuerungsoptionen und die Nebenwirkungen auf die Wasserbereitstellung einbezogen werden,
- Der Immissionsrichtwert in Leibsch konsistent zu Spremberg-Wilhelmsthal ermittelt werden und die Wirkung auf die Sulfatsteuerung im Nordraum aufgezeigt werden,
- Das Ausmaß der anzustrebenden Absenkung ist auch ausgehend vom Bezugsrisiko für moderat extreme Sulfatereignisse zu analysieren.

3. Basierend auf Untersuchungen der Wasserwerksbetreiber zur Sulfatkonzentration im Reinwasser sind die Immissionsrichtwerte in der Spree an den Standorten der Wasserwerke festzulegen und nachfolgend die eben unter 2. beschriebenen Untersuchungen zu den Immissionsrichtwerten Spremberg-Wilhelmsthal und Leibsch vorzunehmen.

Die Analyse der Wirksamkeit der aktuell realistischen Maßnahmen und Betriebszustände im Vergleich zur Ausgangslage zeigt, dass die Reduktion der Sulfatkonzentrationen am Profil Spremberg-Wilhelmsthal bedeutend sind und bis 95 mg/L betragen können. Am Profil WW Briesen sind noch ca. ein Drittel, am Profil Rahnsdorf noch ca. ein Viertel dieser Reduktion wirksam.

Die über die aktuell realistischen Maßnahmen und Betriebszustände hinaus für die aktuell maximal mögliche Sulfatreduktion erzielbaren Verbesserungen sind marginal und liegen im unteren einstelligen Bereich.

Zu beachten ist dabei, dass die Wirkung der Sulfatsteuerung im Cottbuser Ostsee und im Schlabendorfer See erst betrachtet werden kann, wenn abschließende Festlegungen zur wasserwirtschaftlichen Nutzung des Cottbuser Ostsees und zum Immissionsrichtwert Leibsch getroffen wurden. Der Untersuchung und Bewertung der Umleitung von Wasser aus der Spree bei Schmogrow über den Nordumfluter wird eine geringe Priorität für die Effekte an den Standorten der Wasserwerke gegeben, da die erzielbaren Effekte im Kontext der abzuwägenden Nebenwirkungen gering sind. Die Umleitung von Wasser über den Dahme-Umflut-Kanal kann das Verdünnungspotential des Zwischengebietes von Leibsch bis zum WW Briesen vergrößern. Allerdings gelangt diese Sulfatfracht über die Dahme ebenfalls in den Bereich von Brunnengalerien des WW Friedrichshagen. Die Effekte sind deshalb mit den Auswirkungen auf die Bewirtschaftung der Dahme und der unteren Spree abzuwägen.

Darüber hinaus könnte die Aufnahme des Speicherbetriebs des WSS Lohsa II die TS Bautzen und Quitzdorf entlasten und deren im Rahmen der Vorhaltemenge vorhandenes Wasser könnte für die Einhaltung des Immissionsrichtwertes in Spremberg-Wilhelmsthal genutzt werden. Die bisher vorliegenden Ergebnisse zur Entwicklung der Sulfatkonzentrationen in den Speicherbecken des WSS Lohsa II ergeben stichhaltige Gründe davon auszugehen, dass ein Beginn der Speichernutzung des WSS Lohsa II zusammen mit einer Durchleitung von Spreewasser die zügige Herstellung der restriktionsfreien Nutzung erheblich begünstigen kann. Demgegenüber weisen die Ergebnisse darauf hin, dass der derzeitige Umfang der Vorhaltemenge der TS Bautzen und Quitzdorf für Brandenburg sowie der Sümpfungswassereinleitungen des Bergbaus eine niedrige Ausnutzung des WSS Lohsa II sicherstellen. Damit werden Wasserstände vermieden, die zum signifikanten Zustrom sulfathaltigen Grundwassers führen würden und die restriktionsfreien Nutzung in Frage stellen könnten. Die Entwicklung eines entsprechenden mehrphasigen Bewirtschaftungsplans für das WSS Lohsa II auf der Basis des WBalMo Sulfatprognosemodell Spree kann die genannten Aspekte berücksichtigen und quantifizieren. Damit wären Aussagen abgesichert, inwieweit die Nutzung des WSS Lohsa II im Speicherbetrieb positive Auswirkungen auf die Sulfatkonzentration an den Standorten der Wasserwerke haben könnte.

In diesem Zusammenhang ist auf die generelle Notwendigkeit hinzuweisen, dass in das WBalMo Sulfatprognosemodell Spree die wasser- und gütewirtschaftlichen Planungen,

die genehmigten Maßnahmen wie auch die Erkenntnisse zu den Sulfatemissionen kontinuierlich einzupflegen sind. Dafür existieren Erfahrungen mit dem WBalMo Ländermodell im Rahmen der AG Flussgebietsbewirtschaftung, die es gilt auszuwerten und auf die Bedingungen des Sulfatprognosemodells anzuwenden. Als Schwerpunkte für das WBalMo Sulfatprognosemodell Spree sind die Erweiterung um dynamische Volumenströme zwischen Große Tränke und Rahnsdorf, die Aktualisierung des Grundwassereinflusses im WSS Lohsa II sowie die saisonale Detaillierung der Versorgungsbilanzen der Kraftwerksstandorte zu nennen.

Mit dem WBalMo Sulfatprognosemodell Spree wird die Wasserwirtschaft in die Lage versetzt, Planung und Steuerung der Flussgebietsbewirtschaftung konsistent sowie verknüpft nach Menge und Sulfat durchzuführen. Für die entsprechende Planung ist im nächsten Schritt eine Zusammenführung des WBalMo Ländermodells mit dem WBalMo Sulfatprognosemodell Spree vorgesehen. Die aufgrund der Risikobewertung mit dem WBalMo Sulfatprognosemodell Spree definierten und in den Bewirtschaftungsgrundsätzen vereinbarten Maßnahmen und Betriebszustände zur Sulfatreduktion werden ihre Wirkung in der Praxis nur dann zeigen, wenn konsistent zur Planung auch die operative Steuerung mit dem Sulfatprognosemodell durchgeführt wird. Mit dem WBalMo Sulfatprognosemodell Spree wäre ein einzugsgebietsweit geschlossenes Modell verfügbar. Technisch sind die Voraussetzungen gegeben, das WBalMo Sulfatprognosemodell Spree in das aktuelle Steuermodell GRMSTEU direkt zu integrieren.

5 Literatur

AG FGB. (März 2017). Grundsätze für die länderübergreifende Bewirtschaftung der Flussgebiete Spree, Schwarze Elster und Lausitzer Neiße. *AG Flussgebietsbewirtschaftung Spree-Schwarze Elster.*

BfG. (2013). BfG-Bericht. Wasserwirtschaftliche Verhältnisse des Projektes 17 für den Bereich des WNA Berlin. 6. Fassung, 2. Teilbericht. *DHI-WASY GmbH und Bundesanstalt für Gewässerkunde.*

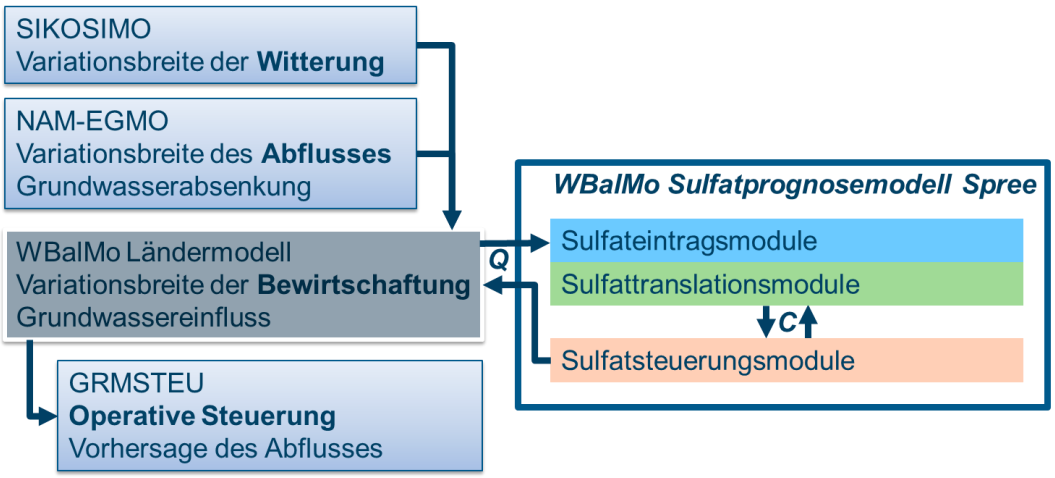
DHI WASY. (2017). Erstellung des Sulfatprognosemodells Spree. *Berlin: DHI WASY GmbH. Im Auftrag des Landesamtes für Bergbau, Geologie und Rohstoffe.*

ANHANG

ANHANG A

WBalMo Sulfatprognosemodell Spree: Übersicht zur Funktionsweise

Das WBalMo Sulfatprognosemodell Spree ist eine Erweiterung des WBalMo Ländermodells. Es übernimmt u. a. Rahmenbedingungen und Abflüsse aus dem WBalMo Ländermodell und berechnet auf dieser Basis notwendige und zulässige Änderungen der Bewirtschaftung aus Sicht des Sulfats. Weitere Modelle zur Prognose von Witterung und Abfluss stellen Eingangsdaten für das WBalMo Ländermodell bereit und bilden die Grundlage für Risikoanalysen mit dem Sulfatprognosemodell. Das WBalMo Ländermodell stellt ebenfalls das Bewirtschaftungsmodell für die operative Steuerung mit dem GRMSTEU bereit.



Aus dem WBalMo Ländermodell werden zunächst Abflüsse und Volumenströme z. B. von Einleitungen an das Sulfatprognosemodell übergeben. Die anschließenden Prognosen der Sulfatkonzentrationen erfolgen ohne Ausnahme auf der Basis von Frachtbilanzen. Dabei ergeben sich die Frachten aus den variablen Volumenströmen und den Sulfatkonzentrationen, die als fester Wert (z. B. regional spezifische natürliche Hintergrundbelastung), als zeitabhängiger Wert (z. B. diffuse bergbauliche Emissionen bei der Exfiltration des Grundwassers in die Vorfluter) oder als Modellergebnis (z. B. die Grund- und Oberflächenwasserbeeinflussung der SB Burghammer und SB Lohsa II) eingehen. Für einzelne Abschnitte der Spree werden die Prognosen mit Berücksichtigung der Translation erstellt. Die trifft für den Spreewald und die untere Spree zu.

Die prognostizierten Sulfatkonzentrationen werden mit den Immissionsrichtwerten der Spree verglichen und bei Bedarf wird die Bewirtschaftung in Bezug auf Sulfatverdünnung und Sulfatsteuerung verändert, bis die diesbezüglichen Optionen ausgeschöpft sind oder der Immissionsrichtwert erreicht wurde.

Die nun in Hinblick Sulfat veränderte Bewirtschaftung wird dem WBalMo Ländermodell übergeben, das die Bilanzierung weiter fortführt.

Die Abflüsse ohne Nutzungseinfluss werden durch das NAM-EGMO erzeugt. Neben dem Einfluss von Grundwasserabsenkungen werden die Abflüsse durch die Zeitreihen von Niederschlag und Verdunstung bestimmt, die durch das SIKOSIMO erzeugt werden. Die Verknüpfung dieser beiden Modelle sichert die Erzeugung der gesamten statistischen Variationsbreite der Abflusssituationen nach Höhe und Dauer. Das trifft in erster Linie auf Niedrigwassersituationen zu.

Im Rahmen der Fortschreibung des WBalMo Ländermodells werden periodisch Versionen des Modells für die Anwendung im GRMSTEU bestätigt. Dieses Modell wird durch das GRMSTEU geladen und unterstützt die Umsetzung der Bewirtschaftungsgrundsätze bei der aktuellen (operativen) Steuerung (AG FGB, März 2017). Die derzeitige aktuelle Version des WBalMo Ländermodells unterstützt nicht das Zusammenwirken mit dem WBalMo Sulfatprognosemodell.

ANHANG B

WBalMo Sulfatprognosemodell Spree: Übersicht der Sulfateinträge und –ausleitungen sowie der Sulfattranslationsmodule

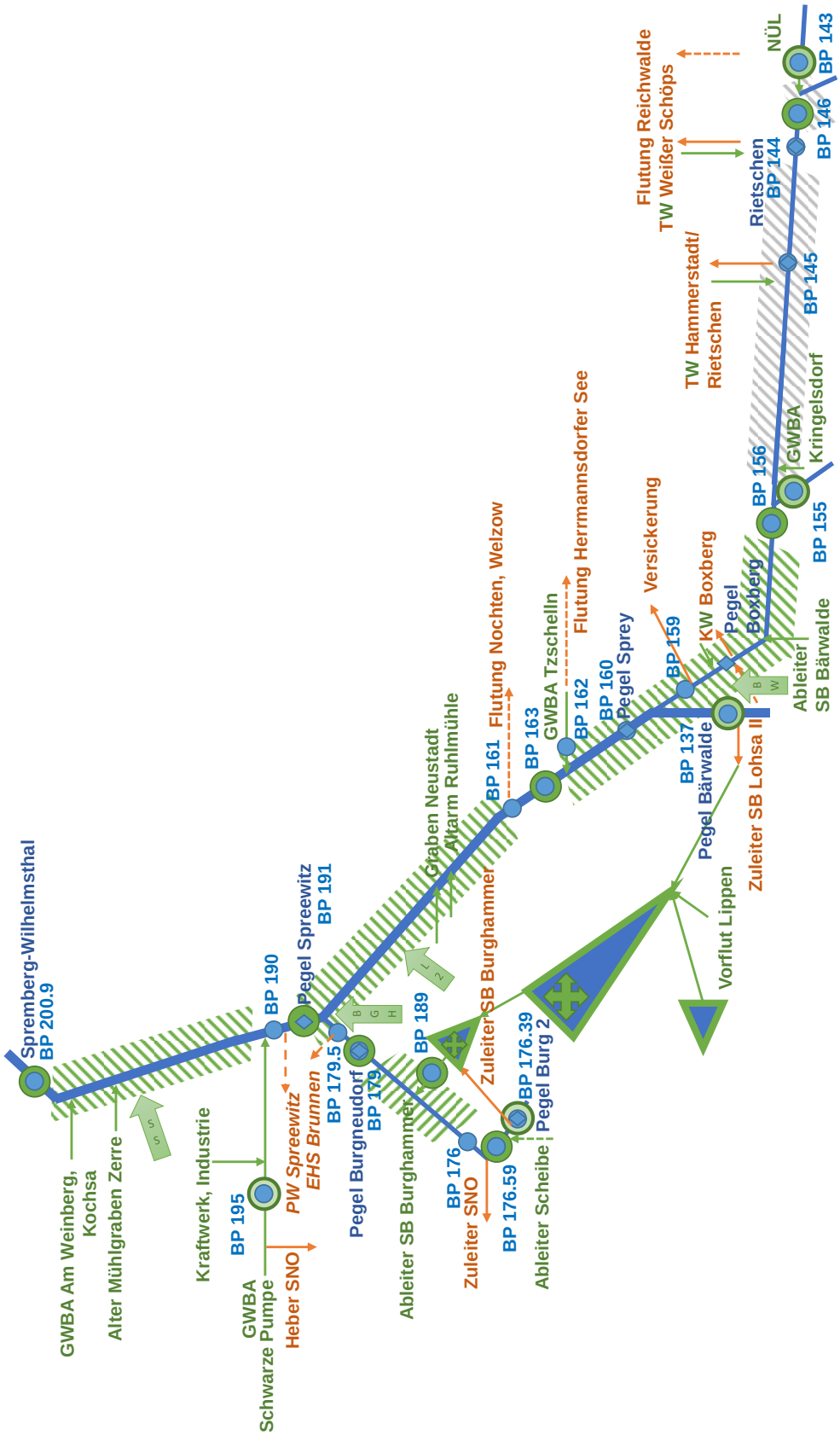


Abb. 1: WBalMo Sulfatprognosemodell Spree: Südraum

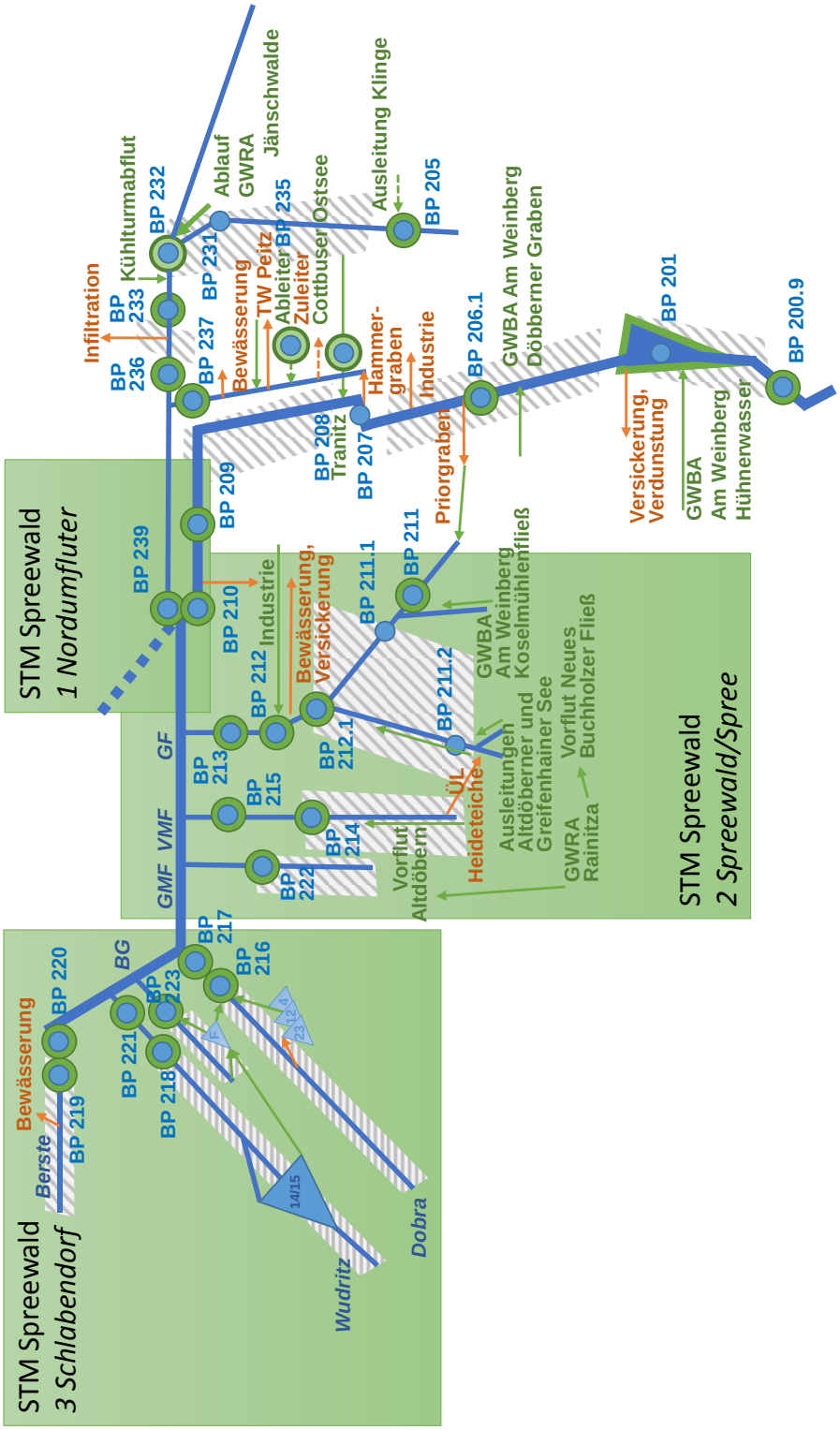


Abb. 2: WBalMo Sulfatprognosemodell Spree: Nordraum

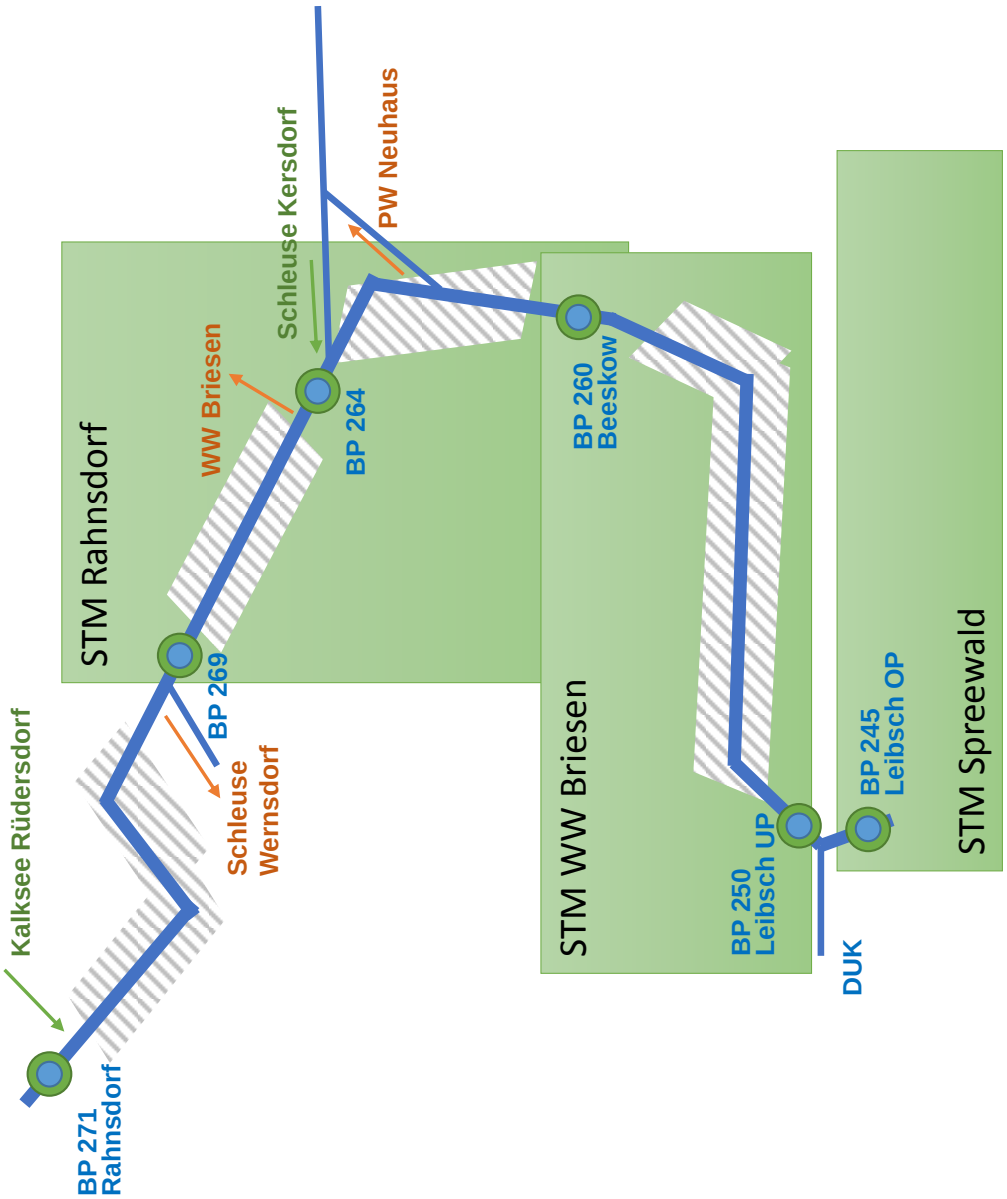


Abb. 3: WBalMo Sulfatprognosemodell Spree: Untere Spree

ANHANG C

WBalMo Sulfatprognosemodell Spree: Prognosen der Sulfatkonzentration

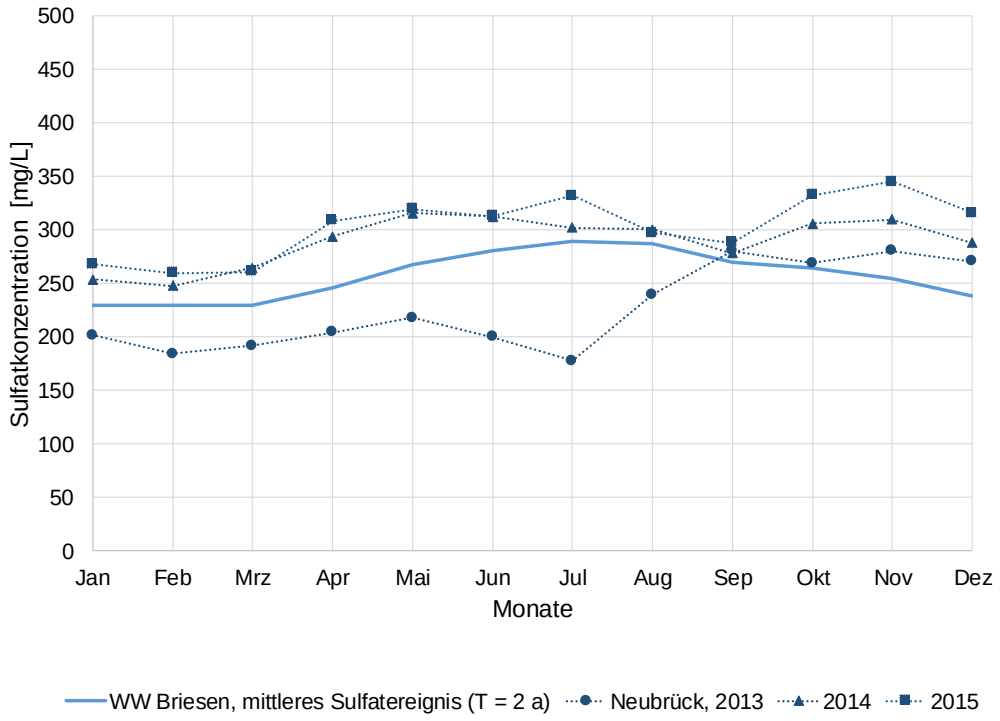


Abb. 4: Prognosen der monatlichen Sulfatkonzentrationen am Profil WW Briesen für mittlere Sulfatereignisse (REAL16)

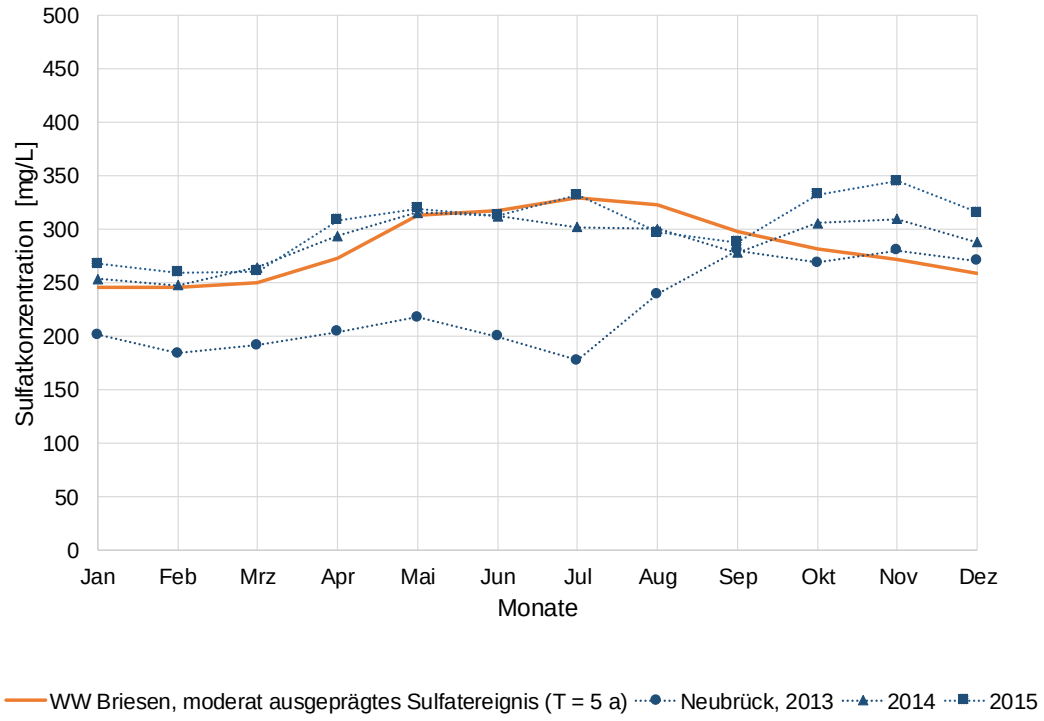


Abb. 5: Prognosen der monatlichen Sulfatkonzentrationen am Profil WW Briesen für moderat ausgeprägte Sulfatereignisse (REAL16)

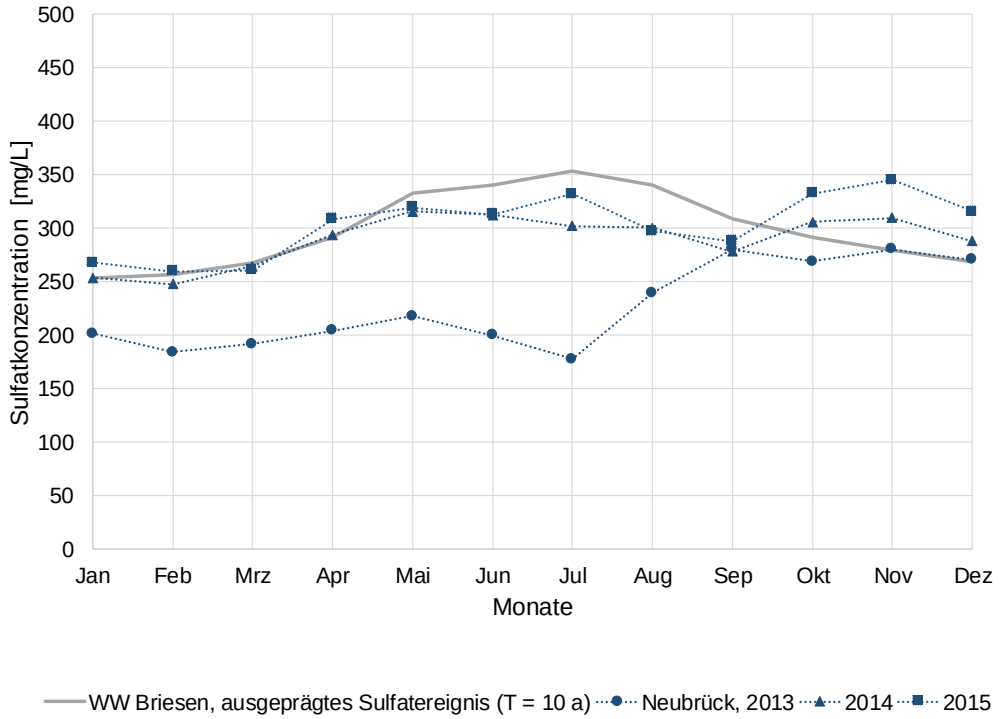


Abb. 6: Prognosen der monatlichen Sulfatkonzentrationen am Profil WW Briesen für ausgeprägte Sulfatereignisse (REAL16)

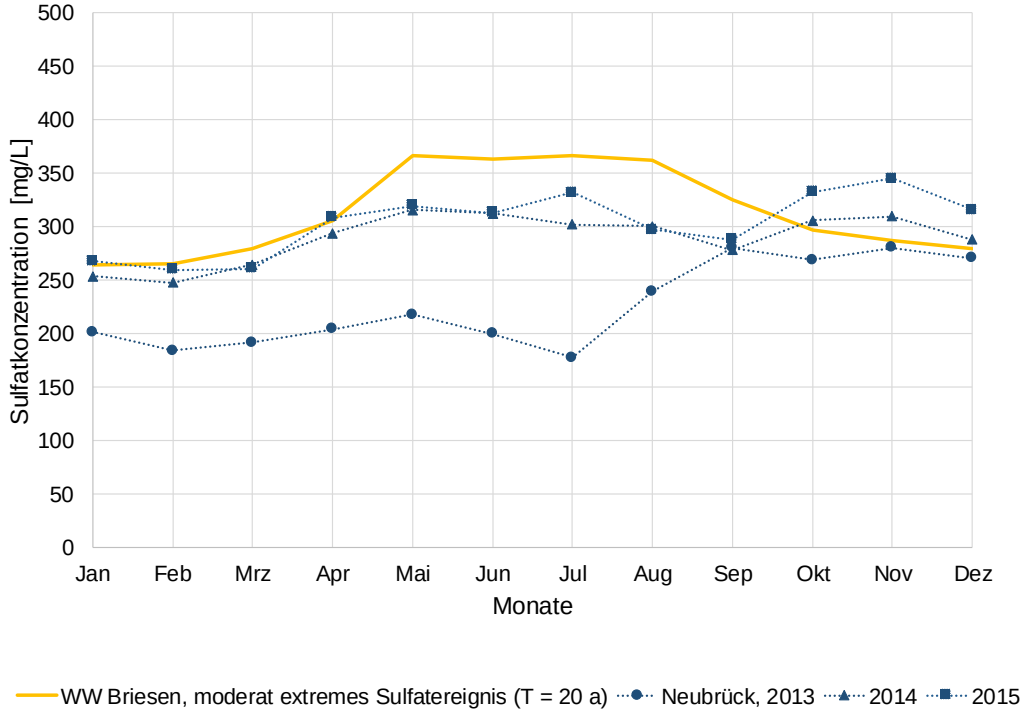


Abb. 7: Prognosen der monatlichen Sulfatkonzentrationen am Profil WW Briesen für moderat extreme Sulfatereignisse (REAL16)

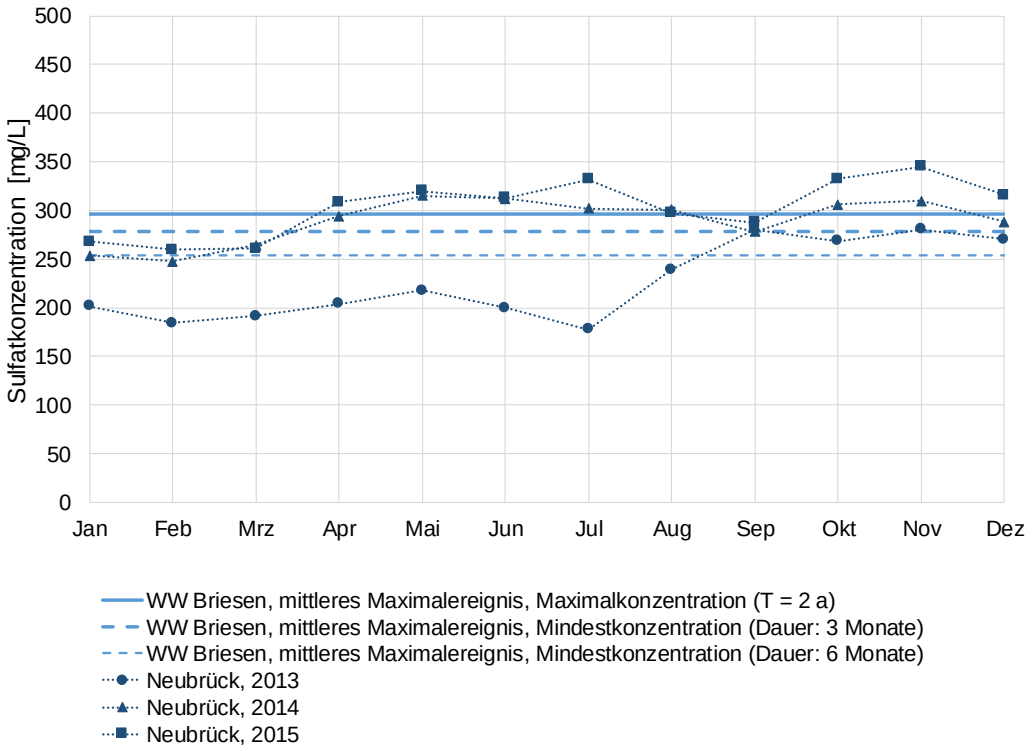


Abb. 8: Prognosen der Spannweite der Sulfatkonzentrationen von Maximalereignissen am Profil WW Briesen für mittlere Maxima (REAL16)

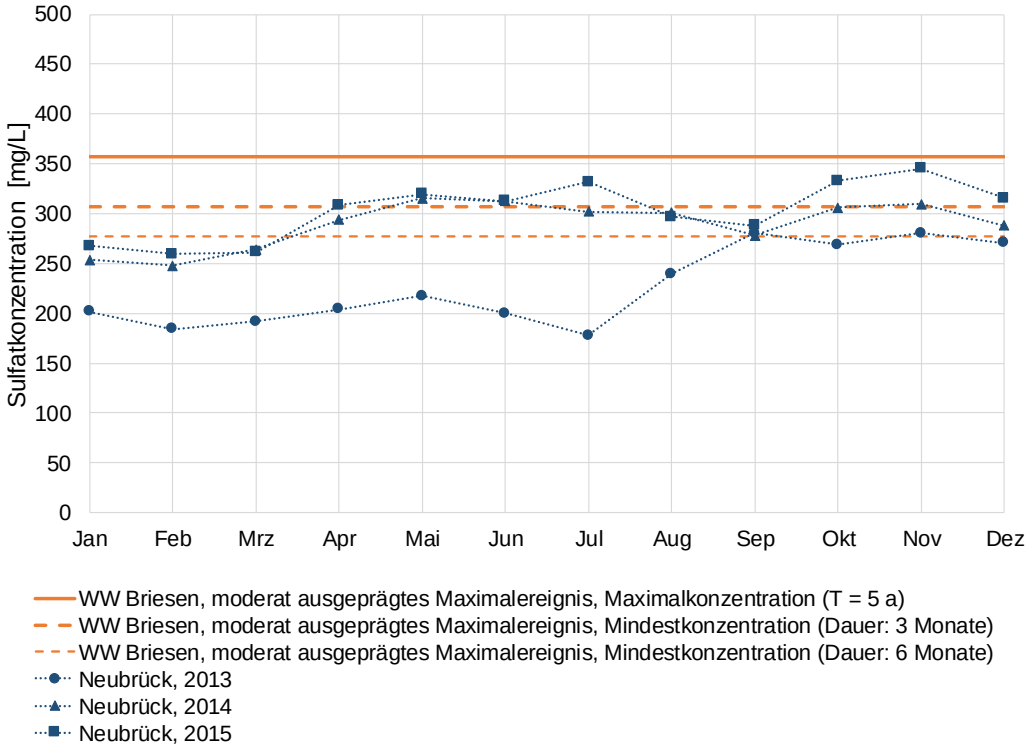


Abb. 9: Prognosen der Spannweite der Sulfatkonzentrationen von Maximalereignissen am Profil WW Briesen für moderat ausgeprägte Maxima (REAL16)

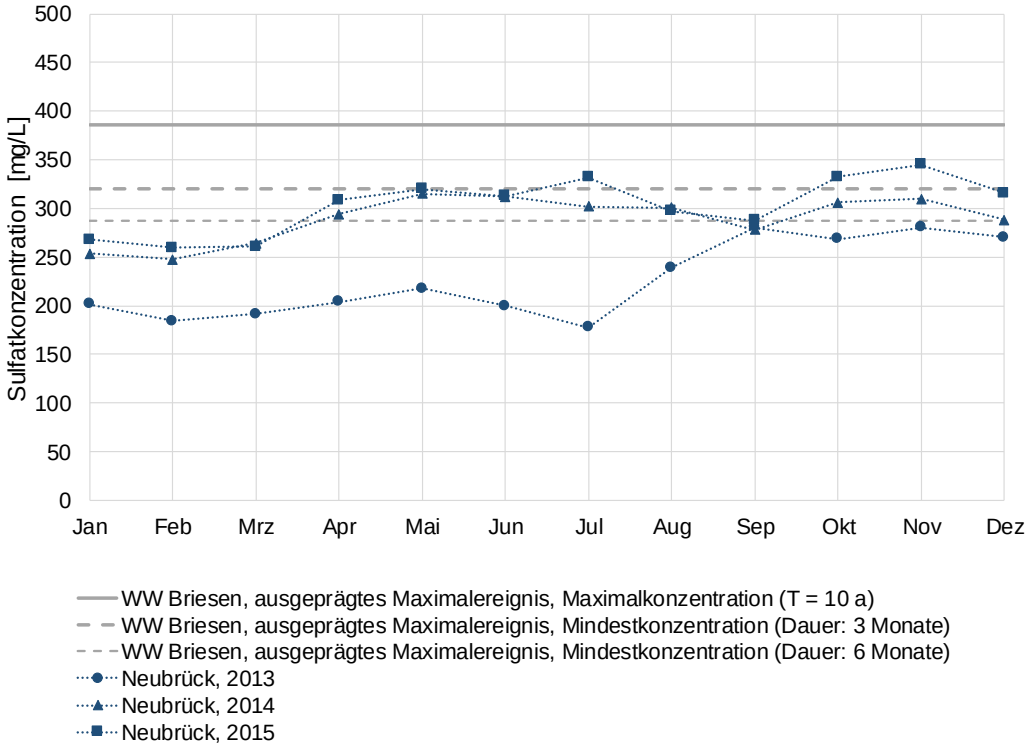


Abb. 10: Prognosen der Spannweite der Sulfatkonzentrationen von Maximalereignissen am Profil WW Briesen für ausgeprägte Maxima (REAL16)

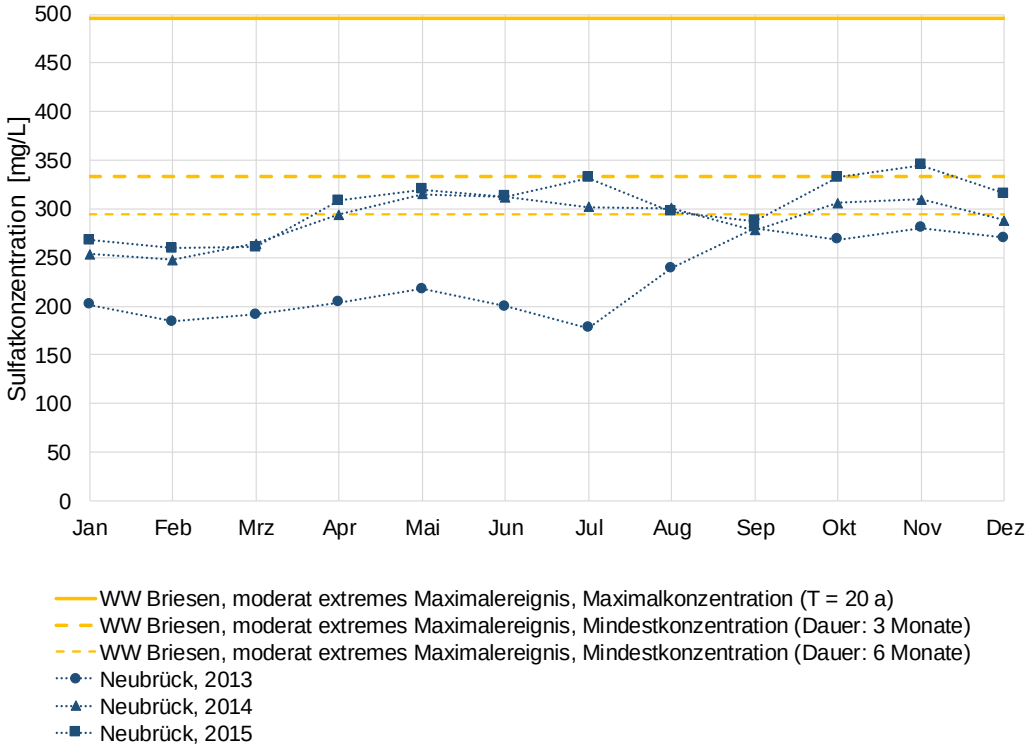


Abb. 11: Prognosen der Spannweite der Sulfatkonzentrationen von Maximalereignissen am Profil WW Briesen für moderat extreme Maxima (REAL16)

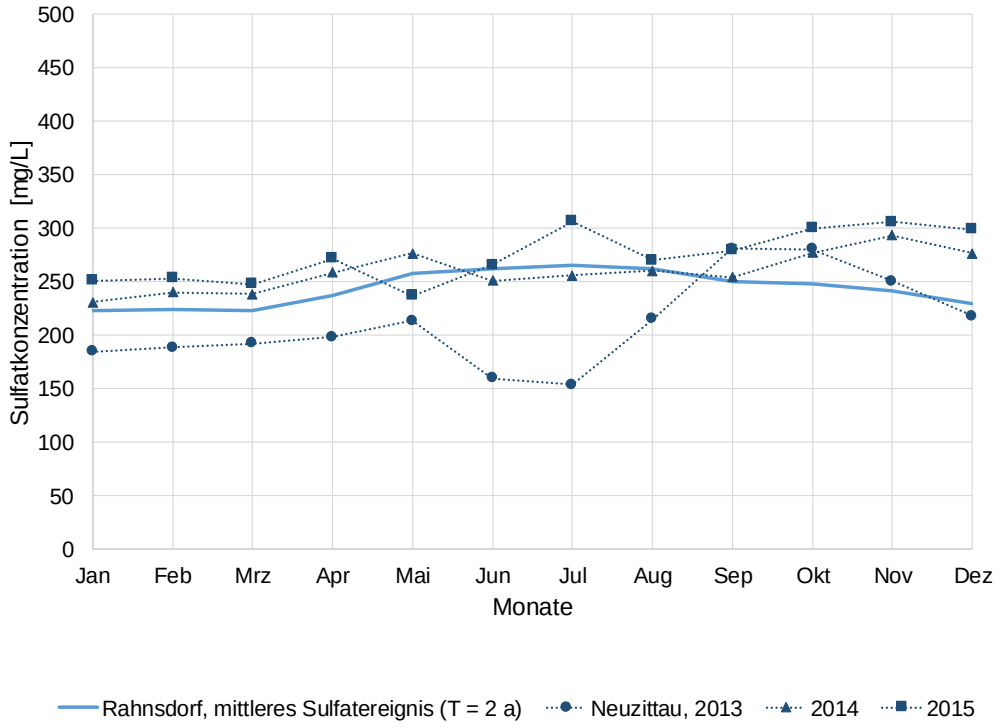


Abb. 12: Prognosen der monatlichen Sulfatkonzentrationen am Profil Rahnsdorf für mittlere Sulfatereignisse (REAL16)

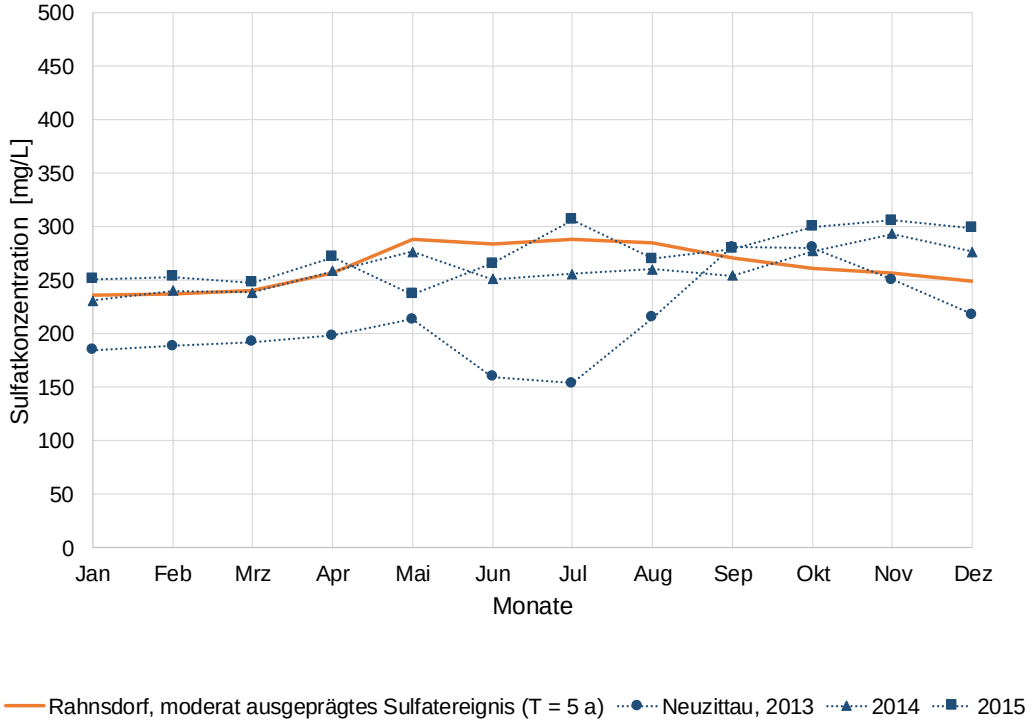


Abb. 13: Prognosen der monatlichen Sulfatkonzentrationen am Profil Rahnsdorf für moderat ausgeprägte Sulfatereignisse (REAL16)

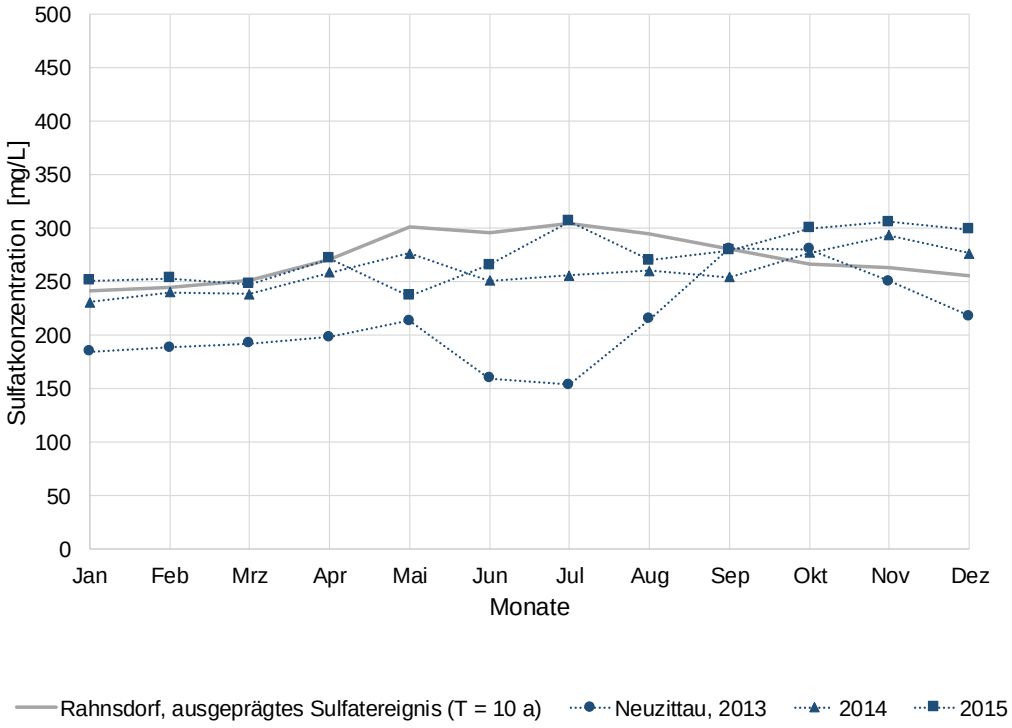


Abb. 14: Prognosen der monatlichen Sulfatkonzentrationen am Profil Rahnsdorf für ausgeprägte Sulfatereignisse (REAL16)

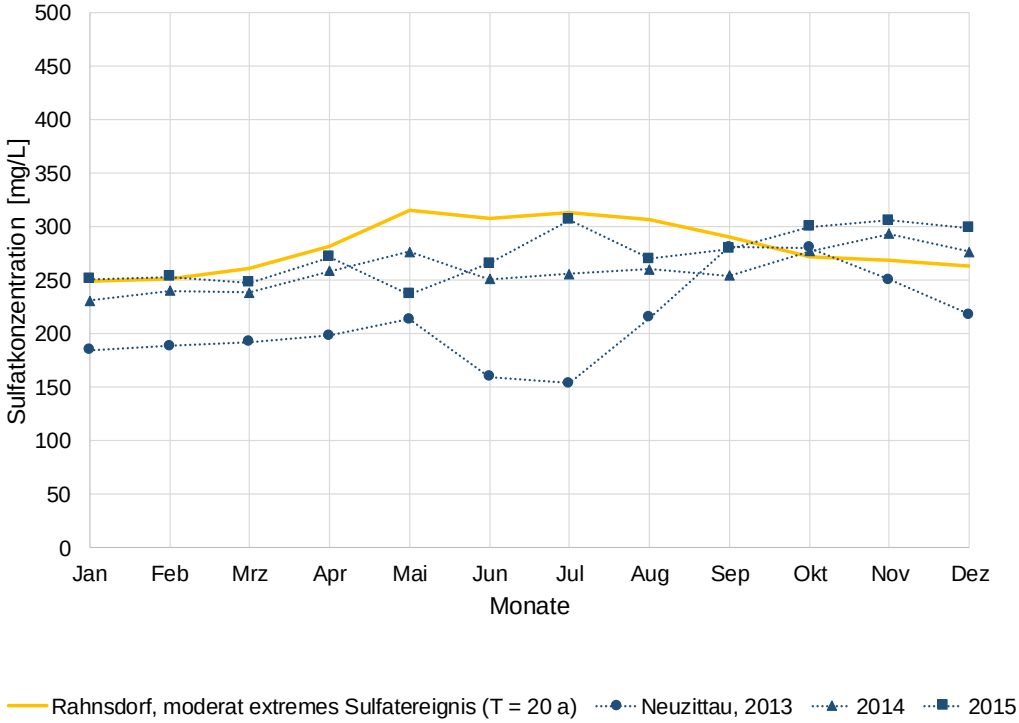


Abb. 15: Prognosen der monatlichen Sulfatkonzentrationen am Profil Rahnsdorf für moderat extreme Sulfatereignisse (REAL16)

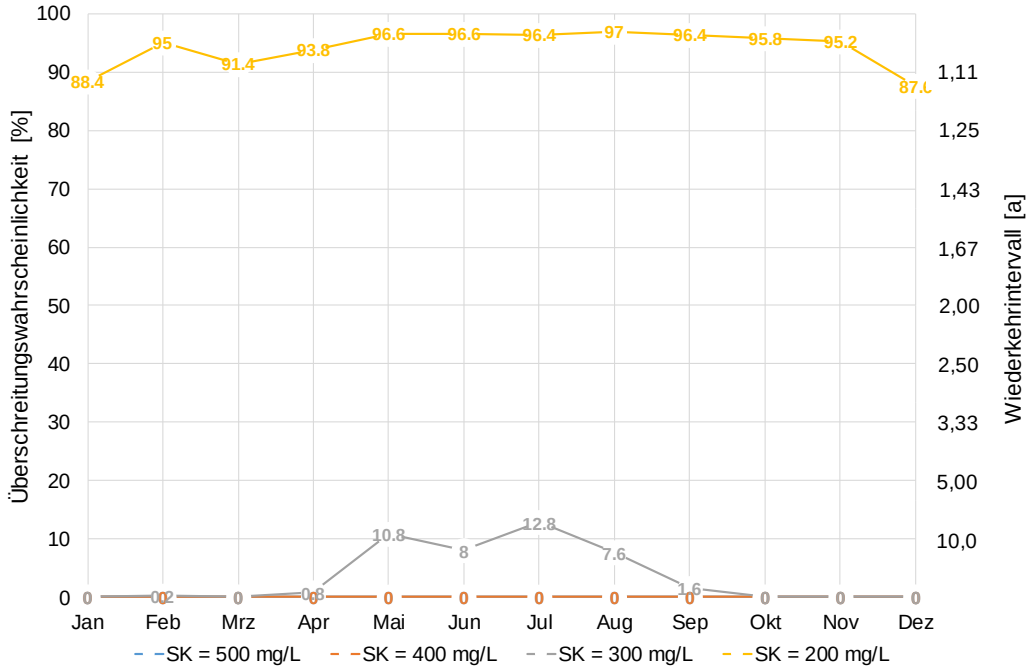


Abb. 16: Überschreitungswahrscheinlichkeiten der Sulfatkonzentrationsstufen von 200 bis 500 mg/L für das Profil Rahnsdorf (REAL16)

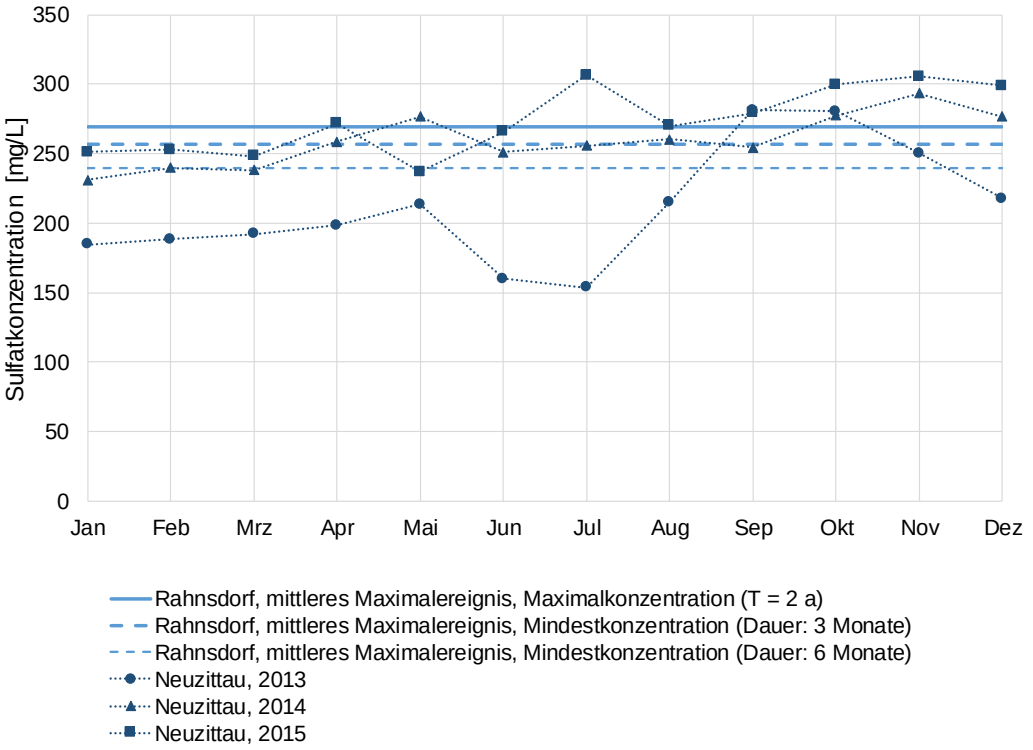


Abb. 17: Prognosen der Spannweite der Sulfatkonzentrationen von Maximalereignissen am Profil Rahnsdorf für mittlere Maxima (REAL16)

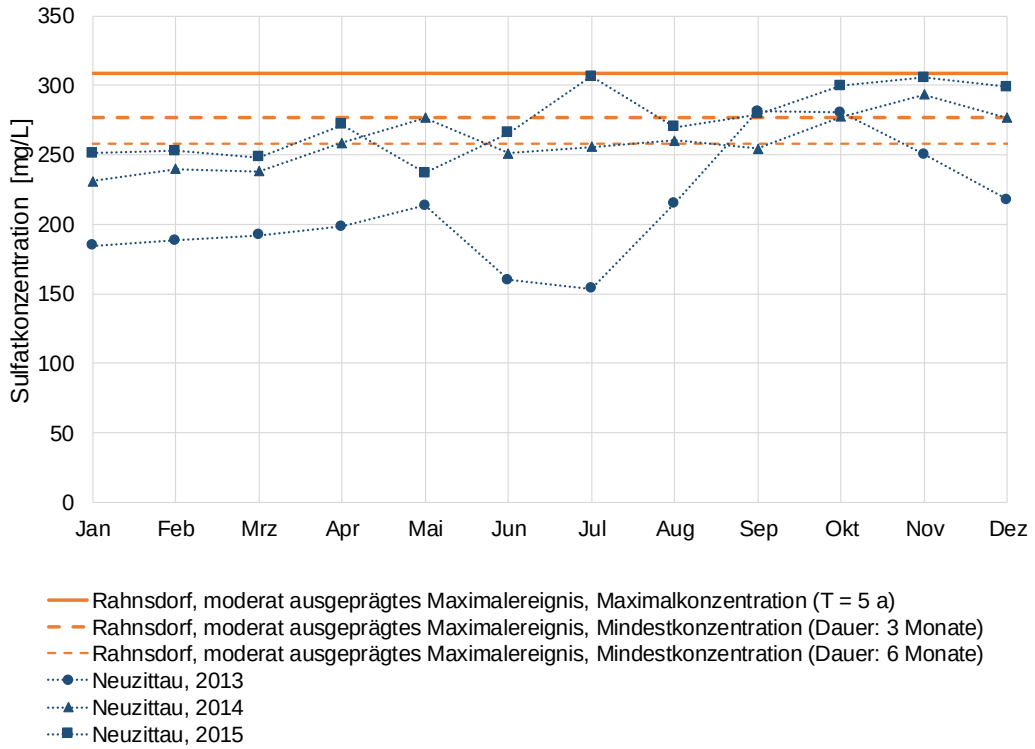


Abb. 18: Prognosen der Spannweite der Sulfatkonzentrationen von Maximalereignissen am Profil Rahnsdorf für moderat ausgeprägte Maxima (REAL16)

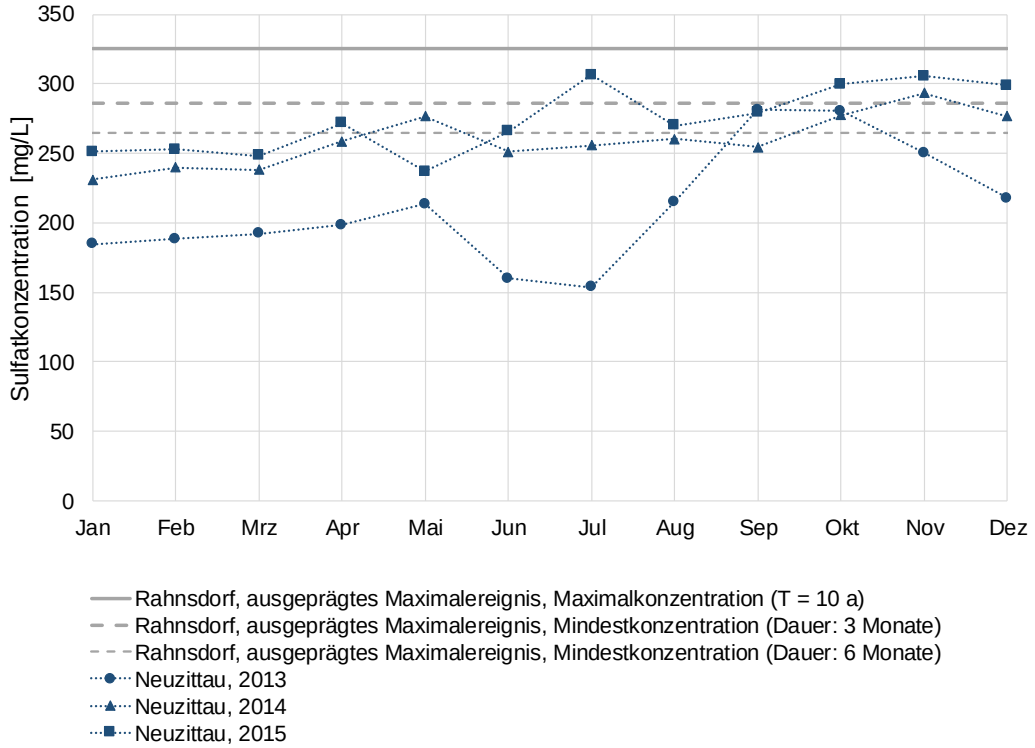


Abb. 19: Prognosen der Spannweite der Sulfatkonzentrationen von Maximalereignissen am Profil Rahnsdorf für ausgeprägte Maxima (REAL16)

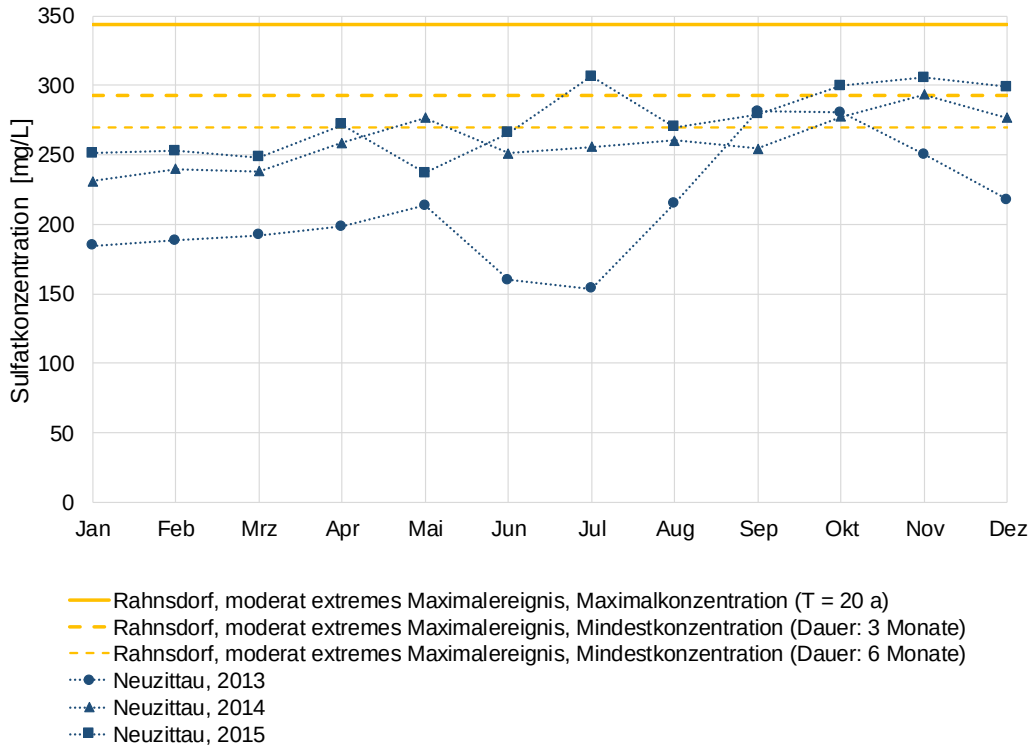


Abb. 20: Prognosen der Spannweite der Sulfatkonzentrationen von Maximalereignissen am Profil Rahnsdorf für moderat extreme Maxima (REAL16)

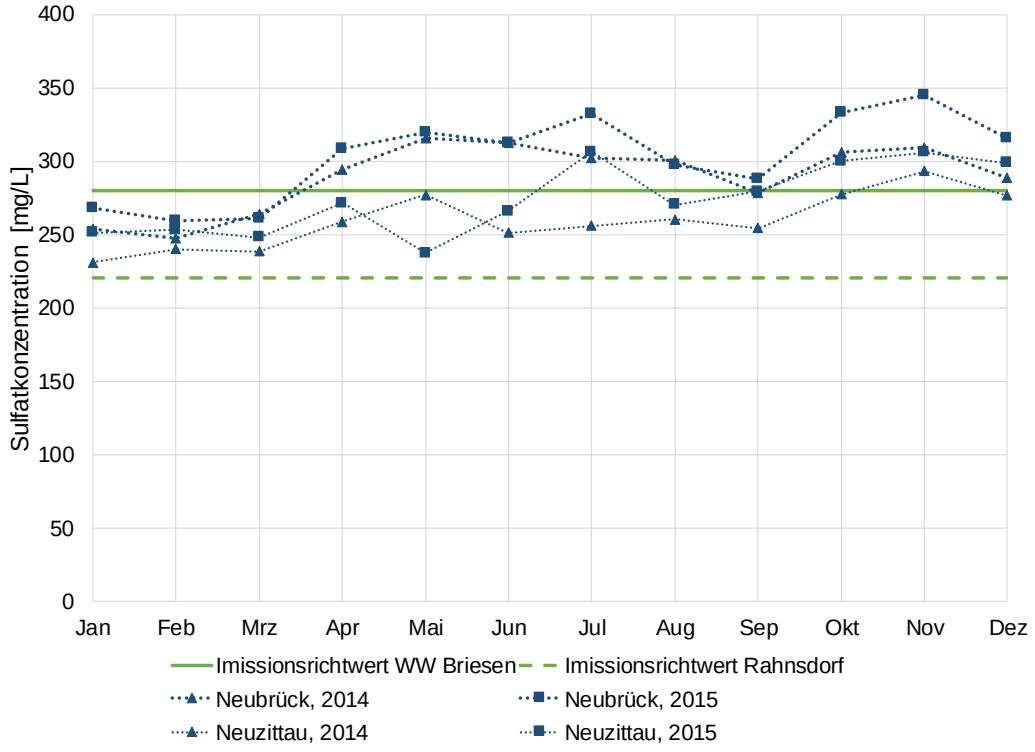


Abb. 21: Immissionsrichtwerte an den Profilen Rahnsdorf und WW Briesen und die Sulfatereignisse 2014 und 2015

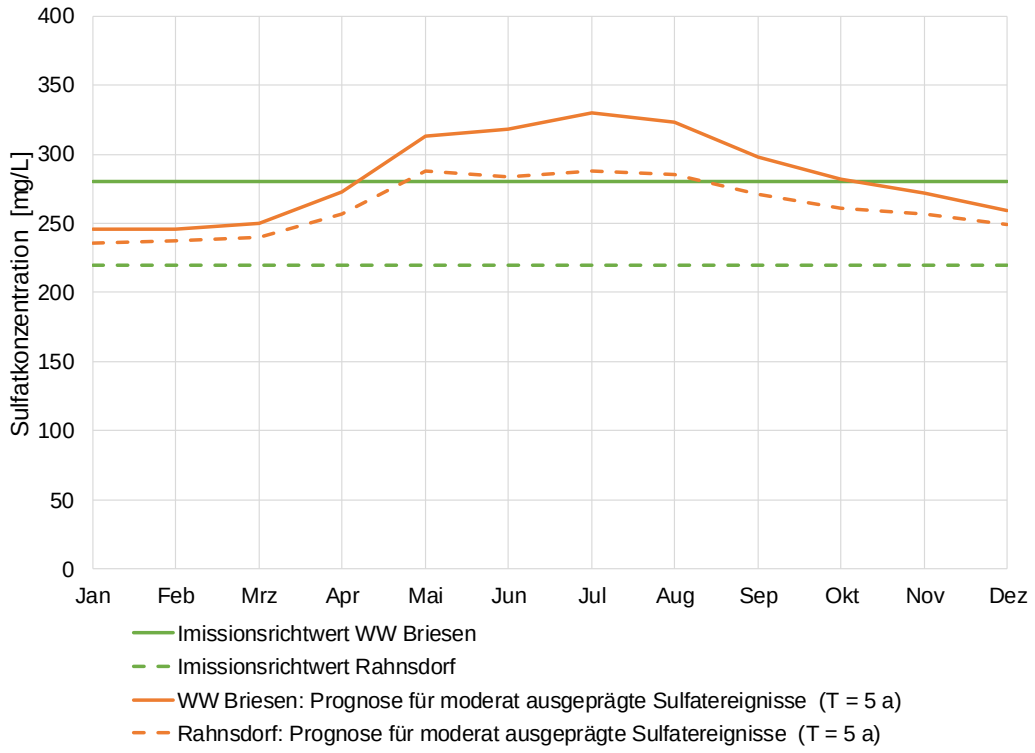


Abb. 22: Immissionsrichtwerte an den Profilen Rahnsdorf und WW Briesen und die Prognosen der monatlichen Sulfatkonzentrationen für moderat ausgeprägte Sulfatereignisse

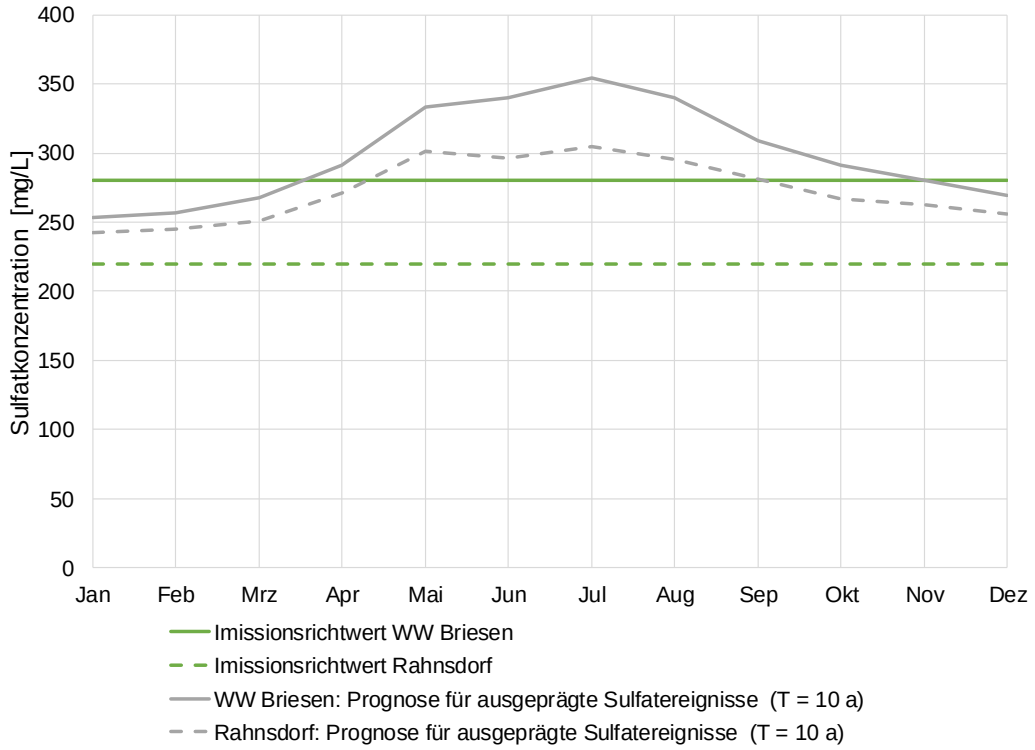


Abb. 23: Immissionsrichtwerte an den Profilen Rahnsdorf und WW Briesen und die Prognosen der monatlichen Sulfatkonzentrationen für ausgeprägte Sulfatereignisse

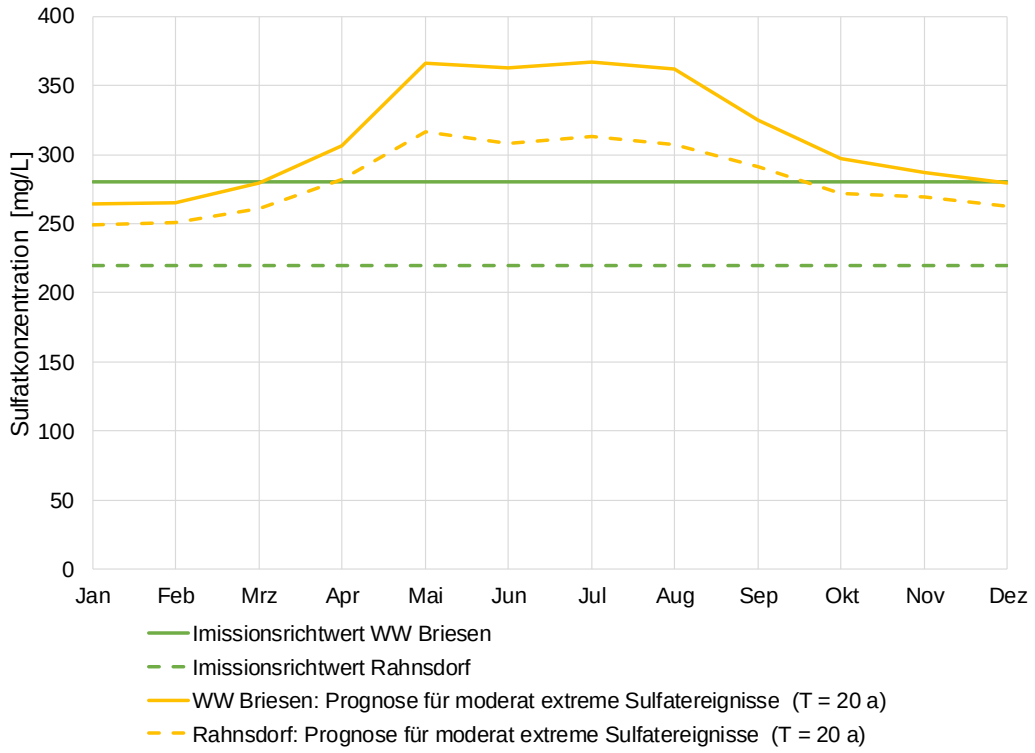


Abb. 24: Immissionsrichtwerte an den Profilen Rahnsdorf und WW Briesen und die Prognosen der monatlichen Sulfatkonzentrationen für moderat extreme Sulfatereignisse

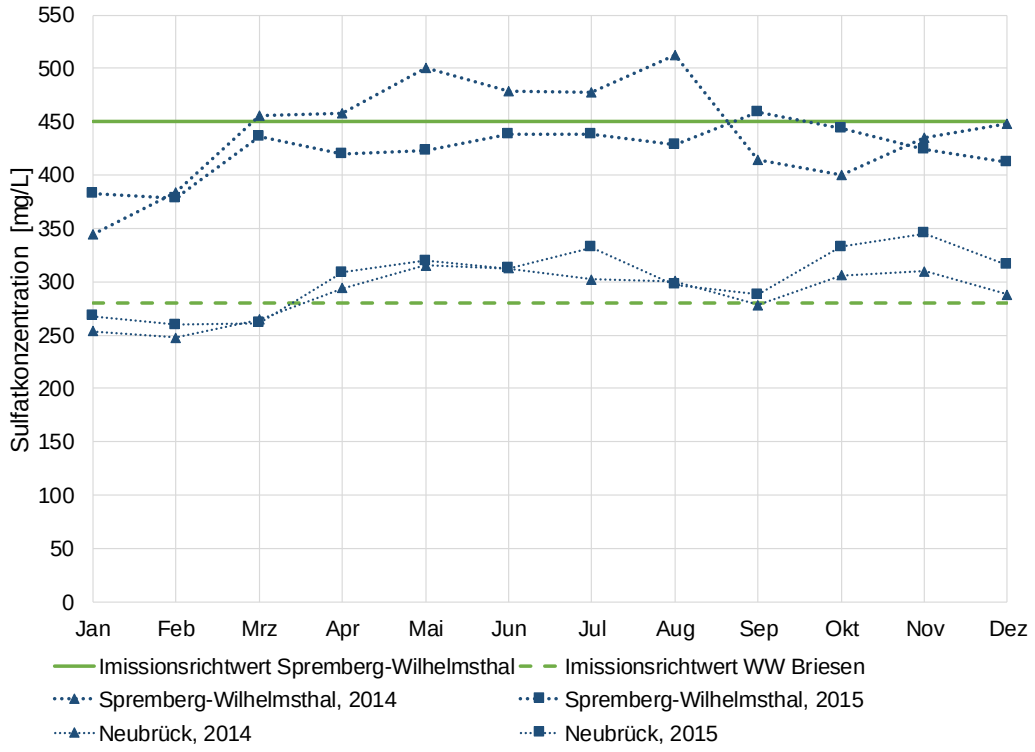


Abb. 25: Immissionsrichtwerte an den Profilen Spremberg-Wilhelmsthal und WW Briesen und die Sulfatereignisse 2014 und 2015

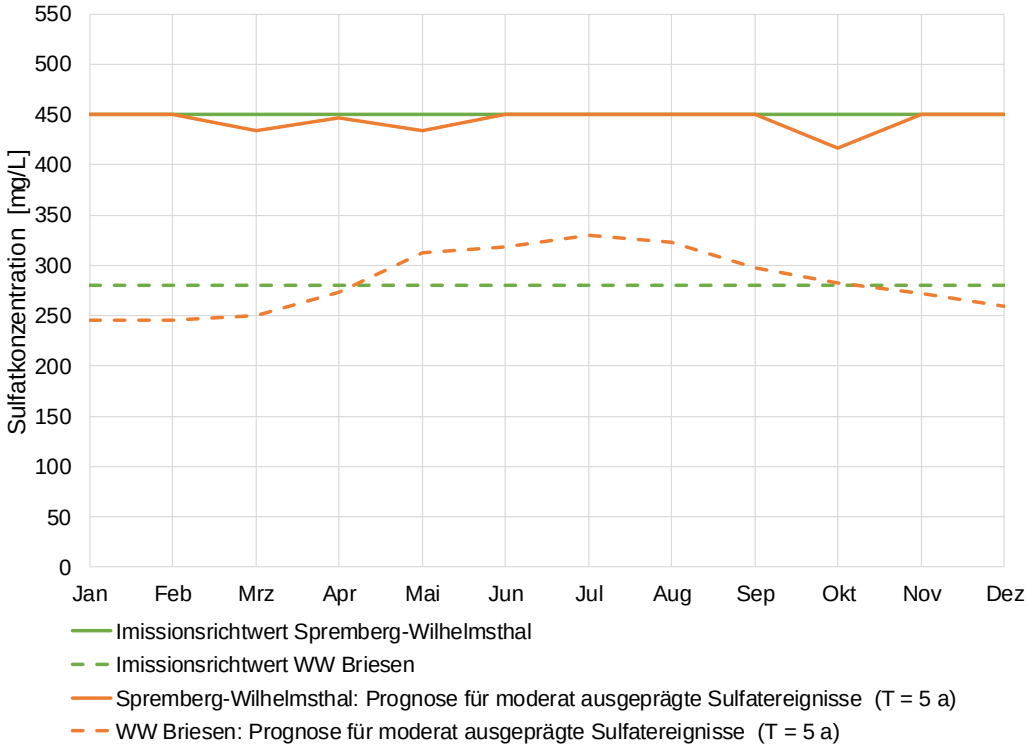


Abb. 26: Immissionsrichtwerte an den Profilen Spremberg-Wilhelmsthal und WW Briesen und die Prognosen der monatlichen Sulfatkonzentrationen für moderat ausgeprägte Sulfatereignisse (REAL16)

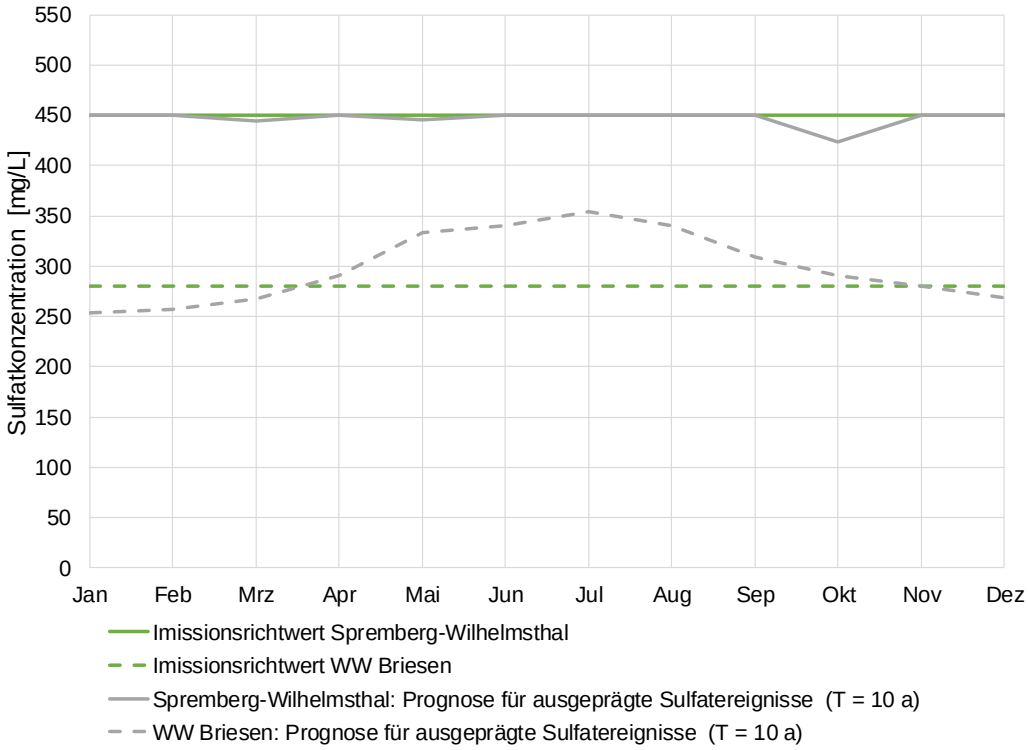


Abb. 27: Immissionsrichtwerte an den Profilen Spremberg-Wilhelmsthal und WW Briesen und die Prognosen der monatlichen Sulfatkonzentrationen für ausgeprägte Sulfatereignisse (REAL16)

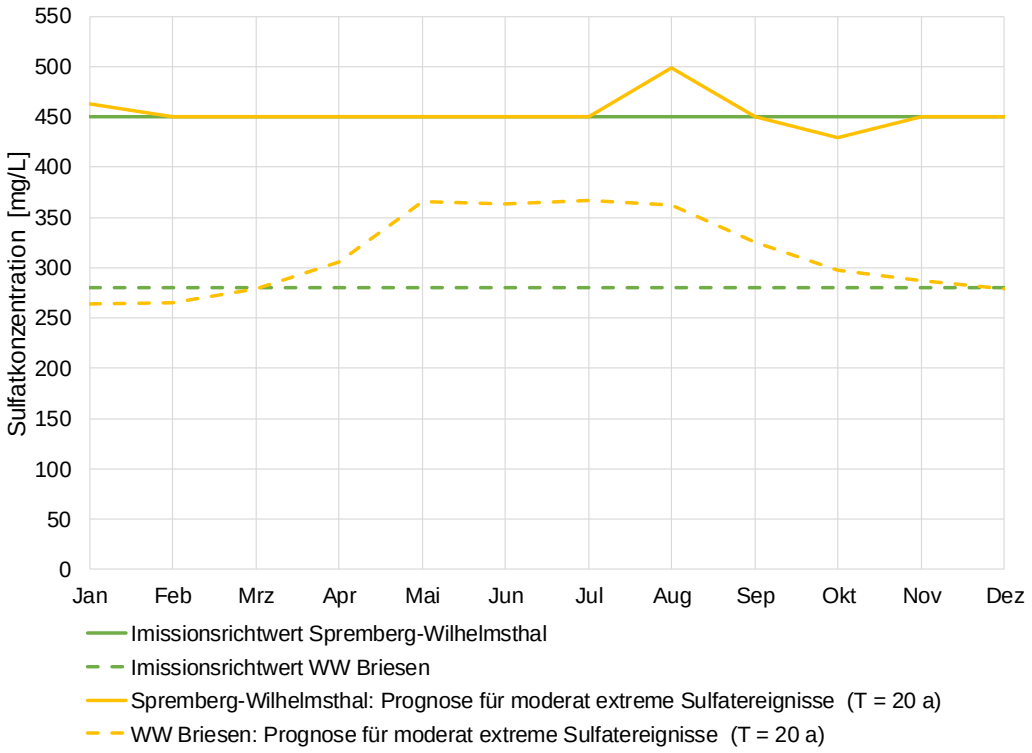


Abb. 28: Immissionsrichtwerte an den Profilen Spremberg-Wilhelmsthal und WW Briesen und die Prognosen der monatlichen Sulfatkonzentrationen für moderat extreme Sulfatereignisse (REAL16)

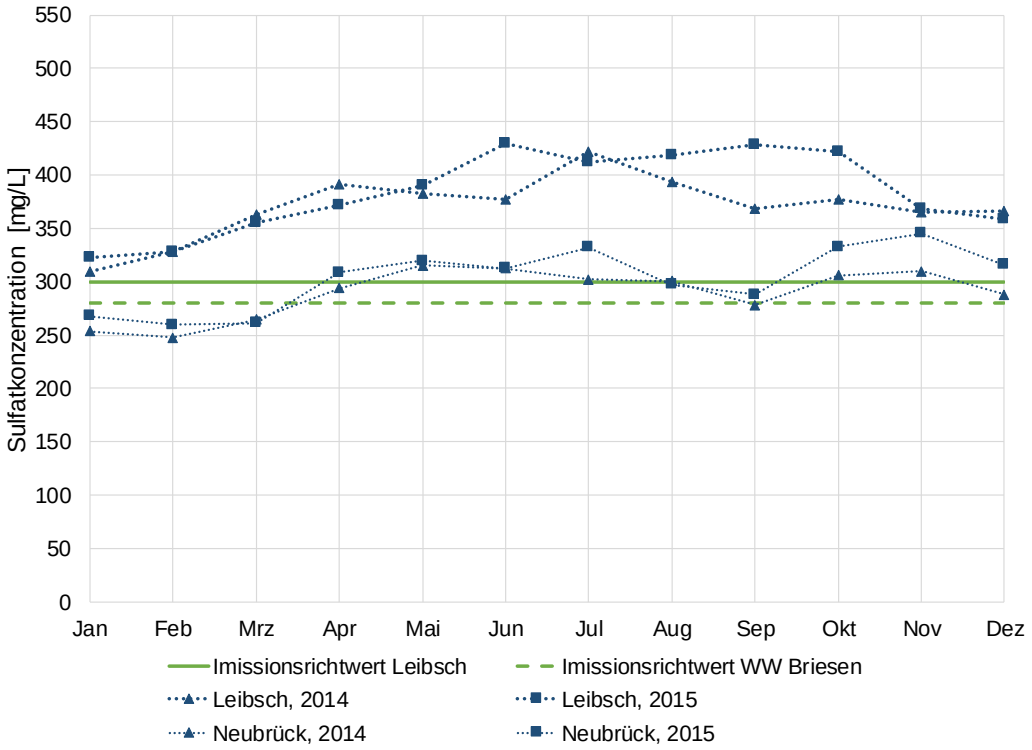


Abb. 29: Immissionsrichtwerte an den Profilen Leibsch und WW Briesen und die Sulfatereignisse 2014 und 2015

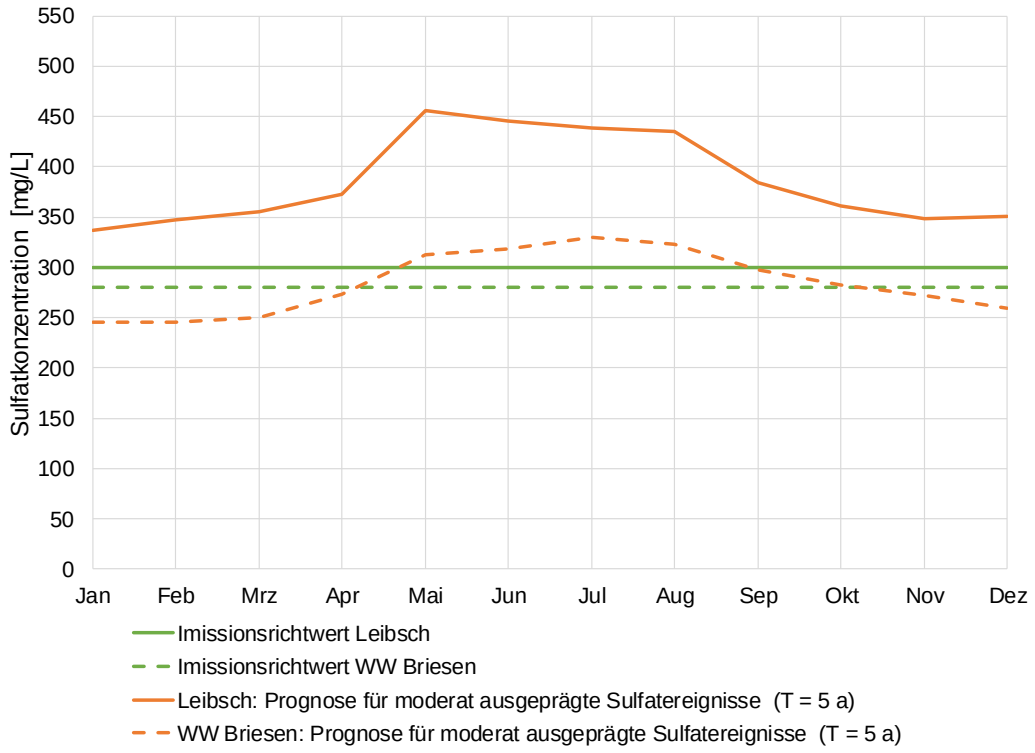


Abb. 30: Immissionsrichtwerte an den Profilen Leibsch und WW Briesen und die Prognosen der monatlichen Sulfatkonzentrationen für moderat ausgeprägte Sulfatereignisse (REAL16)

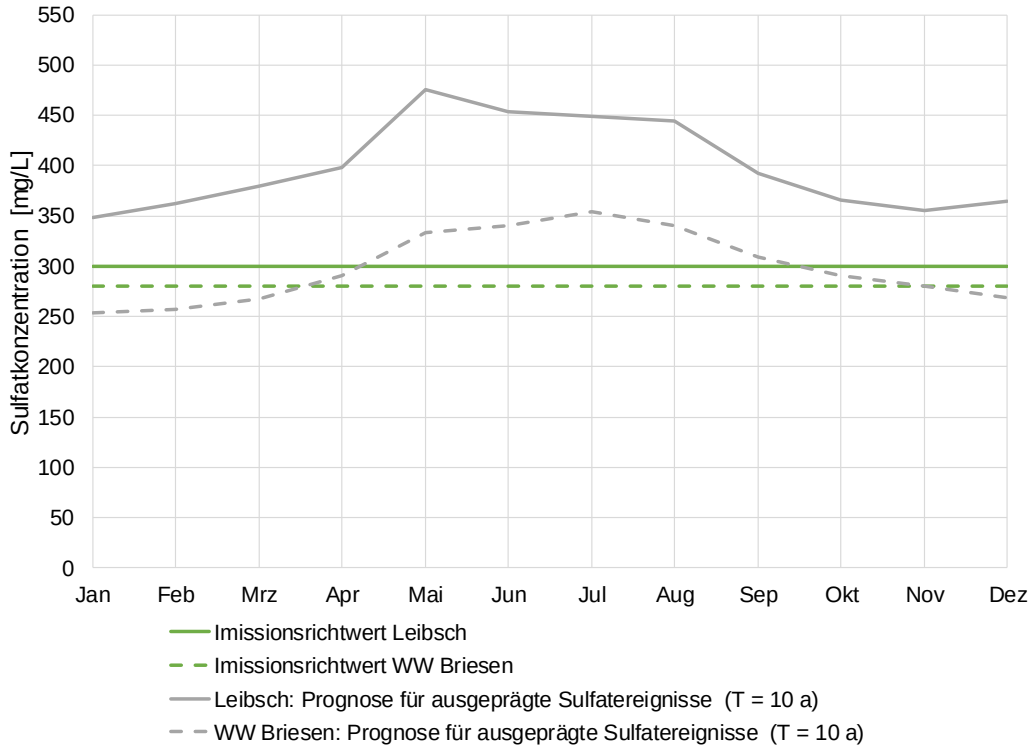


Abb. 31: Immissionsrichtwerte an den Profilen Leibsch und WW Briesen und die Prognosen der monatlichen Sulfatkonzentrationen für ausgeprägte Sulfatereignisse (REAL16)

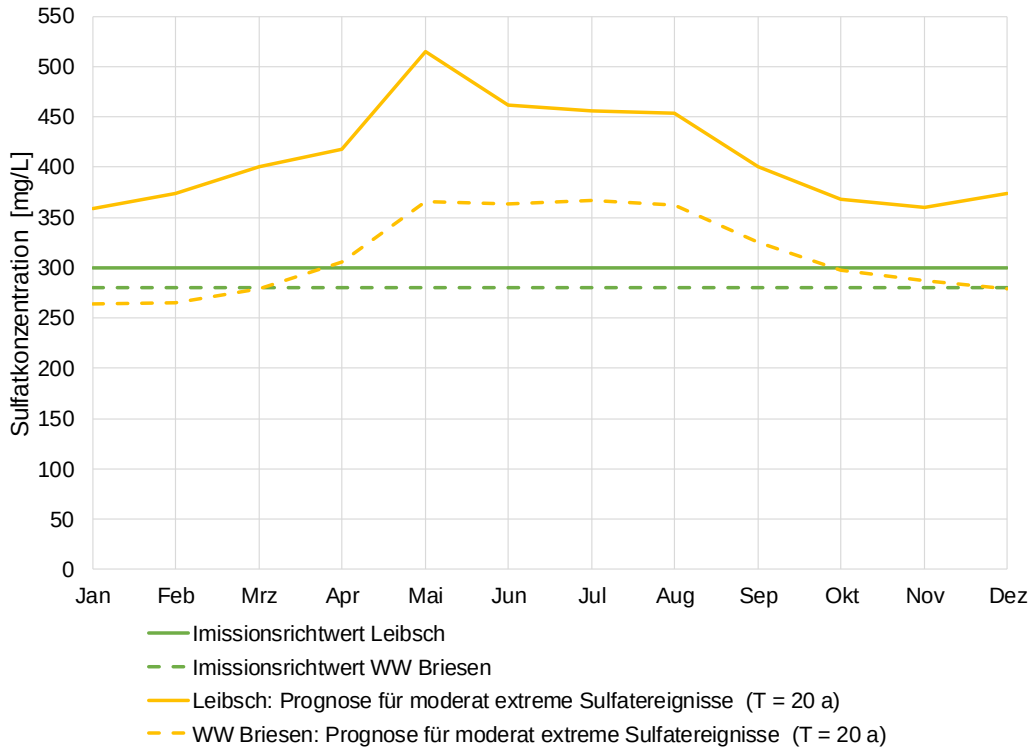


Abb. 32: Immissionsrichtwerte an den Profilen Leibsch und WW Briesen und die Prognosen der monatlichen Sulfatkonzentrationen für moderat extreme Sulfatereignisse (REAL16)

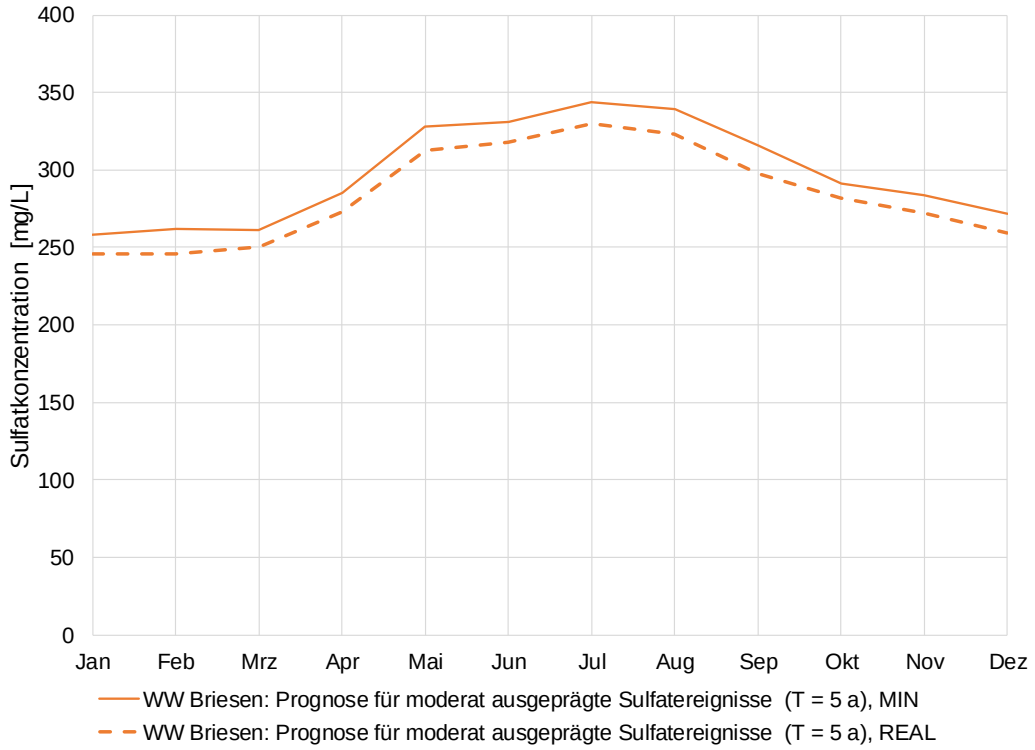


Abb. 33: Prognosen der monatlichen Sulfatkonzentrationen am Profil WW Briesen für moderat ausgeprägte Sulfatereignisse im Vergleich von Ausgangslage mit der aktuell erwarteten Sulfatreduktion (MIN16 vs. REAL16)

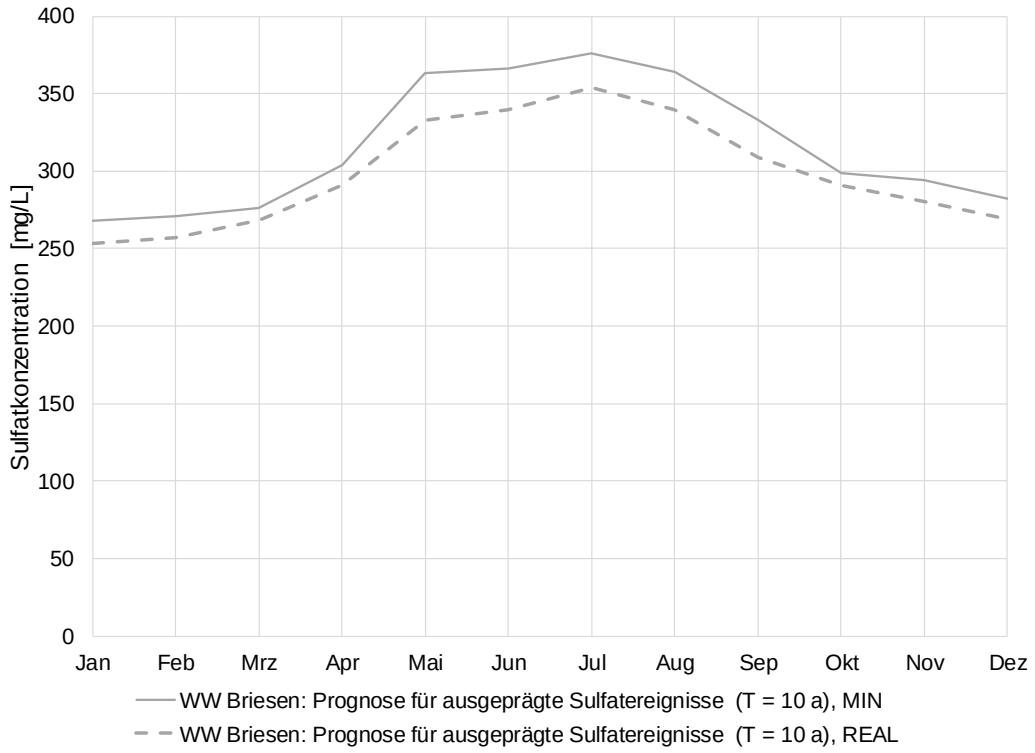


Abb. 34: Prognosen der monatlichen Sulfatkonzentrationen am Profil WW Briesen für ausgeprägte Sulfatereignisse im Vergleich von Ausgangslage mit der aktuell erwarteten Sulfatreduktion (MIN16 vs. REAL16)

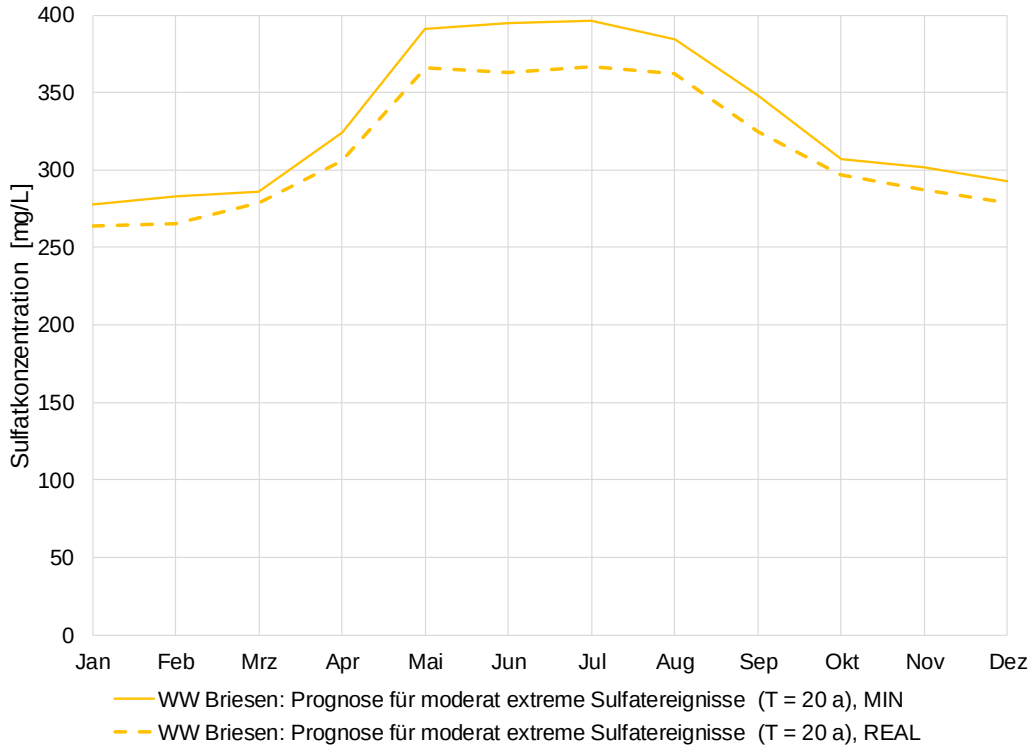


Abb. 35: Prognosen der monatlichen Sulfatkonzentrationen am Profil WW Briesen für moderat extreme Sulfatereignisse im Vergleich von Ausgangslage mit der aktuell erwarteten Sulfatreduktion (MIN16 vs. REAL16)

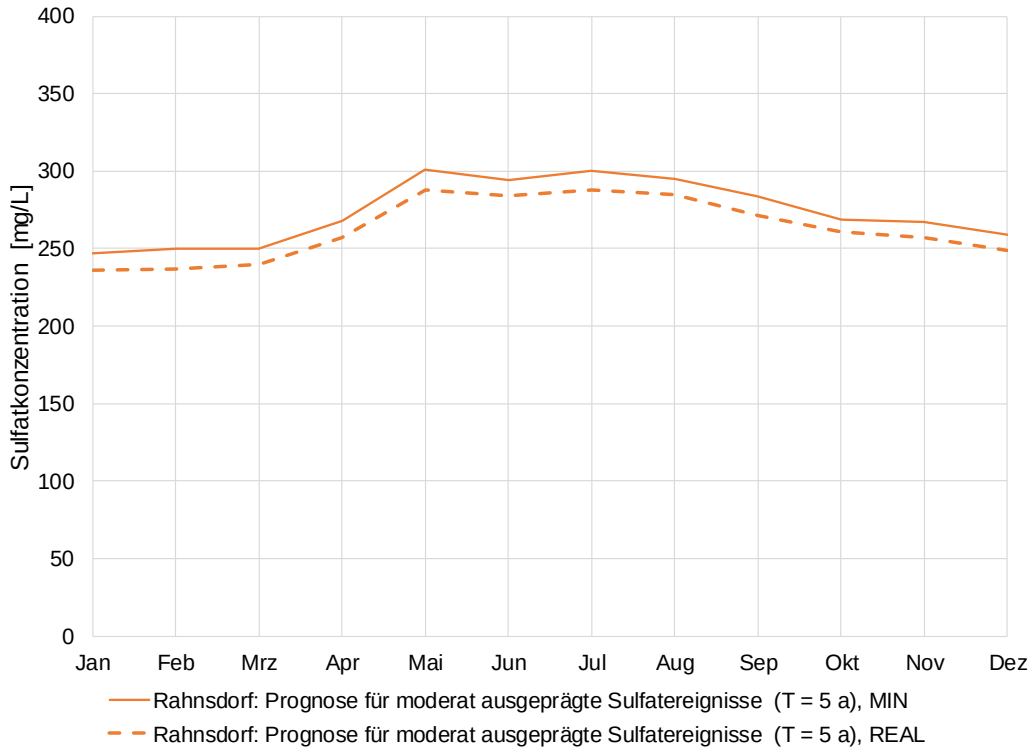


Abb. 36: Prognosen der monatlichen Sulfatkonzentrationen am Profil Rahnsdorf für moderat ausgeprägte Sulfatereignisse im Vergleich von Ausgangslage mit der aktuell erwarteten Sulfatreduktion (MIN16 vs. REAL16)

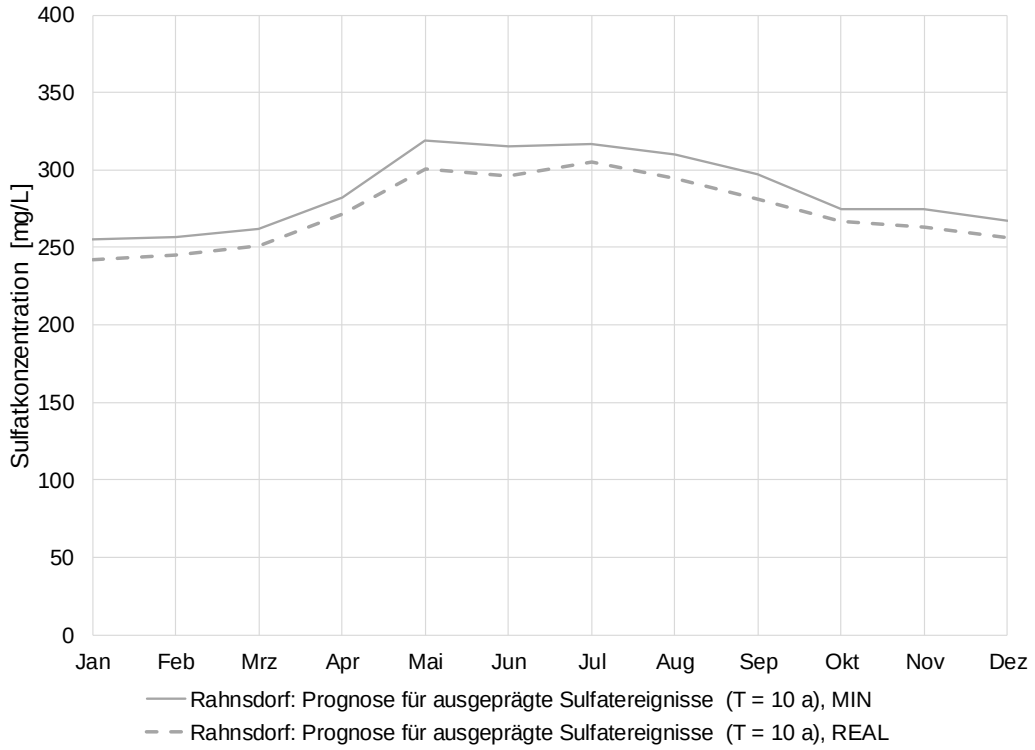


Abb. 37: Prognosen der monatlichen Sulfatkonzentrationen am Profil Rahnsdorf für ausgeprägte Sulfatereignisse im Vergleich von Ausgangslage mit der aktuell erwarteten Sulfatreduktion (MIN16 vs. REAL16)

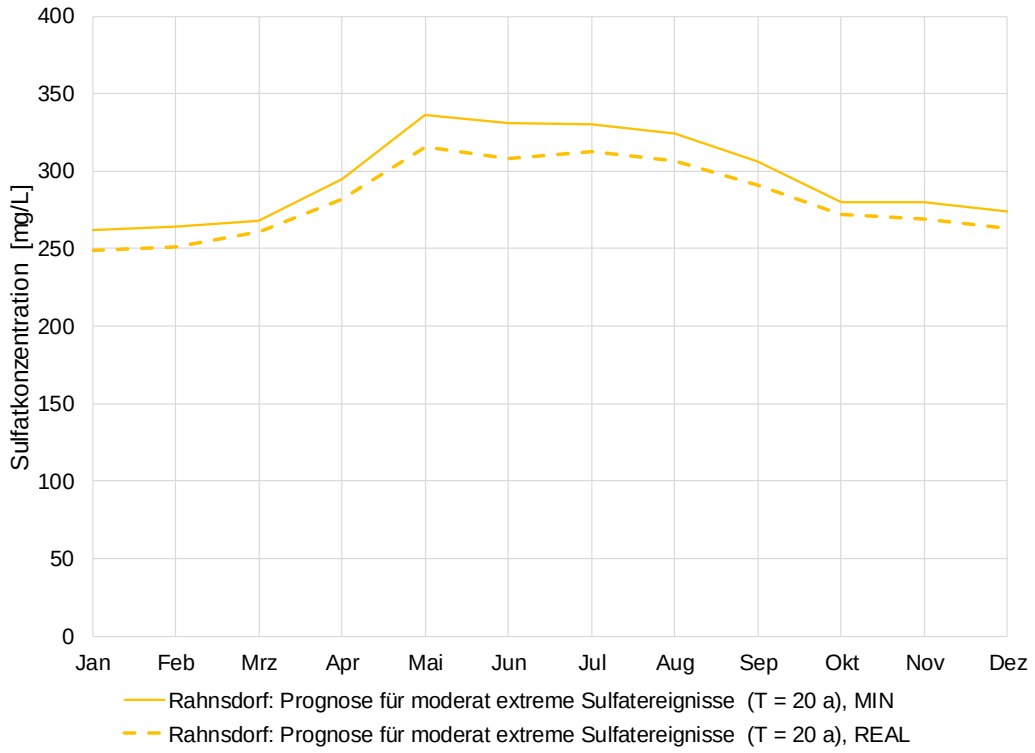


Abb. 38: Prognosen der monatlichen Sulfatkonzentrationen am Profil Rahnsdorf für moderat extreme Sulfatereignisse im Vergleich von Ausgangslage mit der aktuell erwarteten Sulfatreduktion (MIN16 vs. REAL16)

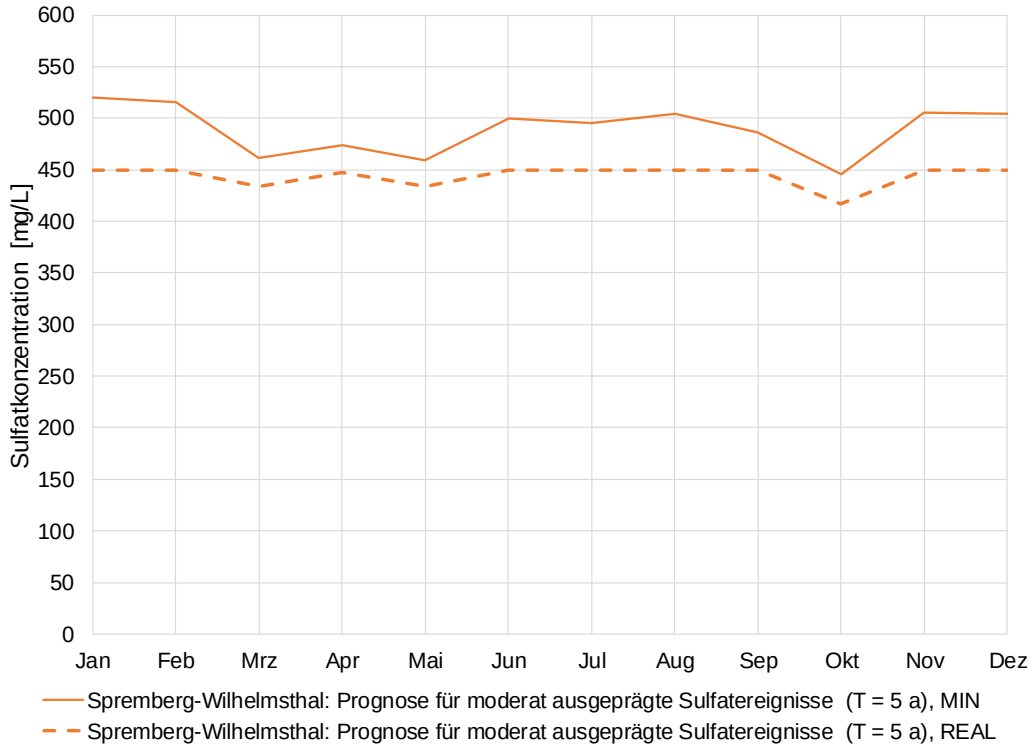


Abb. 39: Prognosen der monatlichen Sulfatkonzentrationen am Profil Spremberg-Wilhelmsthal für moderat ausgeprägte Sulfatereignisse im Vergleich von Ausgangslage mit der aktuell erwarteten Sulfatreduktion (MIN16 vs. REAL16)

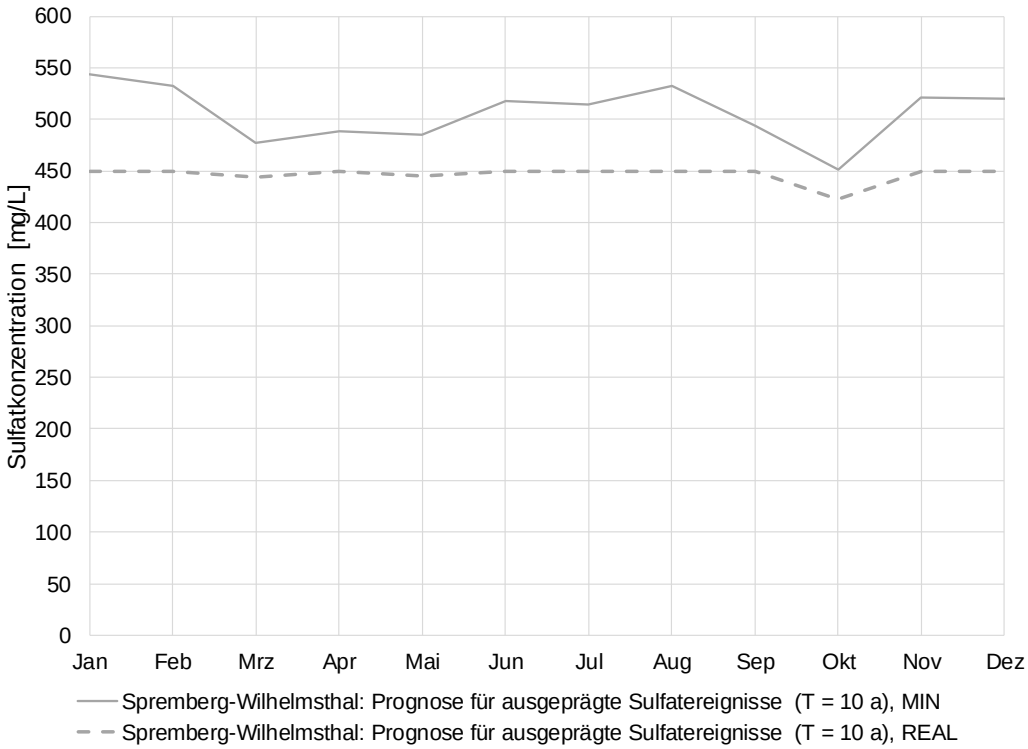


Abb. 40: Prognosen der monatlichen Sulfatkonzentrationen am Profil Spremberg-Wilhelmsthal für ausgeprägte Sulfatereignisse im Vergleich von Ausgangslage mit der aktuell erwarteten Sulfatreduktion (MIN16 vs. REAL16)

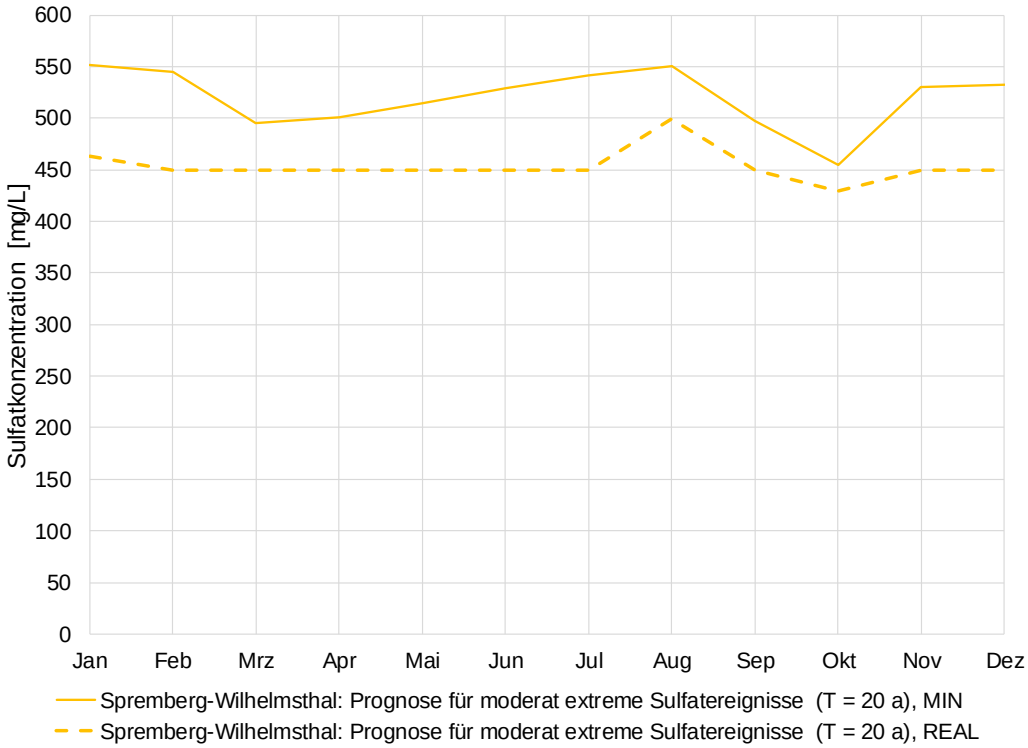


Abb. 41: Prognosen der monatlichen Sulfatkonzentrationen am Profil Spremberg-Wilhelmsthal für moderat extreme Sulfatereignisse im Vergleich von Ausgangslage mit der aktuell erwarteten Sulfatreduktion (MIN16 vs. REAL16)

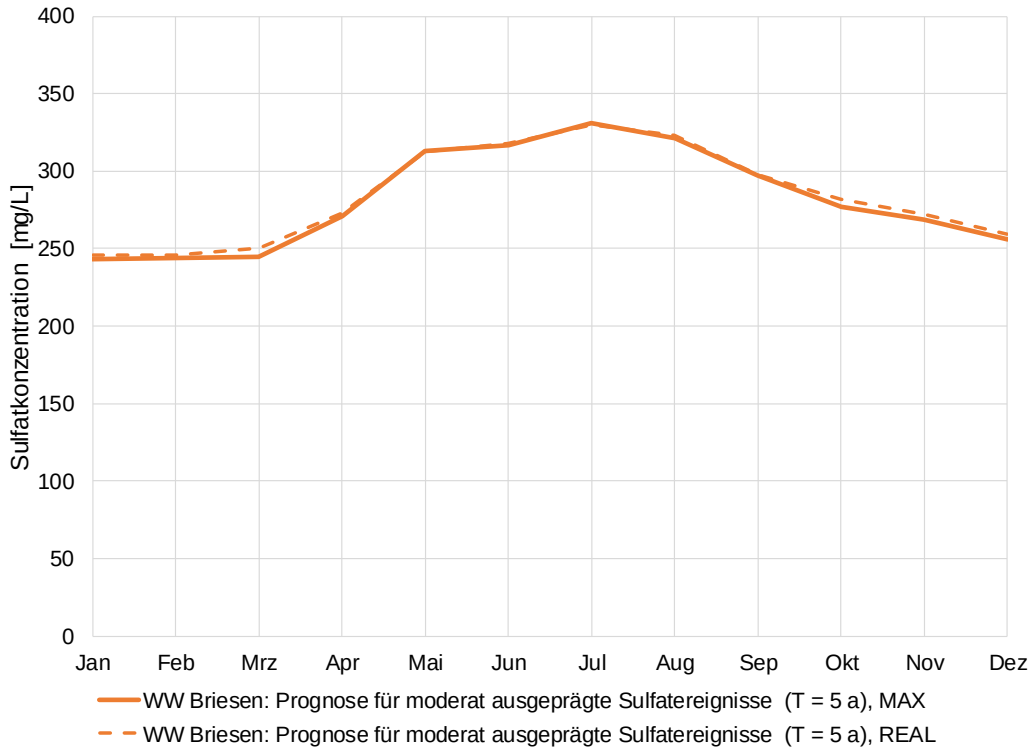


Abb. 42: Prognosen der monatlichen Sulfatkonzentrationen am Profil WW Briesen für moderat ausgeprägte Sulfatereignisse im Vergleich von aktuell erwarteter mit der aktuell maximalen Sulfatreduktion (REAL16 vs. MAX16)

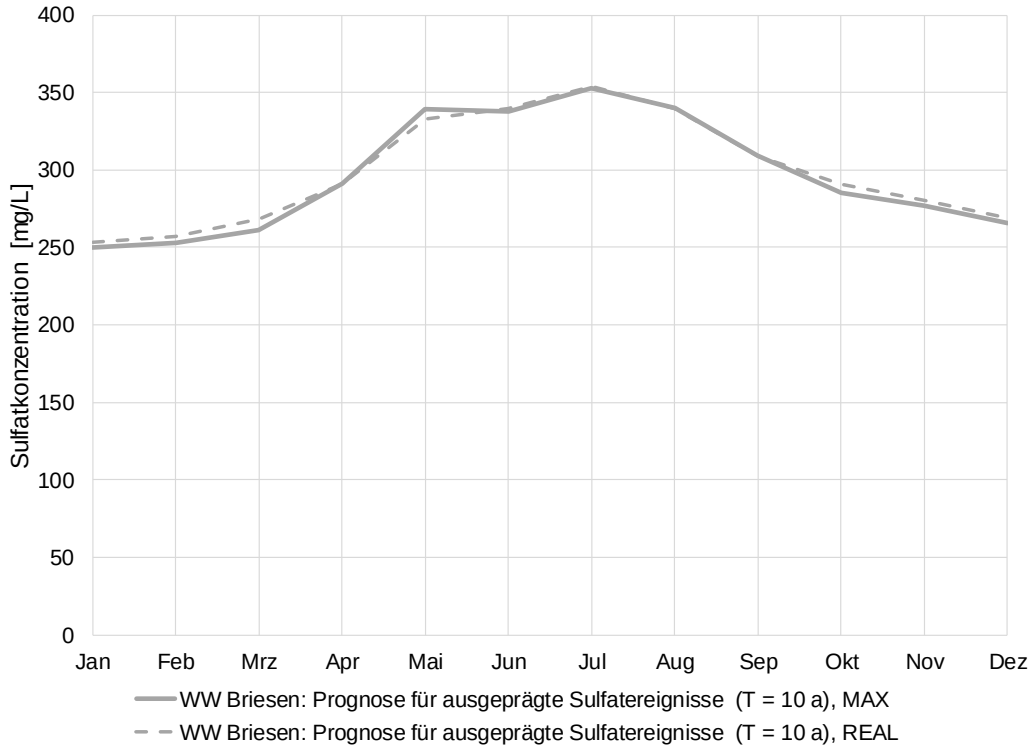


Abb. 43: Prognosen der monatlichen Sulfatkonzentrationen am Profil WW Briesen für ausgeprägte Sulfatereignisse im Vergleich von aktuell erwarteter mit der aktuell maximalen Sulfatreduktion (REAL16 vs. MAX16)

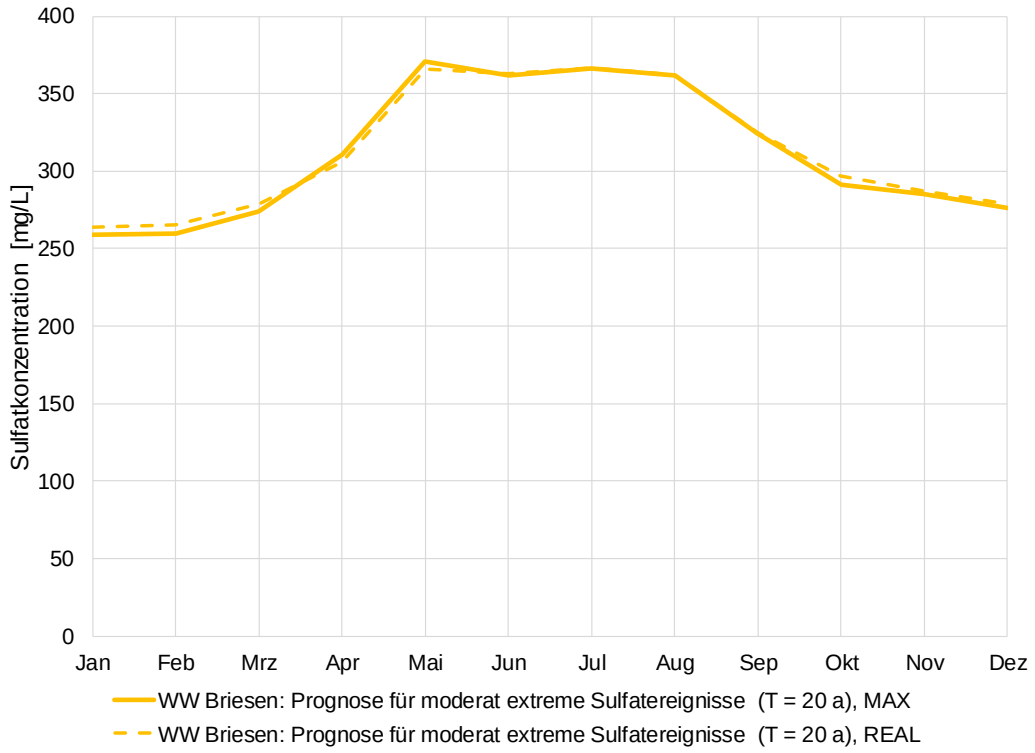


Abb. 44: Prognosen der monatlichen Sulfatkonzentrationen am Profil WW Briesen für moderat extreme Sulfatereignisse im Vergleich von aktuell erwarteter mit der aktuell maximalen Sulfatreduktion (REAL16 vs. MAX16)

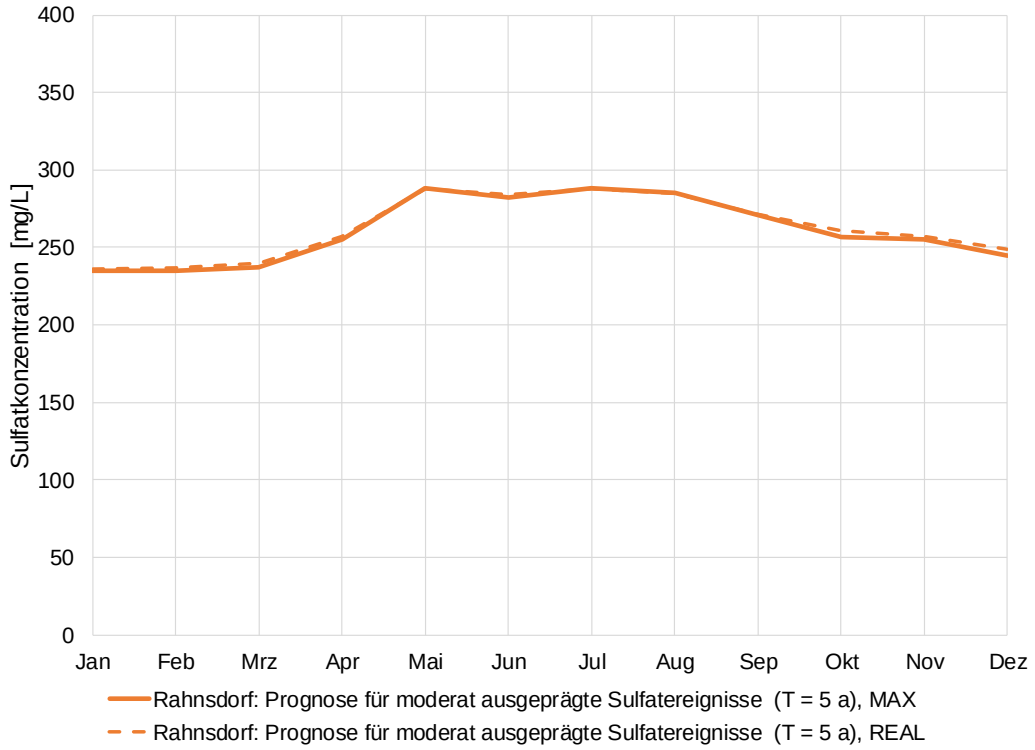


Abb. 45: Prognosen der monatlichen Sulfatkonzentrationen am Profil Rahnsdorf für moderat ausgeprägte Sulfatereignisse im Vergleich von aktuell erwarteter mit der aktuell maximalen Sulfatreduktion (REAL16 vs. MAX16)

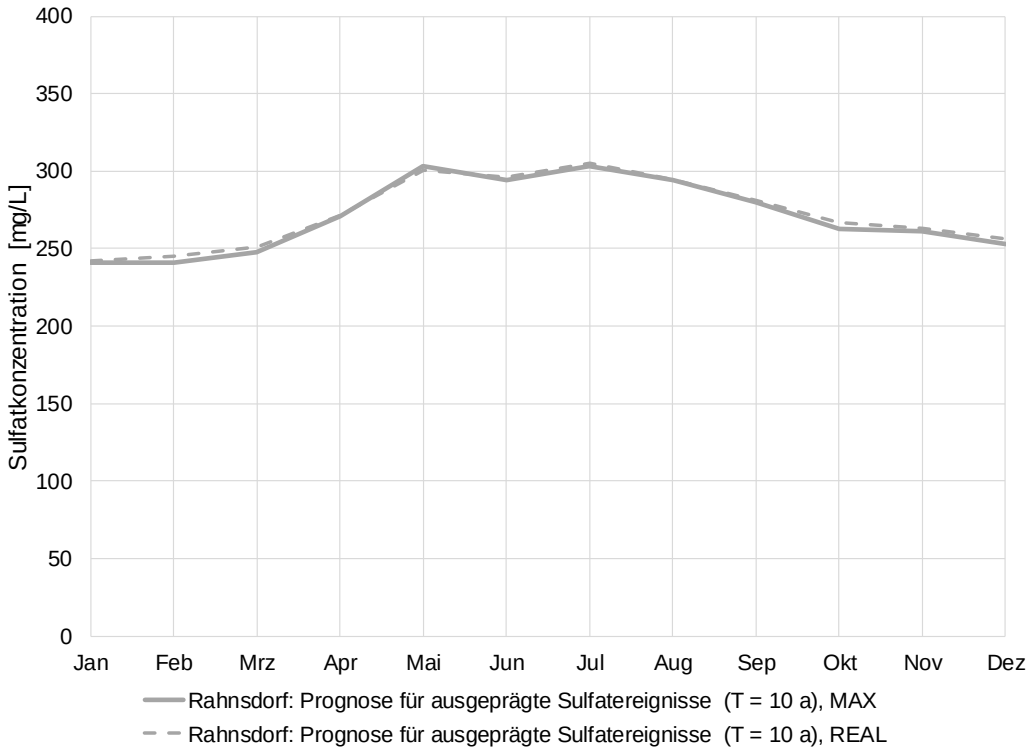


Abb. 46: Prognosen der monatlichen Sulfatkonzentrationen am Profil Rahnsdorf für ausgeprägte Sulfatereignisse im Vergleich von aktuell erwarteter mit der aktuell maximalen Sulfatreduktion (REAL16 vs. MAX16)

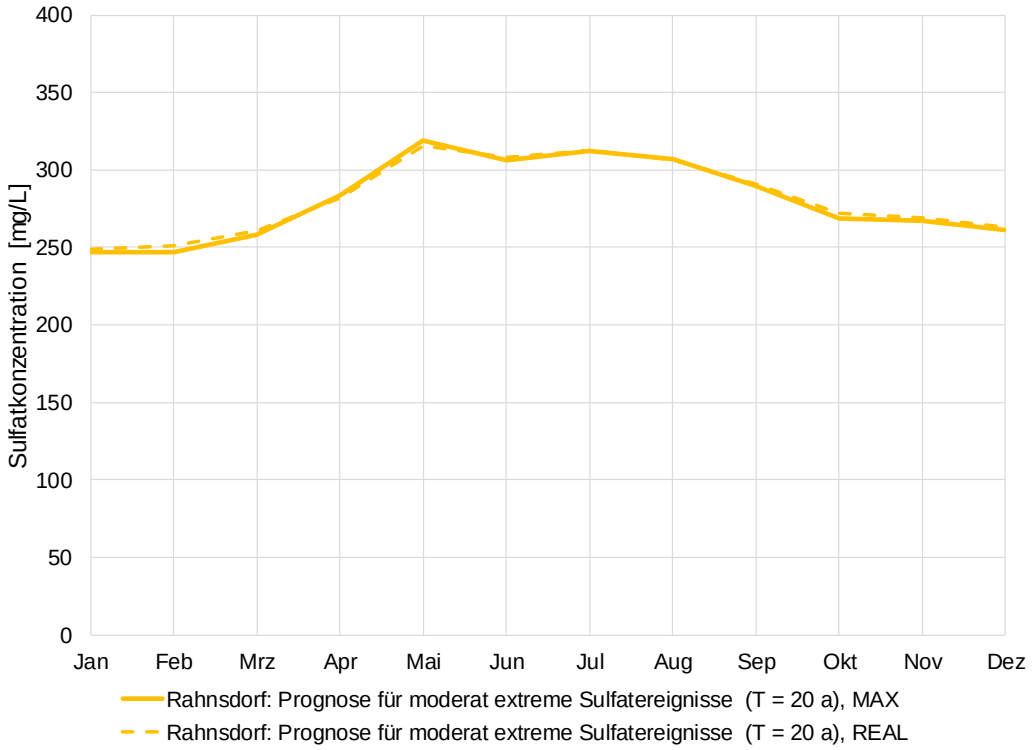


Abb. 47: Prognosen der monatlichen Sulfatkonzentrationen am Profil Rahnsdorf für moderat extreme Sulfatereignisse im Vergleich von aktuell erwarteter mit der aktuell maximalen Sulfatreduktion (REAL16 vs. MAX16)

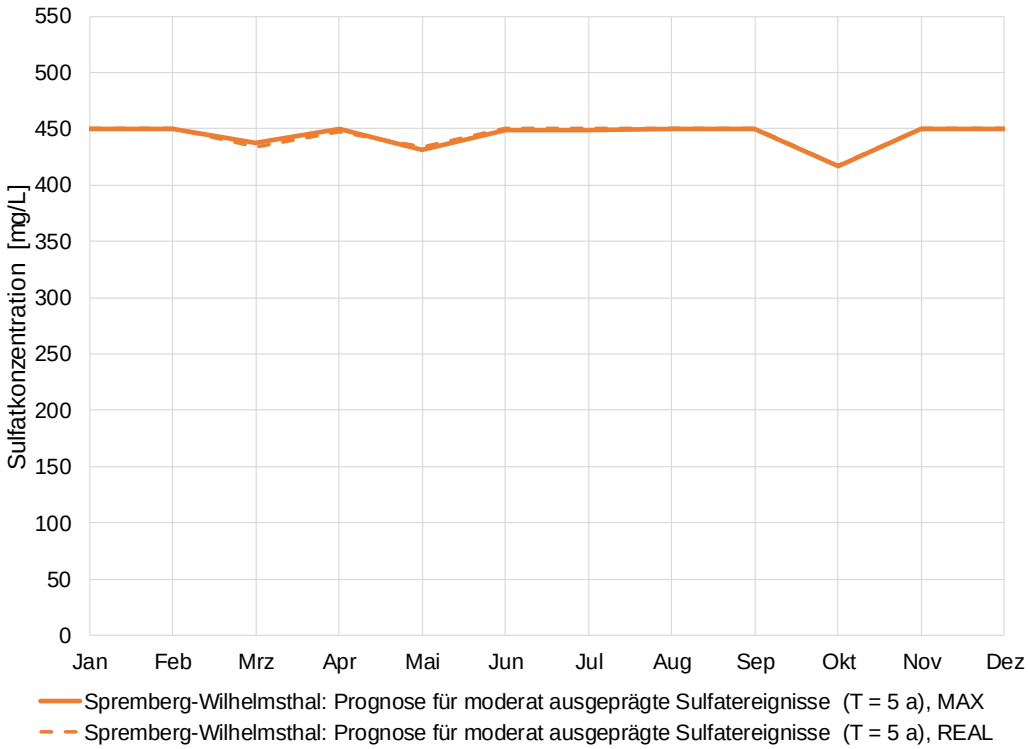


Abb. 48: Prognosen der monatlichen Sulfatkonzentrationen am Profil Spremberg-Wilhelmsthal für moderat ausgeprägte Sulfatereignisse im Vergleich von aktuell erwarteter mit der aktuell maximalen Sulfatreduktion (REAL16 vs. MAX16)

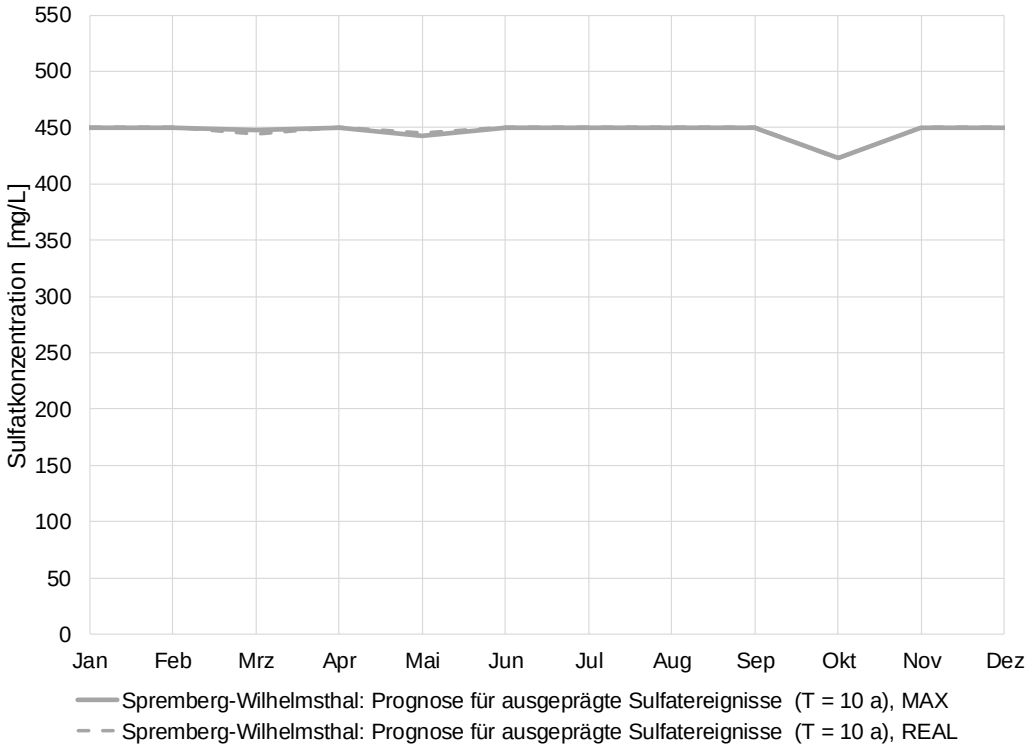


Abb. 49: Prognosen der monatlichen Sulfatkonzentrationen am Profil Spremberg-Wilhelmsthal für ausgeprägte Sulfatereignisse im Vergleich von aktuell erwarteter mit der aktuell maximalen Sulfatreduktion (REAL16 vs. MAX16)

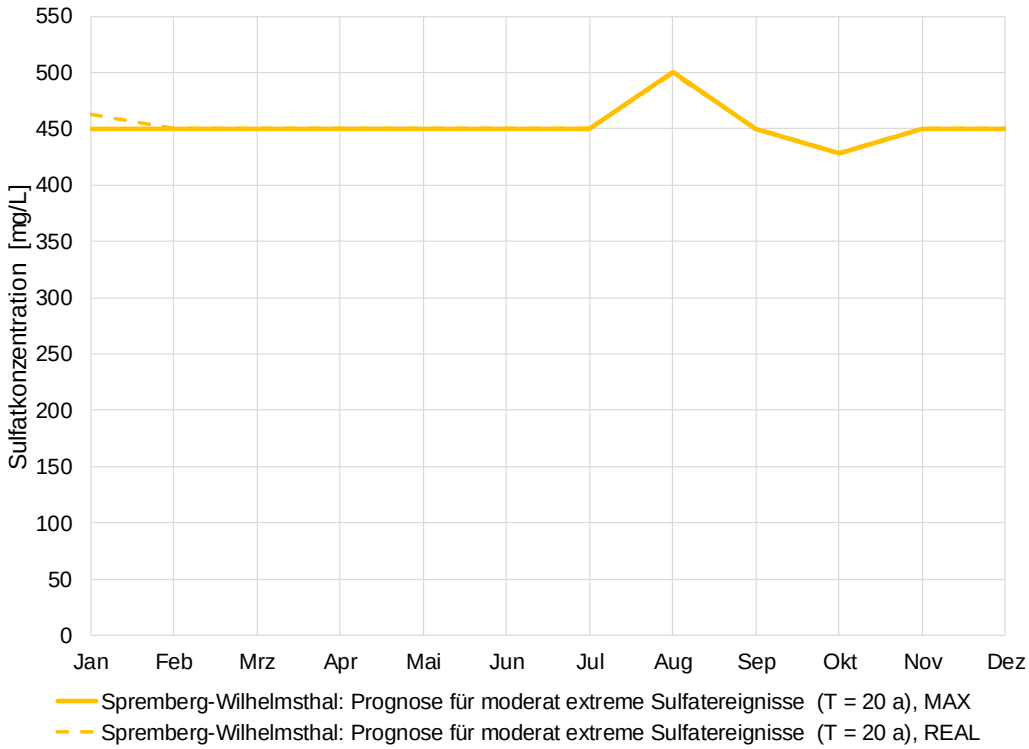


Abb. 50: Prognosen der monatlichen Sulfatkonzentrationen am Profil Spremberg-Wilhelmsthal für moderat extreme Sulfatereignisse im Vergleich von aktuell erwarteter mit der aktuell maximalen Sulfatreduktion (REAL16 vs. MAX16)