

Ermittlung von Zielwerten für die Spree für den Parameter Sulfat

als Grundlage für einen Bewirtschaftungserlass
zum Umgang mit bergbaubedingten stofflichen
Oberflächengewässerbelastungen

Gesamtbericht



Landesamt für Umwelt Brandenburg

Abschlussbericht

Oktober 2019

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



Erstellt von

09.10.2019

X 

Signiert von: Michael Kaltofen

Genehmigt von

10.10.2019

X 

Signed by: Marcus Richter

Ermittlung von Zielwerten für die Spree für den Parameter Sulfat

als Grundlage für einen Bewirtschaftungserlass zum
Umgang mit bergbaubedingten stofflichen
Oberflächengewässerbelastungen

Gesamtbericht

Erstellt für Landesamt für Umwelt Brandenburg
Vertreten durch Dr. Jörg Walther



Frankfurter Wasser- und Abwassergesellschaft via rbb-online.de

| | |
|--------------------|--|
| Projektmanager | Dr. Michael Kaltofen |
| Projektbearbeitung | Katja Eulitz, Björn Fischer, Julia Krause, Oliver von Hoegen |
| Projektnummer | 14804709 |
| Revision | Final 1.0 |
| Einstufung | Vertraulich |

INHALT

| | |
|--|------------|
| Arbeitspaket/ Fachlos 1 | 1 |
| 1 Sulfatprognose für den Querschnitt Rahnsdorf | 1 |
| 1.1 Verbesserung der Prognosefähigkeit des WBalMo SPM für den Querschnitt Rahnsdorf | 1 |
| 1.1.1 Feinkonzept zu den Modellanpassungen für den Querschnitt Rahnsdorf | 1 |
| 1.1.2 Erweiterung des WBalMo SPM um WBalMo Berlin..... | 2 |
| 1.1.3 Prüfung der Modellanpassungen durch Vergleich gemessener und berechneter Sulfatkonzentrationen für den Querschnitt Rahnsdorf | 17 |
| 1.1.4 Prüfung der Modellanpassungen durch Modellvergleich vor und nach Einbau des Berlin-Bausteins | 33 |
| 1.1.5 Zusammenfassung zur Modellerweiterung..... | 37 |
| 1.2 Ergebnisse der Sulfatprognose für den Querschnitt Rahnsdorf | 38 |
| Arbeitspaket/ Fachlos 2 | 41 |
| 2 Feinkonzept zur Überprüfung bzw. Ermittlung der Richt- und Maßnahmewerte für den Parameter Sulfat | 41 |
| 3 Leistungsphase 1: Prüfung und Ermittlung der Richtwerte..... | 44 |
| 3.1 Szenariodefinition Basisszenario | 44 |
| 3.2 Modellanpassungen des WBalMo SPM | 45 |
| 3.2.1 Aktualisierungen aus dem WBalMo Ländermodell | 45 |
| 3.2.2 Aktualisierung der Kalibrierung des Modells für die Grundwasserbeeinflussung in den SB Lohsa II und Burghammer | 57 |
| 3.2.3 Indikatoren..... | 58 |
| 3.2.4 Aktualisierung der Sulfatmissionen | 60 |
| 3.2.5 Aktualisierung der Sulfatkonzentrationen im Grundwasserzustrom zu den SB Lohsa II und Burghammer..... | 74 |
| 3.3 Prüfung der Modellanpassungen | 82 |
| 3.3.1 Initiale Sulfatkonzentrationen in Speichern mit Frachtsimulation..... | 82 |
| 3.3.2 Überprüfung der Kalibrierung des Modells für die Grundwasserbeeinflussung in den SB Lohsa II und Burghammer | 83 |
| 3.4 Ermittlung der Richtwerte..... | 87 |
| 3.4.1 Überprüfung der vorhandenen (Immissions-)Richtwerte | 87 |
| 3.4.2 Wirkung des Immissionsrichtwertes in Spremberg-Wilhelmsthal auf die Sulfatkonzentration in der Spree und Ableitung eines Vorschlages für den Immissionsrichtwert in Spremberg-Wilhelmsthal | 91 |
| 3.4.3 Prognose der 90 %-Perzentile der monatlichen Sulfatkonzentrationen in der Spree unter Anwendung des vorgeschlagenen Immissionsrichtwertes in Spremberg-Wilhelmsthal | 99 |
| 4 Abfluss und Ereignisdauer | 108 |
| 4.1 Bearbeitungskonzept & Datengrundlage | 108 |
| 4.2 Untersuchung des Zusammenhangs Abfluss und Sulfatkonzentration | 111 |
| 4.3 Untersuchung des Zusammenhangs Sulfatkonzentration und Ereignisdauer | 116 |
| Arbeitspaket/ Fachlos 3 | 120 |
| 5 Maßnahmewerte Sulfat | 120 |
| 5.1 Zielstellung..... | 120 |

| | | |
|----------------|---|------------|
| 5.2 | Vorgehensweise..... | 120 |
| 5.3 | Ergebnisse | 121 |
| 5.4 | Zusammenfassung | 122 |
| 6 | Speicher und Talsperren | 124 |
| 6.1 | Vorgehensweise..... | 124 |
| 6.2 | Auswertung | 126 |
| 7 | Nutzungen und Abflussforderungen | 141 |
| 7.1 | Vorgehensweise..... | 141 |
| 7.2 | Auswertung | 143 |
| 8 | Richtwerte zu Neubrück und Briesen | 145 |
| 8.1 | Vorgehensweise..... | 145 |
| 8.2 | Auswertung | 146 |
| 8.2.1 | Sulfatkonzentrationen..... | 146 |
| 8.2.2 | Zusatzwassermengen | 148 |
| 9 | Übergabe an den Anwenderkreis..... | 152 |
| Quellen | | 153 |
| A | Indikatoren für TS/Speicher und Nutzungen | 1 |
| A.1 | TS/Speicher | 1 |
| A.1.1 | SB Bärwalde..... | 1 |
| A.1.2 | TS Bautzen..... | 4 |
| A.1.3 | TS Quitzdorf | 7 |
| A.1.4 | SB Lohsa I..... | 10 |
| A.1.5 | WSS Lohsa II | 13 |
| A.1.6 | TS Spremberg | 16 |
| A.1.7 | TS Bautzen, TS Quitzdorf, SB Lohsa I | 19 |
| A.1.8 | WSS Lohsa II, SB Bärwalde, TS Spremberg..... | 22 |
| A.1.9 | Verbleibendes Jahres-NWA-Kontingent..... | 25 |
| A.1.10 | Monatlich genutztes NWA-Kontingent..... | 28 |
| A.1.11 | Monatlich ungenutztes NWA-Kontingent..... | 31 |
| A.2 | Nutzungen und Abflussforderungen | 34 |
| A.2.1 | Relative Bedarfsdeckung der Mindestabflüsse..... | 34 |
| A.2.2 | Relative Bedarfsdeckung der ökologischen Mindestabflüsse..... | 35 |
| A.2.3 | Relative Bedarfsdeckung der Teichwirtschaften in Sachsen (TW) | 36 |
| A.2.4 | Relative Bedarfsdeckung der Teichwirtschaften in Brandenburg (TWBB) | 37 |
| A.2.5 | Wasserbedarf zur Deckung der Mindestabflüsse | 38 |
| A.2.6 | Wasserbedarf zur Deckung der ökologischen Mindestabflüsse | 39 |
| A.2.7 | Wasserbedarf der Teichwirtschaften in Sachsen (TW) | 40 |
| A.2.8 | Wasserbedarf der Teichwirtschaften in Brandenburg (TWBB) | 41 |
| B | Richtwerte zu Neubrück und Briesen | 1 |
| B.1 | Periode 4..... | 1 |
| B.2 | Periode 5..... | 3 |
| B.3 | Periode 6..... | 5 |

ABBILDUNGEN

| | | |
|-----------------|---|----|
| Abbildung 1-1: | Meteorologische Teilgebiete im Bereich um Berlin aus dem KLIWAS-Projekt (links) und aus SESIM08 (rechts). | 2 |
| Abbildung 1-2: | Simulationsteilgebiete für den Baustein WBalMo Berlin. | 3 |
| Abbildung 1-3: | Vergleich des Abflusses Flakenfließ (STG 50) zwischen dem bisher verwendeten Ansatz und dem Ansatz aus dem WBalMo Berlin. | 7 |
| Abbildung 1-4: | Vergleich des mittleren Dargebotes des Simulationsteilgebietes 50 auf Basis des HYRAS-Datensatzes bzw. des SESIM08-Datensatzes. | 7 |
| Abbildung 1-5: | Vergleich der Monatsmittelwerte des Niederschlags über alle Realisierungen des meteorologischen Teilgebietes 103 (HYRAS - 18) auf Basis des HYRAS-Datensatzes bzw. des SESIM08-Datensatzes. | 8 |
| Abbildung 1-6: | Vergleich der Monatsmittelwerte der potentiellen Verdunstung über alle Realisierungen des meteorologischen Teilgebietes 103 (HYRAS - 18) auf Basis des HYRAS-Datensatzes bzw. des SESIM08-Datensatzes. | 8 |
| Abbildung 1-7: | Ausschnitt aus der Modellskizze des erweiterten Sulfatprognosemodells mit den neu integrierten Modellbausteinen zwischen Große Tränke UP/Spree und Querschnitt Rahnsdorf/ Zufluss Müggelsee (Simulationsteilgebiete STG, Fließgewässer, Bilanzprofile und Nutzer). | 9 |
| Abbildung 1-8: | Zusätzliche Überleitung von Spreewasser zur Dahme bei Wernsdorf in Abhängigkeit des Durchflusses am Pegel Große Tränke OP. | 13 |
| Abbildung 1-9: | Gewässerstruktur im Bereich des Berlin-Bausteins (Karte: © OpenStreetMap-Mitwirkende). | 13 |
| Abbildung 1-10: | Ausschnitt aus der Modellskizze des erweiterten Sulfatprognosemodells. | 14 |
| Abbildung 1-11: | Beziehungen zwischen c und Q am EQ Flakenfließ vor Mündung in den Dämeritzsee (Mündung in die Spree), (DHI WASY, 2017a). | 15 |
| Abbildung 1-12: | Vergleich berechnete und simulierte Sulfatfracht am EQ Flakenfließ vor Mündung in den Dämeritzsee (Mündung in die Spree), (DHI WASY, 2017a). | 16 |
| Abbildung 1-13: | Vergleich der gemessenen und berechneten Sulfatkonzentrationen und Durchflüsse in der Spree obh. Dämeritzsee. | 25 |
| Abbildung 1-14: | Vergleich der gemessenen und berechneten Sulfatfracht und Durchflüsse im Flakenfließ obh. Dämeritzsee. | 27 |
| Abbildung 1-15: | Vergleich der gemessenen und berechneten Sulfatkonzentrationen und Durchflüsse am Ablauf Dämeritzsee. | 29 |
| Abbildung 1-16: | Vergleich der gemessenen und berechneten Sulfatkonzentrationen und Durchflüsse an der Fähre Rahnsdorf. | 30 |
| Abbildung 1-17: | Lage der ausgewählten GWMS entlang der Müggelspree (SenUVK, 2019). | 31 |
| Abbildung 1-18: | Vergleich der gemessenen Sulfatkonzentrationen im Dämeritzsee und an der Fähre Rahnsdorf. | 32 |
| Abbildung 1-19: | Boxplot der Abweichungen der gemessenen Sulfatkonzentrationen zwischen Dämeritzsee und Fähre Rahnsdorf. | 32 |
| Abbildung 1-20: | Vergleich der monatlichen Sulfatkonzentrationen am Profil Rahnsdorf für ein Wiederkehrintervall (T) von 2 Jahren vor Einbau Berlin-Baustein (SPM1.07) und nach Einbau Berlin-Baustein (SPM1.07). | 34 |
| Abbildung 1-21: | Vergleich der monatlichen Sulfatkonzentrationen am Profil Rahnsdorf für ein Wiederkehrintervall (T) von 5 Jahren vor Einbau Berlin-Baustein (SPM1.07) und nach Einbau Berlin-Baustein (SPM1.07). | 34 |
| Abbildung 1-22: | Vergleich der monatlichen Sulfatkonzentrationen am Profil Rahnsdorf für ein Wiederkehrintervall (T) von 10 Jahren vor Einbau Berlin-Baustein (SPM1.07) und nach Einbau Berlin-Baustein (SPM1.07). | 35 |
| Abbildung 1-23: | Vergleich der monatlichen Sulfatkonzentrationen am Profil Rahnsdorf für ein Wiederkehrintervall (T) von 20 Jahren vor Einbau Berlin-Baustein (SPM1.07) und nach Einbau Berlin-Baustein (SPM1.07). | 35 |
| Abbildung 1-24: | Monatliche Überschreitungswahrscheinlichkeit der bestehenden Immissionsrichtwerte am Querschnitt Rahnsdorf für die Perioden 2018 – 2022, 2023 – 2027 und 2028 - 2032. | 39 |

| | | |
|-----------------|--|----|
| Abbildung 1-25: | 90 %-Perzentile der monatlichen Sulfatkonzentrationen am Querschnitt Rahnsdorf für die Perioden 2018 – 2022, 2023 – 2027 und 2028 – 2032 im Vergleich zum Immissionsrichtwert (gestrichelte Linie). | 40 |
| Abbildung 3-1: | Beispieldarstellung für die monatliche Überschreitungswahrscheinlichkeit der bestehenden Immissionsrichtwerte. | 59 |
| Abbildung 3-2: | Beispieldarstellung für 90 %ige Unterschreitungswahrscheinlichkeit der monatlichen Sulfatkonzentrationen (gestrichelt dargestellt wurden die jeweiligen Immissionsrichtwerte). | 59 |
| Abbildung 3-3: | Beispieldarstellung für die Längsschnitte der 90 %- und 10 %-Perzentile der jährlichen Sulfatkonzentrationen sowie für die Mediane (Unterschreitungswahrscheinlichkeit). | 60 |
| Abbildung 3-4: | Jahresgang der Sulfatkonzentration der Kleinen Spree oberhalb des Entnahmbauwerks für die Flutung des Speichers Burghammer (Auswertung der Messstelle F1.091 im Zeitraum 2002-2018, Darstellung ab 2008). | 62 |
| Abbildung 3-5: | Jahresgang der Sulfatkonzentration der Spree oberhalb des Entnahmbauwerks für die Flutung des Speichers Lohsa II (Auswertung der Messstellen F1.011, F1.141 und OBF21110 im Zeitraum 2002-2018, Darstellung ab 2008). | 62 |
| Abbildung 3-6: | Sulfatkonzentration [mg/L] für die GW-Gütemessstelle 5042, Quelle: GeoDIN-Kurzbericht (SenUVK, 2019). | 67 |
| Abbildung 3-7: | Sulfatbelastung im Umfeld des SB Lohsa II Stand 12/2017, Ausschnitt aus Anlage 1.1 (LMBV, 2018). | 74 |
| Abbildung 3-8: | Messwerte und Modellansätze Sulfat in den Grundwasserzstrombereichen Lohsa II Gewachsenes-West. | 76 |
| Abbildung 3-9: | Messwerte und Modellansätze Sulfat in den Grundwasserzstrombereichen Lohsa II Gewachsenes-Nord und Ost. | 76 |
| Abbildung 3-10: | Messwerte und Modellansätze Sulfat im Grundwasserzstrombereich Lohsa II Kippe-Südwest. | 77 |
| Abbildung 3-11: | Messwerte und Modellansätze Sulfat im Grundwasserzstrombereich Lohsa II Kippe-Süd. | 78 |
| Abbildung 3-12: | Sulfatbelastung im Umfeld des SB Burghammer Stand 12/2017, Ausschnitt aus Anlage 1.1 (LMBV, 2018). | 79 |
| Abbildung 3-13: | Messwerte und Modellansätze Sulfat in den Grundwasserzstrombereichen Burghammer Hangendes-Südost und Burghammer Kippe. | 80 |
| Abbildung 3-14: | Messwerte und Modellansätze Sulfat im Grundwasserzstrombereich Burghammer Hangendes-Süd/ Südwest. | 80 |
| Abbildung 3-15: | Gemessene und berechnete Wasserstandsganglinie sowie Grund- und Oberflächenwasserbilanz des SB Lohsa II 2013 - 2018. | 85 |
| Abbildung 3-16: | Gemessene und berechnete Wasserstandsganglinie sowie Grund- und Oberflächenwasserbilanz des SB Burghammer 2013 - 2018. | 85 |
| Abbildung 3-17: | Berechnete und gemessene Sulfatkonzentrationen sowie Wasserspiegel in den Speichern Lohsa II und Burghammer. | 86 |
| Abbildung 3-18: | Monatliche Überschreitungswahrscheinlichkeit der bestehenden Immissionsrichtwerte für die Periode 2018 – 2022. | 87 |
| Abbildung 3-19: | Monatliche Überschreitungswahrscheinlichkeit der bestehenden Immissionsrichtwerte für die Periode 2023 – 2027. | 88 |
| Abbildung 3-20: | Monatliche Überschreitungswahrscheinlichkeit der bestehenden Immissionsrichtwerte für die Periode 2028 – 2032. | 88 |
| Abbildung 3-21: | 90 %-Perzentile der monatlichen Sulfatkonzentrationen (Unterschreitungswahrscheinlichkeit) für die Periode 2018 – 2022 im Vergleich mit den Immissionsrichtwerten (gestrichelte Linien). | 89 |
| Abbildung 3-22: | Prognosen der 90 %-Perzentile der monatlichen Sulfatkonzentrationen (Unterschreitungswahrscheinlichkeit) für die Periode 2023 – 2028 im Vergleich mit den Immissionsrichtwerten (gestrichelte Linien). | 89 |
| Abbildung 3-23: | Prognosen der 90 %-Perzentile der monatlichen Sulfatkonzentrationen (Unterschreitungswahrscheinlichkeit) für die Periode 2028 – 2032 im Vergleich mit den Immissionsrichtwerten (gestrichelte Linien). | 90 |

| | | |
|-----------------|---|-----|
| Abbildung 3-24: | 90 %- Perzentile der jährlichen Sulfatkonzentrationen (Unterschreitungswahrscheinlichkeit) für Varianten mit verändertem Immissionsrichtwert in Spremberg-Wilhelmsthal für die Periode 2018 – 2022..... | 92 |
| Abbildung 3-25: | 90 %- Perzentile der jährlichen Sulfatkonzentrationen (Unterschreitungswahrscheinlichkeit) für Varianten mit verändertem Immissionsrichtwert in Spremberg-Wilhelmsthal für die Periode 2023 – 2027..... | 92 |
| Abbildung 3-26: | 90 %- Perzentile der jährlichen Sulfatkonzentrationen (Unterschreitungswahrscheinlichkeit) für Varianten mit verändertem Immissionsrichtwert in Spremberg-Wilhelmsthal für die Periode 2028 – 2032..... | 93 |
| Abbildung 3-27: | Längsschnitte der 90 %- und 10 %-Perzentile der jährlichen Sulfatkonzentrationen sowie der Mediane für die vorgeschlagenen Immissionsrichtwert in Spremberg-Wilhelmsthal von 375 mg/L (oben) und 500 mg/L (unten) sowie des bestehenden Immissionsrichtwertes von 450 mg/L (Mitte) der Periode 2018 – 2022..... | 95 |
| Abbildung 3-28: | Monatliche Überschreitungswahrscheinlichkeiten des Immissionsrichtwertes von 280 mg/L in Neubrück für unterschiedliche Immissionsrichtwerte in Spremberg-Wilhelmsthal der Perioden 2018 – 2022 (oben), 2023 – 2027 (Mitte) und 2028 – 2032 (unten). | 97 |
| Abbildung 3-29: | Monatliche Überschreitungswahrscheinlichkeiten des Immissionsrichtwertes von 220 mg/L in Rahnsdorf für unterschiedliche Immissionsrichtwerte in Spremberg-Wilhelmsthal der Perioden 2018 – 2022 (oben), 2023 – 2027 (Mitte) und 2028 – 2032 (unten). | 98 |
| Abbildung 3-30: | 90 %- Perzentile der jährlichen Sulfatkonzentrationen für die Variante mit abgeleitetem Immissionsrichtwert in Spremberg-Wilhelmsthal für die Periode 2018 – 2022 (oben), 2023 – 2027 (Mitte) und 2028 – 2032 (unten) im Vergleich mit den anderen Varianten..... | 100 |
| Abbildung 3-31: | Monatliche Überschreitungswahrscheinlichkeiten des Immissionsrichtwertes von 280 mg/L in Neubrück für den abgeleiteten Immissionsrichtwert in Spremberg-Wilhelmsthal der Perioden 2018 – 2022 (oben), 2023 – 2027 (Mitte) und 2028 – 2032 (unten) im Vergleich mit den anderen Varianten. | 101 |
| Abbildung 3-32: | Monatliche Überschreitungswahrscheinlichkeiten des Immissionsrichtwertes von 300 mg/L in Leibsch UP für den abgeleiteten Immissionsrichtwerte in Spremberg-Wilhelmsthal der Perioden 2018 – 2022 im Vergleich mit den anderen Varianten. | 102 |
| Abbildung 3-33: | Monatliche Überschreitungswahrscheinlichkeiten des Immissionsrichtwertes von 220 mg/L in Rahnsdorf für den abgeleiteten Immissionsrichtwert in Spremberg-Wilhelmsthal der Perioden 2018 – 2022 im Vergleich mit den anderen Varianten. | 103 |
| Abbildung 3-34: | Dauerlinien der Sulfatkonzentrationen bis zu einer Jährlichkeit von $T = 100$ Jahren für den Monat August und der Immissionsrichtwerte für die Querschnitte Neubrück (oben) und Rahnsdorf (unten) für die Periode 2018 - 2022. | 104 |
| Abbildung 3-35: | Monatliche Überschreitungswahrscheinlichkeit des abgeleiteten Immissionsrichtwerte für die Periode 2018 – 2022. | 106 |
| Abbildung 3-36: | Monatliche Überschreitungswahrscheinlichkeit des abgeleiteten Immissionsrichtwerte für die Periode 2023 – 2027. | 106 |
| Abbildung 3-37: | Monatliche Überschreitungswahrscheinlichkeit des abgeleiteten Immissionsrichtwerte für die Periode 2028 – 2032. | 107 |
| Abbildung 4-1: | Definition der Ereignisdauer. | 109 |
| Abbildung 4-2: | Datengrundlage für die nähere Betrachtung der Relationen Sulfatkonzentration und Ereignisdauer sowie Abfluss und Sulfatkonzentration für die Querschnitte Spremberg-Wilhelmsthal (oben), Leibsch (Mitte) und Beeskow (unten). | 110 |
| Abbildung 4-3: | Ableitung eines Regressionsprognosemodells für die Relation Abfluss und Sulfatkonzentration für Spremberg-Wilhelmsthal für den gesamten Wertebereich (oben); den begrenzten Wertebereich $\leq MQ$ (Mitte) sowie der Vergleich der absoluten Prognoseabweichungen mittels Boxplot (unten). | 113 |
| Abbildung 4-4: | Ableitung eines Regressionsprognosemodells für die Relation Abfluss und Sulfatkonzentration für Leibsch für den gesamten Wertebereich (oben); den begrenzten Wertebereich $\leq MQ$ (Mitte) sowie der Vergleich der absoluten Prognoseabweichungen mittels Boxplot (unten). | 114 |

| | | |
|-----------------|---|-----|
| Abbildung 4-5: | Ableitung eines Regressionsprognosemodells für die Relation Abfluss und Sulfatkonzentration für Beeskow für den gesamten Wertebereich (oben); den begrenzten Wertebereich \leq MQ (Mitte) sowie der Vergleich der absoluten Prognoseabweichungen mittels Boxplot (unten)..... | 115 |
| Abbildung 4-6: | Ableitung eines Regressionsprognosemodells für die Relation Sulfatkonzentration und Ereignisdauer für Spremberg-Wilhelmstal für $C_{SO_4} \geq 200$ mg/L und $T \geq 7$ Tage sowie Vergleich der absoluten Prognoseabweichungen mittels Boxplot. | 117 |
| Abbildung 4-7: | Ableitung eines Regressionsprognosemodells für die Relation Sulfatkonzentration und Ereignisdauer für Leibsch für $C_{SO_4} \geq 300$ mg/L und $T \geq 7$ Tage sowie Vergleich der absoluten Prognoseabweichungen mittels Boxplot. | 118 |
| Abbildung 4-8: | Ableitung eines Regressionsprognosemodells für die Relation Sulfatkonzentration und Ereignisdauer für Beeskow für begrenzten Wertebereich; $C_{SO_4} \geq 250$ mg/L und $T \geq 7$ Tage sowie Vergleich der absoluten Prognoseabweichungen mittels Boxplot. | 119 |
| Abbildung 5-1: | Maßnahmewert 250 mg/L in Rahnsdorf mit den korrespondierenden Sulfatkonzentrationen (90 % Perzentil) und Immissionsrichtwerten für Neubrück, Leibsch und Spremberg-W. | 123 |
| Abbildung 6-1: | Vergleich der Speicherinhalte des SB Bärwalde für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) mittels Boxplot (10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %-, 90%-Perzentile) für Periode 4. | 128 |
| Abbildung 6-2: | Vergleich der Speicherinhalte des SB Bärwalde für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) mittels Boxplot (10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %-, 90%-Perzentile) für Periode 5. | 129 |
| Abbildung 6-3: | Vergleich der Speicherinhalte der TS Bautzen für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) mittels Boxplot (10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %-, 90%-Perzentile) für Periode 4. | 130 |
| Abbildung 6-4: | Vergleich der Speicherinhalte der TS Bautzen für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) mittels Boxplot (10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %-, 90%-Perzentile) für Periode 5. | 130 |
| Abbildung 6-5: | Vergleich der Speicherinhalte der TS Quitzdorf für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) mittels Boxplot (10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %-, 90%-Perzentile) für Periode 4. | 131 |
| Abbildung 6-6: | Vergleich der Speicherinhalte der TS Quitzdorf für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) mittels Boxplot (10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %-, 90%-Perzentile) für Periode 5. | 132 |
| Abbildung 6-7: | Vergleich der Speicherinhalte des SB Lohsa I für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) mittels Boxplot (10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %-, 90%-Perzentile) für Periode 4. | 133 |
| Abbildung 6-8: | Vergleich der Speicherinhalte des WSS Lohsa II für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) mittels Boxplot (10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %-, 90%-Perzentile) für Periode 4. | 134 |
| Abbildung 6-9: | Vergleich der Speicherinhalte des WSS Lohsa II für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) mittels Boxplot (10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %-, 90%-Perzentile) für Periode 5. | 134 |
| Abbildung 6-10: | Vergleich der Speicherinhalte der TS Spremberg für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) mittels Boxplot (10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %-, 90%-Perzentile) für Periode 4. | 135 |
| Abbildung 6-11: | Vergleich der Speicherinhalte der TS Spremberg für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) mittels Boxplot (10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %-, 90%-Perzentile) für Periode 4. | 136 |
| Abbildung 6-12: | Vergleich der verbleibenden Jahres-NWA-Kontingente für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) mittels Boxplot (10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %-, 90%-Perzentile) für Periode 4. | 137 |
| Abbildung 6-13: | Vergleich des verbleibenden Jahres-NWA-Kontingents für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) mittels Boxplot (10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %-, 90%-Perzentile) für Periode 5. | 137 |

| | | |
|-----------------|---|-----|
| Abbildung 6-14: | Vergleich des monatlich genutzten NWA-Kontingents für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) mittels Boxplot (10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %-, 90%-Perzentile) für Periode 4. | 138 |
| Abbildung 6-15: | Vergleich des monatlich genutzten NWA-Kontingents für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) mittels Boxplot (10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %-, 90%-Perzentile) für Periode 5. | 139 |
| Abbildung 6-16: | Vergleich des monatlich ungenutzten NWA-Kontingents für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) mittels Boxplot (10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %-, 90%-Perzentile) für Periode 4. | 140 |
| Abbildung 6-17: | Vergleich des monatlich ungenutzten NWA-Kontingents für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) mittels Boxplot (10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %-, 90%-Perzentile) für Periode 5. | 140 |
| Abbildung 8-1: | Ausschnitt der erweiterten Modellstruktur. | 146 |
| Abbildung 8-2: | Simulationsergebnisse der iterativen Bestimmung eines Immissionsrichtwertes für Spremberg-Wilhelmstal zur Einhaltung des IRW in Neubrück. | 147 |
| Abbildung 8-3: | Simulationsergebnisse der iterativen Bestimmung eines Immissionsrichtwertes für Spremberg-Wilhelmstal zur Einhaltung des IRW im WW Briesen. | 148 |
| Abbildung 8-4: | Monatliche Zusatzwassermengen aus dem fiktiven Speicher zur Einhaltung der IRW für Neubrück (10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %- und 90 %-Sicherheit) und Briesen (1 %-, 10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %-, 90 %- und 99 %-Sicherheit) für Periode 4. | 149 |
| Abbildung 8-5: | Jahressummen der-Zusatzwassermengen aus dem fiktiven Speicher zur Einhaltung der IRW für Neubrück (10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %- und 90 %-Sicherheit) und Briesen (1 %-, 10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %-, 90 %- und 99 %-Sicherheit) für Periode 4. | 150 |
| Abbildung 8-6: | Gegenüberstellung der ermittelten Sulfatkonzentrationen in mg/L zur Einhaltung des IRW für Neubrück (linker Balken) respektive am Zuflussprofil WW Briesen (rechter Balken) und der dazu benötigten Zusatzwassermenge in Mio. m ³ für Periode 4. ... | 151 |

TABELLEN

| | | |
|---------------|---|----|
| Tabelle 1-1: | Zuordnung der Simulationsteilgebiete zu den meteorologischen Teilgebieten (Met-TG) aus dem KLIWAS Projekt und aus SESIM08. | 3 |
| Tabelle 1-2: | Hydrografische Flächenparameter für das NAM-EGMO. | 4 |
| Tabelle 1-3: | Kalibrierungsgebiete der Simulationsteilgebiete. | 5 |
| Tabelle 1-4: | Anpassungsgüte (NSE - Nash-Sutcliffe-Effizienz) der Modelle im Kalibrierungs- und Validierungszeitraum. | 5 |
| Tabelle 1-5: | Vergleich der mittleren Jahresabflüsse [m ³ /s] (beobachtet, simuliert). | 6 |
| Tabelle 1-6: | Übersicht der integrierten Bilanzprofile im Berlin-Abschnitt. | 10 |
| Tabelle 1-7: | Übersicht der integrierten Nutzer im Berlin-Abschnitt. | 11 |
| Tabelle 1-8: | Übersicht der integrierten DYN-Elemente im Berlin-Abschnitt. | 12 |
| Tabelle 1-9: | Übersicht der Bilanzprofile im Berlin-Abschnitt für die Sulfatprognose. | 14 |
| Tabelle 1-10: | Sulfatkonzentrationen und Volumenströme im Berlin-Baustein zwischen Große Tränke UP und Rahnsdorf (NA: entsprechend Niederschlags-Abfluss-Simulation, WB: simulierter Volumenstrom im WBalMo). | 16 |
| Tabelle 1-11: | Übersicht der verfügbaren Messdaten für Durchflüsse und Sulfatkonzentrationen im Berlin-Baustein (Vergleich Abbildung 1-9). | 18 |
| Tabelle 1-12: | Übersicht der gemessenen und berechneten Durchflüsse im Berlin-Baustein. | 21 |
| Tabelle 1-13: | Vergleich der Statistik der gemessenen und beobachteten Werte an den relevanten Querschnitten im Berlin-Baustein. | 26 |
| Tabelle 1-14: | Übersicht der ermittelten Gütekriterien an den relevanten Querschnitten im Berlin-Baustein. | 26 |
| Tabelle 1-15: | Wasserstand und GW-Stände [m NHN] an Fähre Rahnsdorf und naheliegenden GWMS (SenUVK, 2019). | 31 |

| | | |
|---------------|---|-----|
| Tabelle 1-16: | Vergleich der maximal monatlichen Sulfatkonzentrationen für Sulfatereignisse unterschiedlicher Ausprägung am Profil Rahnsdorf für die Varianten vor Einbau Berlin-Baustein (SPM1.07) und nach Einbau Berlin-Baustein (SPM1.07)..... | 36 |
| Tabelle 1-17: | Absinken der maximalen monatlichen Sulfatkonzentrationen [mg/L] zwischen den Profilen Briesen und Rahnsdorf. Vergleich der Varianten vor Einbau Berlin-Baustein (SPM1.07) und nach Einbau Berlin-Baustein (SPM1.07) sowie mit Beobachtungsdaten. | 36 |
| Tabelle 1-18: | 90 %-Perzentile der jährlichen Sulfatkonzentrationen am Querschnitt Rahnsdorf. | 40 |
| Tabelle 3-1: | Parameter für die Definition des Basisszenarios. | 44 |
| Tabelle 3-2: | Nutzbarer Speicherinhalt und Zielwert der Auffüllung beim Abgabeelement 4.004 und 4.6 des SB Bärwalde für das SPM 2016 und SPM 2018. | 45 |
| Tabelle 3-3: | Absenzziele der Abgabeelemente 4.3 und 4.41 des SB Bärwalde für das SPM 2016 und SPM 2018. | 46 |
| Tabelle 3-4: | GW-Bilanz des SB Bärwalde. | 47 |
| Tabelle 3-5: | Aktuelle monatliche Abgabeelemente (AB) und Nutzraumgrenzen der TS Spremberg. | 48 |
| Tabelle 3-6: | Änderungen im WBalMo SPM auf Basis der Versorgungsbilanzen. | 49 |
| Tabelle 3-7: | Anhand der Eckdaten vorgenommene Änderungen im WBalMo SPM. | 50 |
| Tabelle 3-8: | Übersicht der geänderten sowie neuen Modellelemente für die Bewirtschaftung des CBOS als See. | 53 |
| Tabelle 3-9: | Dargebotsänderungen hinsichtlich Simulationsteilgebieten (STG) und Bilanzprofilanteilen (BP). | 54 |
| Tabelle 3-10: | Grundwasserbilanzen aus (GUB, 2017) und WBalMo sowie die Anpassungsparameter für die Dargebotsanteile der Tagebaurestseen. | 56 |
| Tabelle 3-11: | Monatliche Verdunstungsangaben [mm] auf Basis von GUB (2017) (Seeverdunstung) und SESIM08 (potentielle Evapotranspiration). | 57 |
| Tabelle 3-12: | Ermittlung des Jahresgangs der Sulfatkonzentration der Kleinen Spree oberhalb des Entnahmebauwerks für die Flutung des Speichers Burghammer sowie den Zuflusspegel Burg 2, Auswertung der Messstelle F1.091 im Zeitraum 2002–2018. | 61 |
| Tabelle 3-13: | Ermittlung des Jahresgangs der Sulfatkonzentration der Spree oberhalb des Entnahmebauwerks für die Flutung des Speichers Lohsa II sowie den Zuflusspegel Bärwalde, Auswertung der Messstellen F1.011, F1.141 u. OBF21110 im Zeitraum 2002-2018. | 61 |
| Tabelle 3-14: | Jahresgang der prognostizierten Volumenströme, Quelle: Ländermodell LM180322_03 [m³/s]. | 63 |
| Tabelle 3-15: | Sulfatkonzentrationen des natürlichen Hintergrunds, wenn dafür die Sulfatkonzentrationen des Zustroms vom jeweiligen TRS angenommen werden (ab Jan 2013) [mg/l]..... | 65 |
| Tabelle 3-16: | Anteil der Seenflächen am Gesamt-EZG Dobra. | 66 |
| Tabelle 3-17: | Anteil der Seenflächen am Gesamt-EZG Wudritz (Ottergraben). | 67 |
| Tabelle 3-18: | Auswahl und Abstimmung der Szenarioparameter. | 68 |
| Tabelle 3-19: | Übersicht zu den Grundwasserzustrombereichen und den verwendeten Daten bzw. der vorgenommenen Änderungen. | 81 |
| Tabelle 3-20: | Übersicht zu den bisherigen und aktualisierten Modellansätzen für Sulfat im Grundwasserzustrom. | 82 |
| Tabelle 3-21: | Initiale Sulfatkonzentrationen in den Speichern. | 83 |
| Tabelle 3-22: | Statistik der Sulfatkonzentrationen am Beginn jedes Auswertezitraumes. | 83 |
| Tabelle 3-23: | Übersicht der bestehenden Immissionsrichtwerte und der 90 %-Perzentile der jährlichen Sulfatkonzentrationen (Unterschreitungswahrscheinlichkeit). | 91 |
| Tabelle 3-24: | Übersicht der 90 %- Perzentile der jährlichen Sulfatkonzentrationen (Unterschreitungswahrscheinlichkeit) für Varianten mit verändertem Immissionsrichtwert in Spremberg-Wilhelmsthal. | 94 |
| Tabelle 3-25: | Übersicht des abgeleiteten und der bestehenden Immissionsrichtwerte und der 90 %-Perzentile der jährlichen Sulfatkonzentrationen für deren Unterschreitungswahrscheinlichkeit. | 105 |

| | | |
|--------------|---|-----|
| Tabelle 4-1: | Übersicht über die Gütekriterien für die abgeleiteten Regressionsmodelle für Spremberg-Wilhelmstal, Leibsch und Beeskow für den Zusammenhang Abfluss und Sulfatkonzentration unter Berücksichtigung des gesamten Wertebereichs..... | 111 |
| Tabelle 4-2: | Übersicht über die Gütekriterien für die abgeleiteten Regressionsmodelle für Spremberg-Wilhelmstal, Leibsch und Beeskow für den Zusammenhang Abfluss und Sulfatkonzentration unter Berücksichtigung des Wertebereichs bis zum mittleren Abfluss (MQ). | 112 |
| Tabelle 4-3: | Übersicht über die Gütekriterien für die abgeleiteten Regressionsmodelle für Spremberg-Wilhelmstal, Leibsch und Beeskow für den Zusammenhang Sulfatkonzentration und Ereignisdauer unter Berücksichtigung für begrenzte Wertebereiche. | 116 |
| Tabelle 5-1: | Korrespondierende Sulfatkonzentrationen zum Maßnahmewert 250 mg/L in Rahnsdorf (Auswertung jeweils für die 10 %-, 50 %- und 90 %-Perzentile)..... | 121 |
| Tabelle 5-2: | Überschreitungswahrscheinlichkeiten (ÜWK) für die Sulfatkonzentration von 250 mg/L an der Fähre Rahnsdorf für die jeweiligen 90 %-Perzentile der Pegel. ... | 122 |
| Tabelle 6-1: | Monatlich Mindestinhalte (AB 5.03) und Nutzraumgrenzen des SB Lohsa II..... | 125 |
| Tabelle 6-2: | Ableiterkapazitäten für das SB Bärwalde und SB Lohsa II. | 125 |
| Tabelle 6-3: | Monatlich kumulierte NWA Kontingente der TS Bautzen und Quitzdorf [Mio. m ³]. | 126 |
| Tabelle 7-1: | Nutzungen und Abflussforderungen zur Auswertung | 141 |
| Tabelle 7-2: | Kenngößen Nutzungen. | 143 |
| Tabelle 8-1: | Sulfatkonzentrationen für Neubrück für betrachtete Immissionsrichtwerte in Spremberg-Wilhelmsthal (325 mg/L, 350 mg/L und 375 mg/L). | 147 |
| Tabelle 8-2: | Sulfatkonzentrationen für WW Briesen für betrachtete Immissionsrichtwerte in Spremberg-Wilhelmsthal (250 mg/L, 275 mg/L und 300 mg/L). | 148 |
| Tabelle 8-3: | Monats- und Jahressummen der Zusatzwassermengen aus dem fiktiven Speicher zur Einhaltung der IRW für Neubrück (10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %-, 90 %-Sicherheit) und am Zuflussprofil WW Briesen (1 %-, 10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %-, 90 %-, 99 %-Sicherheit) in Mio. m ³ für Periode 4. | 150 |

Arbeitspaket/ Fachlos 1

1 Sulfatprognose für den Querschnitt Rahnsdorf

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Sulfatprognose für den Querschnitt Rahnsdorf zusammenfassend vorgestellt (siehe Abschnitt 1.2). Diese Ergebnisse basieren auf den ebenfalls hier in Abschnitt 1.1 vorgestellten Erweiterungen des Sulfatprognosemoduls für den Querschnitt Rahnsdorf. Darüber hinaus sind in die Ergebnisse auch alle Aktualisierungen und Erweiterungen des WBalMo SPM eingeflossen, die in Abschnitt 3.2 beschrieben sind.

1.1 Verbesserung der Prognosefähigkeit des WBalMo SPM für den Querschnitt Rahnsdorf

1.1.1 Feinkonzept zu den Modellanpassungen für den Querschnitt Rahnsdorf

Gemäß Leistungsbeschreibung zur Ermittlung von Zielwerten für die Spree für den Parameter Sulfat in (LfU / MLUL, 2018) sind Prognosen für den Querschnitt Rahnsdorf zu erstellen.

Für das Zwischengebiet von Große Tränke UP/Spree bis Querschnitt Rahnsdorf wurde in der Zusammenfassung zur Erstellung des Sulfatprognosemodells Spree in (DHI WASY, 2017b) angemerkt, dass mit dem WBalMo Sulfatprognosemodell Spree derzeit Unschärfen in den modellgestützten Prognosen bestehen. Es wurde auf die Notwendigkeit hingewiesen, den Zufluss aus der Löcknitz genauer zu prognostizieren.

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 dem Flakenfließ (Zusammenfluss von Löcknitz und Rüdersdorfer Gewässer) am Zufluss zum Dämeritzsee mit 1,5 m³/s und für alle sonstigen Zuflüsse mit 0,25 m³/s angesetzt. Der Zustrom aus der Löcknitz wird mit einer Sulfatkonzentration von 210 mg/L angesetzt. Dadurch bekommt derzeit insbesondere der Zufluss aus der Löcknitz bei Prognosen von geringen Zuflüssen mit hohen Sulfatkonzentrationen von Große Tränke UP ein nicht gerechtfertigtes, sulfatreduzierendes Gewicht. Durch Erweiterung des Sulfatprognosemodells Spree bis zum Querschnitt Rahnsdorf/ Zufluss Müggelsee kann diese Unsicherheit behoben werden.

Das genannte Zwischengebiet ist aus dem WBalMo Berlin zu übernehmen. Die Bearbeitung umfasst die folgenden Modellanpassungen zu

- Dargebot,
- Gewässergeometrie,
- Bilanzprofilen,
- Nutzern und
- DYN-Elementen,

um zukünftig dynamische Volumenströme zwischen Große Tränke und Rahnsdorf abbilden zu können. Ein übergreifendes stochastisches Modell für die Witterung existiert bereits für 50 und 100 Jahre mit Klimaszenarien (DHI WASY, 2013) und kann übernommen werden.

1.1.2 Erweiterung des WBalMo SPM um WBalMo Berlin

Um für den Bereich von Große Tränke UP/Spree bis zum Querschnitt Rahnsdorf die Prognosefähigkeit des Sulfatprognosemodells zu verbessern, wurde das Modell um Teile des WBalMo Berlin erweitert. Dazu mussten folgende Punkte bearbeitet werden:

- Meteorologie – SIKOSIMO,
- Hydrologie – Dargebot NAM EGMO,
- Bewirtschaftung – WBalMo Berlin.

1.1.2.1 Meteorologie - SIKOSIMO

Als Grundlage für die Erweiterung des Berlin-Bausteins wurden Ergebnisse aus dem KLIWAS-Projekt (DHI WASY, 2013) verwendet. Die meteorologischen Teilgebiete, die in diesem Projekt ausgewiesen wurden, sind Inhalt der Abbildung 1-1.

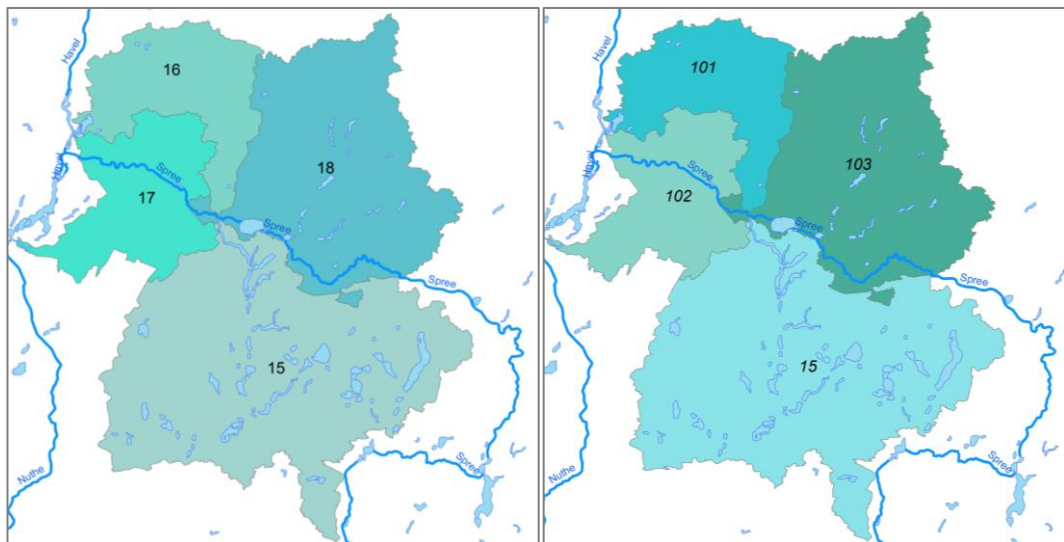


Abbildung 1-1: Meteorologische Teilgebiete im Bereich um Berlin aus dem KLIWAS-Projekt (links) und aus SESIM08 (rechts).

Diese Teilgebiete sind in der Ausdehnung mit den Teilgebieten aus SESIM08 (DHI-WASY, 2010) identisch, die für den Bereich um Berlin verwendet werden. Der Hintergrund ist, dass in dem aktuellen Projekt die Meteorologie aus SESIM08 zu verwenden ist, im KLIWAS-Projekt dagegen HYRAS Daten verwendet wurden.

Im Ergebnis können die meteorologischen Teilgebiete 15, 101, 102 und 103 aus dem SESIM08 als Basis für die hydrologischen Berechnungen im Abschnitt 1.1.2.2 dienen.

1.1.2.2 Hydrologie – Dargebot NAM EGMO

Auf Basis der Meteorologie im Abschnitt 1.1.2.1 soll in diesem Abschnitt das natürliche Dargebot für den Baustein WBalMo Berlin ermittelt werden. Im Zuge des KLIWAS-Projektes wurden dafür neue Teilgebiete ausgewiesen und die benötigten Parameter für die Abflusssimulation bestimmt. Diese Parameter werden unverändert aus dem KLIWAS-Projekt übernommen.

Für die Verbesserung der Prognosefähigkeit für das Zwischengebiet von Große Tränke UP/Spree bis zum Querschnitt Rahnsdorf wurde das Dargebot der Teilgebiete 50 und 51 in das Sulfatprognosemodell übernommen.

Abbildung 1-2 zeigt die Simulationsteilgebiete (STG) in einer Übersicht.

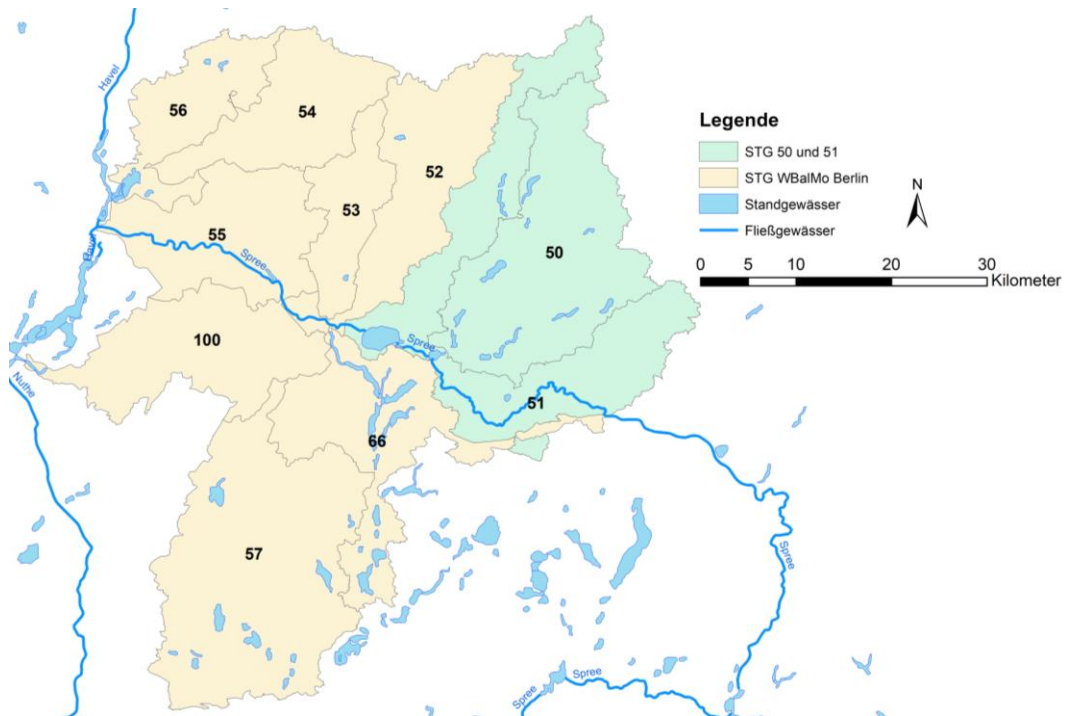


Abbildung 1-2: Simulationsteilgebiete für den Baustein WBalMo Berlin.

Die Zuordnung der Teilgebiete zu den meteorologischen Teilgebieten ist Inhalt der Tabelle 1-1.

Tabelle 1-1: Zuordnung der Simulationsteilgebiete zu den meteorologischen Teilgebieten (Met-TG) aus dem KLIWAS Projekt und aus SESIM08.

| Bezeichnung | STG-Nr. | Met.-TG KLIWAS | Met.-TG SESIM08 |
|--|---------|----------------|-----------------|
| Löcknitz u. Rüdersdorfer Gew., Quellen bis Zufluss Dämeritzsee | 50 | 18 | 103 |
| Spree, Große Tränke bis Mündung Neuenhagener Fließ | 51 | 18 | 103 |
| Neuenhagener Fließ, Spree oh. Britzer Verbindungskanal (BVK) | 52 | 18 | 103 |
| Wuhle, Quelle bis Mündung | 53 | 16 | 101 |
| Panke bis Abzweig Nordgraben | 54 | 16 | 101 |
| Spree einschl. ZG Panke und Landwehrkanal, BVK bis Pegel Sophienwerder | 55 | 17 | 102 |
| Tegeler Fließ, Quelle bis Mündung | 56 | 16 | 101 |
| Nottekanal, Quelle bis Mündung | 57 | 15 | 15 |
| Dahme, Neue Mühle bis Mdg mit OSK | 66 | 15 | 15 |
| Teltowkanal | 100 | 17 | 102 |

Die hydrografischen Flächenparameter des EGMO-D wurden in (DHI WASY, 2013) anhand der vorliegenden Geodaten für die neuen Teilgebiete ermittelt. Tabelle 1-2 fasst die hydrografischen Flächenparameter für die Simulationsgebiete zusammen. Die Flächenparameter sind als relative Flächenanteile an der Gebietsgröße dargestellt.

Tabelle 1-2: Hydrografische Flächenparameter für das NAM-EGMO.

| STG-Nr. | Bezeichnung | Fläche [km ²] | Hydrografische Flächenparameter | | |
|---------|--|---------------------------|---------------------------------|--------|--------|
| | | | AF [-] | AN [-] | AW [-] |
| 50 | Löcknitz u. Rüdersdorfer Gew., Quellen bis Zufluss Dämeritzsee | 229 | 0,835 | 0,149 | 0,016 |
| 51 | Spree, Große Tränke bis Mündung Neuenhagener Fließ | 164 | 0,936 | 0,054 | 0,010 |
| 52 | Neuenhagener Fließ, Spree oh. Britzer Verbindungskanal (BVK) | 221 | 0,953 | 0,044 | 0,003 |
| 53 | Wuhle, Quelle bis Mündung | 114 | 0,946 | 0,051 | 0,003 |
| 54 | Panke bis Abzweig Nordgraben | 157 | 0,905 | 0,094 | 0,001 |
| 55 | Spree einschl. ZG Panke und Landwehrkanal, BVK bis Pegel Sophienwerder | 45 | 0,917 | 0,081 | 0,002 |
| 56 | Tegeler Fließ, Quelle bis Mündung | 147 | 0,873 | 0,097 | 0,029 |
| 57 | Nottekanal, Quelle bis Mündung | 502 | 0,691 | 0,282 | 0,026 |
| 66 | Dahme, Neue Mühle bis Mdg mit OSK | 258 | 0,768 | 0,155 | 0,078 |
| 100 | Teltowkanal | 240 | 0,949 | 0,042 | 0,009 |

mit AF - grundwasserferne Flächen (Grundwasserflurabstand > 1 m)

AN - grundwassernahe Flächen (Grundwasserflurabstand < 1 m)

AW - Wasserflächen

Die Tabelle 1-3 gibt Auskunft zu den Kalibrierungsgebieten, auf die sich die Übersichten zur Anpassungsgüte des Kalibrierungs- und Validierungszeitraums der Modelle der Tabelle 1-4 und Tabelle 1-5 beziehen.

Das Simulationsteilgebiet 50 setzt sich aus den Einzugsgebieten der Löcknitz und des Rüdersdorfer Gewässers zusammen. Die Kalibrierung erfolgte im Zuge des Aufbaus des WBaIMo-Havel-Spree am Pegel Grünheide/ Löcknitz. Dieser Pegel bietet gegenüber dem Pegel Woltersdorf/ Rüdersdorfer Gewässers den Vorteil, dass dieser deutlich weniger durch Nutzungen beeinflusst ist. Aus diesem Grund wurde die Kalibrierung am Pegel Grünheide/ Löcknitz durchgeführt und die erhaltenen Parameter auf das gesamte Simulationsteilgebiet übertragen. Für den Einbau in das WBaIMo SPM wurde keine Neukalibrierungen für Simulationsteilgebiete vorgenommen.

Eine ausführliche Dokumentation über die Güte der Modelle kann dem KLIWAS Bericht (DHI WASY, 2013) entnommen werden.

Tabelle 1-3: Kalibrierungsgebiete der Simulationsteilgebiete.

| STG-Nr. | Beschreibung | Fläche [km²] |
|---------|--|--------------|
| 50 | Löcknitz, Quelle bis Pegel Grünheide | 170 |
| 51 | Fredersdorfer Fließ, Quelle bis Pegel Fredersdorf | 116 |
| 52 | Neuenhagener Fließ, Quelle bis Pegel Dahlitz-Hoppegarten | 186 |
| 53 | Wuhle, Quelle bis Mündung | 114 |
| 54 | Panke, Quelle bis Pegel Röntgental | 37 |
| 55 | ZG Panke uh. des Verteilerwehres bis Mündung | 45 |
| 56 | Tegeler Fließ, Quelle bis Pegel St. Josef-Steg | 121 |
| 57 | Nottekanal, Quelle bis Pegel Mittenwalde OP | 246 |

Tabelle 1-4: Anpassungsgüte (NSE - Nash-Sutcliffe-Effizienz) der Modelle im Kalibrierungs- und Validierungszeitraum.

| STG-Nr. | Zeitraum | | NSE [-] | |
|---------|--------------|-------------|--------------|-------------|
| | Kalibrierung | Validierung | Kalibrierung | Validierung |
| 50 | 1992-2001 | 2002-2006 | 0,66 | 0,51 |
| 51 | 1992-2001 | 2002-2006 | 0,42 | 0,69 |
| 52 | 1974-1994 | 1999-2006 | 0,56 | 0,47 |
| 53 | 1951-1980 | 1981-1996 | 0,46 | 0,52 |
| 54 | 1954-1982 | 1983-1996 | 0,63 | 0,78 |
| 55 | 1951-1980 | 1981-1996 | 0,63 | 0,70 |
| 56 | 1989-2000 | 2001-2006 | 0,67 | 0,24 |
| 57 | 1977-1996 | 1997-2006 | 0,62 | 0,62 |

Als quantitatives Gütemaß wurde die Nash-Sutcliffe-Effizienz NSE nach (Nash, 1970) verwendet. Nach (Uhl, 2008) ist eine Prognose dann brauchbar (ausreichend), wenn der NSE mindestens 0,25 beträgt. Prognosen mit einem $NSE \geq 0,5$ können als befriedigend und Prognosen mit einem $NSE \geq 0,8$ als gut bezeichnet werden.

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{gem,i} - Q_{ber,i})^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{gem,i} - \overline{Q_{gem}})^2}$$

Tabelle 1-5: Vergleich der mittleren Jahresabflüsse [m³/s] (beobachtet, simuliert).

| STG-Nr. | Kalibrierung | | Validierung | |
|---------|--------------|-----------|-------------|-----------|
| | beobachtet | simuliert | beobachtet | simuliert |
| 50 | 0,641 | 0,637 | 0,613 | 0,661 |
| 51 | 0,204 | 0,167 | 0,139 | 0,147 |
| 52 | 0,417 | 0,403 | 0,297 | 0,317 |
| 53 | 0,514 | 0,506 | 0,549 | 0,523 |
| 54 | 0,121 | 0,116 | 0,112 | 0,109 |
| 55 | 0,138 | 0,131 | 0,142 | 0,128 |
| 56 | 0,327 | 0,357 | 0,381 | 0,398 |
| 57 | 1,11 | 1,09 | 0,895 | 0,959 |

Mit den oben gezeigten Randbedingungen wurde für das WBalMo SPM das Dargebot auf Basis von SESIM08 für die Simulationsteilgebiete für den Baustein WBalMo Berlin neu berechnet.

Die Abbildung 1-3 zeigt die Varianz des Abflusses aus dem STG 50 im Vergleich zum bisher im Sulfatprognosemodell berücksichtigten Ansatz, bei dem ein konstanter Zufluss von 1,49 m³/s angesetzt wurde. Im Gegensatz dazu ist mit dem Ansatz aus dem WBalMo Berlin nun eine deutliche Varianz vorhanden, die nicht nur innerhalb des Jahres variiert, sondern auch zwischen Jahren. Somit ist es nun möglich den Zufluss aus dem Zwischengebiet zwischen Große Tränke UP und Zufluss Müggelsee genauer nachzubilden.

Das Dargebot auf Basis der Meteorologie von SESIM08 (DHI-WASY, 2010) wurde mit dem Dargebot auf Basis von HYRAS aus (DHI WASY, 2013) verglichen. Dabei wurden die monatlichen Mittelwerte über alle Realisierungen berechnet. In Abbildung 1-4 ist das Dargebot aus dem STG 50 beispielhaft dargestellt.

Man erkennt, dass auf Basis der beiden meteorologischen Datensätze ähnliche Dargebote erzielt werden. Es ist aber auffällig, dass mit SESIM08 tendenziell höhere Durchflüsse berechnet werden. Das ist bei allen STGs zu beobachten. Im Mittel fällt das Dargebot auf Basis von SESIM08 um ca. 15 % höher aus, als auf Basis der HYRAS Datensätze.

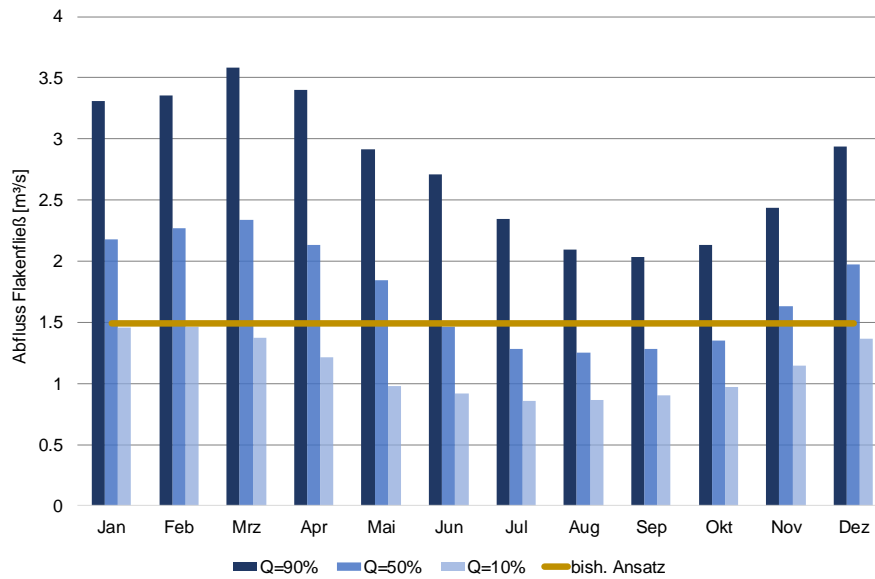


Abbildung 1-3: Vergleich des Abflusses Flakenfließ (STG 50) zwischen dem bisher verwendeten Ansatz und dem Ansatz aus dem WBalMo Berlin.

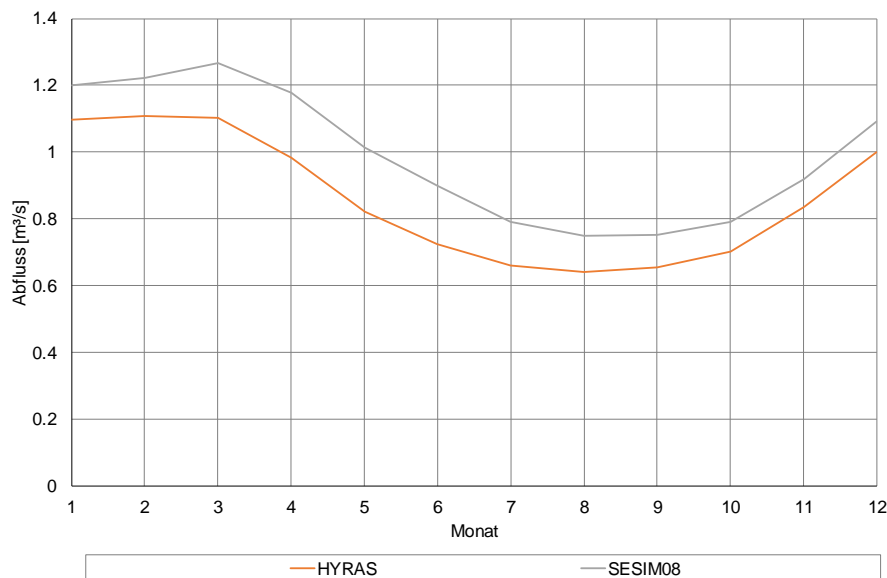


Abbildung 1-4: Vergleich des mittleren Dargebotes des Simulationsteilgebietes 50 auf Basis des HYRAS-Datensatzes bzw. des SESIM08-Datensatzes.

Der Vergleich der Monatsmittelwerte des Niederschlags (Abbildung 1-5) und der potentiellen Verdunstung (Abbildung 1-6) zeigt, dass diese Unterschiede auf die zugrunde liegende Meteorologie zurückzuführen sind.

Beim Niederschlag sind nur sehr geringe Unterschiede vorhanden. Beide Datensätze zeigen einen ähnlichen Jahresgang, wobei die Unterschiede zu vernachlässigen sind.

Bei der potentiellen Verdunstung sind dagegen Unterschiede zu erkennen. Während in den Wintermonaten praktisch gleiche Verdunstungshöhen ausgewiesen werden, zeigen sich in den Sommermonaten deutliche Unterschiede.

Beispielsweise werden in den Monaten Juni und Juli jeweils etwa 15 mm höhere Verdunstungswerte bei den HYRAS Daten angegeben. Das führt bei den Niederschlag-Abfluss-Simulationen dazu, dass die oben gezeigten Dargebotsunterschiede entstehen.

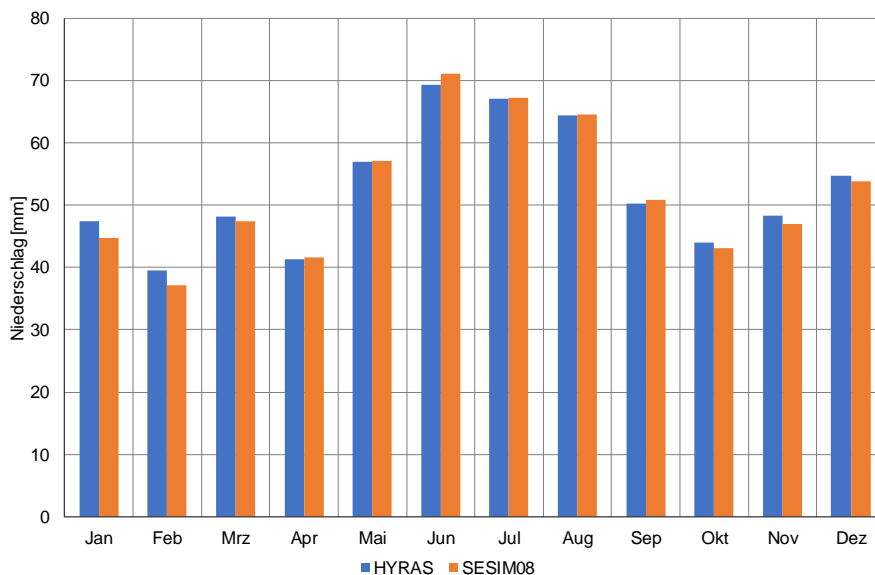


Abbildung 1-5: Vergleich der Monatsmittelwerte des Niederschlags über alle Realisierungen des meteorologischen Teilgebietes 103 (HYRAS - 18) auf Basis des HYRAS-Datensatzes bzw. des SESIM08-Datensatzes.

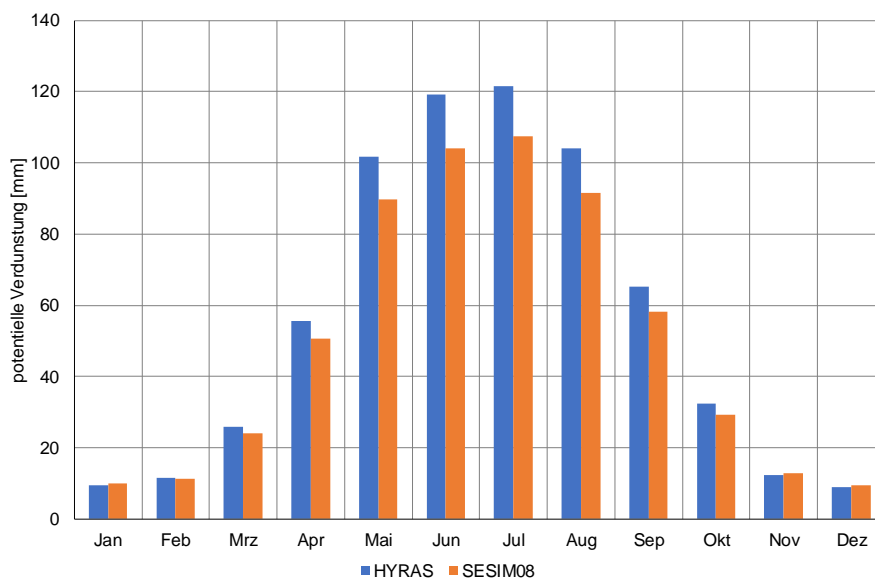


Abbildung 1-6: Vergleich der Monatsmittelwerte der potentiellen Verdunstung über alle Realisierungen des meteorologischen Teilgebietes 103 (HYRAS - 18) auf Basis des HYRAS-Datensatzes bzw. des SESIM08-Datensatzes.

1.1.2.3 Bewirtschaftung – WBaIMo Berlin

Das Sulfatprognosemodell wurde neben den Simulationsteilgebieten (STG) um folgende Teile aus dem WBaIMo Berlin erweitert:

- Fließgewässer,
- Bilanzprofile,
- Nutzer,
- DYN-Elemente.

Abbildung 1-7 zeigt einen Ausschnitt aus der Modellskizze des erweiterten Sulfatprognosemodells mit den neu integrierten Modellbausteinen zwischen Große Tränke UP/Spree und Querschnitt Rahnsdorf/ Zufluss Müggelsee. Im Folgenden werden die aus dem WBaIMo Berlin übernommenen Fließgewässer, Bilanzprofile, Nutzer und DYN-Elemente beschrieben.

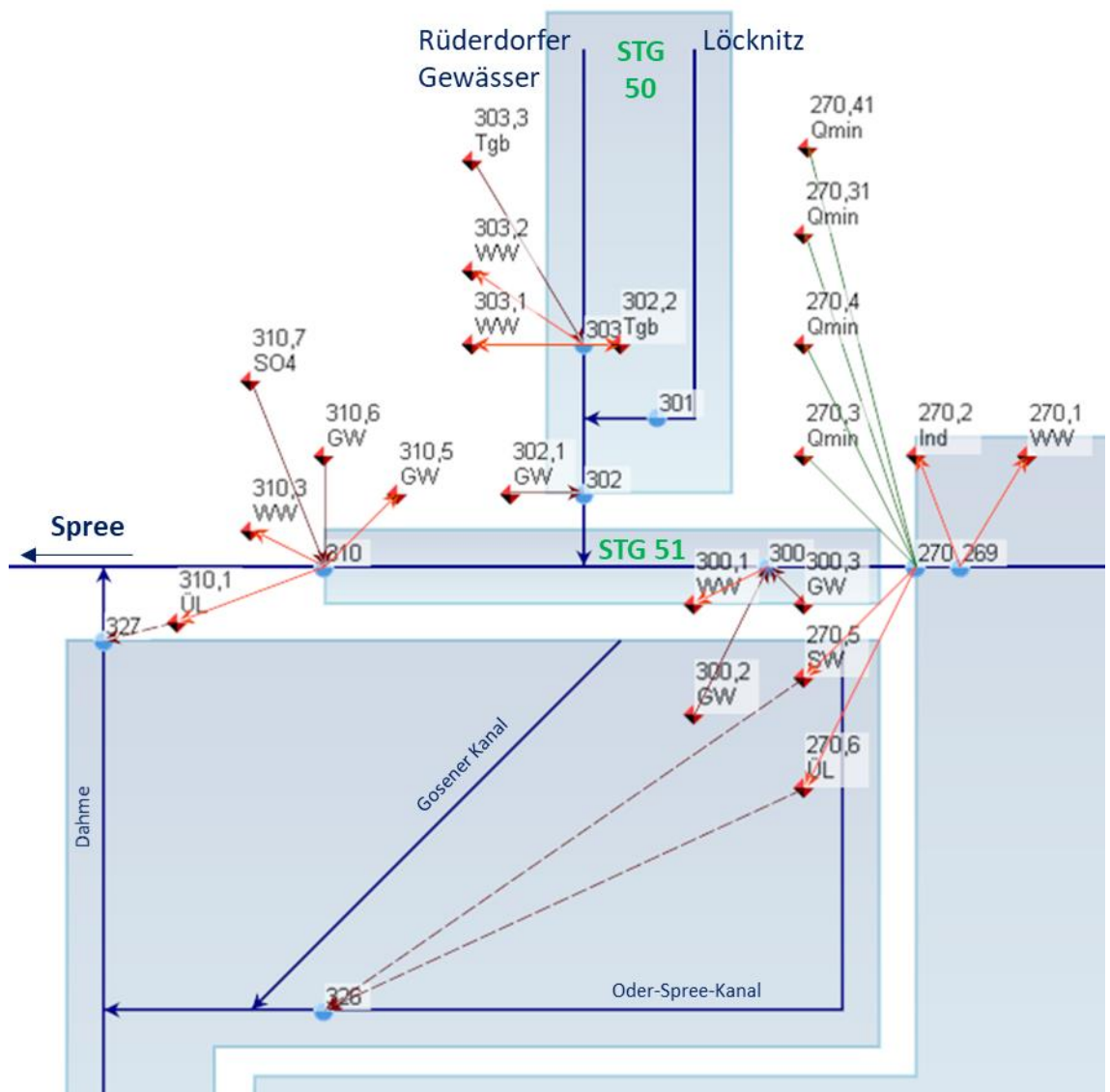


Abbildung 1-7: Ausschnitt aus der Modellskizze des erweiterten Sulfatprognosemodells mit den neu integrierten Modellbausteinen zwischen Große Tränke UP/Spree und Querschnitt Rahnsdorf/ Zufluss Müggelsee (Simulationsteilgebiete STG, Fließgewässer, Bilanzprofile und Nutzer).

Fließgewässer und Bilanzprofile

Die Überarbeitung des WBalMo SPM erfolgte ab Pegel Große Tränke UP/Spree (Bilanzprofil 270) bis zum Querschnitt Rahnsdorf (ehemals Bilanzprofil 271) bzw. der neuen Bezeichnung mit Bilanzprofil 310/ Zufluss Müggelsee (oh. Fredersdorfer Fließ).

Das Simulationsteilgebiet 51 schließt das Fredersdorfer Mühlenfließ und den Müggelsee ein. Da das WBalMo SPM aber nur bis zum Querschnitt Rahnsdorf/Zufluss Müggelsee erweitert wurde, musste eine Anpassung bei der Übernahme des Dargebots vorgenommen werden. Das erfolgte derart, dass über die vorhandenen Bilanzprofile (Orte der Übernahme des Dargebots in das Gewässer) nur die bis zum Zufluss Müggelsee notwendigen Anteile am Dargebot über die Bilanzprofilanteile berücksichtigt werden.

Es wurden die Flüsse Rüdersdorfer Gewässer und Löcknitz in das WBalMo SPM integriert und die Bilanzprofile 301, 302 und 303 neu zugeordnet.

Zudem wurde das Bilanzprofil 300/ Spree oberhalb Dämeritzsee aus dem WBalMo Berlin übernommen.

Das Bilanzprofil 327/ Dahme oh. Mündung in die Spree wurde für die Ableitung Gosener Kanal (Überleitung 301.1) definiert.

Die Tabelle 1-6 enthält eine Übersicht zu den integrierten Bilanzprofilen im Berlin-Abschnitt.

Tabelle 1-6: Übersicht der integrierten Bilanzprofile im Berlin-Abschnitt.

| Kennzahl | Name |
|----------|--|
| 300.0 | Spree oh. Dämeritzsee |
| 301.0 | Löcknitz oh. Mündung in Flakensee |
| 302.0 | Flakenfließ oh. Dämeritzsee |
| 303.0 | Rüdersdorfer Gewässer, Auslauf Kalksee |
| 310.0 | Spree, Zufluss Müggelsee (oh. Fredersdorfer Fließ) |
| 327.0 | Dahme oh. Mündung in die Spree |

Nutzer

Die Tabelle 1-7 enthält eine Übersicht zu den integrierten Nutzern im Berlin-Abschnitt.

Tabelle 1-7: Übersicht der integrierten Nutzer im Berlin-Abschnitt.

| Kennzahl | Name | Art der Nutzung |
|----------|--|-------------------------|
| 300.1 | WW Erkner, WF Neu-Zittau u. Hohenbinder Str. | Entnahme |
| 300.2 | GW-Einfluss Kalksee bis Dämeritzsee | Einleitung |
| 300.3 | GW-Einfluss Müggelspree | Einleitung |
| 302.1 | GW-Einfluss Rüdersdf Gewässer | Einleitung |
| 302.2 | Erdgasspeicher Rüdersdorf | Entnahme |
| 303.1 | WW Strausberg, gesamt | Entnahme |
| 303.2 | WW Eggersdorf, gesamt | Entnahme |
| 303.3 | Tgb Einleitung Rüdersdorfer Gewässer | Einleitung |
| 310.1 | Ableitung Gosener Kanal, DYN 31 | Überleitung |
| 310.3 | WW Erkner, Nordfassung | Entnahme |
| 310.5 | GW-Einfluss Fredersdorfer Fließ | Entnahme und Einleitung |
| 310.6 | GW-Einfluss Spree oh Fredersdorfer Fließ | Einleitung |

Die Nutzer 300.1 (Wasserwerk Erkner, WF Neu-Zittau u. Hohenbinder Str.) sowie 300.2 und 300.3 (Grundwassereinfluss) wurden dem Bilanzprofil 300 zugeordnet. Für das Wasserwerk wurden die Monatswerte der Entnahmeforderung unterteilt in die 1. Periode 2007 bis 2012 sowie alle weiteren Perioden ab 2012 übernommen.

Der Grundwassereinfluss am Rüdersdorfer Gewässer wurde dem Bilanzprofil 302 zugewiesen.

Am Bilanzprofil 303 wurden die Nutzer 303.1, 303.2, 303.3 und 302.2 aus dem WBalMo Berlin in das WBalMo SPM überführt. Dabei wurden für die Wasserwerke Strausberg (303.1) und Eggersdorf (303.2) jeweils Monatswerte der Entnahmeforderungen, identisch für alle Perioden, in das WBalMo SPM integriert. Der Nutzer 302.2 wurde für die Entnahme des Erdgasspeichers Rüdersdorf definiert. Der Nutzer 303.3 beschreibt die Tagebau-Rückleitung in das Rüdersdorfer Gewässer.

Für das Bilanzprofil 310/ Zufluss Müggelsee wurden die Nutzer 310.1 (Ableitung Gosener Kanal), 310.3 (WW Erkner, Nordfassung), 310.5 und 310.6 (Grundwassereinfluss Fredersdorfer Fließ bzw. oberhalb) sowie 310.7 (Sulfatfracht Kalksee Rüdersdorf) zugewiesen. Für das Wasserwerk wurden die Monatswerte der Entnahmeforderung unterteilt in die 1. Periode 2007 bis 2012 sowie alle weiteren Perioden ab 2012 übernommen.

Insgesamt wurden 13 Nutzer aus dem WBalMo Berlin in das WBalMo SPM integriert.

DYN-Elemente

Des Weiteren wurden DYN-Elemente aus dem WBalMo Berlin in das WBalMo SPM integriert. Da das WBalMo Berlin auf der älteren WBalMo-Variante 2.0 aufgesetzt ist, sind dabei einige Anpassungen durchzuführen, um die Kompatibilität mit dem WBalMo SPM, welches mit der WBalMo-Variante 4.0 erstellt wurde, sicherzustellen. Die für die Erweiterung des WBalMo SPM bis zum Querschnitt Rahnsdorf/ Zufluss Müggelsee relevanten DYN-Elemente sind in der Tabelle 1-8 aufgeführt.

Tabelle 1-8: Übersicht der integrierten DYN-Elemente im Berlin-Abschnitt.

| WBalMo_v2_Berlin | | WBalMo SPM | | |
|---|-------|--|-------|--------------------------------|
| Bezeichnung | Rang | Bezeichnung | Rang | Status |
| 26_Berechnung_OSK-Havel_890 | 890 | dyn0712_0000_00_dyn026_U ELDahmeWrnsd | 712 | vorhanden, keine Änderungen |
| 31_Durchflussaufteilung_Dämeritz zsee_814.9 | 814.9 | dyn0814_9000_00_dyn031_D aemeritzsee | 814.9 | neu |
| 33_Korrektur_Berliner_Abflüsse_ um_unterirdische_Komponenten_ 801 | 801 | dyn0010_0000_04_dyn001_2 _DargbtSTG | 10 | integriert |

Sowohl im WBalMo Berlin als auch im WBalMo SPM ist die Berechnung der Ableitung von Spreewasser durch den Oder-Spree-Kanal (OSK) zur Dahme über Wernsdorf berücksichtigt. Die Ansätze unterscheiden sich dabei nicht, somit wird das entsprechende DYN-Element im WBalMo SPM (*dyn0712_0000_00_dyn026_UELDahmeWrnsd.for*) für die weitere Untersuchung beibehalten. Als Schleusungs- und Spaltwasser an der Schleuse Wernsdorf werden 1,5 m³/s zugrunde gelegt. Darüber hinaus erfolgt eine zusätzliche Überleitung ab einem Durchfluss größer als 15 m³/s am Pegel Große Tränke OP nach einer Treppenfunktion, deren ungefähren Verlauf Abbildung 1-8 zeigt.

Die Berechnung der Ableitung des Gosener Kanals erfolgt über den Nutzer mit der Kennzahl 310.1 und wird zusätzlich über ein DYN-Element gesteuert. Dieses berücksichtigt die Durchflussaufteilung im Dämeritzsee. Dabei werden 70 % des Durchflusses übergeleitet und 30 % verbleiben in der Spree als Zufluss zum Müggelsee. Das zugehörige DYN-Element aus dem WBalMo Berlin wurde in das WBalMo SPM übernommen und entsprechend der WBalMo 4.0-Nomenklatur angepasst.

Für die folgenden Abflüsse bzw. Nutzer im Berlin-Abschnitt erfolgte eine Korrektur um die Zuflüsse aus den unterirdischen Teileinzugsgebieten:

- Grundwassereinfluss Kalksee bis Dämeritzsee (300.2)
- Grundwassereinfluss Müggelspree (300.3)
- Grundwassereinfluss Rüdersdorfer Gewässer (302.1)
- Grundwassereinfluss Fredersdorfer Fließ (310.5)
- Grundwassereinfluss Spree oh Fredersdorfer Fließ (310.6)

Die Vorgehensweise aus dem WBalMo Berlin wird dabei beibehalten, die Abflusskorrektur wird im WBalMo SPM im DYN *dyn0010_0000_04_dyn001_2_DargbtSTG.for* entsprechend integriert.

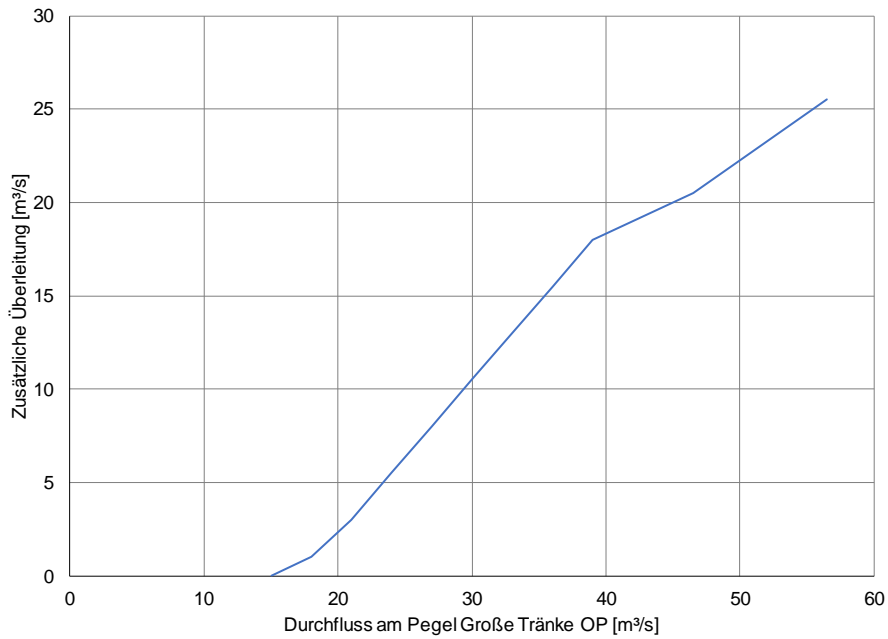


Abbildung 1-8: Zusätzliche Überleitung von Spreewasser zur Dahme bei Wernsdorf in Abhängigkeit des Durchflusses am Pegel Große Tränke OP.

1.1.2.4 Sulfatprognose

Für die Berechnung der Frachtbilanzen ist eine detailliertere Darstellung der Gewässerstruktur zwischen Große Tränke UP und Rahnsdorf (Spree) erforderlich (Abbildung 1-9).

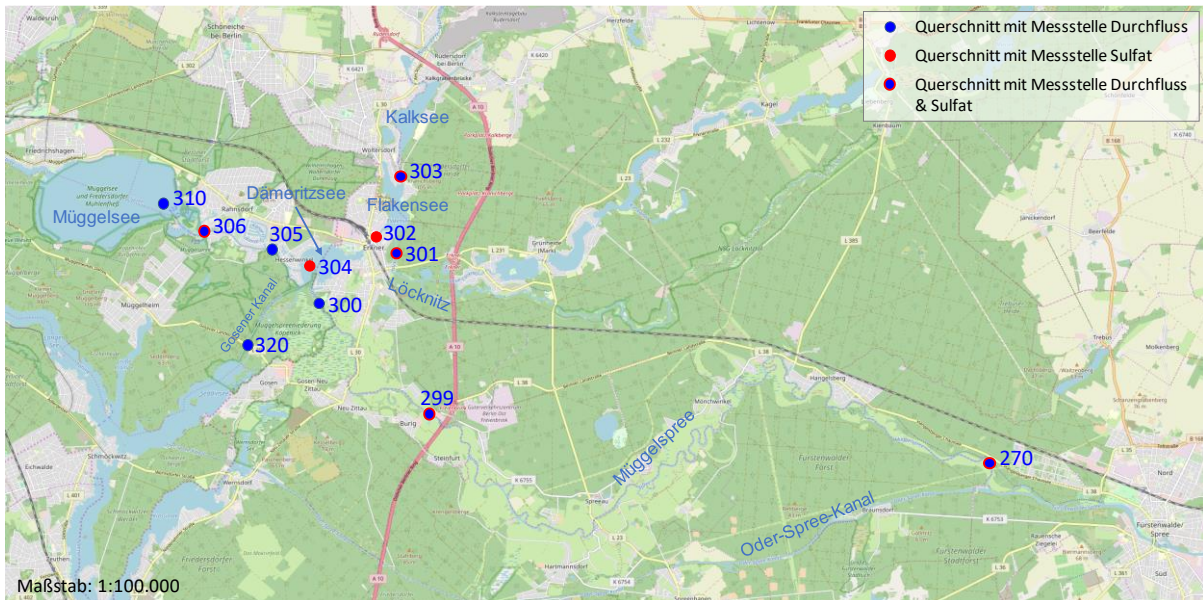


Abbildung 1-9: Gewässerstruktur im Bereich des Berlin-Bausteins (Karte: © OpenStreetMap-Mitwirkende).

Im Einzelnen erfüllen die zusätzlichen Bilanzprofile folgende Aufgaben bei der Sulfatprognose:

- BP 299: Oberhalb des Zuflusses zum Dämeritzsee (BP 300) wird eine weiteres Bilanzprofil eingefügt, um den Frachtentzug des WW Erkner, WF Neu-Zittau u. Hohenbinder Str., zu berechnen.
- BP 304: Für die Ermittlung der Sulfatkonzentration im Dämeritzsee als Mischkonzentration aus Spree- und Löcknitzzufluss wird das BP 304 verwendet.
- BP 305: Für die Ermittlung des Frachtentzugs durch den Gosener Kanal wird das BP 305 ergänzt, das den Abfluss in die Spree darstellt.
- BP 306 dient der Ermittlung der Sulfatverdünnung durch den unterirdischen Zustrom zur Spree.

Die folgenden Tabelle 1-6 und die Abbildung 1-10 fassen die dargestellten Änderungen zusammen.

Tabelle 1-9: Übersicht der Bilanzprofile im Berlin-Abschnitt für die Sulfatprognose.

| Kennzahl | Name |
|----------|---|
| 299.0 | obh. Dämeritzsee und WW-Entnahme |
| 304.0 | Ablauf Dämeritzsee vor der Mdg in den Gosener Kanal & Spree |
| 305.0 | Ablauf Dämeritzsee in die Spree uh. Gosener Kanal |
| 306.0 | Zufluss Müggelsee obh. GW-Einfluss Fredersdorfer Fließ |

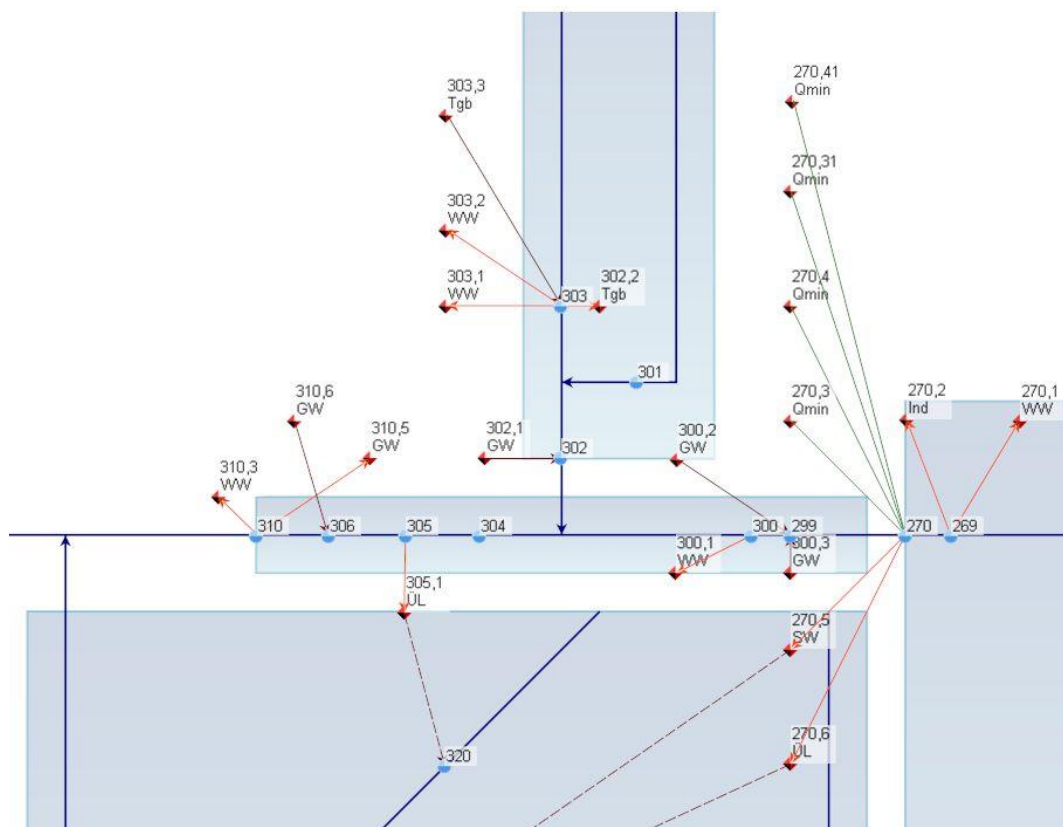


Abbildung 1-10: Ausschnitt aus der Modellskizze des erweiterten Sulfatprognosemodells.

Die Erweiterungen des WBalMo SPM umfassen neben den Strukturänderungen auch eine entsprechende Zuordnung der Sulfatkonzentrationen. Analog zu den Untersuchungen von (DHI WASY, 2017a) wird für den Zufluss vom Flakenfließ in den Dämeritzsee eine mittlere Sulfatkonzentration von 210 mg/L angesetzt (s. Tabelle 1-10). Die folgenden Abbildungen sind dem Abschlussbericht (DHI WASY, 2017a) entnommen, für nähere Erläuterungen zum Vorgehen sei an dieser Stelle auf den Bericht verwiesen.

Aus Abbildung 1-11, in der der Gesamtabfluss des Flakenfließes und die gemessene Sulfatkonzentration an der Messstelle FLAFL_0010 gegenübergestellt sind, geht hervor, dass keine enge Beziehung zwischen beiden Größen ableitbar ist. Das Bestimmtheitsmaß R^2 ist für verschiedene betrachtete Zeitreihen mit 0,09 bzw. 0,20 sehr gering.

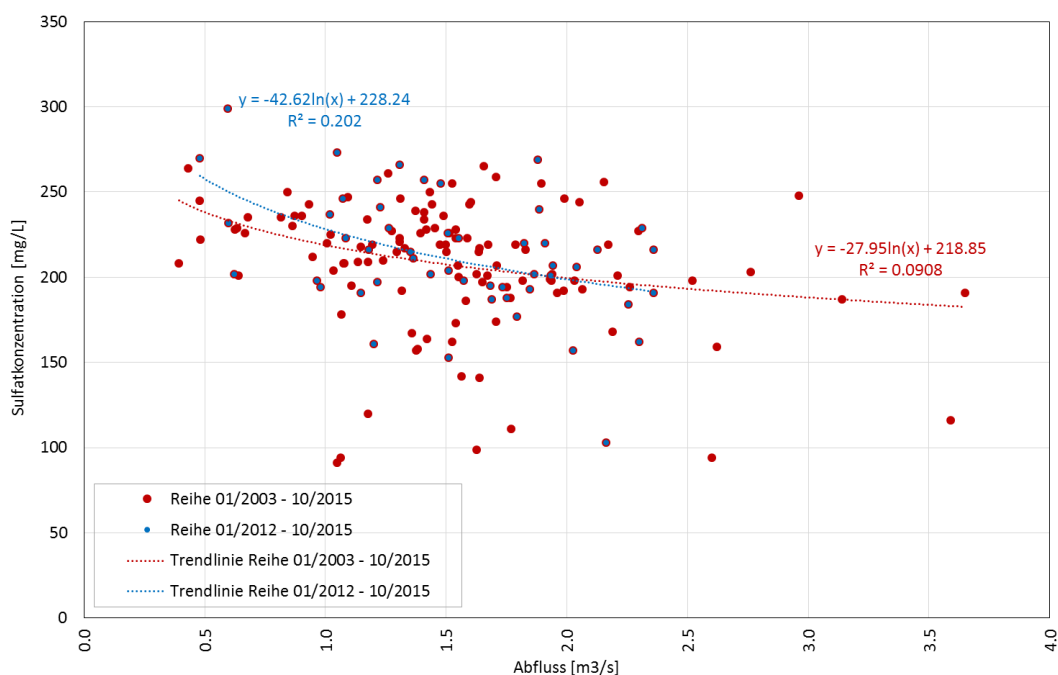


Abbildung 1-11: Beziehungen zwischen c und Q am EQ Flakenfließ vor Mündung in den Dämeritzsee (Mündung in die Spree), (DHI WASY, 2017a).

Setzt man deshalb eine konstante Sulfatkonzentration von 210 mg/L an, ergibt sich aus der Gegenüberstellung von auf dieser Grundlage berechneter Sulfatfracht mit der aus Messdaten (Gesamtabfluss Flakenfließ * Sulfatkonzentration FLAFL_0010) berechneten Sulfatfracht, vgl. Abbildung 1-12, eine gute zeitliche und frachtbezogene Übereinstimmung. Der Gesamtabfluss im Flakenfließ ergibt sich dabei aus der Summe der Abflüsse der Löcknitz (Pegel Grünheide) und dem Rüdersdorfer Gewässer (Pegel Woltersdorf).

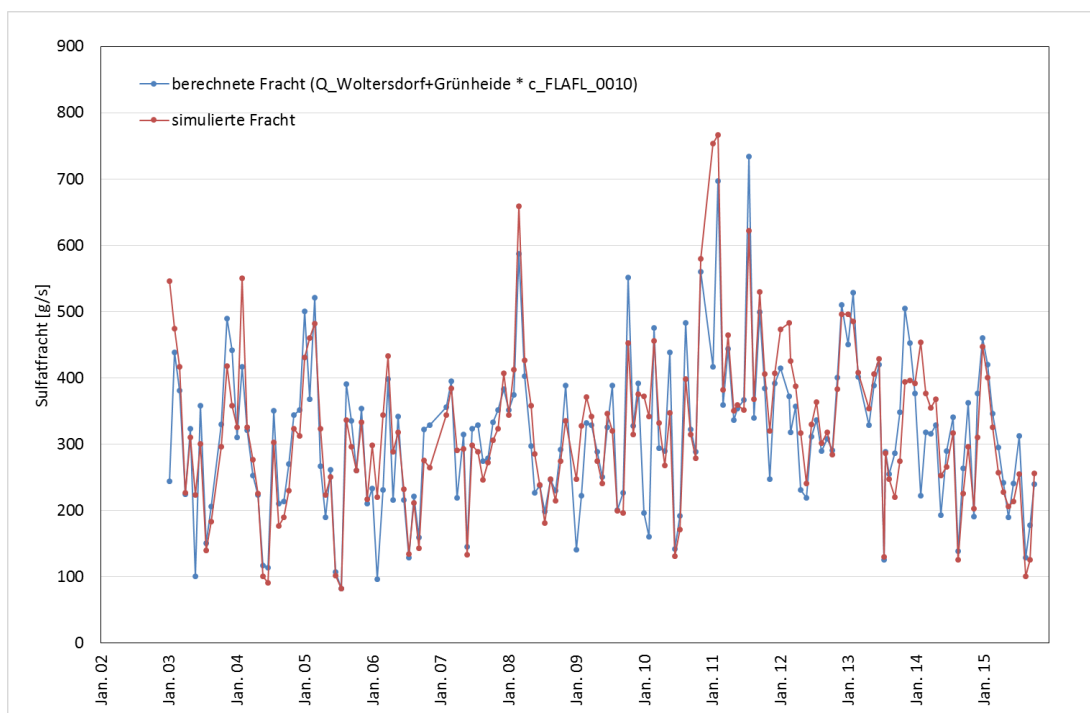


Abbildung 1-12: Vergleich berechnete und simulierte Sulfatfracht am EQ Flakenfließ vor Mündung in den Dämeritzsee (Mündung in die Spree), (DHI WASY, 2017a).

Die Annahmen zu den Sulfatkonzentrationen und Volumenströmen im Berlin-Baustein zwischen Große Tränke UP und Rahnsdorf sind in Tabelle 1-10 zusammengefasst.

Tabelle 1-10: Sulfatkonzentrationen und Volumenströme im Berlin-Baustein zwischen Große Tränke UP und Rahnsdorf (NA: entsprechend Niederschlags-Abfluss-Simulation, WB: simulierter Volumenstrom im WBalMo).

| Beschreibung | Sulfatkonzentrationen [mg/L] | | | Volumenströme [m³/s] | | |
|---|------------------------------|-----------|-----------|----------------------|-----------|-----------|
| | 2018-2022 | 2023-2027 | 2028-2032 | 2018-2022 | 2023-2027 | 2028-2032 |
| Natürlicher Hintergrund von Große Tränke bis Zufluss Dämeritzsee | 70 | 70 | 70 | NA | NA | NA |
| Diffuser Eintrag bis Dämeritzsee: Grundwassereinfluss Kalksee | 70 | 70 | 70 | WB | WB | WB |
| Diffuser Eintrag bis Dämeritzsee: Grundwassereinfluss Müggelspree | 70 | 70 | 70 | WB | WB | WB |
| Zufluss vom Flakenfließ in Dämeritzsee | 210 | 210 | 210 | NA | NA | NA |
| Grundwassereinfluss Spree oh Fredersdorfer Fließ | 100 | 100 | 100 | WB | WB | WB |
| Natürlicher Hintergrund von Dämeritzsee bis Rahnsdorf | 100 | 100 | 100 | NA | NA | NA |

1.1.3 Prüfung der Modellanpassungen durch Vergleich gemessener und berechneter Sulfatkonzentrationen für den Querschnitt Rahnsdorf

1.1.3.1 Grundlagen und Methodik

Im Folgenden soll geprüft werden, ob die im WBalMo SPM verwendeten Ansätze für die Durchflüsse und Sulfateinträge im Oberflächen- und Grundwasserzustrom im Bereich der unteren Spree vom Querschnitt Große Tränke UP bis zum Querschnitt Rahnsdorf (Zufluss Müggelsee) plausibel sind.

Die im Zuge der Erweiterung des WBalMo SPM um den Berlin-Baustein vorgenommenen Anpassungen für die Sulfatprognose wurden bereits im Abschnitt 1.1.2.4 näher erläutert. Die Annahmen bilden dabei die Grundlage für die nachfolgenden Untersuchungen.

Um den Ansatz der Sulfatprognose im WBalMo SPM für Rahnsdorf zu plausibilisieren, sollen die Modellannahmen „händisch“ nachgeführt werden, wobei gemessene Durchflüsse und Sulfatkonzentrationen von 2003 bis 2018 (16 Jahre) herangezogen werden. Die verfügbaren Messdaten sind in Abschnitt 1.1.3.2 zusammengefasst. Entsprechend Abbildung 1-9 werden bei der Nachführung folgende Querschnitte betrachtet:

- Spree, Pegel Große Tränke UP (BP 270)
- Spree, obh. Dämeritzsee und WW-Entnahme (BP 299)
- **Spree obh. Dämeritzsee (BP 300)**
- Löcknitz, obh. Mündung in Flakensee (BP 301)
- Rüdersdorfer Gewässer, Auslauf Kalksee (BP 303)
- **Flakenfließ, obh. Dämeritzsee (BP 302)**
- Ablauf Dämeritzsee vor Mdg. in den Gosener Kanal & Spree (BP 304)
- Abzweig aus dem Dämeritzsee, Gosener Kanal (BP 320)
- **Ablauf Dämeritzsee in die Spree uh. Gosener Kanal (BP 305)**
- **Spree, Fähre Rahnsdorf (BP 306)**

Die Idee ist, die Durchflüsse und Sulfatkonzentrationen an den Querschnitten „händisch“ zu berechnen indem die im WBalMo SPM angesetzten Randbedingungen (z. B. GW-Einfluss, Sulfatkonzentration, usw.) angenommen werden. Die Annahmen für die Berechnung werden im Abschnitt 1.1.3.4 beschrieben. Als initiale Werte dienen der gemessene Durchfluss am Pegel Große Tränke UP sowie die gemessene Sulfatkonzentration in der Spree unterhalb Fürstenwaldes.

An den in der oben aufgeführten Liste **fett** markierten Querschnitten werden die berechneten Ergebnisse schließlich mit Messdaten verglichen. Die Bewertung der Anpassung zwischen gemessenen und berechneten Durchflüssen und Sulfatkonzentrationen erfolgt zum einen visuell, wobei die Messwerte und berechneten Werte im Diagramm aufgetragen werden. Zum anderen werden verschiedene Gütekriterien für die Bewertung der Abweichungen der Sulfatkonzentrationen herangezogen, welche im Abschnitt 0 vorgestellt werden. Zusätzliche Informationen liefern die statistischen Kenngrößen Minimum, Maximum, Mittelwert und Spannweite der gemessenen und berechneten Sulfatkonzentrationen.

1.1.3.2 Übersicht der verfügbaren Messdaten

Tabelle 1-11 gibt einen Überblick über die im Berlin-Baustein verfügbaren Messdaten für Durchflüsse und Sulfatkonzentrationen. Der Großteil der Daten ist dabei von 2003 bis 2018 verfügbar. Die Durchflüsse sind als Tagesmittelwerte vorhanden, die Sulfatkonzentrationen liegen als Stichtagsmessungen (i. d. R. ein Messwert pro Monat) vor. Die den Messwerten zugeordneten Querschnitte (bzw. Bilanzprofile BP) können ebenfalls der Tabelle entnommen werden.

Die Lage der Bilanzprofile sowie die dafür verfügbaren Messdaten (Durchfluss, Sulfatkonzentration oder beides) sind im Abschnitt 1.1.2.4 in Abbildung 1-9 dargestellt.

Die gemessenen Durchflüsse bilden zunächst die Grundlage für die Berechnung der Sulfatkonzentrationen. Mit Hilfe der gemessenen Sulfatkonzentrationen können die Modellansätze zur Berechnung der Sulfatkonzentration schließlich überprüft werden.

Tabelle 1-11: Übersicht der verfügbaren Messdaten für Durchflüsse und Sulfatkonzentrationen im Berlin-Baustein (Vergleich Abbildung 1-9).

| Gewässer, Querschnitt im SPM | Durchfluss | | Sulfatkonzentration | |
|--|--------------------------|--------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|
| | Bezeichnung Messdaten | Messstellen-Nr. (Betreiber) | Bezeichnung Messdaten | Messstellen-Nr. (Betreiber) |
| Spree, Pegel Große Tränke UP (BP 270) | Große Tränke Wehr UP | 582670 (WSA) | Spree, uh. Fürstenwalde | SP_0190 (LfU) |
| Oder-Spree-Kanal (OSK), Schleuse Wernsdorf (BP 326) | Wernsdorf OP | 585920 (WSA) | - | - |
| Spree, obh. Dämeritzsee und WW-Entnahme (BP 299) | Hohenbinde | 582700 (LfU) | Spree, bei Neuzittau | SP_0210 (LfU) |
| Löcknitz, obh. Mündung in Flakensee (BP 301) | Pegel Grünheide 2 | 58601.1 (LfU) | Löcknitz, v. Flakensee | LÖ_0010 (LfU) |
| Flakenfließ, obh. Dämeritzsee (BP 302) | - | - | Flakenfließ, v. Dämeritzsee | FLAFL_0010 (LfU) |
| Rüdersdorfer Gewässer, Auslauf Kalksee (BP 303) | Pegel Woltersdorf OP | 586040 (WSA) | RüG, Schleuse Woltersdorf | RÜG_0010 (LfU) |
| Spree, Ablauf Dämeritzsee vor Mdg. in den Gosener Kanal & Spree (BP 304) | - | - | Dämeritzsee | 105 (SenUVK) |
| Gosener Kanal (GoK), Abzweig aus dem Dämeritzsee, (BP 320) | Neue Fahlenbergbrücke | 5826701 (SenUVK) | - | - |
| Spree, Fähre Rahnsdorf (BP 306) | Fähre Rahnsdorf | 5827101 (SenUVK) | Fähre Rahnsdorf | 110 (SenUVK) |

1.1.3.3 Gütekriterien

Die Literatur hält eine Vielzahl an Gütekriterien für die Bewertung der Anpassung zwischen gemessenen und berechneten (oder simulierten) Ergebnissen bereit. Für die Plausibilisierung in Rahnsdorf werden folgende Gütekriterien verwendet:

- Mittlerer Fehler ME
- Wurzel der Mittlere Quadratische Abweichung RMSE
- Nash-Sutcliffe-Effizienz NSE
- Korrelationskoeffizient R

Die sehr häufig verwendeten Gütekriterien RMSE und NSE, welche auf der Berechnung der Summe der kleinsten quadratischen Abweichungen basieren, haben den Nachteil, dass größere Werte stärker gewichtet werden als kleinere. Dies zeigt sich beispielsweise bei Abflusswerten, wo bei hohen Abflüssen häufiger größere Differenzen zwischen den Vorhersagen und Simulationen festgestellt werden. Dies sollte bei der Betrachtung mit vom Abfluss bestimmten Größen wie der Stofffracht im Hinterkopf behalten werden, wobei diese Gütekriterien möglicherweise weniger geeignet sind.

Um zusätzliche Informationen der Anpassungsgüte zu erhalten, werden weitere Gütekriterien wie der ME und R berechnet, um eine Gewichtung auf Extremwerte möglichst zu vermeiden.

Mittlerer Fehler ME

Beim mittleren Fehler ME, auch als systematischer Fehler (Bias) bezeichnet, wird die Differenz des mittleren simulierten Outputs \hat{x} und des mittleren beobachteten Outputs x wie folgt gebildet:

$$ME = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\hat{x}_i - x_i) = \mu_{\hat{x}} - \mu_x$$

mit x_i i-ter beobachteter Output
 \hat{x}_i i-ter simulierter oder berechneter Output
 n Anzahl der Beobachtungen

Ist der mittlere Fehler positiv, so überschätzen die Simulationen die Beobachtungen im Mittel. Umgekehrt zeigt ein negativer ME, dass die Simulationen im Mittel zu niedrig liegen.

Bei der Interpretation des ME (Bias) ist zu beachten, dass ein kleiner Wert hier nicht zwangsläufig eine gute Anpassung bedeuten muss. Dies ist auf die zugrundeliegende Berechnung zurückzuführen. Wenn sich die positiven und negativen Differenzen im Mittel ausgleichen, so kann sich bei der Akkumulation der Differenzen ein Wert ergeben, welcher sich um Null bewegt.

Wurzel der Mittlere Quadratische Abweichung RMSE

Ein sehr häufig verwendetes Gütekriterium stellt der RMSE (aus dem englischen für *root mean squared error*) dar. Dabei wird zunächst die Summe der mittleren quadratischen Abweichungen zwischen den beobachteten und simulierten Output bestimmt. Durch die Bildung der Wurzel der mittleren quadratischen Abweichung erhält der RMSE die Dimension der Beobachtungen und Simulationen:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \hat{x}_i)^2}$$

Der normalisierte RMSE (NRMSE) erleichtert den Vergleich von Datensätzen unterschiedlicher Skalen oder Einheiten. Er kann dabei wie folgt bestimmt werden:

$$NRMSE = \frac{RMSE}{\bar{x}}$$

mit \bar{x} Mittelwert des beobachteten Outputs

Der NRMSE wird häufig in Prozent ausgegeben, wobei niedrigere Werte auf eine geringe Abweichung hinweisen.

Nash-Sutcliffe-Effizienz NSE

Die Nash-Sutcliffe-Effizienz NSE (Nash, 1970) wird als weiteres Gütekriterium verwendet. Hierbei werden die absoluten quadratischen Abweichungen mit der Varianz der gemessenen Werte normalisiert:

$$NSE = 1 - \frac{\left[\sum_{i=1}^n (x_i - \hat{x}_i)^2 \right]}{\left[\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right]}$$

Das Gütekriterium NSE ist eine dimensionslose und normierte Größe. Nach (Uhl, 2008) ist eine Prognose dann brauchbar (ausreichend), wenn NSE mindestens 0,25 beträgt. Prognosen mit $NSE \geq 0,5$ können als befriedigend, Prognosen mit $NSE \geq 0,8$ als gut und Prognosen mit $NSE \geq 0,95$ als sehr gut bezeichnet werden. Der Maximalwert von NSE beträgt 1.

Korrelationskoeffizient R

Der Korrelationskoeffizient R gibt an, wie eng die lineare Beziehung zwischen den gemessenen und berechneten bzw. simulierten Werten ist. R kann wie folgt berechnet werden:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n [(x_i - \bar{x})(\hat{x}_i - \bar{\hat{x}})]}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n (\hat{x}_i - \bar{\hat{x}})^2}}$$

mit $\bar{\hat{x}}$ Mittelwert des berechneten/simulierten Outputs

R ist eine dimensionslose Größe. Eine genau lineare Beziehung ist bei einem Ergebnis von 1 bzw. -1 gegeben, d. h. Schwankungen erfolgen gleichsinnig bzw. entgegengesetzt in einem festen Verhältnis.

1.1.3.4 Berechnung der Durchflüsse und Sulfatkonzentrationen

Im folgenden Abschnitt werden die Annahmen zur Berechnung der Durchflüsse sowie Sulfatkonzentrationen vorgestellt. Zunächst werden dabei die Durchflüsse betrachtet, welche die Grundlage, für die sich anschließende Berechnung der Sulfatkonzentrationen bilden.

Berechnung der Durchflüsse

Tabelle 1-12 gibt erneut einen Überblick über die im Rahmen dieser Betrachtung relevanten Querschnitte und erlaubt eine Gegenüberstellung der verfügbaren gemessenen Durchflüsse sowie der zu berechnenden Durchflüsse.

Wie bereits erwähnt erfolgt für die **fett** markierten Querschnitte am Ende die Plausibilisierung anhand gemessener Sulfatkonzentrationen. Für diese Querschnitte sind die berechneten Durchflüsse dabei Voraussetzung.

Tabelle 1-12: Übersicht der gemessenen und berechneten Durchflüsse im Berlin-Baustein.

| Durchfluss am Querschnitt | Gemessen | Berechnet |
|---|----------|-----------|
| Spree, Pegel Große Tränke UP (BP 270) | ✓ | |
| Spree, obh. Dämeritzsee und WW-Entnahme (BP 299) | ✓ | ✓ |
| Spree obh. Dämeritzsee (BP 300) | | ✓ |
| Löcknitz, obh. Mündung in Flakensee (BP 301) | ✓ | |
| Rüdersdorfer Gewässer, Auslauf Kalksee (BP 303) | ✓ | |
| Flakenfließ, obh. Dämeritzsee (BP 302) | | ✓ |
| Ablauf Dämeritzsee vor Mdg. in den Gosener Kanal & Spree (BP 304) | | ✓ |
| Abzweig aus dem Dämeritzsee, Gosener Kanal (BP 320) | ✓ | ✓ |
| Ablauf Dämeritzsee in die Spree uh. Gosener Kanal (BP 305) | | ✓ |
| Spree, Fähre Rahnsdorf (BP 306) | ✓ | ✓ |

Spree obh. Dämeritzsee (BP 300)

Die Plausibilisierung der Sulfatkonzentrationen startet am Querschnitt Große Tränke UP. Für den hier betrachteten Querschnitt der Spree, obh. Dämeritzsee (BP 300) berechnet sich der Durchfluss aus dem gemessenen Durchfluss Große Tränke UP, dem Grundwassereinfluss zwischen Kalksee und Dämeritzsee sowie Müggelspree und der Entnahme aus Wasserwerken wie folgt:

$$Q_{Spree,obh.DämSee} = Q_{GrTrUP}^* + Q_{GW300.2} + Q_{GW300.3} - Q_{WW-Entnahme}$$

$$Q_{GW300.2} = 0,81 \cdot (Q_{Flafl} - Q_{Löckn}^* - Q_{RüdG}^*) \quad \{Q | 0 \leq Q < \infty\}$$

$$Q_{GW300.3} = 0,21 \cdot (Q_{Spree,obh.DämSee}^* - Q_{GrTrUP}^*) \quad \{Q | 0 \leq Q < \infty\}$$

mit:

| | |
|--------------------------|--|
| Q_{GrTrUP}^* | - gemessener Durchfluss Große Tränke UP in m ³ /s |
| $Q_{GW300.2}$ | - berechneter Grundwassereinfluss Kalksee bis Dämeritzsee in m ³ /s |
| $Q_{GW300.3}$ | - berechneter Grundwassereinfluss Müggelspree in m ³ /s |
| $Q_{WW-Entnahme}$ | - Werte aus WBaMo für Entnahme durch WW Erkner, WF Neu-Zittau u. Hohenbinder Str. in m ³ /s |
| $Q_{Spree,obh.DämSee}^*$ | - gemessener Durchfluss in Spree obh. Dämeritzsee in m ³ /s |
| Q_{Flafl} | - berechneter Durchfluss Flakenfließ in m ³ /s |
| $Q_{Löckn}^*$ | - gemessener Durchfluss Löcknitz in m ³ /s |
| $Q_{RüdG}^*$ | - gemessener Durchfluss Rüdersdorfer Gewässer in m ³ /s |

Die Faktoren für die Berechnung des Grundwassereinflusses wurden unverändert aus dem WBaMo-Berlin übernommen. Der Ansatz geht auf eine Bearbeitung der Bundesanstalt für Gewässerkunde auf die Zeit vor 2000 zurück. Die Faktoren für den Grundwasserzufluss ergeben sich dabei aus dem Verhältnis zwischen oberirdischem und unterirdischem Einzugsgebiet am betrachteten Bilanzprofil. Auch nachfolgend aufgeführte Berechnungen des Grundwassereinflusses folgen diesem Ansatz.

Flakenfließ, obh. Dämeritzsee (BP 302)

Das Flakenfließ mündet in den Dämeritzsee. Oberhalb des Flakenfließes liegt der Flakensee, in welchem die Löcknitz mündet. Der Flakensee ist zudem im Norden über die Schleuse Woltersdorf, welche Bestandteil des Rüdersdorfer Gewässers ist, mit dem Kalksee verbunden. Folglich kann der Durchfluss im Flakenfließ wie folgt abgeleitet werden:

$$Q_{Flafl} = Q_{Löckn}^* + Q_{RüdG}^* + Q_{GW302.1}$$

$$Q_{GW302.1} = 0,9 \cdot Q_{RüdG}^* \quad \{Q | 0 \leq Q < \infty\}$$

mit:

| | | |
|---------------|---|--|
| $Q_{Löckn}^*$ | - | gemessener Durchfluss Löcknitz in m ³ /s |
| $Q_{RüdG}^*$ | - | gemessener Durchfluss Rüdersdorfer Gewässer in m ³ /s |
| $Q_{GW302.1}$ | - | berechneter Grundwassereinfluss Rüdersdorfer Gewässer in m ³ /s |

Die Berechnung des Grundwassereinflusses des Rüdersdorfer Gewässers erfolgt dabei analog zu den Annahmen im WBaIMo SPM.

Ablauf Dämeritzsee vor Mündung in den Gosener Kanal & Spree (BP 304)

Der betrachtete Querschnitt Ablauf Dämeritzsee vor Mündung in den Gosener Kanal & Spree (BP 304) repräsentiert gleichzeitig die Zuflüsse zum Dämeritzsee. Der Durchfluss ergibt sich aus der Summe des berechneten Durchflusses in der Spree obh. Dämeritzsee sowie dem berechneten Durchfluss im Flakenfließ zu:

$$Q_{Zu DämSee} = Q_{Flafl} + Q_{Spree,obh.DämSee}$$

mit:

| | | |
|------------------------|---|--|
| Q_{Flafl} | - | berechneter Durchfluss Flakenfließ in m ³ /s |
| $Q_{Spree,obh.DämSee}$ | - | berechneter Durchfluss in Spree, obh. Dämeritzsee in m ³ /s |

Ablauf Dämeritzsee in die Spree uh. Gosener Kanal (BP 305)

Der Querschnitt Ablauf Dämeritzsee in die Spree uh. Gosener Kanal (BP 305) ergibt sich aus der Differenz der Zuflüsse zum Dämeritzsee und dem Abfluss im Gosener Kanal. Der Gosener Kanal verbindet den Dämeritzsee mit dem Seddinsee.

$$Q_{Ab DämSee} = Q_{Zu DämSee} - Q_{GoK}$$

$$Q_{GoK} = 0,7 \cdot (Q_{Rahnsd}^* + Q_{GoK}^*)$$

mit:

| | | |
|-----------------|---|---|
| $Q_{Zu DämSee}$ | - | berechneter Durchfluss Ablauf Dämeritzsee vor Mündung in den Gosener Kanal & Spree in m ³ /s |
| Q_{GoK} | - | berechneter Durchfluss Gosener Kanal in m ³ /s |
| Q_{GoK}^* | - | gemessener Durchfluss Gosener Kanal in m ³ /s |
| Q_{Rahnsd}^* | - | gemessener Durchfluss Fähre Rahnsdorf in m ³ /s |

Fähre Rahnsdorf (BP 306)

Der Durchfluss an der Fähre Rahnsdorf (BP 306) berechnet sich aus dem Ablauf Dämeritzsee in die Spree uh. Gosener Kanal sowie dem Grundwassereinfluss zwischen Dämeritzsee und Fähre Rahnsdorf wie folgt:

$$Q_{Rahnsd} = Q_{Ab DämSee} + Q_{GW310.6}$$

$$Q_{GW310.6} = 2,41 \cdot (Q_{Rahnsd}^* + Q_{GoK}^* - Q_{Spree,obh.DämSee} - Q_{Flafl}) \quad \{Q | 0 \leq Q < \infty\}$$

mit:

| | |
|--------------------------|--|
| $Q_{Ab\ DämSee}$ | - berechneter Durchfluss Ablauf Dämeritzsee in die Spree u.h. Gosener Kanal in m ³ /s |
| $Q_{GW310.6}$ | - berechneter Grundwassereinfluss Spree von Dämeritzsee bis Fähre Rahnsdorf in m ³ /s |
| Q_{Flafl} | - berechneter Durchfluss Flakenfließ in m ³ /s |
| $Q_{Spree,obh.DämSee}^*$ | - gemessener Durchfluss in Spree obh. Dämeritzsee in m ³ /s |
| Q_{GoK}^* | - gemessener Durchfluss Gosener Kanal in m ³ /s |
| Q_{Rahnsd}^* | - gemessener Durchfluss Fähre Rahnsdorf in m ³ /s |

Die Berechnung des Grundwassereinflusses zwischen Dämeritzsee und Fähre Rahnsdorf erfolgt dabei analog zu den Annahmen im WBalMo SPM. Dabei werden im Modell die Querschnitte Fähre Rahnsdorf (BP 306), Spree oberhalb Dämeritzsee (BP 300) und Flakenfließ (BP 302) berücksichtigt. Da der Abfluss im Gosener Kanal zum Zeitpunkt der Berechnung des Grundwassereinflusses im Modell noch nicht bilanziert ist (d. h. rangmäßig danach), muss bei der Betrachtung des Querschnittes Fähre Rahnsdorf (BP 306) der Anteil vom Gosener Kanal an dieser Stelle hinzugefügt werden.

Berechnung der Sulfatkonzentration

Spree obh. Dämeritzsee (BP 300)

Die gemessenen Sulfatkonzentrationen und Durchflüsse am Pegel Große Tränke UP bilden die Grundlage für die Berechnung der Konzentrationen am Querschnitt Spree obh. Dämeritzsee (BP 300). Weiterhin wird der Grundwassereinfluss im Zwischengebiet (von Große Tränke UP bis Zufluss Dämeritzsee) berücksichtigt, wobei analog zum WBalMo SPM eine natürliche Hintergrundkonzentration von 70 mg/L bei Zufluss in die Spree angenommen wird. Tritt ein Verlust im Zwischengebiet auf, so wird die Sulfatkonzentration gleich der Konzentration am Pegel Große Tränke UP gesetzt. Daraus ergibt sich folgender Ansatz:

$$c_{Spree,obh.DämSee} = \frac{[c_{GrTrUP}^* \cdot Q_{GrTrUP}^* + c_{diff} \cdot (Q_{Spree,obh.DämSee} - Q_{GrTrUP}^*)]}{Q_{Spree,obh.DämSee}}$$

mit:

| | |
|------------------------|---|
| c_{GrTrUP}^* | - gemessene Sulfatkonzentration Große Tränke UP in mg/L |
| Q_{GrTrUP}^* | - gemessener Durchfluss Große Tränke UP in m ³ /s |
| $Q_{Spree,obh.DämSee}$ | - berechneter Durchfluss in Spree obh. Dämeritzsee in m ³ /s |
| c_{diff} | - natürliche Hintergrund-Sulfatkonzentration von Große Tränke bis Zufluss Dämeritzsee in mg/L, bei Zufluss $c = 70\ mg/L$, bei Verlust $c_{diff} = c_{GrTrUP}^*$ |

Flakenfließ, obh. Dämeritzsee (BP 302)

Für das Flakenfließ (BP 302) wird im WBalMo SPM eine konstante Sulfatkonzentration von 210 mg/L angenommen. Die hier dargestellte Berechnung ist deshalb nicht notwendig, soll aber der Vollständigkeit halber mit aufgeführt werden:

$$c_{Flafl} = \frac{[c_{Flafl} \cdot Q_{Flafl}]}{Q_{Flafl}}$$

mit:

| | |
|-------------|--|
| c_{Flafl} | - konstante Sulfatkonzentration für Flakenfließ von 210 mg/L |
| Q_{Flafl} | - berechneter Durchfluss Flakenfließ in m ³ /s |

Für die spätere Betrachtung der Anpassungsgüte wird für den Querschnitt Flakenfließ anstelle der berechneten und gemessenen Sulfatkonzentrationen die Sulfatfracht F ($F = c \cdot Q$) herangezogen.

Ablauf Dämeritzsee vor Mündung in den Gosener Kanal & Spree (BP 304)

Für die Berechnung der Sulfatkonzentrationen im Ablauf Dämeritzsee (BP 304) werden die Konzentrationen des zuvor berechneten Querschnitts Spree obh. Dämeritzsee und die konstante Konzentration im Flakenfließ mit den jeweils zugehörigen berechneten Durchflüssen verwendet:

$$c_{Zu\ DämSee} = \frac{[c_{Spree,obh.DämSee} \cdot Q_{Spree,obh. DämSee} + c_{Flafl} \cdot Q_{Flafl}]}{Q_{Zu\ DämSee}}$$

mit:

- | | | |
|------------------------|---|---|
| $Q_{Spree,obh.DämSee}$ | - | berechneter Durchfluss in Spree, oberhalb Dämeritzsee in m ³ /s |
| c_{diff} | - | natürliche Hintergrund-Sulfatkonzentration von Große Tränke bis Zufluss Dämeritzsee in mg/L, bei Zufluss $c = 70\ mg/L$, bei Verlust $c_{diff} = c_{GrTrUP}$ |
| c_{Flafl} | - | konstante Sulfatkonzentration für Flakenfließ von 210 mg/L |
| Q_{Flafl} | - | berechneter Durchfluss Flakenfließ in m ³ /s |
| $Q_{Zu\ DämSee}$ | - | berechneter Zufluss in Dämeritzsee in m ³ /s |

Fähre Rahnsdorf (BP 306)

Die berechnete Sulfatkonzentration im Zufluss vom Dämeritzsee entspricht auch gleichzeitig der Konzentration im Ablauf Dämeritzsee. Der Ablauf im Dämeritzsee ergibt sich, wie im vorhergehenden Abschnitt beschrieben, als Summe der Zuflüsse von Spree obh. Dämeritzsee und Flakenfließ minus den Ablauf im Gosener Kanal. Analog zum WBalMo SPM wird eine natürliche Hintergrundkonzentration von 100 mg/L zwischen Dämeritzsee und Müggelsee verwendet. Die Konzentration an der Fähre Rahnsdorf ergibt sich schließlich zu:

$$c_{Rahnsd} = \frac{[c_{Zu\ DämSee} \cdot (Q_{Spree, obh. DämSee} + Q_{Flafl} - Q_{GoK}) + c_{diff} \cdot Q_{GW}]}{Q_{Rahnsd}}$$

mit:

- | | | |
|--------------------------|---|---|
| $Q_{Spree, obh. DämSee}$ | - | berechneter Durchfluss in Spree, oberhalb Dämeritzsee in m ³ /s |
| Q_{Flafl} | - | berechneter Durchfluss Flakenfließ in m ³ /s |
| Q_{GoK} | - | berechneter Durchfluss Gosener Kanal in m ³ /s |
| c_{diff} | - | Natürliche Hintergrund-Sulfatkonzentration von Dämeritzsee bis Rahnsdorf in mg/L, bei Zufluss $c = 100\ mg/L$, bei Verlust $c_{diff} = c_{Zu\ DämSee}$ |
| Q_{GW} | - | Berechneter Grundwassereinfluss Spree von Dämeritzsee bis Fähre Rahnsdorf in m ³ /s |

1.1.3.5 Vergleich der Messwerte mit Berechnungen

Spree obh. Dämeritzsee (BP 300)

In Abbildung 1-13 sind die gemessenen und berechneten Sulfatkonzentrationen sowie Durchflüsse für den Querschnitt Spree obh. Dämeritzsee (BP 300) vergleichend dargestellt. Eine gute Übereinstimmung zwischen gemessenen und berechneten Werten kann dabei sowohl für die Sulfatkonzentrationen als auch für die Durchflüsse festgestellt werden. Auch im jahreszeitlichen Verlauf können die Messwerte gut reproduziert werden.

In Tabelle 1-13 sind die statistischen Kenngrößen Mittelwert, Minimum, Maximum und die Spannweite der gemessenen und berechneten Sulfatkonzentrationen zusammengefasst. Für den Querschnitt Spree obh. Dämeritzsee liegen die Mittelwerte der berechneten Konzentrationen mit 206,88 mg/L und der gemessenen mit 206,52 mg/L sehr nah beieinander. Eine größere Spannweite der Werte zeigt sich für die berechneten Konzentrationen.

Die ermittelten Gütekriterien sind in Tabelle 1-14 aufgeführt. Folgende Aussagen lassen sich für die Sulfatkonzentrationen zusammenfassen:

- Ein positiver ME von 0,36 mg/L deutet daraufhin, dass die berechneten Werte im Mittel höher liegen als die Messwerte.
- Je kleiner der NRMSE, desto geringer sind die Abweichungen. Der berechnete NRMSE von 9,94 % kann als gut eingestuft werden. Unter den hier betrachteten Querschnitten stellt dieser den kleinsten Wert dar.
- Eine NSE von 0,8 zeigt eine gute Anpassungsgüte.
- Der Korrelationskoeffizient R wird mit 0,9 ebenfalls als gut angesehen.

Folglich kann für den Querschnitt Spree obh. Dämeritzsee festgehalten werden, dass sich die Messwerte mit den getroffenen Modellannahmen gut reproduzieren lassen.

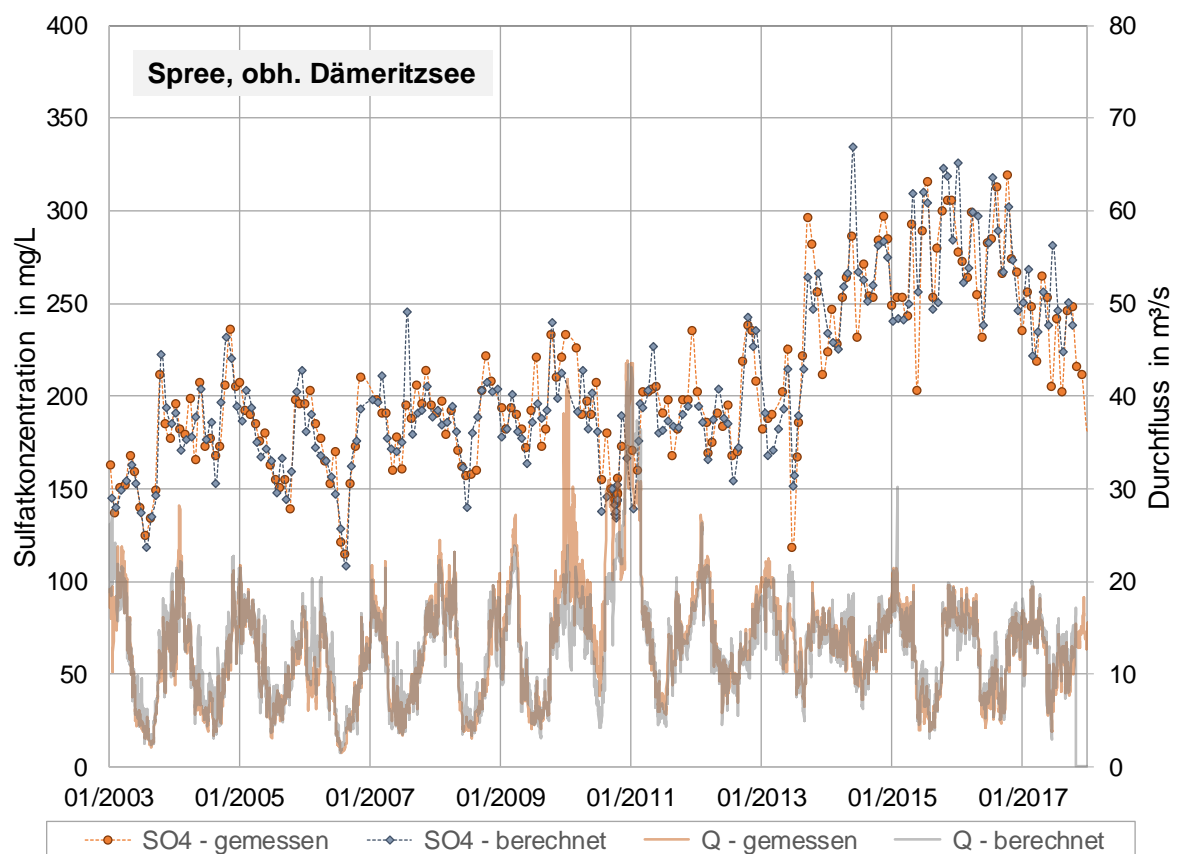


Abbildung 1-13: Vergleich der gemessenen und berechneten Sulfatkonzentrationen und Durchflüsse in der Spree obh. Dämeritzsee.

Tabelle 1-13: Vergleich der Statistik der gemessenen und beobachteten Werte an den relevanten Querschnitten im Berlin-Baustein.

| | Sulfatkonzentration | | | | Sulfatfracht | |
|-----------------------------|---------------------|----------------------------|-------------|-----------|--------------|-------------|
| Statistik/ Gütekriterium | Einheit | Spree, obh. Dämeritzsee | Dämeritzsee | Rahnsdorf | Einheit | Flakenfließ |
| Messwerte | | | | | | |
| Anzahl | - | 167 | 139 | 155 | - | 172 |
| Mittel | mg/L | 206,52 | 198,89 | 201,57 | g/s | 478,64 |
| Min | mg/L | 115,00 | 133,00 | 136,00 | g/s | 124,91 |
| Max | mg/L | 319,00 | 305,00 | 305,00 | g/s | 1073,94 |
| Spannweite | mg/L | 204,00 | 172,00 | 169,00 | g/s | 949,03 |
| Berechnete Werte | | | | | | |
| Anzahl | - | 167 | 139 | 155 | - | 172 |
| Mittel | mg/L | 206,88 | 210,10 | 200,60 | g/s | 479,57 |
| Min | mg/L | 108,65 | 146,95 | 100,95 | g/s | 124,97 |
| Max | mg/L | 326,05 | 310,97 | 310,97 | g/s | 1158,23 |
| Spannweite | mg/L | 217,40 | 164,03 | 210,03 | g/s | 1033,26 |

Tabelle 1-14: Übersicht der ermittelten Gütekriterien an den relevanten Querschnitten im Berlin-Baustein.

| | Sulfatkonzentration | | | | Sulfatfracht | |
|---------------|---------------------|----------------------------|-------------|-----------|--------------|-------------|
| Gütekriterium | Einheit | Spree, obh. Dämeritzsee | Dämeritzsee | Rahnsdorf | Einheit | Flakenfließ |
| ME | mg/L | 0,36 | 11,21 | -0,97 | g/s | 0,93 |
| NRMSE | % | 9,94 | 11,01 | 14,16 | % | 20,60 |
| NSE | - | 0,80 | 0,73 | 0,53 | - | 0,69 |
| R | - | 0,90 | 0,90 | 0,80 | - | 0,84 |

Flakenfließ, obh. Dämeritzsee (BP 302)

Zur Bewertung der Anpassungsgüte wird für das Flakenfließ nicht die Sulfatkonzentration sondern die Sulfatfracht herangezogen. Da für das Flakenfließ von einer konstanten Sulfatkonzentration von 210 mg/L im WBaMo SPM ausgegangen wird, wäre ein Vergleich der Sulfatkonzentrationen an dieser Stelle nicht sinnvoll.

Für die Ermittlung der Sulfatfracht wird jeweils der berechnete Durchfluss im Flakenfließ, welcher sich aus den gemessenen Durchflüssen in der Löcknitz (Pegel Grünheide 2) sowie dem Rüdersdorfer Gewässer (Pegel Woltersdorf OP) ergibt (s. dazu Abschnitt 1.1.3.4), angenommen. Die gemessene Sulfatkonzentration entspricht dabei der Messtelle FLAFL_0010.

Wie in Abbildung 1-14 zu erkennen, zeigt sich beim Vergleich der gemessenen und berechneten Frachten eine zufriedenstellende Übereinstimmung. Der Jahresverlauf kann ebenfalls gut wiedergegeben werden.

Die ermittelten Gütekriterien (Tabelle 1-14) bestätigen die Aussagen der Anpassungsgüte der Sulfatfracht, wie nachfolgend gezeigt:

- Ein positiver ME von 0,93 g/s deutet daraufhin, dass die berechneten Werte im Mittel höher liegen als die Messwerte.
- Der NRMSE liegt bei 20,60 %. Zwar stellt dieser unter den hier betrachteten Querschnitten den größten Wert dar, die Abweichung kann dennoch als zufriedenstellend eingestuft werden.
- Eine NSE von 0,69 wird als befriedigend bezeichnet.
- R beträgt 0,84 und stellt somit eine recht gute Anpassung dar.

Die Mittelwerte der gemessenen und berechneten Sulfatfracht liegen mit 478,64 g/s und 479,57 g/s sehr nah beieinander (Tabelle 1-13). Erneut zeigt sich eine höhere Spannweite der Werte der berechneten Frachten.

Die getroffenen Modellannahmen zeigen somit plausible Ergebnisse für den Querschnitt Flakenfließ obh. Dämeritzsee. Eine Überarbeitung des Modellansatzes im WBalMo SPM wird als nicht notwendig betrachtet.

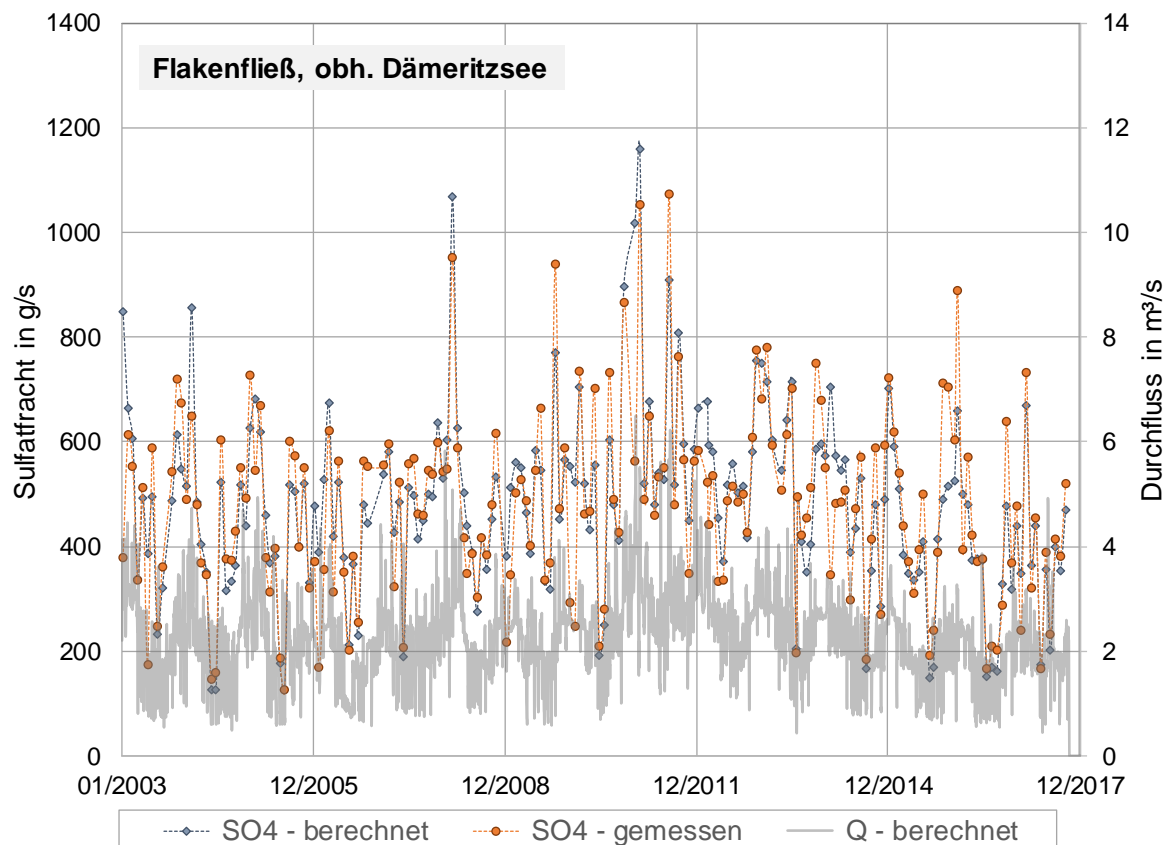


Abbildung 1-14: Vergleich der gemessenen und berechneten Sulfatfracht und Durchflüsse im Flakenfließ obh. Dämeritzsee.

Ablauf Dämeritzsee in die Spree uh. Gosener Kanal (BP 305)

Abbildung 1-15 zeigt den Vergleich der gemessenen und berechneten Sulfatkonzentrationen für den Querschnitt Ablauf Dämeritzsee in die Spree uh. Gosener Kanal (BP 305) sowie die berechneten Durchflüsse. Ein Vergleich gemessener und berechneter Durchflüsse ist aufgrund fehlender Messwerte nicht möglich. Die Gegenüberstellung der Konzentrationen zeigt, dass die berechneten Sulfatwerte in den ersten Jahren von 2003 bis ca. 2012 die Messdaten überschätzen. Für die darauffolgenden Jahre, in denen ein allgemeiner Anstieg der Sulfatkonzentrationen verzeichnet wird, zeigen die gemessenen und berechneten Werte eine bessere Übereinstimmung.

Der jahreszeitliche Verlauf der Messwerte kann über den gesamten Zeitraum gut von den berechneten Konzentrationen wiedergegeben werden.

Der Mittelwert in Tabelle 1-13 liegt für die berechneten Konzentrationen mit 210,10 mg/L über dem Wert der Messdaten (198,89 mg/L). Hier zeigt sich eine geringere Spannweite der Werte für die Berechnungen.

Mit Hilfe der ermittelten Gütekriterien kann weiterhin folgendes für die Sulfatkonzentrationen festgehalten werden:

- Ein positiver ME von 11,21 mg/L zeigt, dass die berechneten Werte im Mittel höher liegen als die Messwerte.
- Ein NRMSE von 11,01 % deutet auf eine zufriedenstellende Anpassung hin.
- Eine NSE von 0,73 wird als befriedigend bezeichnet.
- R beträgt 0,90 und stellt somit eine gute Anpassung dar.

Insgesamt kann für den Querschnitt Ablauf Dämeritzsee (BP 305) eine befriedigende bis gute Anpassung erzielt werden. Zwar werden die Konzentrationen der ersten Jahre durch die Annahmen überschätzt, jedoch zeigt sich gerade für die letzten Jahre, in denen die Konzentrationen angestiegen sind, dass die getroffenen Modellannahmen die Messungen gut widerspiegeln können.

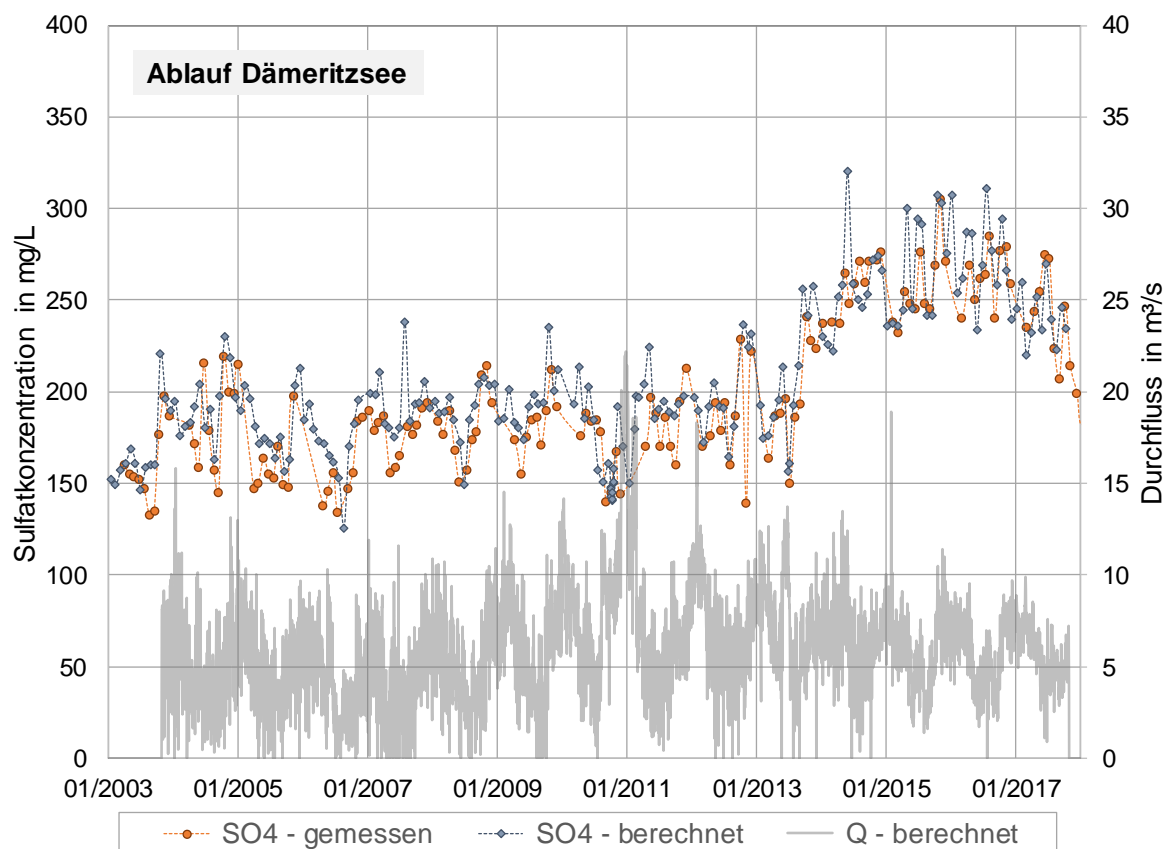


Abbildung 1-15: Vergleich der gemessenen und berechneten Sulfatkonzentrationen und Durchflüsse am Ablauf Dämeritzsee.

Spree, Fähre Rahnsdorf (BP 306)

Den Vergleich der berechneten und gemessenen Durchflüsse und Sulfatkonzentrationen für den Querschnitt Fähre Rahnsdorf (BP 306) zeigt Abbildung 1-16. Dabei zeigt sich, dass die Durchflüsse mit den getroffenen Randbedingungen nicht gut reproduziert werden können, da die berechneten Werte die Messungen häufig überschätzen. Folglich zeigt sich auch für die Sulfatkonzentrationen keine optimale Anpassung, da die berechneten Konzentrationen die Messwerte unterschätzen. Dies zeigt sich besonders für die ersten Jahre bis ca. 2012.

Beim Vergleich der Mittelwerte der berechneten und gemessenen Konzentrationen in Tabelle 1-13 zeigen sich diese Abweichungen weniger, da die Werte mit 201,57 mg/L (Messwerte) und 200,60 mg/L (Berechnung) nah beieinander liegen. Die sehr große Spannweite der berechneten Werte gegenüber den Messungen deutet aber auf größere Abweichungen hin.

Anhand der Gütekriterien lässt sich folgende Anpassungsgüte für die Sulfatkonzentrationen ableiten:

- Ein negativer ME von -0,97 mg/L zeigt, dass die berechneten Werte die Messwerte im Mittel unterschätzen.
- Ein NRMSE von 14,16 % deutet auf eine befriedigende Anpassung hin.
- Eine NSE von 0,53 wird als befriedigend bezeichnet.
- R beträgt 0,80 und stellt somit eine zufriedenstellende Anpassung dar.

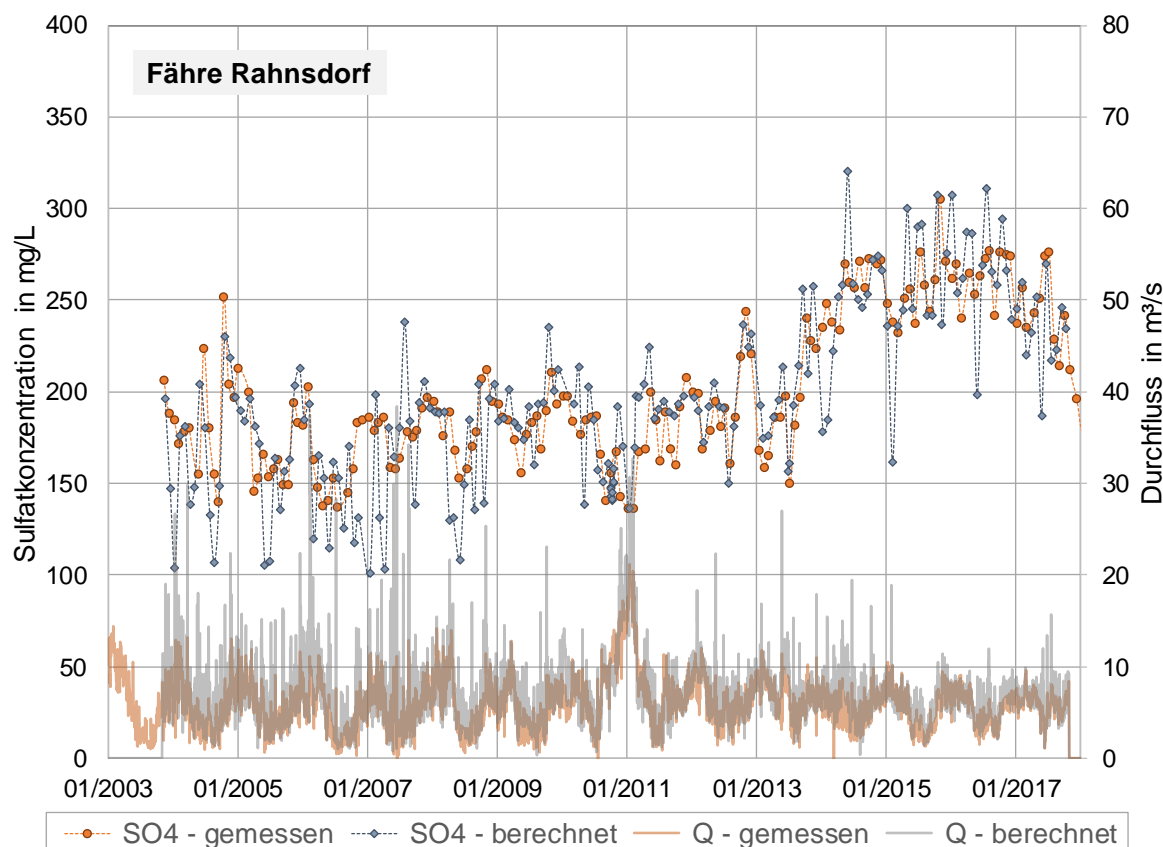


Abbildung 1-16: Vergleich der gemessenen und berechneten Sulfatkonzentrationen und Durchflüsse an der Fähre Rahnsdorf.

Folglich kann für den Querschnitt Fähre Rahnsdorf (BP 306) nur eine befriedigende Anpassung für die Sulfatkonzentrationen erreicht werden. Die Konzentrationen werden häufig unterschätzt, was sich auf die unzureichende Abbildung der Durchflüsse zurückführen lässt. Im Vergleich zu den Messwerten zeigen die berechneten Durchflüsse mehrfach eine Überschätzung.

Die zu hohen berechneten Abflüsse am Querschnitt Fähre Rahnsdorf (BP 306) resultieren vermutlich aus einer unzureichenden Darstellung der GW-Einflüsse zwischen Dämeritzsee und Zufluss Müggelsee (Fähre Rahnsdorf). Die Berechnung der GW-Einflüsse wurde aus dem WBalMo Berlin ins WBalMo SPM übernommen. Der Berechnungsansatz erlaubt dabei nur positive Zuflüsse, somit kann nur Zustrom aus dem Grundwasser in die Müggelspree erfolgen. Eine nähere Betrachtung der Messdaten an den Querschnitten Dämeritzsee und Fähre Rahnsdorf, welche im folgenden Abschnitt zusammengefasst wird, zeigt jedoch vielmehr eine Infiltration der Müggelspree in das Grundwasser.

Vergleich der Messdaten im Dämeritzsee und an der Fähre Rahnsdorf

Tabelle 1-15 zeigt einen Vergleich der Wasserstände an der Fähre Rahnsdorf mit den Grundwasserständen der beiden nächstliegenden GWMS 9310 (nördlich) und 8683 (südlich) sowie der südwestlich gelegenen GWMS 5042. Die Lage der GWMS ist in Abbildung 1-17 gekennzeichnet.

Bei der Betrachtung der Wasserstände wird ersichtlich, dass die Müggelspree in diesem Bereich influent ist. Folglich ist der Modellansatz für diesen Bereich der Müggelspree, welcher von den Wasserentnahmen der Galerien des WW Friedrichshagen bestimmt wird (SenUVK, 2019), nicht repräsentativ.

Tabelle 1-15: Wasserstand und GW-Stände [m NHN] an Fähre Rahnsdorf und naheliegenden GWMS (SenUVK, 2019).

| Messstelle | 15.11.2017 | 15.05.2018 | 15.11.2018 | 15.05.2019 |
|------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Fähre Rahnsdorf | 32,36 | 32,38 | 32,39 | 32,36 |
| 8683 | 32,33 | 32,34 | 32,34 | n. b. |
| 9310 | 32,21 | 32,40 | 32,21 | 32,22 |
| 5042 | 32,34 | 32,30 | 32,22 | 32,23 |

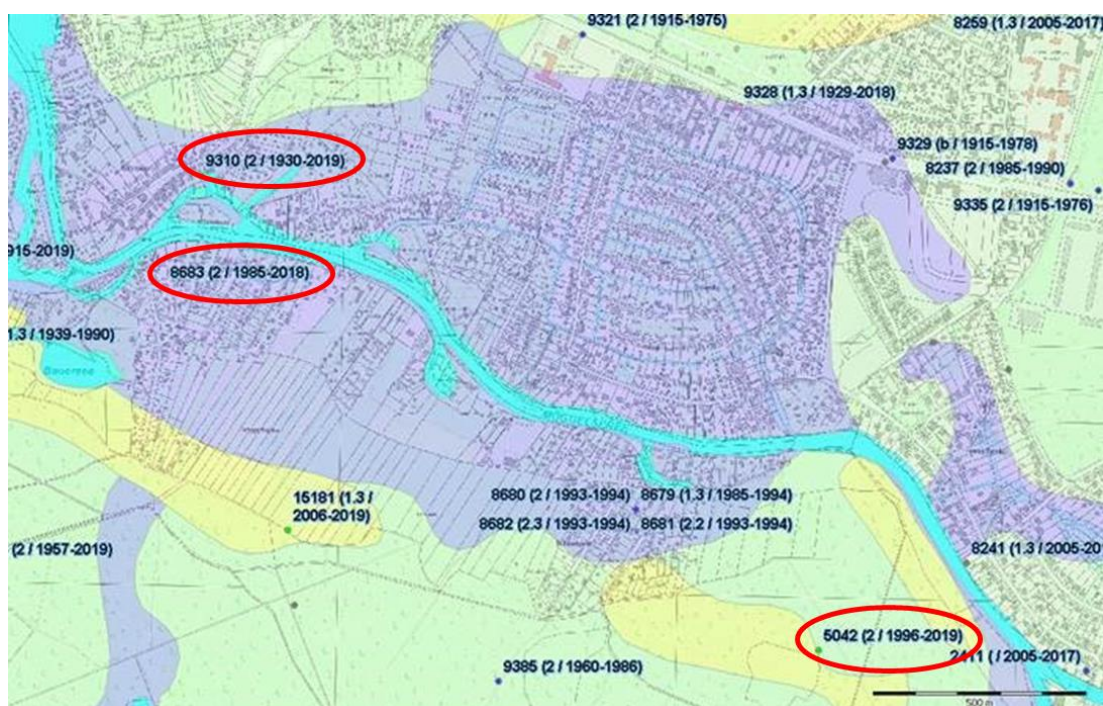


Abbildung 1-17: Lage der ausgewählten GWMS entlang der Müggelspree (SenUVK, 2019).

Zwar ist die Anzahl der beobachteten Wasserstände hier relativ gering, weshalb für weitere Untersuchungen ein größerer Datensatz einbezogen werden sollte, jedoch lässt sich die Aussage auch anhand der gemessenen Sulfatkonzentrationen nachvollziehen. Dafür sind in Abbildung 1-18 die gemessenen Sulfatkonzentrationen an den Querschnitten Dämeritzsee und Fähre Rahnsdorf vergleichend aufgetragen.

Der Vergleich der Konzentrationen deutet ebenfalls auf eine Verringerung des Durchflusses am Ablauf Dämeritzsee bis zur Fähre Rahnsdorf hin, da sich die Sulfatkonzentrationen an den beiden Querschnitten kaum unterscheiden. Eine Infiltration der Müggelspree in das Grundwasser wirkt sich demnach neutral auf die Konzentration aus, ein Zustrom von Grundwasser mit geringerer natürlicher Hintergrundkonzentration würde hingegen eine Verdünnung der Konzentrationen in der Müggelspree bewirken. Letzteres Verhalten zeigte sich in den Berechnungen.

Der Boxplot in Abbildung 1-19, welcher die Abweichungen zwischen den Sulfatkonzentrationen im Dämeritzsee und Fähre Rahnsdorf zeigt, bestätigt die sehr geringen Unterschiede der Konzentrationen an den beiden Querschnitten.

Eine Überprüfung der Ansätze zur Berechnung der Grundwassereinflüsse in diesem Bereich der Müggelspree wird daher empfohlen.

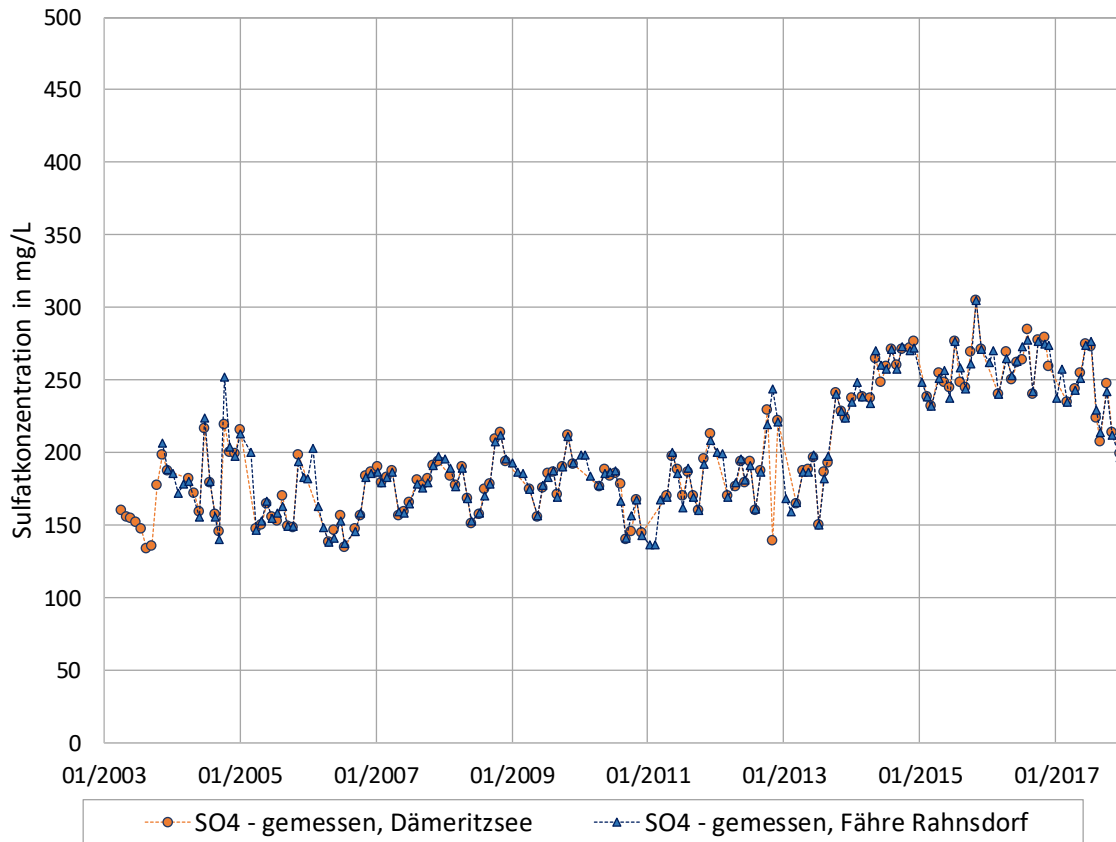


Abbildung 1-18: Vergleich der gemessenen Sulfatkonzentrationen im Dämeritzsee und an der Fährte Rahnsdorf.

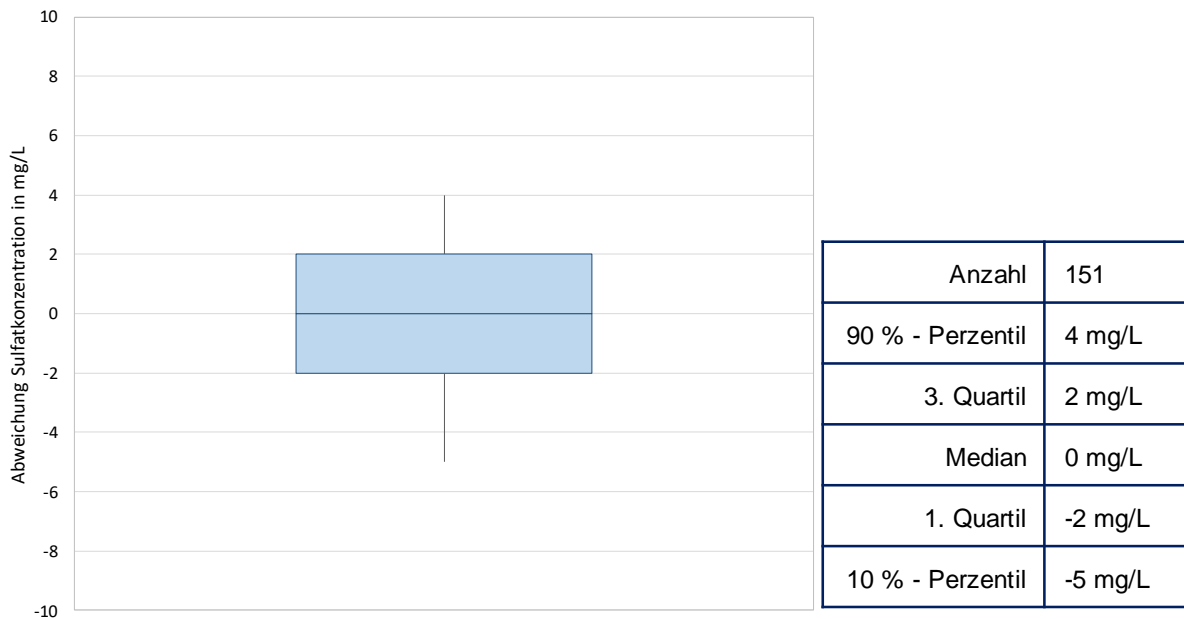


Abbildung 1-19: Boxplot der Abweichungen der gemessenen Sulfatkonzentrationen zwischen Dämeritzsee und Fährte Rahnsdorf.

Schlussfolgerung zum Vergleich gemessener und berechneter Sulfatkonzentrationen für den Querschnitt Rahnsdorf

Da sich bei der Berechnung der Sulfatkonzentrationen für den Querschnitt Fähre Rahnsdorf eine Unterschätzung der Messwert ergab, soll in den nachfolgenden Untersuchungen nicht der Querschnitt Fähre Rahnsdorf (BP 306), sondern der Ablauf Dämeritzsee (BP 305) betrachtet werden. Zum einen ergibt sich bezüglich der Sulfatkonzentrationen eine bessere Anpassungsgüte für diesen Querschnitt. Zum anderen zeigt der Vergleich der gemessenen Konzentrationen im Dämeritzsee und an der Fähre Rahnsdorf (Vergleich vorheriger Abschnitt), dass an beiden Querschnitten ähnliche Konzentrationen zu erwarten sind. Folglich kann der Querschnitt Ablauf Dämeritzsee ohne Einschränkungen für die weiteren Untersuchungen verwendet werden.

Wird in den nachfolgenden Betrachtungen der Sulfatkonzentrationen Bezug auf den Querschnitt Rahnsdorf genommen, so leitet sich die Auswertung in diesem Falle vom Querschnitt Ablauf Dämeritzsee ab. Auf dessen Verwendung wird nicht noch einmal explizit hingewiesen.

1.1.4 Prüfung der Modellanpassungen durch Modellvergleich vor und nach Einbau des Berlin-Bausteins

Im Folgenden soll die Erweiterung des Sulfatprognosemodells Spree bis zum Querschnitt Rahnsdorf auf Plausibilität geprüft werden. Die Prüfung erfolgt mit Hilfe eines Vergleichs der Modellergebnisse bevor und nachdem die Modellerweiterung ab Pegel Große Tränke UP/Spree auf Grundlage des WBalMo Berlin vorgenommen wurde:

- vor Einbau Berlin-Baustein (SPM1.07)
- nach Einbau Berlin-Baustein (SPM1.07).

Für den Vergleich werden jeweils die Sulfatkonzentrationen am Profil Rahnsdorf für Periode 4 (2018-2022) betrachtet. Für die Auswertung werden die monatlichen Sulfatkonzentration für verschiedene Wiederkehrintervalle (Registrierung Typ 5) herangezogen.

Sulfatkonzentration für verschiedene Wiederkehrintervalle

Monatliche Sulfatkonzentrationen sind für die verschiedenen Wiederkehrintervalle (T) von 2, 5, 10 und 20 Jahren in Abbildung 1-20 bis Abbildung 1-23 gezeigt.

Die Sulfatkonzentrationen unterscheiden sich vor und nach der Modellerweiterung bei mittleren Verhältnissen (T = 2 Jahre) geringfügig. Die Konzentrationen sind in der Variante nach Einbau Berlin-Baustein (SPM1.07) etwas kleiner. Bei moderat extremen Ereignissen (T = 20 Jahre) hingegen werden nach der Modellerweiterung in den Sommermonaten Juni bis September minimal höhere Konzentrationen registriert. Für moderat ausgeprägte sowie ausgeprägte Ereignisse (T = 5 und 10 Jahre) zeigen die Varianten einen sehr ähnlichen Verlauf.

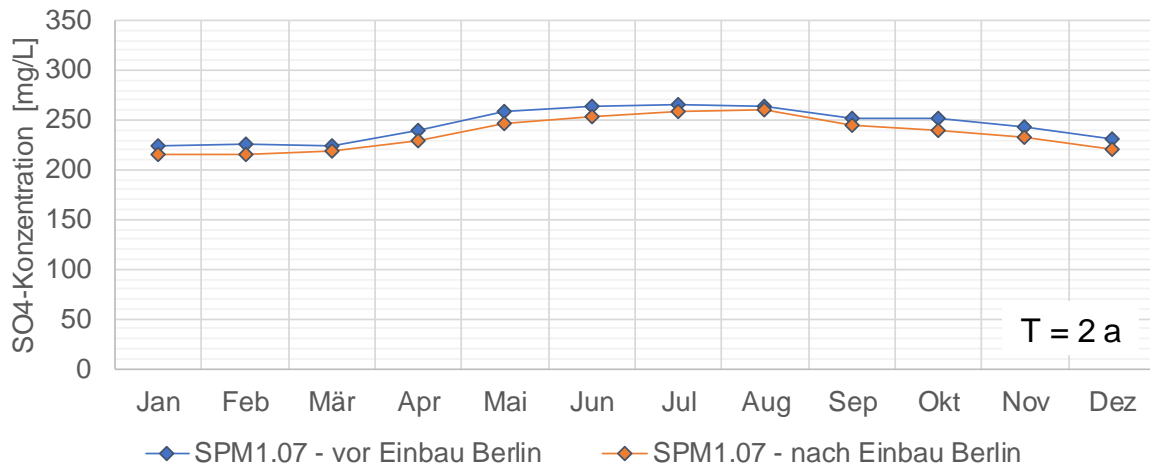


Abbildung 1-20: Vergleich der monatlichen Sulfatkonzentrationen am Profil Rahnsdorf für ein Wiederkehrintervall (T) von 2 Jahren vor Einbau Berlin-Baustein (SPM1.07) und nach Einbau Berlin-Baustein (SPM1.07).

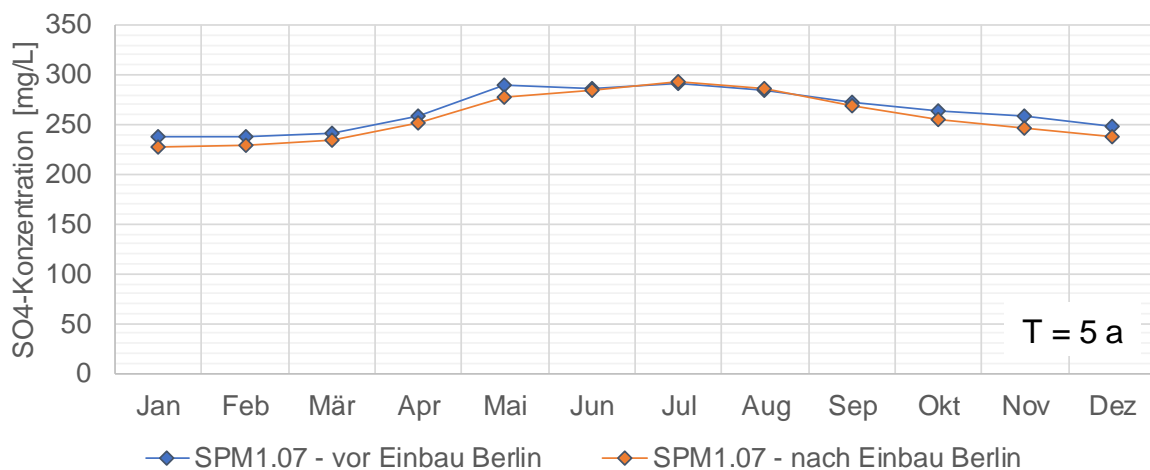


Abbildung 1-21: Vergleich der monatlichen Sulfatkonzentrationen am Profil Rahnsdorf für ein Wiederkehrintervall (T) von 5 Jahren vor Einbau Berlin-Baustein (SPM1.07) und nach Einbau Berlin-Baustein (SPM1.07).

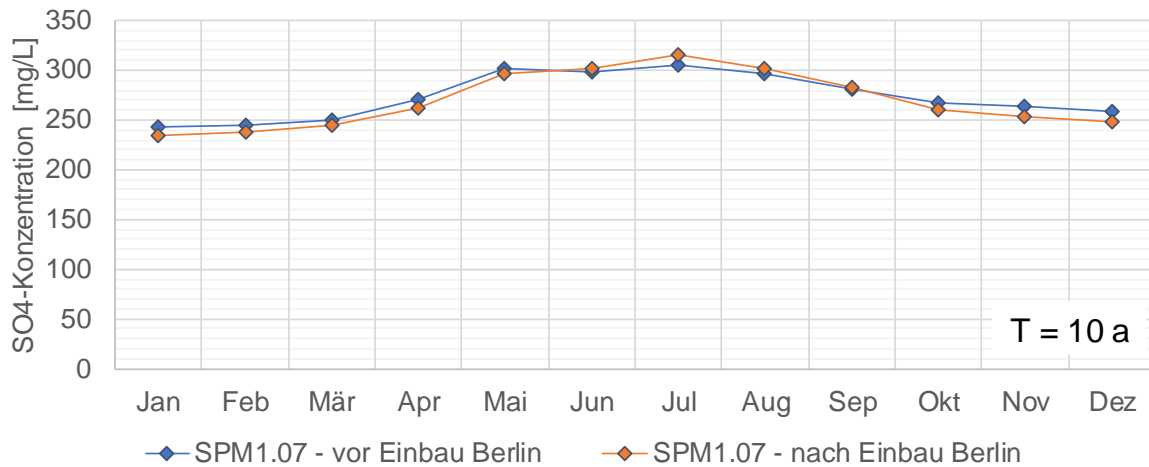


Abbildung 1-22: Vergleich der monatlichen Sulfatkonzentrationen am Profil Rahnsdorf für ein Wiederkehrintervall (T) von 10 Jahren vor Einbau Berlin-Baustein (SPM1.07) und nach Einbau Berlin-Baustein (SPM1.07).

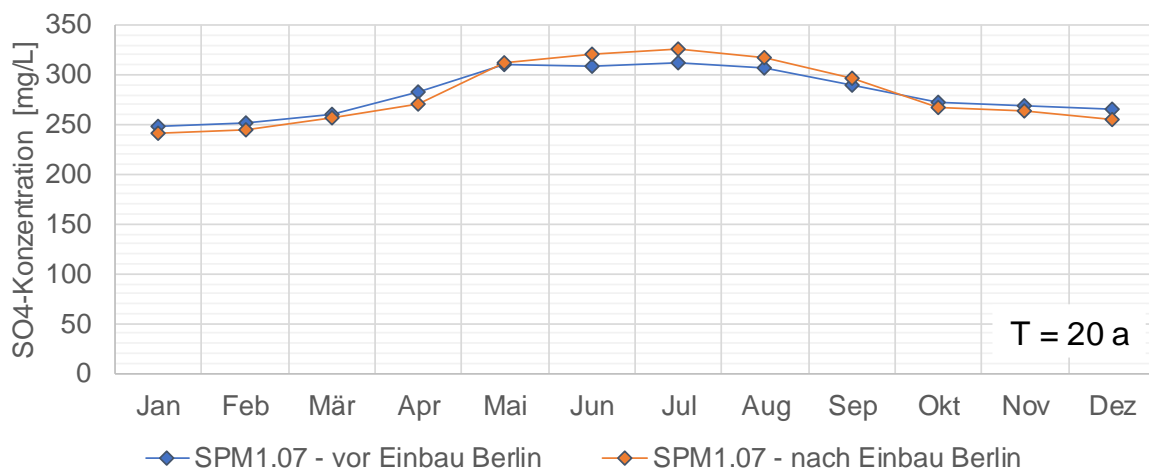


Abbildung 1-23: Vergleich der monatlichen Sulfatkonzentrationen am Profil Rahnsdorf für ein Wiederkehrintervall (T) von 20 Jahren vor Einbau Berlin-Baustein (SPM1.07) und nach Einbau Berlin-Baustein (SPM1.07).

Einen Vergleich der maximalen monatlichen Sulfatkonzentrationen der beiden Varianten gibt Tabelle 1-16. Erneut zeigt sich, dass die Sulfatkonzentrationen bei mittleren Verhältnissen in der Variante nach Einbau Berlin-Baustein (SPM1.07) minimal kleiner sind als vor Einbau des Berlin-Bausteins. Hingegen sind für zunehmend seltenere Ereignisse (von T = 5 bis 20 Jahre) die maximalen Sulfatkonzentrationen nach der Modellerweiterung etwas höher, die Konzentrationsunterschiede zwischen den Varianten nehmen dabei zu.

Tabelle 1-16: Vergleich der maximal monatlichen Sulfatkonzentrationen für Sulfatereignisse unterschiedlicher Ausprägung am Profil Rahnsdorf für die Varianten vor Einbau Berlin-Baustein (SPM1.07) und nach Einbau Berlin-Baustein (SPM1.07).

| Profil Rahnsdorf | | | |
|-------------------------------|---------------------|--|---------------------------------------|
| Sulfatereignis | Wiederkehrintervall | Maximal monatliche Sulfatkonzentration | |
| | | vor Einbau Berlin-Baustein (SPM1.07) | nach Einbau Berlin-Baustein (SPM1.07) |
| Mittleres Ereignis | T = 2 a | 266 mg/L | 260 mg/L |
| Moderat ausgeprägtes Ereignis | T = 5 a | 292 mg/L | 293 mg/L |
| Ausgeprägtes Ereignis | T = 10 a | 305 mg/L | 316 mg/L |
| Moderat extremes Ereignis | T = 20 a | 312 mg/L | 326 mg/L |

Absinken der Maximalkonzentration von Briesen bis Rahnsdorf

Tabelle 1-17 zeigt das Absinken der Maximalkonzentration vom Profil Briesen bis Rahnsdorf für verschiedene Ereignisse (T = 2, 5, 10 und 20 Jahre). Neben dem Vergleich der beiden Varianten vor und nach der Modellerweiterung werden gemessene Daten (2013 – 2015) hinzugezogen.

Tabelle 1-17: Absinken der maximalen monatlichen Sulfatkonzentrationen [mg/L] zwischen den Profilen Briesen und Rahnsdorf. Vergleich der Varianten vor Einbau Berlin-Baustein (SPM1.07) und nach Einbau Berlin-Baustein (SPM1.07) sowie mit Beobachtungsdaten.

| Sulfatereignis | Wiederkehrintervall | Absinken der maximalen monatlichen Sulfatkonzentration [mg/L] zwischen den Profilen Briesen und Rahnsdorf | | |
|-------------------------------|---------------------|---|---------------------------------------|-----------------------|
| | | vor Einbau Berlin-Baustein (SPM1.07) | nach Einbau Berlin-Baustein (SPM1.07) | Beobachtung 2013-2015 |
| Mittleres Ereignis | T = 2 a | 23 | 21 | 0 |
| Moderat ausgeprägtes Ereignis | T = 5 a | 41 | 31 | 22 |
| Ausgeprägtes Ereignis | T = 10 a | 51 | 36 | 39 |
| Moderat extremes Ereignis | T = 20 a | 58 | 40 | - |

Für mittlere Verhältnisse (T = 2 Jahre) zeigen sich kaum Unterschiede zwischen den Varianten. Für zunehmend seltenere Ereignisse zeigt die Variante nach Einbau Berlin-Baustein (SPM1.07) im Vergleich zu der Variante vor Einbau Berlin-Baustein (SPM1.07) ein deutlich geringeres Absinken der Konzentrationen zwischen den Profilen Briesen und Rahnsdorf. Ein geringeres Absinken der Konzentrationen nach Einbau des Berlin-Bausteins ist auf die höheren Sulfatkonzentrationen am Profil Rahnsdorf für seltene Ereignisse (z. B. T = 20 Jahre) zurückzuführen (s. Tabelle 1-16). Der Vergleich der beiden Varianten mit Beobachtungsdaten zeigt, dass die simulierten Werte für das Absinken der Maximalkonzentrationen nach dem Einbau des Berlin-Bausteins den Beobachtungsdaten besser entsprechen.

Für die Modellerweiterung zwischen Große Tränke UP/Spree und dem Querschnitt Rahnsdorf kann somit festgehalten werden, dass für das Profil Rahnsdorf:

- bei mittleren Abflussverhältnissen etwas niedrigere Sulfatkonzentrationen erreicht werden,
- bei niedrigen Abflussverhältnissen in den Sommermonaten etwas höhere Sulfatkonzentrationen erreicht werden,
- das Absinken der maximalen Sulfatkonzentrationen im Vergleich zum Profil Briesen keine unplausiblen hohen Werte aufweist und den Beobachtungen gut entsprechen.

Damit kann man davon ausgehen, dass bei Extremereignisse für Rahnsdorf die Sulfatkonzentrationen durch das WBalMo SPM nicht mehr systematisch unterschätzt werden.

1.1.5 Zusammenfassung zur Modellerweiterung

Zur Verbesserung der Prognosefähigkeit des Sulfatprognosemodells für den Querschnitt Rahnsdorf/ Zufluss Müggelsee wurde das Modell ab Pegel Große Tränke UP/Spree auf Grundlage des WBalMo Berlin erweitert. Es erfolgten Modellanpassungen zu Dargebot, Gewässergeometrie, Bilanzprofilen, Nutzern und DYN-Elementen.

Prüfung der Modellanpassungen durch Vergleich gemessener und berechneter Sulfatkonzentrationen für den Querschnitt Rahnsdorf

Ziel der Untersuchung war es, die Modellansätze im WBalMo SPM für die Durchflüsse und Sulfateinträge im Bereich der unteren Spree vom Querschnitt Große Tränke UP bis zum Querschnitt Rahnsdorf (Zufluss Müggelsee) zu plausibilisieren. Dafür wurden die Durchflüsse und Sulfatkonzentrationen an verschiedenen Querschnitten berechnet, wobei die im WBalMo SPM angesetzten Randbedingungen (z. B. GW-Einfluss, Sulfatkonzentration, usw.) angenommen wurden. Gemessene Durchflüsse und Sulfatkonzentrationen wurden zum einen für die Berechnung als auch für die Bewertung der Anpassungsgüte herangezogen.

Im Ergebnis zeigte sich eine allgemein gute Anpassung der Sulfatkonzentrationen für die folgenden Querschnitte:

- Spree obh. Dämeritzsee (BP 300)
- Flakenfließ, obh. Dämeritzsee (BP 302)
- Ablauf Dämeritzsee in die Spree uh. Gosener Kanal (BP 305)

Demnach wird eine Überarbeitung der Modellansätze für diese Querschnitte als nicht notwendig erachtet.

Die Anpassung der gemessenen und berechneten Durchflüsse und Sulfatkonzentrationen für den Querschnitt:

- Spree, Fähre Rahnsdorf (BP 306)

zeigte hingegen keine befriedigenden Ergebnisse. Die Messwerte wurden von den berechneten Sulfatkonzentrationen unterschätzt, was auf eine unzureichende Abbildung der Durchflüsse zurückgeführt werden kann. Die berechneten Durchflüsse überschätzten dabei häufig die Beobachtungen. Als Ursache der unzureichenden Anpassung der Durchflüsse wird die Berechnung der GW-Einflüsse im Bereich Ablauf Dämeritzsee bis Zufluss Müggelsee (Fähre Rahnsdorf) vermutet. Anstelle eines Verlustes wird hier häufig ein Zustrom an Grundwasser berechnet, welcher sich aufgrund der geringeren natürlichen Hintergrundkonzentration verdünnend auf die Sulfatkonzentrationen im Fließgewässer auswirkt. Eine Überarbeitung des Ansatzes zur Berechnung der GW-Einflüsse in diesem Bereich wird daher empfohlen.

Die Berechnung der GW-Einflüsse wurde zuvor aus dem WBaMo Berlin in das WBaMo SPM übernommen (s. Abschnitt 1.1.2.4).

Da sich bei der Berechnung der Sulfatkonzentrationen für den Querschnitt Fähre Rahnsdorf eine Unterschätzung der Messwert ergab, wurde für nachfolgende Untersuchungen nicht der Querschnitt Fähre Rahnsdorf (BP 306), sondern der Ablauf Dämeritzsee (BP 305) betrachtet. Zum einen ergibt sich bezüglich der Sulfatkonzentrationen eine bessere Anpassungsgüte für diesen Querschnitt. Zum anderen zeigt der Vergleich der gemessenen Konzentrationen im Dämeritzsee und an der Fähre Rahnsdorf, wie in Abbildung 1-18 dargestellt, dass an beiden Querschnitten ähnliche Konzentrationen zu erwarten sind. Der Querschnitt Ablauf Dämeritzsee kann daher ohne Einschränkungen für alle weiteren Untersuchungen verwendet werden.

Wird in den nachfolgenden Betrachtungen der Sulfatkonzentrationen Bezug auf den Querschnitt Rahnsdorf genommen, so leitet sich die Auswertung in diesem Falle vom Querschnitt Ablauf Dämeritzsee ab. Auf dessen Verwendung wird nicht noch einmal explizit hingewiesen.

Modellvergleich vor und nach Einbau Berlin-Baustein

Weiterhin wurde die Erweiterung des Sulfatprognosemodells Spree bis zum Querschnitt Rahnsdorf auf Plausibilität geprüft, indem die Modellergebnisse vor und nach dem Einbau des Berlin-Bausteins verglichen wurden.

Durch die Modellerweiterung kann statt der bislang angenommen mittleren Abflüsse zwischen Große Tränke UP/Spree und dem Querschnitt Rahnsdorf nun die ganze Variation des Dargebots und der Abflüsse berechnet werden. Im Ergebnis werden bei niedrigen Abflussverhältnissen die hohen Sulfatkonzentrationen mit dem Modell nicht mehr unterschätzt.

1.2 Ergebnisse der Sulfatprognose für den Querschnitt Rahnsdorf

Prognose der monatlichen Überschreitungswahrscheinlichkeiten (UeWK) der bestehenden Immissionsrichtwerte

In Abbildung 1-24 sind die monatlichen Überschreitungswahrscheinlichkeiten (UeWK) für den bestehenden Immissionsrichtwert für den Querschnitt Rahnsdorf für die Perioden 2018 – 2022, 2023 – 2027 und 2028 - 2032 dargestellt. Der bestehende Immissionsrichtwert für Rahnsdorf liegt bei 220 mg/L.

Für den Querschnitt Rahnsdorf zeigen sich für alle Perioden über das gesamte Jahr Überschreitungen von mehr als 10 %, wobei die Maxima der UeWK im Sommer bei über 70 % liegen.

Zwischen den Perioden sind Unterschiede bei den UeWK der bestehenden Immissionsrichtwerte festzustellen. So zeigen die Perioden 2023 – 2027 und 2028 – 2032 i. d. R. etwas höhere UeWK als die Periode 2018 – 2022.

Anhand der UeWK der bestehenden Immissionsrichtwerte kann geschlussfolgert werden, dass der vorhandene Immissionsrichtwert am Querschnitt Rahnsdorf sehr häufig überschritten wird.

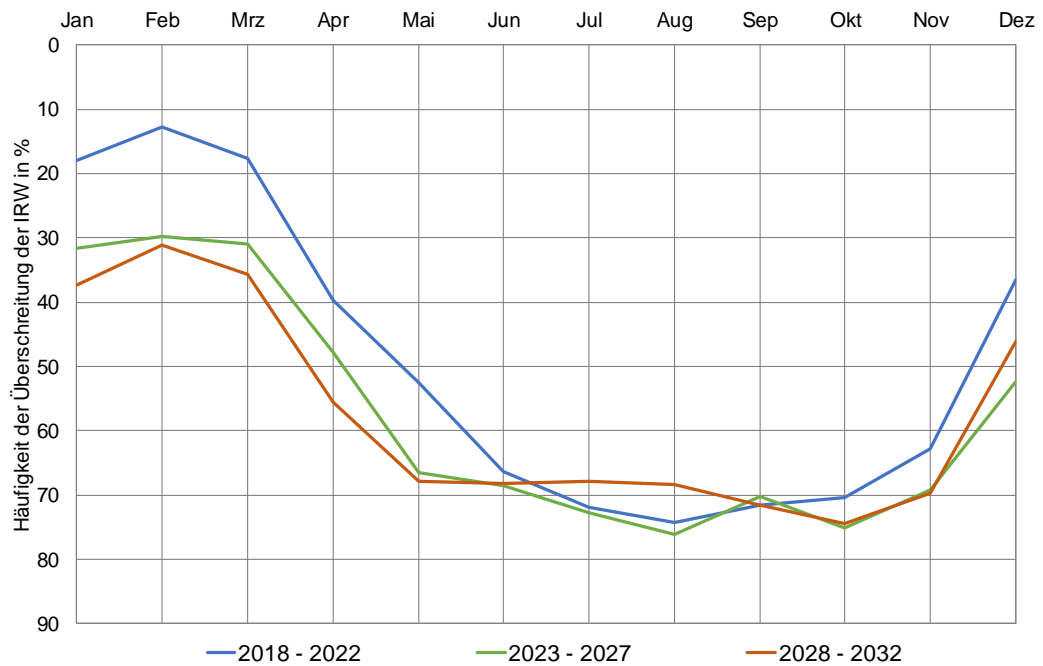


Abbildung 1-24: Monatliche Überschreitungswahrscheinlichkeit der bestehenden Immissionsrichtwerte am Querschnitt Rahnsdorf für die Perioden 2018 – 2022, 2023 – 2027 und 2028 - 2032.

Prognose der 90 %-Perzentile der monatlichen Sulfatkonzentrationen

In Abbildung 1-25 sind die 90 %-Perzentile der monatlichen Sulfatkonzentrationen für den Querschnitt Rahnsdorf für die drei Betrachtungsperioden dargestellt.

Prinzipiell werden die Aussagen aus dem vorhergehenden Abschnitt hier bestätigt. Am Querschnitt Rahnsdorf zeigt sich dabei, dass der bestehende Immissionsrichtwert (220 mg/L) für das 90 %-Perzentil in allen Perioden überschritten wird. Zwischen den Perioden sind geringe Abweichungen zu erkennen.

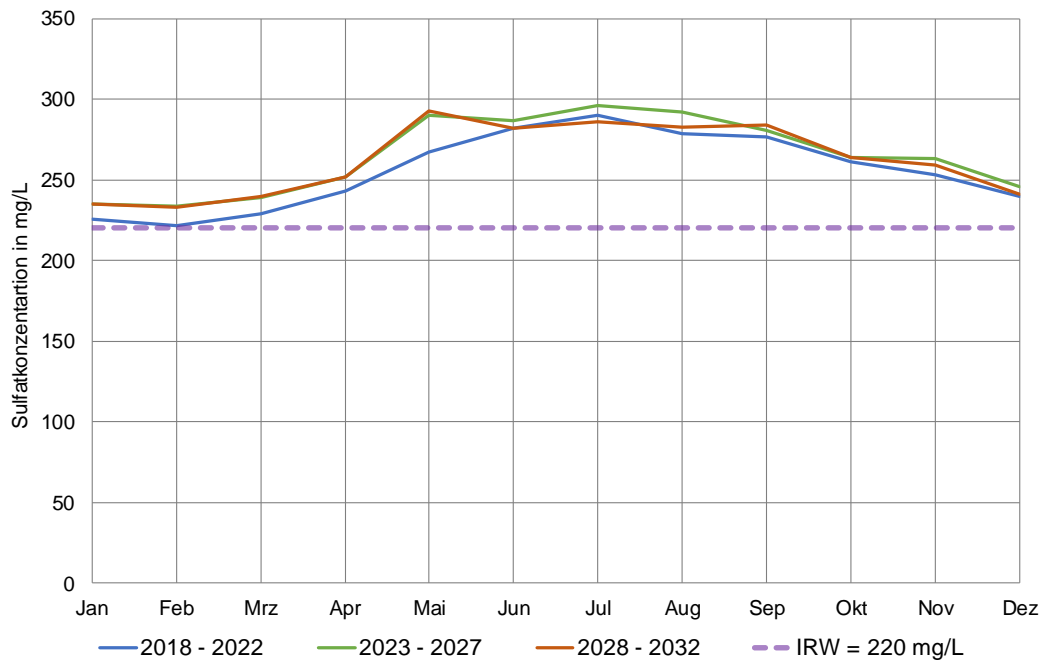


Abbildung 1-25: 90 %-Perzentile der monatlichen Sulfatkonzentrationen am Querschnitt Rahnsdorf für die Perioden 2018 – 2022, 2023 – 2027 und 2028 – 2032 im Vergleich zum Immissionsrichtwert (gestrichelte Linie).

Zusammenfassend sind in Tabelle 1-18 die 90 %-Perzentile der jährlichen Sulfatkonzentrationen am Querschnitt Rahnsdorf für die drei Perioden aufgeführt.

Tabelle 1-18: 90 %-Perzentile der jährlichen Sulfatkonzentrationen am Querschnitt Rahnsdorf.

| Zeitbezug | 90 %-Perzentil |
|------------------------|----------------|
| Prognose (2018 – 2022) | 262 mg/L |
| Prognose (2023 – 2027) | 270 mg/L |
| Prognose (2028 – 2032) | 267 mg/L |

Eine zusätzliche Betrachtung der vorhandenen Immissionsrichtwerte am Querschnitt Rahnsdorf kann in Abschnitt 3.4 gefunden werden, wobei die Querschnitte Spremberg-Wilhelmsthal, Leibsch UP und Neubrück in die Untersuchungen einbezogen werden.

Arbeitspaket/ Fachlos 2

2 Feinkonzept zur Überprüfung bzw. Ermittlung der Richt- und Maßnahmewerte für den Parameter Sulfat

Im Rahmen der Prüfung und Ermittlung von Zielwerten für die Sulfatkonzentration in der Spree sollen die nachfolgend aufgeführten Fragestellungen beantwortet werden:

1. Überprüfung der vorhandenen (Immissions-)Richtwerte
2. Wirkung des Immissionsrichtwertes in Spremberg-Wilhelmsthal auf die Sulfatkonzentration in der Spree
3. Ermittlung von Maßnahmewerten auf der Basis von separaten Gefährdungsabschätzungen der Wasserwerke

Für die Untersuchungen soll das im Auftrag der Bundesländer Brandenburg und Berlin entwickelte Sulfatprognosemodell Spree (WBalMo SPM) angewendet werden (DHI WASY, 2017a). Vor der Anwendung des WBalMo SPM sind zunächst Modellanpassungen vorzunehmen. Im nächsten Schritt kann schließlich die Überprüfung bzw. Ermittlung der Richt- und Maßnahmewerte für den Parameter Sulfat erfolgen. Die Bearbeitungsetappen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Modellanpassungen
 - Definition eines Basisszenarios
 - Aktualisierung der Modelldaten
- Überprüfung der Modellanpassungen
- Ermittlung der Richtwerte
- Ermittlung der Maßnahmewerte

Die nachfolgenden Abschnitte fassen die dafür notwendigen Arbeitsschritte zur Beantwortung der Fragestellungen zusammen. Eine detaillierte Beschreibung der methodischen Einzelheiten erfolgt schließlich in Kapitel 3, in welchem die Bearbeitung der jeweiligen Punkte dokumentiert ist.

Modellanpassungen

Definition eines Basisszenarios (Abschnitt 3.1)

Das Szenario 4 (DHI WASY, 2017a), bzw. REAL16 (DHI WASY, 2017b), soll als Basisszenario die Grundlage für die Überprüfung bzw. Ermittlung der Richt- und Maßnahmewerte bilden. Entsprechend der Leistungsbeschreibung (LfU / MLUL, 2018) ist

- das Basisszenario mit dem Ziel zu überarbeiten, dass es die wahrscheinlichste, zukünftig zu erwartende Entwicklung hinsichtlich der verfügbaren Steuerungsoptionen im Spreegebiet repräsentiert und
- die Auswertung für die Teilzeiträume 2018 – 2022, 2023 – 2027 und 2028 – 2032 durchzuführen.

Aktualisierung der Modelldaten (Abschnitt 3.2)

Bevor das WBalMo SPM angewendet werden kann, sind eine Reihe von Aktualisierungen und Erweiterungen im Modell vorzunehmen. Diese umfassen:

- Aktualisierungen aus dem WBalMo Ländermodell (Versorgungsbilanzen der LEAG, Eckdaten der LMBV, SB Bärwalde, TS Spremberg, Cottbuser Ostsee, Änderungen zu Dargebotsbilanzen)
- Aktualisierung der Kalibrierung des Modells für die Grundwasserbeeinflussung in den SB Lohsa II und Burghammer

- Indikatoren (Anpassung und Erweiterung der vorhandenen Registrierungen für die Auswertung der Modellergebnisse, z. B. Immissionsrichtwerte, Perioden)
- Aktualisierung der Sulfatmissionen und Volumenströme in Abstimmung mit den Projektbeteiligten
- Aktualisierung der Sulfatkonzentrationen im Grundwasserzustrom zu den SB Lohsa II und Burghammer

Überprüfung der Modellanpassungen (Abschnitt 3.3)

Die im Zuge der Aktualisierung und Erweiterung vorgenommenen Änderungen sollen auf ihre Wirkung geprüft werden. Die Prüfung umfasst die folgenden Arbeitsschritte:

- Initiale Sulfatkonzentrationen in Speichern mit Frachtsimulation
 - Ausgabe der Sulfatkonzentration an den Periodengrenzen für 10 Realisierungen
- Überprüfung der Kalibrierung des Modells für die Grundwasserbeeinflussung in den SB Lohsa II und Burghammer
 - Vergleich der gemessenen und aus gemessenen Randbedingungen berechneten Wasserstände
- Überprüfung der Modellerweiterung für den Querschnitt Rahnsdorf (s. Abschnitt 1.1.3)
 - Vergleich gemessener Sulfatkonzentrationen für Rahnsdorf mit aus gemessenen Randbedingungen berechneten Sulfatkonzentrationen

Ermittlung der Richtwerte (Abschnitt 3.4)

Die Ermittlung der Richtwerte erfolgt in zwei Etappen, wobei zunächst die Überprüfung der vorhandenen (Immissions-)Richtwerte und anschließend die Wirkung des Immissionsrichtwertes in Spremberg-Wilhelmsthal auf die Sulfatkonzentration in der Spree untersucht wird.

Überprüfung der vorhandenen (Immissions-)Richtwerte durch

- Prognose der monatlichen Überschreitungswahrscheinlichkeiten (UeWK) der bestehenden Immissionsrichtwerte an den Profilen Spremberg-Wilhelmsthal (450 mg/L), Leibsch (300 mg/L), Neubrück (280 mg/L) und Rahnsdorf (220 mg/L) für die drei Zeiträume 2018 - 2022, 2023 - 2027 und 2028 – 2032,
- Prognose der monatlichen Sulfatkonzentrationen für 90 %-Perzentile der Überschreitungswahrscheinlichkeit (UWK) an den Profilen Spremberg-Wilhelmsthal, Leibsch, Neubrück und Rahnsdorf für die drei Zeiträume 2018 - 2022, 2023 - 2027 und 2028 – 2032.

Wirkung des Immissionsrichtwertes in Spremberg-Wilhelmsthal auf die Sulfatkonzentration in der Spree

Die Untersuchungen umfassen dabei:

- 5 Variantenrechnungen mit verändertem Immissionsrichtwert in Spremberg-Wilhelmsthal,
- 90 %-Perzentile der Sulfatkonzentration an den Profilen Spremberg-Wilhelmsthal, Leibsch, Neubrück und Rahnsdorf für die drei Zeiträume 2018 - 2022, 2023 - 2027 und 2028 – 2032,
- Ableitung eines Vorschlages für den Immissionsrichtwert in Spremberg-Wilhelmsthal und Berechnung der zugehörigen 90 %-Perzentile der Sulfatkonzentration.

Ermittlung der Maßnahmewerte

Im Rahmen der Ermittlung von Maßnahmewerten sind folgende Arbeiten durchzuführen:

- Ausgehend von den Vorgaben zu tolerierbaren Sulfatkonzentrationen an den Rohwasserentnahmestellen sind zunächst Maßnahmewerte für die beiden Querschnitte Rahnsdorf und Neubrück abzuleiten → abgeschätzte Auf- oder Abschläge aus den Frachtbilanzgleichungen,
- Aus den Richtwertbeziehungen sind Maßnahmewerte für die Querschnitte Leibsch und Spremberg-Wilhelmsthal zu ermitteln,
- monatliche Überschreitungswahrscheinlichkeiten für die Maßnahmewerte an den Profilen Spremberg-Wilhelmsthal, Leibsch, Neubrück und Rahnsdorf für die drei Zeiträume 2018 - 2022, 2023 - 2027 und 2028 – 2032 sind auszuwerten.

Die Ermittlung der Maßnahmewerte ist Bestandteil der kommenden Leistungsphase 2 und wird im Rahmen der hier dokumentierten Arbeiten somit nicht näher erläutert.

3 Leistungsphase 1: Prüfung und Ermittlung der Richtwerte

3.1 Szenariodefinition Basisszenario

Das Szenario 4 (DHI WASY, 2017a), bzw. REAL16 (DHI WASY, 2017b), soll als Basisszenario die Grundlage für die Überprüfung bzw. Ermittlung der Richt- und Maßnahmewerte bilden. Entsprechend der Leistungsbeschreibung (LfU / MLUL, 2018) ist

1. das Basisszenario mit dem Ziel zu überarbeiten, dass es die wahrscheinlichste, zukünftig zu erwartende Entwicklung hinsichtlich der verfügbaren Steuerungsoptionen im Spreengebiet repräsentiert und
2. die Auswertung für die Teilzeiträume 2018 – 2022, 2023 – 2027 und 2028 – 2032 durchzuführen.

In Anlehnung an Tabelle 66 bis 69 und 74 in (DHI WASY, 2017a) bzw. 2-2 in (DHI WASY, 2017b) sind in der folgenden Tabelle die Szenarioparameter enthalten, die in Bezug auf:

- REAL16 über die bisherigen Werte der Parameter aus (DHI WASY, 2017a) informieren,
- die Teilzeiträume 2018 – 2022, 2023 – 2027 und 2028 – 2032 zwischen Auftraggeber und Projektbeteiligten abgestimmt wurden.

Tabelle 3-1: Parameter für die Definition des Basisszenarios.

| Kurzbezeichnung | REAL16 | 2018-2022 | 2023-2027 | 2028-2032 |
|--------------------------------|---------------------|------------------------|---------------|----------------|
| Sulfatverdünnung | <i>Ja</i> | Ja | Ja | Ja |
| SB Bärwalde | <i>1. Priorität</i> | 1. Priorität | 1. Priorität | 1. Priorität |
| TS Bautzen und Quitzdorf | <i>2. Priorität</i> | 2. Priorität | 2. Priorität | 2. Priorität |
| Neißeüberleitung | <i>RLK-Flutung</i> | RLK-Flutung | RLK-Nachsorge | RLK- Nachsorge |
| WSS Lohsa II | | | | |
| Speicherbetrieb | <i>nein</i> | nein | Ja | Ja |
| Abgabekapazität | <i>7 m³/s</i> | 7 m³/s ²⁾ | 7 m³/s | 7 m³/s |
| Sulfatsteuerung | <i>Ja</i> | Ja | Ja | Ja |
| Durchleitung SB Lohsa II | <i>Ja</i> | Ja | Ja | Ja |
| Durchleitung SB Burghammer | <i>Ja</i> | Ja | Ja | Ja |
| Initiale Sulfatkonzentrationen | | | | |
| SB Lohsa II | <i>300 mg/l</i> | 252 mg/L ³⁾ | Simulation | Simulation |
| SB Burghammer | <i>300 mg/l</i> | 361 mg/L | Simulation | Simulation |
| Schlabendorfer See | | | | |
| Sulfatsteuerung | <i>Ja</i> | Ja | Ja | Ja |
| Mindestabgabe Eisen | <i>0,1 m³/s</i> | 0,1 m³/s | 0,1 m³/s | 0,1 m³/s |

| Kurzbezeichnung | REAL 16 | 2018-2022 | 2023-2027 | 2028-2032 |
|--|-------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Cottbuser Ostsee | | | | |
| Flutung mit/ohne Spreewasser | Nachsorge | Flutung mit | Nachsorge | Nachsorge |
| Sulfatsteuerung | Ja | Entfällt | Nein | Nein |
| Mengenbewirtschaftung auf 62,5 m NHN (± 0,5 m) | Entfällt | Entfällt | Ja | Ja |
| Mindestabgabe Fischeaufstieg | 0,3 m³/s | Entfällt | 0,3 m³/s | 0,3 m³/s |
| Restlochkette | | | | |
| Flutung/ Nachsorge | Flutung | Flutung | Speicherbetrieb | Speicherbetrieb |
| Nutzraum im Speicherbetrieb | Entfällt | Entfällt | 15 Mio. m³ | 15 Mio. m³ |
| Klinger See | | | | |
| Flutung mit/ohne Spreewasser | Flutung mit | Flutung ohne | Flutung ohne | Nachsorge |
| Flutungsmenge Spreewasser | 0,28 m³/s | 0,00 m³/s | 0,00 m³/s | 0,00 m³/s |
| Diffuse Einträge | | | | |
| Diffuse bergbauliche Einträge | Ja | Ja | Ja | Ja |
| Diffuse natürliche Einträge | Ja | Ja | Ja | Ja |
| Tranitzrückverlegung | | | | |
| Anschluss Oberlauf an Tranitz zwischen den Tagebauen | 2018 | Nach 2023 ¹⁾ | Nach 2023 ¹⁾ | Nach 2023 ¹⁾ |
| Malxe | | | | |
| Anschluss Oberlauf an Malxe & Spree | 2028 | Nach 2028 ¹⁾ | Nach 2028 ¹⁾ | Nach 2028 ¹⁾ |

¹⁾ von LfU

²⁾ gemäß Abstimmung mit LMBV und LfU werden die Einschränkungen im Jahr 2020 und 2021 wegen des Ausbaus der Kleinen Spree nicht berücksichtigt

³⁾ Messwerte Anfang 2018

3.2 Modellanpassungen des WBaIMo SPM

3.2.1 Aktualisierungen aus dem WBaIMo Ländermodell

SB Bärwalde

Modellaktualisierungen wurden beim SB Bärwalde vorgenommen. Hintergrund ist, dass beim SB Bärwalde aktuell von einer geringeren Speicherlamelle ausgegangen wird. Das hat zur Folge, dass der Speicherinhalt und die Abgabeelemente 4.004, 4.3, 4.41 und 4.6 angepasst werden müssen. Die Tabelle 3-2 und Tabelle 3-3 enthalten die entsprechenden Angaben.

Tabelle 3-2: Nutzbarer Speicherinhalt und Zielwert der Auffüllung beim Abgabeelement 4.004 und 4.6 des SB Bärwalde für das SPM 2016 und SPM 2018.

| | SPM 2016 | | SPM 2018 | |
|---|----------|---------|----------|---------|
| | Bis 2022 | Ab 2023 | Bis 2022 | Ab 2023 |
| Nutzbarer Speicherinhalt und Zielwert der Auffüllung beim Abgabeelement 4.004 und 4.6 | 17,7 | 25,46 | 12,58 | 19,012 |

Tabelle 3-3: Absenkziele der Abgabeelemente 4.3 und 4.41 des SB Bärwalde für das SPM 2016 und SPM 2018.

| Monat | SPM 2016 | | SPM 2018 | |
|-------|----------|---------|----------|---------|
| | Bis 2022 | Ab 2023 | Bis 2022 | Ab 2023 |
| Jan | 0 | 14,003 | 0 | 10,457 |
| Feb | 0 | 17,822 | 0 | 13,308 |
| Mrz | 0 | 21,641 | 0 | 16,160 |
| Apr | 0 | 25,460 | 0 | 19,012 |
| Mai | 15,932 | 22,914 | 11,320 | 17,111 |
| Jun | 12,391 | 17,822 | 8,806 | 13,308 |
| Jul | 7,966 | 11,457 | 5,661 | 8,555 |
| Aug | 3,540 | 5,092 | 2,516 | 3,802 |
| Sep | 1,770 | 2,546 | 1,258 | 1,901 |
| Okt | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Nov | 0 | 5,092 | 0 | 3,802 |
| Dez | 0 | 10,184 | 0 | 7,605 |

Des Weiteren wird beim SB Bärwalde die Bilanz aus Grundwasserzuström und –abstrom berücksichtigt. Die dabei bestehende Abhängigkeit zum Wasserstand im Speicherbecken wird über eine zweidimensionale Interpolation von Wertepaaren aus Wasserständen des SB Bärwalde und jeweiliger Grundwasserbilanz einbezogen. Die Wertepaare wurden aus Ergebnissen von Grundwassermodellen abgeleitet.

Derzeit werden 3 Fälle für die Definition der GW-Bilanzen im SB Bärwalde unterschieden, welche den Flutungsverlauf des TRS Nochten berücksichtigen:

- Bis Flutungsbeginn Nochten: Interpolation anhand GW-Bilanz 1
- Während der Flutung Nochten: Interpolation zwischen GW-Bilanz 1 und 2
- Flutung Nochten abgeschlossen: Interpolation anhand GW-Bilanz 2

Die angepassten Werte für die GW-Bilanz 1 wirken sich somit auf die Zeiträume vor und während der Flutung Nochten aus. Durch die zusätzliche Stützstelle bei 124,0 m NHN erfolgt die lineare Interpolation schließlich in zwei Stufen:

- zwischen 123,7 und 124,0 m NHN und
- zwischen 124,0 und 125,0 m NHN.

Die GW-Bilanz 2 beschreibt die Grundwasserbilanz im Endzustand.

Tabelle 3-4: GW-Bilanz des SB Bärwalde.

| Wasserstand [m NHN] | Bis Flutungsbeginn Nochten (Jan 2046) | Während der Flutung Nochten | Flutung Nochten abgeschlossen |
|------------------------|--|--|----------------------------------|
| | GW-Bilanz 1 [m³/s] | GW-Bilanz [m³/s] | GW-Bilanz 2 [m³/s] |
| 123,0 | -0,400 | Lineare Interpolation zwischen GW-Bilanz 1 und 2 | 0,096 |
| 123,7 | -0,400 | | 0,047 |
| 124,0 | -0,498 | | 0,026 |
| 125,0 | -0,743 | | -0,045 |

TS Spremberg

In DHI WASY (2017) wurden Änderungen am Ländermodell Spree/ Schwarze Elster bezüglich der TS Spremberg vorgenommen. Hintergrund war, dass die Verweilzeit des zugeflossenen Wassers in der TS Spremberg nicht unter eine empfohlene Dauer fallen soll. Dazu wurde festgelegt, eine nachrangige Verwendung des Betriebsraumes der TS Spremberg im Bereich von 89,0 m NHN bis 90,0 m NHN gegenüber den Betriebsräumen der Talsperren Bautzen und Quitzdorf (hier nur Vorhaltemenge von 20 Mio. m³), des Speicherbeckens Bärwalde und des Wasserspeichersystem Lohsa II zu realisieren. Dies bedeutet, dass die TS Spremberg bei einem Inhalt von unter 90,0 m NHN nur dann für Abgaben herangezogen wird, wenn die oben genannten Speicherräume für die Bedarfsdeckung nicht ausreichen.

Diese Anforderungen wurden wie folgt realisiert:

- Vorrangige Einspeicherung der TS Spremberg bis 90,0 m NHN (Abgabeelemente 6.31 und 6.411) in den Monaten September und Oktober
- Neue DYN-Elemente zur Verhinderung von Abgaben bei Rückfüllung auf 90,0 m NHN (*dyn0440_0000_00_ZRueckTSSpr* und *dyn0448_3970_00_ZRueckTSSpr*) in den Monaten September und Oktober
- Anpassung von DYN-Elementen zur Modifikation der proportionalen Belastung der Speicher für Brandenburg/Berlin je nach Wasserstand in der TS Spremberg (*dyn0441_0000_00_dyn014_propZRueckSpre* und *dyn0448_4000_00_dyn014_1_propRSprewld*)

Anhand aktueller Vermessungsdaten beträgt der Betriebsraum der TS Spremberg von 90,0 m NHN bis 92,0 m NHN 11,48 Mio. m³. Einschließlich der Lamelle von 89,0 m NHN bis 90,0 m NHN vergrößert sich das Volumen auf einen Maximalwert von 15,46 Mio. m³. Das sind etwa 4,0 Mio. m³ weniger Nutzraum, als der, der auf Basis der alten Wasserstands-Inhaltsbeziehung bisher für die Talsperre angesetzt worden war. Vor diesem Hintergrund wurden die Nutzraumgrenze im WBalMo und die Abgabeelemente entsprechend angepasst (Tabelle 3-5).

Tabelle 3-5: Aktuelle monatliche Abgabeelemente (AB) und Nutzraumgrenzen der TS Spremberg.

| Monat | AB 6.3 | AB 6.31 | AB 6.41 | AB 6.411 | AB 6.5 | NG |
|-------|--------|---------|---------|----------|--------|-------|
| Jan | 11,73 | 3,98 | 11,73 | 3,98 | 14,11 | 14,11 |
| Feb | 13,79 | 3,98 | 13,79 | 3,98 | 14,11 | 14,11 |
| Mrz | 15,46 | 3,98 | 15,46 | 3,98 | 15,46 | 15,46 |
| Apr | 15,46 | 3,98 | 15,46 | 3,98 | 15,46 | 15,46 |
| Mai | 14,31 | 3,98 | 14,31 | 3,98 | 15,46 | 15,46 |
| Jun | 12,02 | 3,98 | 12,02 | 3,98 | 15,46 | 15,46 |
| Jul | 9,15 | 3,98 | 9,15 | 3,98 | 15,46 | 15,46 |
| Aug | 6,28 | 3,98 | 6,28 | 3,98 | 15,46 | 15,46 |
| Sep | 0 | 3,98 | 0 | 3,98 | 15,46 | 15,46 |
| Okt | 0 | 3,98 | 0 | 3,98 | 15,46 | 15,46 |
| Nov | 6,56 | 3,98 | 6,56 | 3,98 | 14,11 | 14,11 |
| Dez | 9,14 | 3,98 | 9,14 | 3,98 | 14,11 | 14,11 |

Die Abgaben der TS Spremberg erfolgen mit den Abgabeelementen 6.3 und 6.41 (Abgabe für Berlin/ Brandenburg und Stützung Spreewald). Die Absenkziele für die Monate Januar bis August sowie November und Dezember liegen innerhalb des Betriebsraums von 90,0 m NHN bis 92,0 m NHN. In den Monaten September und Oktober erfolgt die Absenkung bis 89,0 m NHN.

Nach der Bilanzierung der Nutzer erfolgt die Rückfüllung in zwei Schritten. Im ersten Schritt wird über die Abgabeelemente 6.31 und 6.411 eine prioritäre Rückfüllung bis 90,0 m NHN durchgeführt. Dabei wird über die DYN-Elemente *dyn0440_0000_00_ZRueckTSSpr* und *dyn0448_3970_00_ZRueckTSSpr* verhindert, dass Abgaben bei Rückfüllung auf 90,0 m NHN erfolgen. Anschließend erfolgt die proportionale Rückfüllung über die Abgabeelemente 6.4 und 6.42. Diese beiden Abgabeelemente sind in der Tabelle 3-5 nicht enthalten, da die Rückfüllungen nicht auf einen festen Wert erfolgen, sondern auf den Speicherinhalt vor den Abgaben. Das hat den Hintergrund keine unerlaubten Einspeicherungen zuzulassen, die über die realisierten Abgaben hinausgehen.

Das Abgabeelement 6.5 steuert die Rückfüllung der TS Spremberg vor den Flutungen in Sachsen.

Versorgungsbilanzen der LEAG

Die Versorgungsbilanzen geben Auskunft über die Wassernutzungen der LEAG im Spree- und Schwarze-Elster-Gebiet. Dabei werden Prognosen bis 2052 gegeben, wie die Grundwasserhebungen verteilt und verwendet werden. Des Weiteren wird der Wasserbedarf der Kraftwerke berücksichtigt.

Die Tabelle 3-6 gibt Auskunft darüber, welche Nutzer im Sulfatprognosemodell aktualisiert wurden. Grundlage für die Aktualisierung bildeten die Versorgungsbilanzen vom Dezember 2018.

Weitere Informationen bzgl. der Sulfatkonzentrationen und Volumenströme gibt Tabelle 3-18.

Tabelle 3-6: Änderungen im WBalMo SPM auf Basis der Versorgungsbilanzen.

| Nutzer | Kommentar |
|--------|--|
| 137.1 | Kraftwerk Boxberg, Entnahme aus der Spree |
| 156.2 | Tagebau Reichwalde, Weißer Schöps |
| 159.2 | Kraftwerk Boxberg E/R Schwarzer Schöps |
| 190.2 | Tgb Nochten, GWRA Tzschelln |
| 195.1 | Tagebau Welzow Süd (SZW Schwarze Pumpe) |
| 195.2 | Tagebau Nochten; ÜL Nochten (Ind. Schwarze Pumpe) |
| 195.3 | Industrie Schwarze Pumpe |
| 210.9 | Spreewasserüberleitung zum KW Jänschwalde |
| 231.1 | Tagebau Cottbus Nord, Tranitz |
| 231.2 | Abzug für Infiltration Laßzinswiesen, Tranitz/Malxe, Eigenbedarf, Landwirtschaft |
| 231.3 | Bärenbrücker Teich |
| 232.1 | Tagebau Jänschwalde; Malxe |
| 232.2 | geschlossene Infiltration Laßzinswiesen (aus GWRA) |
| 232.4 | Beregnung Heinersbrück / Jänschwalde |
| 232.5 | (offene) Bewässerung Laßzinswiesen (Pumpwerk Malxe) |
| 232.6 | Kraftwerk Jänschwalde |

Eckdaten der LMBV

Mit den Eckdaten werden die von der LMBV betreuten Tagebaufolgeseen beschrieben. Dabei werden die Angaben über den Flutungsstand übermittelt und in das WBalMo SPM übernommen.

Die Tabelle 3-7 enthält die Felder, die im WBalMo SPM aktualisiert wurden.

Tabelle 3-7: Anhand der Eckdaten vorgenommene Änderungen im WBalMo SPM.

| Bezeichnung | SPM 2016 | SPM 2018 | Kommentar | Einheit |
|-------------|----------|----------|---|---------------------|
| CN539 | 2016.12 | 2018.12 | Stand aktuelle Luft- bzw. Porenvolumina | Jahr/Monat |
| CN401 | 582,4 | 348,4 | Porenraum Restlochkette | Mio. m ³ |
| CN32 | 181,6 | 182,69 | Porenvolumen Scheibe | Mio. m ³ |
| CN33 | 155,1 | 153,9 | Porenvolumen Spreetal-Nordost | Mio. m ³ |
| CN390 | 0,0 | 86,36 | Porenraum Bluno | Mio. m ³ |
| CN402 | 314,9 | 315,2 | Porenraum RL Greifenhain | Mio. m ³ |
| CN403 | 171,6 | 167,9 | Porenraum RL Klettwitz | Mio. m ³ |
| CN515 | 33,12 | 33,87 | aktuelles Luft-(See-)volumen ... Burghammer | Mio. m ³ |
| CN516 | 33,33 | 29,6 | ...Dreiweibern | Mio. m ³ |
| CN517 | 66,8 | 65,62 | ...Lohsa II | Mio. m ³ |
| CN518 | 150,9 | 150,02 | ...Bärwalde | Mio. m ³ |
| CN519 | 403,00 | 443,98 | ...Erweiterte Restlochkette | Mio. m ³ |
| CN520 | 219,58 | 231,86 | ...Greifenhain | Mio. m ³ |
| CN521 | 42,29 | 48,8 | ...Klettwitz | Mio. m ³ |
| CN522 | 107,31 | 106,43 | ...Scheibe | Mio. m ³ |
| CN523 | 84,2 | 84,19 | ... Spreetal-Nordost | Mio. m ³ |
| CN524 | 46,96 | 49,91 | ...Klinge | Mio. m ³ |
| CN525 | 91,32 | 91,04 | ...Gräbendorf | Mio. m ³ |
| CN526 | 102,0 | 102,1 | ...Seese/ Schlabendorf | Mio. m ³ |
| CN393 | 107,5 | 105,94 | ... Bluno | Mio. m ³ |
| CN530 | 7,35 | 7,76 | Aktuelles Porenvolumen ... Greifenhain | Mio. m ³ |
| CN531 | 11,4 | 0 | ... Klettwitz | Mio. m ³ |
| CN535 | 9,32 | 0 | ...Gräbendorf | Mio. m ³ |
| CN391 | 1,9 | 0 | ...Bluno | Mio. m ³ |
| CN533 | 15,99 | 14,94 | ... Spreetal-Nordost | Mio. m ³ |
| CN546 | -2017.01 | -2019.01 | IST-Datum erster Vollfüllung ... Erweiterte Restlochkette | Jahr/Monat |
| CN547 | -2017.01 | -2019.01 | ...Greifenhain | Jahr/Monat |
| CN550 | -2017.01 | -2019.01 | ... Spreetal-Nordost | Jahr/Monat |

| Bezeichnung | SPM 2016 | SPM 2018 | Kommentar | Einheit |
|-------------|----------|----------|--|---------------------|
| CN551 | -2017.01 | -2019.01 | ...Klinge | Jahr/Monat |
| CN554 | -2017.01 | -2019.01 | ...Lugteich | Jahr/Monat |
| CN558 | -2017.01 | -2019.01 | ...Lohsa II | Jahr/Monat |
| CN560 | -2017.01 | -2019.01 | ...Hermannsdorfer See | Jahr/Monat |
| CN388 | -2017.01 | -2019.01 | ...Bluno | Jahr/Monat |
| CN563 | 57,54 | 51,00 | Grenzvolumen: ... Klinge | Mio. m ³ |
| CN566 | 507,2 | 495,9 | ... Erweiterte Restlochkette | Mio. m ³ |
| CN570 | 0,9 | 1,3 | ...Kortitzmühle | Mio. m ³ |
| CN386 | 110,4 | 110,7 | ...Bluno | Mio. m ³ |
| CN592 | 109,7 | 108,61 | Luftvolumen(-defizit) ...Scheibe | Mio. m ³ |
| CN589 | 576,9 | 578,7 | Luftvolumen(-defizit) ... Erweiterte Restlochkette | Mio. m ³ |
| CN590 | 293,9 | 293,6 | Luftvolumen(-defizit) ...Greifenhain | Mio. m ³ |
| CN591 | 46,9 | 50,8 | Luftvolumen(-defizit) ...Klettwitz | Mio. m ³ |
| CN593 | 89,1 | 90,3 | Luftvolumen(-defizit) ... Spreetal-Nordost | Mio. m ³ |
| CN596 | 108,7 | 108,6 | Luftvolumen(-defizit) ...Seese/ Schlabendorf | Mio. m ³ |
| CN394 | 135,5 | 17,34 | Luftvolumen(-defizit) ... Bluno | Mio. m ³ |
| CN574 | 2018.12 | 2019.04 | Grenzvolumen bis ... für ... Klinge | Jahr/Monat |
| CN577 | 2019.03 | 2020.12 | ... Restlochkette | Jahr/Monat |
| CN581 | 2007.12 | 2018.12 | ... Kortitzmühle/ Lugteich | Jahr/Monat |
| CN385 | 2019.03 | 2020.05 | ... Bluno | Jahr/Monat |
| CN40 | 2015.07 | 2017.01 | Flutungs- und Überleitungsbeginn Neißewasserüberleitung | Jahr/Monat |
| CN47 | 2020.01 | 2019.04 | Flutungs-/Überleitungsbeginn Restloch Cottbus-Nord | Jahr/Monat |
| CN406 | 2018.01 | 2018.08 | Flutungsbeginn Hermannsdorfer See | Jahr/Monat |
| CN62 | 684 | 685 | Seefläche Restloch Scheibe | ha |
| CN66 | 621 | 617 | Seefläche Restloch Seese/ Schlabendorf (Dobra) | ha |
| CN68 | 965 | 969 | Seefläche Restloch Berzdorf | ha |

Cottbuser Ostsee

Bisher wurde der Cottbuser Ostsee (CBOS) im WBalMo SPM als Speicher bewirtschaftet. Um jedoch eine verbesserte Übereinstimmung des WBalMo SPM an das jetzige WBalMo LM180322_03 zu erhalten, wurde eine zusätzliche Option im WBalMo SPM integriert, welche die Bewirtschaftung des CBOS als See zulässt. Der CBOS kann somit sowohl als Speicher als auch als See im WBalMo SPM bewirtschaftet werden.

Für die aktuellen Betrachtungen erfolgt die Bewirtschaftung des CBOS als See. Dabei wird von einem Zielwasserstand von 62,5 m NHN \pm 0,5 m und einer konstanten Ableiterkapazität von 0,8 m³/s ausgegangen.

Im Modell unterscheidet sich die Bewirtschaftung des CBOS als See oder Speicher in Bezug auf die Steuerung des oberen Stauziels (bzw. Zielwasserstandes). Während das obere Stauziel bei der Speicherbewirtschaftung nicht überschritten werden darf, kann der Wasserstand bei der Seebewirtschaftung den Zielwasserstand übersteigen (bis zu einem festgelegten höchsten Wasserstand), um die maximale Abflusskapazität nicht zu überschreiten. Der Ansatz soll eine möglichst realitätsnahe Abbildung des um den Zielwasserstand von 62,5 m NHN mit \pm 0,5 m frei schwankenden Wasserstandes gewährleisten.

Konkret bedeutet dies für die hier betrachtete Variante, dass das Seevolumen im CBOS bei einem Wasserspiegel größer 62,5 m NHN voll ausgeschöpft werden darf (theoretisch bis zu einem Wasserspiegel von 63,5 m NHN), um die Ableiterkapazität von 0,8 m³/s zu gewährleisten.

Um die Bewirtschaftung des CBOS als See oder Speicher im Modell zu erlauben wurden Anpassungen in den folgenden DYN-Elementen und Modulen vorgenommen:

- dyn0010_0000_02_dyn004_maxVolQabBCLBH.for
- dyn0010_0000_06_dyn006_DRWuTrgk.for
- dyn0300_0000_02_dyn013_StauzlBBBE.for
- dyn0448_2000_02_dyn013_3_GGrTraenke.for
- dyn0701_1000_00_dyn020_1_RLCottbS.for
- dyn1005_0000_03_dyn005_FuellL2BwCB.for
- allgemein.for
- greybox.for
- greyboxdata.for

Im Zuge der Anpassung wurde das Bilanzprofil 238 mit der Bezeichnung „Hammergraben uh. Mündung Schwarzer Graben“ neu angelegt und die Mündung des Schwarzen Grabens (Ableiter Cottbuser Ostsee) in den Hammergraben zwischen diesem und dem bereits vorhandenen Bilanzprofil 237 „Hammergraben obh. Mündung“ verschoben. Dies ermöglicht schließlich eine Unterscheidung der Durchflüsse im Hammergraben vor und nach Einleitung des Schwarzen Grabens.

Weiterhin wurden die in Tabelle 3-8 aufgeführten Modellelemente für die Bewirtschaftung des CBOS als See angepasst und teils neu angelegt. Konstante 822 wird dabei nur in der Variante mit Seebewirtschaftung berücksichtigt.

Tabelle 3-8: Übersicht der geänderten sowie neuen Modellelemente für die Bewirtschaftung des CBOS als See.

| Typ | Kennzahl | Name | Einheit | Wert | Bemerkung |
|------------|----------|---|---------------------|------|---------------|
| Speicher | 7 | SB Cottbuser See | Mio. m ³ | 9,01 | Wert geändert |
| AB-Element | 7.3 | Speicher Cottbuser See, Mindestinhalte für BB/BE | Mio. m ³ | 0 | Wert geändert |
| AB-Element | 7.41 | Speicher Cottbuser See, Stützung Spreewald | Mio. m ³ | 0 | Wert geändert |
| Konstante | 28 | Kapazität Abfluss CBOS (Option: 1 = max. 2 m ³ /s; 2 = max. 3 m ³ /s; 3 = 2 m ³ /s; 4 = 0,8 m/s) | - | 4 | Wert geändert |
| Konstante | 124 | Zielwasserstand für Flutungsende, Betriebsbereitschaft Cottbuser See | m NHN | 62,5 | Wert geändert |
| Konstante | 821 | Bewirtschaftung CBOS: 0 = See; 1 = Speicher | - | 0 | Neu eingefügt |
| Konstante | 822 | Theoretischer Höchststau CBOS für Seebewirtschaftung | m NHN | 63,5 | Neu eingefügt |
| Konstante | 825 | Dauer Probestauphase 2 | - | 1200 | Wert geändert |

Natürliches Wasserdargebot

Das LfULG hat im Jahr 2015 eine Aktualisierung der oberirdischen Einzugsgebiete (Teileinzugsgebiete (TEZG)) vorgenommen. Danach war eine Aktualisierung der STG-Grenzen einschließlich der Dargebotsdaten der STG 5 bis 10, 31, 42 und 46 erforderlich.

Des Weiteren wurde eine Neukalibrierung des STG 31 vorgenommen. Dabei wurden die Parameter des NAM EGMO überarbeitet und das Dargebot neu ermittelt.

Die Umsetzung ist in DHI WASY 2017 (DHI WASY, 2017) detailliert dokumentiert. An dieser Stelle soll eine Übersicht genügen, die zeigt, welche Änderungen am Modell vorzunehmen waren.

In DHI WASY 2015 (DHI WASY, 2015) wurde die Umsetzung des abgestimmten Konzepts für die Bewirtschaftungs- und Verteilungsregeln für die ERLK und Überprüfung und Überarbeitung der Ansätze im Gebiet der Schwarzen Elster vorgenommen. Die Umsetzung erfolgte in der WBalMo-Variante LM_150902_04, was die Grundvariante für das WBalMo SPM darstellt. Seinerzeit wurde die WBalMo-Variante LM_150902_04 aber nicht durch den Anwenderkreis bestätigt, weswegen eine Einarbeitung erst in der WBalMo-Variante LM170529_02 erfolgte. In diesem Zuge wurden weitere Änderungen an der Dargebotsaufteilung vorgenommen, die für das aktuelle Modell nachgeführt wurden.

Eine Übersicht der vorgenommenen Änderungen für das aktualisierte WBalMo SPM ist Inhalt der Tabelle 3-9. Darin wurden die Simulationsteilgebiete (STG) und Bilanzprofile (BP) benannt, bei denen es Änderungen gab. Detaillierte Informationen können den oben genannten Berichten entnommen werden.

Tabelle 3-9: Dargebotsänderungen hinsichtlich Simulationsteilgebieten (STG) und Bilanzprofilanteilen (BP).

| STG | BP-Kennzahl | Bilanzprofilanteile [-] | | Bemerkung |
|---|-------------|-------------------------|------------------|---|
| | | SPM 2016 | SPM 2018 | |
| 1: Zufluss TS Bautzen | | | | Dargebot aktualisiert |
| 5: Spree, uh. Löbauer Wasser bis Vereinigter Schöps | 130 | 0,0880 | 0,0782 | Dargebot aktualisiert |
| | 132 | 0,553 | 0,7586 | |
| | 136 | 0,249 | 0,03593 | |
| | 137 | 0,110 | 0,1273 | |
| 6: Schwarzer Schöps, TS Quitzdorf bis Mündung | 152.5 | 0,0993 | periodenabhängig | BPAnteile.for; Dargebot aktualisiert |
| | 152.7 | 0,0803 | | |
| | 153 | 0,032 | | |
| | 153.5 | 0,2988 | | |
| | 154 | 0,1932 | | |
| | 155 | 0,0946 | | |
| | 156 | 0,0487 | | |
| | 159 | 0,1531 | | |
| 7: Weißer Schöps, Pegel Särichen bis Mündung | 144 | - | 0,514 | |
| | 145 | - | 0,486 | |
| | 146 | 0,44 | - | |
| | 147 | 0,447 | - | |
| | 156 | 0,113 | - | |
| 8: Kleine Spree, Klix bis SB Lohsa I | 171 | 0,5822 | 0,5453 | |
| | 171.1 | 0,4178 | 0,4547 | |
| 9: Kleine Spree, SB Lohsa I bis Mündung (BP-Anteile im DYN) | 173 | periodenabhängig | periodenabhängig | BPAnteile.for |
| | 175 | | | |
| | 176,39 | | | |
| | 179 | | | |
| | 179,5 | | | |
| | 185 | | | |

| STG | BP-Kennzahl | Bilanzprofilanteile [-] | | Bemerkung |
|---|--------------------|-------------------------|------------------|-------------------|
| | | SPM 2016 | SPM 2018 | |
| | Anteil Scheibe | | | |
| | Anteil Dreiweibern | | | |
| | Anteil Burghammer | | | |
| 10: Spree, Schöpsmündung bis TS Spremberg (Sperrstelle) | 200 | 0,611 | periodenabhängig | BPAnteile.for |
| | 201 | 0,275 | periodenabhängig | |
| 31: Schwarze Elster, Trado bis Pegel Neuwiese (ohne STG 30) | 411 | 0,33 | 0,3514 | Dargebot geändert |
| | 412 | 0,08 | 0,1306 | |
| | 413 | 0,12 | 0,1027 | |
| | 415 | 0,05 | 0,0876 | |
| | 416 | 0,053 | 0,0423 | |
| | 418 | 0,03 | 0,2325 | |
| | 420 | 0,204 | 0,0329 | |
| | 421 | 0,133 | - | |
| | Anteil Bluno | - | 0,02 | |
| 41: Ruhländer Schwarzwasser, Quelle bis Mündung | Anteil Niemtsch | - | 0,01 | |
| 42: Schleichgraben, Quelle bis Mündung | 421 | - | 0,0784 | Dargebot geändert |
| | 425 | 1 | 0,6141 | |
| | Anteil Bluno | - | 0,14 | |
| | Anteil RLK | - | 0,11 | |
| | Anteil Niemtsch | - | 0,06 | |
| 46: Schw. Elster, P. Neuw. bis P. Lauchh. (ab Flutende) (DYN) | Anteil Spreetal NO | 0,025 | 0,01 | Dargebot geändert |
| | Anteil Bluno | 0,322 | 0,14 | |
| | Anteil RLK | 0,518 | 0,17 | |
| | Anteil Niemtsch | 0,135 | 0,1 | |
| | Anteil STG12 | - | 0,113 | |
| | Anteil STG 43 | - | 0,042 | |

Dargebot der Erweiterten Restlochkette

In (DHI WASY, 2017) erfolgte ein Abgleich des Eigendangebotes der Komplexe RLK und Spreetal/Bluno sowie des TRS Spreetal-NO auf die entsprechenden Grundwasserbilanzen von (GUB, 2017). Dafür wurden die entsprechenden Grundwasserbilanzen von GUB (Tabelle 3-10) ermittelt. Die fett markierten Werte wurden für die Variante 0plus aus Grundwasserzustrom, Grundwasserabstrom und Böschungszufluss für die Einzelseen ermittelt. Dabei wurde folgendermaßen vorgegangen:

- Beseitigung von Ausreißern etc. in den von PCGEOFIM ausgegebenen Bilanzen,
- Jahresweise Berechnung der mittleren Grundwasserbilanz für die Jahre 2017 bis 2025,
- Zuordnung der Bilanz von 2017 zu den Perioden 1, 2 und 3 (2003-2017),
- Zuordnung des Mittelwertes der Jahre 2018 bis 2022 zur Periode 4 (2018-2022),
- Zuordnung der als stationär angenommenen Grundwasserbilanz des Jahres 2025 zu den Perioden 5 bis 10.

Demgegenüber wurden die Grundwasserbilanzen aus WBalMo ausgewertet und anschließend der Anpassungsparameter durch Division abgeleitet. Mit Hilfe des Anpassungsparameters werden damit in den WBalMo-Simulationen die gleichen mittleren Grundwasserbilanzen wie aus (GUB, 2017) erreicht.

Tabelle 3-10: Grundwasserbilanzen aus (GUB, 2017) und WBalMo sowie die Anpassungsparameter für die Dargebotsanteile der Tagebaurestseen.

| Tagebaurestsee | Periode | | | | | | | | | |
|---|---------|--------|-------------|------------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Grundwasserbilanzen aus GUB (2017) [l/s] | | | | | | | | | | |
| SB Niemtsch | 107 | 107 | 107 | 174 | 248 | 248 | 248 | 248 | 248 | 248 |
| Komplex RLK | 1036 | 1036 | 1036 | 646 | 1111 | 1111 | 1111 | 1111 | 1111 | 1111 |
| Komplex Spreetal/ Bluno | 309 | 309 | 309 | 309 | 420 | 420 | 420 | 420 | 420 | 420 |
| TRS Spreetal-NO | -4 | -4 | -4 | 24 | 49 | 49 | 49 | 49 | 49 | 49 |
| Grundwasserbilanzen aus WBalMo [l/s] | | | | | | | | | | |
| SB Niemtsch | 215 | 215 | 211 | 204 | 212 | 210 | 209 | 208 | 216 | 211 |
| Komplex RLK | 342 | 342 | 336 | 324 | 336 | 334 | 332 | 330 | 343 | 336 |
| Komplex Spreetal/ Bluno | 347 | 351 | 345 | 332 | 344 | 342 | 340 | 338 | 352 | 345 |
| TRS Spreetal-NO | 15 | 16 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 16 | 15 |
| Anpassungsparameter für die Dargebotsanteile der Tagebaurestseen [-] | | | | | | | | | | |
| SB Niemtsch | 0,496 | 0,496 | 0,505 | 0,854 | 1,169 | 1,18 | 1,186 | 1,191 | 1,147 | 1,174 |
| Komplex RLK | 3,028 | 3,028 | 3,082 | 1,995 | 3,307 | 3,327 | 3,347 | 3,367 | 3,24 | 3,307 |
| Komplex Spreetal/ Bluno | 0,889 | 0,879 | 0,894 | 0,93 | 1,222 | 1,229 | 1,237 | 1,244 | 1,194 | 1,219 |
| TRS Spreetal-NO | -0,258 | -0,253 | -0,258 | 1,591 | 3,196 | 3,217 | 3,217 | 3,239 | 3,115 | 3,196 |

Im WBalMo erfolgte die Ablage dieser Parameter im Modul *BP*Anteile.

Um eine Vergleichbarkeit der Seeverdunstung im WBalMo zu den Daten aus (GUB, 2017) zu erhalten, war es notwendig, für die Seenkomplexe im STG 46 die Seeverdunstung anzupassen. Dafür wurden die Seenflächen in der NAMEGMO-Modellierung herausgenommen und nur noch das Dargebot der restlichen „Landfläche“ berechnet. Die Berechnung der Verdunstung der Seen erfolgt ebenfalls im *dyn0010_0000_04_dyn001_2_DargbtSTG* über eine Niederschlags-Verdunstungs-Bilanz. Dabei werden der Niederschlag und die potentielle Verdunstung aus dem meteorologischen Teilgebiet 12 verwendet.

Die Anpassung des Niederschlags zwischen den Werten von (GUB, 2017) und denen aus SESIM08 wurde nicht vorgenommen. Der Grund ist, dass in SESIM08 die aktuelleren meteorologischen Reihen (bis 2006) zugrunde liegen.

Die Anpassung der Seeverdunstung erfolgt mit Hilfe eines Faktors. Dieser ergab sich aus dem Quotienten der Seeverdunstung (GUB, 2017) und der potentiellen Evapotranspiration aus SESIM08 (Tabelle 3-11). Aus den Vorgaben von GUB für die Seeverdunstung wurden die entsprechenden Werte für eine mittlere Gewässertiefe von 10 m angesetzt. Die Unterschiede zwischen den Verdunstungswerten für eine mittlere Gewässertiefe von 5 m bzw. 15 m betragen in der Jahressumme jeweils 1 mm.

Tabelle 3-11: Monatliche Verdunstungsangaben [mm] auf Basis von GUB (2017) (Seeverdunstung) und SESIM08 (potentielle Evapotranspiration).

| Table | Jan | Feb | Mrz | Apr | Mai | Jun | Jul | Aug | Sep | Okt | Nov | Dez | Summe |
|------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| ETP _{SESIM08} | 12 | 13 | 25 | 52 | 89 | 102 | 107 | 93 | 59 | 31 | 15 | 12 | 610 |
| E(SEE) _{GUB} | 10 | 14 | 26 | 54 | 83 | 100 | 123 | 116 | 81 | 51 | 29 | 17 | 704 |
| Anpassungs-faktor | 0,83 | 1,10 | 1,02 | 1,05 | 0,93 | 0,98 | 1,15 | 1,25 | 1,37 | 1,63 | 1,91 | 1,44 | |

3.2.2 Aktualisierung der Kalibrierung des Modells für die Grundwasserbeeinflussung in den SB Lohsa II und Burghammer

Die Prognose der Volumenströme des Grundwasseraustausches für die SB Lohsa II und Burghammer ist von Bedeutung für die Mischrechnungen der Sulfateinträge. Die sich daraus ergebenden Sulfatkonzentrationen in den SB beeinflussen wesentlich die Prognose der restriktionsfreien Ausleitung aus dem WSS Lohsa II und der Sulfatkonzentration in Spremberg-Wilhelmsthal.

In (DHI WASY, 2017a) ist dokumentiert, wie die Parameter des entsprechenden Modells neu anhand gemessener Wasserstandsentwicklungen kalibriert wurden. Dies wurde notwendig, da mit den in (IWB, 2014a) dokumentierten Parametern nicht die beobachteten Gesamtvolumina (rückgerechnet aus den Wasserspiegeln) sowie nicht die mit dem LMBV-Modell ausgewiesenen Teilzuströme in Größe und Verlauf abgebildet werden können, siehe Abbildung 31 und 32 in (DHI WASY, 2017a).

In (DHI WASY, 2017b), Abschnitt 2.6, wurde deshalb auf die Notwendigkeit weiterer Verbesserungen hingewiesen. Dafür wurden folgende Arbeiten durchgeführt:

- Erstellung eines autonomen reduzierten (Hysterese-)Grundwassermodells mit einer Schnittstelle zu PEST auf der Basis des Modells im WBalMo SPM,

- Verwendung der aktualisierten Konzentrationen für die Grundwasser-Zustrombereiche (konstante Werte oder Ganglinien) auf Grundlage der Monitoring-Auswertung in Kapitel im Abschnitt 3.2.5.,
- Kalibrierung der Modelle für die SB Burghammer und Lohsa II mit erweiterter Datenbasis.

Die Überprüfung der Kalibrierung des Modells für die Grundwasserbeeinflussung in den SB Lohsa II und Burghammer erfolgt in Abschnitt 0.

3.2.3 Indikatoren

Die Prüfung und Ermittlung von Richt- und Maßnahmewerten erfolgen für mittlere monatliche Sulfatkonzentrationen in Bezug auf die Dauer eines Monats. In den Registrierungen des WBalMo SPM wurden dafür Perzentile (Kennzahlen der Wahrscheinlichkeitsverteilung, bspw. 90 %-Perzentil) für die zusätzlichen Perioden angelegt, um die Erweiterung des Auswertzeitraumes für die Ermittlung der Sulfatkonzentrationen für das 90 %-Perzentil zu ergänzen. Wenn im Folgenden von Perzentilen (der Sulfatkonzentration) gesprochen wird, dann ist die Unterschreitungswahrscheinlichkeit in Bezug auf die Sulfatkonzentrationen gemeint. Die Unterschreitungswahrscheinlichkeit gibt an, mit welcher Wahrscheinlichkeit eine Sulfatkonzentration unterschritten oder gerade erreicht wird. Mit der Überschreitungswahrscheinlichkeit wird die Wahrscheinlichkeit angegeben, mit der diese Konzentration überschritten wird.

Die Berechnung der monatlichen Überschreitungswahrscheinlichkeiten erfolgt in gleicher Weise wie in (DHI WASY, 2017a) Abschnitt 3.2, Punkt 1, beschrieben. Beispielhaft dafür ist die Darstellung in Abbildung 3-1.

Die 90 %-Perzentile der monatlichen Sulfatkonzentrationen (90 %ige Unterschreitungswahrscheinlichkeiten) erfolgen gemäß (DHI WASY, 2017a) Abschnitt 3.2, Punkt 2. Beispielhaft dafür ist die Darstellung in Abbildung 3-2.

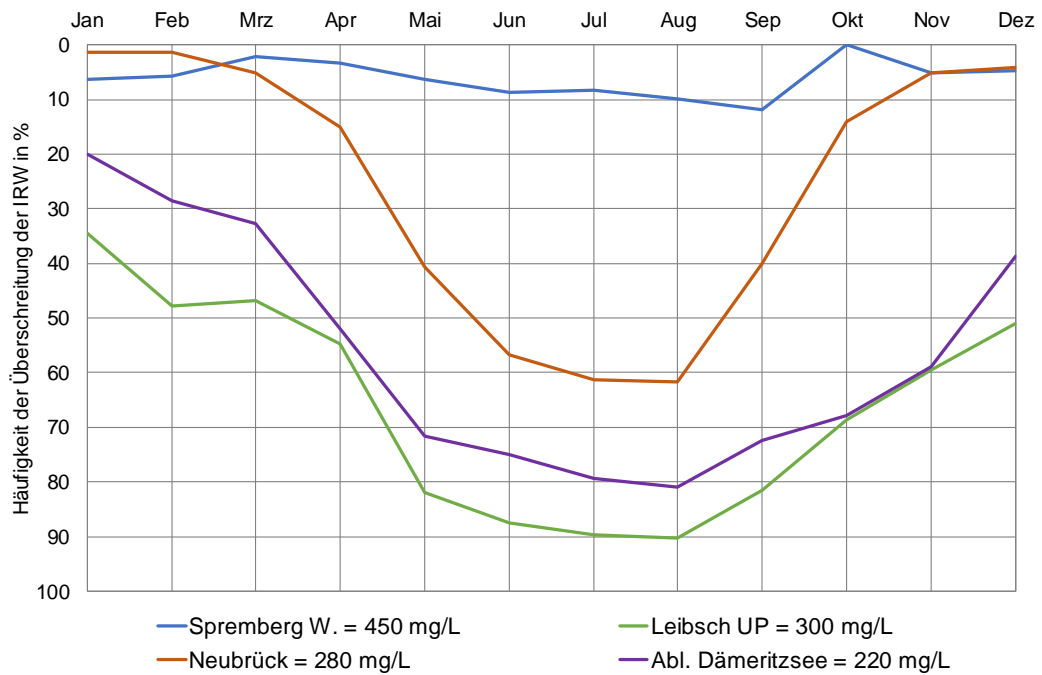


Abbildung 3-1: Beispieldarstellung für die monatliche Überschreitungswahrscheinlichkeit der bestehenden Immissionsrichtwerte.

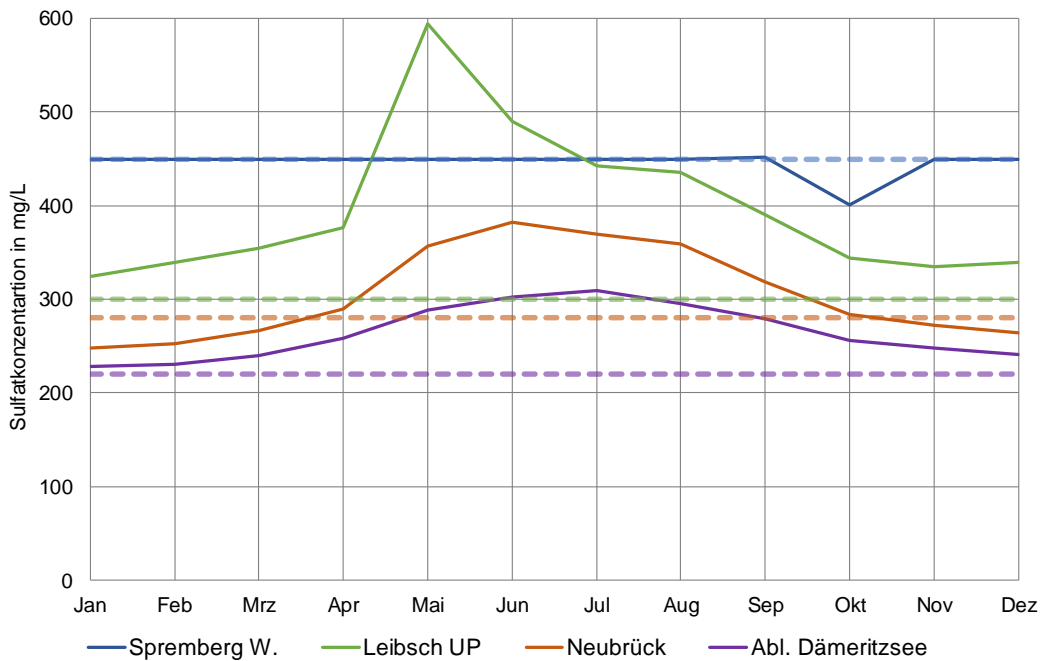


Abbildung 3-2: Beispieldarstellung für 90 %ige Unterschreitungswahrscheinlichkeit der monatlichen Sulfatkonzentrationen (gestrichelt dargestellt wurden die jeweiligen Immissionsrichtwerte).

Die Veranschaulichung der jährlichen Sulfatkonzentrationen erfolgt als Längsschnitt in Form von Box-Plots. Die Box-Plots enthalten neben den Immissionsrichtwerten die 90 %- und 10 %-Perzentile der Sulfatkonzentrationen sowie die Mediane. Beispielhaft dafür ist die Darstellung in Abbildung 3-3.

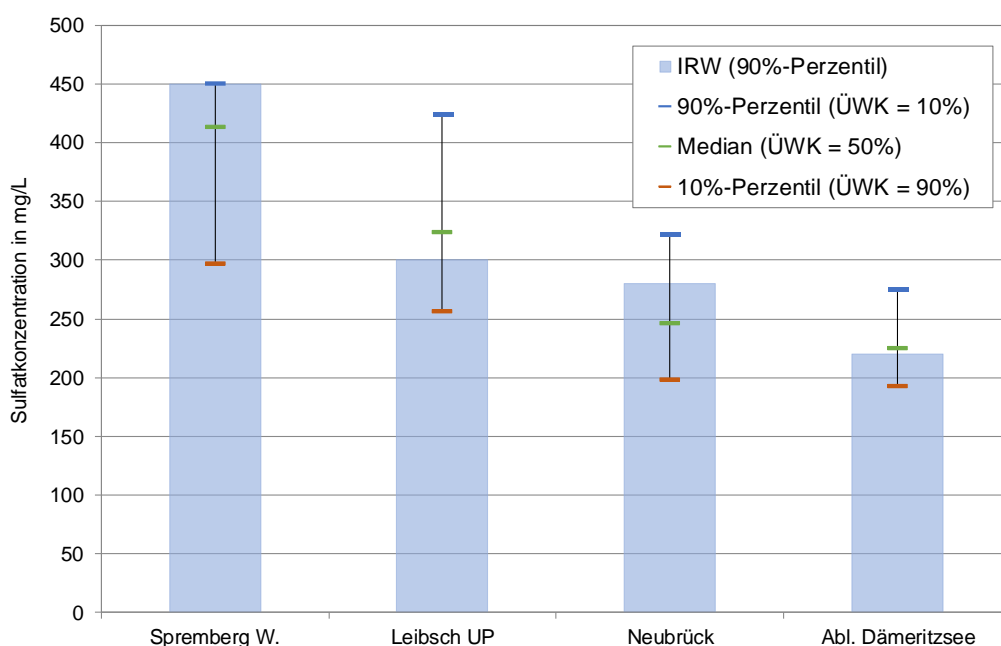


Abbildung 3-3: Beispieldarstellung für die Längsschnitte der 90 %- und 10 %-Perzentile der jährlichen Sulfatkonzentrationen sowie für die Mediane (Unterschreitungswahrscheinlichkeit).

Für die Auswertung der Modellergebnisse wurden die im WBaMo SPM vorhandenen Indikatoren angepasst. Beispielsweise wurden für die Registrierung Typ 1 die Registrierungen der Immissionsrichtwerte ergänzt.

Da die Fragestellung sich aktuell auf die Auswertung monatlicher Sulfatkonzentrationen konzentriert, wurden die Registrierungen für die Dauern von 2 bis 6 Monaten aus dem Modell entfernt.

Erweitert wurden die Indikatoren in der Weise, dass neben der bisher enthaltenen Periode 2018 – 2022 nun auch die Perioden 2023 – 2027 und 2028 – 2032 ergänzt wurden.

3.2.4 Aktualisierung der Sulfatmissionen

Die im WBaMo SPM enthaltenen Sulfatmissionen sind in Tabelle 3-18 zusammengefasst. Die Abstimmung der Parameter für die 3 Zeitscheiben zwischen 2018 und 2032 erfolgte dabei in Zusammenarbeit mit den verschiedenen Projektbeteiligten. Aktualisierungen der Sulfatmissionen, welche sich aus der Abstimmung mit den Projektbeteiligten ergaben, werden nachfolgend betrachtet.

Sulfatmissionen Südraum

Pegel Bärwalde (Spree) und Burg 2 (Kleine Spree)

Die Datenreihen der Sulfatkonzentrationen wurden für die Spree am Zufluss für die Flutung der Speicher Lohsa II und Bärwalde sowie für den Pegel Burg 2 (Kleine Spree) bis zum Datenstand 12/2018 aktualisiert. Analog zum Vorgehen in (DHI WASY, 2017a) wurden Jahregänge der Sulfatkonzentration abgeleitet, welche in Tabelle 3-12 und Tabelle 3-13 dargestellt sind. Diese wurden auch den Flutungswässern in den Speichern Lohsa II bzw. Burghammer zugewiesen.

Für die Ableitung der Jahresgänge der Sulfatkonzentrationen wurden die Mediane der Monatswerte der folgenden Messstellen berücksichtigt:

- Pegel Burg 2 (Kleine Spree): F1.091 (LMBV)
- Zufluss SB Lohsa II und Bärwalde (Spree): F1.011 & F1.141 (LMBV), OBF21110 (LfULG)

In Abbildung 3-4 und Abbildung 3-5 sind die aktualisierten Jahresgänge der Sulfatkonzentrationen dargestellt. Zum Vergleich sind die zugrundeliegenden Messstellen sowie die von (IWB, 2014a) ermittelten Jahresgänge aufgeführt. Die Erweiterung der Datenbasis bis 2018 zeigt weiterhin eine zufriedenstellende Anpassung der abgeleiteten Jahresgänge an die Messwerte.

Tabelle 3-12: Ermittlung des Jahresgangs der Sulfatkonzentration der Kleinen Spree oberhalb des Entnahmebauwerks für die Flutung des Speichers Burghammer sowie den Zuflusspegel Burg 2, Auswertung der Messstelle F1.091 im Zeitraum 2002–2018.

| Sulfat | Jan | Feb | Mrz | Apr | Mai | Jun | Jul | Aug | Sep | Okt | Nov | Dez |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| ANZAHL Messwerte | 17 | 17 | 20 | 16 | 17 | 18 | 17 | 18 | 17 | 17 | 18 | 19 |
| MIN [mg/l] | 57 | 63 | 60 | 58 | 55 | 51 | 51 | 46 | 45 | 45 | 61 | 58 |
| MAX [mg/l] | 101 | 123 | 98 | 87 | 83 | 80 | 104 | 102 | 94 | 73 | 90 | 108 |
| MEDIAN [mg/l] | 72 | 71 | 70 | 72 | 67 | 62 | 60 | 61 | 64 | 61 | 67 | 72 |

Tabelle 3-13: Ermittlung des Jahresgangs der Sulfatkonzentration der Spree oberhalb des Entnahmebauwerks für die Flutung des Speichers Lohsa II sowie den Zuflusspegel Bärwalde, Auswertung der Messstellen F1.011, F1.141 u. OBF21110 im Zeitraum 2002-2018.

| Sulfat | Jan | Feb | Mrz | Apr | Mai | Jun | Jul | Aug | Sep | Okt | Nov | Dez |
|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| ANZAHL Messwerte | 49 | 49 | 56 | 45 | 49 | 48 | 52 | 50 | 51 | 47 | 51 | 47 |
| MIN [mg/l] | 43 | 60 | 41 | 64 | 78 | 56 | 56 | 53 | 58 | 57 | 66 | 74 |
| MAX [mg/l] | 130 | 136 | 112 | 115 | 110 | 99 | 110 | 129 | 106 | 101 | 125 | 132 |
| MEDIAN [mg/l] | 85 | 84 | 81 | 89 | 89 | 83 | 78 | 71 | 75 | 74 | 84 | 89 |

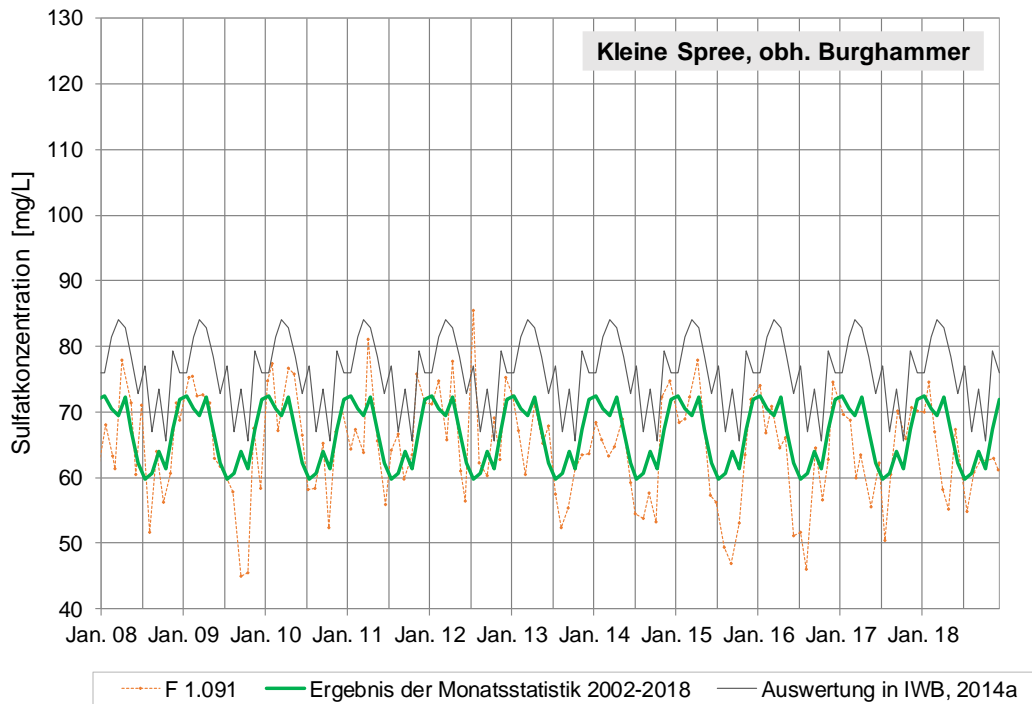


Abbildung 3-4: Jahresgang der Sulfatkonzentration der Kleinen Spree oberhalb des Entnahmebauwerks für die Flutung des Speichers Burghammer (Auswertung der Messstelle F1.091 im Zeitraum 2002-2018, Darstellung ab 2008).

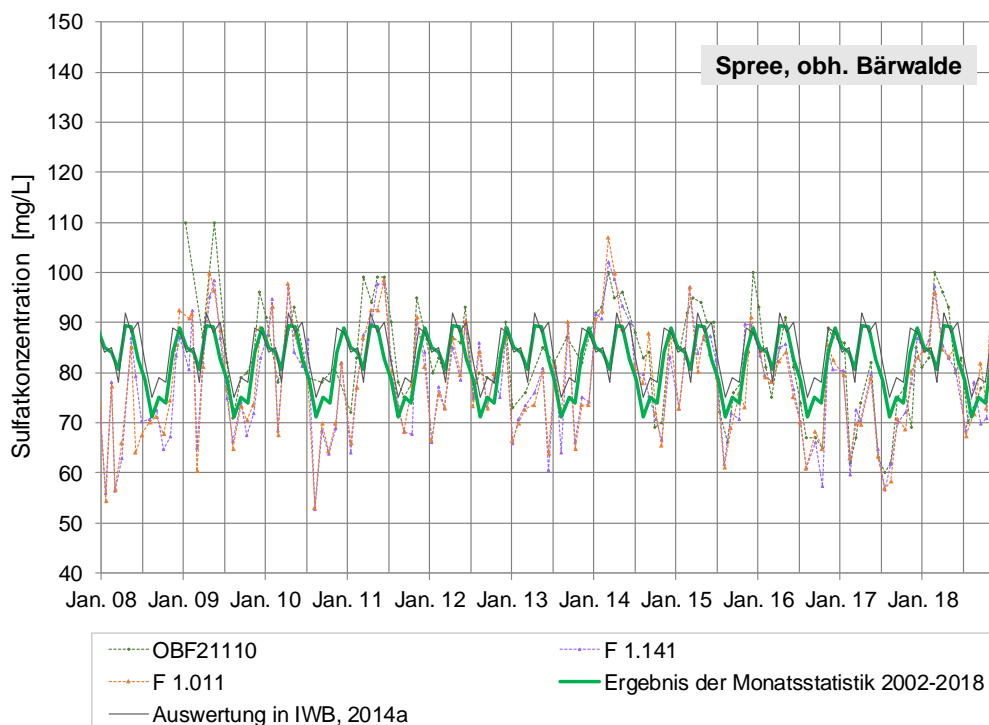


Abbildung 3-5: Jahresgang der Sulfatkonzentration der Spree oberhalb des Entnahmebauwerks für die Flutung des Speichers Lohsa II (Auswertung der Messstellen F1.011, F1.141 und OBF21110 im Zeitraum 2002-2018, Darstellung ab 2008).

Vorflut Lippen (LMBV, 2019)

Neben den Überleitungen aus der Spree wird die Vorflut Lippen, welche sich aus dem oberirdischen Eigeneinzugsgebiet (über das Lippener Teichfließ) sowie den Neubauteichen Lohsa zusammensetzt, als Zufluss zum SB Lohsa II berücksichtigt. Den beiden Zuflüssen werden getrennte Sulfatmissionen zugewiesen.

Die Volumenströme aus dem oberirdischen Eigeneinzugsgebiet werden im Modell entsprechend der Niederschlags-Abfluss-Simulation mit periodenabhängigen Bilanzprofilanteilen berechnet. Die geringen Volumenströme zeigen eine gute Übereinstimmung mit den gemessenen Durchflüssen am Lippener Teichfließ im Zeitraum von 2016 – 2018 für die Messtelle F 1.001 (LMBV). Dem Zufluss wird eine Sulfatkonzentration von 1200 mg/L zugeordnet, welche das Mittel der gemessenen Konzentrationen widerspiegelt. Die hohen Sulfatgehalte sind auf den ehemaligen Einfluss des Tagebau Lohsa zurückzuführen.

Die Volumenströme der Neubauteiche Lohsa sind in Tabelle 3-14 aufgeführt. Da das Bespannen der Teiche aus der Kleinen Spree oberhalb des Pegels Burg 2 erfolgt, kann für die Neubauteiche Lohsa die mittlere Sulfatkonzentrationen der Kleinen Spree von 70 mg/L angenommen werden.

Tabelle 3-14: Jahresgang der prognostizierten Volumenströme, Quelle: Ländermodell LM180322_03 [m³/s].

| | Jan | Feb | Mrz | Apr | Mai | Jun | Jul | Aug | Sep | Okt | Nov | Dez |
|---------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-----|
| Vorflut Lippen: Neubauteiche Lohsa | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,503 | 0,503 | 0,252 | 0 |

Aktualisierung der diffusen bergbaulichen Sulfateinträge

Auf der Grundlage der in (IWB, 2017) dokumentierten Stichtagsmessungen sowie Auswertungen von Monitoringprogrammen und geohydraulischen Modellierungen in Zusammenhang mit der Weiterentwicklung des GSM Spree erfolgte die Aktualisierung der diffusen Sulfateinträge in die Spree und Kleine Spree im Sulfatprognosemodell. Die Aktualisierung betrifft sowohl die Zustromraten als auch die Sulfatkonzentrationen. Die vorgenommenen Änderungen werden nachfolgend erläutert und sind in der Emissionstabelle (Tabelle 3-18) entsprechend angepasst worden:

- **Diffuser bergbaulicher Eintrag Abstrom SB Bärwalde:** Anhand der Ergebnisse der Stichtagsmessungen von November 2016 konnte im Spreeabschnitt zwischen Uhyst und dem Wehr Bärwalde sowohl die Exfiltration von Grundwasser in die Spree als auch die Versickerung von Spreewasser nachgewiesen werden. Der Einfluss der festgestellten Grundwasserwechselwirkungen auf den Durchfluss und die Sulfatkonzentration der Spree ist allerdings vernachlässigbar gering, daher kann auf eine Einbeziehung in das Modell verzichtet werden. Bisher wurden im WBalMo SPM sehr geringe Sulfatfrachten berücksichtigt.
- **Diffuser bergbaulicher Eintrag Altarm Ruhlmühle und Graben Neustadt:** Die Auswertung der Monitoringdaten zeigte, dass sich der Basisabfluss aus dem Altarm an der Ruhlmühle im Jahr 2016 auf im Mittel 0,07 m³/s verringert hat, die Sulfatkonzentration jedoch geringfügig auf den Mittelwert von 645 mg/L angestiegen ist (bisher im WBalMo SPM 0,12 m³/s und 620 mg/L). Der Abfluss aus dem Graben Neustadt hat sich dagegen im Jahr 2016 auf im Mittel 20 L/s erhöht, die Sulfatkonzentration lag bei ca. 1000 mg/L (bisher im WBalMo SPM Ansatz von 0,016 m³/s mit 1100 mg/L Sulfat). Die aktuell gemessenen Zuflüsse wurden zusammengefasst und mit einer summarischen Einleitmenge von 0,1 m³/s und einer gewichteten Sulfatkonzentration von 720 mg/L im WBalMo SPM übernommen.

- **Diffuser bergbaulicher Eintrag zwischen dem Wehr Ruhlmühle und Einmündung der Kleinen Spree:** Für diesen Spreeabschnitt wurde eine summarische Exfiltrationsmenge von 0,31 m³/s mit einer mittleren Sulfatkonzentration von 750 mg/L aus dem Abstrom der SB Lohsa II und Burghammer ermittelt. Der Grundwasserzufluss ist damit deutlich geringer als bisher angenommen (im WBalMo SPM wurden bisher 0,518 m³/s angesetzt). Die Sulfatkonzentrationen liegen ca. 200 – 300 mg/L über den bislang für das WBalMo SPM recherchierten Werten.
- **Diffuser bergbaulicher Eintrag Abstrom SB Burghammer zwischen Ableiter und Mündung Kleine Spree:** Es wird im WBalMo SPM die aus den Monitoringdaten ermittelte, mittlere Exfiltrationsmenge von 0,25 m³/s übernommen (bisher 0,238 m³/s). Die mittlere Sulfatkonzentration des exfiltrierenden Grundwassers wurde mit 600 mg/L angegeben (bisher im WBalMo SPM erst ab ca. 2030 angesetzt, bis dahin waren es ca. 1000 mg/L).
- **Industriekanal Schwarze Pumpe:** Die Monitoringdaten weisen für den Industriekanal Schwarze Pumpe im Jahr 2016 eine deutlich erhöhte, mittlere Sulfatkonzentration von 650 mg/L aus (bisher im WBalMo SPM 470 mg/L).
- **Diffuser bergbaulicher Eintrag Spreewitz bis Talsperre Spremberg – Gräben:** In diesem Spreeabschnitt wurde bisher im WBalMo SPM nur über den Alten Mühlgraben Zerre Sulfat in die Spree eingetragen. Die recherchierten Mengen haben den Sulfateintrag nach neuesten Erkenntnissen deutlich überschätzt. Aufgrund der aktuellen Erkenntnisse des Monitorings erfolgt zwischen den Pegeln Spreewitz und Spremberg zudem über diverse andere Gräben (z.B. Graben Spreewitz, Flutrinne Trattendorf) Sulfateintrag in die Spree. Im Kalenderjahr 2015 lag die mittlere summarische Einleitmenge aus den Gräben bei rund 0,082 m³/s und die mittlere durchflussgewichtete Sulfatkonzentration bei rund 210 mg/L. Im WBalMo SPM werden diese Zuflüsse nun analog als ein summarischer Eintragsterm angesetzt.
- **Diffuser bergbaulicher Eintrag Spreewitz bis Talsperre Spremberg - Grundwasser:** Im Spreeabschnitt zwischen den Pegeln Spreewitz und Spremberg exfiltriert auch Grundwasser direkt in die Gräben. Mit dem geohydraulischen Modell wird in Summe ein Zustrom von ca. 0,29 m³/s berechnet. Die Größenordnung des Grundwasserzustroms wurde bisher nicht durch Messungen verifiziert. Für die mittlere Sulfatkonzentration der Grundwasserzuflüsse auf diesem Spreeabschnitt wird der Ansatz von ca. 330 mg/L aus dem Gebietsdargebot empfohlen, bis belastbare Messdaten vorliegen. Die so ermittelte Sulfatfracht entspricht der Größenordnung der bisherigen Annahmen zum Sulfateintrag im WBalMo SPM.

Aktualisierung der diffusen natürlichen Sulfateinträge

Im Südraum sind die diffusen Grundwasserzutritte überwiegend bergbaulich beeinflusst. Es sind sowohl die Innenkippen und Außenhalden der Braunkohlentagebaue als auch die gewachsenen Grundwasserleiter, die während des Bergbaus von der Grundwasserabsenkung erfasst wurden, von der Pyritverwitterung betroffen. Da der Grundwasserwiederanstieg im Sanierungsbergbau der LMBV weit fortgeschritten bzw. bereits abgeschlossen ist, erfolgen seit ca. 2009/10 zunehmend Grundwasserzutritte, die neben dem „sichtbaren“ Eisen (Gewässerverockerung) auch Säuren und vor allem Sulfat in die Fließgewässer eintragen. Da die diffusen Grundwasserzuflüsse direkt zur Spree und zur Kleinen Spree erfolgen bzw. aus lokalen Entwässerungsgräben eingetragen werden, erfolgt eine Anpassung der natürlichen Hintergrundkonzentrationen für die in Tabelle 3-15 aufgeführten Gewässerabschnitte, wobei die diffusen bergbaulichen Einträge angenommen werden. Im WBalMo SPM werden die Anpassungen ab Januar 2013 vorgenommen.

Tabelle 3-15: Sulfatkonzentrationen des natürlichen Hintergrunds, wenn dafür die Sulfatkonzentrationen des Zustroms vom jeweiligen TRS angenommen werden (ab Jan 2013) [mg/l].

| Sulfat | 2018-2022 | 2023-2027 | 2028-2032 |
|--|-----------|-----------|-----------|
| Natürlicher Hintergrund von Burg 2 bis Pegel Burgneudorf | 600 | 600 | 600 |
| Natürlicher Hintergrund von Ruhlmühle bis Spreewitz | 750 | 750 | 750 |
| Natürlicher Hintergrund von Spreewitz bis Wilhelmsthal | 330 | 330 | 330 |

Sulfatmissionen Nordraum, Malxe und Mittlere Spree

Einleitung verlegte Trinitz

In (DHI WASY, 2017a) wurde für die Sulfatmissionen, die aus der verlegten Trinitz unterhalb des Großen Spreewehrs in die Spree eingeleitet werden, eine Stufenfunktion angenommen, die bei einem Durchfluss von 0,25 m³/s zwischen 200 und 400 mg/L wechseln.

In (LfU, 2019) wurde vorgeschlagen, die Stufenfunktion durch die Exponentialfunktion zu ersetzen, die in (DHI WASY, 2017a) bereits entwickelt wurde. Beide Ansätze zeigen hinsichtlich der Modellgüte vergleichbare Gütemaße (z. B. Quadratwurzel aus dem mittleren quadratischen Fehler RMSE). Für sehr kleine Durchflüsse ermittelt die Exponentialfunktion nicht plausibel hohe Sulfatkonzentrationen. Im übrigen Durchflussbereich werden kontinuierlich ändernde Sulfatkonzentrationen ermittelt.

Daher wird nunmehr die Exponentialfunktion verwendet, die berechneten Sulfatkonzentrationen dabei auf 400 mg/L begrenzt.

Frachtbilanzen für die Rückverlegung der Trinitz und der oberen Malxe

Der Abflussbeitrag der rückverlegten Gewässer wird über eine entsprechende Anpassung der Abflusssimulation einbezogen. Eine „Überleitung“ realisiert die Abtrennung des Oberlaufs der Trinitz von der verlegten Trinitz und die Nutzung der Trinitz zwischen den Tagebauen. Damit ist dieser Abflussbeitrag am Bilanzprofil oberhalb der GWBA Jänschwalde ermittelbar. Er ist Null vor Verlegung der Trinitz.

Der Beitrag der GWBA zum Abfluss in der Malxe ergibt sich aus der Differenz der Durchflüsse an den Bilanzprofilen unterhalb der GWBA und oberhalb der Grubenwasser-einleitungen. Nach Ende der gesamten Tagebautätigkeit wird die genannte Durchflussdifferenz gleich Null. Die Kühlturabflut leitet unterhalb der GWBA ein.

Für die Frachtbilanzierung wird der Durchfluss oberhalb der GWBA mit der für die Trinitz vorhergesagten Sulfatkonzentration von 120 mg/L verknüpft. Für den Beitrag der GWBA werden 350 mg/l angenommen, für die unterhalb einleitende Kühlturabflut 800 mg/L. Der Zwischengebietsabfluss der Malxe wird mit 230 mg/l belegt, die sich aus den Analysen für Fehrow/Malxe als Restglied ergeben hatten (DHI WASY, 2017a).

TRS Klinge

Für die Ausleitung aus dem TRS Klinge gibt es noch keine Ausleitungsberechnung. Sie erfordert:

- Grundwasserbilanz des Klinger Sees,
- Größe des Eigeneinzugsgebietes.

Mit Einbeziehung der im Modell vorhandenen Prognose des Niederschlags und der Verdunstung könnte dann eine kontinuierliche Seebilanz berechnet werden.

Gegenwärtig kann daher leider ein Frachtbeitrag der Ausleitung aus dem Klinger See noch nicht ermittelt werden.

GWRA Raintza

Der Überleitung von Ökowasser in den Nordraum werden für die GWRA Raintza prognostizierte Sulfatkonzentrationen zugeordnet. Sie wurden (BTU Cottbus, 2012) entnommen.

Überleitung Heideteiche

Die Modellierung der Überleitung war nicht korrekt und wurde korrigiert. Die Wirksamkeit der Überleitung auf die Sulfatkonzentration im Greifenhainer Fließ ist nun nur bei vollständig gefülltem Gräbendorfer See möglich.

Einzugsgebiet der Dobra und Wudritz (LfU, 2019)

Wie in Tabelle 3-18 aufgeführt, werden im Einzugsgebiet der Dobra neben den Ausleitungen des Lichtenauer Sees die Ausleitungen des Drehnaer Sees (RL 12), Schönfelder Sees sowie Bischdorfer Sees anteilig ihrer Flächen berücksichtigt. Dabei wird das Seendargebot über die relativen Anteilsfaktoren aus dem Gesamtdargebot berechnet. Die Anteile der Seenflächen am Gesamt-EZG können Tabelle 3-16 entnommen werden. Der Flächenanteil der drei Seen ist dabei mit ca. 4,2 % am Gesamt-EZG relativ gering. Die angenommenen Sulfatkonzentrationen der TRS entsprechen den Messergebnissen für 2017 (Auszug aus Sulfatmonitoring 2017, Anlage 3 (LfU, 2019)).

Die ebenfalls zum EZG der Dobra gehörenden TRS Kittlitzer See (RL 1 a) und Redlitzer See (RL 1) werden aufgrund ihrer geringen Flächenanteile am Gesamt-EZG nicht gesondert in den Sulfatmissionen berücksichtigt.

Tabelle 3-16: Anteil der Seenflächen am Gesamt-EZG Dobra.

| | Fläche | Anteil an Gesamt-EZG |
|---|--------------------|----------------------|
| | [km ²] | [%] |
| EZG Dobra, Quelle bis Mündung (STG 14) | 144,0 | |
| Drehnaer See | 2,18 | 4,2 |
| Schönfelder See | 1,38 | |
| Bischdorfer See | 2,43 | |
| Redlitzer See | 0,18 | 0,2 |
| Kittlitzer See | 0,16 | |

Im EZG der Wudritz (Ottergraben) werden die Ausleitungen des Schlabendorfer Sees (RL 14/15), welcher einen Anteil von ca. 4,8 % am Gesamt-EZG aufweist (s. Tabelle 3-17), als zusätzliche Sulfatmissionen berücksichtigt.

Für die Sulfatkonzentrationen des Schlabendorfer Sees bis 2027 werden ebenfalls die Messergebnisse des Sulfatmonitorings des LfU für 2017 herangezogen (LfU, 2019). Die Prognose der Sulfatkonzentration für die Ausleitung aus dem Schlabendorfer See ab ca. 2028 stützt sich auf entsprechende Aussagen in (IWB, 2016).

Aufgrund der geringeren Flächenanteile der zum EZG gehörenden TRS Stoßdorfer See und Hindenberger See (Vergleich Tabelle 3-17) werden deren Ausleitungen nicht separat betrachtet.

Tabelle 3-17: Anteil der Seenflächen am Gesamt-EZG Wudritz (Ottergraben).

| | Fläche | Anteil an Gesamt-EZG |
|---|--------------------|----------------------|
| | [km ²] | [%] |
| EZG Wudritz, Quelle bis Mündung (STG 15) | 129,4 | |
| Schlabendorfer See | 6,15 | 4,8 |
| Stoßdorfer See | 0,99 | 0,8 |
| Hindenberg See | 0,20 | 0,2 |

Sulfatmissionen Untere Spree

Natürlicher Hintergrund von Dämeritzsee bis Fähre Rahnsdorf

Für die Aktualisierung der natürlichen Hintergrundkonzentrationen im Bereich zwischen Ablauf Dämeritzsee und Zufluss Müggelsee wird die GW-Gütemessstelle 5042 herangezogen, welche vom SenUVK im Bereich oberhalb der Fähre Rahnsdorf betrieben wird. Einen Ausschnitt aus dem GeoDIN-Kurzbericht zur Messstelle 5042 zeigt Abbildung 3-6 für die gemessenen Sulfatkonzentrationen zwischen 2004 und 2018. Weiterhin sind folgende Kennwerte für Sulfat gegeben (SenUVK, 2019):

- Anzahl: 47
- Minimum: 58,00 mg/L
- Maximum: 151,00 mg/L
- Mittelwert: 103,98 mg/L
- Median: 101,00 mg/L

Basierend auf der Auswertung wird die Sulfatmission im Modell in dem Bereich auf 100 mg/L angesetzt.

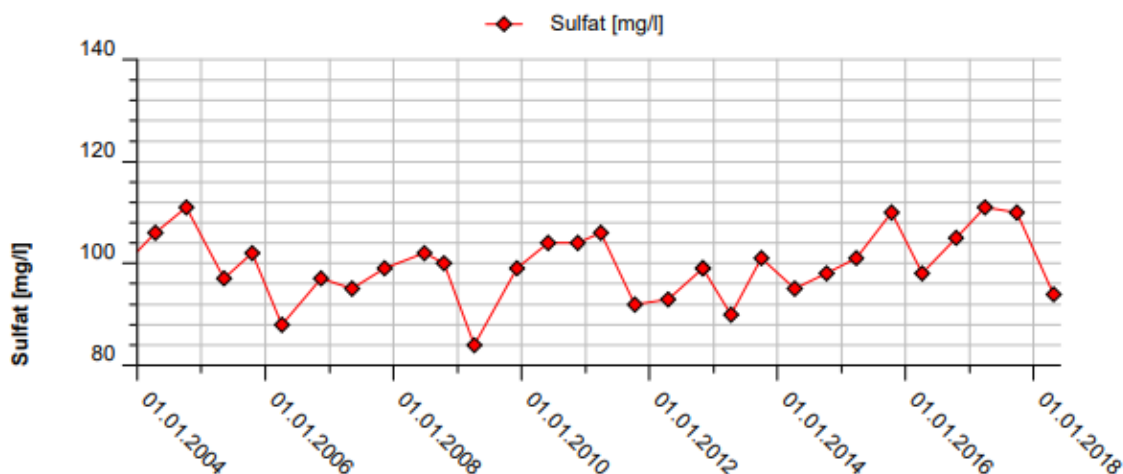


Abbildung 3-6: Sulfatkonzentration [mg/L] für die GW-Gütemessstelle 5042, Quelle: GeoDIN-Kurzbericht (SenUVK, 2019).

Tabelle 3-18: Auswahl und Abstimmung der Szenarioparameter.

| Sulfateintragsmodul | Beschreibung | Sulfatkonzentration [mg/L] | | | | Volumenströme [m³/s] | | | |
|---------------------|---|----------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | | REAL16 | 2018-2022 | 2023-2027 | 2028-2032 | REAL16 | 2018-2022 | 2023-2027 | 2028-2032 |
| Weißer Schöps | Natürlicher Hintergrund | 65 | 65 | 65 | 65 | NA | NA | NA | NA |
| | Überleitung Neißewasser | 70 | 70 | 70 | 70 | WB | WB | WB | WB |
| | GWBA Kringelsdorf | 260 | 250 | 250 | 250 | 2,54 | 3,07 ^{LEAG} | 3,88 ^{LEAG} | 3,79 ^{LEAG} |
| Schwarzer Schöps | Natürlicher Hintergrund | 65 | 65 | 65 | 65 | NA | NA | NA | NA |
| | Ausleitung SB Bärwalde | 140 | 135 ^{IWB, 2015} | 130 ^{IWB, 2015} | 130 ^{IWB, 2015} | WB | WB | WB | WB |
| Kleine Spree | Zufluss zu Burg 2 | JG ² | JG ² | JG ² | JG ² | WB | WB | WB | WB |
| | Zuleitung SB Burghammer | JG ² | JG ² | JG ² | JG ² | WB | WB | WB | WB |
| | Natürlicher Hintergrund von Burg 2 bis Pegel Burgneudorf ¹ | JG ² | JG ² | JG ² | JG ² | NAD | NAD | NAD | NAD |
| | Ableiter Scheibe | 516 | 450 ^{IWB, 2017} | 405 ^{IWB, 2017} | 360 ^{IWB, 2017} | WB | WB | WB | WB |

¹ für Sulfatkonzentrationen des Zustroms vom jeweiligen TRS siehe Tabelle 3-15

² Jahresgang entsprechend Tabelle 3-12

³ Jahresgang entsprechend Tabelle 3-14

⁴ s. Abschlussbericht (DHI WASY, 2017a)

⁵ Jahresgang entsprechend Tabelle 3-13

⁶ Bespannen der Teiche erfolgt aus Kleiner Spree oberhalb Burg 2, daher Annahme einer mittleren Sulfatkonzentration von 70 mg/L

⁷ Flutung Hermannsdorfer See bereits abgezogen

| Sulfateintragsmodul | Beschreibung | Sulfatkonzentration [mg/L] | | | | Volumenströme [m³/s] | | | |
|-----------------------------|---|----------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | | REAL16 | 2018-2022 | 2023-2027 | 2028-2032 | REAL16 | 2018-2022 | 2023-2027 | 2028-2032 |
| | Überleitung SB Dreiweibern zu SB Lohsa II | 170 | 155 ^{IWB, 2014} | 150 ^{IWB, 2014} | 150 ^{IWB, 2014} | WB | WB | WB | WB |
| | Vorflut Lippen: Neubauteiche Lohsa | 590 | 70 ⁶ | 70 ⁶ | 70 ⁶ | JG ³ | JG ³ | JG ³ | JG ³ |
| | Vorflut Lippen: Oberirdisches Eigeneinzugsgebiet SB Lohsa II | 590 | 1200 ^{LMBV} | 1200 ^{LMBV} | 1200 ^{LMBV} | NAD | NAD | NAD | NAD |
| | Diffuser bergbaulicher Eintrag Abstrom SB Burghammer zwischen Ableiter und Mündung Kleine Spree | ZR ⁴ | 600 ^{IWB, 2017} | 600 ^{IWB, 2017} | 600 ^{IWB, 2017} | 0,238 | 0,25 ^{IWB, 2017} | 0,25 ^{IWB, 2017} | 0,25 ^{IWB, 2017} |
| Hauptspree bis Kleine Spree | Natürlicher Hintergrund bis Zuleiter SB Bärwalde | JG ⁵ | JG ⁵ | JG ⁵ | JG ⁵ | NA | NA | NA | NA |
| | Zuleitung SB Lohsa II | JG ⁵ | JG ⁵ | JG ⁵ | JG ⁵ | WB | WB | WB | WB |
| | GWBA Tzschelln | 1700 | 1700 | 1700 | 1700 | 0,5 ⁷ | 0,5 ⁷ | 0,58 ⁷ | 0,72 ⁷ |
| | Natürlicher Hintergrund ab Zuleiter SB Bärwalde bis Neustadt | JG ⁵ | JG ⁵ | JG ⁵ | JG ⁵ | NAD | NAD | NAD | NAD |
| | Diffuser bergbaulicher Eintrag Altarm Ruhlmühle und Graben Neustadt | 620 | 720 ^{IWB, 2017} | 720 ^{IWB, 2017} | 720 ^{IWB, 2017} | 0,12 | 0,1 ^{IWB, 2017} | 0,1 ^{IWB, 2017} | 0,1 ^{IWB, 2017} |
| | Diffuser bergbaulicher Eintrag Abstrom SB Lohsa II und SB Burghammer in die Spree (Wehr Ruhlmühle bis Spreewitz) | ZR ⁴ | 750 ^{IWB, 2017} | 750 ^{IWB, 2017} | 750 ^{IWB, 2017} | 0,518 | 0,31 ^{IWB, 2017} | 0,31 ^{IWB, 2017} | 0,31 ^{IWB, 2017} |
| | Natürlicher Hintergrund von Ruhlmühle bis Spreewitz ¹ | JG ⁵ | JG ⁵ | JG ⁵ | JG ⁵ | NAD | NAD | NAD | NAD |
| Hauptspree bis Wilhelmsthal | GWBA Schwarze Pumpe/ Industriekanal | 470 | 650 ^{IWB, 2017} | 650 ^{IWB, 2017} | 650 ^{IWB, 2017} | WB | WB | WB | WB |
| | KW Schwarze Pumpe | 1320 | 1500 | 1500 | 1500 | 0,42 | 0,32 ^{LEAG} | 0,32 ^{LEAG} | 0,32 ^{LEAG} |
| | Diffuser bergbaulicher Eintrag Spreewitz bis Talsperre Spremberg: Grundwasser | ZR ⁴ | 330 ^{IWB, 2017} | 330 ^{IWB, 2017} | 330 ^{IWB, 2017} | ZR ⁴ | 0,29 ^{IWB, 2017} | 0,29 ^{IWB, 2017} | 0,29 ^{IWB, 2017} |

| Sulfateintragsmodul | Beschreibung | Sulfatkonzentration [mg/L] | | | | Volumenströme [m³/s] | | | |
|------------------------------------|--|--------------------------------------|---|--------------------------|--------------------------|----------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | | REAL16 | 2018-2022 | 2023-2027 | 2028-2032 | REAL16 | 2018-2022 | 2023-2027 | 2028-2032 |
| | Diffuser bergbaulicher Eintrag Alter Mühlgraben Zerze ersetzt durch: Diffuser bergbaulicher Eintrag Spreewitz bis Talsperre Spremberg: Gräben | 440 | 210 ^{IWB, 2017} | 210 ^{IWB, 2017} | 210 ^{IWB, 2017} | 0,45 | 0,082 ^{IWB, 2017} | 0,082 ^{IWB, 2017} | 0,082 ^{IWB, 2017} |
| | Natürlicher Hintergrund von Spreewitz bis Wilhelmsthal ¹ | 70 | 70 | 70 | 70 | WB | WB | WB | WB |
| | GWBA Am Weinberg, Einleitung Kochsa | 860 | 860 | 860 | 860 | 0,07 | 0,03 ^{LEAG} | 0,03 ^{LEAG} | 0,03 ^{LEAG} |
| Hauptspree bis Schmogrow | Natürlicher Hintergrund von Wilhelmsthal bis Sperrstelle TS Spremberg | 70 | 70 | 70 | 70 | NAD | NAD | NAD | NAD |
| | GWBA Am Weinberg, Einleitung Hühnerwasser | 860 | 860 | 860 | 860 | 0,08 | 0,04 ^{LEAG} | 0,04 ^{LEAG} | 0,04 ^{LEAG} |
| | GWBA Am Weinberg, Einleitung Döbberner Graben | 860 | 860 | 860 | 860 | 0,05 | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| | Natürlicher Hintergrund von Sperrstelle TS Spremberg bis Priorgraben | 70 | 70 | 70 | 70 | NA | NA | NA | NA |
| | Einleitung verlegte Tranitz | Q < 0,25 m³/s:400, Q ≥ 0,25 m³/s 200 | a·Q ^b (a = 135,58; b = -0,28) max. 400 mg/L | | | WB | WB | WB | WB |
| | Natürlicher Hintergrund von Priorgraben bis Schmogrow | 70 | 70 | 70 | 70 | NA | NA | NA | NA |
| Malxe mit Tranitz und Hammergraben | Diffuser Eintrag Tranitz | 120 | 120 | 120 | 120 | WB | WB | WB | WB |
| | Diffuser Eintrag Hammergraben, Malxe | | | | | WB | WB | WB | WB |
| | | | 230 | 230 | 230 | 230 | NA | NA | NA |
| | Ausleitung Cottbuser Ostsee in Hammergraben | 500 | - | 500 | 500 | WB | - | WB | WB |

| Sulfateintragsmodul | Beschreibung | Sulfatkonzentration [mg/L] | | | | Volumenströme [m³/s] | | | |
|------------------------|---|----------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | | REAL16 | 2018-2022 | 2023-2027 | 2028-2032 | REAL16 | 2018-2022 | 2023-2027 | 2028-2032 |
| | Malxe, Ablauf GWRA Jänschwalde uh. KW | 340 | 350 | 350 | 350 | WB | WB | WB | WB |
| | Kühlturmablauf KW Jänschwalde | 715 | 800 | 800 | 800 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| Greifenhainer Fließ | GWRA Rainitza | 680 | 760 | 760 | 760 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | GWBA Am Weinberg | 860 | 860 | 860 | 860 | 0,14 | 0,08 ^{LEAG} | 0,08 ^{LEAG} | 0,08 ^{LEAG} |
| | Ausleitung Greifenhainer See | 1100 | 1100 | 1100 | 1100 | WB | WB | WB | WB |
| | Ausleitung Gräbendorfer See | 500 | 500 | 500 | 500 | WB | WB | WB | WB |
| | Diffuser Eintrag | 70 | 70 | 70 | 70 | NAD | NAD | NAD | NAD |
| Vetschauer Mühlenfließ | Überleitung Heideteiche (aus Vetschauer Mühlenfließ zum Gräbendorfer See) | 400 | 400 | 400 | 400 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| | GWRA Rainitza | 680 | 760 | 760 | 760 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Diffuser Eintrag | 400 | 400 | 400 | 400 | NA | NA | NA | NA |
| Göritzer Mühlenfließ | Diffuser Eintrag | $c = 73,96 * Q^{-0,372}$ | | | | NAD | NAD | NAD | NAD |
| Dobra | Ausleitung Lichtenauer See in Lichtenauer Graben | 2000 | 1900 ^{LMBV} | 1900 ^{LMBV} | 1900 ^{LMBV} | WB | WB | WB | WB |
| | Ausleitung Dobra | | | | | | | | |
| | Drehnaer See | 680 | 680 | 680 | 680 | WB | WB | WB | WB |
| | Schönfelder See | 780 | 800 ^{LMBV} | 800 ^{LMBV} | 800 ^{LMBV} | | | | |
| Bisdorfer See | 550 | 550 | 550 | 550 | | | | | |
| | Diffuser Eintrag | 70 | 70 | 70 | 70 | NAD | NAD | NAD | NAD |

| Sulfateintragsmodul | Beschreibung | Sulfatkonzentration [mg/L] | | | | Volumenströme [m³/s] | | | |
|---------------------|---|---------------------------------------|----------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|-----------|-----------|-----------|
| | | REAL16 | 2018-2022 | 2023-2027 | 2028-2032 | REAL16 | 2018-2022 | 2023-2027 | 2028-2032 |
| Beuchower Graben | Diffuser Eintrag | 70 | 70 | 70 | 70 | NAD | NAD | NAD | NAD |
| | Ausleitung Lichtenauer See in Beuchower Westgraben | 2000 | 1900 _{LMBV} | 1900 _{LMBV} | 1900 _{LMBV} | WB | WB | WB | WB |
| Wudritz | Ausleitung Schlabendorfer See | 2100 | 2100 | 2100 | 2400 ^{WB, 2016} | WB | WB | WB | WB |
| | Diffuser Eintrag | 70 | 70 | 70 | 70 | NAD | NAD | NAD | NAD |
| Berste | Diffuser Eintrag | $c = 28,431 * \ln(Q) + 151,86$ | | | | NA | NA | NA | NA |
| Spreewald | Diffuser Eintrag | 70 | 70 | 70 | 70 | NA | NA | NA | NA |
| Untere Spree | Natürlicher Hintergrund von Leibsch bis Beeskow | 70 | 70 | 70 | 70 | NA | NA | NA | NA |
| | Schleuse Kersdorf | $c = 0,55 * c(\text{Beeskow}) + 27,5$ | | | | WB | WB | WB | WB |
| | Natürlicher Hintergrund von Beeskow bis uh Schleuse Kersdorf | 183 | 183 | 183 | 183 | NA | NA | NA | NA |
| | Natürlicher Hintergrund von uh Schleuse Kersdorf bis Große Tränke | 183 | 183 | 183 | 183 | NA | NA | NA | NA |
| | Natürlicher Hintergrund von Große Tränke bis Zufluss Dämeritzsee | | 70 | 70 | 70 | | NA | NA | NA |
| | Diffuser Eintrag bis Dämeritzsee: Grundwassereinfluss Kalksee | | 70 | 70 | 70 | | WB | WB | WB |
| | Diffuser Eintrag bis Dämeritzsee: Grundwassereinfluss Müggelspree | | 70 | 70 | 70 | | WB | WB | WB |
| | Zufluss vom Flakenfließ in Dämeritzsee | | 210 | 210 | 210 | | NA | NA | NA |
| | Grundwassereinfluss Spree von Dämeritzsee bis Fähre Rahnsdorf | | 100 | 100 | 100 | | WB | WB | WB |

| Sulfateintragsmodul | Beschreibung | Sulfatkonzentration [mg/L] | | | | Volumenströme [m³/s] | | | |
|---------------------|---|----------------------------|-----------|-----------|-----------|----------------------|-----------|-----------|-----------|
| | | REAL16 | 2018-2022 | 2023-2027 | 2028-2032 | REAL16 | 2018-2022 | 2023-2027 | 2028-2032 |
| | Natürlicher Hintergrund von Dämeritzsee bis Fähre Rahnsdorf | | 100 | 100 | 100 | | NA | NA | NA |

Begriffserklärung:

- JG – Jahresgang für Sulfatkonzentrationen oder Volumenströme
- NA – entsprechend Niederschlags-Abfluss-Simulation
- NAD – entsprechend Niederschlags-Abfluss-Simulation mit periodenabhängigen Bilanzprofil-Anteilen
- WB – simulierter Volumenstrom im WBalMo
- ZR – Zeitreihe für Sulfatkonzentrationen oder Volumenströme

Erläuterung zu Markierungen:

- **FETT** – Änderungen in Anlehnung an (IWB, 2017)
- **Grau** – nach Einbau Berlin-Baustein in Modell sind diese Profile nicht mehr relevant bzw. überarbeitet

3.2.5 Aktualisierung der Sulfatkonzentrationen im Grundwasserzustrom zu den SB Lohsa II und Burghammer

Grundlagen

Es war zu prüfen, ob die im Sulfatprognosemodell (WBalMo SPM) verwendeten Konzentrationsansätze zu den Sulfateinträgen im Grundwasserzustrom in die Speicherbecken (SB) Lohsa II und Burghammer zu aktualisieren sind.

Die Zuordnung der Sulfatkonzentrationen zu den Grundwasserzustrombereichen im WBalMo SPM (DHI WASY, 2017a) erfolgte auf Basis der Ansätze des Prognosegutachtens zur Entwicklung der Wasserbeschaffenheit in den Tagebauseen Dreiwaiern, Lohsa II und Burghammer (IWB, 2014a). Hier sind Grundwasserzustrombereiche in die Speicherbecken (SB) Lohsa II und Burghammer ermittelt, repräsentative Grundwasser-messstellen (GWM) zugeordnet und Konzentrationen (Einzel-GWM oder Mischkonzentrationen aus verschiedenen GWM) definiert worden. Die Messdaten stammen überwiegend aus dem Zeitraum von 2006-2013, teilweise aber auch früher.

Grundlage für die Prüfung ist der Monitoringbericht der LMBV zum Monitoring 2017 (LMBV, 2018). In diesem Bericht erfolgte die Auswertung der Entwicklung der Grund- und Oberflächenwasserbeschaffenheit im Monitoringbereich O1 für die SB Bärwalde, Lohsa II und Burghammer.

Im Folgenden werden die im WBalMo SPM verwendeten Konzentrationen den Daten des GW-Monitorings der LMBV (Ganglinien aus jährlichem oder halbjährlichem Monitoring) gegenübergestellt. Daraus wird abgeleitet, ob die Aktualisierung der Modellansätze im WBalMo SPM notwendig ist. Teilweise erfolgt aufgrund des Wegfalls einer GWM aus dem Monitoring bzw. der Änderung der GW-Zustromverhältnisse eine Neuordnung von repräsentativen GWM. Ergänzend zu den Sulfatkonzentrationen im Grundwasser beinhalten die Abbildungen die Seewasserkonzentrationen sowie den Wasserspiegel des SB.

SB Lohsa II

Die Abbildung 3-7 zeigt einen Ausschnitt aus Anlage 1.1 des LMBV-Jahresberichts 2017 (LMBV, 2018) mit den Sulfatkonzentrationen des GW-Monitorings im Umfeld des SB Lohsa II.

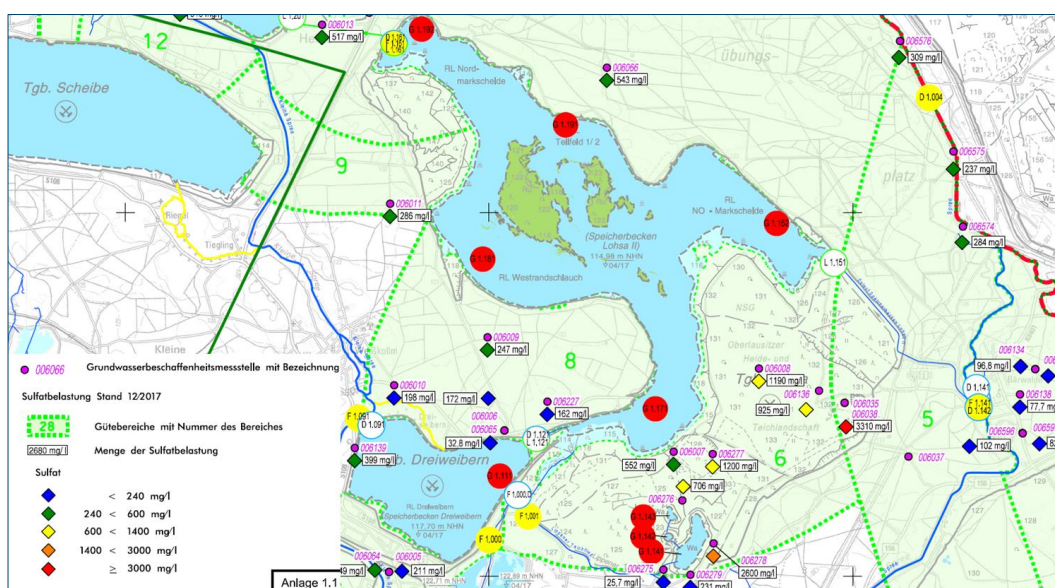


Abbildung 3-7: Sulfatbelastung im Umfeld des SB Lohsa II Stand 12/2017, Ausschnitt aus Anlage 1.1 (LMBV, 2018).

In der Abbildung 3-8 sind für die zwei Grundwasserzstrombereiche Lohsa II_Gewachsenes-West und Lohsa II_AH-Scheibe die im WBalMo SPM zugewiesenen Konzentrationen sowie die aktuell verfügbaren Daten dargestellt. Zudem wurden die Konzentrationen in der repräsentativen Seemessstelle G 1.192 im nordwestlichen Bereich des Sees (Nordmarkscheide, Überleitertunnel) im Diagramm aufgenommen, ab April 2016 – November 2017 differenziert nach den Tiefenbereichen Epilimnion/ Metalimnion/ Hypolimnion und über Grund. Das Diagramm enthält zudem als weitere Bewertungsgrundlage die Wasserspiegelentwicklung seit 2010 mit Markierung des Gleichgewichts-Wasserspiegels bei 113,5 m NHN.

Zur Beschreibung der Sulfatkonzentration im Grundwasserzstrombereich Gewachsenes-West wurde in (IWB, 2014a) eine Mischkonzentration aus den GWM 6011 (30 %), 6009 (40 %) und 6227 (30 %) gebildet. Dazu wurden die Messwerte vom 05.05.2011 in der GWM 6011 (392 mg/L) und 6227 (192 mg/L) sowie vom 26.10.2010 in der GWM 6009 (282 mg/L) verwendet. Entsprechend ergab sich die Sulfatkonzentration von 288 mg/L, die im WBalMo SPM angesetzt wurde. Die GWM 6011 befindet sich seit 2012 im Abstrom des SB Lohsa und beschreibt den Zustrom zum TRG Scheibe. Daher wird diese GWM nicht mehr für die Zuweisung der Sulfatkonzentration des Grundwasserzstrombereichs Gewachsenes-West verwendet, sondern eine Mischkonzentration aus den GWM 6009 und 6227 im Verhältnis 60 % / 40 % gebildet. In der GWM 6009 wurde ein tendenzieller Rückgang der Sulfatkonzentrationen bis 2014 beobachtet. Mit Anstieg des GW-Standes infolge der Flutung des SB Lohsa II ab Oktober 2014 um 0,7 m ist auch ein Anstieg der Sulfatkonzentrationen (ab Frühjahrskampagne 2015) festzustellen gewesen (LMBV, 2018). Der Messwert der Frühjahrskampagne 2018 betrug 252 mg/L. In der GWM 6227 zeigen die vorliegenden Messdaten seit 2013 ein Konzentrationsniveau von ca. 155 mg/L Sulfat mit geringer Schwankungsbreite. Mit dem genannten Mischungsverhältnis ergibt sich die in Abbildung 3-8 ab 2013 dargestellte Sulfatkonzentration für den Grundwasserzstrombereich Gewachsenes-West. Die aktualisierte Sulfatkonzentration für die Szenarien liegt mit 213 mg/L (Wert Ende 2018) ca. 75 mg/L niedriger als im WBalMo SPM ursprünglich angesetzt.

Für den Grundwasserzstrom AH-Scheibe wurde in (IWB, 2014a) die Sulfatkonzentration von 282 mg/L verwendet. Dazu liegen keine neuen Erkenntnisse vor.

In der Abbildung 3-9 sind für den Grundwasserzstrombereich Lohsa II_Gewachsenes-Nord/ Ost die im WBalMo SPM zugewiesene Konzentration sowie die aktuell verfügbaren Daten dargestellt. Zur Beschreibung der Sulfatkonzentration wurde in (IWB, 2014a) eine Mischkonzentration aus den GWM 6066 (20 %) und 6138 (80 %) gebildet. Dazu wurden die Messwerte vom 17.05.2013 in der GWM 6066 (487 mg/L) sowie vom 30.10.2006 in der GWM 6138 (135 mg/L) verwendet. Entsprechend ergab sich die Sulfatkonzentration von 205 mg/L, die im WBalMo SPM angesetzt wurde. Im Rahmen der Modellaktualisierung erfolgte eine Korrektur dieser GWM-Zuweisungen. Die GWM 6138 entfällt, da sie im Abstrom des SB Bärwalde liegt. Die GWM 6066 liegt bei einer Wsp.-Absenkung im SB Lohsa II < 113,2 m NHN im potentiellen Zustrombereich (LDS, 2019). Die Sulfatkonzentrationen liegen unterhalb dieses Wasserspiegels auf einem Konzentrationsniveau von 480 mg/L. Dieser Wert wird im WBalMo SPM im Weiteren verwendet.

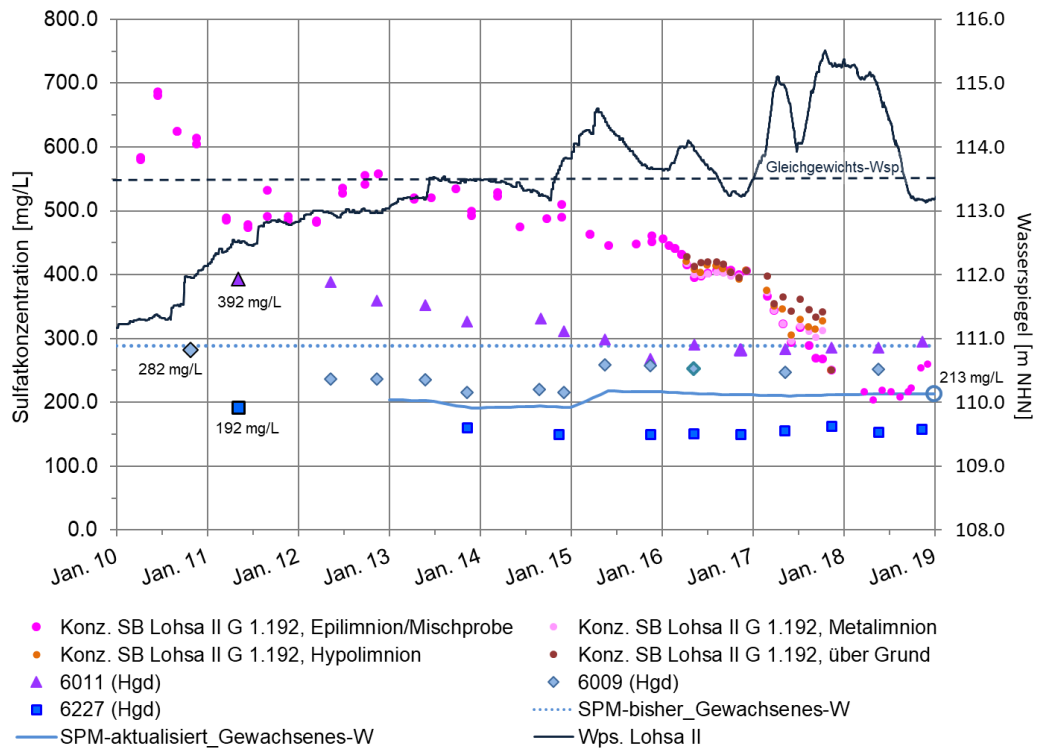


Abbildung 3-8: Messwerte und Modellsätze Sulfat in den Grundwasserzustrombereichen Lohsa II Gewachsenes-West.

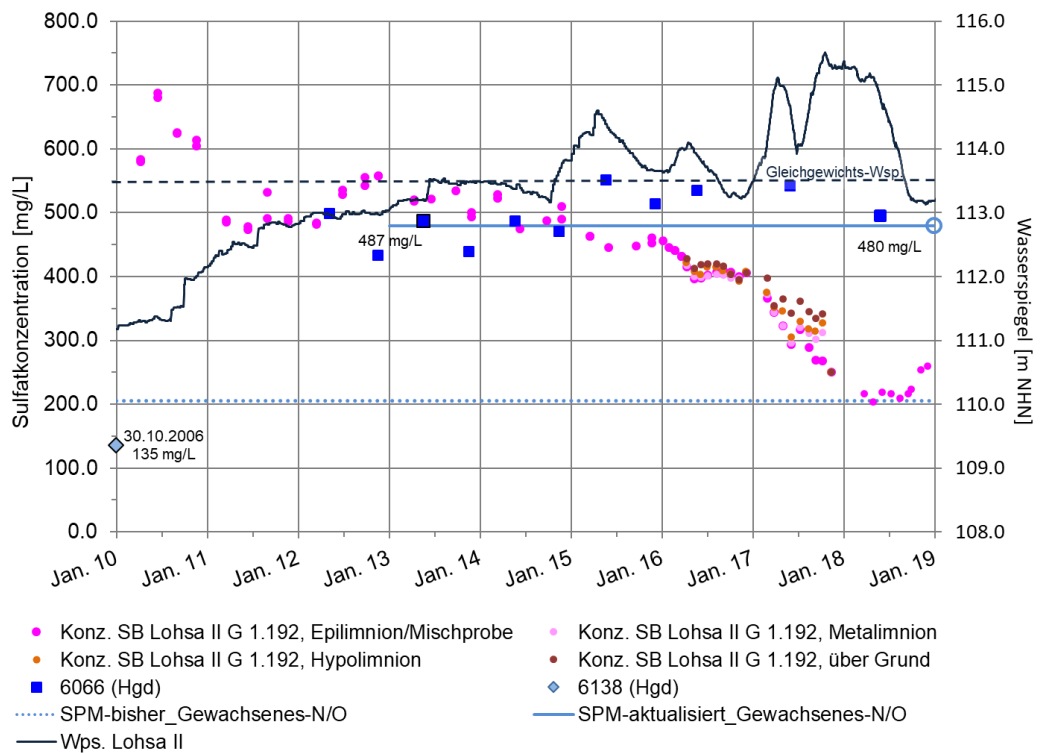


Abbildung 3-9: Messwerte und Modellsätze Sulfat in den Grundwasserzustrombereichen Lohsa II Gewachsenes-Nord und Ost.

In der Abbildung 3-10 sind die relevanten Daten für den Grundwasserzstrombereich Lohsa II Kippe-Südwest dargestellt. In (IWB, 2014a) wurde die GWM 6007 mit der Sulfatkonzentration 807 mg/L am 22.05.2013 zur Beschreibung des Sulfateintrags aus dem südwestlichen Kippenzustrom verwendet. Die aktuelle Sulfatkonzentration liegt bei 664 mg/L (20.11.2018). Die GWM wird von der LMBV als nicht repräsentativ für den Kippenzustrom Südwest eingeschätzt. Die Sulfatkonzentrationen zeigten seit 2007 einen deutlich fallenden Trend, seit 2017 steigen die Konzentrationen jedoch wieder. Die Sulfatkonzentration ist offensichtlich seewasserbeeinflusst und repräsentiert nicht den Grundwasserzstrom aus der Kippe. Der Konzentrationsrückgang ist vermutlich auf Verdünnungseffekte aus der Grundwasserneubildung zurückzuführen, da der Anstrombereich vergleichsweise höhere Konzentrationen aufweist (LMBV, 2017). Stattdessen wird die etwas südlicher gelegene GWM 6276 empfohlen. Die Sulfatkonzentrationen in dieser GWM zeigen seit Messbeginn 2015 ein relativ konstantes Konzentrationsniveau. Im WBaIMo SPM erfolgt daher im Rahmen der Aktualisierung eine Anpassung der Sulfatkonzentration auf den aktuellen Messwert von 735 mg/L (Messwert vom 20.11.2018) zur Beschreibung des südwestlichen Kippenzustroms.

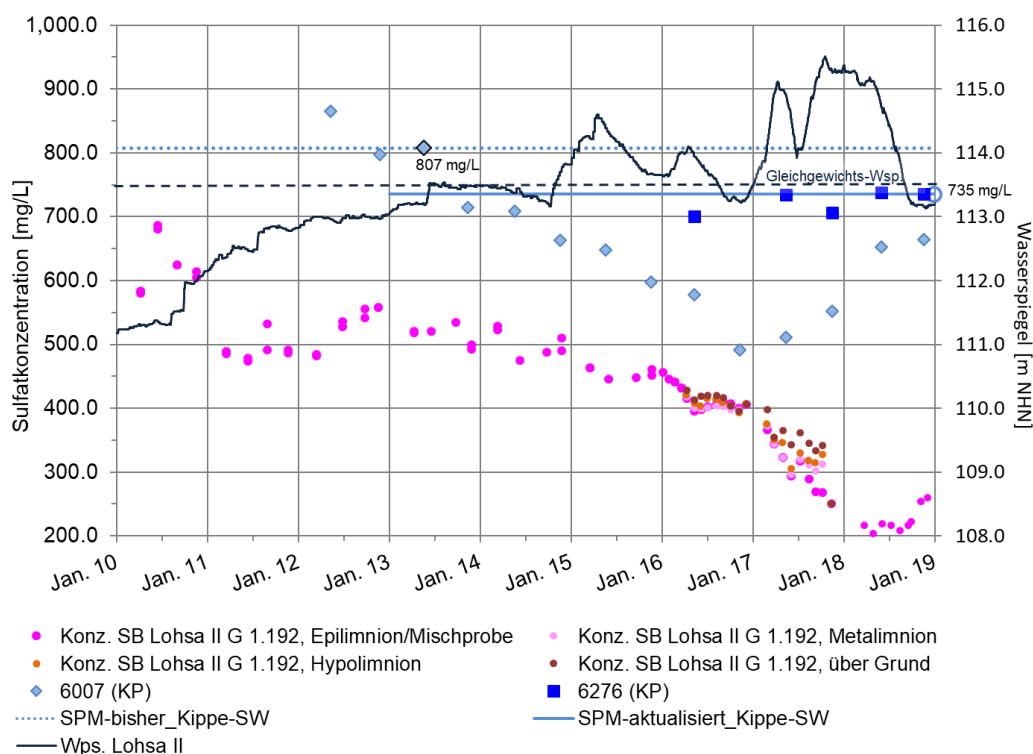


Abbildung 3-10: Messwerte und Modellansätze Sulfat im Grundwasserzstrombereich Lohsa II Kippe-Südwest.

Die in der Abbildung 3-11 dargestellten Sulfatkonzentrationen in den GWM 6277, 6136 und 6008 zeigen, dass die Belastung des Grundwassers nach Norden hin auf Werte ≥ 1000 mg/L ansteigt, vermutlich aufgrund der zunehmenden Verweilzeit in der Kippe (LMBV, 2017). Im WBaIMo SPM wurde bisher für diesen Grundwasserzstrombereich Lohsa II Kippe-Süd entsprechend (IWB, 2014a) eine Mischkonzentration aus den GWM 2040M (80 %) und 6008 (20 %) gebildet. Dazu wurden die Messwerte vom 14.01.2000 in der GWM 2040M (1230 mg/L) und vom 01.11.2010 in der GWM 6008 (1260 mg/L) verwendet. Demzufolge ergab sich eine Sulfatkonzentration im Kippenzustrom von 1236 mg/L. Für die GWM 2040M liegen keine aktuellen Messwerte vor. Da in der GWM 6008 ein gleichbleibend hohes Konzentrationsniveau besteht, erfolgt keine Änderung im WBaIMo SPM. Der bisher zugewiesene Wert von 1236 mg/L wird weiterverwendet.

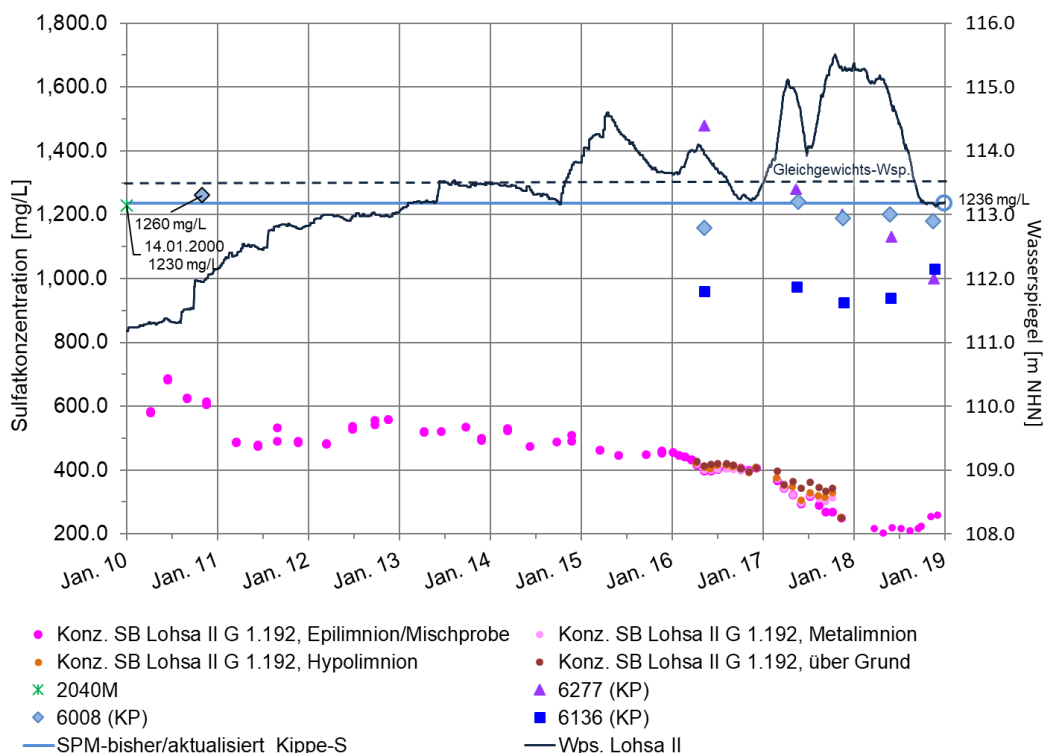


Abbildung 3-11: Messwerte und Modellansätze Sulfat im Grundwasserzustrombereich Lohsa II Kippe-Süd.

SB Burghammer

Die Abbildung 3-12 zeigt einen Ausschnitt aus Anlage 1.1 des LMBV-Jahresberichts 2017 (LMBV, 2018) mit den Sulfatkonzentrationen des GW-Monitorings im Umfeld des SB Burghammer.

In der Abbildung 3-13 sind für die Grundwasserzustrombereiche Burghammer Hangendes-Südost und Burghammer Kippe die im WBalMo SPM zugewiesenen Konzentrationen sowie die aktuell verfügbaren Daten dargestellt. Zudem wurden die Konzentrationen in den Seemessstellen G 1.221 und G 1.223 im südlichen bzw. nördlichen Seebereich im Diagramm aufgenommen. Es erfolgte keine Differenzierung der Darstellung nach den Tiefenbereichen, da keine relevanten Unterschiede in den vertikalen Sulfatkonzentrationen bestehen. Das Diagramm enthält zudem als weitere Bewertungsgrundlagen die Wasserspiegelentwicklung im SB Burghammer.

Für den Grundwasserzustrombereich Burghammer Hangendes-Südost wurde in (IWB, 2014a) die GWM 6013 mit dem Sulfatmesswert 681 mg/L vom 06.05.2010 verwendet. Die Messdaten zeigen einen deutlichen Konzentrationsrückgang. Die aktualisierte Sulfatkonzentration für die Szenarien liegt mit 389 mg/L (Wert Ende 2018) ca. 290 mg/L niedriger als im WBalMo SPM ursprünglich angesetzt.

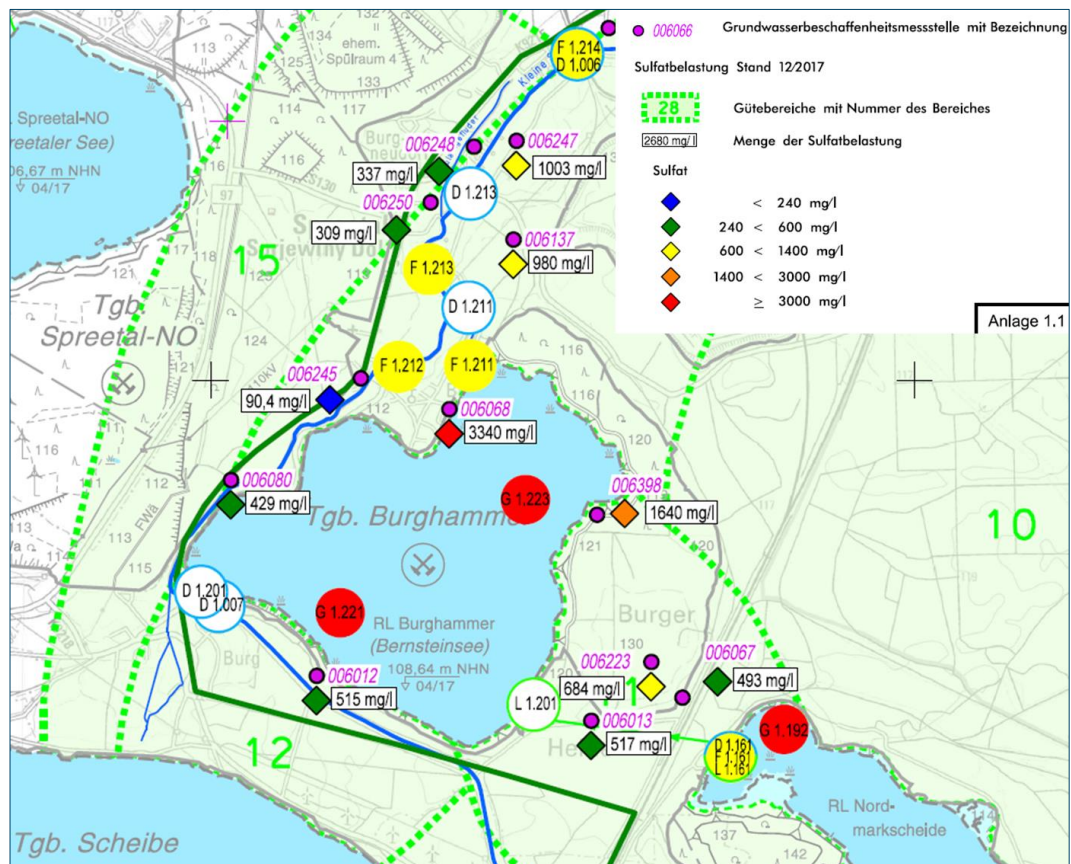


Abbildung 3-12: Sulfatbelastung im Umfeld des SB Burghammer Stand 12/2017, Ausschnitt aus Anlage 1.1 (LMBV, 2018).

Zur Beschreibung des Sulfateintrags mit dem Grundwasserzustrom Burghammer Kippe wurde bisher im WBalMo SPM eine Mischkonzentration aus den GWM 192 (70 %) und 6223 (30 %) gebildet. Dazu wurden die Messwerte vom 17.11.1995 in der GWM 192 (1350 mg/L) und vom 21.11.2012 in der GWM 6223 (729 mg/L) verwendet. Demzufolge ergab sich die Sulfatkonzentration im Kippenzustrom von 1164 mg/L. Die Messdaten in der GWM 6223 zeigen einen fallenden Trend, die aktuelle Sulfatkonzentration liegt bei 630 mg/L (08.11.2018). Für die GWM 192 liegen keine aktuellen Messwerte vor. 2015 wurde die GWM 6398 in das Monitoring aufgenommen. Die GWM 6398 liegt im unmittelbaren Anstrombereich zum SB Burghammer. Bis Frühjahr 2017 werden Sulfatkonzentrationen von ca. 1800 mg/L gemessen, seit Herbst 2017 zeigen die Messdaten einen deutlichen Konzentrationsrückgang auf 1480 mg/L (Wert Ende 2018). Im WBalMo SPM wird zur Beschreibung des Grundwasserzustroms aus der Kippe Burghammer ein 2/3-Ansatz der Konzentration der GWM 6398 gewählt. Damit ergibt sich ein ähnliches Konzentrationsniveau wie mit dem bisherigen Ansatz. Die aktualisierte Sulfatkonzentration für die Szenarien liegt bei 987 mg/L.

In der Abbildung 3-14 sind die relevanten Daten für den Grundwasserzustrombereich Burghammer Hangendes-Süd/ Südwest dargestellt. In (IWB, 2014a) wurde die GWM 6012 mit der Sulfatkonzentration 633 mg/L vom 21.05.2013 verwendet. Die Messdaten zeigen einen deutlich fallenden Trend von 1700 mg/L im Frühjahr 2009 auf nunmehr ca. 500 mg/L. Es zeichnet sich ab, dass sich die Sulfatkonzentration auf diesem Niveau halten wird (LMBV, 2018). Im WBalMo SPM erfolgt die Anpassung der Sulfatkonzentration auf den aktuellen Messwert 506 mg/L vom 08.11.2018.

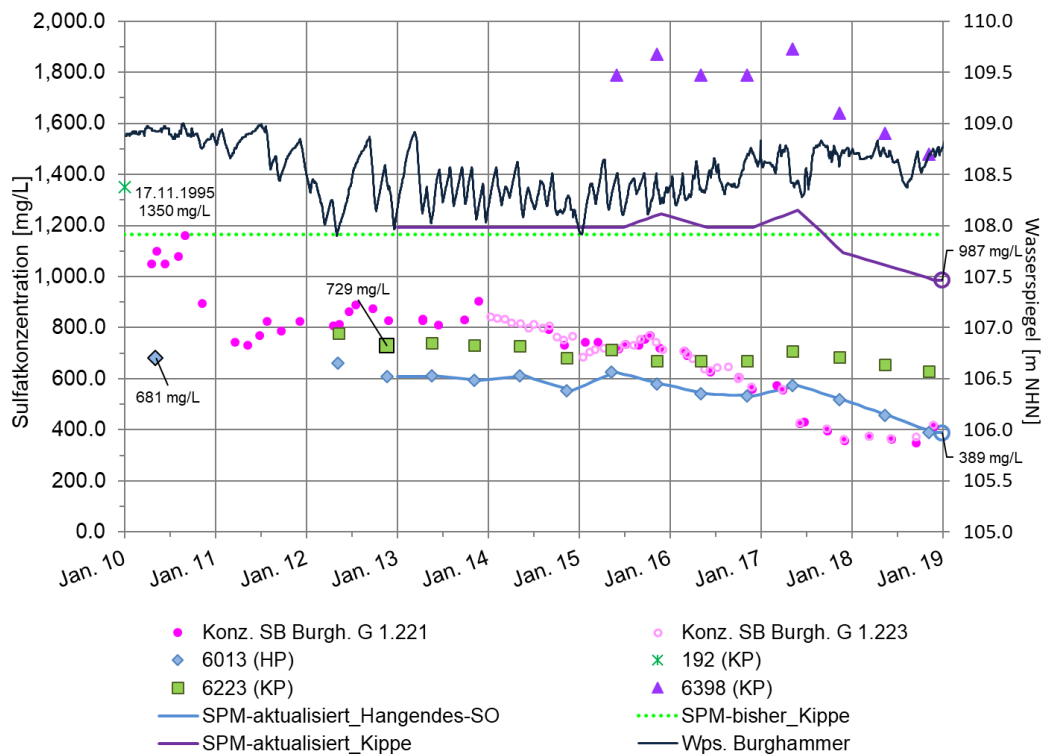


Abbildung 3-13: Messwerte und Modellsätze Sulfat in den Grundwasserzustrombereichen Burghammer Hangendes-Südost und Burghammer Kippe.

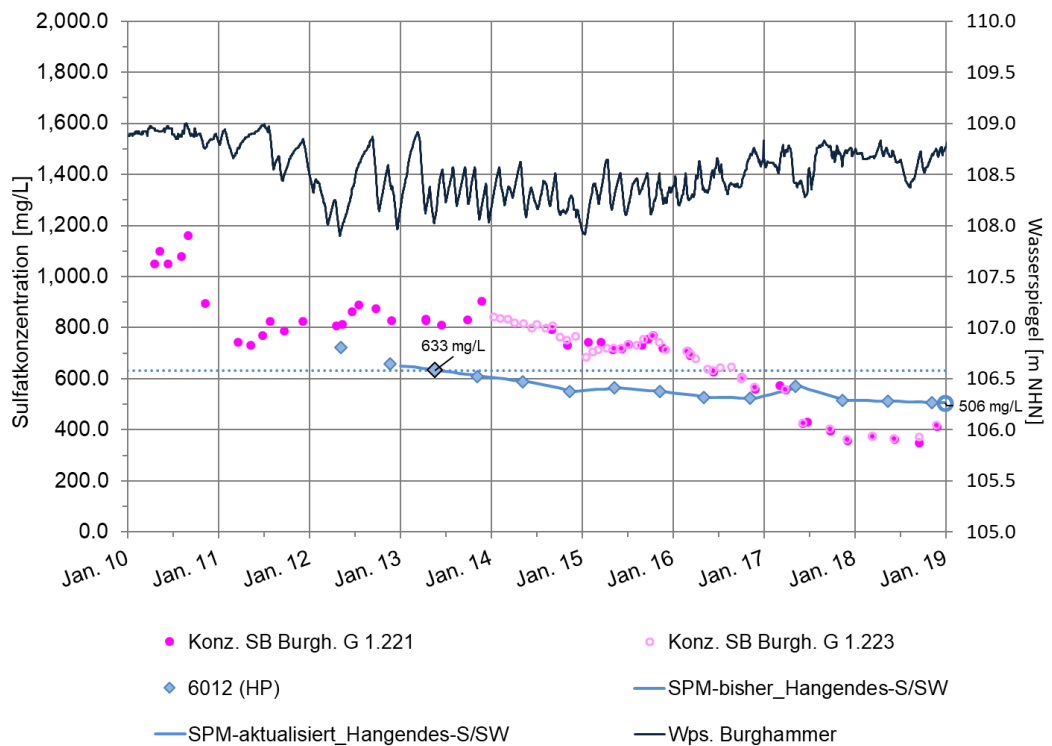


Abbildung 3-14: Messwerte und Modellsätze Sulfat im Grundwasserzustrombereich Burghammer Hangendes-Süd/ Südwest.

Zusammenfassung

Die Tabelle 3-19 enthält eine Zusammenfassung der Grundwasserzuströmbereiche der Speicherbecken Lohsa II und Burghammer mit den im WBalMo SPM verwendeten Daten (DHI WASY, 2017a) bzw. den beschriebenen Änderungen. In Tabelle 3-20 werden die bisherigen und aktualisierten Modellansätze für Sulfat im Grundwasserzuström zu den SB Lohsa II und Burghammer gegenübergestellt.

Im Zuström Gewachsenes-West zu Lohsa II wurde die Sulfatkonzentration auf den aktuellen, um ca. 75 mg/L geringeren Wert angepasst. Im Zuström Gewachsenes-Nord/Ost erfolgte eine Änderung in der Zuweisung der repräsentativen GWM und die Sulfatkonzentration wurde um 275 mg/L erhöht, wobei der Grundwasserzuström erst bei einer Unterschreitung eines Wasserstandes von 113,2 mNHN wirksam wird. Für den Kippen-Zuström Südwest wurden eine neue GWM zugewiesen und die Sulfatkonzentration mit einem ca. 70 mg/L niedrigen Wert aktualisiert. Der Zuström aus der Kippe-Süd bleibt unverändert auf dem hohen Niveau von > 1200 mg/L.

Den Grundwasserzuströmen aus den Hangend-GWL zum SB Burghammer wurden die aktuellen Messwerte zugewiesen, die im Bereich des Zuströms Südost um ca. 300 mg/L und im Bereich des Zuströms Süd/ Südwest um ca. 130 mg/L verringerte Sulfatkonzentrationen aufweisen. Der Grundwasserzuström aus der Kippe Burghammer wurde aktualisiert und liegt weiterhin auf dem Niveau von ca. 1000 mg/L.

Tabelle 3-19: Übersicht zu den Grundwasserzuströmbereichen und den verwendeten Daten bzw. der vorgenommenen Änderungen.

| Grundwasserzuströmbereiche | Datenaufbereitung/ Zuordnung Grundwassermessstellen | |
|------------------------------|---|---|
| | DHI WASY (2017) | Änderung |
| Lohsa II_Gewachsenes-West | 30 % 6011, 40 % 6009, 30 % 6227 | 60 % 6009, 40 % 6227 |
| Lohsa II_AH-Scheibe | 282 mg/L | keine Änderung |
| Lohsa II_Gewachsenes-Ost | 20% 6066, 80% 6138 | GWM 6066 (Mittelwert bei Wsp. < 113,2 m NHN im SB Lohsa II) |
| Lohsa II_Gewachsenes-Nord | 20% 6066, 80% 6138 | |
| Lohsa II_Kippe-Südwest | 6007 | GWM 6007 verdünnungsbeeinflusst, Nutzung GWM 6276 mit aktuellem Messwert 2018 |
| Lohsa II_Kippe-Süd | 20% 6008, 80% 2040M | keine Änderung (2040M entfällt, 6008 und benachbarte GWM gleichbleibend hohe Konz.) |
| Burghammer_Hangendes-Südost | 6013 | aktuelle Messwerte |
| Burghammer_Kippe | 30% 6223, 70% 192 | Nutzung neu errichtete GWM 6398 mit 2/3 -Ansatz |
| Burghammer_Hangendes-Südwest | 6012 | aktuelle Messwerte |
| Burghammer_Hangendes-Süd | wie Hangendes-SW belegt | aktuelle Messwerte |

Tabelle 3-20: Übersicht zu den bisherigen und aktualisierten Modellansätzen für Sulfat im Grundwasserzustrom.

| Grundwasserzustrombereiche | Modellansatz für Sulfat | |
|----------------------------|-------------------------|--------------------------------|
| | (DHI WASY, 2017a) | Aktualisierung, Wert Ende 2018 |
| Lohsa II_Gewachsenes-W | 288 mg/L | 213 mg/L |
| Lohsa II_AH-Scheibe | 282 mg/L | 282 mg/L |
| Lohsa II_Gewachsenes-O | 205 mg/L | 480 mg/L |
| Lohsa II_Gewachsenes-N | 205 mg/L | 480 mg/L |
| Lohsa II_Kippe-SW | 807 mg/L | 735 mg/L |
| Lohsa II_Kippe-S | 1236 mg/L | 1236 mg/L |
| Burghammer_Hangendes-SO | 681 mg/L | 389 mg/L |
| Burghammer_Kippe | 1164 mg/L | 987 mg/L |
| Burghammer_Hangendes-SW | 633 mg/L | 506 mg/L |
| Burghammer_Hangendes-S | 633 mg/L | 506 mg/L |

3.3 Prüfung der Modellanpassungen

Die im Zuge der Aktualisierung und Erweiterung vorgenommenen Änderungen sollen im Folgenden überprüft werden. Die Plausibilisierung erfolgt zum einen für die initialen Sulfatkonzentrationen in Speichern mit Frachtsimulation und zum anderen für die Kalibrierung des Modells für die Grundwasserbeeinflussung in den SB Lohsa II und Burghammer.

Eine Überprüfung der Modellerweiterung für den Querschnitt Rahnsdorf, wobei gemessene Sulfatkonzentrationen mit aus gemessenen Randbedingungen berechneten Sulfatkonzentrationen verglichen wurden, erfolgte bereits im Abschnitt 1.1.3.

3.3.1 Initiale Sulfatkonzentrationen in Speichern mit Frachtsimulation

In den Speichern SB Lohsa II, Burghammer und der TS Spremberg werden kontinuierliche Frachtbilanzen berechnet. Daher sind geeignete Anfangskonzentrationen erforderlich. Zu Beginn des 1. Auswertezitraumes Januar 2018 sollen daher die zu diesem Zeitpunkt gemessenen Sulfatkonzentrationen die Startwerte im Modell bilden. Alle folgenden Sulfatkonzentrationen werden dann durch die Simulation ermittelt.

Zur Validierung des Vorgehens wurden die Sulfatkonzentrationen in diesen Speichern zu Beginn jeder Periode, d. h. 2018, 2023 und 2028 vor Start der Bewirtschaftungssimulation statistisch mittels der 10 %-, 50 %- und 90 %-Perzentile ausgewertet. Für Januar 2018 mussten sich die initialen Sulfatkonzentrationen für alle drei Perzentile ergeben, während für die anderen zwei Perioden eine entsprechende Streuung gegeben sein musste.

Die folgende Tabelle zeigt zunächst die initialen Sulfatkonzentrationen.

Tabelle 3-21: Initiale Sulfatkonzentrationen in den Speichern.

| Speicher/Talsperre | Initiale Sulfatkonzentration Januar 2018 |
|--------------------|--|
| SB Lohsa II | 252 mg/L |
| SB Burghammer | 361 mg/L |
| TS Spremberg | 294 mg/L |

In Tabelle 3-22 sind die Perzentile aufgeführt, die sich aus den Ergebnissen für eine der Varianten der Immissionsrichtwerte ergeben haben.

Tabelle 3-22: Statistik der Sulfatkonzentrationen am Beginn jedes Auswertezitraumes.

| Speicher/ Talsperre | Perzentile der Sulfatkonzentration Januar 2018 [mg/L] | | | Perzentile der Sulfatkonzentration Januar 2023 [mg/L] | | | Perzentile der Sulfatkonzentration Januar 2028 [mg/L] | | |
|------------------------|---|------|------|---|------|------|---|------|------|
| | 10 % | 50 % | 90 % | 10 % | 50 % | 90 % | 10 % | 50 % | 90 % |
| SB Lohsa II | 252 | 252 | 252 | 206 | 138 | 113 | 295 | 156 | 122 |
| SB Burghammer | 361 | 361 | 361 | 506 | 312 | 185 | 484 | 314 | 187 |
| TS Spremberg | 294 | 294 | 294 | 454 | 416 | 271 | 468 | 429 | 302 |

Die Ergebnisse zeigen, dass für jeden Speicher/Talsperre alle Perzentile der Sulfatkonzentration für den Januar 2018 identisch und gleich den Vorgaben in Tabelle 3-21 sind. Damit sind sie nicht Ergebnis der Prognose, die unterschiedliche Sulfatkonzentrationen ermitteln müsste, z. B. je nach Wasserverfügbarkeit für die Durchleitung mit Spreewasser oder je Grundwasserzustrom in Abhängigkeit vom Wasserstand in den Speichern. Dieses Verhalten zeigen aber die Sulfatkonzentrationen zu Beginn der anderen Perioden. Sie weisen unterschiedliche Perzentile auf, die im Verlauf der Simulation prognostiziert wurden.

Damit konnte validiert werden, dass entsprechend den Vorgaben des Auftraggebers im Januar 2018 die Initialisierung der Speicher mit den gemessenen Sulfatkonzentrationen erfolgt und im weiteren Verlauf zu Beginn der anderen Perioden die jeweils prognostizierten Sulfatkonzentrationen als Startwerte wirken.

3.3.2 Überprüfung der Kalibrierung des Modells für die Grundwasserbeeinflussung in den SB Lohsa II und Burghammer

3.3.2.1 Grundlagen und Methodik

Ausgangspunkt ist das in (DHI WASY, 2017a) entwickelte, reduzierte Grundwasser-Modell auf Grundlage des Hysterese-Modells aus (IWB, 2014a). Die Kalibrierung erfolgte durch Anpassung der Hysterese-Parameter zur Beschreibung der Grundwasserzu- und abflüsse in den einzelnen Zu- und Abstrombereichen aus Gewachsenem bzw. Hangend-Grundwasserleiter und den Kippen. Für die Kalibrierung wurde das reduzierte Grundwasser-Modell als ein autonom rechnendes Modellsystem erstellt. Zudem wurde eine Anbindung zu PEST realisiert. PEST ermöglicht die automatische Kalibrierung durch

Inverse Berechnung und wurde unterstützend für die Anpassung der Hysterese-Parameter eingesetzt.

Die Kalibrierung erfolgte anhand der Gegenüberstellung der gemessenen und berechneten Volumina bzw. Wasserstände sowie Sulfatkonzentrationen in den Speicherbecken (SB) Lohsa II und Burghammer. Der Verifizierungs- bzw. Nachkalibrierungszeitraum beginnt Januar 2013 und wurde bis Ende 2018 verlängert. In diesen 6 Jahren erfolgte mehrfach ein Über- und Unterschreiten des Grenzwasserspiegels in Lohsa II (+113,5 m NHN), was in dem bisherigen Kalibrierungszeitraum bis Ende 2015 nicht enthalten war. Die Sulfatkonzentrationen sind in diesem Zeitraum um ca. 300 bis 400 mg/L im SB Lohsa II bzw. im SB Burghammer gesunken.

Für die Kalibrierung erfolgte die Vorgabe der gemessenen Randbedingungen (Einleitungen, Überleitungen und Ableitungen) und die Aktualisierung bis Ende 2018. Für die Zuweisung der monatlichen Summen des Niederschlags wurden die Daten der Niederschlagsstation Boxberg verwendet. Die Daten wurden nach Richter korrigiert und die Schneeverlagerung beachtet. Die Potentielle Verdunstung (ETP) wurde nach Turc Ivanov mit den Klimadaten der Station Cottbus berechnet. Der Höhenunterschied zwischen Cottbus (69 m) und Boxberg (125 m) wurde berücksichtigt.

Die Belegung der Randbedingungen mit Sulfatkonzentrationen erfolgte entsprechend der Ansätze in der Emissionstabelle (Tabelle 3-18, Querschnitte in der Kleinen Spree und Hauptspreet an den Flutungsbauwerken der SB Lohsa II und SB Burghammer sowie für die Vorflut Lippen) bzw. durch Verwendung der aktualisierten Konzentrationen für die Grundwasser-Zustrombereiche (konstante Werte oder Ganglinien) auf Grundlage der Monitoring-Auswertung in Kapitel im Abschnitt 3.2.5.

Mit dem reduzierten GW-Modell wurden die Grundwasserzu- und -abströme je Teilbereich berechnet und in vielfachen Simulationsläufen durch Anpassung der Hysterese-Parameter optimiert, so dass im Ergebnis eine gute Abbildung der gemessenen Wasserstände und der Sulfatkonzentrationen erzielt werden konnte.

3.3.2.2 Berechnung der Wasserspiegel mit dem Hysterese-Modell

Die Abbildung 3-15 zeigt die gemessene und berechnete Wasserstandsganglinie sowie die Grund- und Oberflächenwasserbilanz des SB Lohsa II für den Kalibrierungszeitraum 2013 - 2018. In der Abbildung 3-16 sind analog die Wasserstände sowie Grund- und Oberflächenwasserzu- und -abströme für das SB Burghammer dargestellt. Das reduzierte GW-Modell liefert plausible Berechnungsergebnisse. Es konnte eine sehr gute Anpassung an die gemessenen Wasserstände in beiden SB erreicht werden. Der mittlere absolute Fehler beträgt im SB Lohsa II 22 cm und im SB Burghammer 19 cm. Eine Verifizierung mit den Grundwasserzu- und -abflüssen aus dem numerischen Grundwassermodell der LMBV konnte nicht erfolgen, da die Daten noch nicht vorliegen.

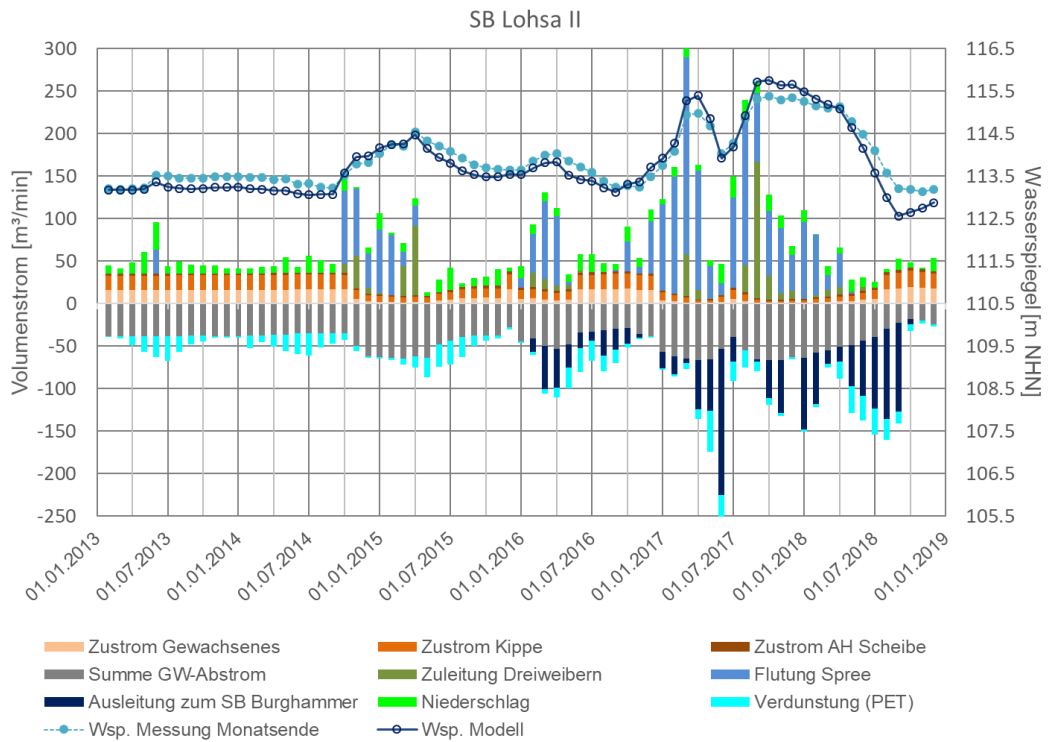


Abbildung 3-15: Gemessene und berechnete Wasserstandsganglinie sowie Grund- und Oberflächenwasserbilanz des SB Lohsa II 2013 - 2018.

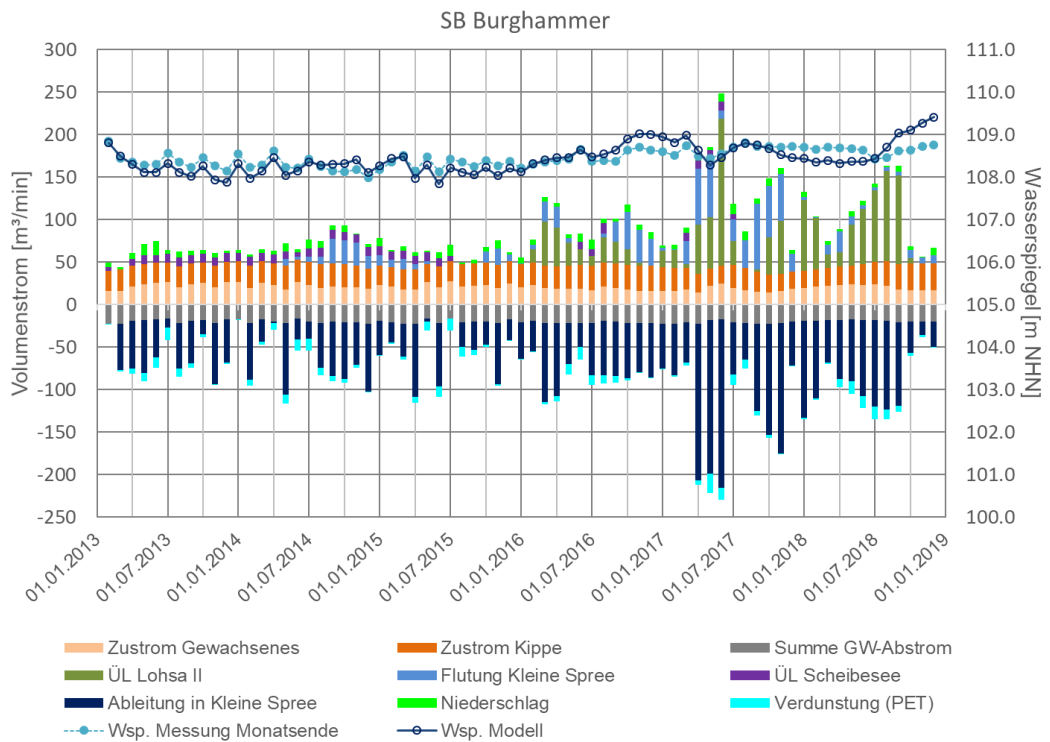


Abbildung 3-16: Gemessene und berechnete Wasserstandsganglinie sowie Grund- und Oberflächenwasserbilanz des SB Burghammer 2013 - 2018.

3.3.2.3 Berechnung der Sulfatkonzentrationen mit dem Hysterese-Modell

Die Abbildung 3-17 zeigt die mit dem reduzierten GW-Modell berechneten und gemessenen Sulfatkonzentrationen in den Speichern Lohsa II und Burghammer. Ergänzend werden die Wasserspiegel dargestellt.

Auf Grundlage des Hysterese-Modells und der Stoffbilanzierung wird die beobachtete Entwicklung der Sulfatkonzentrationen sehr gut erfasst. Somit können im WBalMo SPM die Speicherbewirtschaftungen und deren Auswirkungen auf die Sulfatfrachten bzw. Ausleitkonzentrationen nachgebildet werden.

Es wird empfohlen, dass die Vorflut Lippen verstärkt und orientiert an der Teichbewirtschaftung gemessen wird, da sowohl die Verdünnungswirkung durch die Teiche als auch der hoch mit Sulfat konzentrierte Zustrom aus dem EZG (> 1000 mg/L) relevant für die Sulfatkonzentration im Speichersystem sein können. Im Verifizierungszeitraum liegen Stichtagsmessungen für die Vorflut Lippen vor. Diese wurden nicht berücksichtigt, da das Ablassen der Teiche nicht erfasst wird und folgerichtig die Messwerte die hohen Sulfatkonzentrationen aus dem Eigendargebot der Vorflut Lippen aufweisen. Demgegenüber sind beim Ablassen der Teiche hohe Durchflusswerte und niedrige Sulfatkonzentrationen plausibel, da das Bespannen der Teiche aus der Kleinen Spree oberhalb Burg 2 erfolgt mit mittleren Sulfatkonzentration von 70 mg/L.

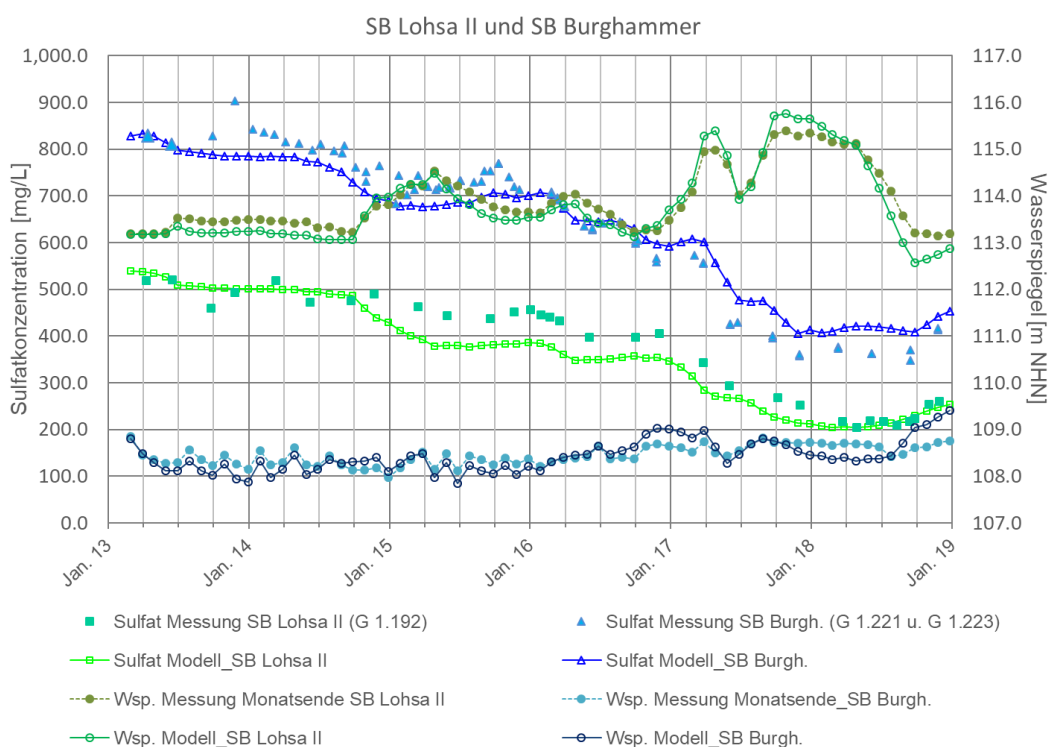


Abbildung 3-17: Berechnete und gemessene Sulfatkonzentrationen sowie Wasserspiegel in den Speichern Lohsa II und Burghammer.

Die Vergleichbarkeit mit der Kalibrierung aus (DHI WASY, 2017a) ist von vernachlässigbarer Relevanz. Das mehrfache Über- und Unterschreiten des Grenzwasserspiegels in Lohsa II (+113,5 m NHN) und das Abfallen der Sulfatkonzentrationen um ca. 300 bis 400 mg/L im SB Lohsa II bzw. im SB Burghammer im neuen Kalibrierungszeitraum stellen ein grundsätzliche andere Daten- und Systemgrundlage dar. Damit sind die Prozesse, die bei der Speicherbewirtschaftung zu erwarten sind, deutlich besser beschrieben. Die neuen Parameter sind daher entsprechend besser für die Sulfatprognosen geeignet.

3.4 Ermittlung der Richtwerte

3.4.1 Überprüfung der vorhandenen (Immissions-)Richtwerte

Prognose der monatlichen Überschreitungswahrscheinlichkeiten (UeWK) der bestehenden Immissionsrichtwerte

In Abbildung 3-18 bis Abbildung 3-20 sind die monatlichen Überschreitungswahrscheinlichkeiten (UeWK) der bestehenden Immissionsrichtwerte für die Querschnitte Spremberg-Wilhelmsthal, Leibsch UP, Neubrück und Rahnsdorf für die Perioden 2018 – 2022, 2023 – 2027 und 2028 - 2032 dargestellt.

Am Querschnitt Spremberg-Wilhelmsthal ist zu erkennen, dass der bestehende Immissionsrichtwert von 450 mg/L ab dem Monat Mai fast durchgängig mit weniger als 10 % überschritten wird. In den Monaten Januar bis April liegt die Überschreitung bei bis zu 22 %. Am Querschnitt Neubrück kann in den Monate Dezember bis April die Überschreitung des Immissionsrichtwertes unter 10 % gehalten werden. In den anderen Monaten steigen die Überschreitungen auf bis zu ca. 48 %. Die Querschnitte Leibsch UP und Rahnsdorf zeigen über das gesamte Jahr Überschreitungen von mehr als 10 %, wobei die Maxima im Sommer bei ca. 90 % und 76 % liegen.

Zwischen den Perioden sind ebenfalls Unterschiede bei den UeWK der bestehenden Immissionsrichtwerte festzustellen. Hierbei kommt es in vereinzelt Monaten zu Verbesserungen und in anderen zu Verschlechterungen der UeWK, wobei die oben getroffenen Feststellungen im Wesentlichen weiter zu treffen.

Anhand der UeWK der bestehenden Immissionsrichtwerte kann geschlussfolgert werden, dass der vorhandene Immissionsrichtwert für Spremberg-Wilhelmsthal in einem guten Bereich liegt, bei den anderen Querschnitten wird der Immissionsrichtwert sehr häufig überschritten.

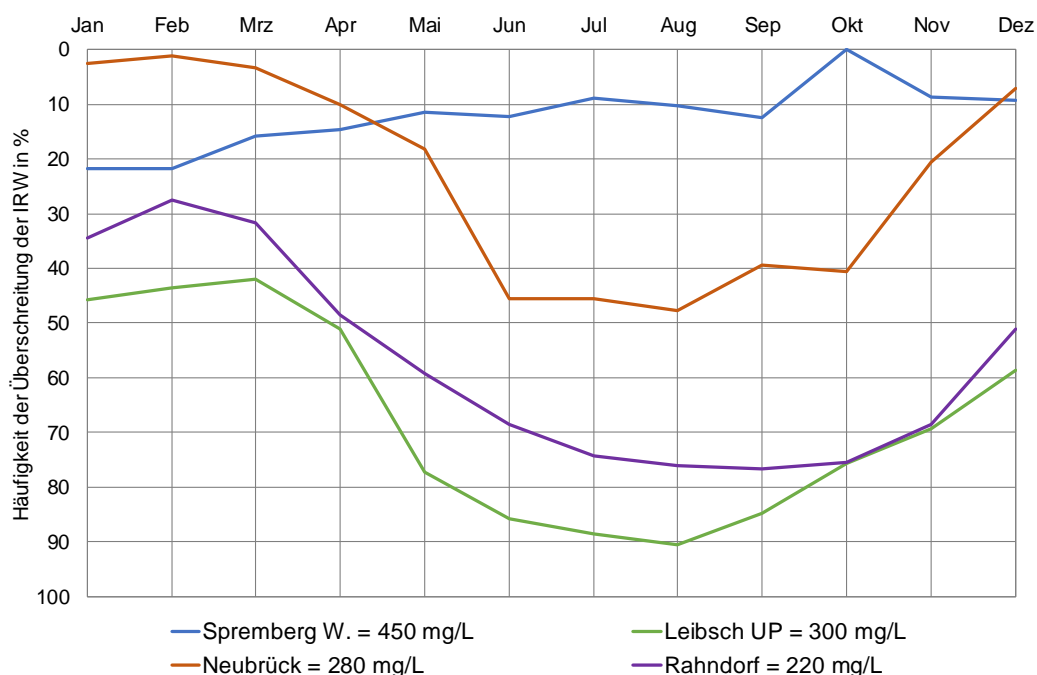


Abbildung 3-18: Monatliche Überschreitungswahrscheinlichkeit der bestehenden Immissionsrichtwerte für die Periode 2018 – 2022.

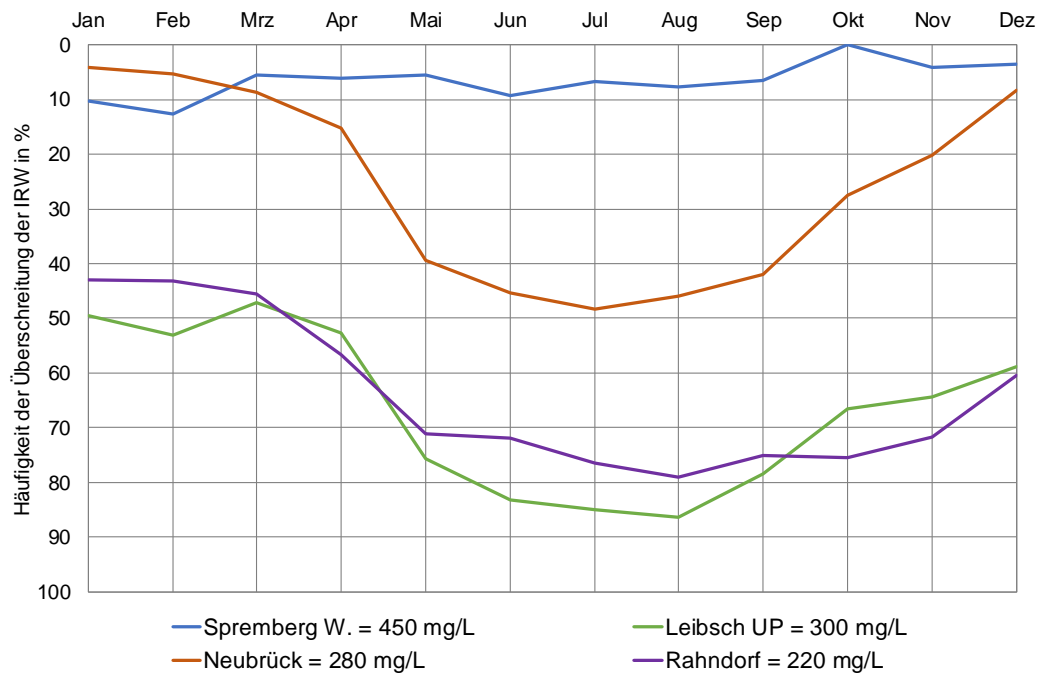


Abbildung 3-19: Monatliche Überschreitungswahrscheinlichkeit der bestehenden Immissionsrichtwerte für die Periode 2023 – 2027.

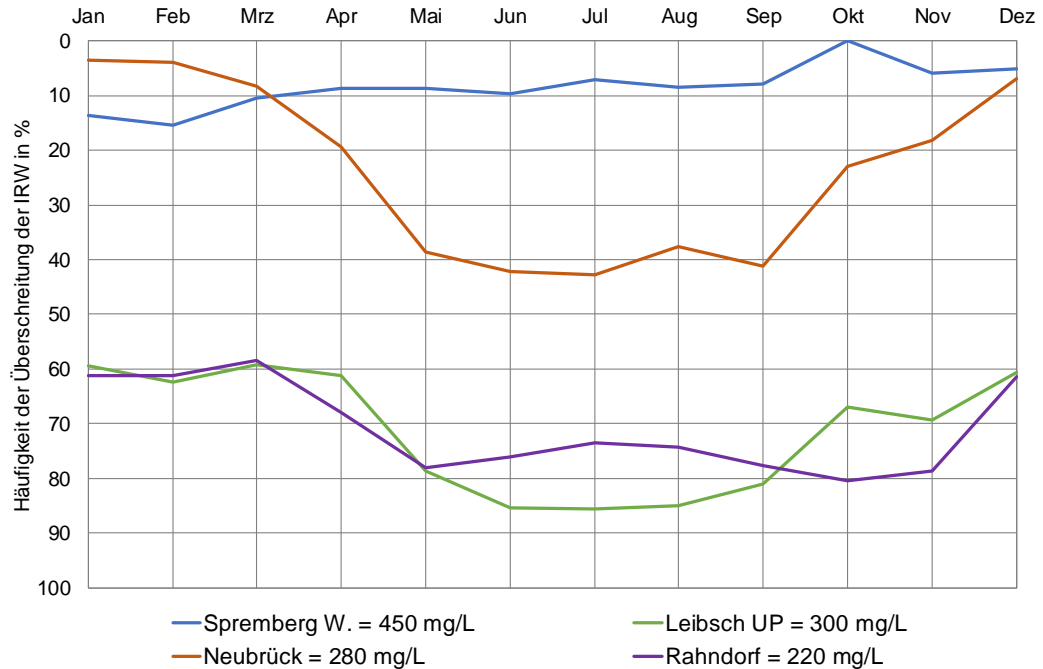


Abbildung 3-20: Monatliche Überschreitungswahrscheinlichkeit der bestehenden Immissionsrichtwerte für die Periode 2028 – 2032.

Prognose der 90 %-Perzentile der monatlichen Sulfatkonzentrationen (Unterschreitungswahrscheinlichkeit - UWK)

In den folgenden Abbildungen sind die Prognosen der 90 %-Perzentile der monatlichen Sulfatkonzentrationen getrennt für die Querschnitte und die Betrachtungsperioden dargestellt (Abbildung 3-21 bis Abbildung 3-23).

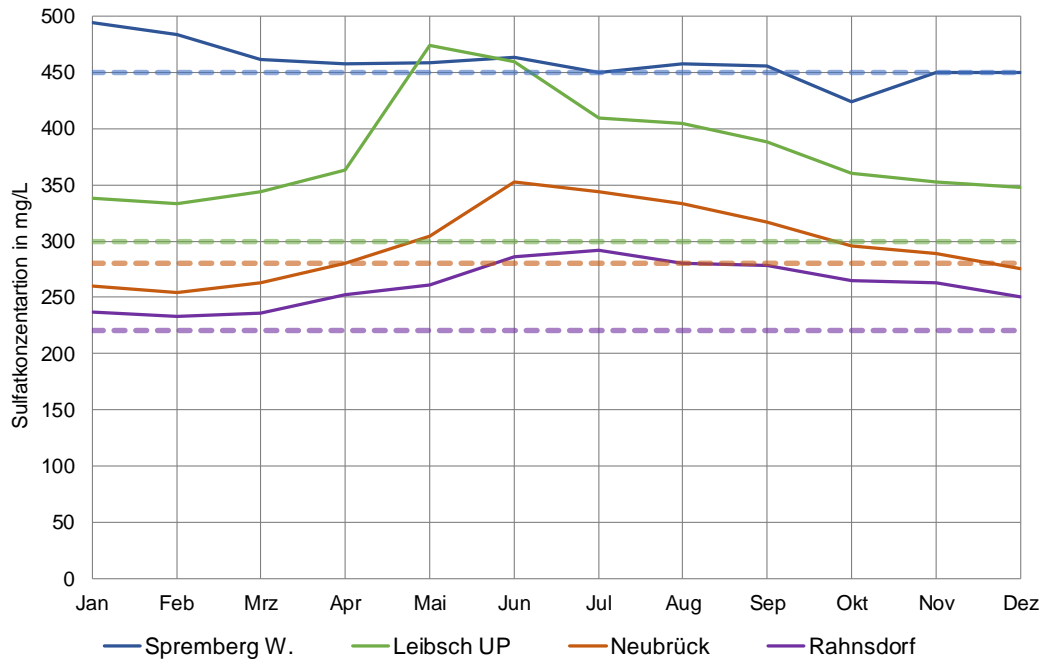


Abbildung 3-21: 90 %-Perzentile der monatlichen Sulfatkonzentrationen (Unterschreitungswahrscheinlichkeit) für die Periode 2018 – 2022 im Vergleich mit den Immissionsrichtwerten (gestrichelte Linien).

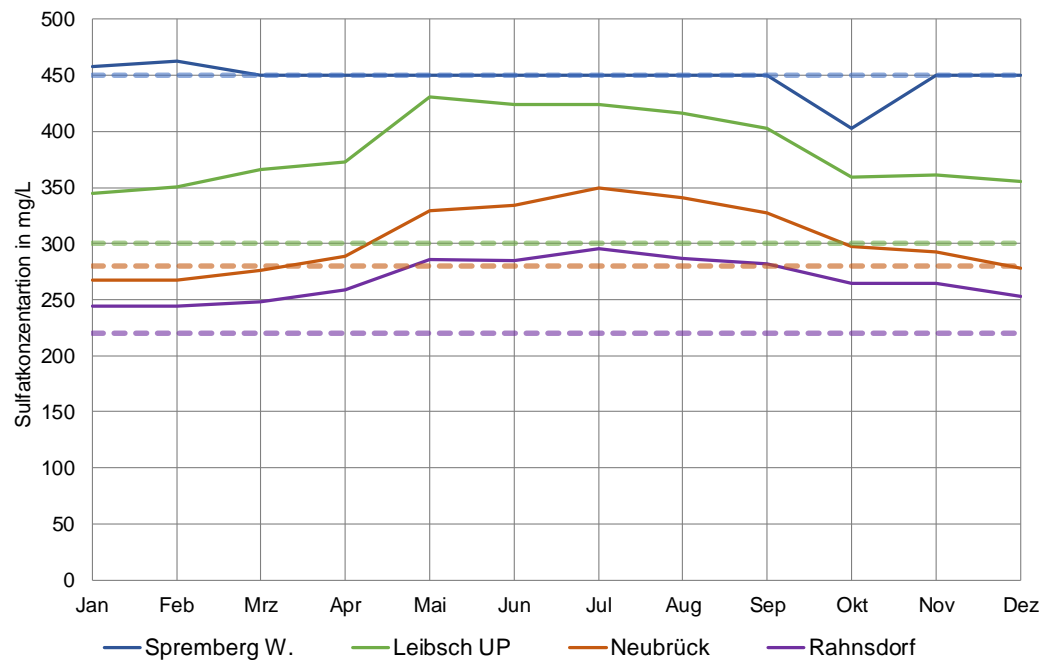


Abbildung 3-22: Prognosen der 90 %-Perzentile der monatlichen Sulfatkonzentrationen (Unterschreitungswahrscheinlichkeit) für die Periode 2023 – 2028 im Vergleich mit den Immissionsrichtwerten (gestrichelte Linien).

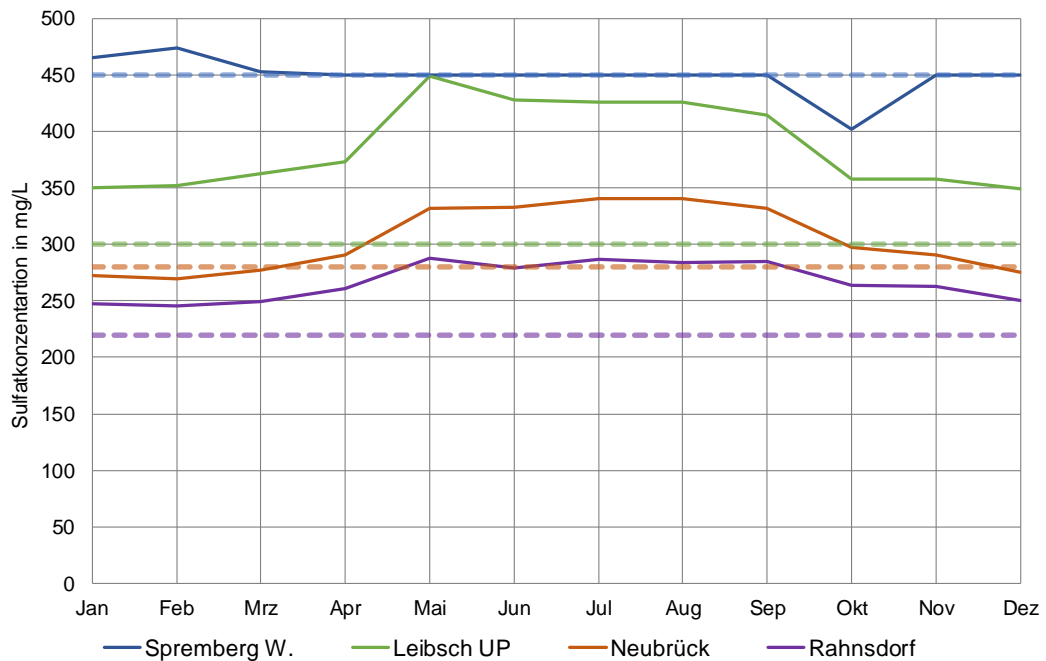


Abbildung 3-23: Prognosen der 90 %-Perzentile der monatlichen Sulfatkonzentrationen (Unterschreitungswahrscheinlichkeit) für die Periode 2028 – 2032 im Vergleich mit den Immissionsrichtwerten (gestrichelte Linien).

Prinzipiell werden die Aussagen aus dem vorhergehenden Abschnitt hier bestätigt. Am Querschnitt Spremberg-Wilhelmsthal werden in der Periode 2018 – 2022 in 10 Monaten die Sulfatkonzentration der 90 % Perzentile unter 463 mg/L gehalten. In den beiden anderen Perioden kann der bestehende Immissionsrichtwert von 450 mg/L in 90 % der Ereignisse praktisch immer eingehalten werden. Am Querschnitt Neubrück wird der Immissionsrichtwert von 280 mg/L von Dezember bis März/ April eingehalten und im Rest des Jahres überschritten. Die Querschnitte Leibsches UP und Rahnsdorf zeigen dagegen, dass die bestehenden Immissionsrichtwerte für das 90 %-Perzentil immer überschritten werden.

Auch hier führen die Unterschiede zwischen den drei betrachteten Perioden praktisch zu keinen anderen Aussagen.

Zusammenfassend sind in der Tabelle 3-23 die bestehenden Immissionsrichtwerte und die 90 %-Perzentile der jährlichen Sulfatkonzentrationen (UWK) für die vier Querschnitte und die drei betrachteten Perioden enthalten.

Tabelle 3-23: Übersicht der bestehenden Immissionsrichtwerte und der 90 %-Perzentile der jährlichen Sulfatkonzentrationen (Unterschreitungswahrscheinlichkeit).

| Querschnitt | Spremberg-Wilhelmsthal | Leibsch UP | Neubrück | Rahnsdorf |
|---|------------------------|------------|----------|-----------|
| bestehende Immissionsrichtwerte | 450 mg/L | 300 mg/L | 280 mg/L | 220 mg/L |
| 90%-Perzentil (UeWK = 10%) in Periode 2018 - 2022 | 458 mg/L | 392 mg/L | 303 mg/L | 265 mg/L |
| 90%-Perzentil (UeWK = 10%) in Periode 2023 - 2027 | 450 mg/L | 399 mg/L | 309 mg/L | 271 mg/L |
| 90%-Perzentil (UeWK = 10%) in Periode 2028 - 2032 | 450 mg/L | 398 mg/L | 307 mg/L | 268 mg/L |

3.4.2 Wirkung des Immissionsrichtwertes in Spremberg-Wilhelmsthal auf die Sulfatkonzentration in der Spree und Ableitung eines Vorschlages für den Immissionsrichtwert in Spremberg-Wilhelmsthal

Wirkung des Immissionsrichtwertes in Spremberg-Wilhelmsthal auf die Sulfatkonzentration in der Spree

Im aktuellen Abschnitt wurde untersucht, wie eine Veränderung des Immissionsrichtwertes in Spremberg-Wilhelmsthal sich auf die Sulfatkonzentrationen in der Spree auswirkt. Die Auswertungen bezogen sich ebenfalls auf die Querschnitte Spremberg-Wilhelmsthal, Leibsch UP, Neubrück und Rahnsdorf. Als Auswerteperioden wurden die Zeitspannen 2018 – 2022, 2023 – 2027 und 2028 – 2032 verwendet.

In den folgenden Abbildungen sind die 90 %- Perzentile der jährlichen Sulfatkonzentrationen (Unterschreitungswahrscheinlichkeit) für Varianten mit verändertem Immissionsrichtwert in Spremberg-Wilhelmsthal dargestellt. Dabei wurden Varianten verwendet, bei denen der Immissionsrichtwert in Spremberg-Wilhelmsthal schrittweise von 375 mg/L auf 500 mg/L verändert wurde (Abbildung 3-24 bis Abbildung 3-26). Folgende Immissionsrichtwerte für Spremberg-Wilhelmsthal waren Bestandteil der Untersuchung:

- 375 mg/L,
- 400 mg/L,
- 425 mg/L,
- 450 mg/L (Basisszenario),
- 475 mg/L und
- 500 mg/L.

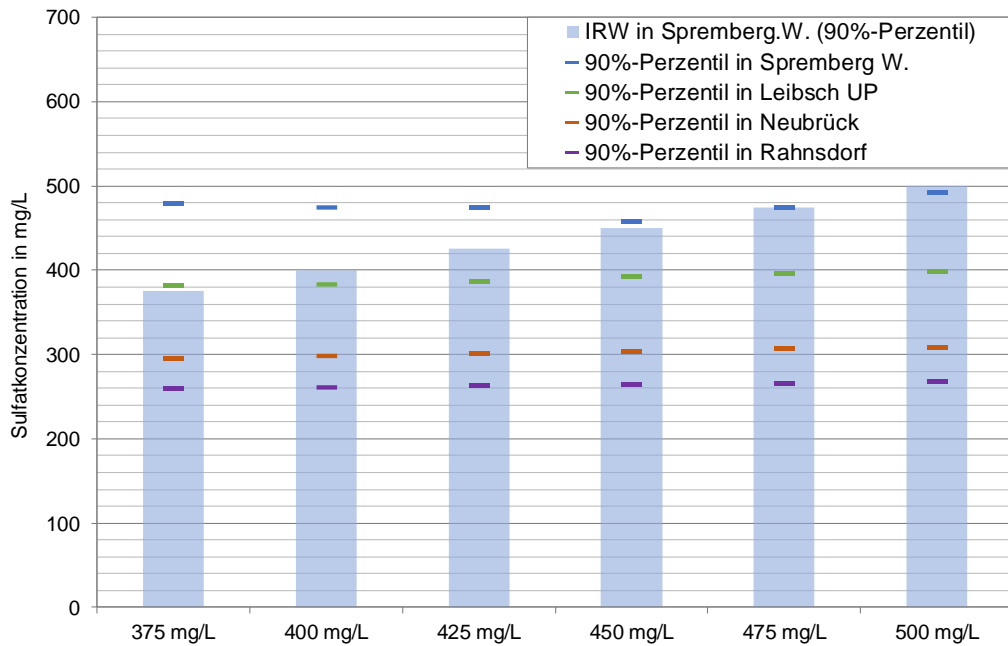


Abbildung 3-24: 90 %- Perzentile der jährlichen Sulfatkonzentrationen (Unterschreitungswahrscheinlichkeit) für Varianten mit verändertem Immissionsrichtwert in Spremberg-Wilhelmsthal für die Periode 2018 – 2022.

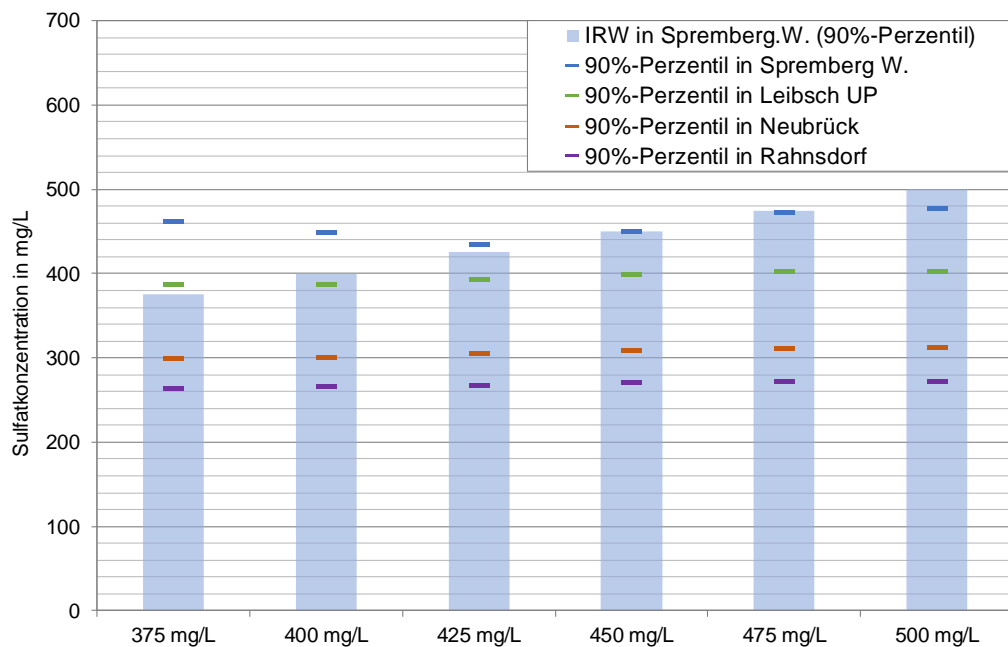


Abbildung 3-25: 90 %- Perzentile der jährlichen Sulfatkonzentrationen (Unterschreitungswahrscheinlichkeit) für Varianten mit verändertem Immissionsrichtwert in Spremberg-Wilhelmsthal für die Periode 2023 – 2027.

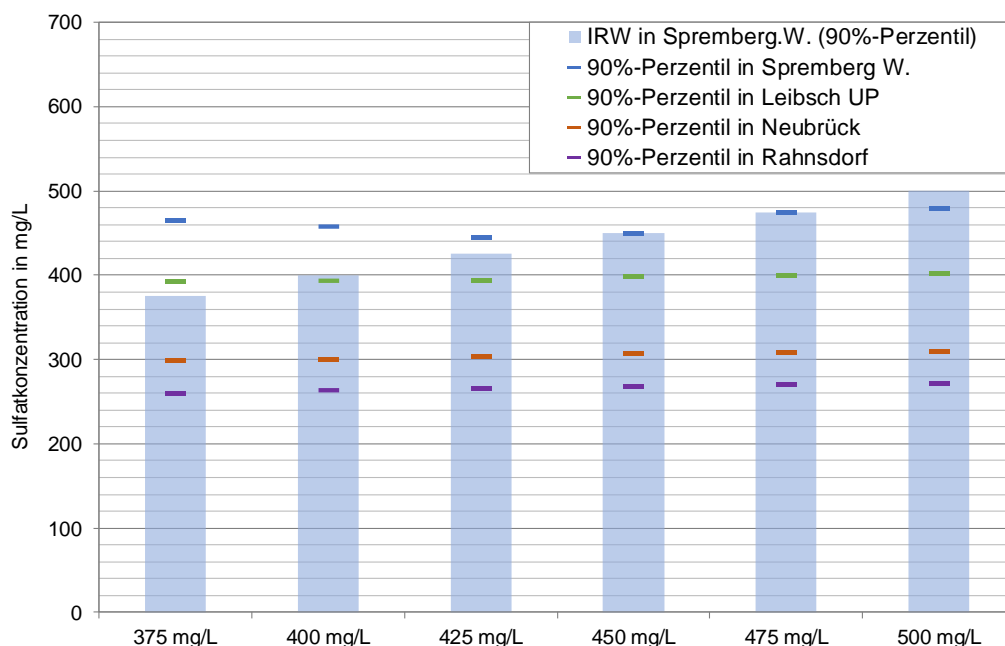


Abbildung 3-26: 90 %- Perzentile der jährlichen Sulfatkonzentrationen (Unterschreitungswahrscheinlichkeit) für Varianten mit verändertem Immissionsrichtwert in Spremborg-Wilhelmsthal für die Periode 2028 – 2032.

Am Querschnitt Spremborg-Wilhelmsthal ist zu beobachten, dass das 90 %-Perzentil der Sulfatkonzentration bei den Varianten 450 mg/L und 475 mg/L etwa den vorgegebenen Immissionsrichtwert wiedergibt. Bei der Variante mit 500 mg/L steigt die Sulfatkonzentration für das 90 %-Perzentil nur wenig an (im Vergleich zur 475 mg/L Variante). Für die weiteren drei Varianten wird der vorgegebene Immissionsrichtwert überschritten, wobei das 90 %-Perzentil der Sulfatkonzentration zum Teil wieder ansteigt (bei kleiner werdenden Immissionsrichtwerten). Das heißt, dass bei den Varianten mit 375 mg/L und 400 mg/L frühzeitig im Jahr so viel Wasser bereitgestellt werden muss, dass bei seltenen Ereignissen für den Rest des Jahres kein Wasser zur Sulfatverdünnung mehr zur Verfügung steht und somit häufiger hohe Sulfatkonzentrationen auftreten.

An den anderen Querschnitten ist dagegen zu beobachten, dass mit Abnahme des Immissionsrichtwertes in Spremborg-Wilhelmsthal eine leichte Entlastung stattfindet. Diese Entlastung im Bezug zur Referenzvariante für die Periode 2018 – 2022 beträgt am Querschnitt Leibsch UP maximal 10 mg/L, am Querschnitt Neubrück 7 mg/L und am Querschnitt Rahnsdorf 5 mg/L.

Eine detaillierte Übersicht der 90 %- Perzentile der jährlichen Sulfatkonzentrationen (UWK) für Varianten mit verändertem Immissionsrichtwert in Spremborg-Wilhelmsthal für die Perioden 2018 – 2022, 2023 – 2027 und 2028 – 2032 kann der Tabelle 3-24 entnommen werden.

Tabelle 3-24: Übersicht der 90 %- Perzentile der jährlichen Sulfatkonzentrationen (Unterschreitungswahrscheinlichkeit) für Varianten mit verändertem Immissionsrichtwert in Spremberg-Wilhelmsthal.

| Variante mit IRW in Spremberg-Wilhelmsthal von | 375 mg/L | 400 mg/L | 425 mg/L | 450 mg/L | 475 mg/L | 500 mg/L |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Periode 2018 - 2022 | | | | | | |
| 90 %-Perz. in Spremberg W. | 480 mg/L | 475 mg/L | 474 mg/L | 458 mg/L | 475 mg/L | 493 mg/L |
| 90 %-Perz. in Leibsch UP | 382 mg/L | 383 mg/L | 387 mg/L | 392 mg/L | 396 mg/L | 398 mg/L |
| 90 %-Perz. in Neubrück | 296 mg/L | 298 mg/L | 301 mg/L | 303 mg/L | 307 mg/L | 308 mg/L |
| 90 %-Perz. in Rahnsdorf | 260 mg/L | 261 mg/L | 263 mg/L | 265 mg/L | 266 mg/L | 267 mg/L |
| Periode 2023 – 2027 | | | | | | |
| 90 %-Perz. in Spremberg W. | 461 mg/L | 449 mg/L | 434 mg/L | 450 mg/L | 472 mg/L | 477 mg/L |
| 90 %-Perz. in Leibsch UP | 387 mg/L | 387 mg/L | 393 mg/L | 399 mg/L | 402 mg/L | 403 mg/L |
| 90 %-Perz. in Neubrück | 299 mg/L | 301 mg/L | 305 mg/L | 309 mg/L | 311 mg/L | 312 mg/L |
| 90 %-Perz. in Rahnsdorf | 263 mg/L | 266 mg/L | 268 mg/L | 271 mg/L | 272 mg/L | 273 mg/L |
| Periode 2028 – 2032 | | | | | | |
| 90 %-Perz. in Spremberg W. | 466 mg/L | 458 mg/L | 445 mg/L | 450 mg/L | 475 mg/L | 480 mg/L |
| 90 %-Perz. in Leibsch UP | 392 mg/L | 393 mg/L | 394 mg/L | 398 mg/L | 400 mg/L | 402 mg/L |
| 90 %-Perz. in Neubrück | 298 mg/L | 300 mg/L | 304 mg/L | 307 mg/L | 309 mg/L | 310 mg/L |
| 90 %-Perz. in Rahnsdorf | 260 mg/L | 263 mg/L | 266 mg/L | 268 mg/L | 270 mg/L | 271 mg/L |

Ergänzend zu den 90 %-Perzentilen der jährlichen Sulfatkonzentrationen sind in der Abbildung 3-27 Längsschnitte anhand von Boxplots dargestellt. Dabei wurden die Varianten mit den Immissionsrichtwerten von 375 mg/L, 450 mg/L und 500 mg/L in Spremberg-Wilhelmsthal für die Periode 2018 – 2022 ausgewertet. Neben dem 90 %-Perzentil ist ebenfalls das 10 %-Perzentil und der Median enthalten.

Am Querschnitt Spremberg-Wilhelmsthal sind Änderungen an der Spannweite der Sulfatkonzentrationen (10 %-Perzentil, Median, 90 %-Perzentil) zu erkennen. Mit Zunahme der Entfernung zu diesem Querschnitt werden die Spannweiten der Sulfatkonzentrationen geringer.

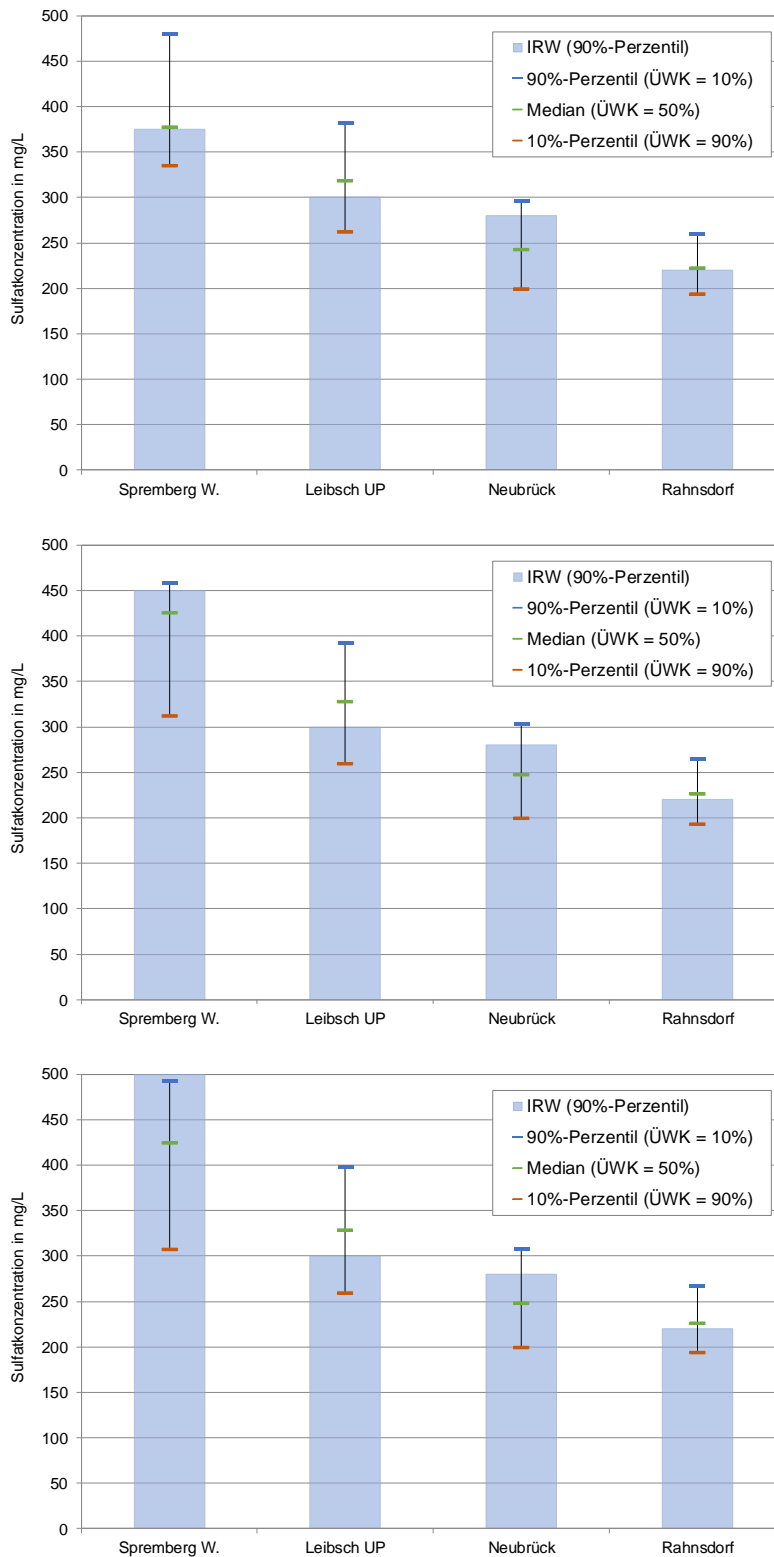


Abbildung 3-27: Längsschnitte der 90 %- und 10 %-Perzentile der jährlichen Sulfatkonzentrationen sowie der Mediane für die vorgeschlagenen Immissionsrichtwert in Spremberg-Wilhelmsthal von 375 mg/L (oben) und 500 mg/L (unten) sowie des bestehenden Immissionsrichtwertes von 450 mg/L (Mitte) der Periode 2018 – 2022.

Aufgrund der Tatsache, dass anhand der jährlichen Sulfatkonzentrationen praktisch keine Unterschiede zwischen den Varianten vorhanden sind, werden im Folgenden die Monatswerte untersucht.

In Abbildung 3-28 sind die monatlichen UeWK des Immissionsrichtwertes in Neubrück bei variierendem Immissionsrichtwert in Spremberg-Wilhelmsthal für die Perioden 2018 – 2022, 2023 – 2027 und 2028 – 2032 dargestellt.

Es ist zu beobachten, dass in den Monaten Dezember bis März/ April die Unterschiede zwischen den Perioden gering ausfallen. Des Weiteren sind die UeWK des Immissionsrichtwertes in Neubrück für diesen Zeitraum im Bereich von über 10 %.

In den Monaten April/ Mai bis November sind dagegen Unterschiede zwischen den Varianten zu beobachten. In diesem Zeitraum können in Abhängigkeit der Varianten Verbesserungen von bis zu 15 % erzielt werden.

Deutliche Unterschiede zwischen den Varianten treten am Querschnitt Neubrück bei Immissionsrichtwerten in Spremberg-Wilhelmsthal von weniger als 450 mg/L auf. Bei den Varianten mit Sulfatkonzentrationen von 450 mg/L bis 500 mg/L sind die Unterschiede dagegen zu vernachlässigen.

Am Querschnitt Rahnsdorf sind die am Querschnitt Neubrück beobachteten Unterschiede in dieser Ausprägung nicht anzutreffen (Abbildung 3-29). Erst bei Immissionsrichtwerten in Spremberg-Wilhelmsthal von weniger als 400 mg/L weichen die monatlichen UeWK des Immissionsrichtwertes von 220 mg/L zwischen den Varianten voneinander ab. Die Unterschiede in den Sommermonaten betragen dabei weniger als 5 %.

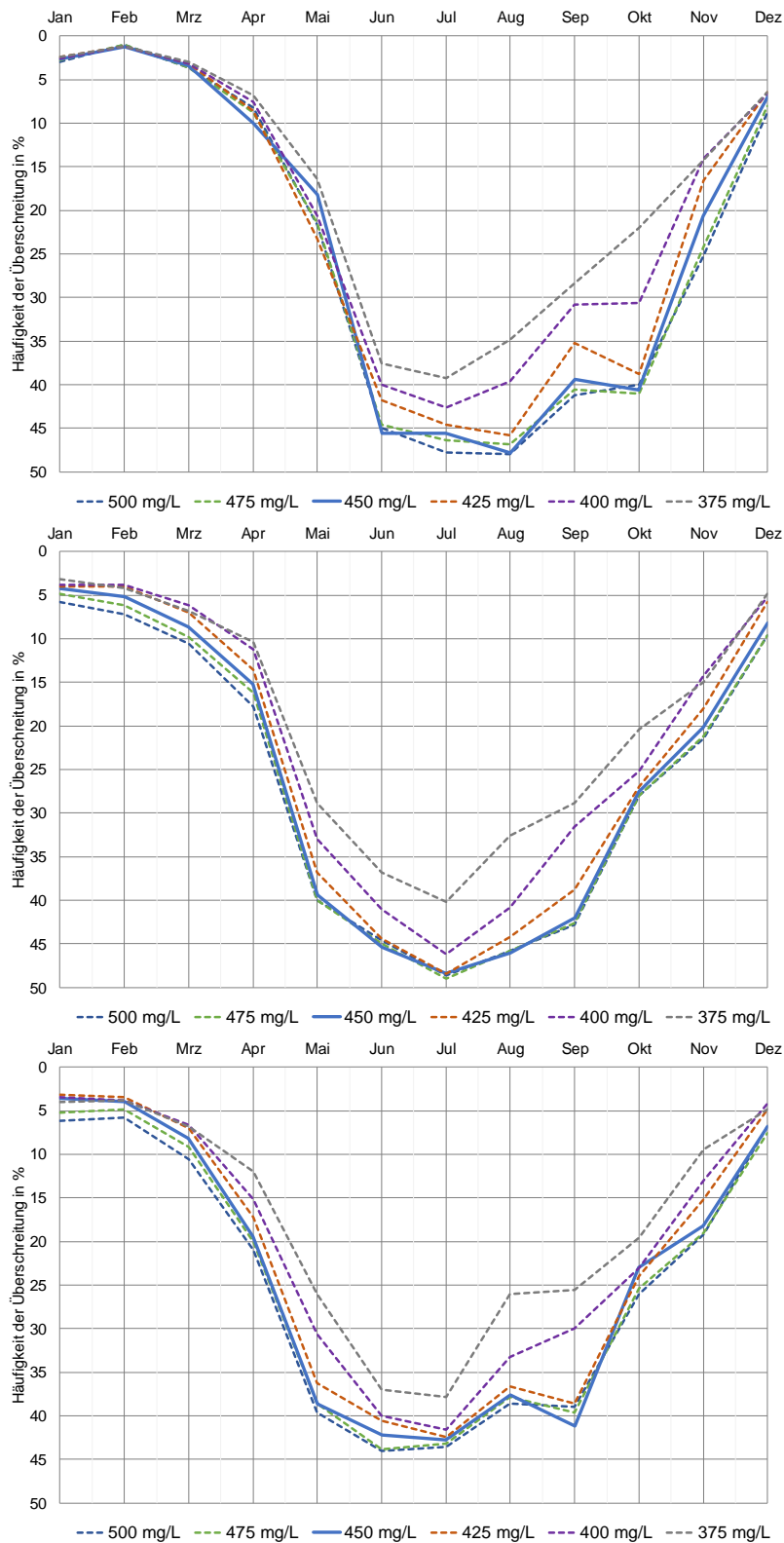


Abbildung 3-28: Monatliche Überschreitungswahrscheinlichkeiten des Immissionsrichtwertes von 280 mg/L in Neubrück für unterschiedliche Immissionsrichtwerte in Spremberg-Wilhelmsthal der Perioden 2018 – 2022 (oben), 2023 – 2027 (Mitte) und 2028 – 2032 (unten).

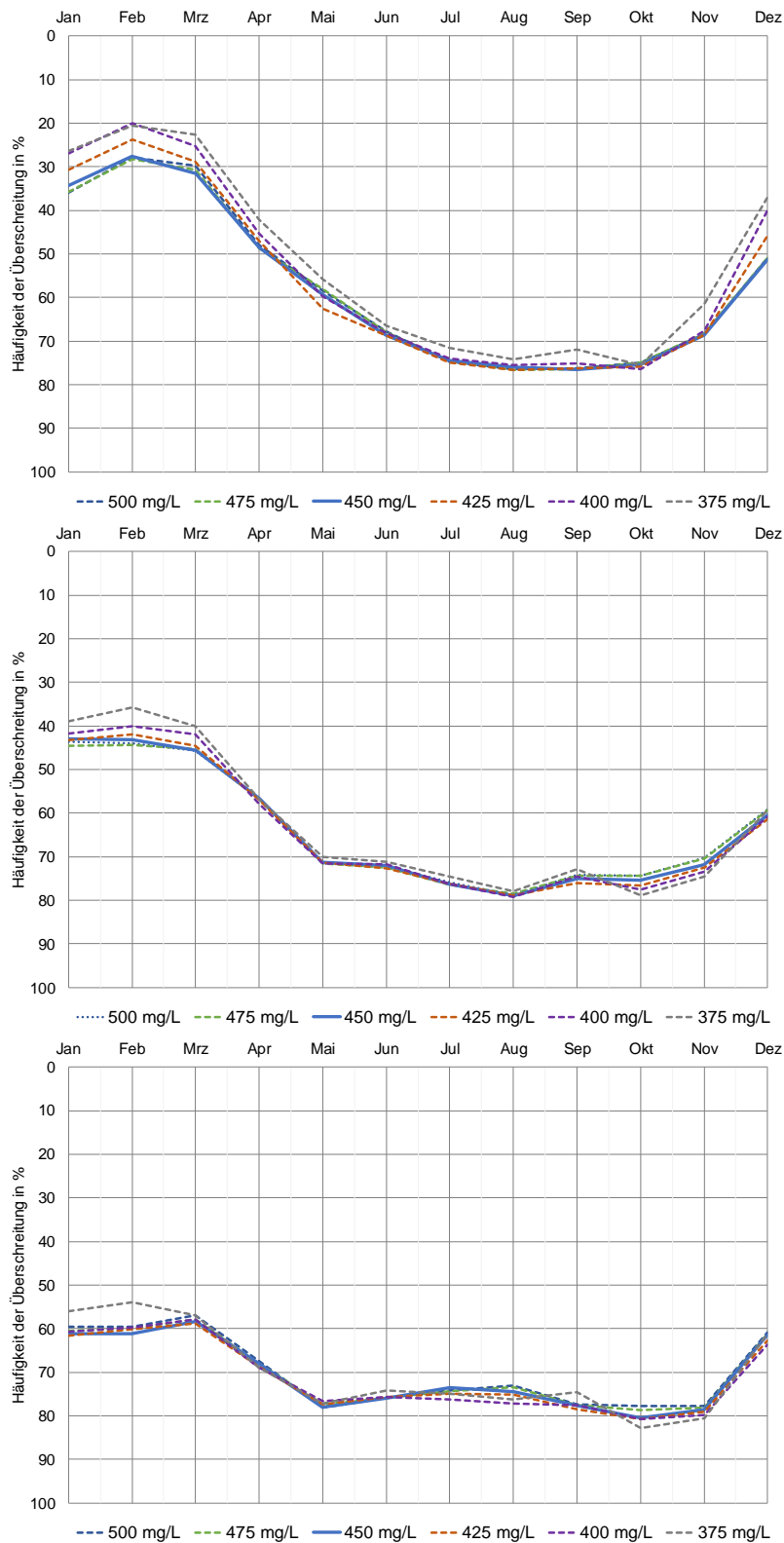


Abbildung 3-29: Monatliche Überschreitungswahrscheinlichkeiten des Immissionsrichtwertes von 220 mg/L in Rahnsdorf für unterschiedliche Immissionsrichtwerte in Spremberg-Wilhelmsthal der Perioden 2018 – 2022 (oben), 2023 – 2027 (Mitte) und 2028 – 2032 (unten).

Ableitung eines Vorschlages für den Immissionsrichtwert in Spremberg-Wilhelmsthal

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass anhand der 90 %- Perzentile der jährlichen Sulfatkonzentrationen nur geringe Unterschiede zwischen den Varianten auftreten. Ein Grund dafür ist, dass bei der Betrachtung von jährlichen Werten alle Monate in die Auswertung einbezogen werden und somit auch die Monate des Winterhalbjahres, welche häufig sehr geringe Sulfatkonzentrationen aufweisen. Aus diesem Grund wurden ebenfalls die monatlichen Sulfatkonzentrationen ausgewertet. Anhand dieser Werte war zu beobachten, dass am Querschnitt Neubrücke Verbesserungen möglich sind, die aber vorwiegend im Sommerhalbjahr auftreten, wo es häufig zu Überschreitungen des Immissionsrichtwertes kommen kann. In den weiteren Monaten sind die Unterschiede zu vernachlässigen, wobei die UWK auch vergleichsweise gering ausfallen.

Daher wird vorgeschlagen den Immissionsrichtwert in Spremberg-Wilhelmsthal derart zu ändern, dass in der Periode 2018 - 2022 in den Monaten Juni bis September und in den Perioden 2023 - 2027 und 2028 - 2032 in den Monaten Mai bis September ein Immissionsrichtwert von 400 mg/L angestrebt werden kann. Mit diesem ist es möglich, am Querschnitt Neubrücke die Sulfatkonzentration zu reduzieren. In den Monaten Oktober bis Mai für die Periode 2018 - 2022 und Oktober bis April für die Perioden 2023 - 2027 und 2028 - 2032 kann dagegen der Immissionsrichtwert auf 500 mg/L gesetzt werden. Das führt in diesen Monaten nur zu geringen Unterschieden bei vergleichsweise hohen UWK. Zusätzlich besteht die Möglichkeit weitere Reserven aufzubauen bzw. zurückzuhalten, die verstärkt in den Sommermonaten benötigt werden.

3.4.3 Prognose der 90 %-Perzentile der monatlichen Sulfatkonzentrationen in der Spree unter Anwendung des vorgeschlagenen Immissionsrichtwertes in Spremberg-Wilhelmsthal

Der im Abschnitt 3.4.2 abgeleitete Vorschlag zur Änderung des Immissionsrichtwertes in Spremberg-Wilhelmsthal von derzeit 450 mg/L auf 500 mg/L in den Monaten Oktober bis April (in Periode 2018 - 2022 bis Mai) und 400 mg/L in den Monaten Mai (Periode 2018 - 2022 bis ab Juni) bis September wurde in einer Modellvariante programmatisch umgesetzt und im aktuellen Abschnitt ausgewertet. Die Ergebnisse wurden im Vergleich zu den weiteren untersuchten Varianten dargestellt. Um die Abbildungen nicht zu überladen wurde die Variante mit 475 mg/L durch die abgeleitete Variante ersetzt (500-400 mg/L).

In Abbildung 3-30 sind die 90 %- Perzentile der jährlichen Sulfatkonzentrationen für die Variante mit dem abgeleiteten Immissionsrichtwert in Spremberg-Wilhelmsthal im Vergleich mit den anderen Varianten dargestellt. Für die abgeleitete Variante wurde der im Hintergrund dargestellte Immissionsrichtwert als Mittelwert aus 500 mg/L und 400 mg/L abgebildet und wird somit ebenfalls mit 450 mg/L dargestellt.

Es ist zu beobachten, dass die 90 %-Perzentile der jährlichen Sulfatkonzentrationen von Leibsch UP, Neubrücke und Rahnsdorf abnehmen und im Bereich der Variante mit einem Immissionsrichtwert von 400 mg/L in Spremberg-Wilhelmsthal liegen. Für Spremberg-Wilhelmsthal wird dagegen eine Erhöhung des 90 %-Perzentils jährlichen Sulfatkonzentrationen beobachtet.

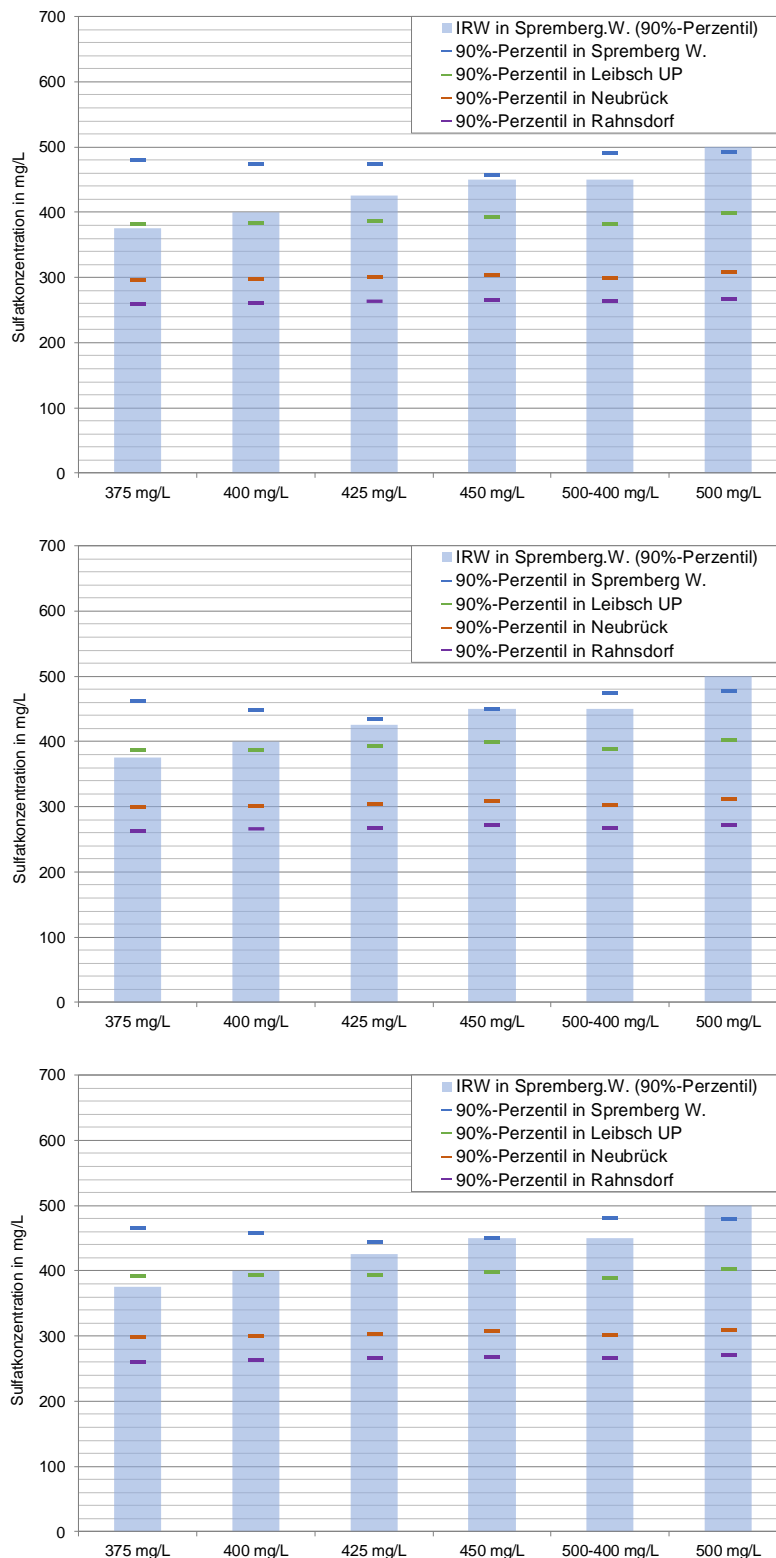


Abbildung 3-30: 90 %- Perzentile der jährlichen Sulfatkonzentrationen für die Variante mit abgeleitetem Immissionsrichtwert in Spreberg-Wilhelmsthal für die Periode 2018 – 2022 (oben), 2023 – 2027 (Mitte) und 2028 – 2032 (unten) im Vergleich mit den anderen Varianten.

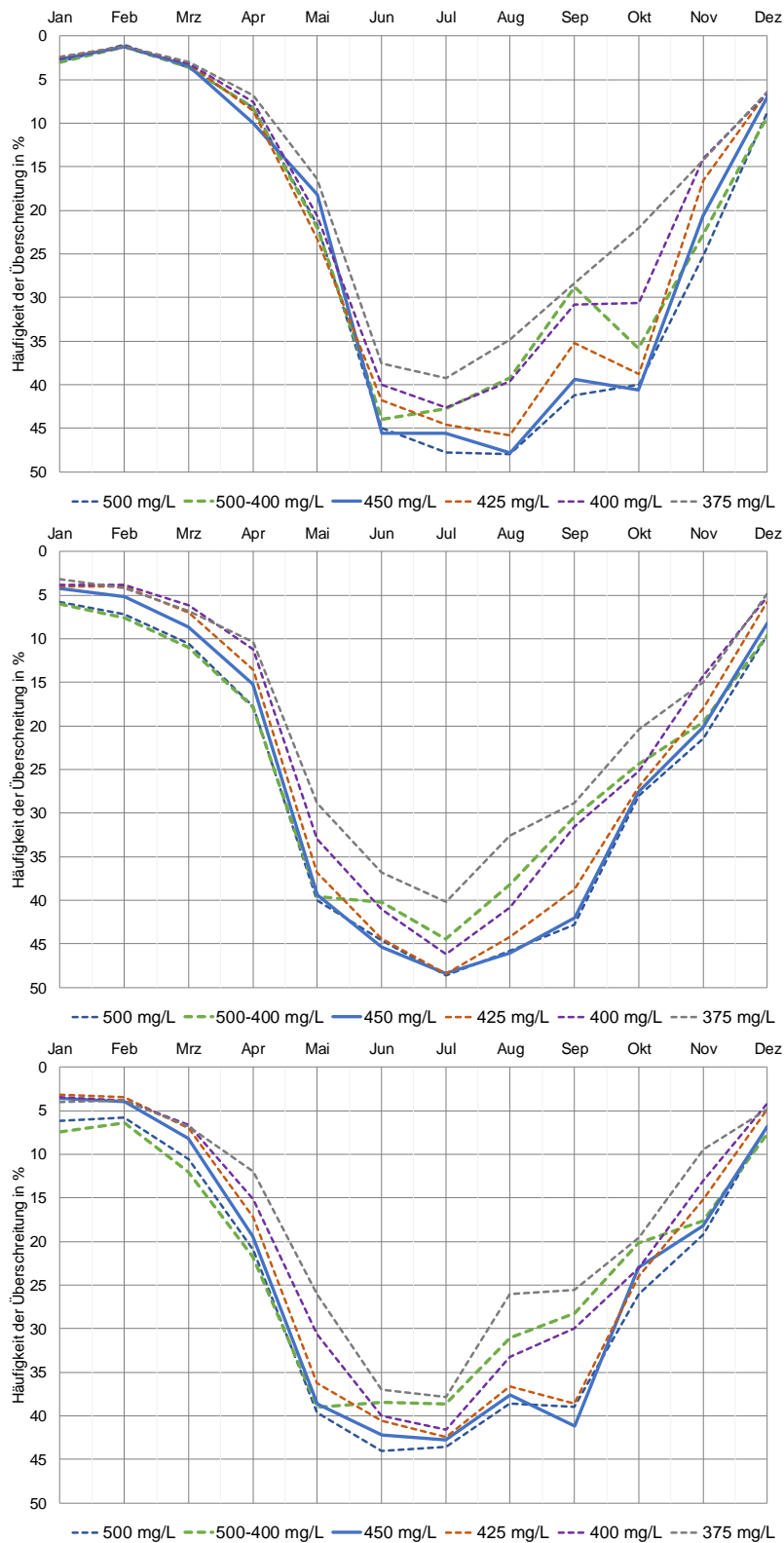


Abbildung 3-31: Monatliche Überschreitungswahrscheinlichkeiten des Immissionsrichtwertes von 280 mg/L in Neubrück für den abgeleiteten Immissionsrichtwert in Spremberg-Wilhelmsthal der Perioden 2018 – 2022 (oben), 2023 – 2027 (Mitte) und 2028 – 2032 (unten) im Vergleich mit den anderen Varianten.

Wie aus den bereits erfolgten Untersuchungen hervorging, sind die Unterschiede der 90 %-Perzentile der jährlichen Sulfatkonzentrationen eher gering. Aus diesem Grund wurden erneut die Monatswerte untersucht.

In Abbildung 3-31 sind die monatlichen Überschreitungswahrscheinlichkeit des Immissionsrichtwertes in Neubrück für den abgeleiteten Immissionsrichtwerte in Spremberg-Wilhelmsthal der Perioden 2018 – 2022, 2023 – 2027 und 2028 – 2032 im Vergleich zu den anderen Varianten dargestellt.

Es ist zu beobachten, dass in den Wintermonaten die Unterschiede zwischen den Varianten gering ausfallen und die abgeleitete Variante sehr nah an der Variante 500 mg/L liegt. In den Sommermonaten ist dagegen zu beobachten, dass die UeWK des Immissionsrichtwertes im Bereich der Variante mit 400 mg/L anzusiedeln sind. Die Verbesserungen zur Variante mit 450 mg/L liegen in einem Bereich von bis zu 12 %.

Die beobachteten Unterschiede am Querschnitt Neubrück sind an den Querschnitten Leibsch UP (Abbildung 3-32) und Rahnsdorf (Abbildung 3-33) in dieser Ausprägung nicht anzutreffen.

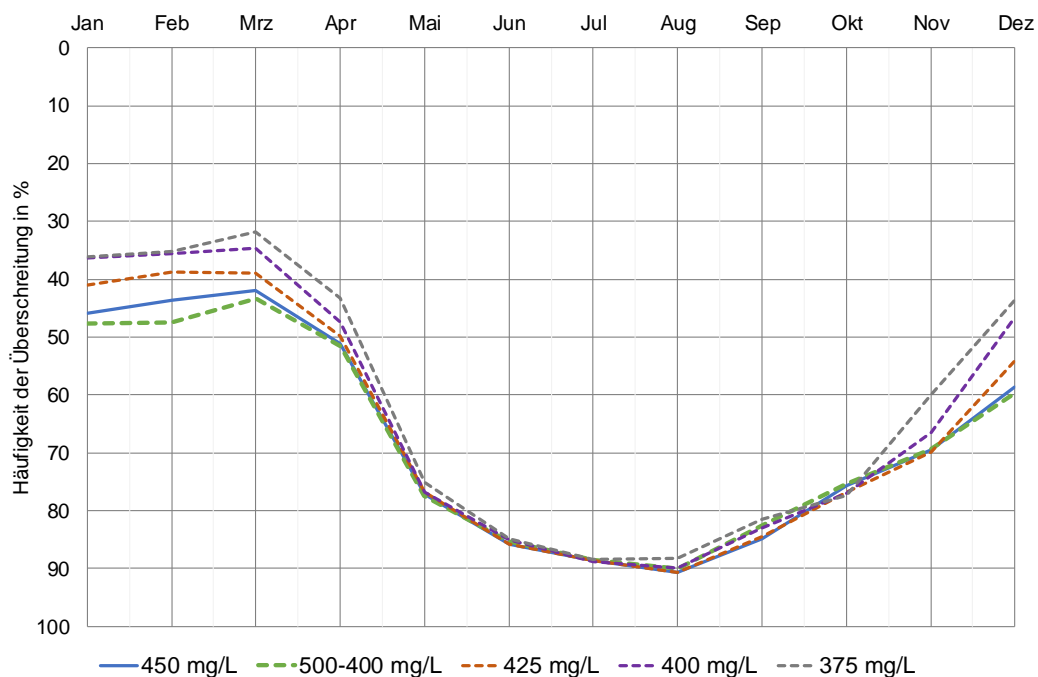


Abbildung 3-32: Monatliche Überschreitungswahrscheinlichkeiten des Immissionsrichtwertes von 300 mg/L in Leibsch UP für den abgeleiteten Immissionsrichtwerte in Spremberg-Wilhelmsthal der Perioden 2018 – 2022 im Vergleich mit den anderen Varianten.

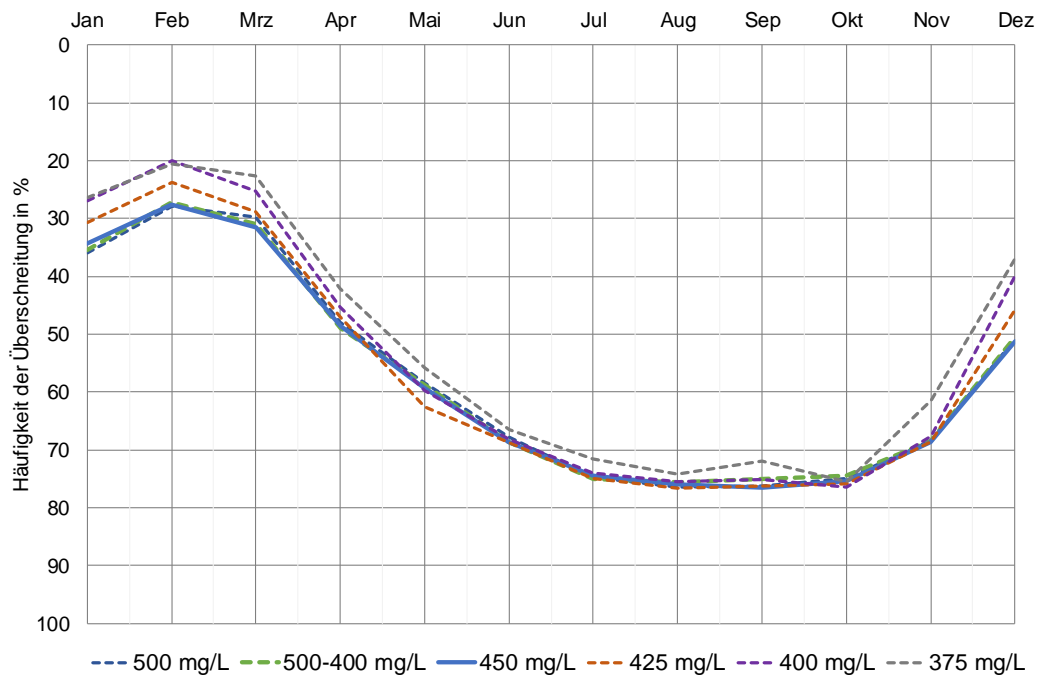


Abbildung 3-33: Monatliche Überschreitungswahrscheinlichkeiten des Immissionsrichtwertes von 220 mg/L in Rahnsdorf für den abgeleiteten Immissionsrichtwert in Spremberg-Wilhelmsthal der Perioden 2018 – 2022 im Vergleich mit den anderen Varianten.

Der Grund für die geringe Reaktion an den Querschnitten Leibsch UP und Rahnsdorf ist auf die Einordnung der Immissionsrichtwerte bei der statistischen Auswertung zurückzuführen. Änderungen des Immissionsrichtwertes in Spremberg-Wilhelmsthal wirken sich vornehmlich auf einen bestimmten Sulfatkonzentrationsbereich in der Dauerlinie aus. Ist der Immissionsrichtwert an den genannten Querschnitten nicht in diesem Bereich angesiedelt, zeigen Änderungen in Spremberg-Wilhelmsthal nur eine geringe Wirkung.

Für die Bestätigung dieser Aussage sind die Dauerlinien für den Monat August der Querschnitte Neubrück und Rahnsdorf in der Abbildung 3-34 dargestellt. Dabei werden die beiden Szenarien mit Immissionsrichtwerten von 450 mg/L und 500-400 mg/L in Spremberg-Wilhelmsthal verglichen.

An dem Querschnitt Neubrück ist zu erkennen, dass in einem Bereich der Unterschreitungswahrscheinlichkeit von 30 % bis ca. 95 % Unterschiede zwischen beiden Szenarien vorhanden sind. Der Immissionsrichtwert von 280 mg/L am Querschnitt Neubrück schneidet diesen Bereich, wodurch Änderungen in Spremberg-Wilhelmsthal zu Änderungen der Überschreitungswahrscheinlichkeit des Immissionsrichtwertes in Neubrück führen.

Am Querschnitt Rahnsdorf liegt der Bereich, in denen Änderungen zwischen den beiden Szenarien auftreten, bei Unterschreitungswahrscheinlichkeiten von über 40 %. Der Immissionsrichtwert an diesem Querschnitt schneidet nicht diesen Bereich, weswegen Änderungen in Spremberg-Wilhelmsthal praktisch keine Auswirkungen auf die Überschreitungswahrscheinlichkeit des Immissionsrichtwertes von 220 mg/L in Rahnsdorf haben.

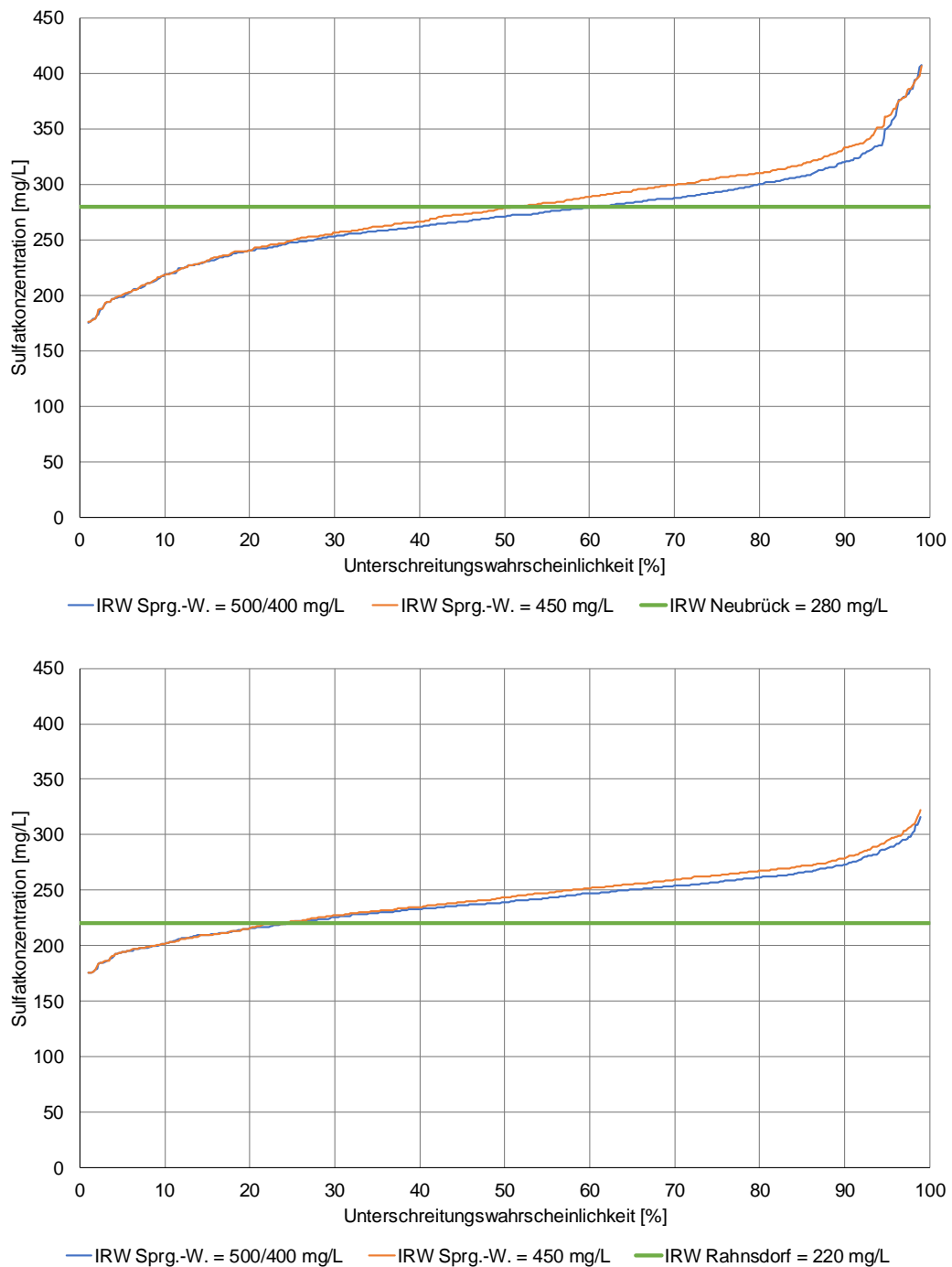


Abbildung 3-34: Dauerlinien der Sulfatkonzentrationen bis zu einer Jährlichkeit von $T = 100$ Jahren für den Monat August und der Immissionsrichtwerte für die Querschnitte Neubrück (oben) und Rahnsdorf (unten) für die Periode 2018 - 2022.

Über die Analyse der Wirkung eines veränderten Richtwertes hinaus, bietet die Kombination der Richtwerte 500 mg/L und 400 mg/L die Möglichkeit, das Translationsverhalten des Sulfatsignals im Längsschnitt auf der Basis der statistischen Kennwerte abzuschätzen. In Abbildung 3-31 kann dafür zum Vergleich auf die 400 mg/L- und 500 mg/L-Kennwerte zurückgegriffen werden. Für die Periode 2018-22 ist die volle Wirkung des geänderten Richtwertes im Juli sichtbar, wenn sich die Überschreitungswahrscheinlichkeiten der Immissionsrichtwerte (500-400 mg/L und 400 mg/L) angleichen. In den beiden anderen Auswertezwischenräumen ist dies für den Juni

der Fall, da der geringere Immissionsrichtwert bereits im Mai gilt. Geringe Verschiebungen der Überschreitungswahrscheinlichkeiten sind aber meist schon im gleichen Monat zu sehen. Dies entspricht den Parametern der Translationsmodule, die eine Laufzeit von einem Monat erwarten lassen. Die Verweilzeiten des Stofftransportes von Spremberg bis Neubrück sind für die Sulfattranslationsmodule Spreewald und Untere Spree in (DHI WASY, 2017a) betrachtet worden und berücksichtigen die Messungen der Sulfatkonzentration im Längsschnitt bis 2015. Dabei ist die Signifikanz von Durchflussbereichen berücksichtigt worden. Eine Aktualisierung der Parameter wird vom Auftragnehmer empfohlen. Überschlägliche Berechnungen (Funktion des Korrelationskoeffizienten zwischen den Messungen der Sulfatkonzentration am Querschnitt Spremberg-Wilhelmsthal und Neubrück in Abhängigkeit von wachsenden Laufzeitannahmen) zeigen mit der erweiterten Datenbasis für mittlere Aussagen erst mal keine signifikanten Änderungen der Laufzeit.

Für Laufzeituntersuchungen sind nach Auffassung von DHI WASY für die Bewertung des Einflusses des Spreewaldes und der Unteren Spree nicht nur die Möglichkeit einer Transformation, sondern auch die der Umgestaltung der Ganglinie des Sulfatsignals in Betracht zu ziehen. Die Berücksichtigung von unterschiedlichen Laufzeiten bei unterschiedlichen Niveaus der Sulfatkonzentration in Kombination mit Durchflussbereichen kann methodisch konzipiert und umgesetzt werden.

Zusammenfassend sind in der Tabelle 3-25 die 90 %-Perzentile der jährlichen Sulfatkonzentrationen für die vier Querschnitte und die drei betrachteten Perioden für die Variante mit abgeleiteten Immissionsrichtwert enthalten.

Tabelle 3-25: Übersicht des abgeleiteten und der bestehenden Immissionsrichtwerte und der 90 %-Perzentile der jährlichen Sulfatkonzentrationen für deren Unterschreitungswahrscheinlichkeit.

| Querschnitt | Spremberg-Wilhelmsthal | Leibsch UP | Neubrück | Rahnsdorf |
|--|------------------------|------------|----------|-----------|
| Immissionsrichtwerte | 500-400 mg/L | 300 mg/L | 280 mg/L | 220 mg/L |
| 90 %-Perzentil (UeWK = 10%) in Periode 2018 - 2022 | 491 mg/L | 382 mg/L | 299 mg/L | 263 mg/L |
| 90 %-Perzentil (UeWK = 10%) in Periode 2023 - 2027 | 475 mg/L | 388 mg/L | 303 mg/L | 268 mg/L |
| 90 %-Perzentil (UeWK = 10%) in Periode 2028 - 2032 | 481mg/L | 390 mg/L | 302 mg/L | 266 mg/L |

Insgesamt zeigt sich, dass bei den 90 %-Perzentilen der jährlichen Sulfatkonzentrationen die Verbesserungen gering ausfallen (vgl. Tabelle 3-24). Deutlichere Verbesserungen sind dagegen bei den monatlichen Werten am Querschnitt Neubrück zu beobachten. Hier können die UeWK des Immissionsrichtwertes um bis zu 12 % gesenkt werden.

In Abbildung 3-35 bis Abbildung 3-37 sind die monatlichen Überschreitungswahrscheinlichkeiten (UeWK) für die Variante mit dem abgeleiteten Immissionsrichtwert in Spremberg-Wilhelmsthal für die Querschnitte Spremberg-Wilhelmsthal, Leibsch UP, Neubrück und Rahnsdorf für die Perioden 2018 – 2022, 2023 – 2027 und 2028 - 2032 dargestellt.

Hier bestätigen sich die bereits getroffenen Einschätzungen. Durch die Änderungen des Immissionsrichtwertes in Spremberg-Wilhelmsthal sinken am Querschnitt Neubrück die

Überschreitungshäufigkeiten, wobei je nach Monat und Periode Verbesserungen um bis zu 12 % möglich sind. An den Querschnitten Leibsch UP und Rahnsdorf können die Unterschiede dagegen vernachlässigt werden.

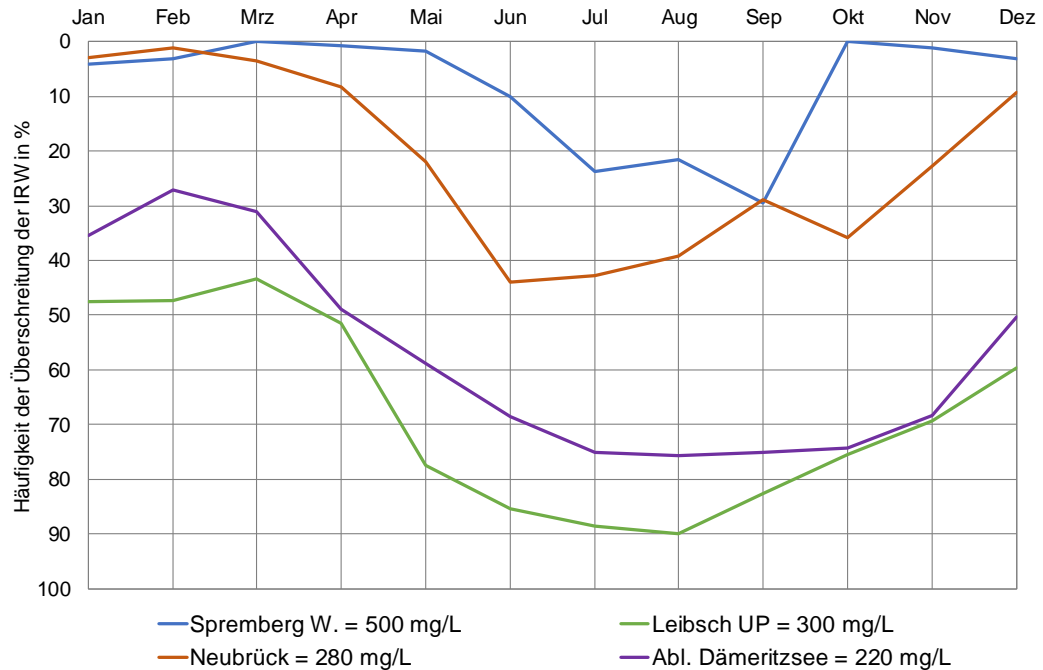


Abbildung 3-35: Monatliche Überschreitungswahrscheinlichkeit des abgeleiteten Immissionsrichtwerte für die Periode 2018 – 2022.

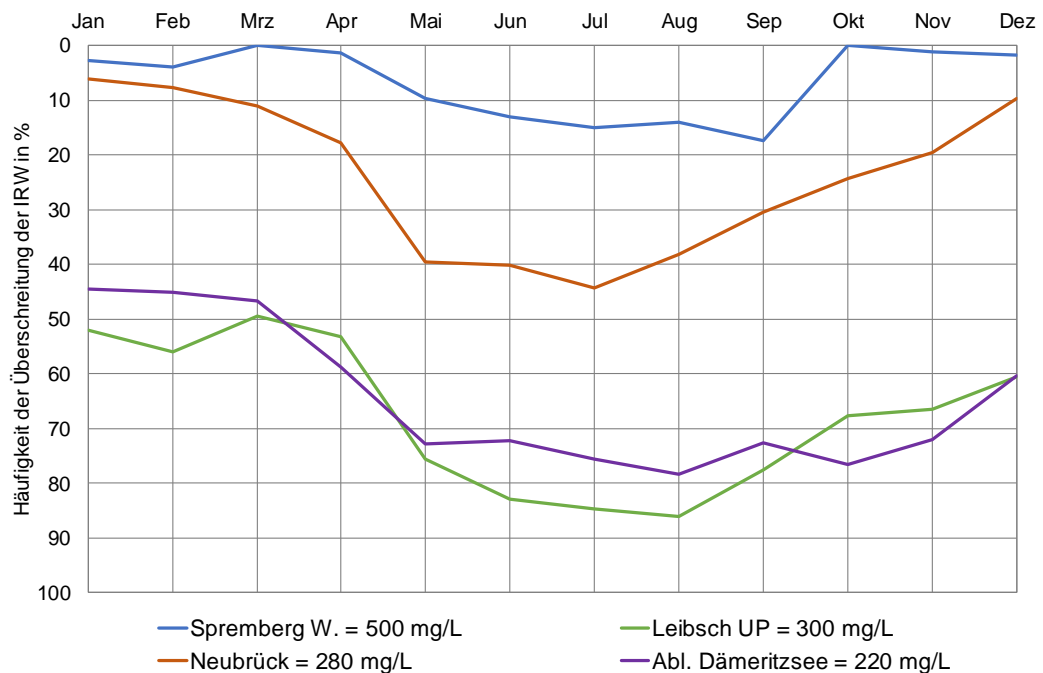


Abbildung 3-36: Monatliche Überschreitungswahrscheinlichkeit des abgeleiteten Immissionsrichtwerte für die Periode 2023 – 2027.

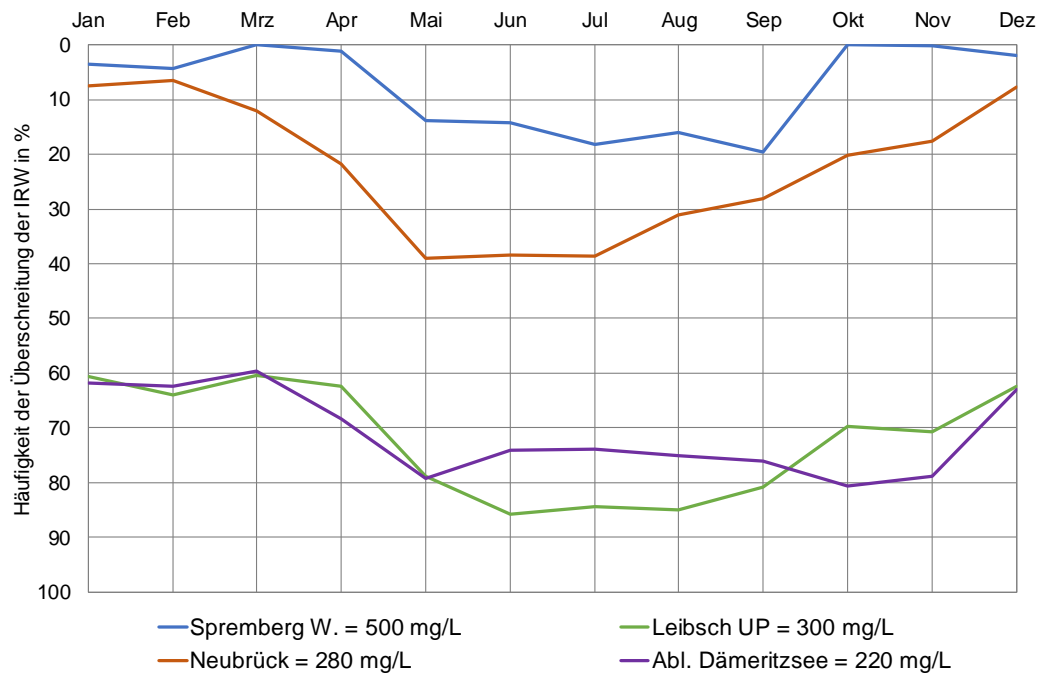


Abbildung 3-37: Monatliche Überschreitungswahrscheinlichkeit des abgeleiteten Immissionsrichtwerte für die Periode 2028 – 2032.

Bei der Betrachtung der Ergebnisse muss zusätzlich beachtet werden, dass die Auswertungen nur auf Sulfatkonzentrationen beruhen. Die Auswirkungen auf die Wassermengenbewirtschaftung wurden hier nicht untersucht. Beispielsweise ist zu vermuten, dass einer Reduzierung des Immissionsrichtwerten in Spremberg-Wilhelmsthal auf unter 400 mg/L die Wasserbereitstellungen beeinträchtigt. Hier werden evtl. vorzeitig Wasserreserven freigegeben, die nun nicht mehr für andere Wassernutzer zur Verfügung stehen.

Aus diesem Grund wird empfohlen, vor Übernahme der abgeleiteten Immissionsrichtwerte für Spremberg-Wilhelmsthal die Auswirkungen auf die Mengenbewirtschaftung zu prüfen, da Verschlechterungen bei der Wasserbereitstellung nur in einem akzeptablen Rahmen auftreten sollten.

4 Abfluss und Ereignisdauer

4.1 Bearbeitungskonzept & Datengrundlage

Das Gefährdungspotential von Sulfatkonzentrationen lässt sich anhand ihrer Höhe und Dauer quantifizieren. Deshalb waren die Zusammenhänge zwischen Sulfatkonzentration und Abfluss einerseits und zwischen Sulfatkonzentration und Ereignisdauer andererseits herauszuarbeiten. Da keine funktionale Abhängigkeit zu erwarten ist, interessiert vor allem, wie straff der Zusammenhang an den verschiedenen Querschnitten ist.

Ausgehend von Tageswerten kontinuierlich gemessener Abflüsse und aus der gemessenen Leitfähigkeit berechneter Sulfatkonzentrationen wurde eine Korrelations- und Regressionsanalyse durchgeführt. Entsprechende Daten lagen für die Querschnitte Spremberg-Wilhelmstal, Leibsch und Beeskow vor.

Gütekriterien

Die Prognosemodelle werden mittels drei Gütekriterien:

- Bestimmtheitsmaß R^2 ,
- Oberes und unteres Quartil der absoluten Abweichungen F zwischen den berechneten und gemessenen Werten zur Bewertung der Über- bzw. Unterschätzung durch das Modell. Damit liegen 50 % der Abweichungen („Prognosefehler“) innerhalb der Quartilswerte, 50 % der Abweichungen sind größer als die Quartilswerte,
- Wurzel der mittleren quadratischen Abweichung RMSE zwischen den gemessenen und durch das abgeleitete Modell ermittelten Sulfatkonzentrationen bzw. Dauern,

bewertet.

Das Bestimmtheitsmaß ist definiert als quadratischer Wert des Korrelationskoeffizienten und erklärt sowohl die relativ erfasste Varianz (R^2) als auch das Residuum ($1-R^2$) des Regressionsmodells. Eine Erläuterung zum Korrelationskoeffizient und dem RMSE ist in Abschnitt 0 aufgeführt. Die absolute Abweichung:

$$F = \hat{x}_i - x_i$$

definiert sich über die Differenz zwischen prognostiziertem \hat{x}_i und gemessenem Wert x_i . Die Darstellung der Verteilung der absoluten Prognoseabweichungen der Regressionsmodelle erfolgt über einen Boxplot. Hiermit lassen sich Quartile sowie Maxima und Minima der Prognose skizzieren.

Definition der Ereignisdauer

Zur Betrachtung der Relation Sulfatkonzentration und Ereignisdauer wird letztere wie in Abbildung 4-1 skizziert, definiert. Dazu werden die gemessenen Sulfatkonzentrationen mit den nachfolgenden Messwerten verglichen. Die Ereignisdauer ist festgelegt als die Zeitspanne, in welcher der Messwert nicht unterschritten wird. Exemplarisch ergibt sich danach für die Sulfatkonzentration vom 03. Januar 2016 eine Ereignisdauer von 7 Tagen.

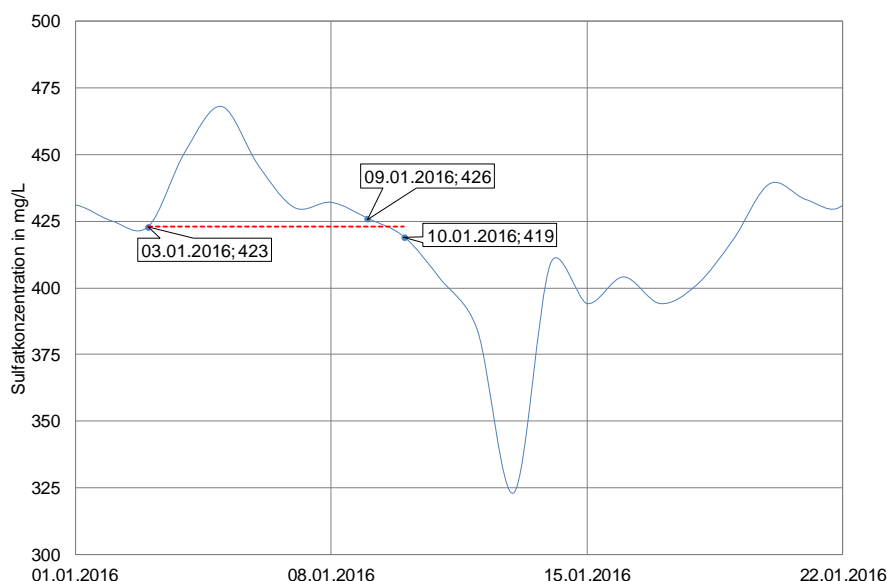


Abbildung 4-1: Definition der Ereignisdauer.

Sulfatereignisse wurden ab einer Dauer von $T \geq 7$ Tagen berücksichtigt. Damit ist gewährleistet:

- eine ausreichende Anzahl an Sulfatereignissen in die Analyse einzubeziehen,
- sehr kurze Sulfatspitzen aus der Analyse auszuschließen.

Datengrundlage

Abbildung 4-2 führt die verwendeten Datengrundlagen der Durchflüsse und Sulfatkonzentrationen für die Querschnitte Spremberg-Wilhelmstal, Leibsch und Beeskow auf.

Für Spremberg-Wilhelmstal unterliegen die betrachteten Parameter für den Betrachtungszeitraum November 2015 bis Januar 2019 starken Schwankungen. Die Durchflüsse variieren im Bereich von $6,89 \text{ m}^3/\text{s}$ bis $43,6 \text{ m}^3/\text{s}$, bei einem mittleren Abfluss von $11,2 \text{ m}^3/\text{s}$. Für die Sulfatkonzentrationen liegen Messwerte im Bereich von 162 bis 554 mg/L vor, die mittlere Konzentration beträgt 396 mg/L . Dabei zeichnet sich ein indirekt proportionales Verhältnis von Durchfluss zu Sulfatkonzentration ab. Über den gesamten Zeitraum betrachtet, lassen sich anfänglich relativ konstante Messwerte bis März 2017, ein stark oszillierender Wertebereich im Zeitraum März 2017 bis Januar 2018 sowie ein Trend abfallender Durchflüsse bei ansteigenden Sulfatkonzentrationen ab Januar 2018 erkennen.

An den Querschnitten Leibsch und Beeskow liegen durchgehende Messwerte der Durchflüsse und aus der gemessenen elektrischen Leitfähigkeit berechnete Sulfatkonzentrationen für den Zeitraum Dezember 2015 bis einschließlich Oktober 2017 vor. Für Leibsch umfassen die gemessenen Durchflüsse einen Wertebereich von $1,34$ bis $25,5 \text{ m}^3/\text{s}$, bei einem mittleren Durchfluss von $12 \text{ m}^3/\text{s}$. Die Sulfatkonzentrationen liegen im Bereich von 258 bis 431 mg/L , bei mittlerer Konzentration von 344 mg/L . Generell fallen die Schwankungen gegenüber Spremberg-Wilhelmstal wesentlich geringer aus. Ebenso zeigt sich eine geringere Sensibilität der Sulfatkonzentrationen gegenüber veränderten Durchflüssen im Vergleich zu Spremberg-Wilhelmstal.

Am Querschnitt Beeskow schwanken die Abflüsse im Bereich von $1,98$ bis $35 \text{ m}^3/\text{s}$, bei einem mittleren Durchfluss von $15,1 \text{ m}^3/\text{s}$. Die Sulfatkonzentrationen umfassen Werte von 210 bis 353 mg/L bei einem Mittel von 295 mg/L . Die Sensibilität der Sulfatkonzentration ist ähnlich gering bezüglich sich verändernden Durchflüssen wie in Leibsch.

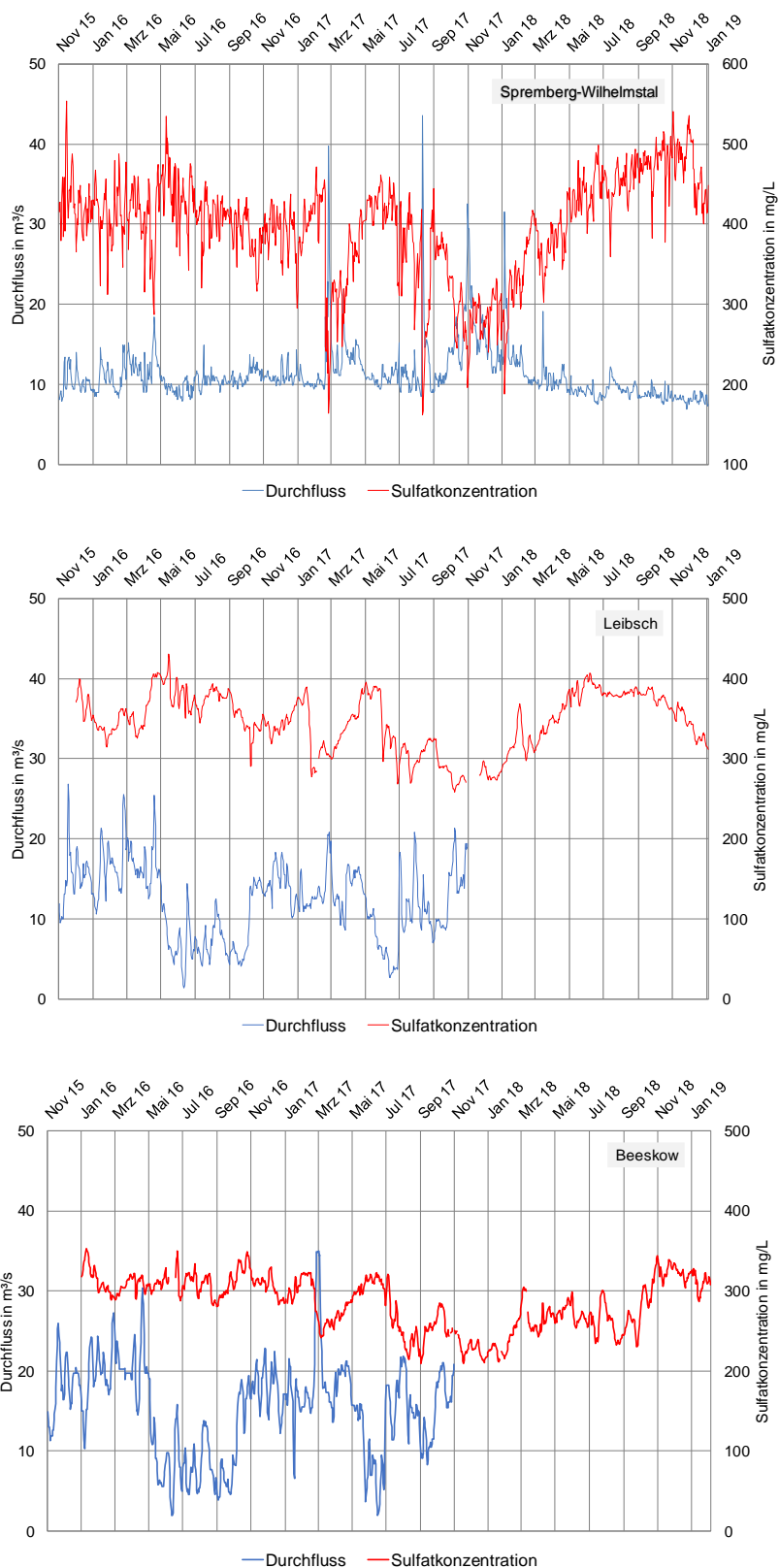


Abbildung 4-2: Datengrundlage für die nähere Betrachtung der Relationen Sulfatkonzentration und Ereignisdauer sowie Abfluss und Sulfatkonzentration für die Querschnitte Spremberg-Wilhelmstal (oben), Leibsch (Mitte) und Beeskow (unten).

4.2 Untersuchung des Zusammenhangs Abfluss und Sulfatkonzentration

Für den Zusammenhang Abfluss und Sulfatkonzentration wurden für die genannten Querschnitte zunächst Regressionsmodelle unter Berücksichtigung des gesamten Wertebereichs aufgestellt. Eine Übersicht über die Gütekriterien ist in Tabelle 4-1 aufgeführt.

Tabelle 4-1: Übersicht über die Gütekriterien für die abgeleiteten Regressionsmodelle für Spremberg-Wilhelmstal, Leibsch und Beeskow für den Zusammenhang Abfluss und Sulfatkonzentration unter Berücksichtigung des gesamten Wertebereichs.

| Querschnitt | Bestimmtheitsmaß R^2 | Quartile der Über- und Unterschätzung [mg/L] | RMSE [mg/L] |
|--------------|------------------------|---|-------------|
| Spremberg-W. | 0,67 | $F_{0,25} = -27$; $F_{0,75} = 25$; $F_{Min} = -124$; $F_{Max} = 116$ | 37 |
| Leibsch | 0,03 | $F_{0,25} = -27$; $F_{0,75} = 25$; $F_{Min} = -80$; $F_{Max} = 87$ | 35 |
| Beeskow | 0,02 | $F_{0,25} = 27$; $F_{0,75} = 59$; $F_{Min} = -23$; $F_{Max} = 139$ | 53 |

Für Spremberg-Wilhelmstal ergeben sich die Gütekriterien wie folgt:

- das Bestimmtheitsmaß ist mit 0,67 als gut zu bewerten.
- die absoluten Abweichungen ergeben, dass 50 % der Über- und Unterschätzungen des Modells im Bereich von -27 mg/L bis 25 mg/L liegen. Die weiteren 50 % ergeben einen Unterschätzungsbereich von -124 mg/L bis -27 mg/L bzw. 25 mg/L bis 116 mg/L für die Modellüberschätzung.
- der RMSE ergibt eine mittlere Abweichung der Sulfatkonzentrationsprognose von 37 mg/L im Vergleich zu den gemessenen Werten.

Am Querschnitt Leibsch indizieren die Gütekriterien folgendes:

- das Bestimmtheitsmaß ist mit 0,03 als sehr gering zu bewerten.
- 50 % der Über- bzw. Unterschätzung des Modells liegen im Bereich von -27 mg/L bis 25 mg/L. Die weiteren 50 % der Prognose ergeben Wertebereiche von -80 mg/L bis -27 mg/L für die Unterschätzung bzw. 25 mg/L bis 87 mg/L für die Überschätzung.
- Die mittlere Abweichung (RMSE) der Sulfatkonzentrationsprognose beträgt 35 mg/L.

Für Beeskow gehen für das Regressionsmodell nachfolgende Gütekriterien hervor:

- ein sehr geringes Bestimmtheitsmaß mit 0,02.
- 50 % der berechneten Werte ergeben einen Überschätzungsbereich von 27 mg/L bis 59 mg/L. Die weiteren 50% der Prognose liegen im Unterschätzungsbereich von -23 mg/L bis 0 mg/L und im Bereich von 0 mg/L bis 27 mg/L bzw. 59 mg/L bis 139 mg/L für die Überschätzung.
- die mittlere Abweichung der Sulfatkonzentrationsprognose beträgt 53 mg/L.

Da kritische Sulfatkonzentrationen aufgrund des indirekt proportionalen Verhältnisses unterhalb des Mittelwasserabflusses zu erwarten sind, wurde für diesen Abflussbereich ein separates Modell ermittelt und mit den genannten Gütekriterien bewertet. Die Auflistung der Gütekriterien ist in Tabelle 4-2 enthalten.

Tabelle 4-2: Übersicht über die Gütekriterien für die abgeleiteten Regressionsmodelle für Spremberg-Wilhelmstal, Leibsch und Beeskow für den Zusammenhang Abfluss und Sulfatkonzentration unter Berücksichtigung des Wertebereichs bis zum mittleren Abfluss (MQ).

| Querschnitt | Bestimmtheitsmaß R^2 | Über- und Unterschätzungsquartile [mg/L] | RMSE [mg/L] |
|--------------|------------------------|---|-------------|
| Spremberg-W. | 0,34 | $F_{0,25} = -24$; $F_{0,75} = 22$; $F_{Min} = -123$; $F_{Max} = 118$ | 33 |
| Leibsch | 0,01 | $F_{0,25} = -46$; $F_{0,75} = 11$; $F_{Min} = -99$; $F_{Max} = 70$ | 40 |
| Beeskow | 0,08 | $F_{0,25} = -17$; $F_{0,75} = 14$; $F_{Min} = -65$; $F_{Max} = 88$ | 27 |

Für Spremberg-Wilhelmstal ergeben sich folgende Gütekriterien:

- das Bestimmtheitsmaß klassifiziert sich mit 0,34 als moderat.
- die Prognose ergibt, dass 50 % der Über- bzw. Unterschätzung im Bereich von -24 mg/L bis 22 mg/L liegt. Die weiteren 50 % teilen sich in einen Unterschätzungsbereich von -123 mg/L bis -24 mg/L bzw. einen Überschätzungsbereich von 22 mg/L bis 118 mg/L auf.
- der RMSE ergibt eine mittlere Abweichung von 33 mg/L.

Die Güte für das Regressionsmodell für Leibsch lässt sich wie folgt klassifizieren:

- das Bestimmtheitsmaß ist mit 0,01 als sehr gering zu bewerten.
- 50 % der Prognose ergeben einen Über- bzw. Unterschätzungsbereich von -46 mg/L bis 11 mg/L. Der restliche Wertebereich teilt sich in eine Unterschätzung von -99 mg/L bis -46 mg/L und eine Überschätzung von 11 mg/L bis 70 mg/L.
- die mittlere Abweichung (RMSE) beträgt 40 mg/L.

Für Beeskow gehen nachfolgende Gütekriterien aus dem Regressionsmodell hervor:

- das Bestimmtheitsmaß ist mit 0,08 als sehr gering einzuordnen.
- 50 % der prognostizierten Werte liegen im Über- bzw. Unterschätzungsbereich von -17 mg/L bis 14 mg/L. Die zusätzliche Unterschätzung beläuft sich auf den Wertebereich von -65 mg/L bis -17 mg/L, die Überschätzung umfasst einen Bereich von 14 mg/L bis 88 mg/L.
- die Prognose weicht im Mittel um 27 mg/L von den gemessenen Werten ab.

Die obige Bewertung wird durch die Abbildung 4-3, Abbildung 4-4 und Abbildung 4-5 veranschaulicht.

Der Zusammenhang zwischen Abfluss und Sulfatkonzentration ist für die untersuchten Querschnitte unter Verweis auf das Bestimmtheitsmaß nur für Spremberg-Wilhelmstal gegeben. Für Leibsch und Beeskow hingegen belegt das Bestimmtheitsmaß, dass kein signifikanter Zusammenhang zwischen Abfluss und Sulfatkonzentration besteht.

Bei gesonderter Betrachtung der sich für die Prognose ergebenden Abweichungsquartile liegen 50 % der Über- bzw. Unterschätzungen bei mindestens 25 mg/L für alle betrachteten Querschnitte. Somit widerlegt dieses Gütekriterium einerseits, dass auf Grundlage des Bestimmtheitsmaßes von einer genauen Prognose von Sulfatkonzentrationen auf Basis von Abflussdaten für Spremberg-Wilhelmstal auszugehen ist und belegt für Leibsch und Beeskow, dass das Regressionsmodell den Zusammenhang zwischen Abfluss und Sulfatkonzentration nicht erfasst.

Deshalb ist die Verwendung von Regressionsmodellen für die Berechnung von Sulfatkonzentrationen basierend auf Abflussdaten aufgrund der aufgezeigten signifikanten Fehler, die sich bei der Anwendung ergeben, nicht zu empfehlen.

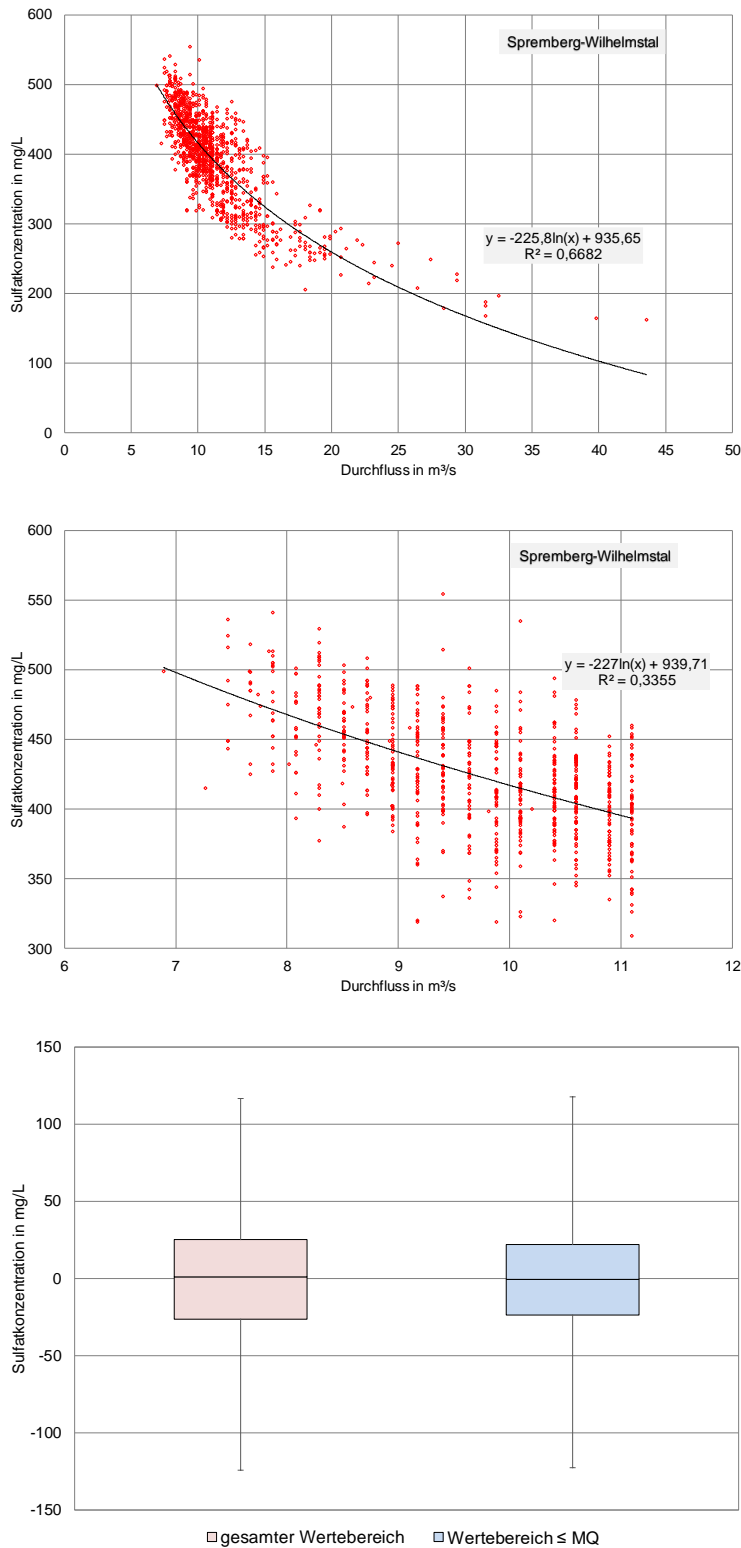


Abbildung 4-3: Ableitung eines Regressionsprognosemodells für die Relation Abfluss und Sulfatkonzentration für Spremberg-Wilhelmstal für den gesamten Wertebereich (oben); den begrenzten Wertebereich ≤ MQ (Mitte) sowie der Vergleich der absoluten Prognoseabweichungen mittels Boxplot (unten).

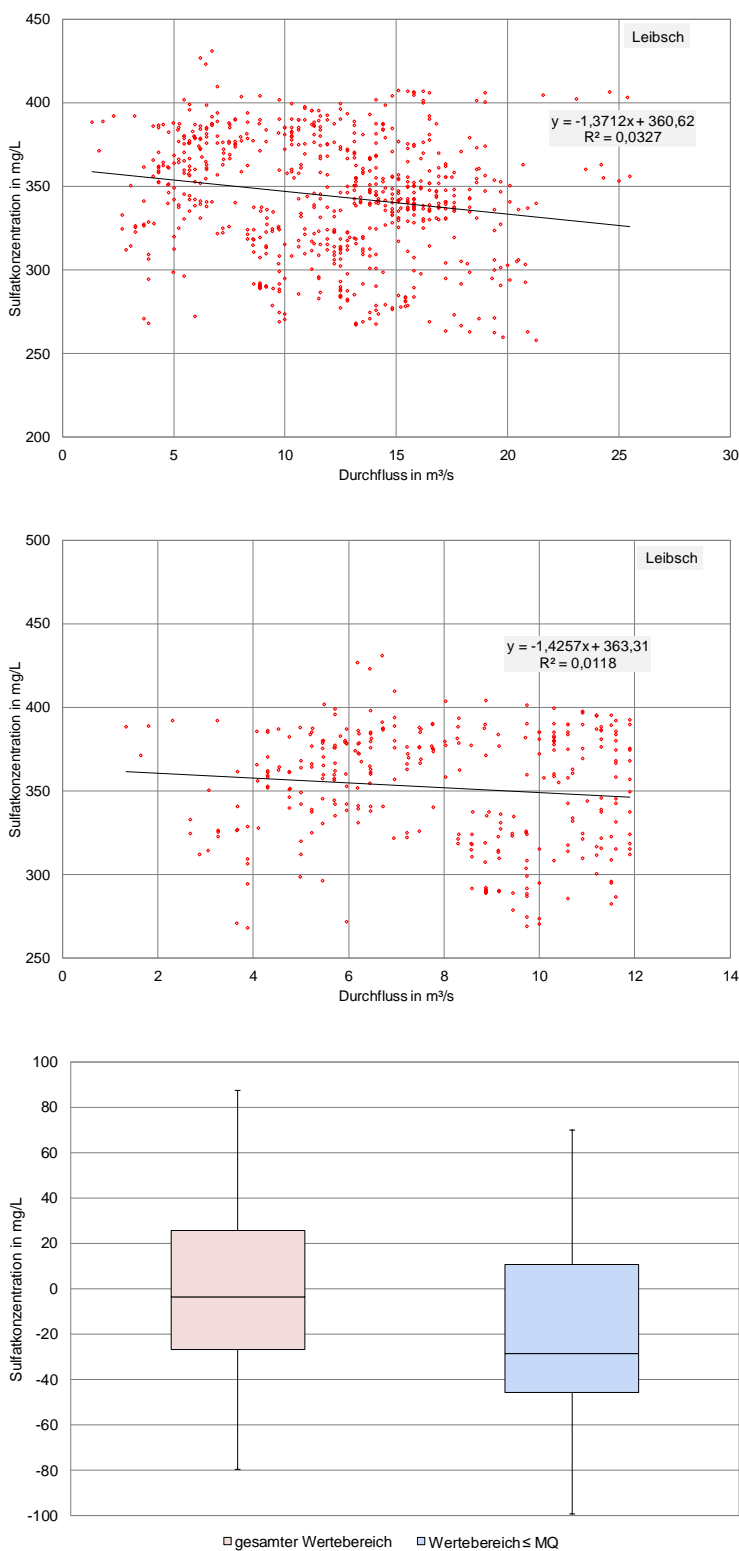


Abbildung 4-4: Ableitung eines Regressionsprognosemodells für die Relation Abfluss und Sulfatkonzentration für Leibsch für den gesamten Wertebereich (oben); den begrenzten Wertebereich ≤ MQ (Mitte) sowie der Vergleich der absoluten Prognoseabweichungen mittels Boxplot (unten).

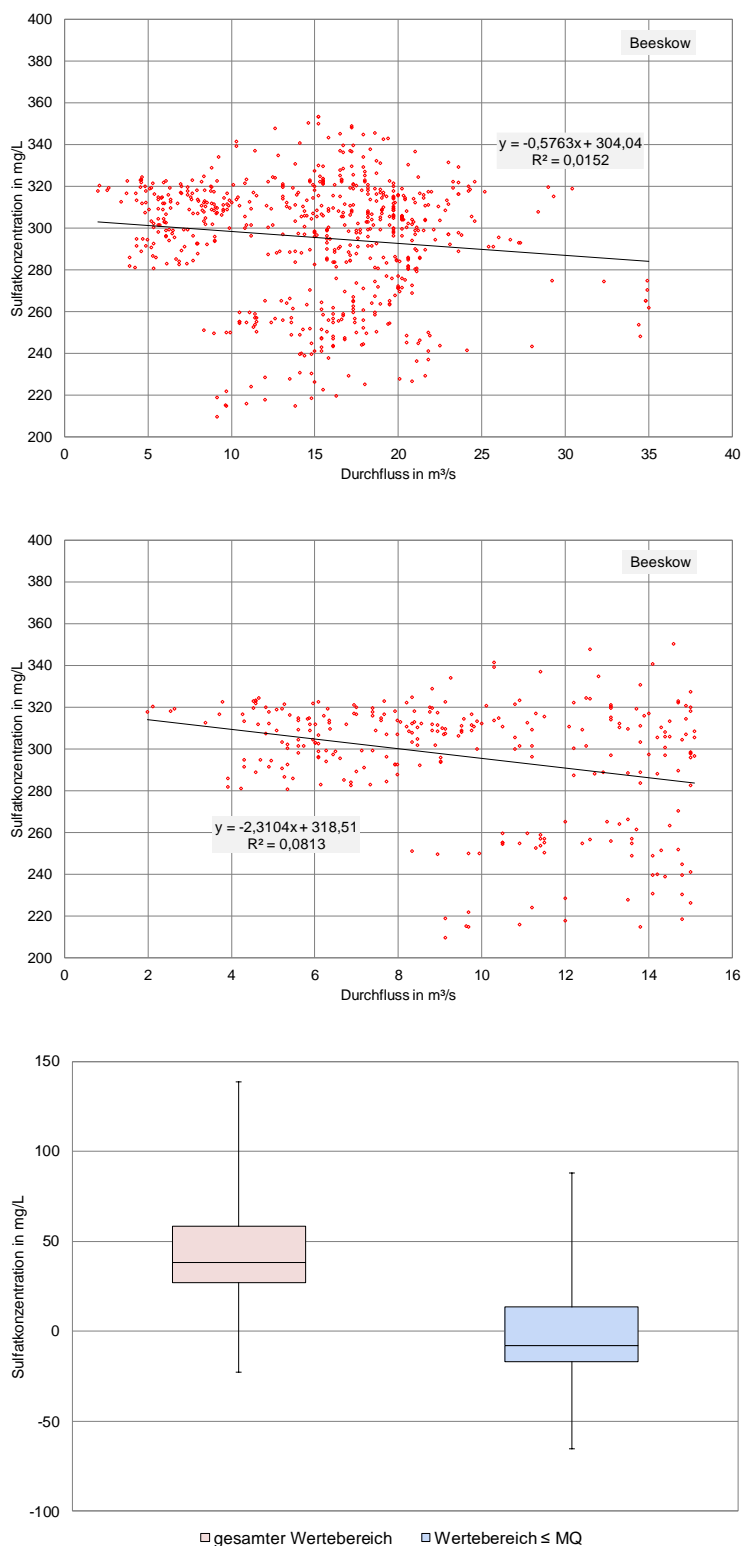


Abbildung 4-5: Ableitung eines Regressionsprognosemodells für die Relation Abfluss und Sulfatkonzentration für Beeskow für den gesamten Wertebereich (oben); den begrenzten Wertebereich \leq MQ (Mitte) sowie der Vergleich der absoluten Prognoseabweichungen mittels Boxplot (unten).

4.3 Untersuchung des Zusammenhangs Sulfatkonzentration und Ereignisdauer

Für die Untersuchung des Zusammenhangs Sulfatkonzentration und Ereignisdauer wurden vier Regressionsmodelle aufgestellt. Dabei wurden für Spremberg-Wilhelmstal die Wertebereiche $C_{SO_4} \geq 200$ mg/L und $T \geq 7$ Tage, für Leibsch der Wertebereich $C_{SO_4} \geq 300$ mg/L und $T \geq 7$ Tage und für Beeskow der Wertebereich $C_{SO_4} \geq 250$ mg/L und $T \geq 7$ Tage betrachtet. Die Gütekriterien der Prognosemodelle finden sich in Tabelle 4-3.

Tabelle 4-3: Übersicht über die Gütekriterien für die abgeleiteten Regressionsmodelle für Spremberg-Wilhelmstal, Leibsch und Beeskow für den Zusammenhang Sulfatkonzentration und Ereignisdauer unter Berücksichtigung für begrenzte Wertebereiche.

| Querschnitt | Bestimmtheitsmaß R^2 | Über- und Unterschätzungsquartile [Tag] | RMSE [Tag] |
|--------------|------------------------|--|------------|
| Spremberg-W. | 0,19 | $F_{0,25} = -11$; $F_{0,75} = 29$; $F_{Min} = -277$; $F_{Max} = 99$ | 70 |
| Leibsch | 0,12 | $F_{0,25} = -16$; $F_{0,75} = 23$; $F_{Min} = -196$; $F_{Max} = 58$ | 45 |
| Beeskow | 0,15 | $F_{0,25} = -13$; $F_{0,75} = 19$; $F_{Min} = -125$; $F_{Max} = 58$ | 33 |

Für Spremberg-Wilhelmstal ergeben sich für den Wertebereich $C_{SO_4} \geq 200$ mg/L und $T \geq 7$ Tage nachfolgende Gütekriterien:

- das Bestimmtheitsmaß ist mit 0,19 als gering zu bewerten.
- für 50 % der Über- bzw. Unterschätzung der Ereignisdauerprognose ergibt sich ein Bereich -11 Tagen bis 29 Tagen. Die weitere Prognose teilt sich gleichmäßig auf einen Unterschätzungsbereich von -277 Tagen bis -11 Tagen und einen Überschätzungsbereich von 29 Tagen bis 99 Tagen.
- der RMSE der Ereignisdauerprognose beträgt 70 Tage.

Für Leibsch lässt sich die Güte der Prognose wie folgt klassifizieren:

- das Bestimmtheitsmaß ist mit 0,12 als gering einzustufen.
- 50 % der Ereignisdauerprognose umfasst einen Über- bzw. Unterschätzungsbereich von -16 Tagen bis 23 Tagen. Der zusätzliche Wertebereich ergibt einen Unterschätzungsbereich von -196 Tagen bis -16 Tagen sowie einen Überschätzungsbereich von 23 Tagen bis 58 Tagen.
- der RMSE der Abweichung der berechneten Werten beträgt 45 Tage.

Am Querschnitt Beeskow ergeben sich für das Regressionsmodell folgende Gütekriterien:

- das Bestimmtheitsmaß lässt sich mit 0,15 als gering bewerten.
- 50 % der prognostizierten Ereignisdauern liegen im Über- bzw. Unterschätzungsbereich von -13 Tagen bis 19 Tagen. Die restliche Prognose umfasst einen Unterschätzungsbereich von -125 Tagen bis -13 Tagen und einen Überschätzungsbereich von 19 Tagen bis 58 Tagen.
- Der RMSE ergibt eine mittlere Abweichung der Prognose von 33 Tagen.

Die Darstellungen zur Beurteilung des Zusammenhangs zwischen Sulfatkonzentration und Ereignisdauer finden sich in Abbildung 4-6, Abbildung 4-7 und Abbildung 4-8.

Für die Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Sulfatkonzentration und Ereignisdauer resultieren für die untersuchten Querschnitte geringe Bestimmtheitsmaße.

Somit besteht für alle Querschnitte nur ein schwacher Zusammenhang der betrachteten Parameter. Aus der Betrachtung der Abweichungsquartile ergeben sich mindestens 11 Tage für 50 % der Über- bzw. Unterschätzungen bei der Prognose der Ereignisdauern.

Somit wird die Verwendung der Regressionsmodelle für die Prognose von Ereignisdauern auf Basis von Sulfatkonzentrationen nicht empfohlen.

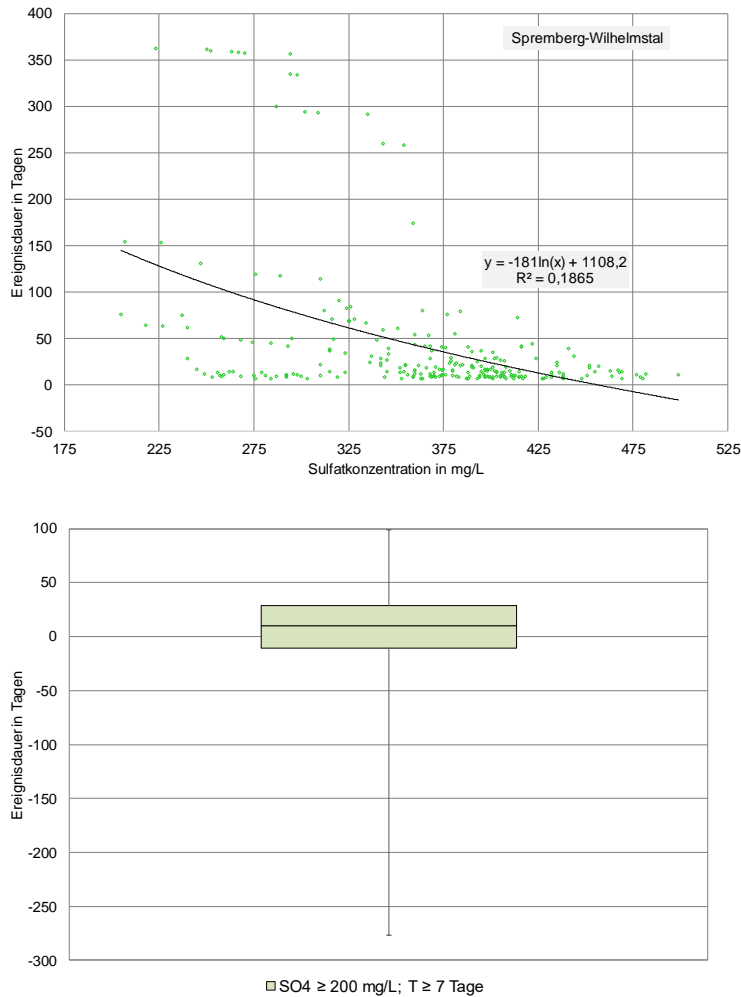


Abbildung 4-6: Ableitung eines Regressionsprognosemodells für die Relation Sulfatkonzentration und Ereignisdauer für Spremborg-Wilhelmstal für $C_{SO_4} \geq 200$ mg/L und $T \geq 7$ Tage sowie Vergleich der absoluten Prognoseabweichungen mittels Boxplot.

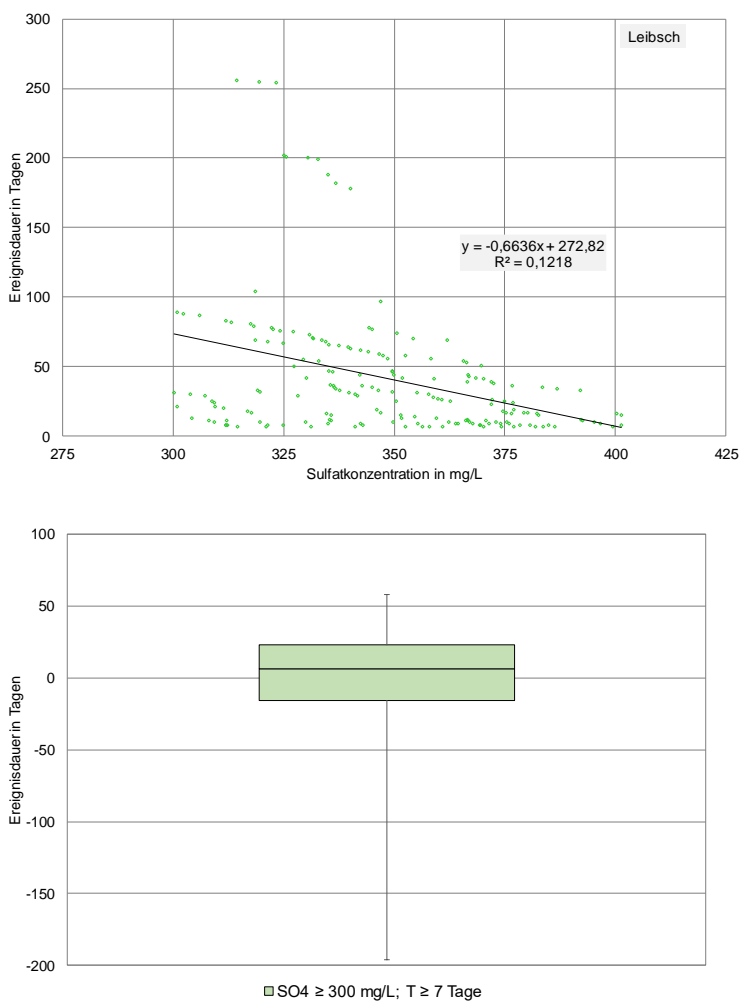


Abbildung 4-7: Ableitung eines Regressionsprognosemodells für die Relation Sulfatkonzentration und Ereignisdauer für Leibsch für $C_{SO_4} \geq 300$ mg/L und $T \geq 7$ Tage sowie Vergleich der absoluten Prognoseabweichungen mittels Boxplot.

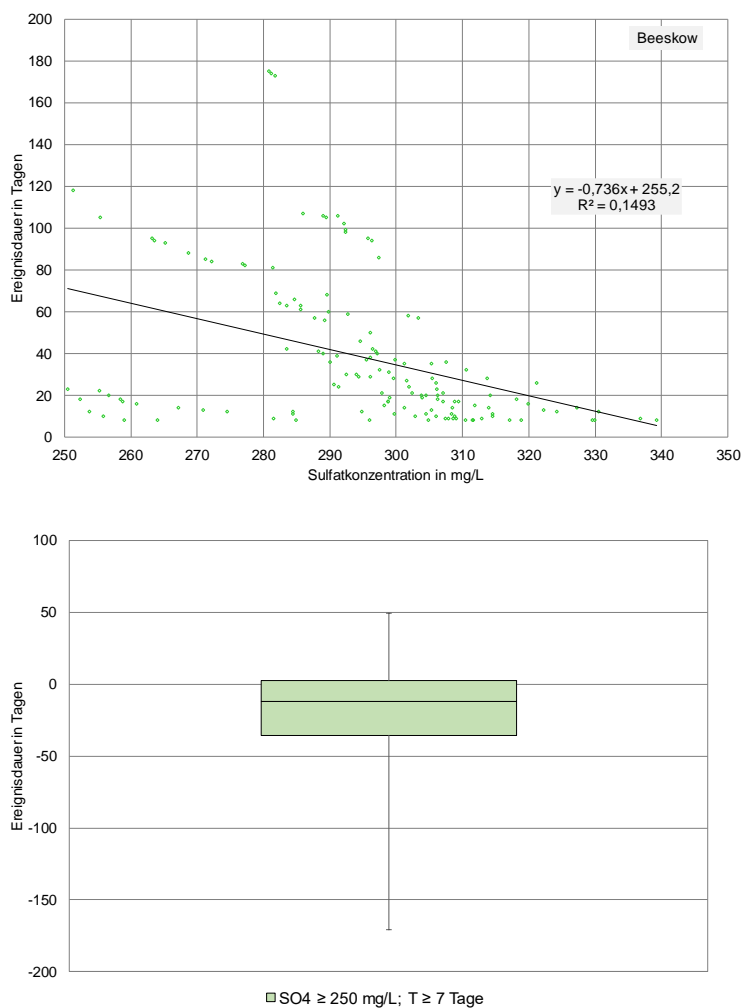


Abbildung 4-8: Ableitung eines Regressionsprognosemodells für die Relation Sulfatkonzentration und Ereignisdauer für Beeskow für begrenzten Wertebereich; $C_{SO_4} \geq 250 \text{ mg/L}$ und $T \geq 7 \text{ Tage}$ sowie Vergleich der absoluten Prognoseabweichungen mittels Boxplot.

Arbeitspaket/ Fachlos 3

5 Maßnahmewerte Sulfat

5.1 Zielstellung

Für die Profile, für die Richtwerte vorliegen, sind zusätzlich Maßnahmewerte zu ermitteln, die höher als die Richtwerte sind. Die Maßnahmewerte haben den Charakter einer Alarmstufe, bei deren Überschreitung zwingend von einer Gefahr für die Trinkwasserversorgung ausgegangen werden muss und geeignete Maßnahmen zur Gefahrenabwehr notwendig werden. Die Maßnahmewerte sind unter Beachtung der technologischen Möglichkeiten der Wasserwerke Briesen und Friedrichshagen, mit Spreewasser angereichertes Grundwasser oder Uferfiltrat mit weniger sulfathaltigem Grundwasser zu verdünnen, abzuleiten.

5.2 Vorgehensweise

Ausgangspunkt für die Ermittlung der Maßnahmewerte sind Vorgaben zu tolerierbaren Sulfatkonzentrationen im Rohwasser aus der Spree, die die technologischen Möglichkeiten der Wasserwerke, mit Spreewasser angereichertes Grundwasser oder Uferfiltrat mit weniger sulfathaltigem Grundwasser zu verdünnen, berücksichtigen.

Die Zuarbeit der Vorgaben soll durch die Wasserwerke erfolgen. Es müssen solche Sulfatkonzentrationen an den Entnahmequerschnitten benannt werden, bei deren Überschreitung innerbetriebliche, z. B. technologische Änderungen zur Sicherung der Trinkwasserversorgung ergriffen werden müssen und können. Die Richtwerte mit niedrigeren Sulfatkonzentrationen stellen sicher, dass diese Maßnahmewerte seltener überschritten werden, als das für die Richtwerte der Fall ist.

Von den Berliner Wasserbetrieben wurde eine Studie übergeben, in der mit Hilfe eines Sulfatbilanzmodells eine Gefährdungsabschätzung für das Wasserwerk Friedrichshagen erfolgte. Auf Basis der tolerierbaren Sulfatkonzentrationen aus der Spree wurde ein Maßnahmewert von 250 mg/L Sulfat am Pegel Rahnsdorf festgelegt. Damit können im Weiteren die korrespondierenden Sulfatkonzentrationen an den anderen Steuerquerschnitten Neubrück, Leibsch und Spremberg-Wilhelmsthal ausgewiesen werden, die die Einhaltung des Maßnahmewertes an den Entnahmestellen des Wasserwerks bzw. dem naheliegenden Pegel Rahnsdorf gewährleisten.

Von Seiten der Frankfurter Wasser- und Abwassergesellschaft mbH (FWA) wurde keine Gefährdungsabschätzung für das Wasserwerk Briesen übergeben, so dass hier auch keine Ableitung eines Maßnahmewertes für den Pegel Neubrück erfolgen kann.

Im Folgenden wird die Methodik für den Entnahmequerschnitt Rahnsdorf dargestellt:

- Zur Ermittlung der Maßnahmewerte werden die Berechnungsergebnisse des SPM's im Basisszenario, die aus der Überprüfung der Immissionsrichtwerte vorliegen, herangezogen.
- Es werden aus den Realisierungen die Monate herausgefiltert, in denen am Pegel Rahnsdorf die Sulfatkonzentration 250 mg/L entsprechen. Entsprechend der Messgenauigkeit ist ein Bereich von ≥ 225 mg/L und ≤ 275 mg/L zweckmäßig.

- Es werden die an den anderen Steuerquerschnitten zeitsynchron auftretenden Sulfatkonzentrationen erfasst und jeweils die Differenzen zur Konzentration in Rahnsdorf berechnet.
- Der sich ergebende Schwankungsbereich für jeden Querschnitt wird statistisch ausgewertet, indem die 10 %-, 50 %- und 90 %-Perzentile ausgerechnet werden. Die Überschreitungswahrscheinlichkeit ist entsprechend 90 %, 50 % und, 10 %. Diese Auswertung dient zur Abschätzung der Spannbreite zwischen „viel Fehlalarm“ und „Risiko einer Gefährdung“. Beim 10 %-Perzentil würde selten eine Gefährdung unterschätzt, Fehlalarme sind aber häufiger als bei Verwendung des mittleren Wertes oder des oberen Perzentils.
- Die korrespondierenden Sulfatkonzentrationen an den Querschnitten Neubrück, Leibsch und Spremberg-Wilhelmsthal zum Maßnahmewert 250 mg/L in Rahnsdorf ergeben sich aus den berechneten Perzentilen durch Addition auf den Maßnahmewert.
- Die Auswertung erfolgt für die drei Zeiträume 2018 - 2022, 2023 - 2027 und 2028 – 2032 sowie für den Gesamtzeitraum.

5.3 Ergebnisse

In der Tabelle 5-1 sind die berechneten 10 %-, 50 %- und 90 %-Perzentile der korrespondierenden Sulfatkonzentrationen in Neubrück, Leibsch und Spremberg-Wilhelmsthal zum Maßnahmewert 250 mg/L in Rahnsdorf dargestellt.

Für die Auswertung des Gesamtzeitraums lagen 8.962 Datenwerte mit der Sulfatkonzentration ≥ 225 mg/L und ≤ 275 mg/L in Rahnsdorf aus 100 Realisierungen zu Grunde. Für die 3 Auswerteziträume wurden jeweils ca. 2.700 bis 3.300 Datenwerte analysiert.

Es zeigt sich nur am Querschnitt Spremberg-Wilhelmsthal ein geringfügig abnehmender Trend zwischen dem ersten und zweiten Betrachtungszeitraum. Sonst sind die korrespondierenden Sulfatkonzentrationen in den 3 Perioden für die einzelnen Perzentile jeweils nahezu unverändert.

Die korrespondierenden Sulfatkonzentrationen in Neubrück und Spremberg-Wilhelmsthal liegen bei den 10 %- und 50 %-Perzentilen unterhalb des Richtwertes am jeweiligen Querschnitt.

Tabelle 5-1: Korrespondierende Sulfatkonzentrationen zum Maßnahmewert 250 mg/L in Rahnsdorf (Auswertung jeweils für die 10 %-, 50 %- und 90 %-Perzentile).

| Zeitraum | Querschnitt | 90 %-Perzentil | 50 %-Perzentil | 10 %-Perzentil |
|----------------------------|-------------|----------------|----------------|----------------|
| Periode 2018 - 2022 | Neubrück | 291 mg/L | 279 mg/L | 269 mg/L |
| Periode 2023 - 2027 | Neubrück | 290 mg/L | 277 mg/L | 268 mg/L |
| Periode 2028 - 2032 | Neubrück | 289 mg/L | 276 mg/L | 267 mg/L |
| Gesamtzeitraum 2018 - 2032 | Neubrück | 290 mg/L | 277 mg/L | 268 mg/L |
| Periode 2018 - 2022 | Leibsch | 396 mg/L | 354 mg/L | 336 mg/L |

| Zeitraum | Querschnitt | 90 %-Perzentil | 50 %-Perzentil | 10 %-Perzentil |
|----------------------------|--------------|----------------|----------------|----------------|
| Periode 2023 - 2027 | Leibsch | 394 mg/L | 353 mg/L | 329 mg/L |
| Periode 2028 - 2032 | Leibsch | 393 mg/L | 352 mg/L | 328 mg/L |
| Gesamtzeitraum 2018 - 2032 | Leibsch | 394 mg/L | 353 mg/L | 331 mg/L |
| Periode 2018 - 2022 | Spremborg-W. | 475 mg/L | 443 mg/L | 394 mg/L |
| Periode 2023 - 2027 | Spremborg-W. | 465 mg/L | 425 mg/L | 371 mg/L |
| Periode 2028 - 2032 | Spremborg-W. | 468 mg/L | 428 mg/L | 370 mg/L |
| Gesamtzeitraum 2018 - 2032 | Spremborg-W. | 470 mg/L | 432 mg/L | 375 mg/L |

In Tabelle 5-2 sind zudem die Wahrscheinlichkeiten der Überschreitung für die Sulfatkonzentration von 250 mg/L am Querschnitt Fähre Rahnsdorf für die jeweiligen 90 %-Perzentile an den drei verschiedenen Pegeln aufgeführt.

Tabelle 5-2: Überschreitungswahrscheinlichkeiten (ÜWK) für die Sulfatkonzentration von 250 mg/L an der Fähre Rahnsdorf für die jeweiligen 90 %-Perzentile der Pegel.

| Zeitraum | Spremborg-W. | | Leibsch | | Neubrück | |
|----------------------------|----------------|------|----------------|------|----------------|-----|
| | 90 %-Perzentil | ÜWK | 90 %-Perzentil | ÜWK | 90 %-Perzentil | ÜWK |
| Periode 2018 - 2022 | 475 mg/L | 21 % | 396 mg/L | 17 % | 291 mg/L | 8 % |
| Periode 2023 - 2027 | 465 mg/L | 24 % | 394 mg/L | 18 % | 290 mg/L | 9 % |
| Periode 2028 - 2032 | 468 mg/L | 22 % | 393 mg/L | 15 % | 289 mg/L | 8 % |
| Gesamtzeitraum 2018 - 2032 | 470 mg/L | 22 % | 394 mg/L | 17 % | 290 mg/L | 8 % |

5.4 Zusammenfassung

Auf Grundlage der Gefährdungsabschätzung für das Wasserwerk Friedrichshagen wurde ein Maßnahmewert von 250 mg/L Sulfat am Pegel Rahnsdorf abgeleitet. Als Ergebnis der statistischen Auswertung des Basisszenarios empfehlen wir die Verwendung der 90 %-Perzentile der korrespondierenden Sulfatkonzentrationen an den Querschnitten Neubrück, Leibsch und Spremborg-Wilhelmsthal. In Spremborg-Wilhelmsthal beträgt das 90 %-Perzentil 470 mg/L. Die Gefahr von Fehlalarmen ist gering, da nur in höchstens 10 % aller Fälle die Sulfatkonzentrationen in Rahnsdorf trotzdem unterhalb 250 mg/L liegen.

In Abbildung 5-1 sind zusammenfassend der Maßnahmewert von 250 mg/L Sulfat am Querschnitt Rahnsdorf sowie die 90 %-Perzentile der korrespondierenden Sulfatkonzentrationen und die Immissionsrichtwerte an den anderen Betrachtungsquerschnitten dargestellt.

Die Differenz zwischen dem IRW und dem Maßnahmewert in Spremberg-Wilhelmsthal und Neubrück liegen im Ungenauigkeitsbereich der Messung.

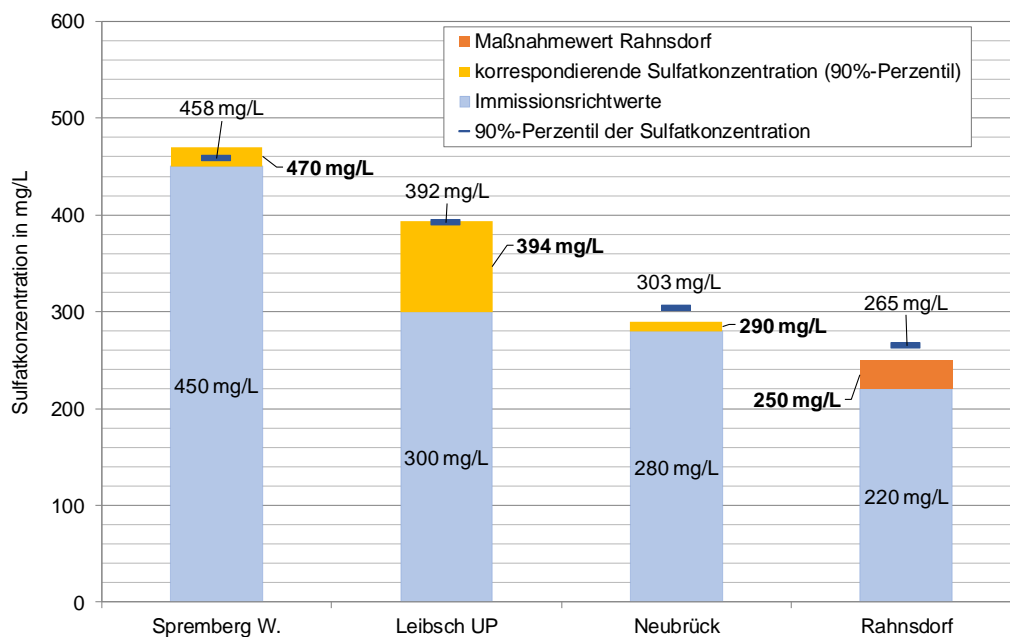


Abbildung 5-1: Maßnahmewert 250 mg/L in Rahnsdorf mit den korrespondierenden Sulfatkonzentrationen (90 % Perzentil) und Immissionsrichtwerten für Neubrück, Leibsch und Spremberg-W.

6 Speicher und Talsperren

6.1 Vorgehensweise

Einerseits können die Talsperren /Speicher, die zur Sulfatverdünnung bzw. zum Ausgleich beitragen, je nach Immissionsrichtwert mehr oder weniger stark beansprucht werden (SB Bärwalde, TS Bautzen/Quitzdorf). Andererseits kann die Beanspruchung, im Falle von kritischen Sulfatkonzentrationen in Speichern, mehr oder weniger eingeschränkt werden (WSS Lohsa II). Weiterhin besteht die Möglichkeit, dass, bedingt durch Abgaben für die Verdünnung, uh. des Steuerquerschnitts liegende Talsperren und Speicher entlastet werden können (TS Spremberg).

Durch die Variation des Richtwertes für Spremberg-Wilhelmsthal sind somit für folgende TS/Speicher Veränderungen von Kenngrößen möglich:

- SB Bärwalde
- TS Bautzen
- TS Quitzdorf
- SB Lohsa I
- WSS Lohsa II
- TS Spremberg

Eine Gruppierung soll wie folgt erfolgen:

- TS Bautzen, Quitzdorf und SB Lohsa I
- WSS Lohsa II, SB Bärwalde und TS Spremberg.

Eine wesentliche Kenngröße sind die monatlichen Inhalte. Zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit sind neben den Inhalten auch Einschränkungen durch folgende Randbedingungen möglich:

- monatliche Mindestinhalte (SB Bärwalde, WSS Lohsa II, TS Spremberg)
- Ableiterkapazität (SB Bärwalde, WSS Lohsa II)
- NWA-Kontingent (TS Bautzen, TS Quitzdorf)

Die monatlichen Mindestinhalte und Nutzraumgrenzen des SB Bärwalde und für die TS Spremberg sind bereits im Abschnitt 3 in Tabelle 3-2 (3-3) respektive Tabelle 3-3 (3-5) dokumentiert. Für WSS Lohsa II sind sie in Tabelle 6-1 dargelegt.

Tabelle 6-1: Monatlich Mindestinhalte (AB 5.03) und Nutzraumgrenzen des SB Lohsa II

| Monat | AB 5.03 | NG |
|-------|---------|--------|
| Jan | 22,0 | 60,354 |
| Feb | 28,0 | 60,354 |
| Mrz | 34,0 | 60,354 |
| Apr | 40,0 | 60,354 |
| Mai | 36,0 | 60,354 |
| Jun | 28,0 | 60,354 |
| Jul | 18,0 | 60,354 |
| Aug | 8,0 | 60,354 |
| Sep | 4,0 | 60,354 |
| Okt | 0,0 | 60,354 |
| Nov | 8,0 | 60,354 |
| Dez | 16,0 | 60,354 |

Die Ableiterkapazitäten für das SB Bärwalde und SB Lohsa II sind in Tabelle 6-2 aufgeführt.

Tabelle 6-2: Ableiterkapazitäten für das SB Bärwalde und SB Lohsa II.

| TS/ Speicher | Periode | Kapazität in m ³ /s |
|--------------|---------|--|
| SB Bärwalde | 1-10 | 1 m ³ /s bei 123,05 m NHN |
| | | 1,5 m ³ /s bei 123,20 m NHN |
| | | 2 m ³ /s bei 123,26 m NHN |
| | | 3 m ³ /s bei 123,55 m NHN |
| SB Lohsa II | 1-10 | 7 m ³ /s |

NWA-Kontingente für die TS Bautzen und Quitzdorf sind in Tabelle 6-3 aufgeführt.

Tabelle 6-3: Monatlich kumulierte NWA Kontingente der TS Bautzen und Quitzdorf [Mio. m³].

| Monat | TS Bautzen | TS Quitzdorf |
|-------------------------------------|-------------|--------------|
| Jan - Apr | 0,0 | 0,0 |
| Mai | 1,6 | 0,4 |
| Jun | 4,0 | 1,0 |
| Jul | 8,0 | 2,0 |
| Aug | 16,0 | 4,0 |
| Sep | 16,0 | 4,0 |
| Okt - Dez | 0,0 | 0,0 |
| Kumuliertes Jahreskontingent | 16,0 | 4,0 |

Das NWA-Kontingent stellt eine wichtige Randbedingung dar und soll in geeigneter Form ausgewertet werden. Die Nutzung des Kontingents kann zum einen durch monatliche Anteilsfaktoren bezogen auf das verbleibende Kontingent und zum anderen durch die Inhalte in den TS selbst eingeschränkt sein. Die auszuwertenden Kenngrößen in Bezug auf das NWA-Kontingent sind demzufolge:

1. verbleibendes (ohne Berücksichtigung des verfügbaren Nutzraums) Jahres-NWA-Kontingent am Ende des Monats
2. monatlich genutztes NWA-Kontingent
3. monatlich ungenutztes NWA-Kontingent unter Berücksichtigung des in den TS verfügbaren Nutzraums

Das monatlich ungenutzte NWA-Kontingent ergibt sich aus der Differenz des am Monatsbeginn verfügbaren NWA-Kontingents (verbleibendes Jahres-NWA-Kontingent multipliziert mit dem monatlichen Anteilsfaktor) und dem am Monatsende genutzten NWA-Kontingent, siehe 2., begrenzt durch den tatsächlich verfügbaren Speicherinhalt. Das am Monatsbeginn verfügbare NWA-Kontingent beinhaltet kumulativ das in den Vormonaten nicht genutzte NWA-Kontingent.

Um die Abhängigkeiten dieser Kenngrößen von Witterung, Abfluss und Wasserbereitstellung zu erfassen, werden sie für alle Auswertzeiträume und jeweils als 10, 20, 50, 80, 90 %-Perzentile ermittelt. Zusätzlich werden die Einzelspeicher in Speichergruppen zusammengefasst.

6.2 Auswertung

Erläuterung zur graphischen Darstellung

Die nachfolgende Auswertung der sich ergebenden Veränderungen durch die von der Sulfatsteuerung beeinflussten TS und Speicher wurde mittels Boxplotdarstellung der Perzentile (10 %, 20 %, 50 %, 80 %, 90 %) durchgeführt.

Beispielhaft ist daher für den in Abbildung 6-1 veranschaulichten Vergleich der Speicherinhalte des SB Bärwalde für das Referenzszenario (Immissionsrichtwert IRW von 450 mg/L) und Szenario 1 (IRW von 400 mg/L) für Periode 4 die Darstellung erklärt.

Schematisch besteht ein Boxplot aus einer Box und zwei Whiskern, welchen die für die Auswertung berücksichtigten Perzentilwerte zugeordnet wurden. Beispielhaft erklärt sich die Darstellung bei Betrachtung der Speicherinhalte des SB Bärwalde für den Juni des Referenzszenarios wie folgt:

- Das 10 %-Perzentil ist als oberer Whisker hinterlegt (12,6 Mio. m³)
- Das 20 %-Perzentil definiert die obere Begrenzung der Box (12,6 Mio. m³)
- Das 50 %-Perzentil entspricht dem Median und somit der mittleren Linie in der Box (10,2 Mio. m³)
- Das 80 %-Perzentil definiert die untere Begrenzung der Box (0,179 Mio. m³)
- Das 90 %-Perzentil entspricht dem unteren Whisker (0 Mio. m³)

Die einzelnen Perzentilwerte sind zusammenfassend für die Auswertung:

- der Tabelle A - 1 bis Tabelle A - 8 für die Untersuchungen veränderter Speicherinhalte bzw.
- der Tabelle A - 9 bis Tabelle A - 11 für die veränderten NWA-Kontingente

zu entnehmen.

Bei Betrachtung der Boxplots zur Darstellung der Speicherinhalte des SB Bärwalde für Periode 4 ist auffällig, dass vereinzelt Bestandteile der Boxplots scheinbar nicht abgebildet werden. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Werte für die unterschiedlichen Perzentile teilweise identisch sind und somit nicht alle Bestandteile abgebildet werden:

- im Januar des Referenzszenario ist „kein oberer Whisker abgebildet“, 10 %- und 20 %-Perzentil entsprechen 12,6 Mio. m³,
- im August des Szenario 1 „fehlt der untere Teil der Box“, 50 %-, 80 %- und 90 %-Perzentil entsprechen 0.

Die Veränderungen der Speicherinhalte und NWA-Kontingente durch die Reduzierung des Richtwerts in Spremberg-Wilhelmsthal

- von 450 mg/L (Referenzszenario)
- auf 400 mg/L (Szenario 1)

wird nachfolgend anhand relevanter Änderungen der Speicherbelastung und Speicherauffüllung aufgezeigt. Der Vollständigkeit halber sind alle Grafiken, zuzüglich solche ohne signifikante Änderungen im Anhang A.1 unter Angabe des jeweiligen Speichers aufgeführt.

SB Bärwalde

Für das SB Bärwalde ist in Abbildung 6-1 der Szenariovergleich der Speicherinhalte für Periode 4 und in Abbildung 6-2 für die Periode 5 dargestellt.

Für Periode 4 zeigt sich für das Referenzszenario:

- Am stärksten wird der Speicher in den Monaten Juni bis September belastet. Hierbei ist der Speicher mit einem Wiederkehrintervall von T = 5 a (80 %-Perzentil) leer. Im August liegt der Speicherinhalt mit einem Wiederkehrintervall von T = 2 a (50 %-Perzentil) unterhalb von 1,15 Mio. m³.
- Die Speicherauffüllung erfolgt in den Monaten August bis Dezember. Hierbei erhöht sich der Speicherinhalt mit einem Wiederkehrintervall von T = 2 a von 1,15 Mio. m³ auf 10,3 Mio. m³.

Demgegenüber zeigt das Szenario 1 für Periode 4:

- Der Speicher wird insgesamt stärker belastet. Für die Monate Juni bis September ist der Speicher mit einem Wiederkehrintervall von $T = 2$ a leer, in den restlichen Monaten ist das SB Bärwalde mit einem Wiederkehrintervall von $T = 5$ a leer.
- Die Speicherauffüllung erfolgt für Szenario 1 in den Monaten September bis und Oktober, in denen der Speicher mit einem Wiederkehrintervall $T = 2$ a von 0 Mio. m^3 auf 5,77 Mio. m^3 aufgefüllt wird.

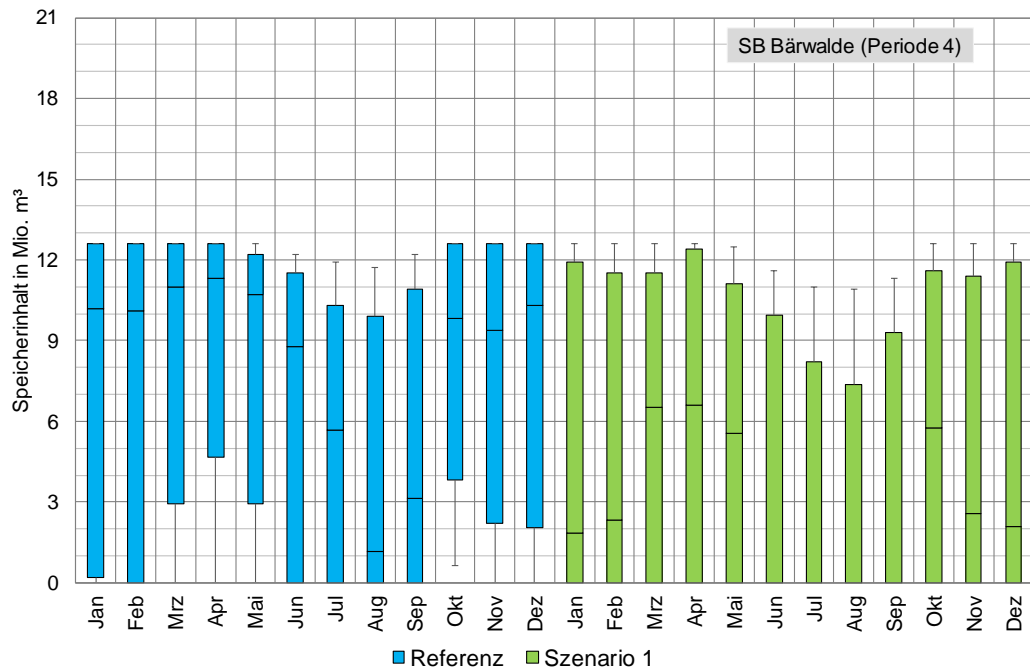


Abbildung 6-1: Vergleich der Speicherinhalte des SB Bärwalde für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) mittels Boxplot (10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %-, 90%-Perzentile) für Periode 4.

Für Periode 5 stellt sich ein erhöhter Speicherinhalt aufgrund des geänderten Nutzraumes (von 12,58 Mio. m^3 in Periode 4 auf 19,012 Mio. m^3 für Periode 5) ein.

Bei Betrachtung der Periode 5 zeigt sich:

- Für das Referenzszenario reduzieren sich die Belastungen im Mittel um die zusätzliche Auffüllung von ca. 6,5 Mio. m^3 , erkennbar am Anstieg der 50 %-Perzentile. Die Spitzenbelastung und Auffüllung sind identisch verteilt wie in Periode 4.
- Für das Szenario 1 ergibt sich trotz zusätzlicher Speicherkapazitäten, dass mit Ausnahme von Oktober (Wiederkehrintervall $T = 10$ a) das SB Bärwalde mit einem Wiederkehrintervall $T = 5$ a leer ist. Für die Monate Juni, Juli und September verdeutlicht der angestiegene Median die im Mittel reduzierten Belastungen durch die Kapazitätserhöhung.

Für Periode 6 ergeben sich geringfügige Änderungen der Speicherbelastung bei gleichbleibenden Tendenzen wie in den vorherigen Perioden. Die Veränderungen für Periode 6 sind Abbildung A - 3 zu entnehmen. Eine Übersicht über alle Perzentilwerte der Perioden 4 bis 6 ist in Tabelle A - 1 gegeben.

Der Vergleich der Periode 4 zu Periode 5 verdeutlicht die starke Belastung des SB Bärwalde zum Zweck der Sulfatverdünnung. Trotz der Kapazitätserhöhung um ca. 6,5 Mio. m³ ist der Speicher in den Sommermonaten mit einem Wiederkehrintervall T = 10 a leer.

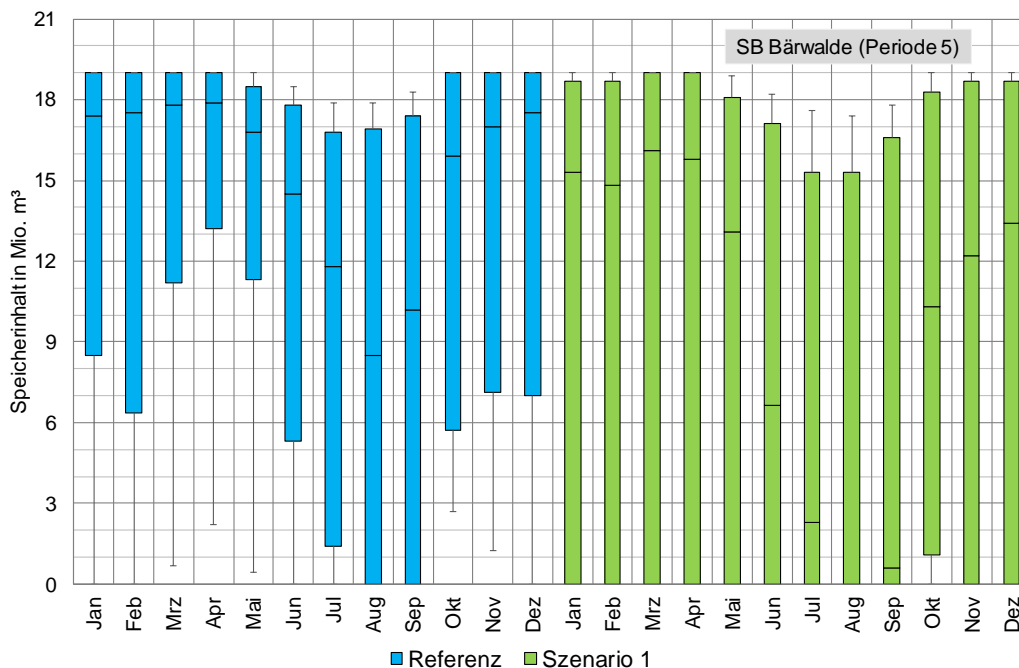


Abbildung 6-2: Vergleich der Speicherinhalte des SB Bärwalde für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) mittels Boxplot (10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %-, 90%-Perzentile) für Periode 5.

TS Bautzen

Für die TS Bautzen ist der Szenariovergleich für Periode 4 in Abbildung 6-3 bzw. für Periode 5 in Abbildung 6-4 aufgezeigt.

Für das Referenzszenario in Periode 4 zeigt sich:

- Die höchste Belastung wird in den Monaten August und September erreicht, wobei die Talsperre mit einem Wiederkehrintervall T = 10 a leer ist bzw. 0,671 Mio. m³ aufweist.
- Die Auffüllung der TS erfolgt in den Monaten August bis Dezember, in denen der Median von 16,2 auf 24,2 Mio. m³ ansteigt.

Das Szenario 1 verdeutlicht:

- Durch den erhöhten Bedarf an Zusatzwasser zur Sulfatverdünnung sinken die Speicherinhalte für die TS Bautzen insbesondere für den Zeitraum der stärksten Belastung (August und September). Hierbei ist die Talsperre mit einem Wiederkehrintervall T = 10 a leer.
- Die Auffüllung der Talsperre erfolgt in den Monaten August bis Januar (von 14,5 Mio. m³ auf 24,2 Mio. m³).

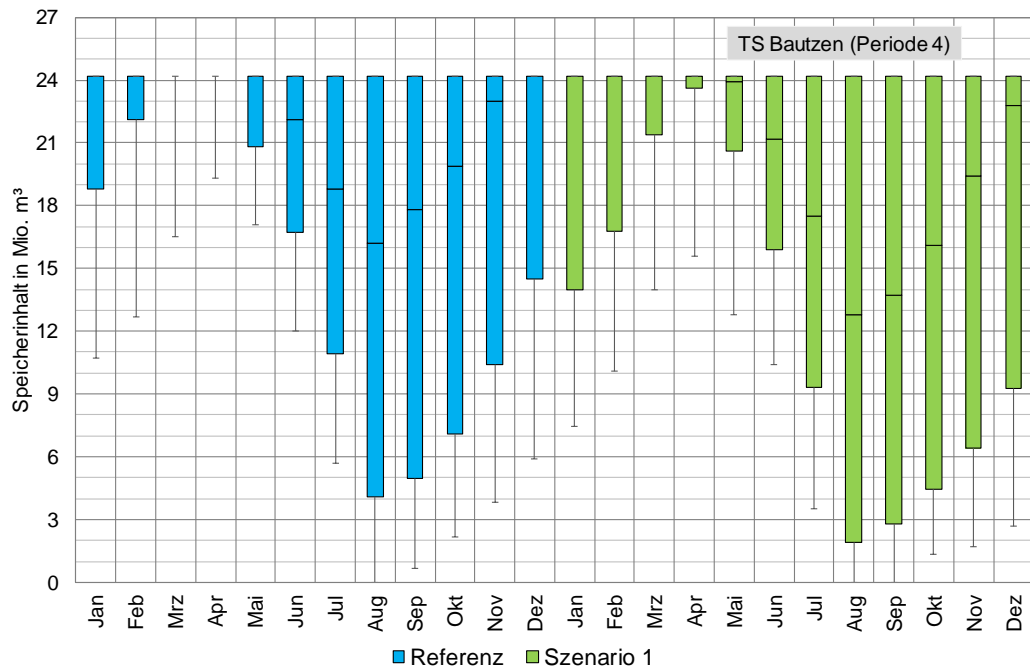


Abbildung 6-3: Vergleich der Speicherinhalte der TS Bautzen für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) mittels Boxplot (10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %-, 90%-Perzentile) für Periode 4.

Für Periode 5 ist bei gleichbleibendem Jahrgang bezüglich Spitzenbelastung und Wiederauffüllung der Talsperre Bautzen eine reduzierte Belastung und schnellere Wiederauffüllung des Speichers für beide Szenarien zu erkennen. Dies mit der erhöhten Kapazität des prioritär zur Sulfatverdünnung zu verwendenden Speichers Bärwalde zu erklären.

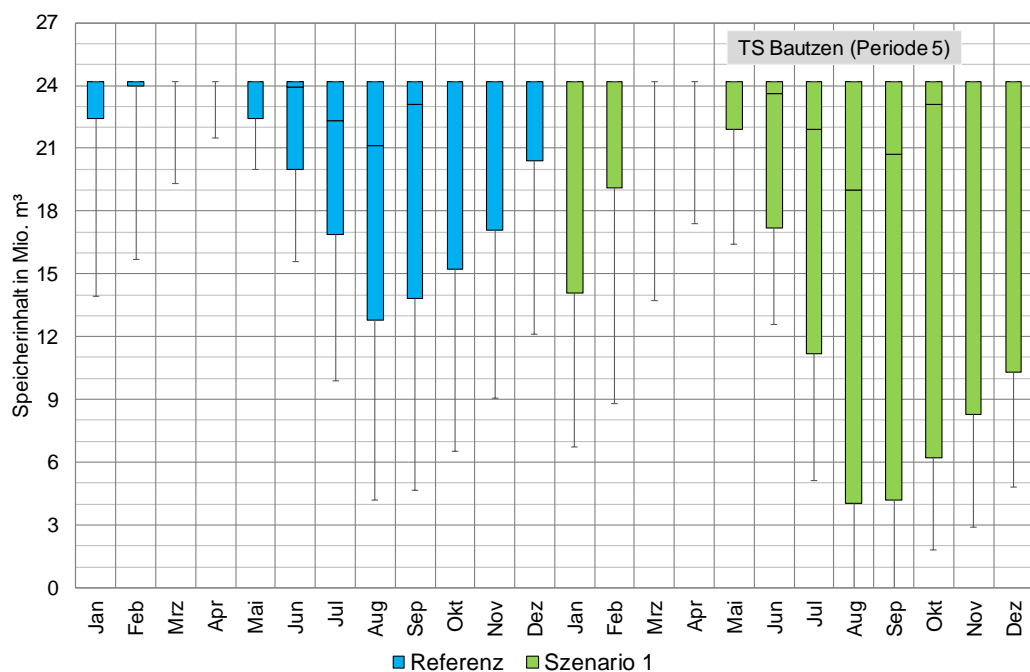


Abbildung 6-4: Vergleich der Speicherinhalte der TS Bautzen für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) mittels Boxplot (10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %-, 90%-Perzentile) für Periode 5.

Für Periode 6 führen sich der Jahrgang der Belastung und Auffüllungen mit geringen Veränderungen fort. Diese sind in Abbildung A - 6 aufgezeigt. Die Perzentilwerte sind in Tabelle A - 2 für die betrachteten Perioden enthalten.

TS Quitzdorf

Für die TS Quitzdorf sind in Abbildung 6-5 der Szenariovergleich der Speicherinhalte für Periode 4 und in Abbildung 6-6 der Szenariovergleich für die Periode 5 abgebildet.

Unter Betrachtung beider Abbildungen lässt sich eine ähnliche Tendenz wie zuvor für die TS Bautzen erkennen. Für die Periode 4 ist die Belastung in beiden Szenarien im September am höchsten, im Referenzszenario ist die Talsperre mit einem Wiederkehrintervall $T = 10$ a leer, im Szenario 1 mit einem Wiederkehrintervall $T = 5$ a. Die Auffüllung erfolgt für das Referenzszenario von September bis Januar, für das Szenario 1 von September bis März.

In den Perioden 5 und 6, veranschaulicht in Abbildung A - 9, kommt es zur Entlastung der TS Quitzdorf durch die erhöhte Kapazität des prioritär zur Sulfatverdünnung verwendeten SB Bärwalde. Für die Übersicht der Perzentilwerte ist auf Tabelle A - 3 verwiesen.

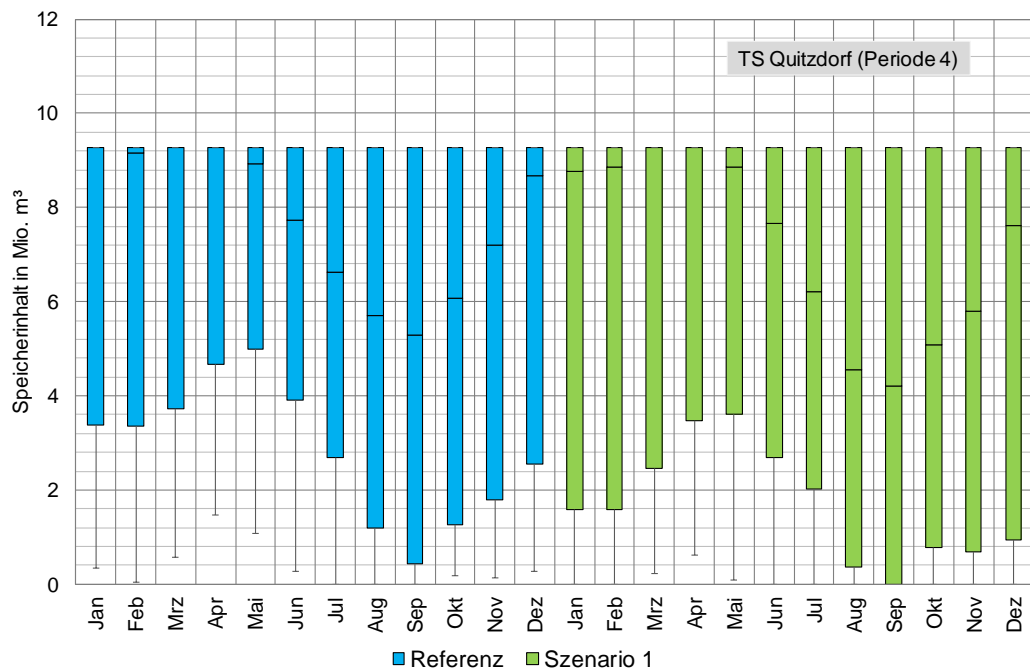


Abbildung 6-5: Vergleich der Speicherinhalte der TS Quitzdorf für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) mittels Boxplot (10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %-, 90%-Perzentile) für Periode 4.

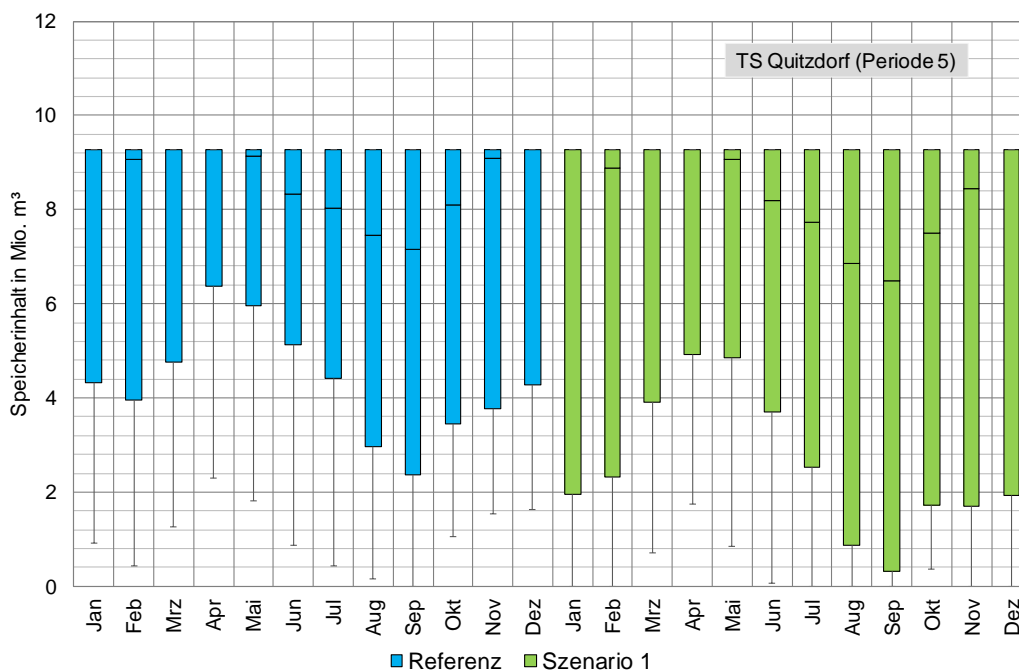


Abbildung 6-6: Vergleich der Speicherinhalte der TS Quitzdorf für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) mittels Boxplot (10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %-, 90%-Perzentile) für Periode 5.

SB Lohsa I

Für das SB Lohsa I ist der Szenariovergleich der Periode 4 in Abbildung 6-8, die weiteren für Periode 5 und Periode 6 in Abbildung A - 11 bzw. in Abbildung A - 12 dargestellt.

Hierbei sind für alle Perioden ein ähnlicher Verlauf des Jahresgangs bezüglich Speicherbelastung und -auffüllung zu erkennen. Daher sind die Charakteristika anhand der Periode 4 aufgezeigt.

Für das Referenzszenario zeigt sich:

- Die maximale Speicherbelastung erfolgt im August, bei einem Wiederkehrintervall $T = 10$ a liegt der Speicherinhalt bei höchstens 0,636 Mio. m³.
- Die Speicherauffüllung erfolgt von August bis Oktober, in denen der Median von 1,81 Mio. m³ auf 2,8 Mio. m³ ansteigt.

In Szenario 1 ergibt sich:

- Die stärkste Belastung erfolgt ebenso im August. Durch den erhöhten Wasserbedarf zur Sulfatverdünnung in Spremberg-Wilhelmsthal ist die Spitzenbelastung erhöht gegenüber dem Referenzszenario. Der Speicher ist mit einem Wiederkehrintervall $T = 10$ a im August leer.
- In den Monaten August bis Oktober erfolgt die Speicherauffüllung, erkennbar anhand des ansteigenden Medians des Speicherinhalts (von 1,8 Mio. m³ auf 2,8 Mio. m³).

Somit ergibt sich für das SB Lohsa I eine geringfügige zusätzliche Belastung durch den erhöhten Wasserbedarf zur reduzierten Richtwertsteuerung in Spremberg-Wilhelmsthal, der sich in der Spitzenbelastung in den Sommermonaten ausprägt.

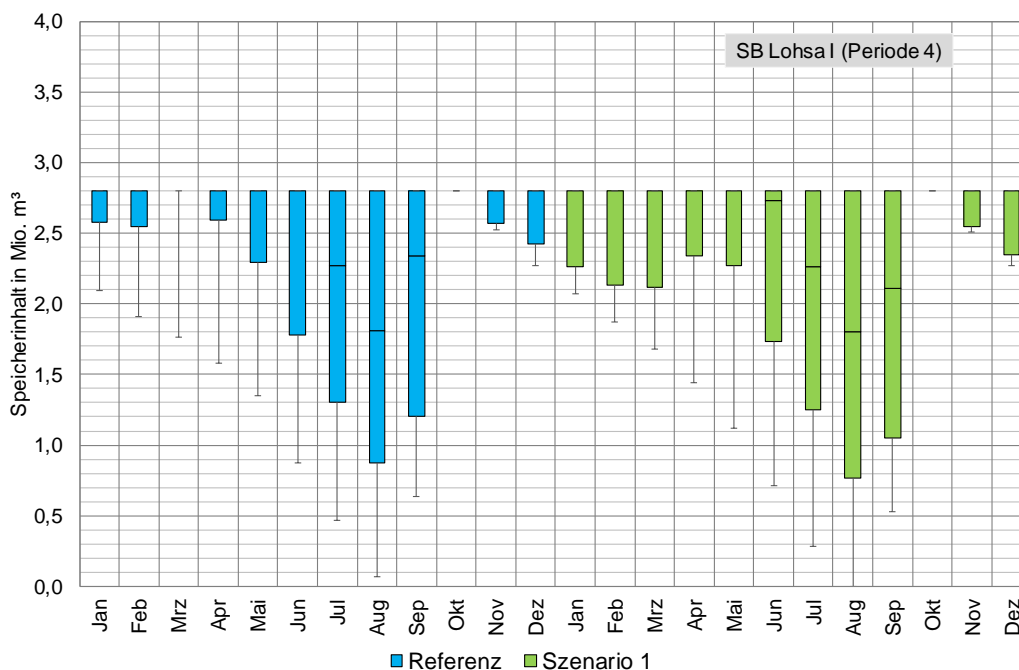


Abbildung 6-7: Vergleich der Speicherinhalte des SB Lohsa I für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) mittels Boxplot (10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %-, 90%-Perzentile) für Periode 4.

WSS Lohsa II

Für das WSS Lohsa II ist in Abbildung 6-8 der Szenariovergleich der Speicherinhalte für Periode 4 und in Abbildung 6-9 der Szenariovergleich für die Periode 5 abgebildet.

Dabei zeigt sich für die Periode 4:

- Im Referenzszenario ist die Speicherbelastung für die Monate August und September am höchsten. Hier liegen die Speicherinhalte mit einem Wiederkehrintervall $T = 10$ a unterhalb 39 Mio. m^3 bzw. 40,1 Mio. m^3 . Die Speicherauffüllung erfolgt von September bis März bei einem Anstieg des Medians von 54,7 Mio. m^3 auf 65,1 Mio. m^3 .
- Im Szenario 1 ist die Speicherbelastung insgesamt leicht erhöht. Die maximale Belastung erfolgt in den Monaten Juli und August, in denen der Speicherinhalt mit einem Wiederkehrintervall $T = 10$ a bei maximal 36,7 Mio. m^3 liegt.

Ab Periode 5 befindet sich das WSS Lohsa II im Speicherbetrieb. In Folge sind die Speicherbelastungen erhöht.

Für die Periode 5 ergibt sich:

- Im Referenzszenario ist die Belastung im August mit einem Wiederkehrintervall $T = 10$ a unterhalb von 30,2 Mio. m^3 am höchsten. Die Auffüllung des Speichers erfolgt in den Monaten August bis März bei einem Anstieg des Medians von 47 Mio. m^3 auf 64 Mio. m^3 .
- Für das Szenario 1 ergibt sich in Periode 5 ein schwach ausgeprägter Jahresgang mit einem Belastungsniveau unterhalb der des Referenzszenarios. Die maximalen Belastungen liegen im Juli und August mit einem Wiederkehrintervall $T = 10$ a bei maximal 34,6 Mio. m^3 bzw. 34,2 Mio. m^3 . Die Auffüllung des WSS Lohsa II erfolgt in den Monaten August bis April (Anstieg des Medians von 47,8 Mio. m^3 auf 58,7 Mio. m^3).

Für die im Anhang in Abbildung A - 15 aufgezeigte Periode 6 ergeben sich ähnliche Verläufe der Speicherbelastung und -auffüllung wie in Periode 5.

Für das WSS Lohsa II zeigt sich infolge des Speicherbetriebes (ab Periode 5) eine höhere Speicherbelastung bei einem Immissionsrichtwert von 450 mg/L in Spremberg-Wilhelmsthal.

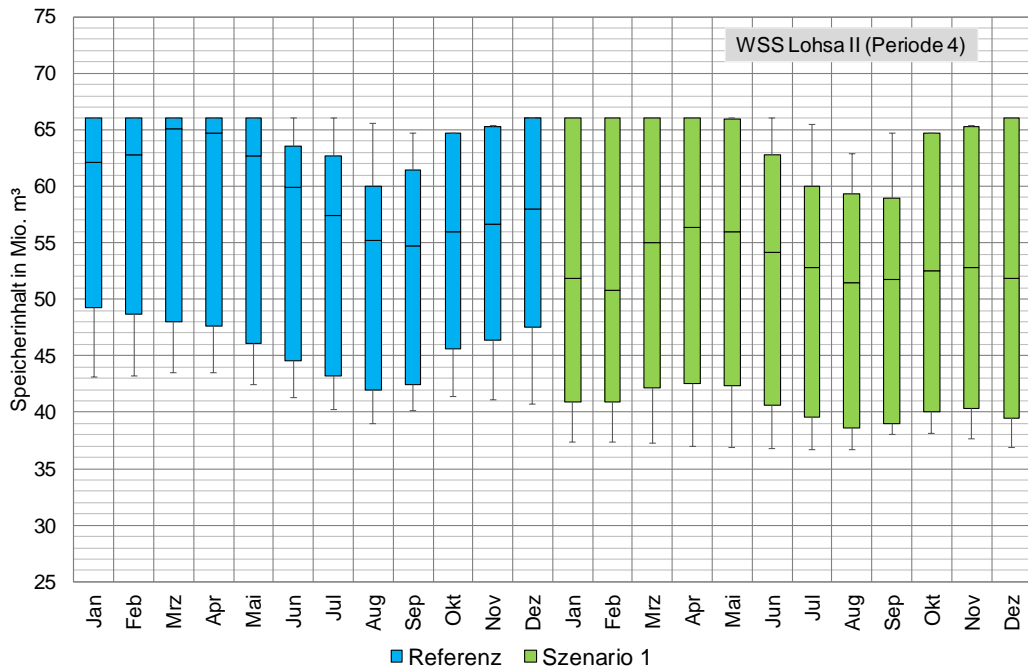


Abbildung 6-8: Vergleich der Speicherinhalte des WSS Lohsa II für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) mittels Boxplot (10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %-, 90%-Perzentile) für Periode 4.

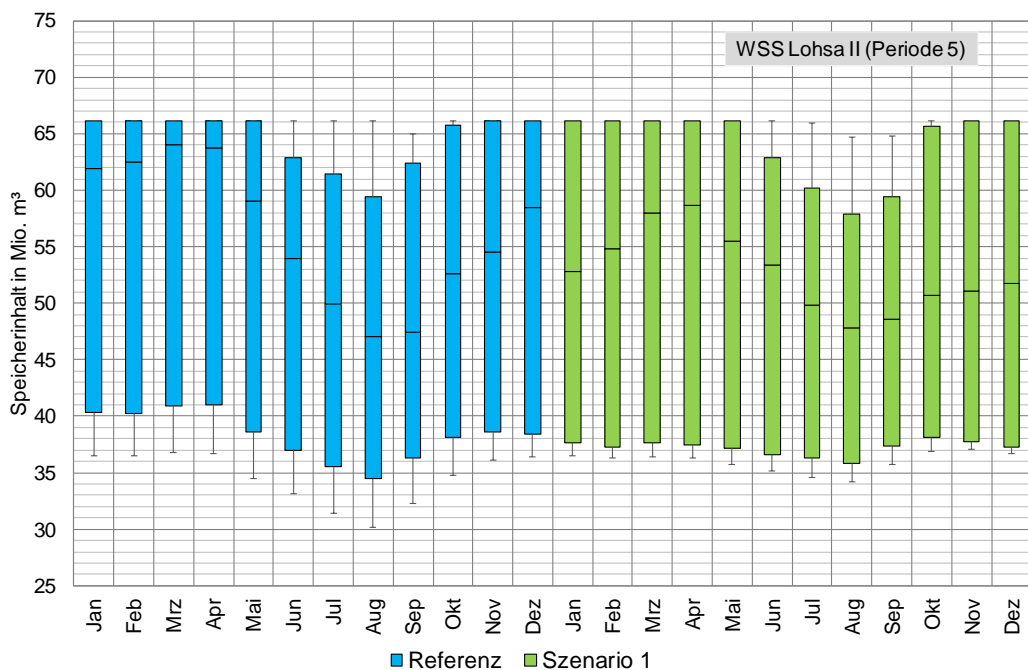


Abbildung 6-9: Vergleich der Speicherinhalte des WSS Lohsa II für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) mittels Boxplot (10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %-, 90%-Perzentile) für Periode 5.

TS Spremberg

Für die TS Spremberg ergibt sich für den Szenariovergleich für Periode 4 der in Abbildung 6-10 bzw. für Periode 5 der in Abbildung 6-11 dargestellte Jahresgang bezüglich Speicherbelastung und -auffüllung. Für Periode 6 ist der Szenariovergleich in Abbildung A - 18 aufgezeigt.

Aufgrund der Oberlieger, welche auf den Richtwert in Spremberg steuern (450 mg/L im Referenzszenario bzw. 400 mg/L in Szenario 1), profitiert die Talsperre von den Wasserabgaben, eine Belastung des Speicherinhalts liegt nur für die Sommermonate vor.

Für Periode 4 ist dabei nur ein geringfügiger Unterschied zwischen den Szenarios erkennbar:

- Die Speicherbelastung ist maximal im August mit einem Wiederkehrintervall $T = 10$ a unterschreitet Speicherinhalts 6,28 Mio. m³. Der Median indiziert dabei eine höhere Speicherbelastung im Referenzszenario.
- Die Auffüllung des Speichers erfolgt für beide Szenarien im September auf einen Speicherinhalt von 15,5 Mio. m³.

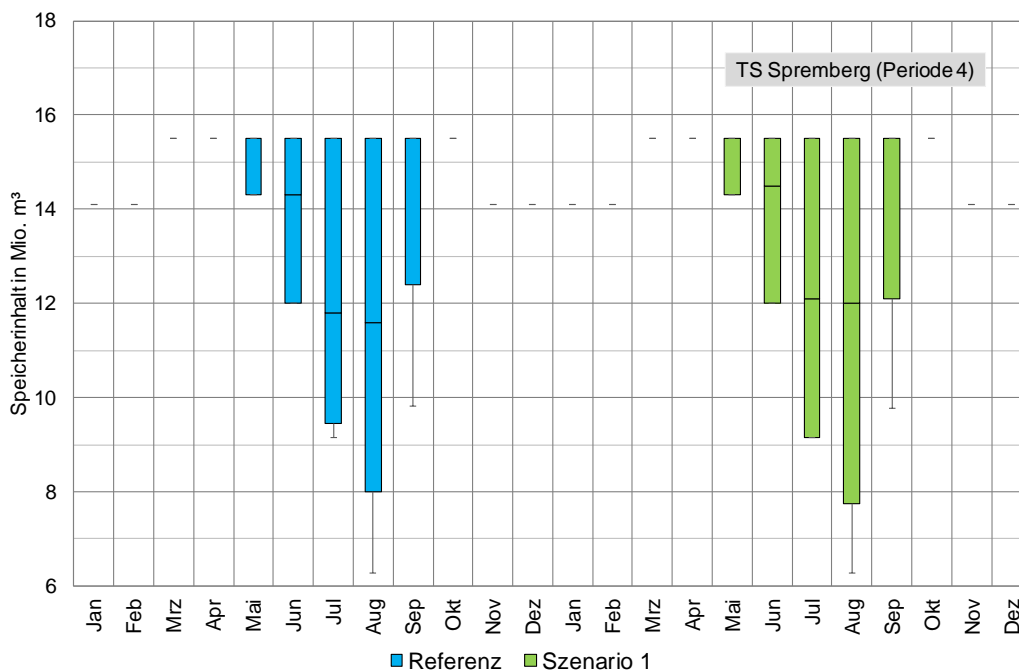


Abbildung 6-10: Vergleich der Speicherinhalte der TS Spremberg für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) mittels Boxplot (10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %-, 90%-Perzentile) für Periode 4.

Für Periode 5 verringern sich die Speicherbelastungen insgesamt bei gleichzeitig gleichbleibenden Spitzenbelastungen für Szenario 1 auf Niveau von Periode 4. Die verringerten Belastungen der TS Spremberg ergeben sich durch das in den Speicherbetrieb versetzten WSS Lohsa II ab Periode 5 und den erhöhten Speicherinhalts des SB Bärwalde (von 12,58 Mio. m³ auf 19,012 Mio. m³).

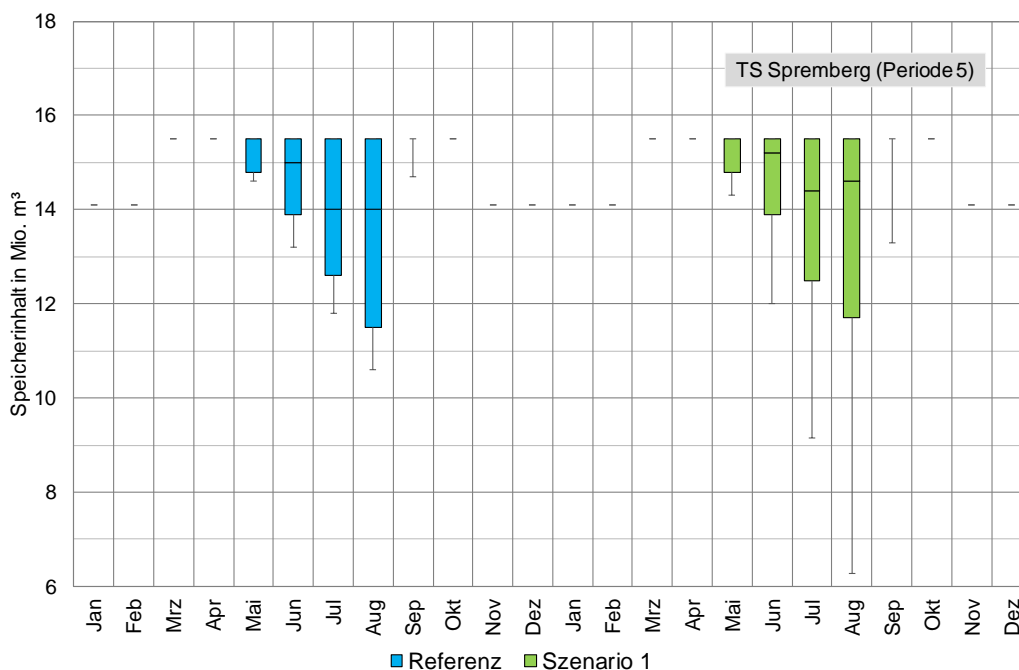


Abbildung 6-11: Vergleich der Speicherinhalte der TS Spremberg für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) mittels Boxplot (10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %-, 90%-Perzentile) für Periode 4.

NWA-Kontingente

Verbleibendes Jahres NWA-Kontingent

Für das verbleibende Jahres-NWA-Kontingent ergeben sich aufgrund der veränderten Speicherbewirtschaftung, Unterschiede für Periode 4, dargestellt in Abbildung 6-12 und für Periode 5, aufgezeigt in Abbildung 6-13.

Für Periode 4 ergibt sich:

- Im Referenzszenario liegt das verbleibende Jahres-NWA-Kontingent für die Monate mit der höchsten Belastung der Speicher (August und September) bei maximal 2,68 Mio. m³ bzw. bei 2,42 Mio. m³ bei einem Wiederkehrintervall T = 10 a.
- Im Szenario 1 verbleiben für August maximal 0,104 Mio. m³, für September wird das verbleibende-Jahres NWA-Kontingent komplett genutzt bei einem Wiederkehrintervall T = 10 a.

Demgegenüber Periode 5:

- Für das Referenzszenario liegt das verbleibende-Jahres-NWA Kontingent für August und September bei maximal 10,7 Mio. m³ bzw. 10,4 Mio. m³ bei einem Wiederkehrintervall T = 10 a.
- Im Szenario 1 ergeben sich für August und September bei einem Wiederkehrintervall T = 10 a ein NWA-Kontingent von maximal 1,44 Mio. m³.

Durch den erhöhten Wasserbedarf zur Einhaltung des Richtwertes von 400 mg/L in Szenario 1 wird das Kontingent in Szenario 1 grundsätzlich stärker beansprucht. Zusätzlich wirkt sich die erhöhte Kapazität vom SB Bärwalde auf das bereitgestellte NWA-Kontingent aus, so dass ab Periode 5 die Bereitstellung von den TS Bautzen, Quitzdorf und dem SB Lohsa I reduziert wird.

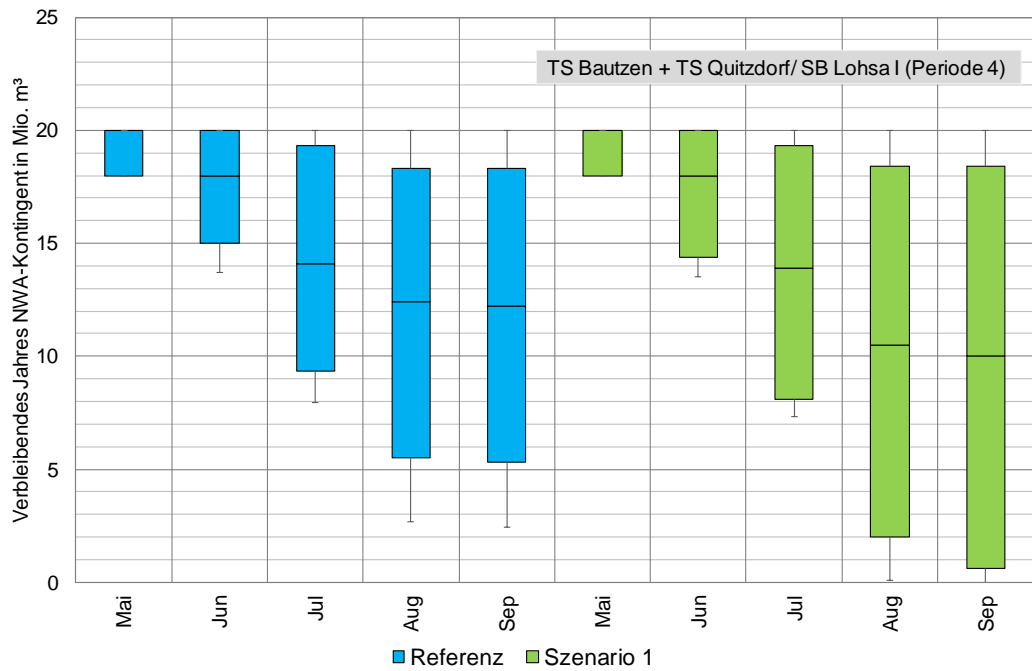


Abbildung 6-12: Vergleich der verbleibenden Jahres-NWA-Kontingente für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) mittels Boxplot (10 %, 20 %, 50 %, 80 %, 90%-Perzentile) für Periode 4.

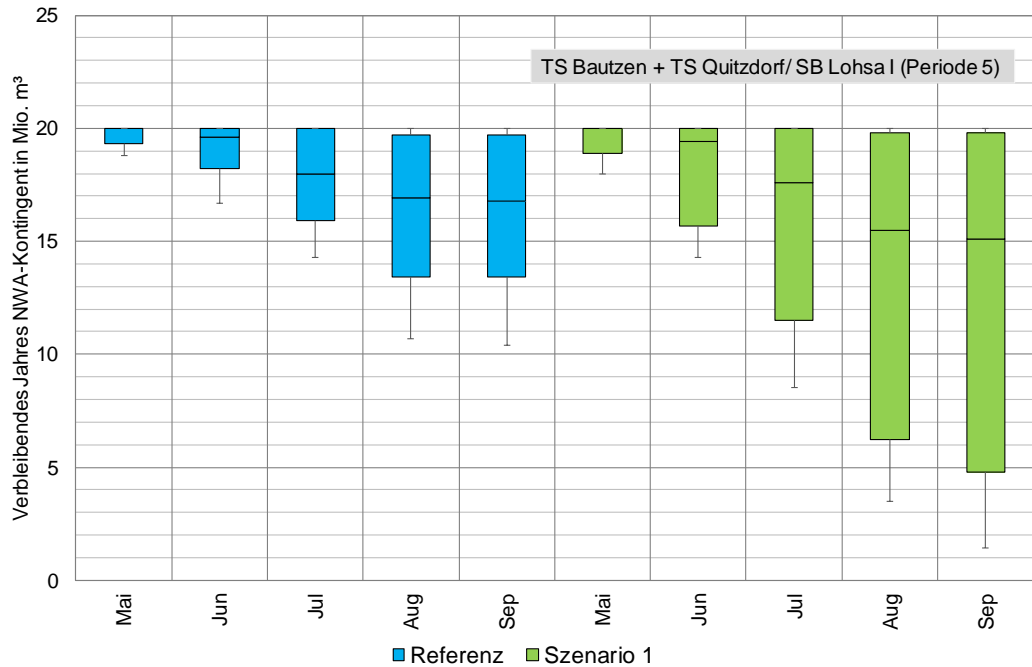


Abbildung 6-13: Vergleich des verbleibenden Jahres-NWA-Kontingents für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) mittels Boxplot (10 %, 20 %, 50 %, 80 %, 90%-Perzentile) für Periode 5.

Monatlich genutztes NWA-Kontingent

Das monatlich genutzte NWA-Kontingent bestätigt die Rückschlüsse aus dem zuvor betrachteten verbleibenden Jahres-NWA-Kontingent.

Das monatlich genutzte NWA-Kontingent ist in Szenario 1 höher, mit Periode 5 vergrößert sich die Differenz. Die Darstellung für Periode 4 ist in Abbildung 6-14 gegeben, für Periode 5 in Abbildung 6-15.

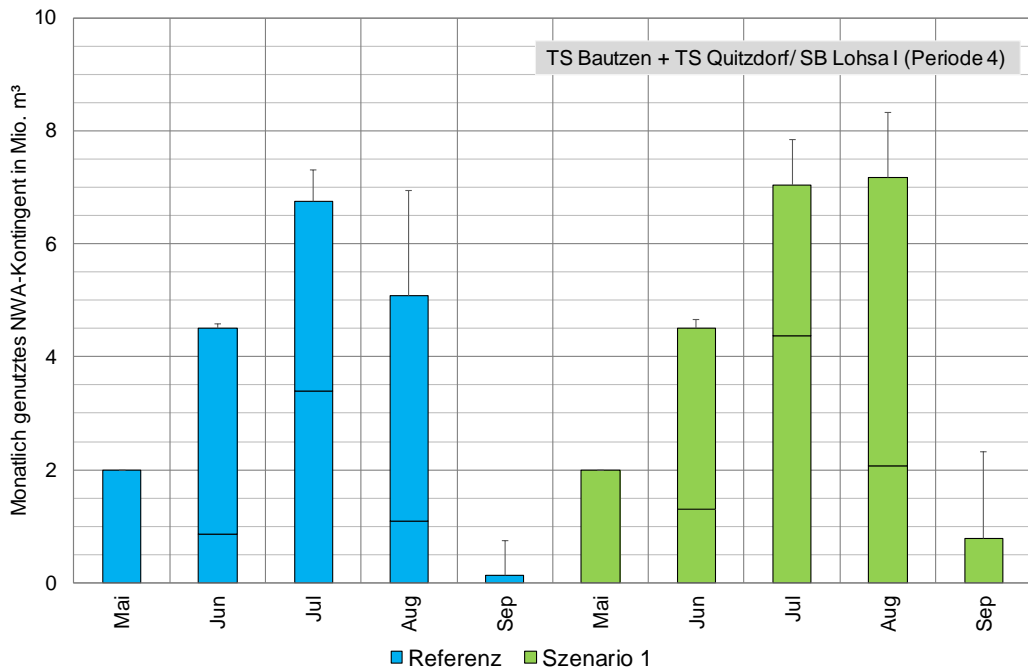


Abbildung 6-14: Vergleich des monatlich genutzten NWA-Kontingents für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) mittels Boxplot (10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %-, 90%-Perzentile) für Periode 4.

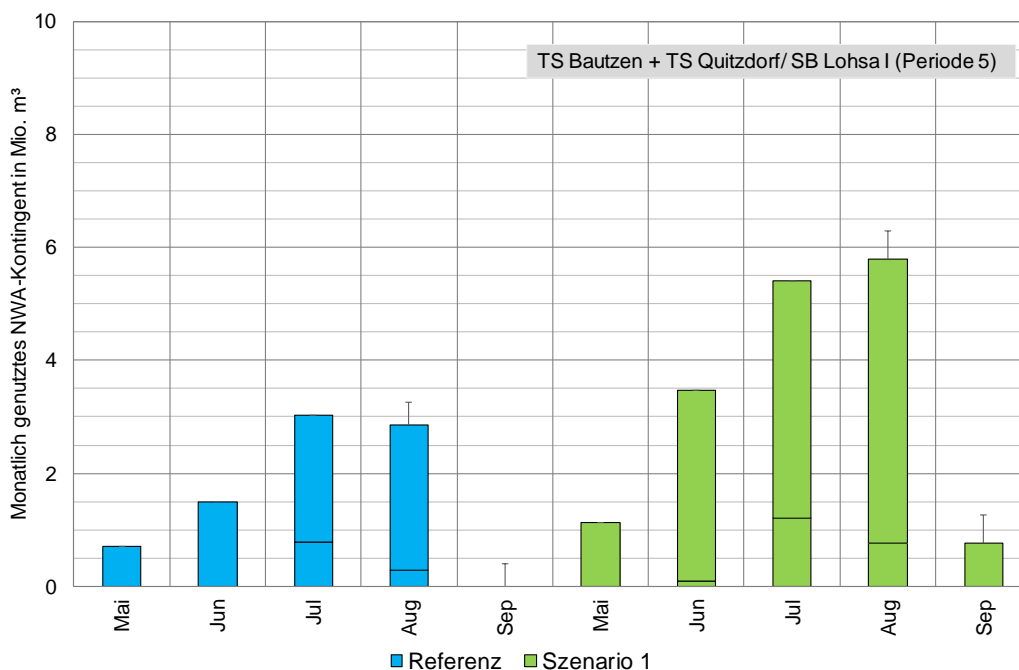


Abbildung 6-15: Vergleich des monatlich genutzten NWA-Kontingents für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) mittels Boxplot (10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %-, 90%-Perzentile) für Periode 5.

Monatlich ungenutztes NWA-Kontingent

Das monatlich ungenutzte NWA-Kontingent bestätigt ebenfalls die Rückschlüsse aus dem zuvor betrachteten verbleibenden Jahres-NWA-Kontingent. Das monatlich ungenutzte NWA-Kontingent ist im Referenzszenario höher im Vergleich zu Szenario 1. Ab Periode 5 erhöht sich die Differenz des ungenutzten NWA-Kontingents. Für Periode 4 zeigt Abbildung 6-16 den Szenariovergleich für das monatlich genutzte NWA-Kontingent, für Periode 5 ist der Vergleich in Abbildung 6-17 dargelegt.

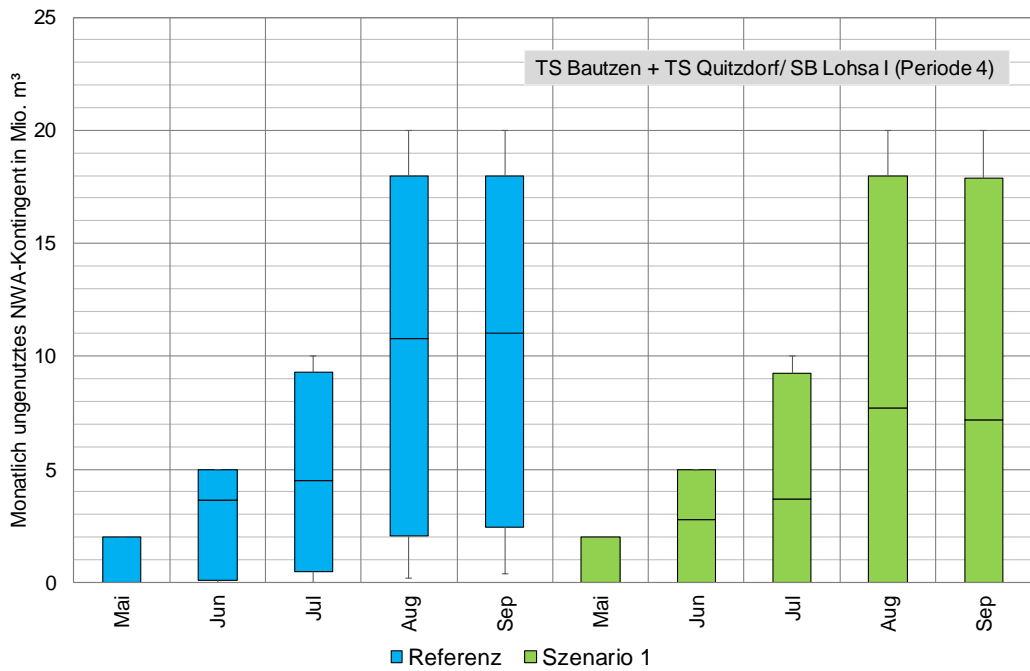


Abbildung 6-16: Vergleich des monatlich ungenutztes NWA-Kontingents für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) mittels Boxplot (10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %-, 90%-Perzentile) für Periode 4.

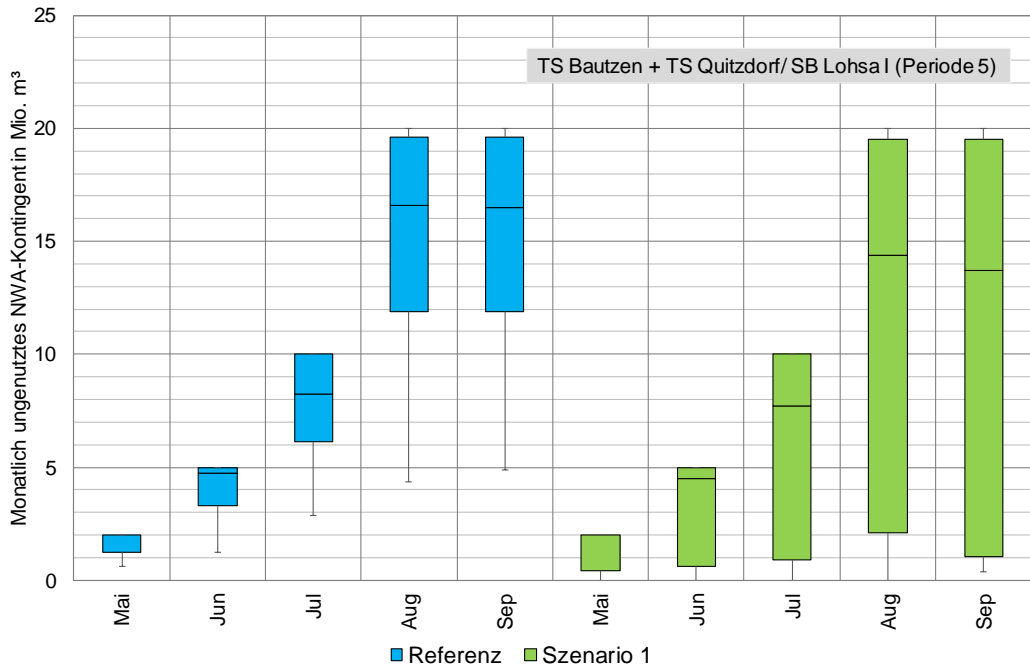


Abbildung 6-17: Vergleich des monatlich ungenutztes NWA-Kontingents für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) mittels Boxplot (10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %-, 90%-Perzentile) für Periode 5.

7 Nutzungen und Abflussforderungen

Durch den reduzierten IRW in Spremberg-Wilhelmsthal (von 450 mg/L auf 400 mg/L) sind potentiell Veränderungen von durch TS und Speicher beeinflussten Nutzungen und Abflussforderungen möglich. Diese sind im nachfolgenden ausgewertet worden.

7.1 Vorgehensweise

Die Auswahl von Nutzungen und Abflussforderungen erfolgt unter dem Blickwinkel, dass eine Beeinflussung durch geänderte Anforderungen an die Talsperren und Speichern als Folge der Variation des Richtwertes für Spremberg-Wilhelmsthal potentiell möglich ist.

Es können drei unterschiedliche Fälle einer Beeinflussung unterschieden werden:

1. Nutzungen und Abflussforderungen, die durch Speicherabgaben gestützt werden und durch Änderungen in der Abgabeleistung beeinflusst werden.
2. Nutzungen und Abflussforderungen, die nicht durch Speicherabgaben gestützt werden, jedoch durch ein verändertes Einspeicherverhalten indirekt betroffen sein können.
3. Abflussforderungen, die nicht durch Speicherabgaben gestützt werden aber indirekt durch u.h. liegende Nutzer, welche durch Speicherabgaben gestützt werden, Effekten unterliegen.

Für die Auswahl von Indikatoren wurden nur Nutzer betrachtet, die einer Beeinflussung nach Fall 1 unterliegen. In dieser Gruppe befindet sich die Mehrheit der Nutzer und sie werden am sensitivsten auf veränderte Anforderungen an die TS/Speicher reagieren.

Die Gruppierung der Nutzer erfolgt nach ökologischen Mindestabflüssen (Qök), nutzungsbedingten Mindestabflüssen (Qmin) sowie Teichwirtschaften in Sachsen/ Brandenburg (TW/TWBB). In Tabelle 7-1 sind die Nutzer im Einzelnen angegeben.

Tabelle 7-1: Nutzungen und Abflussforderungen zur Auswertung

| Kennzahl | Bezeichnung | Gewässer | Gruppe |
|----------|---|---------------------------|--------|
| 112.1 | Qök Spree u.h. TS Bautzen | Spree | Qök |
| 119.3 | Qök Spree u.h. Spreewiese | Spree | Qök |
| 137.2 | Qök Bärwalde | Spree | Qök |
| 190.6 | Qök u.h. Pumpstation Spreewitz | Spree | Qök |
| 152.1 | Qök u.h. TS Quitzdorf | Schwarzer Schöps | Qök |
| 159.3 | Qök Boxberg | Schöps | Qök |
| 113.1 | Qök Malschwitzer Kleine Spree | Malschwitzer Kleine Spree | Qök |
| 172.6 | Qök Kleine Spree zur Begrenzung Füllung Lohsa I | Kleine Spree | Qök |
| 175.1 | Qök Lohsa | Kleine Spree | Qök |
| Anzahl: | | | 9 |
| 176.95 | Qmin u.h. Flutung Burghammer | Kleine Spree | Qmin |

| Kennzahl | Bezeichnung | Gewässer | Gruppe |
|----------|---|---------------------------|--------|
| 179.4 | Qmin Burgneudorf | Kleine Spree | Qmin |
| Anzahl: | | | 2 |
| 152.051 | Eigenbedarf SFA und Förstgen/Petershain, DYN 40.10 | Schwarzer Schöps | TW |
| 152.71 | TG Horscha, TG Mücka | Schwarzer Schöps | TW |
| 153.3 | Hälteranlage Kreba / Winterteiche | Schwarzer Schöps | TW |
| 153.2 | TG Kreba / Klitten | Schwarzer Schöps | TW |
| 119.2 | TG ohne (TW Weigersdorf): Dorfteich Klix | Spree | TW |
| 112.3 | TG Doberschütz | Spree | TW |
| 113.2 | TG Malschwitz, Muschker TG, Niedergurig, Pließkowitz | Malschwitzer Kleine Spree | TW |
| 113.3 | TG Klix | Malschwitzer Kleine Spree | TW |
| 114.1 | TG Briesing | Spree | TW |
| 114.3 | TG Spreewiese II (Mieteteich u.a.) | Spree | TW |
| 114.4 | TG Spreewiese I (Rokottenteich u.a.) | Spree | TW |
| 136.1 | TG Uhyst | Spree | TW |
| 172.3 | TG ohne (TW Kauppa): Gänseteich und Planlugteich | Kleine Spree | TW |
| 172.4 | TG Mönau/Göbelner Graben, TG Neuteichgraben | Kleine Spree | TW |
| 172.7 | TG Mönau, TG Drehna | Kleine Spree | TW |
| 172.5 | TG ohne (TW Kauppa): Göbelner Dorfteich | Kleine Spree | TW |
| 172.2 | TG Kauppa/Lippitsch/Kolbitz/Weißig/Wesseler TG/Raudener TG | Kleine Spree | TW |
| 172.51 | Bifi Neubauteiche Lohsa, Entnahmemengen | Kleine Spree | TW |
| Anzahl: | | | 18 |
| 237.1 | Bifi Peitz | Spree/ Hammergraben | TWBB |
| Anzahl | | | 1 |

Die erforderlichen Kenngrößen mit ihren zu bestimmenden statistischen Maßen und den Darstellungsweisen sind in Tabelle 7-2 aufgeführt.

Tabelle 7-2: Kenngrößen Nutzungen.

| Kenngröße | Nutzer/-gruppe | Statistische Maße | Darstellungsweise |
|--|---|---|---|
| Wasserbereitstellung, Wasserbedarf | <ul style="list-style-type: none"> • Einzelnutzer⁽¹⁾ | Nach Bedarf aus monatlichen Registrierungen | Spaltenköpfe enthalten Nutzernummer und Kenngröße |
| Wasserbedarf, Relative Bedarfsdeckung | <ul style="list-style-type: none"> • Qök • Qmin • TW • TWBB | 10, 20, 50, 80, 90%- Perzentile und 10, 20, 50, 80, 90 %- Sicherheiten | Tabelle |

(1) Einzelnutzer werden nicht dargestellt, sondern nur als Registrierung für mögliche Detailbetrachtung mitgeführt

Somit ergeben sich insgesamt drei Kenngrößen (Wasserbereitstellung, Wasserbedarf und relative Bedarfsdeckung) für jede Nutzergruppe mit der Betrachtung für jeweils drei Perioden (2018 - 2022, 2023 - 2027, 2028 - 2032).

Der Wasserbedarf für die Nutzungen und Abflussforderungen wird kumulativ bestimmt. Die relative Bedarfsdeckung ergibt sich aus dem Verhältnis der Wasserbereitstellung zum Wasserbedarf.

7.2 Auswertung

Die Untersuchung der sich potentiell ergebenden Veränderungen für die Nutzungen und Abflussforderungen durch die geänderten Anforderungen an die TS und Speicher in Folge des reduzierten Richtwertes in Spremberg-Wilhelmsthal (450 mg/l auf 400 mg/L) sind für die:

- Mindestabflüsse (Q_{min})
- Ökologischen Mindestabflüsse ($Q_{ök}$)
- Sächsischen Teichwirtschaften (TW)
- Brandenburgischen Teichwirtschaften (TWBB)

der im Anhang enthaltenen Tabelle A - 12 bis Tabelle A - 15 für die relative Bedarfsdeckung respektive der Tabelle A - 16 bis Tabelle A - 19 für den Wasserbedarf der jeweiligen Nutzungen und Abflussforderungen zu entnehmen.

Die Mindestabflüsse (Q_{min}) werden durchgehend, sowohl bei einem Immissionsrichtwert von 450 mg/L als auch bei einem Immissionsrichtwert von 400 mg/L in Spremberg-Wilhelmsthal eingehalten.

Die ökologischen Mindestabflüsse ($Q_{ök}$) können mit Ausnahme der 90 %-Perzentile im August der Periode 4 (0,998 im Referenzszenario, 0,965 im Szenario 1) und im August der Periode 6 (0,989 im Szenario 1) durchgehend eingehalten werden.

Für die sächsischen Teichwirtschaften (TW) ergeben sich für beide Szenarien leichte Unterschreitungen der 90 % Perzentile:

- Für das Referenzszenario (Richtwert von 450 mg/L) ergeben sich im September (Periode 5 und 6) bzw. im August und September (Periode 4) geringfügige Unterschreitungen des 90 %-Perzentils zur Bedarfsdeckung.
- In Szenario 1 (Richtwert von 400 mg/L) ergibt sich eine geringfügige Verschlechterung der Bedarfsdeckung. Leichte Unterschreitungen der Bedarfsdeckungen treten in den Monaten Januar bis März und Juli bis September auf.

Der benötigte Wasserbedarf für die brandenburgische Teichwirtschaft Peitz (TWBB) ist im Referenzszenario und im Szenario 1 durchgehend gewährleistet.

8 Richtwerte zu Neubrück und Briesen

8.1 Vorgehensweise

Für die Einhaltung des IRW für Neubrück (280 mg/L als 90%-Perzentil) bzw. des Sulfatgrenzwertes der Trinkwasserversorgung (TrinkwV) am Zuflussprofil WW Briesen (dauerhaft 250 mg/L, Wiederkehrintervall $T = 100$ a) ist ein reduzierter Richtwert für Spremberg-Wilhelmsthal auszuweisen. Dies ist mit den bestehenden Steueroptionen nicht umzusetzen. Daher wird angenommen, dass eine zusätzliche Steuerungsoption besteht: mittels eines fiktiven Speichers Verdünnungswasser bereitzustellen. Es soll die theoretisch erforderliche Gesamtwassermenge zur Einhaltung der IRW in Neubrück und Briesen ermittelt werden.

Die Untersuchung erfolgt unter Einhaltung folgender Bedingungen:

- Der fiktive Speicher befindet sich in einem Seitenzweig. Die Sulfatkonzentration des Speicherwassers beträgt konstant 70 mg/L. Der Zufluss zum Speicher ist in dem Sinne unbegrenzt, dass ein Leerlaufen des Speichers ausgeschlossen ist. Es findet eine Durchmischung der Abgabe des Speichers mit Spreewasser am Querschnitt Spremberg-Wilhelmsthal statt.
- keine Beeinflussung der bestehenden Mengenzuflussbilanzierung (Nutzer und Speicher/TS) durch den fiktiven Speicher bzw. fiktives Wasser, d. h. Sulfatsteuerung und damit Mengenzuflussbilanzierung erfolgt durch alle existierenden Speicher und TS auf die aktuellen Immissionsrichtwerte,
- die Verdünnungseffekte des fiktiven Speichers sollten ab dem Steuerquerschnitt Spremberg-Wilhelmsthal wirksam werden, da dafür Aussagen zu korrespondierenden bzw. resultierenden SO_4 -Konzentrationen an den anderen Querschnitten gefordert sind.
D. h., nachrangige Sulfatsteuerung auf Spremberg-Wilhelmsthal durch fiktiven Speicher direkt oh. Spremberg-Wilhelmsthal auf zweiten, zu ermittelnden Immissionsrichtwert und Erfassung der korrespondierenden Sulfatkonzentrationen an den Profilen Leibsch und Neubrück/Briesen.

Die Umsetzung im Sulfatprognosemodell zeigt Abbildung 8-1.

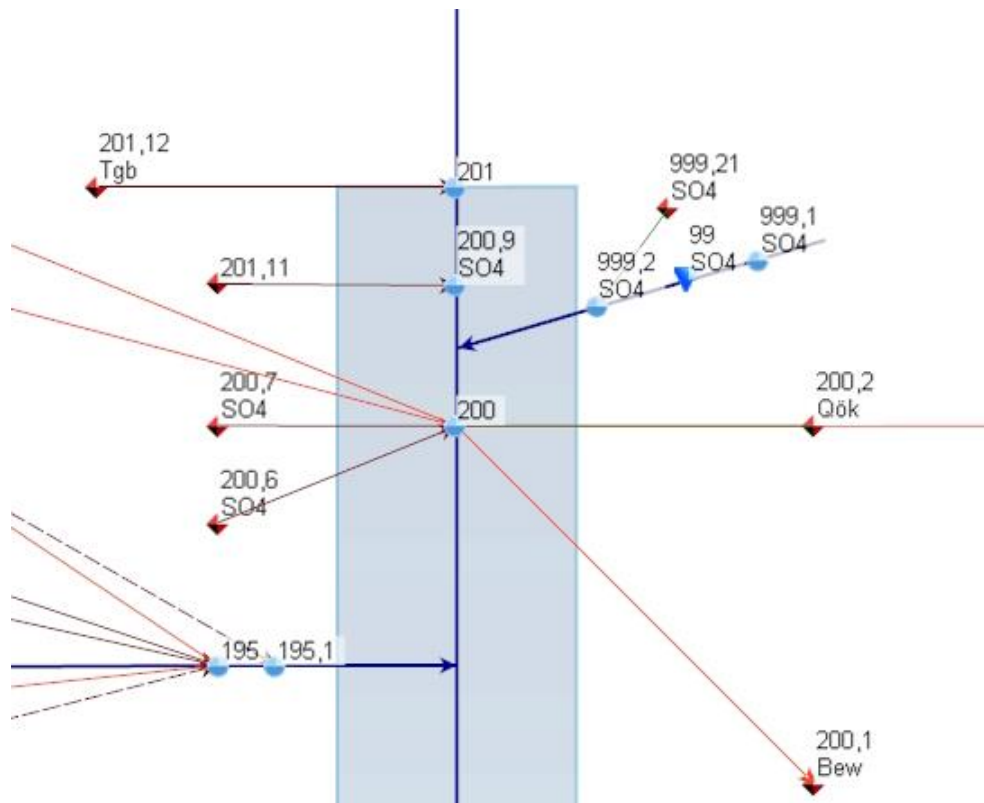


Abbildung 8-1: Ausschnitt der erweiterten Modellstruktur.

Der zweite Immissionsrichtwert in Spremberg-Wilhelmsthal muss iterativ bestimmt werden. Dazu wird dieser ausgehend von einer initialen Sulfatkonzentration von 450 mg/L für Spremberg-Wilhelmsthal in 25 mg/l Intervallen reduziert bis die Richtwerte für Neubrück bzw. für Briesen eingehalten werden.

Da der Umfang der erforderlichen zusätzlichen monatlichen Wassermenge bzw. der jährlichen Abgabesumme auch von den Witterungs-, Abfluss- und Bewirtschaftungsbedingungen abhängt, werden sie als 10, 20, 50, 80, 90 %-Perzentile berechnet. Zusätzlich werden die Sulfatkonzentrationen an den Querschnitten Neubrück, Leibsch und Briesen bestimmt.

8.2 Auswertung

8.2.1 Sulfatkonzentrationen

Nachfolgend sind zunächst die Simulationsergebnisse der Iterationen zur Einhaltung des IRW für Neubrück und am Zuflussprofil WW Briesen dargestellt. Anschließend erfolgt eine detailliertere Betrachtung der Monats- und Jahressummenwerte für die Zusatzwassermengen als Abgabe aus dem fiktiven Speicher für Neubrück und Briesen.

280 mg/L in Neubrück

Das 90 %-Perzentil für Neubrück (280 mg/L) ergibt einen Immissionsrichtwert für Spremberg-Wilhelmsthal von 350 mg/L, vgl. Abbildung 8-2.

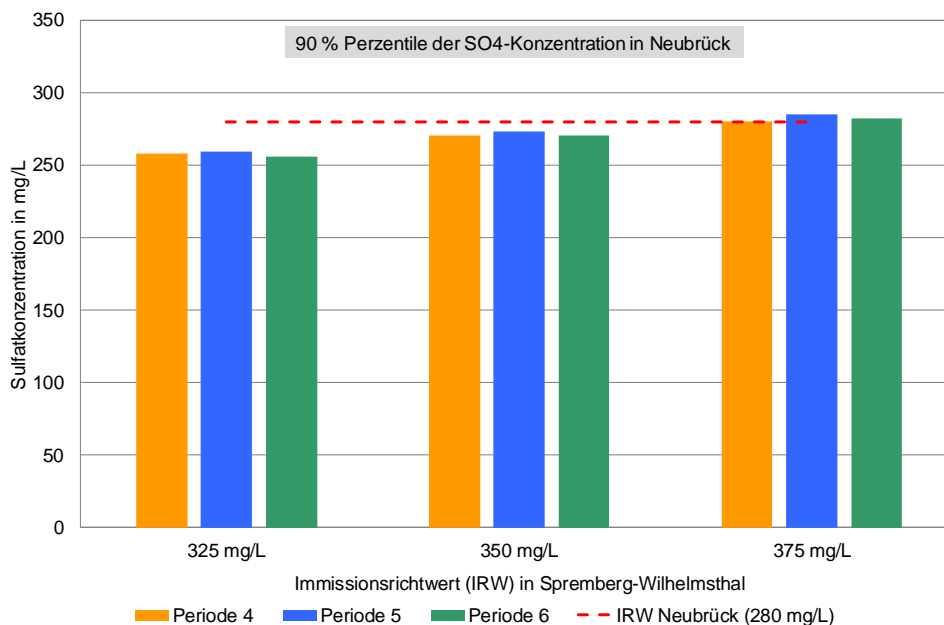


Abbildung 8-2: Simulationsergebnisse der iterativen Bestimmung eines Immissionsrichtwertes für Spremberg-Wilhelmsthal zur Einhaltung des IRW in Neubrück.

Die dargestellten Sulfatkonzentrationen sind in Tabelle 8-1 aufgelistet.

Tabelle 8-1: Sulfatkonzentrationen für Neubrück für betrachtete Immissionsrichtwerte in Spremberg-Wilhelmsthal (325 mg/L, 350 mg/L und 375 mg/L).

| Immissionsrichtwert in Spremberg-W. | 90 % Perzentil der SO ₄ -Konzentration des Gesamtjahres am Querschnitt Neubrück in mg/L | | |
|-------------------------------------|--|-----------|-----------|
| | Periode 4 | Periode 5 | Periode 6 |
| 325 mg/L | 258 | 259 | 256 |
| 350 mg/L | 270 | 273 | 270 |
| 375 mg/L | 280 | 285 | 282 |

Am Querschnitt Leibsch wurden unter Berücksichtigung eines Immissionsrichtwertes von 350 mg/L in Spremberg-Wilhelmsthal nachfolgende korrespondierende Sulfatkonzentrationen ermittelt:

- 327 mg/L für Periode 4,
- 331 mg/L für Periode 5,
- 328 mg/L für Periode 6.

250 mg/L in Briesen

Die Simulationen für Briesen, veranschaulicht in Abbildung 8-3, ergeben einen Immissionsrichtwert für Spremberg-Wilhelmsthal von 275 mg/L zur dauerhaften Einhaltung des IRW von 250 mg/L (T = 100 a).

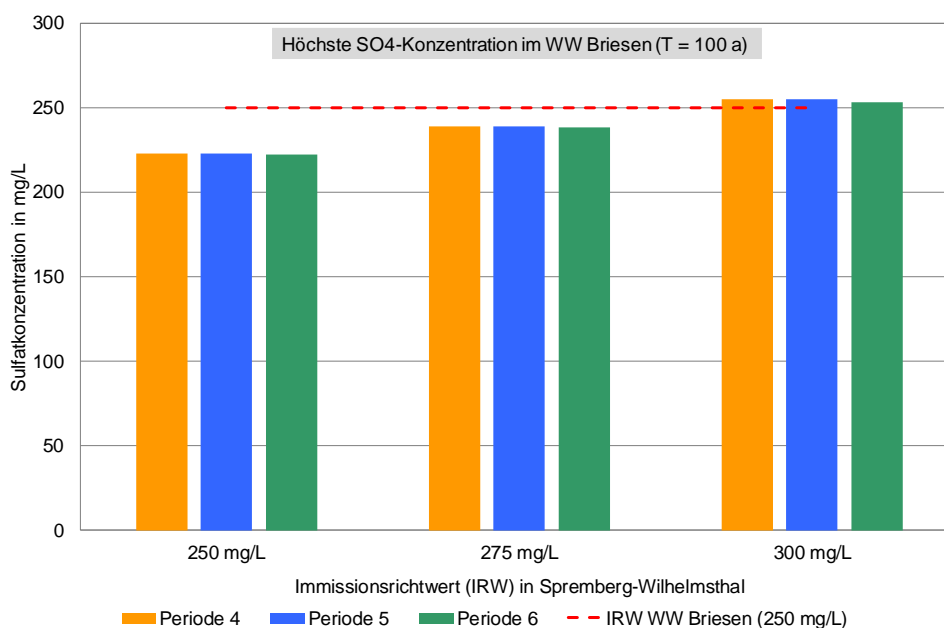


Abbildung 8-3: Simulationsergebnisse der iterativen Bestimmung eines Immissionsrichtwertes für Spremberg-Wilhelmsthal zur Einhaltung des IRW im WW Briesen.

Der Sulfatgrenzwert der TrinkwV von 250 mg/L wird in der Spree am WW Briesen bei einem IRW von 275 mg/L in Spremberg-Wilhelmsthal dauerhaft (T = 100 a) unterschritten. Die dargestellten Sulfatkonzentrationen sind in Tabelle 8-2 aufgelistet.

Tabelle 8-2: Sulfatkonzentrationen für WW Briesen für betrachtete Immissionsrichtwerte in Spremberg-Wilhelmsthal (250 mg/L, 275 mg/L und 300 mg/L).

| Immissionsrichtwert in Spremberg-W. | SO ₄ -Konzentration des Gesamtjahres am Querschnitt Briesen in mg/L (dauerhaft, T = 100 a) | | |
|-------------------------------------|---|-----------|-----------|
| | Periode 4 | Periode 5 | Periode 6 |
| 250 mg/L | 223 | 223 | 222 |
| 275 mg/L | 239 | 239 | 238 |
| 300 mg/L | 255 | 255 | 253 |

Für den Querschnitt Leibsch ergeben sich für einen Immissionsrichtwert von 275 mg/L in Spremberg-Wilhelmsthal folgende 90 %-Perzentile für die betrachteten Perioden:

- 267 mg/L für Periode 4
- 267 mg/L in Periode 5
- 265 mg/L für Periode 6.

8.2.2 Zusatzwassermengen

Periode 4

Die Zusatzwassermengen aus dem fiktiven Speicher zur Einhaltung des IRW in Neubrück und des Sulfatgrenzwertes der TrinkwV im WW Briesen für Periode 4 sind für die monatliche Abgaben in Abbildung 8-4 und für die Jahressummenwerte in Abbildung 8-5 aufgezeigt.

Die monatlichen Zusatzwassermengen für Neubrück verdeutlichen:

- Zur Einhaltung des Immissionsrichtwertes von 280 mg/L mit 90 % Sicherheit sind monatlich zwischen 6,83 Mio. m³ bis 9,99 Mio. m³ Zusatzwassermengen nötig.
- Die höchsten Zusatzwassermengen sind in Januar (9,99 Mio. m³) und August (9,96 Mio. m³) erforderlich.
- Die geringsten Zusatzwassermengen ergeben sich für Oktober (6,83 Mio. m³) und November (8,23 Mio. m³).

Für Briesen zeigen die monatlichen Zusatzwassermengen:

- Zur dauerhaften Einhaltung des Immissionsrichtwertes von 250 mg/L mit 99 % Sicherheit werden monatlich zwischen 21,31 Mio. m³ bis 26,54 Mio. m³ zusätzliches Wasser bei hoher Speicherbelastung benötigt.
- Mit 26,28 Mio. m³ und 26,54 Mio. m³ sind für Juli und Juni die größten monatlichen Zusatzwassermengen zur Einhaltung des Immissionsrichtwertes zuzusteuern.
- Für November (21,31 Mio. m³) und März (22,39 Mio. m³) fallen die geringsten Zusatzwassermengen an.

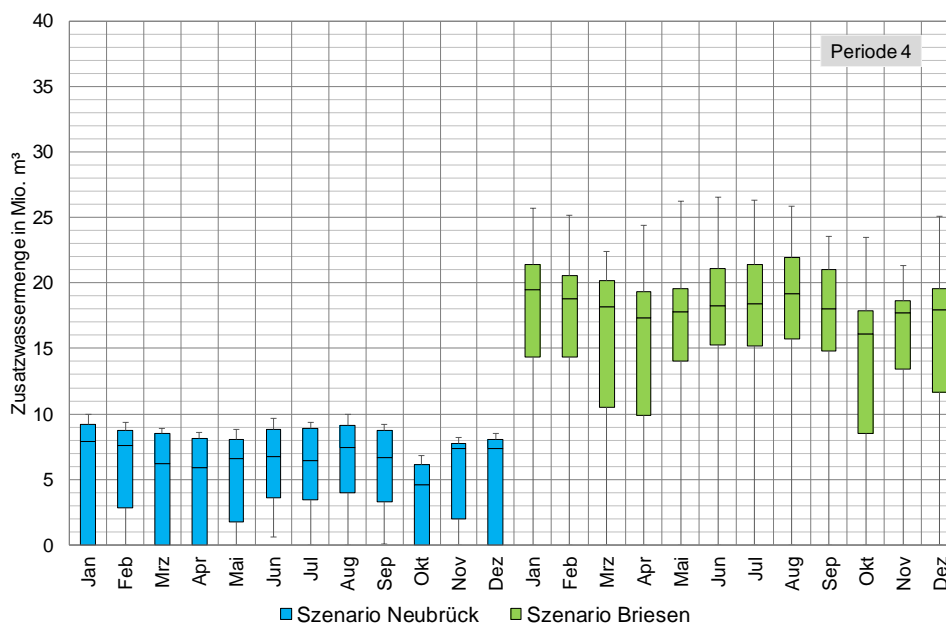


Abbildung 8-4: Monatliche Zusatzwassermengen aus dem fiktiven Speicher zur Einhaltung der IRW für Neubrück (10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %- und 90 %-Sicherheit) und Briesen (1 %-, 10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %-, 90 %- und 99 %-Sicherheit) für Periode 4.

Die Betrachtung der Jahressummen der Zusatzwassermengen verdeutlicht:

- Zur Einhaltung des IRW in Neubrück (280 mg/L mit 90 % Sicherheit, d. h. bei hoher Speicherbelastung) werden jährlich 104 Mio. m³ Zusatzwasser benötigt.
- Für die Einhaltung des IRW im WW Briesen (250 mg/L mit 99 % Sicherheit, d. h. bei hoher Speicherbelastung) sind jährlich 271 Mio. m³ Verdünnungswasser nötig.

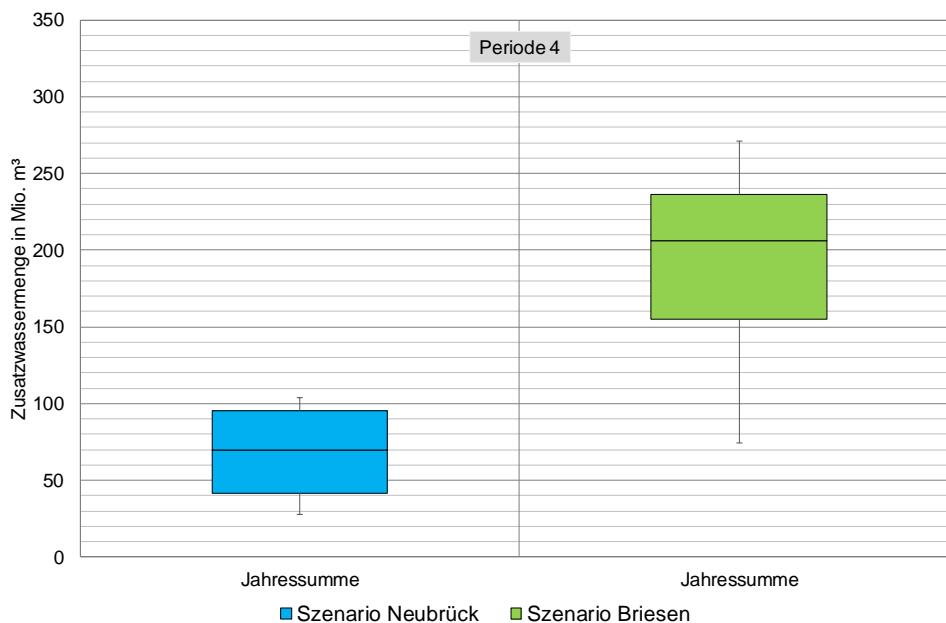


Abbildung 8-5: Jahressummen der-Zusatzwassermengen aus dem fiktiven Speicher zur Einhaltung der IRW für Neubrück (10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %- und 90 %-Sicherheit) und Briesen (1 %-, 10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %-, 90 %- und 99 %-Sicherheit) für Periode 4.

Die Perzentilwerte der Monats- und Jahreswerte der Zusatzwassermengen sind für Neubrück und Briesen für Periode 4 der Tabelle 8-3 zu entnehmen.

Tabelle 8-3: Monats- und Jahressummen der Zusatzwassermengen aus dem fiktiven Speicher zur Einhaltung der IRW für Neubrück (10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %-, 90 %-Sicherheit) und am Zuflussprofil WW Briesen (1 %-, 10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %-, 90 %-, 99 %-Sicherheit) in Mio. m³ für Periode 4.

| Zusatzwassermenge in Mio. m ³ | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| Sicherheit | Jan | Feb | Mrz | Apr | Mai | Jun | Jul | Aug | Sep | Okt | Nov | Dez | Jahr |
| Neubrück | | | | | | | | | | | | | |
| 10 % | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,631 | 0 | 0 | 0,079 | 0 | 0 | 0 | 27,8 |
| 20 % | 0 | 2,81 | 0 | 0 | 1,79 | 3,57 | 3,42 | 4,02 | 3,26 | 0 | 1,971 | 0 | 41,8 |
| 50 % | 7,88 | 7,57 | 6,20 | 5,91 | 6,6 | 6,78 | 6,46 | 7,44 | 6,70 | 4,60 | 7,36 | 7,36 | 69,8 |
| 80 % | 9,20 | 8,78 | 8,49 | 8,12 | 8,07 | 8,80 | 8,88 | 9,12 | 8,78 | 6,12 | 7,75 | 8,07 | 95,3 |
| 90 % | 9,99 | 9,33 | 8,88 | 8,62 | 8,8 | 9,64 | 9,36 | 9,96 | 9,17 | 6,83 | 8,23 | 8,54 | 104 |
| WW Briesen | | | | | | | | | | | | | |
| 1 % | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 74,5 |
| 10 % | 7,28 | 11,56 | 3,02 | 2,65 | 10,22 | 11,67 | 12,69 | 12,51 | 11,35 | 0,5 | 9,62 | 0 | 128 |
| 20 % | 14,32 | 14,35 | 10,54 | 9,91 | 14,06 | 15,27 | 15,19 | 15,69 | 14,77 | 8,51 | 13,4 | 11,64 | 155 |
| 50 % | 19,47 | 18,82 | 18,16 | 17,32 | 17,77 | 18,29 | 18,37 | 19,16 | 18,03 | 16,08 | 17,71 | 17,95 | 206 |

| Zusatzwassermenge in Mio. m ³ | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| Sicherheit | Jan | Feb | Mrz | Apr | Mai | Jun | Jul | Aug | Sep | Okt | Nov | Dez | Jahr |
| 80 % | 21,37 | 20,55 | 20,21 | 19,34 | 19,58 | 21,13 | 21,37 | 21,94 | 21,02 | 17,90 | 18,66 | 19,53 | 236 |
| 90 % | 22,47 | 21,18 | 20,71 | 20,42 | 20,76 | 21,84 | 22,44 | 23,31 | 21,5 | 18,92 | 19,58 | 20,29 | 246 |
| 99 % | 25,73 | 25,18 | 22,39 | 24,41 | 26,25 | 26,54 | 26,28 | 25,89 | 23,57 | 23,49 | 21,31 | 25,1 | 271 |

Zusammenfassend veranschaulicht Abbildung 8-6 die sich für Periode 4 ergebenden Sulfatkonzentrationen an den untersuchten Querschnitten (Spremburg-Wilhelmsthal, Leibsch, Neubrück und am Zuflussprofil WW Briesen) und die aufzubringenden Zusatzwassermengen zur Einhaltung des IRW in Neubrück bzw. am Zuflussprofil Briesen.

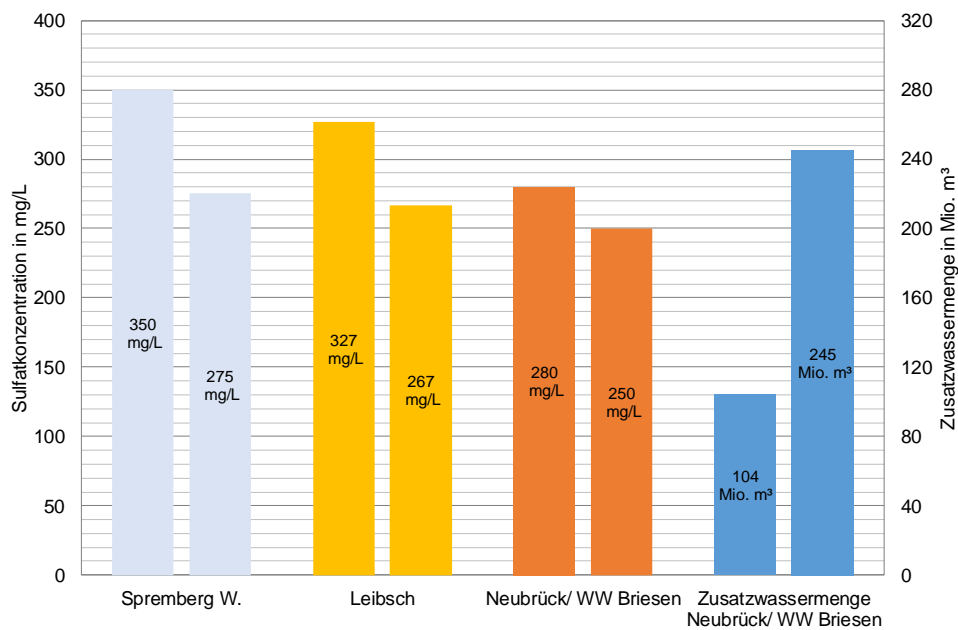


Abbildung 8-6: Gegenüberstellung der ermittelten Sulfatkonzentrationen in mg/L zur Einhaltung des IRW für Neubrück (linker Balken) respektive am Zuflussprofil WW Briesen (rechter Balken) und der dazu benötigten Zusatzwassermenge in Mio. m³ für Periode 4.

Die monatlichen Zusatzwassermengen und Jahressummenwerte für Periode 5 und Periode 6 sind Anhang B zu entnehmen.

9 Übergabe an den Anwenderkreis

Die Leistungsposition beinhaltet die Übergaben

- des Sulfatprognosemodells SPM 1.07 und
- eines Variantenvergleichs.

Der Variantenvergleich erfolgte zwischen dem Sulfatprognosemodell SPM 1.07 aus dem LfU-Auftrag und dem aktuell im Bestätigungsprozess befindlichen Ländermodell LM180322_04. Diese Variante basiert auf der derzeitigen Basisvariante des Ländermodells und wird den Sulfatprognosemodul aus dem SPM 1.07 enthalten. Der Variantenvergleich und die dazugehörige Dokumentation sind in einem separaten Bericht enthalten.

Quellen

- 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.
- BTU Cottbus. (2012). *Abschlussbericht zur Entwicklung eines Wassergütebewirtschaftungsmodells für das Einzugsgebiet der Schwarzen Elster zwischen dem Pegel Neuwiese und Elsterwerda.* Cottbus: BTU Cottbus. Im Auftrag der Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH.
- DHI WASY. (2013). *Untersuchungen zu den Auswirkungen der Wasserbewirtschaftung auf den Wasserhaushalt im Havel-Spreengebiet mit WBalMo Havel-Spree unter Berücksichtigung des Klimawandels. Abschlussbericht.* Dresden: DHI WASY im Auftrag der Bundesanstalt für Gewässerkunde.
- DHI WASY. (2015). *Flutungssteuerungsmodell Spree/ Schwarze Elster. 18. Bearbeitungsetappe 2015. Abschlussbericht 2015.* Dresden. DHI WASY GmbH im Auftrag der LMBV mbH.
- DHI WASY. (2017). *Flutungssteuerungsmodell Spree/ Schwarze Elster. 20. Bearbeitungsetappe 2017. Abschlussbericht 2017.* Berlin. DHI WASY GmbH im Auftrag der LMBV mbH.
- DHI WASY. (2017a). *Erstellung des Sulfatprognosemodells Spree. Abschlussbericht.* Berlin: DHI WASY GmbH. Im Auftrag des Landesamtes für Bergbau, Geologie und Rohstoffe.
- DHI WASY. (2017b). *WBalMo Sulfatprognosemodell Spree - Zusammenfassung.* Berlin: Im Auftrag des Landesamtes für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg.
- DHI-WASY. (2010). *Flutungssteuerungsmodell Spree/Schwarze Elster. 13. Bearbeitungsetappe 2010. Schlussbericht.* DHI-WASY GmbH im Auftrag der Lausitzer und Mitteldeutschen Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH.
- GUB. (2017). *Geohydraulische Untersuchungen für die Studien zur Nutzung Tagebaurestseen Schwarze Elster zwischen Hoyerswerda (SN) und Senftenberg (BB) für den Hochwasserrückhalt (Projekt des NHWSP), Zwischenbericht Aufgabenkomplex A, Hydrogeologisches Großraummodell E.* Potsdam: G.U.B. Ingenieur AG (Büro Freiberg) im Auftrag des Landesamtes für Umwelt Brandenburg.
- IWB. (2014a). *Gutachten zur Entwicklung der Wasserbeschaffenheit in den Tagebauseen Dreizeibern, Lohsa II und Burghammer (Speichersystem Lohsa II).* Dresden: Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann. Im Auftrag der LMBV.
- IWB. (2016). *Rahmenbetriebsplan zum Vorhaben Weiterführung des Tagebaus Welzow-Süd 1994 bis Auslauf – Ergänzung und Abänderung zur Erweiterung des Tagebaus um den räumlichen Teilabschnitt II Teilaufgabe 01Z: Prognose der diffusen Sulfateinträge in die Fließgewässer al.* Dresden: Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann. Im Auftrag von Vattenfall Europe Mining AG.
- IWB. (2017). *Weiterentwicklung des Gütesteuermodells GSM Spree im Jahr 2016/2017: Ergänzende Modellentwicklungen, Präzisierung von Modellrandbedingungen, Erweiterung des Modellraumes und geeignete Stichtagsmessungen.* Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann im Auftrag der LMBV.
- LDS. (2019). *Hinweise und Bemerkungen zur Aktualisierung Sulfat im GW-Zustrom.* E-Mail vom 08.02.2019 von R. Joswig.
- LfU / MLUL. (2018). *Ermittlung von Zielwerten für die Spree für den Parameter Sulfat als Grundlage für einen Bewirtschaftungserlass zum Umgang mit bergbaubedingten stofflichen Oberflächengewässerbelastungen. Leistungsbeschreibung. Stand 15.03.2018.* Landesamt für Umwelt des Landes Brandenburg. Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft des Landes Brandenburg.
- LfU. (2019). *Hinweise und Bemerkungen zu Sulfatmissionen.* E-Mail vom 15.02.2019 von J. Walther.
- LMBV. (2017). *Jahresbericht 2016 - Grund- und Oberflächenwassermonitoring O1.* LMBV, Geotechnik Lausitz.
- LMBV. (2018). *Jahresbericht 2017 - Grund- und Oberflächenwassermonitoring O1.* Geotechnik Lausitz.
- LMBV. (2019). *Hinweise und Bemerkungen zu Sulfatmissionen.* E-Mail vom 13.02.2019 von S. Albinus.

- Nash, J. E. (1970). River flow forecasting through conceptual models. Part I: A discussion of principles. *Journal of Hydrology*, S. 282 - 290.
- SenUVK. (2019). *Hinweise und Bemerkungen zu Fähre Rahnsdorf. E-Mail vom 03.06.2019 von B. Creutzfeldt.*
- SenUVK. (2019). *Hinweise und Bemerkungen zu Sulfatmissionen. E-Mail vom 13.02.2019 von B. Creutzfeldt.*
- Uhl, M. u. (2008). *Das Tool „KALIMOD“ zur automatischen Kalibrierung von NASIM. NASIM-Anwendertreffen. Aachen.*
- Watermark Numerical Computing. (2010). *PEST - Model-Independent Parameter Estimation. User Manual. 5th Edition.*

ANHANG

ANHANG A

Indikatoren für TS/Speicher und Nutzungen

A Indikatoren für TS/Speicher und Nutzungen

A.1 TS/Speicher

A.1.1 SB Bärwalde

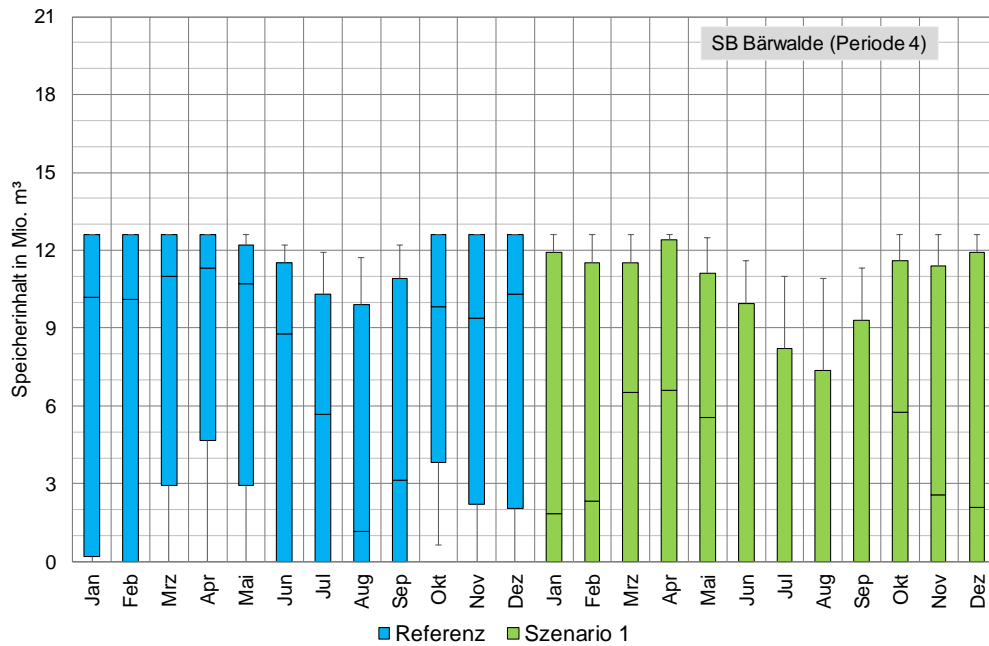


Abbildung A - 1: Vergleich der Speicherinhalte des SB Bärwalde für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) mittels Boxplot (10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %-, 90%-Perzentile) für Periode 4.

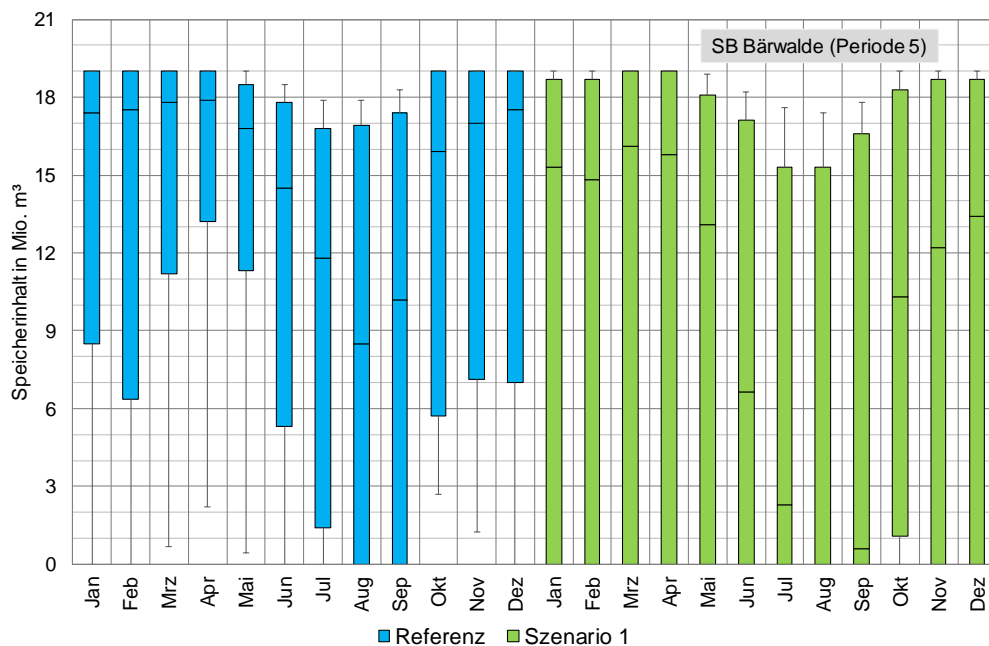


Abbildung A - 2: Vergleich der Speicherinhalte des SB Bärwalde für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) mittels Boxplot (10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %-, 90%-Perzentile) für Periode 5.

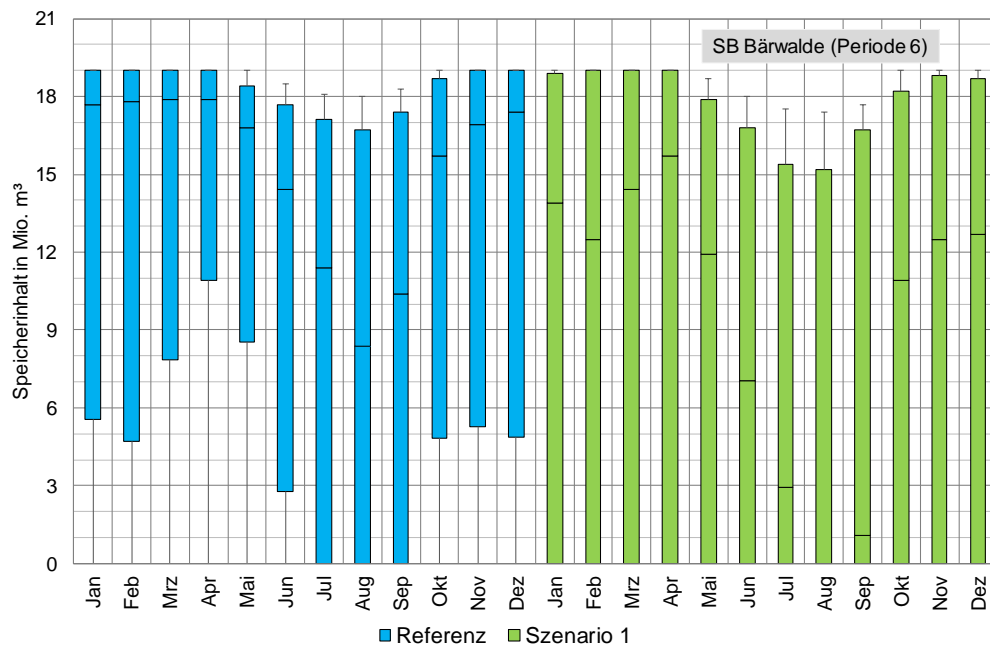


Abbildung A - 3: Vergleich der Speicherinhalte des SB Bärwalde für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) mittels Boxplot (10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %-, 90%-Perzentile) für Periode 6.

Tabelle A - 1: Perzentilwerte (10 %, 20 %, 50 %, 80 %, 90%) der Speicherinhalte des SB Bärwalde für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) für Periode 4, 5 und 6.

| Speicherinhalt für SB Bärwalde in Mio. m ³ | | | | | | | | | | | | |
|---|-------|------|-------|------|-------|------|------|------|-------|-------|------|------|
| Perzentil | Jan | Feb | Mrz | Apr | Mai | Jun | Jul | Aug | Sep | Okt | Nov | Dez |
| Periode 4 (Referenz) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,624 | 0 | 0 |
| 80 % | 0,179 | 0 | 2,92 | 4,66 | 2,94 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3,83 | 2,19 | 2,03 |
| 50 % | 10,2 | 10,1 | 11 | 11,3 | 10,7 | 8,78 | 5,66 | 1,15 | 3,15 | 9,82 | 9,4 | 10,3 |
| 20 % | 12,6 | 12,6 | 12,6 | 12,6 | 12,2 | 11,5 | 10,3 | 9,9 | 10,9 | 12,6 | 12,6 | 12,6 |
| 10 % | 12,6 | 12,6 | 12,6 | 12,6 | 12,6 | 12,2 | 11,9 | 11,7 | 12,2 | 12,6 | 12,6 | 12,6 |
| Periode 4 (Szenario 1) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 80 % | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 50 % | 1,83 | 2,33 | 6,51 | 6,59 | 5,56 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5,77 | 2,59 | 2,09 |
| 20 % | 11,9 | 11,5 | 11,5 | 12,4 | 11,1 | 9,93 | 8,21 | 7,37 | 9,3 | 11,6 | 11,4 | 11,9 |
| 10 % | 12,6 | 12,6 | 12,6 | 12,6 | 12,5 | 11,6 | 11 | 10,9 | 11,3 | 12,6 | 12,6 | 12,6 |
| Periode 5 (Referenz) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 0 | 0 | 0,674 | 2,21 | 0,435 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2,71 | 1,24 | 0 |
| 80 % | 8,49 | 6,34 | 11,2 | 13,2 | 11,3 | 5,31 | 1,42 | 0 | 0 | 5,7 | 7,14 | 7,02 |
| 50 % | 17,4 | 17,5 | 17,8 | 17,9 | 16,8 | 14,5 | 11,8 | 8,48 | 10,2 | 15,9 | 17 | 17,5 |
| 20 % | 19 | 19 | 19 | 19 | 18,5 | 17,8 | 16,8 | 16,9 | 17,4 | 19 | 19 | 19 |
| 10 % | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 18,5 | 17,9 | 17,9 | 18,3 | 19 | 19 | 19 |
| Periode 5 (Szenario 1) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 80 % | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,08 | 0 | 0 |
| 50 % | 15,3 | 14,8 | 16,1 | 15,8 | 13,1 | 6,64 | 2,29 | 0 | 0,609 | 10,3 | 12,2 | 13,4 |
| 20 % | 18,7 | 18,7 | 19 | 19 | 18,1 | 17,1 | 15,3 | 15,3 | 16,6 | 18,3 | 18,7 | 18,7 |
| 10 % | 19 | 19 | 19 | 19 | 18,9 | 18,2 | 17,6 | 17,4 | 17,8 | 19 | 19 | 19 |
| Periode 6 (Referenz) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 80 % | 5,54 | 4,69 | 7,84 | 10,9 | 8,52 | 2,78 | 0 | 0 | 0 | 4,83 | 5,29 | 4,85 |
| 50 % | 17,7 | 17,8 | 17,9 | 17,9 | 16,8 | 14,4 | 11,4 | 8,39 | 10,4 | 15,7 | 16,9 | 17,4 |
| 20 % | 19 | 19 | 19 | 19 | 18,4 | 17,7 | 17,1 | 16,7 | 17,4 | 18,7 | 19 | 19 |
| 10 % | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 18,5 | 18,1 | 18 | 18,3 | 19 | 19 | 19 |
| Periode 6 (Szenario 1) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 80 % | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 50 % | 13,9 | 12,5 | 14,4 | 15,7 | 11,9 | 7,04 | 2,92 | 0 | 1,07 | 10,9 | 12,5 | 12,7 |
| 20 % | 18,9 | 19 | 19 | 19 | 17,9 | 16,8 | 15,4 | 15,2 | 16,7 | 18,2 | 18,8 | 18,7 |
| 10 % | 19 | 19 | 19 | 19 | 18,7 | 18 | 17,5 | 17,4 | 17,7 | 19 | 19 | 19 |

A.1.2 TS Bautzen

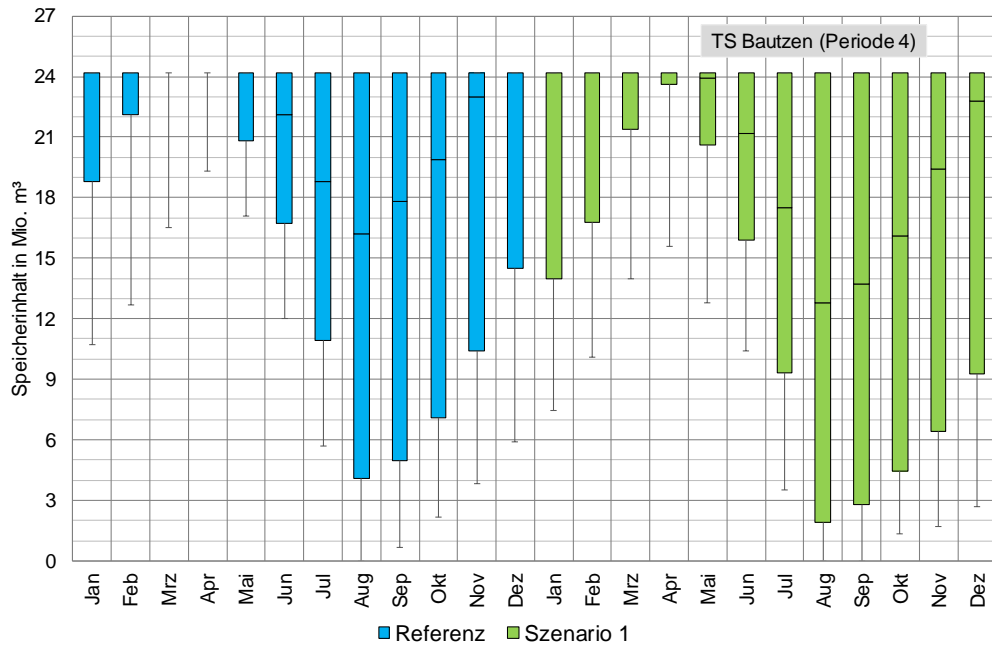


Abbildung A - 4: Vergleich der Speicherinhalte der TS Bautzen für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) mittels Boxplot (10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %-, 90%-Perzentile) für Periode 4.

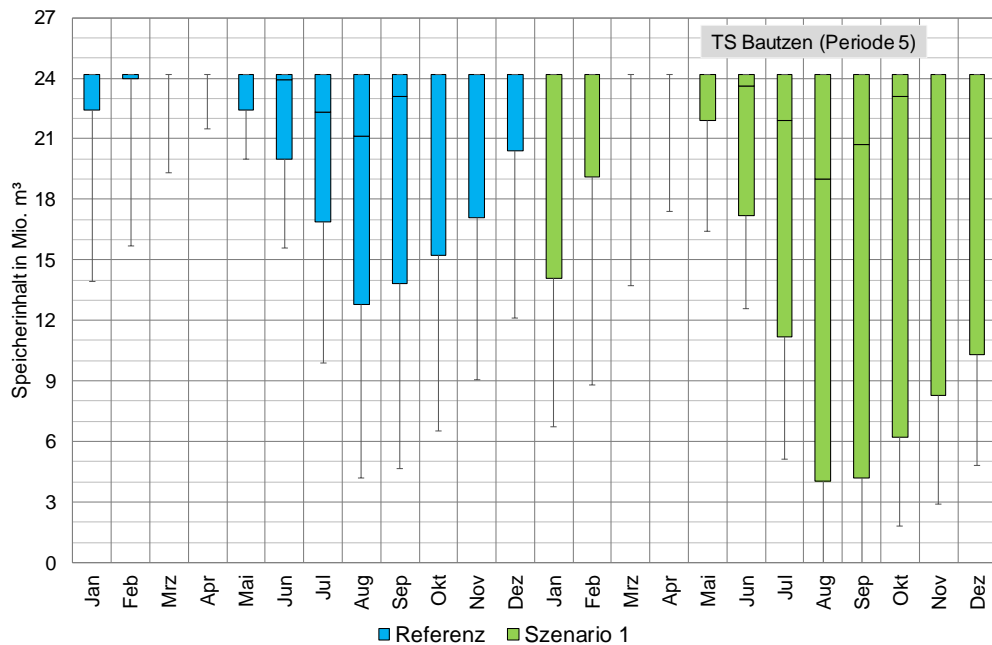


Abbildung A - 5: Vergleich der Speicherinhalte der TS Bautzen für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) mittels Boxplot (10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %-, 90%-Perzentile) für Periode 5.

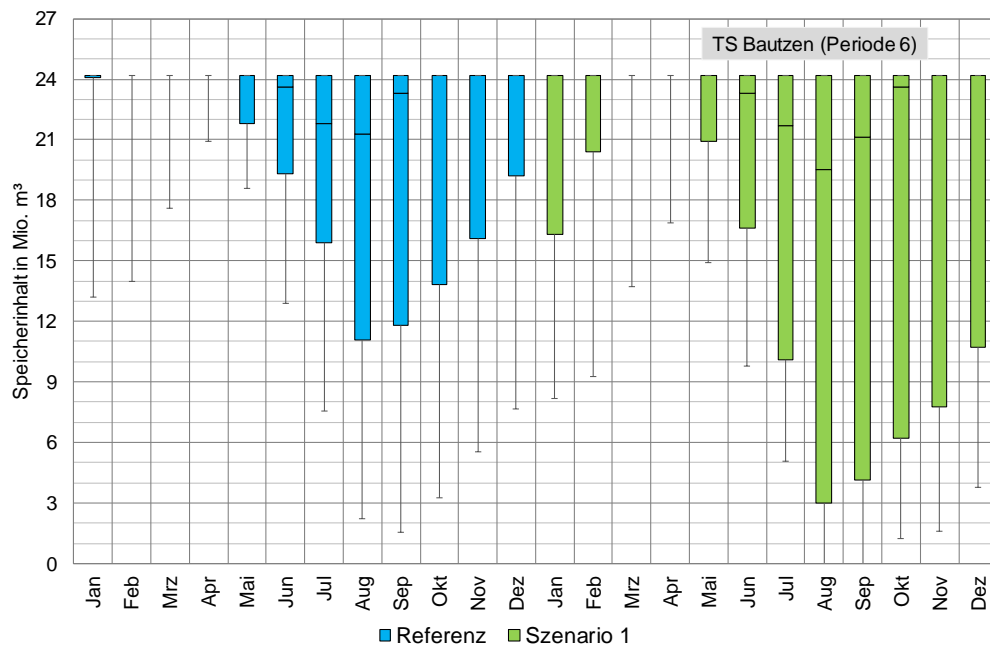


Abbildung A - 6: Vergleich der Speicherinhalte der TS Bautzen für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) mittels Boxplot (10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %-, 90%-Perzentile) für Periode 6.

Tabelle A - 2: Perzentilwerte (10 %, 20 %, 50 %, 80 %, 90%) der Speicherinhalte der TS Bautzen für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) für Periode 4, 5 und 6.

| Speicherinhalt für TS Bautzen in Mio. m ³ | | | | | | | | | | | | |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|
| Perzentil | Jan | Feb | Mrz | Apr | Mai | Jun | Jul | Aug | Sep | Okt | Nov | Dez |
| Periode 4 (Referenz) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 10,7 | 12,7 | 16,5 | 19,3 | 17,1 | 12 | 5,67 | 0 | 0,671 | 2,18 | 3,83 | 5,91 |
| 80 % | 18,8 | 22,1 | 24,2 | 24,2 | 20,8 | 16,7 | 10,9 | 4,11 | 4,95 | 7,1 | 10,4 | 14,5 |
| 50 % | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 22,1 | 18,8 | 16,2 | 17,8 | 19,9 | 23 | 24,2 |
| 20 % | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 |
| 10 % | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 |
| Periode 4 (Szenario 1) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 7,44 | 10,1 | 14 | 15,6 | 12,8 | 10,4 | 3,51 | 0 | 0 | 1,35 | 1,69 | 2,71 |
| 80 % | 14 | 16,8 | 21,4 | 23,6 | 20,6 | 15,9 | 9,34 | 1,93 | 2,79 | 4,46 | 6,44 | 9,24 |
| 50 % | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 23,9 | 21,2 | 17,5 | 12,8 | 13,7 | 16,1 | 19,4 | 22,8 |
| 20 % | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 |
| 10 % | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 |
| Periode 5 (Referenz) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 13,9 | 15,7 | 19,3 | 21,5 | 20 | 15,6 | 9,86 | 4,17 | 4,64 | 6,54 | 9,07 | 12,1 |
| 80 % | 22,4 | 24 | 24,2 | 24,2 | 22,4 | 20 | 16,9 | 12,8 | 13,8 | 15,2 | 17,1 | 20,4 |
| 50 % | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 23,9 | 22,3 | 21,1 | 23,1 | 24,2 | 24,2 | 24,2 |
| 20 % | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 |
| 10 % | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 |
| Periode 5 (Szenario 1) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 6,71 | 8,78 | 13,7 | 17,4 | 16,4 | 12,6 | 5,1 | 0 | 0 | 1,79 | 2,88 | 4,83 |
| 80 % | 14,1 | 19,1 | 24,2 | 24,2 | 21,9 | 17,2 | 11,2 | 4,05 | 4,18 | 6,22 | 8,3 | 10,3 |
| 50 % | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 23,6 | 21,9 | 19 | 20,7 | 23,1 | 24,2 | 24,2 |
| 20 % | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 |
| 10 % | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 |
| Periode 6 (Referenz) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 13,2 | 14 | 17,6 | 20,9 | 18,6 | 12,9 | 7,58 | 2,23 | 1,53 | 3,23 | 5,52 | 7,65 |
| 80 % | 24,1 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 21,8 | 19,3 | 15,9 | 11,1 | 11,8 | 13,8 | 16,1 | 19,2 |
| 50 % | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 23,6 | 21,8 | 21,3 | 23,3 | 24,2 | 24,2 | 24,2 |
| 20 % | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 |
| 10 % | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 |
| Periode 6 (Szenario 1) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 8,17 | 9,24 | 13,7 | 16,9 | 14,9 | 9,8 | 5,08 | 0 | 0 | 1,26 | 1,62 | 3,79 |
| 80 % | 16,3 | 20,4 | 24,2 | 24,2 | 20,9 | 16,6 | 10,1 | 3 | 4,15 | 6,2 | 7,75 | 10,7 |
| 50 % | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 23,3 | 21,7 | 19,5 | 21,1 | 23,6 | 24,2 | 24,2 |
| 20 % | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 |
| 10 % | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 | 24,2 |

A.1.3 TS Quitzdorf

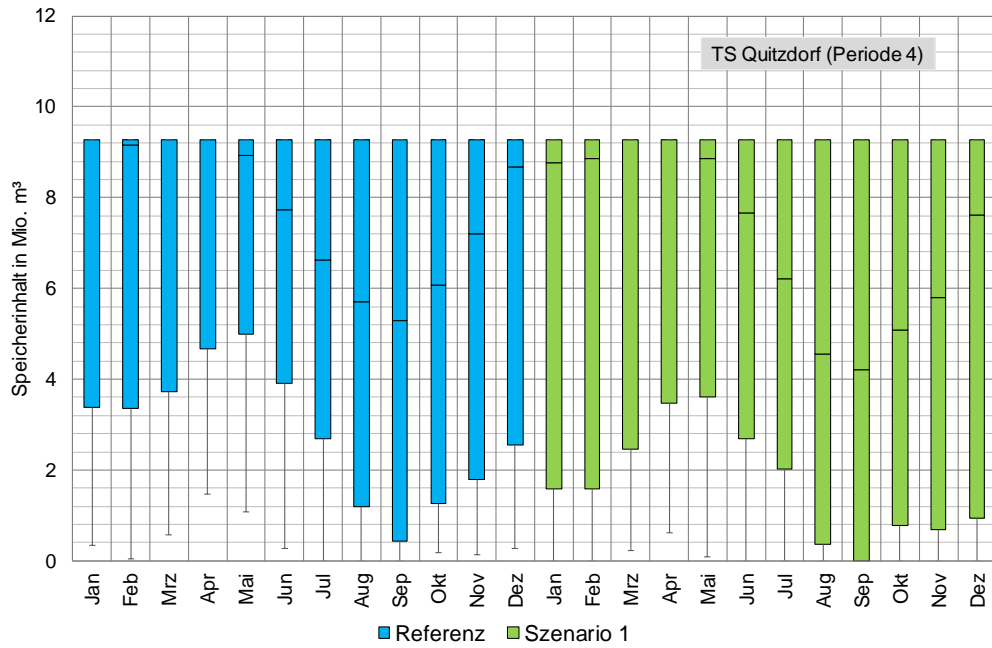


Abbildung A - 7: Vergleich der Speicherinhalte der TS Quitzdorf für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) mittels Boxplot (10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %-, 90%-Perzentile) für Periode 4.

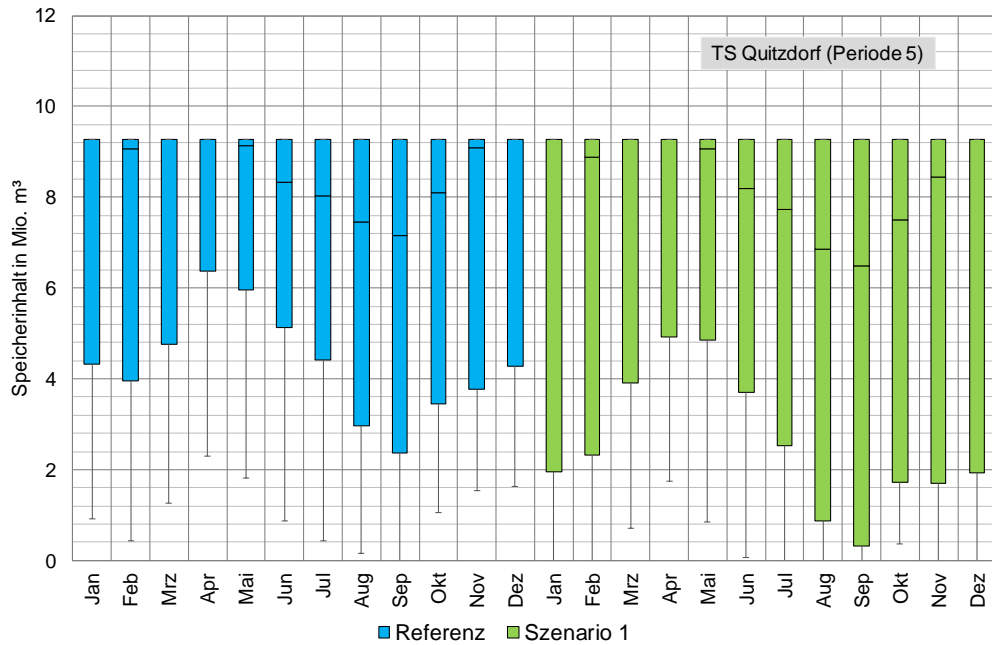


Abbildung A - 8: Vergleich der Speicherinhalte der TS Quitzdorf für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) mittels Boxplot (10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %-, 90%-Perzentile) für Periode 5.

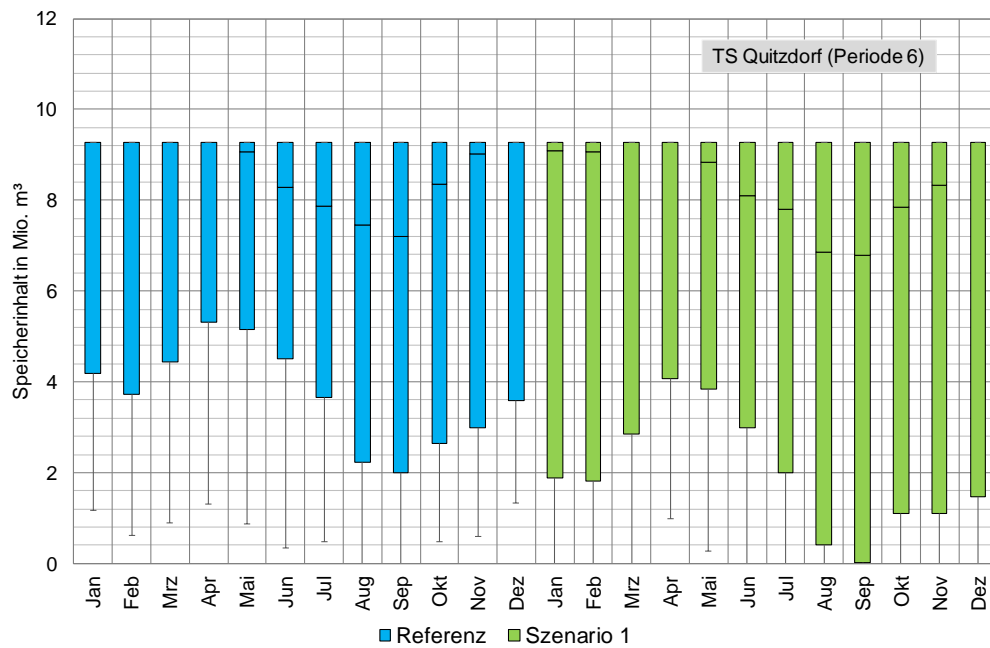


Abbildung A - 9: Vergleich der Speicherinhalte der TS Quitzdorf für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) mittels Boxplot (10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %-, 90%-Perzentile) für Periode 6.

Tabelle A - 3: Perzentilwerte (10 %, 20 %, 50 %, 80 %, 90%) der Speicherinhalte der TS Quitzdorf für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) für Periode 4, 5 und 6.

| Speicherinhalt für TS Quitzdorf in Mio. m ³ | | | | | | | | | | | | |
|--|-------|--------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|
| Perzentil | Jan | Feb | Mrz | Apr | Mai | Jun | Jul | Aug | Sep | Okt | Nov | Dez |
| Periode 4 (Referenz) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 0,338 | 0,0522 | 0,579 | 1,47 | 1,08 | 0,283 | 0 | 0 | 0 | 0,177 | 0,13 | 0,27 |
| 80 % | 3,38 | 3,36 | 3,73 | 4,67 | 5 | 3,9 | 2,69 | 1,2 | 0,433 | 1,26 | 1,8 | 2,56 |
| 50 % | 9,28 | 9,16 | 9,28 | 9,28 | 8,93 | 7,73 | 6,63 | 5,71 | 5,29 | 6,07 | 7,21 | 8,67 |
| 20 % | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 |
| 10 % | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 |
| Periode 4 (Szenario 1) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 0 | 0 | 0,219 | 0,61 | 0,0834 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 80 % | 1,59 | 1,59 | 2,45 | 3,47 | 3,6 | 2,7 | 2,03 | 0,369 | 0 | 0,788 | 0,687 | 0,947 |
| 50 % | 8,77 | 8,85 | 9,28 | 9,28 | 8,86 | 7,67 | 6,22 | 4,55 | 4,21 | 5,08 | 5,8 | 7,62 |
| 20 % | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 |
| 10 % | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 |
| Periode 5 (Referenz) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 0,919 | 0,434 | 1,26 | 2,29 | 1,82 | 0,867 | 0,43 | 0,148 | 0 | 1,05 | 1,53 | 1,62 |
| 80 % | 4,33 | 3,96 | 4,77 | 6,37 | 5,97 | 5,13 | 4,42 | 2,96 | 2,37 | 3,44 | 3,77 | 4,29 |
| 50 % | 9,28 | 9,06 | 9,28 | 9,28 | 9,14 | 8,34 | 8,02 | 7,46 | 7,16 | 8,11 | 9,08 | 9,28 |
| 20 % | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 |
| 10 % | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 |
| Periode 5 (Szenario 1) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 0 | 0 | 0,701 | 1,75 | 0,859 | 0,0721 | 0 | 0 | 0 | 0,36 | 0 | 0 |
| 80 % | 1,96 | 2,32 | 3,9 | 4,93 | 4,85 | 3,7 | 2,52 | 0,875 | 0,315 | 1,73 | 1,7 | 1,94 |
| 50 % | 9,28 | 8,88 | 9,28 | 9,28 | 9,07 | 8,2 | 7,74 | 6,86 | 6,48 | 7,51 | 8,44 | 9,28 |
| 20 % | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 |
| 10 % | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 |
| Periode 6 (Referenz) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 1,18 | 0,612 | 0,896 | 1,32 | 0,862 | 0,34 | 0,475 | 0 | 0 | 0,473 | 0,596 | 1,33 |
| 80 % | 4,18 | 3,72 | 4,44 | 5,32 | 5,16 | 4,52 | 3,66 | 2,24 | 2,01 | 2,65 | 2,98 | 3,59 |
| 50 % | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,06 | 8,28 | 7,87 | 7,45 | 7,2 | 8,35 | 9,02 | 9,28 |
| 20 % | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 |
| 10 % | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 |
| Periode 6 (Szenario 1) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 0 | 0 | 0 | 0,981 | 0,276 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 80 % | 1,89 | 1,82 | 2,86 | 4,06 | 3,84 | 2,99 | 2,01 | 0,416 | 0,0207 | 1,11 | 1,11 | 1,47 |
| 50 % | 9,1 | 9,06 | 9,28 | 9,28 | 8,83 | 8,1 | 7,8 | 6,85 | 6,78 | 7,84 | 8,34 | 9,28 |
| 20 % | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 |
| 10 % | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 | 9,28 |

A.1.4 SB Lohsa I

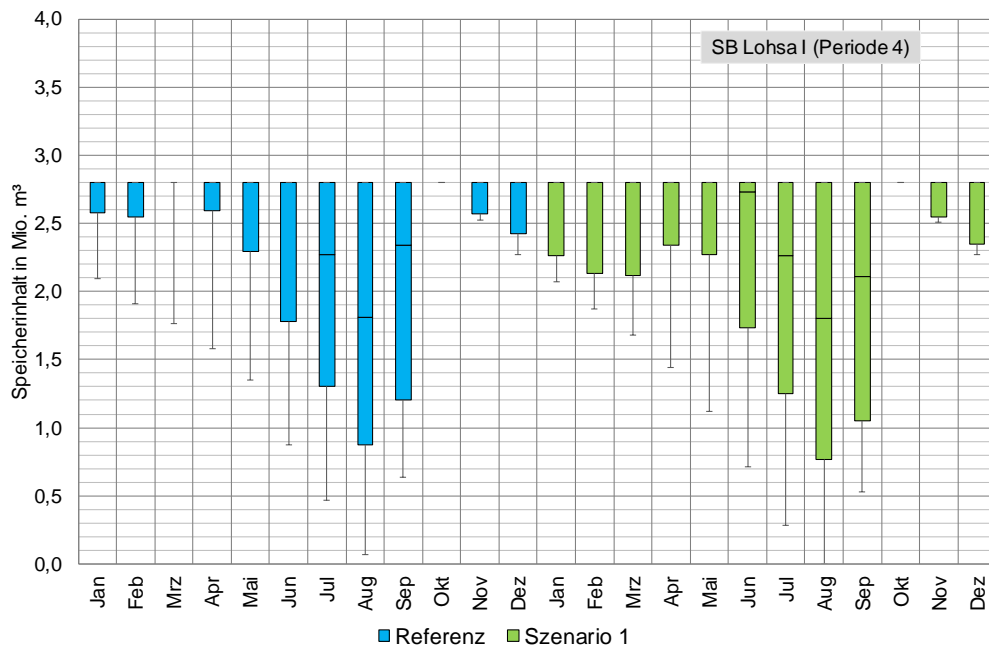


Abbildung A - 10: Vergleich der Speicherinhalte des SB Lohsa I für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) mittels Boxplot (10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %-, 90%-Perzentile) für Periode 4.

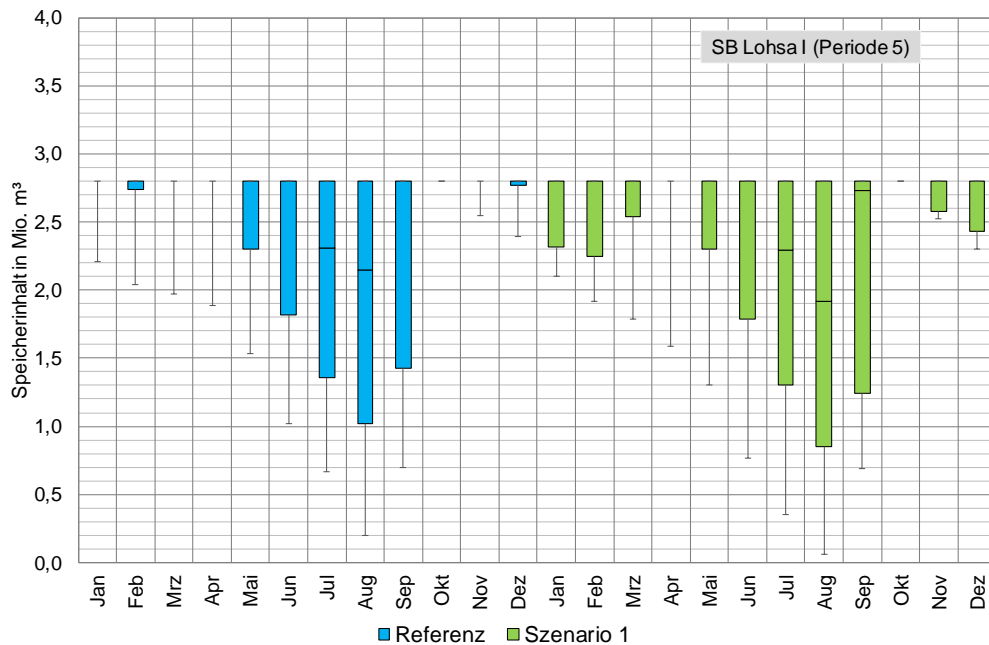


Abbildung A - 11: Vergleich der Speicherinhalte des SB Lohsa I für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) mittels Boxplot (10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %-, 90%-Perzentile) für Periode 5.

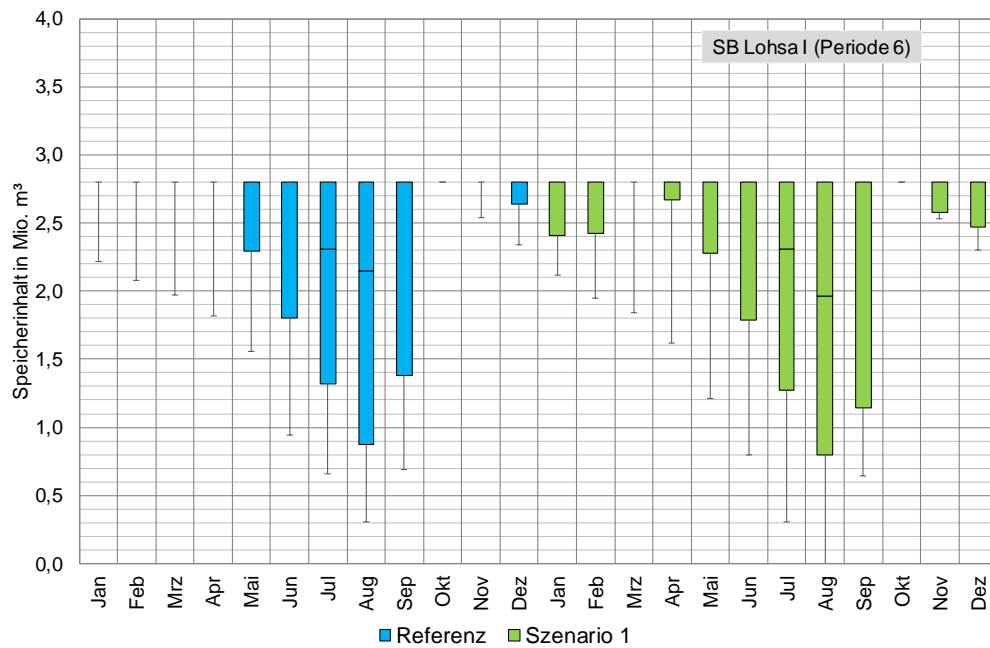


Abbildung A - 12: Vergleich der Speicherinhalte des SB Lohsa I für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) mittels Boxplot (10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %-, 90%-Perzentile) für Periode 6.

Tabelle A - 4: Perzentilwerte (10 %, 20 %, 50 %, 80 %, 90%) der Speicherinhalte des SB Lohsa I für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) für Periode 4, 5 und 6.

| Speicherinhalt für SB Lohsa I in Mio. m ³ | | | | | | | | | | | | |
|--|------|------|------|------|------|-------|-------|--------|-------|-----|------|------|
| Perzentil | Jan | Feb | Mrz | Apr | Mai | Jun | Jul | Aug | Sep | Okt | Nov | Dez |
| Periode 4 (Referenz) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 2,09 | 1,91 | 1,76 | 1,58 | 1,35 | 0,876 | 0,468 | 0,0689 | 0,636 | 2,8 | 2,52 | 2,27 |
| 80 % | 2,58 | 2,55 | 2,8 | 2,59 | 2,29 | 1,78 | 1,3 | 0,87 | 1,2 | 2,8 | 2,57 | 2,42 |
| 50 % | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,27 | 1,81 | 2,34 | 2,8 | 2,8 | 2,8 |
| 20 % | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 |
| 10 % | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 |
| Periode 4 (Szenario 1) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 2,07 | 1,87 | 1,68 | 1,44 | 1,12 | 0,709 | 0,281 | 0 | 0,53 | 2,8 | 2,51 | 2,27 |
| 80 % | 2,26 | 2,13 | 2,12 | 2,34 | 2,27 | 1,73 | 1,25 | 0,768 | 1,05 | 2,8 | 2,55 | 2,35 |
| 50 % | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,73 | 2,26 | 1,8 | 2,11 | 2,8 | 2,8 | 2,8 |
| 20 % | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 |
| 10 % | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 |
| Periode 5 (Referenz) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 2,21 | 2,04 | 1,97 | 1,89 | 1,53 | 1,02 | 0,667 | 0,196 | 0,698 | 2,8 | 2,55 | 2,39 |
| 80 % | 2,8 | 2,74 | 2,8 | 2,8 | 2,3 | 1,82 | 1,36 | 1,02 | 1,43 | 2,8 | 2,8 | 2,77 |
| 50 % | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,31 | 2,15 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 |
| 20 % | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 |
| 10 % | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 |
| Periode 5 (Szenario 1) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 2,1 | 1,92 | 1,79 | 1,59 | 1,3 | 0,767 | 0,349 | 0,0599 | 0,692 | 2,8 | 2,52 | 2,3 |
| 80 % | 2,32 | 2,25 | 2,54 | 2,8 | 2,3 | 1,79 | 1,3 | 0,852 | 1,24 | 2,8 | 2,58 | 2,43 |
| 50 % | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,29 | 1,92 | 2,73 | 2,8 | 2,8 | 2,8 |
| 20 % | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 |
| 10 % | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 |
| Periode 6 (Referenz) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 2,22 | 2,08 | 1,97 | 1,82 | 1,56 | 0,946 | 0,658 | 0,307 | 0,692 | 2,8 | 2,54 | 2,34 |
| 80 % | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,29 | 1,8 | 1,32 | 0,871 | 1,38 | 2,8 | 2,8 | 2,64 |
| 50 % | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,31 | 2,15 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 |
| 20 % | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 |
| 10 % | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 |
| Periode 6 (Szenario 1) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 2,12 | 1,95 | 1,84 | 1,62 | 1,21 | 0,8 | 0,308 | 0 | 0,642 | 2,8 | 2,53 | 2,3 |
| 80 % | 2,41 | 2,42 | 2,8 | 2,67 | 2,28 | 1,79 | 1,27 | 0,8 | 1,14 | 2,8 | 2,58 | 2,47 |
| 50 % | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,31 | 1,96 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 |
| 20 % | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 |
| 10 % | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,8 |

A.1.5 WSS Lohsa II

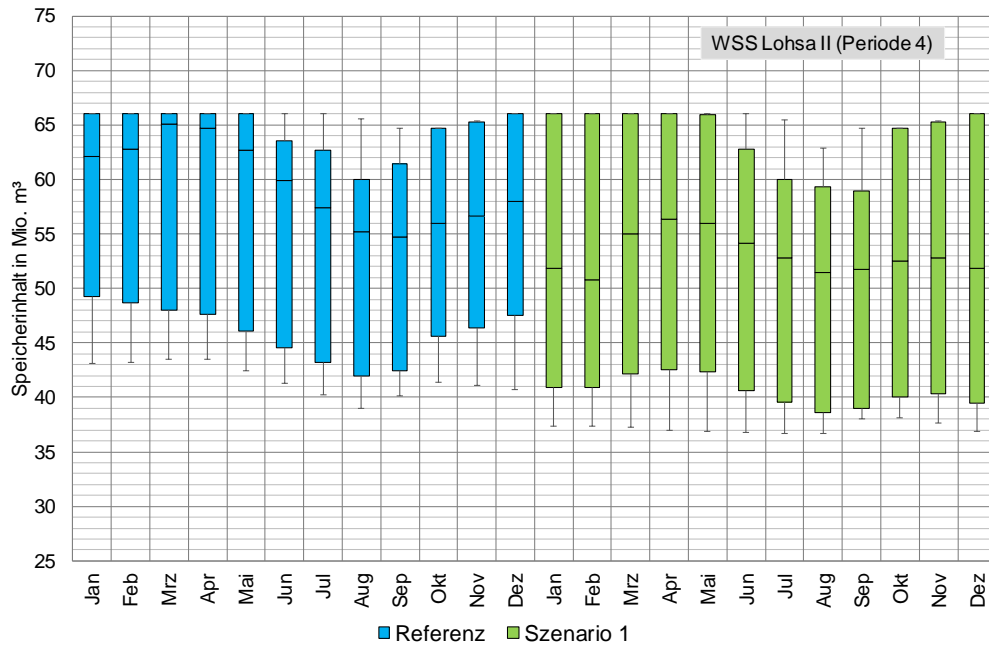


Abbildung A - 13: Vergleich der Speicherinhalte des WSS Lohsa II für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) mittels Boxplot (10 %, 20 %, 50 %, 80 %, 90%-Perzentile) für Periode 4.

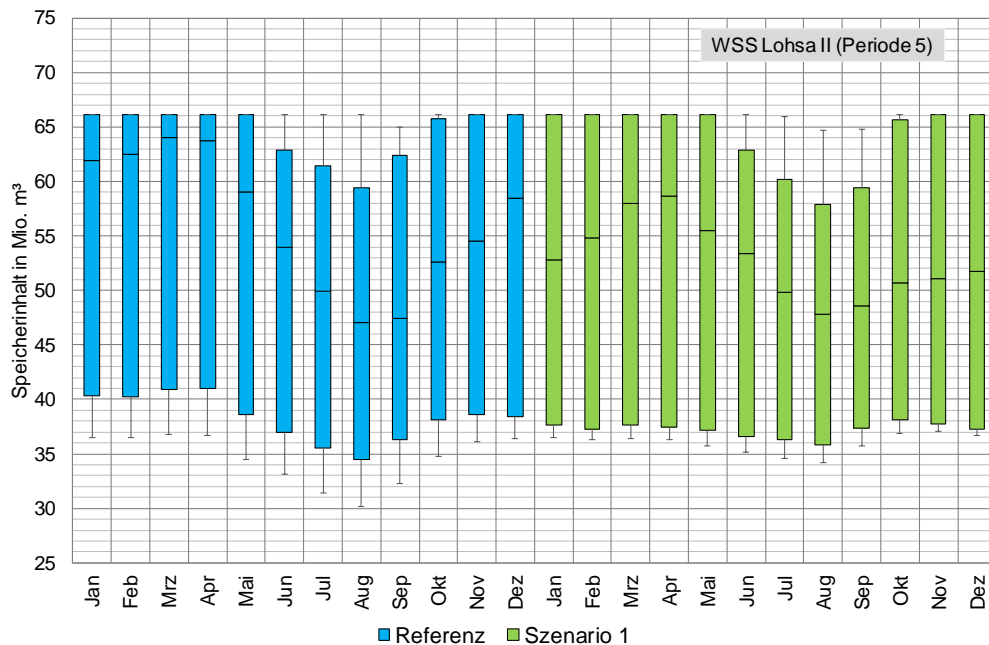


Abbildung A - 14: Vergleich der Speicherinhalte des WSS Lohsa II für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) mittels Boxplot (10 %, 20 %, 50 %, 80 %, 90%-Perzentile) für Periode 5.

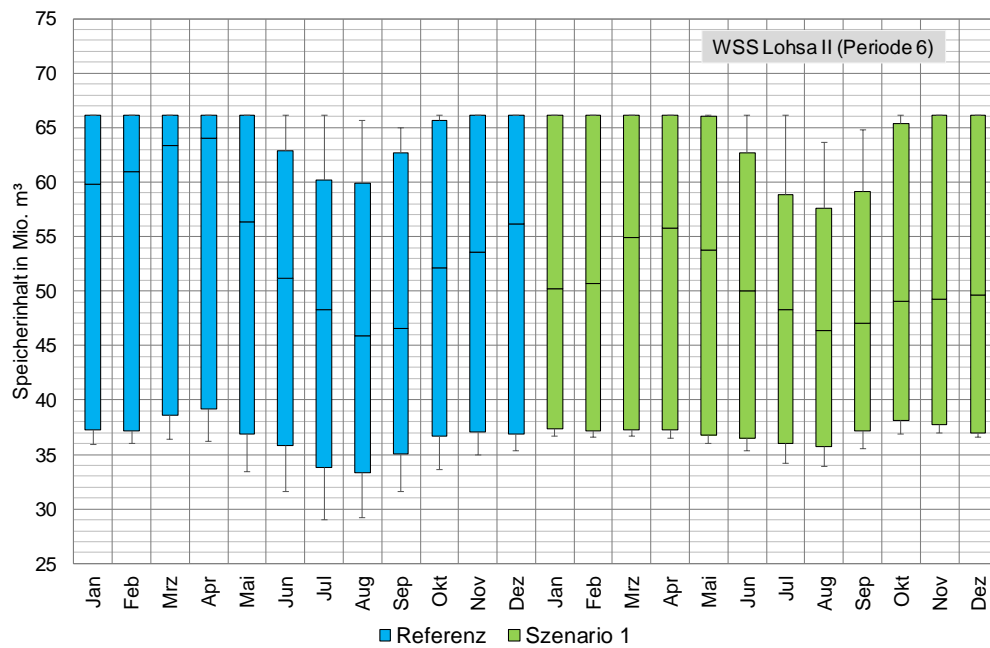


Abbildung A - 15: Vergleich der Speicherinhalte des WSS Lohsa II für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) mittels Boxplot (10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %-, 90%-Perzentile) für Periode 6.

Tabelle A - 5: Perzentilwerte (10 %, 20 %, 50 %, 80 %, 90%) der Speicherinhalte des WSS Lohsa II für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) für Periode 4, 5 und 6.

| Speicherinhalt für WSS Lohsa II in Mio. m ³ | | | | | | | | | | | | |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Perzentil | Jan | Feb | Mrz | Apr | Mai | Jun | Jul | Aug | Sep | Okt | Nov | Dez |
| Periode 4 (Referenz) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 43,1 | 43,2 | 43,5 | 43,5 | 42,4 | 41,3 | 40,2 | 39 | 40,1 | 41,4 | 41,1 | 40,7 |
| 80 % | 49,3 | 48,7 | 48 | 47,6 | 46,1 | 44,6 | 43,2 | 42 | 42,4 | 45,6 | 46,4 | 47,5 |
| 50 % | 62,1 | 62,8 | 65,1 | 64,7 | 62,7 | 59,9 | 57,4 | 55,2 | 54,7 | 56 | 56,6 | 58 |
| 20 % | 66 | 66 | 66 | 66 | 66 | 63,5 | 62,7 | 60 | 61,4 | 64,7 | 65,3 | 66 |
| 10 % | 66 | 66 | 66 | 66 | 66 | 66 | 66 | 65,6 | 64,7 | 64,7 | 65,4 | 66 |
| Periode 4 (Szenario 1) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 37,4 | 37,4 | 37,3 | 37 | 36,9 | 36,8 | 36,7 | 36,7 | 38 | 38,1 | 37,6 | 36,9 |
| 80 % | 40,9 | 40,9 | 42,2 | 42,5 | 42,3 | 40,6 | 39,6 | 38,6 | 39 | 40 | 40,3 | 39,5 |
| 50 % | 51,8 | 50,8 | 55 | 56,4 | 56 | 54,1 | 52,8 | 51,5 | 51,7 | 52,5 | 52,8 | 51,8 |
| 20 % | 66 | 66 | 66 | 66 | 65,9 | 62,8 | 60 | 59,3 | 58,9 | 64,7 | 65,3 | 66 |
| 10 % | 66 | 66 | 66 | 66 | 66 | 66 | 65,5 | 62,9 | 64,7 | 64,7 | 65,4 | 66 |
| Periode 5 (Referenz) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 36,5 | 36,5 | 36,8 | 36,7 | 34,5 | 33,1 | 31,4 | 30,2 | 32,3 | 34,8 | 36,1 | 36,4 |
| 80 % | 40,3 | 40,2 | 40,9 | 41 | 38,6 | 37 | 35,5 | 34,5 | 36,3 | 38,1 | 38,6 | 38,4 |
| 50 % | 61,9 | 62,5 | 64 | 63,7 | 59 | 54 | 49,9 | 47 | 47,4 | 52,6 | 54,5 | 58,5 |
| 20 % | 66,1 | 66,1 | 66,1 | 66,1 | 66,1 | 62,9 | 61,4 | 59,4 | 62,4 | 65,8 | 66,1 | 66,1 |
| 10 % | 66,1 | 66,1 | 66,1 | 66,1 | 66,1 | 66,1 | 66,1 | 66,1 | 65 | 66,1 | 66,1 | 66,1 |
| Periode 5 (Szenario 1) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 36,5 | 36,3 | 36,4 | 36,3 | 35,7 | 35,2 | 34,6 | 34,2 | 35,7 | 36,9 | 37,1 | 36,7 |
| 80 % | 37,6 | 37,3 | 37,6 | 37,5 | 37,2 | 36,6 | 36,3 | 35,8 | 37,4 | 38,1 | 37,7 | 37,3 |
| 50 % | 52,8 | 54,8 | 58 | 58,7 | 55,5 | 53,4 | 49,8 | 47,8 | 48,6 | 50,7 | 51,1 | 51,7 |
| 20 % | 66,1 | 66,1 | 66,1 | 66,1 | 66,1 | 62,9 | 60,2 | 57,9 | 59,4 | 65,7 | 66,1 | 66,1 |
| 10 % | 66,1 | 66,1 | 66,1 | 66,1 | 66,1 | 66,1 | 65,9 | 64,7 | 64,8 | 66,1 | 66,1 | 66,1 |
| Periode 6 (Referenz) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 35,9 | 36 | 36,4 | 36,2 | 33,4 | 31,6 | 29 | 29,2 | 31,6 | 33,6 | 35 | 35,3 |
| 80 % | 37,3 | 37,2 | 38,6 | 39,2 | 36,9 | 35,8 | 33,8 | 33,3 | 35,1 | 36,7 | 37,1 | 36,9 |
| 50 % | 59,8 | 61 | 63,4 | 64 | 56,4 | 51,2 | 48,3 | 45,9 | 46,6 | 52,1 | 53,6 | 56,2 |
| 20 % | 66,1 | 66,1 | 66,1 | 66,1 | 66,1 | 62,9 | 60,2 | 59,9 | 62,7 | 65,7 | 66,1 | 66,1 |
| 10 % | 66,1 | 66,1 | 66,1 | 66,1 | 66,1 | 66,1 | 66,1 | 65,7 | 65 | 66,1 | 66,1 | 66,1 |
| Periode 6 (Szenario 1) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 36,7 | 36,6 | 36,7 | 36,5 | 36 | 35,3 | 34,2 | 33,9 | 35,5 | 36,9 | 37 | 36,6 |
| 80 % | 37,4 | 37,2 | 37,3 | 37,3 | 36,8 | 36,5 | 36 | 35,7 | 37,2 | 38,1 | 37,7 | 37 |
| 50 % | 50,2 | 50,7 | 54,9 | 55,8 | 53,8 | 50 | 48,3 | 46,4 | 47 | 49,1 | 49,3 | 49,6 |
| 20 % | 66,1 | 66,1 | 66,1 | 66,1 | 66 | 62,7 | 58,8 | 57,6 | 59,1 | 65,4 | 66,1 | 66,1 |
| 10 % | 66,1 | 66,1 | 66,1 | 66,1 | 66,1 | 66,1 | 66,1 | 63,6 | 64,8 | 66,1 | 66,1 | 66,1 |

A.1.6 TS Spremberg

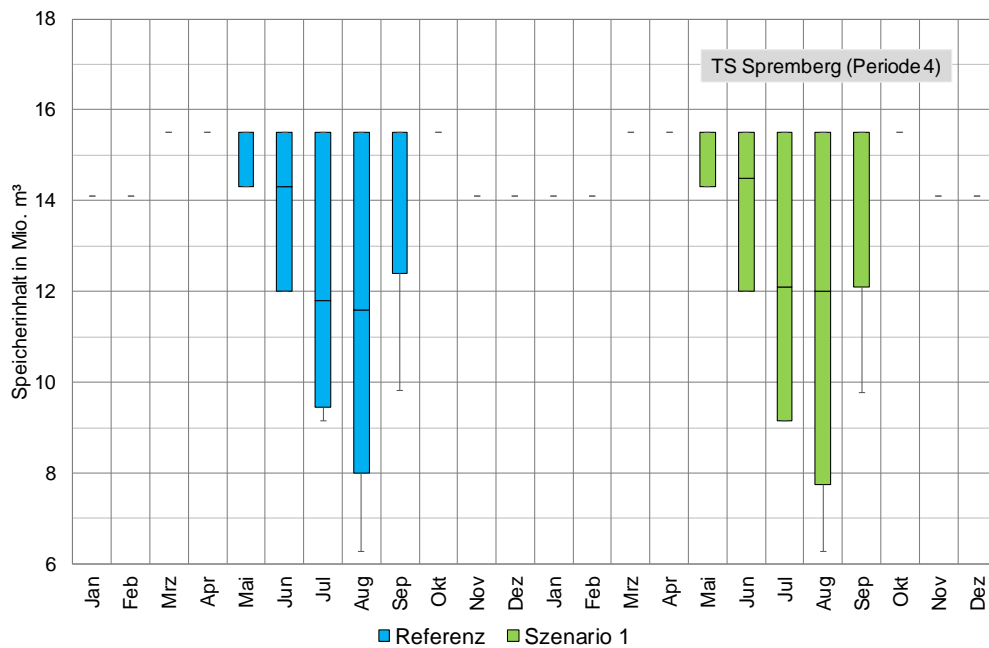


Abbildung A - 16: Vergleich der Speicherinhalte der TS Spremberg für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) mittels Boxplot (10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %-, 90%-Perzentile) für Periode 4.

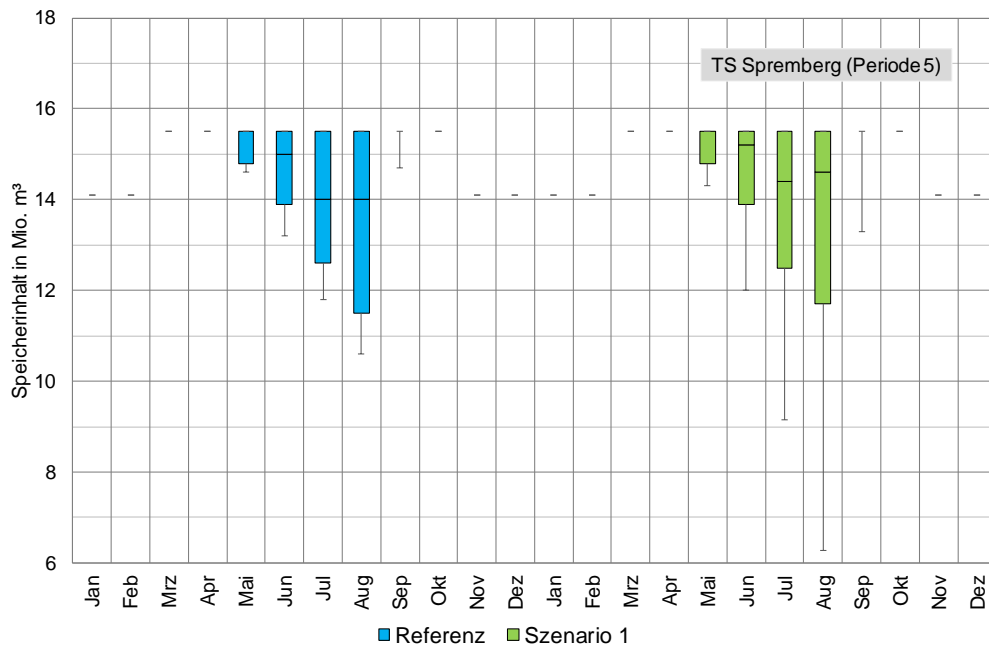


Abbildung A - 17: Vergleich der Speicherinhalte der TS Spremberg für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) mittels Boxplot (10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %-, 90%-Perzentile) für Periode 5.

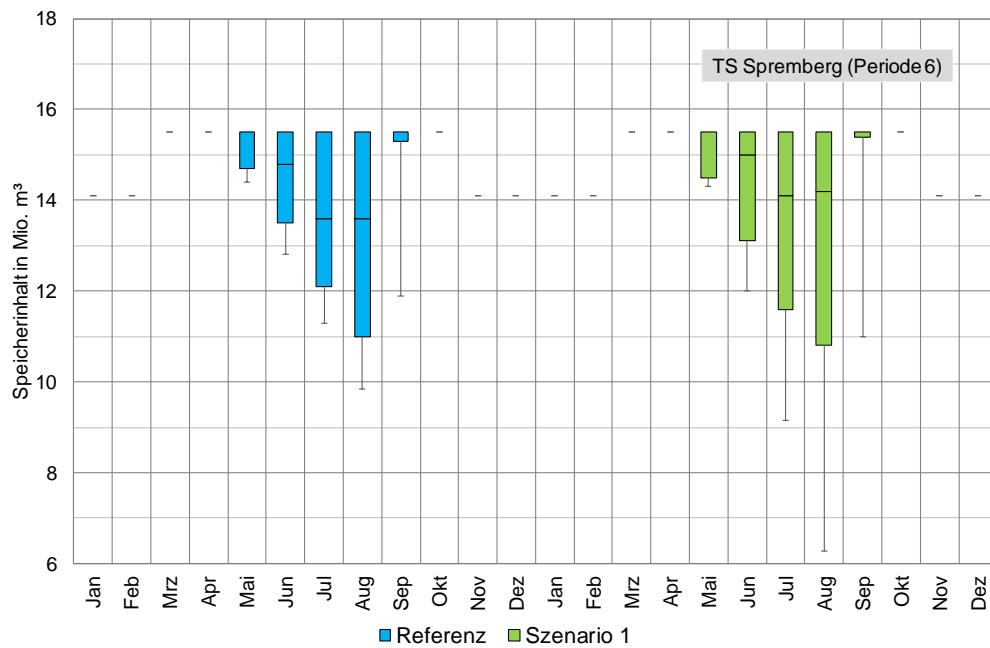


Abbildung A - 18: Vergleich der Speicherinhalte der TS Spremberg für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) mittels Boxplot (10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %-, 90%-Perzentile) für Periode 6.

Tabelle A - 6: Perzentilwerte (10 %, 20 %, 50 %, 80 %, 90%) der Speicherinhalte der TS Spremberg für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) für Periode 4, 5 und 6.

| Speicherinhalt für TS Spremberg in Mio. m ³ | | | | | | | | | | | | |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Perzentil | Jan | Feb | Mrz | Apr | Mai | Jun | Jul | Aug | Sep | Okt | Nov | Dez |
| Periode 4 (Referenz) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 14,1 | 14,1 | 15,5 | 15,5 | 14,3 | 12 | 9,15 | 6,28 | 9,81 | 15,5 | 14,1 | 14,1 |
| 80 % | 14,1 | 14,1 | 15,5 | 15,5 | 14,3 | 12 | 9,44 | 8 | 12,4 | 15,5 | 14,1 | 14,1 |
| 50 % | 14,1 | 14,1 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 14,3 | 11,8 | 11,6 | 15,5 | 15,5 | 14,1 | 14,1 |
| 20 % | 14,1 | 14,1 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 14,1 | 14,1 |
| 10 % | 14,1 | 14,1 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 14,1 | 14,1 |
| Periode 4 (Szenario 1) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 14,1 | 14,1 | 15,5 | 15,5 | 14,3 | 12 | 9,15 | 6,28 | 9,78 | 15,5 | 14,1 | 14,1 |
| 80 % | 14,1 | 14,1 | 15,5 | 15,5 | 14,3 | 12 | 9,15 | 7,75 | 12,1 | 15,5 | 14,1 | 14,1 |
| 50 % | 14,1 | 14,1 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 14,5 | 12,1 | 12 | 15,5 | 15,5 | 14,1 | 14,1 |
| 20 % | 14,1 | 14,1 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 14,1 | 14,1 |
| 10 % | 14,1 | 14,1 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 14,1 | 14,1 |
| Periode 5 (Referenz) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 14,1 | 14,1 | 15,5 | 15,5 | 14,6 | 13,2 | 11,8 | 10,6 | 14,7 | 15,5 | 14,1 | 14,1 |
| 80 % | 14,1 | 14,1 | 15,5 | 15,5 | 14,8 | 13,9 | 12,6 | 11,5 | 15,5 | 15,5 | 14,1 | 14,1 |
| 50 % | 14,1 | 14,1 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15 | 14 | 14 | 15,5 | 15,5 | 14,1 | 14,1 |
| 20 % | 14,1 | 14,1 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 14,1 | 14,1 |
| 10 % | 14,1 | 14,1 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 14,1 | 14,1 |
| Periode 5 (Szenario 1) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 14,1 | 14,1 | 15,5 | 15,5 | 14,3 | 12 | 9,15 | 6,28 | 13,3 | 15,5 | 14,1 | 14,1 |
| 80 % | 14,1 | 14,1 | 15,5 | 15,5 | 14,8 | 13,9 | 12,5 | 11,7 | 15,5 | 15,5 | 14,1 | 14,1 |
| 50 % | 14,1 | 14,1 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,2 | 14,4 | 14,6 | 15,5 | 15,5 | 14,1 | 14,1 |
| 20 % | 14,1 | 14,1 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 14,1 | 14,1 |
| 10 % | 14,1 | 14,1 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 14,1 | 14,1 |
| Periode 6 (Referenz) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 14,1 | 14,1 | 15,5 | 15,5 | 14,4 | 12,8 | 11,3 | 9,83 | 11,9 | 15,5 | 14,1 | 14,1 |
| 80 % | 14,1 | 14,1 | 15,5 | 15,5 | 14,7 | 13,5 | 12,1 | 11 | 15,3 | 15,5 | 14,1 | 14,1 |
| 50 % | 14,1 | 14,1 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 14,8 | 13,6 | 13,6 | 15,5 | 15,5 | 14,1 | 14,1 |
| 20 % | 14,1 | 14,1 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 14,1 | 14,1 |
| 10 % | 14,1 | 14,1 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 14,1 | 14,1 |
| Periode 6 (Szenario 1) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 14,1 | 14,1 | 15,5 | 15,5 | 14,3 | 12 | 9,15 | 6,28 | 11 | 15,5 | 14,1 | 14,1 |
| 80 % | 14,1 | 14,1 | 15,5 | 15,5 | 14,5 | 13,1 | 11,6 | 10,8 | 15,4 | 15,5 | 14,1 | 14,1 |
| 50 % | 14,1 | 14,1 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15 | 14,1 | 14,2 | 15,5 | 15,5 | 14,1 | 14,1 |
| 20 % | 14,1 | 14,1 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 14,1 | 14,1 |
| 10 % | 14,1 | 14,1 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 14,1 | 14,1 |

A.1.7 TS Bautzen, TS Quitzdorf, SB Lohsa I

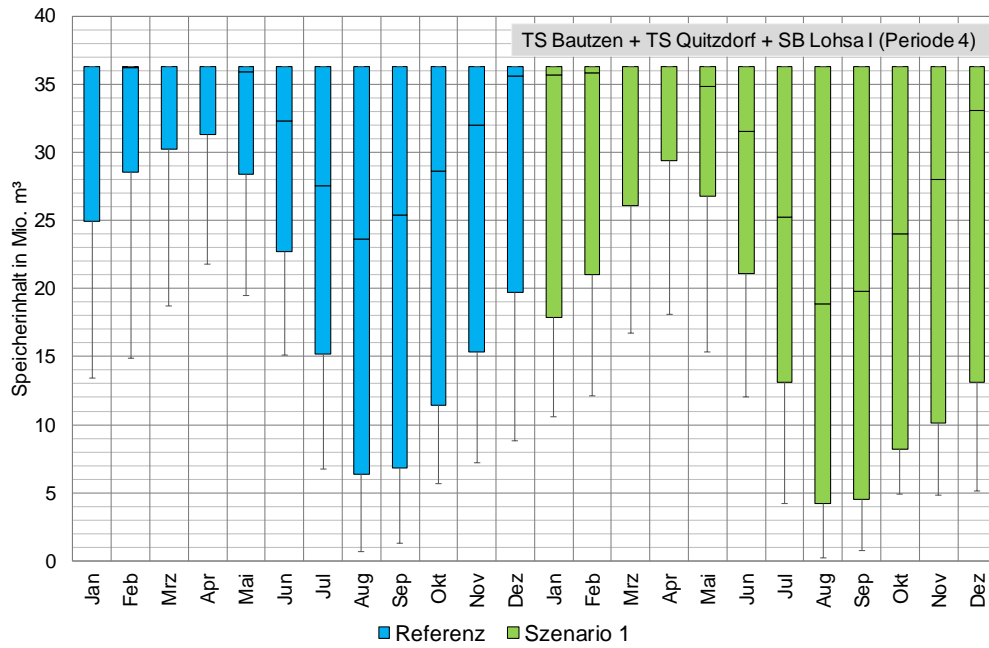


Abbildung A - 19: Vergleich der Speicherinhalte der TS Bautzen, TS Quitzdorf, SB Lohsa I für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) mittels Boxplot (10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %-, 90%-Perzentile) für Periode 4.

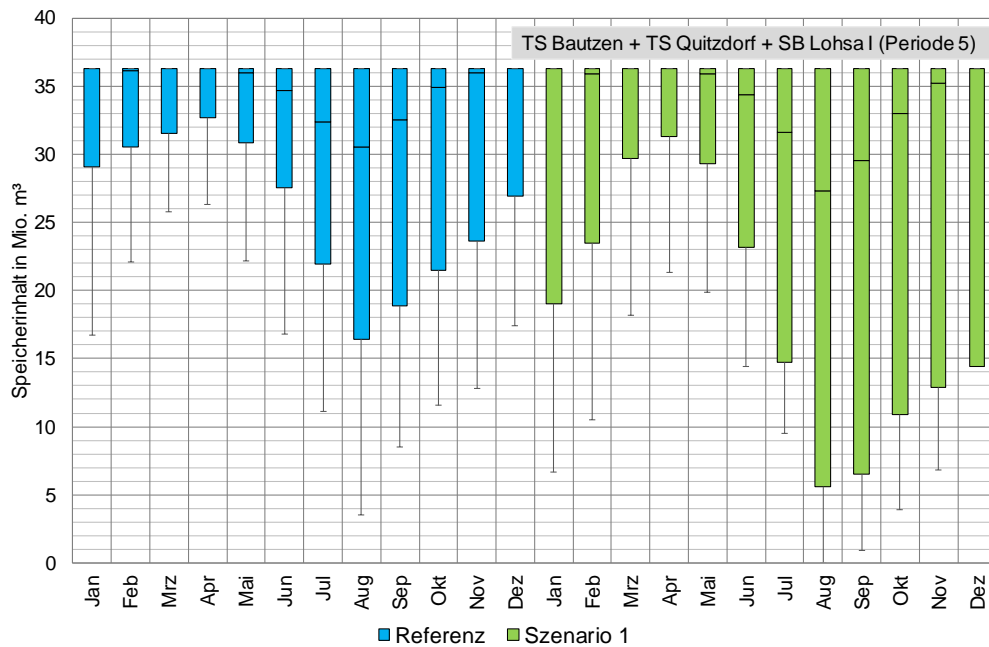


Abbildung A - 20: Vergleich der Speicherinhalte der TS Bautzen, TS Quitzdorf, SB Lohsa I für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) mittels Boxplot (10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %-, 90%-Perzentile) für Periode 5.

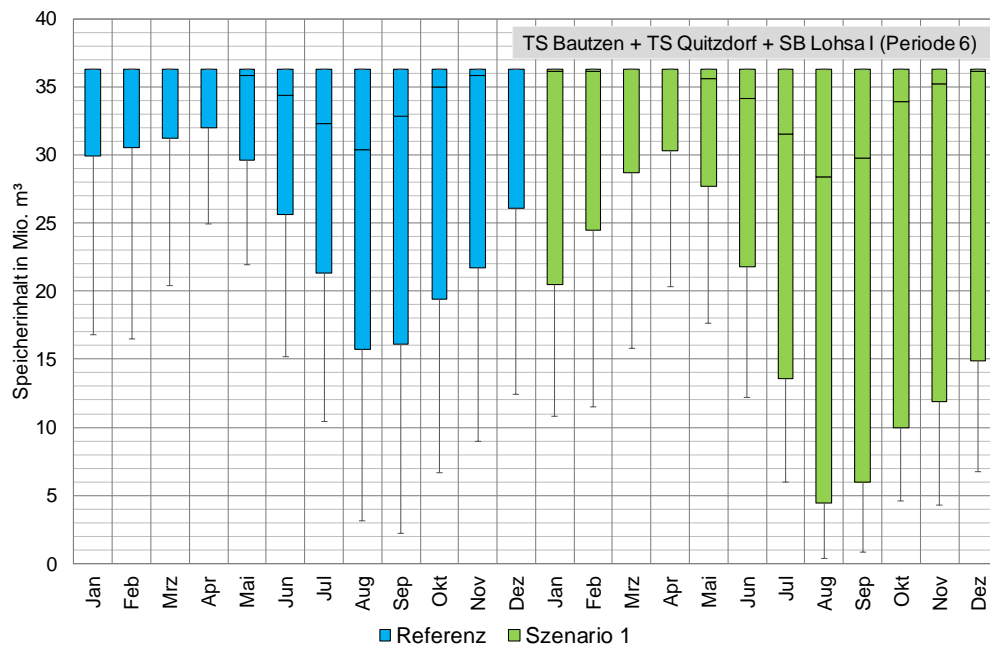


Abbildung A - 21: Vergleich der Speicherinhalte der TS Bautzen, TS Quitzdorf, SB Lohsa I für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) mittels Boxplot (10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %-, 90%-Perzentile) für Periode 6.

Tabelle A - 7: Perzentilwerte (10 %, 20 %, 50 %, 80 %, 90%) der Speicherinhalte für die TS Bautzen, TS Quitzdorf, SB Lohsa I für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) für Periode 4, 5 und 6.

| Speicherinhalt für TS Bautzen + TS Quitzdorf + SB Lohsa I in Mio. m ³ | | | | | | | | | | | | |
|--|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|------|------|
| Perzentil | Jan | Feb | Mrz | Apr | Mai | Jun | Jul | Aug | Sep | Okt | Nov | Dez |
| Periode 4 (Referenz) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 13,4 | 14,9 | 18,7 | 21,8 | 19,5 | 15,1 | 6,73 | 0,689 | 1,29 | 5,69 | 7,18 | 8,85 |
| 80 % | 24,9 | 28,5 | 30,2 | 31,3 | 28,4 | 22,7 | 15,2 | 6,39 | 6,78 | 11,4 | 15,3 | 19,7 |
| 50 % | 36,3 | 36,2 | 36,3 | 36,3 | 35,9 | 32,3 | 27,5 | 23,6 | 25,4 | 28,6 | 32 | 35,6 |
| 20 % | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 |
| 10 % | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 |
| Periode 4 (Szenario 1) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 10,6 | 12,1 | 16,7 | 18,1 | 15,3 | 12 | 4,22 | 0,232 | 0,743 | 4,87 | 4,81 | 5,1 |
| 80 % | 17,9 | 21 | 26,1 | 29,4 | 26,8 | 21,1 | 13,1 | 4,23 | 4,5 | 8,19 | 10,1 | 13,1 |
| 50 % | 35,7 | 35,8 | 36,3 | 36,3 | 34,8 | 31,5 | 25,2 | 18,9 | 19,8 | 24 | 28 | 33,1 |
| 20 % | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 |
| 10 % | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 |
| Periode 5 (Referenz) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 16,8 | 18,1 | 23,1 | 27 | 24,4 | 18,9 | 11,2 | 5,6 | 6,05 | 11,1 | 13,7 | 16,1 |
| 80 % | 29,1 | 30,5 | 31,5 | 32,7 | 30,8 | 27,5 | 21,9 | 16,4 | 18,9 | 21,5 | 23,6 | 26,9 |
| 50 % | 36,3 | 36,1 | 36,3 | 36,3 | 36 | 34,7 | 32,4 | 30,5 | 32,5 | 34,9 | 36 | 36,3 |
| 20 % | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 |
| 10 % | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 |
| Periode 5 (Szenario 1) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 9,48 | 11,2 | 16,7 | 19,8 | 19,3 | 13,8 | 5,95 | 0,356 | 0,895 | 5,35 | 5,89 | 8,28 |
| 80 % | 19 | 23,5 | 29,7 | 31,3 | 29,3 | 23,2 | 14,7 | 5,57 | 6,49 | 10,9 | 12,9 | 14,4 |
| 50 % | 36,3 | 35,9 | 36,3 | 36,3 | 35,9 | 34,4 | 31,6 | 27,3 | 29,5 | 33 | 35,2 | 36,3 |
| 20 % | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 |
| 10 % | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 |
| Periode 6 (Referenz) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 16,8 | 16,5 | 20,4 | 24,9 | 21,9 | 15,2 | 10,4 | 3,15 | 2,2 | 6,63 | 8,94 | 12,4 |
| 80 % | 29,9 | 30,5 | 31,2 | 32 | 29,6 | 25,6 | 21,3 | 15,7 | 16,1 | 19,4 | 21,7 | 26,1 |
| 50 % | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 35,8 | 34,4 | 32,3 | 30,4 | 32,8 | 35 | 35,8 | 36,3 |
| 20 % | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 |
| 10 % | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 |
| Periode 6 (Szenario 1) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 10,8 | 11,5 | 15,8 | 20,3 | 17,6 | 12,2 | 6,01 | 0,352 | 0,859 | 4,63 | 4,26 | 6,73 |
| 80 % | 20,5 | 24,5 | 28,7 | 30,3 | 27,7 | 21,8 | 13,6 | 4,43 | 5,99 | 10 | 11,9 | 14,9 |
| 50 % | 36,1 | 36,1 | 36,3 | 36,3 | 35,6 | 34,1 | 31,5 | 28,4 | 29,8 | 33,9 | 35,2 | 36,1 |
| 20 % | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 |
| 10 % | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 | 36,3 |

A.1.8 WSS Lohsa II, SB Bärwalde, TS Spremberg

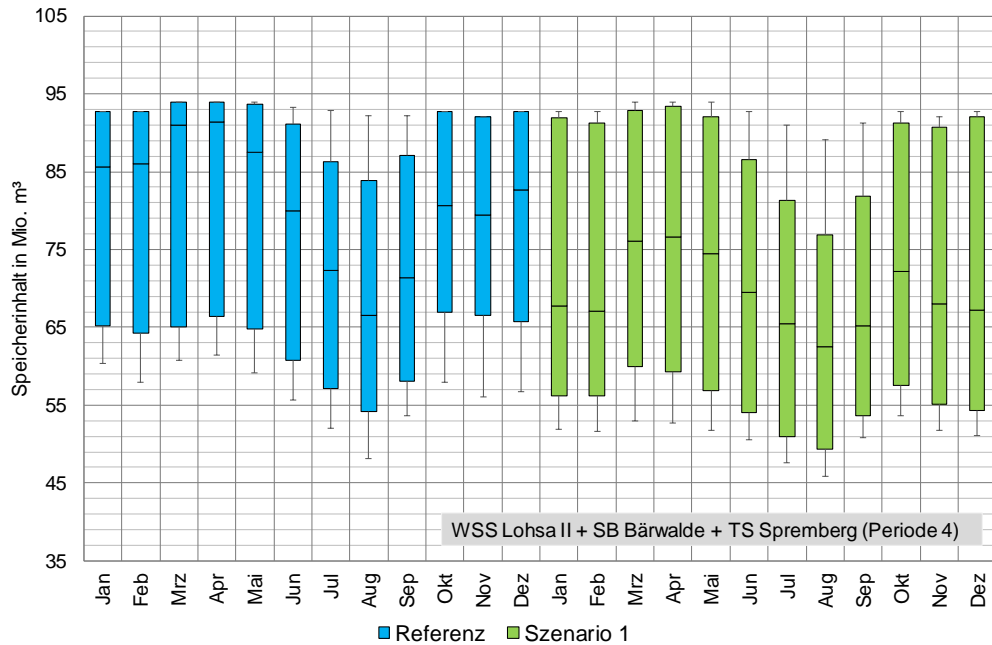


Abbildung A - 22: Vergleich der Speicherinhalte des WSS Lohsa II, SB Bärwalde, TS Spremberg für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) mittels Boxplot (10 %, 20 %, 50 %, 4 80 %, 90%-Perzentile) für Periode 4.

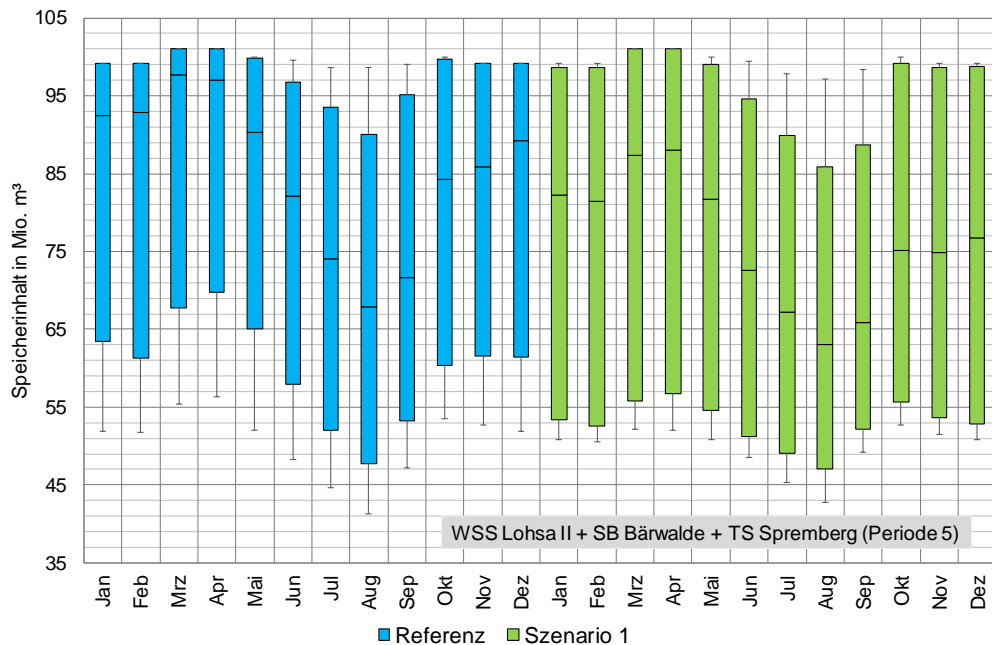


Abbildung A - 23: Vergleich der Speicherinhalte des WSS Lohsa II, SB Bärwalde, TS Spremberg für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) mittels Boxplot (10 %, 20 %, 50 %, 4 80 %, 90%-Perzentile) für Periode 5.

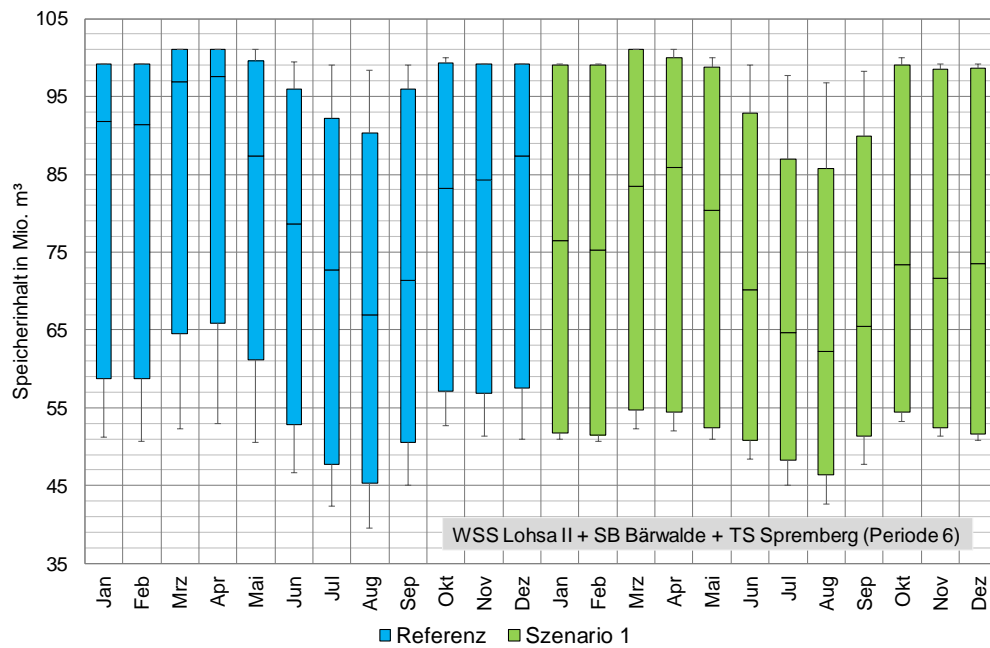


Abbildung A - 24: Vergleich der Speicherinhalte des WSS Lohsa II, SB Bärwalde, TS Spremberg für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) mittels Boxplot (10 %-, 20 %-, 50 %-, 4 80 %-, 90%-Perzentile) für Periode 6.

Tabelle A - 8: Perzentilwerte (10 %, 20 %, 50 %, 80 %, 90%) der Speicherinhalte für das WSS Lohsa II, SB Bärwalde, TS Spremberg für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) für Periode 4, 5 und 6.

| Speicherinhalt für WSS Lohsa II + SB Bärwalde + TS Spremberg in Mio. m ³ | | | | | | | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Perzentil | Jan | Feb | Mrz | Apr | Mai | Jun | Jul | Aug | Sep | Okt | Nov | Dez |
| Periode 4 (Referenz) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 60,3 | 58 | 60,8 | 61,5 | 59,2 | 55,6 | 52 | 48,2 | 53,7 | 57,9 | 56 | 56,8 |
| 80 % | 65,2 | 64,3 | 65,1 | 66,4 | 64,8 | 60,8 | 57,1 | 54,2 | 58,1 | 66,9 | 66,5 | 65,7 |
| 50 % | 85,6 | 86 | 91 | 91,4 | 87,5 | 80 | 72,3 | 66,6 | 71,4 | 80,6 | 79,4 | 82,6 |
| 20 % | 92,7 | 92,7 | 94 | 94 | 93,6 | 91,1 | 86,3 | 83,8 | 87,1 | 92,7 | 92 | 92,7 |
| 10 % | 92,7 | 92,7 | 94 | 94 | 94 | 93,3 | 92,8 | 92,2 | 92,2 | 92,7 | 92 | 92,7 |
| Periode 4 (Szenario 1) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 51,9 | 51,6 | 53 | 52,7 | 51,7 | 50,6 | 47,6 | 45,8 | 50,8 | 53,7 | 51,8 | 51,1 |
| 80 % | 56,2 | 56,2 | 60 | 59,3 | 56,9 | 54 | 51 | 49,3 | 53,6 | 57,5 | 55,1 | 54,3 |
| 50 % | 67,7 | 67,1 | 76,1 | 76,6 | 74,4 | 69,5 | 65,4 | 62,5 | 65,2 | 72,2 | 68 | 67,2 |
| 20 % | 91,9 | 91,3 | 92,8 | 93,4 | 92 | 86,5 | 81,3 | 76,9 | 81,8 | 91,3 | 90,7 | 92 |
| 10 % | 92,7 | 92,7 | 94 | 94 | 93,9 | 92,7 | 91 | 89,1 | 91,2 | 92,7 | 92 | 92,7 |
| Periode 5 (Referenz) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 51,9 | 51,7 | 55,4 | 56,3 | 52,1 | 48,3 | 44,6 | 41,3 | 47,2 | 53,5 | 52,7 | 51,9 |
| 80 % | 63,5 | 61,3 | 67,7 | 69,8 | 65 | 57,9 | 52,1 | 47,8 | 53,3 | 60,3 | 61,6 | 61,5 |
| 50 % | 92,5 | 92,8 | 97,7 | 97 | 90,3 | 82,1 | 74,1 | 67,9 | 71,6 | 84,2 | 85,9 | 89,2 |
| 20 % | 99,2 | 99,2 | 101 | 101 | 99,8 | 96,7 | 93,5 | 90 | 95,1 | 99,7 | 99,2 | 99,2 |
| 10 % | 99,2 | 99,2 | 101 | 101 | 100 | 99,6 | 98,6 | 98,6 | 99,1 | 100 | 99,2 | 99,2 |
| Periode 5 (Szenario 1) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 50,8 | 50,6 | 52,2 | 52 | 50,8 | 48,6 | 45,3 | 42,8 | 49,2 | 52,7 | 51,5 | 50,8 |
| 80 % | 53,4 | 52,6 | 55,8 | 56,8 | 54,6 | 51,2 | 49,1 | 47 | 52,2 | 55,7 | 53,6 | 52,8 |
| 50 % | 82,2 | 81,4 | 87,3 | 88 | 81,7 | 72,6 | 67,2 | 63,1 | 65,8 | 75,2 | 74,8 | 76,8 |
| 20 % | 98,6 | 98,7 | 101 | 101 | 99,1 | 94,6 | 89,9 | 85,9 | 88,7 | 99,2 | 98,6 | 98,8 |
| 10 % | 99,2 | 99,2 | 101 | 101 | 100 | 99,4 | 97,8 | 97,2 | 98,4 | 100 | 99,2 | 99,2 |
| Periode 6 (Referenz) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 51,2 | 50,7 | 52,3 | 53 | 50,5 | 46,7 | 42,3 | 39,6 | 45 | 52,7 | 51,4 | 51 |
| 80 % | 58,7 | 58,8 | 64,5 | 65,9 | 61,1 | 52,8 | 47,8 | 45,3 | 50,5 | 57,2 | 56,9 | 57,5 |
| 50 % | 91,8 | 91,4 | 96,9 | 97,5 | 87,4 | 78,6 | 72,7 | 66,9 | 71,4 | 83,2 | 84,2 | 87,3 |
| 20 % | 99,2 | 99,2 | 101 | 101 | 99,6 | 95,9 | 92,2 | 90,3 | 95,9 | 99,3 | 99,2 | 99,2 |
| 10 % | 99,2 | 99,2 | 101 | 101 | 101 | 99,5 | 99 | 98,3 | 99 | 100 | 99,2 | 99,2 |
| Periode 6 (Szenario 1) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 50,9 | 50,7 | 52,3 | 52,1 | 50,9 | 48,4 | 45,1 | 42,6 | 47,8 | 53,3 | 51,4 | 50,8 |
| 80 % | 51,8 | 51,5 | 54,7 | 54,5 | 52,4 | 50,8 | 48,3 | 46,4 | 51,3 | 54,4 | 52,5 | 51,6 |
| 50 % | 76,5 | 75,3 | 83,5 | 85,9 | 80,4 | 70,2 | 64,6 | 62,2 | 65,5 | 73,4 | 71,6 | 73,5 |
| 20 % | 99 | 99,1 | 101 | 100 | 98,8 | 92,8 | 87 | 85,7 | 89,9 | 99,1 | 98,5 | 98,7 |
| 10 % | 99,2 | 99,2 | 101 | 101 | 100 | 99 | 97,7 | 96,7 | 98,2 | 100 | 99,2 | 99,2 |

A.1.9 Verbleibendes Jahres-NWA-Kontingent

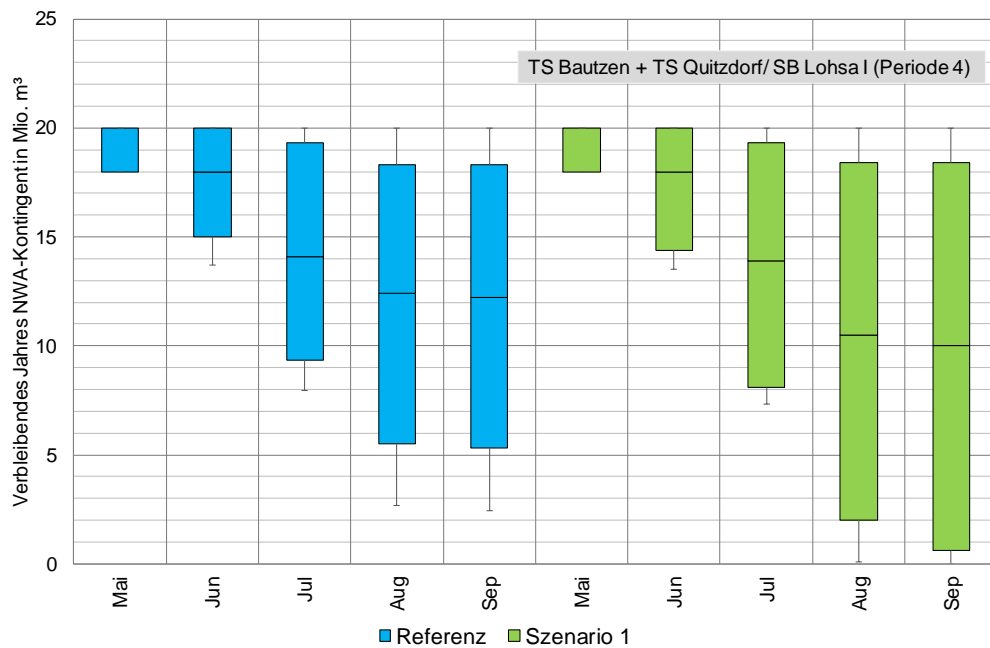


Abbildung A - 25: Vergleich des verbleibenden Jahres-NWA-Kontingent der TS Bautzen, TS Quitzdorf, Lohsa I für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) mittels Boxplot (10 %, 20 %, 50 %, 4 80 %, 90%-Perzentile) für Periode 4.

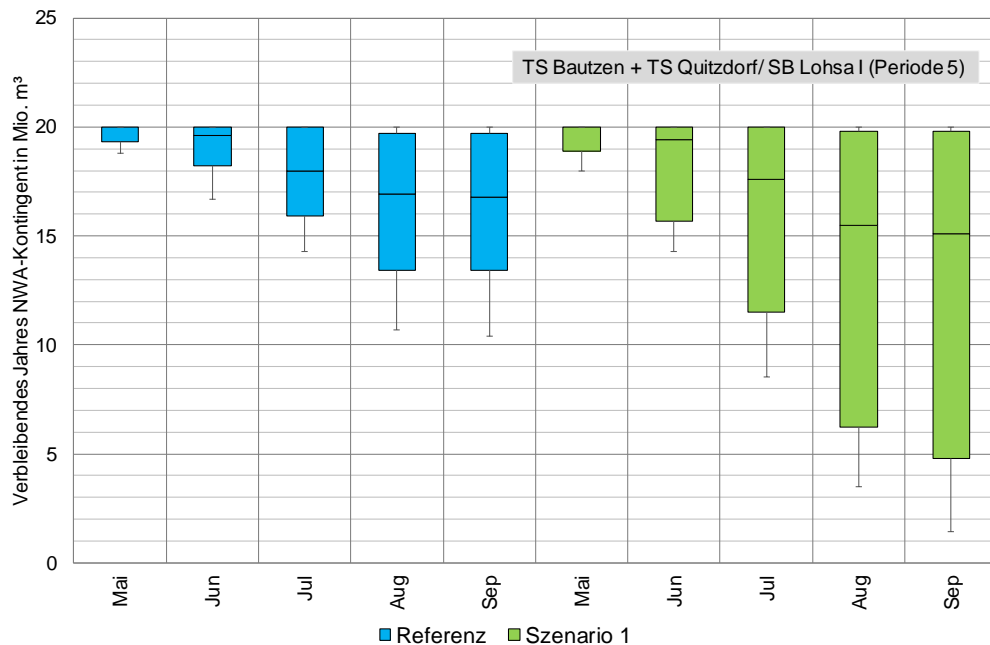


Abbildung A - 26: Vergleich des verbleibenden Jahres-NWA-Kontingent der TS Bautzen, TS Quitzdorf, Lohsa I für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) mittels Boxplot (10 %, 20 %, 50 %, 4 80 %, 90%-Perzentile) für Periode 5.

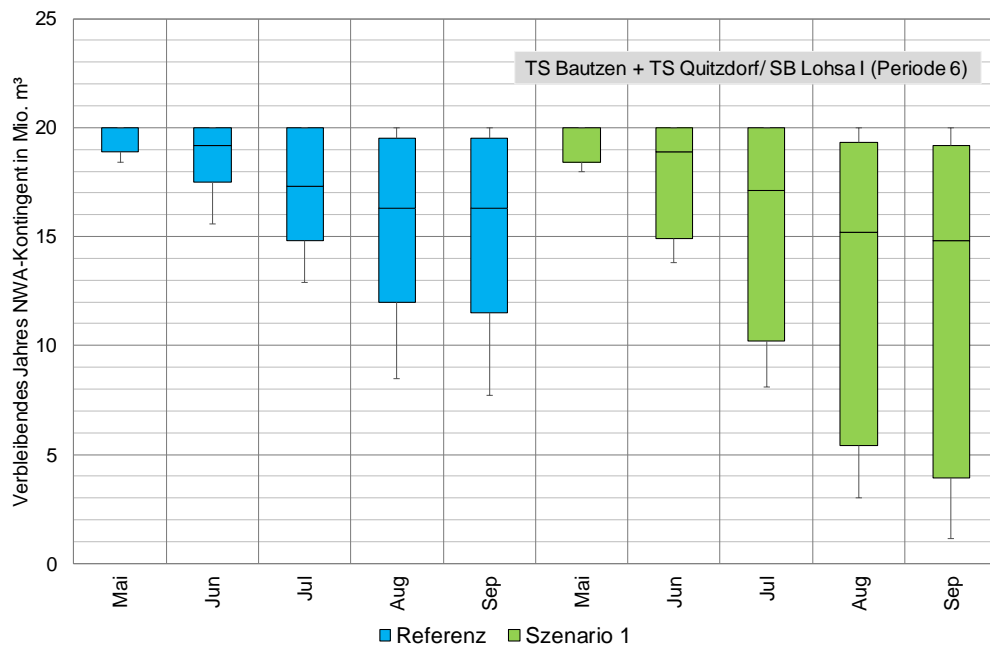


Abbildung A - 27: Vergleich des verbleibenden Jahres-NWA-Kontingents der TS Bautzen, TS Quitzdorf, Lohsa I für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) mittels Boxplot (10 %-, 20 %-, 50 %-, 4 80 %-, 90%-Perzentile) für Periode 6.

Tabelle A - 9: Perzentilwerte (10 %, 20 %, 50 %, 80 %, 90%) des verbleibenden NWA-Kontingents für die TS Bautzen, TS Quitzdorf, SB Lohsa I für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) für Periode 4, 5 und 6.

| Verbleibendes Jahres-NWA-Kontingent für TS Bautzen + TS Quitzdorf/ SB Lohsa I in Mio. m ³ | | | | | |
|--|------|------|------|-------|------|
| Perzentil | Mai | Jun | Jul | Aug | Sep |
| Periode 4 (Referenz) | | | | | |
| 90 % | 18 | 13,7 | 7,97 | 2,68 | 2,42 |
| 80 % | 18 | 15 | 9,34 | 5,49 | 5,3 |
| 50 % | 20 | 18 | 14,1 | 12,4 | 12,2 |
| 20 % | 20 | 20 | 19,3 | 18,3 | 18,3 |
| 10 % | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Periode 4 (Szenario 1) | | | | | |
| 90 % | 18 | 13,5 | 7,31 | 0,104 | 0 |
| 80 % | 18 | 14,4 | 8,1 | 2,03 | 0,63 |
| 50 % | 20 | 18 | 13,9 | 10,5 | 10 |
| 20 % | 20 | 20 | 19,3 | 18,4 | 18,4 |
| 10 % | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Periode 5 (Referenz) | | | | | |
| 90 % | 18,8 | 16,7 | 14,3 | 10,7 | 10,4 |
| 80 % | 19,3 | 18,2 | 15,9 | 13,4 | 13,4 |
| 50 % | 20 | 19,6 | 18 | 16,9 | 16,8 |
| 20 % | 20 | 20 | 20 | 19,7 | 19,7 |
| 10 % | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Periode 5 (Szenario 1) | | | | | |
| 90 % | 18 | 14,3 | 8,51 | 3,49 | 1,44 |
| 80 % | 18,9 | 15,7 | 11,5 | 6,22 | 4,79 |
| 50 % | 20 | 19,4 | 17,6 | 15,5 | 15,1 |
| 20 % | 20 | 20 | 20 | 19,8 | 19,8 |
| 10 % | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Periode 6 (Referenz) | | | | | |
| 90 % | 18,4 | 15,6 | 12,9 | 8,5 | 7,7 |
| 80 % | 18,9 | 17,5 | 14,8 | 12 | 11,5 |
| 50 % | 20 | 19,2 | 17,3 | 16,3 | 16,3 |
| 20 % | 20 | 20 | 20 | 19,5 | 19,5 |
| 10 % | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Periode 6 (Szenario 1) | | | | | |
| 90 % | 18 | 13,8 | 8,1 | 3 | 1,13 |
| 80 % | 18,4 | 14,9 | 10,2 | 5,4 | 3,94 |
| 50 % | 20 | 18,9 | 17,1 | 15,2 | 14,8 |
| 20 % | 20 | 20 | 20 | 19,3 | 19,2 |
| 10 % | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |

A.1.10 Monatlich genutztes NWA-Kontingent

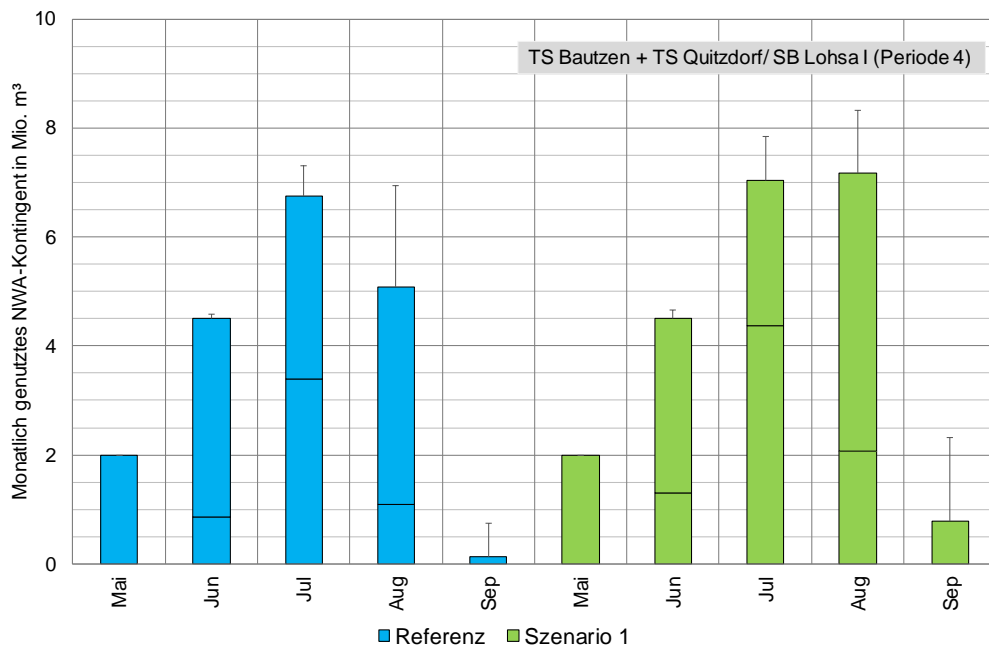


Abbildung A - 28: Vergleich des monatlich genutzten NWA-Kontingent der TS Bautzen, TS Quitzdorf, Lohsa I für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) mittels Boxplot (10 %-, 20 %-, 50 %-, 4 80 %-, 90%-Perzentile) für Periode 4.

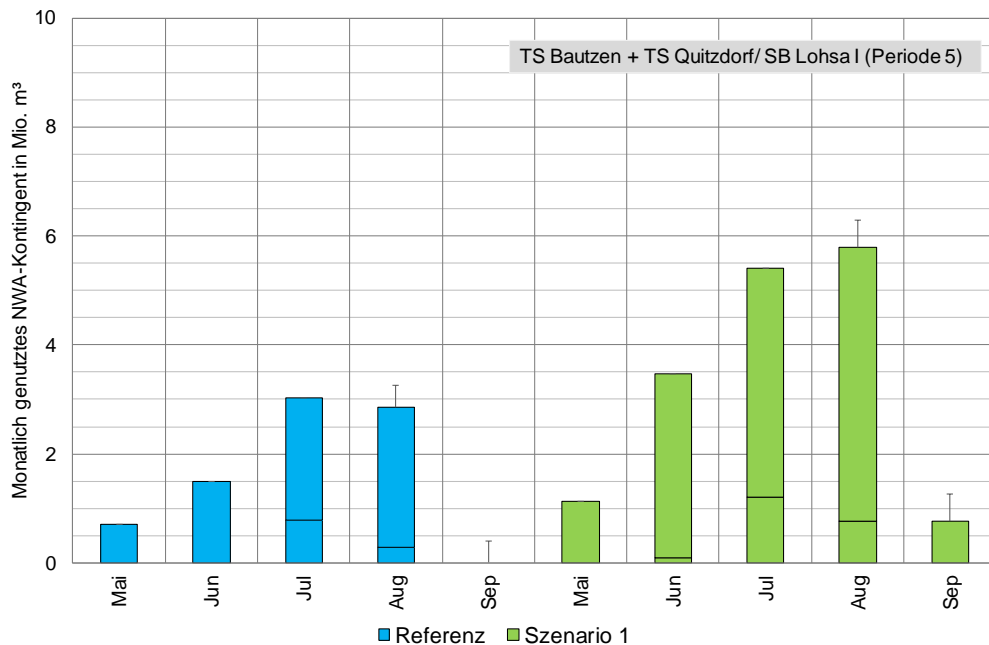


Abbildung A - 29: Vergleich des monatlich genutzten NWA-Kontingent der TS Bautzen, TS Quitzdorf, Lohsa I für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) mittels Boxplot (10 %-, 20 %-, 50 %-, 4 80 %-, 90%-Perzentile) für Periode 5.

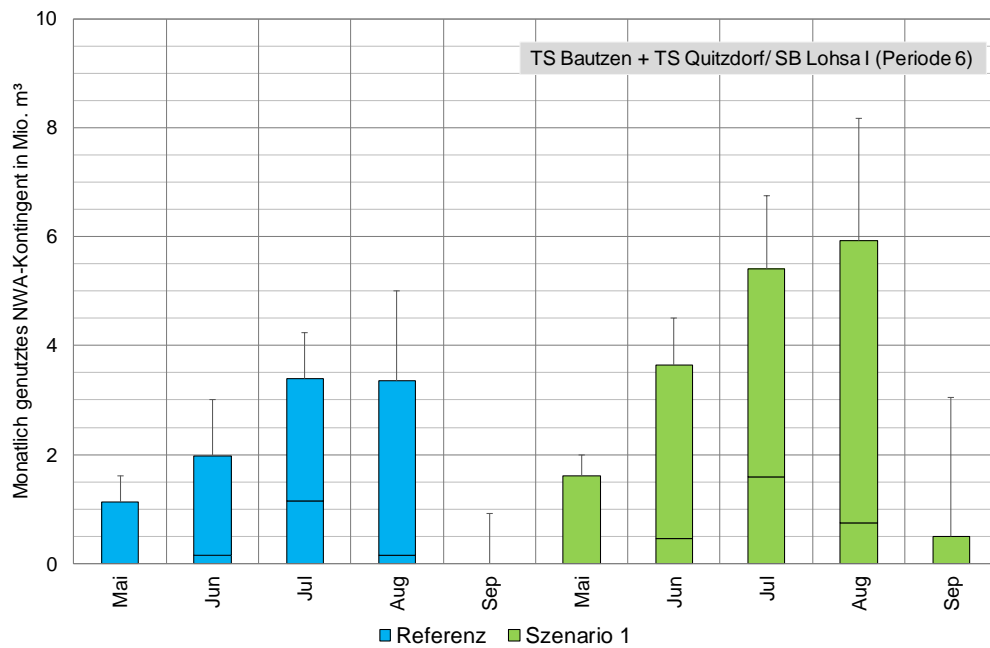


Abbildung A - 30: Vergleich des monatlich genutzten NWA-Kontingent der TS Bautzen, TS Quitzdorf, Lohsa I für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) mittels Boxplot (10 %-, 20 %-, 50 %-, 4 80 %-, 90%-Perzentile) für Periode 6.

Tabelle A - 10: Perzentilwerte (10 %, 20 %, 50 %, 80 %, 90%) des genutzten NWA-Kontingents für die TS Bautzen, TS Quitzdorf, SB Lohsa I für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) für Periode 4, 5 und 6.

| Genutztes NWA-Kontingent für TS Bautzen + TS Quitzdorf/ SB Lohsa I in Mio. m ³ | | | | | |
|---|-------|-------|------|-------|-------|
| Perzentil | Mai | Jun | Jul | Aug | Sep |
| Periode 4 (Referenz) | | | | | |
| 90 % | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 80 % | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 50 % | 0 | 0,866 | 3,4 | 1,1 | 0 |
| 20 % | 2 | 4,5 | 6,75 | 5,09 | 0,131 |
| 10 % | 2 | 4,58 | 7,31 | 6,95 | 0,753 |
| Periode 4 (Szenario 1) | | | | | |
| 90 % | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 80 % | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 50 % | 0 | 1,3 | 4,37 | 2,06 | 0 |
| 20 % | 2 | 4,5 | 7,03 | 7,17 | 0,789 |
| 10 % | 2 | 4,65 | 7,84 | 8,33 | 2,31 |
| Periode 5 (Referenz) | | | | | |
| 90 % | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 80 % | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 50 % | 0 | 0 | 0,78 | 0,289 | 0 |
| 20 % | 0,708 | 1,5 | 3,02 | 2,86 | 0 |
| 10 % | 1,22 | 2,31 | 3,84 | 4,17 | 0,342 |
| Periode 5 (Szenario 1) | | | | | |
| 90 % | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 80 % | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 50 % | 0 | 0,1 | 1,2 | 0,773 | 0 |
| 20 % | 1,13 | 3,46 | 5,4 | 5,79 | 0,761 |
| 10 % | 2 | 4,5 | 6,75 | 8,04 | 3,38 |
| Periode 6 (Referenz) | | | | | |
| 90 % | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 80 % | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 50 % | 0 | 0,15 | 1,14 | 0,154 | 0 |
| 20 % | 1,12 | 1,97 | 3,4 | 3,35 | 0 |
| 10 % | 1,6 | 3 | 4,24 | 5 | 0,913 |
| Periode 6 (Szenario 1) | | | | | |
| 90 % | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 80 % | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 50 % | 0 | 0,449 | 1,58 | 0,752 | 0 |
| 20 % | 1,6 | 3,65 | 5,4 | 5,92 | 0,502 |
| 10 % | 2 | 4,5 | 6,75 | 8,17 | 3,05 |

A.1.11 Monatlich ungenutztes NWA-Kontingent

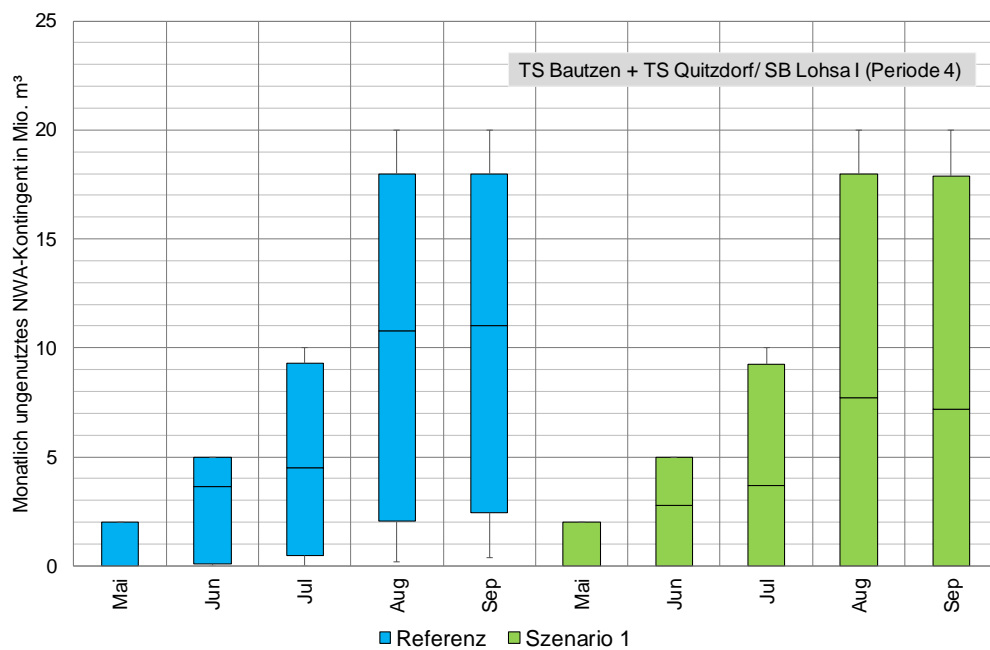


Abbildung A - 31: Vergleich des monatlich ungenutzten NWA-Kontingent der TS Bautzen, TS Quitzdorf, Lohsa I für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) mittels Boxplot (10 %, 20 %, 50 %, 4 80 %, 90%-Perzentile) für Periode 4.

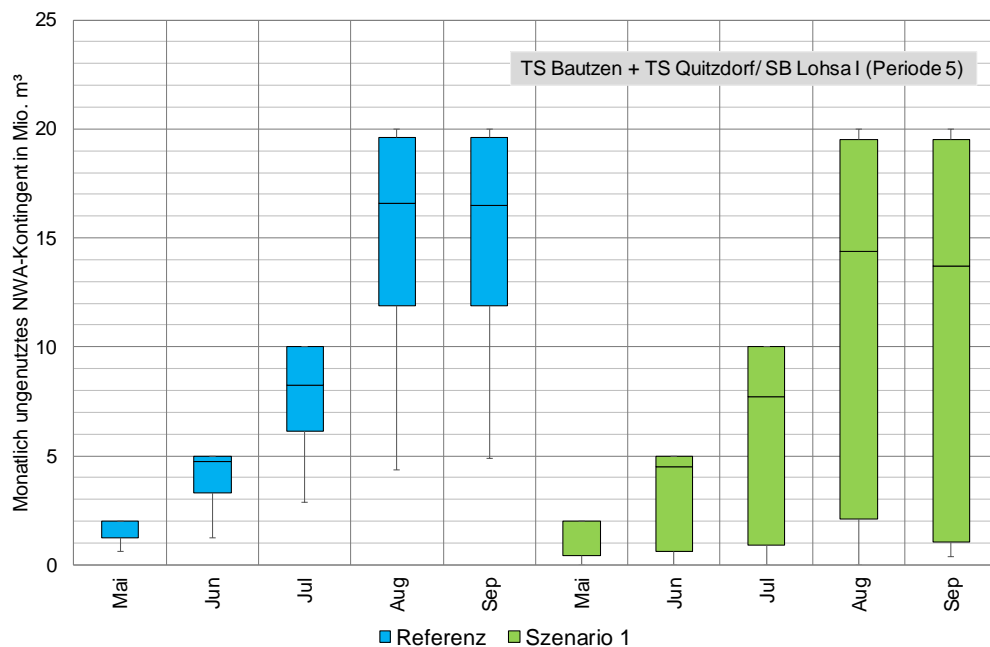


Abbildung A - 32: Vergleich des monatlich ungenutzten NWA-Kontingent der TS Bautzen, TS Quitzdorf, Lohsa I für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) mittels Boxplot (10 %, 20 %, 50 %, 4 80 %, 90%-Perzentile) für Periode 5.

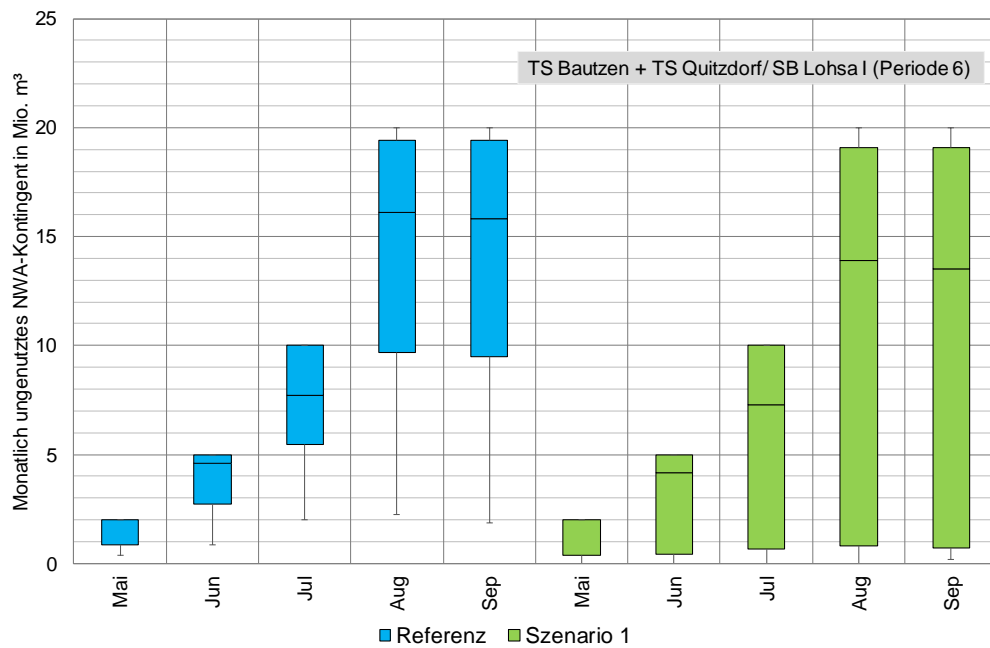


Abbildung A - 33: Vergleich des monatlich ungenutzten NWA-Kontingent der TS Bautzen, TS Quitzdorf, Lohsa I für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) mittels Boxplot (10 %-, 20 %-, 50 %-, 4 80 %-, 90%-Perzentile) für Periode 6.

Tabelle A - 11: Perzentilwerte (10 %, 20 %, 50 %, 80 %, 90%) des ungenutzten NWA-Kontingents für die TS Bautzen, TS Quitzdorf, SB Lohsa I für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) für Periode 4, 5 und 6.

| Ungenutztes NWA-Kontingent für TS Bautzen + TS Quitzdorf/ SB Lohsa I in Mio. m ³ | | | | | |
|---|-------|--------|-------|-------|--------|
| Perzentil | Mai | Jun | Jul | Aug | Sep |
| Periode 4 (Referenz) | | | | | |
| 90 % | 0 | 0 | 0 | 0,17 | 0,379 |
| 80 % | 0 | 0,0715 | 0,479 | 2,06 | 2,42 |
| 50 % | 2 | 3,65 | 4,5 | 10,8 | 11 |
| 20 % | 2 | 5 | 9,28 | 18 | 18 |
| 10 % | 2 | 5 | 10 | 20 | 20 |
| Periode 4 (Szenario 1) | | | | | |
| 90 % | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 80 % | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0128 |
| 50 % | 2 | 2,79 | 3,7 | 7,72 | 7,21 |
| 20 % | 2 | 5 | 9,23 | 18 | 17,9 |
| 10 % | 2 | 5 | 10 | 20 | 20 |
| Periode 5 (Referenz) | | | | | |
| 90 % | 0,64 | 1,23 | 2,88 | 4,34 | 4,9 |
| 80 % | 1,22 | 3,3 | 6,12 | 11,9 | 11,9 |
| 50 % | 2 | 4,73 | 8,26 | 16,6 | 16,5 |
| 20 % | 2 | 5 | 10 | 19,6 | 19,6 |
| 10 % | 2 | 5 | 10 | 20 | 20 |
| Periode 5 (Szenario 1) | | | | | |
| 90 % | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,386 |
| 80 % | 0,442 | 0,605 | 0,894 | 2,12 | 1,07 |
| 50 % | 2 | 4,5 | 7,7 | 14,4 | 13,7 |
| 20 % | 2 | 5 | 10 | 19,5 | 19,5 |
| 10 % | 2 | 5 | 10 | 20 | 20 |
| Periode 6 (Referenz) | | | | | |
| 90 % | 0,4 | 0,873 | 2,02 | 2,25 | 1,84 |
| 80 % | 0,84 | 2,75 | 5,47 | 9,7 | 9,49 |
| 50 % | 2 | 4,6 | 7,7 | 16,1 | 15,8 |
| 20 % | 2 | 5 | 10 | 19,4 | 19,4 |
| 10 % | 2 | 5 | 10 | 20 | 20 |
| Periode 6 (Szenario 1) | | | | | |
| 90 % | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,205 |
| 80 % | 0,4 | 0,415 | 0,652 | 0,793 | 0,692 |
| 50 % | 2 | 4,15 | 7,3 | 13,9 | 13,5 |
| 20 % | 2 | 5 | 10 | 19,1 | 19,1 |
| 10 % | 2 | 5 | 10 | 20 | 20 |

A.2 Nutzungen und Abflussforderungen

A.2.1 Relative Bedarfsdeckung der Mindestabflüsse

Tabelle A - 12: Sicherheiten (10 %, 20 %, 50 %, 80 %, 90%) der relativen Bedarfsdeckung der Mindestabflüsse (Q_{min}) für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) für Periode 4, 5 und 6.

| Relative Bedarfsdeckung der Mindestabflüsse (Q_{min}) | | | | | | | | | | | | |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Sicherheit | Jan | Feb | Mrz | Apr | Mai | Jun | Jul | Aug | Sep | Okt | Nov | Dez |
| Periode 4 (Referenz) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 80 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 50 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 20 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 10 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Periode 4 (Szenario 1) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 80 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 50 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 20 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 10 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Periode 5 (Referenz) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 80 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 50 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 20 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 10 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Periode 5 (Szenario 1) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 80 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 50 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 20 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 10 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Periode 6 (Referenz) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 80 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 50 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 20 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 10 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Periode 6 (Szenario 1) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 80 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 50 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 20 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 10 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

A.2.2 Relative Bedarfsdeckung der ökologischen Mindestabflüsse

Tabelle A - 13: Sicherheiten (10 %, 20 %, 50 %, 80 %, 90%) der relativen Bedarfsdeckung der ökologischen Mindestabflüsse ($Q_{ök}$) für einen Immissionsrichtwert in Spremborg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) für Periode 4, 5 und 6.

| Relative Bedarfsdeckung der ökologischen Mindestabflüsse ($Q_{ök}$) | | | | | | | | | | | | |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|
| Sicherheit | Jan | Feb | Mrz | Apr | Mai | Jun | Jul | Aug | Sep | Okt | Nov | Dez |
| Periode 4 (Referenz) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,998 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 80 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 50 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 20 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 10 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Periode 4 (Szenario 1) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,965 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 80 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 50 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 20 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 10 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Periode 5 (Referenz) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 80 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 50 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 20 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 10 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Periode 5 (Szenario 1) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 80 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 50 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 20 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 10 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Periode 6 (Referenz) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 80 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 50 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 20 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 10 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Periode 6 (Szenario 1) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,989 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 80 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 50 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 20 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 10 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

A.2.3 Relative Bedarfsdeckung der Teichwirtschaften in Sachsen (TW)

Tabelle A - 14: Sicherheiten (10 %, 20 %, 50 %, 80 %, 90%) der relativen Bedarfsdeckung der Teichwirtschaften in Sachsen (TW) für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) für Periode 4, 5 und 6.

| Relative Bedarfsdeckung der Teichwirtschaften in Sachsen (TW) | | | | | | | | | | | | |
|---|-------|-------|-------|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-----|-----|-----|
| Sicherheit | Jan | Feb | Mrz | Apr | Mai | Jun | Jul | Aug | Sep | Okt | Nov | Dez |
| Periode 4 (Referenz) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,957 | 0,911 | 1 | 1 | 1 |
| 80 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 50 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 20 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 10 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Periode 4 (Szenario 1) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 0,996 | 0,987 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,968 | 0,934 | 0,911 | 1 | 1 | 1 |
| 80 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,999 | 1 | 1 | 1 |
| 50 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 20 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 10 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Periode 5 (Referenz) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,966 | 1 | 1 | 1 |
| 80 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 50 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 20 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 10 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Periode 5 (Szenario 1) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 0,992 | 0,991 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,944 | 0,911 | 1 | 1 | 1 |
| 80 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 50 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 20 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 10 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Periode 6 (Referenz) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,919 | 1 | 1 | 1 |
| 80 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 50 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 20 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 10 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Periode 6 (Szenario 1) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 0,988 | 0,986 | 0,996 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0,935 | 0,911 | 1 | 1 | 1 |
| 80 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 50 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 20 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 10 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

A.2.4 Relative Bedarfsdeckung der Teichwirtschaften in Brandenburg (TWBB)

Tabelle A - 15: Sicherheiten (10 %, 20 %, 50 %, 80 %, 90%) der relativen Bedarfsdeckung der Teichwirtschaften in Brandenburg (TWBB) für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) für Periode 4, 5 und 6.

| Relative Bedarfsdeckung der Teichwirtschaften in Brandenburg (TWBB) | | | | | | | | | | | | |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Sicherheit | Jan | Feb | Mrz | Apr | Mai | Jun | Jul | Aug | Sep | Okt | Nov | Dez |
| Periode 4 (Referenz) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 80 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 50 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 20 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 10 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Periode 4 (Szenario 1) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 80 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 50 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 20 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 10 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Periode 5 (Referenz) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 80 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 50 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 20 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 10 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Periode 5 (Szenario 1) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 80 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 50 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 20 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 10 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Periode 6 (Referenz) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 80 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 50 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 20 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 10 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Periode 6 (Szenario 1) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 80 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 50 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 20 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 10 % | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

A.2.5 Wasserbedarf zur Deckung der Mindestabflüsse

Tabelle A - 16: Perzentilwerte (10 %, 20 %, 50 %, 80 %, 90%) des Wasserbedarfs zur Deckung der Mindestabflüsse (Q_{min}) für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) für Periode 4, 5 und 6.

| Wasserbedarf zur Deckung der Mindestabflüsse (Q_{min}) in m ³ /s | | | | | | | | | | | | |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Perzentil | Jan | Feb | Mrz | Apr | Mai | Jun | Jul | Aug | Sep | Okt | Nov | Dez |
| Periode 4 (Referenz) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| 80 % | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| 50 % | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| 20 % | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| 10 % | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| Periode 4 (Szenario 1) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| 80 % | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| 50 % | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| 20 % | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| 10 % | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| Periode 5 (Referenz) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| 80 % | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| 50 % | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| 20 % | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| 10 % | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| Periode 5 (Szenario 1) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| 80 % | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| 50 % | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| 20 % | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| 10 % | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| Periode 6 (Referenz) | | | | | | | | | | | | |
| 90 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| 80 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| 50 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| 20 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| 10 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| Periode 6 (Szenario 1) | | | | | | | | | | | | |
| 90 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| 80 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| 50 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| 20 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |
| 10 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 |

A.2.6 Wasserbedarf zur Deckung der ökologischen Mindestabflüsse

Tabelle A - 17: Perzentilwerte (10 %, 20 %, 50 %, 80 %, 90%) des Wasserbedarfs zur Deckung der ökologischen Mindestabflüsse ($Q_{ök}$) für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) für Periode 4, 5 und 6.

| Wasserbedarf zur Deckung der ökologischen Mindestabflüsse ($Q_{ök}$) in m ³ /s | | | | | | | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Perzentil | Jan | Feb | Mrz | Apr | Mai | Jun | Jul | Aug | Sep | Okt | Nov | Dez |
| Periode 4 (Referenz) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 2,75 | 2,75 | 2,75 | 3,25 | 7,19 | 3,15 | 2,65 | 2,65 | 2,7 | 2,7 | 2,7 | 2,8 |
| 80 % | 3,25 | 3,25 | 3,25 | 3,25 | 7,25 | 3,15 | 3,15 | 2,65 | 2,7 | 2,7 | 2,7 | 2,8 |
| 50 % | 3,25 | 3,25 | 3,25 | 3,25 | 7,25 | 3,15 | 3,15 | 3,15 | 3,15 | 3,15 | 3,15 | 3,25 |
| 20 % | 3,25 | 3,25 | 3,25 | 3,25 | 7,25 | 3,15 | 3,15 | 3,15 | 3,15 | 3,15 | 3,15 | 3,25 |
| 10 % | 3,25 | 3,25 | 3,25 | 3,25 | 7,25 | 3,15 | 3,15 | 3,15 | 3,15 | 3,15 | 3,15 | 3,25 |
| Periode 4 (Szenario 1) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 2,75 | 2,75 | 2,75 | 2,75 | 7,16 | 2,65 | 2,65 | 2,65 | 2,7 | 2,7 | 2,7 | 2,8 |
| 80 % | 2,75 | 2,75 | 3,25 | 3,25 | 7,25 | 3,15 | 3,15 | 2,65 | 2,7 | 2,7 | 2,7 | 2,8 |
| 50 % | 3,25 | 3,25 | 3,25 | 3,25 | 7,25 | 3,15 | 3,15 | 3,15 | 2,7 | 2,7 | 3,15 | 3,25 |
| 20 % | 3,25 | 3,25 | 3,25 | 3,25 | 7,25 | 3,15 | 3,15 | 3,15 | 3,15 | 3,15 | 3,15 | 3,25 |
| 10 % | 3,25 | 3,25 | 3,25 | 3,25 | 7,25 | 3,15 | 3,15 | 3,15 | 3,15 | 3,15 | 3,15 | 3,25 |
| Periode 5 (Referenz) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 2,75 | 2,75 | 3,25 | 3,25 | 7,21 | 3,15 | 3,12 | 2,65 | 2,7 | 2,7 | 2,7 | 2,8 |
| 80 % | 3,25 | 3,25 | 3,25 | 3,25 | 7,25 | 3,15 | 3,15 | 3,15 | 2,7 | 2,7 | 3,15 | 3,25 |
| 50 % | 3,25 | 3,25 | 3,25 | 3,25 | 7,25 | 3,15 | 3,15 | 3,15 | 3,15 | 3,15 | 3,15 | 3,25 |
| 20 % | 3,25 | 3,25 | 3,25 | 3,25 | 7,25 | 3,15 | 3,15 | 3,15 | 3,15 | 3,15 | 3,15 | 3,25 |
| 10 % | 3,25 | 3,25 | 3,25 | 3,25 | 7,25 | 3,15 | 3,15 | 3,15 | 3,15 | 3,15 | 3,15 | 3,25 |
| Periode 5 (Szenario 1) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 2,75 | 2,75 | 2,75 | 2,75 | 7,16 | 3,14 | 2,65 | 2,65 | 2,7 | 2,7 | 2,7 | 2,8 |
| 80 % | 2,75 | 2,75 | 3,25 | 3,25 | 7,25 | 3,15 | 3,15 | 2,65 | 2,7 | 2,7 | 2,7 | 2,8 |
| 50 % | 3,25 | 3,25 | 3,25 | 3,25 | 7,25 | 3,15 | 3,15 | 3,15 | 3,15 | 3,15 | 3,15 | 3,25 |
| 20 % | 3,25 | 3,25 | 3,25 | 3,25 | 7,25 | 3,15 | 3,15 | 3,15 | 3,15 | 3,15 | 3,15 | 3,25 |
| 10 % | 3,25 | 3,25 | 3,25 | 3,25 | 7,25 | 3,15 | 3,15 | 3,15 | 3,15 | 3,15 | 3,15 | 3,25 |
| Periode 6 (Referenz) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 2,75 | 2,75 | 2,75 | 3,25 | 7,18 | 3,15 | 2,65 | 2,65 | 2,7 | 2,7 | 2,7 | 2,8 |
| 80 % | 3,25 | 3,25 | 3,25 | 3,25 | 7,25 | 3,15 | 3,15 | 3,15 | 2,7 | 2,7 | 2,7 | 3,24 |
| 50 % | 3,25 | 3,25 | 3,25 | 3,25 | 7,25 | 3,15 | 3,15 | 3,15 | 3,15 | 3,15 | 3,15 | 3,25 |
| 20 % | 3,25 | 3,25 | 3,25 | 3,25 | 7,25 | 3,15 | 3,15 | 3,15 | 3,15 | 3,15 | 3,15 | 3,25 |
| 10 % | 3,25 | 3,25 | 3,25 | 3,25 | 7,25 | 3,15 | 3,15 | 3,15 | 3,15 | 3,15 | 3,15 | 3,25 |
| Periode 6 (Szenario 1) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 2,75 | 2,75 | 2,75 | 2,75 | 7,15 | 3,07 | 2,65 | 2,65 | 2,7 | 2,7 | 2,7 | 2,8 |
| 80 % | 2,75 | 3,25 | 3,25 | 3,25 | 7,25 | 3,15 | 3,15 | 2,65 | 2,7 | 2,7 | 2,7 | 2,8 |
| 50 % | 3,25 | 3,25 | 3,25 | 3,25 | 7,25 | 3,15 | 3,15 | 3,15 | 3,15 | 3,15 | 3,15 | 3,25 |
| 20 % | 3,25 | 3,25 | 3,25 | 3,25 | 7,25 | 3,15 | 3,15 | 3,15 | 3,15 | 3,15 | 3,15 | 3,25 |
| 10 % | 3,25 | 3,25 | 3,25 | 3,25 | 7,25 | 3,15 | 3,15 | 3,15 | 3,15 | 3,15 | 3,15 | 3,25 |

A.2.7 Wasserbedarf der Teichwirtschaften in Sachsen (TW)

Tabelle A - 18: Perzentilwerte (10 %, 20 %, 50 %, 80 %, 90%) des Wasserbedarfs für die Teichwirtschaften in Sachsen (TW) für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) für Periode 4, 5 und 6.

| Wasserbedarf der Teichwirtschaften in Sachsen (TW) in m³/s | | | | | | | | | | | | |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Perzentil | Jan | Feb | Mrz | Apr | Mai | Jun | Jul | Aug | Sep | Okt | Nov | Dez |
| Periode 4 (Referenz) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 1,59 | 2,36 | 2,78 | 2,38 | 1,68 | 1,5 | 1,35 | 1,29 | 1,21 | 1,04 | 1,6 | 1,52 |
| 80 % | 1,59 | 2,36 | 2,79 | 2,4 | 1,71 | 1,52 | 1,38 | 1,31 | 1,22 | 1,04 | 1,6 | 1,52 |
| 50 % | 1,59 | 2,37 | 2,81 | 2,44 | 1,76 | 1,58 | 1,45 | 1,34 | 1,25 | 1,05 | 1,6 | 1,52 |
| 20 % | 1,6 | 2,38 | 2,83 | 2,49 | 1,81 | 1,64 | 1,52 | 1,38 | 1,27 | 1,05 | 1,61 | 1,53 |
| 10 % | 1,61 | 2,39 | 2,84 | 2,51 | 1,84 | 1,67 | 1,56 | 1,4 | 1,29 | 1,05 | 1,61 | 1,53 |
| Periode 4 (Szenario 1) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 1,59 | 2,36 | 2,78 | 2,38 | 1,68 | 1,5 | 1,35 | 1,29 | 1,21 | 1,04 | 1,6 | 1,52 |
| 80 % | 1,59 | 2,36 | 2,79 | 2,4 | 1,71 | 1,52 | 1,38 | 1,31 | 1,22 | 1,04 | 1,6 | 1,52 |
| 50 % | 1,59 | 2,37 | 2,81 | 2,44 | 1,76 | 1,58 | 1,45 | 1,34 | 1,25 | 1,05 | 1,6 | 1,52 |
| 20 % | 1,6 | 2,38 | 2,83 | 2,49 | 1,81 | 1,64 | 1,52 | 1,38 | 1,27 | 1,05 | 1,61 | 1,53 |
| 10 % | 1,61 | 2,39 | 2,84 | 2,51 | 1,84 | 1,67 | 1,56 | 1,4 | 1,29 | 1,05 | 1,61 | 1,53 |
| Periode 5 (Referenz) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 1,59 | 2,36 | 2,78 | 2,38 | 1,68 | 1,5 | 1,34 | 1,29 | 1,21 | 1,04 | 1,6 | 1,52 |
| 80 % | 1,59 | 2,36 | 2,79 | 2,4 | 1,71 | 1,52 | 1,37 | 1,31 | 1,22 | 1,04 | 1,6 | 1,52 |
| 50 % | 1,59 | 2,37 | 2,81 | 2,44 | 1,76 | 1,57 | 1,44 | 1,34 | 1,25 | 1,05 | 1,6 | 1,52 |
| 20 % | 1,6 | 2,38 | 2,83 | 2,48 | 1,81 | 1,64 | 1,51 | 1,39 | 1,27 | 1,05 | 1,61 | 1,53 |
| 10 % | 1,61 | 2,39 | 2,84 | 2,5 | 1,84 | 1,67 | 1,56 | 1,41 | 1,29 | 1,06 | 1,61 | 1,53 |
| Periode 5 (Szenario 1) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 1,59 | 2,36 | 2,78 | 2,38 | 1,68 | 1,5 | 1,34 | 1,29 | 1,21 | 1,04 | 1,6 | 1,52 |
| 80 % | 1,59 | 2,36 | 2,79 | 2,4 | 1,71 | 1,52 | 1,37 | 1,31 | 1,22 | 1,04 | 1,6 | 1,52 |
| 50 % | 1,59 | 2,37 | 2,81 | 2,44 | 1,76 | 1,57 | 1,44 | 1,34 | 1,25 | 1,05 | 1,6 | 1,52 |
| 20 % | 1,6 | 2,38 | 2,83 | 2,48 | 1,81 | 1,64 | 1,51 | 1,39 | 1,27 | 1,05 | 1,61 | 1,53 |
| 10 % | 1,61 | 2,39 | 2,84 | 2,5 | 1,84 | 1,67 | 1,56 | 1,41 | 1,29 | 1,06 | 1,61 | 1,53 |
| Periode 6 (Referenz) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 1,59 | 2,36 | 2,78 | 2,38 | 1,68 | 1,5 | 1,33 | 1,29 | 1,21 | 1,04 | 1,6 | 1,52 |
| 80 % | 1,59 | 2,36 | 2,79 | 2,4 | 1,71 | 1,52 | 1,36 | 1,31 | 1,22 | 1,04 | 1,6 | 1,52 |
| 50 % | 1,6 | 2,37 | 2,81 | 2,44 | 1,75 | 1,58 | 1,43 | 1,35 | 1,25 | 1,05 | 1,6 | 1,52 |
| 20 % | 1,6 | 2,38 | 2,83 | 2,48 | 1,81 | 1,63 | 1,5 | 1,38 | 1,28 | 1,05 | 1,61 | 1,53 |
| 10 % | 1,61 | 2,39 | 2,84 | 2,51 | 1,84 | 1,66 | 1,54 | 1,4 | 1,29 | 1,06 | 1,61 | 1,53 |
| Periode 6 (Szenario 1) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 1,59 | 2,36 | 2,78 | 2,38 | 1,68 | 1,5 | 1,33 | 1,29 | 1,21 | 1,04 | 1,6 | 1,52 |
| 80 % | 1,59 | 2,36 | 2,79 | 2,4 | 1,71 | 1,52 | 1,36 | 1,31 | 1,22 | 1,04 | 1,6 | 1,52 |
| 50 % | 1,6 | 2,37 | 2,81 | 2,44 | 1,75 | 1,58 | 1,43 | 1,35 | 1,25 | 1,05 | 1,6 | 1,52 |
| 20 % | 1,6 | 2,38 | 2,83 | 2,48 | 1,81 | 1,63 | 1,5 | 1,38 | 1,28 | 1,05 | 1,61 | 1,53 |
| 10 % | 1,61 | 2,39 | 2,84 | 2,51 | 1,84 | 1,66 | 1,54 | 1,4 | 1,29 | 1,06 | 1,61 | 1,53 |

A.2.8 Wasserbedarf der Teichwirtschaften in Brandenburg (TWBB)

Tabelle A - 19: Perzentilwerte (10 %, 20 %, 50 %, 80 %, 90%) des Wasserbedarfs für die Teichwirtschaften in Brandenburg (TWBB) für einen Immissionsrichtwert in Spremberg-W. von 450 mg/L (Referenz) gegenüber 400 mg/L (Szenario 1) für Periode 4, 5 und 6.

| Wasserbedarf der Teichwirtschaften in Brandenburg (TWBB) in m ³ /s | | | | | | | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-----|-----|-----|-----|
| Perzentil | Jan | Feb | Mrz | Apr | Mai | Jun | Jul | Aug | Sep | Okt | Nov | Dez |
| Periode 4 (Referenz) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 1,5 | 1,6 | 1,72 | 1,79 | 1,7 | 0,934 | 0,94 | 0,923 | 0 | 0 | 0 | 1,3 |
| 80 % | 1,5 | 1,61 | 1,73 | 1,8 | 1,72 | 0,949 | 0,958 | 0,932 | 0 | 0 | 0 | 1,3 |
| 50 % | 1,5 | 1,61 | 1,73 | 1,81 | 1,75 | 0,98 | 0,995 | 0,952 | 0 | 0 | 0 | 1,3 |
| 20 % | 1,5 | 1,61 | 1,74 | 1,84 | 1,78 | 1,01 | 1,03 | 0,973 | 0 | 0 | 0 | 1,3 |
| 10 % | 1,5 | 1,61 | 1,75 | 1,85 | 1,79 | 1,03 | 1,05 | 0,983 | 0 | 0 | 0 | 1,3 |
| Periode 4 (Szenario 1) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 1,5 | 1,6 | 1,72 | 1,79 | 1,7 | 0,934 | 0,94 | 0,923 | 0 | 0 | 0 | 1,3 |
| 80 % | 1,5 | 1,61 | 1,73 | 1,8 | 1,72 | 0,949 | 0,958 | 0,932 | 0 | 0 | 0 | 1,3 |
| 50 % | 1,5 | 1,61 | 1,73 | 1,81 | 1,75 | 0,98 | 0,995 | 0,952 | 0 | 0 | 0 | 1,3 |
| 20 % | 1,5 | 1,61 | 1,74 | 1,84 | 1,78 | 1,01 | 1,03 | 0,973 | 0 | 0 | 0 | 1,3 |
| 10 % | 1,5 | 1,61 | 1,75 | 1,85 | 1,79 | 1,03 | 1,05 | 0,983 | 0 | 0 | 0 | 1,3 |
| Periode 5 (Referenz) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 1,5 | 1,6 | 1,72 | 1,78 | 1,7 | 0,935 | 0,938 | 0,922 | 0 | 0 | 0 | 1,3 |
| 80 % | 1,5 | 1,61 | 1,73 | 1,79 | 1,72 | 0,95 | 0,952 | 0,934 | 0 | 0 | 0 | 1,3 |
| 50 % | 1,5 | 1,61 | 1,73 | 1,81 | 1,74 | 0,976 | 0,988 | 0,953 | 0 | 0 | 0 | 1,3 |
| 20 % | 1,5 | 1,61 | 1,74 | 1,83 | 1,77 | 1,01 | 1,03 | 0,976 | 0 | 0 | 0 | 1,3 |
| 10 % | 1,51 | 1,61 | 1,75 | 1,84 | 1,79 | 1,03 | 1,05 | 0,988 | 0 | 0 | 0 | 1,3 |
| Periode 5 (Szenario 1) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 1,5 | 1,6 | 1,72 | 1,78 | 1,7 | 0,935 | 0,938 | 0,922 | 0 | 0 | 0 | 1,3 |
| 80 % | 1,5 | 1,61 | 1,73 | 1,79 | 1,72 | 0,95 | 0,952 | 0,934 | 0 | 0 | 0 | 1,3 |
| 50 % | 1,5 | 1,61 | 1,73 | 1,81 | 1,74 | 0,976 | 0,988 | 0,953 | 0 | 0 | 0 | 1,3 |
| 20 % | 1,5 | 1,61 | 1,74 | 1,83 | 1,77 | 1,01 | 1,03 | 0,976 | 0 | 0 | 0 | 1,3 |
| 10 % | 1,51 | 1,61 | 1,75 | 1,84 | 1,79 | 1,03 | 1,05 | 0,988 | 0 | 0 | 0 | 1,3 |
| Periode 6 (Referenz) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 1,5 | 1,61 | 1,72 | 1,79 | 1,7 | 0,939 | 0,929 | 0,922 | 0 | 0 | 0 | 1,3 |
| 80 % | 1,5 | 1,61 | 1,73 | 1,79 | 1,72 | 0,95 | 0,95 | 0,932 | 0 | 0 | 0 | 1,3 |
| 50 % | 1,5 | 1,61 | 1,74 | 1,81 | 1,74 | 0,977 | 0,985 | 0,953 | 0 | 0 | 0 | 1,3 |
| 20 % | 1,5 | 1,61 | 1,74 | 1,84 | 1,77 | 1,01 | 1,02 | 0,973 | 0 | 0 | 0 | 1,3 |
| 10 % | 1,51 | 1,61 | 1,75 | 1,85 | 1,79 | 1,02 | 1,05 | 0,986 | 0 | 0 | 0 | 1,3 |
| Periode 6 (Szenario 1) | | | | | | | | | | | | |
| 90 % | 1,5 | 1,61 | 1,72 | 1,79 | 1,7 | 0,939 | 0,929 | 0,922 | 0 | 0 | 0 | 1,3 |
| 80 % | 1,5 | 1,61 | 1,73 | 1,79 | 1,72 | 0,95 | 0,95 | 0,932 | 0 | 0 | 0 | 1,3 |
| 50 % | 1,5 | 1,61 | 1,74 | 1,81 | 1,74 | 0,977 | 0,985 | 0,953 | 0 | 0 | 0 | 1,3 |
| 20 % | 1,5 | 1,61 | 1,74 | 1,84 | 1,77 | 1,01 | 1,02 | 0,973 | 0 | 0 | 0 | 1,3 |
| 10 % | 1,51 | 1,61 | 1,75 | 1,85 | 1,79 | 1,02 | 1,05 | 0,986 | 0 | 0 | 0 | 1,3 |

ANHANG B

Richtwerte zu Neubrück und Briesen

B Richtwerte zu Neubrück und Briesen

B.1 Periode 4

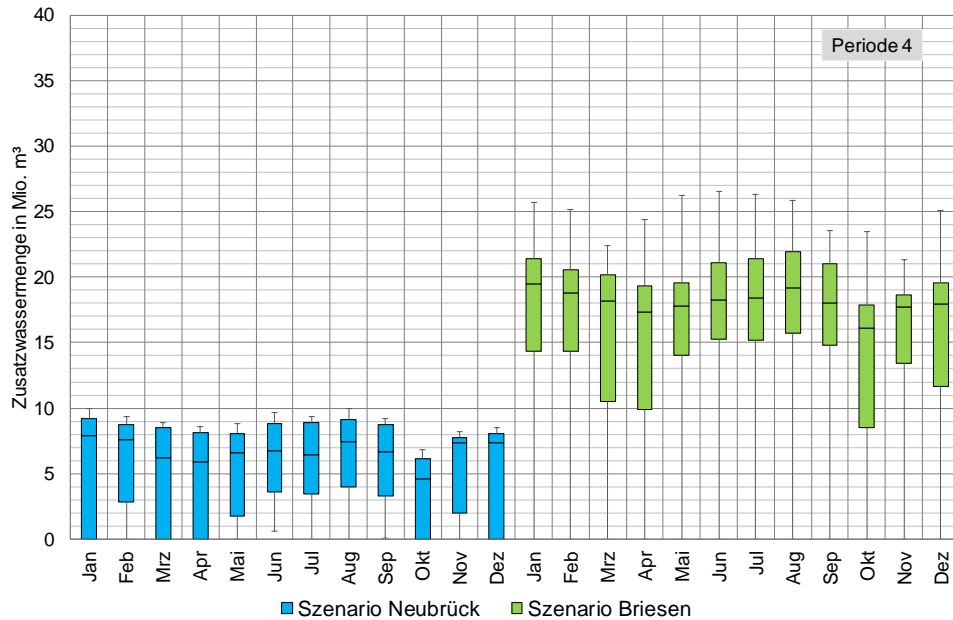


Abbildung B - 1: Monatliche Zusatzwassermengen aus dem fiktiven Speicher zur Einhaltung der IRW für Neubrück (10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %- und 90 %-Sicherheit) und Briesen (1 %-, 10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %-, 90 %- und 99 %-Sicherheit) für Periode 4.

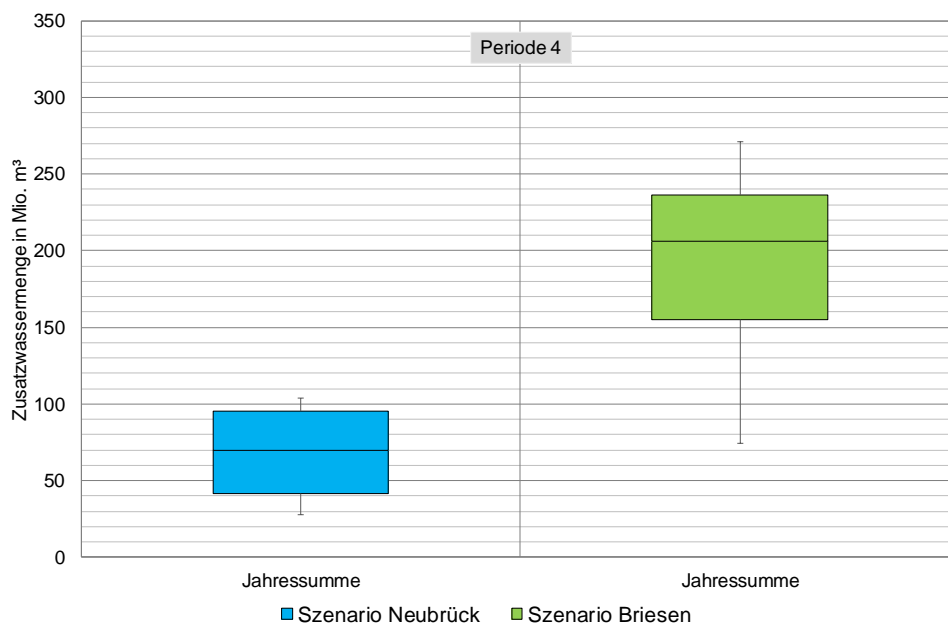


Abbildung B - 2: Jahressummen der Zusatzwassermengen aus dem fiktiven Speicher zur Einhaltung der IRW für Neubrück (10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %- und 90 %-Sicherheit) und Briesen (1 %-, 10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %-, 90 %- und 99 %-Sicherheit) für Periode 4.

Tabelle B - 1: Monats- und Jahressummen der Zusatzwassermengen aus dem fiktiven Speicher zur Einhaltung der IRW für Neubrück (10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %-, 90 %-Sicherheit) und Briesen (1 %-, 10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %-, 90 %-, 99 %-Sicherheit) in Mio. m³ für Periode 4.

| Zusatzwassermenge in Mio. m ³ | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| Sicherheit | Jan | Feb | Mrz | Apr | Mai | Jun | Jul | Aug | Sep | Okt | Nov | Dez | Jahr |
| Neubrück | | | | | | | | | | | | | |
| 10 % | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,631 | 0 | 0 | 0,079 | 0 | 0 | 0 | 27,8 |
| 20 % | 0 | 2,81 | 0 | 0 | 1,79 | 3,57 | 3,42 | 4,02 | 3,26 | 0 | 1,971 | 0 | 41,8 |
| 50 % | 7,88 | 7,57 | 6,20 | 5,91 | 6,6 | 6,78 | 6,46 | 7,44 | 6,70 | 4,60 | 7,36 | 7,36 | 69,8 |
| 80 % | 9,20 | 8,78 | 8,49 | 8,12 | 8,07 | 8,80 | 8,88 | 9,12 | 8,78 | 6,12 | 7,75 | 8,07 | 95,3 |
| 90 % | 9,99 | 9,33 | 8,88 | 8,62 | 8,8 | 9,64 | 9,36 | 9,96 | 9,17 | 6,83 | 8,23 | 8,54 | 104 |
| WW Briesen | | | | | | | | | | | | | |
| 1 % | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 74,5 |
| 10 % | 7,28 | 11,56 | 3,02 | 2,65 | 10,22 | 11,67 | 12,69 | 12,51 | 11,35 | 0,5 | 9,62 | 0 | 128 |
| 20 % | 14,32 | 14,35 | 10,54 | 9,91 | 14,06 | 15,27 | 15,19 | 15,69 | 14,77 | 8,51 | 13,4 | 11,64 | 155 |
| 50 % | 19,47 | 18,82 | 18,16 | 17,32 | 17,77 | 18,29 | 18,37 | 19,16 | 18,03 | 16,08 | 17,71 | 17,95 | 206 |
| 80 % | 21,37 | 20,55 | 20,21 | 19,34 | 19,58 | 21,13 | 21,37 | 21,94 | 21,02 | 17,9 | 18,66 | 19,53 | 236 |
| 90 % | 22,47 | 21,18 | 20,71 | 20,42 | 20,76 | 21,84 | 22,44 | 23,31 | 21,5 | 18,92 | 19,58 | 20,29 | 246 |
| 99 % | 25,73 | 25,18 | 22,39 | 24,41 | 26,25 | 26,54 | 26,28 | 25,89 | 23,57 | 23,49 | 21,31 | 25,10 | 271 |

B.2 Periode 5

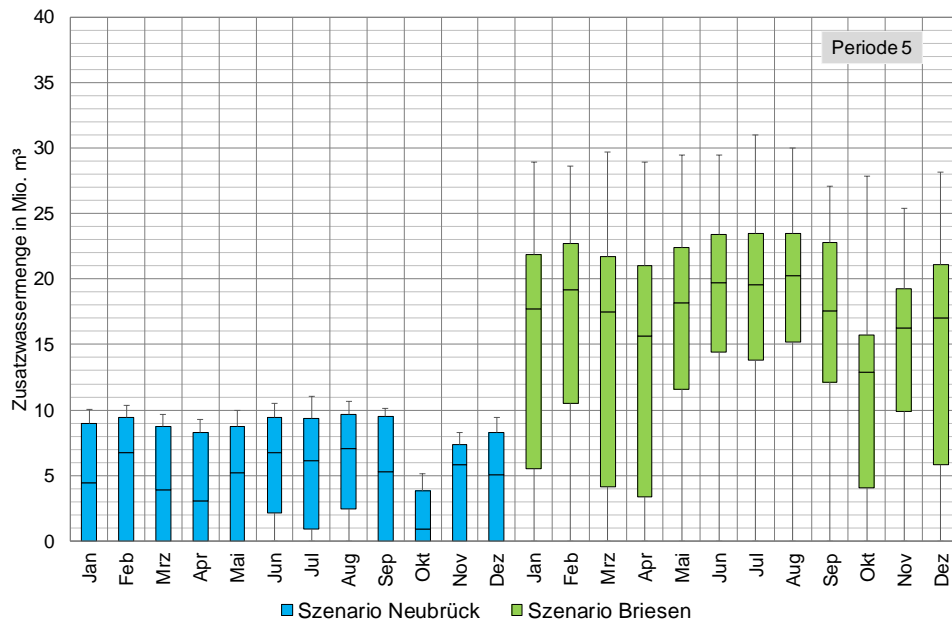


Abbildung B - 3: Monatliche Zusatzwassermengen aus dem fiktiven Speicher zur Einhaltung der IRW für Neubrück (10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %- und 90 %-Sicherheit) und Briesen (1 %-, 10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %-, 90 %- und 99 %-Sicherheit) für Periode 5

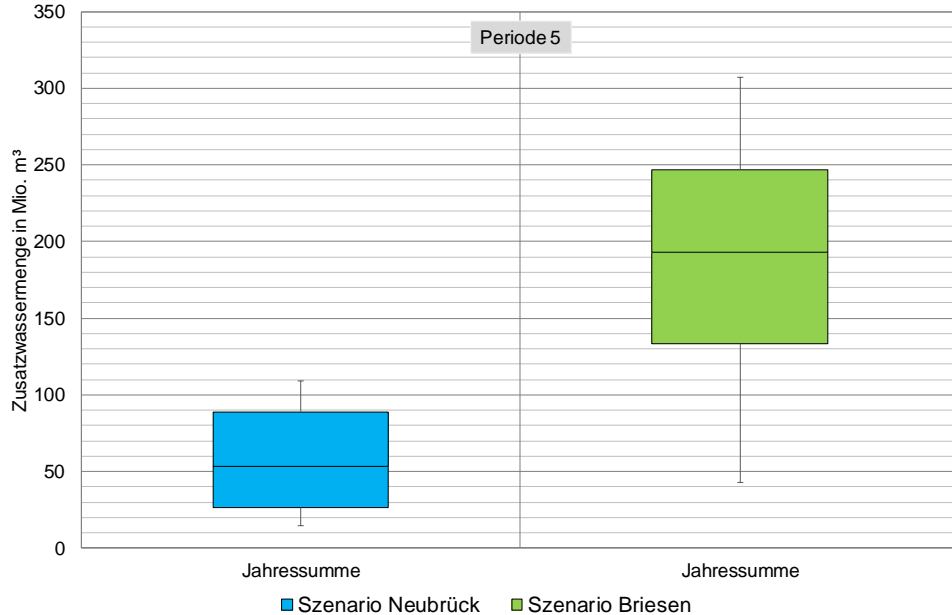


Abbildung B - 4: Jahressummen der Zusatzwassermengen aus dem fiktiven Speicher zur Einhaltung der IRW für Neubrück (10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %- und 90 %-Sicherheit) und Briesen (1 %-, 10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %-, 90 %- und 99 %-Sicherheit) für Periode 5.

Tabelle B - 2: Monats- und Jahressummen der Zusatzwassermengen aus dem fiktiven Speicher zur Einhaltung der IRW für Neubrück (10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %-, 90 %-Sicherheit) und Briesen (10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %-, 90 %-, 99 %-Sicherheit) in Mio. m³ für Periode 5.

| Zusatzwassermenge in Mio. m ³ | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| Sicherheit | Jan | Feb | Mrz | Apr | Mai | Jun | Jul | Aug | Sep | Okt | Nov | Dez | Jahr |
| Neubrück | | | | | | | | | | | | | |
| 10 % | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14,6 |
| 20 % | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2,13 | 0,92 | 2,44 | 0,00 | 0 | 0 | 0 | 26,1 |
| 50 % | 4,44 | 6,75 | 3,89 | 3,05 | 5,23 | 6,73 | 6,15 | 7,07 | 5,31 | 0,89 | 5,83 | 5,05 | 53,2 |
| 80 % | 8,94 | 9,41 | 8,72 | 8,28 | 8,78 | 9,43 | 9,38 | 9,64 | 9,51 | 3,84 | 7,38 | 8,28 | 88,4 |
| 90 % | 10,07 | 10,33 | 9,64 | 9,30 | 9,99 | 10,51 | 11 | 10,67 | 10,14 | 5,10 | 8,30 | 9,41 | 109 |
| WW Briesen | | | | | | | | | | | | | |
| 1 % | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 43 |
| 10 % | 0,00 | 2,73 | 0 | 0 | 6,2 | 7,28 | 6,15 | 6,78 | 7,81 | 0 | 0,84 | 0 | 101 |
| 20 % | 5,52 | 10,54 | 4,13 | 3,39 | 11,62 | 14,45 | 13,82 | 15,22 | 12,12 | 4,05 | 9,86 | 5,86 | 133 |
| 50 % | 17,74 | 19,16 | 17,48 | 15,66 | 18,21 | 19,68 | 19,58 | 20,24 | 17,56 | 12,9 | 16,24 | 17,06 | 193 |
| 80 % | 21,89 | 22,73 | 21,68 | 21 | 22,36 | 23,42 | 23,44 | 23,44 | 22,78 | 15,74 | 19,26 | 21,1 | 247 |
| 90 % | 23,76 | 24,73 | 23,70 | 22,47 | 24,89 | 25,02 | 25,73 | 25,33 | 24,13 | 17,9 | 21,26 | 23,02 | 269 |
| 99 % | 28,91 | 28,65 | 29,70 | 28,91 | 29,43 | 29,43 | 31,01 | 29,96 | 27,07 | 27,86 | 25,41 | 28,12 | 307 |

B.3 Periode 6

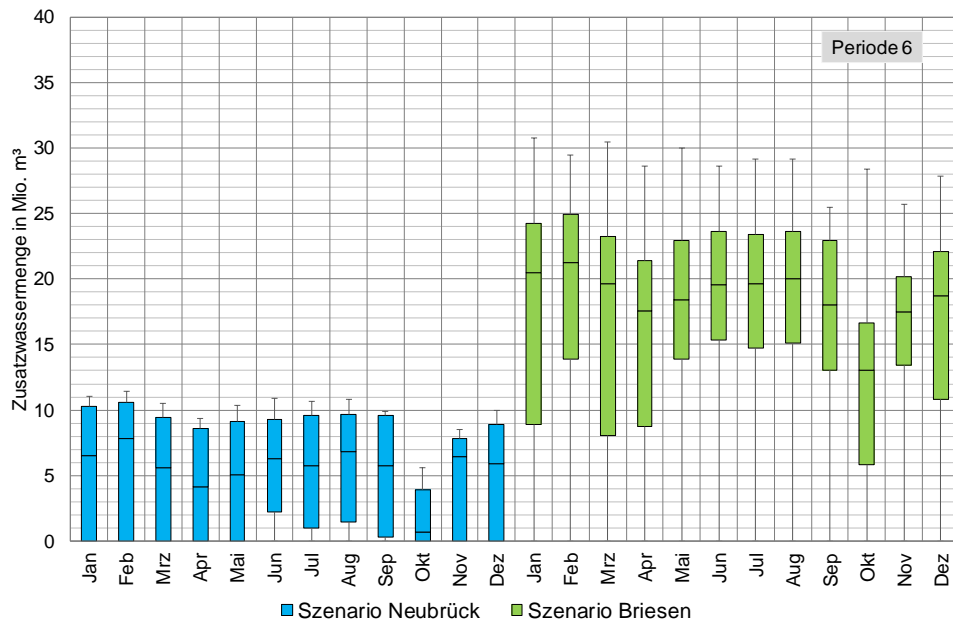


Abbildung B - 5: Monatliche Zusatzwassermengen aus dem fiktiven Speicher zur Einhaltung der IRW für Neubrück (10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %- und 90 %-Sicherheit) und Briesen (1 %-, 10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %-, 90 %- und 99 %-Sicherheit) für Periode 6

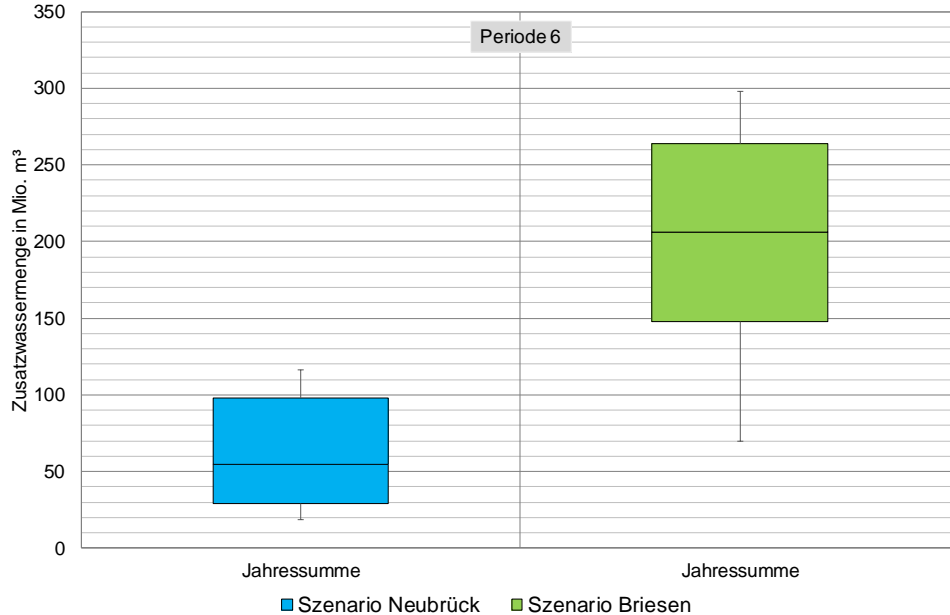


Abbildung B - 6: Jahressummen der Zusatzwassermengen aus dem fiktiven Speicher zur Einhaltung der IRW für Neubrück (10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %- und 90 %-Sicherheit) und Briesen (1 %-, 10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %-, 90 %- und 99 %-Sicherheit) für Periode 5.

Tabelle B - 3: Monats- und Jahressummen der Zusatzwassermengen aus dem fiktiven Speicher zur Einhaltung der IRW für Neubrück (10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %-, 90 %-Sicherheit) und Briesen (1 %-, 10 %-, 20 %-, 50 %-, 80 %-, 90 %-, 99 %-Sicherheit) in Mio. m³ für Periode 6.

| Zusatzwassermenge in Mio. m ³ | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| Sicherheit | Jan | Feb | Mrz | Apr | Mai | Jun | Jul | Aug | Sep | Okt | Nov | Dez | Jahr |
| Neubrück | | | | | | | | | | | | | |
| 10 % | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 18,4 |
| 20 % | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2,23 | 0,97 | 1,47 | 0,32 | 0 | 0 | 0 | 29,2 |
| 50 % | 6,54 | 7,81 | 5,57 | 4,10 | 5,02 | 6,31 | 5,78 | 6,86 | 5,76 | 0,68 | 6,41 | 5,89 | 54,5 |
| 80 % | 10,25 | 10,59 | 9,41 | 8,59 | 9,15 | 9,30 | 9,59 | 9,64 | 9,59 | 3,94 | 7,83 | 8,91 | 98,1 |
| 90 % | 11,04 | 11,41 | 10,49 | 9,38 | 10,38 | 10,88 | 10,67 | 10,83 | 9,86 | 5,57 | 8,54 | 9,99 | 116 |
| WW Briesen | | | | | | | | | | | | | |
| 1 % | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 69,4 |
| 10 % | 0 | 6,99 | 0 | 0 | 7,94 | 10,59 | 8,62 | 9,54 | 9,93 | 0 | 6,33 | 0,5 | 122 |
| 20 % | 8,86 | 13,90 | 8,02 | 8,75 | 13,88 | 15,32 | 14,69 | 15,08 | 13,06 | 5,86 | 13,43 | 10,77 | 148 |
| 50 % | 20,50 | 21,26 | 19,63 | 17,58 | 18,37 | 19,55 | 19,66 | 20 | 18 | 13,06 | 17,45 | 18,71 | 206 |
| 80 % | 24,23 | 24,97 | 23,23 | 21,37 | 22,97 | 23,63 | 23,39 | 23,65 | 22,94 | 16,61 | 20,18 | 22,1 | 264 |
| 90 % | 26,28 | 26,54 | 25,96 | 23,18 | 25,28 | 24,94 | 25,89 | 25,78 | 23,55 | 20,18 | 21,42 | 24,86 | 277 |
| 99 % | 30,75 | 29,43 | 30,48 | 28,65 | 29,96 | 28,65 | 29,17 | 29,17 | 25,49 | 28,38 | 25,73 | 27,86 | 298 |