

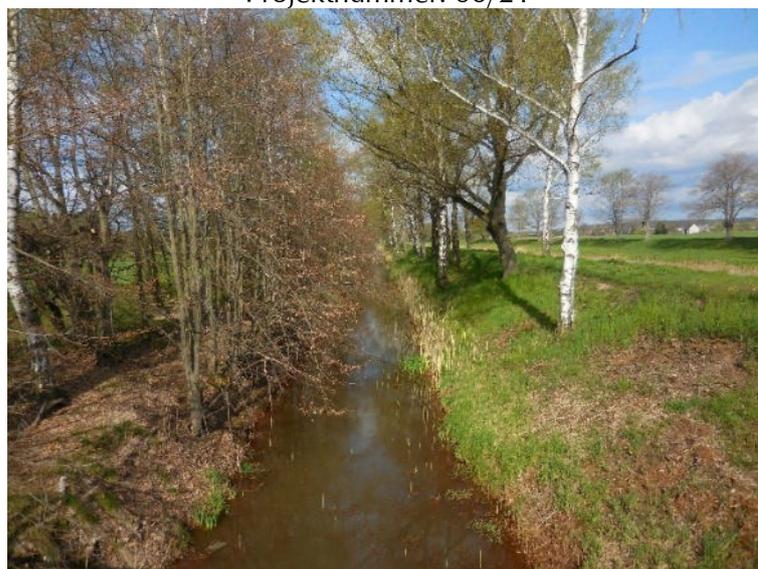
*Für das Landesamt für Bergbau, Geologie  
und Rohstoffe Brandenburg*



## **Strategisches Hintergrundpapier zu den bergbaubedingten Stoffeinträgen in den Flusseinzugsgebieten Spree und Schwarze Elster.**

### **Untersuchung von Prüffällen für OWK zur Bestimmung und Abgrenzung von bergbaubedingten Stoffeinträgen.**

Auftrag 2021/045 vom 12.04.2021  
Projektnummer: 06/21



Hauptschradengraben vor der Einmündung in die Schwarze Elster  
(Foto: Hiekel, Mai 2021).

Dresden, am 12.04.2023



*Für das Landesamt für  
Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg*



## **Strategisches Hintergrundpapier zu den bergbaubedingten Stoffeinträgen in den Flusseinzugsgebieten Spree und Schwarze Elster.**

## **Untersuchung von Prüffällen für OWK zur Bestimmung und Abgrenzung von bergbaubedingten Stoffeinträgen.**

Auftraggeber: Landesamt für Bergbau, Geologie und  
Rohstoffe Brandenburg (LBGR)  
Inselstraße 26, 03046 Cottbus

Auftrag: 2021/045 vom 12.04.2021

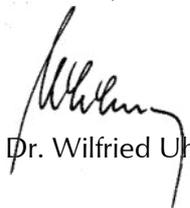
Verantwortlicher: Herr Uwe Neumann

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

Projektnummer: 06/21

Bearbeiter: Dr. Wilfried Uhlmann  
Dr. Yvonne Hillecke  
M. Sc. (Geographie) Robert Hiekel  
Dipl.-Hydrologe Kai Zimmermann

Dresden, am 12.04.2023



Dr. Wilfried Uhlmann





## Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>1</b>
<b>Bilderverzeichnis</b>	<b>4</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>12</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>17</b>
<b>Zusammenfassung</b>	<b>18</b>
<b>1 Veranlassung</b>	<b>23</b>
<b>2 Aufgabenstellung</b>	<b>23</b>
<b>3 Konzept</b>	<b>26</b>
3.1 Grundlagen	26
3.2 Auswertung verfügbarer Daten und Informationen	32
3.2.1 Recherche von Daten zum Durchfluss und zur Beschaffenheit	32
3.2.2 Recherche weiterer thematisch relevanter Informationen	33
3.2.3 Auswertung und Bewertung der Daten	34
3.3 Gebietsbegehung	35
3.4 Messkampagnen zur Stoffbelastung	36
3.4.1 Festlegung von Messstellen	36
3.4.2 Planung und Durchführung von Messkampagnen	38
3.4.3 Analytik und Qualitätssicherung	39
3.4.4 Auswertung und Bewertung der erhobenen Daten	40
3.5 Erkundung von diffusen Stoffquellen	43
3.6 Bewertung des Bergbaueinflusses	45
3.7 Maßnahmen	47
<b>4 Durchgeführte Untersuchungen</b>	<b>48</b>
4.1 Auswahl der Untersuchungsgebiete	48
4.2 Beprobungskampagnen	50
4.3 Analytik	50
4.4 Plausibilitätsprüfung	51
<b>5 Witterung im Monitoringzeitraum</b>	<b>53</b>
<b>6 Spree</b>	<b>60</b>
6.1 Untersuchungsgebiet	60
6.2 Wasserbeschaffenheit	62
6.3 Bilanzen	67
6.4 Synthese	72
6.4.1 Kenntnisstand	72
6.4.2 Verursacheranalyse	72
6.4.3 Maßnahmen	73
<b>7 Schraden</b>	<b>74</b>
7.1 Untersuchungsgebiet	74
7.2 Gebietserkundung	77
7.2.1 Ortsbegehung	77
7.2.2 Gewässerbenutzung	80
7.2.3 Daten Dritter	82
7.3 Festlegung von Messstellen	85
7.4 Durchfluss	86
7.4.1 Hauptschradengraben	86
7.4.2 Großthiemig-Grödener-Binnengraben	87



7.4.3	Gesamtschau.....	89
7.5	Wasserbeschaffenheit.....	89
7.5.1	Hauptschradengraben.....	89
7.5.2	Großthiemig-Grödener-Binnengraben.....	94
7.5.3	Gesamtschau.....	100
7.6	Bilanzen.....	103
7.6.1	Wassermengen.....	103
7.6.2	Stoffmengen.....	105
7.7	Synthese.....	108
7.7.1	Kenntnisstand.....	108
7.7.2	Verursacheranalyse.....	108
7.7.3	Maßnahmen.....	110
<b>8</b>	<b>Kleine Elster.....</b>	<b>110</b>
8.1	Untersuchungsgebiet.....	110
8.2	Gebietserkundung.....	114
8.2.1	Ortsbegehung.....	114
8.2.2	Gewässerbenutzung.....	118
8.2.3	Daten Dritter.....	120
8.3	Festlegung von Messstellen.....	124
8.4	Durchfluss.....	126
8.5	Wasserbeschaffenheit.....	128
8.6	Bilanzen.....	139
8.6.1	Wassermengen.....	139
8.6.2	Stoffmengen.....	140
8.7	Synthese.....	142
8.7.1	Kenntnisstand.....	142
8.7.2	Verursacheranalyse.....	142
8.7.3	Maßnahmen.....	144
<b>9</b>	<b>Vincenzgraben.....</b>	<b>145</b>
9.1	Untersuchungsgebiet.....	145
9.2	Gebietserkundung.....	148
9.2.1	Ortsbegehung.....	148
9.2.2	Gewässerbenutzung.....	153
9.2.3	Daten Dritter.....	154
9.3	Festlegung von Messstellen.....	159
9.4	Durchfluss.....	160
9.5	Wasserbeschaffenheit.....	162
9.6	Bilanzen.....	171
9.6.1	Wassermengen.....	171
9.6.2	Stoffmengen.....	171
9.7	Synthese.....	174
9.7.1	Kenntnisstand.....	174
9.7.2	Verursacheranalyse.....	175
9.7.3	Maßnahmen.....	176
<b>10</b>	<b>Ständergraben.....</b>	<b>176</b>
10.1	Untersuchungsgebiet.....	176
10.2	Gebietserkundung.....	179
10.2.1	Ortsbegehung.....	179
10.2.2	Gewässerbenutzung.....	182



10.2.3	Daten Dritter .....	183
10.3	Festlegung von Messstellen .....	186
10.4	Durchfluss .....	187
10.5	Wasserbeschaffenheit .....	190
10.6	Bilanzen.....	197
10.6.1	Wassermengen.....	197
10.6.2	Stoffmengen .....	198
10.7	Synthese .....	200
10.7.1	Kenntnisstand .....	200
10.7.2	Verursacheranalyse .....	200
10.7.3	Maßnahmen.....	201
<b>11</b>	<b>Schlussfolgerungen .....</b>	<b>202</b>
<b>12</b>	<b>Quellenverzeichnis .....</b>	<b>203</b>



## Bilderverzeichnis

Bild 1:	Konzept zur Beurteilung des räumlichen Bergbaueinflusses von Gewässerbelastungen mit Sulfat, Eisen oder Versauerung, Abbildung aus IWB & gIR (2020).....	26
Bild 2:	Flächenhafte Abgrenzung des Bergbaueinflusses im Lausitzer Braunkohlenrevier, Abbildung aus IWB & gIR (2020).....	28
Bild 3:	Schema zur Beurteilung des Bergbaueinflusses von Fließgewässer-OWK nach dem Clusterkonzept zur Berücksichtigung unterschiedlicher Daten- und Kenntnisstände. ....	30
Bild 4:	Schema für die Platzierung von Messstellen an Bilanzknoten von Fließgewässern. ....	37
Bild 5:	Lage und Abgrenzung der vier Untersuchungsgebiete Schraden, Kleine Elster, Ständergraben und Vincenzgraben mit den Grenzen des Bergbaueinflusses nach IWB & gIR (2020).....	50
Bild 6:	Vergleich der vor Ort und im Labor gemessenen pH-Werte (links) und elektrischen Leitfähigkeiten (rechts) in den Fließgewässern im Rahmen der Prüffalluntersuchungen.	52
Bild 7:	Lage der DWD-Stationen Hoyerswerda, Doberlug-Kirchhain und Lübben-Blumenfelde sowie Lage und Ausdehnung der vier Untersuchungsgebiete Schraden, Kleine Elster, Ständergraben und Vincenzgraben. ....	53
Bild 8:	Tagessummen des korrigierten Niederschlags (blau) und Ganglinie des kumulierten Niederschlags (schwarz) im Kalenderjahr 2021 an der DWD-Station Doberlug-Kirchhain.	55
Bild 9:	Gegenüberstellung der Jahressummen des korrigierten Niederschlags und der Jahresmittel der Lufttemperatur in den einzelnen Kalenderjahren 2012 bis 2021 mit den 10-jährigen Mittelwerten (Kalenderjahre 2012 bis 2021) der Jahressumme des Niederschlags (blaue Linie) und der Lufttemperatur (rote Linie) an der DWD-Station Doberlug-Kirchhain. ....	55
Bild 10:	Tagessummen des korrigierten Niederschlags (blau) und Ganglinie des kumulierten Niederschlags (schwarz) im Kalenderjahr 2021 an der DWD-Station Hoyerswerda. ....	57
Bild 11:	Gegenüberstellung der Jahressummen des korrigierten Niederschlags und der Jahresmittel der Lufttemperatur in den einzelnen Kalenderjahren von 2012 bis 2021 mit den 10-jährigen Mittelwerten (Kalenderjahre von 2012 bis 2021) der Jahressumme des Niederschlags (blaue Linie) und der Lufttemperatur (rote Linie) an der DWD-Station Hoyerswerda.....	57
Bild 12:	Tagessummen des korrigierten Niederschlags (blau) und Ganglinie des kumulierten Niederschlags (schwarz) im Kalenderjahr 2021 an der DWD-Station Lübben-Blumenfelde. ....	59
Bild 13:	Gegenüberstellung der Jahressummen des korrigierten Niederschlags und der Jahresmittel der Lufttemperatur in den einzelnen Kalenderjahren von 2012 bis 2021 mit den 10-jährigen Mittelwerten (Kalenderjahre 2012 bis 2021) der Jahressumme des Niederschlags (blaue Linie) und der Lufttemperatur (rote Linie) an der DWD-Station Lübben-Blumenfelde.....	59
Bild 14:	Spree zwischen der Talsperre Bautzen und Berlin mit Oberflächenwasserkörpern, den Referenzmessstellen nach Tabelle 16 und den Grenzen des Bergbaueinflusses nach IWB & gIR (2020).....	62



Bild 15:	Mittelwerte der Jahresminima und Jahresmaxima des pH-Wertes (hydrologische Jahre 2010-2021) im Längsschnitt der Spree, Orientierungswert gemäß OGewV (2016). ....	64
Bild 16:	Mittelwerte und 10/90-Perzentile der Eisenkonzentration (hydrologische Jahre 2010-2021) im Längsschnitt der Spree, Orientierungswert gemäß OGewV (2016).....	65
Bild 17:	Mittelwerte und 10/90-Perzentile der Sulfatkonzentration (hydrologische Jahre 2010-2021) im Längsschnitt der Spree, Orientierungswert gemäß OGewV (2016).....	66
Bild 18:	Anteilige Herkunft der Sulfatbelastung der Spree im Südraum, im Nordraum und im Gesamttraum (Angaben der Sulfatfracht in t/a, Datenzeitraum: 2012 bis 2015) nach IWB (2015a). ....	67
Bild 19:	Entwicklung der jährlichen Sulfateinträge aus den Wasserbehandlungsanlagen der LE-B und dem mit Sumpfungswasser versorgten Kraftwerk Schwarze Pumpe der LE-K in die Spree im Südraum in den Kalenderjahren 2010 bis 2020. ....	68
Bild 20:	Entwicklung der aus den Bergbaufolgeseen der LMBV in die Spree eingetragenen Sulfatfrachten in den Kalenderjahren 2010 bis 2020. ....	69
Bild 21:	Lage der für die Bilanzierung der Sulfatfrachten im Längsschnitt der Spree zwischen Lübben und Neuzittau verwendeten Durchfluss- und Beschaffenheitsmessstellen. ....	70
Bild 22:	Entwicklung der mittleren Sulfatfrachten sowie des natürlichen und bergbaulichen Frachtanteils in den hydrologischen Jahren 2010 bis 2020 an ausgewählten Bilanzprofilen im Längsschnitt der Spree zwischen Lübben und Neuzittau nach der Tabelle 19. ....	72
Bild 23:	Lage des Untersuchungsgebietes Schraden mit den Grenzen des Bergbaueinflusses nach IWB & gIR (2020). ....	75
Bild 24:	Übersicht des Untersuchungsgebietes Schraden mit Oberflächenwasserkörpern und Grenzen des Bergbaueinflusses nach IWB & gIR (2020). ....	76
Bild 25:	Übersicht der Befunde der Begehung des Untersuchungsgebietes Schraden im Mai 2021. ....	77
Bild 26:	Hauptschradengraben zwischen den Ortslagen Lindenau und Rothes Buschhaus (P12) im Einflussbereich der Wasserfassung des kommunalen Wasserwerks Tettau (vollständige Versickerung, oben links) und nach dem Einflussbereich der Wasserfassung bei Kaupen (P11) (oben rechts) sowie am Zusammenfluss mit dem Großen Schradener Binnengraben (P10) (unten links) und vor der Einmündung in die Schwarze Elster (P2) (unten rechts) (Fotos: Hiekel, Mai 2021). ....	78
Bild 27:	Großer Schradener Binnengraben südlich von Lauchhammer (P14) (rechts) und Kleiner Binnengraben (P13) (links) (Fotos: Hiekel, Mai 2021). ....	79
Bild 28:	Großthiemig- Grödener Binnengraben vor der Passage der unteren Pulsnitzniederung (P15) (links) und nach der unteren Pulsnitzniederung bzw. vor der Einmündung in das Sammelbecken des Schöpfwerks Krauschütz (P8) (rechts) (Fotos: Hiekel, Mai 2021). ....	79
Bild 29:	Plessaer Binnengraben südlich der Ortslage Plessa (P7) (oben links) mit dem Zustrom (P6) (oben rechts) aus der Feldentwässerung (P5) (unten links) nördlich der Ortslage Reißdamm sowie vor der Einmündung in den Großthiemig-Grödener Binnengraben (P3) (unten rechts) (Fotos: Hiekel, Mai 2021). ....	80
Bild 30:	Beginn des Lachnitzgrabens südwestlich der Ortslage Schraden (P9) (links) und Lachnitzgraben (P4) (rechts) vor der Passage der unteren Pulsnitzniederung (Fotos: Hiekel, Mai 2021). ....	80



Bild 31:	Übersicht der Gewässerbenutzungen im Untersuchungsgebiet Schraden. ....	82
Bild 32:	Lage der Messstellen Dritter im Untersuchungsgebiet Schraden nach Tabelle 25. ....	83
Bild 33:	pH-Wert im Hauptschradengraben, im Großthiemig-Grödener-Binnengraben und in der Schwarzen Elster nach der Einmündung der Gräben sowie Durchfluss in der Schwarzen Elster am Pegel Lauchhammer von 2015 bis 2021. Berichtszeitraum rot markiert. ....	84
Bild 34:	Alkalinität als $K_{S4,3}$ im Hauptschradengraben, im Großthiemig-Grödener-Binnengraben und in der Schwarzen Elster nach der Einmündung der Gräben sowie Durchfluss in der Schwarzen Elster am Pegel Lauchhammer von 2015 bis 2021. Berichtszeitraum rot markiert. ....	84
Bild 35:	Sulfatkonzentration im Hauptschradengraben, im Großthiemig-Grödener-Binnengraben und in der Schwarzen Elster nach der Einmündung der Gräben sowie Durchfluss in der Schwarzen Elster am Pegel Lauchhammer von 2015 bis 2021. Berichtszeitraum rot markiert. ....	84
Bild 36:	Übersicht der projektbezogen eingerichteten Monitoringmessstellen im Untersuchungsgebiet Schraden. ....	86
Bild 37:	Mittelwerte des Durchflusses [ $m^3/s$ ] der Stichtagsmessungen an den Messstellen im Untersuchungsgebiet Schraden entsprechend Tabelle 28 und Tabelle 29.....	89
Bild 38:	pH-Wert und Säurekapazität $K_{S4,3}$ bzw. $K_{B4,3}$ im Hauptschradengraben und an der Mündung des Großen-Schradener-Binnengrabens im Messzeitraum von Juni bis November 2021. ....	91
Bild 39:	pH-Wert und Säurekapazität $K_{S4,3}$ bzw. $K_{B4,3}$ im Längsschnitt des Hauptschradengrabens im Messzeitraum von Juni bis November 2021. ....	91
Bild 40:	Eisen- und Sulfatkonzentration im Hauptschradengraben und an der Mündung des Großen-Schradener-Binnengrabens im Messzeitraum von Juni bis November 2021. ....	94
Bild 41:	Eisen- und Sulfatkonzentration im Längsschnitt des Hauptschradengrabens im Messzeitraum von Juni bis November 2021. ....	94
Bild 42:	pH-Wert und Säurekapazität $K_{S4,3}$ bzw. $K_{B4,3}$ im Plessaer Binnengraben im Messzeitraum von Juni bis November 2021. ....	96
Bild 43:	pH-Wert und Säurekapazität $K_{S4,3}$ bzw. $K_{B4,3}$ im Längsschnitt des Großthiemig-Grödener-Binnengrabens im Messzeitraum von Juni bis November 2021. ....	96
Bild 44:	Eisen- und Sulfatkonzentration im Plessaer Binnengraben im Messzeitraum von Juni bis November 2021. ....	99
Bild 45:	Eisen- und Sulfatkonzentration im Längsschnitt des Großthiemig-Grödener-Binnengrabens im Messzeitraum von Juni bis November 2021. ....	99
Bild 46:	Minima des pH-Wertes (vor-Ort) der Stichtagsmessungen an den Messstellen im Untersuchungsgebiet Schraden entsprechend Tabelle 30 und Tabelle 34.....	100
Bild 47:	Minima der Säure-/Basenkapazität bei $pH=4,3$ der Stichtagsmessungen an den Messstellen im Untersuchungsgebiet Schraden entsprechend Tabelle 31 und Tabelle 35 (Die Basenkapazität bei $pH=4,3$ wird mit negativem Vorzeichen dargestellt). ....	101
Bild 48:	Mittelwerte der Eisen-gesamt-Konzentration der Stichtagsmessungen an den Messstellen im Untersuchungsgebiet Schraden entsprechend Tabelle 32 und Tabelle 36.....	102



Bild 49:	Mittelwerte der Sulfatkonzentration der Stichtagsmessungen an den Messstellen im Untersuchungsgebiet Schraden entsprechend Tabelle 33 und Tabelle 37.....	103
Bild 50:	Durchflussstatistik der sechs Stichtagsmessungen an den Messstellen im Untersuchungsgebiet Schraden – Teileinzugsgebiet Hauptschradengraben. Zuflüsse zum Hauptschradengraben sind blau gekennzeichnet. Zuflüsse II. Ordnung sind grün gekennzeichnet.....	104
Bild 51:	Durchflussstatistik der sechs Stichtagsmessungen an den Messstellen im Untersuchungsgebiet Schraden – Teileinzugsgebiet Großthiemig-Grödener-Binnengraben. Zuflüsse zum Großthiemig-Grödener-Binnengraben sind blau gekennzeichnet. Zuflüsse II. Ordnung sind grün gekennzeichnet.....	105
Bild 52:	Statistik der Eisenfracht der sechs Stichtagsmessungen an den Messstellen im Untersuchungsgebiet Schraden – Teileinzugsgebiet Hauptschradengraben. Zuflüsse zum Hauptschradengraben sind blau gekennzeichnet. Zuflüsse II. Ordnung sind grün gekennzeichnet.....	106
Bild 53:	Statistik der Eisenfracht der sechs Stichtagsmessungen an den Messstellen im Untersuchungsgebiet Schraden – Teileinzugsgebiet Großthiemig-Grödener-Binnengraben. Zuflüsse zum Großthiemig-Grödener-Binnengraben sind blau gekennzeichnet. Zuflüsse II. Ordnung sind grün gekennzeichnet.....	106
Bild 54:	Statistik der Sulfatfracht der sechs Stichtagsmessungen an den Messstellen im Untersuchungsgebiet Schraden – Teileinzugsgebiet Hauptschradengraben. Zuflüsse zum Hauptschradengraben sind blau gekennzeichnet. Zuflüsse II. Ordnung sind grün gekennzeichnet.....	107
Bild 55:	Statistik der Sulfatfracht der sechs Stichtagsmessungen an den Messstellen im Untersuchungsgebiet Schraden – Teileinzugsgebiet Großthiemig-Grödener-Binnengraben. Zuflüsse zum Großthiemig-Grödener-Binnengraben sind blau gekennzeichnet. Zuflüsse II. Ordnung sind grün gekennzeichnet.....	108
Bild 56:	Lage des Untersuchungsgebietes Kleine Elster mit den Grenzen des Bergbaueinflusses nach IWB & gIR (2020). .....	113
Bild 57:	Übersicht des Untersuchungsgebietes Kleine Elster mit Oberflächenwasserkörpern und Grenzen des Bergbaueinflusses nach IWB & gIR (2020). .....	113
Bild 58:	Übersicht der Befunde der Begehung des Untersuchungsgebietes Kleine Elster im Mai 2021. ....	115
Bild 59:	Kleine Elster im Oberlauf bei Saadow (P13). .....	115
Bild 60:	Ponnsdorfer Graben (links) (P11) sowie Riethgraben mündungsnah (rechts) (P12).....	116
Bild 61:	Breiter Graben bei Werenzhain (links) (P9) sowie Sonnewalder Landgraben mündungsnah (rechts) (P10). .....	116
Bild 62:	Schacke im Mündungsbereich am Pegel Lindena (links) (P7) sowie im Oberlauf bei Drößig (rechts) (P8). .....	116
Bild 63:	Kleine Elster in Schadewitz (links) (P1) nach Einmündung des Randgraben (rechts) (P2). .....	117
Bild 64:	Flösse im Mündungsbereich (links) (P3) sowie im Oberlauf vor Einmündung des Sornoer Hauptgraben (rechts) (P4). .....	117
Bild 65:	Trockener Floßgraben im Kreuzungsbereich mit der Flösse (links) (P5) sowie Rückersdorfer Neugraben mündungsnah (rechts) (P6). .....	117



Bild 66:	Übersicht der Gewässerbenutzungen im Untersuchungsgebiet Kleine Elster. ....	119
Bild 67:	Lage der Messstellen Dritter im Untersuchungsgebiet Kleine Elster nach Tabelle 43....	121
Bild 68:	pH-Wert sowie Durchfluss in der Kleinen Elster sowie in der Schacke und in der Flösse von 2015 bis 2021. Berichtszeitraum rot markiert. ....	123
Bild 69:	Alkalinität als $K_{S4,3}$ sowie Durchfluss in der Kleinen Elster sowie in der Schacke und in der Flösse von 2015 bis 2021. Berichtszeitraum rot markiert.....	123
Bild 70:	Sulfat sowie Durchfluss in der Kleinen Elster sowie in der Schacke und in der Flösse von 2015 bis 2021. Berichtszeitraum rot markiert. ....	123
Bild 71:	Eisen-gesamt sowie Durchfluss in der Kleinen Elster sowie in der Schacke und in der Flösse von 2015 bis 2021. Berichtszeitraum rot markiert.....	124
Bild 72:	Übersicht der projektbezogen eingerichteten Monitoringmessstellen im Untersuchungsgebiet Kleine Elster.....	125
Bild 73:	Mittelwerte des Durchflusses [ $m^3/s$ ] der Stichtagsmessungen an den Messstellen im Untersuchungsgebiet Kleine Elster entsprechend Tabelle 46 und Tabelle 47.....	128
Bild 74:	Minima des pH-Wertes (vor-Ort) der Stichtagsmessungen an den Messstellen im Untersuchungsgebiet Kleine Elster entsprechend Tabelle 48 und Tabelle 49.....	130
Bild 75:	Minima der Säure-/Basenkapazität bei $pH=4,3$ zu den Stichtagsmessungen an den Messstellen im Untersuchungsgebiet Kleine Elster lt. Tabelle 50 und Tabelle 51. Die Basenkapazität bei $pH=4,3$ wird mit negativem Vorzeichen dargestellt.....	131
Bild 76:	pH-Wert und Säurekapazität $K_{S4,3}$ bzw. $K_{B4,3}$ im Längsschnitt der Kleinen Elster im Messzeitraum von Juni bis Dezember 2021.....	131
Bild 77:	pH-Wert und Säurekapazität $K_{S4,3}$ bzw. $K_{B4,3}$ in der Flösse im Sornoer Hauptgraben im Messzeitraum von Juni bis Dezember 2021.....	132
Bild 78:	Mittelwerte der Eisen-gesamt-Konzentration der Stichtagsmessungen an den Messstellen im Untersuchungsgebiet Kleine Elster entsprechend Tabelle 52 und Tabelle 53.....	135
Bild 79:	Mittelwerte der Sulfatkonzentration der Stichtagsmessungen an den Messstellen im Untersuchungsgebiet Kleine Elster entsprechend Tabelle 54 und Tabelle 55.....	136
Bild 80:	Eisen- und Sulfatkonzentration im Längsschnitt der Kleinen Elster im Messzeitraum von Juni bis Dezember 2021.....	137
Bild 81:	Eisen- und Sulfatkonzentration in der Schacke im Messzeitraum von Juni bis Dezember 2021.....	137
Bild 82:	Eisen- und Sulfatkonzentration in der Flösse und im Sornoer Hauptgraben im Messzeitraum von Juni bis Dezember 2021.....	138
Bild 83:	Durchflussstatistik der sechs Stichtagsmessungen an den Messstellen im Untersuchungsgebiet Kleine Elster. Zuflüsse zur Kleinen Elster sind blau gekennzeichnet. Zuflüsse II. Ordnung sind grün gekennzeichnet.....	140
Bild 84:	Statistik der Eisenfracht der sechs Stichtagsmessungen an den Messstellen im Untersuchungsgebiet Kleine Elster. Zuflüsse zur Kleinen Elster sind blau gekennzeichnet. Zuflüsse II. Ordnung sind grün gekennzeichnet.....	141



Bild 85:	Statistik der Sulfatfracht der sechs Stichtagsmessungen an den Messstellen im Untersuchungsgebiet Kleine Elster. Zuflüsse zur Kleinen Elster sind blau gekennzeichnet. Zuflüsse II. Ordnung sind grün gekennzeichnet. ....	141
Bild 86:	Übersicht des Untersuchungsgebietes Vincenzgraben im Einzugsgebiet der Schwarzen Elster mit den Grenzen des Bergbaueinflusses nach IWB & gIR (2020). ....	146
Bild 87:	Untersuchungsgebiet Vincenzgraben mit den Grenzen der bergbaulichen Beeinflussung und den Grenzen des FFH-Gebietes Dubringer Moor. ....	147
Bild 88:	Vincenzgraben in Zeiðholz oberhalb der Einleitung (links) (P1) und unterhalb der Einleitung aus dem Restsee Zeiðholz (rechts) (P2). ....	150
Bild 89:	Vincenzgraben in Scheckthal mit Einmündung des Ableiters aus dem Grauwackesteinbruch Lieske-Oßling (links) (P3) und in der Ortschaft nach Zusammenfluss (rechts) (P4). ....	150
Bild 90:	Ungefasste Einleitstelle aus dem Grauwackesteinbruch Lieske-Oßling im Kippenbereich. ....	151
Bild 91:	Einleiter des Grauwackesteinbruchs Dubring II an der LfULG Messstelle OBF27713 (links) (P5) und Vincenzgraben westlich von Dubring an der LfULG-Messstelle OBF27710 (rechts) (P6). ....	151
Bild 92:	Vincenzgraben mit Einmündung des Grünwaldgrabens (links) (P7) und Einmündung des Schwarzwassers (rechts) (P8). ....	151
Bild 93:	Vincenzgraben am Mittelteich im Bereich des Dubringer Moors an der LfULG-Messstelle OBF27720 (links) (P9) und in Dörghenhausen (rechts) (P10). ....	152
Bild 94:	Übersicht der Befunde der Begehung des Untersuchungsgebietes Vincenzgraben im Mai 2021. ....	152
Bild 95:	Übersicht der Gewässerbenutzungen im Untersuchungsgebiet Vincenzgraben. ....	154
Bild 96:	Lage der Messstellen Dritter im Untersuchungsgebiet Vincenzgraben nach Tabelle 62. ....	155
Bild 97:	pH-Wert im Vincenzgraben vor und nach dem Zufluss aus dem RL Zeiðholz von 2018 bis 2021. Berichtszeitraum rot markiert. ....	156
Bild 98:	Alkalinität als $K_{S4,3}$ bzw. Acidität als $K_{B4,3}$ im Vincenzgraben vor und nach dem Zufluss aus dem RL Zeiðholz von 2018 bis 2021. Berichtszeitraum rot markiert. ....	156
Bild 99:	Sulfat im Vincenzgraben vor und nach dem Zufluss aus dem RL Zeiðholz von 2018 bis 2021. Berichtszeitraum rot markiert. ....	156
Bild 100:	Eisen-gesamt im Vincenzgraben vor und nach dem Zufluss aus dem RL Zeiðholz von 2018 bis 2021. Berichtszeitraum rot markiert. ....	157
Bild 101:	pH-Wert im Vincenzgraben zwischen Zeiðholz und der Mündung von 2018 bis 2021. Berichtszeitraum rot markiert. ....	157
Bild 102:	Alkalinität als $K_{S4,3}$ bzw. Acidität als $K_{B4,3}$ im Vincenzgraben zwischen Zeiðholz und der Mündung von 2018 bis 2021. Berichtszeitraum rot markiert. ....	158
Bild 103:	Sulfat im Vincenzgraben zwischen Zeiðholz und der Mündung von 2018 bis 2021. Berichtszeitraum rot markiert. ....	158
Bild 104:	Eisen-gesamt im Vincenzgraben zwischen Zeiðholz und der Mündung von 2018 bis 2021. Berichtszeitraum rot markiert. ....	158



Bild 105:	Übersicht der projektbezogenen eingerichteten Monitoringmessstellen im Untersuchungsgebiet Vincenzgraben. ....	160
Bild 106:	Mittelwerte des Durchflusses [m <sup>3</sup> /s] der Stichtagsmessungen an den Messstellen im Untersuchungsgebiet Vincenzgraben entsprechend Tabelle 64 und Tabelle 65. ....	162
Bild 107:	Minima des pH-Wertes (vor-Ort) der Stichtagsmessungen an den Messstellen im Untersuchungsgebiet Vincenzgraben entsprechend Tabelle 66. ....	164
Bild 108:	Minima der Säure-/Basenkapazität bei pH=4,3 der Stichtagsmessungen an den Messstellen im Untersuchungsgebiet Vincenzgraben entsprechend Tabelle 67 (Die Basenkapazität bei pH=4,3 wird mit negativem Vorzeichen dargestellt). ....	164
Bild 109:	Mittelwerte der Sulfatkonzentration der Stichtagsmessungen an den Messstellen im Untersuchungsgebiet Vincenzgraben entsprechend Tabelle 71. ....	167
Bild 110:	Mittelwerte der Eisen-gesamt-Konzentration der Stichtagsmessungen an den Messstellen im Untersuchungsgebiet Vincenzgraben entsprechend Tabelle 70. ....	167
Bild 111:	Sulfatkonzentration im Vincenzgraben und in relevanten Zuflüssen im Messzeitraum von Juni bis November 2021. ....	168
Bild 112:	Eisenkonzentration im Vincenzgraben und in relevanten Zuflüssen im Messzeitraum von Juni bis November 2021. ....	169
Bild 113:	Durchflussstatistik der sechs Stichtagsmessungen an den Messstellen im Untersuchungsgebiet Vincenzgraben. Zuflüsse zum Vincenzgraben sind blau gekennzeichnet. ....	171
Bild 114:	Statistik der Sulfatfracht der sechs Stichtagsmessungen an den Messstellen im Untersuchungsgebiet Vincenzgraben. Zuflüsse zum Vincenzgraben sind blau gekennzeichnet. ....	173
Bild 115:	Statistik der Eisenfracht der sechs Stichtagsmessungen an den Messstellen im Untersuchungsgebiet Vincenzgraben. Zuflüsse zum Vincenzgraben sind blau gekennzeichnet. ....	174
Bild 116:	Übersicht des Untersuchungsgebietes Ständergraben mit den Grenzen des Bergbaueinflusses nach IWB & gIR (2020). ....	178
Bild 117:	Übersicht des Untersuchungsgebietes Ständergraben mit den Oberflächenwasserkörpern und den Grenzen des Bergbaueinflusses nach IWB & gIR (2020). ....	178
Bild 118:	Ständergraben Teilstrang Z (P1) (oben links) und Teilstrang K (P2) (oben rechts) südlich von Luckau OT Wittmannsdorf sowie westlicher Schweißgraben des Bornsdorfer Kohlegrabens (P3) (unten links). Ständergraben nach Vereinigung aller Teilgräben nach dem Düker am Bornsdorfer Kohlegrabens (P4) (unten rechts) (Fotos: Hiekel, Juni 2021). ....	180
Bild 119:	Ständergraben am Vorlagebecken des Schöpfwerks Luckau (P5) (links) und stromunterhalb des Schöpfwerks vor der Einmündung in die Berste (P6) (rechts) (Fotos: Hiekel, Februar 2022). ....	180
Bild 120:	Goßmarer Schweißgraben am Abschlag aus dem Teichhausgraben (P7) (oben) und Goßmar-Luckauer-Grenzgraben bei Freesdorf (P8) (unten links) sowie an der Einmündung in den Ständergraben vor dem Schöpfwerk Luckau (P9) (unten rechts) (Fotos oben: Seher, März 2022. Fotos unten: Hiekel, Juni 2021). ....	181
Bild 121:	Übersicht der Befunde der Begehung des Untersuchungsgebietes Ständergraben im Juni 2021. ....	182



Bild 122:	Übersicht der Gewässerbenutzungen im Untersuchungsgebiet Ständergraben. ....	183
Bild 123:	Lage der Messstellen Dritter im Untersuchungsgebiet Ständergraben nach Tabelle 81.	184
Bild 124:	pH-Wert im Goßmar-Luckauer Grenzgraben und im Ständergraben vor und nach der Einmündung des Goßmar-Luckauer Grenzgrabens von 2012 bis 2016. ....	185
Bild 125:	Alkalinität als $K_{S4,3}$ im Goßmar-Luckauer Grenzgraben und im Ständergraben vor und nach der Einmündung des Goßmar-Luckauer Grenzgrabens von 2012 bis 2016. ....	185
Bild 126:	Eisenkonzentration im Goßmar-Luckauer Grenzgraben und im Ständergraben vor und nach der Einmündung des Goßmar-Luckauer Grenzgrabens von 2012 bis 2016. ....	186
Bild 127:	Sulfatkonzentration im Goßmar-Luckauer Grenzgraben und im Ständergraben vor und nach der Einmündung des Goßmar-Luckauer Grenzgrabens von 2012 bis 2016. ....	186
Bild 128:	Übersicht der projektbezogen eingerichteten Monitoringmessstellen im Untersuchungsgebiet Ständergraben. ....	187
Bild 129:	Pumpvolumen des Schöpfwerks Luckau am Ständergraben und Stichtage des Monitorings im Zeitraum von Juni bis Dezember 2021. ....	188
Bild 130:	Mittelwerte des Durchflusses [ $m^3/s$ ] der Stichtagsmessungen an den Messstellen im Untersuchungsgebiet Ständergraben entsprechend Tabelle 84. ....	189
Bild 131:	Minima des pH-Wertes (vor-Ort) der Stichtagsmessungen an den Messstellen im Untersuchungsgebiet Ständergraben entsprechend Tabelle 85. ....	191
Bild 132:	Minima der Säure-/Basenkapazität bei $pH=4,3$ der Stichtagsmessungen an den Messstellen im Untersuchungsgebiet Ständergraben entsprechend Tabelle 86 (Die Basenkapazität bei $pH=4,3$ wird mit negativem Vorzeichen dargestellt). ....	192
Bild 133:	pH-Wert und Säurekapazität $K_{S4,3}$ bzw. $K_{B4,3}$ im Goßmarer Schweißgraben und im Goßmar-Luckauer-Grenzgraben sowie im Ständergraben vor der Einmündung des Goßmar-Luckauer-Grenzgrabens im Messzeitraum von Juni bis November 2021. ....	193
Bild 134:	Mittelwerte der Eisen-gesamt-Konzentration der Stichtagsmessungen an den Messstellen im Untersuchungsgebiet Ständergraben entsprechend Tabelle 87. ....	195
Bild 135:	Mittelwerte der Sulfatkonzentration der Stichtagsmessungen an den Messstellen im Untersuchungsgebiet Ständergraben entsprechend Tabelle 88. ....	196
Bild 136:	Eisen- und Sulfatkonzentration im Goßmarer Schweißgraben und im Goßmar-Luckauer-Grenzgraben im Messzeitraum von Juni bis November 2021. ....	197
Bild 137:	Durchflussstatistik der sechs Stichtagsmessungen an den Messstellen im Untersuchungsgebiet Ständergraben. Zuflüsse zum Ständergraben sind blau gekennzeichnet. Zuflüsse II. Ordnung sind grün gekennzeichnet. ....	198
Bild 138:	Statistik der Eisenfracht der sechs Stichtagsmessungen an den Messstellen im Untersuchungsgebiet Ständergraben. Zuflüsse zum Ständergraben sind blau gekennzeichnet. Zuflüsse II. Ordnung sind grün gekennzeichnet. ....	199
Bild 139:	Statistik der Sulfatfracht der sechs Stichtagsmessungen an den Messstellen im Untersuchungsgebiet Ständergraben. Zuflüsse zum Ständergraben sind blau gekennzeichnet. Zuflüsse II. Ordnung sind grün gekennzeichnet. ....	199



## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Klassifizierung der Grundwasserabsenkung im Vergleich zum vorbergbaulichen Zustand zur Abgrenzung des Bergbaueinflusses von Gewässerbelastungen nach dem in Bild 1 dargestellten Konzept, Tabelle aus IWB & gIR (2020).	28
Tabelle 2:	Anzahl der Fließgewässer-OWK mit dominantem und zu prüfendem Bergbaueinfluss im Untersuchungsraum, ausgewiesen für die Bundesländer Sachsen, Brandenburg, Sachsen-Anhalt und Berlin.	29
Tabelle 3:	Arbeitsschritte und wesentliche Arbeitsinhalte zur Beurteilung des Bergbaueinflusses von Fließgewässer-OWK.	31
Tabelle 4:	Spektrum chemischer Kennwerte zur Untersuchung der bergbaulichen Beeinflussung eines Fließgewässers mit Angaben zum Mindestumfang.	33
Tabelle 5:	Zusätzlicher Informationsbedarf.	34
Tabelle 6:	Kennwertspektrum für die Laboranalytik von Wasserproben.	40
Tabelle 7:	Kategorisierung der Sulfatkonzentration in den Fließgewässern als arithmetischer Mittelwert entsprechend OGewV (2016) für die Beschreibung des Gewässerzustandes nach IWB & gIR (2020).	41
Tabelle 8:	Kategorisierung der Eisenkonzentration in den Fließgewässern als arithmetischer Mittelwert entsprechend OGewV (2016) für die Beschreibung des Gewässerzustandes nach IWB & gIR (2020).	41
Tabelle 9:	Kategorisierung des pH-Wertes in den Fließgewässern als mittleres Jahresminimum entsprechend OGewV (2016) für die Beschreibung des Gewässerzustandes nach IWB & gIR (2020).	41
Tabelle 10:	Vorabprüfung des Bearbeitungsaufwandes für die gewählten Untersuchungsgebiete nach Datenlage und Vorkenntnissen.	49
Tabelle 11:	Kennwertespektren der Monitorings in den Untersuchungsgebieten entsprechend Abschnitt 4.1.	51
Tabelle 12:	Stammdaten der zur Bewertung der Witterung im Monitoringzeitraum genutzten Klimastationen Doberlug-Kirchhain, Hoyerswerda und Lübben-Blumenfelde des Deutschen Wetterdienstes.	53
Tabelle 13:	Eckzahlen der maßgeblichen Wetterdaten für das Monitoringjahr 2021 und für die 10-jährigen Vergleichsperiode von 2012 bis 2021 an der DWD-Station Doberlug-Kirchhain.	54
Tabelle 14:	Eckzahlen der maßgeblichen Wetterdaten für das Kalenderjahr 2021 und für die 10-jährigen Vergleichsperiode 2012 bis 2021 an der DWD-Station Hoyerswerda.	56
Tabelle 15:	Eckzahlen der maßgeblichen Wetterdaten des Kalenderjahres 2021 und der 10-jährigen Vergleichsperiode von 2012 bis 2021 an der DWD-Station Lübben-Blumenfelde.	58
Tabelle 16:	Bergbaueinfluss und Zustand der Fließgewässer-OWK der Spree zwischen der Talsperre Bautzen und Berlin nach IWB & gIR (2020) (Datenzeitraum: hydrologische Jahre 2010 bis 2017).	61
Tabelle 17:	Erläuterung der Symbolik zur Angabe des Bergbaueinflusses.	61



Tabelle 18: Mittelwerte des Durchflusses, der Sulfatkonzentration und der Sulfatfracht an ausgewählten Bilanzprofilen im Längsschnitt der Spree zwischen Lübben und Neuzittau für die hydrologischen Jahren 2010 bis 2020 (Lage der verwendeten Durchfluss- und Beschaffenheitsmessstellen siehe Bild 21, Zahlenangaben gerundet).....	70
Tabelle 19: Bilanzierung der mittleren Sulfatfracht sowie des natürlichen und bergbaulichen Frachtanteils im Längsschnitt der Spree zwischen Lübben und Neuzittau nach Tabelle 18 und Bild 21 (die Bilanzprofile sind blau und die Bilanzabschnitte grau hinterlegt, Zahlenangaben gerundet). ....	71
Tabelle 20: Bergbaueinfluss und Zustand der zu prüfenden Fließgewässer-OWK im Untersuchungsgebiet der Spree. ....	73
Tabelle 21: Erläuterung der Symbolik zur Angabe des Bergbaueinflusses und der Verursacher. ....	73
Tabelle 22: Bergbaueinfluss und Zustand der Fließgewässer-OWK im Untersuchungsgebiet des Schraden.....	75
Tabelle 23: Erläuterung der Symbolik zur Angabe des Bergbaueinflusses. ....	75
Tabelle 24: Gewässerbenutzer im Schraden. Koordinaten in ETRS89/UTM-Zone 33. ....	81
Tabelle 25: Beschaffenheitsmessstellen des LfU im Untersuchungsgebiet Schraden. ....	82
Tabelle 26: Statistische Kennzahlen der Wasserbeschaffenheit des Hauptschradengrabens und des Großthiemig-Grödener-Binnengrabens für die Jahre 2015 bis 2021. ....	83
Tabelle 27: Messstellen des Monitorings im Südpolder Schwarze Elster (Schraden) im Untersuchungszeitraum von Juni bis November 2021. Zuflüsse sind blau unterlegt. Zuflüsse 2. Ordnung sind grün unterlegt. ....	85
Tabelle 28: Durchflüsse [L/s] an den Messstellen im Einzugsgebiet des Hauptschradengrabens im Messzeitraum von Juni bis November 2021. ....	87
Tabelle 29: Durchflüsse [L/s] an den Messstellen im Einzugsgebiet des Großthiemig-Grödener-Binnengrabens im Messzeitraum von Juni bis November 2021. ....	88
Tabelle 30: pH-Werte an den Messstellen im Einzugsgebiet des Hauptschradengrabens im Messzeitraum von Juni bis November 2021.....	90
Tabelle 31: Säurekapazität $K_{S4,3}$ [mmol/L] an den Messstellen im Einzugsgebiet des Hauptschradengrabens im Messzeitraum von Juni bis November 2021. ....	90
Tabelle 32: Eisen-gesamt-Konzentrationen [mg/L] an den Messstellen im Einzugsgebiet des Hauptschradengrabens im Messzeitraum von Juni bis November 2021. ....	92
Tabelle 33: Sulfatkonzentrationen [mg/L] an den Messstellen im Einzugsgebiet des Hauptschradengrabens im Messzeitraum von Juni bis November 2021. ....	93
Tabelle 34: pH-Werte an den Messstellen im Einzugsgebiet des Großthiemig-Grödener-Binnengrabens im Messzeitraum von Juni bis November 2021. ....	95
Tabelle 35: Säurekapazität $K_{S4,3}$ an den Messstellen im Einzugsgebiet des Großthiemig-Grödener-Binnengrabens im Messzeitraum von Juni bis November 2021. ....	95
Tabelle 36: Eisenkonzentrationen [mg/L] an den Messstellen im Einzugsgebiet des Großthiemig-Grödener-Binnengrabens im Messzeitraum von Juni bis November 2021. ....	98



Tabelle 37:	Sulfatkonzentrationen [mg/L] an den Messstellen im Einzugsgebiet des Großthiemig-Grödener-Binnengrabens im Messzeitraum von Juni bis November 2021. ....	98
Tabelle 38:	Bergbaueinfluss und Zustand der Fließgewässer-OWK im Untersuchungsgebiet des Schraden. ....	109
Tabelle 39:	Erläuterung der Symbolik zur Angabe des Bergbaueinflusses und der Verursacher. ....	110
Tabelle 40:	Bergbaueinfluss und Zustand der Fließgewässer-OWK im Untersuchungsgebiet Kleine Elster. ....	111
Tabelle 41:	Erläuterung der Symbolik zur Angabe des Bergbaueinflusses. ....	112
Tabelle 42:	Gewässerbenutzer im EZG Kleine Elster. Koordinaten in ETRS89/UTM-Zone 33N. ....	118
Tabelle 43:	Ausgewertete Messstellen des LfU im Untersuchungsgebiet Kleine Elster. Zuflüsse sind blau unterlegt. Messstellen in Fließrichtung sortiert. ....	120
Tabelle 44:	Statistische Kennzahlen der Wasserbeschaffenheit der Kleinen Elster und der Schacke für die Jahre 2015 bis 2021. Zuflüsse sind blau unterlegt. ....	122
Tabelle 45:	Messstellen des Monitorings an der Kleiner Elster im Untersuchungszeitraum von Juni bis November 2021. Zuflüsse sind blau unterlegt. Zuflüsse 2. Ordnung sind grün unterlegt. Messstellen in Fließrichtung sortiert. ....	124
Tabelle 46:	Durchflüsse [L/s] an den Messstellen im oberen Einzugsgebiet der Kleinen Elster im Messzeitraum von Juni bis November 2021. ....	126
Tabelle 47:	Durchflüsse [L/s] an den Messstellen im mittleren Einzugsgebiet der Kleinen Elster im Messzeitraum von Juni bis November 2021. ....	127
Tabelle 48:	pH-Werte an den Messstellen im oberen Einzugsgebiet der Kleinen Elster im Messzeitraum von Juni bis November 2021. ....	129
Tabelle 49:	pH-Werte an den Messstellen im mittleren Einzugsgebiet der Kleinen Elster im Messzeitraum von Juni bis November 2021. ....	129
Tabelle 50:	Säurekapazität $K_{S4,3}$ [mmol/L] an den Messstellen im oberen Einzugsgebiet der Kleinen Elster im Messzeitraum von Juni bis November 2021. ....	129
Tabelle 51:	Säurekapazität $K_{S4,3}$ [mmol/L] an den Messstellen im mittleren Einzugsgebiet der Kleinen Elster im Messzeitraum von Juni bis November 2021. Die Basenkapazität bei pH=4,3 ist mit einem negativem Vorzeichen gekennzeichnet. ....	130
Tabelle 52:	Eisenkonzentrationen [mg/L] an den Messstellen im oberen Einzugsgebiet der Kleinen Elster im Messzeitraum von Juni bis November 2021. ....	134
Tabelle 53:	Eisenkonzentrationen [mg/L] an den Messstellen im mittleren Einzugsgebiet der Kleinen Elster im Messzeitraum von Juni bis November 2021. ....	134
Tabelle 54:	Sulfatkonzentrationen [mg/L] an den Messstellen im oberen Einzugsgebiet der Kleinen Elster im Messzeitraum von Juni bis November 2021. ....	135
Tabelle 55:	Sulfatkonzentrationen [mg/L] an den Messstellen im mittleren Einzugsgebiet der Kleinen Elster im Messzeitraum von Juni bis November 2021. ....	136
Tabelle 56:	Bergbaueinfluss und Zustand der Fließgewässer-OWK im Untersuchungsgebiet der Kleinen Elster. ....	144



Tabelle 57: Erläuterung der Symbolik zur Angabe des Bergbaueinflusses und der Verursacher. ....	144
Tabelle 58: Bergbaueinfluss und Zustand der Fließgewässer-OWK im Untersuchungsgebiet Vincenzgraben. ....	145
Tabelle 59: Erläuterung der Symbolik zur Angabe des Bergbaueinflusses. ....	145
Tabelle 60: Einleitmengen und Überwachungswerte für die Wassereinleitung der Tagebaue der Lausitzer Grauwacke GmbH Oßling in den Vincenzgraben gemäß WRE. ....	147
Tabelle 61: Gewässerbenutzer im Einzugsgebiet des Vincenzgrabens (Bild 95). Koordinaten in ETRS89/UTM-Zone 33N. ....	153
Tabelle 62: Ausgewertete Messstellen der LMBV und des LfULG im Untersuchungsgebiet Vincenzgraben (Bild 96). Messstellen in Fließrichtung sortiert. ....	154
Tabelle 63: Messstellen des Monitorings im Vincenzgraben im Untersuchungszeitraum von Juni bis November 2021 (Bild 105). Zuflüsse sind blau unterlegt. ....	159
Tabelle 64: Durchflüsse [L/s] an den Messstellen im oberen Einzugsgebiet des Vincenzgrabens im Messzeitraum von Juni bis November 2021. ....	161
Tabelle 65: Durchflüsse [L/s] an den Messstellen im mittleren und unteren Einzugsgebiet des Vincenzgrabens im Messzeitraum von Juni bis November 2021. ....	161
Tabelle 66: pH-Werte an den Messstellen im Einzugsgebiet des Vincenzgrabens im Messzeitraum von Juni bis November 2021. ....	163
Tabelle 67: Säurekapazität $K_{S4,3}$ [mmol/L] an den Messstellen im Einzugsgebiet des Vincenzgrabens im Messzeitraum von Juni bis November 2021. Die Basenkapazität bei pH=4,3 ist mit einem negativem Vorzeichen gekennzeichnet. ....	163
Tabelle 68: Vergleich der gemessenen und gemäß WRE zulässigen Stoffkonzentrationen in den Ableitern der Grauwackesteinbrüche Lieske-Oßling und Dubring II. Die Auswahl der Probenahmeterminen erfolgte für die Tage mit erhöhtem Abfluss > 1 L/s. ....	165
Tabelle 69: Sulfatkonzentrationen [mg/L] an den Messstellen im Einzugsgebiet des Vincenzgrabens im Messzeitraum von Juni bis November 2021. ....	166
Tabelle 70: Eisenkonzentrationen [mg/L] an den Messstellen im Einzugsgebiet des Vincenzgrabens im Messzeitraum von Juni bis November 2021. ....	166
Tabelle 71: Mittlere Stoffkonzentrationen in den Messstellen oberhalb (VGr 30) und unterhalb (VGr 10) des Dubringer Moors im Untersuchungszeitraum von Juni bis November 2021. Pfeilrichtung verweisen auf Änderungen zwischen den Messstellen VGr 30 und VGr 10. ....	170
Tabelle 72: Sulfateintrag in den Ober- und Mittellauf des Vincenzgrabens durch den Bilanzüberschuss des RL Zeißholz (AZH 1) und durch die Ableitungen aus den Grauwackesteinbrüchen Lieske-Oßling (AGW 1) und Dubring II (AGW 2) im Messzeitraum von Juni bis November 2021. ....	172
Tabelle 73: Sulfateintrag in den Unterlauf des Vincenzgrabens durch Zuflüsse aus dem Dubringer Moor (DUM 1 und DUM 2) sowie im Vincenzgraben im Messzeitraum von Juni bis November 2021. ....	172
Tabelle 74: Eiseneintrag in den Ober- und Mittellauf des Vincenzgrabens durch den Zufluss aus dem RL Zeißholz (AZH 1) und durch die Ableitungen aus den Grauwackesteinbrüchen Lieske-Oßling (AGW 1) und Dubring II (AGW 2) im Messzeitraum von Juni bis November 2021. ....	173



Tabelle 75: Eiseneintrag in den Unterlauf des Vincenzgrabens durch Zuflüsse aus dem Dubringer Moor (DUM 1 und DUM 2) sowie im Vincenzgraben im Messzeitraum von Juni bis November 2021. ....	174
Tabelle 76: Bergbaueinfluss und Zustand der Fließgewässer-OWK im Untersuchungsgebiet des Vincenzgrabens. ....	175
Tabelle 77: Erläuterung der Symbolik zur Angabe des Bergbaueinflusses und der Verursacher. ....	175
Tabelle 78: Bergbaueinfluss und Zustand der Fließgewässer-OWK im Untersuchungsgebiet Ständergraben. ....	177
Tabelle 79: Erläuterung der Symbolik zur Angabe des Bergbaueinflusses. ....	177
Tabelle 80: Gewässerbenutzer im EZG Ständergraben. Koordinaten in ETRS89/UTM-Zone 33N. .	182
Tabelle 81: Beschaffenheits- und Durchflussmessstellen der LMBV im Untersuchungsgebiet Ständergraben. ....	183
Tabelle 82: Statistische Kennzahlen der Wasserbeschaffenheit des Goßmar-Luckauer Grenzgrabens für die Jahre 2012 bis 2015 und des Ständergrabens für die Jahre 2013 bis 2015. ....	185
Tabelle 83: Messstellen des Monitorings am Ständergraben im Untersuchungszeitraum von Juni bis November 2021. Zuflüsse sind blau unterlegt. Zuflüsse 2. Ordnung sind grün unterlegt.	186
Tabelle 84: Durchflüsse [L/s] an den Messstellen im Einzugsgebiet des Ständergrabens im Messzeitraum von Juli bis November 2021. Die Reihenfolge orientiert sich am maßgeblichen Volumenstrom. ....	189
Tabelle 85: pH-Werte an den Messstellen im Einzugsgebiet des Ständergrabens im Messzeitraum von Juni (Kampagne vom 01.07.2021) bis November 2021. Die Reihenfolge orientiert sich am maßgeblichen Volumenstrom. ....	190
Tabelle 86: Säurekapazität $K_{S4,3}$ [mmol/L] an den Messstellen im Einzugsgebiet des Ständergrabens im Messzeitraum von Juni (Kampagne vom 01.07.2021) bis November 2021. Die Reihenfolge orientiert sich am maßgeblichen Volumenstrom. ....	191
Tabelle 87: Eisen-gesamt-Konzentrationen [mg/L] an den Messstellen im Einzugsgebiet des Ständergrabens im Messzeitraum von Juni (Kampagne vom 01.07.2021) bis November 2021. Die Reihenfolge orientiert sich am maßgeblichen Volumenstrom. ....	194
Tabelle 88: Sulfatkonzentrationen [mg/L] an den Messstellen im Einzugsgebiet des Ständergrabens im Messzeitraum von Juni (Kampagne vom 01.07.2021) bis November 2021. Die Reihenfolge orientiert sich am maßgeblichen Volumenstrom. ....	195
Tabelle 89: Bergbaueinfluss und Zustand der Fließgewässer-OWK im Untersuchungsgebiet des Ständergrabens. ....	200
Tabelle 90: Erläuterung der Symbolik zur Angabe des Bergbaueinflusses und der Verursacher. ....	201



## Abkürzungsverzeichnis

AZV	Abwasserzweckverband
BfUL	Staatliche Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft, Sachsen
EG-WRRL	Wasserrahmenrichtlinie der Europäischen Gemeinschaft
EW	Einwohner
FG	Fließgewässer
FFH	Fauna-Flora-Habitat (im Sinne der FFH-Richtlinie 92/43/EWG)
GIS	Geographisches Informationssystem
GW	Grundwasser
GWBA	Grubenwasserbehandlungsanlage
GWK	Grundwasserkörper
GWM	Grundwassermessstelle
GWRA	Grubenwasserreinigungsanlage
GWV	Gewässerverband
HW	Hochwert
KA	Kläranlage
LBGR	Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg
LEAG	Gemeinsame Marke der LE-B, LE-K und Lausitz Energie Verwaltungs GmbH im Konzernverbund
LE-B	Lausitz Energie Bergbau AG
LE-K	Lausitz Energie Kraftwerke AG
LfULG	Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie Sachsen
LfU	Landesamt für Umwelt Brandenburg
LMBV	Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH
Mst	Messstelle
NABU	Naturschutzbund
OGewV	Oberflächengewässerverordnung
OT	Ortsteil
OWK	Oberflächenwasserkörper
RL	Restloch
RRB	Regenrückhaltebecken
RW	Rechtswert
StratHGP	strategisches Hintergrundpapier
UVU	Umweltverträglichkeitsuntersuchung
WAL	Wasserverband Lausitz
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie
WW	Wasserwerk



## Zusammenfassung

- (1) Im strategischen Hintergrundpapier des LBGR zu den bergbaubedingten Stoffeinträgen in den Flusseinzugsgebieten Spree und Schwarze Elster - Teil 2 von 2020 wurde ein Konzept zur Beurteilung des Bergbaueinflusses auf die Fließgewässer entwickelt. Es grenzt den Bergbaueinfluss zunächst unabhängig von der stofflichen Belastung anhand der durch den Braunkohlenbergbau verursachten historischen und aktuellen Grundwasserabsenkung räumlich ab. Es unterscheidet zwischen einem direkten bzw. dominanten, einem anteiligen und einem indirekten räumlichen Einfluss durch Fernwirkung.
- (2) Für die räumliche Abgrenzung des Bergbaueinflusses wurden die historische 2-Meter-Absenkungslinie (der sogenannte Lausitzer Löwe) sowie die § 3-Linie der LMBV und die Grenzen der UVU-Gebiete der LEAG verwendet. In den Grenzen der 2-Meter-Absenkungslinie wird ein Bergbaueinfluss als gegeben angenommen. Im Bereich zwischen der 2-Meter- und der § 3-Linie der LMBV bzw. den Grenzen der UVU-Gebiete der LEAG ist ein Bergbaueinfluss möglich, muss aber im Einzelfall sachlich geprüft werden. Dies gilt in gleicher Weise für den indirekten Bergbaueinfluss durch Fernwirkung. Im strategischen Hintergrundpapier des LBGR wurden insgesamt 75 Fließgewässer-OWK identifiziert, deren stoffliche Belastung und deren Ursachen durch Einzelfallprüfungen zu klären sind.
- (3) Entsprechend der Aufgabenstellung wurde eine **Methodik zur Ermittlung des Bergbaueinflusses** für die als Prüffälle kategorisierten Fließgewässer-OWK entwickelt. Die Methodik umfasst sechs Arbeitsschritte: die Auswertung verfügbarer Daten und Informationen zur Stoffbelastung, eine Gebietsbegehung, Messkampagnen zur Stoffbelastung, die Erkundung von diffusen Stoffquellen, die Bewertung des Bergbaueinflusses und schließlich die Ableitung von Maßnahmen.
- (4) Zur Abschätzung des Bearbeitungsaufwandes sind die sechs Arbeitsschritte in drei sogenannte **Cluster** gruppiert. Die Arbeiten im Cluster 1 beschränken sich auf eine Auswertung verfügbarer Informationen. Im Cluster 2 sind Arbeiten zur Untersuchung der Oberflächengewässer und im Cluster 3 Arbeiten zur Untersuchung des Grundwassers zusammengefasst. Für die Schätzung des Bearbeitungsaufwandes werden die 75 zu prüfenden Fließgewässer-OWK im Rahmen einer Vorprüfung anhand der jeweils verfügbaren Vorkenntnisse und der Datenlage einem Cluster zugeordnet.
- (5) Zur exemplarischen Demonstration der Bearbeitungsmethodik wurden in der vorliegenden Bearbeitung fünf Prüffälle, d. h. **Untersuchungsgebiete**, mit unterschiedlicher Größe und Komplexität ausgewählt. Die ausgewählten Prüffälle sind die Spree zwischen Lieske und Berlin, der Südpolder der Schwarzen Elster (Schraden), das Einzugsgebiet der Kleinen Elster, der Vincenzgraben und der Ständergraben. Die Prüffälle bilden die gesamte Bandbreite an Vorkenntnissen und verfügbaren Daten sowie des sich daraus ergebenden Untersuchungsbedarfs ab und weisen zudem verschiedene bekannte und mögliche Quellen und Einflüsse der Stoffbelastung auf.



- (6) Das **Untersuchungsgebiet Spree** umfasste das oberirdische Einzugsgebiet der Spree zwischen dem Ablauf der Talsperre Bautzen im Freistaat Sachsen und dem Zulauf des Großen Müggelsees im Land Berlin. Der betrachtete Spreeabschnitt ist rund 264 Kilometer lang und in neun Fließgewässer-OWK unterteilt. Hinzu kommt ein rund 25 Kilometer langer Abschnitt des Oder-Spree-Kanals als ein Fließgewässer-OWK. Für fünf OWK im Unterlauf der Spree und für den Oder-Spree-Kanal war ein bergbaulicher Einfluss durch Fernwirkung zu prüfen.
- (7) Die Untersuchung der sechs Prüffälle erfolgte auf der Grundlage verfügbarer Daten und Gutachten. Zur Ermittlung des bergbaulichen Einflusses wurden für ausgewählte Bilanzprofile im Spreeabschnitt zwischen Lübben und Berlin die Sulfatfrachten ermittelt und der bergbauliche Anteil an der Sulfatfracht herausgearbeitet. Für die Auswertung wurden die verfügbaren Durchfluss- und Beschaffenheitsdaten der hydrologischen Jahre 2010 bis 2020 genutzt.
- (8) Nach Untersuchungen aus dem Jahr 2015 hat der Bergbau einen summarischen Anteil von rund 80 % an der Sulfatfracht der Spree am Bilanzprofil Lübben. Die Sulfateinträge aus dem Gewinnungs- und Sanierungsbergbau sind seit 2015 hauptsächlich aufgrund rückläufiger Einleitmengen absolut teils deutlich gesunken, haben sich jedoch anteilig kaum verändert. Durch Sulfateinträge aus dem Einzugsgebiet verringert sich der bergbauliche Anteil an der Sulfatfracht der Spree bis Berlin auf rund 70 %. Die Sulfateinträge des Bergbaus im Ober- und Mittellauf der Spree wirken sich maßgeblich auf die Sulfatbelastung im Unterlauf der Spree aus. Die sechs zu prüfenden Fließgewässer-OWK im Unterlauf der Spree weisen somit zweifelsfrei einen Bergbaueinfluss durch Fernwirkung auf.
- (9) Ein zusätzlicher Handlungsbedarf ergibt sich daraus nicht. Von den Wasserbehörden der Länder und von den Bergbauunternehmen werden Maßnahmen zur Minderung der Sulfatbelastung der Spree in Form einer Sulfatlaststeuerung der Spree bereits umgesetzt. Die Sulfatbelastung der Spree wird sich im Zuge des bevorstehenden Kohleausstiegs im Zuge rückläufiger Sumpfungswasser-einleitungen aus dem Gewinnungsbergbau mittelfristig deutlich verringern. Die mit der derzeitigen Sulfatbelastung verbundenen Probleme, insbesondere für die Trinkwassergewinnung aus Uferfiltrat, werden sich dadurch entschärfen.
- (10) Der **Schraden** ist ein landwirtschaftlich genutztes Niederungsgebiet südlich der Schwarzen Elster, das über den Hauptschradengraben und den Großthiemig-Grödener-Binnengraben in die Schwarze Elster entwässert. Die Morphologie der Fließgewässer als lange begradigte Flussabschnitte mit breiten Profilen entstand im Ergebnis großflächiger Meliorationsmaßnahmen bereits im 19. Jahrhundert. Teile des Gebietes im Unterstrom liegen zwischen der § 3-Linie und der 2-Meter-Absenkungslinie des Bergbaus. Im strategischen Hintergrundpapier Teil 3 von 2020 wurde für einen Fließgewässer-OWK im Untersuchungsgebiet ein dominanter Bergbaueinfluss und für fünf Fließgewässer-OWK ein zu prüfender Bergbaueinfluss postuliert.



- (11) Im Vorfeld des Monitorings wurden die Fließgewässer durch eine Gebietsbegehung in Augenschein genommen. Ergänzend wurden Daten aus Monitorings des LfU und Informationen zur Gewässerbenutzung im Untersuchungsgebiet ausgewertet. Im Rahmen des Monitorings zum Schraden wurden von Juni bis November 2021 an 13 Messstellen einmal monatlich Wasserproben entnommen und der Durchfluss gemessen.
- (12) Im Untersuchungsgebiet Schraden besteht keine flächenhafte Versauerung. Der Bergbaueinfluss auf die Fließgewässer-OWK im Schraden manifestierte sich in einer erhöhten Eisenbelastung der Fließgewässer, die von den Absenkungslinien geschnitten wurde. Für den Fließgewässer-OWK Teichabflussgraben Frauendorf wurde kein Bergbaueinfluss bestätigt. Für den Fließgewässer-OWK Großthiemig-Grödener-Binnengraben wurde ein Bergbaueinfluss durch Fernwirkung postuliert. Die erhöhte Stoffbelastung der Fließgewässer wird anteilig den Verursacherkategorien Bergbau und Landwirtschaft zugeordnet.
- (13) Zur Sicherung der Eingangsdaten empfiehlt der Gutachter die Fortführung des Monitorings. Zum Schutz der Schwarzen Elster sollten Konzepte für eine End-of-pipe-Lösung zur Minderung des Eisenaustrags aus dem Schraden entwickelt werden. Dafür sollten Feldversuche zum Eisenrückhalt im Vorlagebecken des Schöpfwerks Krauschütz in Betracht gezogen werden.
- (14) Das Untersuchungsgebiet **Kleine Elster** umfasst ihr gesamtes oberirdisches Einzugsgebiet. Die Kleine Elster entsteht im Lug bei Saadow und entwässert die Niederungen der Altmoränenlandschaft Niederlausitzer Randhügel in südwestliche Richtung zur Schwarzen Elster. Im Einzugsgebiet dominieren Acker- und Grünlandflächen. Die 2-Meter-Absenkungslinie des Braunkohlenbergbaus tangiert das Untersuchungsgebiet am südlichen Rand des Lugs bei Saadow sowie in den oberen Abschnitten der östlichen Nebenflüsse südlich von Finsterwalde. Die § 3-Linie der LMBV verläuft mitten durch das Untersuchungsgebiet. Im Westen tangieren die Absenkungslinien des ehemaligen Tagebau Tröbitz-Domsdorf das Untersuchungsgebiet. Im strategischen Hintergrundpapier Teil 3 von 2020 wurde für fünf Fließgewässer-OWK im Untersuchungsgebiet ein dominanter und für neun OWK ein zu prüfender Bergbaueinfluss, davon drei durch Fernwirkung, festgestellt.
- (15) Im Rahmen einer Gebietsbegehung wurden die Kleine Elster begutachtet und relevante Nebenflüsse identifiziert. Ergänzend wurden Daten aus den Monitorings des LfU und Informationen zur Gewässerbenutzung ausgewertet. Im Rahmen eines Monitorings zur Kleinen Elster wurden von Juni bis November 2021 an 15 Messstellen einmal monatlich Wasserproben entnommen und an den Zuflüssen zur Kleinen Elster der Durchfluss gemessen. Die Messungen an den nördlichen Zuflüssen wurde aufgrund geringer Relevanz ab September 2021 eingestellt.



- (16) Das Dargebot der Kleinen Elster am Pegel Schadewitz stammte vorwiegend aus dem östlichen Einzugsgebiet, insbesondere aus der Schacke und der Flösse. Abschnittsweise wurde ein Grundwassereinfluss auf die Kleine Elster nachgewiesen. Im Untersuchungsgebiet Kleine Elster bestand keine flächenhafte Versauerung. Der Bergbaueinfluss manifestierte sich in einer erhöhten Eisenbelastung der Fließgewässer, insbesondere in den Oberläufen der östlichen Zuflüsse Schacke und Flösse. Hier wurden zudem leicht erhöhte Sulfatkonzentrationen und im Oberlauf der Flösse außerdem eine Versauerung festgestellt. Für zahlreiche zu prüfende Fließgewässer-OWK im Einzugsgebiet Kleine Elster wurde kein Bergbaueinfluss festgestellt. In sechs Fällen war der Bergbaueinfluss nicht abschließend feststellbar. Für zwei Fließgewässer-OWK wird ein Bergbaueinfluss neu postuliert.
- (17) Der Gutachter empfiehlt die Fortsetzung des Monitorings mit dem Fokus auf die Haupteintragsbereiche der bergbaubürtigen Stoffe im Osten des Einzugsgebietes: vor allem die Oberläufe der Schacke, des Rückersdorfer Neugrabens und der Flösse. In diesen Bereichen ist eine Verdichtung der Fließgewässermessstellen in Betracht zu ziehen, um Eintragsbereiche zu präzisieren und Quellstärken zu quantifizieren. Zur Klärung der Herkunftsbereiche sollte eine örtliche Erkundung durch Bohrungen bzw. Grundwasseruntersuchungen erwogen werden (Cluster 3).
- (18) Das Untersuchungsgebiet **Vincenzgraben** umfasst dessen gesamtes oberirdisches Einzugsgebiet bis zur Mündung in die Schwarze Elster. Der Vincenzgraben entspringt bei Zeißholz, nimmt im Fließverlauf den Bilanzüberschuss des RL Zeißholz (Altbergbau ohne Rechtsnachfolge) und die Regenwasserabschläge aus den Grauwackesteinbrüchen Oßling und Dubring II auf, durchströmt das FFH-Gebiet Dubringer Moor und mündet in Dörghenhausen in die Schwarze Elster. Die 2-Meter-Absenkungslinie tangiert das Untersuchungsgebiet lediglich im äußersten Nordosten. Im strategischen Hintergrundpapier Teil 3 von 2020 wurde für den Fließgewässer-OWK ein zu prüfender Bergbaueinfluss postuliert.
- (19) Neben einer Gebietsbegehung am Vincenzgraben standen Daten aus Monitorings der LMBV und des LfULG zur Verfügung. Im Rahmen eines Monitorings zum Vincenzgraben wurden von Juni bis November 2021 an neun Messstellen monatlich Wasserproben entnommen und der Durchfluss gemessen. Mit zunehmendem Erkenntnisgewinn wurden einzelne Fließgewässerabschnitte des Vincenzgrabens durch weitere Messstellen untersetzt.
- (20) Im Oberlauf des Vincenzgrabens ist ein Bergbaueinfluss durch die Stoffeinträge aus dem RL Zeißholz und aus den Grauwackesteinbrüchen gegeben. In diesem Bereich war der Vincenzgraben zudem stark sauer. Diese Stofffrachten gelangten jedoch nicht bis zur Mündung. Während der Passage des Dubringer Moores verändert der Vincenzgraben seine Wasserbeschaffenheit. Der Bergbaueinfluss ist an der Messstelle VGr 10 nicht mehr nachweisbar. Die Stofffracht an der behördlichen Messstelle wird den Verursacherkategorien natürliche Quellen und andere Verursacher zugeordnet.



- (21) Zur Verbesserung des Systemverständnisses wird die Fortführung der Untersuchungen am Vincenzgraben empfohlen. Insbesondere sind die Wasserbilanz und die abschnittswise Verluste zu präzisieren.
- (22) Das Untersuchungsgebiet **Ständergraben** umfasst das landwirtschaftlich geprägte Niederungsgebiet südlich von Luckau, das im Nordwesten über den Ständergraben und im Süden über den Goßmar-Luckauer Grenzgraben in die Berste entwässert. Der Gebietsauslass wird durch das Schöpfwerk Luckau reguliert. Im Süden wird Wasser aus den Bornsdorfer Teichen (Altbergbau ohne Rechtsnachfolge) in den Goßmar-Luckauer Grenzgraben abgeschlagen. Der größte Teil des Untersuchungsgebietes liegt zwischen der § 3-Linie und der 2-Meter-Absenkungslinie nordwestlich des ehemaligen Tagebaus Schlabendorf-Süd. Im strategischen Hintergrundpapier Teil 3 von 2020 wurde für zwei Fließgewässer-OWK im Untersuchungsgebiet ein zu prüfender Bergbaueinfluss postuliert.
- (23) Im Vorfeld des Monitorings wurde der Ständergraben durch eine Gebietsbegehung in Augenschein genommen. Ergänzend wurden Daten aus Monitorings der LMBV und Informationen zur Gewässerbenutzung im Untersuchungsgebiet ausgewertet. Im Rahmen des Monitorings zum Ständergraben wurden von Juli bis November 2021 an fünf Messstellen zu sechs Terminen Wasserproben entnommen und der Durchfluss gemessen. Mit zunehmendem Erkenntnisgewinn wurden weitere Messstellen in das Monitoring aufgenommen oder wenig aussagekräftige Messstellen aufgehoben.
- (24) Die Fließe im Untersuchungsgebiet waren neutral und ohne Versauerungsdisposition. Die Befunde für Eisen und Sulfat waren bergbaubedingt erhöht. Durch die Untersuchungen konnte im Goßmar-Luckauer Grenzgraben und im Ständergraben ein Bergbaueinfluss belegt werden. Der überwiegende Teil der Stofffrachten im Goßmar-Luckauer Grenzgraben stammt aus den Bornsdorfer Teichen (Fernwirkung). Die erhöhte Stoffbelastung der zwei Fließgewässer-OWK wird anteilig den Verursacherkategorien Bergbau, Altbergbau ohne Rechtsnachfolge (Fernwirkung) und Landwirtschaft zugeordnet.
- (25) Der Gutachter empfiehlt das Monitoring zum Ständergraben im Rahmen der Prüffalluntersuchungen einzustellen. Auf dem EZG des Ständergrabens liegt ein monatliches Monitoring der LMBV. Im Rahmen des LMBV-Monitorings wird das Einzugsgebiet an den gleichen Messstellen des vorliegenden Projektes überwacht.



## 1 Veranlassung

In den Jahren 2018 bis 2020 wurde im Auftrag des LBGR Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe des Landes Brandenburg in drei Etappen das strategische Hintergrundpapier Spree-Schwarze Elster zu den bergbaubedingten Stoffeinträgen in den Flusseinzugsgebieten Spree und Schwarze Elster erarbeitet: IWB & gIR (2018), IWB & gIR (2020) und IWB (2020). Der Untersuchungsraum erstreckte sich über die Bundesländer Sachsen, Brandenburg, Berlin und nunmehr auch Sachsen-Anhalt. Er hat eine Gesamtfläche von ca. 14.500 km<sup>2</sup> und beinhaltet nach aktueller Datenlage IWB (2022a) insgesamt 1.566 Fließgewässer (FG), 559 Fließgewässer-Oberflächengewässerkörper (OWK) und 30 Grundwasserkörper (GWK). Die tatsächliche Anzahl physischer Fließgewässer ist deutlich größer. Es handelt sich hierbei in der Regel um nicht berichtspflichtige Fließgewässer gemäß der EG-Wasserrahmenrichtlinie (EG-WRRL). Nicht berichtspflichtige Fließgewässer sind in der behördlichen Datenerfassung nicht integriert. Dennoch gelten für zahlreiche berichtspflichtige Fließgewässer die nicht berichtspflichtigen Fließgewässer als bedeutsame Belastungsquellen. Diese sind für die anstehenden Untersuchungen der im strategischen Hintergrundpapier Spree-Schwarze Elster als sogenannte Prüffälle ausgewiesenen OWK zu berücksichtigen.

Ziel des strategischen Hintergrundpapiers Spree-Schwarze Elster war es, die stoffliche Belastung der Lausitzer Fließgewässer aufgrund der Beeinflussung durch den Bergbau abzugrenzen, zu beschreiben und zu bewerten, um geeignete Maßnahmen für die zukünftige Minderung der Belastungen abzuleiten. Dies ist für den überwiegenden Teil der berichtspflichtigen OWK erfolgt IWB (2020). Für einzelne OWK konnte das aus unterschiedlichen Gründen nicht erfolgen. Diese Fälle, die im strategischen Hintergrundpapier Spree-Schwarze Elster IWB & gIR (2020) als sogenannte Prüffälle bezeichnet wurden, sind zu analysieren, zu beschreiben und zu bewerten. Ziel der Untersuchungen ist es, für die Prüffälle hinsichtlich der bergbaubedingten Stoffbelastungen der OWK eine abschließende oder mindestens weitergehende Klärung herbeizuführen.

Das Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann wurde am 12.04.2021 unter der Projektnummer 2021/045 vom LBGR Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg mit den nachfolgenden Untersuchungen beauftragt (Abschnitt 2).

## 2 Aufgabenstellung

Zur weiteren Bearbeitung der Prüffälle im Rahmen des strategischen Hintergrundpapiers wurde folgende Aufgabenstellung formuliert:

1. Herleitung und Darstellung von Belastungsmustern und -thesen,
2. Erarbeitung clusterbezogener Konzepte,
3. Beispielhafte Bearbeitung der Clusterkonzepte sowie
4. Bearbeitung von Sonderfällen.

1. Herleitung und Darstellung von Belastungsmustern und -thesen



Die im strategischen Hintergrundpapier Spree-Schwarze Elster ausgewiesenen Prüffälle zeichnen sich dadurch aus, dass sie am Rand der in IWB & gIR (2020) herausgearbeiteten flächenhaften Abgrenzung der bergbaulichen Beeinflussung liegen, dass sie aufgrund von Fernwirkung indirekt durch die bergbauliche Einflussnahme betroffen sind oder dass die Vermutung dafür besteht oder dass andere Belastungsquellen von größerer Relevanz sind.

Vor diesem Hintergrund sind Belastungsmuster zu identifizieren und herauszuarbeiten sowie Belastungsthesen zu formulieren, die die Darstellung von sogenannten Belastungsclustern erlauben. Die Belastungscluster sollen repräsentativ die vermuteten Belastungsmuster abbilden. Die Aufstellung von untergeordneten Clustern kann im Fall, dass dadurch Entwicklungen innerhalb des grundlegenden Belastungsmusters beschreibbar werden, vorgenommen werden.

## 2. Erarbeitung clusterbezogener Konzepte

Für die herausgearbeiteten Belastungscluster sind Konzepte zur abschließenden bzw. weiteren Klärung der bergbaulichen Beeinflussung der OWK zu erarbeiten. Neben dem Sanierungs- und Gewinnungsbergbau der Braunkohle sind weitere Einflussfaktoren, wie z. B. Altbergbau, Bergbau auf Steine- und Erden, landwirtschaftliche Melioration, Grundwasserentnahmen, Niedermoore und ggf. weitere einzu beziehen.

Für künftige Bearbeitungen ist eine Abschätzung des Bearbeitungsumfangs zur Klärung von Prüffällen nach einer dreistufigen Einordnung hinsichtlich des zugrundeliegenden Datenumfangs vorzunehmen:

- Einfach: auf der Grundlage bekannter und/oder vorliegender Daten,
- Umfangreich: auf der Grundlage von weiteren zu recherchierenden und zu beschaffenden Daten sowie
- Sehr umfangreich: auf der Grundlage von darüber hinaus neu zu erhebenden Daten.

## 3. Beispielhafte Bearbeitung der Clusterkonzepte

Die Konzepte nach Pkt. 2 sollen an einem Beispiel je Cluster getestet werden. Dazu ist die grundsätzliche Herangehensweise clusterbezogen zu verdeutlichen und der Nachweis zu erbringen, dass eine praxistaugliche Bearbeitung für weitere Prüffälle innerhalb des Clusters zu nachvollziehbaren Ergebnissen führt.

Im Ergebnis ist deutlich zu machen, ob bzw. im Zweifel wie eine bergbauliche Einflussnahme auf die Fließgewässer bzgl. der zu betrachtenden Kennwerte feststellbar ist. Aus den Konzepten soll hervorgehen, welche Begleitdaten, -informationen und -auswertungen notwendig sind, um zweifelsfreie Ergebnisse zu erhalten. Dazu sind bisher nicht berücksichtigte Datenquellen einzubeziehen sowie deren Art, Inhalt und Verfügbarkeit darzustellen.

Vorzugsweise sind als Beispiele OWK zu wählen, die bereits über eine repräsentative Messstelle nach EG-WRRRL verfügen.



Je Belastungscluster ist ein Fall exemplarisch und möglichst vollumfänglich zu bearbeiten. Dazu sind:

- weitere Quellen zu recherchieren, auszuwerten und deren Ergebnisse und Aussagen zu bewerten,
- ggf. ein anlassbezogenes Monitoring zu konzipieren, durchzuführen, auszuwerten und zu bewerten,
- die Belastungsquellen zu ermitteln, in Stärke und Qualität zu unterscheiden, auszuwerten und zu bewerten,
- im gegebenen Fall eine bergbauliche Einflussnahme auszuweisen und
- eine bilanzielle Herleitung des Bergbauanteils zu schaffen. Dabei ist eine Differenzierung nach Gewinnungsbergbau, Sanierungsbergbau (Braunkohle), Steine- und Erdenbergbau sowie Altbergbau ohne Rechtsnachfolge vorzunehmen. Soweit die Anteile nicht eindeutig zuordenbar sind, sind die weiteren Schritte zur Klärung aufzuzeigen.

Ziel der beispielhaften Untersuchungen ist es, möglichst weitreichende Erkenntnisse herauszuarbeiten, um im besten Fall eine abschließende Bewertung der bergbaubedingten Stoffeinträge und deren Belastungsanteile vornehmen zu können.

#### 4. Bearbeitung von Sonderfällen

Für den Fall, dass eine repräsentative Messstelle im OWK fehlt, sind Daten aus der Datenbank zu evaluieren, die einer anlassbezogenen Ersatzmessstelle im Sinne einer repräsentativen Messstelle gerecht werden. Gemeinsam mit dem Auftraggeber und den zuständigen Wasserbehörden ist über den bedarfsgerechten Ersatz einer repräsentativen Messstelle durch die anlassbezogene Ersatzmessstelle zu entscheiden. Dazu ist ein begründeter Ersatzvorschlag zu unterbreiten.

Für den Fall, dass eine repräsentative Messstelle im OWK fehlt und auch keine anlassbezogene Ersatzmessstelle gefunden werden kann, ist eine anlassbezogene neue Messstelle festzulegen. An einer derartigen Messstelle ist das Monitoring entsprechend der Erhebungsanforderungen gemäß EG-WRRRL aufzustellen sowie umfänglich mit Bezug zum „Merkblatt Montanhydrologisches Monitoring“ der LMBV (aktuelle Fassung) vorzusehen. Die anlassbezogene neue Messstelle ist zu begründen. Für das Jahr 2021 ist das entsprechende Monitoring zu veranlassen und durchzuführen. Das Monitoringkonzept ist darüber hinaus so aufzusetzen, dass ein fortlaufendes Monitoring über das Jahr 2021 hinaus möglich wird.

Für den Fall, dass eine anlassbezogene neue Messstelle zunächst einzurichten ist, sind im Rahmen des Abschlussberichtes die Entscheidung über die Lage der anlassbezogenen Messstelle darzustellen sowie der Umfang des Monitorings zu beschreiben. Im Abschlussbericht sind die bereits gewonnenen Daten an der anlassbezogenen neuen Messstelle darzustellen, soweit möglich auszuwerten und zu bewerten. Im Ergebnis ist die eingangs formulierte Belastungsthese zu evaluieren und ggf. zu korrigieren. Für das Monitoring ist eine Kostenschätzung vorzulegen.

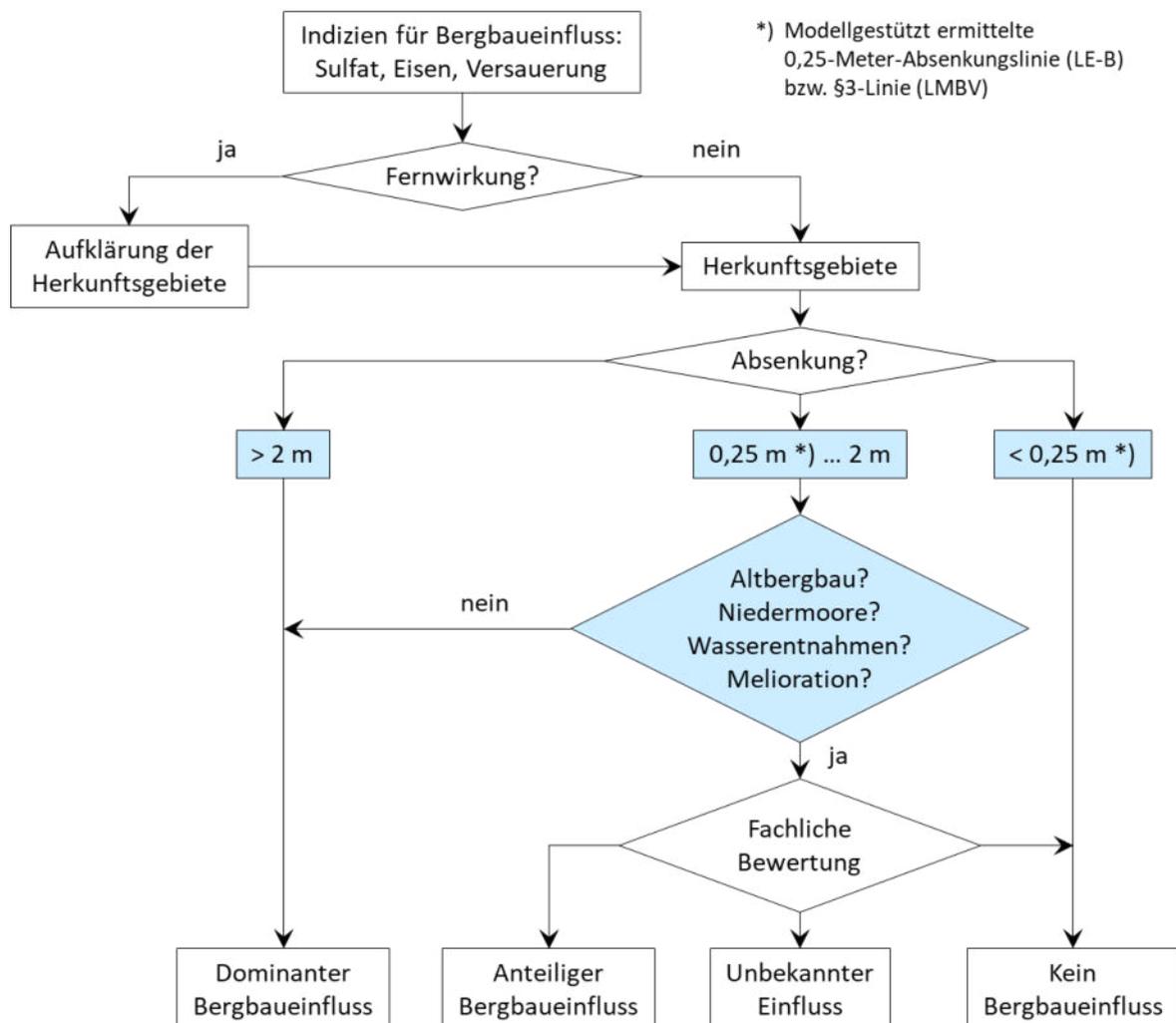
Bei den vorgenannten Untersuchungen ist der Schwerpunkt auf die chemischen Kennwerte pH-Wert, Sulfat und Eisen zu legen. Als Datengrundlage gilt die für das

Jahr 2020 aktualisierte Datenbank, die im Zuge des strategischen Hintergrundpapiers Spree-Schwarze Elster entstanden ist IWB (2022a).

### 3 Konzept

#### 3.1 Grundlagen

In IWB & gIR (2020) wurde ein **Konzept zur Beurteilung des Bergbaueinflusses** auf die Fließgewässer entwickelt (Bild 1). Das Konzept geht zunächst von der Annahme aus, dass die Gebiete mit Bergbaueinfluss anhand der durch den Braunkohlenbergbau verursachten historischen und aktuellen Grundwasserabsenkung räumlich eingegrenzt werden können. Für die **Abgrenzung des räumlichen Bergbaueinflusses** wurden Geodatenätze zur historischen und aktuellen Grundwasserabsenkung verwendet (Bild 2). Für die Interpretation der Daten wurden Ansätze entwickelt, die eine Unterscheidung zwischen einem direkten bzw. einem dominanten räumlichen Einfluss, einem anteiligen räumlichen Einfluss und einem indirekten räumlichen Einfluss (Fernwirkung) des Braunkohlenbergbaus sowie anderen Einflussgrößen (Altbergbau ohne Rechtsnachfolge, Niedermoore, Melioration usw.) ermöglichen (Bild 1).



**Bild 1:** Konzept zur Beurteilung des räumlichen Bergbaueinflusses von Gewässerbelastungen mit Sulfat, Eisen oder Versauerung, Abbildung aus IWB & gIR (2020).



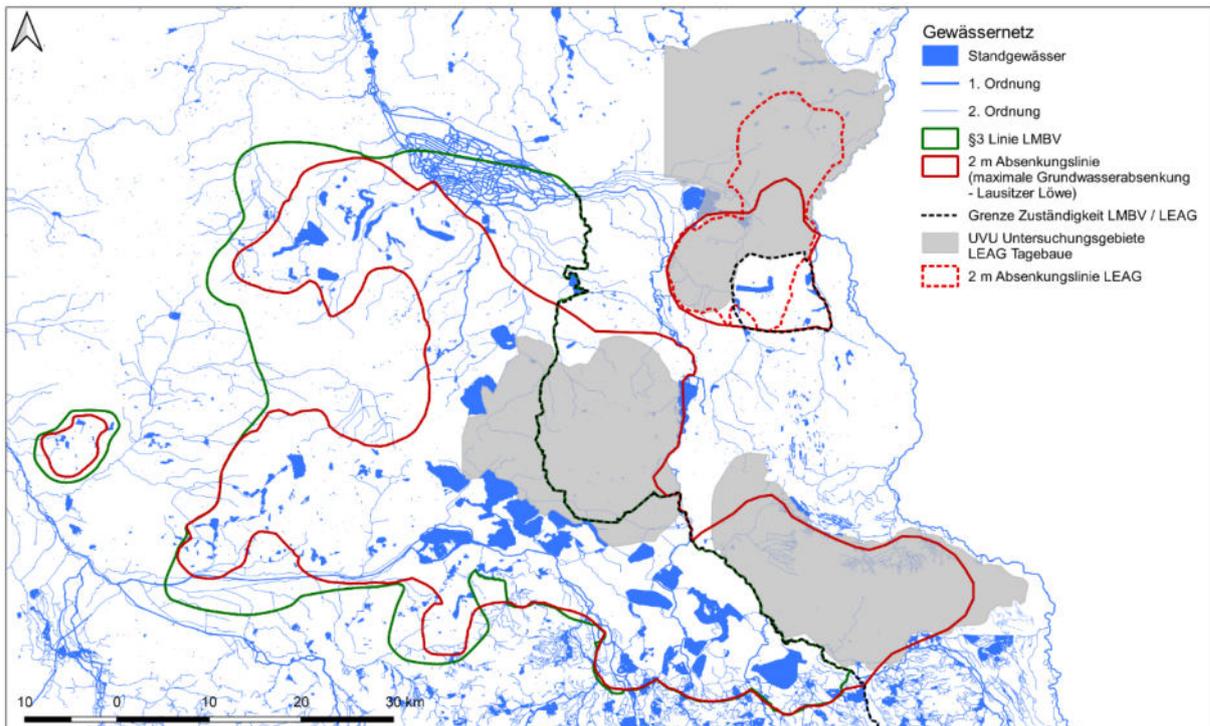
Die Abgrenzung der Gebiete mit **direktem bzw. dominantem Einfluss des Braunkohlenbergbaus** erfolgte anhand der sogenannten 2-Meter-Absenkungslinie (Bild 2). Dies ist eine fiktive, nicht zeitsynchrone Linie, die den (maximalen) Bereich begrenzt, in dem eine Absenkung des Grundwasserstandes im oberen Grundwasserleiter infolge der Sumpfung von Braunkohlentagebauen von mehr als 2 Meter im Vergleich zum vorbergbaulichen Zustand bereits stattgefunden hat bzw. durch ein geplantes Vorhaben zu erwarten ist. Die innerhalb der abgegrenzten Gebiete festgestellten Eisen-, Sulfat- und Versauerungsbelastungen der Fließgewässer sind mit hoher Wahrscheinlichkeit auf den Braunkohlenbergbau zurückzuführen (Bild 1 und Tabelle 1).

Die äußere Grenze der bergbaulichen Beeinflussung wurde anhand der in den vorhabenbezogenen Umweltverträglichkeitsuntersuchungen des Gewinnungsbergbaus verwendeten 0,25-Meter-Absenkungslinie sowie der sogenannten § 3-Linie der LMBV definiert (Bild 2). Die 0,25-Meter-Absenkungslinie entspricht der Umhüllenden des räumlich veränderlichen Einflusses der Sumpfung eines Braunkohlentagebaus auf die umgebenden Grundwasserleiter und wird für jeden Tagebau durch numerische geohydraulische Modellierung valide ermittelt. Die sogenannte § 3-Linie wurde im Rahmen der Verhandlungen zum Verwaltungsabkommen zur Braunkohlensanierung zwischen Bund und Ländern festgelegt. Sie schließt außerhalb der 2-Meter-Absenkungslinie großzügig weitere Flächen ein, in denen ein Grundwasser-einfluss zu vermuten ist, siehe IWB & gIR (2020). Die § 3-Linie wird im Konzept formal als 0-Meter-Absenkungslinie und als äußere Grenze der bergbaulichen Beeinflussung interpretiert (Bild 1). In den Gebieten zwischen der 2-Meter-Absenkungslinie und der äußeren Grenze der bergbaulichen Beeinflussung (0,25-Meter-Absenkungslinie bzw. § 3-Linie) kann die Sulfat-, Eisen- oder Versauerungsbelastung der Fließgewässer durch einen **direkten, anteiligen oder indirekten Einfluss des Braunkohlenbergbaus** und/oder durch **andere Einflussfaktoren** (Altbergbau ohne Rechtsnachfolger, Niedermoore, Melioration) verursacht sein. Die Ursachen der Stoffbelastungen müssen daher in jedem Einzelfall geprüft und einem Verursacher zugeordnet werden (Bild 1 und Tabelle 1).

Die vorgenannten bergbaulichen Beeinflussungen sind anhand von Geodaten räumlich abgrenzbar. Die Einflüsse des Bergbaus können sich aber auch indirekt über diese Grenzen hinaus auf die Stoffbelastung der Fließgewässer auswirken. So werden bergbaubedingte Stoffeinträge in den Fließgewässern mit der fließenden Welle stromab transportiert und auch in formal bergbaulich unbeeinflussten Fließgewässerabschnitten zu entsprechenden Stoffbelastungen führen. Dieser Effekt wird als **Fernwirkung** bezeichnet (Bild 1 und Tabelle 1). Inwieweit die Sulfat-, Eisen- oder Versauerungsbelastung eines Fließgewässers auf eine Fernwirkung zurückzuführen ist, muss in jedem Einzelfall geprüft werden. Für die Ermittlung der potenziell von einer Fernwirkung betroffenen Fließgewässer wurde in IWB & gIR (2020) ein Ansatz entwickelt.

**Tabelle 1: Klassifizierung der Grundwasserabsenkung im Vergleich zum vorbergbaulichen Zustand zur Abgrenzung des Bergbaueinflusses von Gewässerbelastungen nach dem in Bild 1 dargestellten Konzept, Tabelle aus IWB & gIR (2020).**

Zustandsklasse der Grundwasserabsenkung im Vergleich zum vorbergbaulichen Zustand	Einordnung des Bergbaueinflusses	Definition
Außerhalb 0,0 m (LMBV) bzw. < 0,25 m (LE-B)	Kein Bergbaueinfluss	Die Sulfat-, Eisen- oder Versauerungsbelastung von Gewässern kann nicht auf einen direkten Bergbaueinfluss zurückgeführt werden. Bei bestehenden Belastungen ist allerdings zu prüfen, ob ggf. ein indirekter Bergbaueinfluss, eine Fernwirkung, besteht.
0,0 m ... 2,0 m (LMBV) bzw. 0,25 m ... 2,0 m (LE-B)	Zu prüfender Bergbaueinfluss (Prüffall)	Ein direkter Bergbaueinfluss kommt als Ursache für die Sulfat-, Eisen- oder Versauerungsbelastung von Gewässern in Frage. Allerdings ist zu prüfen, ob die Belastung ggf. vollständig oder anteilig auf andere Einflussfaktoren (Altbergbau, Melioration, Grundwasserentnahme, Niedermoore) zurückgeht.
> 2,0 m	Dominanter Bergbaueinfluss	Die Sulfat- und/oder Eisenbelastung sowie ggf. die Versauerung von Gewässern sind mit hoher Wahrscheinlichkeit durch einen direkten Bergbaueinfluss verursacht.



**Bild 2: Flächenhafte Abgrenzung des Bergbaueinflusses im Lausitzer Braunkohlenrevier, Abbildung aus IWB & gIR (2020).**



Entsprechend dem dargestellten Konzept zur räumlichen Abgrenzung des Bergbaueinflusses wurde in IWB & gIR (2020) und IWB (2022a) die bergbauliche Beeinflussung aller 559 Fließgewässer-OWK im Untersuchungsgebiet eingeschätzt. Für 111 Fließgewässer-OWK wurde ein dominanter Bergbaueinfluss und für 75 Fließgewässer-OWK ein zu prüfender Bergbaueinfluss festgestellt. Von den 75 Prüffällen liegen 46 Fließgewässer-OWK in den Randbereichen der Grundwasserabsenkung. Bei 29 Fließgewässer-OWK wird von einer potenziellen Fernwirkung ausgegangen (Tabelle 2). Die bergbauliche Beeinflussung der als Prüffälle kategorisierten Fließgewässer-OWK muss in jedem Einzelfall durch geeignete Untersuchungen geprüft werden. Zudem ist festzuhalten, dass ein räumlicher Bergbaueinfluss nicht zwangsläufig eine stoffliche Beeinflussung zur Folge hat. Der stoffliche Einfluss des Bergbaus wird anhand der Daten zur Wasserbeschaffenheit bewertet.

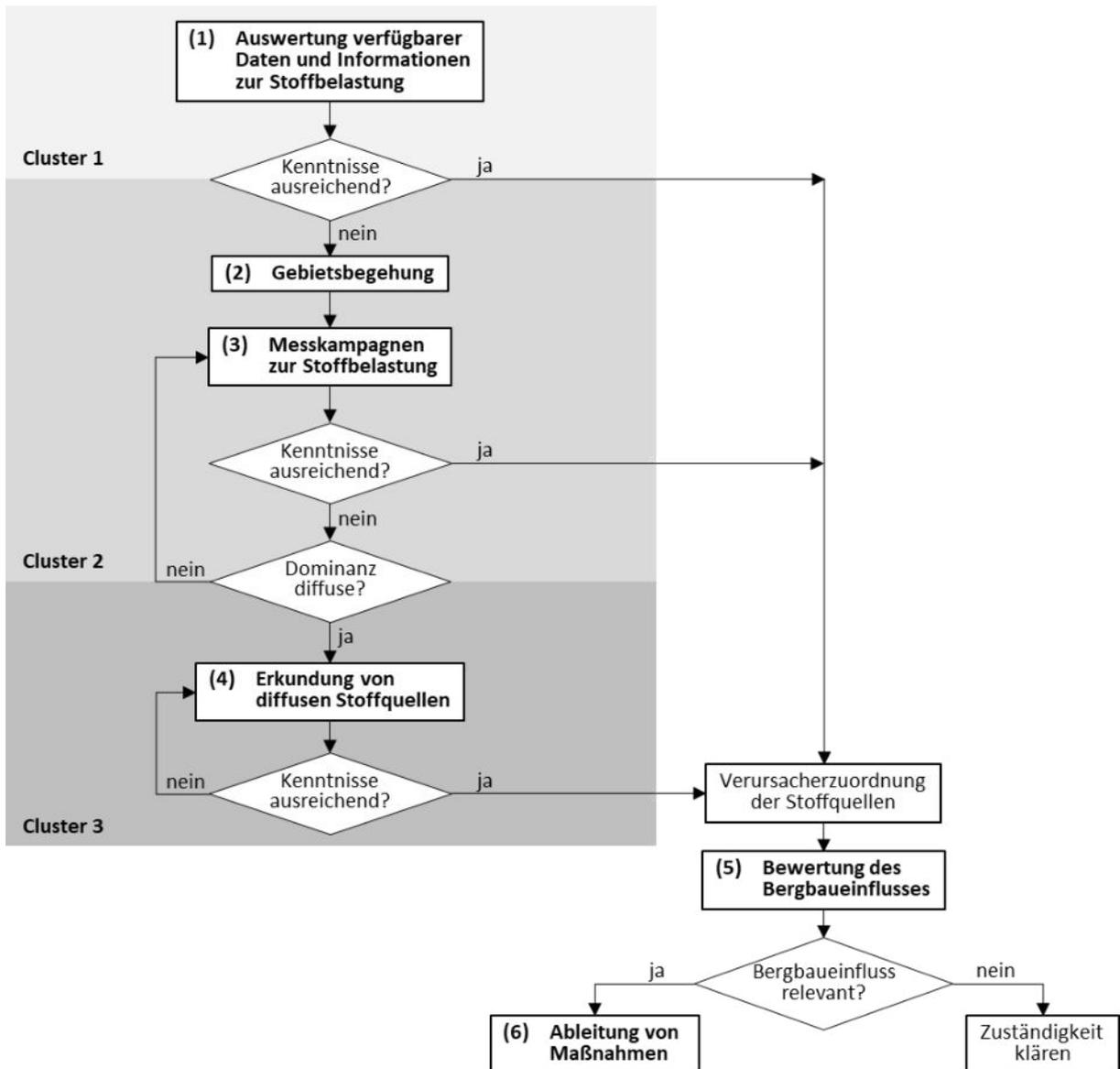
**Tabelle 2: Anzahl der Fließgewässer-OWK mit dominantem und zu prüfendem Bergbaueinfluss im Untersuchungsraum, ausgewiesen für die Bundesländer Sachsen, Brandenburg, Sachsen-Anhalt und Berlin.**

Bundesland	Anzahl der Fließgewässer-OWK im Untersuchungsraum	Anzahl der Fließgewässer-OWK mit Bergbaueinfluss			Summe
		Dominanter Bergbaueinfluss	Zu prüfender Bergbaueinfluss		
			Randbereich	Fernwirkung	
Sachsen	119	18	1	0	19
Brandenburg	429	93	45	26	164
Sachsen-Anhalt	7	0	0	2	2
Berlin	4	0	0	1	1
Summe	559	111	46	29	186

Entsprechend der Aufgabenstellung wurde eine **Methodik zur Ermittlung des Bergbaueinflusses** für die als Prüffälle kategorisierten Fließgewässer-OWK entwickelt (Bild 3 und Tabelle 3). Die Methodik umfasst sechs Arbeitsschritte:

- (1) die Auswertung verfügbarer Daten und Informationen zur Stoffbelastung,
- (2) eine Gebietsbegehung,
- (3) Messkampagnen zur Stoffbelastung,
- (4) die Erkundung von diffusen Stoffquellen,
- (5) die Bewertung des Bergbaueinflusses und
- (6) die Ableitung von Maßnahmen.

Die sechs Arbeitsschritte sind in drei **Cluster** (Bild 3 und Tabelle 3) eingeordnet. Die Einordnung der Arbeitsschritte in Cluster dient der Schätzung des Bearbeitungsaufwandes zur Ermittlung des Bergbaueinflusses der Fließgewässer-OWK. Die Arbeiten im Cluster 1 beschränken sich auf eine Auswertung bereits verfügbarer Informationen. Im Cluster 2 sind Arbeiten zur Untersuchung der Oberflächengewässer und im Cluster 3 Arbeiten zur Untersuchung des Grundwassers zusammengefasst. Für die Schätzung des Bearbeitungsaufwandes werden im Rahmen einer Vorprüfung anhand der jeweils verfügbaren Vorkenntnisse und der Datenlage die 75 zu prüfenden Fließgewässer-OWK einem Cluster zugeordnet.



**Bild 3:** Schema zur Beurteilung des Bergbaueinflusses von Fließgewässer-OWK nach dem Clusterkonzept zur Berücksichtigung unterschiedlicher Daten- und Kenntnisstände.



**Tabelle 3: Arbeitsschritte und wesentliche Arbeitsinhalte zur Beurteilung des Bergbaueinflusses von Fließgewässer-OWK.**

Cluster	Nr.	Arbeitsschritt	Bearbeitungsinhalte	Inhaltliche Vertiefung in
1	1	Recherche und Auswertung der verfügbaren Daten zur Stoffbelastung	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Recherche sämtlicher verfügbarer Daten zur Stoffbelastung im Fließgewässer-OWK</li> <li>▪ Recherche sämtlicher thematisch relevanter Informationen zum Untersuchungsgebiet (z. B. Geodaten, Witterung, Wasserwirtschaft, Gewässerbenutzung)</li> <li>▪ Auswertung der beschafften Informationen und Daten</li> <li>▪ Identifikation von relevanten Stoffquellen und verursacherkonkrete Zuordnung</li> <li>▪ Prüfung der Eignung zur Bewertung des Bergbaueinflusses</li> <li>▪ ggf. Ermittlung des zusätzlichen Informationsbedarfs zur Bewertung des Bergbaueinflusses</li> </ul>	Abschnitt 3.2
2	2	Gebietsbegehung	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Planung und Durchführung einer Begehung des Untersuchungsgebietes zur Erlangung bzw. Verbesserung eines grundlegenden Systemverständnisses</li> <li>▪ Verifizierung der Erkenntnisse aus dem 1. Arbeitsschritt</li> <li>▪ Vorbereitung der Erhebung zusätzlicher Daten zur Stoffbelastung</li> </ul>	Abschnitt 3.3
2	3	Messkampagnen zur Stoffbelastung	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Festlegung von Durchfluss- und Beschaffenheitsmessstellen</li> <li>▪ Definition des zu untersuchenden Kennwertspektrums</li> <li>▪ Planung und Durchführung von Messkampagnen (Messzeitraum, Messhäufigkeit)</li> <li>▪ Plausibilisierung und Auswertung der Messergebnisse</li> <li>▪ Identifikation von relevanten Stoffquellen und verursacherkonkrete Zuordnung</li> <li>▪ Prüfung der Fähigkeit zur Bewertung des Bergbaueinflusses</li> </ul>	Abschnitt 3.4
3	4	Erkundung von diffusen Stoffquellen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Recherche verfügbarer Daten zu den geohydraulischen und hydrogeochemischen Verhältnissen im Grundwasser</li> <li>▪ Planung von ergänzenden Erkundungsarbeiten</li> <li>▪ Untersuchung von existierenden Grundwassermessstellen</li> <li>▪ geochemische Sondierung des Untergrundes</li> <li>▪ Errichtung und Beprobung oberflächennaher Grundwassermessstellen</li> <li>▪ Auswertung von Messdaten und Quantifizierung von Belastungsquellen</li> <li>▪ Prüfung der Fähigkeit zur Bewertung des Bergbaueinflusses</li> </ul>	Abschnitt 3.5
Alle	5	Bewertung des Bergbaueinflusses	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Zusammenführung der in den Arbeitsschritten 1 bis 4 gewonnenen Erkenntnisse</li> <li>▪ verursacherkonkrete Zuordnung von identifizierten Stoffquellen</li> <li>▪ Erstellung von Längsschnittbilanzen oder Eintragsbilanzen der Stofffrachten</li> <li>▪ Ermittlung verursacherkonkreter Anteile an der Stoffbelastung des Fließgewässer-OWK</li> <li>▪ Bewertung des Bergbaueinflusses für den Fließgewässer-OWK</li> </ul>	Abschnitt 3.6
Alle	6	Maßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Prüfung der Notwendigkeit von Maßnahmen zur Minderung der bergbaubedingten Stoffbelastung</li> <li>▪ Ermittlung des Handlungsbedarfs</li> <li>▪ Ableitung geeigneter Maßnahmen</li> <li>▪ Einschätzung der Maßnahmenwirkung</li> </ul>	Abschnitt 3.7



Für die Ermittlung der bergbaulichen Beeinflussung eines Fließgewässer-OWK sind nicht zwingend alle sechs **Arbeitsschritte** durchzuführen. Bei ausreichend belastbarer Datenlage kann die bergbauliche Beeinflussung bereits auf der Grundlage der verfügbaren Daten (1. Arbeitsschritt, Tabelle 3) beurteilt werden (Cluster 1, Bild 3). Reicht die bestehende Datenlage zur Ermittlung der bergbaulichen Beeinflussung nicht aus, sind weiterführende Arbeitsschritte erforderlich. Durch die Untersuchung der Oberflächengewässer mittels Gebietsbegehung und Messkampagnen (2. und 3. Arbeitsschritt, Tabelle 3) können die Stoffbelastung des untersuchten Fließgewässer-OWK ermittelt und die relevanten Stoffquellen üblicherweise identifiziert und quantifiziert werden, so dass eine belastbare Bewertung der bergbaulichen Beeinflussung des Fließgewässer-OWK möglich ist (Cluster 2, Bild 3). Sind die wesentlichen Stoffquellen durch Messkampagnen zwar identifiziert, aber noch nicht hinreichend genau quantifiziert, was häufig bei diffusen Stoffeinträgen der Fall ist, ist eine detaillierte Erkundung der Quellen erforderlich (4. Arbeitsschritt, Tabelle 3). Danach sollte der Bergbaueinfluss eines Fließgewässer-OWK verlässlich bewertet werden können (Cluster 3, Bild 3). Wurde ein Bergbaueinfluss festgestellt (5. Arbeitsschritt, Tabelle 3), ist zu prüfen, ob die festgestellte Stoffbelastungen durch geeignete Maßnahmen gemindert (6. Arbeitsschritt, Tabelle 3) und der Zustand des Fließgewässer-OWK verbessert werden kann.

Die dargestellte Methodik der Untersuchungstiefe zur Ermittlung des Bergbaueinflusses ist für alle zu prüfenden Fließgewässer-OWK formal in gleicher Weise anzuwenden. Die **Untersuchung der 75 deklarierten Prüffälle** sollte vorab geplant und organisiert werden. Es wird grundsätzlich empfohlen, die Untersuchungen am Oberlauf eines Fließgewässers zu beginnen und dann entlang des Fließweges fortzusetzen. Weiterhin sollte der Untersuchungsrahmen nicht zu kleinräumig gewählt werden, sondern nach Möglichkeit das gesamte Einzugsgebiet eines Fließgewässers umfassen. Diesen Prinzipien folgend, sollte zuerst die bergbauliche Beeinflussung der 46 Fließgewässer-OWK in den Randbereichen der Grundwasserabsenkung aufgeklärt werden (Tabelle 2). Mit den dabei gewonnenen Erkenntnissen zu den bergbaubedingten Stoffbelastungen der Fließgewässer-OWK kann dann die Prüfung der 29 Fließgewässer-OWK mit potenzieller Fernwirkung erfolgen.

## 3.2 Auswertung verfügbarer Daten und Informationen

### 3.2.1 Recherche von Daten zum Durchfluss und zur Beschaffenheit

Zur Ermittlung der bergbaulichen Beeinflussung eines Fließgewässers sind alle verfügbaren **Daten zum Durchfluss und zur Wasserbeschaffenheit** gleichermaßen für deren natürliche Zuflüsse sowie für Einleitungen aus technischen Anlagen, aus Standgewässern und aus der Landwirtschaft zu recherchieren, zu beschaffen und aufzubereiten. Als erste Informationsquelle kann der im Rahmen des StrathGP zusammengestellte und fortlaufend aktualisierte Datenbestand genutzt werden, siehe IWB & gIR (2020) und IWB (2022a). Im Bestand werden sämtliche bekannte Messstellen von Landesbehörden und Bergbauunternehmen in den Einzugsgebieten der Spree und der Schwarzen Elster mit den entsprechenden Daten geführt. Darüber hinaus können ergänzende Recherchen in anderen Datenquellen, wie in den Landkreisen, in der Industrie, in der Landwirtschaft und bei Wasserversorgern erforderlich sein (siehe Abschnitt 3.2.2).



Die Datenrecherche sollte einen ausreichend langen **Zeitraum** umfassen. Nach den Erfahrungen des Gutachters wird ein Zeitraum von 5 bis 10 Jahren empfohlen, damit sowohl verschiedene hydrologische Verhältnisse (dargebotsarme und dargebotsreiche Perioden) als auch Entwicklungen im Untersuchungsraum mit Auswirkungen auf die Stoffbelastung der Fließgewässer, wie z. B. die Umsetzung von Maßnahmen, die Veränderung von Gewässernutzungen, der Rückgang bzw. die Zunahme von Stoffeinträgen usw., abgebildet werden.

Die Daten zur Wasserbeschaffenheit sollten im Idealfall das gesamte **Kennwertespektrum** in der Tabelle 4 umfassen. Aus praktischen Erfahrungen ist allerdings davon auszugehen, dass dieses Kennwertespektrum nicht für alle Messstellen verfügbar ist. Zur Aufklärung der bergbaulichen Beeinflussung sollten die recherchierten Daten jedoch mindestens die bergbaulich relevanten Kennwerte Versauerung, Eisen und Sulfat umfassen.

**Tabelle 4: Spektrum chemischer Kennwerte zur Untersuchung der bergbaulichen Beeinflussung eines Fließgewässers mit Angaben zum Mindestumfang.**

Kennwert	Übliche Maßeinheit	Mindestumfang
Temperatur	°C	
Trübung	FNU	
Sauerstoffsättigung	%	
Sauerstoffkonzentration	mg/L	
pH-Wert	---	■
Elektrische Leitfähigkeit	µS/cm	■
K <sub>S4,3</sub> bzw. K <sub>B4,3</sub>	mmol/L	■
K <sub>S8,2</sub> bzw. K <sub>B8,2</sub>	mmol/L	■
DOC	mg/L	
Sulfat	mg/L	■
Eisen-gesamt	mg/L	■
Eisen-gelöst	mg/L	■
Eisen(II)-gelöst	mg/L	
Arsen	µg/L	
Cadmium	µg/L	
Nickel	µg/L	
Zink	µg/L	
Nitratstickstoff	mg/L	
Ammoniumstickstoff	mg/L	

Die Daten sind auf Plausibilität zu prüfen, z. B. bezüglich des Wertebereiches, der Einordnung in die Zeitreihe, den Abgleich zwischen Vor-Ort- und Laborkennwerten, sowie in geeigneter Weise für die Datenauswertung aufzubereiten (Abschnitt 3.2.3).

### 3.2.2 Recherche weiterer thematisch relevanter Informationen

Neben den Daten zu den Abflussverhältnissen und zur Wasserbeschaffenheit im Untersuchungsgebiet (Abschnitt 3.2.1) sind weitere Informationen zu recherchieren und zu beschaffen, die für die Datenauswertung und die Beurteilung des Bergbaueinflusses von Bedeutung sein können. Dabei ist zwischen obligatorischen und fakultativen Informationen zu unterscheiden (Tabelle 5).

**Tabelle 5: Zusätzlicher Informationsbedarf.**

Informationsbedarf	Art	Inhalte
Obligatorisch	Geodaten	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Gewässernetz</li><li>▪ Fließgewässer-OWK</li><li>▪ Oberirdische Einzugsgebiete</li><li>▪ Landnutzung</li><li>▪ Lage von Gewässerbenutzungen (Kläranlagen etc.)</li><li>▪ Lage von Trinkwasserschutzgebieten</li><li>▪ Lage von Niedermooren</li><li>▪ Standorte des Altbergbaus</li></ul>
	Witterungsdaten	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Niederschlag</li><li>▪ Klimatische Wasserbilanz</li><li>▪ Grundwasserneubildung</li></ul>
Fakultativ	Unterlagen	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Gutachten und Berichte mit thematischem Bezug zu Wasserbeschaffenheit und zum Durchfluss</li><li>▪ Planungsunterlagen zu wasserbaulichen oder stofflich relevanten Maßnahmen</li><li>▪ Unterlagen zu historischen Gewässerbenutzungen</li><li>▪ Unterlagen zu relevanten wasserwirtschaftlichen Anlagen (Wehre, Überleitungen, Schöpfwerke)</li><li>▪ wasserrechtliche Genehmigungen mit ggf. Angaben zu Einleit- bzw. Entnahmemengen sowie den zulässigen Stoffemissionen</li></ul>
	Geodaten	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ historisches Kartenmaterial mit Informationen zum Bergbau und zur Landnutzung</li><li>▪ historische Grundwassergleichenpläne</li></ul>
	Bewegungsdaten Wasserwirtschaft	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Betriebsdaten für relevante wasserwirtschaftliche Anlagen (Speicher, Stauanlagen, Schöpfwerke, Kläranlagen, Wasserentnahmen etc.)</li><li>▪ Beschaffenheitsdaten wasserwirtschaftlicher Anlagen (Kläranlagen, Industrie etc.)</li></ul>
	Bewegungsdaten Grundwasser	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Grundwasserstand</li><li>▪ Grundwasserbeschaffenheit</li></ul>

Der überwiegende Teil der gelisteten Geodaten ist bei Landes- oder Bundesbehörden abrufbar. Die Witterungsdaten können vom Deutschen Wetterdienst (DWD) beschafft werden. Die Witterungsdaten sollten von der dem Untersuchungsgebiet nächstgelegenen Messstation stammen und den Zeitraum der recherchierten Daten zum Durchfluss und zur Wasserbeschaffenheit abdecken (Abschnitt 3.2.1).

Die Auflistung der fakultativen Informationen in der Tabelle 5 erhebt nicht den Anspruch auf Vollständigkeit. Die recherchierten Unterlagen sind zu sichten und hinsichtlich der Relevanz für den Untersuchungsgegenstand zu prüfen.

### 3.2.3 Auswertung und Bewertung der Daten

Die zusammengetragenen Daten sind zu sichten und in geeigneter Weise aufzubereiten. Alle verfügbaren **Informationen mit Raumbezug**, wie z. B. das Untersuchungsgebiet, das Gewässernetz und die Lage von Messstellen (Tabelle 5), sollten in einem GIS-System zusammengeführt werden, damit ein erstes **räumliches Systemverständnis** entwickelt werden kann.



Nachfolgend sind die recherchierten **Durchfluss- und Beschaffenheitsdaten** der Fließgewässer auszuwerten und etwaige Stoffbelastungen zu identifizieren. Anhand von **Statistiken** und einer geeigneten **Datenvisualisierung** kann ein erster Überblick über das verfügbare Datenmaterial und über die örtliche Situation gegeben werden. Bei den Untersuchungen von Stoffbelastungen sind sowohl die **Zeit** (z. B. innerjährliche Schwankungen der Stoffkonzentration), der **Raum** (z. B. Entwicklung der Stoffkonzentration im Gewässerverlauf) als auch mögliche **Abhängigkeiten von Durchfluss und Witterung** (z. B. Verdünnung) in den Blick zu nehmen. Durch die Datenauswertung sollen folgende Fragen zur Stoffbelastung beantwortet werden:

- Sind im Untersuchungsgebiet relevante Belastungen bezüglich Versauerung, Eisen und Sulfat feststellbar?
- Wo treten diese Stoffbelastungen auf, z. B. in Zuflüssen, im Hauptgewässer, im Oberlauf oder im Mündungsbereich?
- Wann treten diese Stoffbelastungen auf, z. B. singulär, ganzjährig oder saisonal?
- Stehen die festgestellten Stoffbelastungen im Zusammenhang mit dem Durchfluss oder der Witterung, z. B. bei Niedrigwasser oder bei Hochwasser, oder in besonderen Bewirtschaftungskonstellationen von Einleitern und Speichern?

Die Erkenntnisse zur Stoffbelastung der Fließgewässer sind nachfolgend mit den weiteren verfügbaren Informationen zum Untersuchungsgebiet zu überlagern, die Quellen der festgestellten Stoffbelastung räumlich einzugrenzen, die Ursachen zu identifizieren und einem Verursacher zuzuordnen. Können diese Fragen mit den verfügbaren Daten hinreichend genau geklärt werden, sind keine weiteren Untersuchungen erforderlich (vgl. Bild 3) und die bergbauliche Beeinflussung der untersuchten Fließgewässer kann beurteilt werden (Abschnitt 3.6). Können die Ursachen festgestellter Stoffbelastungen mit den verfügbaren Daten nicht aufgeklärt werden, sind weiterführende Untersuchungen erforderlich (Abschnitte 3.3 bis 3.5). Für die Planung der weiteren Untersuchungen ist der notwendige Informationsbedarf zu ermitteln.

### 3.3 Gebietsbegehung

Zur Verifizierung der Ergebnisse der Datenauswertung (Abschnitt 3.2) oder zur Planung weiterer Untersuchungen (Abschnitte 3.4 und 3.5) kann eine Begehung des Untersuchungsgebietes zur **Erlangung eines grundlegenden Systemverständnisses** notwendig sein. In Vorbereitung der Gebietsbegehung wird das Untersuchungsgebiet anhand von **Geodaten** (Tabelle 5) eingegrenzt. Der Fokus liegt zunächst:

- auf der Überprüfung des Zustandes, des Verlaufs und der Vernetzung der Gewässer,
- auf der Wasserführung der Gewässer unter Berücksichtigung der Witterungsverhältnisse,
- auf der Lage von Gewässerbenutzungen und wasserwirtschaftlichen Anlagen sowie
- auf erkennbaren natürlichen Stoffquellen, z. B. Niedermoore.



Auf dieser Grundlage sind **Anlaufstellen (Begehungspunkte)** für die Gebietsbegehung festzulegen. Sind weiterführende Untersuchungen (Messkampagnen) geplant, sollten im Vorlauf der Gebietsbegehung zudem bereits **Messstellen** provisorisch festgelegt werden (Abschnitt 3.4.1).

Die zuvor festgelegten **Anlaufstellen (Begehungspunkte)** sind aufzusuchen, die entsprechenden Fließgewässer in Augenschein zu nehmen und organoleptisch zu erfassen, z. B. in Hinblick auf Farbe, Geruch, Trübung, Schwebstoffe, Schaumbildung usw. Weiterhin empfiehlt sich die Aufnahme von Vor-Ort-Kennwerten der Wasserbeschaffenheit, wie Temperatur, pH-Wert und elektrische Leitfähigkeit. Die Befunde sind zu fotodokumentieren und zu protokollieren.

Die vorab festgelegten **Messstellen** sind ebenfalls in Augenschein zu nehmen und dabei zu prüfen, ob eine sichere und dauerhafte Erreichbarkeit der Messstellen gewährleistet ist. Weiterhin ist zu klären, ob sich das Gewässerprofil für Durchflussmessungen eignet, d. h. begehbar und rückstaufrei ist. Ist ein vorab gewählter Standort nicht für Messungen geeignet, sind im Zuge der Begehung geeignete Alternativstandorte im Umfeld zu prüfen. Werden bei der Gebietsbegehung bisher unbekannte Zuflüsse oder Einleiter festgestellt, sind im Bedarfsfall weitere Messstellen festzulegen.

Die **Ergebnisse der Begehung** sind auszuwerten und mit den bereits verfügbaren Informationen und Daten (Abschnitt 3.2) abzugleichen. Bei der Interpretation der Begehungsbefunde sind die terminkonkreten Witterungsverhältnisse zu berücksichtigen. Das Ziel der Auswertung ist, je nach Vorkenntnissen die Entwicklung, die Vertiefung oder einfach nur die Überprüfung des Systemverständnisses. Weiterhin sollen durch den Abgleich mit den verfügbaren Daten Informationslücken identifiziert werden. Dies betrifft beispielsweise im Rahmen der Begehung erstmalig festgestellte Zuflüsse und Einleitungen. In Abhängigkeit von den gewonnenen Erkenntnissen muss die Begehung ggf. wiederholt, räumlich ausgedehnt oder räumlich verdichtet werden.

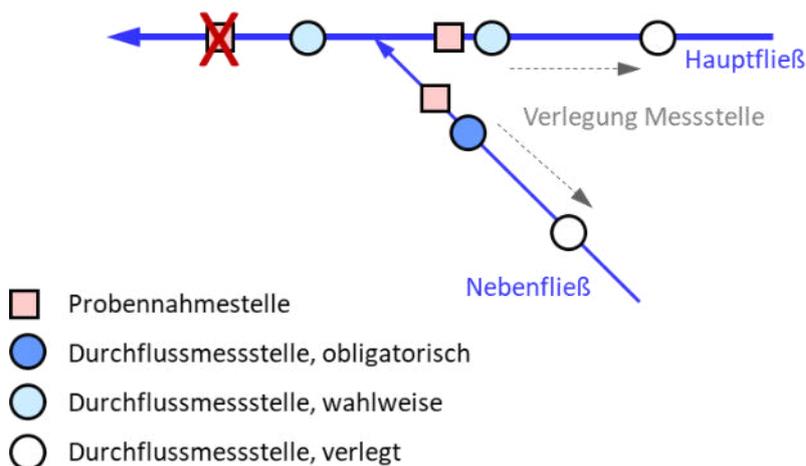
### 3.4 Messkampagnen zur Stoffbelastung

#### 3.4.1 Festlegung von Messstellen

Die Messstellen für ein Monitoring zur Erhebung zusätzlicher Daten zur Stoffbelastung von Fließgewässern sind im Rahmen der Gebietsbegehung festzulegen und auf Eignung zu prüfen (Abschnitt 3.3). Zur Erfassung und weiteren Untersuchung der Stoffbelastung eines abgrenzbaren Fließgewässerabschnittes sind die Messstellen für den Durchfluss und die Wasserbeschaffenheit bevorzugt an den Mündungen von Zuflüssen einzurichten, um sogenannte **Bilanzknoten** zu bilden. Auf langen Fließgewässerstrecken ohne Einmündungen sind ggf. weitere Messstellen einzurichten, sofern sichtbare Veränderungen des Durchflusses und/oder der Wasserbeschaffenheit erkennbar sind (Bild 4).

Die **Probennahmestellen** sind am Hauptgewässer oberhalb eines seitlichen Zuflusses und im Mündungsbereich des Zuflusses zu verorten (Bild 4). Die Einrichtung einer Probennahmestelle im Unterstrom des Bilanzknotens zur Erfassung der resultierenden Stoffbelastung im Hauptgewässer sollte nur in Ausnahmefällen erfolgen,

da die Länge der Vermischungstrecken der beiden Teilströme meist nicht sicher eingeschätzt werden kann (Bild 4). Die Annahme einer längeren Vermischungstrecke vernachlässigt ihrerseits die chemischen Prozesse in diesem Abschnitt, die bei der Mischung hydrochemisch unterschiedlicher Wässer zwangsläufig zu erwarten sind, und verfälscht auf diese Weise die Stoffbilanzen.



**Bild 4:** Schema für die Platzierung von Messstellen an Bilanzknoten von Fließgewässern.

Die Untersuchung der **Wasserbeschaffenheit** in Fließgewässern sollte grundsätzlich immer mit **Mengenbezug** erfolgen. An allen Messstellen sind idealerweise sowohl die Wasserbeschaffenheit als auch der Durchfluss zu erfassen. Zur Ermittlung der Volumenstrombilanz an Bilanzknoten ist im Normalfall die Erfassung zweier von drei Volumenströmen ausreichend. Wenn es die Standortbedingungen gestatten, werden bevorzugt die zwei Zuflüsse gemessen (Bild 4). Sofern ein Strang dafür nicht geeignet oder unzugänglich ist, kann auch auf den Abfluss ausgewichen werden. Aus der Sicht der Fehlerbetrachtung empfiehlt es sich grundsätzlich, von zwei Zuläufen eines Bilanzknotens bevorzugt den sichtbar kleinsten Volumenstrom zu messen. Generell wird empfohlen, alle drei Teilströme zu messen, da eine überbestimmte Bilanzgleichung des Durchflusses Fehlerbetrachtungen gestattet. Falls Durchflussmessungen aus irgendeinem objektiven Grund nicht möglich sind, ist zumindest eine solide Schätzung des Volumenstroms vorzunehmen<sup>1</sup>.

Die geplanten Messstellen sind im Rahmen der Gebietsbegehung vor allem bezüglich der Eignung für die **Durchflussmessung** zu prüfen: Erreichbarkeit, Eignung des Querprofils, Rückstau usw. (Abschnitt 3.3). Im Bedarfsfall ist die Durchflussmessstelle von der Probennahmestelle zu entkoppeln und in einen besser geeigneten Abschnitt nach Oberstrom zu verlegen (Bild 4). Fest installierte Durchflusspegel im betrachteten Gewässerabschnitt sollten bei der Festlegung von Messstellen immer einbezogen werden.

<sup>1</sup> Die Schätzung des Durchflusses eines Fließgewässers kann beispielsweise durch die Bestimmung der Fließgeschwindigkeit an der Gewässeroberfläche (z. B. durch die Beobachtung von Treibgut) und einer vereinfachten Annahme zum Gewässerquerschnitt erfolgen. Durch die Erfassung eines Teilstromes und eine überschlägige Hochrechnung auf den Gesamtstrom können ebenfalls belastbare Schätzwerte des Durchflusses gewonnen werden.



Während einer Messkampagne sind die **festgelegten Messstellen** bezüglich Lage und Relevanz laufend zu **evaluieren**. Aus der Zwischenauswertung der Messdaten (Abschnitt 3.4.4) kann sich der Bedarf für eine örtliche Verdichtung des Messnetzes, z. B. zur räumlichen Eingrenzung von Bereichen mit diffusen Stoffeinträgen, zur vertiefenden Untersuchung einer Stoffquelle oder zur räumlich feineren Auflösung des Gewässerlängsschnittes, ergeben. Weiterhin kann auch die Möglichkeit zur Einsparung von Messstellen gegeben sein, z. B. wenn sich der Durchfluss und die stoffliche Belastung eines Gewässers zwischen zwei Messstellen nicht wesentlich verändern.

Die Prinzipien zur Festlegung von Messstellen beziehen sich auf einen abgegrenzten Gewässerabschnitt. Die Prinzipien lassen sich in gleicher Weise auf ein Flusseinzugsgebiet anwenden. Dafür ist das Gewässernetz in relevante Teilstränge zu zerlegen.

### 3.4.2 Planung und Durchführung von Messkampagnen

Eine **Messkampagne** umfasst typischerweise mehrere **Stichtagsmessungen**. Als Stichtagsmessung wird die taggleiche Erfassung der Wasserbeschaffenheit und des Durchflusses an allen festgelegten Messstellen im Untersuchungsgebiet bezeichnet.

Um die stoffliche Belastung der Fließgewässer möglichst unter verschiedenen hydro-meteorologischen, hydrologischen und jahreszeitlichen Randbedingungen zu erfassen, erstreckt sich eine Messkampagne üblicherweise über einen längeren **Zeitraum**, der idealerweise sowohl dargebotsarme als auch dargebotsreiche Perioden bzw. Situationen (z. B. hydrologisches Sommer- und Winterhalbjahr) einschließt.

Im Idealfall erfolgen die Untersuchungen der Fließgewässer in einem monatlichen **Messturnus** mindestens über ein hydrologisches Jahr. Im Fall limitierter personeller oder finanzieller Ressourcen stellt ein vierteljährlicher Turnus einen Kompromiss für die Messkampagnen dar.

Eine Stichtagsmessung ist möglichst unter **stabilen hydrometeorologischen Bedingungen** und weitgehend **stationären Abflussverhältnissen** durchzuführen. Im Zuge einer Stichtagsmessung sind der Durchfluss und die Wasserbeschaffenheit an den festgelegten Messstellen taggleich zu erfassen. Die Messungen sollten bevorzugt in Fließrichtung des Hauptvorfluters von Oberstrom nach Unterstrom durchgeführt werden. In größeren Untersuchungsgebieten ist die taggleiche Erfassung aller Messstellen nur mit einem sehr hohen Personalaufwand möglich. In diesen Fällen ist eine Aufteilung der Stichtagsmessung auf mehrere Messtage zulässig. Dafür ist das Untersuchungsgebiet in Teilräume zu gliedern, für die eine taggleiche Erfassung aller Messstellen möglich ist. Die Trennung der Teilräume sollte an sogenannten **Übergabemessstellen** erfolgen. Zur Wahrung der Konsistenz der Messdaten in den jeweiligen Teilräumen sind die Übergabemessstellen bei Untersuchung des benachbarten Teilraumes ein weiteres Mal zu erfassen.

Die **Durchflussmessungen** sind mit einem kalibrierten Messgerät durchzuführen. Sie können im freien Gewässerprofil, von einer Brücke bzw. von einem Steg oder von einem Boot aus erfolgen. Die Verhältnisse an der Messstelle, wie der Zustand des Querprofils und die Sohlbeschaffenheit, die Entwicklung des Wasserstandes im



Messzeitraum sowie die Messung selbst sind in geeigneter Weise zu protokollieren. Im Zuge der Datenauswertung ist der Messfehler der Durchflussmessung einzuschätzen (Abschnitt 3.4.4).

Die **Entnahme von Wasserproben** sollte immer strommittig erfolgen. Die Probenahme kann mittels Teleskopschöpfer oder einem Eimer durchgeführt werden. Sogenanntes Standwasser in Fließen ohne erkennbare Fließbewegung ist nicht zu beproben. Für die gewonnenen Wasserproben sind an der Messstelle die Vor-Ort-Kennwerte (Tabelle 6) zu bestimmen und zu protokollieren. Die organoleptischen Verhältnisse an der Messstelle, wie Farbe, Geruch, Trübung, Schwebstoffe und Schaumbildung, sind im Protokoll festzuhalten. Die entnommenen Wasserproben müssen in geeignete Probenflaschen vorschriftsmäßig abgefüllt, nach Vorgabe des Untersuchungslabors präpariert und konserviert, luftdicht verschlossen und bis zur Übergabe an das Labor gekühlt gelagert werden (Abschnitt 3.4.3).

### 3.4.3 Analytik und Qualitätssicherung

Die **Vor-Ort-Kennwerte** dienen zur Charakterisierung der allgemeinen Beschaffenheitsverhältnisse an der Messstelle zum Beprobungszeitpunkt. Weiterhin können durch den Abgleich der Vor-Ort-Kennwerte mit den im Labor bestimmten Werten für den pH-Wert und die elektrische Leitfähigkeit die Einflüsse der Entnahme, des Transports und der Aufbewahrung der Proben auf die chemische Zusammensetzung des Wassers bewertet werden.

Die gewonnenen **Wasserproben** müssen taggleich zur Probennahme an das Labor übergeben werden. Die übergebenen Wasserproben sind im Labor zeitnah zu analysieren. Taggleich sind im Labor insbesondere die Milieukennwerte (Wassertemperatur, pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit), die Säure- und Basenkapazitäten sowie der TIC, sofern vorgesehen, zu ermitteln. Das **chemische Untersuchungsprogramm** ist problemadäquat zu wählen. Zur Untersuchung bergbaulich bedingter Stoffbelastungen wird das Kennwertspektrum des Grundprogramms nach der Tabelle 6 empfohlen. Das Kennwertspektrum kann um weitere Anionen und Kationen, Summenparameter der Organik und Stickstoffkomponenten erweitert werden (Tabelle 6).

Zur **Qualitätssicherung** sind die vom Labor übergebenen Analysewerte auf Plausibilität zu prüfen. Für die **Plausibilitätsprüfung** der Labordaten werden die folgenden Prüfverfahren empfohlen:

- der Abgleich zwischen Vor-Ort- und Laborwerten,
- der Abgleich der Wertebereiche von Kennwerten,
- die Korrelation von Kennwerten sowie
- die Ermittlung des Ionenbilanzfehlers.

Als unplausibel identifizierte Laborergebnisse sind dem Labor zu kommunizieren und dort ggf. nachzubestimmen, sofern das möglich und methodisch zulässig ist. Die plausibilisierten Messwerte der Wasserbeschaffenheit sind in einer für die weitere Datenauswertung (Abschnitt 3.4.4) geeigneten Form zu speichern.



**Tabelle 6: Kennwertspektrum für die Laboranalytik von Wasserproben.**

Kennwert	Einheit	Grundprogramm	Erweitertes Programm
<b>Vor-Ort</b>			
Temperatur	°C	■	
pH-Wert		■	
Trübung	FNU	■	
Elektrische Leitfähigkeit	µS/cm	■	
Sauerstoffsättigung	%	■	
Sauerstoffkonzentration	mg/L	■	
Redoxspannung	mV	■	
<b>Labor</b>			
pH-Wert		■	
elektrische Leitfähigkeit	µS/cm	■	
K <sub>S4,3</sub> bzw. K <sub>B4,3</sub>	mmol/L	■	
K <sub>S8,2</sub> bzw. K <sub>B8,2</sub>	mmol/L	■	
Sulfat	mg/L	■	
Eisen-gesamt	mg/L	■	
Eisen-gelöst	mg/L	■	
Eisen-II-gelöst	mg/L	■	
Arsen	µg/L	■	
Cadmium	µg/L	■	
Nickel	µg/L	■	
Zink	µg/L	■	
Chlorid	mg/L		■
Natrium	mg/L		■
Kalium	mg/L		■
Calcium	mg/L		■
Magnesium	mg/L		■
Aluminium	mg/L		■
Mangan	mg/L		■
Kobalt	mg/L		■
DOC	mg/L		■
Nitratstickstoff	mg/L		■
Ammoniumstickstoff	mg/L		■

### 3.4.4 Auswertung und Bewertung der erhobenen Daten

Die erhobenen Daten sollten nach jeder Stichtagsmessung zeitnah ausgewertet werden. Für die **Datenauswertung** bieten sich an:

- die Erstellung von Gewässerlängsschnitten der Stoffkonzentrationen,
- die Erstellung von Wassermengen- und Stoffmengenbilanzen sowie
- aggregierte Kartendarstellungen der erhobenen Messdaten durch ein GIS-Projekt.

Die **Ziele** der Datenauswertung sind:

- die Entwicklung eines Systemverständnisses bzw. dessen Vertiefung,
- die Identifikation und räumliche Eingrenzung von Stoffeintragsbereichen sowie
- die Identifikation und ggf. Quantifizierung von Stoffquellen.



Wesentliche **Stoffeintragsbereiche** lassen sich anhand relevanter Veränderung von Durchflüssen, Stoffkonzentrationen oder Stofffrachten zwischen zwei aufeinanderfolgenden Messstellen an einem Gewässer identifizieren. Nachfolgend ist zu prüfen, ob die festgestellten Veränderungen auf Einträge aus bekannten Zuflüssen oder Einleitungen zurückgeführt werden können. Ist dies nicht der Fall, sollte durch eine vertiefende Gebietserkundung geklärt werden, ob im Gewässerabschnitt bis dato unbekannte **Punktquellen** als Ursache für die festgestellten Änderungen der Wasserbeschaffenheit in Frage kommen. Ist dies nicht der Fall, muss vorerst von einer **diffusen Stoffquelle** ausgegangen werden.

Zur anschaulichen **Bewertung der stofflichen Belastung** der untersuchten Fließgewässer in Tabellen und Karten bieten sich die in IWB & gIR (2020) für Sulfat, Eisen und den pH-Wert entwickelten Skalen an (Tabelle 7, Tabelle 8 und Tabelle 9).

**Tabelle 7: Kategorisierung der Sulfatkonzentration in den Fließgewässern als arithmetischer Mittelwert entsprechend OGeWV (2016) für die Beschreibung des Gewässerzustandes nach IWB & gIR (2020).**

Kategorie	Wertebereiche	Begründung für die oberen Grenzen
1	≤ 25	Sehr guter ökologischer Zustand nach OGeWV (2016) für die Gewässertypen im Untersuchungsgebiet
2	25 ... $\left\{ \begin{matrix} 75 \\ 140 \\ 200 \end{matrix} \right\}$	Guter ökologischer Zustand nach OGeWV (2016) für die Gewässertypen im Untersuchungsgebiet
3	$\left\{ \begin{matrix} 75 \\ 140 \\ 200 \end{matrix} \right\}$ ... 600	Betonaggressivität nach DIN EN 206-1 (2004): Klasse XA1 schwach angreifend
4	600 ... 1.400	Untergrenze für das Sättigungsgleichgewicht von Gips in destilliertem Wasser
5	> 1.400	---

**Tabelle 8: Kategorisierung der Eisenkonzentration in den Fließgewässern als arithmetischer Mittelwert entsprechend OGeWV (2016) für die Beschreibung des Gewässerzustandes nach IWB & gIR (2020).**

Kategorie	Wertebereiche	Begründung für die oberen Grenzen
1	---	Keine Vorgaben
2	≤ $\left\{ \begin{matrix} 0,7 \\ 1,8 \end{matrix} \right\}$	Guter ökologischer Zustand nach OGeWV (2016) für die Gewässertypen im Untersuchungsraum
3	$\left\{ \begin{matrix} 0,7 \\ 1,8 \end{matrix} \right\}$ ... 3,0	Ohne
4	3,0 ... 10	Ohne
5	> 10	Ohne

**Tabelle 9: Kategorisierung des pH-Wertes in den Fließgewässern als mittleres Jahresminimum entsprechend OGeWV (2016) für die Beschreibung des Gewässerzustandes nach IWB & gIR (2020).**

Kategorie	Wertebereiche	Begründung für den Wertebereich
1	---	Keine Vorgabe
2	≥ $\left\{ \begin{matrix} 5,5 \\ 6,5 \\ 7,0 \end{matrix} \right\}$	Guter ökologischer Zustand nach OGeWV (2016) für die Gewässertypen im Untersuchungsraum
3	4,3 ... $\left\{ \begin{matrix} 5,5 \\ 6,5 \\ 7,0 \end{matrix} \right\}$	Schwach versauerte Gewässer, entweder im Aluminiumpufferbereich oder huminsauer.
4	< 4,3	Stark versauerte Gewässer im Eisenpufferbereich.



Wurde eine erfasste **Punktquelle** als Ursache für die festgestellten Veränderungen von Durchfluss, Stoffkonzentrationen oder Stofffrachten im Gewässerabschnitt identifiziert, sind die Ursachen für die gegebene Belastung der Punktquelle aufzuklären. Können die Ursachen nicht durch eine ergänzende Datenrecherche geklärt werden, z. B. für Einleitungen aus technischen Anlagen oder aus der Landwirtschaft, sind verdichtende Untersuchungen (Gebietserkundung, Platzierung weitere Messstellen) im Herkunftsraum der Punktquelle notwendig. Die Untersuchungen sind so lange zu verdichten, bis die Ursachen der Stoffbelastung der Punktquelle aufgeklärt sind.

Ist von einer bisher unbekanntem **diffusen Stoffquelle** als Ursache für die Stoffbelastung im Gewässerabschnitt auszugehen, sind der identifizierte Eintragsbereich räumlich weiter einzugrenzen und die Stoffquelle aufzuklären. Dafür sind im relevanten Gewässerabschnitt zusätzliche Messstellen für die nachfolgende Stichtagsmessung zu platzieren (vgl. Abschnitt 3.4.1). Die Aufklärung von Eintragsbereichen kann zudem durch eine vertiefende Datenrecherche und Datenauswertung, z. B. zur Grundwasserbeschaffenheit im fraglichen Gewässerabschnitt, unterstützt werden (vgl. Abschnitt 3.2.2). Im Bedarfsfall sind weiterführende Untersuchungen zur Erkundung der Stoffquelle zu planen (Abschnitt 3.5).

Mit dem Fortschreiten einer Messkampagne sollten in die laufende Auswertung auch die Daten vorangegangener Stichtagsmessungen einbezogen werden. Die verfügbaren Messdaten sind in den **Kontext der hydrometeorologischen Verhältnisse** zum jeweiligen Messtermin zu stellen und zu bewerten. Zur Einordnung des großräumigen Abflussgeschehens zu den Messterminen können auch die Pegeldata benachbarter Fließgewässer herangezogen werden. Im Zuge einer messterminübergreifenden Datenauswertung ist zu prüfen, ob die Stoffbelastung der untersuchten Gewässer ggf. jahreszeitliche Schwankungen aufweisen oder ob Abhängigkeiten von Durchfluss und Witterung erkennbar sind.

Mit den zuvor beschriebenen Ansätzen lassen sich die wesentlichen **Ursachen für die Stoffbelastung** von Fließgewässern meist hinreichend genau identifizieren und auch quantifizieren. Im Zuge der Datenauswertung sollte fortlaufend geprüft werden, ob die festgestellte Stoffbelastung des Fließgewässers mit den bis dato gewonnenen Erkenntnissen hinreichend genau erklärt bzw. beschrieben werden kann. Ist dies der Fall, kann der bergbauliche Einfluss bewertet werden (Abschnitt 3.6).

Können die Ursachen der Stoffbelastung in einer Messkampagne nicht sicher bestimmt werden, sind die bestehenden **Kenntnislücken** zu identifizieren und die notwendigen Arbeiten zum Schließen dieser Lücken zu planen, wie z. B. eine lokale Verdichtung des Messnetzes und die Fortsetzung der Messkampagne oder die Erkundung von Stoffquellen. Dabei ist in Abstimmung mit den fachlich beteiligten Institutionen zu prüfen, ob der zum Schließen der Kenntnislücken erforderliche Aufwand in einem angemessenen Verhältnis zur Relevanz der festgestellten Stoffbelastung steht. Wird der Aufwand als unverhältnismäßig eingeschätzt, ist die Frage nach der bergbaulichen Beeinflussung auf der Grundlage der verfügbaren Informationen zu klären.



### 3.5 Erkundung von diffusen Stoffquellen

Die wesentlichen Quellen der Stoffbelastung eines Fließgewässers lassen sich mittels geeigneter Messkampagnen meist gut identifizieren und lokalisieren (siehe Abschnitt 3.4). Eine belastbare **Quantifizierung von Quellstärken**, insbesondere von diffusen Stoffquellen, ist durch eine Messkampagne nicht immer möglich. Die Quantifizierung von Quellstärken ist aber für die **Abgrenzung der Einflüsse verschiedener Verursacher**, wie z. B. Altbergbau ohne Rechtsnachfolger, Niedermoore und Landwirtschaft, zur Beurteilung der bergbaulichen Beeinflussung (Abschnitt 3.6) sowie zur Planung von Maßnahmen (Abschnitt 3.7) notwendig. Die identifizierten Stoffquellen müssen daher im Bedarfsfall näher erkundet werden.

Für die **Erkundung diffuser Stoffquellen** stehen folgende methodische Ansätze zur Verfügung:

- die Recherche und Auswertung verfügbarer Daten und Informationen zum Grundwasser (Nutzung, Grundwasserstand, Grundwasserbeschaffenheit) im Bereich der identifizierten Stoffquelle,
- die indirekte Bestimmung von Quellstärken der Eintragsbereiche mittels systematischer Differenzmessungen im Fließgewässer,
- die Beprobung verfügbarer Grundwassermessstellen im Bereich der identifizierten Stoffquelle sowie
- die Erkundung der geohydraulischen und hydrochemischen Verhältnisse im Bereich der identifizierten Stoffquelle mittels Bohrungen und temporärer Grundwassermessstellen.

Die Methoden zur Erkundung der Stoffquellen werden standortabhängig kombiniert.

Vor der Erkundung einer identifizierten Stoffquelle steht immer die **Auswertung verfügbarer Informationen und Daten**, bevor technisch aufwändige Ansätze in Erwägung gezogen werden. Dafür sind alle verfügbaren Daten und Informationen zum Grundwasserstand (Isohypsenpläne, Pegelganglinien), zur Grundwasserbeschaffenheit und zur Grundwassernutzung im Bereich der Stoffquelle und deren näheren Umfeld zu recherchieren und auszuwerten. Das Ziel der Datenauswertung ist eine Charakterisierung der geohydraulischen und hydrochemischen Verhältnisse im Bereich der Stoffquelle, insbesondere zur Höhe der stofflichen Belastung sowie deren räumlicher Verteilung und Ausdehnung, sowie eine belastbarere Abschätzung der Quellstärke. Weiterhin ist zu prüfen, ob die angetroffene Stoffbelastung einem Verursacher zugeordnet werden kann.

Die Quellstärken diffuser Stoffquellen können mittels **Differenzbetrachtungen des Durchflusses und der Wasserbeschaffenheit** im betroffenen Fließgewässer indirekt bestimmt werden. Im Idealfall können diese Betrachtungen bereits auf der Grundlage der im Rahmen einer Messkampagne erfassten Daten durchgeführt werden. Ist dies nicht möglich, sind separate Messkampagnen durchzuführen. Dafür sind stromoberhalb und stromunterhalb des identifizierten Eintragsbereiches sowie an allen bekannten oberirdischen Zuflüssen im Untersuchungsabschnitt Messstellen zur Erfassung des Durchflusses und der Wasserbeschaffenheit einzurichten. Der Volumenstrom des in den untersuchten Gewässerabschnitt exfiltrierenden Grundwassers wird als Restgröße aus der Wassermengenbilanz und die kennwertespezi-



fische Quellstärke aus der Stoffmengenbilanz bestimmt. Die Ergebnisse sind nur dann ausreichend belastbar, wenn der Volumenstrom des exfiltrierenden Grundwassers deutlich größer als der summarische Messfehler aller Durchflussmessungen ist. Zur Minimierung des absoluten Messfehlers sollten die Messkampagnen möglichst bei stabilen Niedrigwasserverhältnissen durchgeführt werden. Zur statistischen Absicherung der Messergebnisse müssen die Messungen zudem mehrfach wiederholt werden, siehe LfULG (2014). Bei der Ermittlung der kennwertspezifischen Quellstärken ist zudem zu berücksichtigen, dass einige Kennwerte (z. B. Eisen) im Fließgewässer Abbau- oder Umwandlungsprozessen unterliegen, was zu einer entsprechenden Unterschätzung der tatsächlichen Quellstärke führen kann.

Die bereits verfügbaren Daten und Informationen zu den geohydraulischen und hydrochemischen Verhältnissen im Bereich der Stoffquelle können durch separate Messungen untersetzt und ergänzt werden. Dafür ist zu prüfen, ob im Bereich bzw. im näheren Umfeld der identifizierten Stoffquelle geeignete **Grundwassermessstellen** vorhanden sind. Häufig existieren Grundwassermessstellen nur zum Zweck der Wasserstandsmessung. Der Ausbau der Messstellen war ursprünglich nicht auf die **Beprobung des Grundwassers** ausgelegt. Bei flachen Messstellen, die nur den oberen Grundwasserleiter erfassen, kann auf diesen technischen Anspruch verzichtet werden. Im Interesse der Datengewinnung und -verdichtung zur Beschaffenheit des oberflächennahen Grundwassers können diese Messstellen in die Untersuchungen einbezogen werden. Mit einer entsprechend professionellen Herangehensweise lassen sich auch aus diesen Messstellen repräsentative Grundwasserproben gewinnen. Dafür gibt es geeignete Probennahmetechniken, wie z. B. Kleinpumpen der Marke MP1 der Fa. Grundfos und der Marke Gigant der Fa. Eijkelkamp. Vor der Erstbeprobung sind die Messstellen hydraulisch zu testen, hydraulisch zu entwickeln und ggf. zu regenerieren. Die Entnahme von Schöpfproben aus Grundwassermessstellen wird für diese Zwecke allerdings abgelehnt.

Die **Eignung von Grundwassermessstellen** leitet sich aus der Lage und dem Ausbau (Durchmesser, Lage des Filters) ab. In den geeigneten Messstellen sind über einen ausreichend langen Zeitraum in mehrfacher Wiederholung der Grundwasserstand und die Grundwasserbeschaffenheit zu erfassen. Die **Messung des Grundwasserstandes** sollte in kürzeren zeitlichen Abständen erfolgen als die **Beprobung der Grundwasserbeschaffenheit**. Für eine zeitlich dichte Erfassung des Grundwasserstandes bietet sich der Einsatz von Drucksonden mit Datenloggern an.

Informationen zur Grundwasserbeschaffenheit und zum Grundwasserstand sind üblicherweise nur in geringer räumlicher Dichte verfügbar. Insbesondere in den für diffuse Stoffeinträge relevanten Bereichen im direkten Umfeld der Fließgewässer liegen meist nur wenige bzw. überwiegend keine Daten vor, die zur Erkundung von Stoffquellen genutzt werden können. Die Erhebung von Daten ist mangels geeigneter Messstellen meist ebenfalls nicht möglich. In diesen Fällen sind die geohydraulischen und hydrochemischen Verhältnisse im Bereich der identifizierten Stoffquelle mittels **Bohrerkundung** aufzuklären. Dafür ist das Erkundungsgebiet abzugrenzen und im Rahmen einer Begehung in Augenschein zu nehmen. Auf dieser Grundlage sind ein **Erkundungskonzept** zu entwickeln sowie Art und Umfang der geplanten technischen **Erkundungsarbeiten** darzustellen. Das Konzept ist mit den fachlich Beteiligten sowie mit den Flächeneigentümern abzustimmen. Mittels Bohrungen, häufig als **Rammkernsondierungen** ausgeführt, können die geohydrau-



lischen und hydrochemischen Verhältnisse im oberflächennahen Grundwasser untersucht werden. Mit geeigneter Technik, z. B. mit der sogenannten Nestlersonde, können bereits bei der Rammkernsondierung tiefenorientierte Grundwasserproben gewonnen werden. Diese Beprobungen sind allerdings nicht reproduzierbar. Zur längerfristigen Erfassung des Grundwasserstandes und der Grundwasserbeschaffenheit empfiehlt sich die Errichtung flacher Grundwassermessstellen.

Da die Grundwassererkundung von Hotspots der Eisenbelastung häufig in **Schutzgebieten und in grundwasserabhängigen Landökosystemen**, wie z. B. in Niedermooren und Flussauen, notwendig ist, bestehen aus naturschutzfachlicher Sicht häufig Vorbehalte gegen Bohrarbeiten und gegen die **Errichtung von Grundwassermessstellen**. Die Bohrarbeiten sind entsprechend schonend auszuführen, was durch die geeignete Wahl der Bohrtechnik und der ausführenden Firma gewährleistet werden kann. Grundwassermessstellen können äußerlich unauffällig gestaltet und nach dem Erfüllungszweck zurückgebaut werden. Die Erfahrungen zeigen jedoch, dass der Flächeneigentümer nachträglich häufig Interesse am Weiterbestand der Grundwassermessstellen signalisiert.

### 3.6 Bewertung des Bergbaueinflusses

Durch die Ausführung der in den Abschnitten 3.2 bis 3.5 erläuterten Arbeitsschritte sollten ausreichend belastbare Informationen zur Stoffbelastung der untersuchten Fließgewässer, den maßgeblichen Belastungsquellen und im Idealfall zu deren Quellstärken vorliegen. Zur **Bewertung des Bergbaueinflusses** ist auf der Grundlage der zusammengetragenen Informationen zu klären, welchem **Verursacher die identifizierten Belastungsquellen** zuzuordnen sind und welchen Anteil die Belastungsquellen an der Stoffbelastung des jeweiligen Fließgewässers haben. Als mögliche Verursacher von Stoffbelastungen kommen in Frage:

- die natürliche Hintergrundbelastung,
- der Braunkohlenbergbau,
- der Bergbau auf Steine und Erden,
- der Altbergbau ohne Rechtsnachfolger,
- die Niedermoore,
- die Landwirtschaft und
- die Wassernutzer (z. B. Trinkwassergewinnung, Industrie, Abwasser).

Identifizierte Punktquellen der Stoffbelastung können meist einfach einem der aufgeführten Verursacher zugeordnet werden. Bei diffusen Stoffquellen gestaltet sich die eindeutige **Zuordnung eines Verursachers** meist deutlich herausfordernder, da in vielen Fällen mehrere Verursacher in Frage kommen und bei der Überlagerung von Einflüssen tatsächlich auch mehrere Verursacher anteilig für die Stoffquelle verantwortlich sein können. Die Ermittlung des Verursachers bzw. der Verursacher kann durch die Auswertung verfügbarer Daten, wie z. B. langjährige Messreihen des Grundwasserstandes, Standorte des Altbergbaus, Absenkbereiche von Trinkwasserfassungen, Meliorationspläne der Landwirtschaft usw., unterstützt werden. In vielen Fällen wird aber keine eindeutige und zweifelsfreie Verursacherzuordnung möglich sein. In diesen Fällen sind die möglichen Verursacher aufzulisten und durch den Bearbeiter bezüglich der Wahrscheinlichkeit zu bewerten.



Abschließend ist zu klären, welchen Anteil die identifizierten Stoffquellen und damit die der Stoffquelle zugeordneten Verursacher an der Stoffbelastung des untersuchten Fließgewässers haben. Die **Belastungsanteile** werden quantitativ aus den Stofffrachten ermittelt. Die in das Fließgewässer aus den Stoffquellen eingetragenen Stofffrachten für die bergbaulich relevanten Kennwerte Sulfat, Eisen und Versauerung (als Säure- bzw. Basenkapazität) sind aus den zuvor gewonnenen Daten abzuleiten bzw. belastbar abzuschätzen. Bei der Frachtermittlung sind ggf. festgestellte innerjährliche Dynamiken, wie z. B. hydrologisches Sommer- und Winterhalbjahr, sowie Abhängigkeiten vom Durchfluss und von der Witterung in geeigneter Weise zu berücksichtigen. Im Bedarfsfall sind die Stofffrachten für verschiedene relevante Verhältnisse zu ermitteln. Die ermittelten Frachten sind dann dem der jeweiligen Stoffquelle zugeordneten Verursacher zuzuweisen. Kommen für eine Stoffquelle mehrere Verursacher infrage, ist die ermittelte Stofffracht anteilig auf die entsprechenden Verursacher zu verteilen.

Zur **Bilanzierung von Verursacheranteilen** an der Stoffbelastung von Fließgewässer-OWK sind je nach Stofflichkeit der Gewässerbelastung zwei unterschiedliche Ansätze geeignet:

- für konservative Stoffe, wie Sulfat: eine **Längsschnittbilanz** sowie
- für nichtkonservative Stoffe, wie Eisen: eine **Eintragsbilanz**.

Eine **Längsschnittbilanz** bilanziert im Flusslängsverlauf alle volumenstromgebundenen Zu- und Abgänge nach der Mischungsregel. Längsschnittbilanzen sind für konservative Kennwerte der Wasserbeschaffenheit geeignet, die vorwiegend Fernwirkungen entfalten, wie z. B. für Sulfat. Durch Längsschnittbilanzen lassen sich an jedem Bilanzknoten die Konzentrationen ausweisen. Die Anteile der Verursacher an der Stoffbelastung der Fließgewässer werden an jedem beliebigen Flussquerschnitt aus den anteiligen Frachten neu berechnet. Längsschnittbilanzen lassen sich durch eine Bilanzkontrolle validieren.

Eine **Eintragsbilanz** bilanziert lediglich die Stoffeinträge aller Einleiter, Zuflüsse und diffusen Quellen unabhängig von ihrer Lage am Fließgewässer. Eintragsbilanzen werden auf nichtkonservative Kennwerte der Wasserbeschaffenheit angewendet, die im Fließgewässer stark zurückgehalten werden, wie z. B. Eisen, und vorwiegend Nahwirkung entfalten. Im Unterschied zu den Längsschnittbilanzen lassen sich keine Konzentrationen an den Bilanzknoten ausweisen. Die Anteile der Verursacher an der Stoffbelastung der Fließgewässer werden in Bezug auf die gesamte Eintragsbilanz ausgewiesen, unabhängig davon, dass Stoffeinträge im Oberstrom eines Fließgewässers in dessen Unterstrom physisch nicht oder nur gering wirksam werden. Eintragsbilanzen sind nicht validierbar.

Es ist davon auszugehen, dass die für die bergbaulich relevanten Kennwerte Sulfat, Eisen und Versauerung ermittelten **Stoffquellen- bzw. Verursacheranteile** in vielen Fällen nicht deckungsgleich sind, da sich zum einen die Bilanzierungsansätze unterscheiden und zum anderen die jeweiligen Stoffkonzentrationen in den verschiedenen Stoffquellen nicht immer im gleichen Verhältnis stehen. Vergleichbares steht für die ermittelten Anteile für verschiedene hydrologische Verhältnisse zu erwarten. Die aus den Bilanzen abgeleiteten Stoffquellen- bzw. Verursacheranteile repräsentieren



somit vielmehr die Spannweite des Einflusses einer Stoffquelle bzw. eines Verursachers auf die Stoffbelastung des Gewässers.

Zur abschließenden **Bewertung der bergbaulichen Beeinflussung** eines Fließgewässer-OWK sind die für den Verursacher Braunkohlenbergbau ermittelten Anteile auszuwerten und zu interpretieren. Im Ergebnis ist eine möglichst belastbare quantitative Einschätzung zum Einfluss des Braunkohlenbergbaus auf den untersuchten Fließgewässer-OWK abzuleiten. Ist keine quantitative Einschätzung möglich, ist auf der Grundlage der verfügbaren Informationen und Daten eine belastbare qualitative Aussage zum Einfluss des Braunkohlenbergbaus zu treffen.

### 3.7 Maßnahmen

Die Stoffbelastungen eines Fließgewässers können durch geeignete Maßnahmen gemindert und der Zustand des Fließgewässers entsprechend verbessert werden, siehe dazu IWB (2020). Für den betrachteten Fließgewässer-OWK ist zu prüfen, ob überhaupt die Notwendigkeit für Maßnahmen besteht. Dabei ist insbesondere zu klären, ob eine relevante Stoffbelastung besteht und ob diese unter Berücksichtigung der Verhältnismäßigkeit mit entsprechenden Maßnahmen verringert werden kann. Die Bewertung der Verhältnismäßigkeit von Maßnahmen ist in enger Abstimmung mit den zuständigen Behörden zu treffen.

Sind Maßnahmen erforderlich, ist der Handlungsbedarf zu ermitteln. Dafür sind das konkrete Schutzgut, wie z. B. ein nachgeordnetes Fließgewässer oder eine Referenzmessstelle, zu definieren, die relevante Stoffbelastung näher zu charakterisieren (Kennwerte, Konzentrationen und saisonale Dynamik) und die wesentlichen Ursachen der Belastung aufzuzeigen. Auf dieser Grundlage sind konkrete Maßnahmen zur Minderung der Stoffbelastung vorzuschlagen, zu verorten und hinsichtlich ihrer Wirkung einzuschätzen. Das Portfolio möglicher technischer Maßnahmen ist in IWB (2020) beschrieben.

Im Rahmen der gutachterlichen Bewertung sind ausreichend belastbare Grundlagen für die nachfolgende ingenieurtechnische **Planung** von Maßnahmen vorzulegen. Als vorteilhaft für den Erfolg von Maßnahmen hat sich erwiesen, wenn der Gutachter beratend in die Planung einbezogen wird. Der Gutachter sollte des Weiteren mit der Aufstellung eines geeigneten Monitorings und mit der fachlichen Begleitung des Probetriebs betraut werden. Das Betriebsmonitoring sollte neben dem Prinzip der Angemessenheit eine Bewertung der Wirksamkeit der Maßnahme gestatten.

Sind die Zielvorgaben der EG-WRRL für den betrachteten Fließgewässer-OWK mit verhältnismäßigen Maßnahmen nicht erreichbar, müssen für den Fließgewässer-OWK weniger strenge Bewirtschaftungsziele erwogen werden, vgl. IWB & gIR (2020).



## 4 Durchgeführte Untersuchungen

### 4.1 Auswahl der Untersuchungsgebiete

Im Sinne der Aufgabenstellung wurden fünf Prüffälle, d. h. Untersuchungsgebiete, unterschiedlicher Größe und Komplexität ausgewählt:

- (1) die Spree zwischen Lieske und Berlin,
- (2) der Südpolder der Schwarzen Elster (der Schraden),
- (3) die Kleine Elster,
- (4) der Vincenzgraben und
- (5) der Ständergraben.

Die ausgewählten Prüffälle dienen zur exemplarischen Demonstration der Bearbeitungsmethodik (Abschnitt 3) und bilden die gesamte Bandbreite an Vorkenntnissen und verfügbaren Daten sowie des sich daraus ergebenden Untersuchungsbedarfs (Bild 3 und Tabelle 3) ab. Die ausgewählten Prüffälle weisen zudem verschiedene bekannte und mögliche Quellen und Einflüsse (z. B. Trinkwassergewinnung, Landwirtschaft, Niedermoore) der Stoffbelastung auf (Tabelle 10).

Die Stoffbelastung und der Durchfluss der **Spree zwischen Lieske und Berlin** wird an einer Vielzahl von Messstellen und Pegeln zeitlich dicht erfasst. Die stoffliche Belastung der sechs zu prüfenden Fließgewässer-OWK der Spree (Tabelle 10) wurde in IWB & gIR (2020) charakterisiert. Der bergbauliche Einfluss auf die Stoffbelastung der Spree wurde bereits in verschiedenen Gutachten untersucht und für Teilabschnitte quantifiziert. Die Datenlage und der verfügbare Kenntnisstand werden für die durchzuführenden Untersuchungen als ausreichend eingeschätzt. Die bergbauliche Beeinflussung der sechs Prüffälle der Spree (Tabelle 10) soll entsprechend auf Grundlage der vorhandenen Informationen (Cluster 1) aufgeklärt werden (siehe Abschnitt 6).

Im Untersuchungsgebiet **Südpolder Schwarze Elster/Schraden** (Bild 5) ist die bergbauliche Beeinflussung von sechs Fließgewässer-OWK aufzuklären (Tabelle 10). Die Stoffbelastung eines zu prüfenden Fließgewässer-OWK konnte in IWB & gIR (2020) anhand der Daten einer Gütemessstelle des LfU Brandenburg charakterisiert werden. Für die anderen zu prüfenden Fließgewässer-OWK liegen keine Daten vor. Die Mengenverhältnisse im Untersuchungsgebiet können mangels Daten ebenfalls nicht eingeschätzt werden. Als Einflussfaktoren auf die Wasserbeschaffenheit im Untersuchungsgebiet kommen der Braunkohlenbergbau, die landwirtschaftliche Melioration sowie die Trinkwassergewinnung in Frage. Zur Aufklärung des Bergbaueinflusses der sechs Prüffälle im Untersuchungsgebiet Südpolder Schwarze Elster/Schraden ist die Durchführung eines geeigneten Monitorings (Cluster 2) sowie ggf. die Erkundung diffuser Stoffquellen (Cluster 3) erforderlich (siehe Abschnitt 7).

Das Untersuchungsgebiet **Kleine Elster** umfasst das gesamte oberirdische Einzugsgebiet der Kleine Elster (Bild 5). Im Untersuchungsgebiet ist die bergbauliche Beeinflussung von insgesamt 9 Fließgewässer-OWK aufzuklären (Tabelle 10). Für zwei zu prüfende Fließgewässer-OWK liegen belastbare Daten zur Stoffbelastung vor. Für einen der Fließgewässer-OWK liegen zudem Daten eines amtlichen Durchfluss-



pegels vor. Für die restlichen zu prüfenden Fließgewässer-OWK liegen keine Beschaffenheits- oder Durchflussdaten vor. Neben dem Braunkohlenbergbau kommt die Landwirtschaft als relevanter Einflussfaktor auf die Stoffbelastung in Frage. Zur Aufklärung der bergbaulichen Beeinflussung der neun Prüffälle im Untersuchungsgebiet ist die Durchführung eines geeigneten Monitorings (Cluster 2) erforderlich (siehe Abschnitt 8).

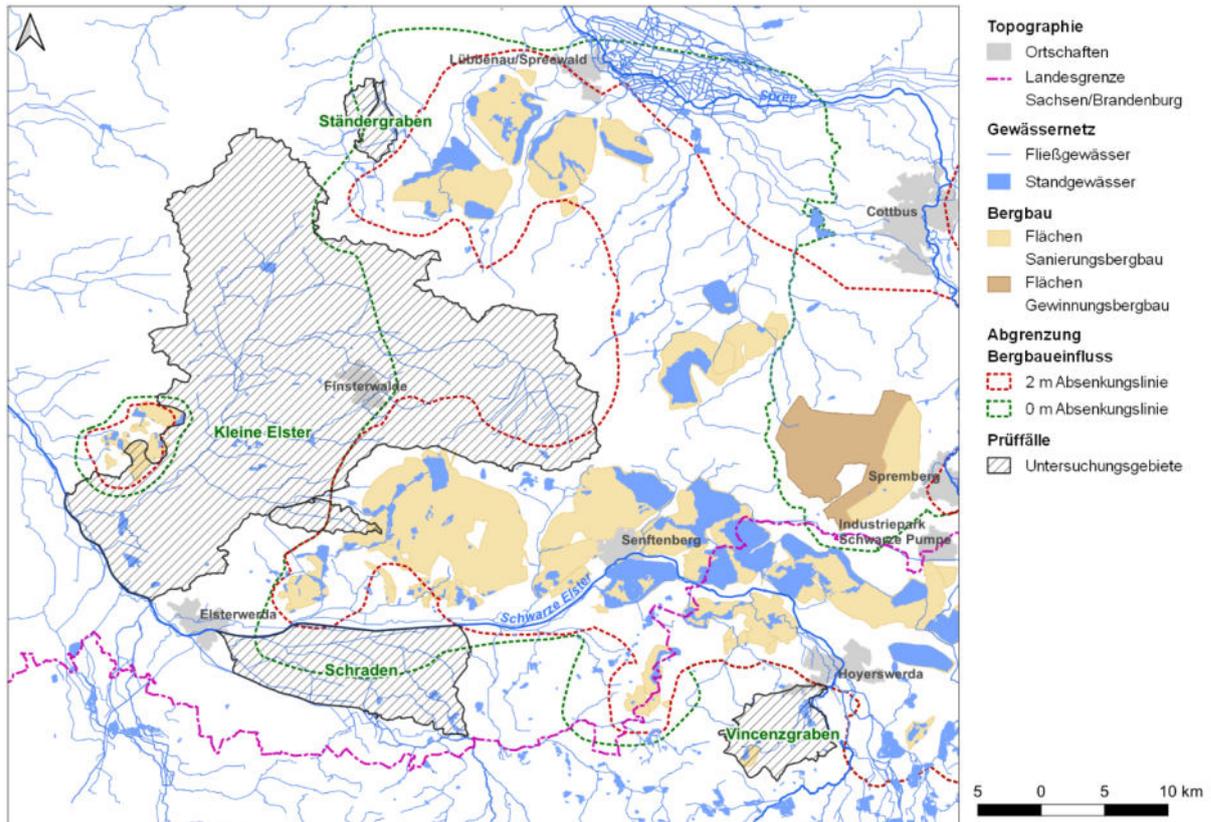
Das Untersuchungsgebiet **Vincenzgraben** umfasst das oberirdische Einzugsgebiet des Vincenzgrabens mit einem zu prüfenden Fließgewässer-OWK (Bild 5 und Tabelle 10). Zur Wasserbeschaffenheit im Untersuchungsgebiet liegen Daten von Gütemessstellen des LfULG Sachsen vor und die Stoffbelastung des zu prüfenden Fließgewässer-OWK Vincenzgraben konnte in IWB & gIR (2020) charakterisiert werden. Die Stoffbelastung des Vincenzgrabens wird zudem in einem aktuellen Vorhabens- und Sanierungsplan des LfULG Sachsen reflektiert. Zu den Mengenverhältnissen im Untersuchungsgebiet liegen dagegen keine Informationen vor. Als relevante Einflussfaktoren der Stoffbelastung kommen neben dem Braunkohlenbergbau auch der Bergbau auf Steine und Erden und das Dubringer Moor in Frage. Für die Aufklärung des Einflusses des Braunkohlenbergbaus auf die Stoffbelastung des Vincenzgrabens ist ein geeignetes Monitoring (Cluster 2) sowie ggf. die Erkundung diffuser Stoffquellen (Cluster 3) erforderlich (siehe Abschnitt 9).

Das Untersuchungsgebiet **Ständergraben** liegt im Einzugsgebiet der Berste und beinhaltet zwei zu prüfende Fließgewässer-OWK (Bild 5 und Tabelle 10). Zur Stoffbelastung und dem Durchfluss im Untersuchungsgebiet liegen Daten von Messkampagnen der LMBV vor. Anhand dieser Daten konnte in IWB & gIR (2020) die Stoffbelastung eines zu prüfenden Fließgewässer-OWK charakterisiert werden. Als Einflussfaktoren der Stoffbelastung kommen neben dem Braunkohlenbergbau auch Einträge aus Niedermooren in Frage. Aufgrund der unzureichenden Datenlage ist für die Aufklärung des Bergbaueinflusses der zwei Fließgewässer-OWK ein geeignetes Monitoring (Cluster 2) durchzuführen (siehe Abschnitt 10).

**Tabelle 10: Vorabprüfung des Bearbeitungsaufwandes für die gewählten Untersuchungsgebiete nach Datenlage und Vorkenntnissen.**

Kriterien	Spree	Südpolder Schwarze Elster/Schraden	Kleine Elster	Vincenzgraben	Ständergraben
Anzahl der zu prüfenden OWK	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 6 Prüffälle Fernwirkung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 6 Prüffälle Bergbaueinfluss</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 6 Prüffälle Bergbaueinfluss</li> <li>▪ 3 Prüffälle Fernwirkung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 1 Prüffall Bergbaueinfluss</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 2 Prüffälle Bergbaueinfluss</li> </ul>
Datenlage Durchfluss	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sehr gut</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Keine</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Gering</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Keine</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mäßig</li> </ul>
Datenlage Beschaffenheit	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sehr gut</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mäßig</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mäßig</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mäßig</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mäßig</li> </ul>
Bekannte Stoffquellen und Einflüsse	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Braunkohlenbergbau</li> <li>▪ Landwirtschaft</li> <li>▪ Niedermoore</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Trinkwassergewinnung</li> <li>▪ Landwirtschaft</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Landwirtschaft</li> <li>▪ Fernwirkung Braunkohlenbergbau</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Braunkohlenbergbau</li> <li>▪ Bergbau Steine/Erden</li> <li>▪ Niedermoor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Niedermoore</li> <li>▪ Fernwirkung Braunkohlenbergbau</li> </ul>
Vermutete Stoffquellen und Einflüsse	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Braunkohlenbergbau</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Braunkohlenbergbau</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Braunkohlenbergbau</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Braunkohlenbergbau</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Braunkohlenbergbau</li> </ul>

Kriterien	Spree	Südpolder Schwarze Elster/Schraden	Kleine Elster	Vincenzgraben	Ständergraben
Bearbeitungsansatz					
Cluster 1	■	■	■	■	■
Cluster 2		■	■	■	■
Cluster 3		■		■	



**Bild 5:** Lage und Abgrenzung der vier Untersuchungsgebiete Schraden, Kleine Elster, Ständergraben und Vincenzgraben mit den Grenzen des Bergbaueinflusses nach IWB & gIR (2020).

## 4.2 Beprobungskampagnen

Die Durchflussmessungen und Probennahmen wurden vom Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann (IWB) durchgeführt. Der Durchfluss wurde mit dem akustischen Strömungsmessgerät „ADC“ der Marke OTT ermittelt. Die Entnahme der Wasserproben erfolgte strommittig mit einem Teleskopschöpfer oder mit einem Eimer.

## 4.3 Analytik

Die Wasserproben wurden taggleich zur chemischen Analyse an das Labor geliefert. Die Proben wurden von der ERGO Umweltinstitut GmbH Dresden (ERGO) analysiert. Die ERGO ist als Prüflabor unter der Nummer D-PL-14613-01-00 akkreditiert. Die Kennwertespektren der Monitorings sind in der Tabelle 11 zusammengefasst:



**Tabelle 11: Kennwertespektren der Monitorings in den Untersuchungsgebieten entsprechend Abschnitt 4.1.**

Kennwert	Einheit	Methode	Untersuchungsgebiete			
			(2)	(3)	(4)	(5)
<b>Vor-Ort</b>						
Temperatur	°C	DIN 38404 (C4)	■	■	■	■
pH-Wert		DIN 38404 (C5)	■	■	■	■
Trübung	FNU	EN ISO 7027 (C2)	■	■	■	■
Elektrische Leitfähigkeit	µS/cm	DIN EN ISO 27888 (C8)	■	■	■	■
Sauerstoffsättigung	%	DIN EN 25814 (G22)	■	■	■	■
Sauerstoffkonzentration	mg/L	DIN EN 25814 (G22)	■	■	■	■
Redoxspannung	mV	DIN 38404 (C6)	■	■	■	■
<b>Labor</b>						
pH-Wert		EN ISO 10523	■	■	■	■
elektrische Leitfähigkeit	µS/cm	DIN EN 27888	■	■	■	■
K <sub>S4,3</sub> bzw. K <sub>B4,3</sub>	mmol/L	DIN 38409-H7	■	■	■	■
K <sub>S8,2</sub> bzw. K <sub>B8,2</sub>	mmol/L	DIN 38409-H7	■	■	■	■
DOC	mg/L	DIN EN 1484			□	
Chlorid	mg/L	DIN EN ISO 10304-1	■	■	■	■
Sulfat	mg/L	DIN EN ISO 10304-1	■	■	■	■
Eisen-gesamt	mg/L	DIN EN ISO 11885 (E22)	■	■	■	■
Eisen-gelöst	mg/L	DIN EN ISO 11885 (E22)	■	■	■	■
Eisen (II)-gelöst	mg/L	DIN 38406-E1	■	■	■	■
Natrium	mg/L	DIN EN ISO 11885 (ICP)	■	■	■	■
Kalium	mg/L	DIN EN ISO 11885 (ICP)	■	■	■	■
Calcium	mg/L	DIN 38409-H6	■	■	■	■
Magnesium	mg/L	DIN 38409-H6	■	■	■	■
Aluminium	mg/L	DIN EN ISO 11885 (E22)	■	■	■	■
Mangan	mg/L	DIN EN ISO 11885 (E22)	■	■	■	■
Arsen	mg/L	DIN EN ISO 17294-2	■	■	■	■
Kobalt	mg/L	DIN EN ISO 17294-2	■	■	■	■
Cadmium	mg/L	DIN EN ISO 17294-2			■	
Nickel	mg/L	DIN EN ISO 17294-2	■	■	■	■
Zink	mg/L	DIN EN ISO 17294-2	■	■	■	■
Nitratstickstoff	mg/L	DIN EN ISO 10304 (IC)	■	■	■	■
Ammoniumstickstoff	mg/L	DIN EN ISO 11732 (E23)	■	■	■	■

■ obligatorisch

□ fakultativ

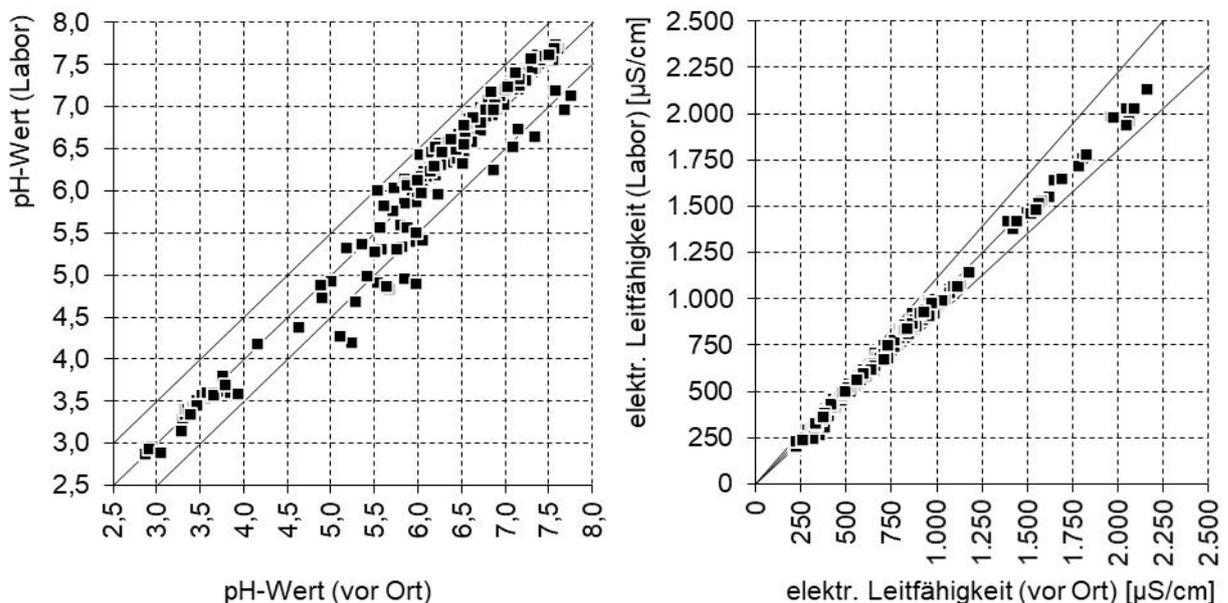
#### 4.4 Plausibilitätsprüfung

Bezüglich der Bewertung der Datenqualität orientiert sich der Gutachter an den Maßstäben des montanhydrologischen Monitorings der LMBV [MHM 2022]. Die Abweichungen zwischen den vor Ort und im Labor gemessenen pH-Werten liegen überwiegend im Bereich der zulässigen Toleranz ( $\pm 0,5$  pH-Einheiten), wichen jedoch in 15 von 247 Fällen bis 1,1 pH-Einheiten voneinander ab (Bild 6 links). Dabei muss es sich nicht zwangsläufig um fehlerhafte Messungen vor Ort oder im Labor handeln. Die Besonderheiten der Eisenbelastung von Fließgewässern bedingt, dass zweiwertiges Eisen aus dem Grundwasser in die Fließgewässer eindringt und hier mit

Sauerstoff in Kontakt kommt. Dabei wird das zweiwertige zu dreiwertigem Eisen oxidiert. Die Oxidationsreaktion ordnet sich einer spezifischen Kinetik (einem Zeitgesetz) unter, die maßgeblich von der Wassertemperatur, von der Sauerstoffkonzentration und vom pH-Wert abhängig ist. Diese Kinetik kann nur durch eine starke Ansäuerung gestoppt werden. Das geschieht üblicherweise in den Probenflaschen für die hydrochemische Elemente- und Ionenbestimmung. Die Bestimmung des pH-Wertes und der elektrischen Leitfähigkeit im Labor kann jedoch nur in nicht konservierten Proben erfolgen. Da die Halbwertszeit der Oxidationskinetik im Bereich von Stunden bis wenigen Tagen liegt, sind Probenveränderlichkeiten - insbesondere des pH-Wertes infolge der Hydrolysereaktionen des dreiwertigen Eisens - selbst bei zügiger Ausführung der Beprobung und taggleichem Probentransport ins Labor praktisch unvermeidlich. Plausibilisiert werden kann dieser Einfluss dadurch, dass bei entsprechenden Abweichungen die pH-Werte im Labor immer niedriger sind als die pH-Werte vor Ort (siehe Bild 6 links).

Die Abweichungen zwischen den vor Ort und im Labor gemessenen elektrischen Leitfähigkeiten liegen ebenfalls mehrheitlich im Bereich der zulässigen Toleranz ( $\pm 10\%$ ) (Bild 6 rechts). Nur in 4 von 247 Fällen und im Bereich niedriger elektrischer Leitfähigkeiten  $< 400 \mu\text{S}/\text{cm}$  wichen die Werte um mehr als  $10\%$  und bis maximal  $32\%$  voneinander ab.

Die Übereinstimmung zwischen Feld- und Laborwerten ist gut und entspricht den Qualitätsanforderungen.



**Bild 6:** Vergleich der vor Ort und im Labor gemessenen pH-Werte (links) und elektrischen Leitfähigkeiten (rechts) in den Fließgewässern im Rahmen der Prüffalluntersuchungen.

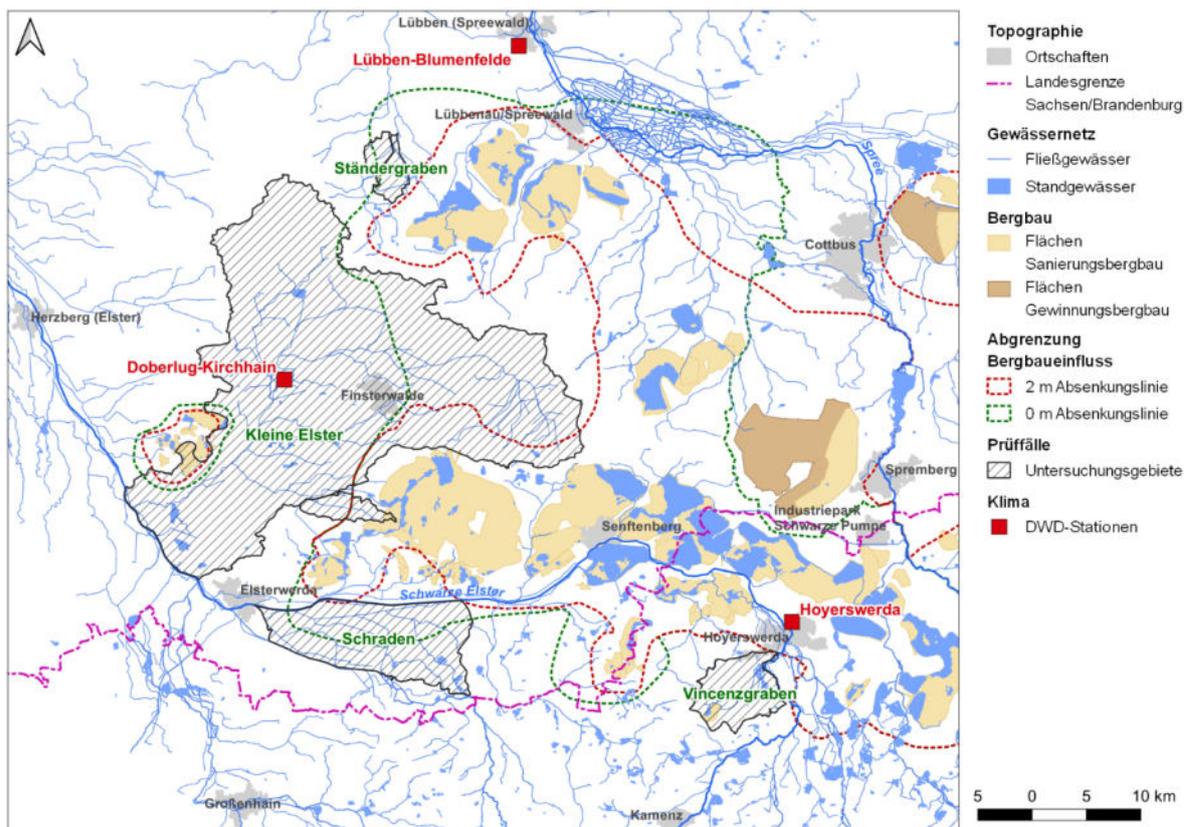


## 5 Witterung im Monitoringzeitraum

Zur Charakterisierung der hydrometeorologischen Verhältnisse im Monitoringzeitraum wurden geeignete **Klimastationen** des Deutschen Wetterdienstes (DWD) ausgewählt und den Untersuchungsgebieten Schraden, Kleine Elster, Vincenzgraben und Ständergraben zugeordnet (Tabelle 12 und Bild 7).

**Tabelle 12:** Stammdaten der zur Bewertung der Witterung im Monitoringzeitraum genutzten Klimastationen Doberlug-Kirchhain, Hoyerswerda und Lübben-Blumenfelde des Deutschen Wetterdienstes.

DWD-Station	Höhe	Rechtswert ETRS89 UTM 33N	Hochwert ETRS89 UTM 33N	Zugeordnetes Untersuchungsgebiet	Entfernung zum Gebietschwerpunkt
	m NHN				km
Doberlug-Kirchhain	97	401382	5722528	Südpolder Schwarze Elster (Schraden)	25,2
				Kleine Elster	4,9
Hoyerswerda	116	448112	5700055	Vincenzgraben	8,1
Lübben-Blumenfelde	57	422966	5753478	Ständergraben	16,3



**Bild 7:** Lage der DWD-Stationen Hoyerswerda, Doberlug-Kirchhain und Lübben-Blumenfelde sowie Lage und Ausdehnung der vier Untersuchungsgebiete Schraden, Kleine Elster, Ständergraben und Vincenzgraben.



Zur Charakterisierung der Witterungsverhältnisse im **Monitoringzeitraum** 2021 wurden die beim DWD verfügbaren Daten zum Niederschlag und zur Lufttemperatur genutzt. Die Witterungsdaten im Monitoringzeitraum wurden zur längerfristigen Einordnung einer zehnjährigen **Vergleichsperiode** von 2012 bis 2021, die das Monitoringjahr einschließt, gegenübergestellt. Die begrenzte Länge des Vergleichszeitraums ist durch die Datenverfügbarkeit an der Klimastation Hoyerswerda begründet.

Die **Niederschlagsdaten** liegen als unkorrigierte Tagessummen vor. Die Niederschlagshöhen werden in Abhängigkeit von der Exposition der Messstation und von der Messmethode durch Wind, Benetzung und Verdunstung systematisch zu niedrig gemessen. Alle nachfolgenden Angaben zur Niederschlagshöhe wurden nach Richter DWD (1995) standortbezogen um +10 % korrigiert.

Die DWD-Station **Doberlug-Kirchhain** kann aufgrund der räumlichen Nähe zu den Untersuchungsgebieten Kleine Elster und Südpolder Schwarze Elster (Schraden) hinsichtlich der Großwetterlagen als ausreichend repräsentativ angenommen werden. In der Tabelle 13 sind die relevanten Eckzahlen der Witterungsdaten für das Monitoringjahr 2021 und für die zehnjährige Vergleichsperiode von 2012 bis 2021 gegenübergestellt.

**Tabelle 13: Eckzahlen der maßgeblichen Wetterdaten für das Monitoringjahr 2021 und für die 10-jährigen Vergleichsperiode von 2012 bis 2021 an der DWD-Station Doberlug-Kirchhain.**

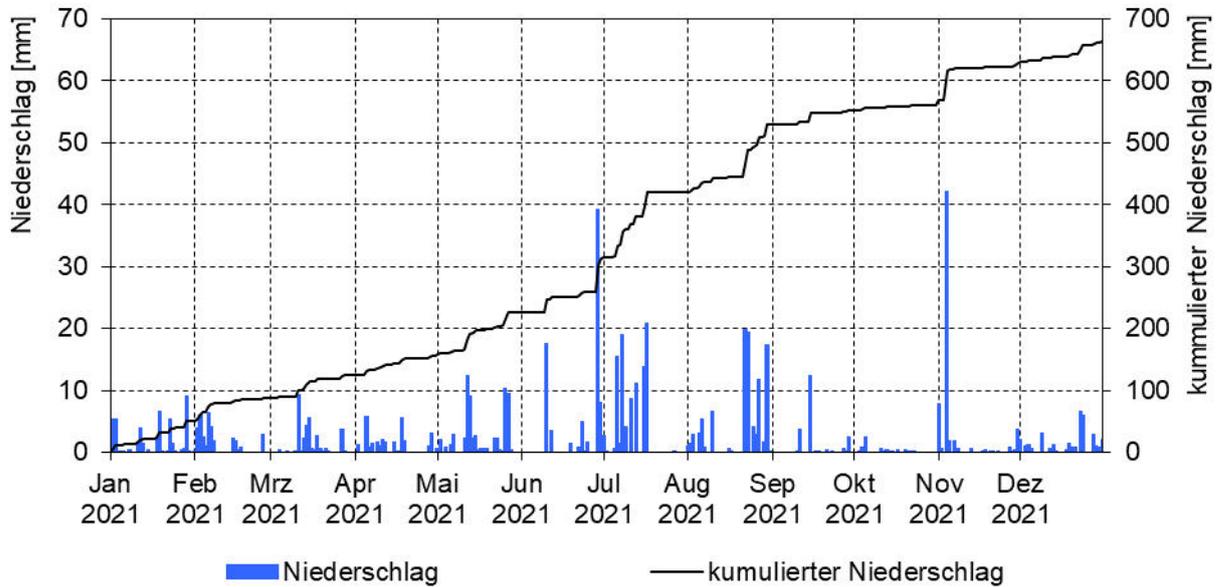
Klimatische Größe	Einheit	Monitoringjahr 2021	Vergleichsperiode 2012-2021
Jahresniederschlag, korrigiert nach DWD (1995)	mm/a	664	571
Mittelwert der Lufttemperatur	°C	+9,7	+10,3
Maximum der Lufttemperatur	°C	+35,6	+38,3
Minimum der Lufttemperatur	°C	-20,2	-21,7
Anzahl Eistage ( $T_{\max} < 0 \text{ °C}$ )	Tage/Jahr	14	13
Anzahl Frosttage ( $T_{\min} < 0 \text{ °C}$ )	Tage/Jahr	80	71
Anzahl Sommertage ( $T_{\max} \geq +25 \text{ °C}$ )	Tage/Jahr	56	60
Anzahl Heiße Tage ( $T_{\max} \geq +30 \text{ °C}$ )	Tage/Jahr	8	17

Die **Lufttemperatur** an der Station Doberlug-Kirchhain lag im Mittel des Monitoringjahres 2021 bei +9,7 °C und damit 0,6 K unter dem Mittel der zehnjährigen Vergleichsperiode von 2012 bis 2021 mit +10,3 °C (Tabelle 13 und Bild 9). Das Minimum und das Maximum der Lufttemperatur lagen im Monitoringzeitraum über bzw. unter den Werten der Vergleichsperiode. Die Anzahl der Eistage und der Sommertage lag im Monitoringzeitraum auf dem Niveau der Vergleichsperiode. Die Anzahl der Frosttage lag dagegen deutlich über und die Anzahl der heißen Tage deutlich unter den Werten der Vergleichsperiode (Tabelle 13).

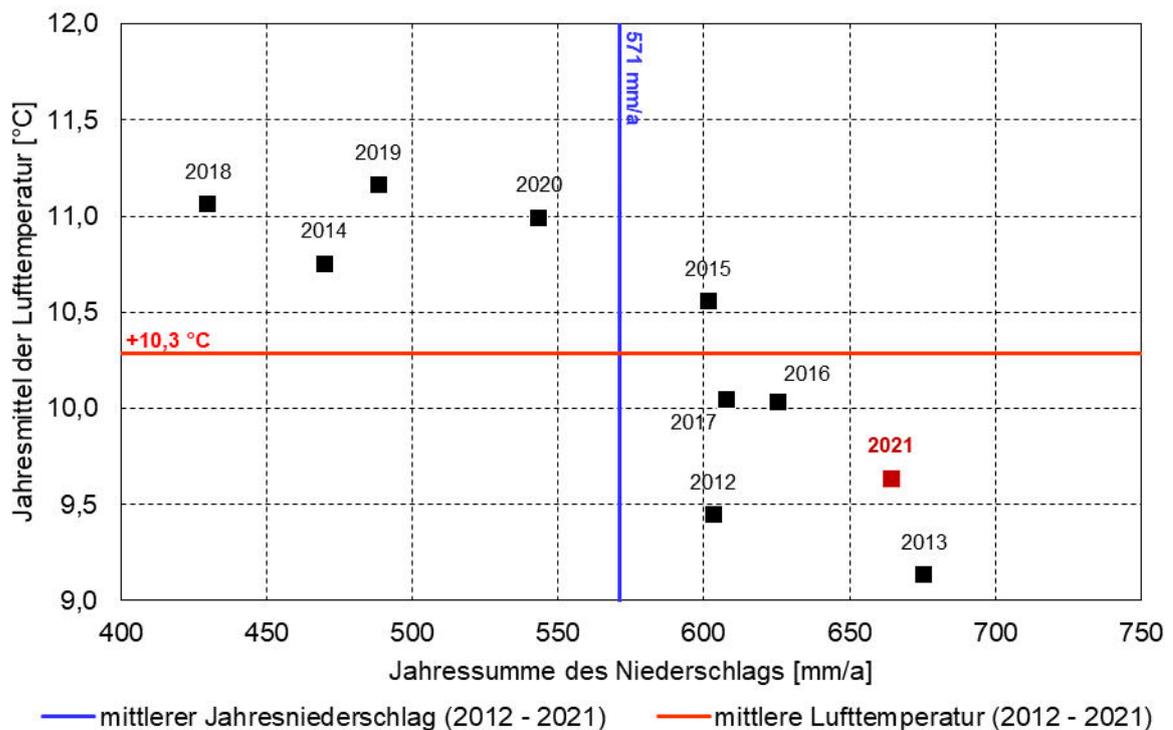
Die **Jahressumme des Niederschlags** an der Station Doberlug-Kirchhain lag im Monitoringzeitraum bei 664 mm und damit 93 mm über dem zehnjährigen Durchschnitt von 571 mm (Tabelle 13 und Bild 9). Der Niederschlag war im ersten Halbjahr des Monitoringzeitraumes gleichmäßig verteilt. Die täglichen Niederschlagssummen lagen größtenteils unter 10 mm, wobei im Mai und Juni vereinzelt auch Tagessummen bis 40 mm erfasst wurden (Bild 8). In der zweiten Jahreshälfte wechselten



sich dann Perioden mit hohen Niederschlägen (Juli und August) und Perioden mit geringen Niederschlägen (Oktober und Dezember) ab. Das Tagesmaximum des Niederschlags wurde am 04.11.2021 mit 46 mm erfasst (Bild 8).



**Bild 8:** Tagessummen des korrigierten Niederschlags (blau) und Ganglinie des kumulierten Niederschlags (schwarz) im Kalenderjahr 2021 an der DWD-Station Doberlug-Kirchhain.



**Bild 9:** Gegenüberstellung der Jahressummen des korrigierten Niederschlags und der Jahresmittel der Lufttemperatur in den einzelnen Kalenderjahren 2012 bis 2021 mit den 10-jährigen Mittelwerten (Kalenderjahre 2012 bis 2021) der Jahressumme des Niederschlags (blaue Linie) und der Lufttemperatur (rote Linie) an der DWD-Station Doberlug-Kirchhain.



Das Monitoringjahr 2021 war kälter und deutlich feuchter als der Durchschnitt der zehnjährigen **Vergleichsperiode** von 2012 bis 2021. Hinsichtlich des Niederschlages ist das Monitoringjahr 2021 mit dem dargebotsreichen Jahr 2013 vergleichbar und unterscheidet sich deutlich von den dargebotsarmen Vorjahren 2018 bis 2020 (Bild 9).

Die DWD-Station **Hoyerswerda** ist rund 8 Kilometer vom Untersuchungsgebiet Vincenzgraben entfernt und wird daher als ausreichend repräsentativ zur Charakterisierung der Witterungsverhältnisse im Untersuchungsgebiet des Vincenzgrabens angesehen. In der Tabelle 14 sind die relevanten Eckzahlen der Witterungsdaten an der Station Hoyerswerda für das Monitoringjahr 2021 und für die zehnjährige Vergleichsperiode von 2012 bis 2021 gegenübergestellt.

**Tabelle 14:** Eckzahlen der maßgeblichen Wetterdaten für das Kalenderjahr 2021 und für die 10-jährigen Vergleichsperiode 2012 bis 2021 an der DWD-Station Hoyerswerda.

Klimatische Größe	Einheit	Kalenderjahr 2021	Vergleichsperiode 2012-2021
Jahresniederschlag, korrigiert nach DWD (1995)	mm/a	645	631
Mittelwert der Lufttemperatur	°C	+9,7	+10,4
Maximum der Lufttemperatur	°C	+35,7	+38,2
Minimum der Lufttemperatur	°C	-18,8	-23,7
Anzahl Eistage ( $T_{\max} < 0 \text{ °C}$ )	Tage/Jahr	15	14
Anzahl Frosttage ( $T_{\min} < 0 \text{ °C}$ )	Tage/Jahr	87	70
Anzahl Sommertage ( $T_{\max} \geq +25 \text{ °C}$ )	Tage/Jahr	57	59
Anzahl Heiße Tage ( $T_{\max} \geq +30 \text{ °C}$ )	Tage/Jahr	6	17

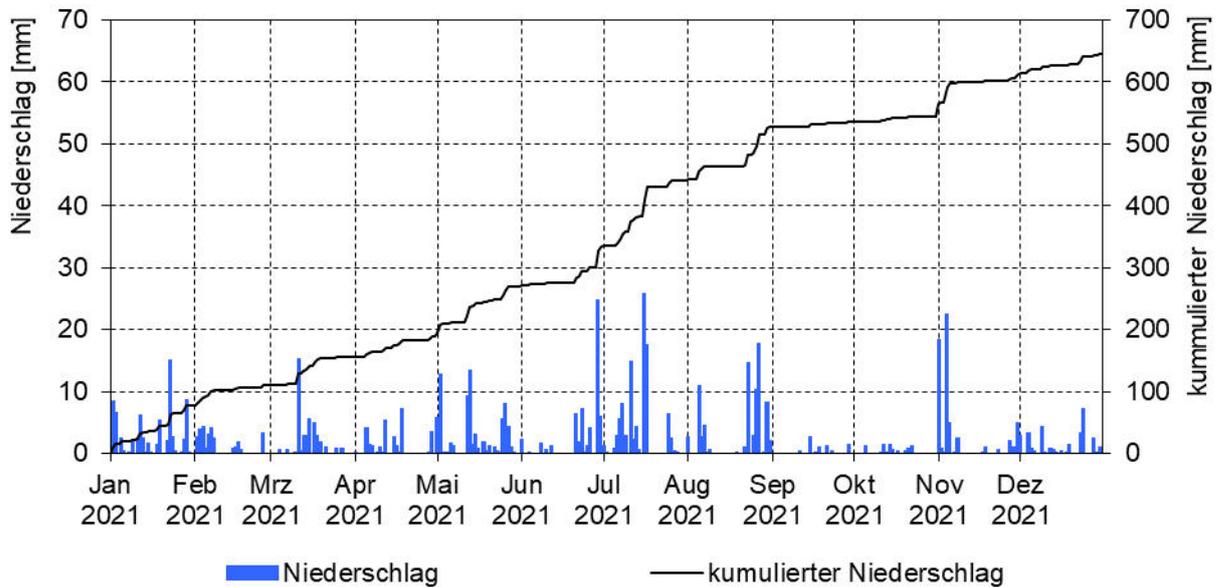
Die **Lufttemperatur** an der Station Hoyerswerda lag im Monitoringjahr 2021 im Mittel bei +9,7 °C und damit unter dem Durchschnitt der zehnjährigen Vergleichsperiode 2012-2021 von +10,4 °C (Tabelle 14 und Bild 11). Wie an der Station Doberlug-Kirchhain lagen das Minimum und das Maximum der Lufttemperatur im Monitoringzeitraum/-jahr 2021 über bzw. unter den Werten der Vergleichsperiode. Die Anzahl der Eis-, Frost-, Sommer- und heißen Tagen im Monitoringjahr 2021 und deren Verhältnis zur Vergleichsperiode gleicht ebenfalls der Station Doberlug-Kirchhain (Tabelle 14).

An der Station Hoyerswerda wurde im Monitoringzeitraum 2021 eine **Niederschlags-summe** von 645 mm erfasst. Der Jahresniederschlag lag nur geringfügig über dem Durchschnitt der zehnjährigen Vergleichsperiode 2012-2021 von 631 mm (Tabelle 14 und Bild 11). In der ersten Hälfte des Monitoringjahres 2021 war der Niederschlag weitgehend gleichmäßig verteilt, wobei die Tagessummen des Niederschlags meist unter 10 mm lagen (Bild 10). Vereinzelt (Januar, März, Mai und Juni) wurden auch höhere Tagesniederschläge erfasst. In der zweiten Jahreshälfte wechselten sich dann Perioden mit hohen Niederschlägen (Juli und August) und geringen Niederschlägen (September, Oktober, November und Dezember) ab. Das Tagesmaximum des Niederschlags wurde an der Station Hoyerswerda am 16.07.2021 mit 28 mm erfasst (Bild 10).

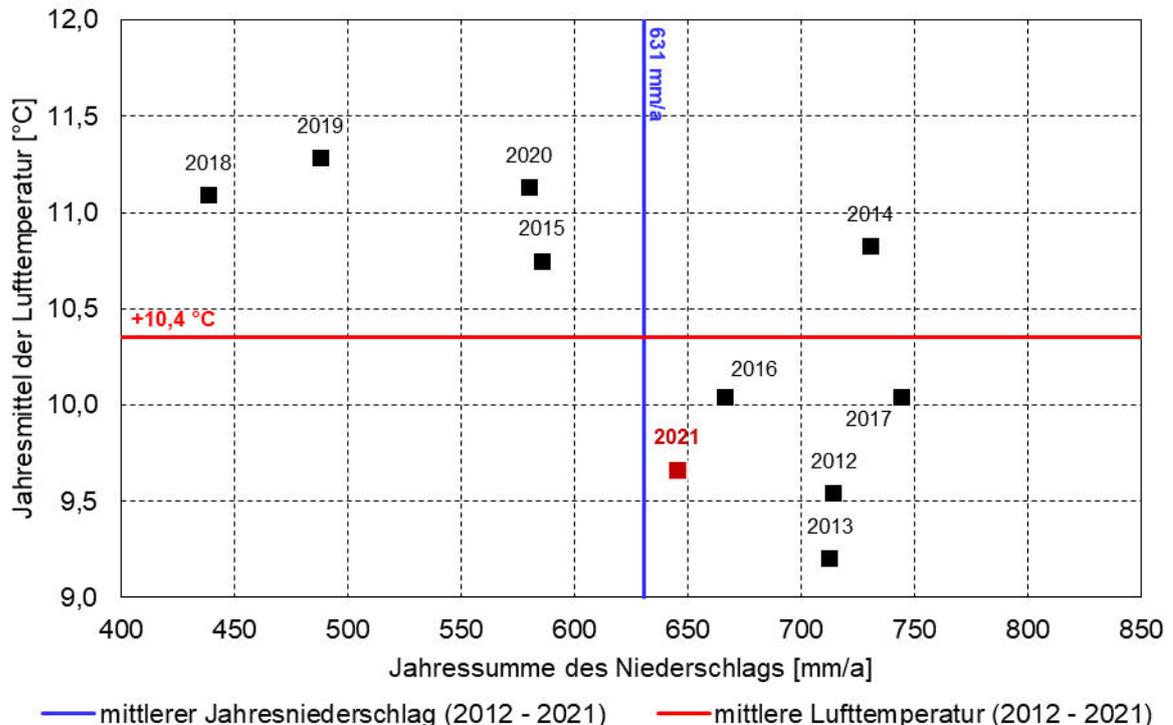
Das Monitoringjahr 2021 war kälter als der Durchschnitt der zehnjährigen **Vergleichsperiode** 2012-2021. Der Niederschlag im Monitoringjahr 2021 lag dagegen



auf dem Niveau der Vergleichsperiode, aber deutlich über den Niederschlägen in den drei dargebotsarmen Vorjahren von 2018 bis 2020 (Bild 11).



**Bild 10:** Tagessummen des korrigierten Niederschlags (blau) und Ganglinie des kumulierten Niederschlags (schwarz) im Kalenderjahr 2021 an der DWD-Station Hoyerswerda.



**Bild 11:** Gegenüberstellung der Jahressummen des korrigierten Niederschlags und der Jahresmittel der Lufttemperatur in den einzelnen Kalenderjahren von 2012 bis 2021 mit den 10-jährigen Mittelwerten (Kalenderjahre von 2012 bis 2021) der Jahressumme des Niederschlags (blaue Linie) und der Lufttemperatur (rote Linie) an der DWD-Station Hoyerswerda.



Die an der DWD-Station **Lübben-Blumenfelde** erfassten Witterungsdaten werden aufgrund der räumlichen Nähe zum Untersuchungsgebiet Ständergraben als ausreichend repräsentativ zur Charakterisierung der Witterungsverhältnisse dieses Untersuchungsgebietes angenommen. In der Tabelle 15 sind die relevanten Eckzahlen der Witterung im Monitoringjahr 2021 und in der zehnjährigen Vergleichsperiode von 2012 bis 2021 gegenübergestellt.

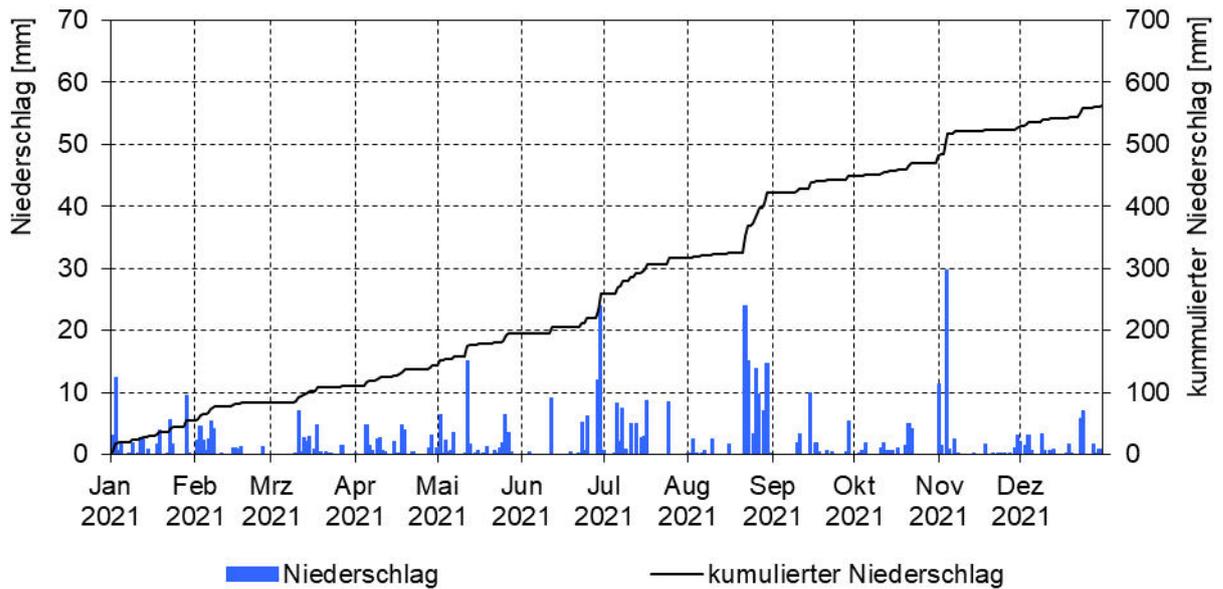
**Tabelle 15: Eckzahlen der maßgeblichen Wetterdaten des Kalenderjahres 2021 und der 10-jährigen Vergleichsperiode von 2012 bis 2021 an der DWD-Station Lübben-Blumenfelde.**

Klimatische Größe	Einheit	Kalenderjahr 2021	Vergleichsperiode 2012-2021
Jahresniederschlag, korrigiert nach DWD (1995)	mm/a	562	546
Mittelwert der Lufttemperatur	°C	+9,7	+10,4
Maximum der Lufttemperatur	°C	+35,4	+37,9
Minimum der Lufttemperatur	°C	-20,2	-21,8
Anzahl Eistage ( $T_{\max} < 0 \text{ °C}$ )	Tage/Jahr	17	13
Anzahl Frosttage ( $T_{\min} < 0 \text{ °C}$ )	Tage/Jahr	83	72
Anzahl Sommertage ( $T_{\max} \geq +25 \text{ °C}$ )	Tage/Jahr	64	65
Anzahl Heiße Tage ( $T_{\max} \geq +30 \text{ °C}$ )	Tage/Jahr	15	16

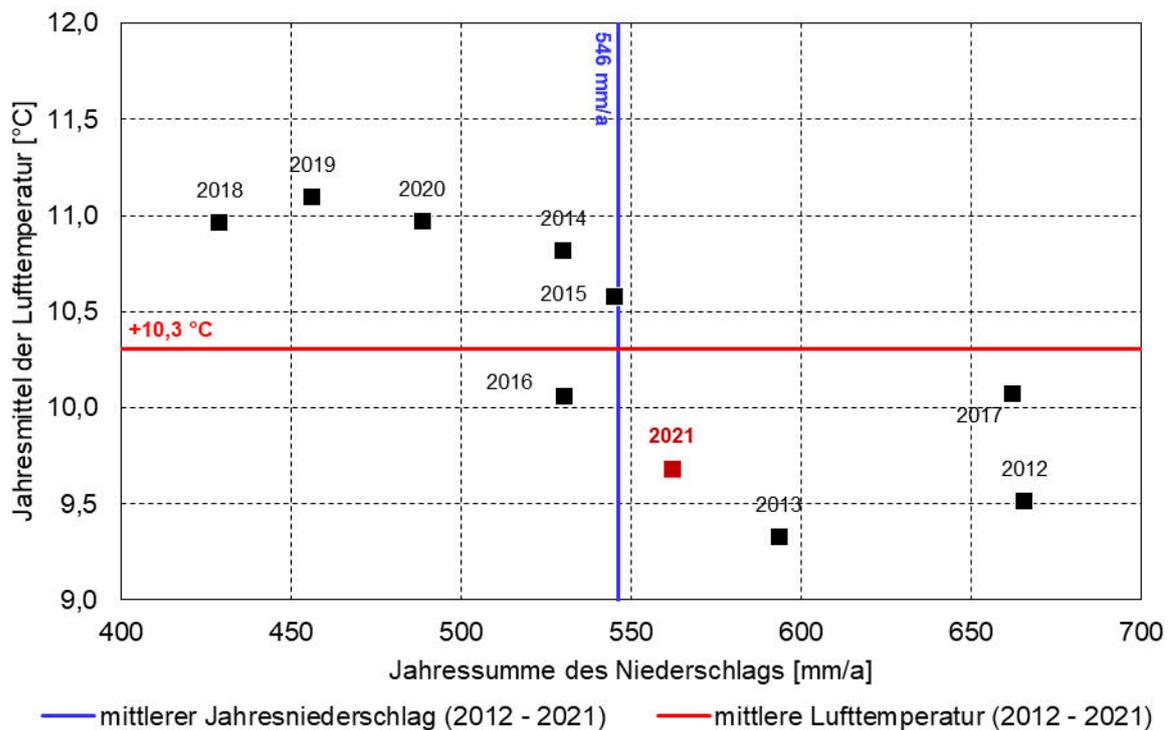
Die **Lufttemperatur** an der Station Lübben-Blumenfelde lag im Mittel des Monitoringjahres 2021 bei +9,7 °C und damit 0,7 K unter dem Mittel der zehnjährigen Vergleichsperiode 2012-2021 von +10,4 °C (Tabelle 15 und Bild 13). Das Minimum und das Maximum der Lufttemperatur lagen im Monitoringzeitraum über bzw. unter den Werten der Vergleichsperiode. Im Monitoringjahr 2021 wurden an der Station Lübben-Blumenfelde mehr Eis- und Frosttage als in der Vergleichsperiode erfasst. Die Anzahl der Sommertage und der heißen Tage lag im Monitoringjahr 2021 auf dem Niveau der Vergleichsperiode (Tabelle 15).

Die **Jahressumme des Niederschlags** an der Station Lübben-Blumenfelde lag im Monitoringjahr 2021 bei 562 mm und damit nur geringfügig über dem zehnjährigen Durchschnitt von 546 mm (Tabelle 15 und Bild 13). Der Niederschlag war im ersten Halbjahr des Monitoringjahres weitgehend gleichmäßig verteilt, wobei die täglichen Niederschlagssummen meist unter 10 mm lagen. Nur zu drei Ereignissen wurden im ersten Halbjahr höhere Niederschlagssummen erfasst (Bild 12). In der zweiten Jahreshälfte wechselten sich dann längere Perioden mit geringen Niederschlägen (September, Oktober und November) mit kurzen, niederschlagsreichen Perioden (August und November) ab (Bild 12). Am 04.11.2021 wurde mit 33 mm das Tagesmaximum des Niederschlags erfasst (Tabelle 15).

An der Station Lübben-Blumenfelde war das Monitoringjahr 2021 kälter als der Durchschnitt der zehnjährigen **Vergleichsperiode** 2012-2021. Der Niederschlag im Monitoringjahr 2021 lag dagegen auf dem Niveau der Vergleichsperiode, aber deutlich über den Niederschlägen in den drei dargebotsarmen Jahren von 2018 bis 2020 (Bild 13).



**Bild 12:** Tagessummen des korrigierten Niederschlags (blau) und Ganglinie des kumulierten Niederschlags (schwarz) im Kalenderjahr 2021 an der DWD-Station Lübben-Blumenfelde.



**Bild 13:** Gegenüberstellung der Jahressummen des korrigierten Niederschlags und der Jahresmittel der Lufttemperatur in den einzelnen Kalenderjahren von 2012 bis 2021 mit den 10-jährigen Mittelwerten (Kalenderjahre 2012 bis 2021) der Jahressumme des Niederschlags (blaue Linie) und der Lufttemperatur (rote Linie) an der DWD-Station Lübben-Blumenfelde.



## 6 Spree

### 6.1 Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet umfasst das oberirdische Einzugsgebiet der Spree zwischen dem Ablauf Talsperre Bautzen im Freistaat Sachsen und dem Zulauf des Großen Müggelsees im Land Berlin (Bild 14). Der betrachtete Spreeabschnitt ist rund 264 km lang und ist in neun Fließgewässer-OWK unterteilt. Hinzukommt der rund 25 km lange Abschnitt des Oder-Spree-Kanals mit einem Fließgewässer-OWK (Tabelle 16).

Die Spree entspringt im Oberlausitzer Bergland und trägt hier den Charakter eines Mittelgebirgsflusses. Ab der Talsperre Bautzen tritt die Spree in das Oberlausitzer Heide- und Teichgebiet ein und legt von dort an den Hauptteil ihrer Fließstrecke als Tieflandfluss zurück. Auf Höhe des Pegels Lieske (Fluss-km 300+600) beginnt das Niederlausitzer Braunkohlenrevier mit zahlreichen Bergbaufolgeseen (Bärwalder See, Wasserspeichersystem Lohsa II, Scheibe-See) sowie den Gewinnungstagebauen Nochten und Reichwalde (Bild 14). Bis zur Talsperre Spremberg (Fluss-km 250+000) nimmt die Spree die Einleitungen aus den Grubenwasserbehandlungsanlagen (GWBA) Kringelsdorf, Tzschelln und Schwarze Pumpe auf. Weiterhin exfiltriert bergbaulich beeinflusstes Grundwasser aus der Spreewitzer Rinne in die Spree und in die Kleine Spree. Im Spreeabschnitt zwischen den Talsperren Bautzen und Spremberg nimmt die Spree die Zuflüsse des Löbauer Wassers, des Vereinigten Schöps und der Kleine Spree auf.

Unterhalb der Talsperre Spremberg verläuft die Spree weiter in nördliche Richtung und schwenkt nördlich von Cottbus, dem Glogau-Baruther Urstromtal- bzw. der Malxe-Spree-Niederung folgend, nach Westen in Richtung Spreewald. Das Einzugsgebiet im Umfeld der Stadt Cottbus ist gekennzeichnet von den Gewinnungstagebauen Welzow-Süd und Jänschwalde sowie dem ehemaligen Tagebau Cottbus-Nord, teilgefluteten Bergbaufolgeseen (Cottbuser Ostsee, Klinger See) und einer Vielzahl von Teichen (Bild 14). Nachfolgend passiert die Spree zwischen Schmogrow (Fluss-km 210+700) und Leibsch (Fluss-km 161+800) das Biosphärenreservat Spreewald (Ober- und Unterspreewald) und nimmt dabei die bergbaulich beeinflussten Zuflüsse des Großen Fließes, des Greifenhainer Fließes, des Vetschauer Mühlenfließes, des Göritzer Mühlenfließes, der Dobra, der Wudritz und der Berste auf. Am Ausgang des Spreewaldes in Leibsch wird über den Dahme-Umflut-Kanal Spreewasser in das Einzugsgebiet der Dahme geleitet.

Auf dem weiteren Fließweg passiert die Spree den Neuendorfer See sowie den Schwielochsee und nimmt die Zuflüsse aus den Naturräumen Leuthener Sandplatte, Lieberoser Heide und dem Schlaubegebiet auf. Nach der Passage des Schwielochsees (Fluss-km 129+100) fließt die Spree in nördliche Richtung und tritt nördlich von Beeskow in das Berliner Urstromtal ein (Bild 14). Bei Kersdorf (Fluss-km 95+700) mündet die Scheitelhaltung des Oder-Spree-Kanals in die Spree. Zwischen Kersdorf und dem Wehr Große Tränke (Fluss-km 76+800) verläuft die Spree in westliche Richtung als Oder-Spree-Kanal und ist Teil der Spree-Oder-Wasserstraße. Am Wehr Große Tränke zweigt der Oder-Spree-Kanal in südwestliche Richtung ab, während die Spree ab hier als Müggelspree in nordwestliche Richtung nach Berlin fließt. Dabei



durchfließt sie bei Erkner den Dämeritzsee und mündet nachfolgend in den Großen Müggelsee (Fluss-km 41+200).

Die **bergbauliche Beeinflussung** der Spree wurde in IWB & gIR (2020) nach räumlichen Kriterien ermittelt (Tabelle 16 und Bild 14). Der Oberlauf der Spree zwischen der Talsperre Bautzen und dem Pegel Lieske ist nicht bergbaulich beeinflusst. Für die drei Fließgewässer-OWK zwischen Lieske und Leibsch wurde ein dominanter Bergbaueinfluss abgeleitet. Für die nachfolgenden sechs Fließgewässer-OWK zwischen Leibsch und Berlin wurde eine zu prüfende bergbauliche Fernwirkung ermittelt (Bild 14). Die bergbauliche Beeinflussung der sechs Fließgewässer-OWK soll in der vorliegenden Bearbeitung geprüft werden.

In der Tabelle 16 ist die **stoffliche Zustandsbewertung** (Sulfat, Eisen, pH-Wert) der zehn Fließgewässer-OWK der Spree entsprechend der in IWB & gIR (2020) entwickelten Methodik aufgeführt. Aufgrund der verbesserten Datenlage wurde in Ergänzung zu IWB & gIR (2020) auch der stoffliche Zustand des OWK DEBE\_582\_6 bewertet. Die Orientierungswerte für Eisen und für den pH-Wert werden in zwei bzw. einem bergbaulich beeinflussten Fließgewässer-OWK über- bzw. unterschritten. Die Orientierungswerte für Sulfat werden in allen bergbaulich beeinflussten und zu prüfenden Fließgewässer-OWK überschritten (Tabelle 16).

**Tabelle 16: Bergbaueinfluss und Zustand der Fließgewässer-OWK der Spree zwischen der Talsperre Bautzen und Berlin nach IWB & gIR (2020) (Datenzeitraum: hydrologische Jahre 2010 bis 2017).**

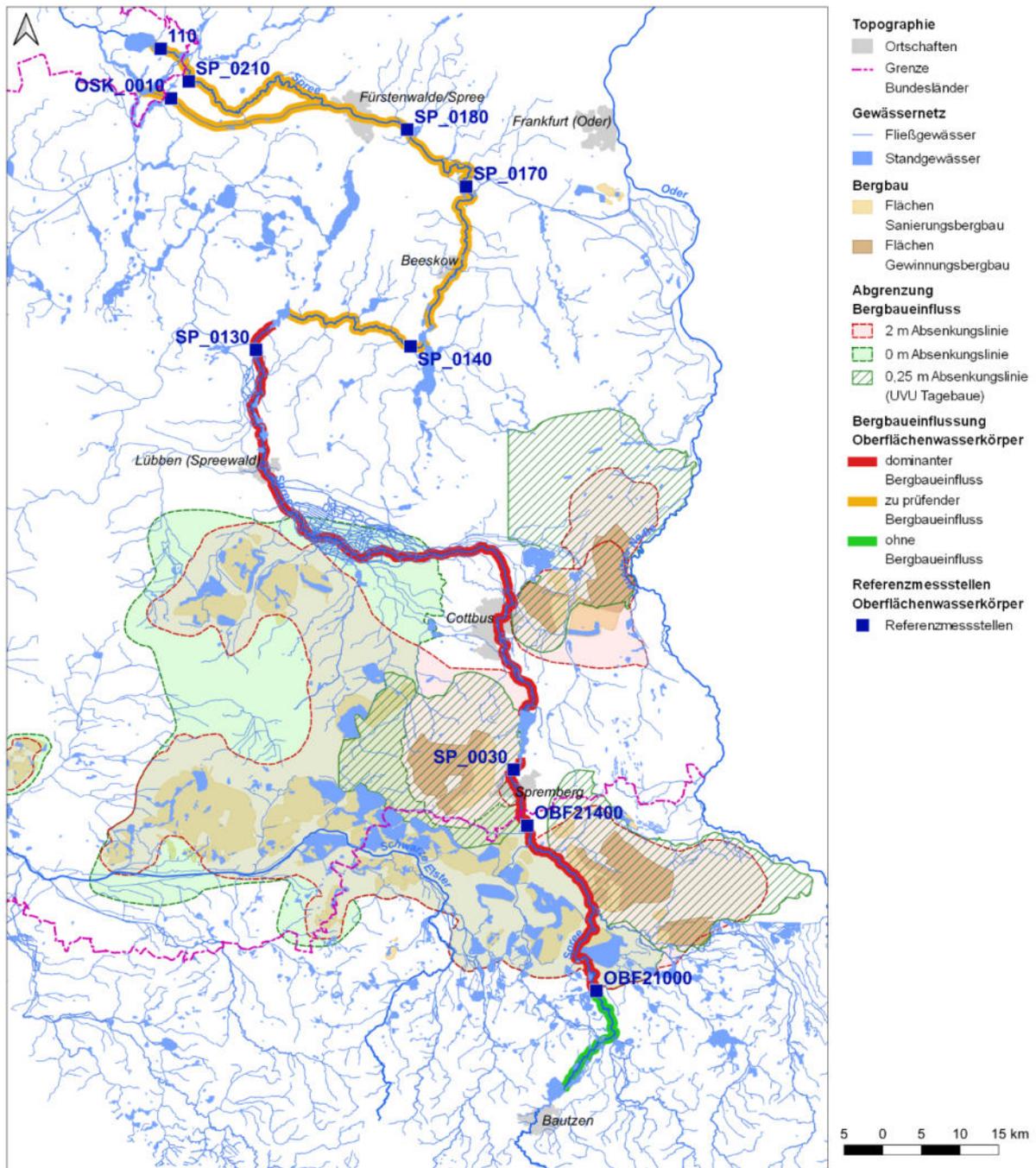
OWK	Bezeichnung / Gewässer	Bergbaueinfluss <sup>(1)</sup>	Zustand für Kennwert <sup>(2)</sup>			
			Messstelle	Sulfat [mg/L]	Eisen [mg/L]	pH-Wert [-]
DESN_582-3	Spree-3	□	OBF21000	83	1,5	7,2
DESN_582-4	Spree-4	■	OBF21400	359	5,4	7,0
DEBB582_1724	Spree	■	SP_0030	366	4,8	6,7
DEBB582_40	Spree	■	SP_0130	291	0,9	7,1
DEBB582_38	Spree	□	SP_0140	296	0,6	7,3
DEBB582_1744	Spree	□	SP_0170	257	0,5	7,3
DEBB582_1743	Spree	□	SP_0180	241	0,4	7,4
DEBB582_36	Spree	□	SP_0210	223	0,5	7,4
DEBB58288_378	Oder-Spree-Kanal	□	OSK_0010	237	0,3	7,5
DEBE_582_6	Spree	□	110	215	0,2	7,4

<sup>(1)</sup> nach IWB & gIR (2020), Symbolik zum Bergbaueinfluss gemäß Tabelle 17.

<sup>(2)</sup> Zustandskategorien für die Kennwerte Sulfat, Eisen und pH-Wert gemäß Tabelle 7, Tabelle 8, Tabelle 9.

**Tabelle 17: Erläuterung der Symbolik zur Angabe des Bergbaueinflusses.**

Symbol	Erläuterung
□	kein Bergbaueinfluss
□	Prüffall Fernwirkung
■	Prüffall Bergbaueinfluss
■	Dominanter Bergbaueinfluss



**Bild 14:** Spree zwischen der Talsperre Bautzen und Berlin mit Oberflächenwasserkörpern, den Referenzmessstellen nach Tabelle 16 und den Grenzen des Bergbaueinflusses nach IWB & gIR (2020).

## 6.2 Wasserbeschaffenheit

Die in der Tabelle 16 aufgeführte stoffliche Zustandsbewertung der Fließgewässer-OWK im Längsschnitt der Spree wurde anhand der Daten von Referenzmessstellen ermittelt (siehe Bild 14). Um die Zustandsbewertung räumlich zu verdichten und ein besseres Bild der Belastungsverhältnisse der Spree zu erhalten, wurden auf der Grundlage behördlicher Beschaffenheitsdaten der hydrologischen Jahre 2010 bis 2021 **Längsschnitte** für den **pH-Wert**, für die **Eisenkonzentration** und für die **Sulfatkonzentration** erstellt (Bild 15, Bild 16 und Bild 17).



Der Mittelwert der **Jahresminima des pH-Wertes** liegt im Spreeabschnitt zwischen der Einmündung der Kleinen Spree und der Talsperre Spremberg unter dem Orientierungswert von  $\text{pH} = 7$  gemäß OGeWV (2016) (Bild 15). Im restlichen Verlauf der Spree wird der Orientierungswert durchgehend eingehalten. Die im bergbaulich beeinflussten Fließgewässer-OWK DEBB582\_1724 begrenzte Unterschreitung des Orientierungswertes (vgl. Tabelle 16) ist auf den diffusen Zustrom bergbaulich beeinflussten Grundwassers aus der Spreewitzer Rinne in die Spree und in die Kleine Spree zurückzuführen.

Die **mittlere Eisenkonzentration** der Spree liegt im Abschnitt zwischen dem Wehr Ruhlmühle und der Talsperre Spremberg über dem Orientierungswert von  $1,8 \text{ mg/L}$  gemäß OGeWV (2016) (Bild 16). Oberhalb und unterhalb des genannten Spreeabschnittes liegt die mittlere Eisenkonzentration durchgehend unter dem Orientierungswert. Die erhöhte Eisenbelastung der Spree beschränkt sich räumlich auf die zwei bergbaulich beeinflussten Fließgewässer-OWK DESN\_582-4 und DEBB582\_1724 (vgl. Tabelle 16). Die erhöhte Eisenbelastung ist auf diffuse Einträge aus dem bergbaulich belasteten Grundwasser der Spreewitzer Rinne in die Spree und in die Kleine Spree zurückzuführen.

Die **mittlere Sulfatkonzentration** der Spree überschreitet ab der Einleitung der GWBA Tzschelln den Orientierungswert von  $200 \text{ mg/L}$  gemäß OGeWV (2016), erreicht auf Höhe der Messstelle Zerze das Maximum und geht im weiteren Spreeverlauf bis Berlin kontinuierlich zurück (Bild 17). Der Orientierungswert für Sulfat wird bis Berlin allerdings nicht wieder unterschritten. Im Längsschnitt der Spree sind sowohl die bergbaulich beeinflussten Fließgewässer-OWK als auch die zu prüfenden Fließgewässer-OWK von einer erhöhten Sulfatbelastung betroffen (vgl. Tabelle 16). Die Erhöhung der Sulfatkonzentration im Oberlauf der Spree ist auf die Sulfateinträge aus den GWBA des Gewinnungsbergbaus sowie den Bergbaufolgeseeen des Sanierungsbergbaus zurückzuführen. Durch die verdünnenden Zuflüsse aus dem Einzugsgebiet geht die Sulfatkonzentration im weiteren Gewässerverlauf kontinuierlich zurück. Die erhöhte Sulfatbelastung im Unterlauf der Spree ist demnach ein eindeutiges Indiz für die bergbauliche Beeinflussung der zu prüfenden Fließgewässer-OWK im Unterlauf der Spree.

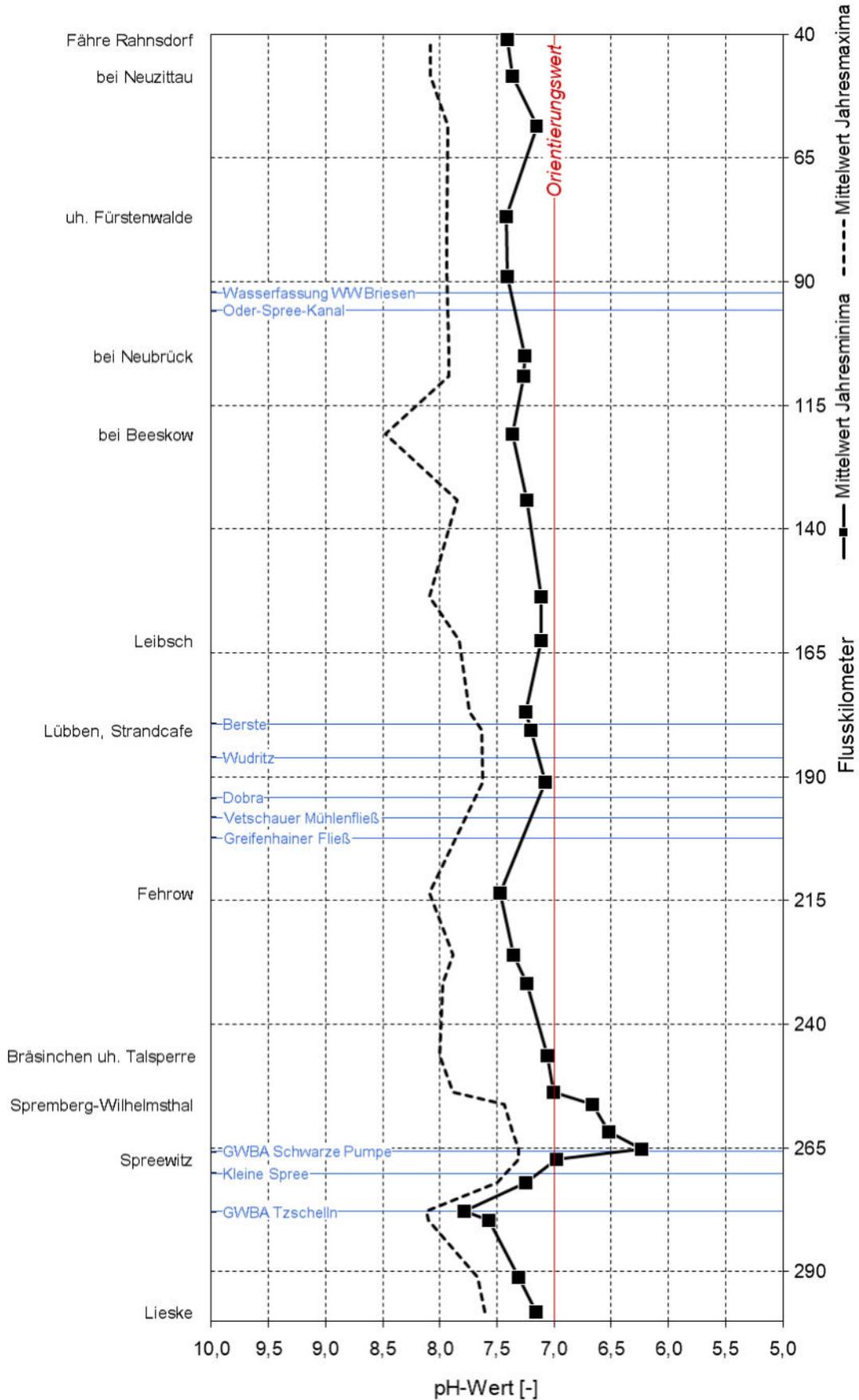


Bild 15: Mittelwerte der Jahresminima und Jahresmaxima des pH-Wertes (hydrologische Jahre 2010-2021) im Längsschnitt der Spree, Orientierungswert gemäß OGewV (2016).

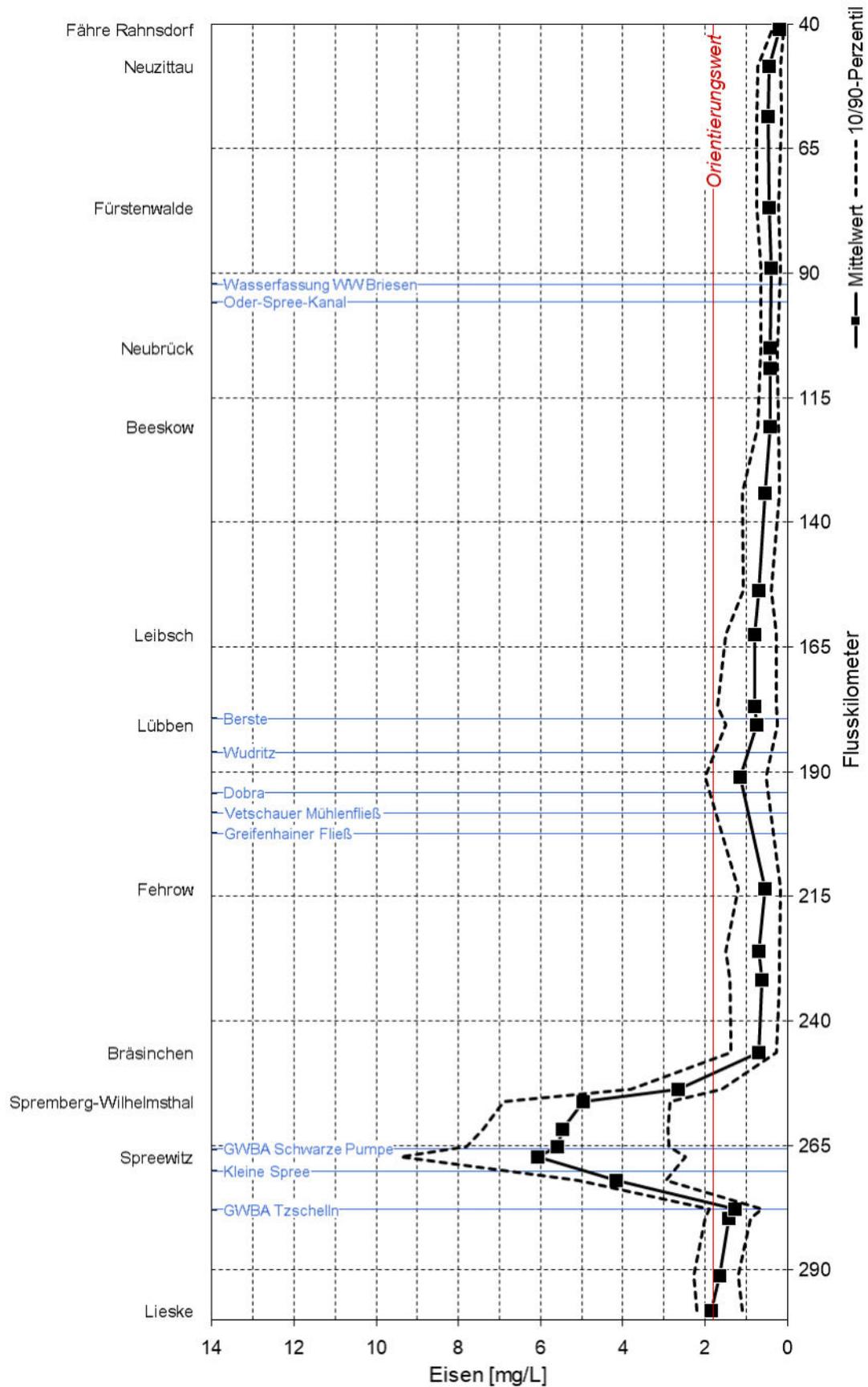


Bild 16: Mittelwerte und 10/90-Perzentile der Eisenkonzentration (hydrologische Jahre 2010-2021) im Längsschnitt der Spree, Orientierungswert gemäß OGewV (2016).

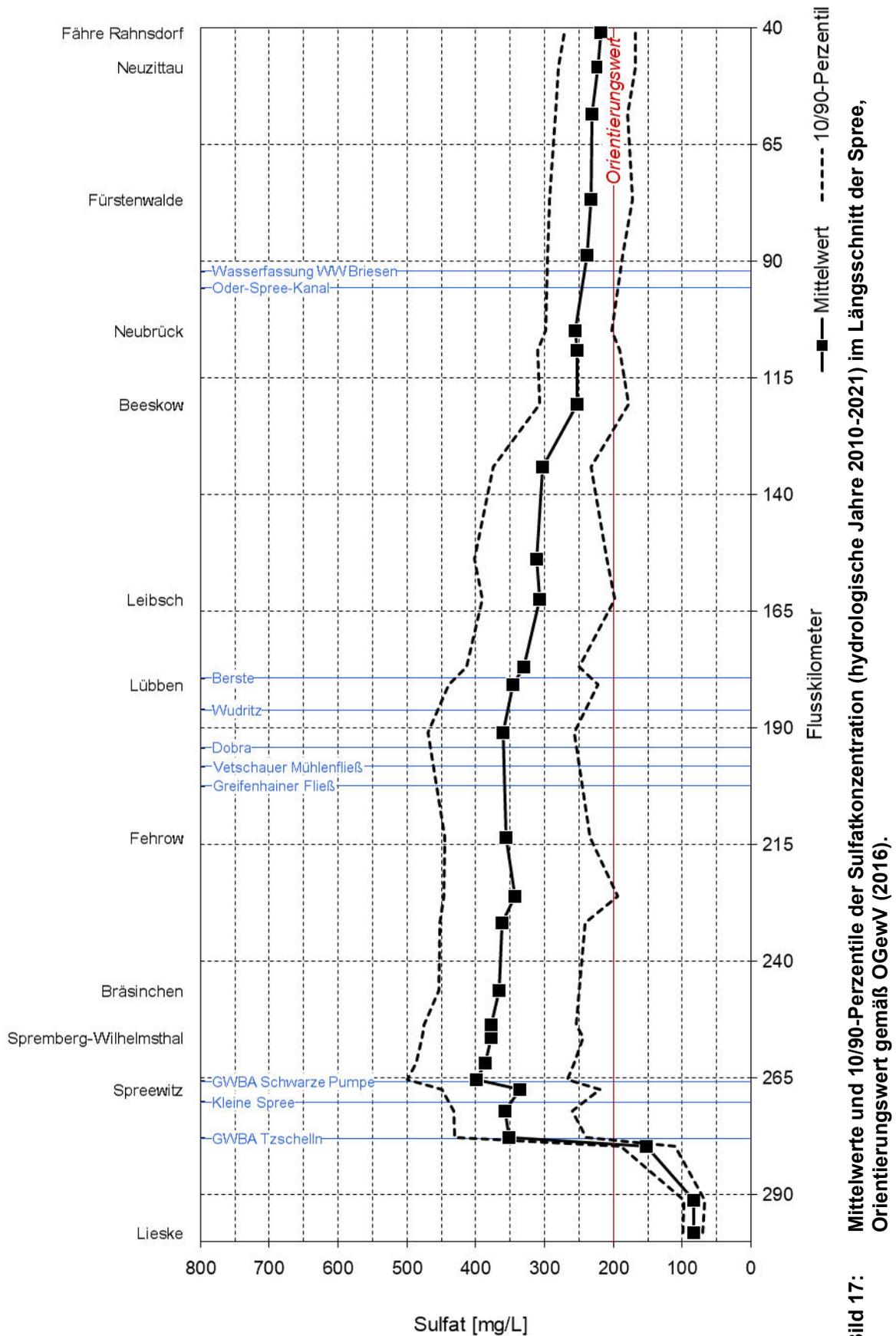


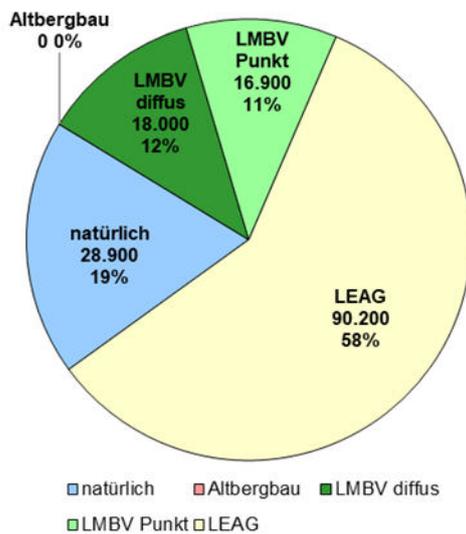
Bild 17: Mittelwerte und 10/90-Perzentile der Sulfatkonzentration (hydrologische Jahre 2010-2021) im Längsschnitt der Spree, Orientierungswert gemäß OGewV (2016).



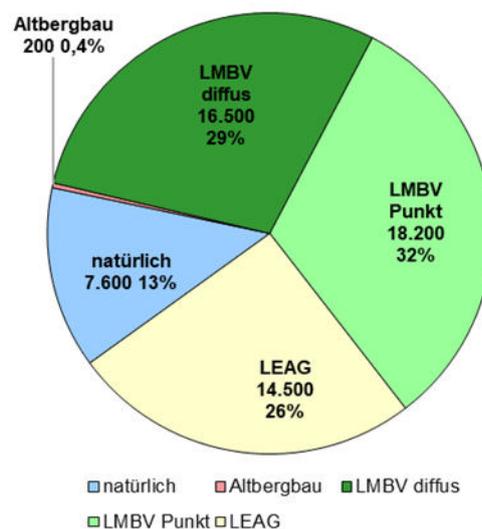
### 6.3 Bilanzen

Die Wirkung des Gewinnungs- und Sanierungsbergbaus auf die Sulfatbelastung der Spree wurde bereits in IWB (2015a) und IWB (2015b) untersucht. In IWB (2015a) wurden für den Zeitraum der Jahre 2012 bis 2015 die **Anteile des Bergbaus an der Sulfatbelastung** der Spree zwischen Lieske und Spremberg (Südraum), zwischen Bräsinchen und Lübben (Nordraum) sowie zwischen Lieske und Lübben (Gesamtraum) bilanziert. Demnach waren im Mittel der Jahre 2012 bis 2015 ca. 83 % der Sulfatfracht der Spree in Lübben auf die Einträge des Gewinnungs- und des Sanierungsbergbaus zurückzuführen. Die Sulfateinträge aus den Grubenwasserbehandlungsanlagen des Gewinnungsbergbaus hatten dabei mit rund 50 % den größten Anteil an der Gesamtbelastung der Spree in Lübben (Bild 18).

Südraum Spree



Nordraum Spree



Gesamtraum Spree

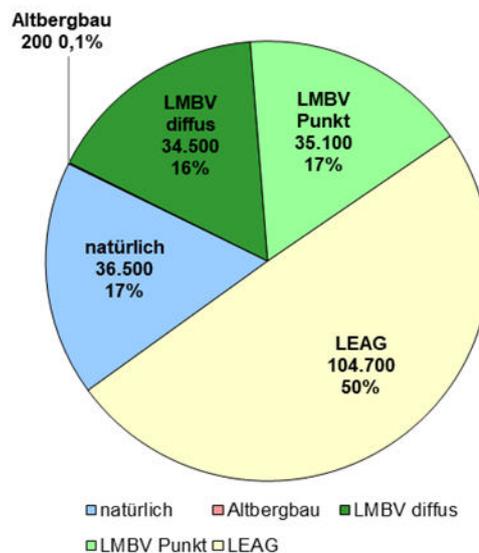
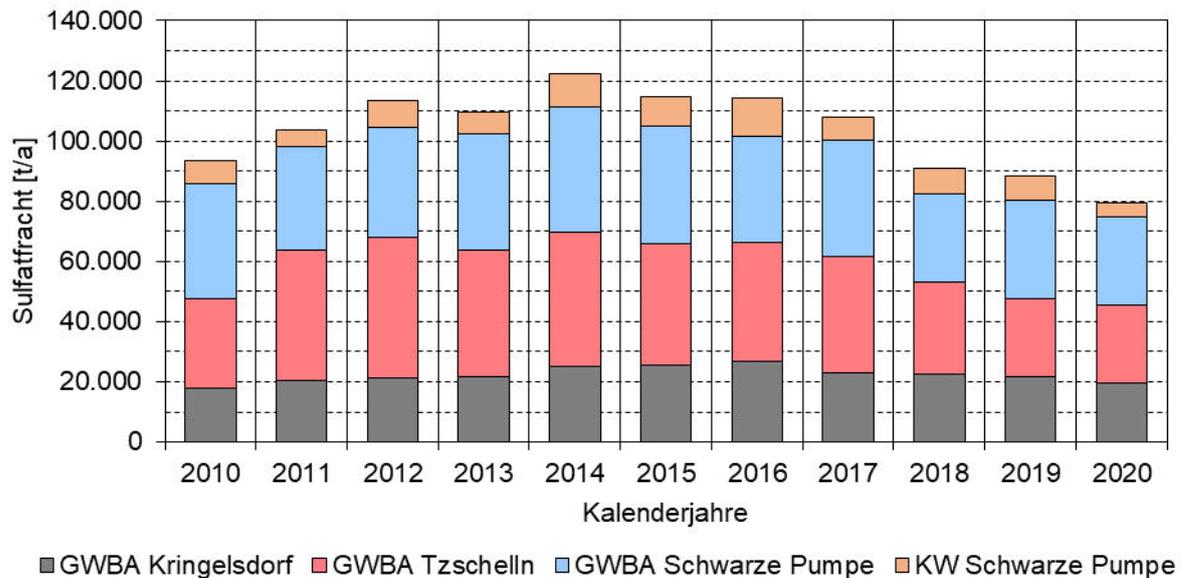


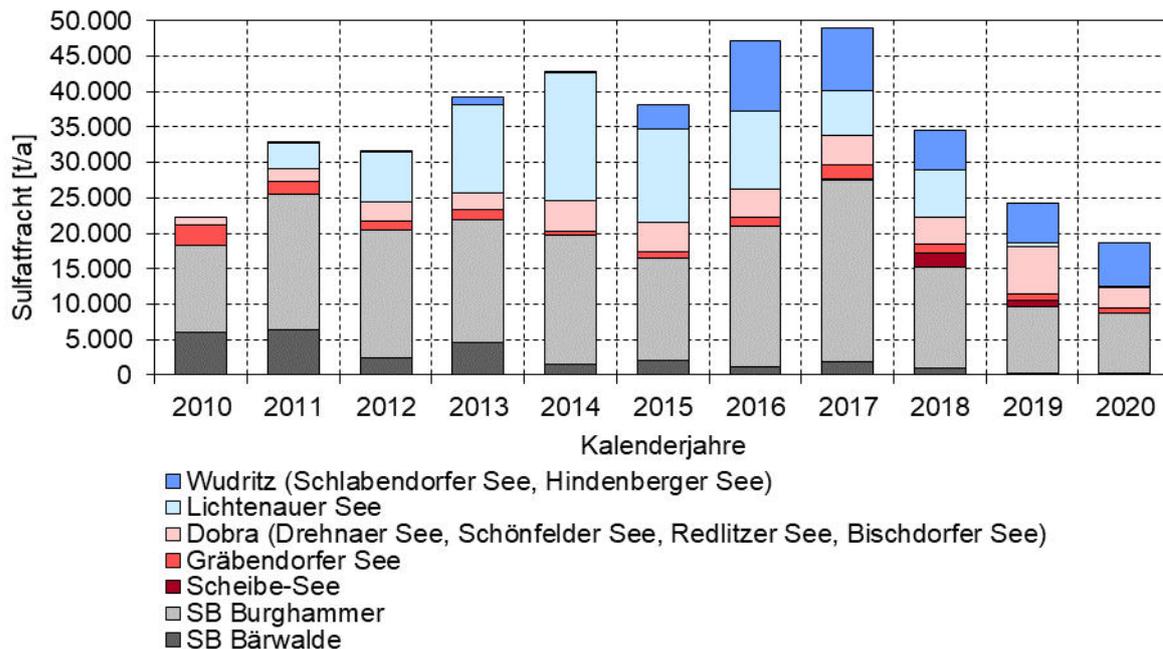
Bild 18: Anteilige Herkunft der Sulfatbelastung der Spree im Südraum, im Nordraum und im Gesamtraum (Angaben der Sulfatfracht in t/a, Datenzeitraum: 2012 bis 2015) nach IWB (2015a).

Die **Sulfateinträge** aus den relevanten GWBA des Gewinnungsbergbaus im Südraum der Spree (Bild 19) sowie aus den Bergbaufolgeseen des Sanierungsbergbaus (Bild 20) haben sich seit der Bilanzierung in IWB (2015a) rückläufig entwickelt. Der Rückgang der Einträge aus den GWBA im Südraum der Spree ist vor allem auf die verringerten Einleitmengen aus der GWBA Tzschelln und aus der GWBA Schwarze Pumpe zurückzuführen. Der Rückgang der Sulfateinträge aus den Bergbaufolgeseen des Sanierungsbergbaus ab dem Jahr 2018 ist im Wesentlichen auf die defizitären Wasserbilanzen und die dadurch bedingten rückläufigen Ausleitmengen zurückzuführen.

Da der festgestellte Rückgang der Sulfateinträge aus dem Gewinnungs- und Sanierungsbergbau hauptsächlich durch rückläufige Einleitmengen und nicht durch rückläufige Konzentrationen bedingt ist, kann davon ausgegangen werden, dass sich die in IWB (2015a) ermittelten Anteile des Bergbaus an der Sulfatfracht der Spree in Lübben in den nachfolgenden Jahren 2016 bis 2020 nur unwesentlich verringert haben. Für die Trockenjahre 2018 bis 2020 ist aufgrund des geringeren natürlichen Wasserdargebots vielmehr von einem höheren Anteil des Bergbaus, insbesondere des Gewinnungsbergbaus, an der Sulfatfracht der Spree auszugehen. Die entsprechenden Bilanzen werden derzeit in einem separaten Projekt für das LBGR aktualisiert.



**Bild 19:** Entwicklung der jährlichen Sulfateinträge aus den Wasserbehandlungsanlagen der LE-B und dem mit Sumpfungswasser versorgten Kraftwerk Schwarze Pumpe der LE-K in die Spree im Südraum in den Kalenderjahren 2010 bis 2020.



**Bild 20: Entwicklung der aus den Bergbaufolgeseen der LMBV in die Spree eingetragenen Sulfatfrachten in den Kalenderjahren 2010 bis 2020.**

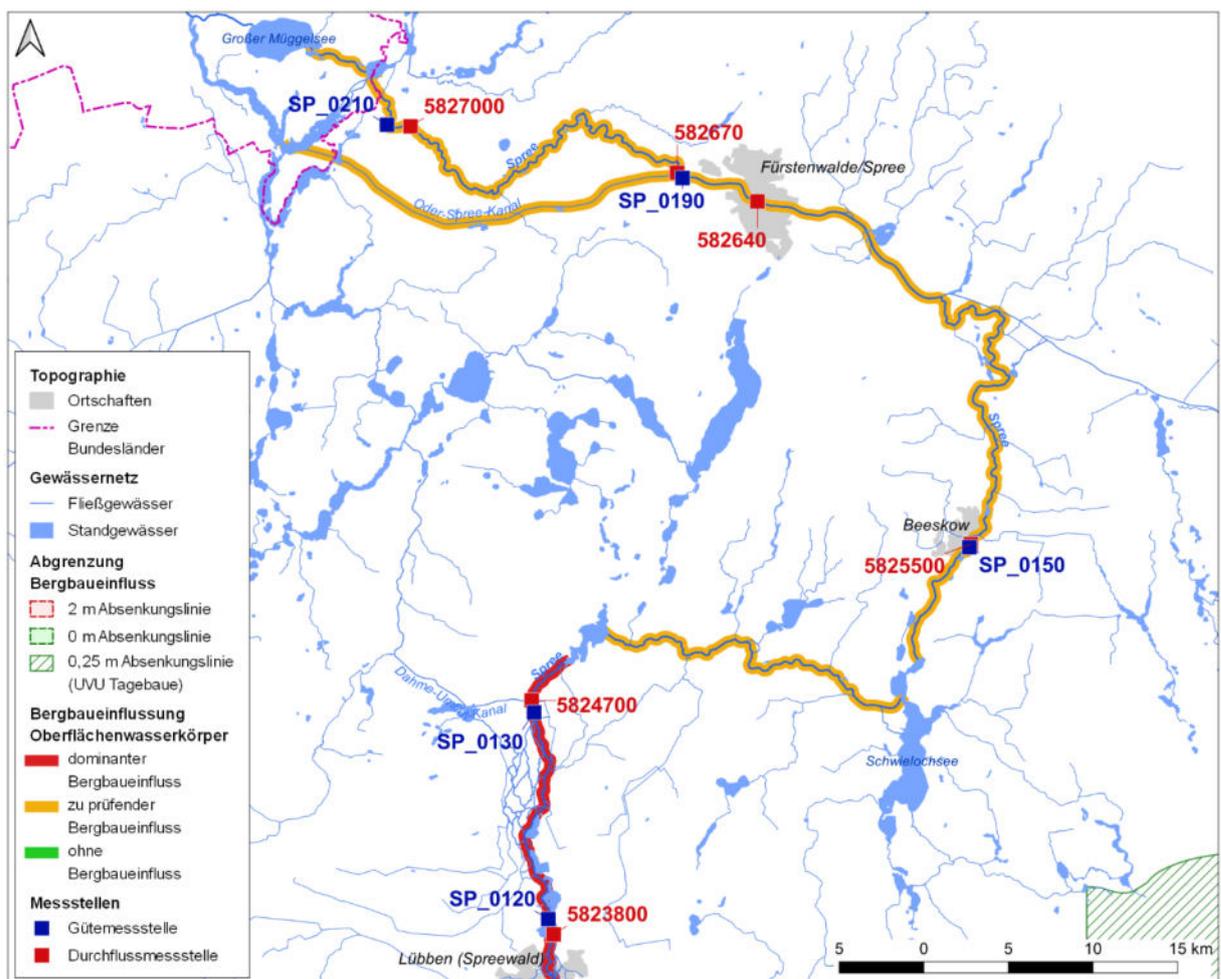
Zur abschließenden **Ermittlung der bergbaulichen Beeinflussung** der zu prüfenden Fließgewässer-OWK zwischen Leibsch und Berlin (vgl. Bild 14 und Tabelle 16) wurden für ausgewählte Bilanzprofile im Längsschnitt die Mittelwerte des Durchflusses, der Sulfatkonzentration und der Sulfatfracht in den hydrologischen Jahren 2010 bis 2020 ermittelt und ausgewertet (Bild 21 und Tabelle 18). Da für den Durchflusspegel Rahnsdorf des Landes Berlin am Zulauf zum Großen Müggelsee erst ab April 2016 Daten vorliegen, wurde die Auswertung nur bis zur Landesgrenze Berlin/Brandenburg (Bilanzprofil Neuzittau) durchgeführt. Die Sulfatfrachten wurden auf der Grundlage der Terminwerte der Sulfatkonzentration und des Durchflusses gebildet und dann für den Betrachtungszeitraum gemittelt.

Die **Sulfatkonzentration** nimmt entlang des Spreeverlaufs zwischen Lübben und Neuzittau durch Verdünnung aus dem Einzugsgebiet kontinuierlich ab (vgl. Tabelle 16, Tabelle 18 und Bild 17).

Zwischen den Bilanzprofilen Lübben und Leibsch wird über den Dahme-Umflutkanal Spreewasser in das Einzugsgebiet der Dahme übergeleitet (Bild 21). Dadurch verringern sich der **Durchfluss** und die **Sulfatfracht** der Spree (Tabelle 18). Bis zum Wehr Große Tränke unterhalb von Fürstenwalde nehmen der Durchfluss und die Sulfatfracht der Spree durch Zuflüsse aus dem Einzugsgebiet wieder zu (Tabelle 18). Am Wehr Große Tränke wird ein Teil des Durchflusses der Spree in den Oder-Spree-Kanal übergeleitet (Bild 21), wodurch sich der Durchfluss und die Sulfatfracht der Spree bzw. Müggelspree entsprechend verringern. Bis zum Bilanzprofil Neuzittau nehmen der Durchfluss und die Sulfatkonzentration durch Zuflüsse aus dem Einzugsgebiet wieder zu (Tabelle 18).

**Tabelle 18:** Mittelwerte des Durchflusses, der Sulfatkonzentration und der Sulfatfracht an ausgewählten Bilanzprofilen im Längsschnitt der Spree zwischen Lübben und Neuzittau für die hydrologischen Jahre 2010 bis 2020 (Lage der verwendeten Durchfluss- und Beschaffenheitsmessstellen siehe Bild 21, Zahlenangaben gerundet).

Bilanzprofil	Durchflussmessstelle	Beschaffenheitsmessstelle	Mittelwert Durchfluss	Mittelwert Sulfat	Mittelwert Sulfatfracht
			m <sup>3</sup> /s	mg/L	t/a
Lübben	Lübben (5823800)	Hartmannsdorf (SP_0120)	19,000	340	172.680
Leibsch	Leibsch UP (5824700)	Leibsch (SP_0130)	13,870	310	143.260
Beeskow	Beeskow (5825500)	Beeskow (SP_0150)	17,310	250	145.180
Fürstenwalde	Fürstenwalde (582640)	Fürstenwalde (SP_0190)	20,850	230	159.750
Große Tränke	Große Tränke (582670)	Fürstenwalde (SP_0190)	12,280	230	92.860
Neuzittau	Hohenbinde (5827000)	Neuzittau (SP_0210)	13,460	220	97.040



**Bild 21:** Lage der für die Bilanzierung der Sulfatfrachten im Längsschnitt der Spree zwischen Lübben und Neuzittau verwendeten Durchfluss- und Beschaffenheitsmessstellen.

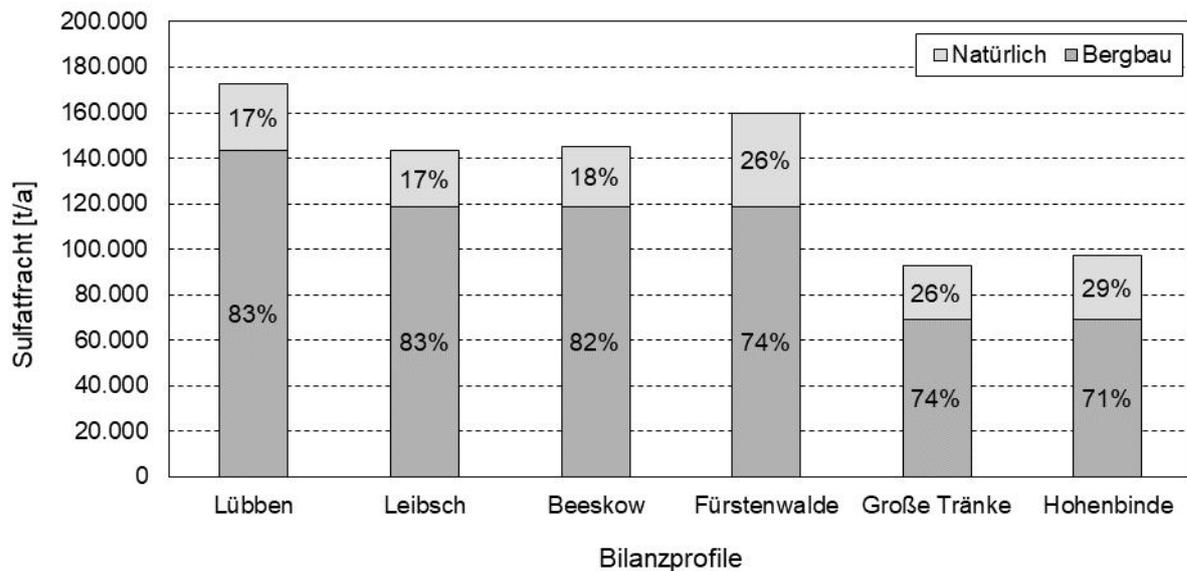


Zur **Ermittlung des bergbaulichen Anteils** an der Sulfatfracht im Unterlauf der Spree wurden die Frachtänderungen zwischen den Bilanzprofilen bilanziert und einem Verursacher zugeordnet (Tabelle 19). Der summarische Anteil des Bergbaus an der Sulfatfracht der Spree am Eingangsprofil Lübben wird entsprechend IWB (2015a) mit 83% angenommen (Bild 18). Die Sulfateinträge aus dem Einzugsgebiet im Spreeabschnitt zwischen Lübben und Neuzittau werden der natürlichen Hintergrundbelastung zugeordnet. Bei einer Verringerung der Sulfatfracht durch Entnahmen bzw. Überleitungen werden Frachtanteile am Eingangsprofil des jeweiligen Abschnittes beibehalten. Da die Bilanzierung nur zwischen den ausgewählten Bilanzprofilen erfolgt und keine konkreten Einleiter bzw. Entnahmen berücksichtigt, sind die ermittelten Änderungen als Nettogrößen zu interpretieren.

**Tabelle 19:** Bilanzierung der mittleren Sulfatfracht sowie des natürlichen und bergbaulichen Frachtanteils im Längsschnitt der Spree zwischen Lübben und Neuzittau nach Tabelle 18 und Bild 21 (die Bilanzprofile sind blau und die Bilanzabschnitte grau hinterlegt, Zahlenangaben gerundet).

Bilanzprofil/ Bilanzabschnitt	Sulfatfracht gesamt	Sulfatfracht Bergbau	Sulfatfracht natürlich	Anteil Bergbau	Anteil natürlich
	t/a	t/a	t/a	%	%
<b>Lübben</b>	<b>172.680</b>	<b>143.320</b>	<b>29.360</b>	<b>83</b>	<b>17</b>
Austrag in Dahme-Umflutkanal	-29.420	-24.420	-5.000	83	17
<b>Leibsch</b>	<b>143.260</b>	<b>118.900</b>	<b>24.360</b>	<b>83</b>	<b>17</b>
Eintrag aus Einzugsgebiet	+1.920	0	+1.920	0	100
<b>Beeskow</b>	<b>145.180</b>	<b>118.900</b>	<b>26.280</b>	<b>82</b>	<b>18</b>
Eintrag aus Einzugsgebiet	+14.570	0	+14.570	0	100
<b>Fürstenwalde</b>	<b>159.750</b>	<b>118.900</b>	<b>40.850</b>	<b>74</b>	<b>26</b>
Austrag in Oder-Spree-Kanal	-66.890	-49.790	-17.100	74	26
<b>Große Tränke</b>	<b>92.860</b>	<b>69.110</b>	<b>23.750</b>	<b>74</b>	<b>26</b>
Eintrag aus Einzugsgebiet	+4.180	0	+4.180	0	100
<b>Neuzittau</b>	<b>97.040</b>	<b>69.110</b>	<b>27.930</b>	<b>71</b>	<b>29</b>

Durch die Sulfateinträge aus dem Einzugsgebiet verringert sich der bergbauliche Frachtanteil von 83 % am Profil Lübben auf 74 % am Profil Große Tränke und auf 71 % am Profil Neuzittau. Der Anteil der natürlichen Hintergrundbelastung an der Sulfatfracht der Spree nimmt in gleicher Weise zu (Tabelle 19 und Bild 22). Da dem Oder-Spree-Kanal (Fließgewässer-OWK DEBB58288\_378, siehe Tabelle 16) auf dem Fließweg zwischen dem Wehr Große Tränke und Mündung in den Seddinsee keine relevanten Zuflüsse aus dem Einzugsgebiet zugehen, ist davon auszugehen, dass der bergbauliche Anteil an der Sulfatfracht etwa dem am Wehr Große Tränke entspricht. Für den Abschnitt der Müggelspree zwischen dem Dämeritzsee und dem Großen Müggelsee (Fließgewässer-OWK DEBE\_582\_6, siehe Tabelle 16) wird von einem bergbaulichen Frachtanteil unter 70 % ausgegangen, da sich das Wasser der Spree im Dämeritzsee mit weiteren Zuflüssen vermischt. Der bergbauliche Anteil an der Sulfatfracht ist am Zulauf des Großen Müggelsees aber immer noch dominant.



**Bild 22:** Entwicklung der mittleren Sulfatfrachten sowie des natürlichen und bergbaulichen Frachtanteils in den hydrologischen Jahren 2010 bis 2020 an ausgewählten Bilanzprofilen im Längsschnitt der Spree zwischen Lübben und Neuzittau nach der Tabelle 19.

## 6.4 Synthese

### 6.4.1 Kenntnisstand

Die Wasserbeschaffenheit der Spree wird im Ober- und Mittellauf zwischen Lieske und Lübben direkt vom Gewinnungs- und Sanierungsbergbau beeinflusst. Im Abschnitt zwischen den Pegeln Sprey und Sprewitz geht der Spree bergbaulich beeinflusstes Grundwasser aus der Sprewitzer Rinne zu. Die diffusen Zutritte eisenreichen und versauerungsdisponierten Grundwassers führt zu einer deutlichen Erhöhung der Eisenkonzentration und zu einem Versauerungsschub in der Spree. Die Eisen- und Versauerungsbelastung beschränkt sich auf den Oberlauf der Spree bis zur Talsperre Spremberg (vgl. Bild 15 und Bild 16).

Die Spree nimmt im Ober- und im Mittellauf die Einleitungen aus den GWBA des Gewinnungsbergbaus (Kringelsdorf, Tzschelln, Schwarze Pumpe, Am Weinberg, Jänschwalde) sowie aus den Bergbaufolgeseen des Sanierungsbergbaus auf. Die bergbaulichen Einleitungen sind größtenteils mit Sulfat belastet und erhöhen die Sulfatkonzentration der Spree. Das Maximum der Sulfatkonzentration wird im Oberlauf nach Einleitung der GWBA Tzschelln erreicht. Im weiteren Gewässerverlauf bis Berlin geht die Sulfatkonzentration der Spree durch verdünnende Zuflüsse aus dem Einzugsgebiet zurück (vgl. Bild 17).

### 6.4.2 Verursacheranalyse

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung war die bergbauliche Beeinflussung der Fließgewässer-OWK im Unterlauf der Spree zwischen Leibsch und Berlin aufzuklären (Tabelle 20). Mittels einer Bilanzierung der Sulfatfrachten in vorgenanntem Spreeabschnitt konnte der summarische Anteil des Bergbaus an der Sulfatfracht der Spree bestimmt werden. Der bergbauliche Anteil an der Sulfatfracht der Spree liegt



an der Landesgrenze zwischen Berlin und Brandenburg bei etwa 70 % und ist somit dominant (siehe Abschnitt 6.3). Die bergbauliche Beeinflussung der zu prüfenden Fließgewässer-OWK im Unterlauf der Spree ist damit zweifelsfrei nachgewiesen (Tabelle 20).

**Tabelle 20: Bergbaueinfluss und Zustand der zu prüfenden Fließgewässer-OWK im Untersuchungsgebiet der Spree.**

OWK	Bezeichnung/ Gewässer	Prüffall <sup>(1)</sup>	Zustand nach Tabelle 16 <sup>(2)</sup>				Bewertung	Verursacher
			Mst.	Sulfat [mg/L]	Eisen [mg/L]	pH-Wert [-]		
DEBB582_38	Spree	<input type="checkbox"/>	SP_0140	296	0,6	7,3	■	A, B
DEBB582_1744	Spree	<input type="checkbox"/>	SP_0170	257	0,5	7,3	■	A, B
DEBB582_1743	Spree	<input type="checkbox"/>	SP_0180	241	0,4	7,4	■	A, B
DEBB582_36	Spree	<input type="checkbox"/>	SP_0210	223	0,5	7,4	■	A, B
DEBB58288_378	Oder-Spree-Kanal	<input type="checkbox"/>	OSK_0010	237	0,3	7,5	■	A, B
DEBE_582_6	Spree	<input type="checkbox"/>	110	215	0,2	7,4	■	A, B

<sup>(1)</sup> nach IWB & gIR (2020), Symbolik zum Bergbaueinfluss gemäß Tabelle 21

<sup>(2)</sup> Zustandskategorien für die Kennwerte Sulfat, Eisen und pH-Wert gemäß Tabelle 7, Tabelle 8, Tabelle 9.

**Tabelle 21: Erläuterung der Symbolik zur Angabe des Bergbaueinflusses und der Verursacher.**

Prüffall nach IWB & gIR (2020)		Bewertung		Verursacher/Quellen	
<input type="checkbox"/>	kein Bergbaueinfluss	<input type="checkbox"/>	Kein Bergbaueinfluss	A	Gewinnungsbergbau BK
<input type="checkbox"/>	Prüffall Fernwirkung	<input checked="" type="checkbox"/>	Nicht abschließend feststellbar verbleibender Prüffall	B	Sanierungsbergbau BK
<input checked="" type="checkbox"/>	Prüffall Bergbaueinfluss			C	Altbergbau BK
<input checked="" type="checkbox"/>	Dominanter Bergbaueinfluss	<input checked="" type="checkbox"/>	Bergbaueinfluss	D	Anderer Bergbau
				E	Landwirtschaft
				F	natürliche
				G	andere

### 6.4.3 Maßnahmen

Die relevanten Maßnahmen zur Minderung der Sulfatbelastung der Spree sind bereits in IWB & gIR (2020) ausführlich beschrieben und umfassen unter Berücksichtigung des Standes der Technik und des Grundsatzes der Verhältnismäßigkeit:

- die Sulfatlaststeuerung der Spree und
- die Sulfatlastminderung Spree.

Die Maßnahmen werden durch die fachlich beteiligten Institutionen bereits umgesetzt und weiterentwickelt. Weitere Maßnahmen zur Verringerung der Sulfatbelastung sind nicht bekannt. Die Sulfatbelastung der Spree wird sich im Zuge des kommenden Kohleausstiegs infolge der rückläufigen Sumpfungswassereinleitungen des Gewinnungsbergbaus mittelfristig deutlich verringern. Die mit der derzeitigen Sulfatbelastung verbundenen Konflikte, insbesondere für die Trinkwassergewinnung aus Uferfiltrat, werden sich dadurch entschärfen.



## 7 Schraden

### 7.1 Untersuchungsgebiet

Der Schraden ist ein Niederungsgebiet im Breslau-Magdeburger Urstromtal. Im Süden wird das Gebiet durch die Höhenzüge der Endmoräne Gröden-Ortrand und im Norden durch die Endmoräne Hohenleipisch-Plessa begrenzt. Im Osten grenzt der Schraden an das Landschaftsschutzgebiet „Elsterniederung und westliche Oberlausitzer Heide“. Im Westen des Schradens liegt die Stadt Elsterwerda. Die ursprüngliche Morphologie der versumpften Niederung mit einem stark verzweigten Gewässernetz und Sandinseln geht auf die Landschaftsprägung in der Saalekaltzeit zurück. Der Schraden wurde durch Rodung des vorherrschenden Sumpfwaldes und die Einebnung des Geländes sowie durch Meliorations- und Gewässerregulierungsmaßnahmen bereits im 16. Jahrhundert kultiviert. Seither dominieren Acker- und Grünlandflächen. Der Schraden liegt im Einzugsgebiet der Schwarzen Elster.

Als Untersuchungsgebiet wurde der zentrale Bereich des Schradens zwischen der Schwarzen Elster im Norden und der Pulsnitz im Süden festgelegt (Bild 23). Im Osten wird das Untersuchungsgebiet durch den Hauptschradengraben (auch als Grenzpußnitz bezeichnet) begrenzt. Das Untersuchungsgebiet erstreckt sich über rund 13 Kilometer von Tettau und Lindenau entlang des Hauptschradengrabens und des Großthiemig-Grödener-Binnengrabens bis zu deren Einmündung in die Schwarze Elster bei Elsterwerda/OT Krauschütz. Die Geländehöhe beträgt im Osten des Untersuchungsgebietes +94 bis +95 m NHN und im Westen ca. +89 m NHN. Das Untersuchungsgebiet hat eine Fläche von rund 113 km<sup>2</sup>. Im Untersuchungsgebiet liegen mit der Elsteraue III und der Unteren Pulsnitzniederung relevante Landschafts- bzw. Naturschutzgebiete.

Die 2-Meter-Absenkungslinie, welche die Gebiete mit dominantem Einfluss des Braunkohlenbergbaus abgrenzt, tangiert das Teileinzugsgebiet des Großthiemig-Grödener-Binnengrabens auf einem kurzen Fließabschnitt des Plessaer Binnengrabens südöstlich der Ortslage Plessa. Die hypothetische 0-Meter-Absenkungslinie bzw. die § 3-Linie der LMBV, die formal die äußere Grenze der bergbaulichen Beeinflussung kennzeichnet, verläuft durch das Untersuchungsgebiet. Die Kenntnisse zum Bergbaueinfluss und zum **Zustand der Fließgewässer-OWK** im Untersuchungsgebiet des Schradens aus dem strategischen Hintergrundpapier sind in der Tabelle 22 zusammengefasst und in Bild 24 dargestellt.



**Tabelle 22: Bergbaueinfluss und Zustand der Fließgewässer-OWK im Untersuchungsgebiet des Schraden.**

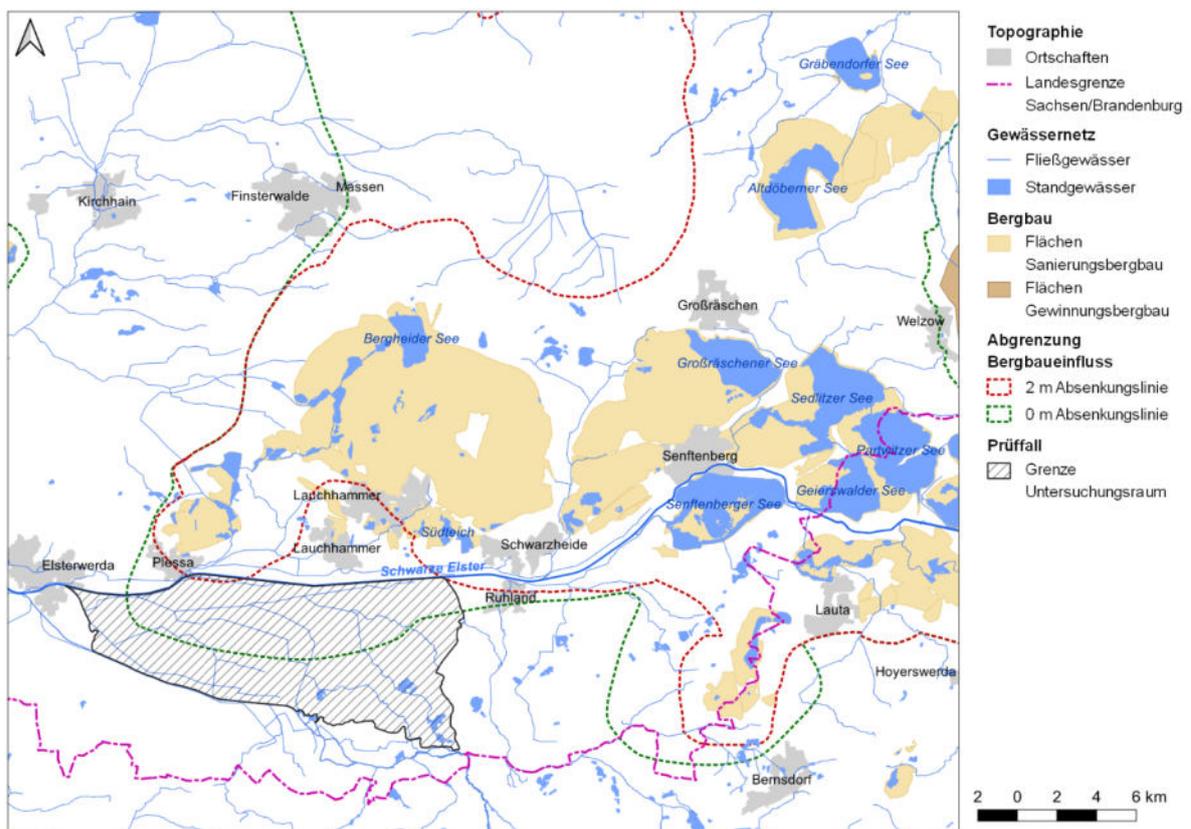
OWK	Bezeichnung/Gewässer	Bergbaueinfluss <sup>(1)</sup>	Zustand für Kennwert <sup>(2)</sup>			
			Messstelle	Sulfat [mg/L]	Eisen [mg/L]	pH-Wert [-]
DEBB538196422_1674	Teichabflußgraben Frauendorf	■	---	---	---	---
DEBB53819642_1556	Kleiner Binnengraben	■	---	---	---	---
DEBB5381964_1160	Großer Schradener Binnengraben	■	---	---	---	---
DEBB538196_624	Hauptschradengraben	■	HSGr_0010	150	---	5,6
DEBB53819682_1557	Lachnitzgraben	■	---	---	---	---
DEBB53819684_1558	Plessaer Binnengraben	■	---	---	---	---
DEBB5381968_1161	Großthiemig-Grödener-Binnengraben	□	BIGRE_0010	174	---	6,1

(1) nach IWB & gIR (2020), Symbolik zum Bergbaueinfluss gemäß Tabelle 23.

(2) Zustandskategorien für die Kennwerte Sulfat, Eisen und pH-Wert gemäß Tabelle 7, Tabelle 8, Tabelle 9.

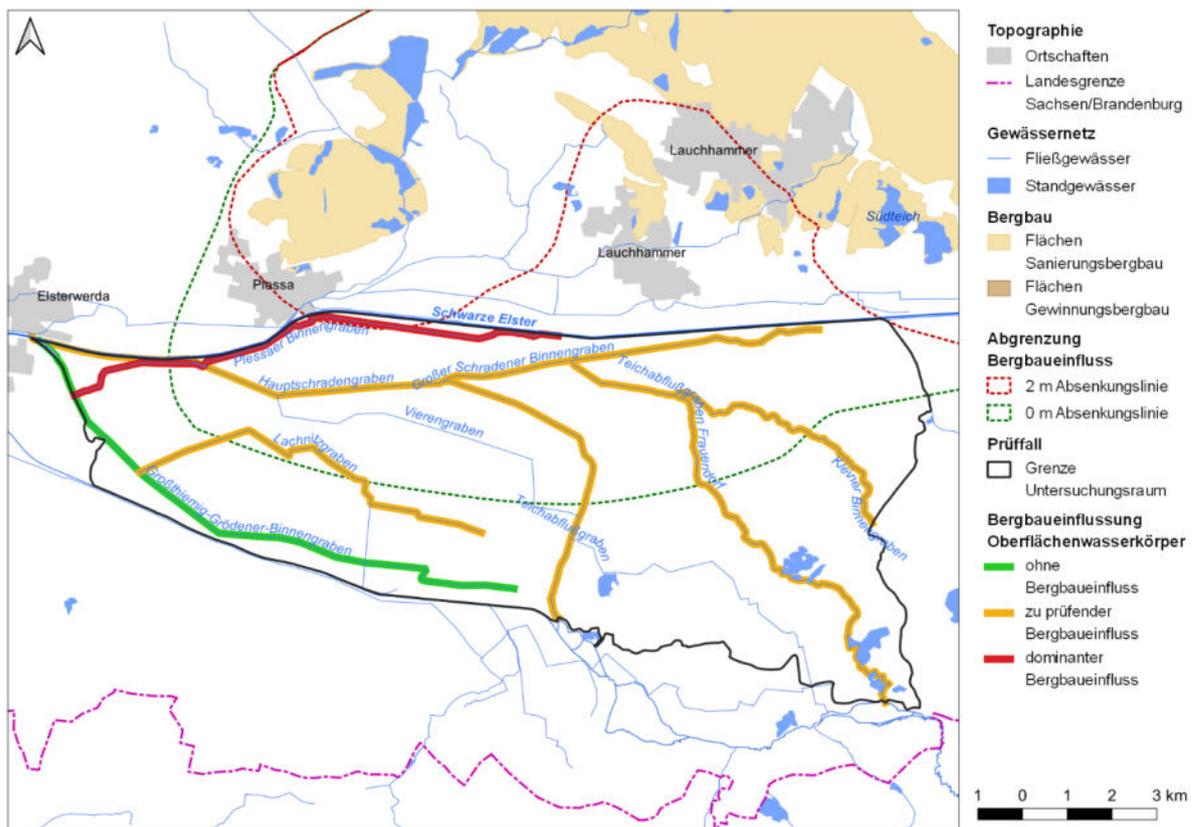
**Tabelle 23: Erläuterung der Symbolik zur Angabe des Bergbaueinflusses.**

Symbol	Erläuterung
□	kein Bergbaueinfluss
◻	Prüffall Fernwirkung
■	Prüffall Bergbaueinfluss
■	Dominanter Bergbaueinfluss



**Bild 23: Lage des Untersuchungsgebietes Schraden mit den Grenzen des Bergbaueinflusses nach IWB & gIR (2020).**

Der **Braunkohlenbergbau** in der Region nördlich der Schwarzen Elster bei Lauchhammer nahm im Jahr 1852 zwischen den Orten Gohra, Kostebrau und Klettwitz seinen Anfang. Im Förderraum Plessa/Grünewalde begann der Braunkohlenbergbau 1894. In beiden Förderräumen wurde zunächst im Tief- und anschließend im Tagebau bis Mitte des 20. Jahrhunderts in zahlreichen Gruben das Kohlevorkommen des 1. Lausitzer Flözes abgebaut. Die Lagerstätte Lauchhammer wurde 1910 abgeschlossen. Hier begann der Abbau des Kohlevorkommens des 2. Lausitzer Flözes. Die Kohlegewinnung aus der Lagerstätte Lauchhammer endete Anfang der 1990er Jahre in den Tagebauen Klettwitz und Klettwitz-Nord. Im Jahr 1992 begann der Grundwasserwiederanstieg. Im Bereich der ehemaligen Tagebaue Klettwitz, Klettwitz-Nord, Kleinleipisch, Plessa und weiterer Gruben entstand die sogenannte Kleine Restlochkette. Der Bilanzüberschuss der Seen der Kleinen Restlochkette wird über den Floß- und Hammergraben in die Schwarze Elster abgeleitet. Entlang der Kleinen Restlochkette ist der Grundwasserwiederanstieg noch nicht vollständig abgeschlossen. Im beschriebenen Untersuchungsgebiet zwischen der Schwarzen Elster und der Pulsnitz ist der Grundwasserwiederanstieg dagegen schon seit längerem abgeschlossen.

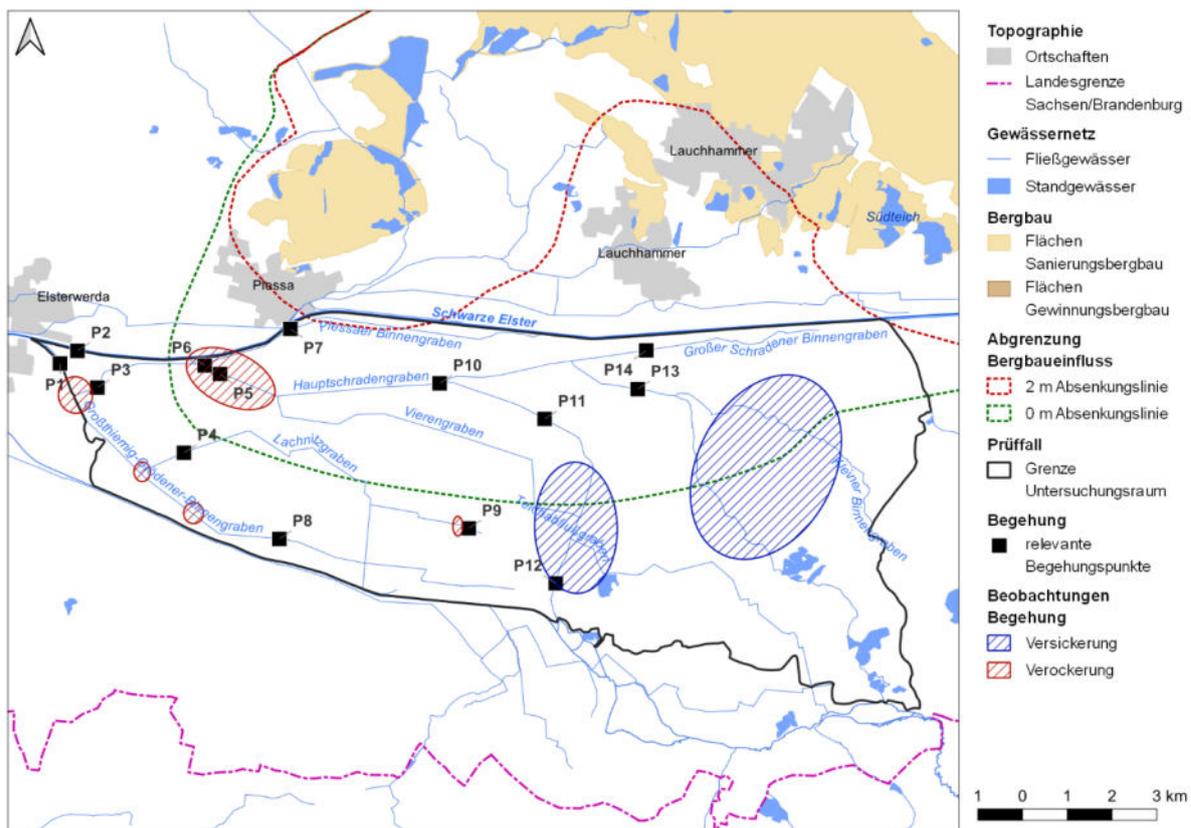


**Bild 24:** Übersicht des Untersuchungsgebietes Schraden mit Oberflächenwasserkörpern und Grenzen des Bergbaueinflusses nach IWB & gIR (2020).

## 7.2 Gebietserkundung

### 7.2.1 Ortsbegehung

Im Vorfeld der Ortsbegehung wurden projektbezogene Unterlagen recherchiert und Kartenmaterial zusammengestellt. Am 05.05.2021 erfolgte die Gebietsbegehung entlang des Hauptschradengrabens von der Mündung in die Schwarze Elster bis zur Ortslage Lindenau und am Teichabflussgraben Frauendorf in der Ortslage Kroppen. Der Großthiemig-Grödener Binnengraben wurde zwischen Lindenau und dem Hochwasserschöpfwerk Krauschütz untersucht. Bei der Begehung wurden mengenmäßig relevante Zuflüsse und eisenbelastete Zuflüsse bzw. potenzielle Hotspots der Eisenbelastung besonders in Augenschein genommen (Bild 25).



**Bild 25: Übersicht der Befunde der Begehung des Untersuchungsgebietes Schraden im Mai 2021.**

Im Ergebnis der Ortsbegehung wurde festgestellt, dass die östlichen Zuflüsse zum Schraden, der Teichabflussgraben Frauendorf und der Kleine Binnengraben, im Bereich des LSG Elsterniederung und westliche Oberlausitzer Heide vollständig versickerten. Der Hauptschradengraben versickerte zwischen den Ortslagen Lindenau und Tettau ebenfalls vollständig (P12 in Bild 25, Bild 26 oben links). Die **Versickerung** sämtlicher Fließgewässer in diesem Bereich kann mit dem Betrieb des Wasserwerks Tettau in Zusammenhang gebracht werden. Im Schraden nördlich von Tettau erhalten die Fließgewässer wieder Grundwasseranschluss. Dieser Bereich markiert die östliche Begrenzung des Untersuchungsgebietes.



Im Rahmen der Ortsbegehung wurden die wesentlichen **Eintragsbereiche** von grundwasserbürtigem Eisen in die Fließgewässer des Untersuchungsgebietes identifiziert (siehe Markierung in Bild 25). Bereits im Bereich des Grundwasseranschlusses der Fließgewässer nördlich der Ortslage Tettau deuten eisenhaltige Sedimente auf eine Eisenbelastung der Fließgewässer hin (P11, P13 und P14 in Bild 25, Bild 26 oben rechts und Bild 27). Im Entstehungsgebiet des Lachnitzgrabens, am Plessaer Binnengraben (P7 in Bild 25, Bild 29 oben links) im Bereich des NSG Elsteraue III und in Drainagegräben im Bereich des LSG Untere Pulsnitzniederung wurden vergleichbare Befunde gemacht (P9 in Bild 25, Bild 30 links).

Ein potenzieller **Hotspot** der Eisenbelastung wurde am Plessaer Binnengraben nördlich der Ortslage Reißdamm identifiziert. Hier strömt sichtbar eisenreiches Wasser (Bild 29 unten links) aus drei Meliorationsgräben in den Plessaer Binnengraben (Bild 29 oben rechts).

### Teileinzugsgebiet Hauptschradengraben

→ Hauptschradengraben



**Bild 26:** Hauptschradengraben zwischen den Ortslagen Lindenau und Rothes Buschhaus (P12) im Einflussbereich der Wasserfassung des kommunalen Wasserwerks Tettau (vollständige Versickerung, oben links) und nach dem Einflussbereich der Wasserfassung bei Kaupen (P11) (oben rechts) sowie am Zusammenfluss mit dem Großen Schradener Binnengraben (P10) (unten links) und vor der Einmündung in die Schwarze Elster (P2) (unten rechts) (Fotos: Hiekel, Mai 2021).



→ Zuflüsse: Großer Schradener Binnengraben und Kleiner Binnengraben



**Bild 27:** Großer Schradener Binnengraben südlich von Lauchhammer (P14) (rechts) und Kleiner Binnengraben (P13) (links) (Fotos: Hiekel, Mai 2021).

### Teileinzugsgebiet Großthiemig-Grödener-Binnengraben

→ Großthiemig-Grödener Binnengraben



**Bild 28:** Großthiemig- Grödener Binnengraben vor der Passage der unteren Pulsnitzniederung (P15) (links) und nach der unteren Pulsnitzniederung bzw. vor der Einmündung in das Sammelbecken des Schöpfwerks Krauschütz (P8) (rechts) (Fotos: Hiekel, Mai 2021).

→ Zufluss: Plessaer Binnengraben





**Bild 29:** Plessaer Binnengraben südlich der Ortslage Plessa (P7) (oben links) mit dem Zustrom (P6) (oben rechts) aus der Feldentwässerung (P5) (unten links) nördlich der Ortslage Reißdamm sowie vor der Einmündung in den Großthiemig-Grödener Binnengraben (P3) (unten rechts) (Fotos: Hiekel, Mai 2021).

→ Zufluss: Lachnitzgraben



**Bild 30:** Beginn des Lachnitzgrabens südwestlich der Ortslage Schraden (P9) (links) und Lachnitzgraben (P4) (rechts) vor der Passage der unteren Pulsnitzniederung (Fotos: Hiekel, Mai 2021).

## 7.2.2 Gewässerbenutzung

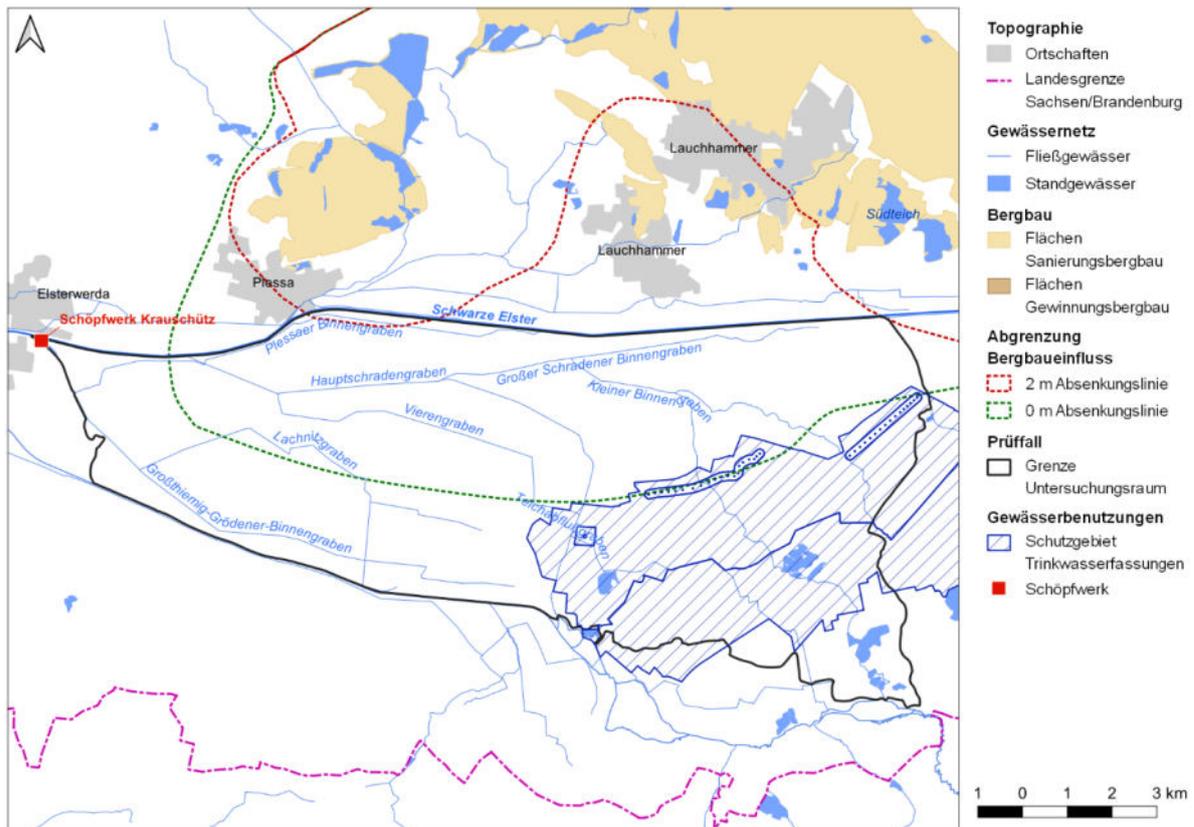
Der Oberlauf des **Hauptschradengrabens** in der Ortslage Tettau liegt im Einflussbereich des Wasserwerks Tettau (Bild 31). Das Wasserwerk Tettau versorgt das ca. 870 km<sup>2</sup> große Verbandsgebiet des Wasserverbands Lausitz (WAL) in Brandenburg sowie einzelne Kommunen in Sachsen mit Trinkwasser. Zum Wasserwerk gehören die Wasserfassungen 1 und 3 mit 20 bzw. 16 Einzelbrunnen (Tabelle 24). Die Wasserfassungen liegen in einem Waldgebiet nordöstlich von Tettau. Der Kleine Binnengraben und seine Zuflüsse liegen im Einflussbereich der Wasserfassungen trocken. Nördlich der Ortslage Lindenau wird ein Horizontalfilterbrunnen betrieben. Der Absenkungstrichter des Brunnens reicht bis zur Ortslage Rotes Buschhaus. Hier liegt der Hauptschradengraben trocken. Die Wasserfassungen und das Wasserschutzgebiet des Wasserwerks liegen im bergbaulich unbeeinflussten Gebiet. Die Einzelbrunnen liegen überwiegend außerhalb oder in der Nähe der § 3-Linie. Der Hauptschradengraben fließt nach Westen und mündet in die Schwarze Elster.



Der **Großthiemig-Grödener Binnengraben** entwässert die südliche Schradenniederung. Der Graben durchströmt das Vorlagebecken des Schöpfwerks Krauschütz und mündet in den Hauptschradengraben, bevor dieser nach etwa 300 Metern in die Schwarze Elster mündet. Das Schöpfwerk Krauschütz wird vom Gewässerverband (GWV) Kleine Elster-Pulsnitz bedarfsabhängig betrieben. Der GWV ist als Stau-meisterei zudem mit der Bewirtschaftung der Fließgewässer im Schraden respektive mit der Regulierung des Gebietsabflusses betraut (Tabelle 24).

**Tabelle 24: Gewässerbenutzer im Schraden. Koordinaten in ETRS89/UTM-Zone 33.**

Objekt	Benutzer	HW	RW	Art der Benutzung
Wasserwerk Tettau • Wasserfassung 1 <i>Anfang - Brunnen 1</i>	WAL	5698034	412428	Entnahme von Grundwasser zur Trinkwasseraufbereitung
Wasserwerk Tettau • Wasserfassung 1 <i>Ende - Brunnen 20</i>	WAL	5698954	414911	Entnahme von Grundwasser zur Trinkwasseraufbereitung
Wasserwerk Tettau • Wasserfassung 3 <i>Anfang - Brunnen 21</i>	WAL	5698910	416924	Entnahme von Grundwasser zur Trinkwasseraufbereitung
Wasserwerk Tettau • Wasserfassung 3 <i>Ende - Brunnen 36</i>	WAL	5700222	418428	Entnahme von Grundwasser zur Trinkwasseraufbereitung
Wasserwerk Tettau • Horizontalfilterbrunnen <i>Mittelpunkt</i>	WAL	5697093	410998	Entnahme von Grundwasser zur Trinkwasseraufbereitung
Schöpfwerk Krauschütz	LfU/GWV Kleine Elster- Pulsnitz	5701493	398850	Entlastung der Vorfluter in der Elsteraue (Schraden) im Hochwasserfall



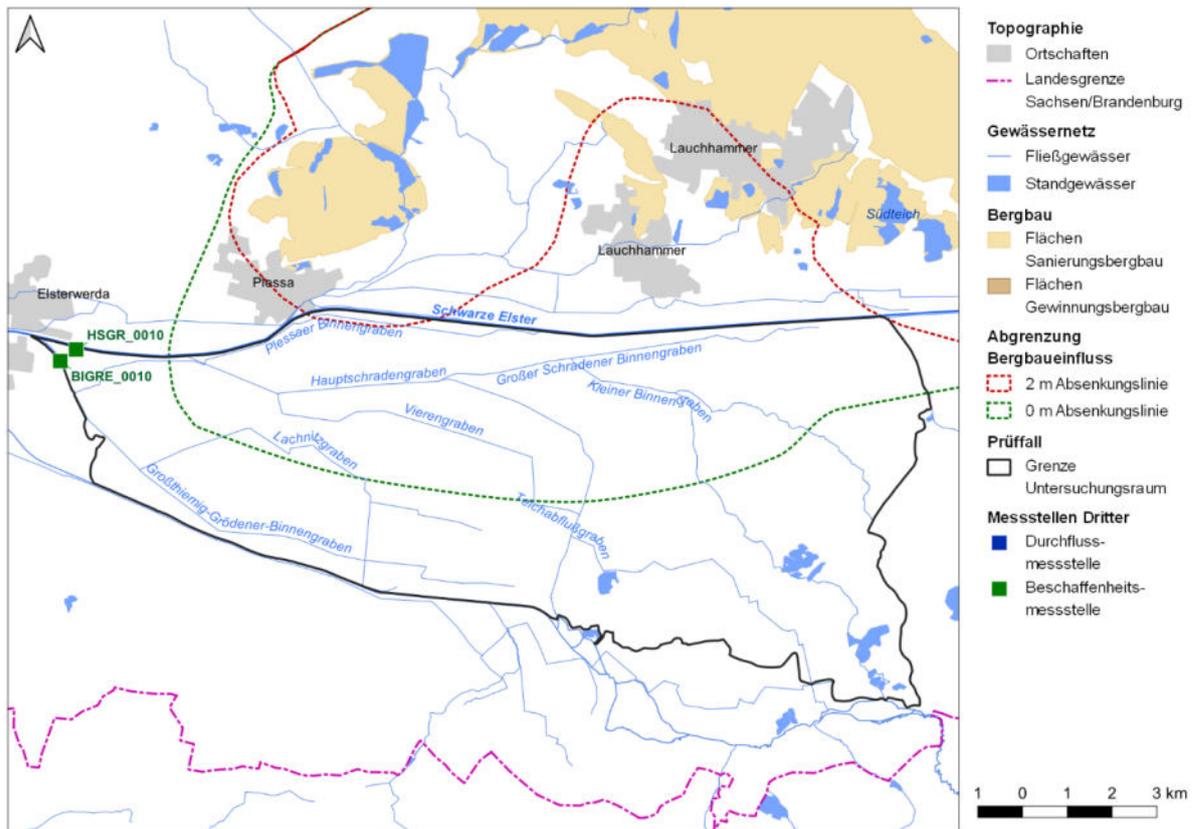
**Bild 31: Übersicht der Gewässerbenutzungen im Untersuchungsgebiet Schraden.**

### 7.2.3 Daten Dritter

Im Untersuchungsgebiet des Schradens standen langjährige Zeitreihen der Wasserbeschaffenheit an Fließgewässermessstellen des LfU zur Verfügung. Im Rahmen des behördlichen Messprogramms wird die Wasserbeschaffenheit des Hauptschradengrabens und des Großthiemig-Grödener-Binnengrabens vor der Einmündung in die Schwarze Elster monatlich erfasst (Tabelle 25 und Bild 32). Mit Hilfe der langjährigen Zeitreihen wird die Dynamik der Stoffkonzentrationen in den Fließgewässern herausgearbeitet. Die nachfolgenden Abbildungen zur Entwicklung der Wasserbeschaffenheit enthalten zur Darstellung der hydrologischen Situation im Untersuchungsgebiet zusätzlich die kennwertspezifischen Ganglinien der Schwarzen Elster an der Messstelle SE\_0070 (nach Einmündung Hauptschradengraben) und den Durchfluss in der Schwarzen Elster am Pegel Lauchhammer (vor der Einmündung Hauptschradengraben). Der Zeitraum der Zeitreihen wurde aus Gründen der Konsistenz und Repräsentanz der Daten und in Anlehnung an das Gutachten zu den Stichtagsmessungen in der Schwarzen Elster 2021 IWB (2022b) von 2015 bis 2021 festgelegt. Der Zeitraum schließt mit den Jahren 2018 bis 2020 drei abflussarme Jahre ein, wobei das Jahr 2020 als ausgesprochen abflussarm heraussticht. In den Jahren 2016 bis 2017 lag der Durchfluss in den regionalen Fließgewässern auf dem Niveau der langjährigen Reihe von 2000 bis 2021. Ein Hochwasser kam nicht vor.

**Tabelle 25: Beschaffenheitsmessstellen des LfU im Untersuchungsgebiet Schraden.**

Fließgewässer	Messstelle	Messprofil	HW	RW
Hauptschradengraben	HSGR_0010	Mündung	5701331	399645
Großthiemig-Grödener-Binnengraben	BIGRE_0010	Mündung	5701041	399272



**Bild 32:** Lage der Messstellen Dritter im Untersuchungsgebiet Schraden nach Tabelle 25.

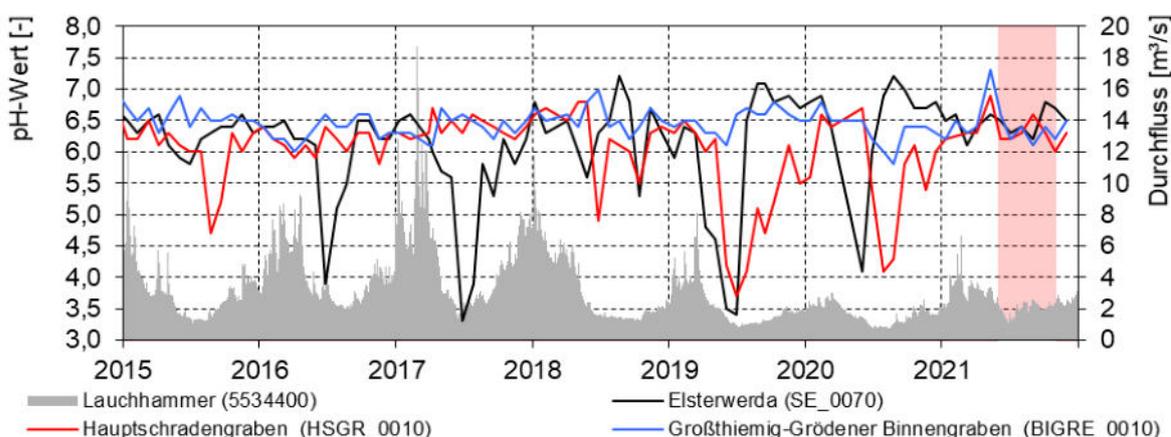
Der **Hauptschradengraben** (Mst. HSGR\_0010 in Tabelle 26) ist schwach sauer und versauert während der Sommermonate regelmäßig auf pH = 4 bis 5 (Bild 33). Das Fließ ist mit  $K_{S4,3} < 0,6$  mmol/L schwach gepuffert (Bild 34). Die Sulfatkonzentration liegt überwiegend zwischen 100 und 200 mg/L und im Mittel bei 180 mg/L. Bei überwiegend grundwasserbürtigem Abfluss während der Sommermonate wurden in Verbindung mit einer Versauerung insbesondere in den Jahren 2018 bis 2020 höhere Sulfatkonzentrationen bis 480 mg/L gemessen (Bild 35).

Der **Großthiemig-Grödener-Binnengraben** (Mst. BIGRE\_0010 in Tabelle 26) ist schwach sauer und mit  $K_{S4,3} \approx 0,5$  mmol/L schwach gepuffert (Bild 33 und Bild 34). Die Sulfatkonzentration lag in dargebotsreichen Phasen überwiegend zwischen 100 und 200 mg/L (Bild 35). In den dargebotsarmen Jahren 2018 bis 2020 lag sie insbesondere in den Sommerhalbjahren zwischen 200 und 300 mg/L.

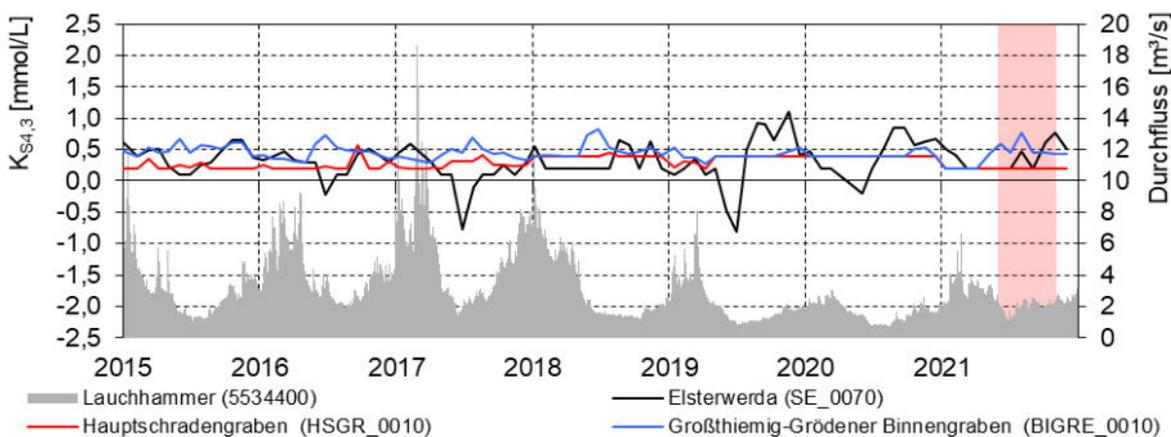
**Tabelle 26:** Statistische Kennzahlen der Wasserbeschaffenheit des Hauptschradengrabens und des Großthiemig-Grödener-Binnengrabens für die Jahre 2015 bis 2021.

Messstelle	pH-Wert	$K_{S4,3}/K_{B4,3}$	Sulfat	Eisen
	Vor Ort	mmol/L	mg/L	mg/L
HSGR_0010	$6,0 \pm 0,7$ [3,7...6,9] (86)	$0,3 \pm 0,1$ [0,2...0,6] (81)	$180 \pm 85$ [105...480] (86)	Nicht gemessen
BIGRE_0010	$6,5 \pm 0,2$ [5,8...7,3] (87)	$0,5 \pm 0,1$ [0,2...0,8] (87)	$200 \pm 34$ [130...290] (86)	Nicht gemessen

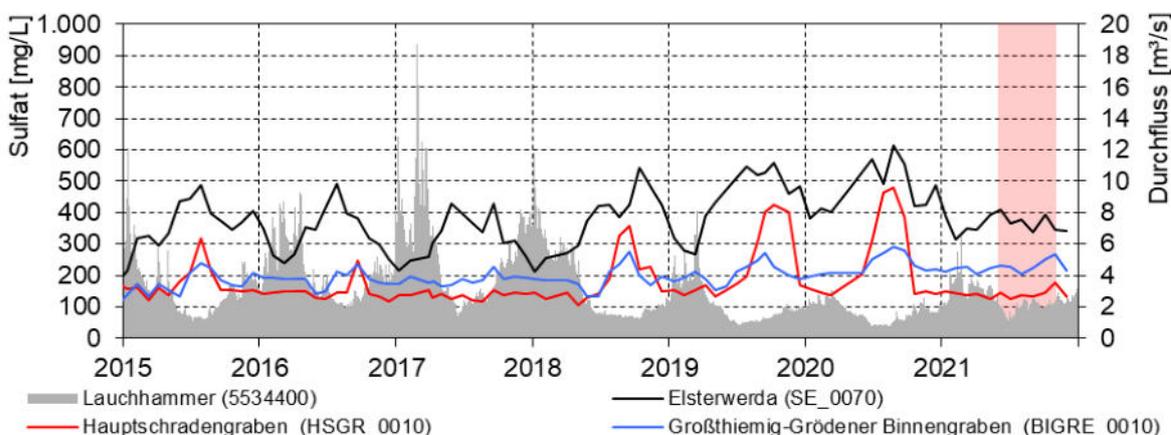
Erklärung Darstellungsschema:  $\frac{\text{Mittelwert bzw. Median (nur pH-Wert)} \pm \text{Standardabweichung}}{[\text{Minimum} \dots \text{Maximum}]}$  (Anzahl der Messwerte)



**Bild 33:** pH-Wert im Hauptschradengraben, im Großthiemig-Grödener-Binnengraben und in der Schwarzen Elster nach der Einmündung der Gräben sowie Durchfluss in der Schwarzen Elster am Pegel Lauchhammer von 2015 bis 2021. Berichtszeitraum rot markiert.



**Bild 34:** Alkalinität als  $K_{S4,3}$  im Hauptschradengraben, im Großthiemig-Grödener-Binnengraben und in der Schwarzen Elster nach der Einmündung der Gräben sowie Durchfluss in der Schwarzen Elster am Pegel Lauchhammer von 2015 bis 2021. Berichtszeitraum rot markiert.



**Bild 35:** Sulfatkonzentration im Hauptschradengraben, im Großthiemig-Grödener-Binnengraben und in der Schwarzen Elster nach der Einmündung der Gräben sowie Durchfluss in der Schwarzen Elster am Pegel Lauchhammer von 2015 bis 2021. Berichtszeitraum rot markiert.

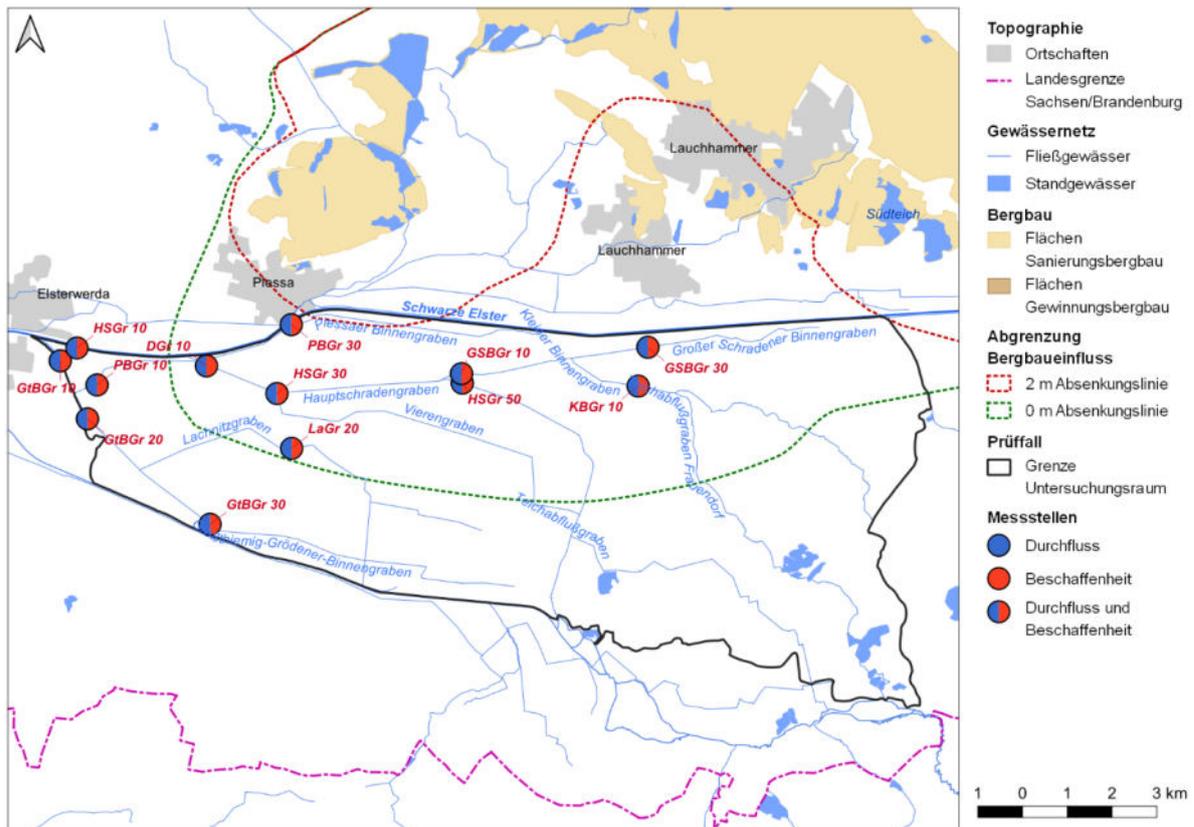


### 7.3 Festlegung von Messstellen

Im Rahmen des Monitorings im Schraden wurden im Monitoringzeitraum von Juni bis November 2021 an 13 Messstellen einmal monatlich Wasserproben entnommen und der Durchfluss gemessen (Tabelle 27 und Bild 36). Die monatlichen Messkampagnen wurden jeweils an zwei aufeinanderfolgenden Tagen durchgeführt. Für den Vergleich der Abflussverhältnisse an den zwei Tagen diente die Messstelle PBGr 10 am Plessaer Binnengraben als Übergabemessstelle und wurde jeweils an beiden Tagen beprobt und der Durchfluss gemessen. Der Vergleich der Messergebnisse zeigte eine gute Übereinstimmung der Messwerte zu allen Messkampagnen.

**Tabelle 27: Messstellen des Monitorings im Südpolder Schwarze Elster (Schraden) im Untersuchungszeitraum von Juni bis November 2021. Zuflüsse sind blau unterlegt. Zuflüsse 2. Ordnung sind grün unterlegt.**

Fließgewässer	Messstelle	Messgröße	Lage	Messzeitraum
Hauptschradengraben	HSGr 50	Q+C	Vor Einmündung des Großen Schradener Binnengrabens bei Oberbuschhaus	06/2021 – 11/2021
Großer Schradener Binnengraben	GSBGr 30	Q+C	Brücke K6607 im Bereich der Tettauer Wiesen	06/2021 – 11/2021
Kleiner Binnengraben	KBGr 10	Q+C	Brücke K6607 im Bereich der Tettauer Wiesen	06/2021 – 11/2021
Großer Schradener Binnengraben	GSBGr 10	Q+C	Einmündung in den Hauptschradengraben nördl. von Oberbuschhaus	06/2021 – 11/2021
Hauptschradengraben	HSGr 30	Q+C	Brücke L591 östl. von Reißdamm	06/2021 – 11/2021
Hauptschradengraben	HSGr 10	Q+C	Einmündung in die Schwarze Elster (LfU-Mst. HSGr_0010)	06/2021 – 11/2021
Großthiemig-Grödener-Binnengraben	GtBGr 30	Q+C	Brücke L592 nordöstlich von Gröden	06/2021 – 11/2021
Lachnitzgraben	LaGr 20	Q+C	Brücke L591 in Plessa Süd	06/2021 – 11/2021
Großthiemig-Grödener-Binnengraben	GtBGr 20	Q+C	vor der Einmündung des Plessaer Binnengrabens westl. von Reißdamm	06/2021 – 11/2021
Plessaer Binnengraben	PBGr 30	Q+C	Brücke L591 in Plessa	06/2021 – 11/2021
Quergraben 2	DGr 10c	Q	Durchlass vor Mündung	06/2021 – 11/2021
Quergraben 1	DGr 10b	Q	Durchlass vor Mündung	06/2021 – 11/2021
Dränagegraben vor Quergräben	DGr 10a	Q	Wehr vor Einmündung der Quergräben 1 und 2	06/2021 – 11/2021
Dränagegraben nach Quergräben	DGr 10	C	Einmündung in den Plessaer Binnengraben nördl. von Reißdamm	06/2021 – 11/2021
Plessaer Binnengraben	PBGr 10	Q+C	Einmündung in den Großthiemig-Grödener-Binnengraben	06/2021 – 11/2021
Großthiemig-Grödener-Binnengraben	GtBGr 10	Q+C	Vor Sammelbecken des Schöpfwerks Krauschütz (LfU-Mst. BIGRE_0010)	06/2021 – 11/2021



**Bild 36: Übersicht der projektbezogenen eingerichteten Monitoringmessstellen im Untersuchungsgebiet Schraden nach Tabelle 27.**

## 7.4 Durchfluss

### 7.4.1 Hauptschradengraben

Der Hauptschradengraben wird im Oberlauf bei Lindenau aus der Pulsnitz gespeist. Im weiteren Fließverlauf versickert das Dargebot vollständig in den Absenkungstrichter des Wasserwerks Tettau. Nördlich von Tettau erhält der Hauptschradengraben wieder Anschluss an das Grundwasser. Vor der Einmündung des Großen Schradener Binnengrabens lag der grundwasserbürtige Abfluss im Hauptschradengraben im Mittel des Messzeitraumes von Juni bis November 2021 bei 24 L/s (Tabelle 28).

Das obere Einzugsgebiet des Großen Schradener Binnengrabens liegt ebenfalls im Einflussbereich der Wasserfassungen des Wasserwerks Tettau. Nördlich von Tettau erhalten die Gräben Grundwasseranschluss. An der Mündung des Großen Schradener Binnengrabens lag der Durchfluss im Mittel des Messzeitraumes bei 161 L/s. Durchschnittlich 24 L/s bzw. 15 % des Dargebotes stammten aus dem Kleinen Binnengraben (Tabelle 28). Der Große Schradener Binnengraben war der mengenmäßig dominante Zufluss zum Hauptschradengraben.

Auf der etwa 3.700 Meter langen Fließstrecke von der Einmündung des Großen Schradener Binnengrabens bis zur Messstelle HSGr 30 erhöhten der Grundwasserzutritt und oberirdische Zuflüsse den Durchfluss im Mittel von 185 auf 336 L/s (Tabelle 28). Anschließend sank der Durchfluss bis zum Mündungsprofil HSGr 10



durch Versickerung um etwa ein Drittel auf 211 L/s im Mittel. Auf diesem Fließabschnitt liegt die Gewässersohle streckenweise über dem Grundwasserspiegel.

Die Dynamik des Durchflusses war an allen Messstellen vergleichbar. Die höchsten Durchflüsse wurden an allen Messstellen im September 2021 gemessen. Die Ursache dafür waren abflusswirksame Niederschläge in der letzten Augustdekade mit einer summarischen Niederschlagsmenge von 85 mm (DWD-Station Elsterwerda). Die niedrigsten Durchflüsse wurden im November 2021 erfasst (Tabelle 28).

**Tabelle 28: Durchflüsse [L/s] an den Messstellen im Einzugsgebiet des Hauptschradengrabens im Messzeitraum von Juni bis November 2021.**

Messkampagne	HSGr 50	GSBGr 30	KBGr 10	GSBGr 10	HSGr 30	HSGr 10
	Bilanzprofil	Bilanzprofil	Einmündung	Mündung	Bilanzprofil	Mündung
01./02.06.2021	32	113	36	144	182	124
07./08.07.2021	33	149	24	250	310	211
03./04.08.2021	12	105	17	100	203	191
01./02.09.2021	48	172	43	340	1.068	458
04./05.10.2021	9	65	11	72	157	167
03./04.11.2021	9	24	12	60	95	118
Minimum	9	24	11	60	95	118
Mittelwert	24	105	24	161	336	211
Maximum	48	172	43	340	1.068	458
Mittlere Anteile	65%		15%	100%		
	7%				48%	100%

Bemerkung: In den unteren zwei Zeilen werden Bilanzen für Teilgebiete (entsprechend eingefärbt) erstellt. Das Mündungsprofil entspricht jeweils 100 %. Relevante Bilanzanteile sind zahlenmäßig ausgewiesen. Aufgrund unbekannter ober- und unterirdischer Zuflüsse sind die Bilanzen nicht zwingend geschlossen.

### 7.4.2 Großthiemig-Grödener-Binnengraben

Im Großthiemig-Grödener-Binnengraben vor der Passage der unteren Pulsnitzniederung lag der Durchfluss im Mittel des Messzeitraumes von Juni bis November 2021 bei 25 L/s (Tabelle 29). Der Zufluss aus der Unteren Pulsnitzniederung und aus dem Lachnitzgraben erhöhte den Durchfluss bis zur Messstelle GtBGr 20 im Mittel auf 188 L/s. Der grundwasserbürtige Zufluss aus der Unteren Pulsnitzniederung betrug im Mittel des Messzeitraumes rund 120 L/s. Im weiteren Fließverlauf mündet der Plessaer Binnengraben in den Großthiemig-Grödener Binnengraben. Der Plessaer Binnengraben beginnt südlich der Schwarzen Elster bei Lauchhammer West. Er entwässert die nördliche Schradenniederung und fungiert als Schweißgraben für die Schwarze Elster. Der mittlere Volumenstrom im Plessaer Binnengraben von 364 L/s hat einen Anteil am Gesamtabfluss im Großthiemig-Grödener Binnengraben vor dem Schöpfwerk Krauschütz (Mst. GtBGr 10) von rund zwei Drittel. Er ist somit der mengenmäßig dominante Zufluss.

Die Messstelle GtBGr 10 liegt im Einflussbereich des Schöpfwerks Krauschütz. Instationäre Abflussverhältnisse verfälschen die Wasserbilanzen. Bei Betrieb des Schöpfwerkes bewirkte die Sogwirkung der Pumpen zudem eine Remobilisierung von Eisensedimenten. Andernfalls staute sich das Wasser im Bereich der Messstelle, wodurch die Eisensedimentation begünstigt war.



Nördlich der Ortslage Reißdamm vereinigen sich drei Meliorationsgräben und münden in den Plessaer Binnengraben. Diese Gräben wurden als potenzieller Hotspot der Eisenbelastung erkannt (siehe Abschnitt 7.2.1). Der Durchfluss wurde in jedem Teilgraben einzeln erfasst. Nach der Vereinigung aller Teilgräben gab es kein geeignetes Messprofil für die Durchflussmessungen. Der rechnerisch ermittelte Gesamtabfluss betrug im Mittel des Messzeitraumes 20 L/s. Der Anteil am Gesamtabfluss im Plessaer Binnengraben an der Messstelle PBGr 10 schwankte zwischen < 1 % im September 2021 und 18 % im August 2021. Im Mittel betrug der Anteil 5 %. Im September bei erhöhtem Wasserstand im Plessaer Binnengraben war der Abfluss aus den Meliorationsgräben gehemmt. Bei niedrigen Abflüssen im August entlastete verstärkt eisenhaltiges Grundwasser in die Meliorationsgräben und strömte in den Plessaer Binnengraben.

**Tabelle 29: Durchflüsse [L/s] an den Messstellen im Einzugsgebiet des Großthiemig-Grödener-Binnengrabens im Messzeitraum von Juni bis November 2021.**

Mess-kampagne	GtBGr 30	LaGr 20	GtBGr 20	PBGr 30	DGr 10	PBGr 10	GtBGr 10
	Bilanzprofil	Mündung	Bilanzprofil	Bilanzprofil	Einmündung	Mündung	Mündung
01./02.06.2021	29	< 1	166	165	10 <sup>1)</sup>	228	464 <sup>2)</sup>
07./08.07.2021	54	98	191	258	12 <sup>1)</sup>	456	719 <sup>2)</sup>
03./04.08.2021	8	35	134	119	60	335	230 <sup>2)</sup>
01./02.09.2021	48	97	418	376	1	664	1.085
04./05.10.2021	6	9	124	160	23	275	534
03./04.11.2021	8	4	93	113	13	225	343
Minimum	6	< 1	93	113	1	225	230
Mittelwert	25	41	188	198	20	364	563
Maximum	54	98	418	376	60	664	1.085
Mittlere Anteile	100 %		54 %		5 %	100 %	
	4 %	9 %	33 %			65 %	100 %

1) Zwei von drei Teilgräben gemessen

2) Schöpfwerk Krauschütz in Betrieb

Bemerkung: In den unteren zwei Zeilen werden Bilanzen für Teilgebiete (entsprechend eingefärbt) erstellt. Das Mündungsprofil entspricht jeweils 100 %. Relevante Bilanzanteile sind zahlenmäßig ausgewiesen. Aufgrund unbekannter ober- und unterirdischer Zuflüsse sind die Bilanzen nicht zwingend geschlossen.

### 7.4.3 Gesamtschau

Die mittleren Durchflüsse an den Messstellen im Schraden an den Stichtagen des Monitorings im Messzeitraum von Juni bis November 2021 sind in Bild 37 dargestellt. Die Einordnung der aktuellen Befunde in langjährige Reihen ist nicht möglich, da an den Fließgewässern im Untersuchungsgebiet keine weiteren Abflusspegel liegen.

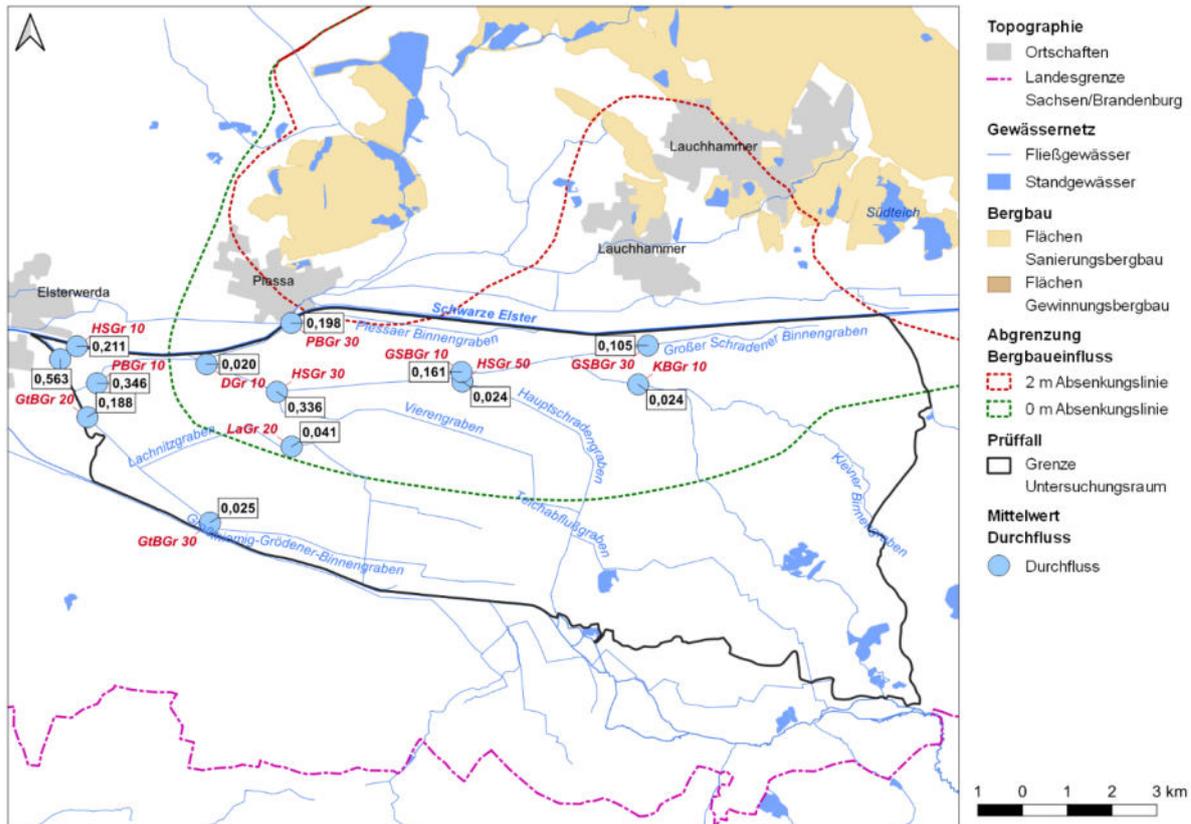


Bild 37: Mittelwerte des Durchflusses [m³/s] der Stichtagsmessungen an den Messstellen im Untersuchungsgebiet Schraden entsprechend Tabelle 28 und Tabelle 29.

## 7.5 Wasserbeschaffenheit

### 7.5.1 Hauptschradengraben

Im Oberlauf des Hauptschradengrabens (Mst. HSGr 50) war das Wasser mit **pH-Werten** zwischen 6,1 und 7,1 mehrheitlich neutral (Tabelle 30). Nach der Einmündung des Großen Schradener Binnengrabens war der Hauptschradengraben mit pH = 5,9 bis 6,5 schwach sauer (Mst. HSGr 30 und HSGr 10, Bild 38 und Bild 39). Im Großen Schradener Binnengraben und im Kleinen Binnengraben lag der pH-Wert im schwach sauren Bereich zwischen pH = 5,3 und 6,3.

Das Wasser im Oberlauf des Hauptschradengrabens war mit einer mittleren **Säurekapazität**  $K_{s4,3}$  von etwa 0,8 mmol/L moderat gepuffert (Tabelle 31, Bild 38 und Bild 39). Durch den Zufluss von schwach saurem, nicht gepuffertem Wasser aus dem Großen Schradener Binnengraben verringerte sich die mittlere Säurekapazität  $K_{s4,3}$  im Hauptschradengraben auf etwa 0,3 mmol/L.



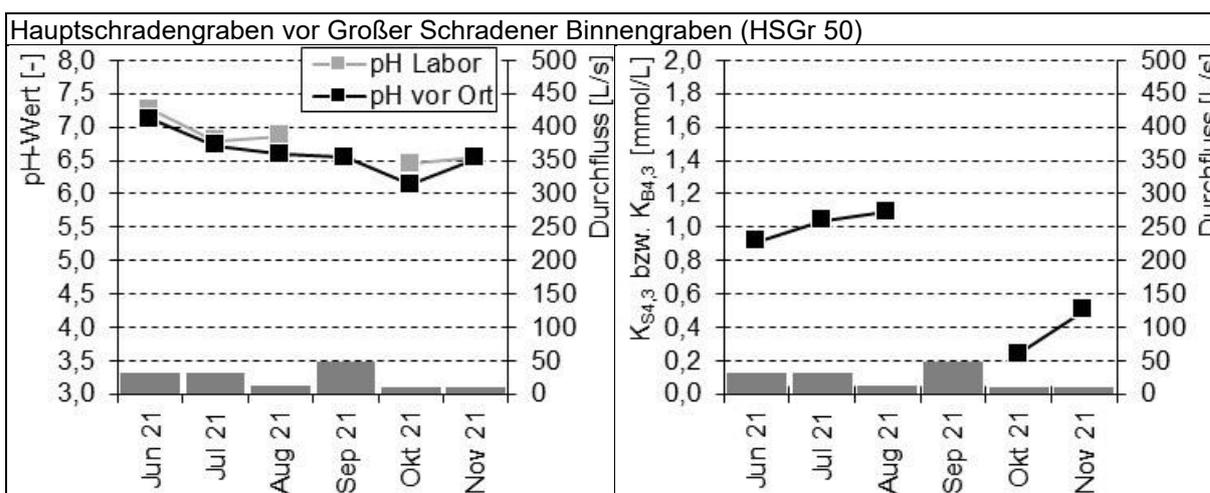
**Tabelle 30: pH-Werte an den Messstellen im Einzugsgebiet des Hauptschradengrabs im Messzeitraum von Juni bis November 2021.**

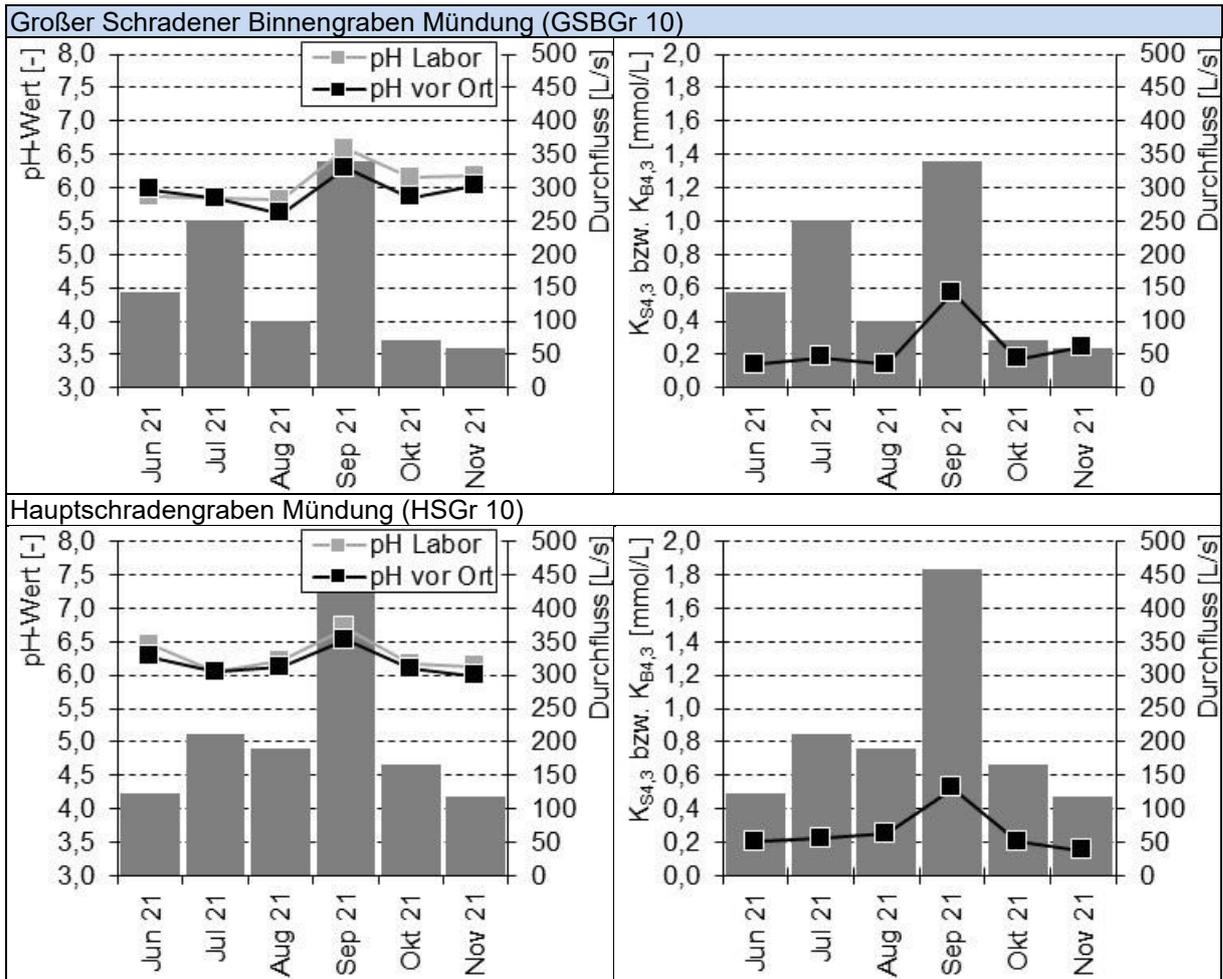
Mess-kampagne	HSGr 50	GSBGr 30	KBGr 10	GSBGr 10	HSGr 30	HSGr 10
	Bilanzprofil	Bilanzprofil	Einmündung	Mündung	Bilanzprofil	Mündung
01./02.06.2021	7,12	5,94	5,54	5,97	6,14	6,28
07./08.07.2021	6,72	5,97	5,85	5,84	6,13	6,05
03./04.08.2021	6,59	5,88	5,63	5,61	6,36	6,12
01./02.09.2021	6,54	6,03	5,28	6,29	6,46	6,53
04./05.10.2021	6,14	5,75	5,81	5,85	5,88	6,09
03./04.11.2021	6,53	5,58	6,23	6,03	5,87	5,99
Minimum	6,14	5,58	5,28	5,61	5,87	5,99
Median	6,57	5,91	5,72	5,91	6,14	6,11
Maximum	7,12	6,03	6,23	6,29	6,46	6,53

**Tabelle 31: Säurekapazität  $K_{S4,3}$  [mmol/L] an den Messstellen im Einzugsgebiet des Hauptschradengrabs im Messzeitraum von Juni bis November 2021.**

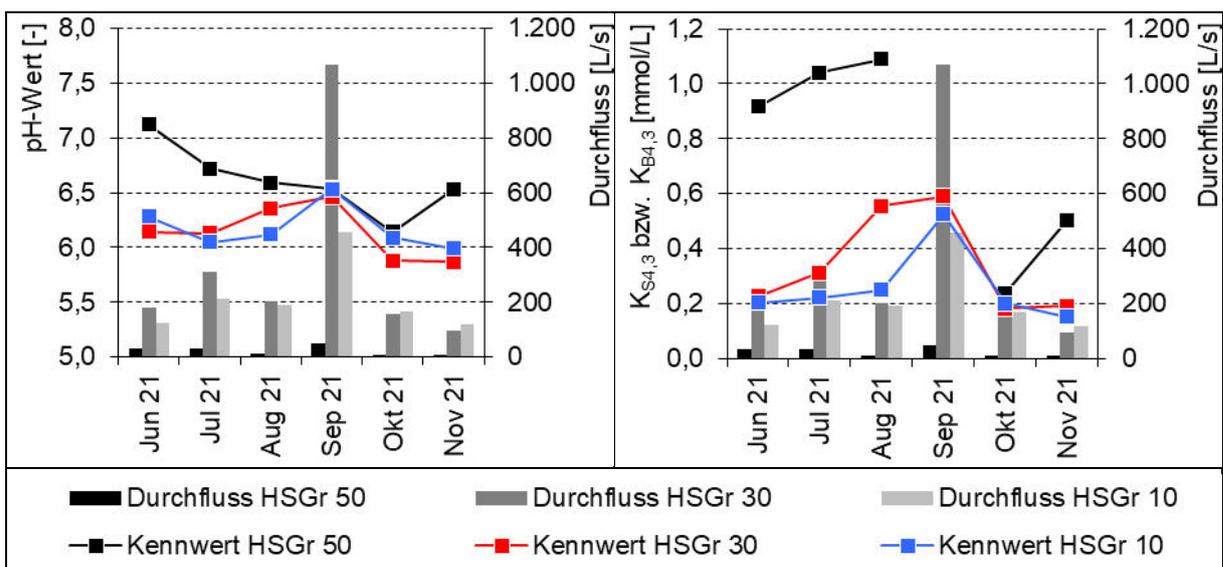
Mess-kampagne	HSGr 50	GSBGr 30	KBGr 10	GSBGr 10	HSGr 30	HSGr 10
	Bilanzprofil	Bilanzprofil	Einmündung	Mündung	Bilanzprofil	Mündung
01./02.06.2021	0,92	0,22	0,06	0,14	0,23	0,20
07./08.07.2021	1,04	0,12	0,07	0,19	0,31	0,22
03./04.08.2021	1,09	0,12	0,07	0,14	0,56	0,25
01./02.09.2021	*)	0,28	0,28	0,57	0,59	0,53
04./05.10.2021	0,24	0,09	0,10	0,17	0,18	0,20
03./04.11.2021	0,50	0,10	0,29	0,25	0,19	0,15
Minimum	0,24	0,09	0,06	0,14	0,18	0,15
Mittelwert	0,76	0,15	0,14	0,24	0,34	0,26
Maximum	1,09	0,28	0,29	0,57	0,59	0,53

\*) Probeflasche zerbrochen





**Bild 38:** pH-Wert und Säurekapazität  $K_{S4,3}$  bzw.  $K_{B4,3}$  im Hauptschradengraben und an der Mündung des Großen-Schradener-Binnengrabens im Messzeitraum von Juni bis November 2021.



**Bild 39:** pH-Wert und Säurekapazität  $K_{S4,3}$  bzw.  $K_{B4,3}$  im Längsschnitt des Hauptschradengrabens im Messzeitraum von Juni bis November 2021.



Im Entstehungsbereich des Hauptschradengrabens an der Messstelle HSGr 50 wurden **Eisenkonzentrationen** überwiegend zwischen 1 und 3 mg/L gemessen. Bis zur Messstelle HSGr 30 erhöhte der Zustrom aus dem Großen Schradener Binnengraben und aus dem Grundwasser die mittlere Eisenkonzentration von 2,0 auf 4,1 mg/L. Im Fließverlauf bis zur Einmündung in die Schwarze Elster (Mst. HSGr 10) sank die Eisenkonzentration durch Oxidation und Sedimentation im Mittel auf 2,7 mg/L (Tabelle 32, Bild 40 und Bild 41).

Die höchsten Eisenkonzentrationen als Einzelwerte bis 14,9 mg/L wurden im Teileinzugsgebiet des Hauptschradengrabens im Kleinen Binnengraben (Mst. KBGr 10) und im Oberlauf des Großen Schradener Binnengrabens (Mst. GSBGr 30) erfasst (Tabelle 32). Bis zur Einmündung in den Hauptschradengraben sank die Eisenkonzentration im Großen Schradener Binnengraben durch Oxidation und Sedimentation von 7,8 mg/L auf 2,7 mg/L im Mittel. Der Anteil von grundwasserbürtigem gelöstem Eisen-II an der Eisen-gesamt-Konzentration sank von durchschnittlich 80 % auf 30 %. Darin zeigt sich der Oxidationsfortschritt im Großen Schradener Binnengraben. Die Befunde decken sich mit den Beobachtungen im Rahmen der vorausgegangenen Ortsbegehung, bei der in diesem Fließgewässerabschnitt eisenhaltige Sedimente dokumentiert wurden (Abschnitt 7.2.1).

Die **Sulfatkonzentration** an den Messstellen im Teileinzugsgebiet Großthiemig-Grödener-Binnengraben lag als Mittelwert zwischen 95 und 140 mg/L (Tabelle 33). Im Hauptschradengraben nördlich von Tettau (Mst. HSGr 50), vor der Einmündung des Großen Schradener Binnengrabens, lag die mittlere Sulfatkonzentration bei 96 mg/L (Bild 40 und Bild 41). Als mengenmäßig dominanter Zufluss prägte der Große Schradener Binnengraben (Mst. GSBGr 10) die Sulfatkonzentration im Hauptschradengraben an den Messstellen HSGr 30 und HSGr 10. An den drei Messstellen verhielt sich die Sulfatkonzentration im Messzeitraum gleichlautend. An diesen Messstellen wurde termingleich im November 2021 die höchste Sulfatkonzentration als Einzelwerte von rund 160 mg/L erfasst.

**Tabelle 32: Eisen-gesamt-Konzentrationen [mg/L] an den Messstellen im Einzugsgebiet des Hauptschradengrabens im Messzeitraum von Juni bis November 2021.**

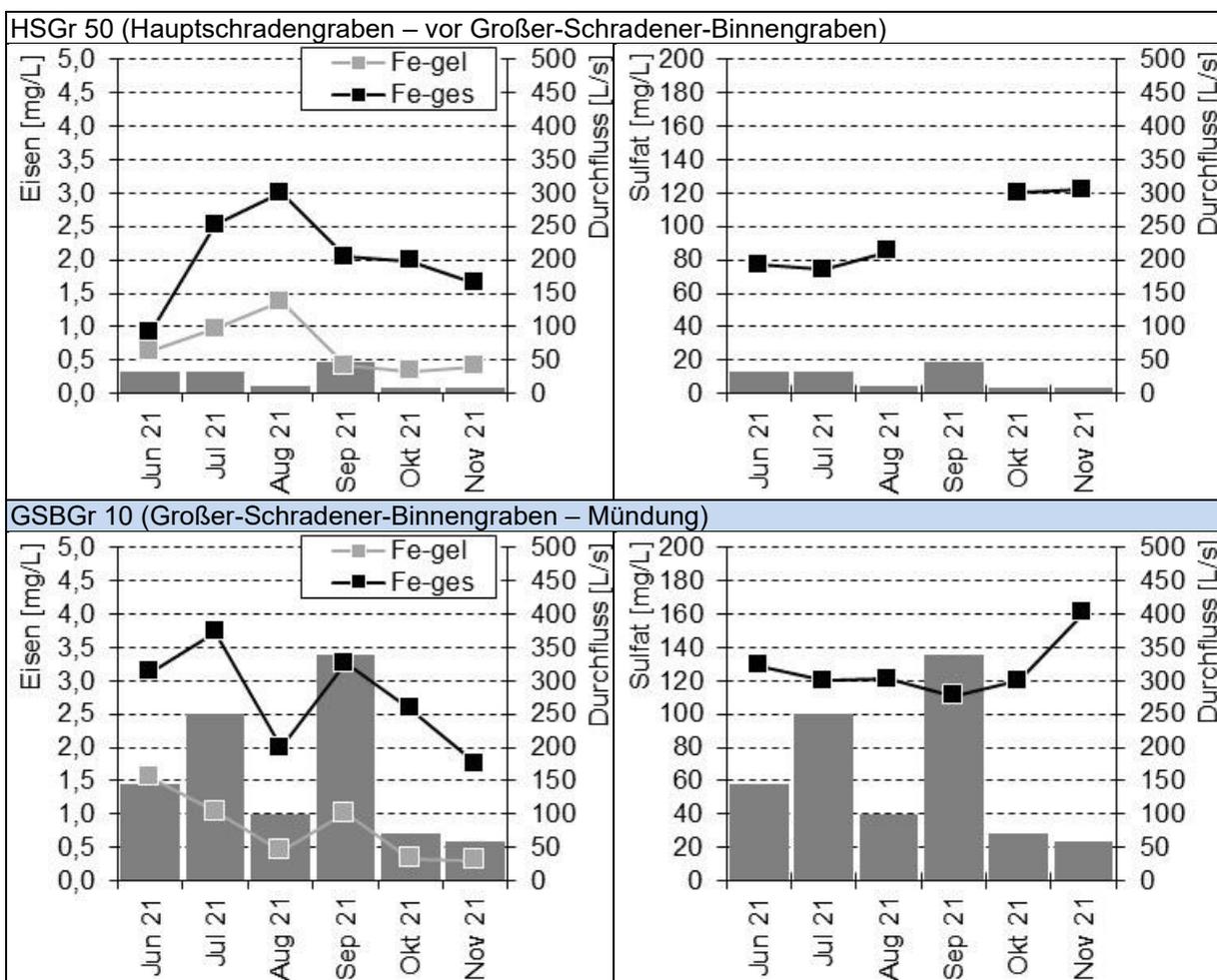
Mess-kampagne	HSGr 50	GSBGr 30	KBGr 10	GSBGr 10	HSGr 30	HSGr 10
	Bilanzprofil	Bilanzprofil	Einmündung	Mündung	Bilanzprofil	Mündung
01./02.06.2021	0,92	8,81	5,76	3,13	2,32	1,24
07./08.07.2021	2,53	11,70	9,92	3,73	3,99	2,57
03./04.08.2021	3,00	7,63	8,41	1,99	8,26	4,51
01./02.09.2021	2,04	8,27	5,94	3,27	2,95	3,35
04./05.10.2021	1,99	6,76	9,45	2,58	3,90	2,31
03./04.11.2021	1,65	3,89	14,90	1,76	3,23	2,00
Minimum	0,92	3,89	5,76	1,76	2,32	1,24
Mittelwert	2,02	7,84	9,06	2,74	4,11	2,66
Maximum	3,00	11,70	14,90	3,73	8,26	4,51

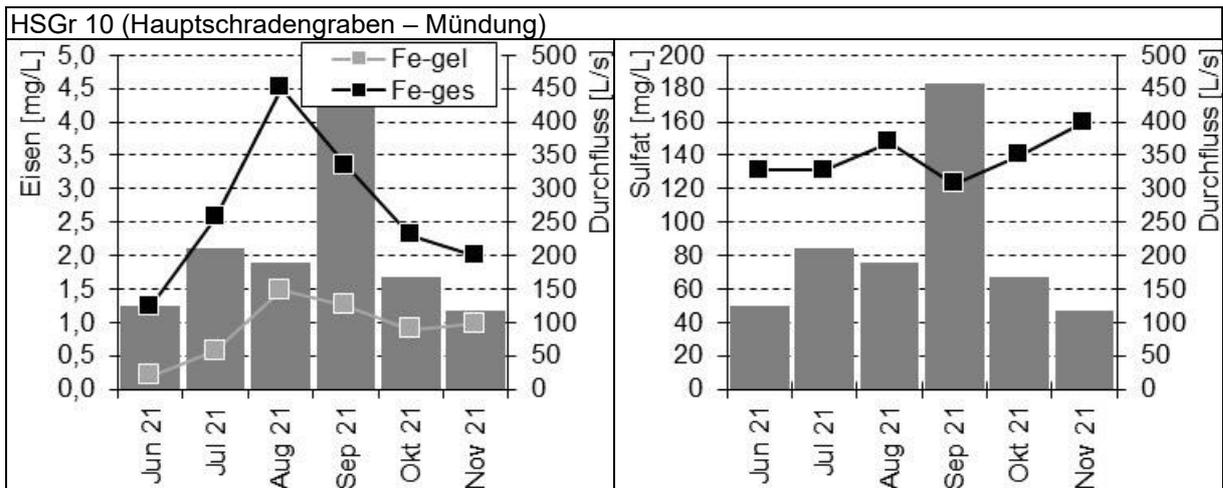


**Tabelle 33: Sulfatkonzentrationen [mg/L] an den Messstellen im Einzugsgebiet des Hauptschradengrabens im Messzeitraum von Juni bis November 2021.**

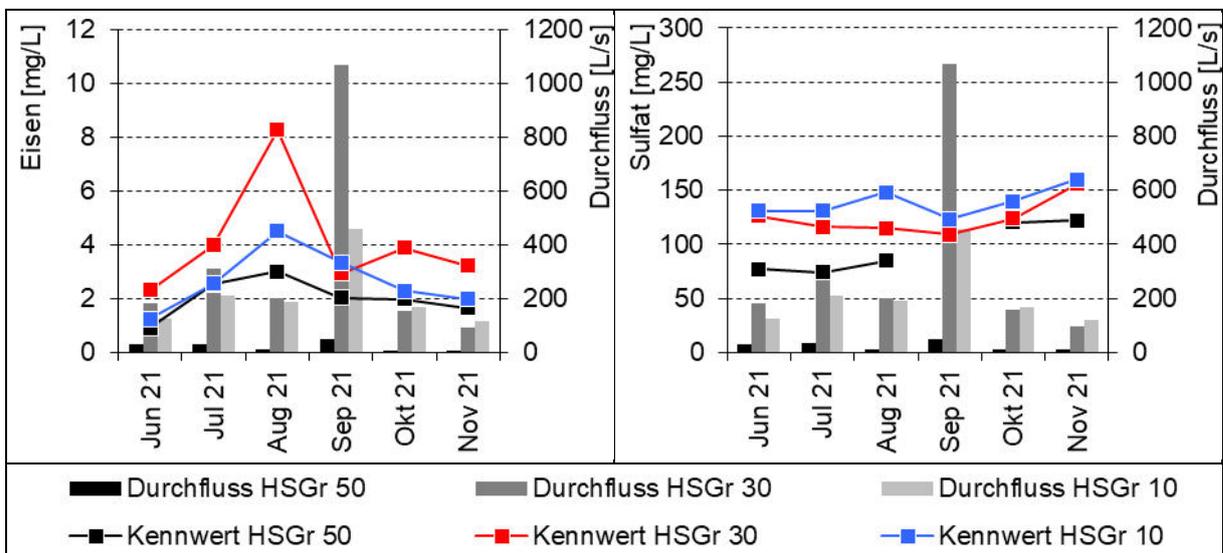
Mess-kampagne	HSGr 50	GSBGr 30	KBGr 10	GSBGr 10	HSGr 30	HSGr 10
	Bilanzprofil	Bilanzprofil	Einmündung	Mündung	Bilanzprofil	Mündung
01./02.06.2021	77	120	122	129	126	131
07./08.07.2021	74	127	122	120	116	131
03./04.08.2021	85	123	124	121	115	148
01./02.09.2021	*)	128	138	111	109	123
04./05.10.2021	120	125	120	120	124	140
03./04.11.2021	122	111	119	161	156	160
Minimum	74	111	119	111	109	123
Mittelwert	96	122	124	127	124	139
Maximum	122	128	138	161	156	160

\*) Probeflasche zerbrochen





**Bild 40:** Eisen- und Sulfatkonzentration im Hauptschradengraben und an der Mündung des Großen-Schradener-Binnengrabens im Messzeitraum von Juni bis November 2021.



**Bild 41:** Eisen- und Sulfatkonzentration im Längsschnitt des Hauptschradengrabens im Messzeitraum von Juni bis November 2021.

### 7.5.2 Großthiemig-Grödener-Binnengraben

Im Oberlauf des Großthiemig-Grödener-Binnengrabens (Mst. GtBGr 30) war das Wasser mit **pH-Werten** von 6,6 bis 6,9 neutral (Tabelle 34). Nach der Einmündung des Lachnitzgrabens war der Großthiemig-Grödener Binnengraben mit pH = 6,1 bis 6,4 schwach sauer (Mst. GtBGr 20 und GtBGr 10, Bild 43).

Der Lachnitzgraben war mit pH = 5,2 und 6,1 schwach sauer und versauerungsdisponiert (Tabelle 34 und Tabelle 35). Die mittlere Säurekapazität  $K_{s4,3}$  betrug 0,2 mmol/L.

Das eisenreiche Wasser im Plessaer Binnengraben (Mst. PBGr 30 und PBGr 10) sowie im Sammelablauf der landwirtschaftlichen Drainagegräben (Mst. DGr 10), im potenziellen Hotspotbereich nördlich der Ortslage Reißdamm, war schwach sauer. Die pH-Werte lagen zwischen pH = 6,0 und 6,3. In diesen Fließgewässern lag die **Säurekapazität  $K_{s4,3}$**  meist zwischen 0,4 und 0,6 mmol/L (Tabelle 35 und Bild 42).

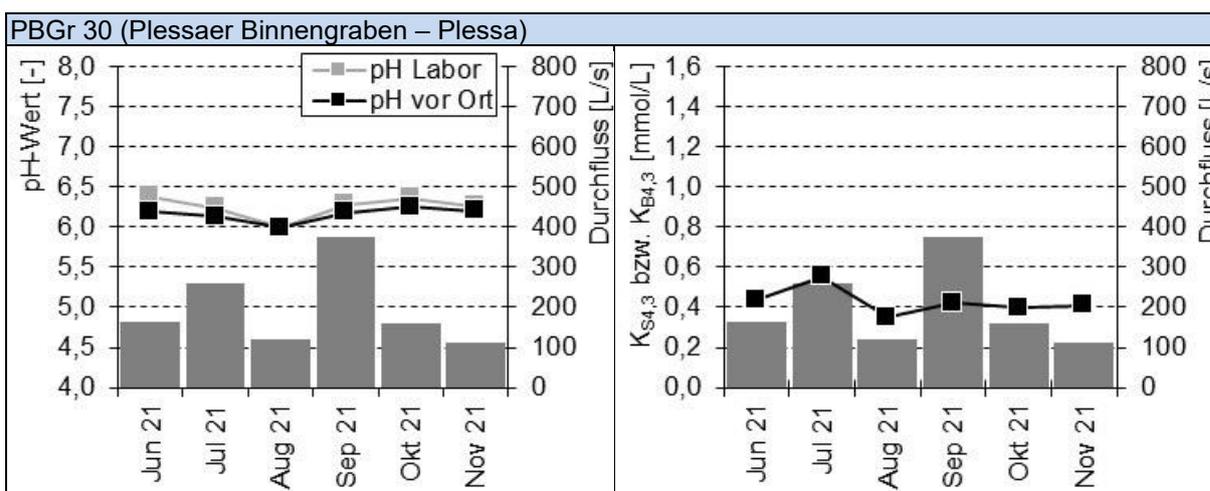


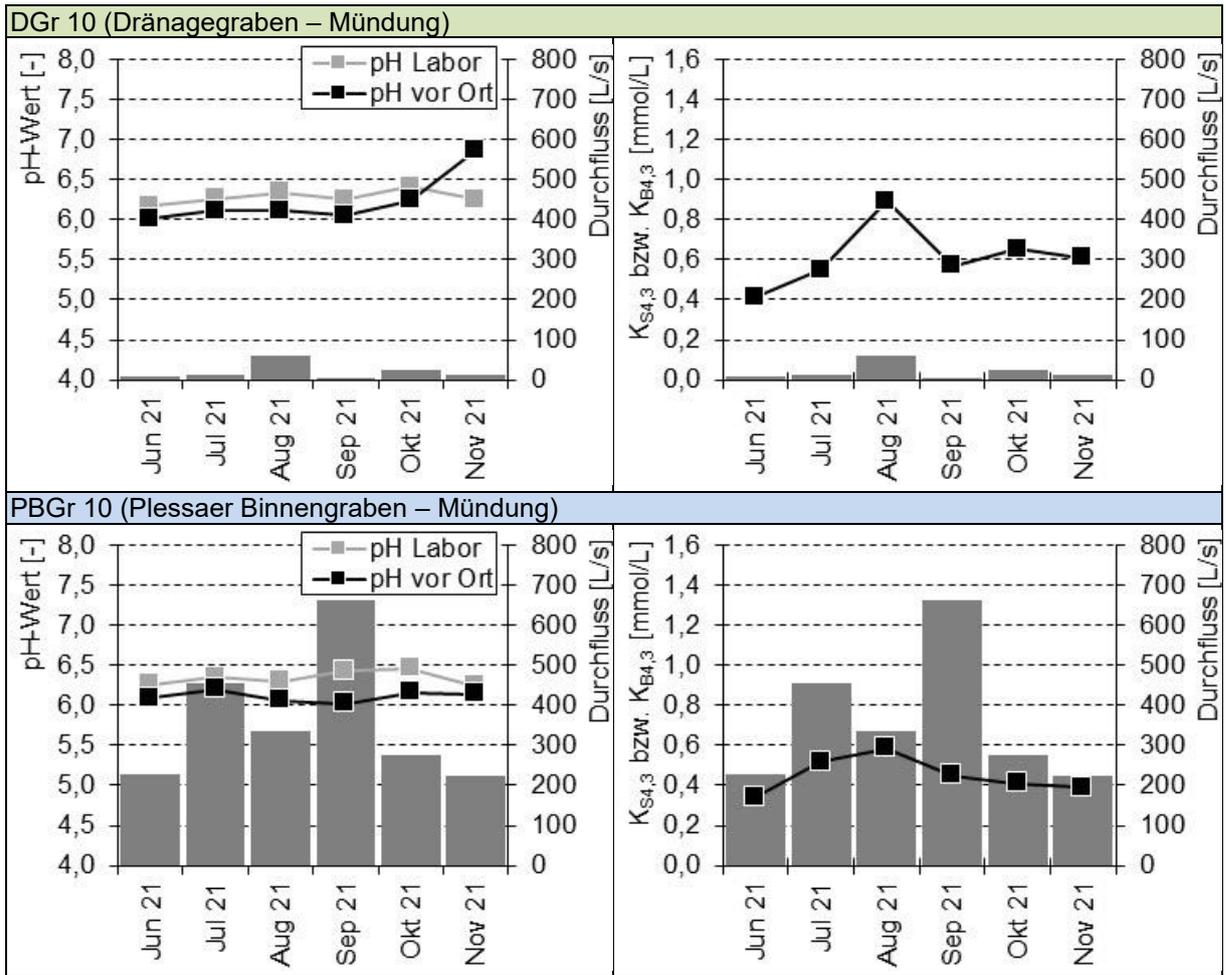
**Tabelle 34: pH-Werte an den Messstellen im Einzugsgebiet des Großthiemig-Grödener-Binnengrabs im Messzeitraum von Juni bis November 2021.**

Mess-kampagne	GtBGr 30	LaGr 20	GtBGr 20	PBGr 30	DGr 10	PBGr 10	GtBGr 10
	Bilanzprofil	Mündung	Bilanzprofil	Bilanzprofil	Einmündung	Mündung	Mündung
01./02.06.2021	6,74	5,36	6,33	6,19	6,01	6,09	6,41
07./08.07.2021	6,59	5,71	6,27	6,13	6,11	6,20	6,24
03./04.08.2021	6,66	5,56	6,44	5,99	6,11	6,06	6,23
01./02.09.2021	6,72	6,08	6,28	6,18	6,05	6,02	6,07
04./05.10.2021	6,81	5,18	6,24	6,25	6,24	6,16	6,20
03./04.11.2021	6,87	5,42	6,28	6,20	6,87	6,14	6,19
Minimum	6,59	5,18	6,24	5,99	6,01	6,02	6,07
Median	6,73	5,49	6,28	6,19	6,11	6,12	6,22
Maximum	6,87	6,08	6,44	6,25	6,87	6,20	6,41

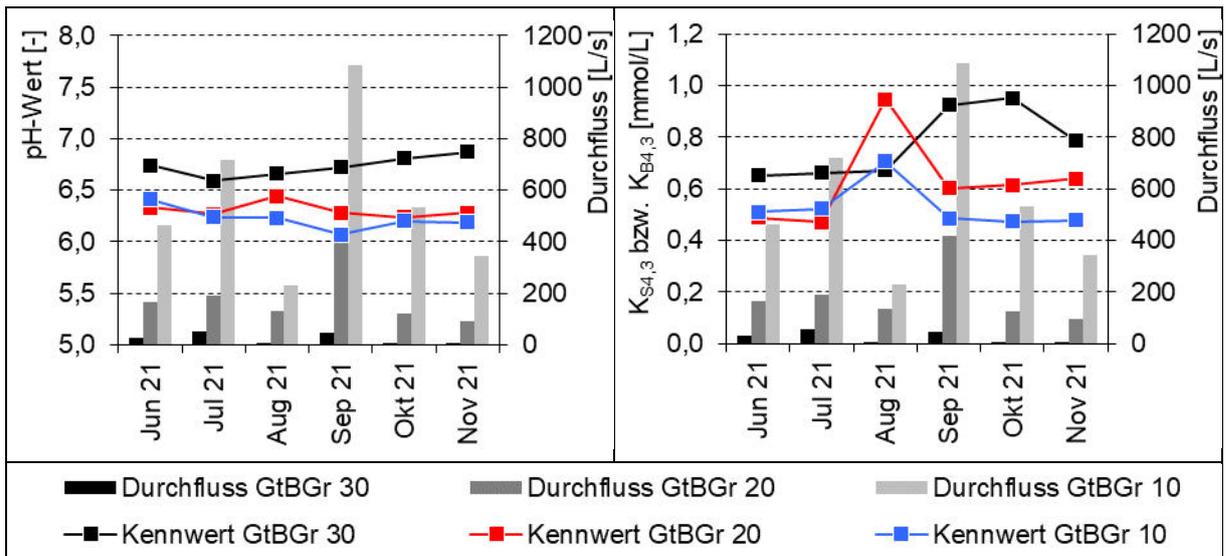
**Tabelle 35: Säurekapazität  $K_{S4,3}$  an den Messstellen im Einzugsgebiet des Großthiemig-Grödener-Binnengrabs im Messzeitraum von Juni bis November 2021.**

Mess-kampagne	GtBGr 30	LaGr 20	GtBGr 20	PBGr 30	DGr 10	PBGr 10	GtBGr 10
	Bilanzprofil	Mündung	Bilanzprofil	Bilanzprofil	Einmündung	Mündung	Mündung
01./02.06.2021	0,65	0,11	0,49	0,44	0,42	0,34	0,51
07./08.07.2021	0,66	0,23	0,47	0,55	0,55	0,52	0,52
03./04.08.2021	0,67	0,15	0,95	0,35	0,89	0,59	0,71
01./02.09.2021	0,92	0,37	0,60	0,42	0,57	0,45	0,49
04./05.10.2021	0,95	0,09	0,62	0,40	0,65	0,41	0,47
03./04.11.2021	0,79	0,09	0,64	0,41	0,61	0,39	0,48
Minimum	0,65	0,09	0,47	0,35	0,42	0,34	0,47
Mittelwert	0,73	0,17	0,63	0,43	0,61	0,45	0,53
Maximum	0,95	0,37	0,95	0,55	0,89	0,59	0,71





**Bild 42:** pH-Wert und Säurekapazität  $K_{S4,3}$  bzw.  $K_{B4,3}$  im Plessaer Binnengraben im Messzeitraum von Juni bis November 2021.



**Bild 43:** pH-Wert und Säurekapazität  $K_{S4,3}$  bzw.  $K_{B4,3}$  im Längsschnitt des Großthiemig-Grödener-Binnengraben im Messzeitraum von Juni bis November 2021.

Im Oberlauf des Großthiemig-Grödener-Binnengraben lag die **Eisenkonzentration** im Mittel der Stichtage bei 2,6 mg/L (Mst. GtBGr 30, Tabelle 36). Bei geringen grund-



wasserbürtigen Abflüssen  $< 10$  L/s wurden Eisenkonzentrationen um  $4$  mg/L gemessen (Bild 45). Der Zufluss aus dem Lachnitzgraben und aus der Unteren Pulsnitzniederung erhöhte die Eisenkonzentration im Großthiemig-Grödener-Binnengraben im Jahresmittel auf  $5,6$  mg/L (Mst. GtBGr 20). Im weiteren Fließverlauf bis zur Mündung (Mst. GtBGr 10) glichen sich die Sedimentationsverluste und der Eiseneintrag aus dem Plessaer Binnengraben und aus dem Grundwasser annähernd aus. In der Regel verringerte sich die Eisenkonzentration auf diesem Abschnitt leicht. Der Anteil von gelöstem zweiwertigem Eisen sank durch Oxidation unter  $10$  %.

Im Lachnitzgraben vor der Passage der Unteren Pulsnitzniederung (Mst. LaGr 20) lag die Eisenkonzentration im Mittel bei  $6$  mg/L (Tabelle 36). Der geringe Anteil von gelöstem Eisen-II an der Eisen-gesamt-Konzentration im Mittel von  $20$  % zeigt den Oxidationsfortschritt an dieser Messstelle. Der grundwasserbürtige Eiseneintrag aus der Pulsnitzniederung kann mit den vorliegenden Daten nicht quantifiziert werden.

Der Plessaer Binnengraben südlich der Ortslage Plessa (Mst. PBGr 30) wies mittlere Eisenkonzentrationen um  $5,8$  mg/L auf. Die Eisen-II-gelöst-Konzentration lag im Mittel bei  $4,1$  mg/L bzw.  $70$  % von der Eisen-gesamt-Konzentration. Das belegt die grundwasserbürtige Herkunft der Eisenbelastung. Bis zur Mündung in den Großthiemig-Grödener-Binnengraben verringerte sich die Eisenkonzentration leicht (Tabelle 36 und Bild 44). Durch die fortschreitende Oxidation sank der Anteil von gelöstem zweiwertigem Eisen auf rund  $15$  % (Mst. PBGr 10).

Im Plessaer Binnengraben an der Messstelle PBGr 10 wurde am 03.08.2021 ereignisbezogen einmalig eine erhöhte Eisenkonzentration von  $24$  mg/L gemessen (Tabelle 36 und Bild 44), die von einer niedrigen Eisen-gelöst-Konzentration unter  $1$  mg/L begleitet wurde. Die Befunde deuten auf eine Remobilisierung von Eisensedimenten stromoberhalb der Messstelle PBGr 10 hin. Die Ursache ist nicht bekannt. Die Konzentrationsspitze pauste sich bis in den Großthiemig-Grödener-Binnengraben durch. An der Messstelle GtBGr 10 wurden ereignisbezogen  $10,4$  mg/L Eisen gemessen. Das Einzelereignis wirkte sich auf die Mittelwerte der Reihe aus.

Die höchsten Eisenkonzentrationen im Teileinzugsgebiet des Großthiemig-Grödener-Binnengrabens wurden im potenziellen Hotspot der Eisenbelastung am Plessaer Binnengraben nördlich der Ortslage Reißdamm gemessen. Im Sammelablauf der Meliorationsgräben lag die Eisenkonzentration im Mittel des Messzeitraumes bei  $16,0$  mg/L. Die Eisenkonzentration schwankte in Abhängigkeit vom Durchfluss und von der Jahreszeit zwischen  $9,1$  und  $23,1$  mg/L (Bild 44).

Im Oberlauf des Großthiemig-Grödener Binnengrabens (Mst. GtBGr 30) wurden niedrige **Sulfatkonzentrationen** um  $100$  mg/L gemessen (Tabelle 37). Der Grundwasserzutritt aus der Unteren Pulsnitzniederung und der Zustrom aus dem Lachnitzgraben erhöhten die mittlere Sulfatkonzentration auf  $131$  mg/L (Mst. GtBGr 20). Durch die Einmündung des Plessaer Binnengrabens und Grundwasserzutritt erhöhte sich die Sulfatkonzentration im Mittel des Messzeitraums um etwa  $100$  mg/L, auf  $233$  mg/L (Mst. GtBGr 10, Bild 45). Der maßgebliche Sulfatemittent im Teileinzugsgebiet des Großthiemig-Grödener-Binnengrabens war der Plessaer Binnengraben mit Sulfatkonzentrationen zwischen  $290$  und  $379$  mg/L.

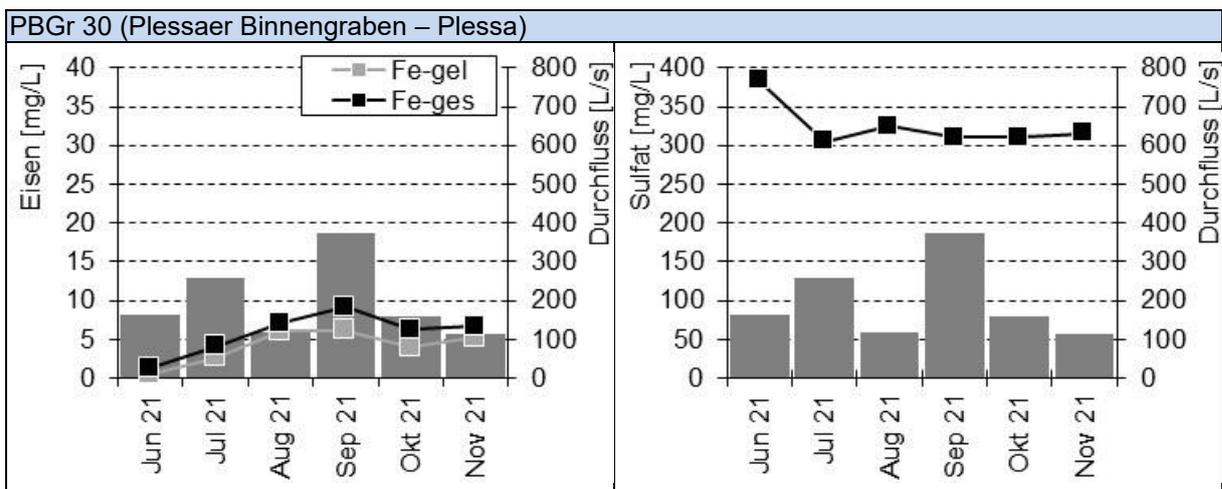


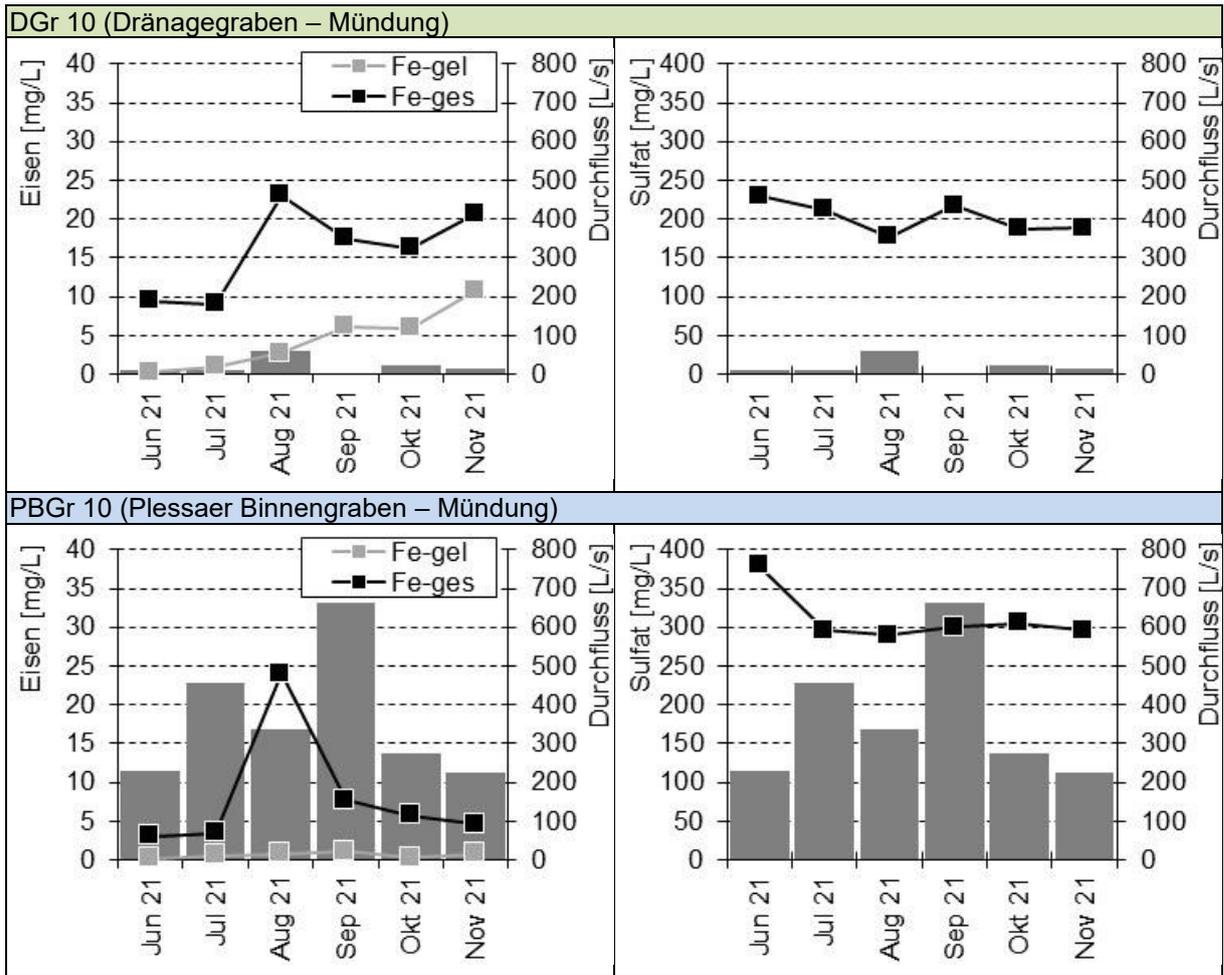
**Tabelle 36: Eisenkonzentrationen [mg/L] an den Messstellen im Einzugsgebiet des Großthiemig-Grödener-Binnengrabens im Messzeitraum von Juni bis November 2021.**

Mess-kampagne	GtBGr 30	LaGr 20	GtBGr 20	PBGr 30	DGr 10	PBGr 10	GtBGr 10
	Bilanzprofil	Mündung	Bilanzprofil	Bilanzprofil	Einmündung	Mündung	Mündung
01./02.06.2021	1,66	4,80	3,37	1,29	9,46	3,07	3,44
07./08.07.2021	1,65	5,73	5,05	4,08	9,10	3,46	4,99
03./04.08.2021	3,83	4,77	5,21	7,07	23,10	24,00	10,40
01./02.09.2021	2,81	4,26	7,42	9,16	17,50	7,69	7,53
04./05.10.2021	4,08	5,01	7,73	6,28	16,30	5,70	5,91
03./04.11.2021	1,40	11,50	4,96	6,72	20,70	4,65	4,17
Minimum	1,40	4,26	3,37	1,29	9,10	3,07	3,44
Mittelwert	2,57	6,01	5,62	5,77	16,00	8,10	6,07
Maximum	4,08	11,50	7,73	9,16	23,10	24,00	10,40

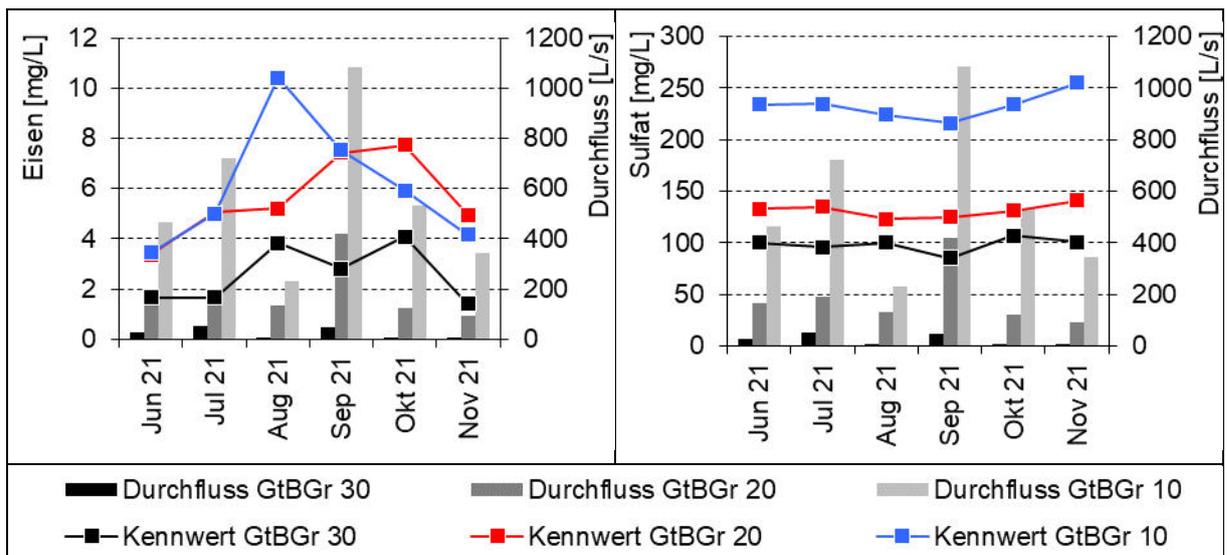
**Tabelle 37: Sulfatkonzentrationen [mg/L] an den Messstellen im Einzugsgebiet des Großthiemig-Grödener-Binnengrabens im Messzeitraum von Juni bis November 2021.**

Mess-kampagne	GtBGr 30	LaGr 20	GtBGr 20	PBGr 30	DGr 10	PBGr 10	GtBGr 10
	Bilanzprofil	Mündung	Bilanzprofil	Bilanzprofil	Einmündung	Mündung	Mündung
01./02.06.2021	100	145	133	384	230	379	234
07./08.07.2021	96	141	135	305	212	296	235
03./04.08.2021	100	139	123	325	177	290	224
01./02.09.2021	85	115	125	310	217	300	216
04./05.10.2021	107	139	131	310	188	305	234
03./04.11.2021	101	144	141	315	189	296	255
Minimum	85	115	123	305	177	290	216
Mittelwert	98	137	131	325	202	311	233
Maximum	107	145	141	384	230	379	255





**Bild 44:** Eisen- und Sulfatkonzentration im Plessaer Binnengraben im Messzeitraum von Juni bis November 2021.

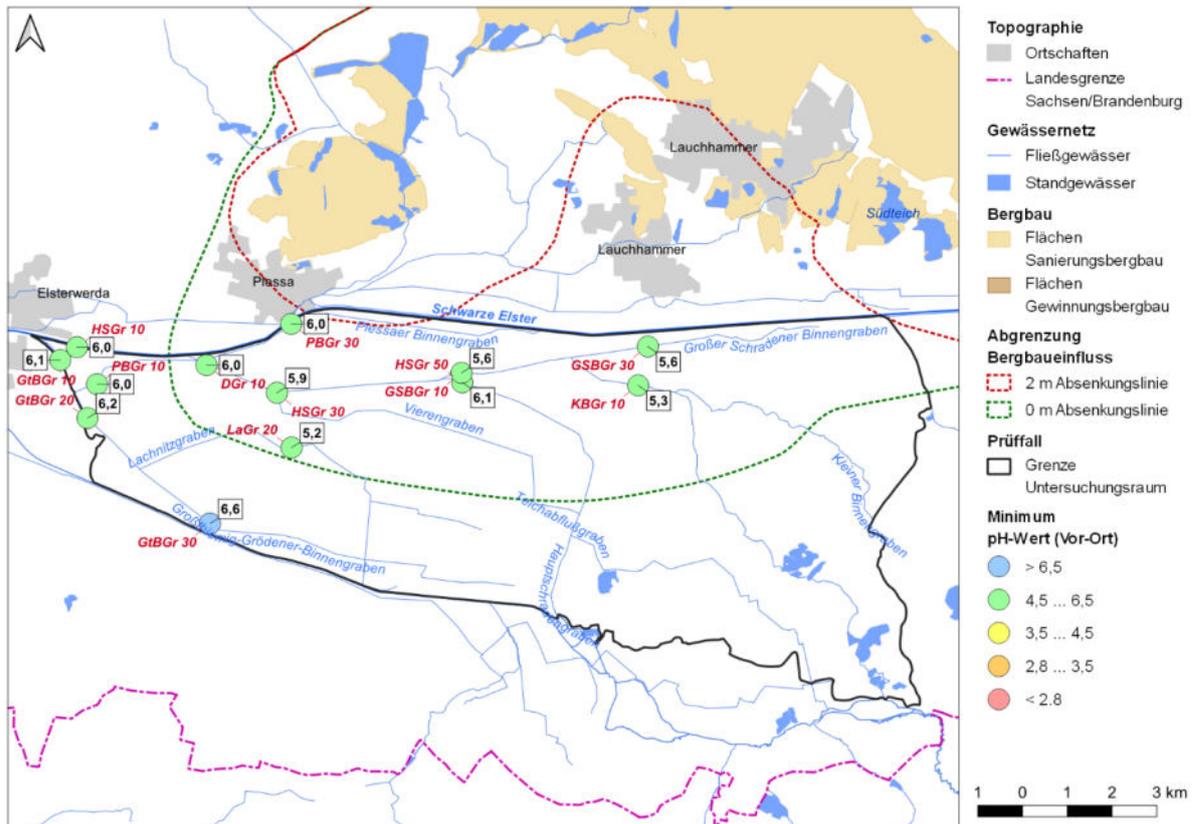


**Bild 45:** Eisen- und Sulfatkonzentration im Längsschnitt des Großthiemig-Grödener-Binnengraben im Messzeitraum von Juni bis November 2021.

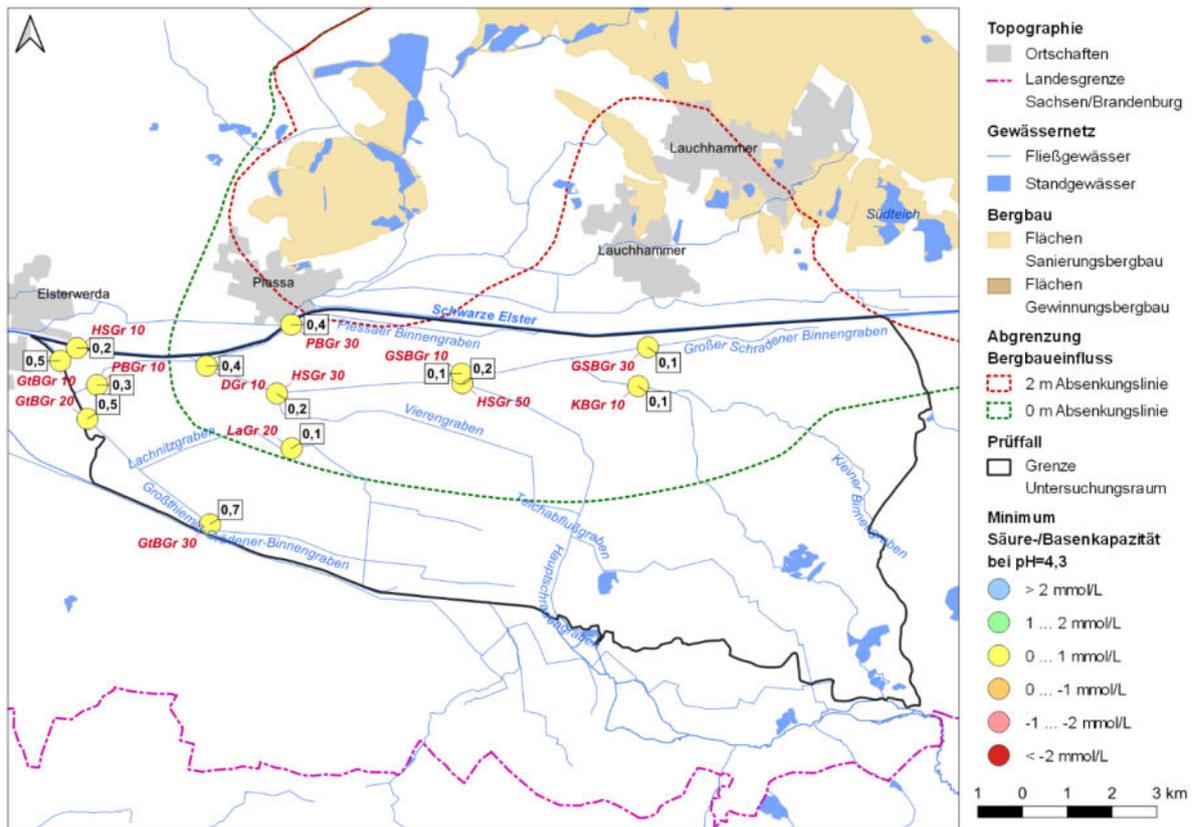


### 7.5.3 Gesamtschau

Die Fließgewässer im Schraden sind überwiegend schwach gepuffert und schwach versauerungsdisponiert (Bild 46 und Bild 47). Das entspricht insofern den Erwartungen, als dass diese Eigenschaften für grundwassernahe Standorte in Niederungen und Flussauen typisch sind. Im Oberlauf des Großthiemig-Grödener-Binnengraben war das Wasser neutral und moderat gepuffert.



**Bild 46:** Minima des pH-Wertes (vor-Ort) der Stichtagsmessungen an den Messstellen im Untersuchungsgebiet Schraden entsprechend Tabelle 30 und Tabelle 34.

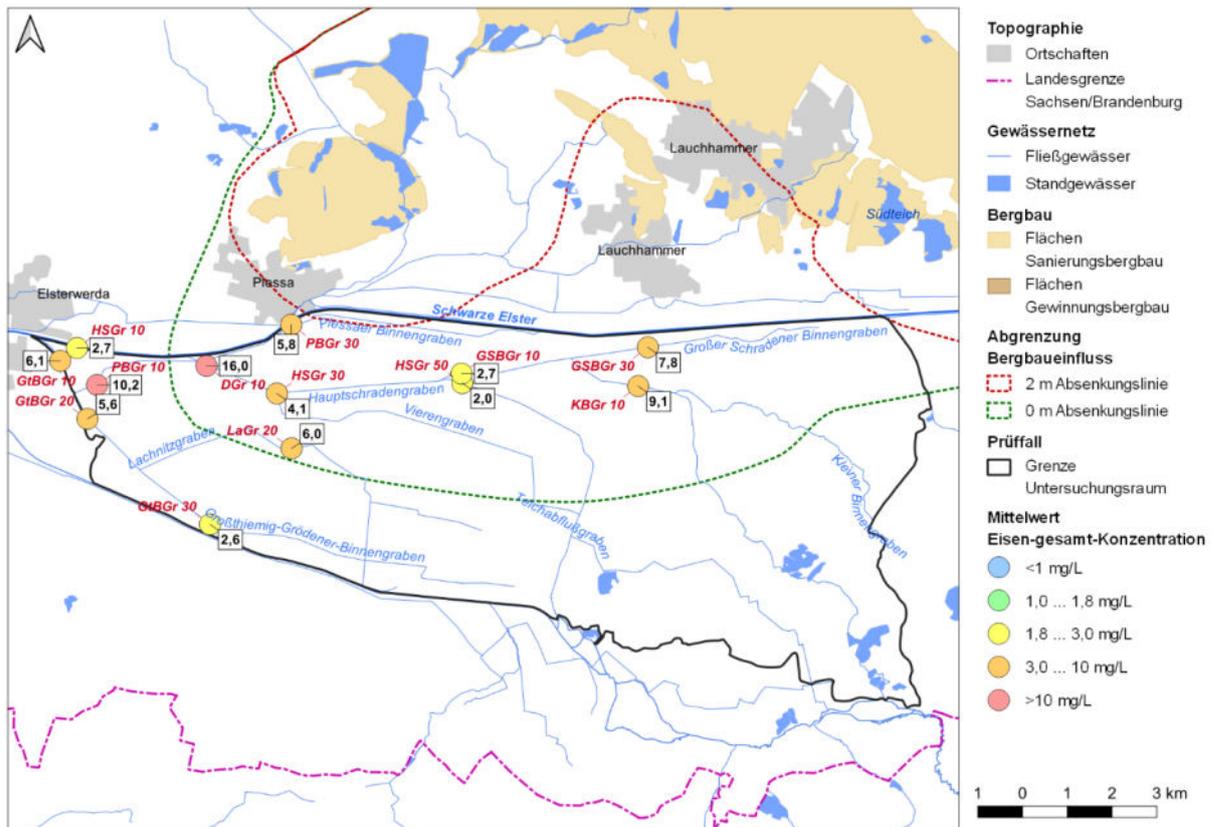


**Bild 47:** Minima der Säure-/Basenkapazität bei pH=4,3 der Stichtagsmessungen an den Messstellen im Untersuchungsgebiet Schraden entsprechend Tabelle 31 und Tabelle 35 (Die Basenkapazität bei pH=4,3 wird mit negativem Vorzeichen dargestellt).

Anhand der räumlichen Verteilung der **Eisenkonzentrationen** (Bild 48) in den Fließgewässern im Schraden können die Haupteintragsbereiche identifiziert werden. Die höchsten mittleren Eisenkonzentrationen wurden im Nahbereich der 2-Meter-Absenkungslinie entlang der Schwarzen Elster im Kleinen Binnengraben und im Großen Schradener Binnengraben vor deren Zusammenfluss sowie im Plessaer Binnengraben erfasst. Der hohe Anteil von Eisen-II-gelöst an der Eisen-gesamt-Konzentration von durchschnittlich 70 % bis 85 % belegt die grundwasserbürtige Herkunft der Eisenbelastung auf diesen Fließabschnitten. Im Verlauf der Fließe sank die mittlere Eisenkonzentration durch Rückhalt im Grabenprofil.

Die Laborbefunde zur Wasserbeschaffenheit im Sammelablauf der Meliorationsgräben nördlich von Reißdamm bestätigten den zur Ortsbegehung gewonnenen optischen Eindruck. Hier wurde die höchste mittlere Eisenkonzentration im Messzeitraum gemessen. Der geringe Anteil von gelöstem Eisen-II an der Eisen-gesamt-Konzentration von durchschnittlich 25 % wird auf geringe Fließgeschwindigkeiten in den Gräben zurückgeführt, wodurch die Eisenfällung begünstigt war.

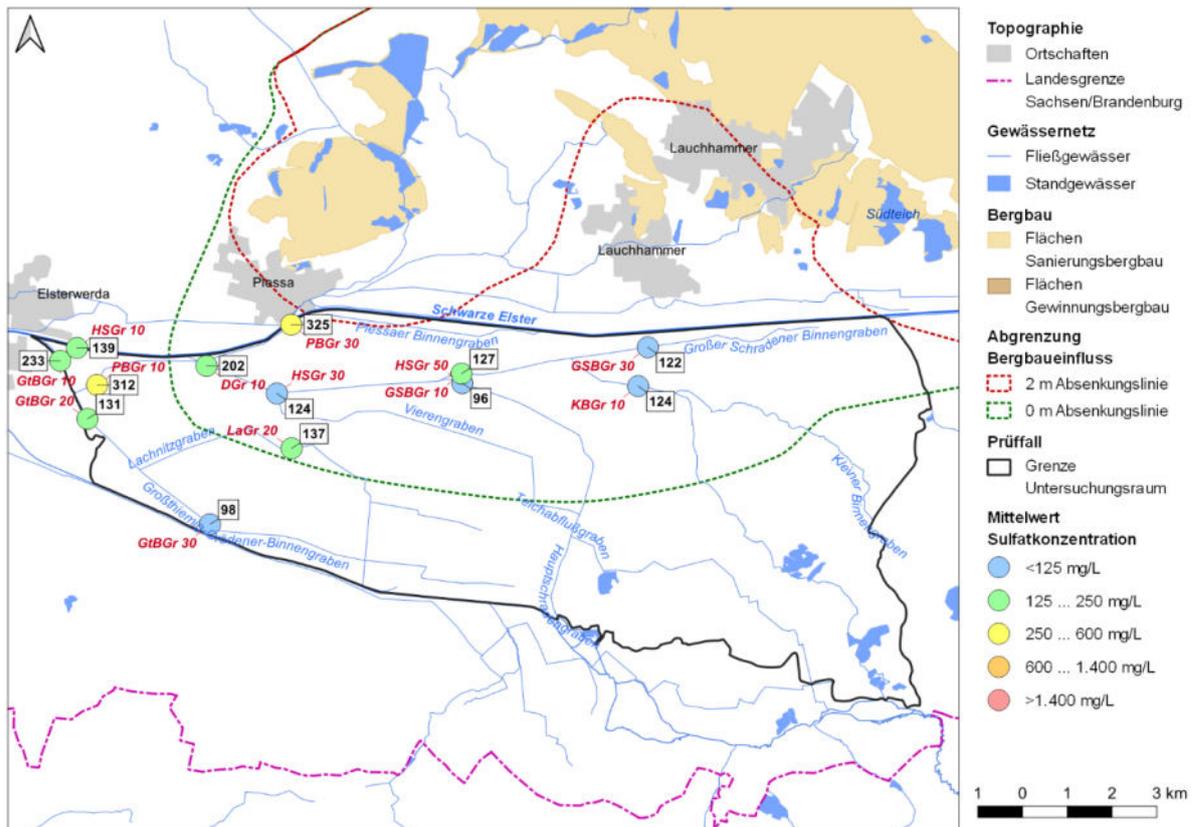
Die niedrigsten mittleren Eisenkonzentrationen wurden im Nahbereich der 0-Meter-Absenkungslinie im Oberlauf des Großthiemig-Grödener Binnengrabens und des Hauptschradengrabens vor der Einmündung des Großen Schradener Binnengrabens erfasst.



**Bild 48:** Mittelwerte der Eisen-gesamt-Konzentration der Stichtagsmessungen an den Messstellen im Untersuchungsgebiet Schraden entsprechend Tabelle 32 und Tabelle 36.

Das Muster der **Sulfatkonzentration** (Bild 49) entspricht im Wesentlichen dem Muster der Eisenkonzentration. Fließgewässerabschnitte mit erhöhter Eisenbelastung waren meist auch durch hohe Sulfatkonzentrationen gekennzeichnet. Das trifft insbesondere auf den Nahbereich der 2-Meter-Absenkungslinie im Plessaer Binnengraben am südlichen Rand der Ortslage Plessa zu. Die niedrigsten mittleren Sulfatkonzentrationen im Bereich der natürlichen Hintergrundkonzentration wurden übereinstimmend mit der Eisenkonzentration in den Oberläufen des Großthiemig-Grödener-Binnengrabens und des Hauptschradengrabens, d. h. im Nahbereich der hypothetischen 0-Meter-Absenkungslinie, gemessen.

Die Befunde zur Stoffbelastung im Kleinen Binnengraben und im Großen Schradener Binnengraben vor deren Zusammenfluss sind ambivalent. Hier stehen den erhöhten Eisenkonzentrationen niedrige Sulfatkonzentrationen gegenüber.



**Bild 49:** Mittelwerte der Sulfatkonzentration der Stichtagsmessungen an den Messstellen im Untersuchungsgebiet Schraden entsprechend Tabelle 33 und Tabelle 37.

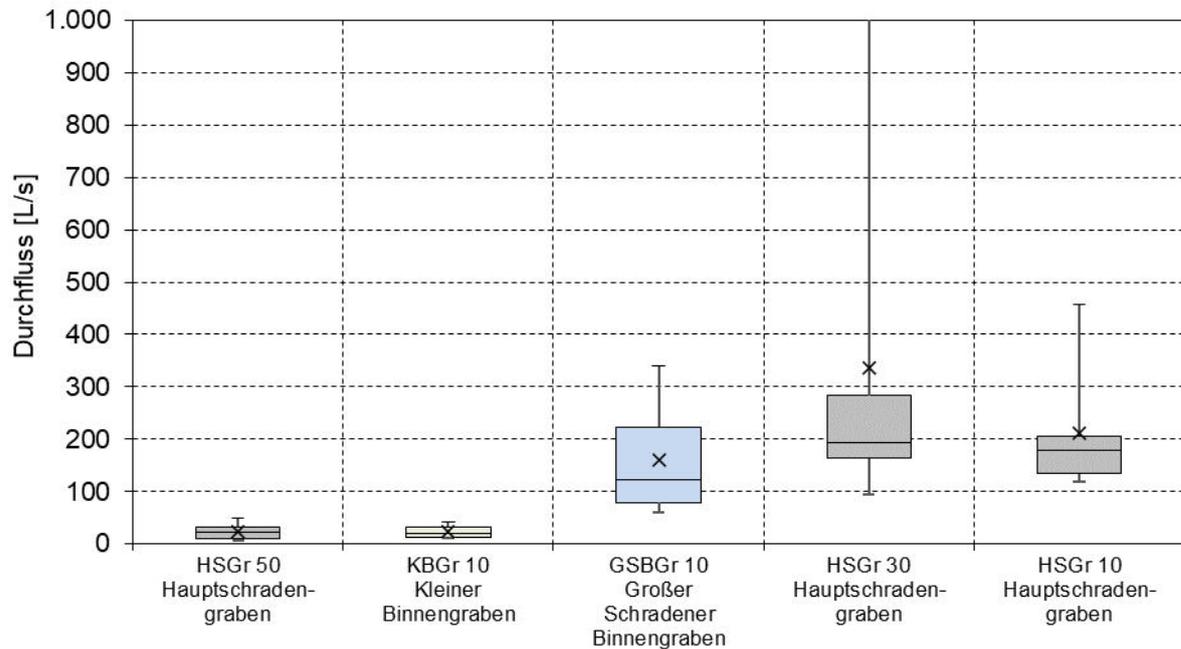
## 7.6 Bilanzen

### 7.6.1 Wassermengen

Im Oberlauf des **Hauptschradengrabens** nördlich von Tettau (Mst. HSGr 50) stammte das Dargebot vorwiegend aus dem zuzitenden Grundwasser und lag überwiegend um 20 L/s. Das entspricht einem Anteil von 5 % bis 10 % am Abfluss in der stromunterhalb gelegenen Messstelle HSGr 30.

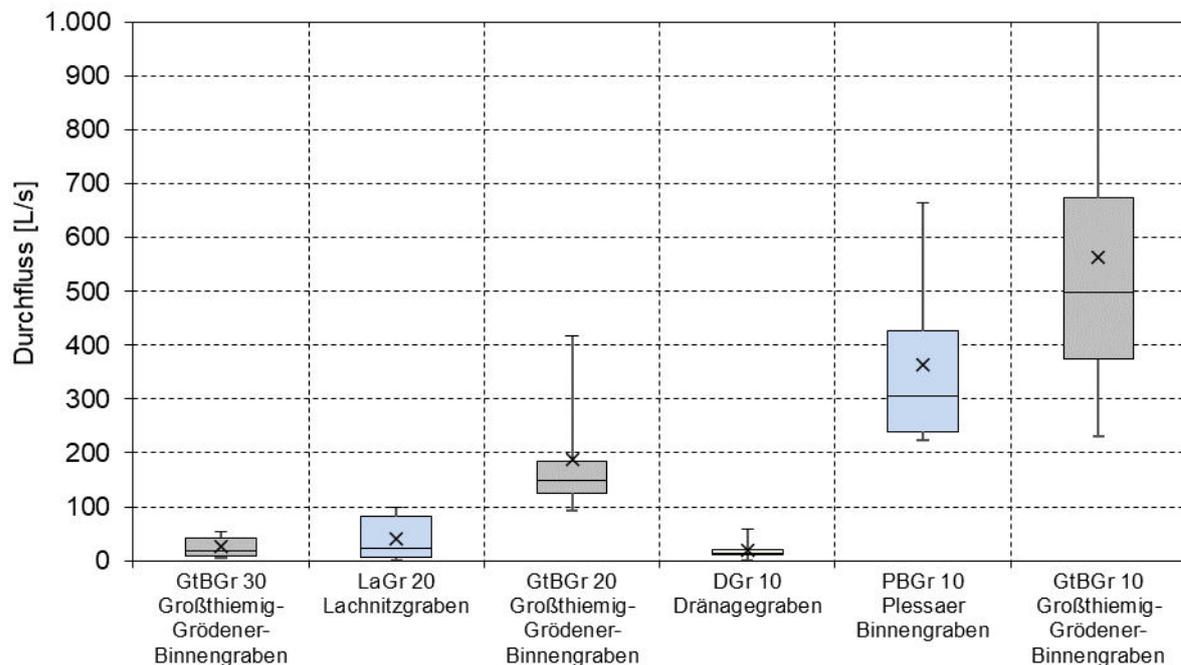
Im Hauptschradengraben an der Messstelle HSGr 30 stammten in der Regel zwei Drittel des Dargebots aus dem Großen Schradener Binnengraben, welcher den Hauptschradengraben aus Norden speist. Die Befunde der Stichtagsmessung Anfang September 2021 deuten darauf hin, dass sich der primäre Herkunftsraum des Dargebots im Hauptschradengraben in niederschlagsreichen Perioden verändert. Zum Messtermin stammte lediglich ein Drittel des Dargebots im Hauptschradengraben an der Messstelle HSGr 30 aus dem Großen Schradener Binnengraben. In dieser Phase waren die Zuflüsse aus Süden (u. a. Schilfgraben und Vierengraben) dominant.

Bis zur Einmündung in die Schwarze Elster verringerte sich der Durchfluss im Hauptschradengraben durch Versickerung um etwa 15 %. Im September 2021, bei erhöhten Durchflüssen im Untersuchungsgebiet, verringerte sich der Durchfluss auf diesem Fließabschnitt um etwa 55 % (Bild 50).



**Bild 50:** Durchflusst Statistik der sechs Stichtagsmessungen an den Messstellen im Untersuchungsgebiet Schraden – Teileinzugsgebiet Hauptschradengraben. Zuflüsse zum Hauptschradengraben sind blau gekennzeichnet. Zuflüsse II. Ordnung sind grün gekennzeichnet.

Im **Großthiemig-Grödener-Binnengraben** vor der Einmündung des Plessaer Binnengrabens (Mst. GtBGr 20) stammte das Dargebot von im Mittel 190 L/s vorwiegend aus dem Grundwasser im Bereich der Unteren Pulsnitzniederung (Bild 51). Der Durchfluss an dieser Messstelle hat einen Anteil von rund einem Drittel am Abfluss in der mündungsnahen Messstelle GtBGr 10. Der Gesamtabfluss an der Messstelle GtBGr 10 lag im Mittel bei rund 560 L/s. Im Durchschnitt stammten zwei Drittel des Dargebots bzw. rund 345 L/s aus dem Plessaer Binnengraben, welcher den Großthiemig-Grödener Binnengraben aus Norden speist. Davon entfallen 5 % auf den Abfluss aus dem potentiellen Hotspot der Stoffbelastung nördlich der Ortslage Reißdamm.



**Bild 51:** Durchflussstatistik der sechs Stichtagsmessungen an den Messstellen im Untersuchungsgebiet Schraden – Teileinzugsgebiet Großthiemig-Grödener-Binnengraben. Zuflüsse zum Großthiemig-Grödener-Binnengraben sind blau gekennzeichnet. Zuflüsse II. Ordnung sind grün gekennzeichnet.

## 7.6.2 Stoffmengen

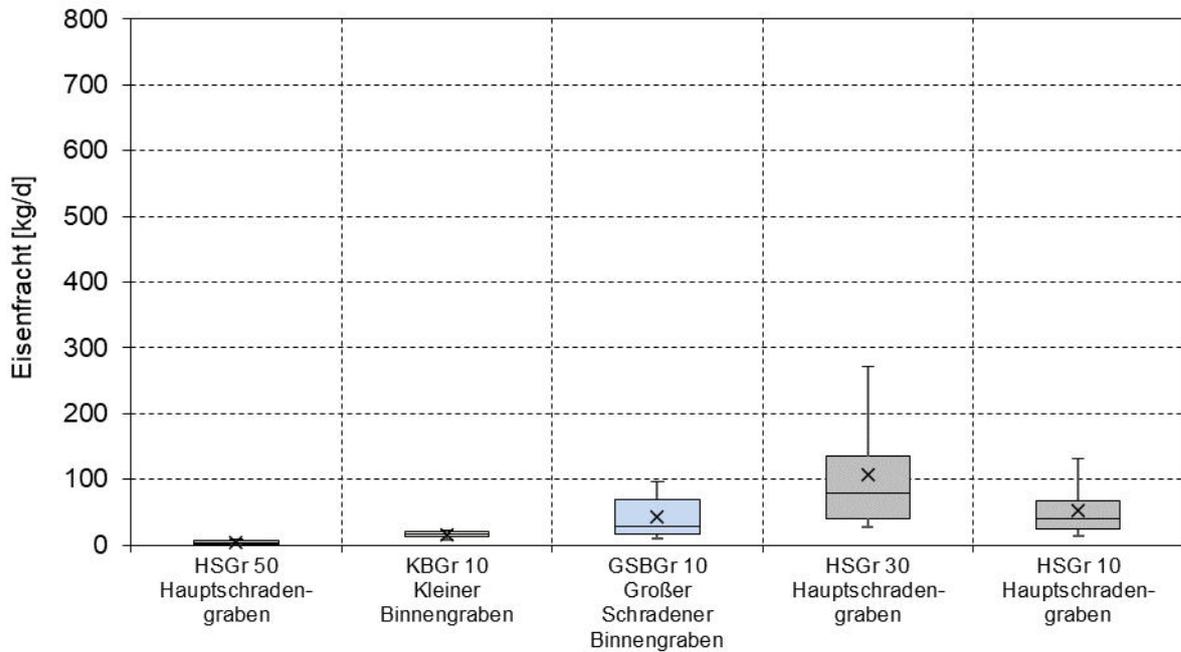
Im Oberlauf des Hauptschradengrabens, im Kleinen Binnengraben und im Großen Schradener Binnengraben lagen die **Eisenfrachten** als Mittel- und Einzelwerte unter 100 kg/d (Bild 52). Die Summe der Eisenfrachten im Hauptschradengraben betrug im Mittel 65 kg/d. Im Fließverlauf des Hauptschradengrabens bis zur Messstelle HSGr 30 erhöhte sich die mittlere Eisenfracht durch Grundwasserzustrom auf 105 kg/d. Auf diesem Abschnitt überwogen die Eiseneinträge die Sedimentationsverluste. Im September 2021 stieg die Eisenfracht ereignisbezogen bis auf 270 kg/d. Auf dem folgenden Fließabschnitt bis zur mündungsnahen Messstelle HSGr 10 sank die Eisenfracht durch den Rückhalt im Fließ um etwa 50 % im Mittel auf 55 kg/d.

Im Großthiemig-Grödener-Binnengraben und im Lachnitzgraben vor der Passage der Unteren Pulsnitzniederung formierten sich im Berichtszeitraum keine relevanten Eisenfrachten (Bild 53). Die Summe der Eisenfrachten betrug im Mittel 25 kg/d. Bei der Passage der Unteren Pulsnitzniederung erhöhte sich die Eisenfracht durch Grundwasserzutritt im Mittel auf 95 kg/d (Mst. GtBGr 20). Bei erhöhtem Abfluss aus der Pulsitzniederung in der Folge ergiebiger Niederschläge im September 2021 wurde ein einmaliges Frachtmaximum von 270 kg/d verzeichnet.

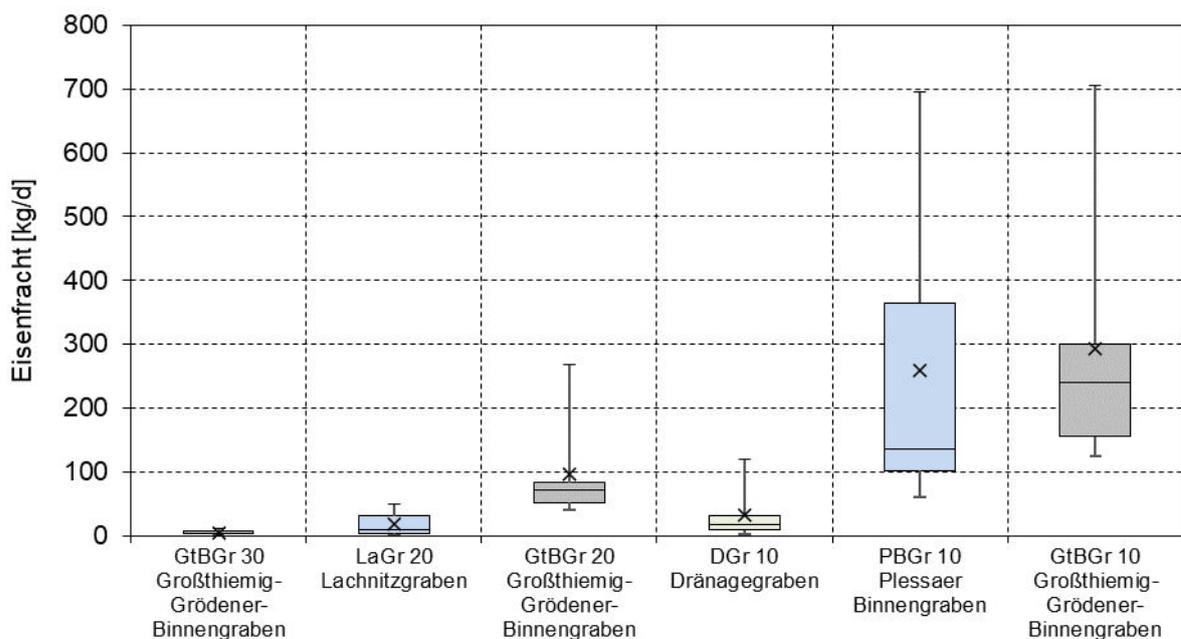
Der maßgebliche Eisenemittent im Schraden ist der Plessaer Binnengraben. Er führte dem Großthiemig-Grödener-Binnengraben im Berichtszeitraum eine Eisenfracht von 260 kg/d im Mittel und ereignisbezogen von maximal 695 kg/d zu (Bild 53). Etwa 12 % der Eisenfracht im Plessaer Binnengraben stammten aus dem Hotspot der Eisenbelastung nördlich der Ortslage Reißdamm. Im Großthiemig-Grödener-Binnengraben nach der Einmündung des Plessaer Binnengrabens lag die Eisen-



fracht im Mittel bei 295 kg/d. Etwa drei Viertel der Eisenbelastung stammten aus dem Plessaer Binnengraben. Im Durchschnitt sedimentierten rund 20 % der einge-tragenen Eisenfracht aus der Pulsnitzniederung und aus dem Plessaer Binnen-graben stromoberhalb der Messstelle GtBGr 10.



**Bild 52:** Statistik der Eisenfracht der sechs Stichtagsmessungen an den Messstellen im Untersuchungsgebiet Schraden – Teileinzugsgebiet Hauptschradengraben. Zuflüsse zum Hauptschradengraben sind blau gekennzeichnet. Zuflüsse II. Ordnung sind grün gekennzeichnet.

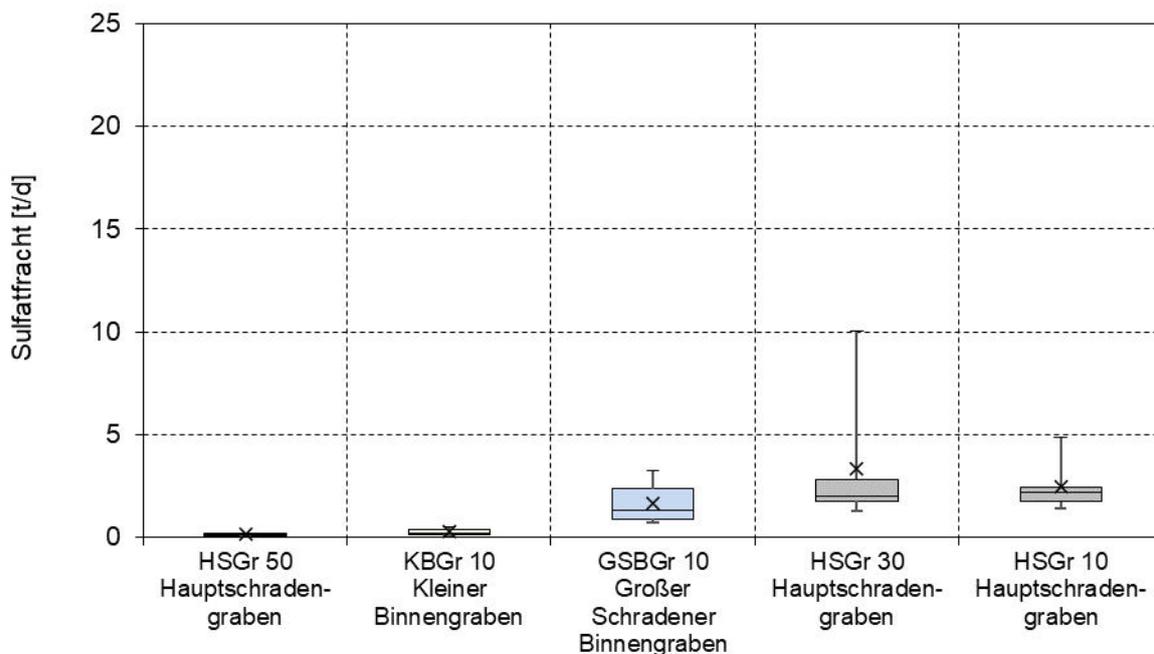


**Bild 53:** Statistik der Eisenfracht der sechs Stichtagsmessungen an den Messstellen im Untersuchungsgebiet Schraden – Teileinzugsgebiet Großthiemig-Grödener-Binnengraben. Zuflüsse zum Großthiemig-Grödener-Binnengraben sind blau gekennzeichnet. Zuflüsse II. Ordnung sind grün gekennzeichnet.

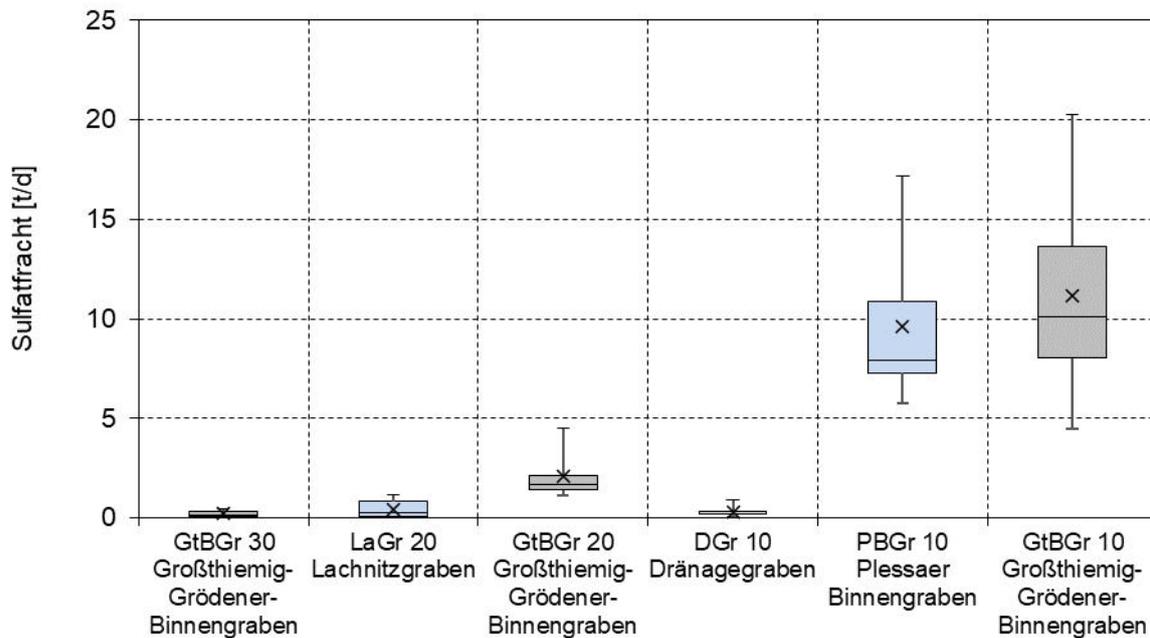


Im Hauptschradengraben wurden überwiegend **Sulfatfrachten** unter 3,0 t/d im Mittel und als Einzelwerte erfasst (Bild 54). Nach der Einmündung des Großen Schradener Binnengrabens trat im September 2021 an der Messstelle HSGr 30 ereignisbezogen eine Frachtspitze von 10 t/d auf. Die Hälfte der Sulfatfracht an dieser Messstelle stammte aus dem Großen Schradener Binnengraben. Die andere Hälfte stammte aus dem Kleinen Binnengraben, aus dem Oberlauf des Hauptschradengrabens und aus dem lokal zusitzenden Grundwasser. Auf dem Fließabschnitt zwischen der Messstelle HSGr 30 und dem Mündungsprofil HSGr 10 verringerte sich die Sulfatfracht durch Versickerung durchschnittlich um 25 %.

Die Sulfatfracht im Großthiemig-Grödener-Binnengraben vor dem Schöpfwerk Krauschütz (Mst. GtBGr 10) betrug im Mittel des Untersuchungszeitraums ca. 11 t/d. Ereignisbezogen stieg sie auf maximal 20 t/d. Etwa 85 % der Sulfatfracht stammten aus dem Plessaer Binnengraben (Bild 85). Dessen Sulfatfracht stammt aus dem Grundwasser und aus Meliorationsgräben. Der Plessaer Binnengraben ist der maßgebliche Sulfatemittent im Schraden.



**Bild 54:** Statistik der Sulfatfracht der sechs Stichtagsmessungen an den Messstellen im Untersuchungsgebiet Schraden – Teileinzugsgebiet Hauptschradengraben. Zuflüsse zum Hauptschradengraben sind blau gekennzeichnet. Zuflüsse II. Ordnung sind grün gekennzeichnet.



**Bild 55:** Statistik der Sulfatfracht der sechs Stichtagsmessungen an den Messstellen im Untersuchungsgebiet Schraden – Teileinzugsgebiet Großthiemig-Grödener-Binnengraben. Zuflüsse zum Großthiemig-Grödener-Binnengraben sind blau gekennzeichnet. Zuflüsse II. Ordnung sind grün gekennzeichnet.

## 7.7 Synthese

### 7.7.1 Kenntnisstand

Im Untersuchungsgebiet Schraden besteht keine flächenhafte Versauerung. Die Daten des behördlichen Monitorings belegen gelegentliche Versauerungsschübe im Hauptschradengraben, allerdings nur bei geringen Abflüssen in den dargebotsarmen Sommermonaten, wenn das lokal zuzitzende Grundwasser die Beschaffenheit im Hauptschradengraben dominiert. Im aktuellen Monitoringzeitraum wurde kein Versauerungsschub erfasst (Abschnitt 7.5.1).

In den Messstellen im Untersuchungsgebiet lagen die mittleren Eisenkonzentrationen zwischen 2 und 16 mg/L. Lokal wurden Einzelbefunde bis 24 mg/L erfasst. Die Sulfatkonzentration lag überwiegend auf einem niedrigen Niveau < 150 mg/L. Die Fließgewässerabschnitte mit der stärksten Eisenbelastung waren auch durch erhöhte Sulfatkonzentrationen bis 380 mg/L als Einzelwerte gekennzeichnet. Der Abfluss aus dem Schraden hatte hinsichtlich der Sulfatkonzentration für die Schwarze Elster keine Relevanz (Abschnitt 7.5).

Die räumliche Herkunft der Stoffbelastung im Einzugsgebiet konnte mit den Befunden des Monitorings weitgehend aufgeklärt und die Verursacher der Stoffbelastung identifiziert werden (Abschnitt 7.7.2).

### 7.7.2 Verursacheranalyse

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen war die bergbauliche Beeinflussung von fünf Fließgewässer-OWK im Untersuchungsgebiet Schraden aufzuklären (Tabelle 38). Der Bergbaueinfluss im Schraden manifestierte sich in einer lokalen



Eisenbelastung der Fließgewässer. Diese war besonders in dem Gebiet, das von den Absenkungslinien geschnitten wurde, gegenüber den außerhalb liegenden Gebieten markant erhöht. Im Plessaer Binnengraben wurden zudem erhöhte Sulfatkonzentrationen gemessen. Aufgrund der Kongruenz des von den Absenkungslinien erfassten Gebietes mit dem Gebiet der erhöhten Eisenbelastung wird eine anteilige bergbauliche Verursachung angenommen.

Das Dargebot des Teichabflussgrabens Frauendorf (DEBB538196422\_1674, Tabelle 38) versickert vollständig in den Absenkungstrichter des Wasserwerkes Tettau. Im Rahmen der Gebietsbegehung wurde auf diesem Fließabschnitt kein Hinweis auf einen stofflichen Bergbaueinfluss gefunden.

Für den Großthiemig-Grödener-Binnengraben (DEBB5381968\_1161) wurde in IWB & gIR (2020) kein Bergbaueinfluss ermittelt (Tabelle 38). Anhand der durchgeführten Untersuchungen kann allerdings ein Bergbaueinfluss durch Fernwirkung postuliert werden. Der Ursprung der bergbaubedingten Stoffbelastung an der Referenzmessstelle GtBGr 10 liegt nahe der 2-Meter-Absenkungslinie. Die Stofffrachten gelangen über den Plessaer Binnengraben etwa 800 Meter stromoberhalb der Referenzmessstelle in den Großthiemig-Grödener-Binnengraben.

Eine mögliche bergbauliche Beeinflussung der übrigen zu prüfenden Fließgewässer-OWK im Schraden kann auf der Grundlage der erhöhten Eisenkonzentration vermutet werden. Die erhöhte Stoffbelastung dieser Fließgewässer-OWK wird anteilig den Verursacherkategorien Bergbau und Landwirtschaft zugeordnet.

**Tabelle 38: Bergbaueinfluss und Zustand der Fließgewässer-OWK im Untersuchungsgebiet des Schraden.**

OWK	Bezeichnung/ Gewässer	Prüffall <sup>(1)</sup>	Ergebnis des Monitorings				Bewertung	Verursacher
			Mst.	Sulfat [mg/L]	Eisen [mg/L]	pH-Wert [-]		
DEBB538196422_1674	Teichabflußgraben Frauendorf	■	Keine	---	---	---	□	
DEBB53819642_1556	Kleiner Binnengraben	■	KBGr 10	124	9,1	5,7	■	B, E
DEBB5381964_1160	Großer Schradener Binnengraben	■	GSBGr 10	127	2,7	5,9	■	B, E
DEBB538196_624	Hauptschraden-graben	■	HSGr 10	139	2,7	6,1	■	B, E
DEBB53819682_1557	Lachnitzgraben	■	LaGr 20	137	6,0	5,5	■	B, E
DEBB53819684_1558	Plessaer Binnengraben	■	PBGr 10	311	8,1	6,1	■	B, E
DEBB5381968_1161	Großthiemig-Grödener-Binnengraben	□	GtBGr 10	233	6,1	6,2	■	B, E

<sup>(1)</sup> nach IWB & gIR (2020), Symbolik zum Bergbaueinfluss gemäß Tabelle 39.

<sup>(2)</sup> Zustandskategorien für die Kennwerte Sulfat, Eisen und pH-Wert gemäß Tabelle 7, Tabelle 8, Tabelle 9.



**Tabelle 39: Erläuterung der Symbolik zur Angabe des Bergbaueinflusses und der Verursacher.**

Prüffall nach IWB & gIR (2020)		Bewertung		Verursacher/Quellen	
<input type="checkbox"/>	kein Bergbaueinfluss	<input type="checkbox"/>	Kein Bergbaueinfluss	A	Gewinnungsbergbau BK
<input type="checkbox"/>	Prüffall Fernwirkung	<input checked="" type="checkbox"/>	Nicht abschließend feststellbar verbleibender Prüffall	B	Sanierungsbergbau BK
<input checked="" type="checkbox"/>	Prüffall Bergbaueinfluss			C	Altbergbau BK
<input checked="" type="checkbox"/>	Dominanter Bergbaueinfluss	<input checked="" type="checkbox"/>	Bergbaueinfluss	D	Anderer Bergbau
				E	Landwirtschaft
				F	natürliche
				G	andere bzw. ungeklärt

### 7.7.3 Maßnahmen

Das Monitoring im Untersuchungsgebiet Schraden erfüllt seinen Zweck. Zur Sicherung der Eingangsdaten wird die Fortführung des Monitorings der Fließgewässer empfohlen. Eine lokale Erkundung der Eintragsbereiche zur Präzisierung der Verursacheranteile ist entgegen der Vorabplanung nicht erforderlich (vgl. Tabelle 10).

Im Fokus möglicher Maßnahmen zur Minderung bergbaulicher Stofffrachten (hier: Eisen) steht das Schutzgut Schwarze Elster. Daher sollten auf der Grundlage der weiter auflaufenden Monitoringdaten Konzepte für eine End-of-pipe-Lösung zur Minderung des Eisenaustrags aus dem Schraden entwickelt werden. In der Planungsphase möglicher Maßnahmen sollten Feldversuche zum Eisenerückhalt unter Nutzung der vorhandenen Infrastruktur im Vorlagebecken des Schöpfwerks Krauschütz in Betracht gezogen werden.

## 8 Kleine Elster

### 8.1 Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet befindet sich in der Altmoränenlandschaft Niederlausitzer Randhügel (Bild 56). Die Landschaft ist durch großflächige Beckenstrukturen, Endmoränenzüge und altpleistozäne Hochflächen geprägt. Im Osten des Untersuchungsgebietes, im Lug-Becken, befindet sich das Quellgebiet der Kleinen Elster. Den zentralen Teil des Untersuchungsgebietes bilden das Kirchhain-Finsterwalder Becken und das Deutsch-Sornoer Becken. In den pleistozänen Rinnen der Becken lagern überwiegend gut durchlässige Grundwasserleiter. Im Süden wird das Gebiet durch die Höhenzüge der Endmoräne Hohenleipisch-Plessa und im Osten durch die Klettwitzter Hochfläche begrenzt. Im Norden erstreckt sich der Niederlausitzer Grenzwall. Das Untersuchungsgebiet wurde durch Rodung von Wäldern sowie durch Melioration und Gewässerregulierung ab dem 13. Jahrhundert kultiviert. Seither dominieren Acker- und Grünlandflächen. Zu dieser Zeit begann der Abbau u. a. von Raseneisenstein und Grauwacke im Untersuchungsgebiet. Das Untersuchungsgebiet umfasst das oberirdische Einzugsgebiet der Kleinen Elster mit einer Fläche von 130 km<sup>2</sup>. Das Quellgebiet der Kleinen Elster, das Feuchtgebiet „Der Lug“ bei Saadow, ist von zahlreichen Meliorationsgräben durchzogen, die in die Kleine Elster münden. Die Kleine Elster durchfließt den Untersuchungsraum in südwestliche Richtung vorbei an Finsterwalde und Doberlug-Kirchhain und mündet nach 38 km in Wahrenbrück in die Schwarze Elster. Die Geländehöhe beträgt im Osten des Untersuchungsgebietes +115 m NHN bis +135 m NHN und im Westen ca. +88 m NHN. Im



Südwesten des Untersuchungsgebietes liegt der Naturpark Niederlausitzer Heide Landschaft mit insgesamt 20 Landschafts- bzw. Naturschutzgebieten.

Die 2-Meter-Absenkungslinie, die die Gebiete mit dominantem Einfluss des Braunkohlenbergbaus abgrenzt, tangiert das Einzugsgebiet der Kleinen Elster am südlichen Rand des Lugs bei Saadow sowie in den oberen Abschnitten der östlichen Zuflüsse (u. a. die Schacke und die Flösse) zwischen Doberlug-Kirchhain und Bad Liebenwerda (Bild 56). Die hypothetische 0-Meter-Absenkungslinie bzw. die § 3-Linie der LMBV, die formal die äußere Grenze der bergbaulichen Beeinflussung begrenzt, verläuft mitten durch das Untersuchungsgebiet. Die Absenkungslinien des ehemaligen Tagebaues Tröbitz-Domsdorf tangieren das Einzugsgebiet im Westen. Die Kenntnisse zum Bergbaueinfluss und zum **Zustand der Fließgewässer-OWK** im Untersuchungsgebiet der Kleinen Elster aus dem strategischen Hintergrundpapier sind in Tabelle 40 und Bild 57 dargestellt. Die Datenlage zur Wasserbeschaffenheit der Fließgewässer-OWK im Einzugsgebiet der Kleinen Elster ist sehr spärlich.

**Tabelle 40: Bergbaueinfluss und Zustand der Fließgewässer-OWK im Untersuchungsgebiet Kleine Elster.**

OWK	Bezeichnung / Gewässer	Bergbau-einfluss <sup>(1)</sup>	Zustand für Kennwert <sup>(2)</sup>			
			Messstelle	Sulfat [mg/L]	Eisen [mg/L]	pH-Wert [-]
DEBB538612_630	Wormlager Mühlgraben	■	---	---	---	---
DEBB538614_631	Göllnitzer Fließ	■	---	---	---	---
DEBB538616_632	Riethgraben	■	---	---	---	---
DEBB538618_633	Ponnsdorfer Graben	■	---	---	---	---
DEBB538624_637	Neuer Lugkteichabfluß	□	---	---	---	---
DEBB538624_635	Neuer Lugkteichabfluß	□	---	---	---	---
DEBB538622_634	Zeckeriner Mühlgraben	□	---	---	---	---
DEBB53862_261	Sonnenwalder Landgraben	■	---	---	---	---
DEBB5386422_1165	Oberförster Wiesengraben	□	---	---	---	---
DEBB5386426_1166	Mühlenfließ	□	---	---	---	---
DEBB538642_638	Breiter Graben	□	---	---	---	---
DEBB53864_262	Umfluter Kleine Elster	□	---	---	---	---
DEBB538664_640	Schiemenz-Mühlgraben	■	---	---	---	---
DEBB538664_639	Schiemenz-Mühlgraben	□	---	---	---	---
DEBB53866_263	Schacke	■	SCHA_0020	137	3,2	7,0
DEBB538672_641	Rückersdorfer Neugraben	□	---	---	---	---
DEBB53868_265	Flösse	■	---	---	---	---
DEBB538684_642	Sornoer Hauptgraben	□	---	---	---	---
DEBB53868_264	Flösse	□	---	---	---	---
DEBB538694_643	Schweißgraben Maasdorf	□	---	---	---	---
DEBB5386962_1167	Graben bei Kraupa	□	---	---	---	---
DEBB538696_644	Liebenwerdaer-Zeishaer-Binnengraben	□	---	---	---	---
DEBB5386_86	Kleine Elster	■	---	---	---	---
DEBB5386_85	Kleine Elster	■	KLEL_0010	125	1,4	6,9
DEBB5386_84	Kleine Elster	■	KLEL_0090	122	1,7	6,5

<sup>(1)</sup> nach IWB & gIR (2020), Symbolik zum Bergbaueinfluss gemäß Tabelle 41.

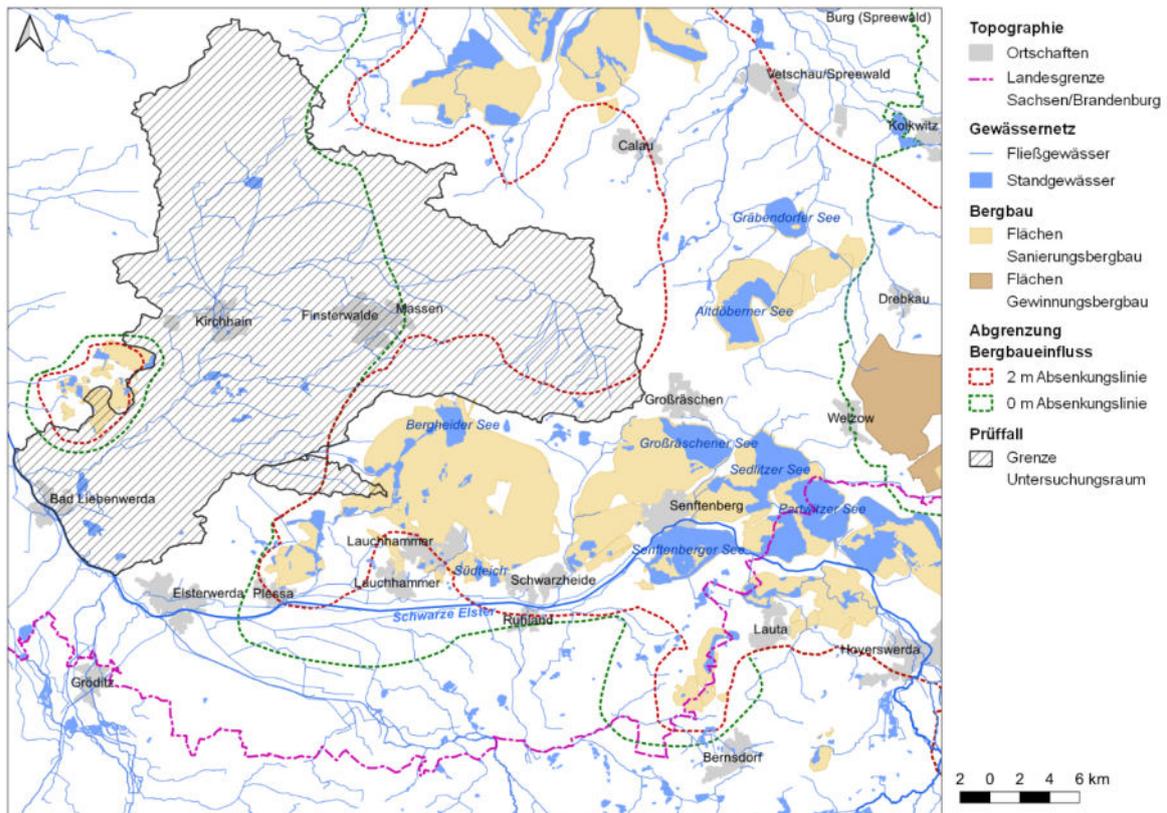
<sup>(2)</sup> Zustandskategorien für die Kennwerte Sulfat, Eisen und pH-Wert gemäß Tabelle 7, Tabelle 8, Tabelle 9.

**Tabelle 41: Erläuterung der Symbolik zur Angabe des Bergbaueinflusses**

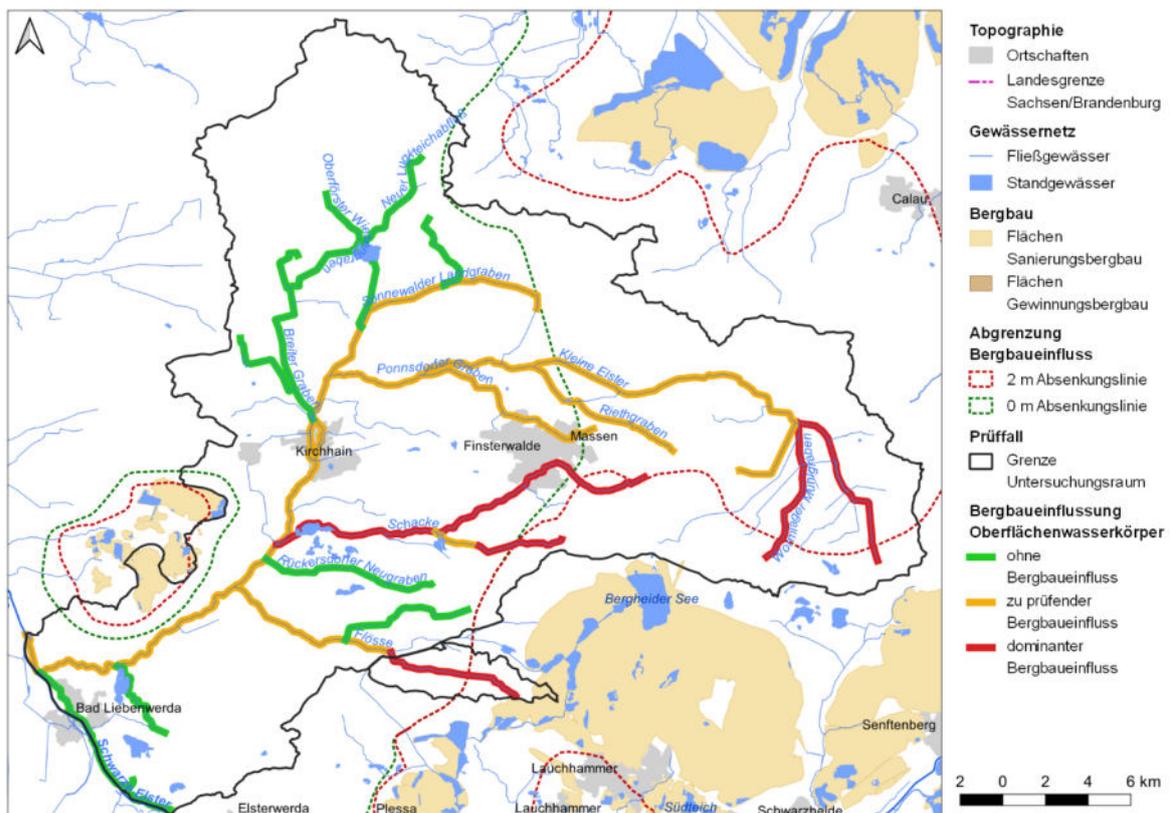
Symbol	Erläuterung
	kein Bergbaueinfluss
	Prüffall Fernwirkung
	Prüffall Bergbaueinfluss
	Dominanter Bergbaueinfluss

Der **Braunkohlenbergbau** in den Förderräumen Lauchhammer und Plessa sowie Grünewalde im Südosten des Untersuchungsgebietes begann bereits um 1852 bzw. 1894. Das Sumpfungswasser aus den Tagebauen Lauchhammer, Klettwitz und Klettwitz-Nord wurde ab 1980 in der GWRA Lichterfeld gereinigt und über den Zürcheler Freigraben in die Kleine Elster abgeleitet. Die Kohlegewinnung aus der Lagerstätte Lauchhammer endete Anfang der 1990er Jahre in den Tagebauen Klettwitz und Klettwitz-Nord. Im Jahr 1992 setzte der Grundwasserwiederanstieg ein. Im Bereich der ehemaligen Tagebaue Klettwitz, Klettwitz-Nord, Kleinleipisch, Plessa und weiterer Gruben entstand die sogenannte Kleine Restlochekette. Die Staukoten in den Bergbaufolgeseen liegen deutlich unter den vorbergbaulichen Grundwasserständen. Dies bewirkt eine dauerhaft verbleibende Grundwasserabsenkung und eine Verringerung des Basisabflusses sowie das Trockenfallen von Quellen, FUGRO Consult GmbH (2013). Dies trifft insbesondere auf den Oberlauf der Kleinen Elster, der Schacke und der Flösse zu (Bild 57).

Im Förderraum Tröbitz/Domsdorf, im Westen des Untersuchungsgebietes, begann der Braunkohlenbergbau um 1850 und endete 1958. Im Anschluss wurden die bergbaulich beanspruchten Flächen saniert. In diesem Bereich ist der Grundwasserwiederanstieg abgeschlossen.



**Bild 56:** Lage des Untersuchungsgebietes Kleine Elster mit den Grenzen des Bergbaueinflusses nach IWB & GIR (2020).



**Bild 57:** Übersicht des Untersuchungsgebietes Kleine Elster mit Oberflächenwasserkörpern und Grenzen des Bergbaueinflusses nach IWB & gir (2020).



## 8.2 Gebietserkundung

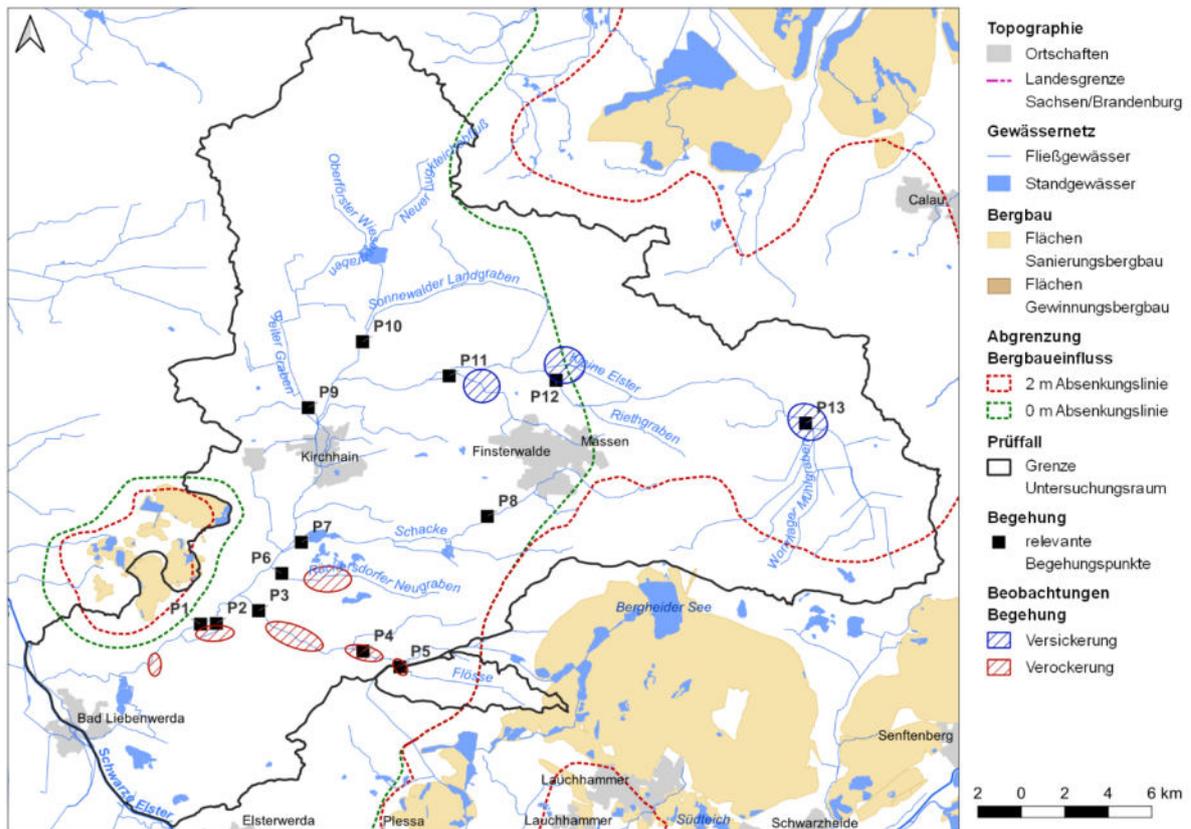
### 8.2.1 Ortsbegehung

Im Vorfeld der Ortsbegehung wurden projektbezogene Unterlagen recherchiert und Kartenmaterial zusammengestellt. Am 07.05.2021 erfolgte eine Gebietsbegehung entlang der Kleinen Elster von der Mündung bis zum Lug bei Saadow. Bei der Begehung wurden durchflussrelevante und augenscheinlich eisenbelastete Zuflüsse bzw. erkennbare Hotspots der Eisenbelastung untersucht (Bild 58). Vor Ort wurden der pH-Wert und die elektrische Leitfähigkeit in der Kleinen Elster und in relevanten Nebenflüssen gemessen. Topografische Kenntnislücken im Einzugsgebiet der Kleinen Elster wurden im Rahmen der ersten Messkampagne am 03.06.2021 geschlossen.

Im Oberlauf der Kleinen Elster und in ihren Zuflüssen bei Saadow (P13 in Bild 58) wurde keine relevante Eisenbelastung festgestellt (Bild 59). Zum Termin der Ortsbegehung erzeugte die Kleine Elster in diesem Bereich keinen Abfluss. Im Weiteren Fließverlauf münden der Riethgraben (P12 in Bild 58, Bild 60 rechts), der Ponnisdorfer Gaben (P11 in Bild 58, Bild 60 links), der Sonnewalder Landgraben (P10 in Bild 58, Bild 61 rechts), der Breite Graben (P9 in Bild 58, Bild 61 links) und die Schacke (P7 in Bild 58, Bild 62) in die Kleine Elster. Der optische Eindruck und die vor Ort gemessenen Milieukennwerte lieferten keinen Hinweis auf eine bergbaubürtige Stoffbelastung der Fließgewässer. Das Wasser war in allen Gräben mit pH-Werten zwischen 6,8 und 8,2 neutral. Die gemessenen elektrischen Leitfähigkeiten lagen zwischen 500 und 750  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Lediglich im Oberlauf der Schacke bei Drözig (P8 in Bild 58, Bild 62 rechts) wurde eine elektrische Leitfähigkeit von 1.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  gemessen. In der Kleinen Elster bei Lindena, nach der Einmündung der genannten Gräben, gab es keine Anzeichen einer bergbaulich bedingten Stoffbelastung. Den ersten Hinweis auf eine Eisenbelastung der Kleinen Elster gaben Verfärbungen an einem Brückenbauwerk und eine sichtbare Trübung des Wassers in Schadewitz (P1 in Bild 58, Bild 63 links). Zwischen Lindena und Schadewitz münden der Rückersdorfer Neugraben und die Flösse bzw. der Randgraben in die Kleine Elster.

Im Ergebnis der Ortsbegehung wurde festgestellt, dass die Flösse mit Eisen belastet ist. Das Eisen stammt augenscheinlich aus den Niederungen im Oberlauf zwischen Oppelhain und Staupitz. Abschnittsweise drang sichtbar eisenreiches Grundwasser in die Flösse (P4 in Bild 58, Bild 64 rechts). Die Flösse strömt in das Vorlagebecken des Schöpfwerks Gruhno. Etwa 1.400 Meter vor dem Schöpfwerk wird ein Teil des Dargebots über den Randgraben in südliche Richtung zur Kleinen Elster abgeleitet. In diesem Bereich wurden mächtige Ablagerungen von eisenhaltigen Sedimenten im Fließ festgestellt, was auf einen relevanten Eisenrückhalt im unteren Fließabschnitt der Flösse (P3 in Bild 58, Bild 64 links) bzw. des Randgrabens (P2 in Bild 58, Bild 63 rechts) hindeutet. Zudem deuteten eisenhaltige Ablagerungen im Rückersdorfer Neugraben nördlich der Ortslage Rückersdorf (P6 in Bild 58, Bild 65 rechts) auf einen oberstromigen Eiseneintrag hin.

Der Floßgraben durchquert die Niederung zwischen Oppelhain und Staupitz, dem Entstehungsgebiet der Flösse (P5 in Bild 58, Bild 65 links). Er hat in diesem Bereich keinen Anschluss an das Grundwasser und an die umliegenden Fließgewässer.



**Bild 58: Übersicht der Befunde der Begehung des Untersuchungsgebietes Kleine Elster im Mai 2021.**



**Bild 59: Kleine Elster im Oberlauf bei Saadow (P13).**



**Bild 60:** Ponnsdorfer Graben (links) (P11) sowie Riethgraben mündungsnah (rechts) (P12).



**Bild 61:** Breiter Graben bei Werenzhain (links) (P9) sowie Sonnewalder Landgraben mündungsnah (rechts) (P10).



**Bild 62:** Schacke im Mündungsbereich am Pegel Lindena (links) (P7) sowie im Oberlauf bei Drößig (rechts) (P8).



**Bild 63:** Kleine Elster in Schadewitz (links) (P1) nach Einmündung des Randgraben (rechts) (P2).



**Bild 64:** Flösse im Mündungsbereich (links) (P3) sowie im Oberlauf vor Einmündung des Sornoer Hauptgraben (rechts) (P4).



**Bild 65:** Trockener Floßgraben im Kreuzungsbereich mit der Flösse (links) (P5) sowie Rückersdorfer Neugraben mündungsnah (rechts) (P6).



## 8.2.2 Gewässerbenutzung

Die Kleine Elster und ihre Zuflüsse liegen abschnittsweise im Einflussbereich der kommunalen Wasserwerke (WW) (Bild 66). Die Kleine Elster südlich der Ortslage Schönewalde und der Unterlauf des Ponnisdorfer Grabens im Bereich der Ortslage Münchhausen-Ossak bzw. der Niederung Bauerbusch liegen im Einflussbereich der Wasserfassung Schönewalde I des WW Finsterwalde. Südlich von Doberlug-Kirchhain tangieren die Kleine Elster und die Schacke die Wasserfassungen 1 und 3 des WW Doberlug Kirchhain. Alle weiteren Wasserfassungen spielen aufgrund ihrer Entfernung zu den Fließgewässern im Untersuchungsgebiet keine oder nur eine untergeordnete Rolle. Die Wasserfassungen und die ausgewiesenen Wasserschutzgebiete der Wasserwerke liegen im bergbaulich unbeeinflussten Gebiet. Die Einzelbrunnen liegen überwiegend außerhalb oder in der Nähe der theoretischen 0-Meter-Absenkungslinie (§ 3-Linie der LMBV). Lediglich die Wasserfassung Lindthal liegt zwischen der theoretischen 0-Meter-Absenkungslinie und der 2-Meter-Absenkungslinie am Riethgraben in der Gemeinde Massen, OT Siedlung Erika. Im Westen des Untersuchungsgebietes liegt die Wasserfassung Schönborn des WW Schönborn außerhalb der § 3-Linie der LMBV. Das dazugehörige Wasserschutzgebiet erstreckt sich jedoch in den Bereich zwischen der § 3-Linie der LMBV und der 2-Meter-Absenkungslinie um das ehemalige Kohleabbaugebiet Tröbitz/Domsdorf.

Im Untersuchungsgebiet befinden sich zahlreiche **Punkteinleitungen** kommunaler Kläranlagen (KA). Die Einleitung von aufbereitetem Abwasser aus den Kläranlagen bewirkt eine Erhöhung des Abflusses in der Vorflut und beeinflusst deren Wasserbeschaffenheit.

Zudem gibt es im Untersuchungsgebiet Gewässerbenutzer (u. a. Landwirtschaftsbetriebe und Teichwirtschaften), welche über eine Wasserrechtliche Erlaubnis (WRE) zur **Wasserentnahme- und Wiedereinleitung** von Wasser aus den bzw. in die Oberflächengewässer verfügen. Die aktuellen Erlaubnisbescheide lagen dem Gutachter nicht vor.

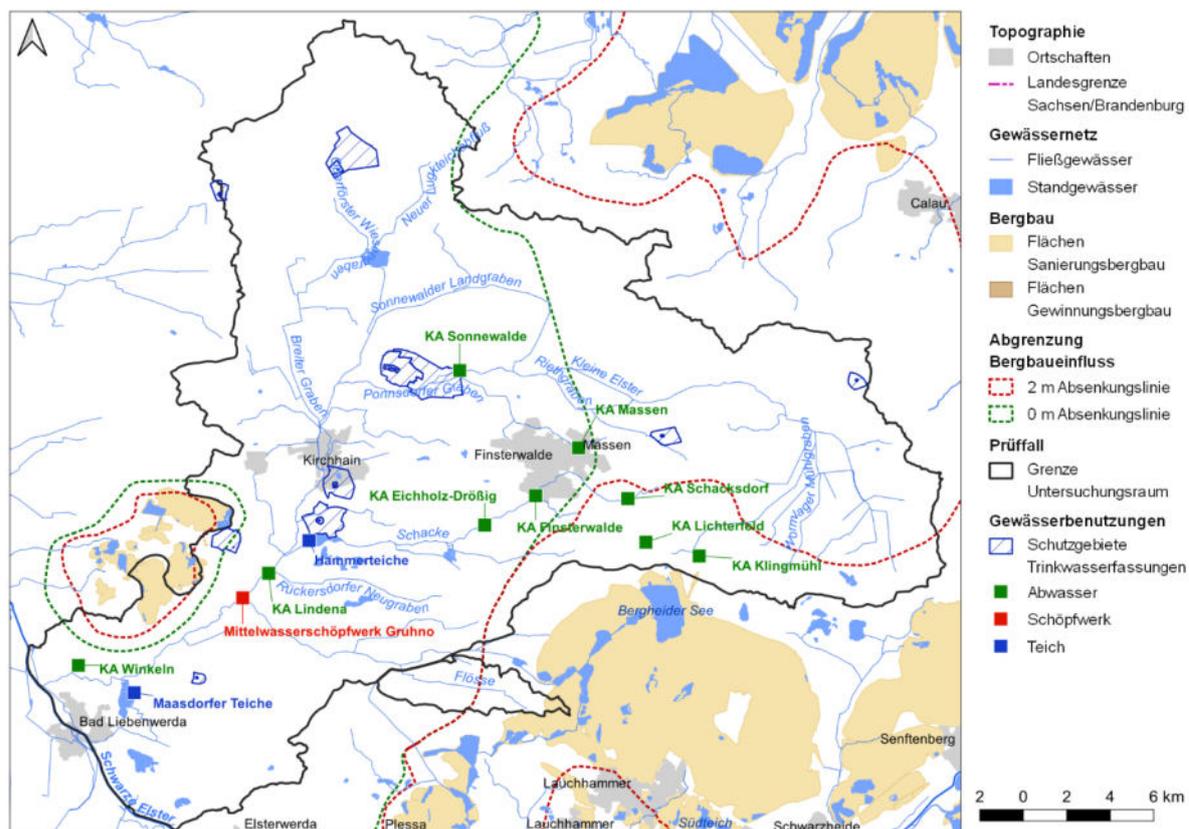
Die Flösse entwässert die Flösseniederung. Östlich der Ortslage Gruhno strömt ein Teil des Volumenstroms in den Randgraben und mündet nach etwa 2.700 Meter in die Kleine Elster. Die Flösse selbst strömt nach dem Abzweig des Randgrabens nach etwa 1.400 Meter in das Vorlagebecken des **Schöpfwerks Gruhno**. Das Schöpfwerk wird vom Gewässerverband (GWV) Kleine Elster-Pulsnitz betrieben (Tabelle 42).

Tabelle 42: Gewässerbenutzer im EZG Kleine Elster. Koordinaten in ETRS89/UTM-Zone 33N.

Objekt	Benutzer	HW	RW	Art der Benutzung
<b>Wasserfassungen (Entnahme von Grundwasser)</b>				
Schönewalde I <i>Anfang – Brunnen 1</i>	Stadtwerke Finsterwalde GmbH	5725448	403205	Entnahme von Grundwasser
Schönewalde I <i>Ende – Brunnen 8</i>	Stadtwerke Finsterwalde GmbH	5725433	403400	Entnahme von Grundwasser
<b>Punkteinleitungen (in Oberflächengewässer)</b>				
KA Massen	Amt Kleine Elster	5721735	412069	Einleitung von gereinigtem Abwasser
KA Sonnewalde	WAV Westniederlausitz	5725319	406596	Einleitung von gereinigtem Abwasser



Objekt	Benutzer	HW	RW	Art der Benutzung
KA Klingmühl	Gemeinde Sallgast	5716717	417618	Einleitung von gereinigtem Abwasser
KA Lindena	WAV Westniederlausitz	5715917	397805	Einleitung von gereinigtem Abwasser
KA Eichholz-Dröbzig	WAV Westniederlausitz	5718153	407749	Einleitung von gereinigtem Abwasser
KA Finsterwalde	Stadt Finsterwalde	5719512	410092	Einleitung von gereinigtem Abwasser
KA Lichterfeld	Gem. Lichterfeld-Schacksdorf	5717361	415166	Einleitung von gereinigtem Abwasser
KA Winkeln	WV Kleine Elster	5711650	Einleitung von gereinigtem Abwasser	
KA Schacksdorf	Amt Kleine Elster	5719382	414340	Einleitung von gereinigtem Abwasser
<b>Wasserentnahmen und Wiedereinleitungen (aus bzw. in Oberflächengewässer)</b>				
Maasdorfer Teiche	Teichwirtschaft Thalberg	5710383	391617	Teichbewirtschaftung
Hammerteiche	Teichwirtschaft Keil	5717433	399663	Teichbewirtschaftung
Landwirtschaftliche Flächenbewässerung	Landwirtschaftsbetriebe	---	---	Bedarfsgerechte Feldbewässerung
<b>Bewirtschaftung</b>				
Mittelwasserschöpfwerk Gruhno	LfU/GWV Kleine Elster-Pulsnitz	5714782	396610	Entlastung der Flösse Unterbindung eines Rückstaus aus der Kleinen Elster



**Bild 66: Übersicht der Gewässerbenutzungen im Untersuchungsgebiet Kleine Elster.**



### 8.2.3 Daten Dritter

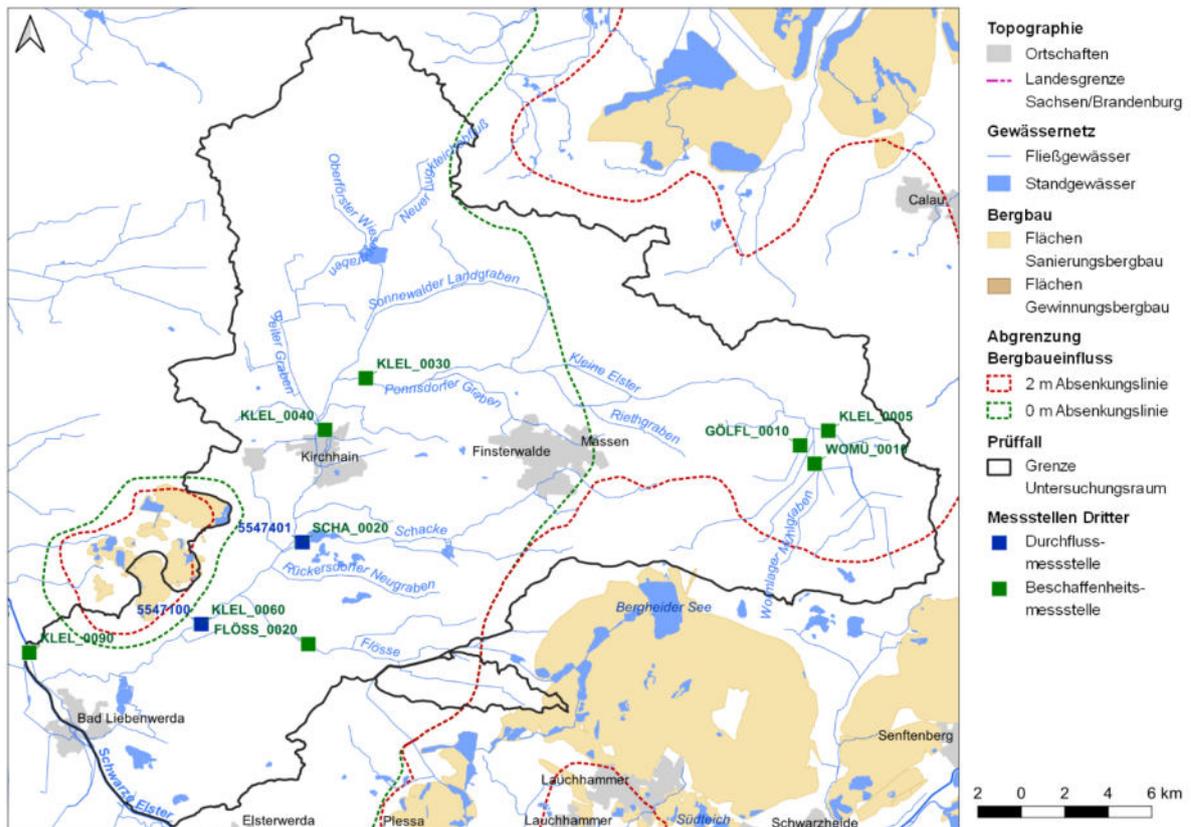
Das LfU betreibt im Untersuchungsgebiet ein monatliches Monitoring der Wasserbeschaffenheit an insgesamt 20 Fließgewässermessstellen. Bis Februar 2021 waren acht Fließgewässermessstellen im Programm. Im März 2021 wurde das Monitoring um weitere 12 Fließgewässermessstellen erweitert. Das Monitoring erfasst die Beschaffenheit der Kleinen Elster und deren Zuflüsse. Der Durchfluss wird an den Pegeln in der Kleinen Elster in Schadewitz und in der Schacke in Lindena erfasst.

Mit Hilfe mehrjähriger Zeitreihen ausgewählter LfU-Messstellen (Tabelle 43 und Bild 67) wird die Dynamik der Stoffkonzentrationen in der Kleinen Elster herausgearbeitet. Für die Bewertung der Dynamik der Stoffkonzentrationen in der Schacke wurden die Daten der mündungsnahen LfU-Messstelle SCHA\_0020 herangezogen. Zur Bewertung der Wasserbeschaffenheit in der Flösse standen Daten der LfU Messstelle FLÖSS\_0020 ab März 2021 zur Verfügung. Die nachfolgenden Abbildungen zur Wasserbeschaffenheit enthalten zusätzlich den Durchfluss der Kleinen Elster an der Messstelle KE\_0060 bzw. PKZ 5547100 in Schadewitz. Der Zeitraum der Zeitreihen wurde aus Gründen der Vergleichbarkeit der Daten von 2015 bis 2021 festgelegt. Der Zeitraum schließt mit den Jahren 2018 bis 2020 drei abflussarme Jahre ein, wobei das Jahr 2020 als ausgesprochen abflussarm heraussticht. In den Jahren 2016 bis 2017 lag der Durchfluss in den regionalen Fließgewässern auf dem Niveau der langjährigen Reihe von 2000 bis 2021. Ein Hochwasser kam nicht vor.

**Tabelle 43: Ausgewertete Messstellen des LfU im Untersuchungsgebiet Kleine Elster. Zuflüsse sind blau unterlegt. Messstellen in Fließrichtung sortiert.**

Fließgewässer	Messstelle	Pegel	Messprofil	HW	RW
Kleine Elster	KLEL_0005 <sup>1)</sup>		Lug bei Saadow	5722386	423631
Wormlager Mühlgraben	WOMÜ_0010 <sup>1)</sup>		Mündung	5720822	423057
Göllnitzer Fließ	GÖLFL_0010 <sup>1)</sup>		Mündung	5721662	422406
Kleine Elster	KLEL_0030		Frankena	5724800	402373
Kleine Elster	KLEL_0040		Doberlug-Kirchhain	5722407	400491
Schacke	SCHA_0020	5547401	Mündung	5717195	399404
Flösse	FLÖSS_0020		Mündung	5712480	399722
Kleine Elster	KLEL_0060	5547100	Schadewitz	5713400	394759
Kleine Elster	KLEL_0090		Wahrenbrück (Mündung)	5712080	386876

<sup>1)</sup> in den folgenden Ganglinienabbildungen nicht dargestellt.



**Bild 67:** Lage der Messstellen Dritter im Untersuchungsgebiet Kleine Elster nach Tabelle 43.

Der **Durchfluss** (Bild 68 bis Bild 71) der Kleinen Elster in Schadowitz lag im Zeitraum von 2015 bis 2021 als Tagesmittelwert in einem Band zwischen  $< 0,1$  und  $8,6 \text{ m}^3/\text{s}$  und betrug im Mittel rund  $1,0 \text{ m}^3/\text{s}$ . In der Schacke variierte der Durchfluss als Tagesmittelwert zwischen  $< 0,1$  und  $0,9 \text{ m}^3/\text{s}$ . Im Mittel lag der Durchfluss bei rund  $0,2 \text{ m}^3/\text{s}$ . Das entsprach einem durchschnittlichen Anteil von 20 % am Abfluss der Kleinen Elster am Pegel Schadowitz. Beide Ganglinien weisen einen ausgeprägten Jahresgang mit hohen Durchflüssen im Winter und niedrigen Durchflüssen im Sommer auf.

Die **Kleine Elster** weist im Oberlauf bei Saadow (Mst. KLEL\_0005) Eisenkonzentrationen im Mittel um  $1,5 \text{ mg/L}$  auf. Im Sommer, bei niedrigen Abflüssen, wurden Einzelbefunde bis  $5,4 \text{ mg/L}$  erfasst. In diesen Phasen kennzeichnet das zusätzliche Grundwasser die Beschaffenheit auf diesem Fließabschnitt. In den stromoberhalb einmündenden Meliorationsgräben Wormlager Mühlgraben (Mst. WOMÜ\_0010) und Göllnitzer Fließ (Mst. GÖLFL\_0010) wurden zwischen März und Dezember 2021 Einzelbefunde von Eisen bis 8 bzw. 18  $\text{mg/L}$  erfasst. Die Gräben erzeugten zu den Messterminen häufig keinen messbaren Abfluss. Die Befunde sind deshalb nicht belastbar. Die Kleine Elster weist im Mittellauf bei Frankena (Mst. KLEL\_0030 in Tabelle 44) die höchsten Eisenkonzentrationen auf. Im Fließverlauf bis Doberlug-Kirchhain (Mst. KLEL\_0040) sank die Eisenkonzentration durch Sedimentation und Verdünnung im Mittel von  $3,1$  auf  $1,1 \text{ mg/L}$ . Die mittlere Sulfatkonzentration sank durch Verdünnung von  $125$  auf  $100 \text{ mg/L}$ . Im weiteren Fließverlauf bis Schadowitz (Mst. KLEL\_0060) erhöhten die Zuflüsse aus der Schacke, aus dem Rückersdorfer Neugraben und aus der Flösse die Eisenkonzentration in der Kleinen Elster im Mittel um  $0,2 \text{ mg/L}$ . Die Sulfatkonzentration erhöhte sich im Mittel auf  $115 \text{ mg/L}$ . Im Unter-



lauf der Kleinen Elster zwischen Schadewitz und Wahrenbrück (Mst. KLEL\_0090) blieb die Sulfatkonzentration unverändert. Die Eisenkonzentration erhöhte sich dagegen im Mittel auf 1,6 mg/L. Die Kleine Elster weist keine Versauerungsdisposition auf (Bild 68 und Bild 69).

Die höchsten Stoffkonzentrationen (Bild 70 und Bild 71) wurden messstellenübergreifend in der Regel in den dargebotsreichen Wintermonaten gemessen, wenn verstärkt Grundwasser in die Fließgewässer im Einzugsgebiet der Kleinen Elster exfiltrierte und der Gebietsrückhalt gering war. Im Sommer wies die Kleine Elster keine relevante Stoffbelastung auf. Lediglich im Oberlauf bei Frankena wurden im Sommer gelegentlich erhöhte grundwasserbürtige Eisenkonzentrationen bis 32 mg/L gemessen, allerdings bei marginalen Abflüssen.

Die **Schacke** (Mst. SCHA\_0020 in Tabelle 44) ist neutral und mit  $K_{S4,3} \approx 1,4$  moderat gepuffert (Bild 68 und Bild 69). Hinsichtlich der Stoffbelastung wirkte die Schacke mit einer mittleren Sulfatkonzentration von 125 mg/L und einer mittleren Eisenkonzentration von 2,0 mg/L im Mittel von 2015 bis 2021 konzentrationserhöhend auf die Kleine Elster (Bild 70 und Bild 71). Die nahegelegene LfU-Messstelle KLEL\_0040 repräsentiert die Kleine Elster vor der Einmündung der Schacke in Doberlug-Kirchhain. Die Sulfatkonzentration lag hier im selben Zeitraum im Mittel bei 100 mg/L und die Eisen-gesamt-Konzentration bei 1,1 mg/L.

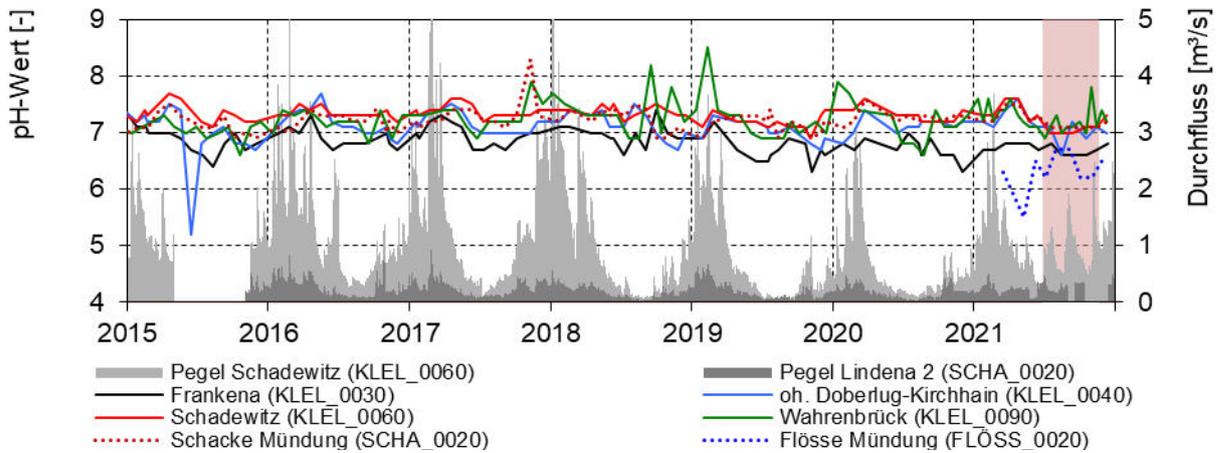
Die **Flösse** (Mst. FLÖSS\_0020 in Tabelle 44) vor der Einmündung in die Kleine Elster war im Zeitraum von März bis Dezember 2021 mit pH = 5,5 bis 6,7 schwach sauer (Bild 68). Das Wasser war mit Säurekapazitäten von  $K_{S4,3} = 0,2$  bis 0,9 mmol/L schwach gepuffert (Bild 69). Die Sulfatkonzentration lag im Mittel bei 155 mg/L (Bild 70). Die Eisenkonzentration schwankte zwischen 0,5 und 5,1 mg/L (Bild 71). Die hohen Konzentrationswerte wurden in den hydrologischen Sommermonaten August und September 2021 gemessen.

**Tabelle 44: Statistische Kennzahlen der Wasserbeschaffenheit der Kleinen Elster und der Schacke für die Jahre 2015 bis 2021. Zuflüsse sind blau unterlegt.**

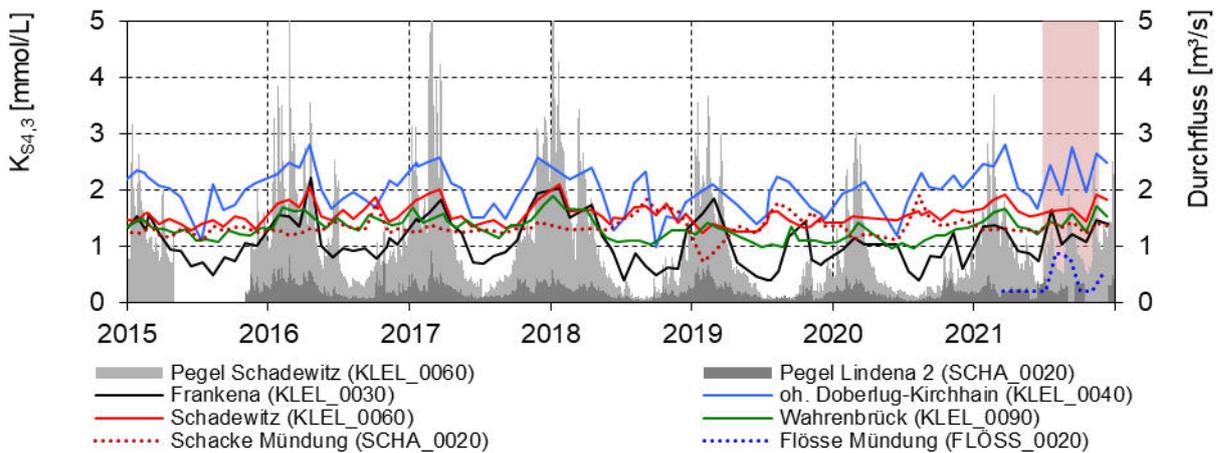
Messstelle	Durchfluss	pH-Wert	$K_{S4,3}/K_{B4,3}$	Sulfat	Eisen
	m <sup>3</sup> /s	Vor Ort	mmol/L	mg/L	mg/L
KLEL_0030	---	$6,8 \pm 0,2$ [6,3...7,4] (87)	$1,1 \pm 0,4$ [0,4...2,2] (87)	$125 \pm 25$ [85...195] (87)	$3,1 \pm 3,7$ [0,1...32] (87)
KLEL_0040	---	$7,1 \pm 0,3$ [5,2...7,7] (87)	$2,0 \pm 0,4$ [1,0...2,8] (86)	$100 \pm 25$ [45...165] (86)	$1,1 \pm 0,4$ [0,4...2,2] (87)
SCHA_0020 PKZ 5547401	$0,21 \pm 0,13$ [0,02...0,92] (1.822)	$7,2 \pm 0,2$ [6,9...8,3] (75)	$1,4 \pm 0,2$ [0,7...1,9] (75)	$125 \pm 15$ [95...165] (75)	$2,0 \pm 2,0$ [0,3...15] (75)
FLÖSS_0020 <sup>1)</sup>	---	$6,3 \pm 0,4$ [5,5...6,7] (10)	$0,4 \pm 0,3$ [0,2...0,9] (10)	$155 \pm 15$ [135...180] (10)	$2,1 \pm 1,5$ [0,5...5,1] (10)
KLEL_0060 PKZ 5547100	$0,99 \pm 0,96$ [0,05...8,60] (1.947)	$7,3 \pm 0,1$ [6,9...7,7] (75)	$1,5 \pm 0,2$ [1,2...2,1] (75)	$115 \pm 15$ [90...160] (75)	$1,3 \pm 1,0$ [0,2...6,6] (75)
KLEL_0090	---	$7,2 \pm 0,3$ [6,6...8,5] (99)	$1,3 \pm 0,2$ [1,0...1,9] (87)	$115 \pm 15$ [85...160] (87)	$1,6 \pm 0,6$ [0,7...3,6] (87)

1) Zeitraum: 03 bis 12/2021

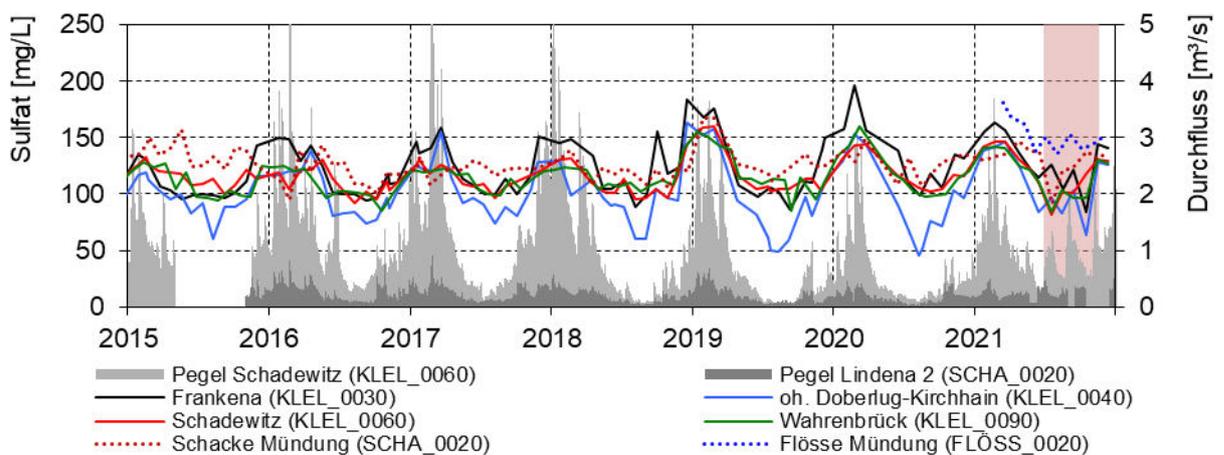
Erklärung Darstellungsschema: Mittelwert bzw. Median (nur pH-Wert) ± Standardabweichung (Anzahl der Messwerte)  
[Minimum...Maximum]



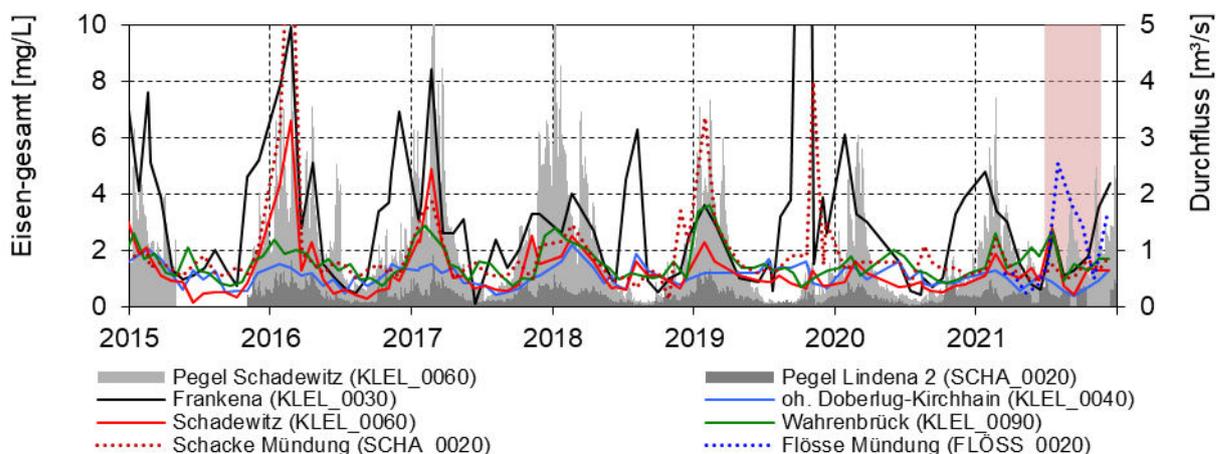
**Bild 68:** pH-Wert sowie Durchfluss in der Kleinen Elster sowie in der Schacke und in der Flösse von 2015 bis 2021. Berichtszeitraum rot markiert.



**Bild 69:** Alkalinität als  $K_{S_{4,3}}$  sowie Durchfluss in der Kleinen Elster sowie in der Schacke und in der Flösse von 2015 bis 2021. Berichtszeitraum rot markiert.



**Bild 70:** Sulfat sowie Durchfluss in der Kleinen Elster sowie in der Schacke und in der Flösse von 2015 bis 2021. Berichtszeitraum rot markiert.



**Bild 71:** Eisen-gesamt sowie Durchfluss in der Kleinen Elster sowie in der Schacke und in der Flösse von 2015 bis 2021. Berichtszeitraum rot markiert.

### 8.3 Festlegung von Messstellen

Im Rahmen des Monitorings der Kleinen Elster wurden im Untersuchungszeitraum von Juni bis November 2021 an 15 Messstellen monatlich Wasserproben entnommen und an den Zuflüssen zur Kleinen Elster zusätzlich der Durchfluss gemessen (Tabelle 27 und Bild 72). Die monatlichen Messkampagnen wurden bis August 2021 jeweils an zwei aufeinanderfolgenden Tagen durchgeführt. Im September 2021 wurden fünf Messstellen mit geringer Aussagekraft eingestellt (in der Tabelle 45 kursiv dargestellt). Die folgenden Messkampagnen wurden an einem Kalendertag durchgeführt.

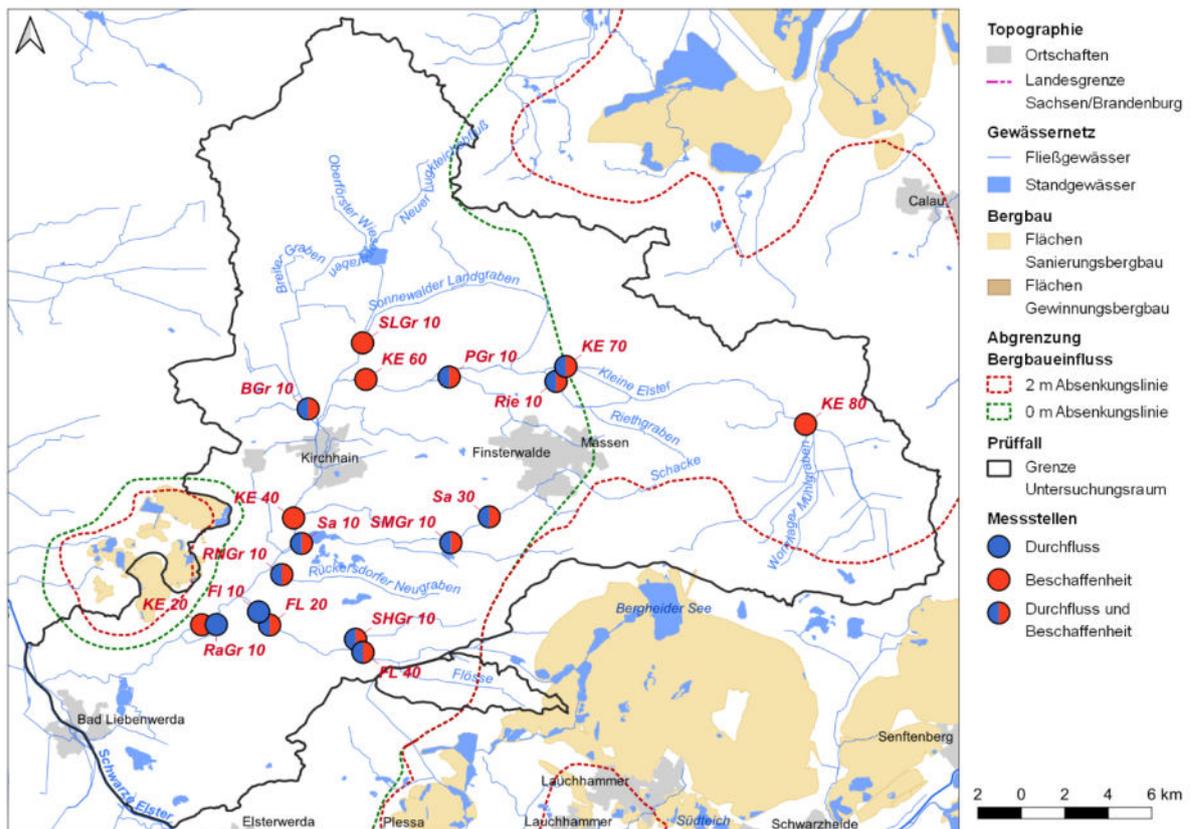
**Tabelle 45:** Messstellen des Monitorings an der Kleiner Elster im Untersuchungszeitraum von Juni bis November 2021. Zuflüsse sind blau unterlegt. Zuflüsse 2. Ordnung sind grün unterlegt. Messstellen in Fließrichtung sortiert.

Fließgewässer	Messstelle	Messgröße <sup>1)</sup>	Lage	Messzeitraum
Kleine Elster	KE 80	C	westlich Saadow, Brücke L61	06/2021 – 11/2021
Kleine Elster	KE 70	C	bei Möllendorf	06/2021 – 11/2021
<i>Riethgraben</i>	<i>Rie 10</i>	<i>Q+C</i>	<i>nördlich Gröbitz, Brücke K6229</i>	<i>06/2021 – 09/2021</i>
<i>Ponnsdorfer Graben</i>	<i>PGr 10</i>	<i>Q+C</i>	<i>Ortslage Münchhausen</i>	<i>06/2021 – 09/2021</i>
Kleine Elster	KE 60	C	nördlich Frankena, Brücke L701	06/2021 – 11/2021
<i>Sonnwalder Landgraben</i>	<i>SLGr 10</i>	<i>C</i>	<i>westlich Schönewalde</i>	<i>06/2021 – 09/2021</i>
<i>Breiter Graben</i>	<i>BGr 10</i>	<i>Q+C</i>	<i>östlich Werenzhain</i>	<i>06/2021 – 09/2021</i>
Kleine Elster	KE 40	C	südlich Doberlug, Straßenbrücke	06/2021 – 11/2021
Schacke	Sa 30	Q+C	nördlich Drösig	06/2021 – 11/2021
<i>Schiemenz Muhlgraben</i>	<i>SMGr 10</i>	<i>Q+C</i>	<i>oh. Einmündung in Schacke</i>	<i>06/2021 – 09/2021</i>



Fließgewässer	Messstelle	Messgröße <sup>1)</sup>	Lage	Messzeitraum
Schacke	Sa 10	Q+C	nördlich Lindena	06/2021 – 11/2021
Rückersdorfer Neugraben	RNGr 10	Q+C	südlich Lindena	06/2021 – 11/2021
Flösse	FL 40	Q+C	südlich Oppelhain, oh. Einmündung Sornoer Hauptgraben	06/2021 – 11/2021
Sornoer Hauptgraben	SHGr 10	Q+C	westlich Oppelhain, Brücke L622	06/2021 – 11/2021
Flösse	FL 20	Q+C	südlich Gruhno, Brücke L653	06/2021 – 11/2021
Flösse	FL 10	Q	Gruhno, Lindenaer Weg	08/2021 – 11/2021
Randgraben	RaGr 10	Q	Schadewitz, L663	08/2021 – 11/2021
Kleine Elster	KE 20	C	Ortslage Schadewitz	06/2021 – 11/2021

1) Q = Durchfluss, C = Beschaffenheit



**Bild 72:** Übersicht der projektbezogenen eingerichteten Monitoringmessstellen im Untersuchungsgebiet Kleine Elster nach Tabelle 45.



## 8.4 Durchfluss

Die Kleine Elster wird im Oberlauf aus dem Lug bei Saadow gespeist. Im Abschnitt zwischen Saadow (Mst. KE 80) und Möllendorf (Mst. KE 70) stand kein geeignetes Messprofil für Durchflussmessungen zur Verfügung. An den Stichtagen des Monitorings von Juni bis November 2021 war in diesem Bereich in der Kleinen Elster kein relevanter Abfluss erkennbar. Die Zuflüsse Riethgraben (Mst. Rie 10), Ponnisdorfer Graben (Mst. PGr 10) und der Sonnewalder Landgraben (Mst. SLGr 10) erzeugten an den Stichtagen im Juni, Juli und August 2021 ebenfalls keinen Abfluss (Tabelle 46). Lediglich der Breite Graben (Mst. BGr 10) erzeugte im Juli und August einen geringen Abfluss von 6 bzw. 9 L/s. Die Durchflussmessungen und Probenahmen an den genannten Zuflüssen wurden aufgrund geringer Relevanz für die Kleine Elster im Oktober 2021 eingestellt.

Die Planung der Messkampagnen orientierte sich an den Kalendermonaten. Aus logistischen Gründen entfiel die Messkampagne im September 2021. Im November 2021 wurden zwei Messkampagnen, am 02.11.2021 und am 25.11.2021, durchgeführt. In den Abbildungen in den Abschnitten 8.4 und 8.5 wird die Messkampagne vom 25.11.2021 vereinfachend als Dezemberkampagne dargestellt.

**Tabelle 46: Durchflüsse [L/s] an den Messstellen im oberen Einzugsgebiet der Kleinen Elster im Messzeitraum von Juni bis November 2021.**

Messkampagne	KE 80	KE 70	Rie 10	PGr 10	SLGr 10	BGr 10	KE 20
	Bilanzprofil	Bilanzprofil	Mündung	Mündung	Mündung	Mündung	
04.06.2021	3)	< 1	0	0	0	0	500
06.07.2021	3)	2)	0	0	0	6	778
03.08.2021	3)	2)	4)	< 1	0	9	594
07.10.2021	3)	3)	1)	1)	1)	1)	789
02.11.2021	3)	3)	1)	1)	1)	1)	740
25.11.2021	3)	3)	1)	1)	1)	1)	953
Minimum		---	---	0	0	0	500
Mittelwert		---	---	< 1	0	7	726
Maximum		---	---	---	0	9	953
Mittlere Anteile	---	---	---	100 %	100 %	100 %	
	---	---	---	< 1 %	< 1 %	1 %	100 %

Fortsetzung Tabelle 47

- 1) nicht im Messprogramm
- 2) keine repräsentative Messung am Messprofil möglich
- 3) nur Probenahme im Messprogramm
- 4) keine Zuwegung

Bemerkung: In den unteren zwei Zeilen werden Bilanzen für Teilgebiete (entsprechend eingefärbt) erstellt. Das Mündungsprofil entspricht jeweils 100 %. Relevante Bilanzanteile sind zahlenmäßig ausgewiesen. Aufgrund unbekannter ober- und unterirdischer Zuflüsse sind die Bilanzen nicht zwingend geschlossen.

Den dominanten Zufluss erhielt die Kleine Elster im Berichtszeitraum aus dem östlichen Einzugsgebiet, insbesondere aus der Schacke. Die Messtelle Sa 30 markiert die Schacke nach dem Zufluss aus der kommunalen Kläranlage Finsterwalde. Der Durchfluss lag hier im Mittel der sechs Stichtage bei 129 L/s (Tabelle 47 und Bild 73). Bis zur Einmündung in die Kleine Elster erhöhte sich der Durchfluss im Mittel auf 300 L/s (Mst. Sa 10). Der Schiemenz-Mühlgraben (Mst. SMGr 10) war für die Schacke nicht relevant.



Der Zufluss aus dem Rückersdorfer Neugraben (Mst. RNgR 10) in die Kleine Elster war im Berichtszeitraum nicht relevant (Tabelle 47 und Bild 73).

Die Flösse beginnt östlich der Ortslage Staupitz nahe der ehemaligen Tagebaue Grünwalde und Koyné. Anschließend fließt sie nach Westen und nimmt im Bereich der Ortslage Oppelhain die Abflüsse aus der Niederung „Suden bei Gorden“ (FFH-Gebiet) und den Neugabelgraben auf. In der Ortslage Oppelhain lag der Durchfluss in der Flösse im Berichtszeitraum in einem breiten Band von 11 bis 336 L/s und im Mittel der Terminwerte bei 94 L/s (Mst. FL 40). Im weiteren Fließverlauf bis Gruhno erhöhte sich der mittlere Durchfluss in der Flösse insbesondere durch den Zufluss aus dem Sornoer Hauptgraben (Mst. SHGr 10) auf 126 L/s (Summe der Mst. FL 10 und RaGr 10, Tabelle 47 und Bild 73). Drei Viertel des Abflusses in der Flösse stammten aus der Niederung zwischen Staupitz und Oppelhain. Die Dynamik des Durchflusses unterschied sich an den Messstellen FL 40 und FL 10 + RaGr 10 signifikant. Der geringste Durchfluss wurde messstellenübergreifend im Juni 2021 erfasst. Die Maxima des Durchflusses wurden hingegen zu unterschiedlichen Terminen erfasst. Die Ursache dafür ist nicht bekannt.

Der Zufluss aus der Schacke und aus der Flösse hatte einen mittleren Anteil von 41% bzw. 17 % am Abfluss in der Kleinen Elster am Pegel Schadewitz von 726 L/s im Mittel der sechs Stichtage (Tabelle 47). Rechnerisch stammten rund 40 % des Abflusses in der Kleinen Elster am Pegel Schadewitz aus nicht untersuchten Zuflüssen zwischen Saadow und Schadewitz.

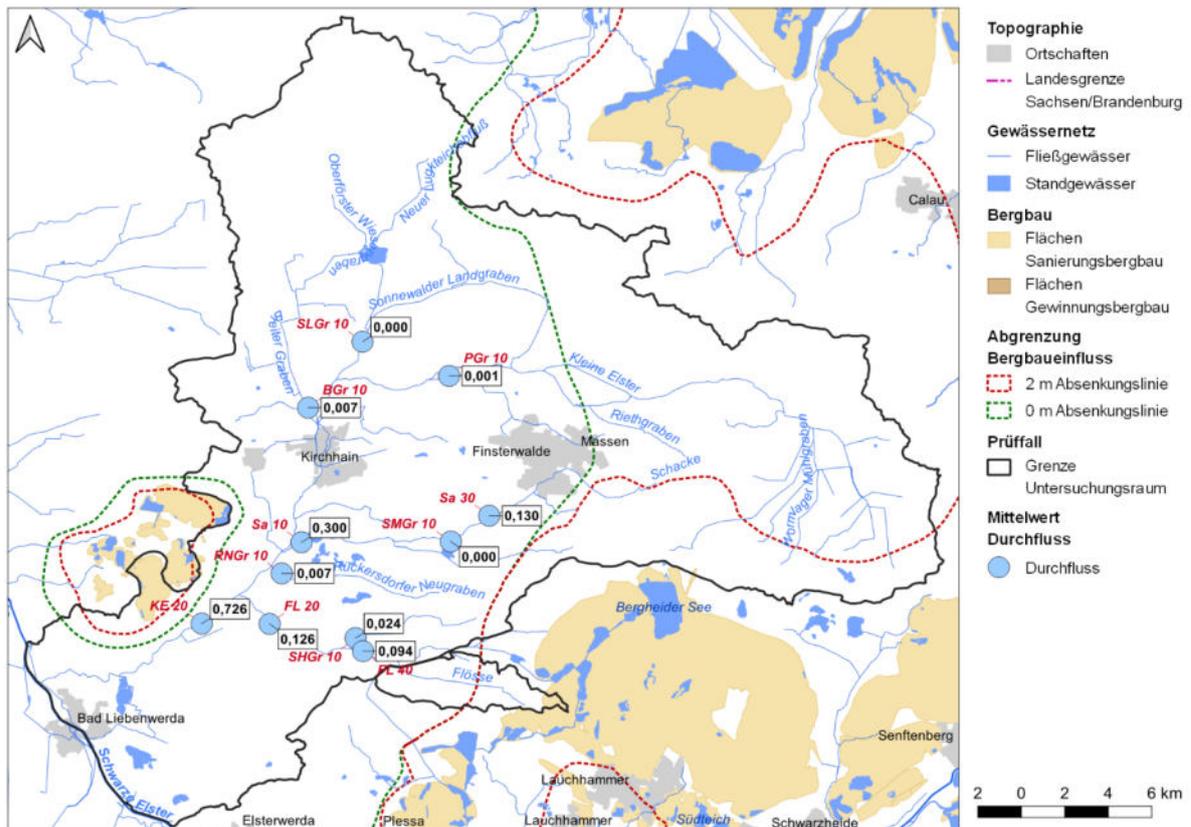
**Tabelle 47: Durchflüsse [L/s] an den Messstellen im mittleren Einzugsgebiet der Kleinen Elster im Messzeitraum von Juni bis November 2021.**

Mess-kampagne	Sa 30	SMGr 10	Sa 10	RNgR 10	FL 40	SHGr 10	FL 20	KE 20
	Bilanzprofil	Mündung	Mündung	Mündung	Bilanzprofil	Mündung	Bilanzprofil	Pegel
03.06.2021	110	0	124	4	11	16	16	500
05.07.2021	174	0	322	7	120	45	349	778
02.08.2021	84	0	178	9	39	21	110 <sup>2)</sup>	594
07.10.2021	123	1)	476	4	15	17	80 <sup>2)</sup>	789
02.11.2021	167	1)	480	8	336	17	63 <sup>2)</sup>	740
25.11.2021	120	1)	223	9	43	30	138 <sup>2)</sup>	953
Minimum	84	0	124	4	11	16	16	500
Mittelwert	129	0	300	7	94	24	126	726
Maximum	174	0	480	9	336	45	349	953
Mittlere Anteile	43 %	0 %	100 %	100 %	74 %	19 %	100 %	
			41 %	< 1 %			17 %	100 %

1) nicht im Messprogramm

2) Messung an der Mst. FL 20 nicht möglich. Summe der Durchflüsse an den Messstellen FL 10 und RaGr 10

Bemerkung: In den unteren zwei Zeilen werden Bilanzen für Teilgebiete (entsprechend eingefärbt) erstellt. Das Mündungsprofil entspricht jeweils 100 %. Relevante Bilanzanteile sind zahlenmäßig ausgewiesen. Aufgrund unbekannter ober- und unterirdischer Zuflüsse sind die Bilanzen nicht zwingend geschlossen.



**Bild 73:** Mittelwerte des Durchflusses [m³/s] der Stichtagsmessungen an den Messstellen im Untersuchungsgebiet Kleine Elster entsprechend Tabelle 46 und Tabelle 47.

## 8.5 Wasserbeschaffenheit

In der Kleinen Elster zwischen Saadow und Schadewitz (Mst. KE 80, KE 70, KE 60, KE 40 und KE 20) war das Wasser neutral (Tabelle 48, Tabelle 49 und Bild 74) und mit **Säurekapazitäten**  $K_{s4,3}$  zwischen 0,8 und 3,7 mmol/L gut gepuffert (Tabelle 50, Tabelle 51 und Bild 75). Die niedrigsten **pH-Werte** als Einzel- und Mittelwerte wurden im Fließabschnitt nach der Passage der Niederung Bauerbusch bei Frankena (Mst. KE 60) erfasst. Die niedrigsten Säurekapazitäten  $K_{s4,3}$  traten ebenfalls im Fließabschnitt bei Frankena und außerdem in Schadewitz (Mst. KE 20), nach dem Zufluss von eisenreichem und schwach gepuffertem Wasser aus der Flösse, auf.

Die untersuchten Zuflüsse zur Kleinen Elster waren überwiegend neutral und mit Säurekapazitäten  $K_{s4,3}$  zwischen 1,0 und 2,9 mmol/L gut gepuffert. Das Wasser im Sornoer Hauptgraben, im Unterlauf der Flösse und im Rückersdorfer Neugraben war mit Werten überwiegend zwischen 0,2 und 1,0 mmol/L moderat gepuffert. Das eisenreiche Wasser im Oberlauf der Flösse war mit Säurekapazitäten  $K_{s4,3} < 0,2$  mmol/L versauerungsdisponiert bis  $\text{pH} = 4,9$ . Im Sornoer Hauptgraben wurde im Juni 2021 ein Versauerungsschub bis  $\text{pH} = 4,6$  nachgewiesen (Tabelle 51, Bild 75 und Bild 77).



**Tabelle 48: pH-Werte an den Messstellen im oberen Einzugsgebiet der Kleinen Elster im Messzeitraum von Juni bis November 2021.**

Mess-kampagne	KE 80	KE 70	Rie 10	PGr 10	KE 60	SLGr 10	BGr 10	KE 40
	Bilanzprofil	Bilanzprofil	Mündung	Mündung	Bilanzprofil	Mündung	Mündung	Bilanzprofil
03.06.2021	7,14	7,14	3)	3)	6,85	3)	3)	7,60
05.07.2021	6,90	7,12	3)	3)	6,69	3)	7,38	7,18
02.08.2021	7,08	7,00	2)	7,29	6,66	3)	7,36	7,24
07.10.2021	3)	7,00	1)	1)	6,56	1)	1)	7,40
02.11.2021	3)	7,16	1)	1)	6,44	1)	1)	7,40
25.11.2021	7,13	7,20	1)	1)	6,76	1)	1)	7,44
Minimum	6,90	7,00	---	---	6,44	---	---	7,18
Median	7,11	7,13	---	---	6,68	---	---	7,40
Maximum	7,14	7,20	---	---	6,85	---	---	7,60

- 1) nicht im Messprogramm  
 2) keine Zuwegung  
 3) kein Abfluss

**Tabelle 49: pH-Werte an den Messstellen im mittleren Einzugsgebiet der Kleinen Elster im Messzeitraum von Juni bis November 2021.**

Mess-kampagne	Sa 30	SMGr 10	Sa 10	RNGr 10	FL 40	SHGr 10	FL 20	KE 20
	Bilanzprofil	Mündung	Mündung	Mündung	Bilanzprofil	Mündung	Bilanzprofil	Bilanzprofil
03.06.2021	6,94	2)	7,42	6,39	5,00	4,63	6,63	7,38
05.07.2021	6,74	2)	7,21	6,71	4,90	6,21	6,30	6,89
02.08.2021	6,75	2)	7,27	6,69	6,45	6,35	6,89	7,08
07.10.2021	6,78	1)	7,31	7,05	5,10	6,33	6,70	7,21
02.11.2021	6,88	1)	7,24	6,84	5,97	6,26	6,63	7,25
25.11.2021	6,88	1)	7,27	6,97	5,84	6,80	6,78	7,27
Minimum	6,74	---	7,21	6,39	4,90	4,63	6,30	6,89
Median	6,83	---	7,27	6,78	5,47	6,30	6,67	7,23
Maximum	6,94	---	7,42	7,05	6,45	6,80	6,89	7,38

- 1) nicht im Messprogramm  
 2) kein Abfluss

**Tabelle 50: Säurekapazität  $K_{S4,3}$  [mmol/L] an den Messstellen im oberen Einzugsgebiet der Kleinen Elster im Messzeitraum von Juni bis November 2021.**

Mess-kampagne	KE 80	KE 70	Rie 10	PGr 10	KE 60	SLGr 10	BGr 10	KE 40
	Bilanzprofil	Bilanzprofil	Mündung	Mündung	Bilanzprofil	Mündung	Mündung	Bilanzprofil
03.06.2021	3,20	1,67	3)	3)	1,12	3)	3)	2,58
05.07.2021	1,47	2,03	3)	3)	1,17	3)	2,49	1,80
02.08.2021	3,72	2,32	2)	2,33	1,07	3)	2,88	2,91
07.10.2021	3)	1,95	1)	1)	1,09	1)	1)	2,56
02.11.2021	3)	1,67	1)	1)	0,81	1)	1)	2,57
25.11.2021	2,79	1,93	1)	1)	1,36	1)	1)	2,79
Minimum	1,47	1,67	---	---	0,81	---	---	1,80
Mittelwert	2,80	1,93	---	---	1,10	---	---	2,54
Maximum	3,72	2,32	---	---	1,36	---	---	2,91

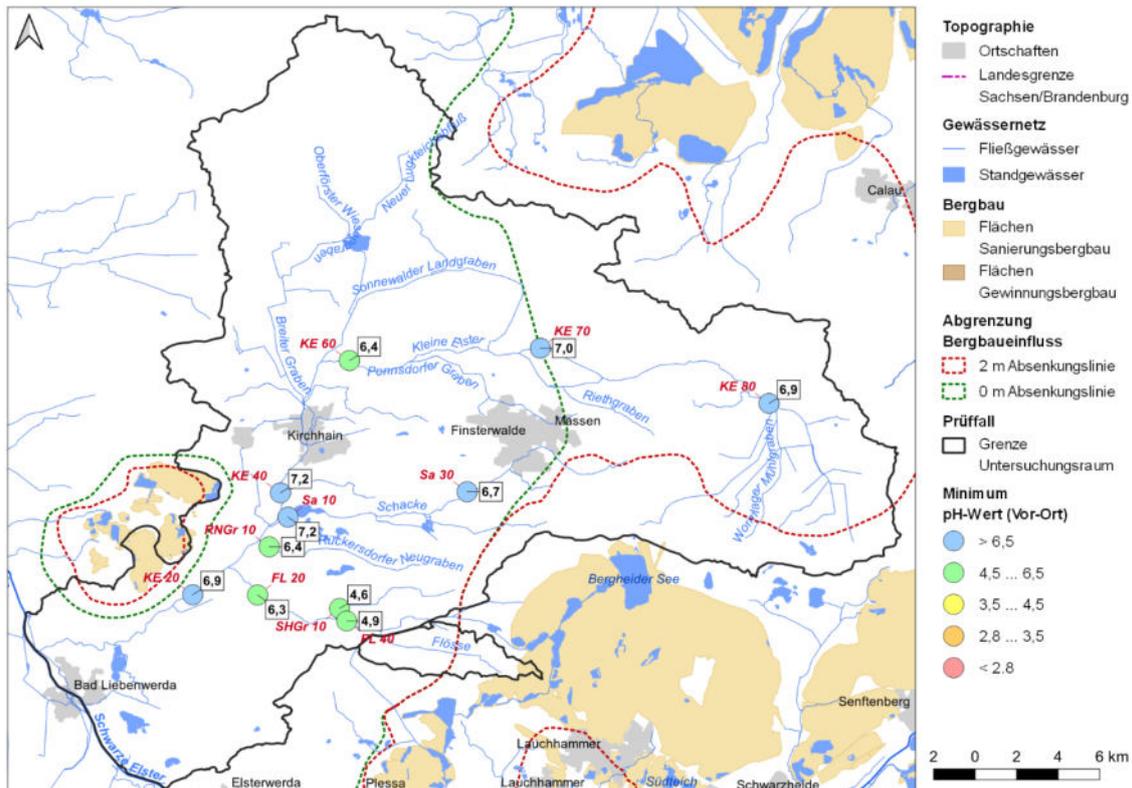
- 1) nicht im Messprogramm  
 2) keine Zuwegung  
 3) kein Abfluss

**Tabelle 51: Säurekapazität  $K_{S4,3}$  [mmol/L] an den Messstellen im mittleren Einzugsgebiet der Kleinen Elster im Messzeitraum von Juni bis November 2021. Die Basenkapazität bei pH=4,3 ist mit einem negativem Vorzeichen gekennzeichnet.**

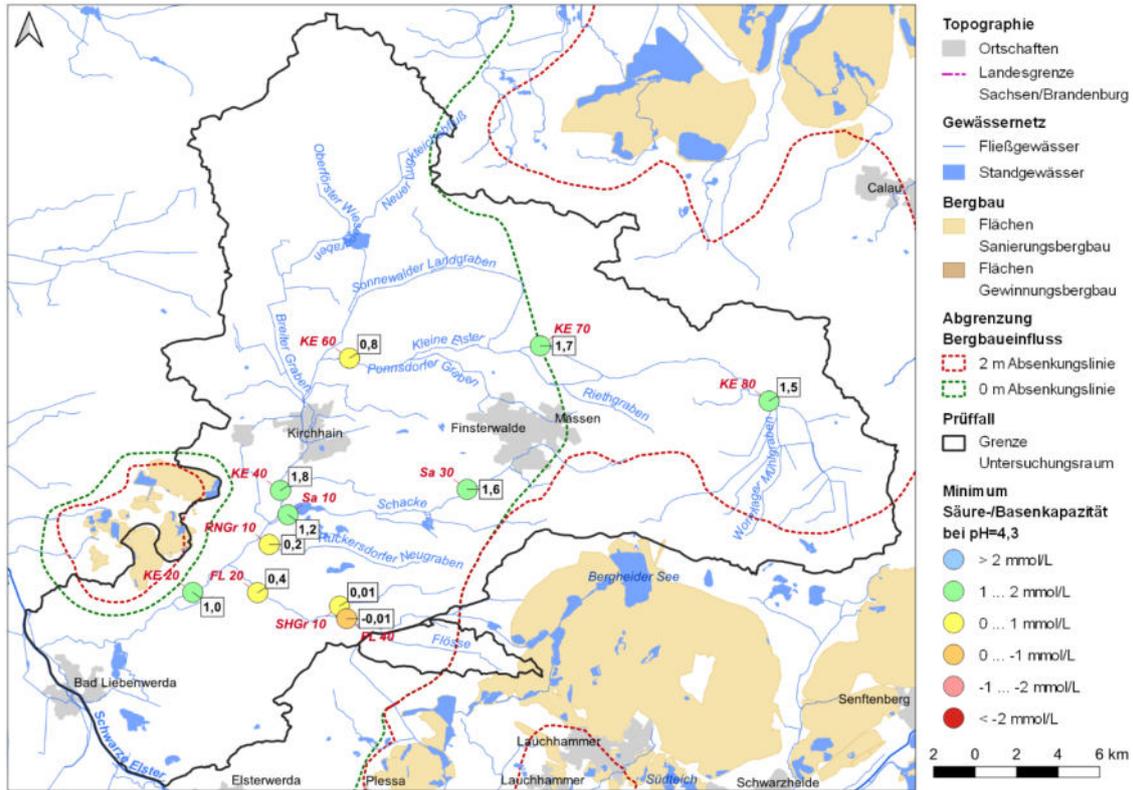
Mess-kampagne	Sa 30	SMGr 10	Sa 10	RNGr 10	FL 40	SHGr 10	FL 20	KE 20
	Bilanzprofil	Mündung	Mündung	Mündung	Bilanzprofil	Mündung	Bilanzprofil	Bilanzprofil
03.06.2021	1,66	2)	1,28	0,23	0,05	0,01	0,37	1,79
05.07.2021	1,61	2)	1,25	0,60	0,06	0,37	0,43	1,04
02.08.2021	1,77	2)	1,35	0,60	0,81	0,54	0,86	2,04
07.10.2021	1,61	1)	1,21	1,43	-0,01	0,47	0,45	1,49
02.11.2021	1,84	1)	1,26	0,51	0,12	0,25	0,53	1,48
25.11.2021	1,72	1)	1,44	0,95	0,18	0,87	0,66	2,03
Minimum	1,61	---	1,21	0,23	-0,01	0,01	0,37	1,04
Mittelwert	1,70	---	1,30	0,72	0,20	0,42	0,55	1,65
Maximum	1,84	---	1,44	1,43	0,81	0,87	0,86	2,04

1) nicht im Messprogramm

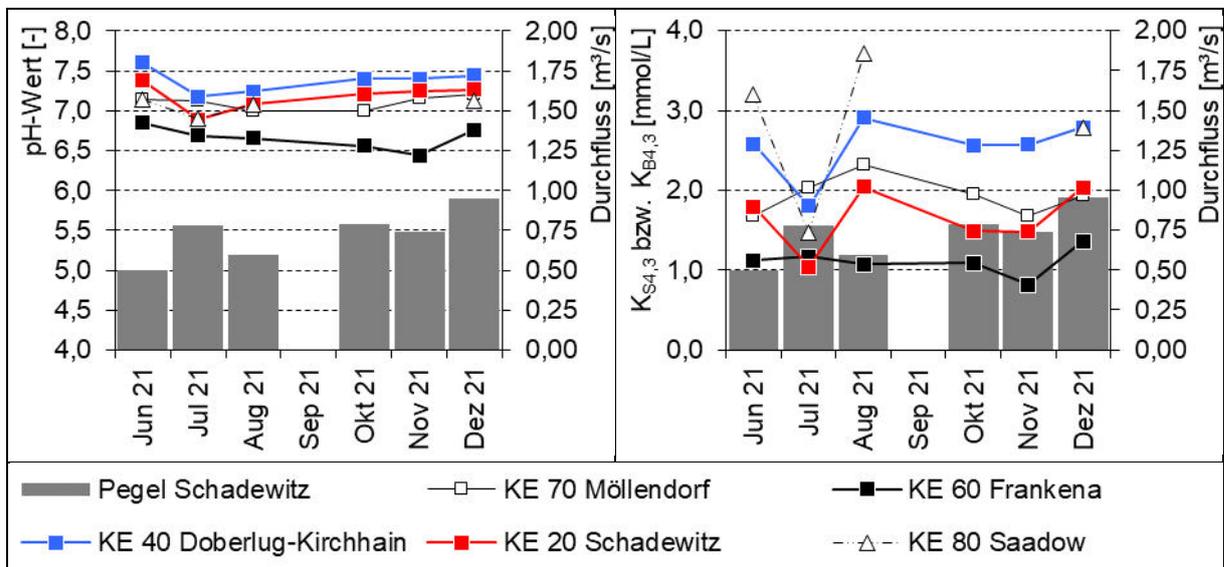
2) kein Abfluss



**Bild 74: Minima des pH-Wertes (vor-Ort) der Stichtagsmessungen an den Messstellen im Untersuchungsgebiet Kleine Elster entsprechend Tabelle 48 und Tabelle 49.**



**Bild 75:** Minima der Säure-/Basenkapazität bei pH=4,3 zu den Stichtagsmessungen an den Messstellen im Untersuchungsgebiet Kleine Elster entsprechend Tabelle 50 und Tabelle 51. Die Basenkapazität bei pH=4,3 wird mit negativem Vorzeichen dargestellt.



**Bild 76:** pH-Wert und Säurekapazität  $K_{S4,3}$  bzw.  $K_{B4,3}$  im Längsschnitt der Kleinen Elster im Messzeitraum von Juni bis Dezember 2021.

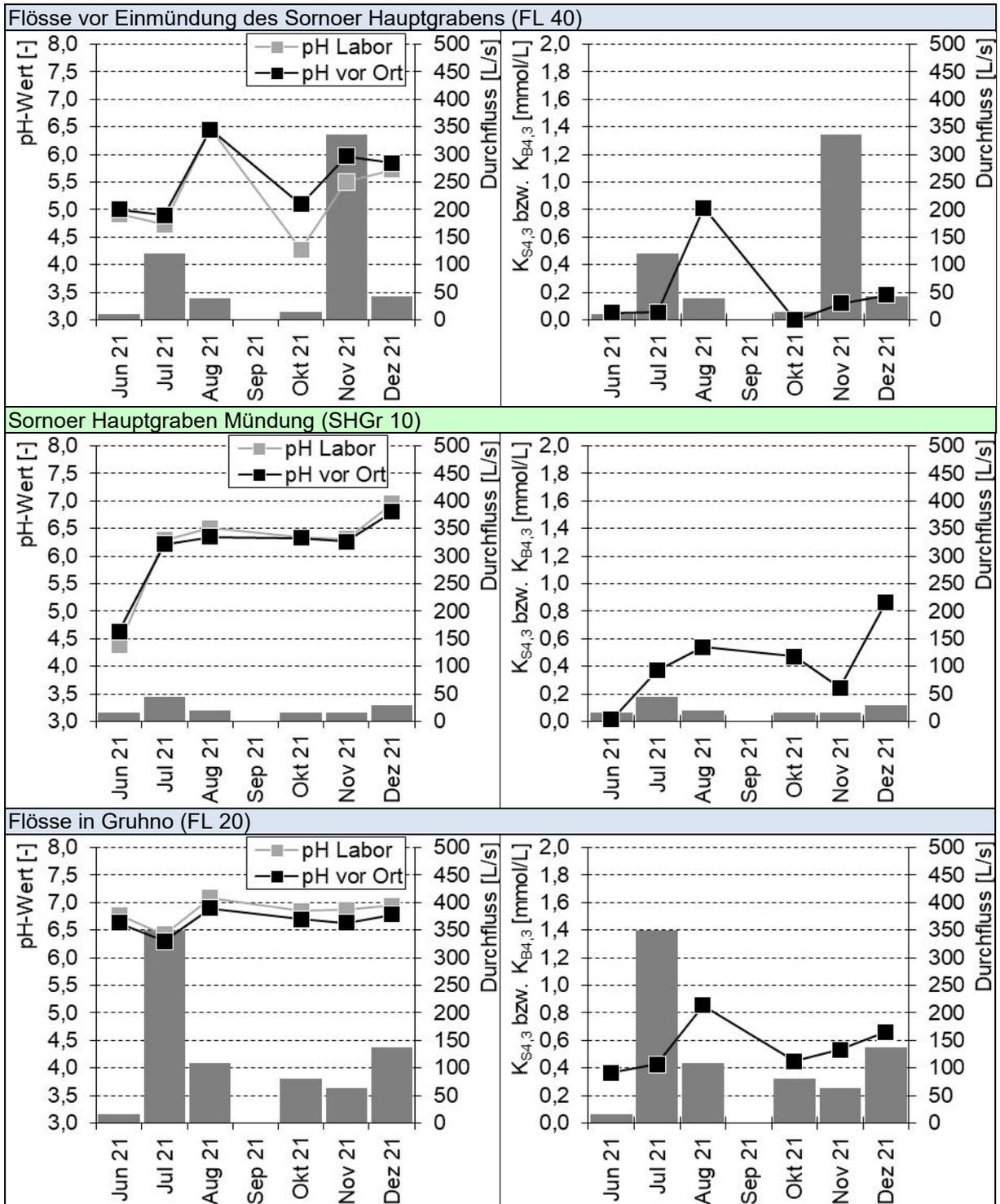


Bild 77: pH-Wert und Säurekapazität  $K_{S4,3}$  bzw.  $K_{B4,3}$  in der Flösse im Sornoer Hauptgraben im Messzeitraum von Juni bis Dezember 2021.

Im Entstehungsbereich der Kleinen Elster bei Saadow (Mst. KE 80) wurden im Messzeitraum von Juni bis November **Eisenkonzentrationen** zwischen 0,7 und 2,3 mg/L gemessen. Bis Möllendorf (Mst. KE 70) erhöhte der Zustrom aus Drainagegräben und aus dem Grundwasser die mittlere Eisenkonzentration von 1,4 mg/L auf 2,3 mg/L. Der Grundwasserzutritt aus der Niederung Bauerbusch erhöhte die mittlere Eisenkonzentration im weiteren Fließverlauf bis Frankena auf 2,8 mg/L (Mst. KE 60). Auf



dem folgenden Flussabschnitt bis Doberlug-Kirchhain (Mst. KE 40) sank die mittlere Eisenkonzentration durch Oxidation und Sedimentation sowie Verdünnung u. a. aus dem Breiten Graben auf 0,9 mg/L. Die Zuflüsse aus der Schacke, aus dem Rückersdorfer Neugraben und aus der Flösse erhöhten die Eisenkonzentration in der Kleinen Elster am Pegel Schadewitz (Mst. KE 20) durchschnittlich um 0,3 mg/L auf 1,2 mg/L im Mittel der Stichtage (Tabelle 52 und Tabelle 53).

Im Oberlauf der Kleinen Elster zwischen Saadow und Möllendorf lag der Anteil der Eisen-II-gelöst-Konzentration im Mittel der Stichtage bei rund 55 % von der Eisengesamt-Konzentration. Das deutet auf eine grundwasserbürtige Eisenbelastung hin. Durch die fortschreitende Oxidation sank der Anteil von gelöstem zweiwertigem Eisen bis zum Pegel Schadewitz auf rund 30 %.

Der Jahrgang der Eisenkonzentration an den untersuchten Messstellen in der Kleinen Elster war ambivalent. In Möllendorf wurden in den hydrologischen Sommermonaten höhere Eisenkonzentrationen als im Wintermonat November gemessen (Bild 80). Im Sommer, wenn das eisenarme oberstromige Dargebot gering war, beeinflusst das lokal zusitzende Grundwasser die Wasserbeschaffenheit in der Kleinen Elster auf diesem Flussabschnitt. An der stromabwärts gelegenen Messstelle KE 60 wurden die höchsten Eisenkonzentration dagegen im Winter erfasst, wenn der Gebietsrückhalt gering war. Im Abschnitt zwischen Doberlug-Kirchhain und Schadewitz waren die Unterschiede gering. Die Eisenkonzentration lag in der Regel um 1,0 mg/L. Das Maximum der Eisenkonzentration in der Kleinen Elster am Pegel Schadewitz von 1,9 mg/L am 02.11.2021 steht im Zusammenhang mit dem erhöhten Eiseneintrag aus der Flösse zum Messtermin.

Im Oberlauf der Schacke bei Drößig (Mst. Sa 30) lag die Eisenkonzentration in den hydrologischen Sommermonaten Juni bis August 2021 bei 1,1 mg/L. Unter zunehmend winterlichen Bedingungen stieg die Eisenkonzentration bis Ende November 2021 auf 6,6 mg/L (Tabelle 53 und Bild 81). Bis zur Einmündung in die Kleine Elster sank die mittlere Eisenkonzentration durch Oxidation und Sedimentation von 3,4 mg/L auf 1,5 mg/L (Mst. Sa 10). Der Anteil von grundwasserbürtigem gelöstem Eisen-II an der Eisen-gesamt-Konzentration sank von durchschnittlich 30 % auf 15 %.

Die höchsten Eisenkonzentrationen als Mittelwert und als Einzelwerte wurden im Oberlauf der Flösse bei Oppelhain (Mst. FL 40) gemessen (Bild 78 und Tabelle 53). Hier lag die Eisenkonzentration im Mittel des Messzeitraumes bei 6,8 mg/L. Die Eisenkonzentration schwankte in Abhängigkeit vom Durchfluss und von der Jahreszeit zwischen 1,4 und 12,3 mg/L. Die Eisen-II-gelöst-Konzentration lag im Mittel bei 4,4 mg/L bzw. 65 % von der Eisengesamt-Konzentration. Das belegt die grundwasserbürtige Herkunft der Eisenbelastung. Das Maximum der Eisenkonzentration am 02.11.2021 steht im Zusammenhang mit dem höchsten Durchfluss an dieser Messstelle im Monitoringzeitraum (Bild 82). Im Fließverlauf bis zum Abzweig des Randgrabens bei Gruhno (Mst. FL 20) sank die Eisenkonzentration durch Oxidation und Sedimentation sowie durch Verdünnung aus dem Sornoer Hauptgraben (Mst. SHGr 10) im Mittel auf 2,1 mg/L. Der Anteil von gelöstem zweiwertigem Eisen sank auf rund 20 %. Die Befunde decken sich mit den Beobachtungen im Rahmen der vorausgegangenen Ortsbegehung, bei der in diesem Fließgewässerabschnitt mächtige eisenhaltige Sedimente dokumentiert wurden (Abschnitt 8.2.1).

**Tabelle 52: Eisenkonzentrationen [mg/L] an den Messstellen im oberen Einzugsgebiet der Kleinen Elster im Messzeitraum von Juni bis November 2021.**

Mess-kampagne	KE 80	KE 70	Rie 10	PGr 10	KE 60	SLGr 10	BGr 10	KE 40
	Bilanzprofil	Bilanzprofil	Mündung	Mündung	Bilanzprofil	Mündung	Mündung	Bilanzprofil
03.06.2021	2,28	2,14	3)	3)	0,78	3)	3)	1,20
05.07.2021	0,73	4,79	3)	3)	0,94	3)	0,79	1,09
02.08.2021	1,90	1,82	2)	0,66	1,41	3)	0,57	0,73
07.10.2021	3)	3,20	1)	1)	3,89	1)	1)	0,50
02.11.2021	3)	0,85	1)	1)	5,37	1)	1)	0,93
25.11.2021	0,74	1,11	1)	1)	4,59	1)	1)	0,68
Minimum	0,73	0,85	---	---	0,78	---	---	0,50
Mittelwert	1,41	2,32	---	---	2,83	---	---	0,86
Maximum	2,28	4,79	---	---	5,37	---	---	1,20

1) nicht im Messprogramm

2) keine Zuwegung

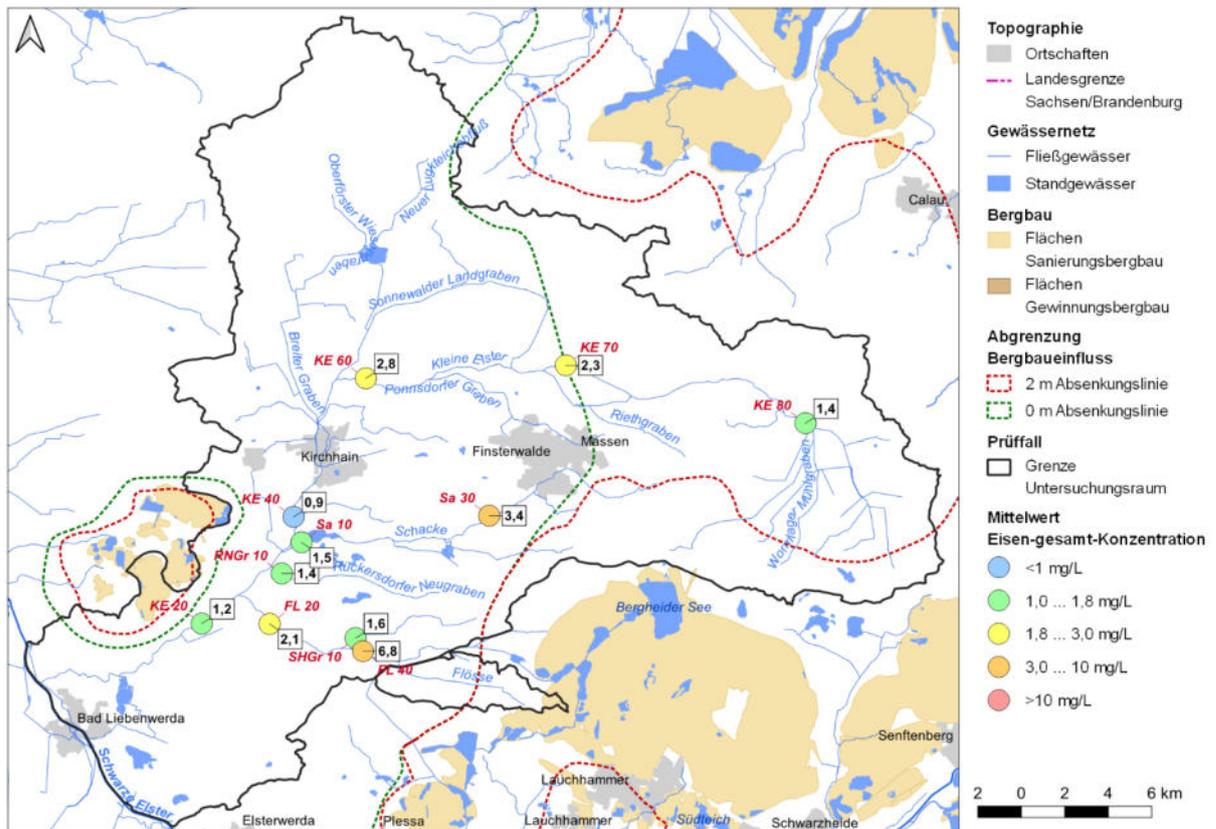
3) kein Abfluss

**Tabelle 53: Eisenkonzentrationen [mg/L] an den Messstellen im mittleren Einzugsgebiet der Kleinen Elster im Messzeitraum von Juni bis November 2021.**

Mess-kampagne	Sa 30	SMGr 10	Sa 10	RNGr 10	FL 40	SHGr 10	FL 20	KE 20
	Bilanzprofil	Mündung	Mündung	Mündung	Bilanzprofil	Mündung	Bilanzprofil	Bilanzprofil
03.06.2021	1,14	2)	0,84	0,46	1,40	0,85	0,70	1,18
05.07.2021	1,10	2)	1,08	0,87	3,20	1,23	1,46	1,21
02.08.2021	1,05	2)	0,69	1,08	10,10	0,95	4,08	0,81
07.10.2021	4,46	1)	1,80	2,82	5,94	3,75	1,38	0,67
02.11.2021	6,00	1)	3,09	1,72	12,30	1,55	1,14	1,88
25.11.2021	6,64	1)	1,38	1,16	7,78	1,07	3,54	1,17
Minimum	1,05	---	0,69	0,46	1,40	0,85	0,70	0,67
Mittelwert	3,40	---	1,48	1,35	6,79	1,57	2,05	1,15
Maximum	6,64	---	3,09	2,82	12,30	3,75	4,08	1,88

1) nicht im Messprogramm

2) kein Abfluss



**Bild 78:** Mittelwerte der Eisen-gesamt-Konzentration der Stichtagsmessungen an den Messstellen im Untersuchungsgebiet Kleine Elster entsprechend Tabelle 52 und Tabelle 53.

Im untersuchten Abschnitt der Kleinen Elster zwischen Saadow und Schadewitz lagen die **Sulfatkonzentrationen** im Mittel der Stichtage zwischen 93 und 121 mg/L (Tabelle 54, Tabelle 55 und Bild 79). Die höchsten mittleren Sulfatkonzentrationen wurden im Grundwassereinflussbereich bei Frankena (Mst. KE 60) und nach der Einmündung der Schacke und Flösse am Pegel Schadewitz gemessen (Bild 80).

**Tabelle 54:** Sulfatkonzentrationen [mg/L] an den Messstellen im oberen Einzugsgebiet der Kleinen Elster im Messzeitraum von Juni bis November 2021.

Mess-kampagne	KE 80	KE 70	Rie 10	PGr 10	KE 60	SLGr 10	BGr 10	KE 40
	Bilanzprofil	Bilanzprofil	Mündung	Mündung	Bilanzprofil	Mündung	Mündung	Bilanzprofil
04.06.2021	151	109	3)	3)	123	3)	3)	92
06.07.2021	83	87	3)	3)	130	3)	73	94
03.08.2021	74	73	2)	134	107	3)	76	90
07.10.2021	3)	86	1)	1)	112	1)	1)	87
02.11.2021	3)	115	1)	1)	119	1)	1)	88
25.11.2021	142	97	1)	1)	136	1)	1)	109
Minimum	74	73	---	---	107	---	---	87
Median	113	95	---	---	121	---	---	93
Maximum	151	115	---	---	136	---	---	109

1) nicht im Messprogramm  
 2) keine Zuwegung  
 3) kein Abfluss

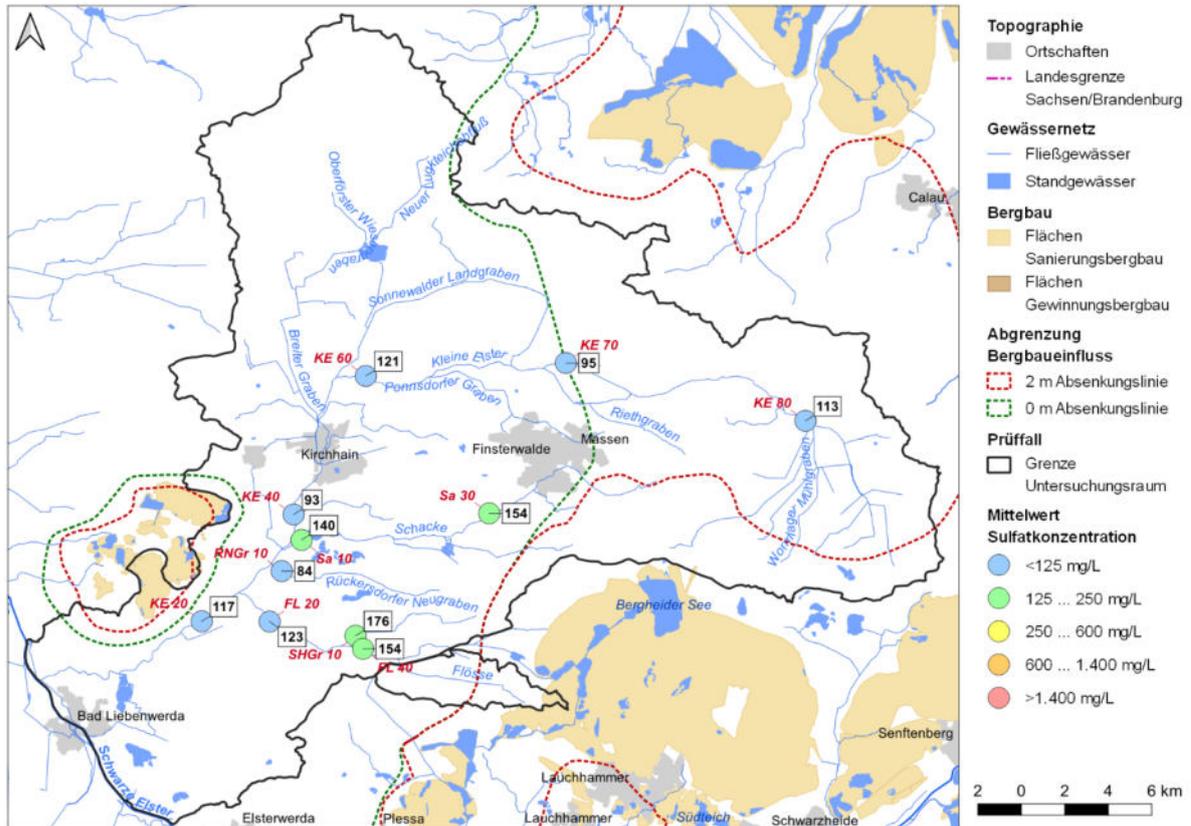


Die Schacke (Mst. Sa 10) und die Flösse (Mst. FL 20) wirkten mit mittleren Sulfatkonzentrationen von 140 bzw. 123 mg/L konzentrationserhöhend auf die Kleine Elster (Tabelle 55, Bild 81 und Bild 82). Sie bewirkten in der Kleinen Elster am Pegel Schadewitz (Mst. KE 20) eine durchschnittliche Konzentrationserhöhung von rund 25 mg/L. Die höchsten Sulfatkonzentrationen von 150 bis 203 mg/L als Einzelwerte wurden im Messzeitraum von Juni bis November 2021 im Oberlauf der Schacke bei Drößig, im Oberlauf der Flösse und insbesondere im Sornoer Hauptgraben erfasst.

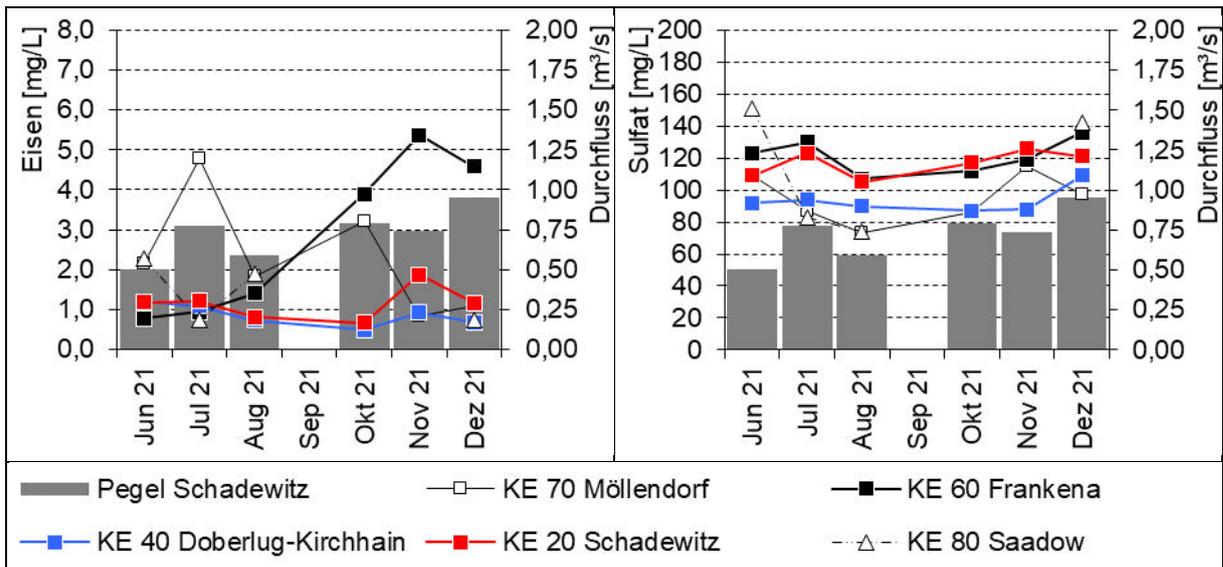
**Tabelle 55: Sulfatkonzentrationen [mg/L] an den Messstellen im mittleren Einzugsgebiet der Kleinen Elster im Messzeitraum von Juni bis November 2021.**

Mess-kampagne	Sa 30	SMGr 10	Sa 10	RNGr 10	FL 40	SHGr 10	FL 20	KE 20
	Bilanzprofil	Mündung	Mündung	Mündung	Bilanzprofil	Mündung	Bilanzprofil	Bilanzprofil
04.06.2021	152	2)	143	91	131	203	118	109
06.07.2021	160	2)	130	85	183	167	142	123
03.08.2021	166	2)	142	77	153	165	129	105
07.10.2021	162	1)	143	74	137	173	113	117
02.11.2021	126	1)	145	86	140	187	100	126
25.11.2021	155	1)	138	89	178	161	137	121
Minimum	126	---	130	74	131	161	100	105
Mittelwert	154	---	140	84	154	176	123	117
Maximum	166	---	145	91	183	203	142	126

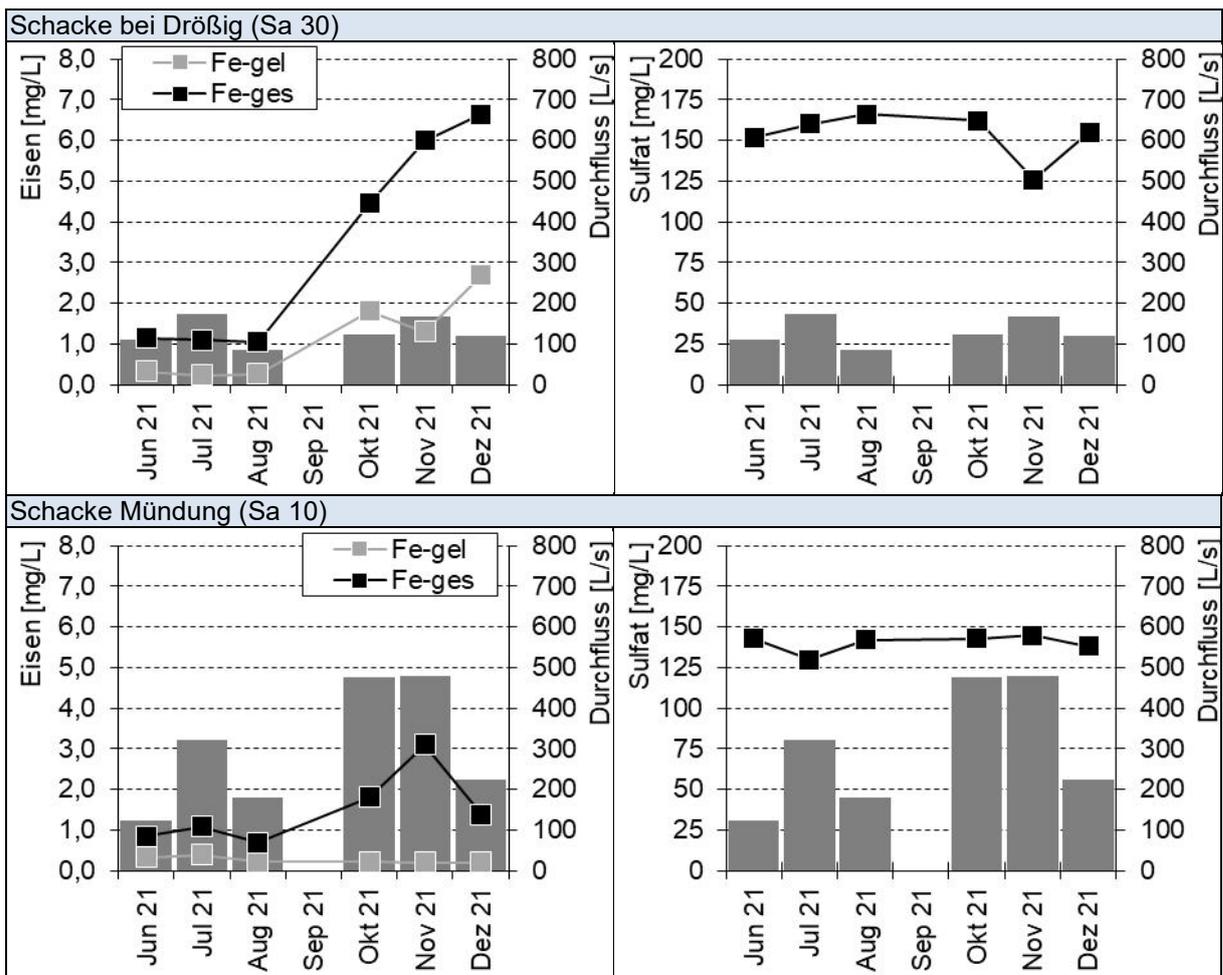
1) nicht im Messprogramm  
2) kein Abfluss



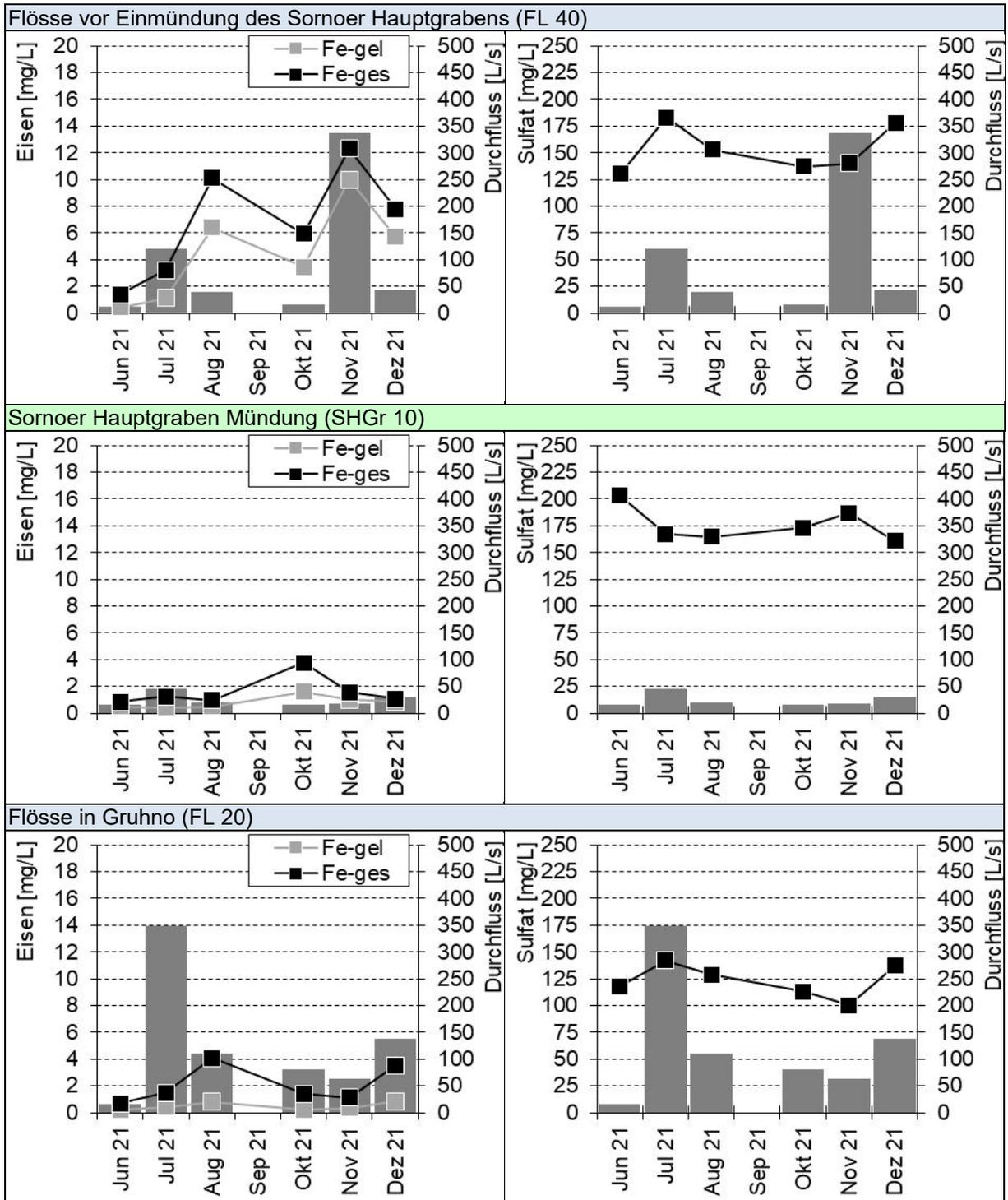
**Bild 79: Mittelwerte der Sulfatkonzentration der Stichtagsmessungen an den Messstellen im Untersuchungsgebiet Kleine Elster entsprechend Tabelle 54 und Tabelle 55.**



**Bild 80:** Eisen- und Sulfatkonzentration im Längsschnitt der Kleinen Elster im Messzeitraum von Juni bis Dezember 2021.



**Bild 81:** Eisen- und Sulfatkonzentration in der Schacke im Messzeitraum von Juni bis Dezember 2021.



**Bild 82:** Eisen- und Sulfatkonzentration in der Flöße und im Sornoer Hauptgraben im Messzeitraum von Juni bis Dezember 2021.

Anhand der räumlichen Verteilung der Eisenkonzentrationen in den Fließgewässern im Einzugsgebiet der Kleinen Elster können die Haupteintragsbereiche identifiziert werden (Bild 78). Die höchsten mittleren Eisenkonzentrationen > 2 mg/L wurden im Nahbereich der 0-Meter- und 2-Meter-Absenkungslinie westlich der Kippe Lauchhammer im Oberlauf der Flöße und der Schacke erfasst. Zudem wurden im Sornoer Hauptgraben im Nahbereich der Absenkungslinien Einzelbefunde bis 3,8 mg/L Eisen erfasst. Die Befunde zur Versauerungsdisposition bekräftigen die Befunde zur



Eisenkonzentration. Der Oxidationsfortschritt an den untersuchten Messstellen in der Schacke, im Rückersdorfer Neugraben und im Sornoer Hauptgrabens deutet darauf hin, dass die Haupteintragsbereiche von Eisen stromoberhalb der untersuchten Messstellen, nahe der Tagebaukippen, liegen.

In der Kleinen Elster in Möllendorf und Frankena war die Wasserbeschaffenheit durch die Beschaffenheit des zuzitenden Grundwassers geprägt.

Der hohe Anteil von Eisen-II-gelöst an der Eisen-gesamt-Konzentration von durchschnittlich 50 % bis 65 % belegt die grundwasserbürtige Herkunft der Eisenbelastung in der Flösse und im Sornoer Hauptgraben. Der geringe Anteil von Eisen-II-gelöst an der Eisen-gesamt-Konzentration von durchschnittlich weniger als 35 % im Oberlauf der Schacke bei Drözig, im Schiemenz-Mühlgraben sowie im Rückersdorfer Neugraben zeigt den Oxidationsfortschritt in den untersuchten Fließgewässerabschnitten. Daraus ergibt sich im Rückschluss, dass die Haupteintragsbereiche in einiger Entfernung stromoberhalb der beprobten Messstellen liegen. Im Fließverlauf der Flösse und der Schacke sank die mittlere Eisenkonzentration durch Rückhalt im Grabenprofil. Das zeigt sich in 30 bis 50 Zentimeter mächtigen Eisenhydroxidablagerungen, insbesondere im Unterlauf der Flösse (siehe Abschnitt 8.2.1, Bild 63 rechts und Bild 64 links).

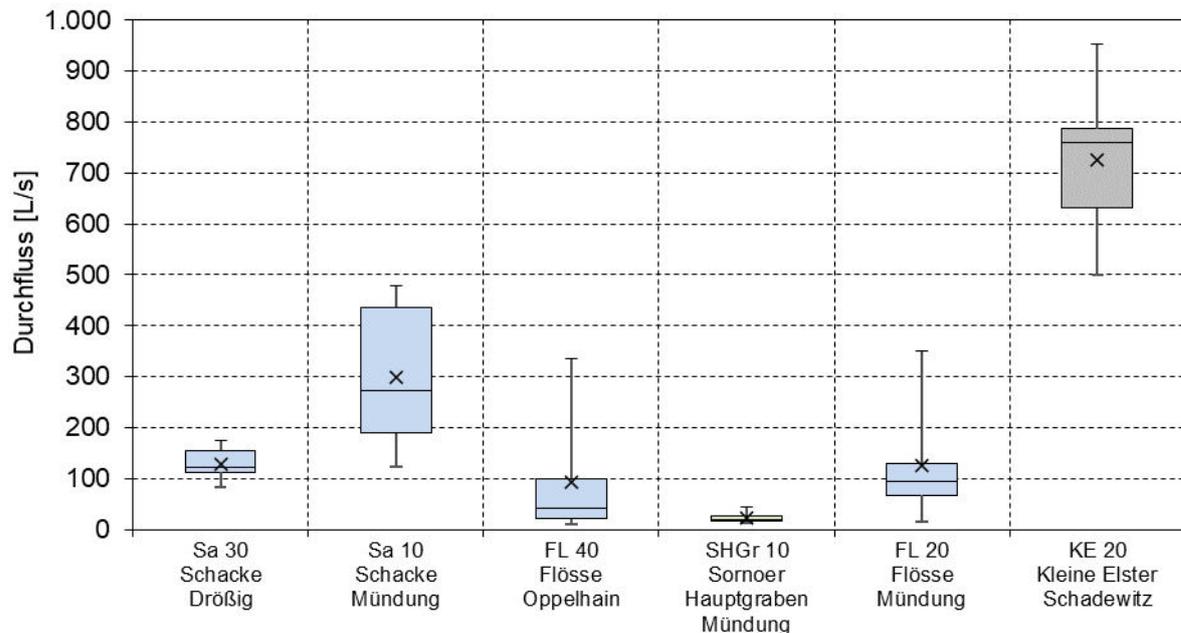
Das Muster der Sulfatkonzentration (Bild 49) entspricht im Wesentlichen dem Muster der Eisenkonzentration. Fließgewässerabschnitte mit erhöhter Eisenbelastung waren meist auch durch erhöhte Sulfatkonzentrationen gekennzeichnet. Das trifft insbesondere auf den Nahbereich der § 3-Linie der LMBV und der 2-Meter-Abenkungslinie in der Schacke, in der Flösse und im Sornoer Hauptgraben zu.

## **8.6 Bilanzen**

### **8.6.1 Wassermengen**

Eine geschlossene Wassermengenbilanz für das Einzugsgebiet der Kleinen Elster ist aufgrund der spärlichen Datengrundlage nicht möglich. Für die Kleine Elster liegen lediglich Daten vom Pegel Schadewitz vor. Am Pegel Schadewitz (Mst. KE 20) lag der Durchfluss im Mittel der Stichtage bei 726 L/s. Rund 55 % des Dargebots am stammten aus den östlichen Zuflüssen Schacke und Flösse (Bild 83). Die Schacke ist mit einem Anteil von rund 40 % der maßgebliche Zufluss zur Kleinen Elster. Am Mündungsprofil der Schacke (Mst. Sa 10) lag der Durchfluss im Mittel bei 300 L/s. Der überwiegende Teil des Dargebots in der Schacke stammt aus Zuflüssen stromunterhalb von Drözig (Mst. Sa 30). Auf diesem Fließabschnitt befinden sich Teichwirtschaften, welche mit dem Dargebot der Schacke bewirtschaftet werden.

An der Mündung der Flösse (Mst. FL 20) lag der Durchfluss in einem breiten Band von 16 bis 349 L/s und im Mittel bei 126 L/s (Bild 83). Das entspricht einem Anteil von rund 15 % am Abfluss der Kleinen Elster am Pegel Schadewitz. Etwa drei Viertel des Dargebots in der Flösse stammten aus den Niederungen im oberen Einzugsgebiet und aus dem Neugabelgraben. Rund 20 % stammten aus dem Sornoer Hauptgraben (Mst. SHGr 10). Alle weiteren untersuchten Zuflüsse zur Kleinen Elster waren für die Wasserführung der Kleinen Elster nicht relevant. Deren Anteil am Abfluss der Kleinen Elster am Pegel Schadewitz lag jeweils unter 1 % (Abschnitt 8.4).



**Bild 83:** Durchflussstatistik der sechs Stichtagsmessungen an den Messstellen im Untersuchungsgebiet Kleine Elster. Zuflüsse zur Kleinen Elster sind blau gekennzeichnet. Zuflüsse II. Ordnung sind grün gekennzeichnet.

### 8.6.2 Stoffmengen

In der Kleinen Elster in Schadewitz (Mst. KE 20) formierte sich im Berichtszeitraum eine mittlere Eisenfracht von rund 75 kg/d. Die **Eisenfracht** variierte zwischen 40 und 120 kg/d (Bild 84).

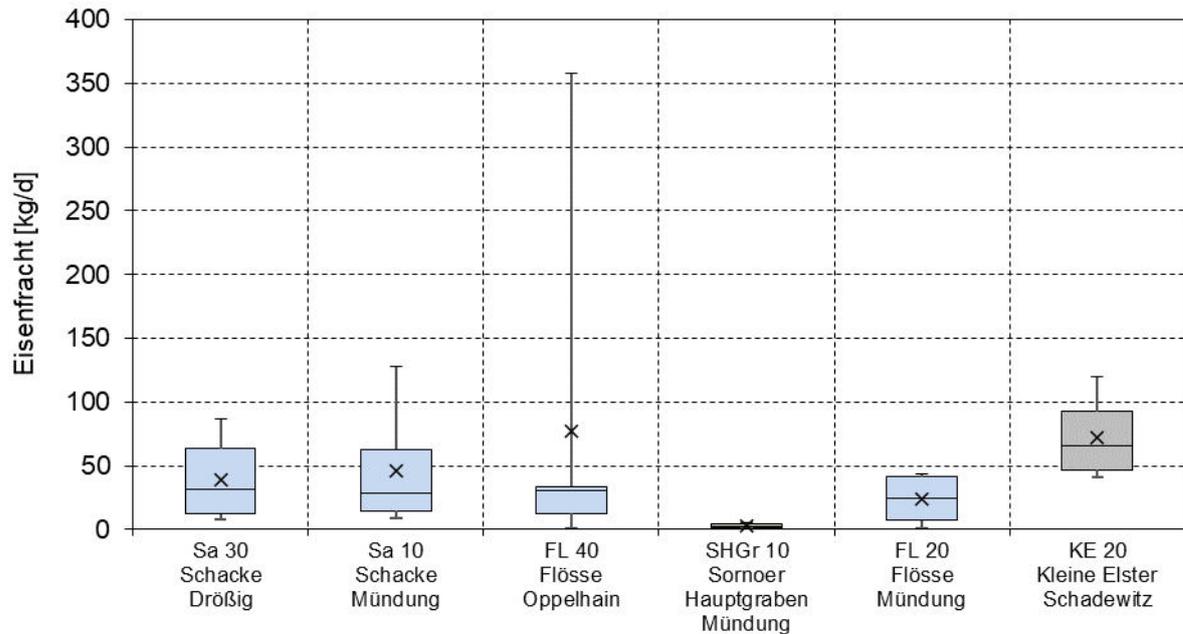
Im Mittellauf der Flösse bei Oppelhain (Mst. FL 40) und im Unterlauf bei Gruhno (Mst. FL 20) wurden zu den Messterminen meist vergleichbare Befunde zur Eisenfracht erfasst. An der Messstelle FL 40 trat im November 2021 im Zusammenhang mit erhöhtem Durchfluss von 336 L/s eine Frachtspitze von rund 360 kg/d auf. Die Ursache ist nicht bekannt. Dem stehen niedrige Befunde an der mündungsnahen Messstelle FL 20 zum Messtermin entgegen. An der Messstelle FL 20 lag die Eisenfracht im Mittel bei 25 kg/d (Bild 84). Der tatsächliche Eiseneintrag in die Kleine Elster wird geringer geschätzt. Stromunterhalb der Messstelle FL 20 wurde insbesondere auf dem rund 2.700 Meter langen Abschnitt des Randgrabens ein relevanter Eisenerückhalt festgestellt (Abschnitt 8.2.1).

Aus der Schacke gelangte eine mittlere Eisenfracht von 45 kg/d (Mst. Sa 10) in die Kleine Elster. Die Eisenfracht lag an beiden Messprofilen auf einem vergleichbaren Niveau (Bild 84). Der Haupteintragsbereich von Eisen in die Schacke liegt stromoberhalb der Messstelle Sa 30 in Dröbzig.

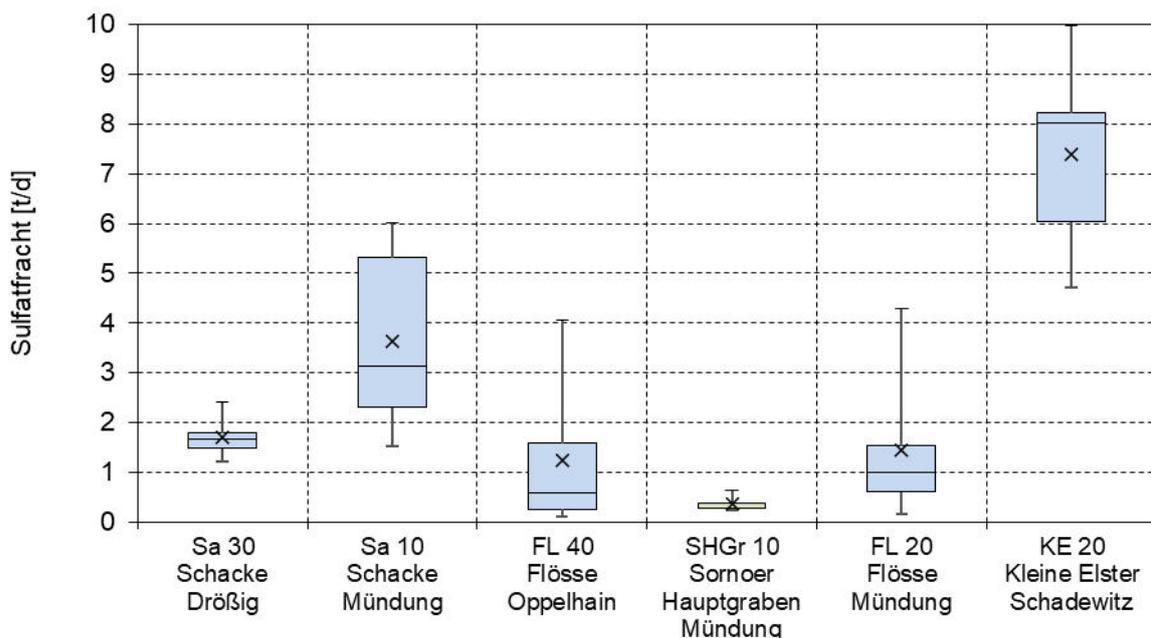
Die **Sulfatfracht** in der Kleinen Elster in Schadewitz (Mst. KE 20) betrug im Mittel des Untersuchungszeitraumes ca. 7,4 t/d. Die Sulfatfracht variierte insbesondere in Abhängigkeit vom Durchfluss zwischen 5 und 10 t/d. Etwa die Hälfte der Sulfatfracht stammte aus der Schacke (Bild 85). Rund 20 % stammten aus der Flösse. Die Schacke und die Flösse sind die maßgeblichen Sulfatemittenten im Einzugsgebiet der Kleinen Elster. Die Sulfatfracht in der Schacke stammt etwa zu gleichen Teilen



aus dem Oberlauf sowie aus den Zuflüssen zwischen Drößig (Mst. Sa 30) und Lindena (Mst. Sa 10). Die Sulfatbelastung der Flösse (Mst. FL 40 und FL 20) stammt vorwiegend aus dem oberen Einzugsgebiet im Bereich der Niederungen bei Gorden-Staupitz. Im Sornoer Hauptgraben (Mst. SHGr 10) bildeten sich keine relevanten Sulfatfrachten.



**Bild 84:** Statistik der Eisenfracht der sechs Stichtagsmessungen an den Messstellen im Untersuchungsgebiet Kleine Elster. Zuflüsse zur Kleinen Elster sind blau gekennzeichnet. Zuflüsse II. Ordnung sind grün gekennzeichnet.



**Bild 85:** Statistik der Sulfatfracht der sechs Stichtagsmessungen an den Messstellen im Untersuchungsgebiet Kleine Elster. Zuflüsse zur Kleinen Elster sind blau gekennzeichnet. Zuflüsse II. Ordnung sind grün gekennzeichnet.



## 8.7 Synthese

### 8.7.1 Kenntnisstand

Der Lug bei Saadow, ein Quellgebiet der Kleinen Elster, erzeugte im Untersuchungszeitraum keinen relevanten Abfluss. Das galt gleichermaßen für die nördlichen Zuflüsse zur Kleinen Elster. Das Dargebot der Kleinen Elster am Pegel Schadowitz stammte vorwiegend aus dem östlichen Einzugsgebiet, insbesondere aus der Schacke und aus der Flösse. Zudem wurde abschnittsweise ein Grundwassereinfluss auf die Kleine Elster nachgewiesen (Abschnitt 8.4 und 8.6.1).

Im Untersuchungsgebiet Kleine Elster bestand keine flächenhafte Versauerung. Die niedrigsten pH-Werte in der Kleinen Elster bis  $\text{pH} = 6,4$  wurden im Grundwassereinflussbereich der Niederung Bauerbusch bei Frankena erfasst. Das eisenreiche Wasser im Oberlauf der Flösse war dagegen schwach versauerungsdisponiert. Die pH-Werte lagen überwiegend zwischen 5,0 und 6,0. Im Sornoer Hauptgraben wurde ereignisbezogen ein Versauerungsschub bis  $\text{pH} = 4,6$  erfasst (Abschnitt 8.5).

Im Untersuchungsgebiet lagen die mittleren Eisenkonzentrationen überwiegend zwischen 1 und 3 mg/L. Einzelbefunde bis 5 mg/L im Mittellauf der Kleinen Elster bei Möllendorf und Frankena belegen einen lokalen Grundwassereinfluss aus den umliegenden Niederungen. Die höchsten Eisenkonzentrationen mit Mittelwerten  $> 3$  mg/L und Einzelwerten bis maximal 12,3 mg/L in den Zuflüssen zur Kleinen Elster traten im Oberlauf der Schacke, im Oberlauf der Flösse und im Sornoer Hauptgraben auf (Abschnitt 8.5).

Die Sulfatkonzentrationen im Untersuchungsgebiet waren mit  $< 200$  mg/L als Mittel- und Einzelwerte moderat. Die höheren Werte von 150 bis 200 mg/L wurden in den Messstellen mit erhöhten Eisenkonzentrationen festgestellt (Abschnitt 8.5).

Die räumliche Herkunft der Stoffbelastung im Einzugsgebiet konnte mit den Befunden des Monitorings aufgeklärt und die Verursacher der Stoffbelastung identifiziert werden (Abschnitt 8.7.2).

### 8.7.2 Verursacheranalyse

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen war formal die bergbauliche Beeinflussung von acht Fließgewässer-OWK im Untersuchungsgebiet Kleine Elster aufzuklären (Tabelle 56). Der Bergbaueinfluss manifestierte sich in einer erhöhten Eisenbelastung der Fließgewässer. Diese war besonders in den östlichen Zuflüssen zur Kleinen Elster, deren Oberläufe von der § 3-Linie und der 2-Meter-Absenkungslinie geschnitten wird, deutlich gegenüber den anderen Fließgewässern erhöht. Zudem wurden in diesen Fließgewässerabschnitten leicht erhöhte Sulfatkonzentrationen gemessen. Aufgrund der Kongruenz des von der ehemaligen Grundwasserabsenkung erfassten Gebietes mit dem Gebiet der erhöhten Stoffbelastung kann eine bergbauliche Ursache angenommen werden.

Die behördlichen Daten liefern weiterhin Hinweise auf eine bergbaubürtige Stoffbelastung der Fließgewässer-OWK Wormlager Mühlgraben (DEBB538612\_630) und Göllnitzer Fließ (DEBB538614\_631). Die vermutete bergbauliche Ursache konnte auf der Grundlage der kurzen behördlichen Datenreihen und der Monitoringbefunde



jedoch nicht abschließend festgestellt werden. Die Fließe erzeugten im Untersuchungszeitraum keinen relevanten Abfluss. Das galt auch für die Fließgewässer-OWK am Schiemenz-Mühlgraben (DEBB538664\_640 und DEBB538664\_639).

Für den Riethgraben (DEBB538616\_632), den Ponnisdorfer Graben (DEBB538618\_633) sowie den Sonnewalder Landgraben (DEBB53862\_261) wurde der vermutete Bergbaueinfluss dagegen nicht bestätigt. Die Fließgewässer erzeugten im Untersuchungszeitraum keinen relevanten Abfluss. Einzelbefunde zur Wasserbeschaffenheit waren hinsichtlich einer bergbaulichen Beeinflussung unauffällig.

Der vermutete Bergbaueinfluss des Fließgewässer-OWK Umfluter Kleine Elster (DEBB53864\_262) durch Fernwirkung wurde nicht bestätigt. Der Umfluter Kleine Elster zweigt nördlich der Ortslage Doberlug Kirchhain von der Kleinen Elster ab, nimmt den Breiten Graben auf und mündet südlich der Ortslage wieder in die Kleine Elster ein. Aus der Kleinen Elster und aus dem Breiten Graben gelangten nachweislich keine bergbaubürtigen Stofffrachten in den Umfluter Kleine Elster.

Auf die Schacke (DEBB53866\_263) und Flösse (DEBB53868\_265) wurde ein direkter Bergbaueinfluss bestätigt. Im Unterlauf der Flösse (DEBB53868\_264) wurde ein Bergbaueinfluss durch Fernwirkung nachgewiesen. Der Ursprung der bergbaubedingten Stoffbelastung an der Referenzmessstelle FL 20 liegt > 5.000 Meter im Oberstrom nahe der Absenkungslinien.

Für den Rückersdorfer Neugraben (DEBB538672\_641) und den Sornoer Hauptgraben (DEBB538684\_642) wurde in IWB & gIR (2020) kein Bergbaueinfluss ermittelt (Tabelle 56). Anhand der Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen kann allerdings für beide Fließgewässer-OWK ein Bergbaueinfluss postuliert werden. So deuten eisenhaltige Ablagerungen im Bereich der Referenzmessstelle RNGr 10 auf einen relevanten Eiseneintrag im Oberlauf des Rückersdorfer Neugrabens hin. Im Sornoer Hauptgraben weisen die Befunde zum pH-Wert auf einen bergbaulichen Einfluss hin.

Ein Bergbaueinfluss auf die Kleine Elster (DEBB5386\_86 und DEBB5386\_84) wurde nicht zweifelsfrei belegt. An den jeweiligen Referenzmessstellen wurden im Untersuchungszeitraum keine bergbaubedingt erhöhten Stoffkonzentration und keine Versauerung festgestellt. Für den Fließgewässer-OWK DEBB5386\_85 wurde der vermutete Bergbaueinfluss nicht bestätigt. Die zeitweise erhöhten Eisenkonzentrationen an der Referenzmessstelle KE 70 werden auf den lokalen Grundwasserzufluss aus den umliegenden Niederungen zurückgeführt. In allen anderen Fällen mit bestätigtem Bergbaueinfluss wird die erhöhte Stoffbelastung der Fließgewässer anteilig den Verursacherkategorien Bergbau und „andere bzw. ungeklärt“ zugeordnet.



**Tabelle 56: Bergbaueinfluss und Zustand der Fließgewässer-OWK im Untersuchungsgebiet der Kleinen Elster.**

OWK	Bezeichnung/ Gewässer	Prüffall <sup>(1)</sup>	Ergebnis des Monitorings <sup>(2)</sup>				Bewertung	Verursacher
			Mst.	Sulfat [mg/L]	Eisen [mg/L]	pH-Wert [-]		
DEBB538612_630	Wormlager Mühlgraben	■	keine	---	---	---	☒	
DEBB538614_631	Göllnitzer Fließ	■	keine	---	---	---	☒	
DEBB538616_632	Riethgraben	■	Rie 10	---	---	---	☐	
DEBB538618_633	Ponnsdorfer Graben	■	PGr 10	134	0,7	7,3	☐	
DEBB53862_261	Sonnenwalder Landgraben	■	SLGr 10	---	---	---	☐	
DEBB53864_262	Umfluter Kleine Elster	☐	keine	---	---	---	☐	
DEBB538664_640	Schiemenz-Mühlgraben	■	keine	---	---	---	☒	
DEBB538664_639	Schiemenz-Mühlgraben	☐	SMGr 10	---	---	---	☒	
DEBB53866_263	Schacke	■	Sa 10	140	1,5	7,2	■	B, G
DEBB538672_641	Rückersdorfer Neugraben	☐	RNGr 10	84	1,4	6,4	■	B, G
DEBB53868_265	Flösse	■	keine	---	---	---	■	B, G
DEBB538684_642	Sornoer Hauptgraben	☐	SHGr 10	176	1,6	4,6	■	B, G
DEBB53868_264	Flösse	☐	FL 20	123	2,1	6,3	■	B, G
DEBB5386_86	Kleine Elster	■	KE 80	113	1,4	6,9	☒	
DEBB5386_85	Kleine Elster	■	KE 70	95	2,3	7,0	☐	F, G
DEBB5386_84	Kleine Elster	■	KE 20	117	1,2	6,9	☒	

<sup>(1)</sup> nach IWB & gIR (2020), Symbolik zum Bergbaueinfluss gemäß Tabelle 57.

<sup>(2)</sup> Zustandskategorien für die Kennwerte Sulfat, Eisen und pH-Wert gemäß Tabelle 7, Tabelle 8, Tabelle 9.

**Tabelle 57: Erläuterung der Symbolik zur Angabe des Bergbaueinflusses und der Verursacher.**

Prüffall nach IWB & gIR (2020)		Bewertung		Verursacher/Quellen	
☐	kein Bergbaueinfluss	☐	Kein Bergbaueinfluss	A	Gewinnungsbergbau BK
☐	Prüffall Fernwirkung	☒	Nicht abschließend feststellbar verbleibender Prüffall	B	Sanierungsbergbau BK
■	Prüffall Bergbaueinfluss			C	Altbergbau BK
■	Dominanter Bergbaueinfluss	■	Bergbaueinfluss	D	Anderer Bergbau
				E	Landwirtschaft
				F	natürliche
				G	andere bzw. ungeklärt

### 8.7.3 Maßnahmen

Der Gutachter empfiehlt die Fortsetzung des Monitorings. Der Fokus des Monitorings sollte zukünftig auf die Haupteintragsbereiche der bergbaubürtigen Stoffe im Osten des Einzugsgebietes der Kleinen Elster gerichtet sein. Dazu zählen der Oberlauf der Flösse im Niederungsbereich zwischen den Ortschaften Staupitz und Oppelhain sowie der Ober- und Mittellauf der Schacke bei Finsterwalde und der Oberlauf des Rückersdorfer Neugrabens in der Rückersdorf-Drößiger-Heidelandschaft bei Sorno.



In diesen Bereichen ist eine Verdichtung der Fließgewässermessstellen in Betracht zu ziehen (Hotspotmonitoring), um Eintragsbereiche zu präzisieren und Quellstärken zu quantifizieren. Die örtliche Erkundung sollte durch Bohrungen bzw. Grundwasseruntersuchungen flankiert werden (Cluster 3, siehe Abschnitte 3.1 und 3.5). Die Messungen am Ponnisdorfer Graben und am Riethgraben sollten aufgrund ihrer Lage im Untersuchungsgebiet fortgeführt werden. Die Oberläufe dieser Gräben liegen in der Nähe der Absenkungslinien.

## 9 Vincenzgraben

### 9.1 Untersuchungsgebiet

Der Untersuchungsraum umfasst das oberirdische Einzugsgebiet des Vincenzgrabens mit einer Fläche von 42 km<sup>2</sup> (Bild 86 und Bild 87). Der Vincenzgraben entspringt nördlich von Zeißholz an der Zeißholzer Höhe. Im Oberlauf nimmt der Graben den Bilanzüberschuss aus dem RL Zeißholz auf. Der Mittellauf verläuft in östliche Richtung durch die Ortschaften Scheckthal und Dubring. In diesem Fließgewässerabschnitt erfolgen die Abschlüge aus den Grauwackesteinbrüchen bei Oßling und Dubring in das Fließ (Bild 87). Im weiteren Verlauf durchströmt der Vincenzgraben das FFH-Gebiet Dubringer Moor. Nach 10,5 Kilometer mündet der Vincenzgraben in Dörghenhausen in die Schwarze Elster.

Die Kenntnisse zum Bergbaueinfluss und zum Zustand der Fließgewässer-OWK im Untersuchungsgebiet Vincenzgraben aus dem strategischen Hintergrundpapier sind in der Tabelle 58 zusammengefasst. Das Einzugsgebiet des Vincenzgrabens (OWK DESN\_538134) tangiert die 2-Meter-Absenkungslinie zur Abgrenzung des Bergbaueinflusses nur am nördlichen Gebietsauslass (Bild 86). Mit dem ehem. Tagebau „Clara III“ im oberen Einzugsgebiet unterliegt er jedoch dem Einfluss des Braunkohlenbergbaus ohne Rechtsnachfolge. Dieser ehem. Tagebau wird von der Absenkungslinie des „Lausitzer Löwen“ nicht erfasst (Bild 86).

**Tabelle 58: Bergbaueinfluss und Zustand der Fließgewässer-OWK im Untersuchungsgebiet Vincenzgraben.**

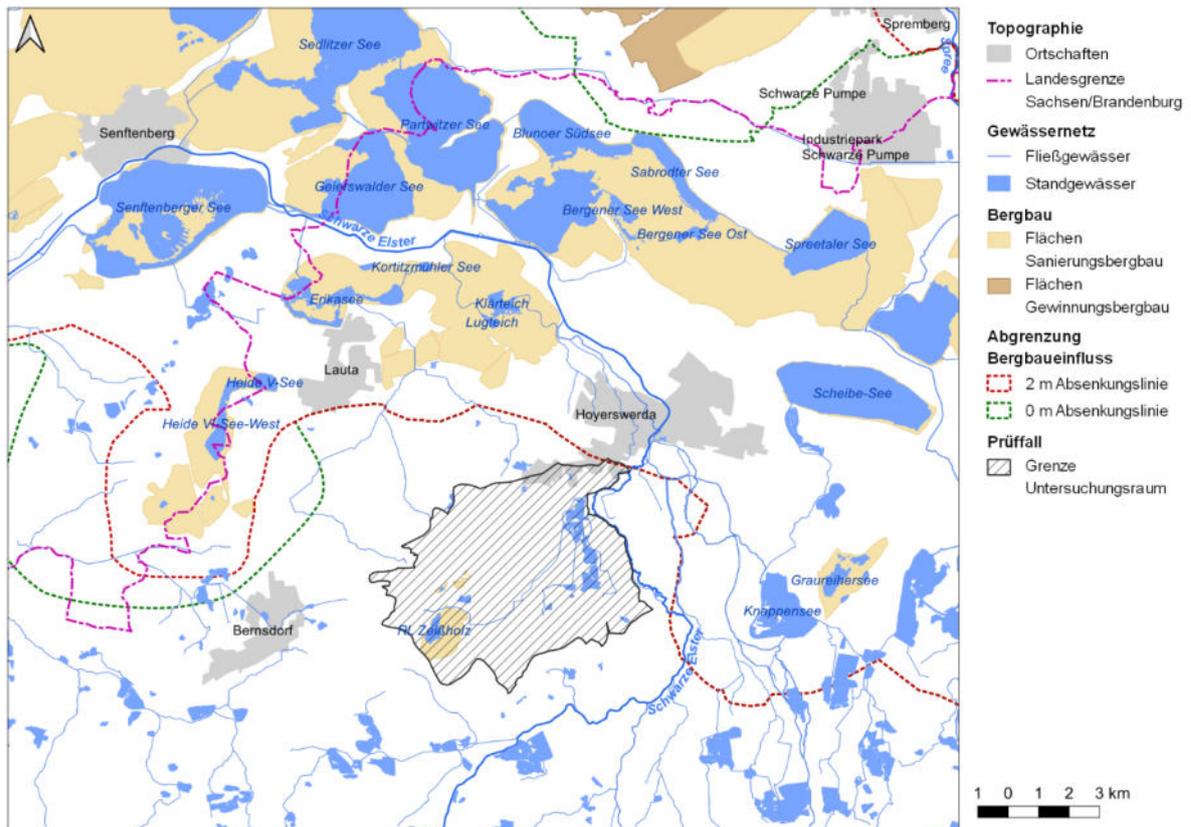
OWK	Bezeichnung / Gewässer	Bergbaueinfluss <sup>(1)</sup>	Zustand für Kennwert <sup>(2)</sup>			
			Messstelle	Sulfat [mg/L]	Eisen [mg/L]	pH-Wert [-]
DESN_538134	Vincenzgraben	■	OBF27700	171	7,4	4,1

<sup>(1)</sup> nach IWB & gIR (2020), Symbolik zum Bergbaueinfluss gemäß Tabelle 59.

<sup>(2)</sup> Zustandskategorien für die Kennwerte Sulfat, Eisen und pH-Wert gemäß Tabelle 7, Tabelle 8, Tabelle 9.

**Tabelle 59: Erläuterung der Symbolik zur Angabe des Bergbaueinflusses.**

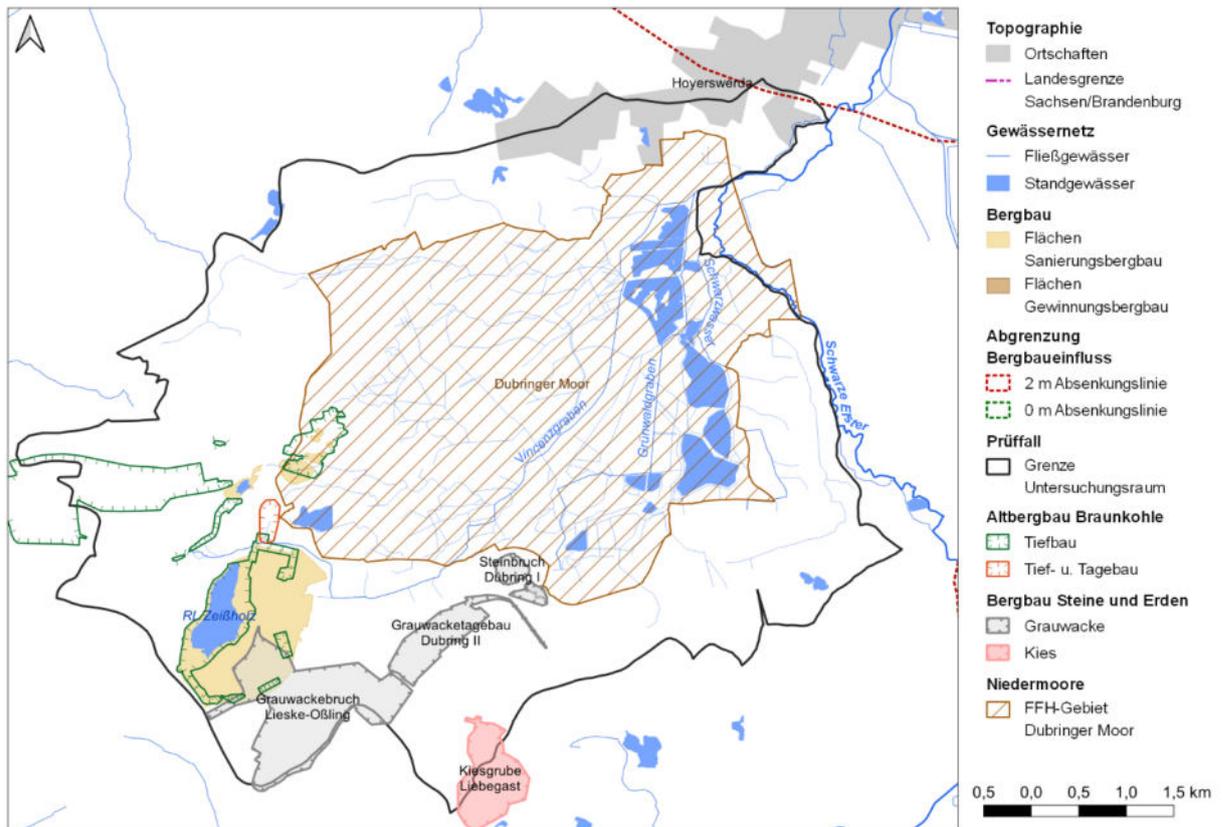
Symbol	Erläuterung
□	kein Bergbaueinfluss
◻	Prüffall Fernwirkung
■	Prüffall Bergbaueinfluss
■	Dominanter Bergbaueinfluss



**Bild 86: Übersicht des Untersuchungsgebietes Vincenzgraben im Einzugsgebiet der Schwarzen Elster mit den Grenzen des Bergbaueinflusses nach IWB & gIR (2020).**

Der ehemalige **Braunkohlentagebau** „Clara III“ liegt im Übergangsbereich des im Nordosten verlaufenden Urstromtales und den bogenförmig von Südwest nach Nordost streichenden Schollenfelderstrukturen der Zeißholz-Liebegaster Hochfläche (Bild 87). Im Süden grenzt das abgebaute Gebiet an die bis zur Oberfläche reichende prätertiäre Grauwackeformation der Kamenzer Serie, die im gesamten Abbaubereich das unmittelbare Liegende des Braunkohlenflözes bildet. Gegenstand des Abbaus im Braunkohlentagebau „Clara III“ bis zum Jahr 1934 war der 2. Lausitzer Flözhorizont und sein unmittelbar darunter liegender Unterbegleiter ABP (2000). Das Restloch Zeißholz wurde nach dem Jahre 1934 zur Einspülung von Asche und Kohletrübe aus der Brikettfabrik Zeißholz als industrielle Absetzanlage, zum Verkippen von Abraum des Natursteinwerkes Oßling sowie zur Verkipfung von Haus- und Siedlungsmüll und Industrieabfällen genutzt. Die Fabrikanlagen wurden 1991 stillgelegt.

Die Grundwasserverhältnisse im Bereich Zeißholz werden vom Restloch bestimmt und befinden sich seit Jahrzehnten im stationären Endzustand. Die Grundwasserströmung ist von der glazialen Endmoränenhochfläche im Südwesten nach Nordosten zum Urstromtal gerichtet. Der Wasserspiegel des Restsees liegt auf dem Niveau von +131,5 m NHN. Der See ist oberirdisch zuflusslos. Der Abfluss erfolgt an einem Überlauf und durch eine ca. 130 Meter lange unterirdische Rohrleitung DN500 zum Vincenzgraben ABP (2000).



**Bild 87: Untersuchungsgebiet Vincenzgraben mit den Grenzen der bergbaulichen Beeinflussung und den Grenzen des FFH-Gebietes Dubringer Moor.**

Seit 1904 wird im Einzugsgebiet des Vincenzgrabens **Grauwacke** abgebaut (Bild 87). Der Steinbruch Dubring I wurde 1982 stillgelegt und wird gegenwärtig als Deponie genutzt. Die Grauwacke Tagebaue Dubring II und Lieske/Oßling sind in Betrieb. Zwischen 1970 und 1994 wurden Abraum und Schotterabfälle der Lausitzer Grauwacke GmbH Oßling an der Süd- und Südostböschung des RL Zeißholz verkippt ABP (2000). Aus den Steinbrüchen wird diskontinuierlich Sumpfungswasser sowie Niederschlags- und Abwasser in den Vincenzgraben abgeschlagen. In den jeweiligen wasserrechtlichen Erlaubnisbescheiden sind Informationen zu den Einleitstellen, der Eigenüberwachung durch den Betreiber sowie zu den Mengen und zur Beschaffenheit des abgeschlagenen Wassers festgelegt (Tabelle 62). Die genehmigten Einleitstellen sind in Bild 95 verzeichnet.

**Tabelle 60: Einleitmengen und Überwachungswerte für die Wassereinleitung der Tagebaue der Lausitzer Grauwacke GmbH Oßling in den Vincenzgraben gemäß WRE.**

Kennwert	Einheit	Dubring I - stillgelegt -	Lieske/Oßling	Dubring II
WRE vom	---	23.03.1995	18.11.1996	14.02.2000
Einleitmengen	m <sup>3</sup> /d (L/s)	225 (2,6)	Sumpfungswasser: max. 350 (4,0) Gereinigtes Abwasser. max. 35 (0,4)	337 (3,9)
Abfiltrierbare Stoffe	mg/L		100	50
MKW	mg/L		5	



Kennwert	Einheit	Dubring I - stillgelegt -	Lieske/Oßling	Dubring II
pH-Wert	---			4...8
Eisen gesamt	mg/L			6
Zink gesamt	mg/L			3
Nickel gesamt	mg/L			0,14
Blei gesamt	mg/L			0,06
Kupfer gesamt	mg/L			0,12
Cadmium gesamt	mg/L			0,004

Das **Dubringer Moor** ist hufeisenförmig von eiszeitlichen Kies- und Hochflächen-sanden eingeschlossen (Bild 87). Ein Festgesteinssockel aus Grauwacke ragt bei Oßling und Dubring durch die jüngeren Formationen hindurch. An den Oberflächen, an denen die Grauwacke während der Kreidezeit und des Alttertiärs verwitterte, bildeten sich kaolinreiche Schichten, die im jüngeren Tertiär von kohleführenden Sedimenten überlagert wurden. Dort, wo Braunkohlenflöze durch tektonische Beanspruchung aufgerichtet wurden, schrumpften sie durch Oxidationsprozesse und schufen auf diese Weise Geländevertiefungen. Darauf folgte eine Ansammlung von weichseleiszeitlichen Schmelzwasser- und Schwemmsanden, die eine Versumpfung initiierten, Stadt und Land Planungsgesellschaft mbH (2007). Das Dubringer Moor ist ein FFH-Gebiet.

## 9.2 Gebietserkundung

### 9.2.1 Ortsbegehung

Im Vorfeld der Ortsbegehung wurden projektbezogene Unterlagen und laufende Untersuchungen zum Vincenzgraben recherchiert und Kartenmaterial zusammengestellt. Am 21.05.2021 wurde eine erste Gebietsbegehung entlang des Vincenzgrabens durchgeführt (Bild 94). An ausgewählten Stellen der Fließgewässer wurden vor Ort der pH-Wert und die elektrische Leitfähigkeit gemessen. Am 28.07.2021 erfolgte eine gemeinsame Befahrung des Untersuchungsgebietes mit der BfUL. Dabei wurde u. a. die Lage der installierten Datenlogger zur kontinuierlichen Erfassung des Wasserstandes gezeigt.

Das Dargebot des Vincenzgrabens im Oberlauf ist gering. Eisenhaltige Sedimentablagerungen weisen im Oberlauf auf eine Eisenbelastung des Fließgewässers hin (P1 in Bild 94, Bild 88 links). In Zeißholz werden behandeltes Abwasser aus einer Kompaktkläranlage sowie der Bilanzüberschuss des RL Zeißholz und der Abfluss der Dammdrainage über eine unterirdische Rohrleitung in den Vincenzgraben eingeleitet. Die in der wasserrechtlichen Erlaubnis festgelegte Jahresschmutzwassermenge der Kläranlage beträgt 9.500 m<sup>3</sup>/a bzw. 0,3 L/s. Das Gewässer ist nach den Einleitungen eisenhaltig und sauer (P2 in Bild 94, Bild 88 rechts). Die elektrische Leitfähigkeit ist mit 1.300 µS/cm im Vergleich zum Oberlauf um ca. 220 µS/cm erhöht.



Nach einer ungeprüften Aussage von Anwohnern wird im weiteren Verlauf des Vincenzgrabens vom NABU Wasser in das Dubringer Moor übergeleitet. In Scheckthal am Mühlweg mündet der Ableiter aus dem Grauwackesteinbruch Lieske-Oßling in den Vincenzgraben (Bild 89). Die ungefasste Einleitstelle liegt nördlich vom Mühlweg im Kippenbereich (Bild 90). Es erfolgt ein unregelmäßiger Abfluss in ein sogenanntes Biotop und von da in einen Ableiter entlang des Mühlweges, der schließlich in den Vincenzgraben mündet. Das saure Wasser des Ableiters wies eine elektrische Leitfähigkeit von  $1.890 \mu\text{S}/\text{cm}$  auf. In den Siedlungen Scheckthal und Dubring werden die dezentral gereinigten Abwässer der einzelnen Haushalte in den Vincenzgraben abgeschlagen. Stromunterhalb der Siedlung Scheckthal im Bereich der Talstraße erfolgt der Ausguss aus dem Grauwackesteinbruch Oßling-Dubring in einen namenlosen Ableiter, der in den Vincenzgraben mündet (P5 in Bild 94, Bild 91 links). Das Wasser aus dem Grauwackesteinbruch ist sauer und mit  $1.660 \mu\text{S}/\text{cm}$  mineralisiert. Weitere Einleitungen aus den Grauwackesteinbrüchen waren zum Zeitpunkt der Gebietsbegehungen nicht in Betrieb.

Der weitere Verlauf des Vincenzgrabens führt durch den St. Mariensterner Klosterforst und durch das Dubringer Moor. Auf dem Fließweg verändert sich die Beschaffenheit des Vincenzgrabens durch den Zufluss aus mehreren namenlosen Gräben. Die Sohle und die Uferbereiche des Vincenzgrabens im Bereich des Mittelteiches waren schwarz und zeugten von einem hohen Organikanteil (P9 in Bild 94, Bild 93 links). Das Fließ war hier sauer, die elektrische Leitfähigkeit mit  $620 \mu\text{S}/\text{cm}$  aber deutlich verringert. Am Auslass des Moor- und Teichgebietes an der LfULG-Messstelle OBF27701 war der Vincenzgraben mit  $\text{pH} \approx 5,6$  nur noch schwach sauer. Die elektrische Leitfähigkeit von  $280 \mu\text{S}/\text{cm}$  zeugte von einer weiteren starken Verdünnung auf der Fließstrecke.

Laut topographischer Karte nimmt der Vincenzgraben unterhalb des Moor- und Teichgebietes rechtsseitig die Zuflüsse aus dem Grünwaldgraben und dem Hoyerswerdaer Schwarzwasser auf (P7 und P8 in Bild 94, Bild 92). Durch einen Querdamm wurden diese Fließgewässer in die Schwarze Elster umgeleitet LfULG (2020). Bei Hochwasser entlasten diese Fließgewässer anteilig in den Vincenzgraben.

Bis zur Mündung in die Schwarze Elster blieb der Vincenzgraben schwach sauer und schwach mineralisiert.



**Bild 88:** Vincenzgraben in Zeißholz oberhalb der Einleitung (links) (P1) und unterhalb der Einleitung aus dem Restsee Zeißholz (rechts) (P2).



**Bild 89:** Vincenzgraben in Scheckthal mit Einmündung des Ableiters aus dem Grauwackesteinbruch Lieske-Oßling (links) (P3) und in der Ortschaft nach Zusammenfluss (rechts) (P4).



**Bild 90:** Ungefasste Einleitstelle aus dem Grauwackesteinbruch Lieske-Oßling im Kippenbereich.



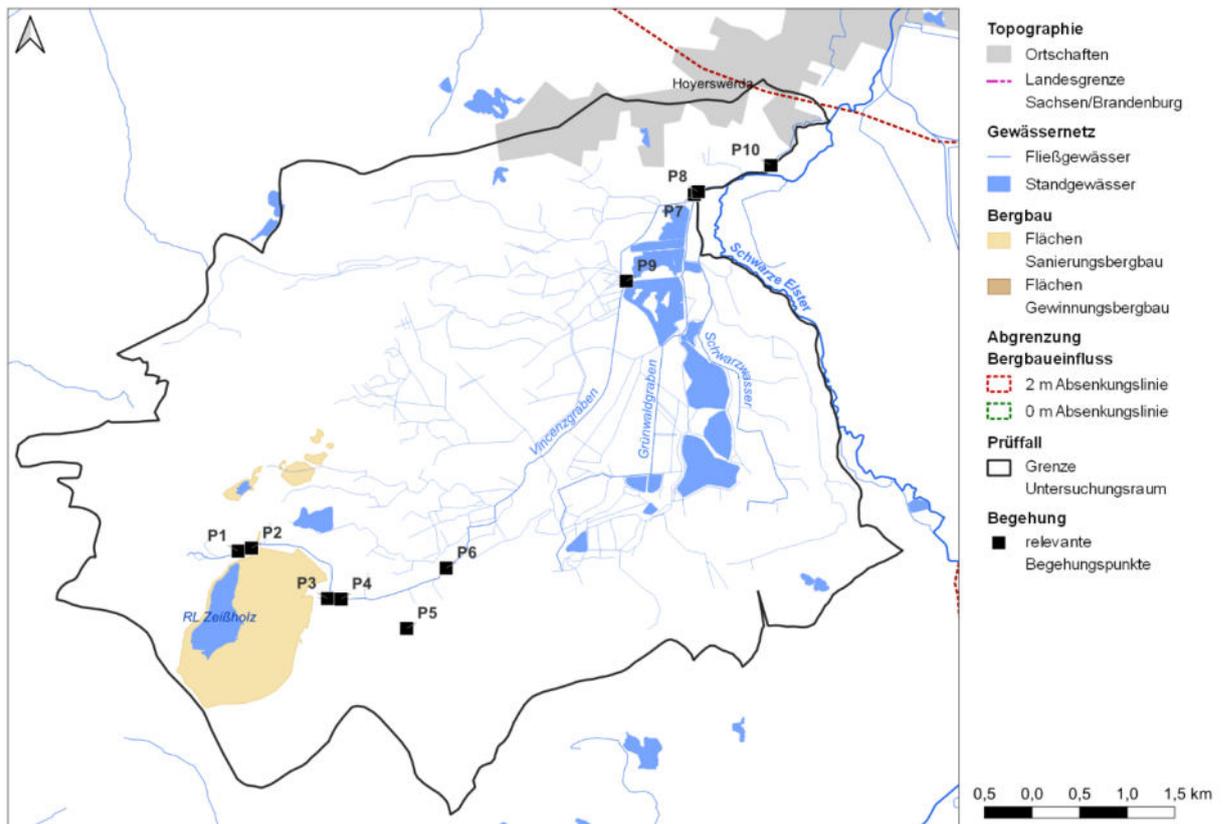
**Bild 91:** Einleiter des Grauwackesteinbruchs Dubring II an der LfULG Messstelle OBF27713 (links) (P5) und Vincenzgraben westlich von Dubring an der LfULG-Messstelle OBF27710 (rechts) (P6).



**Bild 92:** Vincenzgraben mit Einmündung des Grünwaldgrabens (links) (P7) und Einmündung des Schwarzwassers (rechts) (P8).



**Bild 93:** Vincenzgraben am Mittelteich im Bereich des Dubringer Moors an der LfULG-Messstelle OBF27720 (links) (P9) und in Dörghenhausen (rechts) (P10).



**Bild 94:** Übersicht der Befunde der Begehung des Untersuchungsgebietes Vincenzgraben im Mai 2021.

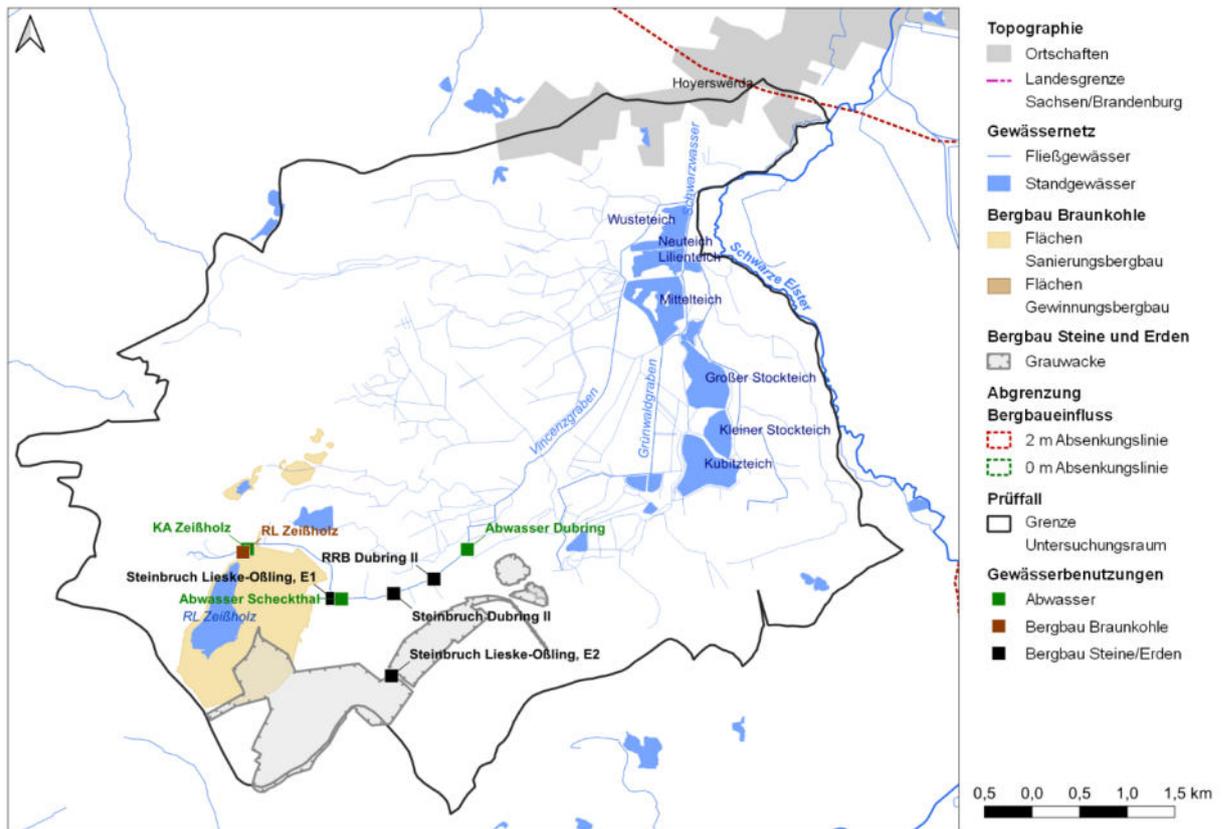


## 9.2.2 Gewässerbenutzung

Der Vincenzgraben nimmt im Oberlauf den Abfluss aus dem RL Zeißholz sowie die Einleitungen aus den Steinbrüchen Lieske-Oßling und Dubring II auf (Tabelle 61 und Bild 95). Darüber hinaus erfolgt die zentrale Einleitung aus der Kläranlage Zeißholz (ca. 200 EW) und dezentrale Einleitungen von gereinigtem Abwasser und Niederschlagswasser aus den Kleinkläranlagen in den Ortschaften Scheckthal (ca. 130 EW) und Dubring (ca. 100 EW). Das Bespannen und das Ablassen der Fischteiche (Wusteteich, Kubitzteich, Kleiner und Großer Stockteich, Mittelteich, Lilienteich, Neuteich) erfolgt über den Grünwaldgraben bzw. das Hoyerswerdaer Schwarzwasser. Diese Fließe entwässern direkt in die Schwarze Elster.

**Tabelle 61: Gewässerbenutzer im Einzugsgebiet des Vincenzgrabens. Koordinaten in ETRS89/UTM-Zone 33N.**

Objekt	Benutzer	HW	RW	Art der Benutzung
KA Zeißholz	AZV Kamenz- Nord	5692472	440699	Einleitung von gereinigtem Abwasser max. 9.500 m <sup>3</sup> /a
RL Zeißholz	LMBV	5692438	440652	Einleitung Bilanzüberschuss
Steinbruch Lieske-Oßling Einleitstelle 1	Lausitzer Grauwacke GmbH	5691949	441590	Einleitung Grubenwasser max. 350 m <sup>3</sup> /d, Abwasser max. 35 m <sup>3</sup> /d
Steinbruch Lieske-Oßling Einleitstelle 2	Lausitzer Grauwacke GmbH	5691129	442215	außer Betrieb
Niederschlagswasser und gereinigtes Abwasser in Scheckthal	Gemeinde Oßling	5691944	441688	Einleitung kommunales Abwasser
Steinbruch Dubring II	Steinwerke Dubring Metzner GmbH	5692000	442237	Einleitung Grubenwasser 337 m <sup>3</sup> /d
Steinbruch Dubring II RRB	Steinwerke Dubring Metzner GmbH	5692154	442662	Einleitung Grubenwasser
Abwasser Dubring	Gemeinde Wittichenau	5692468	443011	Einleitung kommunales Abwasser



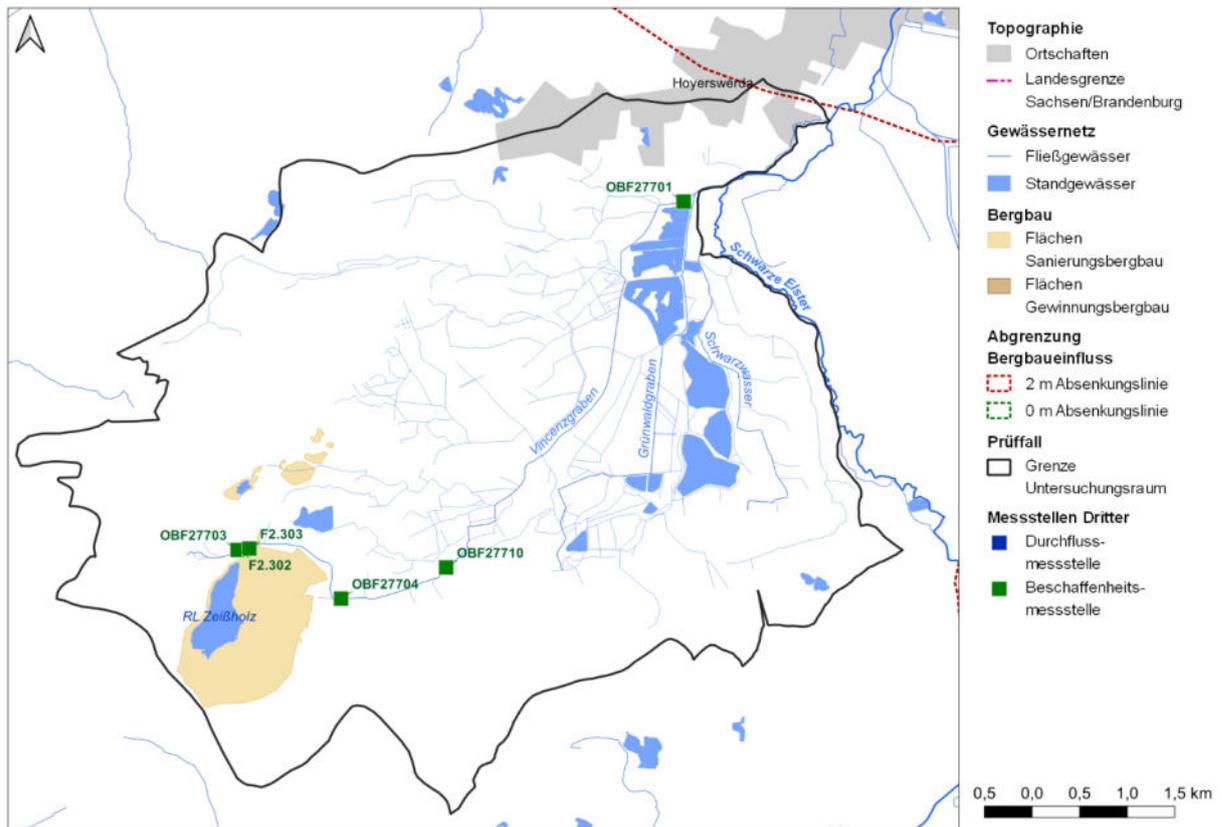
**Bild 95:** Übersicht der Gewässerbenutzungen im Untersuchungsgebiet Vincenzgraben.

### 9.2.3 Daten Dritter

Zusätzlich wurden Informationen aus dem Vorhabens- und Sanierungsplan für den Vincenzgraben LfULG (2020) bezogen. Im Untersuchungsgebiet des Vincenzgrabens standen langjährige Zeitreihen der Wasserbeschaffenheit an Fließgewässermessstellen der LMBV und des LfULG zur Verfügung. Von der LMBV werden zwei Messstellen im Oberlauf des Vincenzgraben quartalsweise beprobt. Im Auftrag des LfULG wird ein behördliches Monitoring an elf Fließgewässermessstellen im Einzugsgebiet des Vincenzgrabens im zweimonatlichen Turnus betrieben. Das Monitoring erfasst die Beschaffenheit des Fließgewässers und der Zuleiter. Der Durchfluss wird nicht gemessen. In der Tabelle 62 sind die nachfolgend ausgewerteten Messstellen aufgelistet und in Bild 96 dargestellt.

**Tabelle 62:** Ausgewertete Messstellen der LMBV und des LfULG im Untersuchungsgebiet Vincenzgraben. Messstellen in Fließrichtung sortiert.

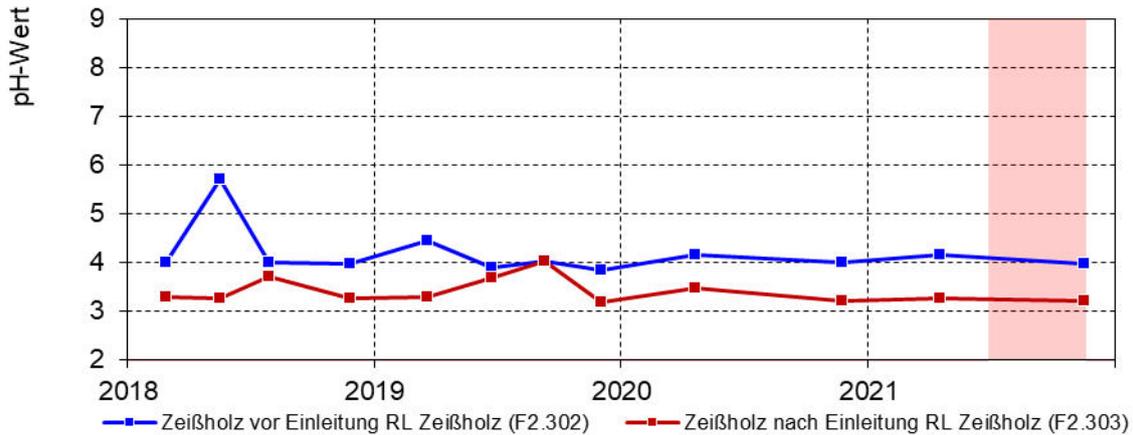
Fließgewässer	Messstelle	Betreiber	Messprofil	HW	RW
Vincenzgraben	OBF27703	LfULG	Zeißholz (oh. RL Zeißholz)	5692464	440597
	F2.302	LMBV			
Vincenzgraben	F2.303	LMBV	Zeißholz (uh. RL Zeißholz)	5692477	440717
Vincenzgraben	OBF27704	LfULG	Scheckthal	5691947	441683
Vincenzgraben	OBF27710	LfULG	Dubring	5692277	442789
Vincenzgraben	OBF27701	LfULG	uh. Dubringer Moor	5697025	446664



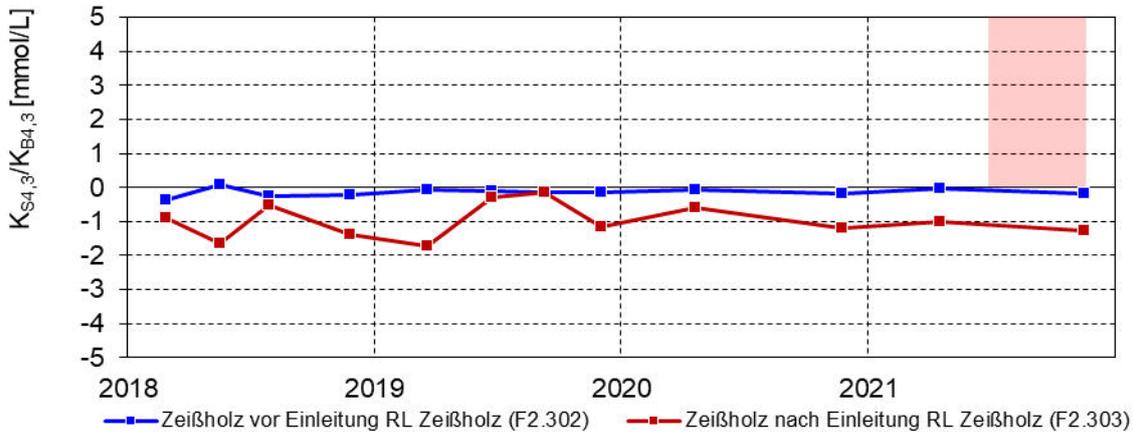
**Bild 96: Lage der Messstellen Dritter im Untersuchungsgebiet Vincenzgraben nach Tabelle 62.**

Die Beschaffenheitsdaten der behördlichen und LMBV-Messstellen aus den Jahren 2018 bis 2021 zeigen, dass der Vincenzgraben im Oberlauf mit  $\text{pH} \approx 4$  originär versauert ist (Bild 97, Bild 101). Die Konzentrationen der bergbaubürtigen Stoffe Sulfat ( $\approx 80 \text{ mg/L}$ , Bild 103) und Eisen-gesamt ( $\approx 3 \text{ mg/L}$ , Bild 104) sind niedrig.

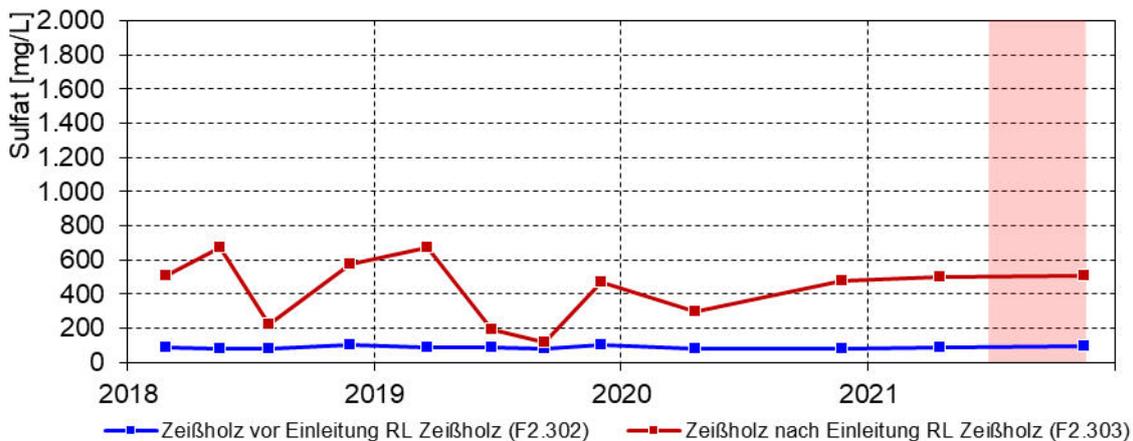
Das RL Zeißholz ist durch hohe Sulfat- und Eisenkonzentrationen gekennzeichnet. Die Einleitung des Seewassers prägt die Wasserbeschaffenheit des Vincenzgrabens, wie anhand der Messwerte an den LMBV-Messstellen F2.302 vor Einleitung und F2.303 nach Einleitung zu sehen ist (Bild 97 bis Bild 100). Durch den Aciditätseintrag sinkt der pH-Wert um rund eine pH-Einheit auf  $\text{pH} \approx 3,4$ . Durch die Einleitung des Seewassers steigen die Konzentrationen von Eisen von rund 3,5 auf 10 mg/L und von Sulfat von 85 auf 430 mg/L im Vincenzgraben.



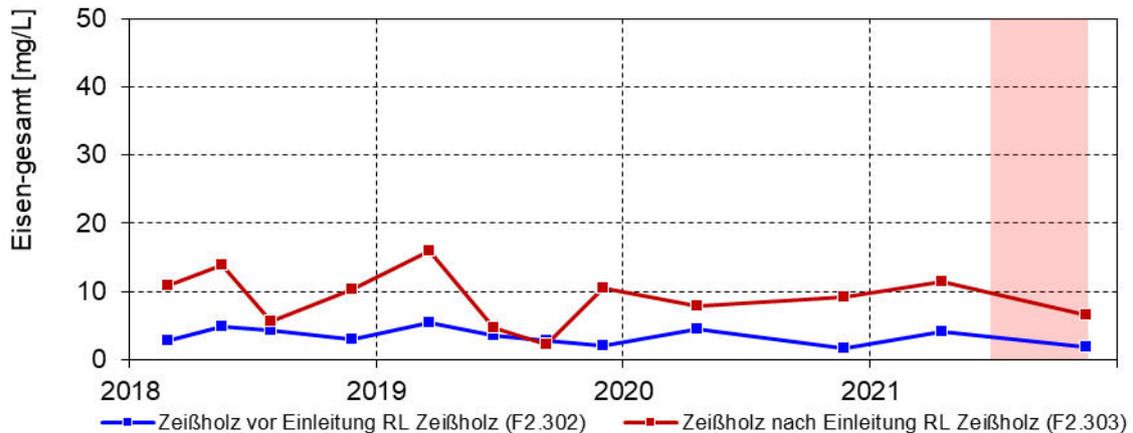
**Bild 97:** pH-Wert im Vincenzgraben vor und nach dem Zufluss aus dem RL Zeißholz von 2018 bis 2021. Berichtszeitraum rot markiert.



**Bild 98:** Alkalinität als  $K_{S4,3}$  bzw. Acidität als  $K_{B4,3}$  im Vincenzgraben vor und nach dem Zufluss aus dem RL Zeißholz von 2018 bis 2021. Berichtszeitraum rot markiert.

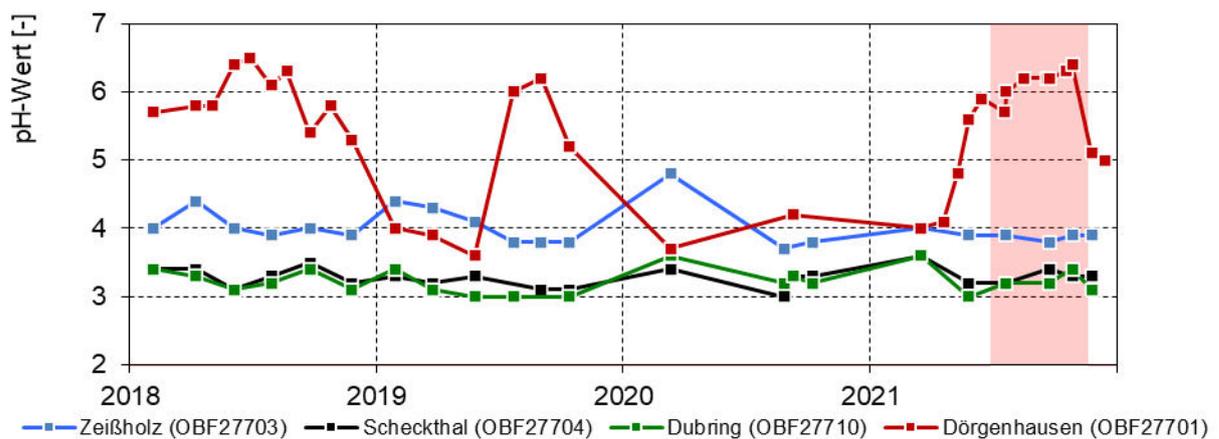


**Bild 99:** Sulfat im Vincenzgraben vor und nach dem Zufluss aus dem RL Zeißholz von 2018 bis 2021. Berichtszeitraum rot markiert.

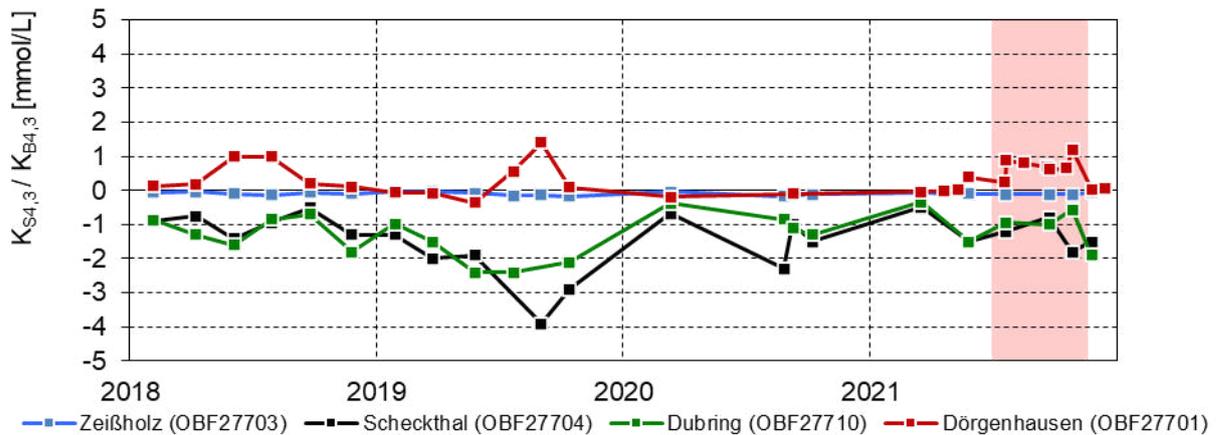


**Bild 100:** Eisen-gesamt im Vincenzgraben vor und nach dem Zufluss aus dem RL Zeißholz von 2018 bis 2021. Berichtszeitraum rot markiert.

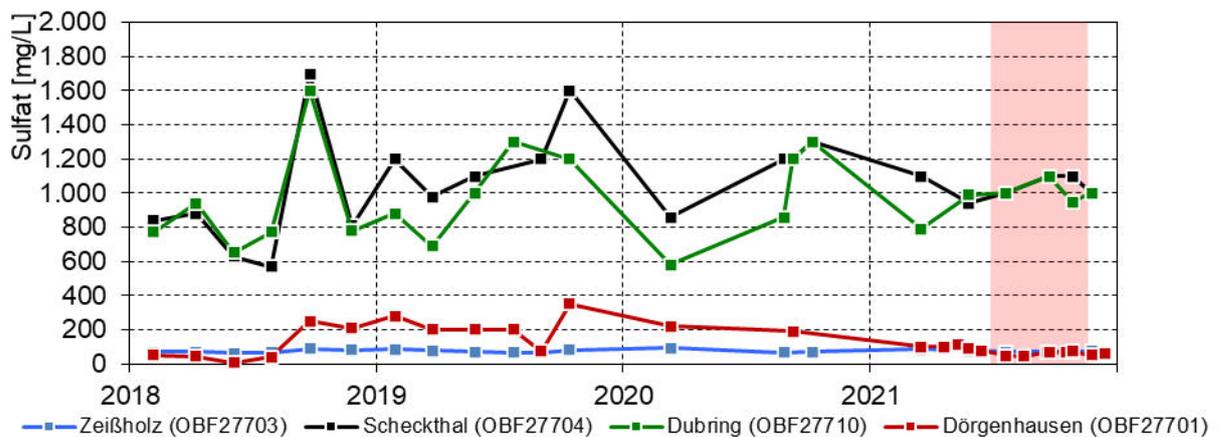
Im Mittellauf des Vincenzgrabens, nach Zufluss des RL Zeißholz und Einleitungen aus den Grauwackesteinbrüchen, an den Messstellen in Scheckthal und Dubring sind die Acidität und die Konzentration der bergbaubürtigen Stoffe im gesamten Gewässerverlauf des Vincenzgrabens am höchsten. Die Sulfatkonzentration liegt langjährig zwischen rund 800 und 1.200 mg/L. Die Eisenkonzentration ist in Scheckthal mit Werten zwischen 5 und 150 mg/L höher als in Dubring mit Werten zwischen 4 und 26 mg/L. Nach Durchströmung des Dubringer Moors an der mündungsnahen LfULG-Messstelle OBF27701 weist der Vincenzgraben eine deutlich veränderte Wasserbeschaffenheit auf. Mit pH-Werten von pH = 4 bis 6 ist das Fließ schwach sauer und mit  $K_{S4,3} \approx 1$  mmol/L schwach gepuffert. Die Sulfatkonzentration ist im Zeitraum zwischen 2018 und 2021 mit maximal 350 mg/L deutlich niedriger als im Oberlauf. Die mittlere Eisen-gesamt-Konzentration betrug im Berichtszeitraum 11 mg/L, wobei im Jahr 2021 ungewöhnlich hohe Eisenkonzentrationen gemessen wurden (Bild 104 und Bild 110).



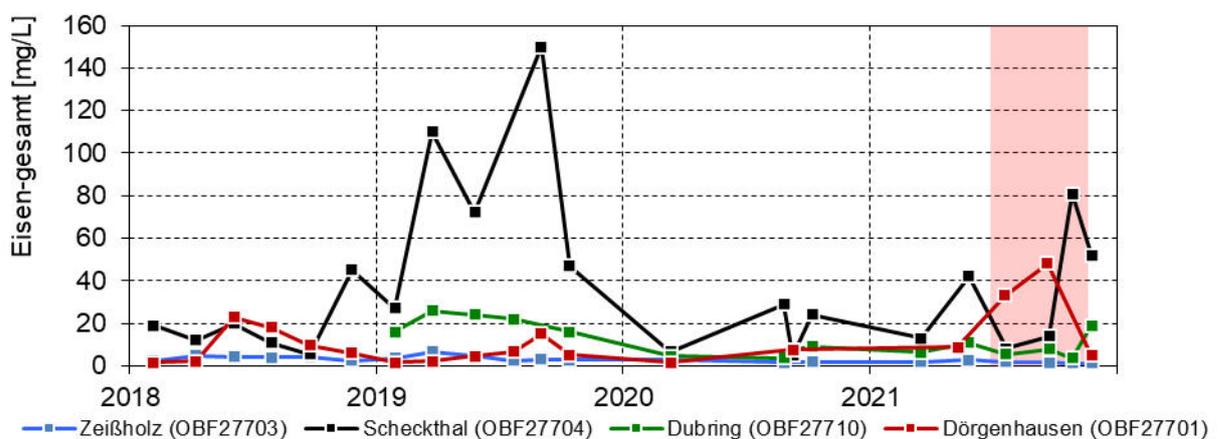
**Bild 101:** pH-Wert im Vincenzgraben zwischen Zeißholz und der Mündung von 2018 bis 2021. Berichtszeitraum rot markiert.



**Bild 102:** Alkalinität als  $K_{S4,3}$  bzw. Acidität als  $K_{B4,3}$  im Vincenzgraben zwischen Zeiβholz und der Mündung von 2018 bis 2021. Berichtszeitraum rot markiert.



**Bild 103:** Sulfat im Vincenzgraben zwischen Zeiβholz und der Mündung von 2018 bis 2021. Berichtszeitraum rot markiert.



**Bild 104:** Eisen-gesamt im Vincenzgraben zwischen Zeiβholz und der Mündung von 2018 bis 2021. Berichtszeitraum rot markiert.

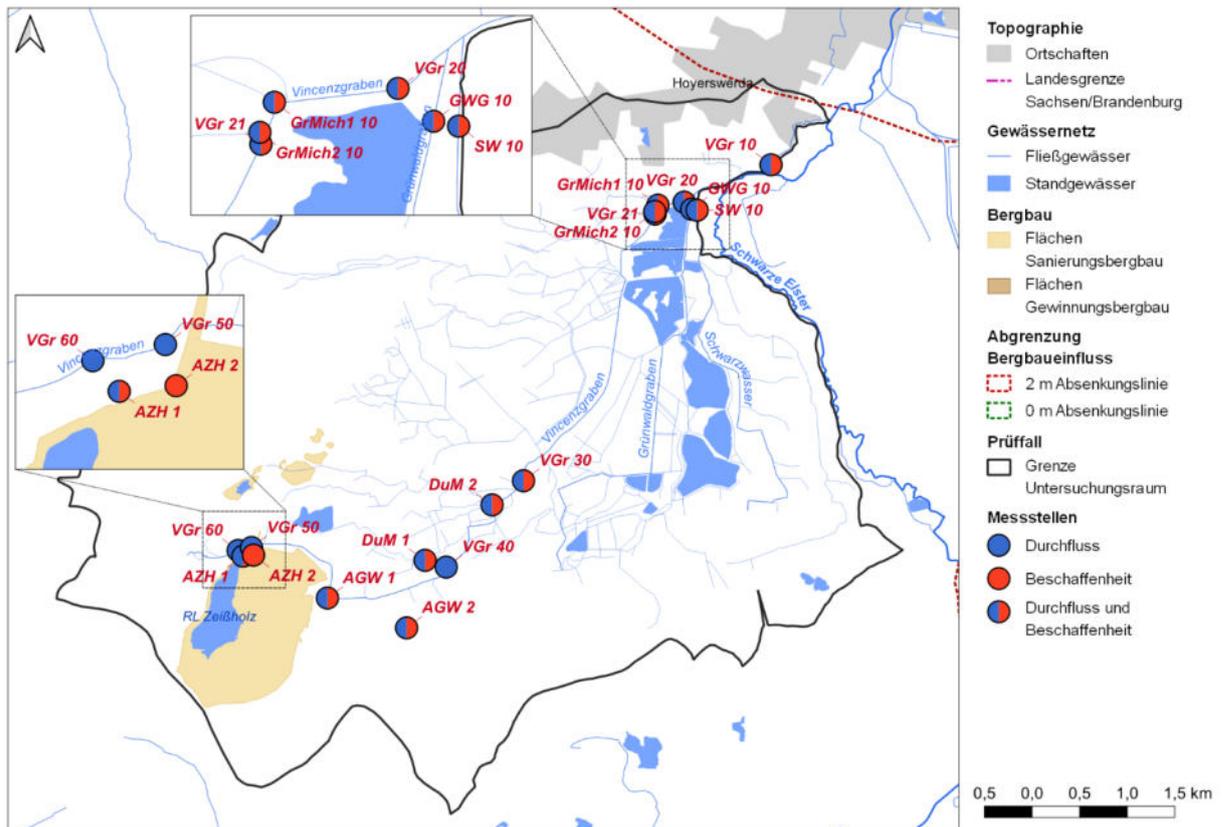


### 9.3 Festlegung von Messstellen

Im Vincenzgraben zwischen Zeiðholz und Dörghenhausen wurden zwischen Juni und November 2021 im Rahmen des vorliegenden Projektes insgesamt 17 Messstellen zu sechs Terminen untersucht (Tabelle 63 und Bild 105). Die Messstellen werden teilweise im Rahmen der behördlichen Überwachung gemessen (Abschnitt 9.2.3). Nach Auswertung jeder Messkampagne und mit zunehmendem Erkenntnisgewinn wurden einzelne Fließgewässerabschnitte durch weitere Messstellen untersetzt, um weiterreichende Informationen zu gewinnen. Die ergänzten Messstellen wurden über einen kürzeren Zeitraum und teilweise nur einmal beprobt.

**Tabelle 63: Messstellen des Monitorings im Vincenzgraben im Untersuchungszeitraum von Juni bis November 2021. Zuflüsse sind blau unterlegt.**

Fließgewässer	Messstelle	Messgröße	Lage	Messzeitraum
Vincenzgraben	VGr 60	Q	Zeiðholz, Brücke K9227, LfULG-Mst. OBF27703	06/2021 – 11/2021
Ausleitung RL Zeiðholz	AZH1	Q+C	Schacht neben Straße, LfULG-Mst. OBF27711	06/2021 – 11/2021
Dammdrainage RL Zeiðholz	AZH2	C	Tonrohr im Schacht 1, LfULG-Mst. OBF27712	07/2021 – 11/2021
Vincenzgraben	VGr 50	Q	Zeiðholz, unterhalb AZH1 und AZH2	06/2021 – 11/2021
Ableiter Grauwacke Lieske-Oßling	AGW 1	Q+C	Scheckthal am Mühlweg, LfULG-Mst. OBF27708	06/2021 – 11/2021
Ableiter Grauwacke Dubring II	AGW 2	Q+C	Scheckthal neben Talstraße, LfULG-Mst. OBF27713	06/2021 – 11/2021
Vincenzgraben	VGr 40	Q	Straßenbrücke westlich Dubring, LfULG-Mst. OBF27710	09/2021 – 11/2021
Graben 1 aus Dubringer Moor	DuM 1	Q+C	Einleiter zwischen Scheckthal und Dubring	06/2021 – 11/2021
Graben 2 aus Dubringer Moor	DuM 2	Q+C	Straßenbrücke oh. Einmündung in Vincenzgraben, nördlich Dubring	06/2021 – 11/2021
Vincenzgraben	VGr 30	Q+C	Straßenbrücke nördlich Dubring	06/2021 – 11/2021
Vincenzgraben	VGr 21	Q+C	Oberhalb Einmündung Gräben aus Michalken	10/2021 + 11/2021
Graben 1 aus Michalken	GrMich1 10	Q+C	Bereich Wusteteich, vor Einmündung in den Vincenzgraben	10/2021
Graben 2 aus Michalken	GrMich2 10	Q+C	Bereich Wusteteich, vor Einmündung in den Vincenzgraben	10/2021
Vincenzgraben	VGr 20	Q+C	Oberhalb Einmündung GWG 10	09/2021
Grünwaldgraben	GWG 10	Q+C	neben Straße östlich Wusteteich	09/2021
Hoyerswerdaer Schwarzwasser	SW 10	Q+C	neben Straße östlich Wusteteich	09/2021
Vincenzgraben	VGr 10	Q+C	Dörghenhausen	06/2021 – 11/2021



**Bild 105: Übersicht der projektbezogenen eingerichteten Monitoringmessstellen im Untersuchungsgebiet Vincenzgraben nach Tabelle 63.**

## 9.4 Durchfluss

Die Stichtagsmessungen im Vincenzgraben ergaben, dass ein kontinuierlicher Abfluss nur im Oberlauf in der Ortschaft Zeißholz, im Bereich des Dubringer Moors und im Mündungsbereich generiert wird (Tabelle 64 und Bild 106). Im Oberlauf des Vincenzgrabens generiert sich dauerhaft ein Durchfluss von  $< 10$  L/s. Die Wassermengen aus dem RL Zeißholz und aus der Kläranlage Zeißholz lagen im Untersuchungszeitraum zwischen  $< 1$  und maximal 12 L/s. An der Messstelle VGr 40 westlich Dubring, die ab September 2021 zusätzlich in das Monitoringprogramm aufgenommen wurde, wurde zu den drei Messterminen kein Abfluss gemessen. D. h. der Durchfluss im Oberlauf des Vincenzgrabens einschließlich der Einleitungen aus dem RL Zeißholz und aus den Grauwackesteinbrüchen geht in diesem Gewässerabschnitt vollständig verloren.

Die Sumpfung der Grauwackesteinbrüche Lieske-Oßling und Dubring II erfolgt diskontinuierlich (Tabelle 64 und Bild 106). Die Ausleitung aus dem Grauwackesteinbruch Dubring II war im Untersuchungszeitraum überwiegend trocken. Am 28.07.2021 wurde einmalig eine Ausleitung von 11 L/s erfasst.

Im Dubringer Moor generiert der Vincenzgraben wieder einen neuen Abfluss. Über die linksseitigen Gräben an den Messstellen DUM 1 und DUM 2 (Tabelle 64 und Bild 106) fließt dem Vincenzgraben kontinuierlich Wasser zu, so dass der Vincenzgraben nördlich von Dubring an der Messstelle VGr 30 eine kontinuierliche Wasserführung von 10 bis 35 L/s aufweist (Tabelle 65 und Bild 106). In Dörghausen, im



Mündungsbereich zur Schwarzen Elster, führte der Vincenzgraben im Messzeitraum durchgehend Wasser. An den Messstellen VGr 30 und VGr 10 wurde keine übereinstimmende Durchflussdynamik festgestellt. Im Mittel der sechs Messungen lag der Durchfluss bei 23 bzw. 21 L/s.

Am 27.09.2021 erfolgten am Vincenzgraben vor und nach der Einmündung des Grünwaldgrabens und des Hoyerswerdaer Schwarzwassers jeweils Durchflussmessungen mit dem Ziel, eine Knotenpunktbilanz zu erstellen. Die Messungen oberhalb des Querdammes zeigten, dass die Einzugsgebiete des Grünwaldgrabens und des Hoyerswerdaer Schwarzwassers vom Vincenzgraben abgetrennt sind. Die Fließe entwässern direkt in die Schwarze Elster. Die Gräben von Michalken waren für den Vincenzgraben zum einmaligen Messtermin am 18.10.2023 nicht relevant (Tabelle 65 und Bild 106).

**Tabelle 64: Durchflüsse [L/s] an den Messstellen im oberen Einzugsgebiet des Vincenzgrabens im Messzeitraum von Juni bis November 2021.**

Mess-kampagne	VGr 60	AZH 1 & 2	VGr 50	AGW 1	AGW 2	VGr 40	DUM 1	DUM 2
	Bilanzprofil	Mündung	Bilanzprofil	Mündung	Ausguss	Bilanzprofil	Mündung	Mündung
29.06.2021	7	< 1 <sup>3)</sup>	7	18	0	1)	7	28
28.07.2021	9	12	12 <sup>2)</sup>	1	11	1)	20	23
26.08.2021	7	< 1	10	17	0	1)	18	41
27.09.2021	9	2	9	< 1	0	< 1	7	6
18.10.2021	9	< 1	11	0	0	< 1	7	8
18.11.2021	7	9	16	< 1	0	< 1	21	17
Minimum	7	< 1	7	0	0	< 1	7	6
Mittelwert	8	4	11	6	2	< 1	13	21
Maximum	9	12	16	18	11	< 1	21	41

1) nicht im Messprogramm

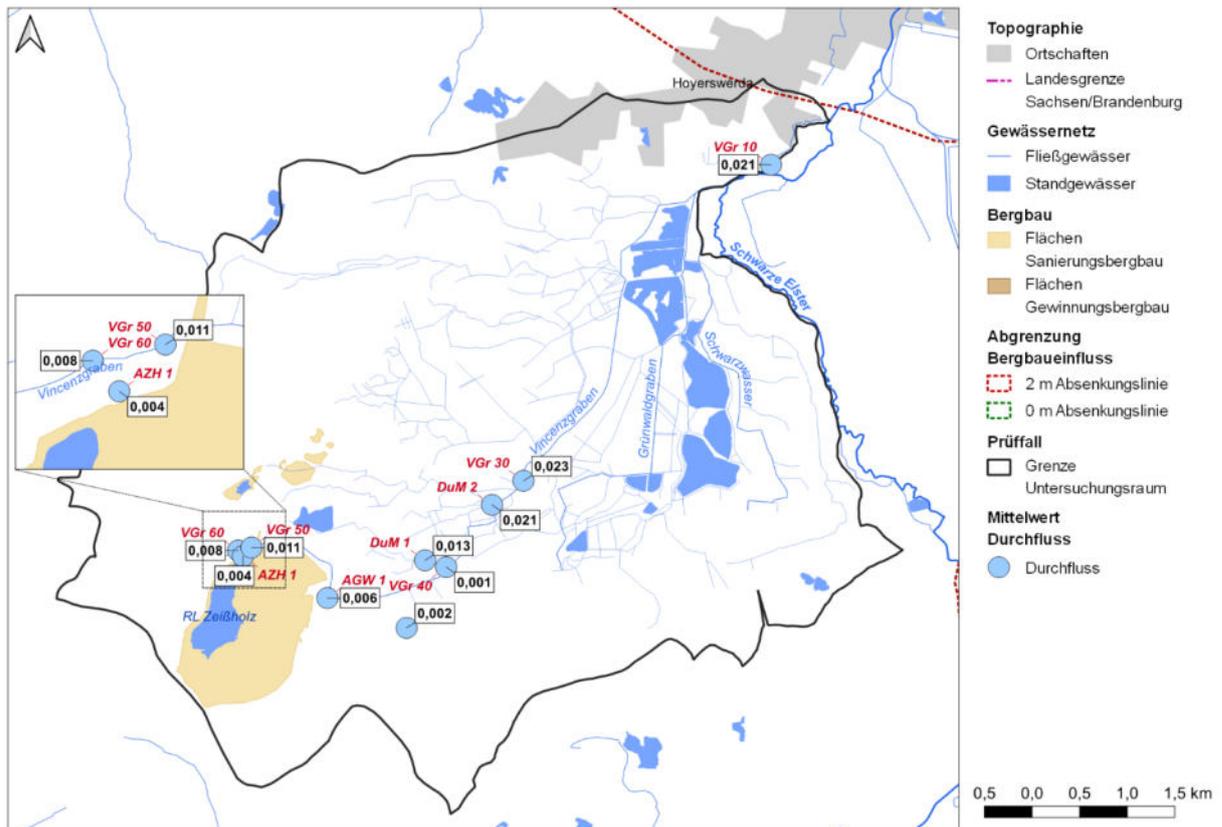
2) entspricht Summe AZH 1 und AZH 2

3) nur AZH 1 gemessen

**Tabelle 65: Durchflüsse [L/s] an den Messstellen im mittleren und unteren Einzugsgebiet des Vincenzgrabens im Messzeitraum von Juni bis November 2021.**

Mess-kampagne	VGr 30	VGr 21	GrMich1	GrMich2	VGr 20	GWG 10	SW 10	VGr 10
	Bilanzprofil	Bilanzprofil	Mündung	Mündung	Bilanzprofil	Mündung	Mündung	Mündung
29.06.2021	32	1)	1)	1)	1)	1)	1)	9
28.07.2021	27	1)	1)	1)	1)	1)	1)	55
26.08.2021	35	1)	1)	1)	1)	1)	1)	12
27.09.2021	10	1)	1)	1)	5	< 1	41	6
18.10.2021	10	4	< 1	< 1	1)	1)	1)	10
18.11.2021	27	19	1)	1)	1)	1)	1)	33
Minimum	10	---	---	---	---	---	---	6
Mittelwert	23	---	---	---	---	---	---	21
Maximum	35	---	---	---	---	---	---	55

1) nicht im Messprogramm



**Bild 106:** Mittelwerte des Durchflusses [ $\text{m}^3/\text{s}$ ] der Stichtagsmessungen an den Messstellen im Untersuchungsgebiet Vincenzgraben entsprechend Tabelle 64 und Tabelle 65.

## 9.5 Wasserbeschaffenheit

Der Abfluss aus dem RL Zeißholz an der Messstelle AZH 1 war mit  $\text{pH} \leq 3$  stark sauer (Tabelle 66 und Bild 107). Die Dammdrainage an der Messstelle AZH 2 war schwach sauer und nicht versauerungsdisponiert. Das Wasser war mit einer mittleren **Säurekapazität**  $K_{\text{S}4,3}$  von etwa  $0,8 \text{ mmol/L}$  moderat gepuffert (Tabelle 67 und Bild 108). Das ausgeleitete Wasser aus den Grauwackesteinbrüchen (Mst. AGW 1 und AGW 2) und die linksseitigen Zuflüsse aus dem Dubringer Moor (Mst. DUM 1 und DUM 2) waren mit **pH-Werten** überwiegend zwischen 3,3 und 3,7 stark sauer. Der Vincenzgraben war nach den Zuflüssen an der Messstelle VGr 30 bei Dubring mit  $\text{pH} \approx 3,5$  stark sauer (Tabelle 66 und Bild 107). Im weiteren Gewässerverlauf durchströmt der Vincenzgraben das Dubringer Moor. Am Gebietsauslass an der Messstelle VGr 10 war das Fließ im Berichtszeitraum mit  $\text{pH} = 5,2$  bis  $6,2$  schwach sauer (Tabelle 66 und Bild 107).



**Tabelle 66: pH-Werte an den Messstellen im Einzugsgebiet des Vincenzgrabens im Messzeitraum von Juni bis November 2021.**

Mess-kampagne	AZH 1	AZH 2	AGW 1	AGW 2	DUM 1	DUM 2	VGr 30	VGr 21	VGr 10
	Mündung	Mündung	Mündung	Mündung	Mündung	Mündung	Bilanzprofil	Bilanzprofil	Mündung
29.06.2021	2,90	1)	3,42	3,54	3,30	3,33	3,36	1)	5,66
28.07.2021	2,87	6,30	3,28	4,88	3,40	3,40	3,40	1)	5,80
26.08.2021	2,94	5,73	3,46	2)	3,52	3,41	3,41	1)	5,97
27.09.2021	2,92	5,53	5,23	2)	3,59	3,58	3,76	1)	6,20
18.10.2021	3,05	2)	2)	2)	3,70	3,66	3,66	6,45	6,05
18.11.2021	2,92	6,71	3,59	2)	3,69	3,62	3,61	5,51	5,19
Minimum	2,87	5,53	3,28	---	3,30	3,33	3,36	---	5,19
Median	2,92	6,02	3,46	---	3,56	3,50	3,51	---	5,89
Maximum	3,05	6,71	5,23	---	3,70	3,66	3,76	---	6,20

1) nicht im Messprogramm

2) kein Abfluss

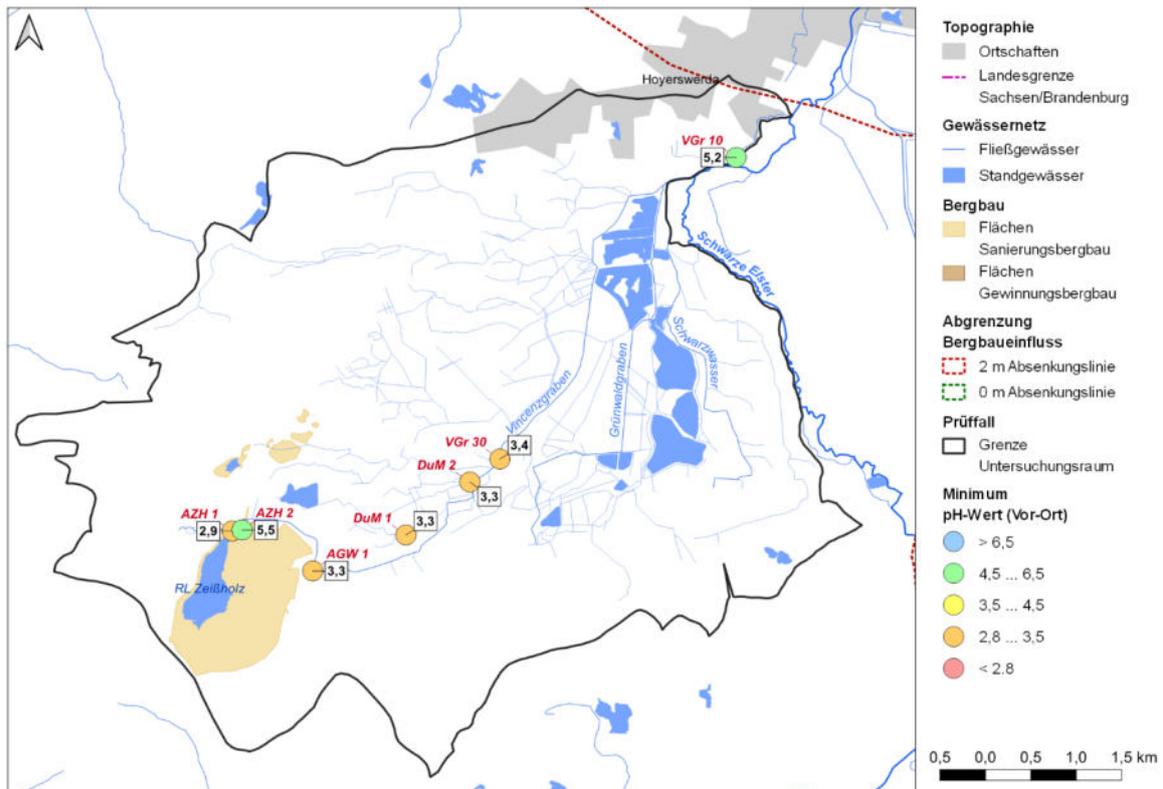
**Tabelle 67: Säurekapazität  $K_{S4,3}$  [mmol/L] an den Messstellen im Einzugsgebiet des Vincenzgrabens im Messzeitraum von Juni bis November 2021. Die Basenkapazität bei pH=4,3 ist mit einem negativen Vorzeichen gekennzeichnet.**

Mess-kampagne	AZH 1	AZH 2	AGW 1	AGW 2	DUM 1	DUM 2	VGr 30	VGr 21	VGr 10
	Mündung	Mündung	Mündung	Mündung	Mündung	Mündung	Bilanzprofil	Bilanzprofil	Mündung
29.06.2021	-2,42	1)	-0,64	-1,04	-0,84	-0,82	-0,80	1)	0,11
28.07.2021	-2,39	1,39	-2,01	0,10	-0,64	-0,82	-0,72	1)	0,46
26.08.2021	-2,24	0,32	-0,62	2)	-0,43	-0,62	-0,70	1)	0,09
27.09.2021	-2,30	0,29	3)	2)	-0,32	-0,68	-0,19	1)	0,59
18.10.2021	-2,12	2)	2)	2)	-0,25	-0,32	-0,27	1,35	0,12
18.11.2021	-2,31	1,36	-0,78	2)	-0,21	-0,27	-0,34	0,04	0,02
Minimum	-2,42	0,29	-2,01	---	-0,84	-0,82	-0,80	---	0,02
Mittelwert	-2,30	0,84	-1,01	---	-0,45	-0,55	-0,50	---	0,23
Maximum	-2,12	1,39	-0,62	---	-0,21	-0,27	-0,19	---	0,59

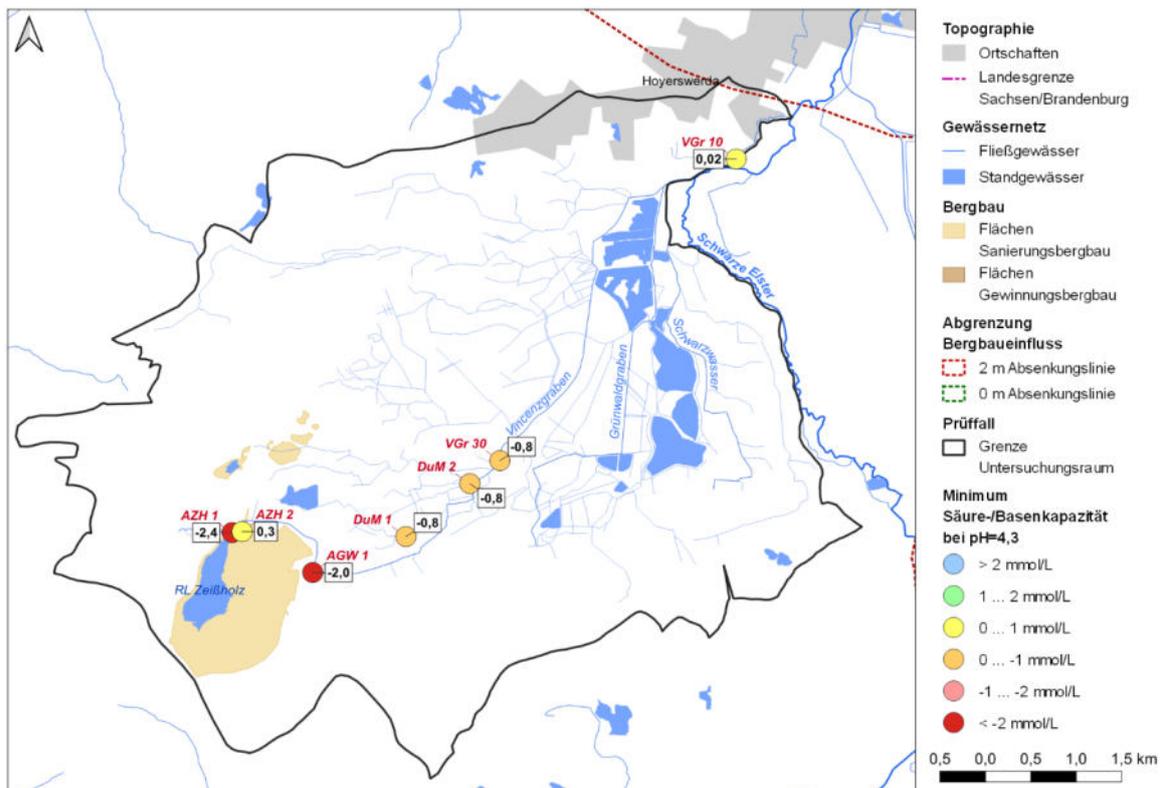
1) nicht im Messprogramm

2) kein Abfluss

3) Probe nicht verwertbar, Versauerung



**Bild 107:** Minima des pH-Wertes (vor-Ort) der Stichtagsmessungen an den Messstellen im Untersuchungsgebiet Vincenzgraben entsprechend Tabelle 66.



**Bild 108:** Minima der Säure-/Basenkapazität bei pH=4,3 der Stichtagsmessungen an den Messstellen im Untersuchungsgebiet Vincenzgraben entsprechend Tabelle 67 (Die Basenkapazität bei pH=4,3 wird mit negativem Vorzeichen dargestellt).



Das ausgeleitete Wasser aus dem Restloch Zeißholz wies im Berichtszeitraum **Sulfatkonzentrationen** im Mittel um 890 mg/L und **Eisenkonzentrationen** im Mittel um 15,9 mg/L auf (Tabelle 69 und Tabelle 70). Die höchsten Stoffkonzentrationen als Einzel- und als Mittelwerte im Untersuchungsgebiet wurden im ausgeleiteten Wasser aus den Grauwackesteinbrüchen Dubring-Oßling gemessen (Bild 109 und Bild 110). Die gemäß WRE geforderten Einleitgrenzwerte wurden mehrheitlich überschritten, insbesondere am Ableiter aus dem Grauwackesteinbruch Dubring II (Mst. AGW 2, Tabelle 68). Die Einmündung der Ableiter aus den aktiven Grauwackesteinbrüchen erhöhten die Stoffkonzentrationen im Vincenzgraben in den Ortschaften Scheckthal und Dubring (Bild 111 und Bild 112).

**Tabelle 68: Vergleich der gemessenen und gemäß WRE zulässigen Stoffkonzentrationen in den Ableitern der Grauwackesteinbrüche Lieske-Oßling und Dubring II. Die Auswahl der Probenahmeterminale erfolgte für die Tage mit erhöhtem Abfluss > 1 L/s.**

Kennwert	Einheit	Lieske/Oßling	Dubring II	Ableiter Lieske-Oßling an der Mst. AGW 1		Ableiter Dubring II an der Mst. AGW 2	
WRE vom		18.11.1996	14.02.2000				
Probenahme				29.06.2021	26.08.2021	29.06.2021	28.07.2021
Abf. Stoffe	mg/L	100	50	---	---	---	---
MKW	mg/L	50		---	---	---	---
pH-Wert	---		4...8	3,4	3,5	3,6	4,9
Eisen ges.	mg/L		6	5	5	44	27
Zink ges.	mg/L		3	2,7	2,7	4,9	1,8
Nickel ges.	mg/L		0,14	0,55	0,59	2,0	0,7
Blei ges.	mg/L		0,06	---	---	---	---
Kupfer ges.	mg/L		0,12	---	---	---	---
Cadmium ges.	mg/L		0,004	0,0044	0,0031	0,0310	0,0100

In den Zuflüssen aus dem Dubringer Moor (Mst. DUM 1 und DUM 2) waren die mittleren Sulfatkonzentrationen mit 394 mg/L bzw. 548 mg/L (Tabelle 69 und Bild 109) im Vergleich zum Quellgebiet des Vincenzgrabens erhöht, ebenso die mittlere Eisenkonzentration mit rund 5 mg/L in beiden Messstellen (Tabelle 70 und Bild 110). Die Gräben wirkten hinsichtlich der Sulfat- und Eisenkonzentration verdünnend auf den Vincenzgraben. Die Beschaffenheit im Vincenzgraben an der Messstelle VGr 30 spiegelt im Wesentlichen die Beschaffenheit der linksseitigen Zuflüsse aus dem Moor wider. Die Sulfatkonzentration variierte in Abhängigkeit von der Verdünnung zwischen 421 und 848 mg/L (Bild 111 und Bild 112). Im Mittel lag sie bei 612 mg/L. Die Eisenkonzentration lag im Mittel bei 5,1 mg/L. Im Ober- und Mittellauf des Vincenzgrabens liegt das Eisen-gesamt überwiegend als gelöstes Eisen-II vor.

Im Vincenzgraben in Dörghenhausen (Mst. VGr 10) lag die mittlere Sulfatkonzentration bei 101 mg/L. Die mittlere Eisenkonzentration war mit 35,7 mg/L hoch. Ein Vergleich dieser Werte mit den langjährigen Messreihen an der LfULG-Messstelle OBF27701 zeigt, dass an dieser Messstelle wiederkehrend auch saure Indikationen mit pH  $\approx$  4 nicht ungewöhnlich sind und die Eisenkonzentration im 2. Halbjahr 2021 ungewöhnlich hoch war (siehe Abschnitt 9.2.3).



**Tabelle 69: Sulfatkonzentrationen [mg/L] an den Messstellen im Einzugsgebiet des Vincenzgrabens im Messzeitraum von Juni bis November 2021.**

Mess-kampagne	AZH 1	AZH 2	AGW 1	AGW 2	DUM 1	DUM 2	VGr 30	VGr 21	VGr 10
	Mündung	Mündung	Mündung	Mündung	Mündung	Mündung	Bilanzprofil	Bilanzprofil	Mündung
29.06.2021	924	1)	976	1.280	456	843	848	1)	123
28.07.2021	847	917	1.010	838	383	417	448	1)	95
26.08.2021	878	830	993	2)	424	792	801	1)	90
27.09.2021	880	781	1.130	2)	372	389	701	1)	124
18.10.2021	920	2)	2)	2)	386	417	421	178	108
18.11.2021	890	830	1.180	2)	340	430	450	55	65
Minimum	847	781	976	---	340	389	421	---	65
Mittelwert	890	840	1.058	---	394	548	612	---	101
Maximum	924	917	1.180	---	456	843	848	---	124

1) nicht im Messprogramm

2) kein Abfluss

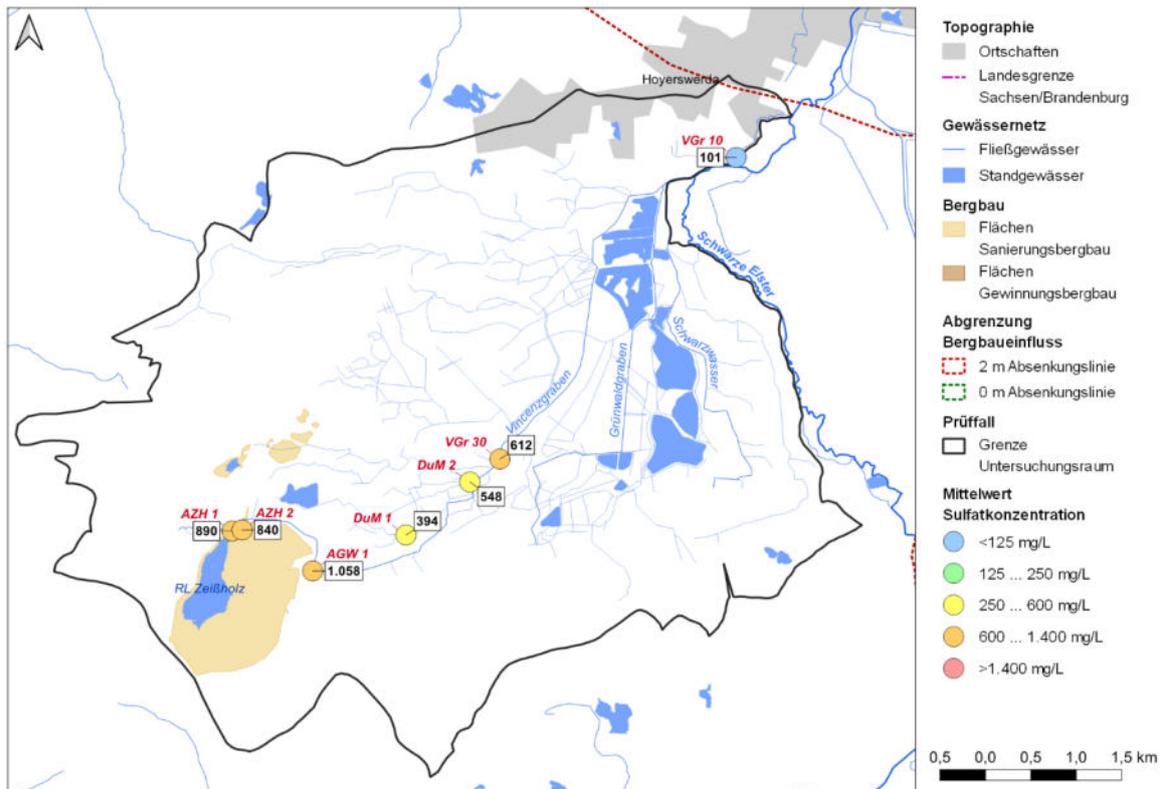
**Tabelle 70: Eisenkonzentrationen [mg/L] an den Messstellen im Einzugsgebiet des Vincenzgrabens im Messzeitraum von Juni bis November 2021.**

Mess-kampagne	AZH 1	AZH 2	AGW 1	AGW 2	DUM 1	DUM 2	VGr 30	VGr 21	VGr 10
	Mündung	Mündung	Mündung	Mündung	Mündung	Mündung	Bilanzprofil	Bilanzprofil	Mündung
29.06.2021	14,8	1)	4,59	44,3	7,73	6,01	7,22	1)	35,6
28.07.2021	11,0	0,83	42,5	26,5	7,12	6,31	8,67	1)	44,2
26.08.2021	15,0	0,07	5,38	2)	4,96	4,46	5,12	1)	28,6
27.09.2021	16,4	1,11	145	2)	4,04	2,97	2,07	1)	66,2
18.10.2021	21,3	2)	2)	2)	3,37	3,00	2,83	94,3	33,4
18.11.2021	17,0	0,07	77,0	2)	3,95	4,70	4,61	8,30	6,43
Minimum	11,0	0,07	4,59	---	3,37	2,97	2,07	---	6,43
Mittelwert	15,9	0,52	54,9	---	5,20	4,58	5,09	---	35,7
Maximum	21,3	1,11	145	---	7,73	6,31	8,67	---	66,2

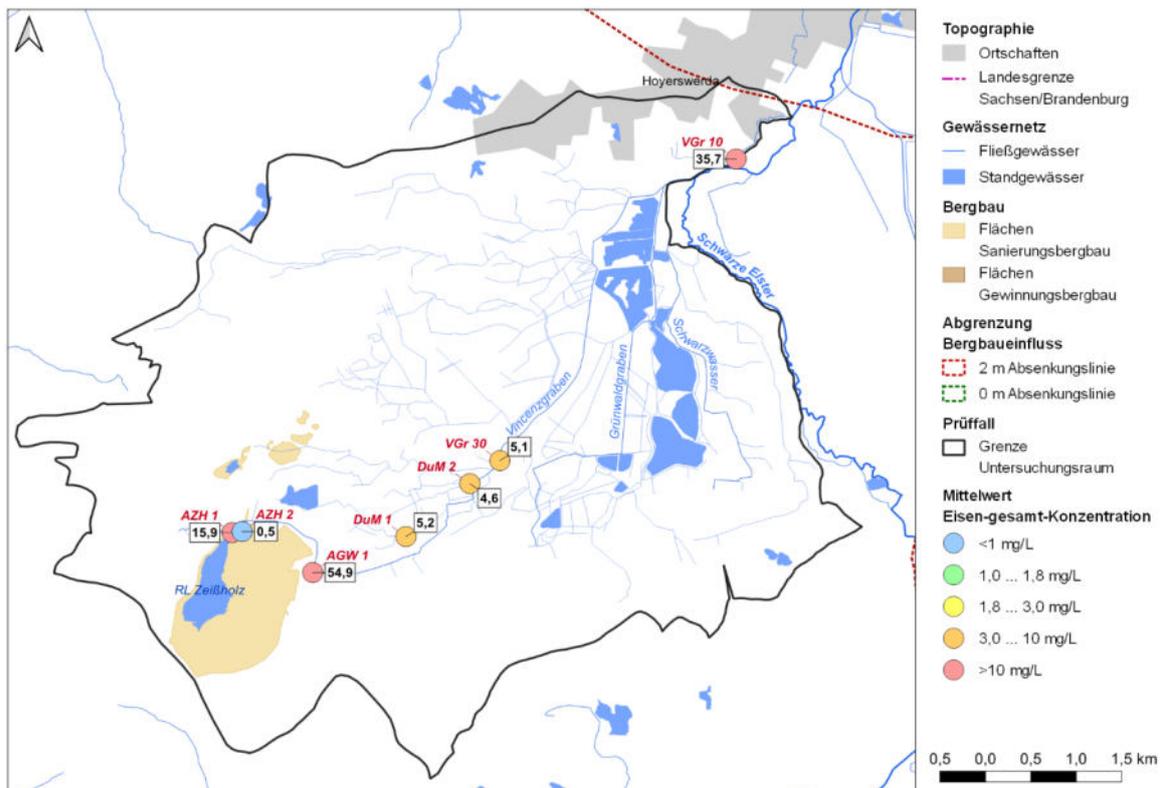
1) nicht im Messprogramm

2) kein Abfluss

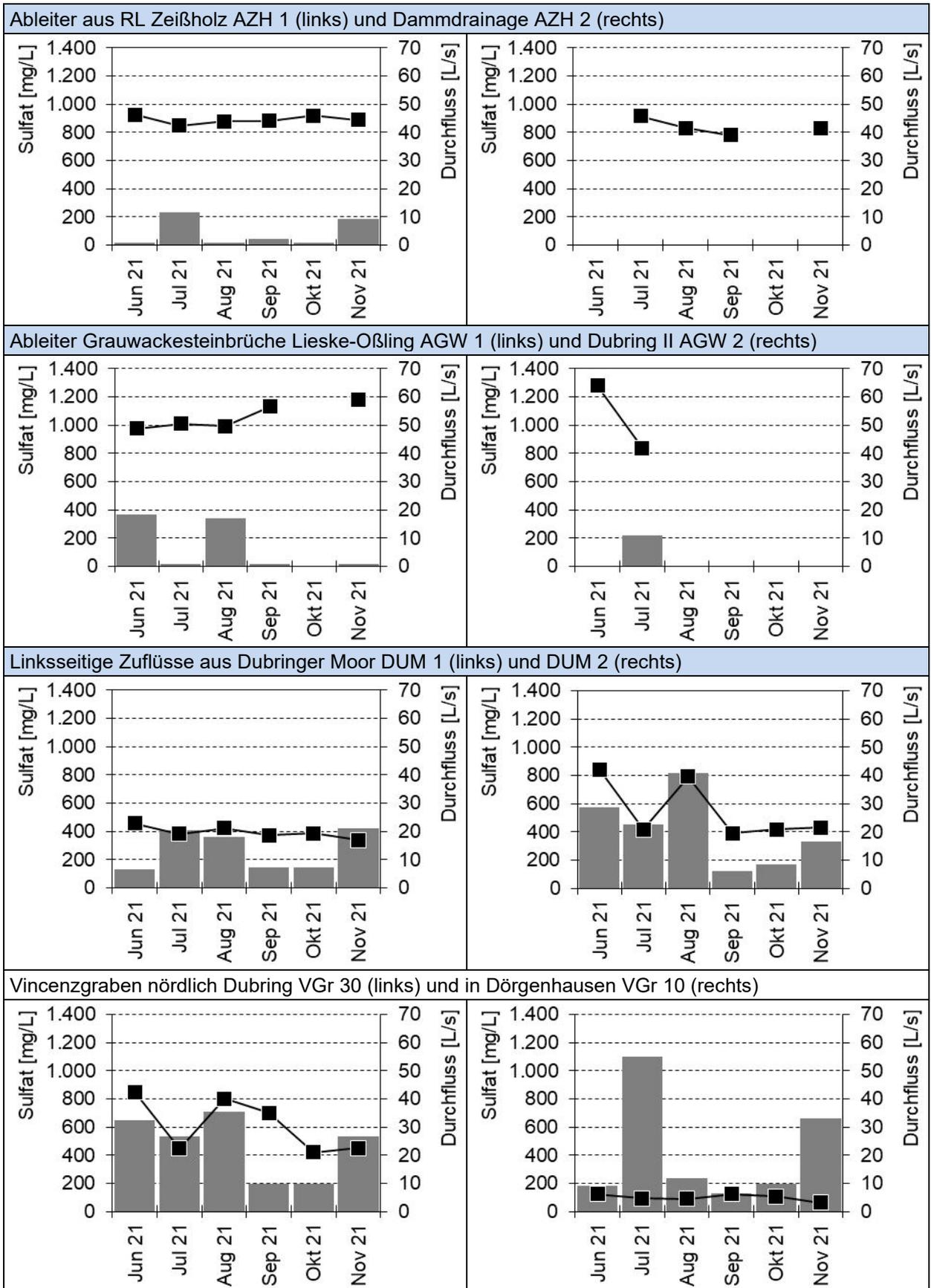
3) Probe nicht verwertbar, Versauerung



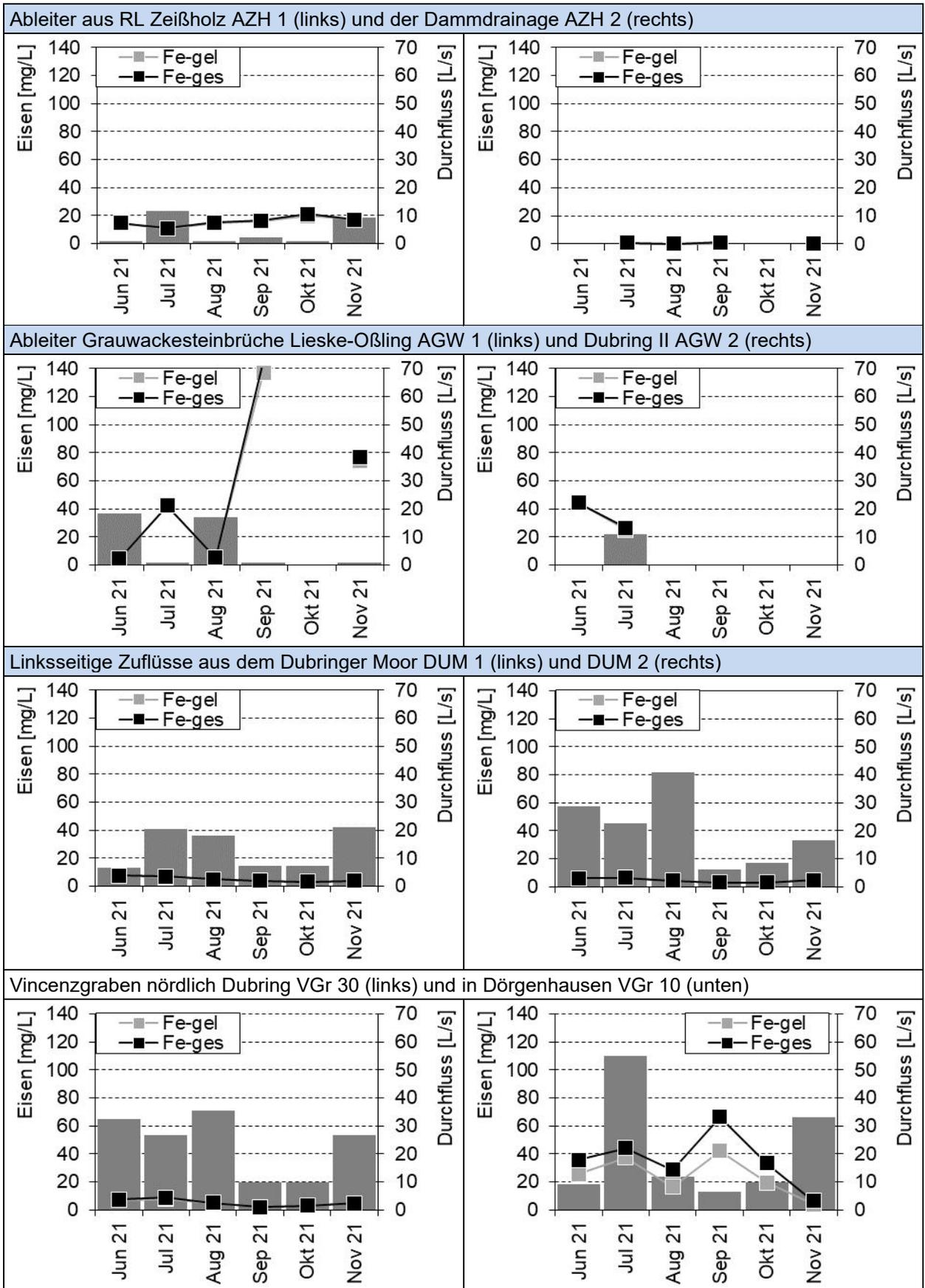
**Bild 109:** Mittelwerte der Sulfatkonzentration der Stichtagsmessungen an den Messstellen im Untersuchungsgebiet Vincenzgraben entsprechend Tabelle 71.



**Bild 110:** Mittelwerte der Eisen-gesamt-Konzentration der Stichtagsmessungen an den Messstellen im Untersuchungsgebiet Vincenzgraben entsprechend Tabelle 70.



**Bild 111:** Sulfatkonzentration im Vincenzgraben und in relevanten Zuflüssen im Messzeitraum von Juni bis November 2021.



**Bild 112:** Eisenkonzentration im Vincenzgraben und in relevanten Zuflüssen im Messzeitraum von Juni bis November 2021.



Neben dem Versauerungszustand, Sulfat und Eisen unterschieden sich auch weitere Kennwerte zwischen der Messstelle VGr 30 oberhalb des Dubringer Moors und der Messstelle VGr 10 unterhalb des Moors (Tabelle 71). Die höheren Trübungswerte und **DOC-Konzentration** weisen auf einen Austrag von organischem Material aus dem Moor hin. Dazu passt die tiefschwarze Färbung des Gewässers (siehe Abschnitt 9.2.1). Die vergleichsweise niedrigen **Sauerstoffkonzentrationen** weisen auf sauerstoffzehrende Prozesse im Moorkörper hin. Im Gegensatz zu Eisen nahmen die Konzentrationen der **Metalle** Cadmium, Nickel, Zink, Aluminium und Mangan nach Passage des Moorkörpers ab.

**Tabelle 71: Mittlere Stoffkonzentrationen in den Messstellen oberhalb (VGr 30) und unterhalb (VGr 10) des Dubringer Moors im Untersuchungszeitraum von Juni bis November 2021. Pfeilrichtung verweisen auf Änderungen zwischen den Messstellen VGr 30 und VGr 10.**

Kennwert	Einheit	VGr 30	VGr 10	Veränderung zwischen den Messstellen
<b>Vor-Ort</b>				
pH-Wert		3,5	5,8	↑
Trübung	FNU	3,0	51	↑
Elektrische Leitfähigkeit	µS/cm	1.330	250	↓
Sauerstoffsättigung	%	81	41	↓
Sauerstoffkonzentration	mg/L	8,3	4,2	↓
Redoxspannung	mV	+478	+181	↓
<b>Labor</b>				
pH-Wert		3,5	5,3	↑
elektrische Leitfähigkeit	µS/cm	1.310	225	↓
K <sub>S4,3</sub>	mmol/L	-0,5	0,23	↑
K <sub>S8,2</sub>	mmol/L	1,4	1,2	↘
Sulfat	mg/L	610	101	↓
Eisen-gesamt	mg/L	5,1	36	↑
Eisen-gelöst	mg/L	4,9	24	↑
Eisen-II-gelöst	mg/L	2,2	23	↑
Arsen	µg/L	<10 <sup>1)</sup>	<10 <sup>1)</sup>	---
Cadmium	µg/L	1,4	<0,1 <sup>2)</sup>	↓
Nickel	µg/L	234	13	↓
Zink	µg/L	851	38	↓
Chlorid	mg/L	18	15	↘
Natrium	mg/L	22	8	↓
Kalium	mg/L	17	3	↓
Calcium	mg/L	149	20	↓
Magnesium	mg/L	44	5	↓
Aluminium	mg/L	2,8	0,4	↓
Mangan	mg/L	5,1	0,4	↓
Kobalt	mg/L	0,10	<0,01 <sup>1)</sup>	↓
DOC	mg/L	4,7	32	↑
Ammoniumstickstoff	mg/L	0,9	0,7	↘

1) Bestimmungsgrenze (BG)

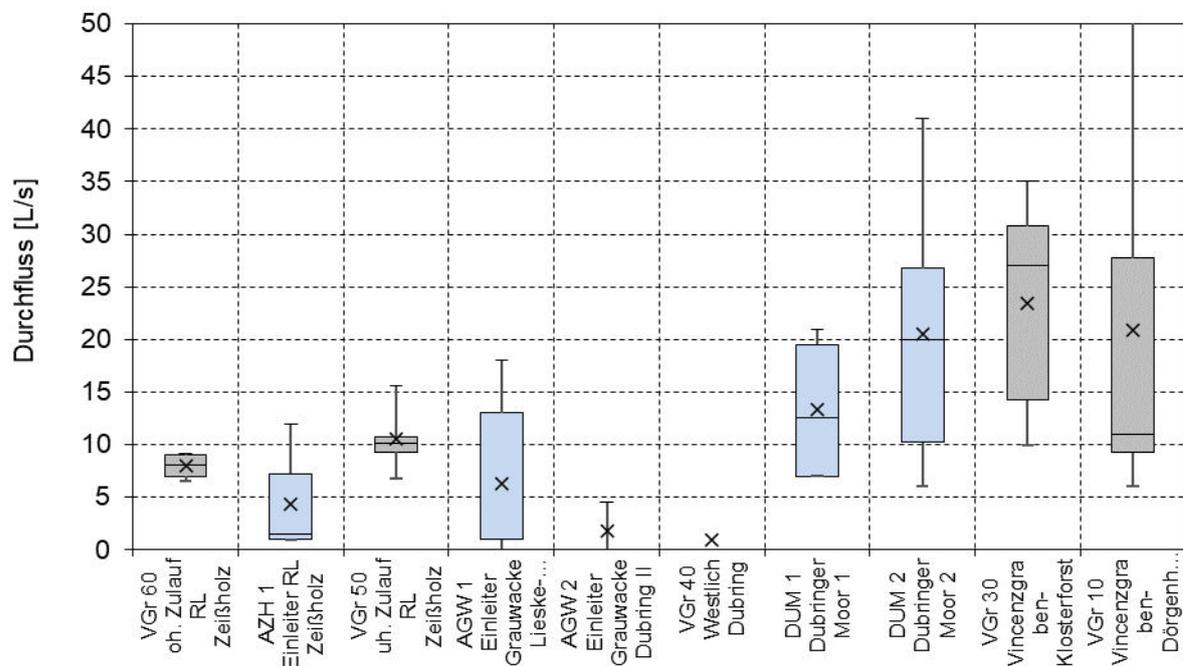
2) bei den Messkampagnen 06 und 07/2021 war die BG 0,5 µg/L. Die Befunde lagen darunter.

## 9.6 Bilanzen

### 9.6.1 Wassermengen

Die Quellschüttung des Vincenzgrabens lag im Untersuchungszeitraum weitgehend konstant unter 10 L/s. Durch den geringen Zulauf aus dem RL Zeißholz (AZH 1) wird der Durchfluss im Vincenzgraben (VGr 50) nur wenig erhöht (Bild 113). Die Einleitung aus den Punktquellen der Grauwackesteinbrüche (AGW 1 und AGW 2) erfolgt diskontinuierlich mit geringen Mengen. Im Fließverlauf bis Dubring versickert der überwiegende Teil des Dargebots aus dem Quellgebiet.

Im Mariensterner Klosterforst bzw. im Dubringer Moor wird ein kontinuierlicher Abfluss im Vincenzgraben zwischen 10 und 30 L/s generiert.



**Bild 113:** Durchflussstatistik der sechs Stichtagsmessungen an den Messstellen im Untersuchungsgebiet Vincenzgraben. Zuflüsse zum Vincenzgraben sind blau gekennzeichnet.

### 9.6.2 Stoffmengen

Der Stoffeintrag aus dem RL Zeißholz und die Ableitungen aus den Grauwackesteinbrüchen Lieske-Oßling und Dubring II in den Ober- und Mittellauf des Vincenzgrabens beträgt in Summe im Mittel 1.004 kg/d **Sulfat** (Tabelle 72) und 33 kg/d **Eisen** (Tabelle 74).

Die höchsten Frachten entstammen mit anteilig 54 % Sulfat und 40 % Eisen-gesamt aus dem Ableiter AGW 1 aus dem Steinbruch Lieske-Oßling. Der bergbauliche Anteil an den Frachten durch die Ableitung aus dem RL Zeißholz beträgt sowohl für Sulfat als auch für Eisen 33 %. Der Ableiter AGW 2 aus dem Steinbruch Dubring war nur zu einem Messtermin in Betrieb. Die anteiligen Stofffrachten aus diesem Ableiter waren am niedrigsten.



Diese Frachten gelangen nicht über die gesamte Fließstrecke des Vincenzgrabens zum Abfluss, sondern verbleiben im Ober- bzw. Mittellauf. Der Mittellauf der nachträglich in das Messprogramm aufgenommenen Messstelle VGr 40 war zu den drei Messterminen trocken (Tabelle 64).

Im weiteren Verlauf münden Zuflüsse aus dem Dubringer Moor linksseitig in den Vincenzgraben. Die Zuflüsse unterscheiden sich in ihrer Beschaffenheit. Die größten Stofffrachten werden über den Zufluss DUM 2 eingetragen. In Summe wurden über diese Gräben 1.525 kg/d Sulfat (Tabelle 73) und 16 kg/d Eisen (Tabelle 75) in den Vincenzgraben eingetragen.

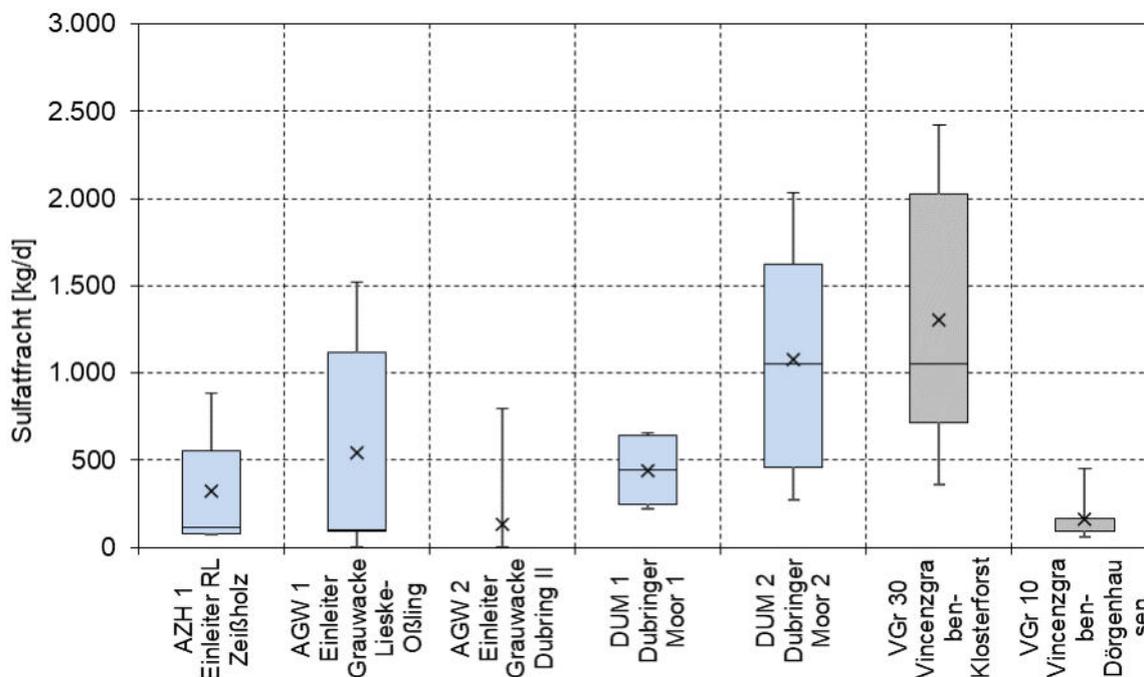
**Tabelle 72: Sulfateintrag in den Ober- und Mittellauf des Vincenzgrabens durch den Bilanzüberschuss des RL Zeißholz (AZH 1) und durch die Ableitungen aus den Grauwackesteinbrüchen Lieske-Oßling (AGW 1) und Dubring II (AGW 2) im Messzeitraum von Juni bis November 2021.**

Mess-kampagne	AZH 1			AGW 1			AGW 2			Summe AZH1+ AGW1+ AGW2
	Sulfat	Q	Fracht	Sulfat	Q	Fracht	Sulfat	Q	Fracht	Fracht
	mg/L	L/s	kg/d	mg/L	L/s	kg/d	mg/L	L/s	kg/d	kg/d
29.06.2021	920	<1	79	980	18	1.524	---	0	0	1.604
28.07.2021	850	12	881	1.010	1	87	840	11	798	1.767
26.08.2021	880	<1	76	990	17	1.454	---	0	0	1.530
27.09.2021	880	2	152	1.130	<1	98	---	0	0	250
18.10.2021	920	<1	79	---	0	0	---	0	0	79
18.11.2021	890	9	692	1.180	<1	102	---	0	0	794
Mittelwert			327			544			133	1.004
Anteil [%]			33			54			13	100

**Tabelle 73: Sulfateintrag in den Unterlauf des Vincenzgrabens durch Zuflüsse aus dem Dubringer Moor (DUM 1 und DUM 2) sowie im Vincenzgraben im Messzeitraum von Juni bis November 2021.**

Mess-kampagne	DUM 1			DUM 2			Summe DUM 1+ DUM 2	VGr 30	VGr 10
	Sulfat	Q	Fracht	Sulfat	Q	Fracht	Fracht	Fracht	Fracht
	mg/L	L/s	kg/d	mg/L	L/s	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d
29.06.2021	460	7	278	840	28	2.032	2.310	2.350	93
28.07.2021	380	20	657	840	23	1.669	2.326	1.050	451
26.08.2021	420	18	653	420	41	1.488	2.141	2.419	93
27.09.2021	370	7	224	790	6	410	633	605	62
18.10.2021	390	7	236	390	8	270	505	363	95
18.11.2021	340	21	617	420	17	617	1.234	1.050	185
Mittelwert			444			1.081	1.525	1.306	163
Anteil [%]			29			71	100		11

Die Stofffrachten am Gebietsauslass VGr 10 unterschieden sich im Messzeitraum deutlich von den an der Messstelle VGr 30 (Bild 114 und Bild 115). Im Mündungsbereich war die Sulfatfracht mit 163 kg/d deutlich niedriger und die Eisenfracht mit 58 kg/d deutlich höher als an der oberstromigen Messstelle.



**Bild 114:** Statistik der Sulfatfracht der sechs Stichtagsmessungen an den Messstellen im Untersuchungsgebiet Vincenzgraben. Zuflüsse zum Vincenzgraben sind blau gekennzeichnet.

Die Verringerung der Sulfatfracht um 89 % während der Passage des Dubringer Moors wird auf verschiedene Rückhalteprozesse im Moor zurückgeführt. Die hohen Eisenfrachten im Mündungsbereich deuten auf den Austrag aus dem Moor hin. Diese Aussage muss mit weiteren Untersuchungen vertieft werden, da im Vergleich zu den Vorjahren im Messzeitraum ungewöhnlich hohe Eisenkonzentrationen am Gebietsauslass erfasst wurden (Bild 104).

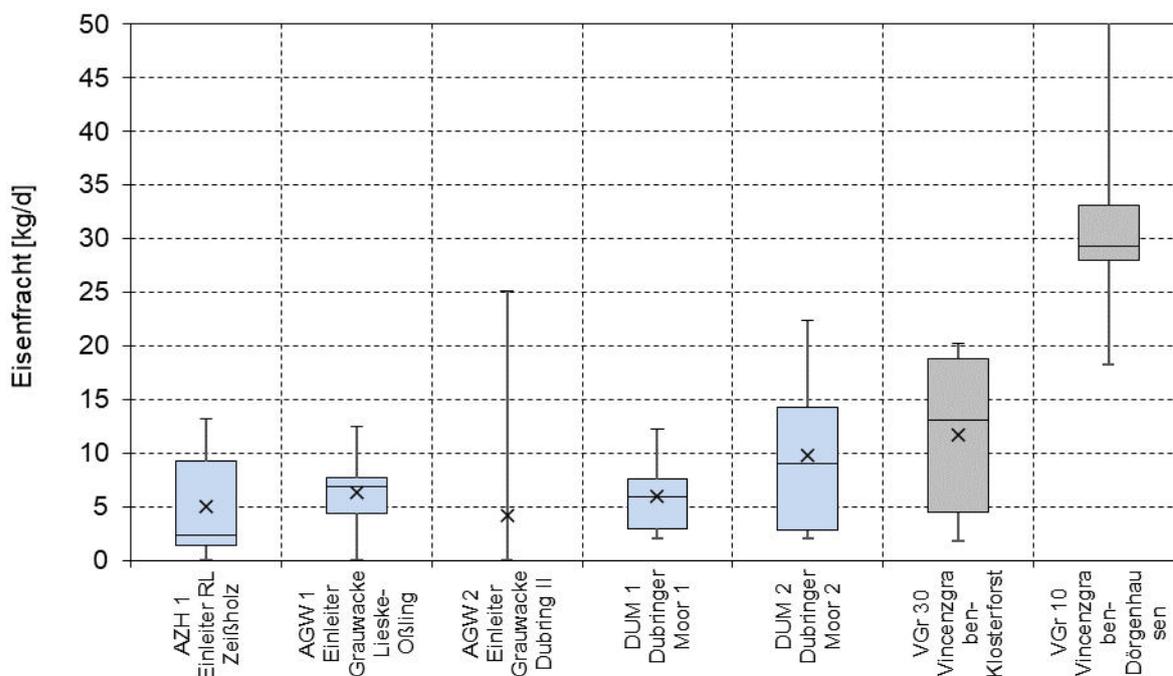
**Tabelle 74:** Eiseneintrag in den Ober- und Mittellauf des Vincenzgraben durch den Zufluss aus dem RL Zeißholz (AZH 1) und durch die Ableitungen aus den Grauwackesteinbrüchen Lieske-Oßling (AGW 1) und Dubring II (AGW 2) im Messzeitraum von Juni bis November 2021.

Mess-kampagne	AZH 1			AGW 1			AGW 2			Summe Fracht
	Eisen mg/L	Q L/s	Fracht kg/d	Eisen mg/L	Q L/s	Fracht kg/d	Eisen mg/L	Q L/s	Fracht kg/d	
29.06.2021	14,8	<1	1	4,6	18	7	---	0	0	8
28.07.2021	11,0	12	11	42,5	1	4	26,5	11	25	40
26.08.2021	15,0	<1	0	5,4	17	8	---	0	0	8
27.09.2021	16,4	2	3	145,0	<1	13	---	0	0	15
18.10.2021	21,3	<1	2	---	0	0	---	0	0	2
18.11.2021	17,0	9	13	77,0	<1	7	---	0	0	20
Mittelwert			5			6			4	15
Anteil [%]			33			40			27	100



**Tabelle 75: Eiseneintrag in den Unterlauf des Vincenzgrabens durch Zuflüsse aus dem Dubringer Moor (DUM 1 und DUM 2) sowie im Vincenzgraben im Messzeitraum von Juni bis November 2021.**

Mess-kampagne	DUM 1			DUM 2			Summe	VGr 30	VGr 10
	Eisen	Q	Fracht	Eisen	Q	Fracht	Fracht	Fracht	Fracht
	mg/L	L/s	kg/d	mg/L	L/s	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d
29.06.2021	7,7	7	4,7	6,0	28	14,5	19,2	20,0	27,7
28.07.2021	7,1	20	12,3	6,8	23	13,6	25,9	20,2	210,0
26.08.2021	5,0	18	7,7	6,3	41	22,4	30,1	15,5	29,7
27.09.2021	4,0	7	2,4	4,5	6	2,3	4,8	1,8	34,3
18.10.2021	3,4	7	2,0	3,0	8	2,1	4,1	2,4	28,9
18.11.2021	4,0	21	7,2	3,0	17	4,4	11,6	10,8	18,3
Mittelwert			6			10	16	12	58
Anteil [%]			38			62	100		365



**Bild 115: Statistik der Eisenfracht der sechs Stichtagsmessungen an den Messstellen im Untersuchungsgebiet Vincenzgraben. Zuflüsse zum Vincenzgraben sind blau gekennzeichnet.**

## 9.7 Synthese

### 9.7.1 Kenntnisstand

Der Einflussfaktor Bergbau ist im Untersuchungsgebiet durch die Ausleitung des Bilanzüberschusses aus dem RL Zeißholz objektiv gegeben. Die Ausleitung erhöht die bergbaubürtige Stoffbelastung im Vincenzgraben. Durch den Aciditätseintrag sinkt der pH-Wert um rund eine pH-Einheit auf  $\text{pH} \approx 3,4$  (Abschnitt 9.5)

Obwohl die Ausleitungen aus den aktiven Grauwackesteinbrüchen nur sporadisch erfolgen, tragen sie die höchsten Stofffrachten im Oberstrom des Vincenzgrabens ein (Abschnitt 9.6.2). Der Anteil an der bergbaubürtigen Stofffracht im Ober- und Mittel-



lauf des Vincenzgrabens aus dem ehemaligen Bergbauggebiet beträgt rund ein Drittel und aus den Grauwackesteinbrüchen rund zwei Drittel. Die Stofffrachten gelangen allerdings nicht bis zur Mündung, sondern verbleiben im Ober- und Mittellauf des Vincenzgrabens. Der Abfluss aus dem Oberstrom verringert sich bis zum Dubringer Moor deutlich. Durch Zuflüsse aus dem Dubringer Moor bildet sich der Abfluss im Unterlauf des Vincenzgrabens neu. Die Wasserbeschaffenheit im Unterlauf des Vincenzgrabens an der Messstelle VGr 10 in Dörghenhausen repräsentiert die Wasserbeschaffenheit des Dubringer Moores.

### 9.7.2 Verursacheranalyse

Durch die Untersuchungen und unter Einbeziehung externer Daten konnte im Oberlauf des Vincenzgrabens ein Bergbaueinfluss sicher belegt werden.

Für die Bewertung und die Verursacheranalyse zum Bergbaueinfluss auf den Vincenzgraben (DESN\_538134) wurden die Daten der mündungsnahen Messstelle VGr 10 des vorliegend rapportierten Monitorings herangezogen. Nach der Passage des Dubringer Moores hatte der Vincenzgraben im Unterlauf eine abweichende Wasserbeschaffenheit vom Oberstrom. Der Bergbaueinfluss aus dem Restloch Zeißholz und den Grauwackesteinbrüchen war an der Messstelle VGr 10 im Vincenzgraben nicht mehr nachweisbar. Die Stofffracht an der Messstelle VGr 10 wird deshalb den Verursacherkategorien natürliche Quellen und andere Verursacher zugeordnet (Tabelle 76).

**Tabelle 76: Bergbaueinfluss und Zustand der Fließgewässer-OWK im Untersuchungsgebiet des Vincenzgrabens.**

OWK	Bezeichnung/ Gewässer	Prüffall <sup>(1)</sup>	Ergebnis des Monitorings <sup>(2)</sup>				Bewertung	Verursacher
			Mst.	Sulfat [mg/L]	Eisen [mg/L]	pH-Wert [-]		
DESN_538134	Vincenzgraben	■	VGr 10	101	35,7	5,2	□	F, G

<sup>(1)</sup> nach IWB & gIR (2020), Symbolik zum Bergbaueinfluss gemäß Tabelle 77.

<sup>(2)</sup> Zustandskategorien für die Kennwerte Sulfat, Eisen und pH-Wert gemäß Tabelle 7, Tabelle 8, Tabelle 9.

**Tabelle 77: Erläuterung der Symbolik zur Angabe des Bergbaueinflusses und der Verursacher.**

Prüffall nach IWB & gIR (2020)		Bewertung		Verursacher/Quellen	
<input type="checkbox"/>	kein Bergbaueinfluss	<input type="checkbox"/>	Kein Bergbaueinfluss	A	Gewinnungsbergbau BK
<input type="checkbox"/>	Prüffall Fernwirkung	<input checked="" type="checkbox"/>	Nicht abschließend feststellbar verbleibender Prüffall	B	Sanierungsbergbau BK
<input checked="" type="checkbox"/>	Prüffall Bergbaueinfluss			C	Altbergbau BK
<input checked="" type="checkbox"/>	Dominanter Bergbaueinfluss	<input checked="" type="checkbox"/>	Bergbaueinfluss	D	Anderer Bergbau
				E	Landwirtschaft
				F	natürliche
				G	andere bzw. ungeklärt



### 9.7.3 Maßnahmen

In LfULG (2020) wird die Überleitung der abgeleiteten Volumenströme aus den aktiven Grauwackesteinbrüchen in das RL Zeißholz und die Etablierung einer Inlake-Wasserbehandlung im RL Zeißholz als Maßnahme vorgeschlagen. Der Gutachter bewertet diese Maßnahme aufgrund der vergleichsweise geringen Ausleitmengen aus den Grauwackesteinbrüchen als unverhältnismäßig. Zudem gelangen die bergbaubedingten Stofffrachten nicht bis in den Mündungsbereich des Vincenzgrabens und sind für dessen Zustandsbewertung deshalb nicht maßgebend.

Zur Verbesserung des Systemverständnisses wird die Fortführung der Untersuchungen empfohlen. Die Wasserbilanz des Vincenzgrabens und insbesondere die Verluste zwischen den Messstellen VGr 50 und VGr 40 sind zu präzisieren. Eine vertiefende Erkundung von diffusen Stoffquellen wird entgegen der Vorplanung als nicht notwendig angesehen (vgl. Tabelle 10).

## 10 Ständergraben

### 10.1 Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet liegt im Niederungsbereich zwischen dem Baruther Urstromtal im Norden und dem Niederlausitzer Grenzwall im Süden. In den pleistozänen Rinnen wechsellagern Geschiebemergel mit gut durchlässigen Grundwasserleitern. Die pleistozänen Rinnen durchschneiden den 2. Lausitzer Flözhorizont und sind mit Sedimenten aus der Elster-, Saale und Weichselkaltzeit gefüllt. Im Untersuchungsgebiet liegen die westlichen Ausläufer des nach der Elsterkaltzeit verbleibenden Kohlefeldes Bornsdorf-Luckau. Teile dieses Kohlefeldes wurden östlich des Untersuchungsgebietes in den **Braunkohlentagebauen** Schlabendorf-Süd und Schlabendorf-Nord abgebaut (Bild 116). Im Süden des Untersuchungsgebietes liegen die Bornsdorfer Teiche, ein Gebiet des **Altbergbaus ohne Rechtsnachfolge**. Hier wurde in der Vergangenheit Raseneisenstein abgebaut.

Der größte Teil des Untersuchungsgebietes liegt zwischen der 2-Meter- und der hypothetischen 0-Meter-Absenkungslinie bzw. der § 3-Linie der LMBV, die formal die äußere Grenze der bergbaulichen Beeinflussung darstellt (Bild 117). Im Untersuchungsgebiet liegen der Goßmar-Luckauer Grenzgraben und Ständergraben mit vermutetem **Bergbaueinfluss** (Tabelle 78 und Bild 117).

**Tabelle 78: Bergbaueinfluss und Zustand der Fließgewässer-OWK im Untersuchungsgebiet Ständergraben.**

OWK	Bezeichnung/Gewässer	Bergbaueinfluss <sup>(1)</sup>	Zustand für Kennwert <sup>(2)</sup>			
			Messstelle	Sulfat [mg/L]	Eisen [mg/L]	pH-Wert [-]
DEBB58258344_1594	Goßmar-Luckauer Grenzgraben	■	GIG 10	251	3,9	6,7
DEBB5825834_1237	Ständergraben	■	---	---	---	---

<sup>(1)</sup> nach IWB & gIR (2020), Symbolik zum Bergbaueinfluss gemäß Tabelle 79.

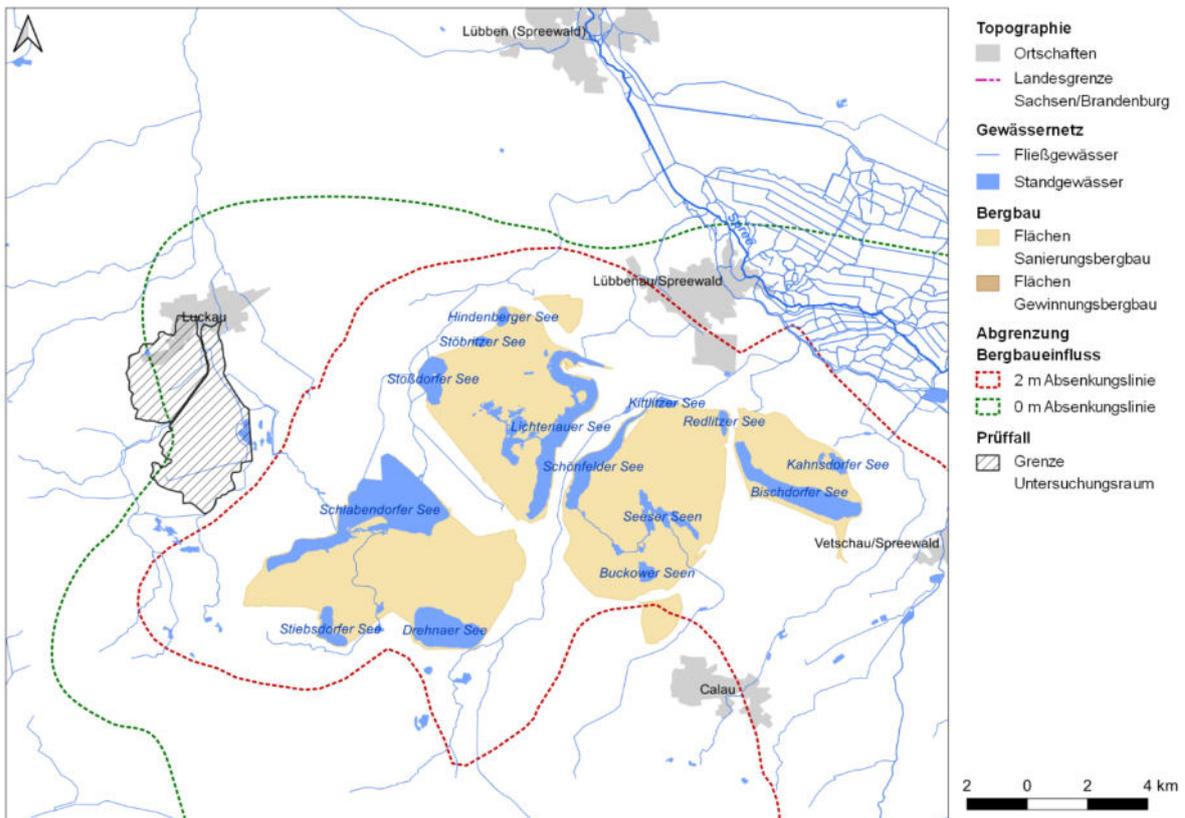
<sup>(2)</sup> Zustandskategorien für die Kennwerte Sulfat, Eisen und pH-Wert gemäß Tabelle 7, Tabelle 8, Tabelle 9.

**Tabelle 79: Erläuterung der Symbolik zur Angabe des Bergbaueinflusses.**

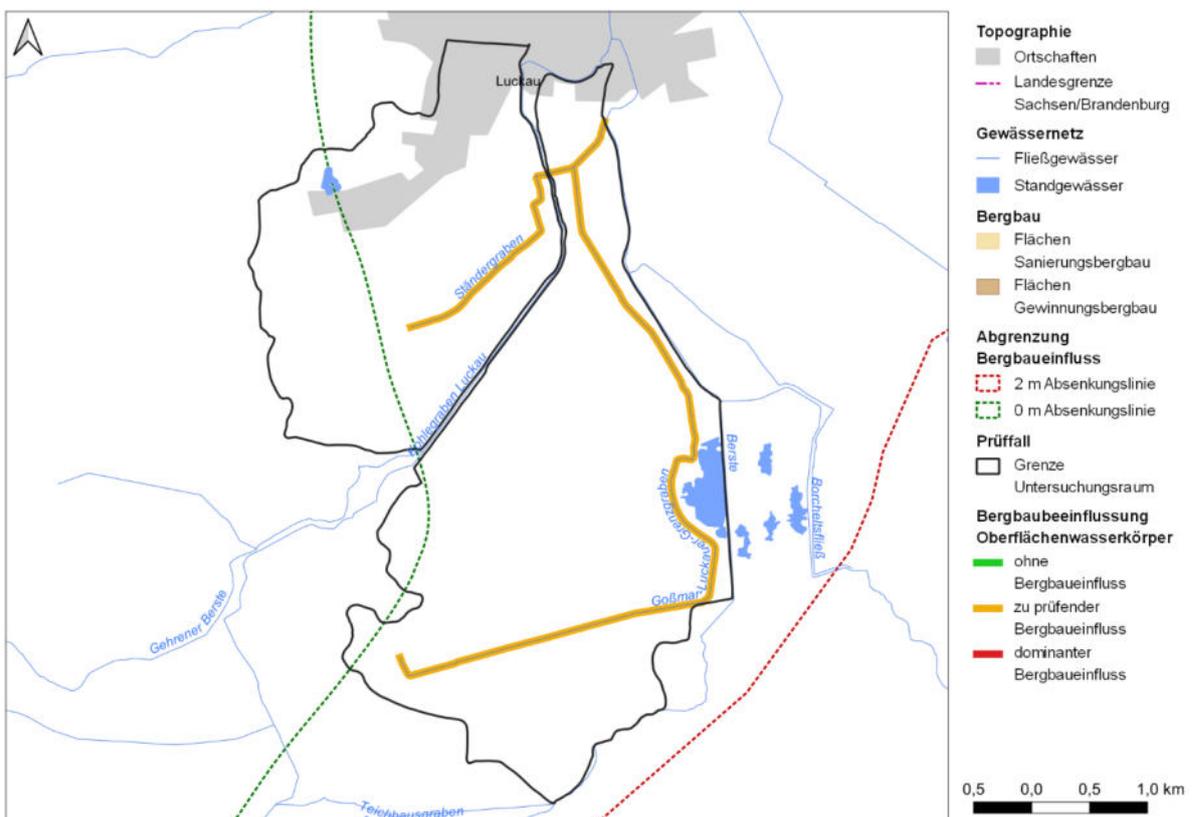
Symbol	Erläuterung
□	kein Bergbaueinfluss
◻	Prüffall Fernwirkung
▣	Prüffall Bergbaueinfluss
■	Dominanter Bergbaueinfluss

Das Untersuchungsgebiet südlich der Ortschaft Luckau umfasst das gesamte Einzugsgebiet des Ständergrabens mit dem Goßmar-Luckauer Grenzgraben (Bild 117). Das Grabensystem westlich des Kohlegrabens Luckau ist das Entstehungsgebiet des Ständergrabens. Nach dem Zusammenfluss aller Entwässerungsgräben dükert der Ständergraben den Kohlegraben Luckau und mündet nach der Einmündung des Goßmar-Luckauer Grenzgrabens in den Pumpenteich des Schöpfwerks Luckau (Bild 117). Hier wird das Wasser nach einem vorgegebenen Bewirtschaftungsplan in die Berste übergehoben. Das Schöpfwerk Luckau wird vom Gewässerunterhaltungsverband Garrenchen (GUV) betrieben. Der Kohlegraben Luckau gehört nicht zum Einzugsgebiet des Ständergrabens. Er hat keine hydraulische Verbindung zu den umliegenden Gewässern, da sein Flussbett angehoben und abgedichtet wurde.

Die Überleitstelle aus dem Teichhausgraben in den Goßmarer Schweißgraben markiert den südlichsten Punkt des Einzugsgebietes. Hier gelangt Wasser aus den Bornsdorfer Teichen in das Einzugsgebiet des Ständergrabens. Im Osten grenzen das FFH-Gebiet NSG Borcheltsbusch und die Brandkieten an das Untersuchungsgebiet. Im Zusammenhang mit dem Torfabbau im 19. und 20. Jahrhundert wurde der Goßmar-Luckauer Grenzgraben entkoppelt und fließt seither am NSG Borcheltsbusch vorbei. Das NSG Borcheltsbusch und der Goßmar-Luckauer Grenzgraben sind durch einen Hochwasserschutzdamm voneinander getrennt. Zudem wurden die Verbindungen zum Meliorationssystem bzw. zum Pumpenteich des ehemaligen Schöpfwerks Freesdorf im Nordwesten des NSG Borcheltsbusch zurückgebaut.



**Bild 116: Übersicht des Untersuchungsgebietes Ständergraben mit den Grenzen des Bergbaueinflusses nach IWB & gIR (2020).**



**Bild 117: Übersicht des Untersuchungsgebietes Ständergraben mit den Oberflächenwasserkörpern und den Grenzen des Bergbaueinflusses nach IWB & gIR (2020).**



## 10.2 Gebietserkundung

### 10.2.1 Ortsbegehung

In der Vorbereitung der Gebietsbegehung im Einzugsgebiet des Ständergrabens wurden projektbezogene Unterlagen recherchiert und Kartenmaterial zusammengestellt. Am 03.06.2021 erfolgte die Gebietsbegehung im Entstehungsgebiet des Ständergrabens westlich des Bornsdorfer Kohlegrabens. Zum Teileinzugsgebiet Goßmar-Luckauer Grenzgraben hat der Gutachter Kenntnisse aus vorangegangenen Untersuchungen. Topografische Kenntnislücken im Einzugsgebiet des Ständergrabens wurden im Rahmen der ersten Messkampagne am 01.07.2021 geschlossen (Bild 121).

Im Ergebnis der Ortsbegehung wurde festgestellt, dass die Oberläufe der Gräben im **Entstehungsgebiet des Ständergrabens** trocken lagen (P1 und P2 in Bild 121, Bild 118 oben). Im weiteren Verlauf bis zu deren Zusammenfluss drang sichtbar eisenreiches Grundwasser in die Gräben. Die Gräben erzeugten jedoch keinen relevanten Abfluss.

Der Ständergraben dükert den Bornsdorfer Kohlegraben nach Vereinigung aller Teilgräben (P4 in Bild 121, Bild 118 unten rechts) und nimmt auf der 350 Meter langen Fließstrecke bis zum Vorlagebecken des Schöpfwerks Luckau (P5 in Bild 121, Bild 119 links) den östlichen Schweißgraben des Bornsdorfer Kohlegrabens und den Goßmar-Luckauer Grenzgraben auf (P9 in Bild 121, Bild 120 unten rechts).

Der **Goßmar-Luckauer Grenzgraben** ist der mengenmäßig dominante Zufluss zum Ständergraben. Im Süden des Einzugsgebietes gelangt eisenreiches Wasser aus den Bornsdorfer Teichen durch den Teichhausgraben und den Goßmarer Schweißgraben in den Goßmar-Luckauer Grenzgraben. Das Abschlagsbauwerk im Teichhausgraben (P7 in Bild 121, Bild 120 oben) markiert den Eingang zum Untersuchungsgebiet. Hier liegt die Durchfluss- und Beschaffenheitsmessstelle EwG 10 neu des LMBV-Monitorings zur Eisenbelastung. Mit der Messstelle GIG 10 (P8 in Bild 121, Bild 120 unten links) wird im LMBV-Monitoring zudem der Goßmar-Luckauer Grenzgraben am nördlichen Rand des NSG Borcheltsbusch überwacht. Der Goßmar-Luckauer Grenzgraben und das NSG Borcheltsbusch sind oberirdisch nicht miteinander verbunden.



## Ständergraben



**Bild 118:** Ständergraben Teilstrang Z (P1) (oben links) und Teilstrang K (P2) (oben rechts) südlich von Luckau OT Wittmannsdorf sowie westlicher Schweißgraben des Bornsdorfer Kohlegrabens (P3) (unten links). Ständergraben nach Vereinigung aller Teilgräben nach dem Düker am Bornsdorfer Kohlegraben (P4) (unten rechts) (Fotos: Hiekel, Juni 2021).

## Ständergraben am Schöpfwerk Luckau



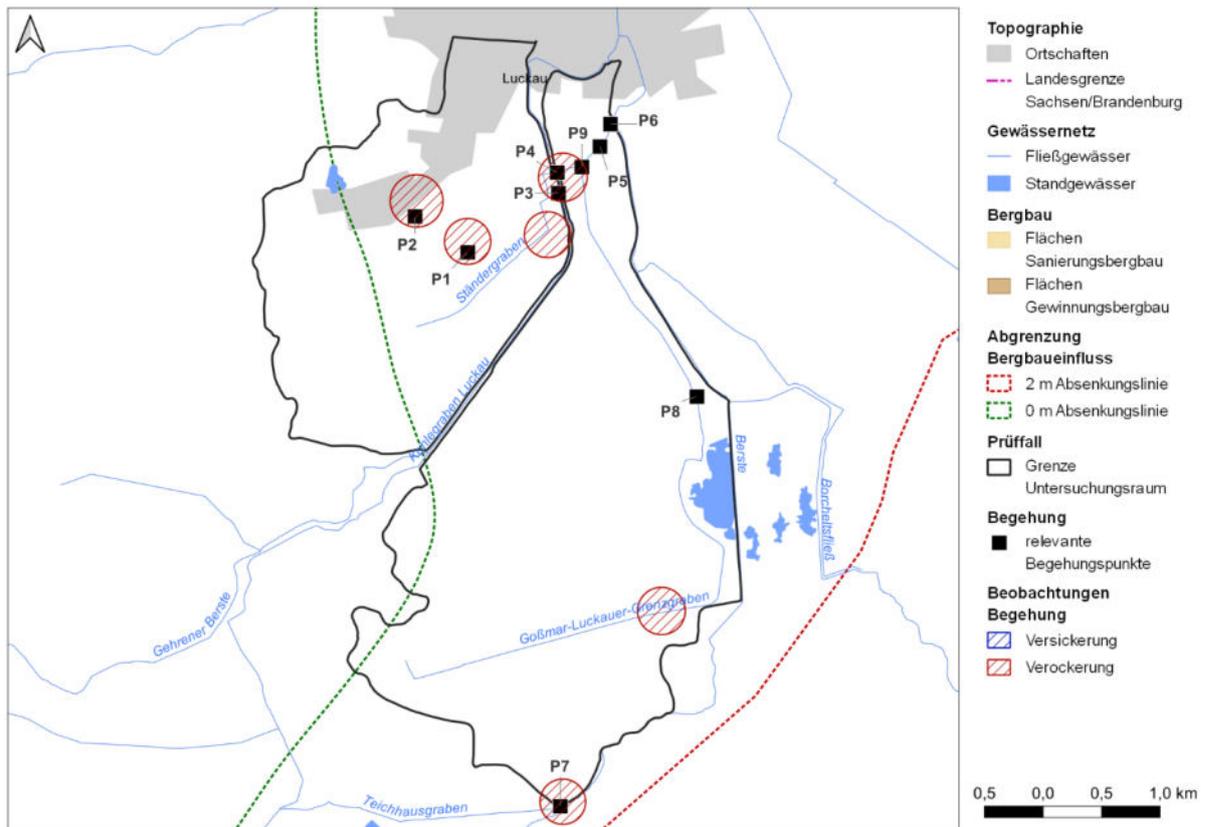
**Bild 119:** Ständergraben am Vorlagebecken des Schöpfwerks Luckau (P5) (links) und stromunterhalb des Schöpfwerks vor der Einmündung in die Berste (P6) (rechts) (Fotos: Hiekel, Februar 2022).



## Goßmar-Luckauer-Grenzgraben



**Bild 120:** Goßmarer Schweißgraben am Abschlag aus dem Teichhausgraben (P7) (oben) und Goßmar-Luckauer-Grenzgraben bei Freesdorf (P8) (unten links) sowie an der Einmündung in den Ständergraben vor dem Schöpfwerk Luckau (P9) (unten rechts) (Fotos oben: Seher, März 2022. Fotos unten: Hiekel, Juni 2021).



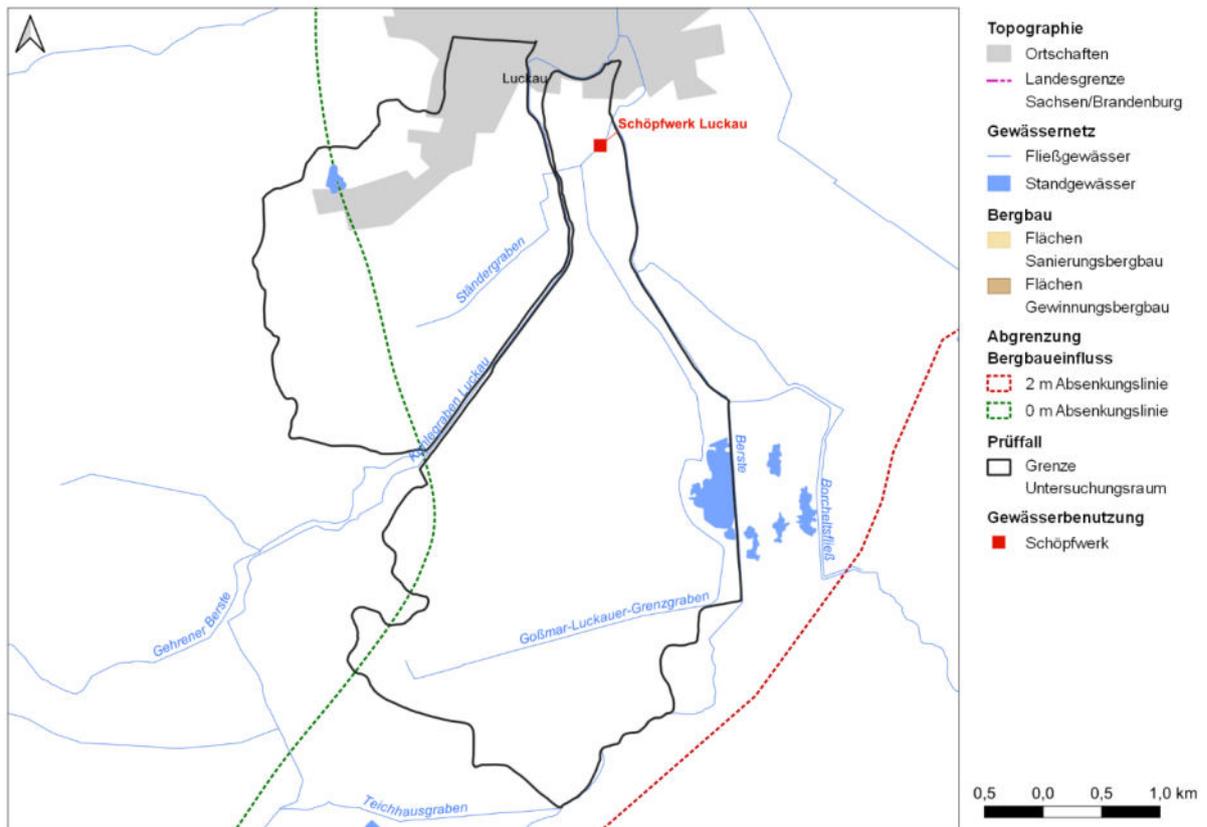
**Bild 121: Übersicht der Befunde der Begehung des Untersuchungsgebietes Ständergraben im Juni 2021.**

### 10.2.2 Gewässerbenutzung

Der **Goßmar-Luckauer Grenzgraben** führt anteilig das Wasser aus dem Bornsdorfer Teichgebiet ab und entwässert die Niederungen im Bereich des Luckauer Mittelbuschs, dem nördlichen Teil des FFH-Gebietes „Borcheltsbusch und Brandkieten“. Der Graben mündet in den Ständergraben, bevor dieser nach etwa 120 Meter in das Vorlagebecken des Schöpfwerks Luckau mündet (Tabelle 80 und Bild 122). Der **Ständergraben** selbst entwässert die Landwirtschaftsflächen und Niederungen westlich des Bornsdorfer Kohlegrabens. Das Schöpfwerk Luckau wird vom Gewässerunterhaltungsverband (GUV) Garrenchen betrieben. Der GUV Garrenchen ist als Staumeisterei zudem mit der Bewirtschaftung der Fließgewässer im Einzugsgebiet des Ständergrabens und mit der Regulierung des Gebietsabflusses betraut.

**Tabelle 80: Gewässerbenutzer im EZG Ständergraben. Koordinaten in ETRS89/UTM-Zone 33N.**

Objekt	Benutzer	HW	RW	Art der Benutzung
Schöpfwerk Luckau	GUV Garrenchen	5744587	411668	Wasserhaltung in der Niederung



**Bild 122: Übersicht der Gewässerbenutzungen im Untersuchungsgebiet Ständergraben.**

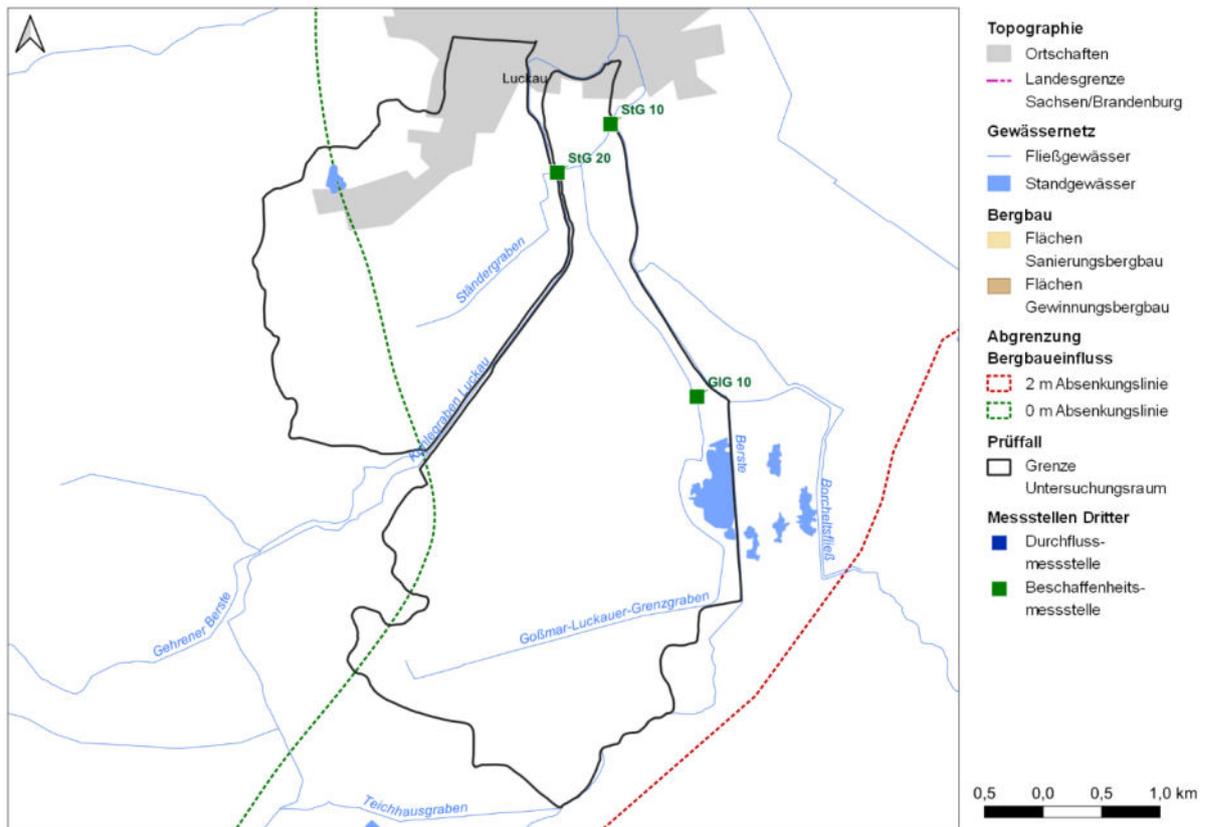
### 10.2.3 Daten Dritter

Im Untersuchungsgebiet des Ständergrabens standen mehrjährige Zeitreihen von Messstellen der LMBV zur Verfügung (Tabelle 81 und Bild 123). Im Rahmen des Quellenmonitorings im Nordraum der LMBV wurden der Durchfluss und die Wasserbeschaffenheit im Goßmar-Luckauer Grenzgraben an der Mst. GIG 10 von 2012 bis 2015 monatlich erfasst. Im Ständergraben wurde die Wasserbeschaffenheit vor der Einmündung des Goßmar-Luckauer Grenzgrabens und stromunterhalb des Schöpfwerks Luckau an der Einmündung in die Berste sporadisch erfasst. Zu einigen Messterminen wurde zusätzlich der Durchfluss gemessen.

Die nachfolgenden Abbildungen zur Entwicklung der Wasserbeschaffenheit enthalten zur Darstellung der hydrologischen Situation im Untersuchungsgebiet zusätzlich den Durchfluss im Goßmar-Luckauer-Grenzgraben an der Messstelle GIG 10. Der Zeitraum schließt mit den Jahren 2012 und 2013 zwei abflussstarke Jahre mit zwei markanten Hochwasserereignissen sowie mit den Jahren 2014 und 2015 zwei abflussarme Jahre ein.

**Tabelle 81: Beschaffenheits- und Durchflussmessstellen der LMBV im Untersuchungsgebiet Ständergraben.**

Fließgewässer	Messstelle	Messprofil	HW	RW
Goßmar-Luckauer-Grenzgraben	GIG 10	Bilanzprofil	5742425	412495
Ständergraben	StG 20	Bilanzprofil	5744354	411301
Ständergraben	StG 10	Mündung	5744771	411756



**Bild 123:** Lage der Messstellen Dritter im Untersuchungsgebiet Ständergraben nach Tabelle 81.

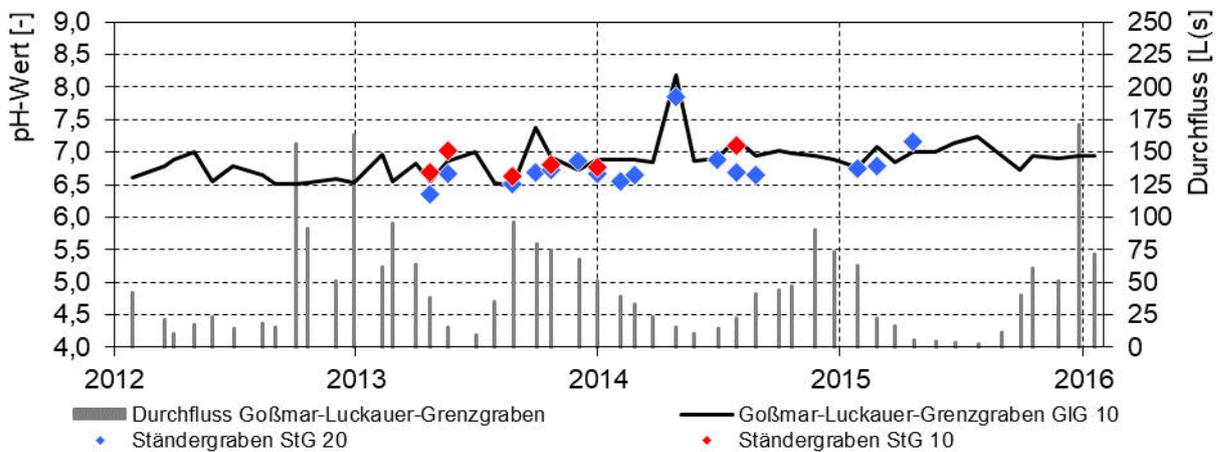
Der **Goßmar-Luckauer-Grenzgraben** (GIG 10 in Tabelle 82 und Bild 123) war im Vergleichszeitraum von 2012 bis 2015 neutral (Bild 124) und ohne Versauerungsdisposition. Das Fließ war mit  $K_{S4,3} = 0,5$  bis  $4,9$  mmol/L gut gepuffert (Bild 125). Die Eisenkonzentration variierte in Abhängigkeit von der Jahreszeit und vom Durchfluss zwischen  $1,5$  und  $9,8$  mg/L. Die niedrigen Werte wurden vorwiegend in den abflussschwachen Sommerhalbjahren der hydrologischen Jahre 2014 und 2015 gemessen. Die hohen Konzentrationswerte wurden im hydrologischen Winterhalbjahr 2012/2013 bei hohen Durchflüssen um  $100$  L/s erfasst. An der Messstelle GIG 10 schwankte die Sulfatkonzentration in Abhängigkeit von der Sulfatkonzentration am Abschlag aus dem Teichhausgraben in den Goßmarer Schweißgraben bzw. in den Goßmar-Luckauer Grenzgraben und von der Verdünnung durch Gebietszufluss zwischen  $110$  und  $350$  mg/L.

Der **Ständergraben** (StG 10 und StG 20 in Tabelle 82 und Bild 123) war neutral (Bild 124) und ohne Versauerungsdisposition. Die Säurekapazität  $K_{S4,3}$  betrug  $1,1$  bis  $2,6$  mmol/L (Bild 125). Vor der Einmündung des Goßmar-Luckauer Grenzgrabens wurden in dargebotsreichen Wintermonaten hohe grundwasserbürtige Eisenkonzentrationen bis  $12,3$  mg/L gemessen. In abflussschwachen Sommermonaten sank die Eisenkonzentration durch Gebietsrückhalt zeitweise auf  $1,0$  mg/L.

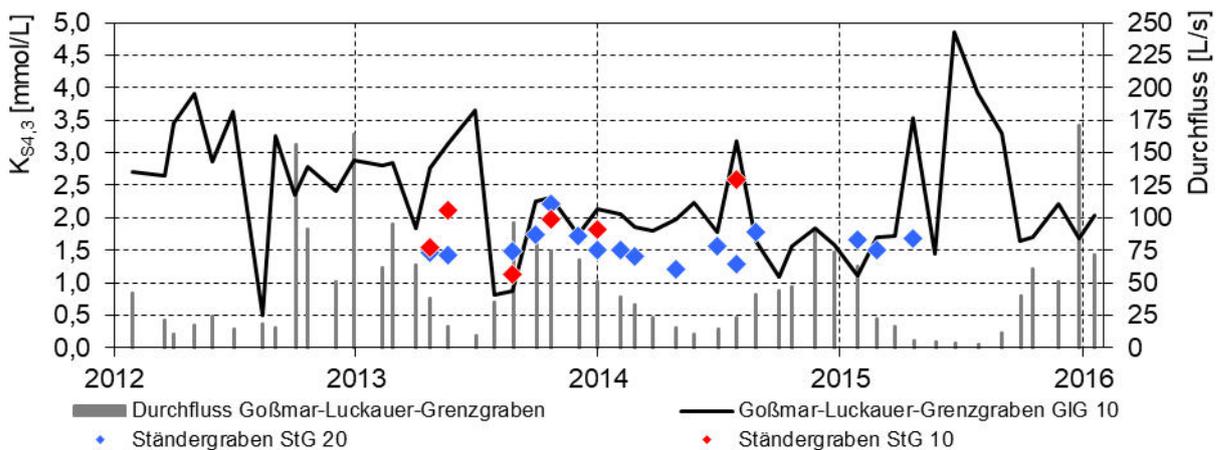
**Tabelle 82: Statistische Kennzahlen der Wasserbeschaffenheit des Goßmar-Luckauer Grenzgrabens für die Jahre 2012 bis 2015 und des Ständergrabens für die Jahre 2013 bis 2015.**

Messstelle	pH-Wert	$K_{S_{4,3}}/K_{B_{4,3}}$	Sulfat	Eisen
	Vor Ort	mmol/L	mg/L	mg/L
GIG 10	$6,9 \pm 0,3$ [6,5...8,2] (49)	$2,3 \pm 0,9$ [0,5...4,9] (49)	$250 \pm 45$ [110...350] (48)	$3,9 \pm 2,1$ [1,5...9,8] (49)
StG 20	$6,7 \pm 0,3$ [6,4...7,9] (16)	$1,6 \pm 0,2$ [1,2...2,2] (16)	$210 \pm 25$ [170...260] (16)	$6,4 \pm 3,7$ [1,0...12,3] (16)
StG 10	$6,8 \pm 0,2$ [6,6...7,1] (6)	$1,9 \pm 0,5$ [1,1...2,6] (6)	$230 \pm 65$ [130...285] (6)	$3,2 \pm 1,7$ [1,2...5,4] (6)

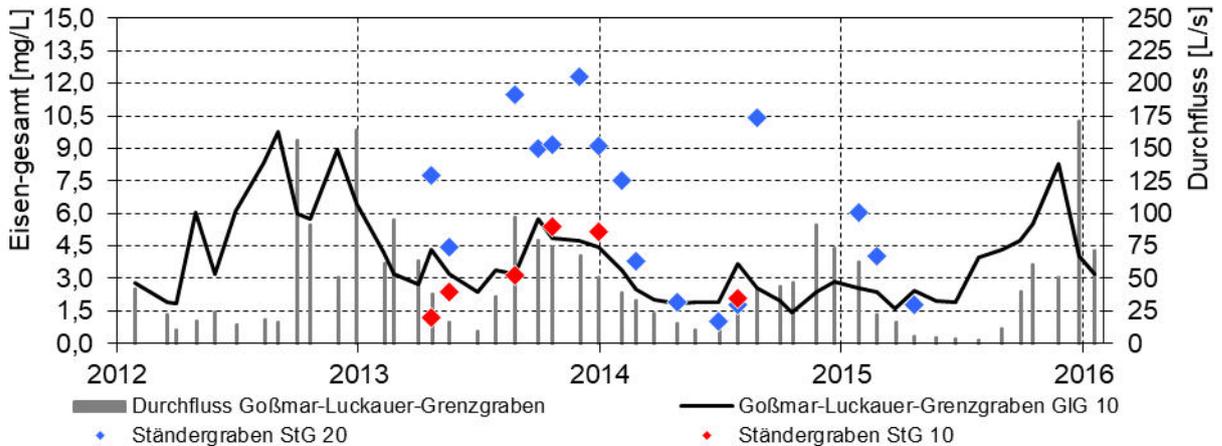
Erklärung Darstellungsschema:  $\frac{\text{Mittelwert bzw. Median (nur pH-Wert)} \pm \text{Standardabweichung}}{\text{[Minimum...Maximum]}}$  (Anzahl der Messwerte)



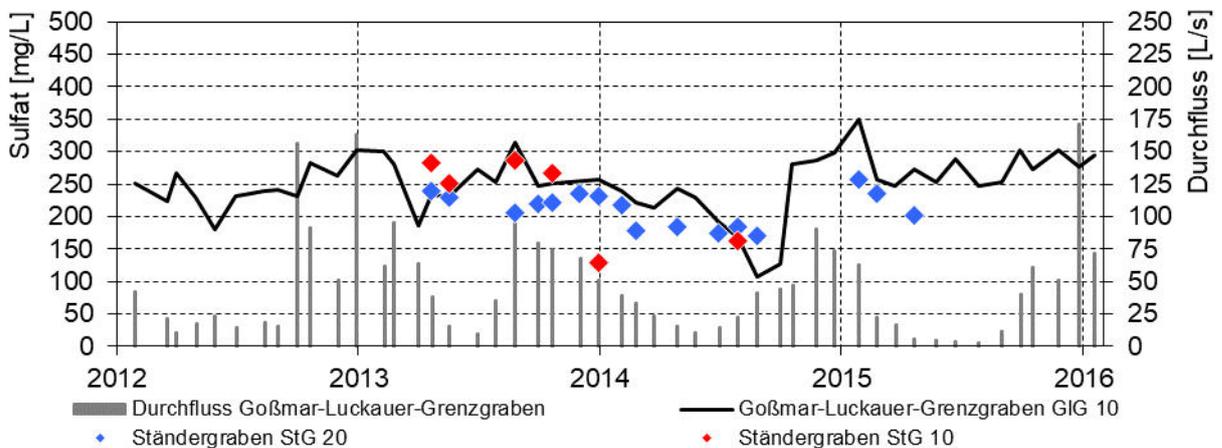
**Bild 124: pH-Wert im Goßmar-Luckauer Grenzgraben und im Ständergraben vor und nach der Einmündung des Goßmar-Luckauer Grenzgrabens von 2012 bis 2016.**



**Bild 125: Alkalinität als  $K_{S_{4,3}}$  im Goßmar-Luckauer Grenzgraben und im Ständergraben vor und nach der Einmündung des Goßmar-Luckauer Grenzgrabens von 2012 bis 2016.**



**Bild 126:** Eisenkonzentration im Goßmar-Luckauer Grenzgraben und im Ständergraben vor und nach der Einmündung des Goßmar-Luckauer Grenzgrabens von 2012 bis 2016.



**Bild 127:** Sulfatkonzentration im Goßmar-Luckauer Grenzgraben und im Ständergraben vor und nach der Einmündung des Goßmar-Luckauer Grenzgrabens von 2012 bis 2016.

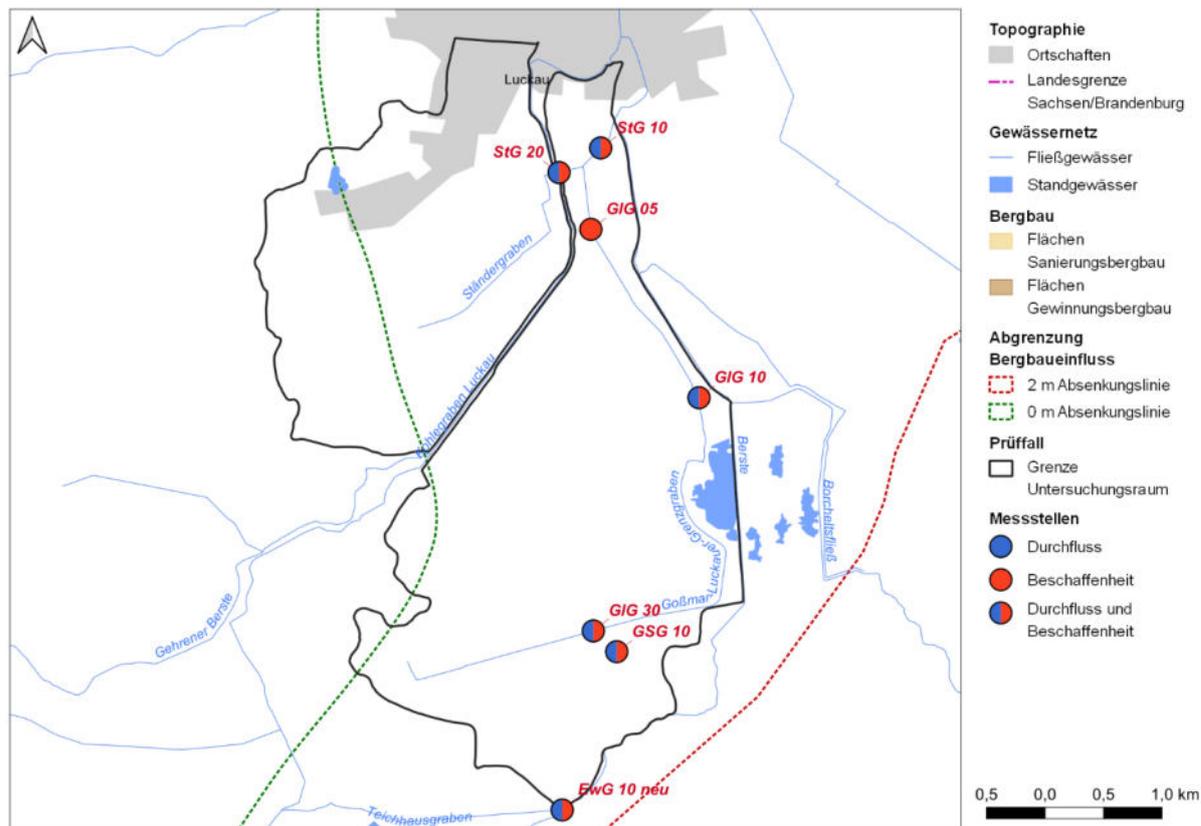
### 10.3 Festlegung von Messstellen

Im Rahmen des Monitorings zum Ständergraben wurden im Monitoringzeitraum von Juli bis November 2021 an sieben Messstellen einmal monatlich Wasserproben entnommen und zusätzlich der Durchfluss gemessen (Tabelle 83 und Bild 128).

**Tabelle 83:** Messstellen des Monitorings am Ständergraben im Untersuchungszeitraum von Juni bis November 2021. Zuflüsse sind blau unterlegt. Zuflüsse 2. Ordnung sind grün unterlegt.

Fließgewässer	Messstelle	Messgröße	Lage	Messzeitraum
Goßmarer Schweißgraben	EwG 10 neu	Q+C	Nach dem Abschlag aus dem Teichhausgraben	08/2021 – 11/2021
Goßmarer Schweißgraben	GSG 10	Q+C	Brücke K6130	07/2021 – 11/2021
Goßmar-Luckauer-Grenzgraben	GIG 30	Q+C	Brücke K 6130	07/2021 – 11/2021
Goßmar-Luckauer-Grenzgraben	GIG 10	Q+C	Straße zwischen Goßmar und Freesdorf	07/2021 – 11/2021

Fließgewässer	Messstelle	Messgröße	Lage	Messzeitraum
Goßmar-Luckauer-Grenzgraben	GIG 05	C	550 Meter vor der Einmündung in den Ständergraben	07/2021 – 08/2021
Ständergraben	StG 20	Q+C	Stromoberhalb Schöpfwerk Luckau (Zulauf Vorlagebecken)	07/2021 – 11/2021
Ständergraben	StG 10	Q+C	Stromunterhalb Schöpfwerk Luckau (Mündung in Berste)	07/2021 – 11/2021



**Bild 128: Übersicht der projektbezogenen eingerichteten Monitoringmessstellen im Untersuchungsgebiet Ständergraben nach Tabelle 83.**

## 10.4 Durchfluss

Im Süden des Einzugsgebietes wird Wasser aus dem Teichhausgraben anteilig in den Goßmarer Schweißgraben und in die Berste übergeleitet. Das Dargebot stammt aus den Bornsdorfer Teichen und aus dem Grundwasser. Im Mittel der Stichtage wurden 15 L/s in den Goßmarer Schweißgraben abgeschlagen (Mst. EwG 10 neu) (Tabelle 84 und Bild 130). Die Abschlagsmenge schwankte zwischen 1 und 38 L/s. Der höchste Durchfluss wurde im Zusammenhang mit Gewässerunterhaltungsmaßnahmen im Teichhausgraben und in der Berste am 28.10.2021 gemessen. Zum Messtermin wurde das Dargebot im Teichhausgraben vollständig in den Goßmarer Schweißgraben übergeleitet. Bis zur Einmündung (Mst. GSG 10) in den Goßmar-Luckauer-Grenzgraben erhöhte sich der Durchfluss im Mittel nicht wesentlich.

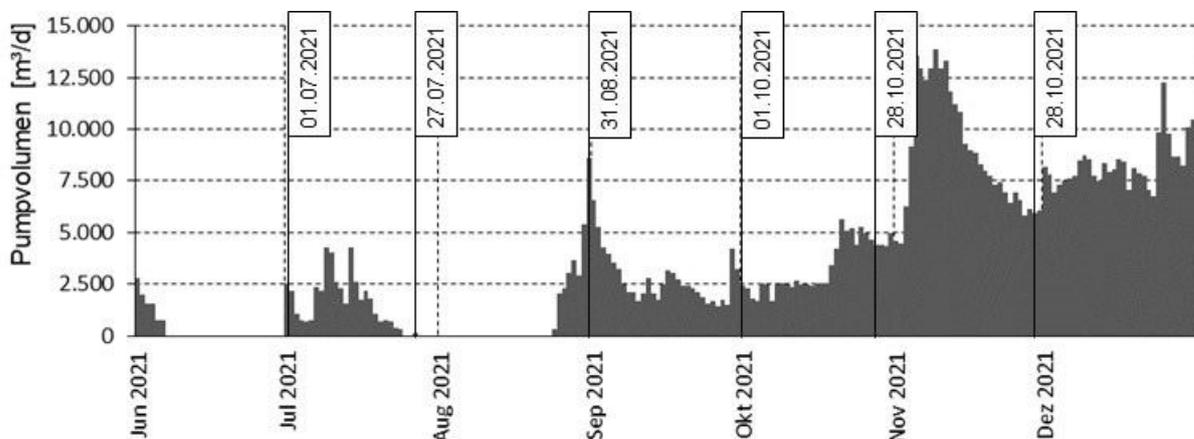
Im Goßmar-Luckauer Grenzgraben vor der Einmündung des Goßmarer Schweißgrabens, wurden meist grundwasserbürtige Abflüsse < 5 L/s gemessen (Mst. GIG 30). Im Hochsommer lag dieser Gewässerabschnitt trocken. Die Zuflüsse aus

dem Goßmarer Schweißgraben, aus dem Zochgraben sowie aus dem Grundwasser erhöhte den Durchfluss bis zur Messstelle GIG 10 auf 32 L/s im Mittel (Mst. GIG 10) (Tabelle 84 und Bild 130). Etwa 50 % dieses Dargebots stammten aus dem Gebiet der Bornsdorfer Teiche. Auf dem folgenden etwa 2.200 Meter langen Fließabschnitt bis zur Einmündung in den Ständergraben war aufgrund der örtlichen Begebenheiten an der Messstelle GIG 05 keine Durchflussmessung möglich.

Die Messstelle StG 20 im Ständergraben liegt im Einflussbereich des Schöpfwerks Luckau. Das Schöpfwerk lief an allen Stichtagen des Monitorings im Automatikbetrieb, d. h. die Pumpen waren interwallweises in Abhängigkeit vom Wasserstand im Vorlagebecken in Betrieb (Bild 129). Instationäre Abflussverhältnisse verfälschen die Wasserbilanzen. Bei Betrieb des Schöpfwerkes bewirkte die Sogwirkung der Pumpen zudem eine Remobilisierung von Eisensedimenten. Andernfalls staute sich das Wasser im Bereich der Messstelle, wodurch die Eisensedimentation begünstigt war.

Anhand der vom GUV Garrenchen aufgezeichneten Pumpenlaufzeiten und den spezifischen Pumpenkennlinien wurden die Betriebsphasen des Schöpfwerks Luckau im Monitoringzeitraum abgeleitet und der tatsächliche Gebietsabfluss zu den Messterminen bestimmt. Insgesamt wurden von Juli bis Dezember 2021 rund 780.000 m<sup>3</sup> Wasser aus dem Ständergraben in die Berste gehoben. Das entspricht einem mittleren Volumenstrom von 46 L/s und damit etwa der Summe der mittleren Abflüsse im Goßmar-Luckauer-Grenzgraben an der Messstelle GIG 10 und im Ständergraben an der Messstelle StG 20 im Berichtszeitraum (Tabelle 84 und Bild 130). In den hydrologischen Sommermonaten wurden im Mittel rund 25 L/s gepumpt. In den Wintermonaten waren es im Mittel rund 100 L/s. Ein Drittel des Dargebots stammten aus dem Entstehungsbereich des Ständergrabens westlich des Bornsdorfer Kohlegrabens. Zwei Drittel stammten aus dem Goßmar-Luckauer Grenzgraben.

Im Ständergraben an der Messstelle StG 10 wurde der Durchfluss nur dann gemessen, wenn das Schöpfwerk Luckau im Ruhestand war. Der Abfluss lag in diesen Fällen unter 1 L/s (Tabelle 84). Dadurch wurde nachgewiesen, dass im Unterlauf des Ständergrabens kein relevanter Grundwasserzutritt stattfindet.



**Bild 129:** Pumpvolumen des Schöpfwerks Luckau am Ständergraben und Stichtage des Monitorings im Zeitraum von Juni bis Dezember 2021.

**Tabelle 84: Durchflüsse [L/s] an den Messstellen im Einzugsgebiet des Ständergrabens im Messzeitraum von Juli bis November 2021. Die Reihenfolge orientiert sich am maßgeblichen Volumenstrom.**

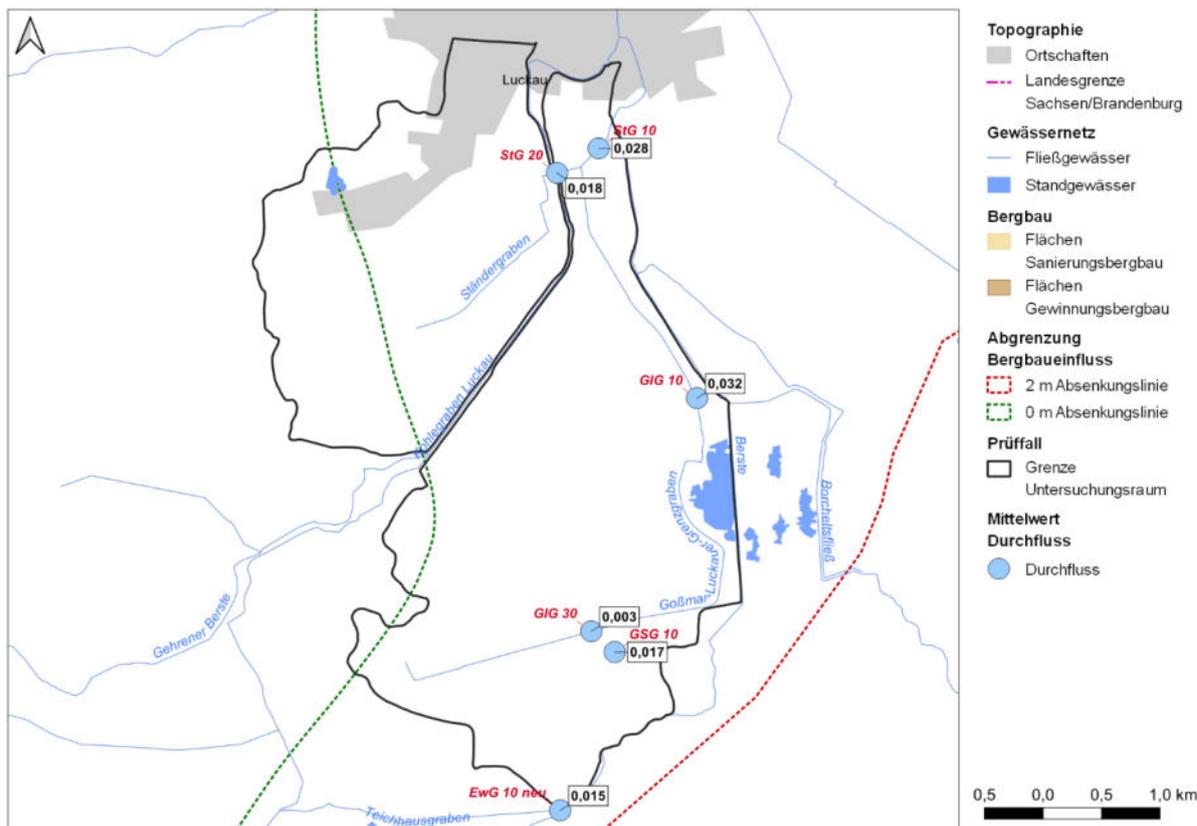
Mess-kampagne	EwG 10 neu	GSG 10	GIG 30	GIG 10	StG 20	StG 10	
	Eingang	Bilanzprofil	Bilanzprofil	Mündung	Bilanzprofil	Mündung	
						gemessen	berechnet
01.07.2021	1)	29	0	17	6	< 1	29
27.07.2021	1)	< 1	0	11	< 1	2)	1
31.08.2021	10	15	7	35	36	0	99
01.10.2021	1	8	2	27	16	110 <sup>3)</sup>	28
28.10.2021	38	32	2	66	29	< 1	51
29.11.2021	9	15	4	37	21	2)	69
Minimum	1	< 1	0	11	< 1	0	1
Mittelwert	15	17	3	32	18	28	46
Maximum	38	32	7	66	36	110	99
Mittlere Anteile	88 %	100 %					
		63 %	9 %	100 %			
				64 %	36 %	---	100 %

1) nicht im Messprogramm

2) Pumpwerk Luckau aktiv, aufgrund von instationären Abflussbedingungen keine Messung möglich

3) Pumpwerk während der Abflussmessung in Betrieb gegangen

Bemerkung: In den unteren zwei Zeilen werden Bilanzen für Teilgebiete (entsprechend eingefärbt) erstellt. Das Mündungsprofil entspricht jeweils 100 %. Relevante Bilanzanteile sind zahlenmäßig ausgewiesen. Aufgrund unbekannter ober- und unterirdischer Zuflüsse sind die Bilanzen nicht zwingend geschlossen.



**Bild 130: Mittelwerte des Durchflusses [m³/s] der Stichtagsmessungen an den Messstellen im Untersuchungsgebiet Ständergraben entsprechend Tabelle 84.**



## 10.5 Wasserbeschaffenheit

Im Goßmarer Schweißgraben und im Goßmar-Luckauer Grenzgraben war das Wasser mit **pH-Werten** von 6,3 bis 7,8 neutral und nicht versauerungsdisponiert (Tabelle 85 und Bild 133). Der Teichhausgraben war mit einer mittleren **Säurekapazität  $K_{S4,3}$**  von etwa 1,0 mmol/L moderat gepuffert (Tabelle 86 und Bild 133). Durch den Zufluss von neutralem, gut gepuffertem Wasser erhöhte sich die mittlere Säurekapazität  $K_{S4,3}$  im Goßmar-Luckauer Grenzgraben auf 2,3 mmol/L. Die Minima des pH-Wertes und der Säurekapazität  $K_{S4,3}$  an den Messstellen traten zeitgleich auf (Vergleich Bild 131 mit Bild 132). Die höchsten Werte wurden ereignisbezogen am 28.10.2021 gemessen (siehe Abschnitt 10.4).

Im Ständergraben vor der Einmündung des Goßmar-Luckauer-Grenzgrabens war das Wasser mehrheitlich schwach sauer mit pH = 6,2 (Tabelle 85) und mit einer Säurekapazität  $K_{S4,3}$  von 0,8 mmol/L moderat gepuffert (Tabelle 86). Höhere pH-Werte bis 7,2 und höhere Säurekapazitäten  $K_{S4,3}$  bis 2,3 mmol/L deuten auf einen Einfluss des Goßmar-Luckauer Grenzgrabens infolge von Rückstau am Schöpfwerk Luckau zum Zeitpunkt der Probenahme hin. Stromunterhalb des Schöpfwerks Luckau, vor der Einmündung in die Berste, war der Ständergraben neutral und ohne Versauerungsdisposition (Tabelle 85 und Tabelle 86).

**Tabelle 85: pH-Werte an den Messstellen im Einzugsgebiet des Ständergrabens im Messzeitraum von Juni (Kampagne vom 01.07.2021) bis November 2021. Die Reihenfolge orientiert sich am maßgeblichen Volumenstrom.**

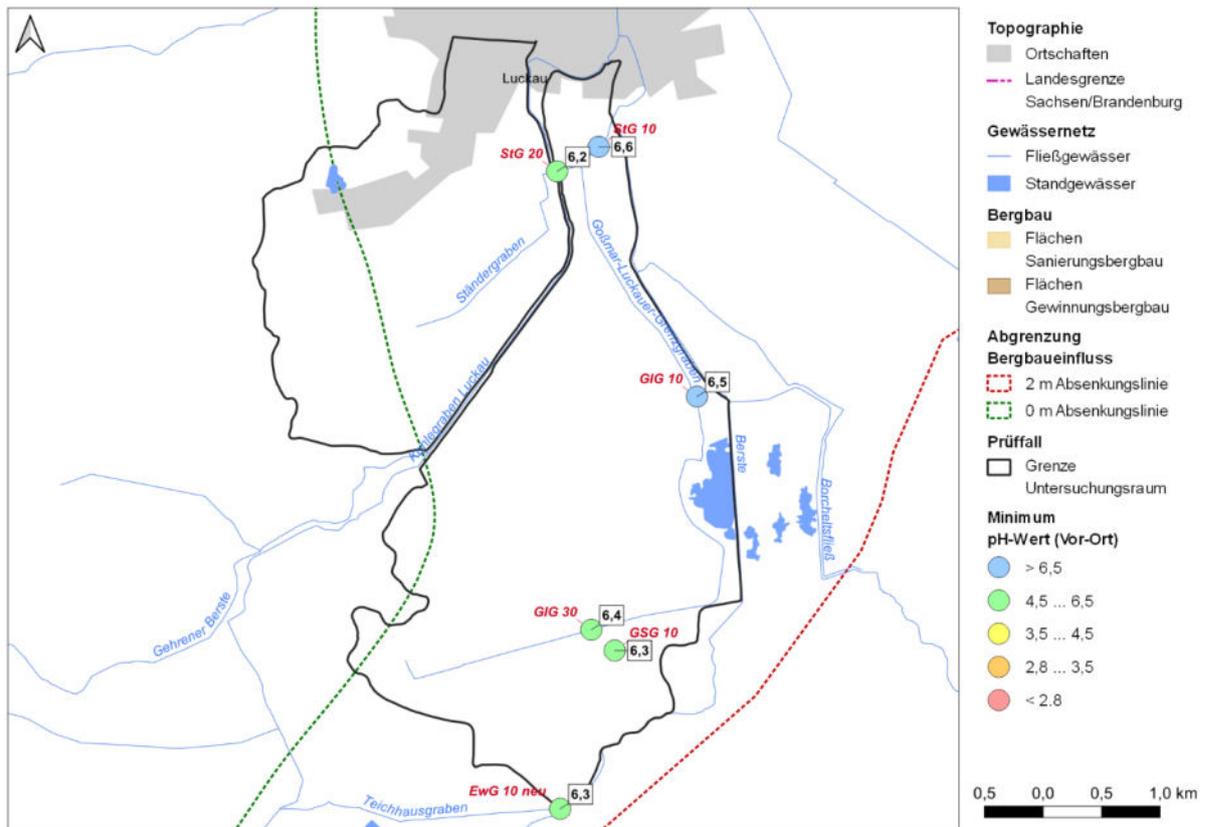
Mess-kampagne	EwG 10 neu	GSG 10	GIG 30	GIG 10	GIG 05	StG 20	StG 10
	Eingang	Bilanzprofil	Bilanzprofil	Mündung	---	Bilanzprofil	Mündung
01.07.2021	1)	6,31	4)	6,76	6,96	6,20	7,27
27.07.2021	1)	7,05	4)	6,79	2)	6,95	3)
31.08.2021	6,32	6,75	6,43	6,78	2)	6,15	6,78
01.10.2021	7,08	7,68	7,34	7,75	1)	7,15	7,58
28.10.2021	6,53	6,51	6,61	6,54	1)	6,26	6,72
29.11.2021	6,59	6,81	6,66	6,78	1)	6,16	6,57
Minimum	6,32	6,31	6,43	6,54	---	6,15	6,57
Median	6,56	6,78	6,64	6,78	---	6,23	6,78
Maximum	7,08	7,68	7,34	7,75	---	7,15	7,58

1) nicht im Messprogramm

2) keine Zuwegung

3) Pumpwerk Luckau aktiv, aufgrund von instationären Abflussbedingungen keine ungestörte Probenahme möglich

4) kein Abfluss



**Bild 131:** Minima des pH-Wertes (vor-Ort) der Stichtagsmessungen an den Messstellen im Untersuchungsgebiet Ständergraben entsprechend Tabelle 85.

**Tabelle 86:** Säurekapazität  $K_{S4,3}$  [mmol/L] an den Messstellen im Einzugsgebiet des Ständergrabens im Messzeitraum von Juni (Kampagne vom 01.07.2021) bis November 2021. Die Reihenfolge orientiert sich am maßgeblichen Volumenstrom.

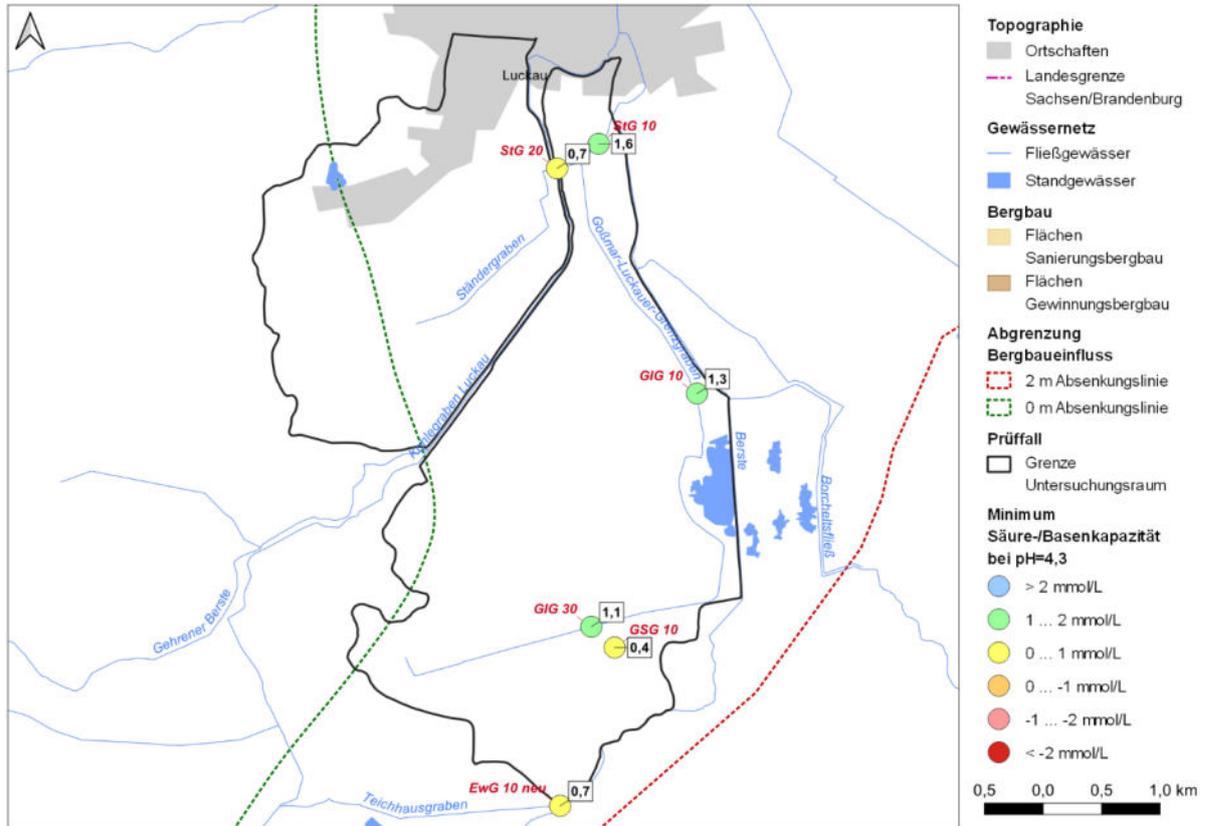
Mess-kampagne	EwG 10 neu	GSG 10	GIG 30	GIG 10	GIG 05	StG 20	StG 10
	Eingang	Bilanzprofil	Bilanzprofil	Mündung	---	Bilanzprofil	Mündung
01.07.2021	1)	0,44	4)	2,83	2,90	0,76	2,60
27.07.2021	1)	2,17	4)	3,36	2)	2,29	3)
31.08.2021	0,73	1,86	1,07	2,67	2)	0,79	1,88
01.10.2021	0,93	1,17	1,64	2,31	1)	0,79	2,95
28.10.2021	1,09	1,23	1,46	1,33	1)	0,95	1,57
29.11.2021	1,09	1,65	1,21	1,48	1)	0,69	1,64
Minimum	0,73	0,44	1,07	1,33	---	0,69	1,57
Mittelwert	0,96	1,42	1,35	2,33	---	1,05	2,13
Maximum	1,09	2,17	1,64	3,36	---	2,29	2,95

1) nicht im Messprogramm

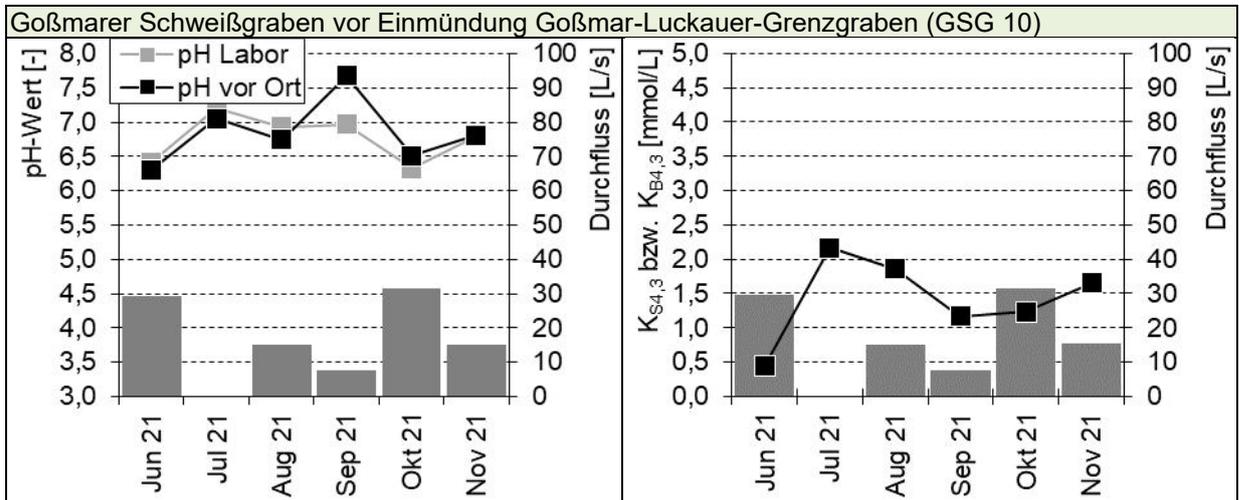
2) keine Zuwegung

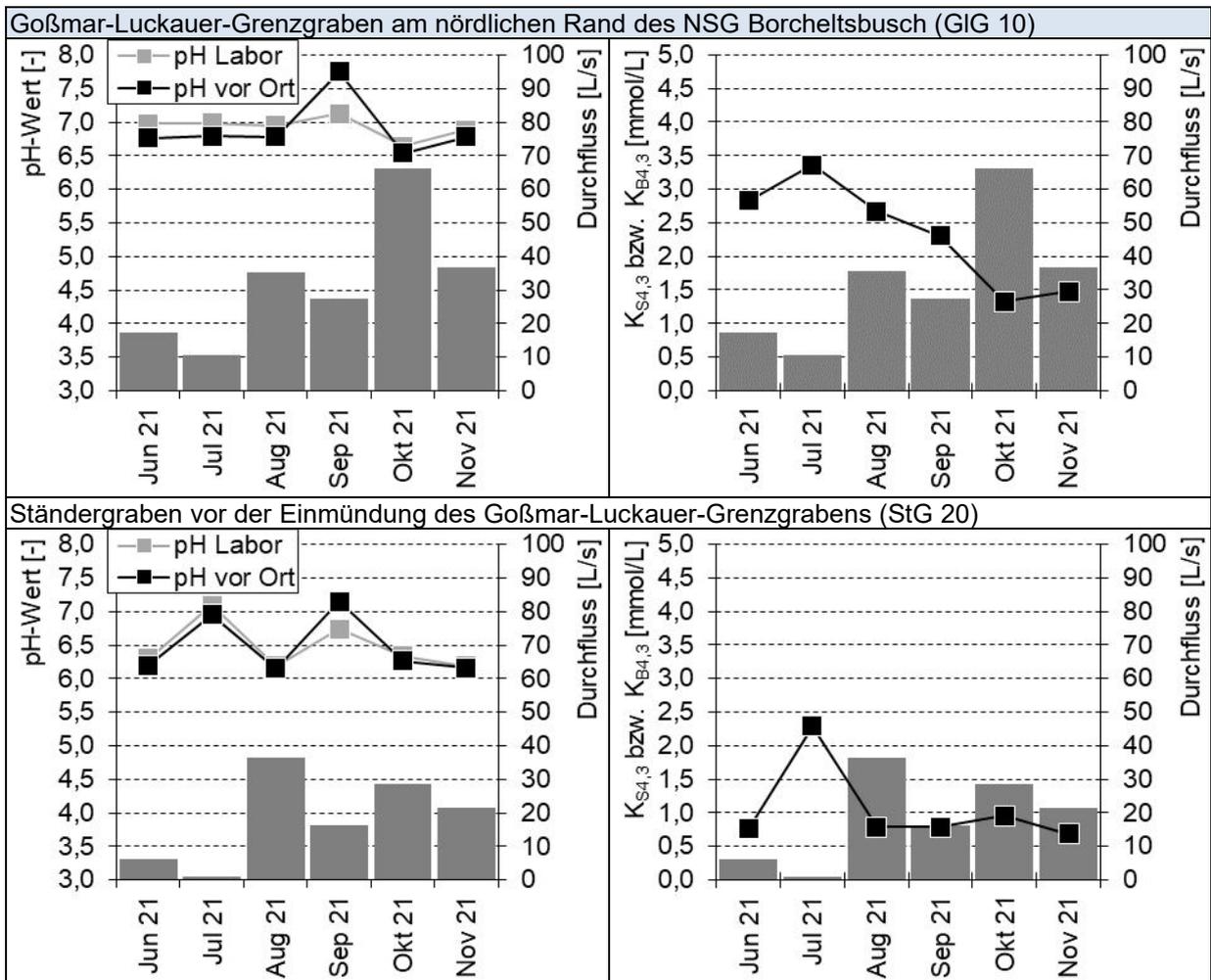
3) Pumpwerk Luckau aktiv, aufgrund von instationären Abflussbedingungen keine ungestörte Probenahme möglich

4) kein Abfluss



**Bild 132:** Minima der Säure-/Basenkapazität bei pH=4,3 der Stichtagsmessungen an den Messstellen im Untersuchungsgebiet Ständergraben entsprechend Tabelle 86 (Die Basenkapazität bei pH=4,3 wird mit negativem Vorzeichen dargestellt).





**Bild 133:** pH-Wert und Säurekapazität  $K_{S4,3}$  bzw.  $K_{B4,3}$  im Goßmarer Schweißgraben und im Goßmar-Luckauer-Grenzgraben sowie im Ständergraben vor der Einmündung des Goßmar-Luckauer-Grenzgrabens im Messzeitraum von Juni bis November 2021.

Am Abschlag aus dem Teichhausgraben in den Goßmarer Schweißgraben wurden im Messzeitraum von August bis November **Eisenkonzentrationen** um 20,1 mg/L gemessen (Tabelle 87 und Bild 134). Die Eisen-II-gelöst-Konzentration lag im Mittel der Stichtage bei 15 mg/L bzw. 75 % von der Eisen-gesamt-Konzentration. Das deutet auf eine grundwasserbürtige Herkunft der Eisenbelastung. Bis zur Einmündung in den Goßmar-Luckauer-Grenzgraben sank die Eisenkonzentration im Goßmarer Schweißgraben durch Oxidation und Sedimentation im Mittel auf 9,3 mg/L und im weiteren Fließverlauf bis zur Messstelle GIG 10 auf 5,5 mg/L. Durch die fortschreitende Oxidation sank der Anteil von gelöstem zweiwertigem Eisen auf rund 15 %.

Im Goßmarer Schweißgraben (Mst. EwG 10 neu und GSG 10) und im Goßmar-Luckauer-Grenzgraben (Mst. GIG 10) nach dessen Einmündung wurden am 28.10.2021 ereignisbezogen einmalig erhöhte Eisenkonzentrationen gemessen (siehe Abschnitt 10.4). Infolge der Beräumung des Teichhausgrabens stromoberhalb des Abschlags in den Goßmarer Schweißgraben wurden Eisensedimente aufgewirbelt und verfrachtet. Die Konzentrationsspitze wurde im Gewässerverlauf gedämpft (Bild 136). Das Einzelereignis wirkte sich maßgeblich auf die Mittelwerte an diesen Messstellen aus.



Im Ständergraben nach Vereinigung aller Meliorationsgräben an der Messstelle StG 20 wurden Eisenkonzentrationen zwischen 4,4 und 10,2 mg/L gemessen (Tabelle 87 und Bild 134). Der Anteil von gelöstem Eisen-II schwankte zwischen 20 % und 70 %. Niedrige Eisenkonzentrationen in Kombination mit einem geringen Anteil von Eisen-gelöst deuten auf lange Verweilzeiten des Wassers im Grabenprofil, z. B. bei Rückstau aus dem Vorlagebecken des Schöpfwerks Luckau, hin. Hohe Eisen-gesamt-Konzentrationen mit einem hohen Anteil an Trübungseisen deuten auf eine Remobilisierung von Eisensedimenten aufgrund der Sogwirkung der Pumpen des Schöpfwerks hin. Dagegen deutet ein hoher Anteil von Eisen-gelöst an der Eisen-gesamt-Konzentration auf einen grundwasserbürtigen Abfluss und auf einen geringen Einfluss des Schöpfwerks zum Messtermin hin.

**Tabelle 87: Eisen-gesamt-Konzentrationen [mg/L] an den Messstellen im Einzugsgebiet des Ständergrabens im Messzeitraum von Juni (Kampagne vom 01.07.2021) bis November 2021. Die Reihenfolge orientiert sich am maßgeblichen Volumenstrom.**

Mess-kampagne	EwG 10 neu	GSG 10	GIG 30	GIG 10	GIG 05	StG 20	StG 10
	Eingang	Bilanzprofil	Bilanzprofil	Mündung	---	Bilanzprofil	Mündung
01.07.2021	1)	2,28	4)	4,01	2,58	10,2	2,65
27.07.2021	1)	1,52	4)	6,47	2)	4,38	3)
31.08.2021	7,87	2,17	5,21	4,03	2)	10,2	3,74
01.10.2021	7,39	9,46	10,10	4,35	1)	7,38	4,43
28.10.2021	45,6	28,6	15,10	8,40	1)	7,43	3,75
29.11.2021	19,4	12,0	16,80	5,97	1)	6,55	5,89
Minimum	7,39	1,52	5,21	4,01	---	4,38	2,65
Mittelwert	20,07	9,34	11,8	5,54	---	7,69	4,09
Maximum	45,6	28,6	16,8	8,40	---	10,2	5,89

1) nicht im Messprogramm

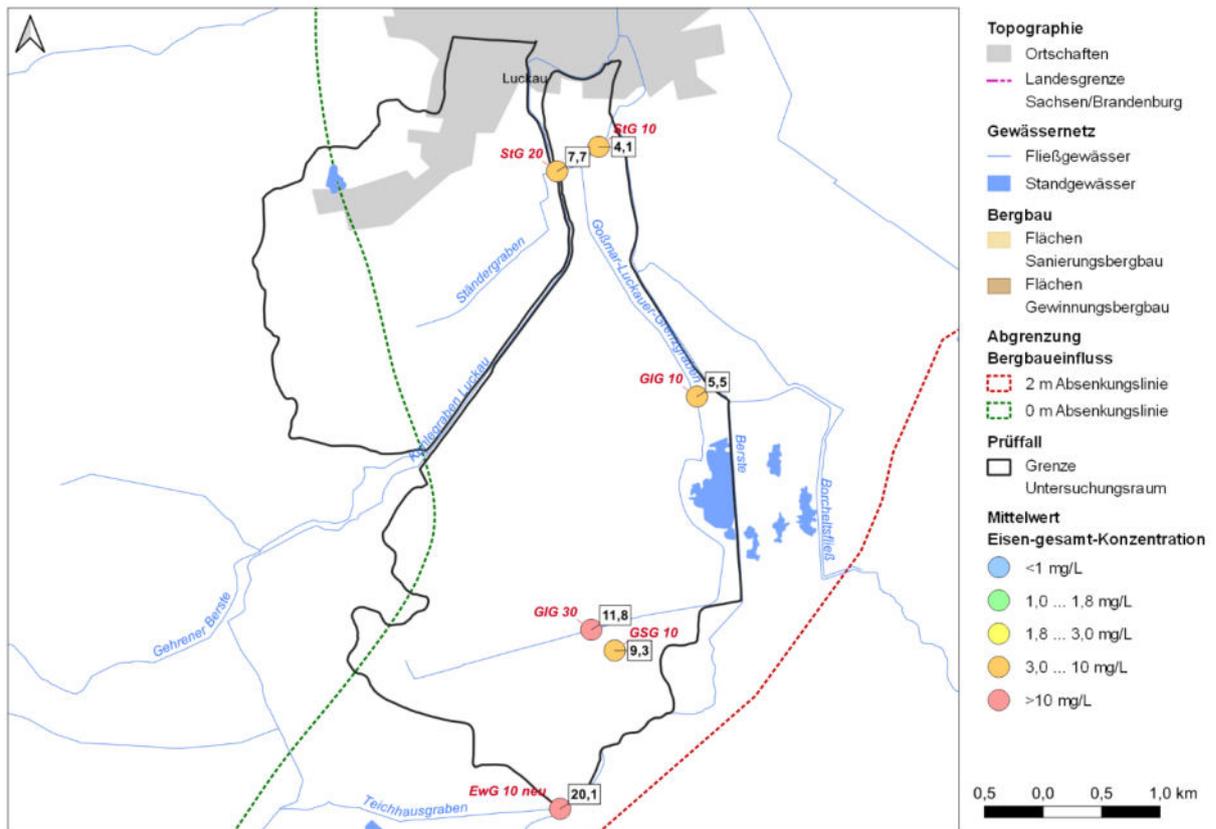
2) keine Zuwegung

3) Pumpwerk Luckau aktiv, aufgrund von instationären Abflussbedingungen keine ungestörte Probenahme möglich

4) kein Abfluss

Im Goßmarer Schweißgraben (Mst. EwG 10 neu und GSG 10) lag die **Sulfatkonzentration** überwiegend zwischen 215 und 290 mg/L (Tabelle 88). Der Grundwasserzutritt und der Zustrom aus dem Zochgraben erhöhten die Sulfatkonzentration im Goßmar-Luckauer-Grenzgraben auf 312 bis 335 mg/L (Mst. GIG 10). Ereignisbezogen war die Sulfatkonzentration am 28.10.2021 an den genannten Messstellen deutlich erhöht. Zum Messtermin lag sie am Anfang des Goßmarer Schweißgrabens bei 449 mg/L. Im Fließverlauf bis zur Messstelle GIG 10 sank die Sulfatkonzentration durch Verdünnung auf etwa 363 mg/L. Die Befunde zur Sulfatkonzentration korrespondieren mit den Befunden zur Eisenkonzentration und zum Abfluss zu diesem Messtermin (Bild 136).

Im Ständergraben (Mst. StG 20) vor der Einmündung des Goßmar-Luckauer-Grenzgrabens wurden Sulfatkonzentrationen um 204 mg/L gemessen (Bild 135). Stromunterhalb des Schöpfwerks Luckau lag sie im Mittel des Berichtszeitraumes bei 277 mg/L. Die Sulfatkonzentration schwankte in Abhängigkeit vom Mischungsverhältnis des Dargebots im Goßmar-Luckauer-Grenzgraben und des Dargebots aus dem Entstehungsgebiet des Ständergrabens sowie der Verdünnung zwischen 224 und 311 mg/L.



**Bild 134:** Mittelwerte der Eisen-gesamt-Konzentration der Stichtagsmessungen an den Messstellen im Untersuchungsgebiet Ständergraben entsprechend Tabelle 87.

**Tabelle 88:** Sulfatkonzentrationen [mg/L] an den Messstellen im Einzugsgebiet des Ständergrabens im Messzeitraum von Juni (Kampagne vom 01.07.2021) bis November 2021. Die Reihenfolge orientiert sich am maßgeblichen Volumenstrom.

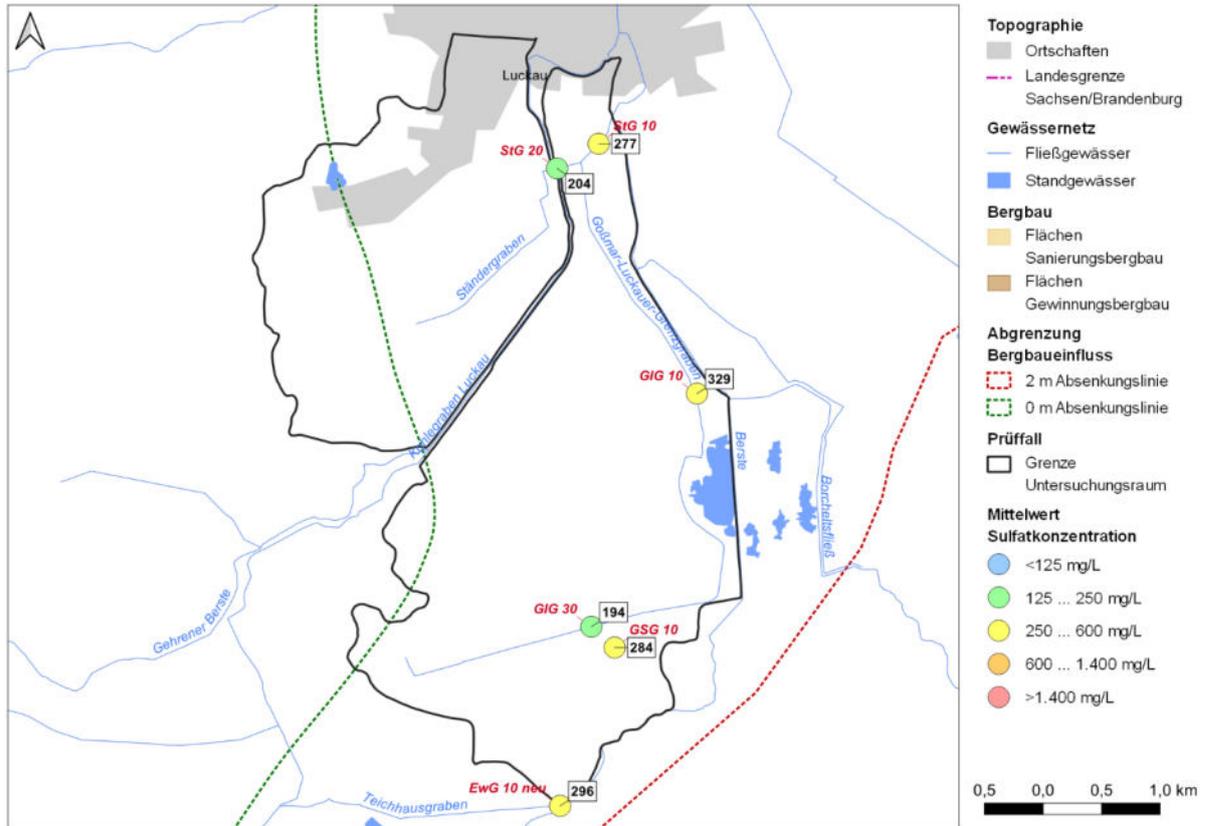
Mess-kampagne	EwG 10 neu	GSG 10	GIG 30	GIG 10	GIG 05	StG 20	StG 10
	Eingang	Bilanzprofil	Bilanzprofil	Mündung	---	Bilanzprofil	Mündung
01.07.2021	1)	250	4)	330	398	226	271
27.07.2021	1)	224	4)	312	2)	255	3)
31.08.2021	280	290	194	313	2)	206	284
01.10.2021	215	288	175	320	1)	149	224
28.10.2021	449	410	187	363	1)	160	311
29.11.2021	241	243	220	335	1)	227	296
Minimum	215	224	175	312	---	149	224
Mittelwert	296	284	194	329	---	204	277
Maximum	449	410	220	363	---	255	311

1) nicht im Messprogramm

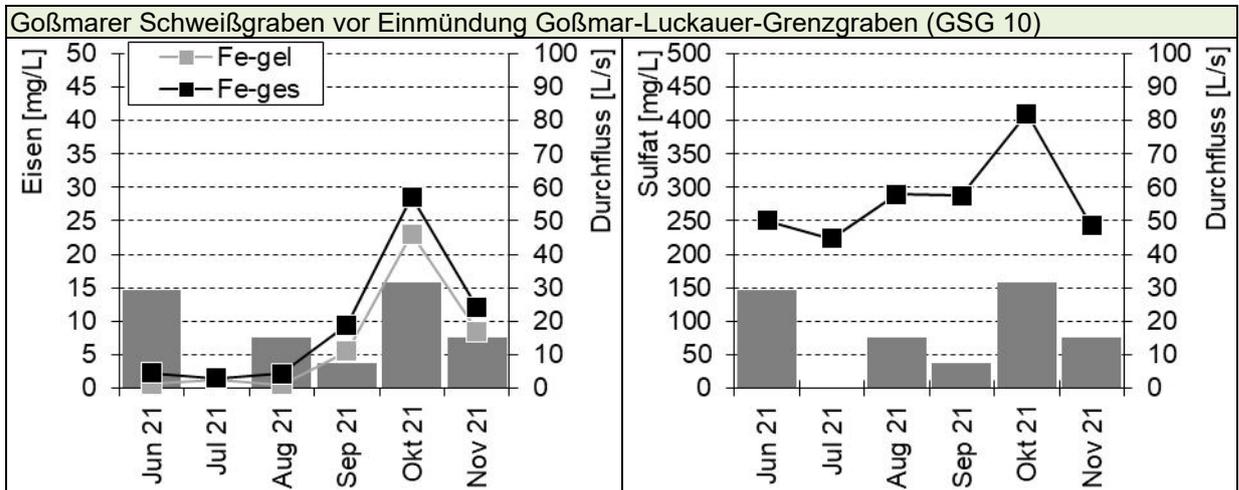
2) keine Zuwegung

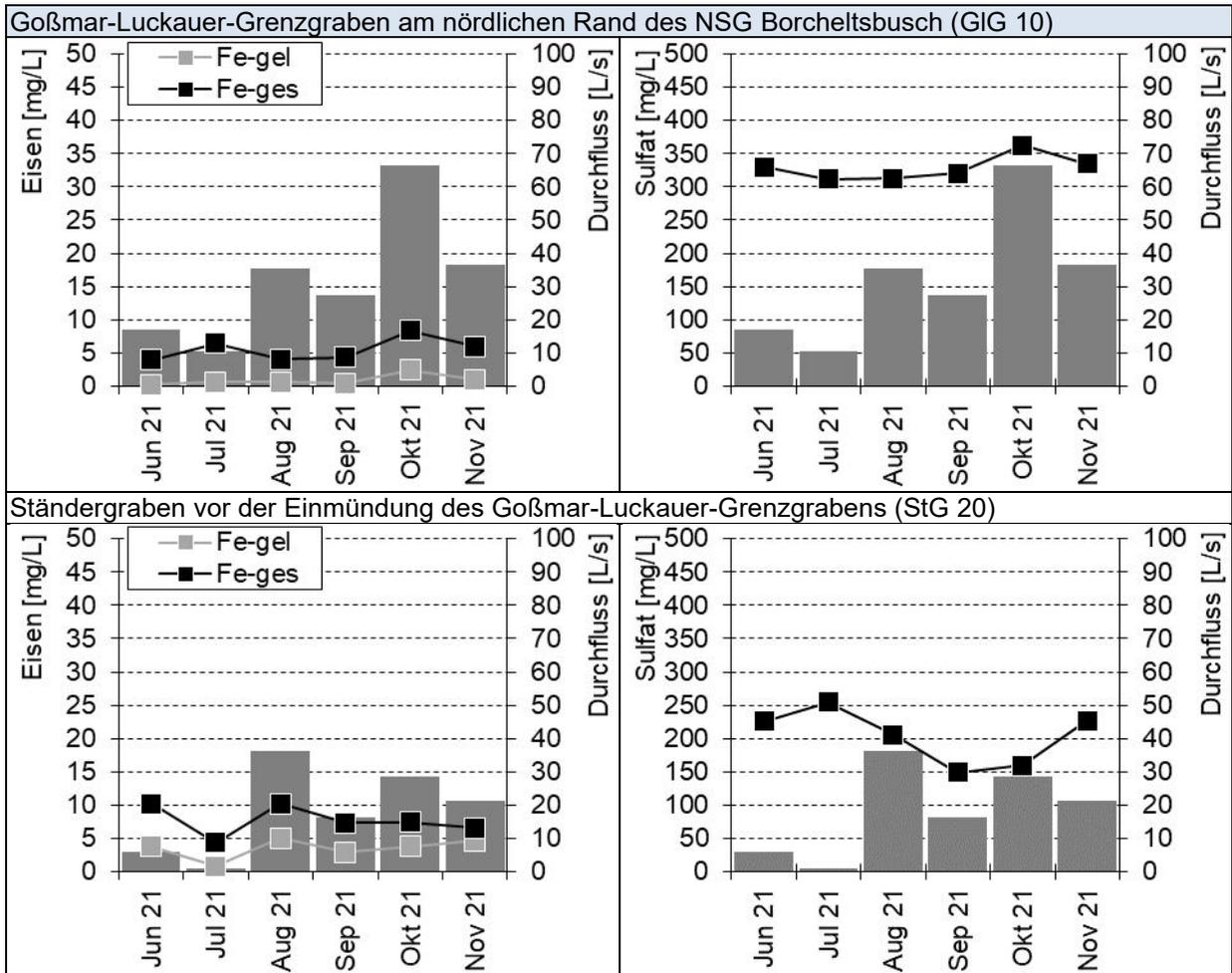
3) Pumpwerk Luckau aktiv, aufgrund von instationären Abflussbedingungen keine ungestörte Probenahme möglich

4) kein Abfluss



**Bild 135: Mittelwerte der Sulfatkonzentration der Stichtagsmessungen an den Messstellen im Untersuchungsgebiet Ständergraben entsprechend Tabelle 88.**



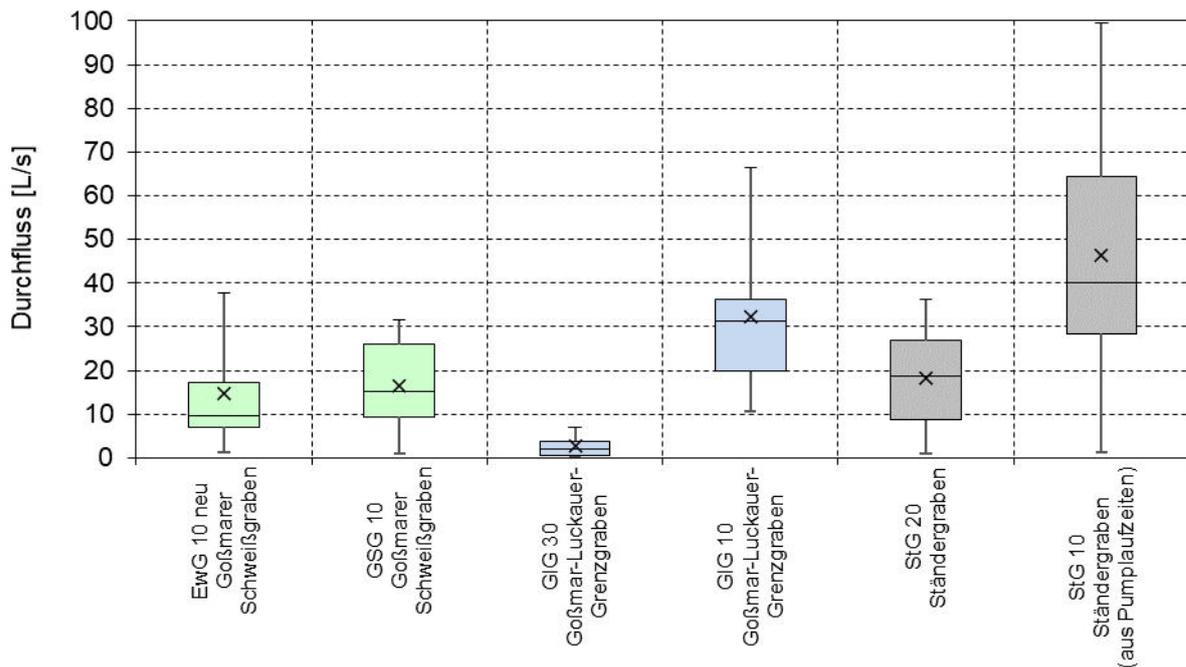


**Bild 136:** Eisen- und Sulfatkonzentration im Goßmarer Schweißgraben und im Goßmar-Luckauer-Grenzgraben im Messzeitraum von Juni bis November 2021.

## 10.6 Bilanzen

### 10.6.1 Wassermengen

Im Ständergraben stromunterhalb des Schöpfwerks Luckau lag der Durchfluss im Mittel der Stichtage bei 46 L/s. Etwa ein Drittel des Dargebots stammte aus den Meliorationsgräben westlich des Bornsdorfer Kohlegrabens. Zwei Drittel des Dargebots stammten aus dem Teileinzugsgebiet des Goßmar-Luckauer-Grenzgrabens. Etwa die Hälfte des Dargebots im Goßmar-Luckauer-Grenzgraben stammte aus dem Teichhausgraben bzw. aus dem Gebiet der Bornsdorfer Teiche. Der andere Teil des Dargebots stammte aus oberirdischen Zuflüssen und aus dem Grundwasser im Bereich des NSG Borcheltsbusch. Der Zufluss aus der angrenzenden Niederung zwischen dem NSG Borcheltsbusch und der Einmündung in den Ständergraben konnte im Rahmen der Untersuchungen nicht quantifiziert werden (Abschnitt 10.4).

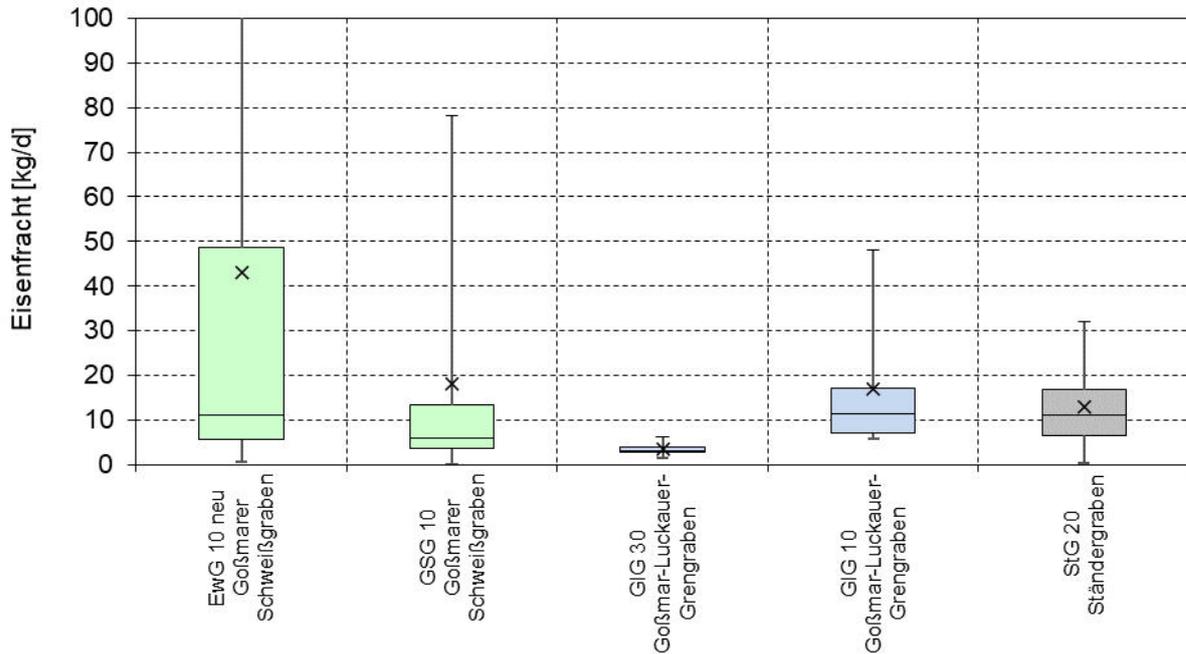


**Bild 137:** Durchflussstatistik der sechs Stichtagsmessungen an den Messstellen im Untersuchungsgebiet Ständergraben. Zuflüsse zum Ständergraben sind blau gekennzeichnet. Zuflüsse II. Ordnung sind grün gekennzeichnet.

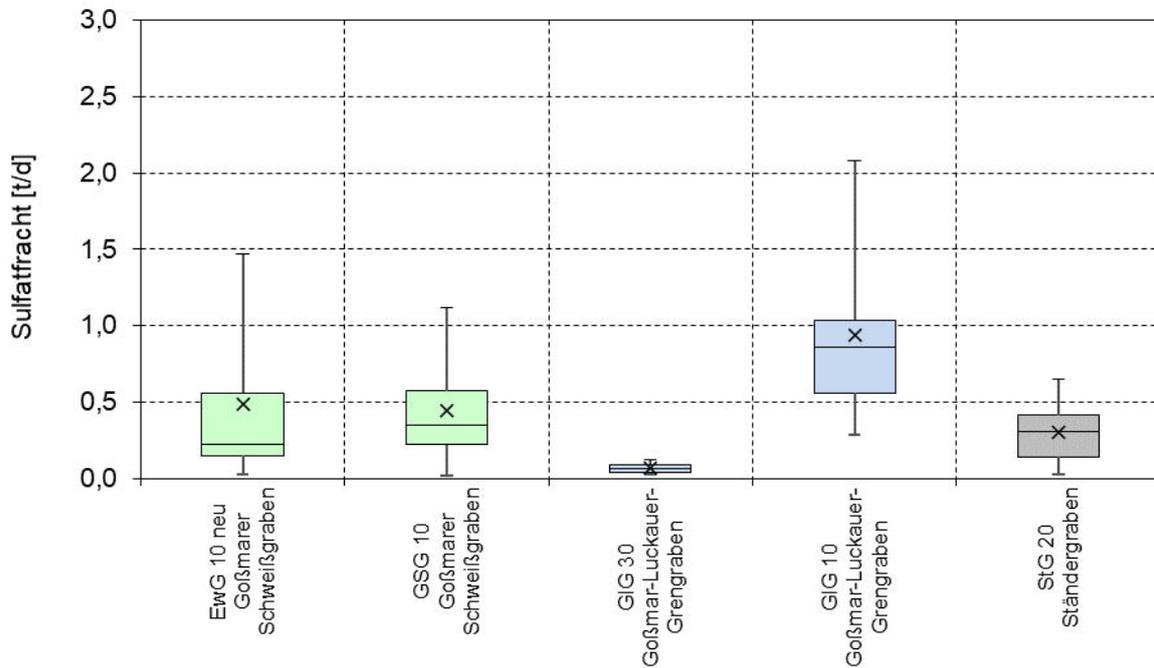
## 10.6.2 Stoffmengen

Im Mittel des Berichtszeitraumes gelangte eine Eisenfracht von rund 45 kg/d aus dem Gebiet der Bornsdorfer Teiche in den Goßmarer Schweißgraben (Mst. EWG 10 neu). Der überwiegende Teil des Eisens sedimentierte im Goßmarer Schweißgraben. An der Mündung in den Goßmar-Luckauer Grenzgraben lag sie bei rund 20 kg/d (Mst. GSG 10). Im weiteren Fließverlauf des Goßmar-Luckauer Grenzgrabens erhöhte sich die Eisenfracht durch Grundwasserzufluss leicht (Bild 138). Bei erhöhten Eingangsfrachten überwogen die Sedimentationsverluste den Eiseneintrag auf diesem Abschnitt. Im Ständergraben (Mst. StG 20) vor der Einmündung des Goßmar-Luckauer-Grenzgrabens bildete sich keine relevante Eisenfracht. Die grundwasserbürtige Eisenfracht lag überwiegend deutlich unter 20 kg/d. Im August 2021 wurde einmalig eine erhöhte Eisenfracht von 30 kg/d erfasst. Zum Messtermin führte die Sogwirkung der Pumpen des Schöpfwerks Luckau zur Aufwirbelung und Verfrachtung von eisenhaltigen Sedimenten. In der Summe gelangte eine mittlere Eisenfracht von 30 kg/d in das Vorlagebecken des Schöpfwerks Luckau. Das Vorlagebecken leistet keinen nennenswerten Eisenerückhalt. Für die Messstelle StG 10 an der Mündung des Ständergrabens kann mit den vorliegenden Monitoringdaten keine Eisenfracht bilanziert werden.

Im Untersuchungsgebiet wurden überwiegend geringe Sulfatfrachten unter 1,0 t/d im Mittel und als Einzelwerte erfasst (Bild 139). Die Summe der Sulfatfracht im Ständergraben und im Goßmar-Luckauer-Grenzgraben betrug im Mittel des Untersuchungszeitraums 1,2 t/d. Etwa drei Viertel der Sulfatfracht stammten aus dem Goßmar-Luckauer-Grenzgraben. Dessen Sulfatfracht stammte etwa zu gleichen Teilen aus dem Gebiet der Bornsdorfer Teiche und aus den Zuflüssen westlich des NSG Borcheltsbusch.



**Bild 138:** Statistik der Eisenfracht der sechs Stichtagsmessungen an den Messstellen im Untersuchungsgebiet Ständergraben. Zuflüsse zum Ständergraben sind blau gekennzeichnet. Zuflüsse II. Ordnung sind grün gekennzeichnet.



**Bild 139:** Statistik der Sulfatfracht der sechs Stichtagsmessungen an den Messstellen im Untersuchungsgebiet Ständergraben. Zuflüsse zum Ständergraben sind blau gekennzeichnet. Zuflüsse II. Ordnung sind grün gekennzeichnet.



## 10.7 Synthese

### 10.7.1 Kenntnisstand

Die Fließe im Untersuchungsgebiet sind überwiegend neutral und ohne Versauerungsdisposition. Die Befunde für Eisen und Sulfat waren erhöht. Im Süden des Einzugsgebietes gelangten relevante Stofffrachten aus den Bornsdorfer Teichen in die Fließgewässer. Zudem wurden in den Entstehungsgebieten des Goßmar-Luckauer Grenzgrabens und des Ständergrabens erhöhte Eisenkonzentrationen festgestellt. Im Verlauf der Fließe sedimentiert der überwiegende Teil der Eisenfracht (Abschnitt 10.5 und 10.6.2).

Die räumliche Verteilung der Eisen- und Sulfatkonzentrationen sowie die abschnittsweise Veränderung der Stoffkonzentrationen waren ambivalent. Insbesondere im Bereich des NSG Borcheltsbusch stand der Verringerung der Eisenkonzentration eine Erhöhung der Sulfatkonzentration entgegen. Die Ursache konnte nicht aufgeklärt werden (Abschnitt 10.5).

Die räumliche Herkunft der Stoffbelastung konnte hinreichend differenziert und die Verursacher im Einzelnen identifiziert werden (Abschnitt 10.7.2).

### 10.7.2 Verursacheranalyse

Eine quantitative Verursacherzuordnung der Stoffbelastung ist nicht möglich, da der überwiegende Teil des Eisens stromoberhalb der Referenzmessstellen GIG 10 und StG 10 sedimentierte. Zudem standen erhöhte Eisenkonzentrationen an der Referenzmessstelle StG 10 häufig nicht im Zusammenhang mit erhöhten Eisen-einträgen, sondern mit der Remobilisierung und Verfrachtung von eisenhaltigen Sedimenten durch den Betrieb des Schöpfwerks Luckau (Abschnitt 10.5 und 10.6.2).

Durch die Untersuchungen konnte im Goßmar-Luckauer Grenzgraben und im Ständergraben ein Bergbaueinfluss sicher belegt werden (Tabelle 89). Im Goßmar-Luckauer Grenzgraben wurde zudem ein Bergbaueinfluss durch Fernwirkung nachgewiesen. Der überwiegende Teil der Stofffrachten im Goßmar-Luckauer Grenzgraben stammt aus den Bornsdorfer Teichen, außerhalb des Goßmar-Luckauer Grenzgrabens (DEBB58258344\_1594). Die erhöhte Stoffbelastung der Fließgewässer wird anteilig auch der Verursacherkategorie Landwirtschaft zugeordnet.

**Tabelle 89: Bergbaueinfluss und Zustand der Fließgewässer-OWK im Untersuchungsgebiet des Ständergrabens.**

OWK	Bezeichnung/ Gewässer	Prüffall <sup>(1)</sup>	Ergebnis des Monitorings <sup>(2)</sup>				Bewertung	Verursacher
			Mst.	Sulfat [mg/L]	Eisen [mg/L]	pH-Wert [-]		
DEBB58258344_1594	Goßmar-Luckauer Grenzgraben	■	GIG 10	329	5,5	6,5	■	B, C, E
DEBB5825834_1237	Ständergraben	■	StG 10	277	4,1	6,6	■	B, E

<sup>(1)</sup> nach IWB & gIR (2020), Symbolik zum Bergbaueinfluss gemäß Tabelle 90.

<sup>(2)</sup> Zustandskategorien für die Kennwerte Sulfat, Eisen und pH-Wert gemäß Tabelle 7, Tabelle 8, Tabelle 9.



**Tabelle 90: Erläuterung der Symbolik zur Angabe des Bergbaueinflusses und der Verursacher.**

Prüffall nach IWB & gIR (2020)		Bewertung		Verursacher/Quellen	
<input type="checkbox"/>	kein Bergbaueinfluss	<input type="checkbox"/>	Kein Bergbaueinfluss	A	Gewinnungsbergbau BK
<input checked="" type="checkbox"/>	Prüffall Fernwirkung	<input checked="" type="checkbox"/>	Nicht abschließend feststellbar verbleibender Prüffall	B	Sanierungsbergbau BK
<input checked="" type="checkbox"/>	Prüffall Bergbaueinfluss			C	Altbergbau BK
<input checked="" type="checkbox"/>	Dominanter Bergbaueinfluss	<input checked="" type="checkbox"/>	Bergbaueinfluss	D	Anderer Bergbau
				E	Landwirtschaft
				F	natürliche
				G	andere bzw. ungeklärt

### 10.7.3 Maßnahmen

Das Abflussverhalten der Fließgewässer im Untersuchungsgebiet unterliegt maßgeblich dem Betriebsregime des Schöpfwerks Luckau. Das Vorlagebecken des Schöpfwerkes leistet aufgrund der kurzen Verweilzeit und des kleinen Stapelraumes keinen nennenswerten Eisenrückhalt. Beim Betrieb der Pumpen werden zudem die eisenhaltigen Sedimente im Pumpenvorlagebecken, aber auch stromoberhalb im Ständergraben und im Goßmar-Luckauer-Grenzgraben, aufgewirbelt und verfrachtet. Die Stofffrachten sind für die unterliegenden Fließgewässer (Berste) jedoch nicht belastungsrelevant.

Der Gutachter empfiehlt das Monitoring zum Ständergraben einzustellen. Auf dem EZG des Ständergrabens liegt ein monatliches Monitoring der LMBV. Im Rahmen des LMBV-Monitorings wird das Einzugsgebiet an den gleichen Messstellen wie im vorliegenden Projekt überwacht. Die Ziele der Untersuchungen der LMBV sind die Konzeption von Maßnahmen zur Minderung der Eisenbelastung im Goßmar-Luckauer-Grenzgraben.



## 11 Schlussfolgerungen

In IWB & gIR (2020) wurde ein Konzept zur Beurteilung des Bergbaueinflusses auf die Fließgewässer entwickelt. Es grenzt den Bergbaueinfluss zunächst unabhängig von der stofflichen Belastung anhand der durch den Braunkohlenbergbau verursachten historischen und aktuellen Grundwasserabsenkung räumlich ab. Es unterscheidet zwischen einem direkten bzw. dominantem, einem anteiligen und einem indirekten räumlichen Einfluss durch Fernwirkung. Weiterhin ist zwischen einem als gesichert geltendem Bergbaueinfluss und einem zu prüfenden Bergbaueinfluss zu unterscheiden. In IWB & gIR (2020) und IWB (2022a) wurden insgesamt 75 Fließgewässer-OWK identifiziert, deren stoffliche Belastung sowie deren Ursachen in Einzelfallprüfungen zu klären sind (Tabelle 2).

In der vorliegenden Bearbeitung wurde eine Methodik zur Untersuchung und Aufklärung des bergbaulichen Einflusses von Fließgewässer-OWK entwickelt (Abschnitt 3). Die Methodik umfasst sechs Arbeitsschritte: die Auswertung verfügbarer Daten und Informationen zur Stoffbelastung, eine Gebietsbegehung, Messkampagnen zur Stoffbelastung, die Erkundung von diffusen Stoffquellen, die Bewertung des Bergbaueinflusses sowie die Ableitung von Maßnahmen. Zur Abschätzung des Bearbeitungsaufwandes sind die sechs Arbeitsschritte in drei sogenannte Cluster gruppiert (Bild 3).

Die entwickelte Methodik wurde für fünf Untersuchungsgebiete exemplarisch angewendet und evaluiert. Die Ergebnisse zeigen, dass die entwickelte Methodik zur Aufklärung des Bergbaueinflusses grundsätzlich geeignet ist. Es konnte zum einen aufgezeigt werden, dass die bergbauliche Beeinflussung bereits mit verfügbaren Daten sicher aufgeklärt werden kann. Die Voraussetzungen hierfür sind räumlich und zeitlich ausreichend dichte Daten sowie entsprechende Vorkenntnisse (Beispiel Spree, Abschnitt 6). Weiterhin wurde aufgezeigt, dass die bergbauliche Beeinflussung durch ein systematisches Monitoring aufgeklärt werden kann. In diesem Zusammenhang sind die Notwendigkeit der Begehung des Untersuchungsraumes sowie die kombinierte Erfassung von Durchfluss und Beschaffenheit hervorzuheben. Beide Aspekte sind für die Gewinnung eines Systemverständnisses unabdingbar (Beispiele Kleine Elster und Vincenzgraben, Abschnitte 8 und 9). Hinsichtlich der Monitorings ist aber auch festzustellen, dass diese über einen ausreichend langen Zeitraum durchgeführt werden müssen, um möglichst alle hydrologischen Verhältnisse zu erfassen. Da dies in der vorliegenden Bearbeitung nicht möglich war, konnten nicht alle Prüffälle zweifelsfrei aufgeklärt werden. Die Monitorings sollten daher weitergeführt werden.

Abschließend wird empfohlen, Prüffälle bergbaubeeinflusster Fließgewässer-OWK einzugsgebietsbezogen aufzuklären, anstatt Einzelbetrachtungen vorzunehmen. Dadurch können die hydrologischen und hydrochemischen Zusammenhänge im Einzugsgebiet sowie deren Auswirkungen auf die einzelnen Fließgewässer-OWK erfasst und bewertet werden. Mit diesem Ansatz können auch Fließgewässer-OWK geprüft werden, deren Belastungszustand mangels Daten bisher nicht eingeschätzt werden konnte. So konnte aufgrund der Untersuchungsergebnisse für einige Fließgewässer-OWK die in IWB & gIR (2020) getroffene Einschätzung zum Bergbaueinfluss evaluiert und angepasst werden (Beispiele Schraden und Kleine Elster, Abschnitte 7 und 8).



## 12 Quellenverzeichnis

- ABP (2000)                   Abschlußbetriebsplan für das Restloch „Clara III“, LMBV, Hoyerswerda, 01.07.2000.
- DWD (1995)                   Ergebnisse methodischer Untersuchungen zur Korrektur des systematischen Meßfehlers des Hellmann-Niederschlagmessers. Berichte des Deutschen Wetterdienstes 194, Offenbach, 1995.
- FUGRO Consult GmbH (2013)           Gewässerentwicklungskonzept Kleine Elster. Landesumweltamt Brandenburg, Fugro Consult GmbH, Torgau, 07.01.2013.
- IWB (2015a)                 Uhlmann, W., K. Zimmermann, S. Theiss und Y. Kreuziger: Einschätzung des Anteils des Sanierungsbergbaus der LMBV an der Sulfatbelastung der Spree. Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann, Dresden, 31.03.2015.
- IWB (2015b)                 Uhlmann, W., Zimmermann, K. (2015): Bewertung der hydrologischen Verhältnisse und der Sulfatkonzentrationen in der Spree in den Jahren 2014/2015 vom Bereich Neustadt-Ruhmühle im Freistaat Sachsen bis in den Berliner Raum, Kurztitel: Fallanalyse der Sulfatbelastung in der Spree 2014/2015. Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann im Auftrag der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt Berlin-VIII E2, Dresden, 28.08.2015.
- IWB & gIR (2018)           Uhlmann, W., Zimmermann, K., Claus, T., Gerstgraser, C. & Giebler, S. (2018): Erarbeitung eines strategischen Hintergrundpapiers eines strategischen Hintergrundpapiers zu den bergbaubedingten Stoffeinträgen in den Flusseinzugsgebieten Spree und Schwarze Elster. – Teil 1: Grundlagenermittlung. – Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann und Gerstgraser Ingenieurbüro für Renaturierung im Auftrag des LBGR, Dresden/Cottbus, 23.11.2018.
- IWB & gIR (2020)           Uhlmann, W., Zimmermann, K., Claus, T., Schmidt, K., Seher, W., Gerstgraser, C. und Giebler, S. (2020): Erarbeitung eines strategischen Hintergrundpapiers zu den bergbaubedingten Stoffeinträgen in den Flusseinzugsgebieten Spree und Schwarze Elster. Teil 2: Zustandsanalyse und Handlungsschwerpunkte. – Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann und Gerstgraser Ingenieurbüro für Renaturierung im Auftrag des LBGR, Dresden/Cottbus, 30.06.2020, aktualisiert am 30.06.2021.
- IWB (2020)                 Uhlmann, W., Gröschke, A. und Zimmermann, K. (2020): Erarbeitung eines strategischen Hintergrundpapiers zu den bergbaubedingten Stoffeinträgen in den Flusseinzugsgebieten Spree und Schwarze Elster. – Teil 3: Maßnahmenkonzept. – Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann, Dresden, Februar 2020.
- IWB (2022a)                 Uhlmann, W., Giering, N., Claus, T. und Zimmermann, K. (2022): Aktualisierung und Pflege der Datenbank zu den bergbaubedingten Stoffeinträgen 2021. Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann, Dresden, November 2022.



- IWB (2022b) Uhlmann, W., Zimmermann, K., Hillecke, Y. und Hiekel, R. (2022): Untersuchung von Prüffällen für OWK zur Bestimmung und Abgrenzung von bergbaubedingten Stoffeinträgen: Stichtagsmessungen in der Schwarzen Elster 2021. Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann, Dresden, August 2022.
- LfULG (2014) Uhlmann, W., Nestler, W., Zimmermann, K., Lindig, Y. und Pezenka, C.: Methodik zum quantitativen Nachweis der Wechselwirkungen zwischen Grund- und Oberflächengewässern in Braunkohlenbergbaugebieten. Abschlussbericht zum Teilprojekt 7 des VODAMIN-Projektes. Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann im Auftrag des Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) des Freistaates Sachsen. Dresden, Mai 2014.
- LfULG (2020) Umsetzung der EG-WRRL für den Vincenzgraben, Vorhabens- und Sanierungsplan, Qualitative und quantitative Bestimmung von Belastungsquellen für den Oberflächenwasserkörper DESN\_528134 – Vincenzgraben in der Braunkohlenregion Ostsachsens mit Maßnahmenplanung einschließlich naturschutz-fachlicher Fragestellungen zum Dubringer Moor, BGD Ecosax GmbH, Dresden, Juli 2020.
- LfULG (2021) Steckbrief Oberflächenwasserkörper Vincenzgraben (DESN\_538134) für den Bewirtschaftungszeitraum 2022-2027. LfULG Sachsen, 07.10.2021
- LK Elbe Elster (2022) <https://www.lkee.de/Unser-Landkreis/Der-Landkreis-stellt-sich-vor/geologische-Entstehung/>, besucht am 15.12.2022.
- [MHM 2022] Merkblatt Montanhydrologisches Monitoring in der LMBV mbH, überarbeitete Version, Stand 06/2022, Senftenberg, Juni 2022.
- OGewV (2016) Oberflächengewässerverordnung vom 20. Juni 2016 (BGBl. I S. 1373). – Online im Internet: <http://www.gesetze-im-internet.de/OGewV2016> [Zugriff am 23.08.2019].
- Stadt und Land Planungsgesellschaft mbH (2007) Managementplan für das SCI und SPA „Dubringer Moor“ Hohenberg - Krusemark, den 27. November 2007, Überarbeitung LfULG im Mai 2010.