Maßnahmen zur Minderung der Eiseneinträge durch die Exfiltration bergbaubeeinflusster Grundwässer in die Pleiße

Gesamtbetrachtung von Fließgewässer- und Grundwassermonitoring sowie aktueller bzw. geplanter Maßnahmen im Gesamtprojekt

Sachstandsbericht 2018

Sweco GmbH

An der Waisenhausmauer 5
06108 Halle (Saale)

T +49 345 20560-30
F +49 345 20560-55
E halle@sweco-gmbh.de
W www.sweco-gmbh.de

Impressum

Auftraggeber:	Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH Walter-Köhn-Straße 2 04356 Leipzig
Auftragnehmer:	**Sweco GmbH** Postfach 11 03 65 06017 Halle (Saale) An der Waisenhausmauer 5 06108 Halle (Saale)
Bearbeitung:	Dipl.-Ing. Steffen Schlotfeldt Dipl. Geoökol. Anja Pleßke
Bearbeitungszeitraum:	10/2018 … 03/2019

Inhaltsverzeichnis

1	**Veranlassung und Zielstellung**	**1**
2	**Auswertung des Grund- und Oberflächenwassermonitorings**	**4**
2.1	Grundwasserzustrom zur Pleiße	4
2.1.1	Grundwassermonitoring – Montanhydrologisches Monitoring der LMBV (MHM) und Dritter	4
2.1.1.1	Entwicklung der Grundwasserdynamik	4
2.1.1.2	Entwicklung der Eisen- und Sulfatkonzentrationen im Zustrom der Pleiße	10
2.1.2	Monitoring Messplatz Kippe Witznitz	18
2.1.3	Fazit aus Sicht der Gesamtbetrachtung	19
2.2	Fließgewässermonitoring Pleiße	22
3	**Realisierte bzw. geplante Maßnahmen zur Reduzierung des Eiseneintrages in die Pleiße**	**24**
3.1	Reduzierung des Sickerwasserstromes durch Bewirtschaftung von Kippenflächen	24
3.2	Umverlegung der Pleiße im Bereich des ehem. Tagebaus Witznitz II zur Sedimentation von Eisenhydroxidschlämmen	31
3.2.1	Sedimentationsuntersuchungen	31
3.2.2	Instationäre Modellierung der Strömungsverhältnisse im Kahnsdorfer See – Eintrag Westufer	35
3.2.3	Stationäre 3D-Gewässermodellierung zur Sedimentation von EHS – Südeinleitung	38
3.3	Limnologische Prognose für den Kahnsdorfer See und dem Hainer See	42
3.3.1	Istzustand der Seen	43
3.3.2	Prognosen der Entwicklung der Gewässergüte	44
3.3.3	Vorzugsvariante zur Einhaltung der Ausleitkriterien	48
3.3.4	Vergleich der Var. 4 und 5	50
4	**Übersicht zu Maßnahmen zur Minderung der Eisenkonzentrationen in der Pleiße**	**51**
5	**Gesamtbetrachtung**	**53**
5.1	Maßnahme 1 - Fließgewässermonitoring	53
5.2	Maßnahme 2 - Grundwassermonitoring (MHM/Dritte, Messplatz)	54

		Seite
5.3	Maßnahme 5.1 - Reduzierung des Sickerwasserzustromes durch Bewirtschaftung von Kippenflächen	56
5.4	Maßnahme 5.5 - Umverlegung der Pleiße im Bereich des ehem. Tagebaus Witznitz II zur Sedimentation von Eisenhydroxidschlämmen	59
5.5	Limnologische Prognose für den Kahnsdorfer See und dem Hainer See	64
5.6	Maßnahmenübersicht zur Minderung der Eisenkonzentrationen in der Pleiße	67

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1:	Entwicklung der Wasserstände in den Tagebauseen 2010-2017	5
Abbildung 2-2:	Grundwasserdynamik im Betrachtungsraum, Vergleich 2015/2016	6
Abbildung 2-3:	GWMST des MHM im Bereich der Kippe Witznitz, Anbauflächen Luzerne gem. [9i]	7
Abbildung 2-4:	Entwicklung der Grundwasserstände im Bereich der Luzerneanbauflächen	8
Abbildung 2-5:	Entwicklung der Grundwasserstände außerhalb der Luzerneflächen	9
Abbildung 2-6:	Entwicklung der Grundwasserstände im westl. Bilanzgebiet	9
Abbildung 2-7:	Eisenkonzentration Grundwasser im Einzugsgebiet der Pleiße, statistische Auswertung der Datenbasis 2017	12
Abbildung 2-8:	Eisenkonzentrationen im Einzugsgebiet der Pleiße, jeweils letzte Analyse der Datenbasis 2017	13
Abbildung 2-9:	Lage der Messstelle 809, letzte Analyse Fe-Spezies, Hydroisohypsen 2016	14
Abbildung 2-10:	Verlauf (Zunahme) der ermittelten Eisenkonzentrationen ausgewählter Messstellen (hohe Eisenkonzentrationen im Bereich der Kippe Witznitz)	15
Abbildung 2-11:	Verlauf (Zunahme) der ermittelten Eisenkonzentrationen ausgewählter Messstellen	15
Abbildung 2-12:	Sulfatkonzentration Grundwasser im Einzugsgebiet der Pleiße, statistische Auswertung der Datenbasis 2017	17
Abbildung 2-13:	Verlauf der ermittelten Sulfatkonzentrationen ausgewählter Messstellen (hohes Niveau der Sulfatkonzentrationen)	18
Abbildung 2-14:	Nickelkonzentrationen 2016 (Median, Maximalwert), OW Beschaffenheit [LfULG]	21
Abbildung 2-15:	Ganglinie Tagesabfluss Pegel Böhlen, Termine Probenahme	22
Abbildung 2-16:	Eisen(ges) OBF 53600 bzw. Messstelle PL12, Tagesabfluss am Pegel Böhlen	23
Abbildung 3-1:	Übersichtsplan Lage der Luzerneanbaufläche, Maßnahmen zur wissenschaftlichen Begleitung	25

Seite

Abbildung 3-2: Darstellung der Sickerwassermengen und Bodenwasserausschöpfung auf den 12er Lysimetern 2012-2017 [9l] 27

Abbildung 3-3: Darstellung der Sickerwassermengen und Bodenwasserausschöpfung auf den 14er Lysimetern 2012-2017 [9l] 28

Abbildung 3-4: Lage des Sondermessprofils SM I; schematische Darstellung der technischen Ausrüstung zur Überwachung der Saugspannung, Bodenfeuchte und Grundwasserstand (an GWM1,neu; GWM2,neu und W42691) [nach 9l] 30

Abbildung 3-5: Lage der Pleißemessstellen 32

Abbildung 3-6: Tagesabflüsse am Pegel Böhlen zum Zeitpunkt PN_I bis PN_V 33

Abbildung 3-7: Gemessene Abnahme der Fe_{ges}-Konzentration am Pegel PL9 (PN_I bis PN_V) [9j] 33

Abbildung 3-8: Fe_{ges}-Konz. in Abhängigkeit des Durchflusses in der Pleiße (Daten von 2014 bis 2017) [15j] 36

Abbildung 3-9: Mittlere Tageswerte der Pleißedurchflüsse und berechnete Fe_{ges}-Konz. [15j] 37

Abbildung 3-10: Zeitlicher Verlauf der Fe_{ges}-Konzentration im Zu- und Ablauf des Kahnsdorfer Sees bei variierenden Sedimentationsgeschwindigkeiten [15j] 38

Abbildung 3-11: Entwicklung der Partikelkonzentration am Ausleitpunkt des Kahnsdorfer Sees für die betrachteten Varianten [15k] 40

Abbildung 3-12: Schematischer Aufbau des Seenmodells [17], (Hainer See Teilbereich Haubitz als Haubitzer See bezeichnet) 43

Abbildung 4-1: Aufbau und Darstellung der Prüfschritte zur Bewertung von möglichen Maßnahmen zur Minderung der bergbaubedingten Eisenfrachten [Präsentation 08.06.2017] 51

Abbildung 5-1: Lage der Eintrag- und Entnahmepunkte (V1 – Nordeinleitung, V2 – Westeinleitung, V3 – Südeinleitung) gem. Modellierung [15g, 15j, 15k] 62

Abbildung 5-2: Gegenüberstellung der voraussichtlich umzusetzenden Teilmaßnahmen für die Überleitung der Pleiße in den Kahnsdorfer See bzw. die Verlegung der Pleiße außerhalb des Kippenbereiches 69

Seite

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1-1:	Arbeitsstand der im 22. VAK abgestimmten Maßnahmen im Untersuchungsgebiet	2
Tabelle 3-1:	Übersicht zur Bewirtschaftung der Lysimeter in Brandis und Witznitz von 2009 bis 2017 [9l]	26
Tabelle 3-2:	Initiale $Fe_{ges.}$-Konzentrationen der Probenahmen (PN_I bis PN_V)	31
Tabelle 3-3:	Gegenüberstellung der benötigten Sedimentationszeit bis zum Erreichen der optischen Wahrnehmbarkeitsschwelle von 2 mg/l [9j]	34
Tabelle 3-4:	Abgeleitete Sedimentationsgeschwindigkeiten in einem definierten Konzentrationsbereich [9j]	34
Tabelle 3-5:	Berechnete Fe_{gesamt}-Frachten im Grundwasserzustrom zur Pleiße (Baseline-Szenario, [13c] bzw. [15k] in kg/d	39
Tabelle 3-6:	Szenarien zur Quantifizierung des Eisenrückhaltes im Kahnsdorfer See [15k]	39
Tabelle 3-7:	Kostenschätzung für den Nachsorgeaufwand bis 2060 – Weißfeinkalk vs. Kalksteinmehl [17]	48
Tabelle 5-1:	Volumenströme in [m³/min] für die hydrogeologischen Schnitte in den Hydrotopen 1 und 4 sowie basierend auf dem Bilanzgebiet 4O [nach 9h]	57
Tabelle 5-2:	Abgeleitete Sedimentationsgeschwindigkeiten in einem definierten Konzentrationsbereich [9j]	60
Tabelle 5-3:	Zusammenstellung der Ergebnisse der Modellierungen zur Quantifizierung des Absetzverhaltens im Kahnsdorfer See [15g, 15j, 15k]	61

Anlagenverzeichnis

Anlage 1: Übersicht zu Maßnahmen zur Minderung der Eisenexfiltration in die Pleiße, Bearbeitungsstand: 12/2018

Anlage 2: Maßnahmenblätter (zur Erläuterung von Maßnahmen der Übersicht); 12/2018

Seite

Quellenverzeichnis

Fortschreibung der Quellen gem. Endbericht Phasen 1 und 2 [1e]
(vollständig, einschl. Protokolle VAK digital auf DVD beiliegend)

[1l] Sweco GmbH, Gesamtbetrachtung von Fließgewässer- und Grundwassermonitoring sowie aktueller bzw. geplanter Maßnahmen im Gesamtprojekt, Sachstandsbericht Juni 2017, 30.08.2017

[1m] Sweco GmbH, Gesamtbetrachtung von Fließgewässer- und Grundwassermonitoring sowie aktueller bzw. geplanter Maßnahmen im Gesamtprojekt - Auswertung der Grundwassermonitorings im EZG der Pleiße, 02.08.2018

[3f] Hubert Beyer Umwelt Consult; Montanhydrologisches Monitoring Westsachsen/Thüringen; Monitoring Messplatz Kippe Witznitz - Beprobung August 2017; überarbeitete Fassung 17.10.2018

[4o] SGL Spezial- und Bergbau-Servicegesellschaft; Fließgewässermonitoring Pleiße 1.1.2016 – 31.12.2016, Jahresbericht 2016, Auswertung der Wasseruntersuchungen bei Abflussklasse 1 bis 5, 24.05.2017

[9g] GFI GmbH Dresden „Großtechnische Umsetzung der Erfahrungen des Pilotversuchs Witznitz zur Reduzierung der Eiseneinträge in die Pleiße, Jahresbericht 2016 30.03.2017

[9h] Anlage von [9g]
IBGW GmbH; Modellierungsergebnisse zur reduzierten Grundwasserneubildung; 01.02.2017

[9i] GFI GmbH Dresden; Aktennotiz; Ingenieurtechnische Begleitung und Auswertung des sanierungswirksamen Feldversuchs zur Reduzierung der Grundwasserneubildung auf den Flächen der Kippe Witznitz; 05.10.2017

[9j] GFI GmbH Dresden; Richtigstellung: Ergänzung zum JB 2016 Großtechnische Umsetzung der Erfahrungen des Pilotversuchs Witznitz zur Reduzierung der Eiseneinträge in die Pleiße; Richtigstellung und Bewertung der Sickerwassermengen der Lysimeter 14/2 und 14/4 im Jahr 2016; 12.10.2017

[13c] Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH; Hydrogeologische Modellierung zur Ableitung der Wirksamkeit einer flächenspezifischen Nutzungsänderung auf den Eiseneintrag in die Pleiße, Baseline- und Best-Case-Szenario, 7.04.2017

[15g] iKD Ingenieur-Consult GmbH; Umverlegung der Pleiße im Bereich des ehem. Tagebaus Witznitz II zur Sedimentation von EHS; Grundlagenermittlung vom 13.04.2017 ergänzt am 3.8.2017

Seite

[15h] GIP GmbH Dresden; Quantifizierung des Absetzverhaltens von Eisenhydroxiden nach Einleitung von Wasser aus der Pleiße in den Kahnsdorfer See; 1. Teilbericht ; i. Auftrag von IKD; 13.06.2017, Überarbeitung 23.08.2017

[15i] GIP GmbH Dresden; Quantifizierung des Absetzverhaltens von Eisenhydroxiden nach Einleitung von Wasser aus der Pleiße in den Kahnsdorfer See; 2. Teilbericht ; i. Auftrag von IKD; 24.10.2017, Überarbeitung 28.12.2017

[15j] GIP GmbH Dresden; Instationäre Modellierung der Strömungsverhältnisse im Kahnsdorfer See bei Einleitung von Fe-reichem Pleißewasser zur Untersuchung der Fe-Verteilung im See innerhalb eines Jahresganges; i. Auftrag von IKD; 12.12.2017, Überarbeitung 23.03.2018

[15k] GIP GmbH Dresden; Umverlegung der Pleiße im Bereich des ehemaligen Tagebaus Witznitz II zur Sedimentation von Eisenhydroxidschlämmen; 3D-Gewässermodellierung zur Sedimentation von EHS im Kahnsdorfer See - Südeinleitung; i. Auftrag von IKD; 08.05.2018, Überarbeitung 12.07.2018

[17] BGD ECOSAX GmbH; Limnologisches Prognosegutachten für die Tagebauseen Hainer See mit Teilbereich Haubitz sowie Kahnsdorfer See im Tagebauterritorium Witznitz; 05.12.2017

[17a] Anlage von [17]
Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH; Zuarbeit limnologischer Bilanzen auf der Grundlage HGMS2006 - Modell HGMSAGLW -; 8.10.2015

[18a] LMBV mbH, eta AG engineering; Übersicht zu Maßnahmen zur Minderung der Eisenexfiltration in die Pleiße, Bearbeitungsstand: 12/2018

[18b] LMBV mbH, eta AG engineering; Maßnahmenblätter; Bearbeitungstand 12/2018

[19] Grundwasser-Zentrum Dresden (GWZ-DD) vertreten durch die ARGE Gewässersanierung-LMBV; Strategiepapier zur weiteren Nutzung von Profener Wasser der MIBRAG bei der Herstellung und Nachsorge von Bergbaufolgeseen der LMBV im Südraum Leipzig; 22.09.2017

1 Veranlassung und Zielstellung

Im Rahmen der Gesamtbetrachtung von Fließgewässer- und Grundwassermonitoring sowie aktueller bzw. geplanter Maßnahmen im Gesamtprojekt „Maßnahmen zur Minderung der Eiseneinträge durch die Exfiltration bergbaubeeinflusster Grundwässer in die Pleiße“ ist die Sweco GmbH mit der Erstellung eines Sachstandsberichtes beauftragt.

Dieser Bericht knüpft an den vorliegenden Sachstandsbericht 06/2017 [1l] an.

Neben der Erfassung des Sachstandes im Gesamtprojekt werden die bis dato gesammelten Messergebnisse des Grundwasser- und Fließgewässermonitorings zusammengeführt und bewertet.

Die Auswertung bezieht sich dabei auf folgende Datengrundlagen der Grundwasserdynamik und -güte:

- Ergebnisse des Monitorings am Messplatz Kippe Witznitz (Mehrfachmessstellen, Rammpegel, Hangwasser);
- Montanhydrologisches Monitoring der LMBV (Dynamik und Güte) sowie Grundwassergütemonitoring Dritter (MIBRAG, LEAG, LDS) im Einzugsgebiet der Pleiße.

Mit der Zielstellung eine Eisenfrachtbilanzierung über das Gesamtjahr zu ermöglichen, erfolgte im Rahmen des Fließgewässermonitorings die Beprobung an den Messstellen der Pleiße möglichst in allen Abflussklassen 1 bis 5. Der vorliegende Bericht [4o] dokumentiert den Zeitraum bis Dezember 2016 und wurde im Sachstandsbericht 06/2017 [1l] der Gesamtbetrachtung ausgewertet. Das Fließgewässermonitoring wurde in 2018 fortgeführt. Der Bericht zur Dokumentation und Auswertung der Beprobungen an der Pleiße wird im Frühjahr 2019 bearbeitet.

Weiterführende Sedimentationsuntersuchungen wurden maßnahmenbezogen im Rahmen der Betrachtung der Durchleitung der Pleiße durch den Kahnsdorfer See durchgeführt (siehe Maßnahme 5.5 der folgenden Tabelle).

Im Rahmen des Sachstandsberichtes zur Gesamtbetrachtung werden die vorliegenden Untersuchungen bewertet und im Gesamtkontext erläutert. Weiterhin sind Empfehlungen aus den Fachberichten aufzugreifen, zu überprüfen und Handlungsempfehlungen abzuleiten.

Die folgende Tabelle zeigt einen Überblick zum Sachstand des abgestimmten Maßnahmenprogramms.

Tabelle 1-1: Arbeitsstand der im 22. VAK abgestimmten Maßnahmen im Untersuchungsgebiet

	Bearbeiter	**Stand der Bearbeitung**
Maßnahme 1		
Fließgewässermonitoring Pleiße *Fortführung wurde vom VAK bis 2022 bestätigt*	SGL mbH	Letzter Jahresbericht 2016, 24.05.2017 [4o] wurde im Sachstandsbericht 06/2017 ausgewertet; Beprobung in 2018 fortgeführt (5 Kampagnen); Bericht in Bearbeitung
Maßnahme 2		
Grundwassermonitoring – Messplatz Kippe Witznitz	Hubert Beyer Umwelt Consult GmbH	Ergebnisbericht 08/2017, 17.10.2018 [3f];
Grundwassermonitoring – Montanhydrologisches Monitoring (MHM) der LMBV und Dritter	Fortschreibung der Datenbasis durch Sweco GmbH im Rahmen der Maßnahme 3	Fortschreibung im Bericht Auswertung Grundwassermonitoring im EZG Pleiße 06/2018; 02.08.2018 [1m]
Maßnahme 3		
Integrale Gesamtbetrachtung von Fließgewässer- und Grundwassermonitoring sowie aktueller bzw. geplanter Maßnahmen im Gesamtprojekt	Sweco GmbH	Sachstandsbericht 2018
Maßnahme 4		
Modellierung (Basismodell zur Bewertung der Maßnahmenwirksamkeit) Die Maßnahme 4 (Modellierung) wird nicht fortgeführt. Stattdessen wird eine Wirksamkeitsabschätzung möglicher Maßnahmen mittels „Bewertungs-Modul“ durchgeführt.	IBGW GmbH	in Bearbeitung
Maßnahme 5.1		
Reduzierung des Sickerwasserzustromes durch Bewirtschaftung von Kippenflächen (Luzerne- Bewirtschaftung von Kippenflächen) in angepasster und reduzierter Form)	GFI GmbH	Jahresbericht 2016, 30.03.2017 [9g]; Richtigstellung mit Ergänzung zum Jahresbericht 2016 vom 12.10.2017 [9j]; Aktennotiz zur Abstimmung mit der Osterland Agrar GmbH zu den Luzernekulturen bis 2021 [9i] am 05.10.2017; Zusammenfassender Bericht 2008 … 2017 [9k] Jahresbericht 2017 [9l]
Maßnahme 5.2		
Ableitung von Sanierungsstandorten in Abhängigkeit der Flächennutzung im Einzugsgebiet		

	Bearbeiter	Stand der Bearbeitung
nach abgeschlossener Untersuchung der Umsetzungsmöglichkeiten und Wirksamkeit von Flächenumwidmungen im EZG, Maßnahme nicht fortgeführt		
Maßnahme 5.3		
Maßnahme Sickerschlitz *soll im Rahmen der Wirksamkeitsabschätzung neu bewertet werden (s. Maßnahme 4)*		
Maßnahme 5.4		
Maßnahme Insitu-Sulfatreduktion *soll im Rahmen der Wirksamkeitsabschätzung neu bewertet werden (s. Maßnahme 4)*		
Maßnahme 5.5		
Einbindung der Pleiße in den Kahnsdorfer See *wird bis zum Abschluss der Alternativenprüfung zunächst ausgesetzt (Lph. 1 – Grundlagenermittlung), die Sedimentationsuntersuchungen einschl. 3D-Gewässermodellierungen wurden durchgeführt*	iKD Ingenieur-Consult GmbH (NAN GIP GmbH)	Lph 1 – Grundlagenermittlung 3.08.2017 [15g] Quantifizierung des Absetzverhaltens von Eisenhydroxiden in den Kahnsdorfer See Teilberichte 1 und 2 [15h] 23.08.2017 bzw. [15i] 28.12.2017 Instationäre Modellierung der Strömungsverhältnisse im Kahnsdorfer See; 23.03.2018 [15j] 3D-Gewässermodellierung zur Sedimentation von EHS im Kahnsdorfer See - Südeinleitung; 12.07.2018 [15k]
Limnologisches Prognosegutachten für die Tagebauseen Hainer See mit Teilbereich Haubitz sowie Kahnsdorfer See im Tagebauterritorium Witznitz	BGD ECOSAX GmbH	05.12.2017 [17]
Maßnahme 5.7		
Untersuchungen zur Teileinleitung der Wyhra: Ziel1: Verringerung der Wassermenge in der Pleiße, um eine EHS-Reduzierung in der Pleiße durch weitere Maßnahmen zu ermöglichen Ziel2: Gewährleistung des Nachsorgeneutralisationsbedarfes (pH-Neutralität) im Hainer See Ziel3: Förderung des Tourismus	iKD GmbH	in Bearbeitung
Maßnahme 5.8		
Weitere Maßnahmen zur Reduzierung der Fe-Fracht, Durchführung von Machbarkeitsstudien		

2 Auswertung des Grund- und Oberflächenwassermonitorings

Die LMBV betreibt im Untersuchungsraum ein umfangreiches Messnetz zur Überwachung der Grundwasserdynamik und -güte. Gemäß Aufgabenstellung wurde im Rahmen der Gesamtbetrachtung neben den Daten der LMBV auch Monitoringergebnisse Dritter abgefragt und ausgewertet.

In Abstimmung mit dem Auftraggeber LMBV wurde die Betrachtung des Montanhydrologischen Monitorings der LMBV (Dynamik und Güte) und sowie das Grundwassergütemonitoring Dritter (MIBRAG, LEAG, LDS) im Einzugsgebiet der Pleiße in einen gesonderten Berichtsteil ausgegliedert.

Die Ergebnisse befinden sich in [1m] und werden nachfolgend zusammenfassend wiedergegeben.

2.1 Grundwasserzustrom zur Pleiße

2.1.1 Grundwassermonitoring – Montanhydrologisches Monitoring der LMBV (MHM) und Dritter

Die Beschreibung der Entwicklung der Grundwasserdynamik erfolgt auf Basis der durch die LMBV zur Verfügung gestellten Hydroisohypsenpläne des MHM. Zum Zeitpunkt der Erstellung des Berichts [1m] wurden die vorliegenden Grundwasserhydroisohypsen 2016 ausgewertet.

Im Frühjahr 2018 erfolgte wiederum die Abfrage der Gütedaten zur Fortschreibung der Datenbasis des letzten Jahres.

Für eine Bewertung der Dynamik und der Grundwassergüte mit Relevanz für die Pleiße ist das unterirdische Grundwassereinzugsgebiet maßgebend. Die Abgrenzung des Grundwassereinzugsgebietes wurde mit der der Bearbeitung von [13c] aktualisiert (maßgebende Jahre 2015 und 2100).

2.1.1.1 Entwicklung der Grundwasserdynamik

Die Flutung der Tagebauseen im Südraum von Leipzig ist weitestgehend abgeschlossen (Abbildung 2-1). Wesentliche Anstiegsraten traten im Bezugszeitraum 2010 bis 2017 nur am Zwenkauer See +112,5 m NHN auf (+ 2,1 m). Ab der zweiten Jahreshälfte 2015 unterliegt der Wasserspiegel im Zwenkauer See klimatisch bedingten Wasserspiegelschwankungen Die Herstellung des Zwenkauer Sees soll mit der Inbetriebnahme des Harthkanals als Regelauslass in den Cospudener See 2022 abgeschlossen werden. Zwischenzeitlich erfolgt die Seewasserspiegelhaltung mittels einer temporären Wasserhaltung bis +112,5 m NHN.

Im Vergleich zum letzten Sachstandsbericht waren für die Seen nur wetterbedingte Schwankungen der Wasserspiegel zu beobachten.

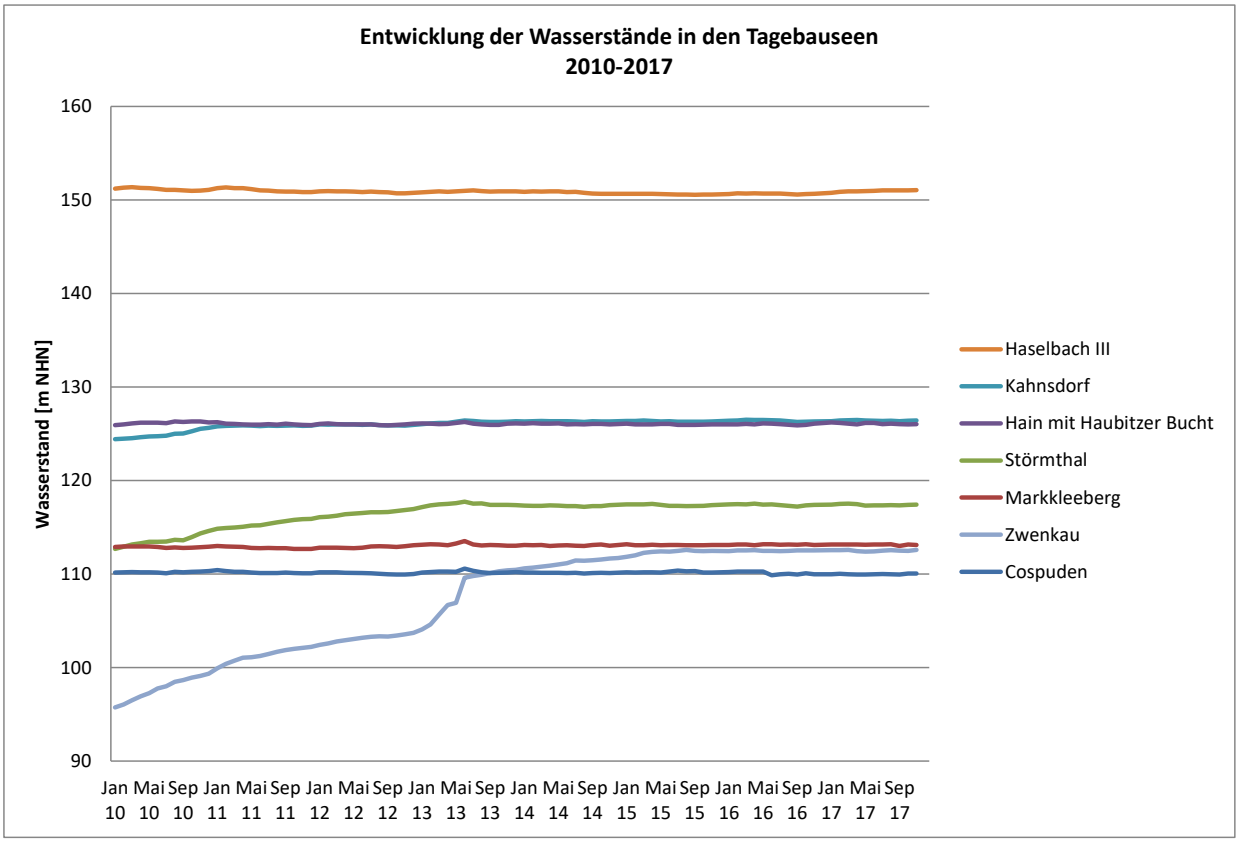


Abbildung 2-1: Entwicklung der Wasserstände in den Tagebauseen 2010-2017

Im Einzugsgebiet der Pleiße sind die Veränderungen der Grundwasserstände weniger stark ausgeprägt. Im Vergleich 2015/2016 waren wiederum im Einwirkungsbereich des aktiven Bergbaus relevante Grundwasserstandsveränderungen zu beobachten.

Außerhalb des GW-Einzugsgebietes des Pleiße sind relevante Anstiege noch nordwestlich des Störmthaler Sees zu verzeichnen.

Der Vergleich der Grundwasserstände im Betrachtungsgebiet zwischen 2015 und 2016 ist in Abbildung 2-2 (S.6) dargestellt.

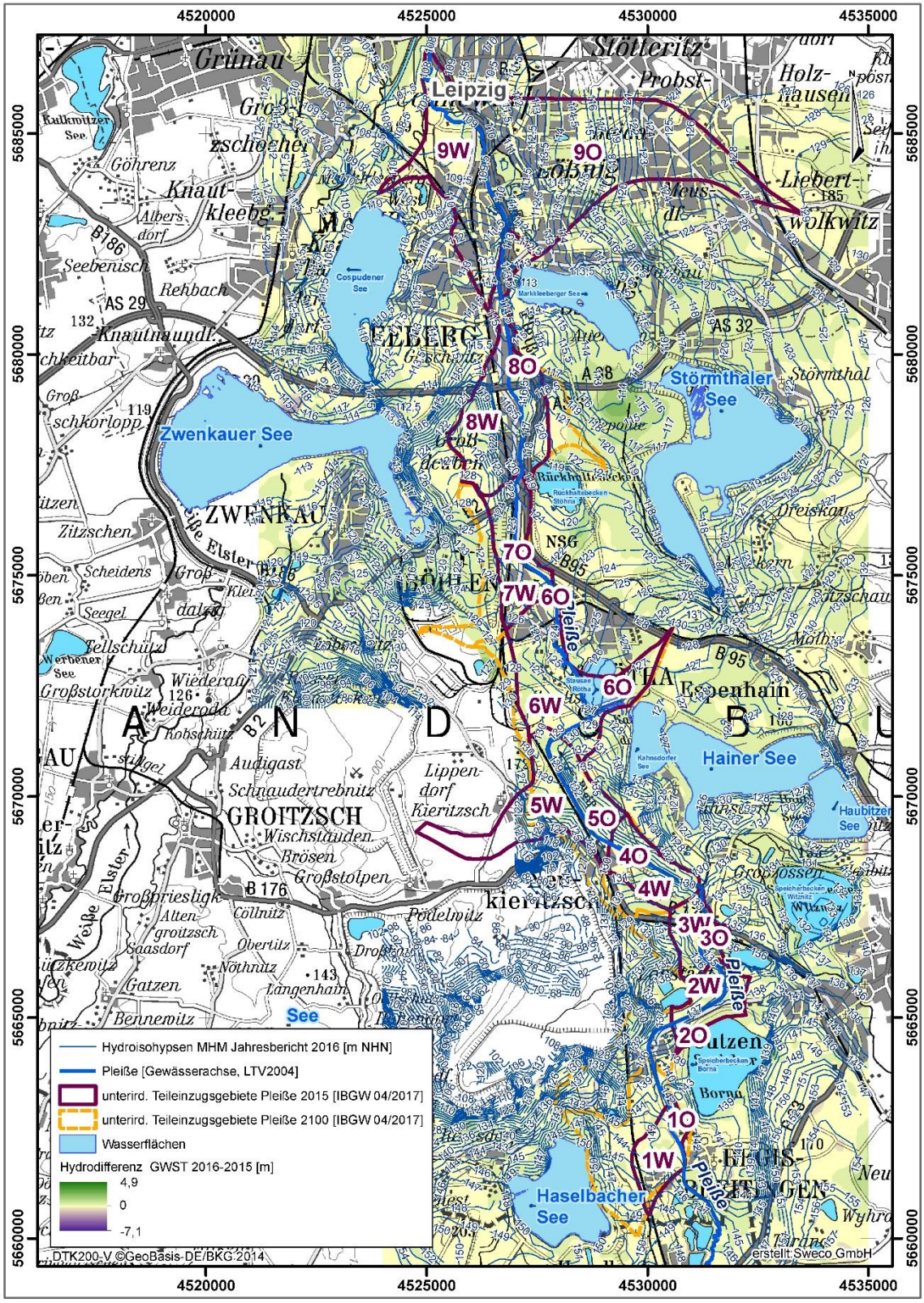


Abbildung 2-2: Grundwasserdynamik im Betrachtungsraum, Vergleich 2015/2016

Entwicklung der Grundwasserdynamik im Bereich der Kippe Witznitz

In Ergänzung der Bewertung der Grundwasserdynamik im Gesamtüberblick wurden nachfolgend die Grundwasserstände im Bereich der Kippe Witznitz im Detail ausgewertet. Die Daten wurden von der LMBV aus dem MHM zur Verfügung gestellt. In der folgenden Abbildung 2-3 ist die Lage der GWMST ersichtlich. Die Abbildung wurde ergänzt um die Abgrenzungen der Feldblöcke auf denen die Osterland Agrar GmbH Luzerne anbaut [9i].

Es wurden Grundwassermessstellen anhand folgender Kriterien ausgewählt:

- Lage der Messstelle im relevanten (wirksamen Bereich) Luzerneanbaubereich,
- Lage der Messstelle möglichst im unterirdischen Einzugsgebiet der Pleiße,
- Messwertreihe bis mindestens 2017,
- Messstellen zum Vergleich (außerhalb der Anbaufläche sowie im westlichen Bilanzgebiet).

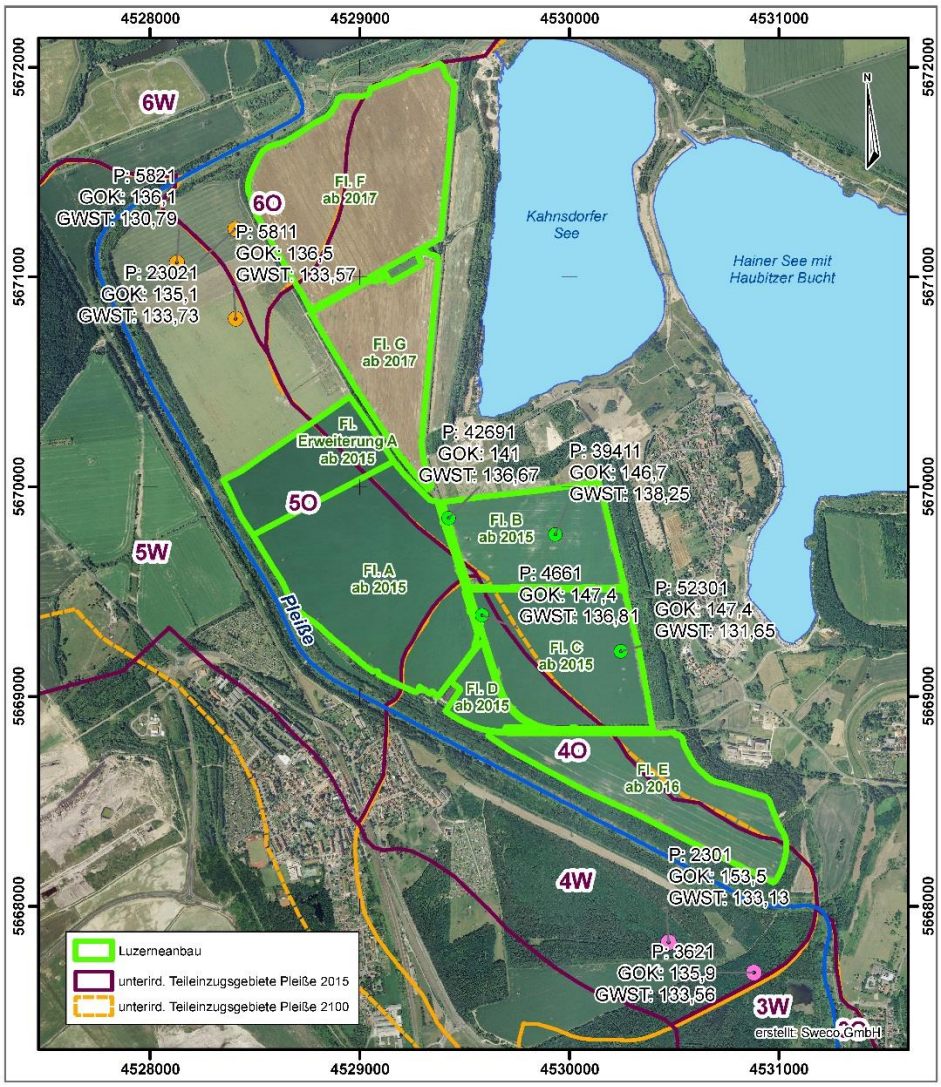


Abbildung 2-3: GWMST des MHM im Bereich der Kippe Witznitz, Anbauflächen Luzerne gem. [9i]

In den nachfolgenden Abbildungen sind die Grundwasserstände der ausgewählten Pegel aufgetragen. Seit den Grundwasserhochständen 2010/2011 werden fallende Grundwasserstände gemessen. Aufgrund der Lage auf der Kippe Witznitz (ohne laterale Grundwasserzuflüsse, hoher Grundwasserflurabstand) und der landwirtschaftlichen Nutzung ist der Rückgang besonders ausgeprägt. Ein kurzer leichter Anstieg ist 2013 infolge höherer Niederschläge zu erkennen. In dieser Zeit trat auch das letzte größere Hochwasser in der Pleiße mit Abflüssen > 60 m³/s am Pegel Böhlen auf. In den letzten Jahren wurden u. a. durch die ingenieurtechnische Begleitung des Luzerneanbaues negative Wasserbilanzen in Bezug auf die Grundwasserneubildung festgestellt. Daraus resultiert der weitere Rückgang des Grundwasserstandes. Seit 2015 wird Luzerne auf der Kippe Witznitz mit wachsenden Flächenanteilen angebaut. Aufgrund des kurzen bis jetzt beobachteten Zeitraums kann eine Wirkung in den Ganglinien nicht nachgewiesen werden (zumal der erwartete Effekt durch die negative Grundwasserbilanz überlagert wird).

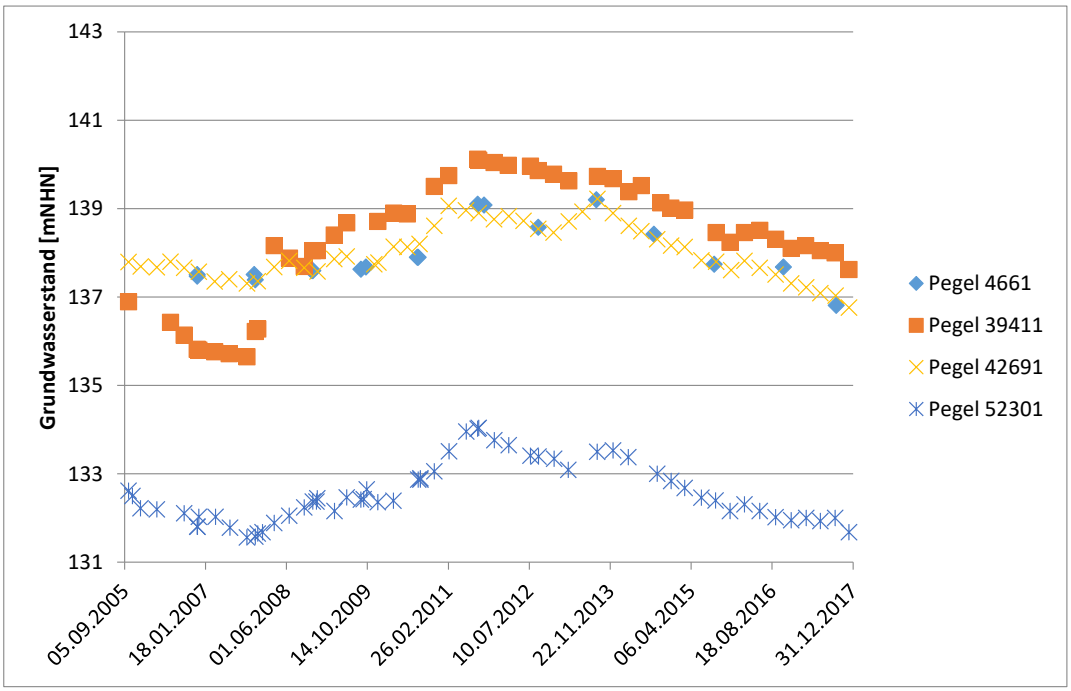


Abbildung 2-4: Entwicklung der Grundwasserstände im Bereich der Luzerneanbauflächen

Die Grundwasserverhältnisse im Bereich der Pegel auf der Kippe Witznitz außerhalb des Luzerneanbaues sind durch relativ flurnahe Grundwasserstände geprägt (s. Abbildung 2-5). Die Amplitude der Grundwasserstandsveränderungen ist kleiner.

Als „robust“ gegenüber Änderungen der klimatischen Verhältnisse verhalten sich die Grundwasserstände der Pegel im betrachteten westlichen Bilanzgebiet. Das Grundwasserhochwasser 2010/2011 und die hohen Grundwasserneubildungsbedingungen in 2013 sind auch aus diesen Ganglinien zu erkennen (s. Abbildung 2-6). Die geringe Amplitude dürfte aus der forstwirtschaftlichen Nutzung und der damit verbundenen geringeren Grundwasserneubildung und dem großen Grundwasserflurabstand resultieren.

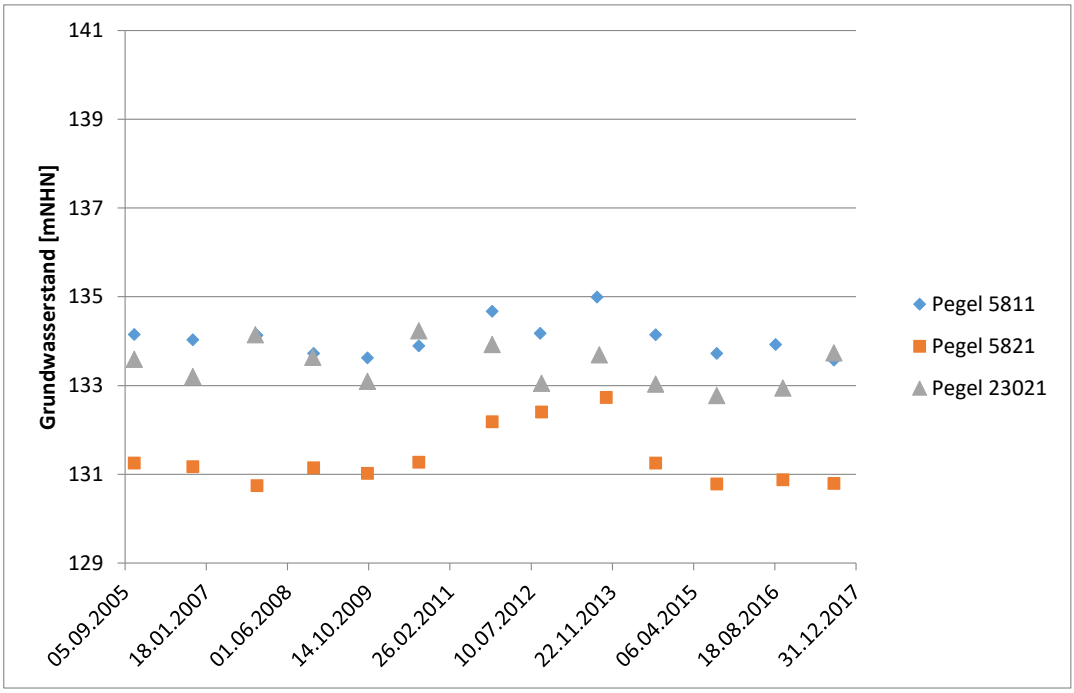


Abbildung 2-5: Entwicklung der Grundwasserstände außerhalb der Luzerneflächen

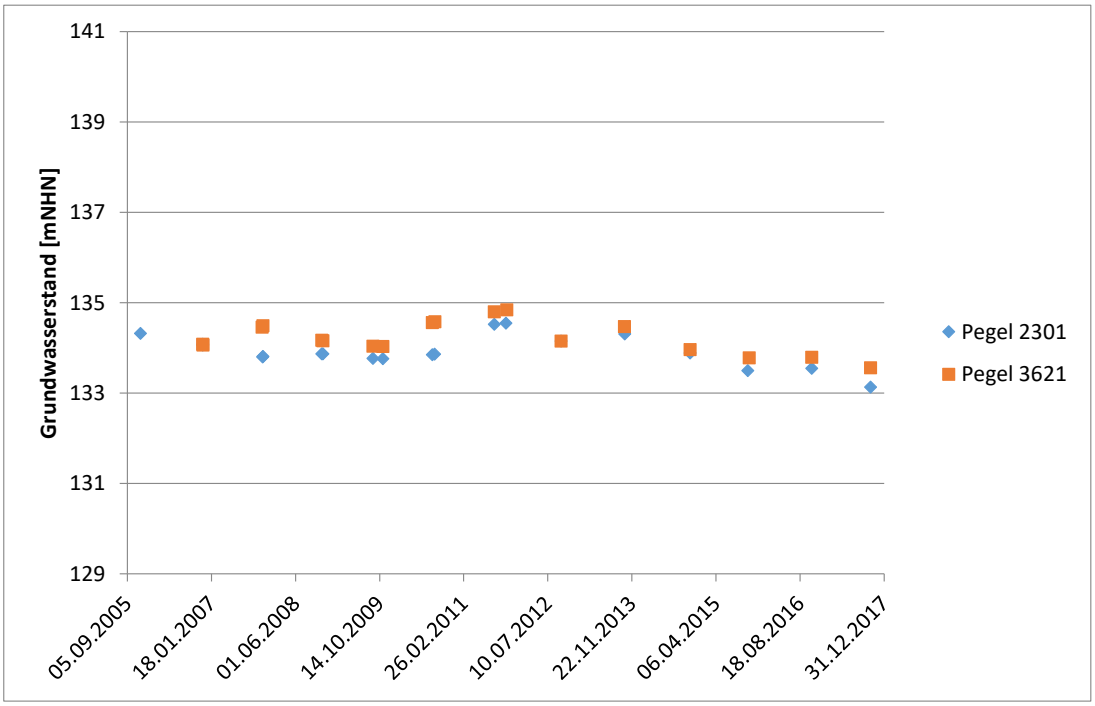


Abbildung 2-6: Entwicklung der Grundwasserstände im westl. Bilanzgebiet

2.1.1.2 Entwicklung der Eisen- und Sulfatkonzentrationen im Zustrom der Pleiße

Die Daten aller im Untersuchungsgebiet vorliegenden Monitoringprogramme zur Grundwasserbeschaffenheit wurden in eine einheitliche Datenbasis überführt und mit der Datenabfrage 2017 ergänzt. Nachfolgend werden die Ergebnisse der Auswertung in [1m] zusammenfassend dargestellt.

Die Veränderungen in der Auswahl der relevanten Messstellen in der Datenbasis ergeben sich bilanzgebietsbezogen wie folgt:

Bilanzgebiet	Anzahl der GWMST mit letzter Probenahme älter als 2012
1W	6
2W	2
4W	1
5O	3
6W	1
7O	1
8O	2
8O	3
9W	3

Im Vergleich zum letzten Monitoringbericht entfällt nun im Bilanzgebiet 2W eine Grundwassermessstelle aus der Betrachtung.

Insgesamt wurden 2.211 Probennahmen dem relevanten Einzugsgebiet Grundwasser zugeordnet.

Parameter Eisen

Zunächst erfolgt die Auswertung für den Parameter Eisen. Mit der Aufbereitung der Datenbasis erfolgte die Auswahl und Zuordnung der Grundwassermessstellen durch die Kombination der Lage der GWMST im jeweiligen Bilanzgebiet, Grundwasserleiter sowie der Zustromrichtung. Um einen Überblick über das gesamte Spektrum der Messwerte bilanzgebietsbezogen zu erhalten, erfolgte eine weitere Zusammenfassung der Kategorie Grundwasserleiter, so dass lediglich hinsichtlich des Grundwasserleiters Kippe/außerhalb Kippe unterschieden wird.

Die Datenbasis 2017 beinhaltet 2.208 Beprobungen im Grundwassereinzugsgebiet. Je nach Parameterverfügbarkeit der Konzentrationen an:

- Fe_{ges} 1.246 St.
- Fe_{gel} 764 St.
- Fe^{2+} 54 St.
- Fe < Nachweisgr. 48 St.
- ohne Analysen Fe 96 St.

erfolgte die Auswertung.

Die Verteilung der Grundwassergütemessstellen im Grundwassereinzugsgebiet der Pleiße ist sehr unterschiedlich. Unterrepräsentiert sind die Bilanzgebiete 7O und 9O.

Die Abbildung 2-7 (S. 12) zeigt die Statistik für den Parameter Eisen bilanzgebietsbezogen über alle Spezies. Auch hier ist das Haupteintragsbilanzgebiet 4 deutlich erkennbar. Gleichbleibend hohe Eisenkonzentrationen wurden wieder im Bilanzgebiet 7 gemessen (7O_K, Mst. 306, 1.300 mg/l Fe(gel)).

Weiterhin ist in der Darstellung nun auch das Bilanzgebiet 8O, bedingt durch einen hohen Analysewert an Mst. 809 (3.000 mg/l Fe(ges)), auffällig.

Das Diagramm zeigt die räumliche Verteilung der gemessenen Eisenkonzentrationen unter Berücksichtigung der jeweils letzten Analyse.

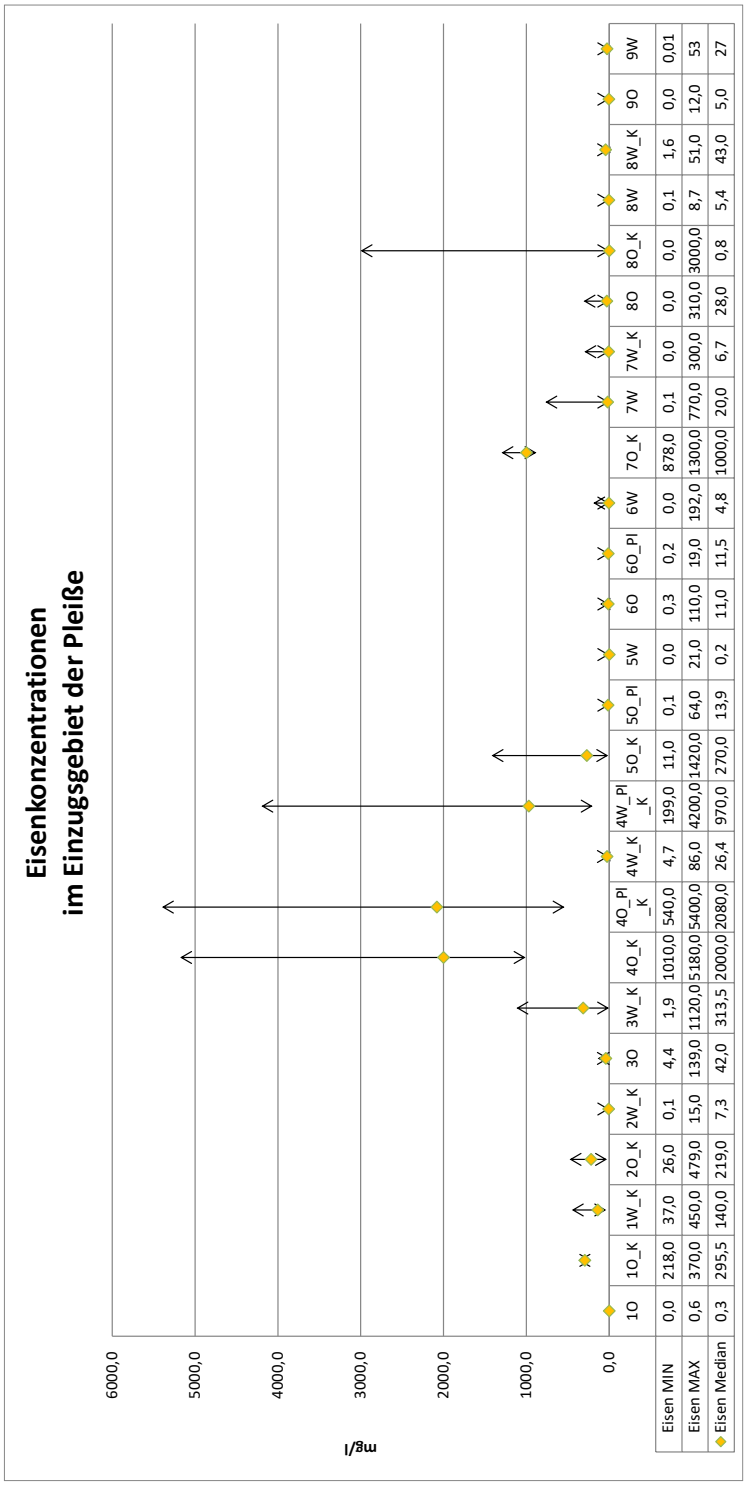


Abbildung 2-7: Eisenkonzentration Grundwasser im Einzugsgebiet der Pleiße, statistische Auswertung der Datenbasis 2017

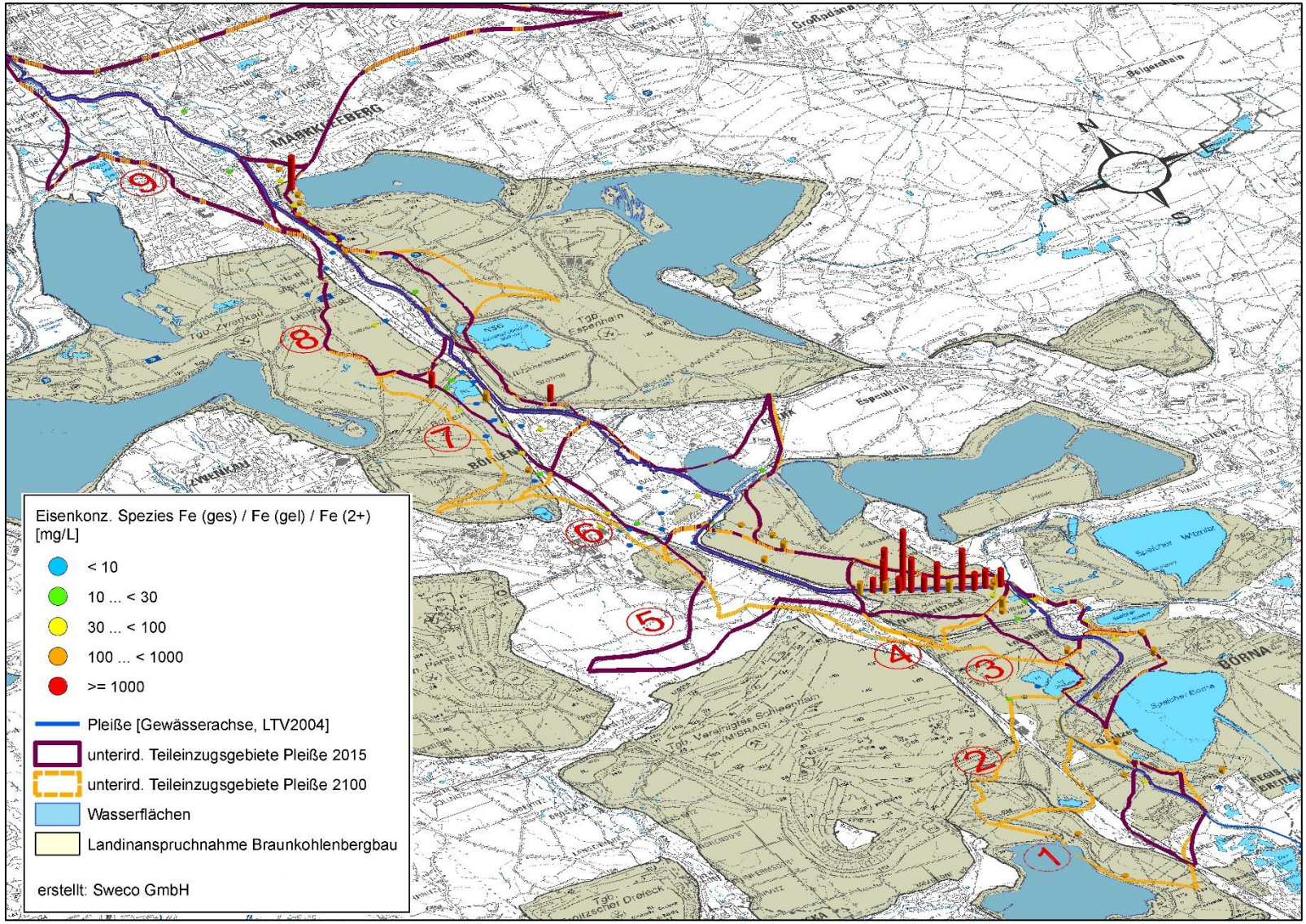


Abbildung 2-8: Eisenkonzentrationen im Einzugsgebiet der Pleiße, jeweils letzte Analyse der Datenbasis 2017

Die Messstelle 809 liegt zwischen dem Markkleeberger See und der Pleiße, gerade noch außerhalb des Einzugsgebietes zur Pleiße. Zur Vergleichbarkeit wurden die weiter südl. gelegenen Grundwassergütemessstellen ebenfalls ausgewertet, welche durchweg geringere Eisenkonzentration ausweisen. Die Situation ist in Abbildung 2-9 dargestellt.

Die lokal hohen Eisenkonzentrationen fließen dem Markkleeberger See zu (Hydroisohypsen mit einem Gradienten in Richtung Markleeberger See).

Die Pleiße verläuft in diesem Bereich auf unverritztem Boden. Daher werden in unmittelbarer Nähe der Pleiße unauffällige Eisenkonzentrationen von 0,34 mg/l bzw. 2,1 mg/l gemessen.

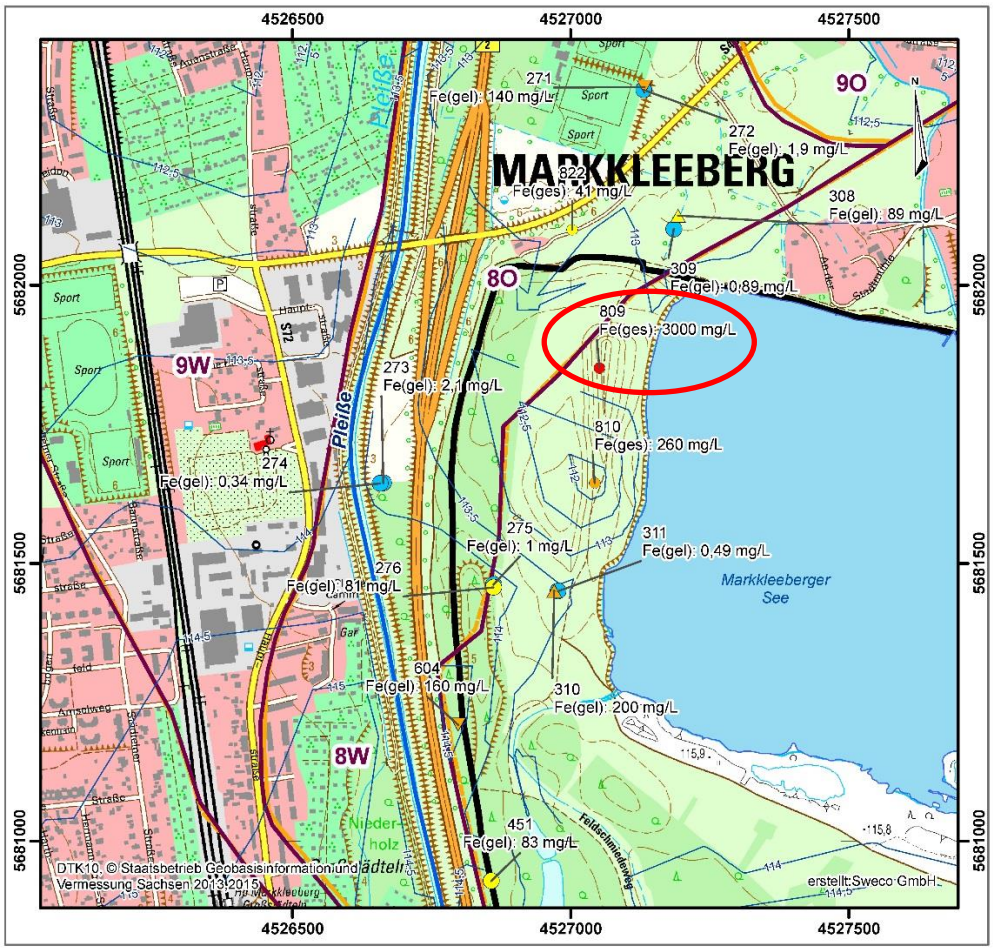


Abbildung 2-9: Lage der Messstelle 809, letzte Analyse Fe-Spezies, Hydroisohypsen 2016

Die nächsten Beprobungskampagnen im Rahmen des MHM werden zeigen, ob die mit der Erstbeprobung festgestellten hohen Eisenkonzentrationen bestätigt werden.

Die folgenden Diagramme zeigen für ausgewählte Messstellen (mit einer festgestellten Zunahme der Eisenkonzentration) den zeitlichen Verlauf. Wie bereits dargestellt, werden die höchsten Eisenkonzentrationen im Bilanzgebiet 4 gemessen. Im Diagramm (Abbildung 2-10) ist eine steigende Tendenz an mehreren pleißenahen Messstellen sowie der Multilevelmessstelle M1-2 (Messplatz Kippe Witznitz) ersichtlich.

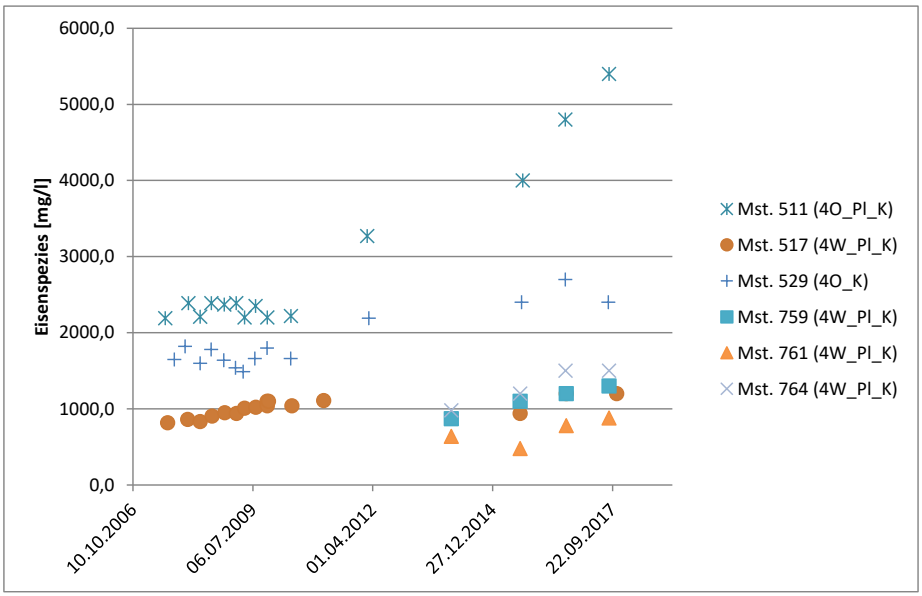


Abbildung 2-10: Verlauf (Zunahme) der ermittelten Eisenkonzentrationen ausgewählter Messstellen (hohe Eisenkonzentrationen im Bereich der Kippe Witznitz)

Eine Zunahme der Eisenkonzentration insgesamt auf einem geringeren Konzentrationsniveau zeigt das folgende Diagramm.

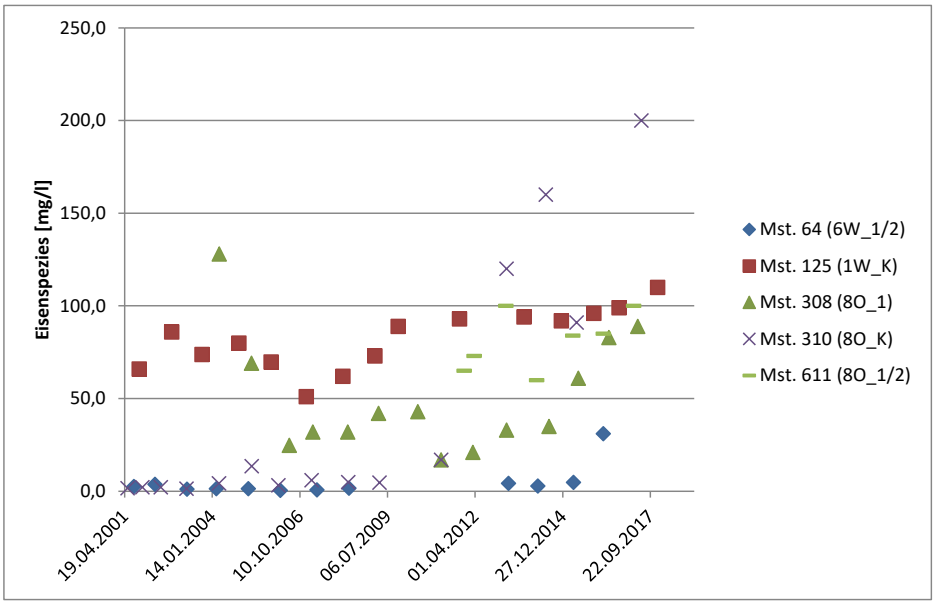


Abbildung 2-11: Verlauf (Zunahme) der ermittelten Eisenkonzentrationen ausgewählter Messstellen

Ein großer Teil der Pegel im Bilanzgebiet 7W wird im Rahmen des Monitorings der IAA Ostausfahrt Böhlen kontinuierlich beobachtet. Die Lage weiterer Bereiche mit möglichen Fremdeinflüssen auf die Grundwasserqualität ist in Anlage 2 dargestellt. Der Trend der Zunahme der Eisenkonzentration im BG 7W, wie im letzten Jahresbericht dargestellt, kann mit der ergänzten Datenbasis nicht mehr festgestellt werden.

Abnehmende Eisenkonzentrationen konnten an ausgewählten Messstellen auch festgestellt werden. Grundsätzlich ist keine einheitliche Tendenz feststellbar. Zunahmen wie auch Abnahmen der Konzentration betreffen oft die gleichen Bilanzgebiete.

Parameter Sulfat

Einen Überblick über die Datenbasis 2017 (Leitparameter der Pyritoxidation Sulfat) zeigt das folgende Diagramm (Abbildung 2-12). Hier sind bilanzgebietsbezogen Minimum, Maximum sowie der Median aller ermittelten Konzentrationen im GW-Zustrom der Pleiße dargestellt.

Den Schwerpunkt der Pyritoxidation bzw. des Sulfatzustromes aus dem Grundwasser in die Pleiße bildet bekanntermaßen das Bilanzgebiet 4. Die gemessenen Sulfatkonzentrationen im Bilanzgebiet 4 weisen eine hohe Bandbreite auf. Die höchsten Sulfatwerte wurden an den mehrfachverfilterten Messstellen des Kippenmessplatzes ermittelt.

Weiterhin wurden hohe Werte auch im Bilanzgebiet 7 gemessen (u. a. Messnetz der LEAG IAA Böhlen). Ebenso fällt die bereits oben erwähnte GWMST im BG 8O auch hinsichtlich der Sulfatkonzentrationen auf.

Insgesamt sind aus dem Verlauf der gemessenen Konzentrationen keine einheitlichen Tendenzen, bedingt durch die Heterogenität der Messstellenstandorte (Gewachsenes / Kippe / unterschiedliches Kippeninventar / Alter der Kippe etc.) und der unterschiedlichen Messstellendichte, abzuleiten.

Relevante Zunahmen an Sulfatkonzentrationen wurden an mehreren Grundwassermessstellen festgestellt. Auf insgesamt hohem Niveau betrifft das vor allem die Messstelle 511 im Bilanzgebiet 4O. Die Steigerung der Sulfatkonzentration hält hier weiter an.

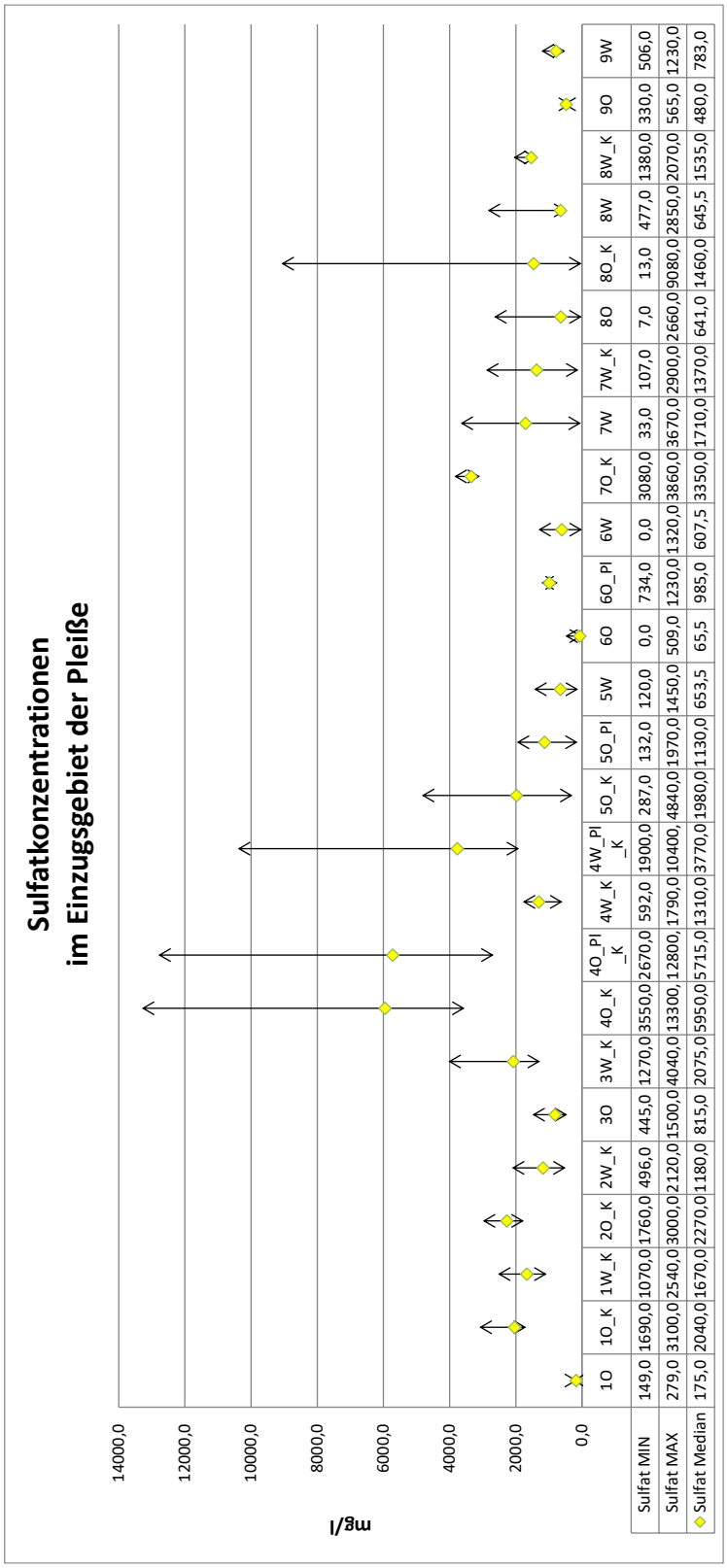


Abbildung 2-12: Sulfatkonzentration Grundwasser im Einzugsgebiet der Pleiße, statistische Auswertung der Datenbasis 2017

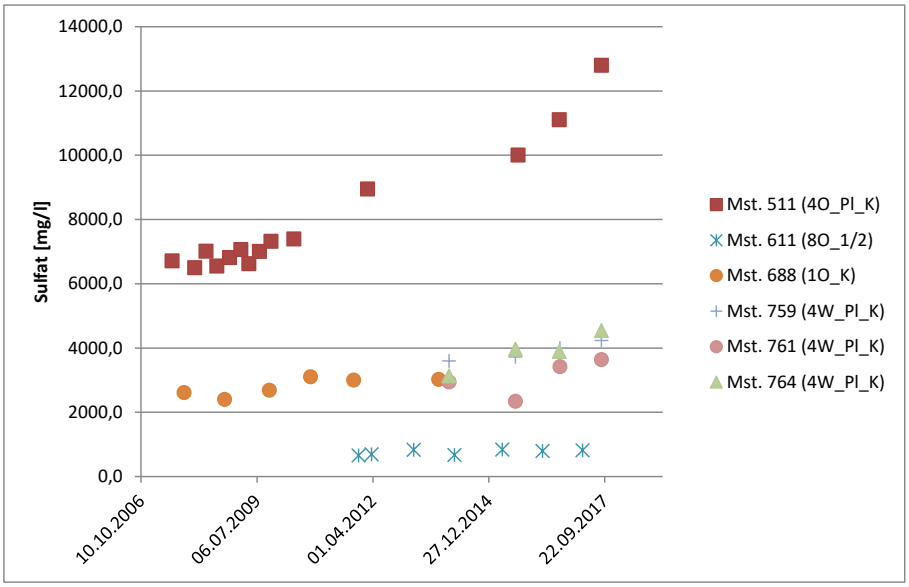


Abbildung 2-13: Verlauf der ermittelten Sulfatkonzentrationen ausgewählter Messstellen (hohes Niveau der Sulfatkonzentrationen)

2.1.2 Monitoring Messplatz Kippe Witznitz

Seit Oktober 2007 wurden mehrere Monitoring-Kampagnen im Bereich des Messplatzes Kippe Witznitz zur Erfassung der quantitativen und qualitativen Grundwasserverhältnisse durchgeführt.

Die letzte Kampagne (Grundwasserdynamik und –güte) am Standort Messplatz Kippe Witznitz erfolgte im Zeitraum vom 14.08. bis 30.08.2017 sowie an zwei GWM am 27.10.2017. Es umfasste die Untersuchung von 3 Mehrfachmessstellen mit insgesamt 13 Filterstrecken sowie 25 zu Grundwassermessstellen ausgebauten Rammpegeln. Das Grundwassermonitoring am Messplatz der Kippe Witznitz ist umfassend in einem gesonderten Bericht [3f] mit Stand vom 17.10.2018 dokumentiert. Die Ergebnisse der Grundwasseranalysen sind bereits im Kapitel 2.1.1 mit der Abfrage und Auswertung der Daten aus dem MHM der LMBV eingeflossen, daher werden an dieser Stelle die Schlussfolgerungen des Bearbeiters [3f] dargestellt.

Alle drei Mehrfachmessstellen wiesen saure bis schwach saure Verhältnisse auf (pH 3,6 – 5,9). Der Mineralisationsgrad des Grundwassers ist hoch, die elektr. Leitfähigkeiten waren in allen Messpunkten mit 4.550 µS/cm bis 8.140 µS/cm deutlich erhöht.

Insbesondere Sulfat (bis 7.920 mg/l) und $Eisen_{gelöst}$ (bis 3.500 mg/l) waren zumeist extrem erhöht. Weiterhin wiesen alle Messpunkte z. T. sehr hohe Nettoaciditäten (bis 38,2 mmol/l) auf. Allgemein wiesen die oberen Filterlagen die höchsten Messwerte auf. Weiterhin war mit Abnahme des Flurabstandes (in Richtung der Pleiße) zudem eine Zunahme der Konzentrationen erkennbar. Mit Zunahme der Teufe ging eine Abnahme der Konzentrationsniveaus einher (Ausnahme M1-4). Zudem ist davon auszugehen, dass innerhalb der Kippe sehr inhomogene Ablagerungsverhältnisse bestehen. Die Messwerte bei der Karbonathärte liegen auf dem Vorjahresniveau zwischen 0 und 78 mg CaO/l.

Einher gehend mit den niedrigen pH-Werten waren mehrfach erhöhte Schwermetalle nachweisbar (insbesondere Nickel und Zink). Die aktuelle Entwicklung deutet für die Zukunft auf eine weiterhin deutliche

Beeinflussung des Grundwassers durch die Kippe. Eine weitere Versauerung ist in Anbetracht der pH-Wert-Entwicklung im Bereich der oberen Filterlagen wahrscheinlich. Neben anhaltend hohen Eisen- und Sulfatfrachten im Grundwasser ist eine anhaltende Mobilisierung von Schwermetallen mittelfristig ebenso zu erwarten.

Ein weiterer Schwerpunkt der Auswertung durch den Bearbeiter war die Betrachtung der Messwerte und Entwicklungen in den Längs- und Querprofilen an den Rammpegeln auf der Kippe Witznitz sowie beidseits der Pleiße.

Die Pegel weisen ein überwiegend stark saures Milieu auf. Lediglich 6 Messstellen weisen pH-Werte >5,5 auf. Demensprechend wurden für die Parameter $Eisen_{gelöst}$ (bis 5.400 mg/l), Sulfat (bis 12.800 mg/l), elektr. Leitfähigkeit (bis 9.940 µS/cm), Nettoacidität (bis 95,2 mmol/l) nahezu überall sehr hohe Konzentrationen ermittelt. Karbonatpuffer waren nur noch an wenigen Messpunkten vorhanden. In diesem Zusammenhang wurden zum Teil deutlich erhöhte Schwermetallkonzentrationen ermittelt. Bei Nickel bis max. 2,8 mg/l und bei Zink bis 6,6 mg/l.

Im Vergleich zu früheren Messungen waren folgende Veränderungen auffällig:

- nördliche Kippe RKB14: Anstieg seit 2012 bei $Eisen_{gelöst}$ und Sulfat
- nördliche Kippe RKB17: Rückgang bei Sulfat und Nettoacidität seit 2012, Hinweis auf Abnahme der Pyritoxidationsintensität
- pleißenahe RKB (bis Neukieritzsch) – 4 Stück: mehrfach Anstiege bei $Eisen_{gelöst}$ und Sulfat bei ohnehin schon sehr hohen Messwerten →Hinweis auf anhaltend starke Pyritoxidation (hohes Nachlieferungspotential) sowie Eintrag von sauerstoffreichen Sickerwässern (Verstärkung der Pyritoxidation)
- pleißenahe RKB (ab Neukieritzsch) – RKB: mehrfach deutliche geringere Konzentrationen – durch die oberflächennahe Lage kam es hier vermutlich zu einer starken Verdünnung

Fazit des Bearbeiters:

Für den Teilabschnitt von der Wyhra-Mündung bis zur Ortslage Neukieritzsch ist insgesamt ein deutlicher Zustrom von bergbaulich beeinflussten Wässern festzustellen. Die beeinflussten Grundwässer strömen der Pleiße hier beidseitig zu. Ein Rückgang der hohen Eisen- und Sulfatgehalte ist mittelfristig nicht zu erwarten, so dass auch künftig nicht unerhebliche Eiseneinträge in die Pleiße erfolgen werden.

Die Fortführung des Grundwassermonitorings in der aktuellen Form (Ein-Jahresrhythmus) wird empfohlen. Dabei sollte darauf geachtet werden, die Probenahme bei Niedrigwasser der Pleiße durchzuführen, um die Zugänglichkeit der im Uferbereich gelegenen Messpunkte zu gewährleisten.

2.1.3 Fazit aus Sicht der Gesamtbetrachtung

Wie bereits in den letzten Jahresberichten festgestellt, ist der Grundwasserwiederanstieg im Einzugsgebiet der Pleiße außerhalb der vom aktiven Bergbau beeinflussten Areale weitestgehend abgeschlossen. Aufgrund der hydrometeorologischen Situation und der daraus resultierenden geringeren Grundwasserneubildung ist ein Rückgang der Grundwasserstände ausgehend von Grundwasserhochwasser 2011 auf der Kippe Witznitz zu beobachten. Seit 2015 wird Luzerne auf der Kippe Witznitz mit wachsenden Flächenanteilen angebaut. Die volle Wirksamkeit der Maßnahmen des Luzerneanbaues kann sich erst nach der Etablierung der Pflanzen ausbilden. Die bisher beobachteten Grundwasserstandsrückgänge sind vor allem auf die negative Grundwasserbilanz zurückzuführen.

Seit 2015 wird Luzerne auf der Kippe Witznitz mit wachsenden Flächenanteilen angebaut. Aufgrund des geringen bis jetzt beobachteten Zeitraums kann eine Wirkung in den Ganglinien nicht nachgewiesen werden (zumal der erwartete Effekt durch die negative Grundwasserbilanz überlagert wird).

Die bergbauliche Beeinflussung des Grundwassers im Einzugsgebiet der Pleiße ist nach wie vor (mit dem Schwerpunktbereich der Kippe Witznitz) unverändert gegeben. Ein Rückgang der hohen Eisen- und Sulfatgehalte ist mittelfristig nicht zu erwarten, so dass auch künftig nicht unerhebliche Eiseneinträge in die Pleiße erfolgen werden.

Mit der Pyritoxidation und der damit einhergehenden Versauerung des Grundwassers ist die Mobilisierung von Schwermetallen verbunden. Analysen des Grundwassers am Messplatz der Kippe Witznitz zeigten deutliche Erhöhungen bei Nickel bis max. 2,8 mg/l und bei Zink bis 6,6 mg/l.

Um die Beeinflussung des Pleißewassers in Bezug auf die genannten Parameter einschätzen zu können, wurden die Oberflächenwasserbeschaffenheitsdaten[1] an Messstellen der Pleiße und für die Messstelle an der Wyhra vor der Pleißemündung für das Jahr 2016 ausgewertet.

So wurden vor Querung des Kippenmassivs bei Lobstädt im Pleißewasser Nickelkonzentrationen von 2,25 µg/L (Median) bzw. 2,65 µg/L (maximal) gemessen. Die Nickelkonzentration in der Wyhra betrug vor der Mündung in die Pleiße 3,45 µg/L (Median) bzw. 3,45 µg/L (Maximum). Nach der Kippe Witznitz wurde an der Oberflächenwassermessstelle Neukieritzsch eine Nickelkonzentration von 3,4 µg/L (Median) bzw. 5,1 µg/L (maximal) festgestellt.

Gem. Oberflächengewässerverordnung ist eine Jahresdurchschnitts-Umweltqualitätsnorm JD-UQN für den Parameter Nickel von ≤ 4 µg/L zu beachten. Wobei sich dieser Wert auf den bioverfügbaren Anteil von Nickel bezieht. Die zulässige Höchstkonzentration (ZHK-UQN) für Nickel beträgt 34 µg/L.

In der nachfolgenden Abbildung sind die Messwerte im Verlauf der Pleiße aufgetragen. Im Vergleich mit den Umweltqualitätsnormen ist somit feststellen, dass:

- eine Erhöhung der Nickelkonzentration an der Messstelle Neukieritzsch im Vergleich zur Messstelle Lobstädt in der Pleiße zu verzeichnen ist,
- der Einfluss aber bei weitem nicht so groß wie bei dem zu verzeichnenden Eiseneintrag ist,
- die Jahresdurchschnitts-Umweltqualitätsnorm JD-UQN für den Parameter Nickel von ≤ 4 µg/L eingehalten wird und außerdem
- die Nickelkonzentration des Wassers in der Wyhra vor Mündung in die Pleiße mit 3,45 µg/L höher ist als die Konzentration im Bereich der Pleiße.

[1] Gewässergütedaten, MS-Accessdatenbank Einzugsgebiet Weiße Elster (1999-2016), www.umwelt.sachsen.de

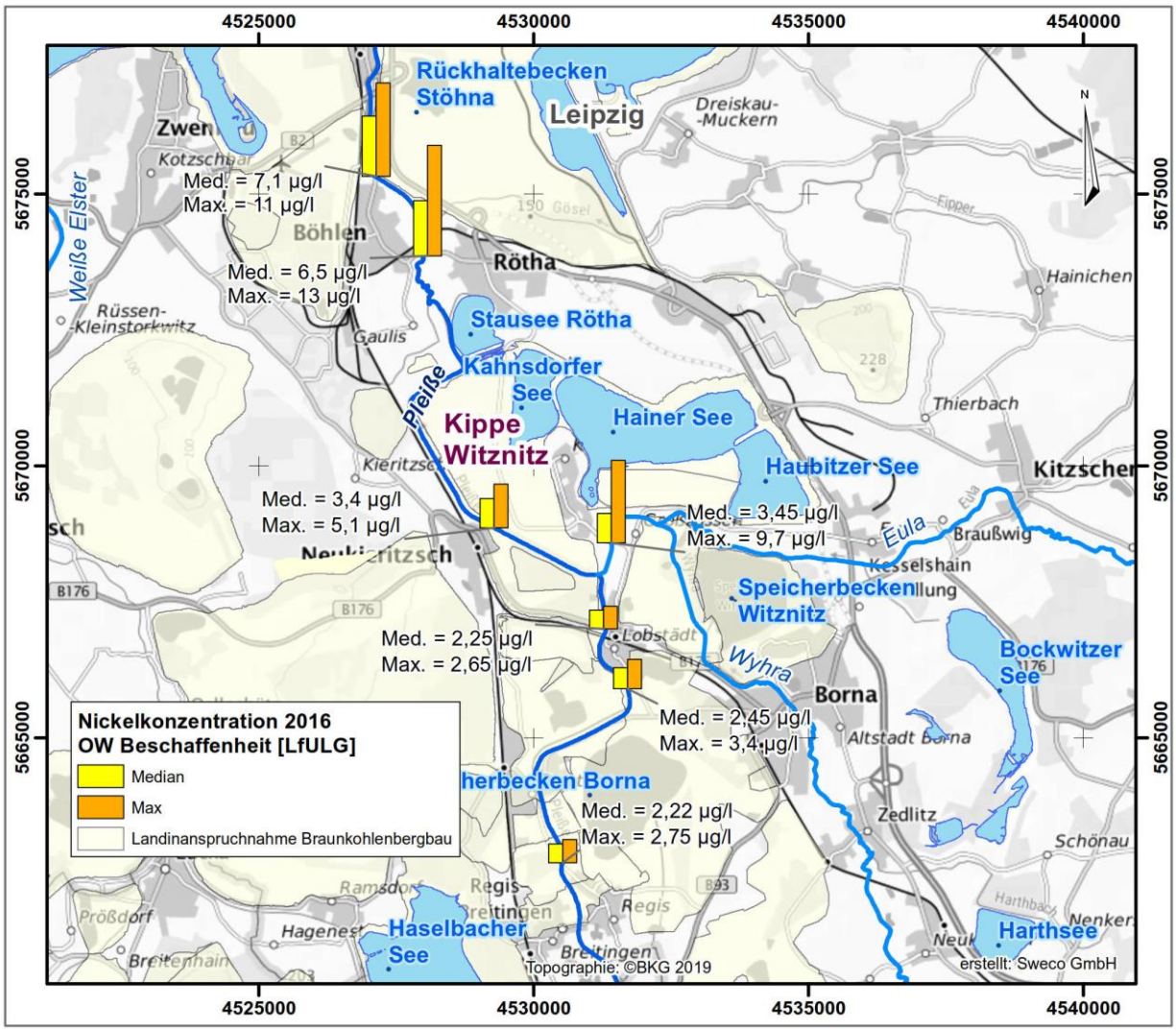


Abbildung 2-14: Nickelkonzentrationen 2016 (Median, Maximalwert), OW Beschaffenheit [LfULG]

2.2 Fließgewässermonitoring Pleiße

Mit der Zielstellung eine Eisenfrachtbilanzierung über das Gesamtjahr zu ermöglichen, erfolgte in den vergangenen Jahren die Beprobung an den Messstellen der Pleiße möglichst in allen Abflussklassen 1 bis 5. Die letzten Auswertungen der Wasseruntersuchungen erfolgten mit dem Jahresbericht 2016 [4o].Das Fließgewässermonitoring wurde in 2018 fortgeführt. Der Bericht zur Dokumentation und Auswertung der Beprobungen an der Pleiße wird im Frühjahr 2019 bearbeitet.

Die Ergebnisse der Untersuchungen bildeten u. a. die Grundlage für die Ableitung der zu erwartenden Eisenkonzentrationem im Bereich des Trachenauer Wehres in Abhängigkeit vom Durchfluss in der Pleiße (s. Abbildung 3-8, S. 36).

Weiterführende Sedimentationsuntersuchungen werden nun maßnahmenbezogen durchgeführt. Wie z. B. im Rahmen der Betrachtung der Durchleitung der Pleiße durch den Kahnsdorfer. Die Ergebnisse sind im Kapitel 3.2.1 zusammenfassend dargestellt.

Um die weitere Entwicklung der Eisenkonzentrationen im Pleißewasser zu betrachten, wurden das Gütemonitoring an der Oberflächenwassermessstelle OBF 53600 (Pleiße Böhlen) mit den Beprobungen von SGL an der Messstelle PL12 (entspricht Pegel Böhlen) ergänzt.

Das nachfolgende Diagramm zeigt den Tagesabfluss am Pegel Böhlen, die Termine der Probenahmen Eisen(gesamt) an der Messstelle des Landes bzw. PL12 sowie die Einordnung in die Abflussklassen.

Für 2017 liegen 4 Messwerte vor (2 x AK2, 1 x AK 4, 1 x AK1).

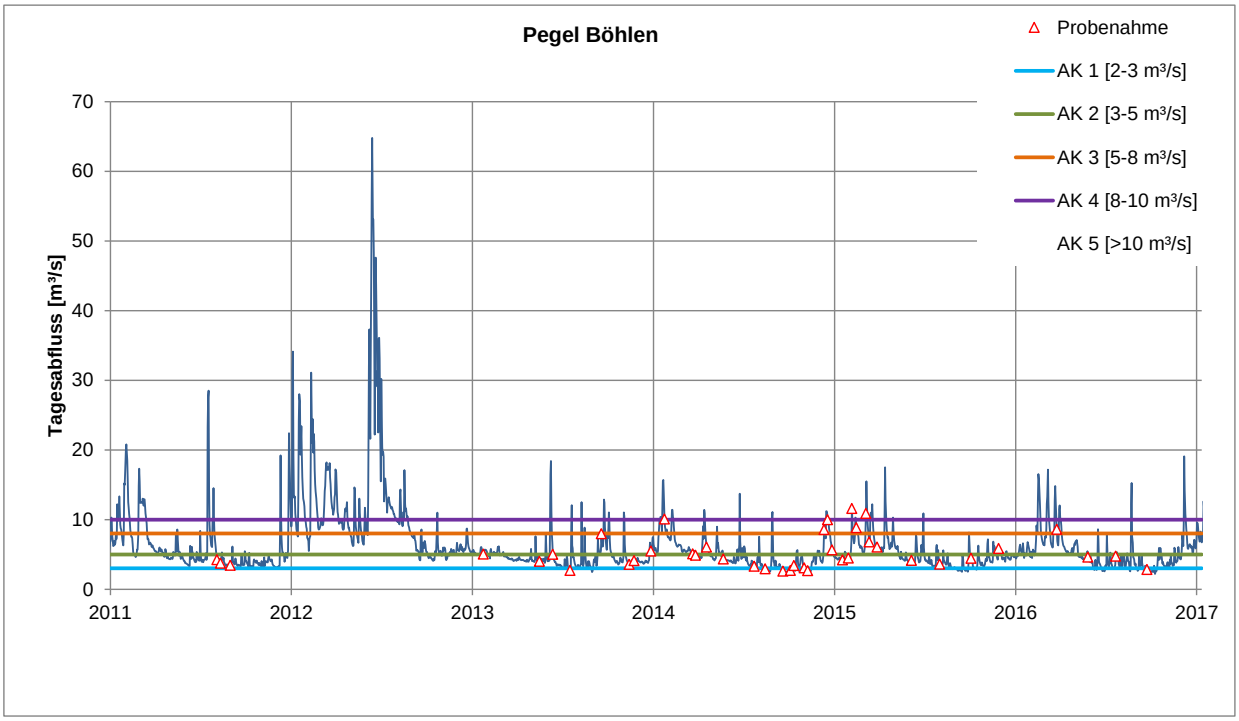


Abbildung 2-15: Ganglinie Tagesabfluss Pegel Böhlen, Termine Probenahme

Zwischen 2013 und ~ 2015 ist eine Streuung (max. 7,5 mg/L, min. 1,19 mg/L) der Eisenkonzentrationen zu erkennen (siehe folgende Abbildung). Ab 2015 schwankt die Eisenkonzentration im Mittel um 2,9 mg/L (Median 2,7 mg/L).

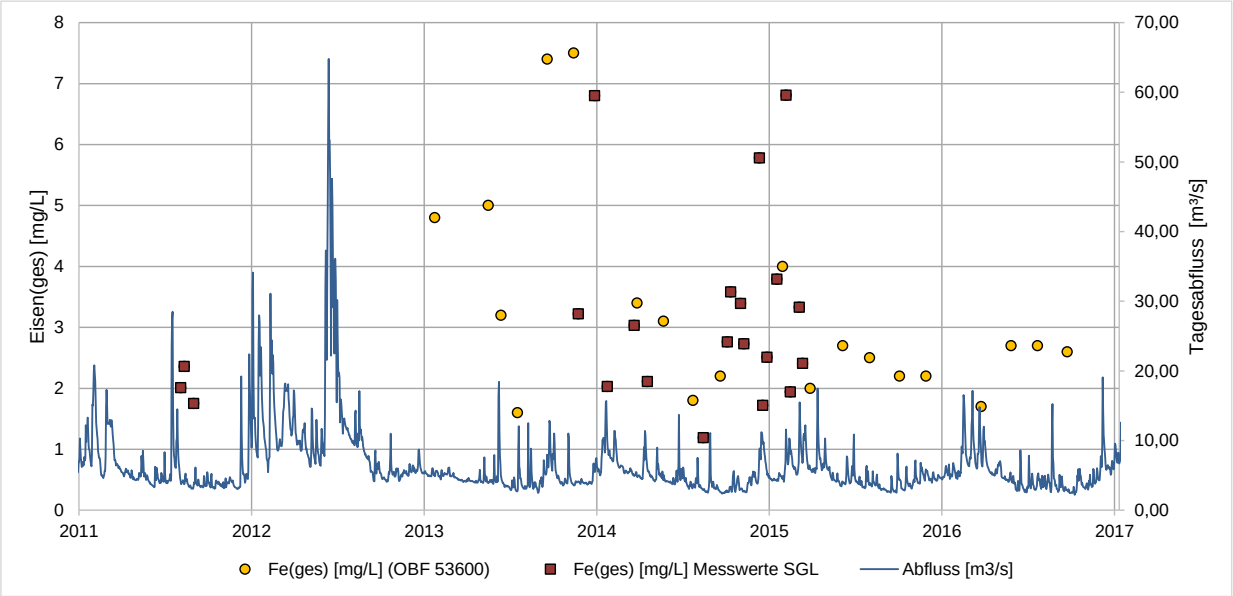


Abbildung 2-16: Eisen(ges) OBF 53600 bzw. Messstelle PL12, Tagesabfluss am Pegel Böhlen

Nach aktuellen Prognosen der Grundwasserzuströme und deren Beschaffenheit [13c] bleiben die Eisenfrachten aus dem Haupteintragsgebiet Kippe Witznitz in diesem Jahrhundert auf sehr hohem Niveau. Mit einem Rückgang der Eisenbelastung der Pleiße ist in den nächsten Jahrzehnten (ohne Maßnahmen) nicht zu rechnen.

3 Realisierte bzw. geplante Maßnahmen zur Reduzierung des Eiseneintrages in die Pleiße

Neben der Weiterführung des Fließgewässer- und Grundwassermonitorings sowie der integralen Gesamtbetrachtung in Form jährlicher Sachstandsberichte, sind im Maßnahmenkonzept der 3. Phase des Pilotprojekts verschiedene Sanierungsmaßnahmen vorgesehen.

Im Folgenden wird anhand der Dokumentationen der jeweilige Arbeitsstand dargestellt.

3.1 Reduzierung des Sickerwasserstromes durch Bewirtschaftung von Kippenflächen

Im Zeitraum 2008 bis 2011 wurde der Pilotversuch zur Reduzierung der Exfiltration von eisenbelastendem Grundwasser aus den Kippen des ehemaligen Tagebaubereiches Witznitz in die Fließgewässer der Pleiße und Wyhra durch Optimierung der Bewirtschaftung sowie bodenverbessernde Maßnahmen durchgeführt und nach einer Übergangszeit ab Herbst 2014 in einen großtechnischen Versuch überführt.

Die Teilflächen A, B, C und D wurde erstmalig 2015 mit Luzerne bepflanzt. 2016 erfolgte die Aussaat von Luzerne dann auf der Teilfläche E, sodass die Gesamtfläche etwa 225,5 ha betrug.

Am 05.10.2017 fand mit der Osterland Agrar GmbH eine Beratung zum aktuellen Stand und zur Weiterführung des Luzerneanbaus auf der Kippe Witznitz statt. Dabei wurden folgende Feststellungen getroffen [9i]:

- „Die Osterland Agrar GmbH wird die Luzerne-Kulturen jeweils 4 Jahre anbauen.
- Danach erfolgt für ein Jahr der Anbau einer Zwischenkultur, wie z. B. Winterweizen, Silomais oder Kartoffeln.
- Flächen A, B, C und D: Aussaat Luzerne 2015
Bewirtschaftung 2016 bis 2019
- Fläche E: Aussaat Luzerne 2016
Bewirtschaftung 2017 bis 2020
- Fläche F und G: Aussaat Luzerne 2017
Bewirtschaftung 2018 bis 2021
- Der konkrete Zeitpunkt der Aussaat der Zwischenkultur hängt von der Kultur und dem Zustand des Luzernebewuchses ab.“

In der folgenden Abbildung sind die aktuellen Anbauflächen auf der Kippe Witznitz in Bezug auf Grundwassereinzugsgebiet der Pleiße dargestellt. Weiterhin sind die Flächen der durchgeführten Meliorationsmaßnahmen und die Lage der Kontrollflächen der fachlichen Begleitung durch GFI dargestellt.

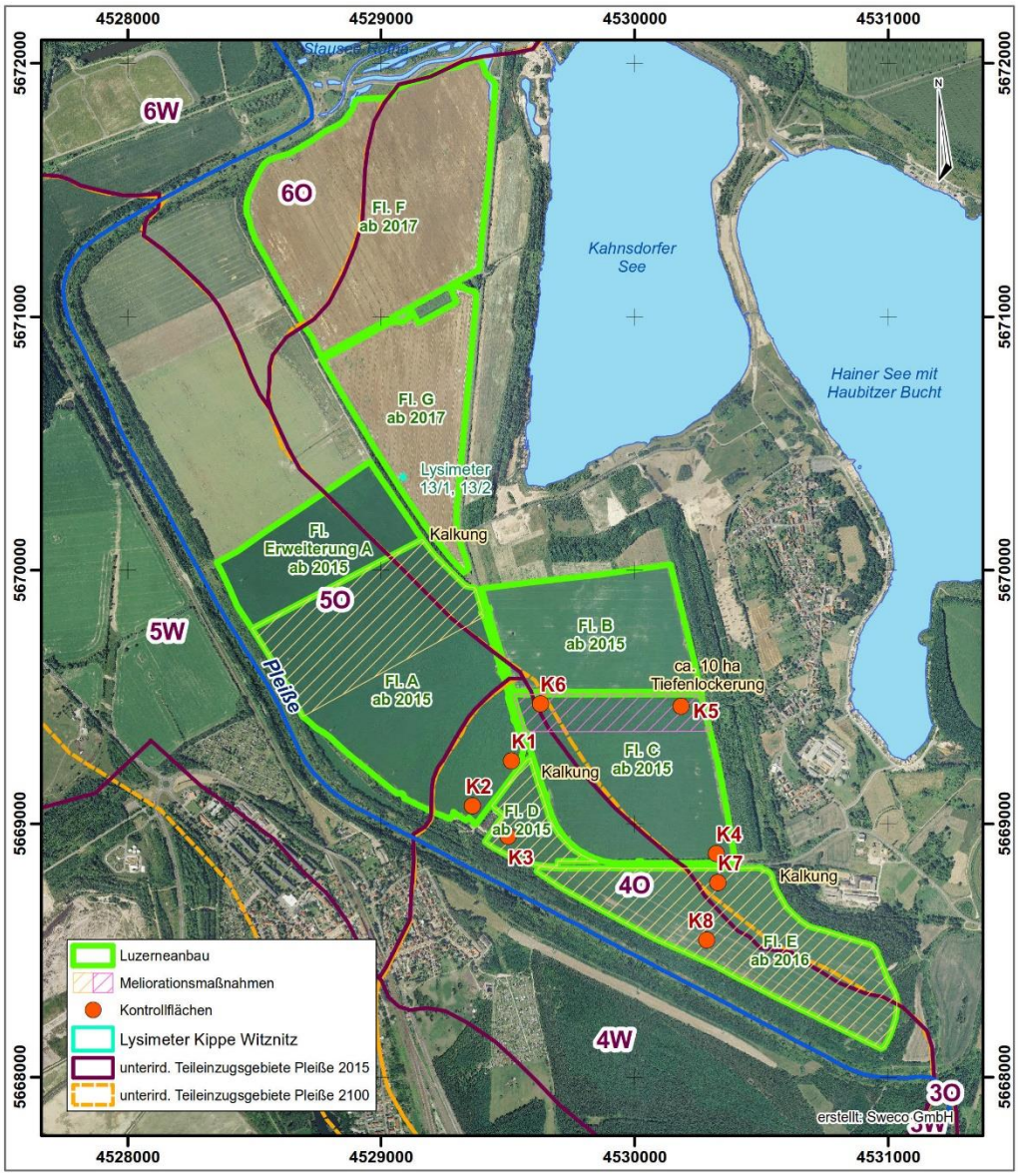


Abbildung 3-1: Übersichtsplan Lage der Luzerneanbaufläche, Maßnahmen zur wissenschaftlichen Begleitung

Die Ergebnisse der wissenschaftlichen Begleitung für das Jahr 2017 sind in [9l] dokumentiert. Die folgende Tabelle zeigt die landwirtschaftlichen Kulturen auf den Lysimetern bis 2018.

Tabelle 3-1: Übersicht zur Bewirtschaftung der Lysimeter in Brandis und Witznitz von 2009 bis 2017 [9l]

	Lysimeter						
Jahr	**12_1**	**12_2**	**12_3**	**13_1**	**13_2**	**14_2**	**14_4**
LS-Station	**Brandis**	**Brandis**	**Brandis**	**Witznitz**	**Witznitz**	**Brandis**	**Brandis**
2009	Lu *(500t/ha Kompost)*	Wr	Lu *(125t/ha Kompost)*	Ww	Ww	Kg	Kg *(125 t/ha Kompost)*
2010	Lu	Ww	Lu	Wg	Wg	Kg	Kg
2011	Lu	Wg	Lu	Wr	Wr	Kg	Kg
2012	Lu	Wr	Lu	Lu	Lu	Kg	Kg
2013	Lu *(Kompost entfernt; Neuaussaat)*	Ww	Lu *(Kompost entfernt; Neuaussaat)*	Lu *(3 l/m² Gärreste)*	Lu *(3 l/m² Gärreste)*	Kg/Lu (80/20)	Lu *(Kompost entfernt; Neuaussaat)*
2014	M	M	M	Lu *(2 l/m² Gärreste)*	Lu *(2 l/m² Gärreste)*	Kg/Lu (80/20)	Lu
2015	Ww	Ww	Ww	M *(3 l/m² Gärreste)*	M *(3 l/m² Gärreste)*	Kg/Lu (60/40)	Lu
2016	Wr	Wr	Wr	Wg	Wg	Kg/Lu (60/40)	Lu
2017	Ww	Ww	Ww	Wr	Wr	Kg/Lu	Lu
2018	M	M	M	Lu	Lu	Kg/Lu	Lu

Lu…Luzerne, Wr….Winterraps, Ww…Winterweizen, Wg…Wintergerste, Kg…Knaulgras, M…Mais

Die Lysimeter 12/1, 12/3, 14/2 und 14/4 gehörten von Beginn an zum Untersuchungsprogramm. Das Lysimeter 12/2 war bis 2013 Referenzlysimeter, aber nur bezüglich der Wasserhaushaltsgrößen. Ab 2014 wurden nach der Umrüstung alle drei 12er Lysimeter 12/1, 12/2 und 12/3 gleich bewirtschaftet. Die Lysimeter 13/1 und 13/2 auf der Kippe Witznitz wurden von Beginn an mit den gleichen Kulturen bewirtschaftet wie die umliegende landwirtschaftliche Nutzfläche. Durch die zum Teil hohen Grundwasserstände lassen sich hier keine Sickerwassermengen ermitteln, sondern nur einige Elemente des Bodenwasserhaushaltes und die Ernteerträge [9l].

Die Kontrollflächen K1 bis K6 auf den Bewirtschaftungsflächen sind seit 2015 mit reinen Luzernebestand bestellt. Im Jahr 2016 wurden zwei weitere Kontrollpunkte K7 und K8 auf den Bewirtschaftungsflächen ergänzt. Die seit 2009 unterhaltenen Versuchsflächen VF1-4 bis VF1-6 wurden 2017 aufgegeben [9l].

Die klimatische Wasserbilanz war 2017 positiv, was zu einer größeren Grundwasserneubildung im Vergleich zu den Vorjahren (negative klimatische Wasserbilanz) führte.

Brandis 36 mm

Witznitz 8 mm

Im niederschlagsreichen Jahr 2013 betrug die klimatische Wasserbilanz

Brandis 138 mm

Witznitz 70 mm

Die monatlichen Extrema traten 2017 in

Brandis 59 mm im November und - 86 mm im Mai und Juni bzw. in

Witznitz 59 mm im November und - 52 mm im Mai auf.

In Auswertung der mit den Lysimetern ermittelten Verdunstungshöhen für die verschiedenen Anbaukulturen der vergangenen Jahre ergeben sich folgende durchschnittliche Verdunstungshöhen (Mittelwerte:

- Luzerne 588 mm
- Knaulgras 623 mm
- Winterraps 605 mm
- Winterweizen 626 mm
- Mais 580 mm
- Wintergerste 542 mm.

Im Jahr 2017 wurden folgende Sickerwassermengen gemessen:

Luzerne: 65,3 mm (14/4) (2016: 49,7 mm)

Knaulgras/Luzerne: 76,9 mm (14/2) (2016: 81,3 mm)

Referenzwert (W-Weizen): 91,3 mm (12/2) (2016: 83,8 mm W-Raps)

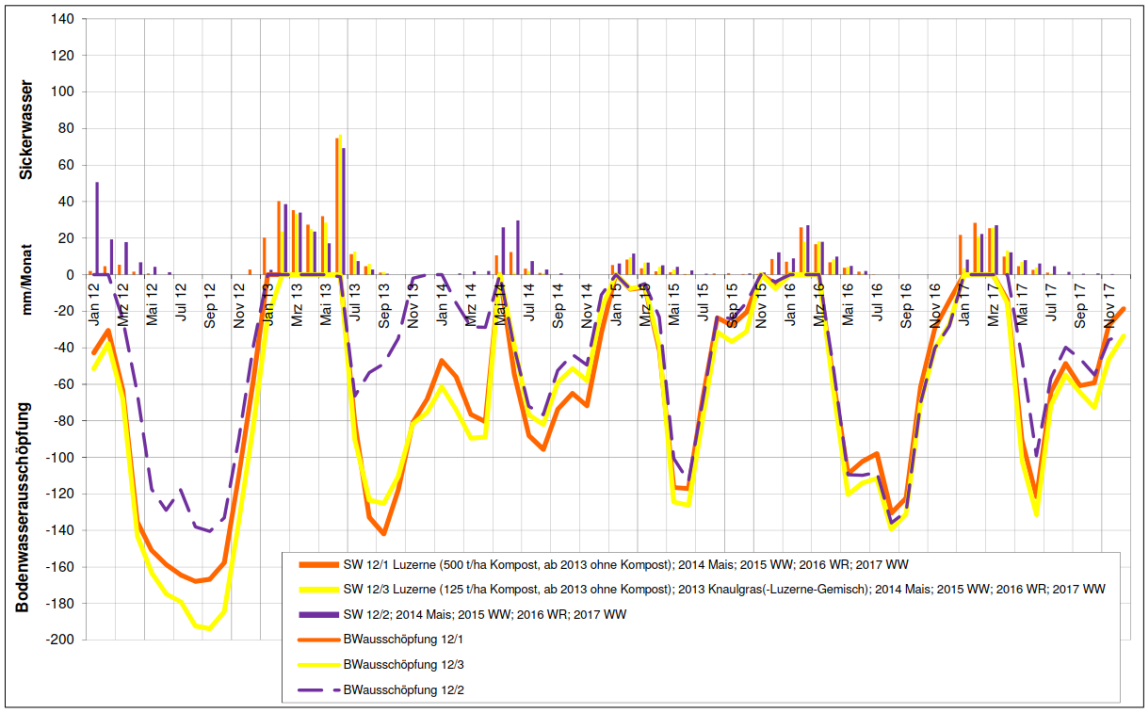


Abbildung 3-2: Darstellung der Sickerwassermengen und Bodenwasserausschöpfung auf den 12er Lysimetern 2012-2017 [9l]

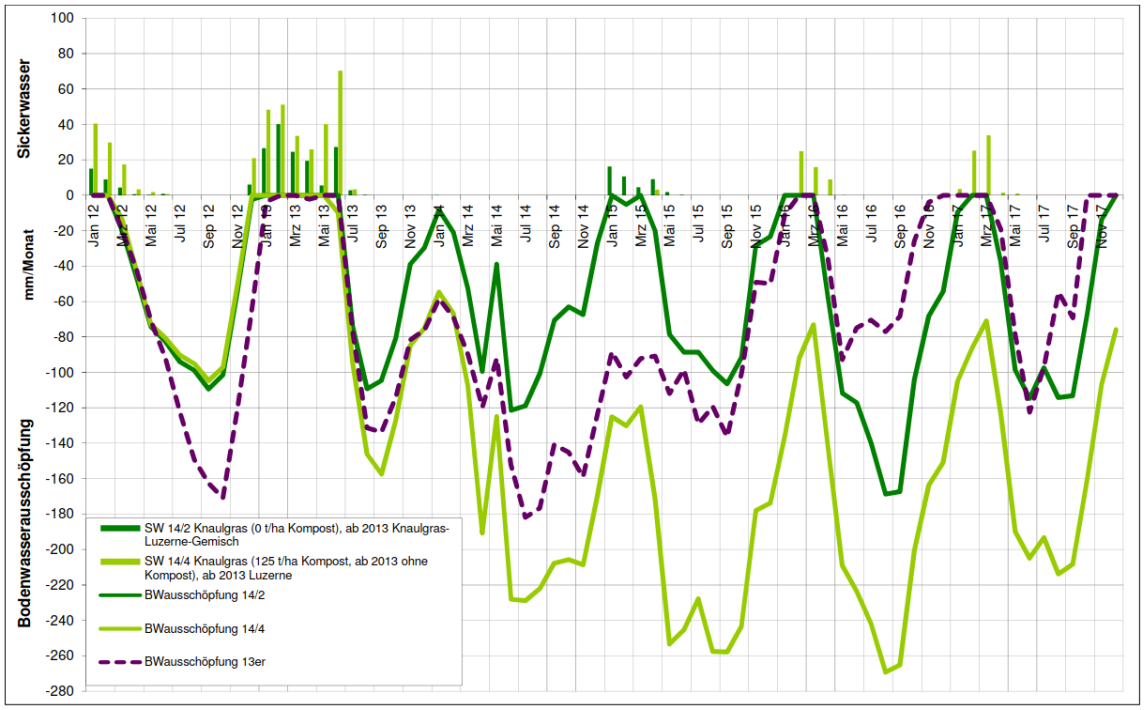


Abbildung 3-3: Darstellung der Sickerwassermengen und Bodenwasserausschöpfung auf den 14er Lysimetern 2012-2017 [9l]

Sickerwassermengen 12er Referenzlysimeter

Die Sickerwassermengen in den Wintermonaten Januar bis April 2017 betrugen auf den 12er Lysimetern 63 mm bis 85 mm und waren damit etwas höher als in den Vorjahren 2015 und 2016. Die hohe positive klimatische Wasserbilanz in den Monaten Oktober 2015 bis März 2016 sowie die geringe Bodenwasserausschöpfung des Winterrapses im Winterhalbjahr bedingten die Sickerwassermengen.
Die auf den 12er Lysimetern gemessenen Sickerwassermengen in den Monaten November 2016 bis März 2017 resultierten ebenfalls aus der positiven klimatischen Wasserbilanz der Vormonate Dezember 2016 und Januar 2017 sowie der geringen Bodenwasserausschöpfung des Winterweizens in den Wintermonaten [9l] (s. Abbildung 3-2).

Sickerwassermengen 14er Lysimeter

Die Sickerwasserbildung im Winter 2012/2013 resultierte aus den erhöhten Niederschlägen Ende 2012. Aber auch im Frühsommer 2013 wurde relativ viel Sickerwasser gebildet, welches aus den hohen Niederschlägen vom Mai und Juni in Verbindung mit dem Bodenaustausch und der Neueinsaat resultierte. 2014 kam es in den 14er Lysimeter zu keiner Sickerwasserbildung. Im Jahr 2015 kam es insbesondere im Lysimeter 14/2 mit Knaulgras-Luzerne-Gemisch zu einer höheren Sickerwasserbildung, als im Lysimeter 14/4 mit reiner Luzerne. 2016 und 2017 kam es zu einer etwa gleich großen Sickerwasserbildung in den Wintermonaten [9i] (s. Abbildung 3-3).

Zusammenfassende Bewertung der Ernteerträge auf der Kippe Witznitz

Auf der landwirtschaftlichen Nutzfläche wurden 2017 5 Ernten durchgeführt. Aus den Ergebnissen der Untersuchungen lassen sich folgende Kernaussagen treffen [9l]:

- Die Erntemenge war mit 676 dt FM/ha höher als in den Vorjahren.
- Im Vergleich dazu lagen die Erträge 2016 bei 649 dt FM/ha und 2015 bei 586 dt FM/ha.
- Die Werte liegen auch leicht über den mittleren Erträgen auf den Versuchsparzellen VF1-4 bis VF1-6 für die Jahre 2009 bis 2016 mit 612 dt FM/ha.
- Die Erträge auf den Kontrollflächen der Bewirtschaftungsflächen lassen hinsichtlich der 2014 durchgeführten Meliorationsarbeiten keine eindeutigen Schlussfolgerungen zu.
- Die Erträge auf den gekalkten Flächen waren gegenüber der nicht gekalkten Flächen etwas höher. Unterschiede zwischen den tiefengelockerten Bereichen und nicht tiefengelockerten Bereichen waren nicht erkennbar.
- Die Trockenmassen-Erträge auf den Kontrollflächen K1 bis K6 waren in den Jahren 2015 bis 2017 im Mittel etwa gleich groß.
- Die Trockenmassen-Erträge auf den Kontrollflächen K7 und K8 lagen auch 2017 wieder unter den Werten der Kontrollflächen K1 bis K6.

Zusammenfassende Bewertung der Ernteerträge auf den Lysimetern

Auf den Lysimetern wurden 2017 4 Ernten durchgeführt, da am 05.10.2017 praktisch keine Frischmasse mehr vorhanden war. Aus den Ergebnissen der Untersuchungen lassen sich folgende Kernaussagen treffen [9l]:

- Die Erträge waren 2017 mit 303 dt FM/ha wie auch in den Vorjahren sehr niedrig, 2016: 375 dt FM/ha und 2015: 387 dt FM/ha.
- Ursache für die Mindererträge auf den Lysimetern waren ungünstige Witterungsbedingungen und Trockenschäden, der Inseleffekt bei freistehenden Lysimetern und die unterschiedlichen Klimawerte zwischen Brandis und Witznitz.
- Letztendlich bedeutet der Unterschied in den Erträgen auch, dass die Grundwasserneubildung auf der Kippe Witznitz viel geringer ist als an den Lysimetern gemessen.

Empfehlung des Bearbeiters

„Nicht zuletzt auch aus den stark differenzierten Erträgen auf der landwirtschaftlichen Nutzfläche und den Lysimetern (letztere wurden mit dem Jahresbericht 2016 zur modellgestützten Wirkungsprognose der Maßnahme am Schutzgut Pleiße verwendet) sollte ab 2018 ein Nachsorgeprojekt durchgeführt werden, um eine Erfolgskontrolle der realisierenden Maßnahmen durchzuführen. Die Bewirtschaftungswirkung des seit 2017 vollumfänglich umgesetzten Luzerneanbaus auf der Kippe sollte mittels Errichtung und Betrieb eines Referenz-Messprofils evaluiert werden. Der Weiterbetrieb der beiden Lysimeter in Brandis sollte auch zur Vorbereitung und Begleitung einer optimierten Fruchtfolge mit einjähriger Zwischenfrucht-Bewirtschaftung nach 4jährigem Luzerneanbau dienen. Diese Fruchtwechsel stehen für die Bewirtschaftung der Kippenflächen der Osterland Agrar GmbH ab den Jahren 2018/2019 an.“

Das Konzept für die technischen Ergänzungsmaßnahmen ist als Anlage zum Jahresbericht 2017 [9l] beigefügt und beinhaltet u. a. die Errichtung von 2 zusätzlichen GWMST einschl. von Bodenmessstellen (ausgerüstet mit Sensoren zur Überwachung des Grundwasserstandes, der Bodenfeuchte und der Saugspannung sowie Datenlogger und -speicher), die Inbetriebnahme und den Betrieb der 3 Messstellen entlang des Sondermessprofiles I (SM I) (s. Abbildung 3-4).

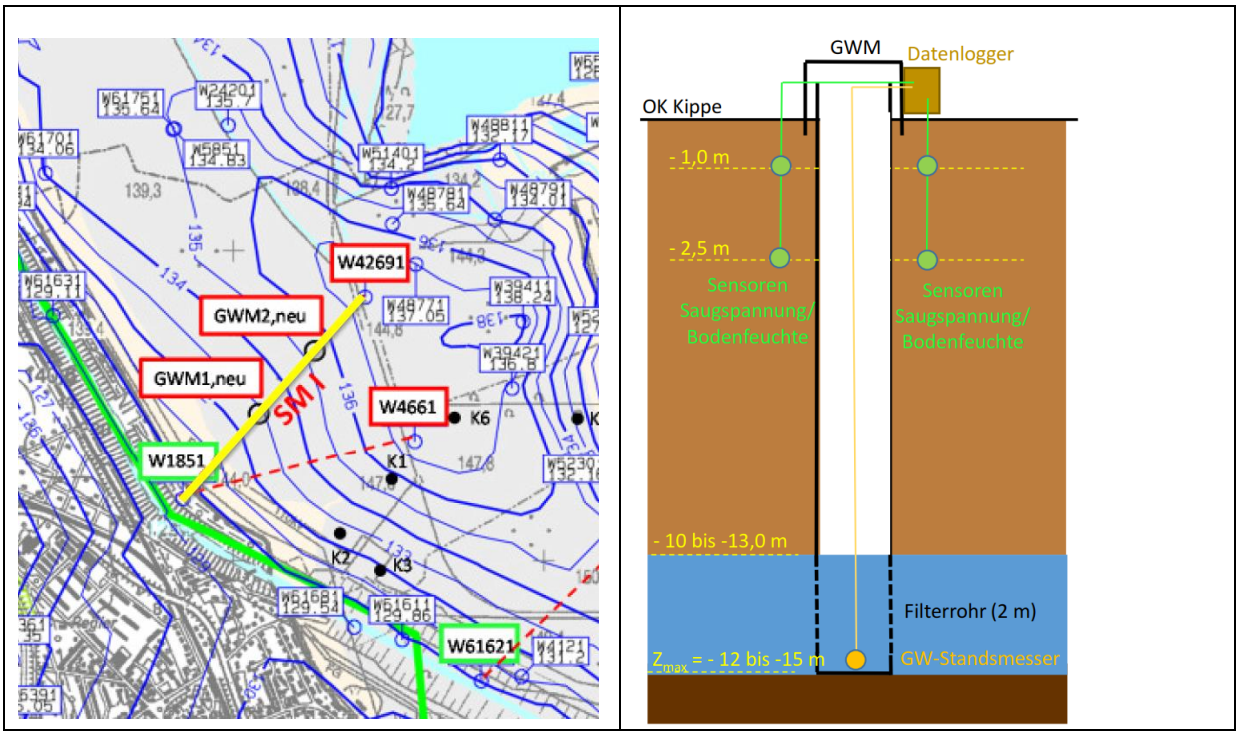


Abbildung 3-4: Lage des Sondermessprofils SM I; schematische Darstellung der technischen Ausrüstung zur Überwachung der Saugspannung, Bodenfeuchte und Grundwasserstand (an GWM1,neu; GWM2,neu und W42691) [nach 9l]

Ziel des erweiterten Monitorings ist die Erfolgskontrolle durch Überprüfung der 2016/2017 erstellten Sicker- und Grundwasserprognosen für den auf der Kippe praktizierten Luzerneanbau mit Fruchtwechsel sowie dessen Auswirkungen auf den Grundwasserabstrom zur Pleiße.

Die Durchführung des erweiterten Monitorings ist zunächst über ca. 5 Jahre vorgesehen (1 Bewirtschaftungszyklus: 4 Jahre Luzerne + 1 Jahr Zwischenfrucht).

Mit der geplanten Anordnung der Sensoren soll die inner- und überjährige Dynamik der Grundwasserstände und Sickerwassermengen inkl. der Bodenfeuchteverteilung gemessen werden. Mit dem Sondermessprofil ist eine Beobachtung der Auswirkungen auf die Entwicklung von Bodenfeuchte und GW-Stand im Realmaßstab möglich.

3.2 Umverlegung der Pleiße im Bereich des ehem. Tagebaus Witznitz II zur Sedimentation von Eisenhydroxidschlämmen

3.2.1 Sedimentationsuntersuchungen

Die GIP GmbH wurden von der LMBV mit der Durchführung von Absetzversuchen zur Ermittlung der Sedimentationsgeschwindigkeit der Eisenhydroxidflocken (EHF) beauftragt.

Probenahme

Die Untersuchung erfolgte an 4 Entnahmestellen PL6 bis PL9 im Flussverlauf der Pleiße zwischen der Fußgängerbrücke Neukieritzsch (Haupteintrag nach der Querung der Kippe Witznitz) und dem Trachenauer Wehr. Die Lage der Messstellen kann der folgenden Abbildung 3-5 entnommen werden.

Die Probenahme erfolgte am 21.03.2017 und am 10.04.2017. Aufgrund der geringen Fe-Konzentration, die mit der Analyse der Proben vom 21.03.2017 nachgewiesen wurde (Fe_{ges} von 1,2 bis 1,7 mg/L), erfolgte eine Wiederholung der Probenahme am 10.04.2017 sowie der Absetzversuche. Am 10.04.2017 betrug die Fe_{ges}-Konzentration 2,5 bis 3,7 mg/L. Aufgrund der insgesamt geringen Konzentration wurden die Beprobungen an den Messstellen PL 6 und PL9 am 22.06.2017, 08.08.2017 und am 29.08.2017 wiederholt [9j].

Die folgende Tabelle zeigt die Anfangskonzentrationen der Probenahmen (PN) I bis V.

Tabelle 3-2: Initiale Fe_{ges}.-Konzentrationen der Probenahmen (PN_I bis PN_V)

	initiale Fe_{ges}-Konzentration [mg/l]				
MST	**PN_I (21.03.2017)**	**PN_II (10.04.2017)**	**PN_III (22.06.2017)**	**PN_IV (08.08.2017)**	**PN_V (29.08.2017)**
PL6	1,78	3,73	60,50	19,90	5,04
PL7	1,43	2,94	-----	-----	-----
PL8	1,18	3,07	-----	-----	-----
PL9	1,09	2,48	3,55	2,57	3,12

----- keine Probenahme
farbig markiert sind die Konz. der Stichproben die nicht charakteristisch für die Pleiße sind

Die gemessene Fe_{ges}-Konzentration am Pegel PL6 von 19,9 und 60,5 mg/l sind unter Beachtung der bisherigen Monitoringergebnisse nicht repräsentativ.

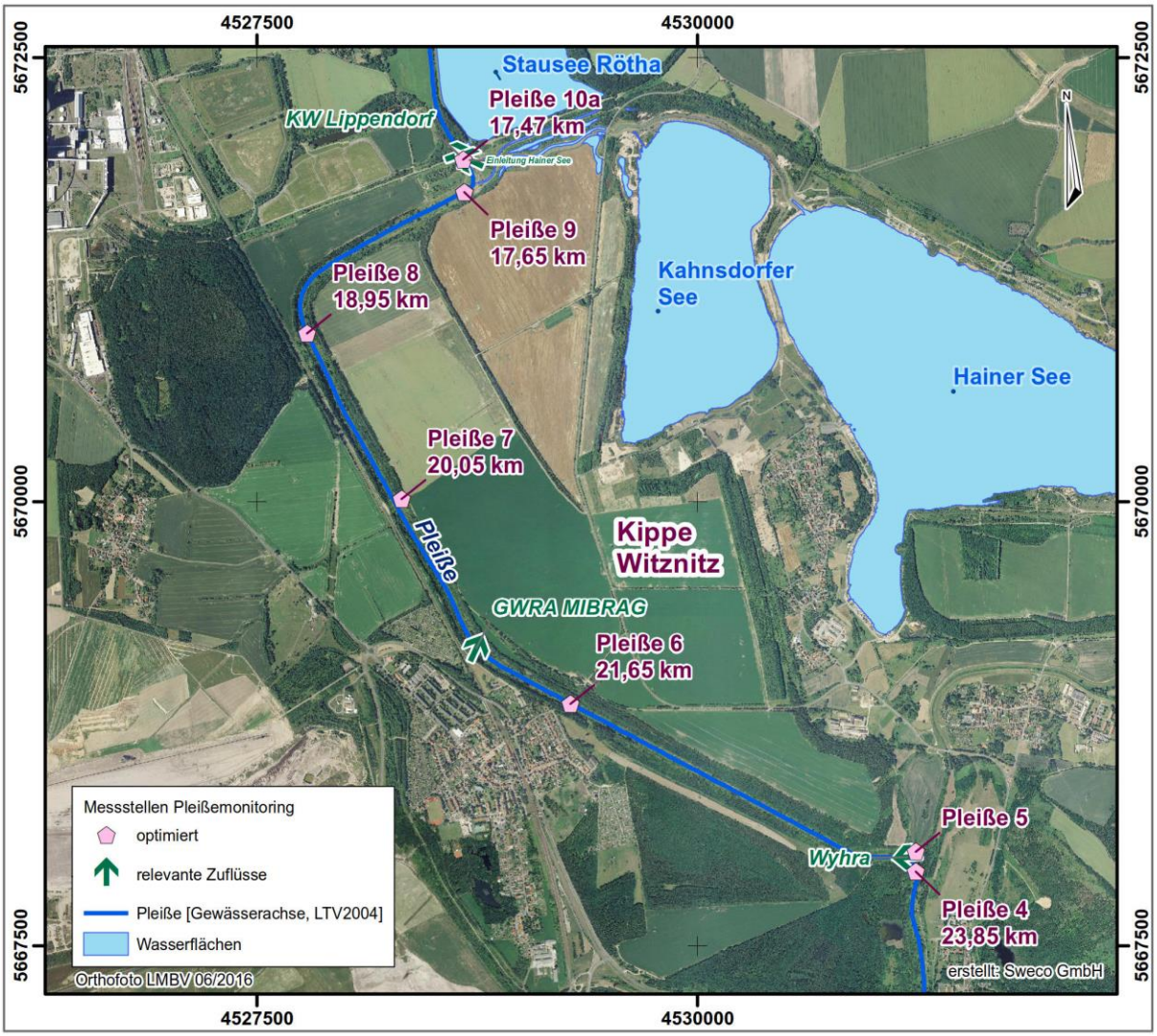


Abbildung 3-5: Lage der Pleißemessstellen

Die Eisenkonzentration in der Pleiße ist stark vom Abfluss abhängig. Gemäß Ganglinie am Pegel Böhlen (s. Abbildung 2-15) betrug der Abfluss am:

- 21.03.2017: 9,82 m³/s (entspricht noch der AK 4)
- 10.04.2017: 5,17 m³/s (entspricht der AK 3).

Die mit der Probennahme PN_I nachgewiesenen geringen Eisenkonzentrationen von Fe_{ges} von 1,2 bis 1,7 mg/L lassen sich mit den gemessenen Abflüssen vor und während der PN1 erklären. Die Abbildung 3-6 zeigt, dass ab Januar 2017 bis zur 1. Probenahme 4 Perioden mit hohen Abflüssen (AK 5 > 10 m³/s) zu verzeichnen waren und somit Prozesse der Verdünnung und Resuspension zu einer niedrigen Fe_{ges}-Konzentration führen konnten.

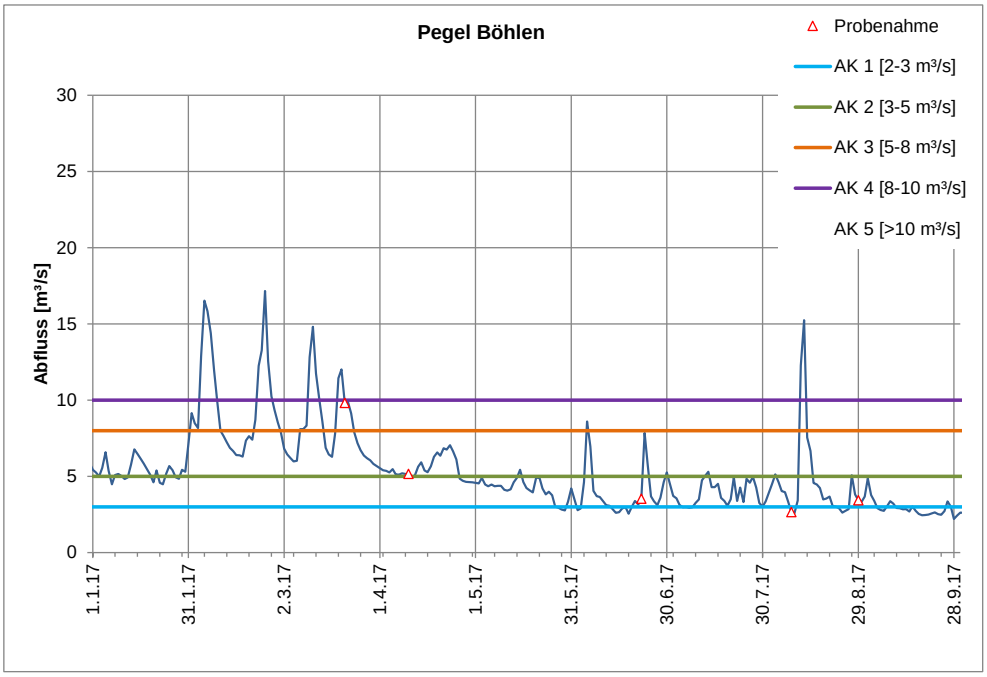


Abbildung 3-6: Tagesabflüsse am Pegel Böhlen zum Zeitpunkt PN_I bis PN_V

Durchführung der Absetzversuche

Die Absetzversuche wurden in 4 Acrylsäulen mit einem Nutzvolumen von 8,8 l durchgeführt. Die Säulen haben eine Höhe von 60 cm und einen Durchmesser von 15 cm. Die Probenahme erfolgten in definierten Zeitintervallen (0h, 15h, 39h, 81h sowie 142h) in einer Wassertiefe von 15 und 30 cm.

Das folgende Diagramm zeigt die gemessene Abnahme der Fe_{ges}-Konzentrationen an der Messstelle PL9 für die Probenahmen PN_I bis PN_V.

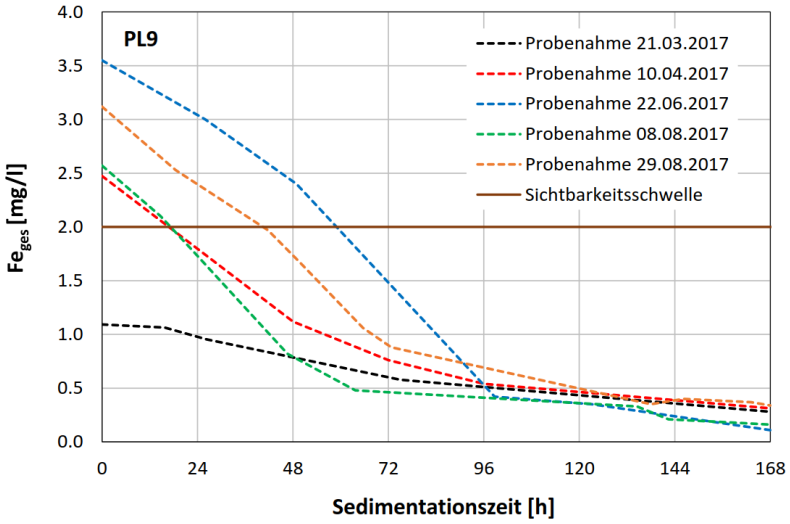


Abbildung 3-7: Gemessene Abnahme der Fe_{ges}-Konzentration am Pegel PL9 (PN_I bis PN_V) [9j]

Aus der Sedimentationskurve wird deutlich, dass die Zeit, die benötigt wird, um die Sichtbarkeitsschwelle zu unterschreiten mit steigender Fe_{ges}-Konzentration zunimmt. In der folgenden Tabelle sind die Sedimentationszeiten bis zum Erreichen der optischen Wahrnehmbarkeitsschwelle aufgezeigt.

Tabelle 3-3: Gegenüberstellung der benötigten Sedimentationszeit bis zum Erreichen der optischen Wahrnehmbarkeitsschwelle von 2 mg/l [9j]

Probenahme	PL6		PL9	
	$c_{initial}$ [mg/l]	Zeit bis Fe_{ges} < 2 mg/l [h]	$c_{initial}$ [mg/l]	Zeit bis Fe_{ges} < 2 mg/l [h]
21.03.2017	1,78	-----	1,09	-----
10.04.2107	3,73	58	2,48	18
22.06.2017	60,5	106	3,55	58
08.08.2017	19,9	63	2,57	18
29.08.2017	5,04	63	3,12	42
----- $c_{initial}$ < 2 mg/l				

Nach der Bestimmung der Sedimentationszeiten erfolgte durch den Bearbeiter die Ableitung der Sedimentationsgeschwindigkeiten mit einem numerischen Modell (MOHID). Für die Abschätzung der Sedimentationsgeschwindigkeit wurde zunächst vom einfachsten Fall einer konstanten Sedimentationsgeschwindigkeit ausgegangen. Für jede gemessene Konzentration an den Pegeln PL6 und PL9 wurden mehrere Modellrechnungen durchgeführt, bei denen jeweils die Sedimentationsgeschwindigkeit von 0,2 cm/h bis 1,8 cm/h variiert wurde.

Im Ergebnis konnten mit folgenden Sedimentationsgeschwindigkeiten in definierten Konzentrationsbereichen die Kurven der Absetzversuch am besten nachvollzogen werden.

Tabelle 3-4: Abgeleitete Sedimentationsgeschwindigkeiten in einem definierten Konzentrationsbereich [9j]

Konzentrationsbereich	v_{Sed} [cm/h]
Fe_{ges} < 2 mg/l	0,4
2 mg/l < Fe_{ges} < 5 mg/l	0,6
Fe_{ges} > 20 mg/l	1,8

Im Rahmen der durchgeführten Untersuchungen (Teilbericht 1 und 2 [9i, 9j]) wurden in Summe 14 Absetzversuche durchgeführt, aus denen jeweils bei bekannter Fe_{ges}-Konzentration, eine mittlere Sedimentationsgeschwindigkeit abgeleitet werden konnte. Diese bildeten die Grundlage für die Ableitung der in Tabelle 3-4 dargestellten Konzentrationsbereiche und der Zuordnung einer mittleren Sedimentationsgeschwindigkeit.

In weiterführenden Rechnungen wurden die Konzentrationsbereiche überprüft und ein funktionaler Zusammenhang zwischen der gemessenen Fe_{ges}-Konzentration und der abgeleiteten Sedimentationsgeschwindigkeit hergestellt.

Die abgeleiteten Sedimentationsgeschwindigkeiten können durch eine Exponentialfunktion wiedergegeben werden [9j]:

$$v_{sed} = a \cdot b - e^{-(c \cdot Fe_{ges})}$$

Gültigkeitsbereich 1,0 mg/L < Fe_{ges} < 60,5 mg/L

für a= 1,78 | b= 1,04 | c =0,10

Die Abflüsse in der Pleiße liegen an ca. 280 Tagen im Jahr in den Abflussklassen AK2 und AK3. In diesem Bereich wurden am Trachenauer Wehr Eisenkonzentrationen von 2,0 bis 5,0 mg/L bestimmt, daher wird vom Bearbeiter für das instationäre Seemodell des Kahnsdorfer Sees der Ansatz einer mittlere Sedimentationsgeschwindigkeit von 0,60 cm/h empfohlen.

3.2.2 Instationäre Modellierung der Strömungsverhältnisse im Kahnsdorfer See – Eintrag Westufer

Im Rahmen der Grundlagenermittlung zur Planung der Umverlegung der Pleiße in 2017 [15g] erfolgte bereits eine stationäre 3D-Modellierung zur Quantifizierung des Absetzverhaltens im Kahnsdorfer See (Szenario 1 – Eintrags- und Entnahmepunkte im Bereich des Nordufers, Szenario 2 - Eintragspunkt Westufer, Austragspunkt Nordufer).

In einem ersten Schritt erfolgte die Modellierung unter Ansatz einer Sedimentationsgeschwindigkeit von 15 cm/h (Literaturwert). Nach ersten Sedimentationsversuchen wurde die Modellierung mit geänderten Ansätzen (verringerte Sedimentationsgeschwindigkeit von 0,4 cm/h, Klassifizierung der Eintragskonzentrationen) wiederholt. Die Ergebnisse zeigten eine deutlich verminderte Wirksamkeit der angedachten Maßnahme, so dass die weitere Objektplanung nach der Grundlagenermittlung zurückgestellt wurde. Weitere Sedimentationsuntersuchungen wurden durchgeführt (siehe voriges Kapitel) um belastbarere Ansätze für Modellierungen der Durchleitung der Pleiße durch den Kahnsdorfer See zu erhalten [15h, 15i].

Die neuen Ergebnisse dienten als Grundlage für instationäre 3D-Modellierungen die die Berechnung des Absetzverhaltens von Eisenhydroxiden nach Einleitung von Pleißewasser in den Kahnsdorfer See exemplarisch für das Jahr 2016 zum Ziel hatten. Unter dem Einfluss der meteorologischer Größen:

- Lufttemperatur, relative Luftfeuchte und Luftdruck;
- Niederschlag;
- Windgeschwindigkeit und Windrichtung sowie
- Globalstrahlung

eines kompletten Jahresganges (2016) wurden die seeinternen Strömungsverhältnisse berechnet.

Weitere Eingangsgrößen/Randbedingungen des 3D-Seemodells sind:

- Morphologische Randbedingungen (Grundlage Lotung des Kahnsdorfer Sees)
- GW-Zustrom und GW-Abstrom sowie GW-Beschaffenheit (Limnologisches Gutachten [17 bzw. 17a]) sowie
- vertikale Temperaturprofile des Kahnsdorfer Sees (aus dem MHM der LMBV), Wasserstandsentwicklung des Kahnsdorfer Sees

- Temperatur des Pleißewassers im Jahresgang

Zur numerischen Modellierung wurde das Programm „MOHID-Water Modelling System“ (Modul Water) verwendet.

Das instationäre Modell wurde entsprechend der Aufgabenstellung für den Verlauf des Jahres 2016 parametrisiert. Für die Kalibrierung erfolgte eine Erweiterung des Zeitraums von 2014 bis 2016.

Spezifische Randbedingung: Fe-Konzentration des Pleißewassers

Für die Betrachtung des Jahresganges war die Berechnung einer mittleren, jeweils vom Durchfluss abhängigen Fe_{ges}-Konz. des Pleißewassers erforderlich. Grundlage dafür war die Ableitung des funktionalen Zusammenhanges (Regression) zwischen den Parametern Eisenkonzentration und Abfluss in der Pleiße an den Messstelle PL6 und PL9 des Pleißemonitorings. Die Berechnungsergebnisse zeigt die Abbildung 3-9.

Entsprechend der Vorgabe wurden die maximalen Abflüsse auf 10 m³/s begrenzt. Dementsprechend wurde für diesen Abfluss die minimale Fe_{ges}-Konzentration auf 1,5 mg/L limitiert.

„Insgesamt werden mit den genannten Randbedingungen im Jahr 2016 mit dem Pleißewasser 876 tFe in den Kahnsdorfer See eingetragen. Mit dem Grundwasser ist der Fe-Eintrag deutlich geringer. Er liegt jährlich bei etwa 59 tFe.“ [15j]

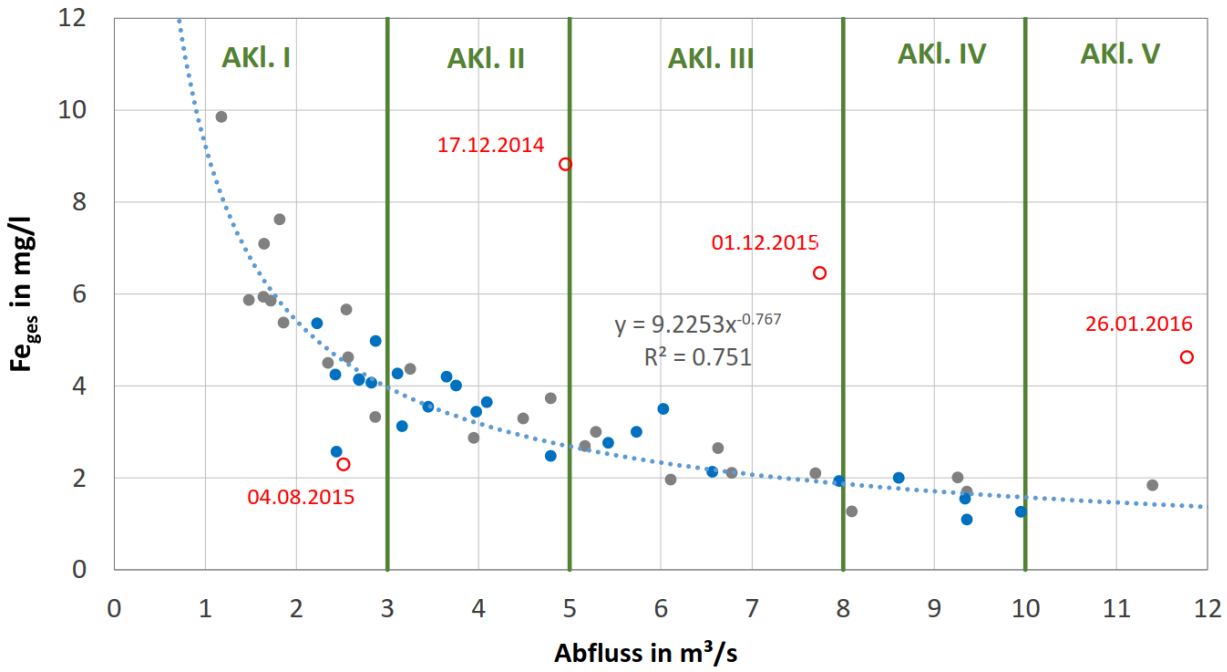


Abbildung 3-8: Fe_{ges}-Konz. in Abhängigkeit des Durchflusses in der Pleiße (Daten von 2014 bis 2017) [15j]

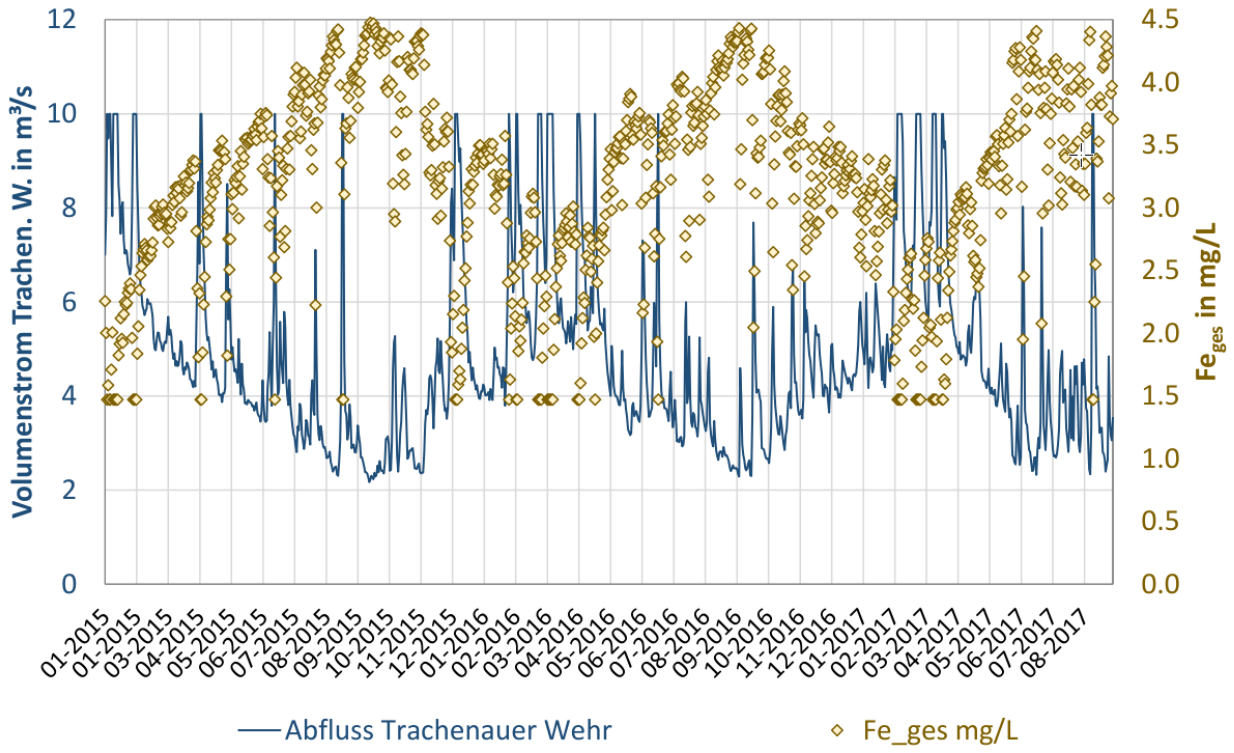


Abbildung 3-9: Mittlere Tageswerte der Pleißedurchflüsse und berechnete Fe_{ges}-Konz. [15j]

Für die Berechnung der Fe-Verteilung im Kahnsdorfer See wird eine mittlere Sedimentationsgeschwindigkeit der Fe-Partikel von 0,6 cm/h (Basisszenario) angesetzt. (siehe Kapitel 3.2.1)

Eintragspunkte, Eintragsimpuls und Entnahme

Die Position des Eintrags liegt am Westufer des Kahnsdorfer Sees. Die Entnahme ist als Wehrüberfall im Bereich des Nordufers vorgesehen. Der Eintragsimpuls in den See wurde volumenstromabhängig (3 m³/s, 6 m³/s und 10 m³/s) im Modell integriert.

Szenarien

Mit dem Ziel die Sensitivität der Sedimentationsgeschwindigkeit zu untersuchen, wurde ergänzend zur festgelegten mittleren Sedimentationsgeschwindigkeit von 0,6 cm/h ein zweites Szenario mit einer nur geringfügig erhöhten Sedimentationsgeschwindigkeit von 1,8 cm/h gerechnet. Diese Sedimentationsgeschwindigkeit wurde gem. [15i] für hohe Eisenkonzentration von > 20 $mgFe_{ges}/L$ nachgewiesen.

Szenario S01: v_{sed} = 0,6 cm/h

Szenario S02: v_{sed} = 1,8 cm/h

Ergebnisse

„Wird eine **mittlere Sedimentationsgeschwindigkeit von 0,6 cm/h** angenommen, ist eine mittlere Eisenkonzentration des Ausleitungswassers < 2,5 mg/l zu erwarten. Der Kahnsdorfer See wird ganzjährig und flächendeckend braun sein. Das **erstrebte Ziel** einer mittleren Eisenkonzentration im Auslauf des Sees von 1,8 mg/L wird somit **nicht erreicht**. Die Sichtbarkeitsschwelle für Eisen wird regelmäßig überschritten.

Bereits bei einer geringfügig erhöhten Sedimentationsgeschwindigkeit von 1,8 cm/h (Faktor 2,5), z. B. durch Dosierung von Flockungsmitteln (Kalk) ggf. ergänzt durch die Zugabe eines Flockungshilfsmittels, sind im Auslauf des Sees mittlere Eisenkonzentrationen < 1,8 mg/L und damit unter dem gemäß Oberflächenwasserverordnung festgelegten Orientierungswert im Ableitungswasser zu erwarten. Eine Erhöhung der Abscheiderate ist damit bei moderatem technischen Aufwand möglich.“ [15j]

Die folgende Abbildung zeigt den zeitlichen Verlauf der Fe_{ges}-Konzentrationen im Zu- und Ablauf des Kahnsdorfer Sees bei einer Sedimentationsgeschwindigkeit von 0,6 cm/h bzw. 1,8 cm/h.

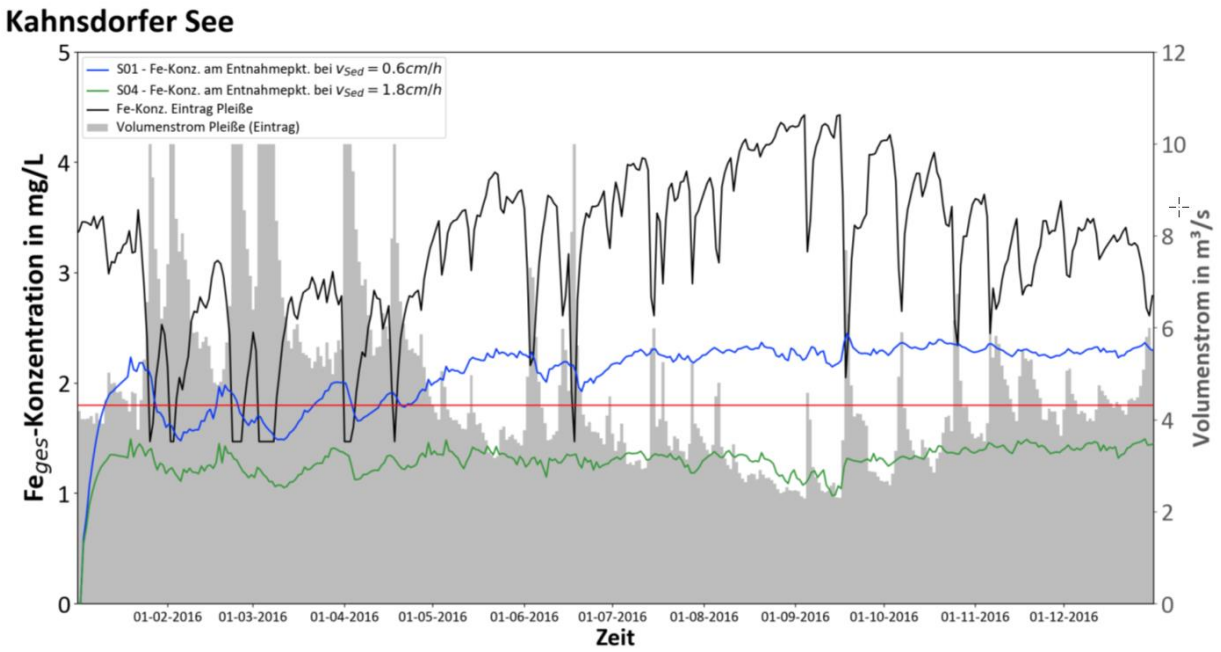


Abbildung 3-10: Zeitlicher Verlauf der Fe_{ges}-Konzentration im Zu- und Ablauf des Kahnsdorfer Sees bei variierenden Sedimentationsgeschwindigkeiten [15j]

3.2.3 Stationäre 3D-Gewässermodellierung zur Sedimentation von EHS – Südeinleitung

Stationäre Modellierungen zur Quantifizierung des Absetzverhaltens der EHS-Partikel wurden bereits für die Eintragspunkte im Norden und Westen des Kahnsdorfer Sees durchgeführt und mit [15g] dokumentiert. Eine weitere mögliche Maßnahme ist die Umverlegung der Pleiße aus dem Haupteintragsbereich der Kippe Witznitz ab der Wyhra-Mündung und Südeinleitung in den Kahnsdorfer See. Die Berechnungen zur Quantifizierung des EHS-Absetzverhaltens sind in [15k] dokumentiert.

„Unmittelbar vor dem Zusammenfluss von Pleiße und Wyhra befinden sich die Gütemessstellen PL 4 (Pleiße) und PL 5 (Wyhra). Dabei zeigt sich keine Abhängigkeit der Eisenkonzentration vom Abfluss, d.h. die an diesen Messstellen derzeit gemessenen Eisengehalte entsprechen der Hintergrundkonzentration von 0,75 mg/l für die Pleiße an der PL4 und von 1,12 mg/l für die Wyhra an der PL5.“

Zur Ableitung der Eingangsparameter wurde entsprechend der jeweiligen Durchflüsse von Pleiße und Wyhra die Mischkonzentration nach dem Zusammenfluss berechnet. Nach aktuellen Prognosen der Grundwasserzuströme und der Beschaffenheit [13c] ist in Zukunft mit Fe-Frachterhöhungen in der Pleiße oberhalb der Mündung der Wyhra zu rechnen. Dagegen wurde für die Wyhra keine Erhöhung der der grundwasserbürtigen Eisenzuströme ausgewiesen.

Um die zukünftig zu erwartenden Eisenkonzentrationen abzuschätzen, wurde die derzeitige Hintergrundkonzentration der Pleiße von 0,75 mg/L mit dem Faktor der Frachterhöhung multipliziert. Mit der damit maximal erwartbaren Frachterhöhung der grundwasserbürtigen Eisenzuströme aus den Kippenbereichen in die Pleiße ist für das Jahr 2100 (stationären Endzustand) eine Konzentrationserhöhung um 0,9 mg/l zu erwarten. Unter Berücksichtigung der bisher gemessenen Eisenkonzentrationen ergeben sich nach Aufprägung der Konzentrationserhöhung im stationären Zustand Mischkonzentrationen von im Mittel 1,5 mg/l und maximal von 2,2 mg/l.

Tabelle 3-5: Berechnete Fe_{gesamt}-Frachten im Grundwasserzustrom zur Pleiße (Baseline-Szenario, [13c] bzw. [15k] in kg/d

	2015	2027	2040	2100
Bilanzgebiet 1				
West Kippe Regis	*74*	131	176	235
Ost Kippe Regis	*38*	35	45	62
Bilanzgebiet 2				
West Kippe Deutzen	*9*	33	71	115
Ost Kippe Deutzen / Borna-West	*109*	155	155	155
Bilanzgebiet 3				
West Kippe Deutzen / Witznitz	*51*	53	58	69
GWL 1.1 / 3	*15*	15	16	17
Summe	***296***	**422**	**521**	**653**
Faktor-Frachterhöhung	**0**	**1,43**	**1,76**	**2,21**

Die umverlegte Pleiße würde in dieser Variante z. T. über Kippenareale führen. Für die Ableitung möglicher Zulaufkonzentrationen zum Kahnsdorfer See sind daher auch der Grundwasserzustrom und Eiseneintrag im neu verlegten Pleißeabschnitt zu berücksichtigen. Da dieser im derzeitigen Planungsstand noch nicht zu quantifizieren ist (Berechnung mit HGM erforderlich) wurden zur Abschätzung der zusätzlich verkraftbaren Eiseneinträge zum aktuellen Zustand leicht erhöhte Eisenkonzentrationen (2,0 mg/lm 3,0 mg/l und 4,5 mg/l) betrachtet.

Gemäß den Untersuchungen zur Sedimentationsgeschwindigkeit [15h] und [15i] wurde für

Fe_{ges} – Konzentrationen < 2 mg/l eine Sedimentationsgeschwindigkeit von 0,4 cm/h und für

Fe_{ges} – Konzentrationen von 2,0 bis 5,0 mg/l bestimmt.

Die Variation der weiteren Eingangsparameter ist in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Tabelle 3-6: Szenarien zur Quantifizierung des Eisenrückhaltes im Kahnsdorfer See [15k]

Szenarien	EINTRAG PLEIßE			WIND	PARTKEL			SEE
	Q	v	Temp,	WindG	v_{sed}		Fe-Konz.	
	m³/s	m/s	°C	m/s	m/s	cm/h	mg/L	See
Sz_03								
Sz_03_Var1	10,0	0,5	15,0	6,0	1,11E-06	0,4	1,5	Schichtung
Sz_03_Var2a	10,0	0,5	15,0	6.0	1,11E-06	0,4	2,0	Schichtung
Sz_03_Var2b	10,0	0,5	15,0	6.0	1,94E-06	0,6	2,0	Schichtung
Sz_03_Var3a	7,0	0,35	15,0	6.0	1,94E-06	0,6	3,0	Schichtung
Sz_03_Var3b	10,0	0,5	15,0	6.0	1,94E-06	0,6	3,0	Schichtung
Sz_03_Var4	7,0	0,35	15,0	6.0	1,94E-06	0,6	4,5	Schichtung

Ergebnisse [15k]

Die Ergebnisse der stationären 3D-Gewässermodellierungen [15k] zeigen, dass bei Eisenkonzentrationen im südlichen Zulauf des Kahnsdorfer See bis ca. 2 mg/l auch bei Volumenströmen von 10 m³/s und einer sehr geringen Sedimentationsgeschwindigkeit von 0,4 cm/h am Ausleitpunkt Eisenkonzentrationen kleiner 1,8 mg/L erreichbar sind. Das bedeutet, dass selbst bei kleinen Hochwasserereignissen die Auslaufkonzentrationen unter dem Orientierungswert für Eisengesamt nach Anlage 7 OGewV (Eisen ≤ 1,8 mg/l) liegen.

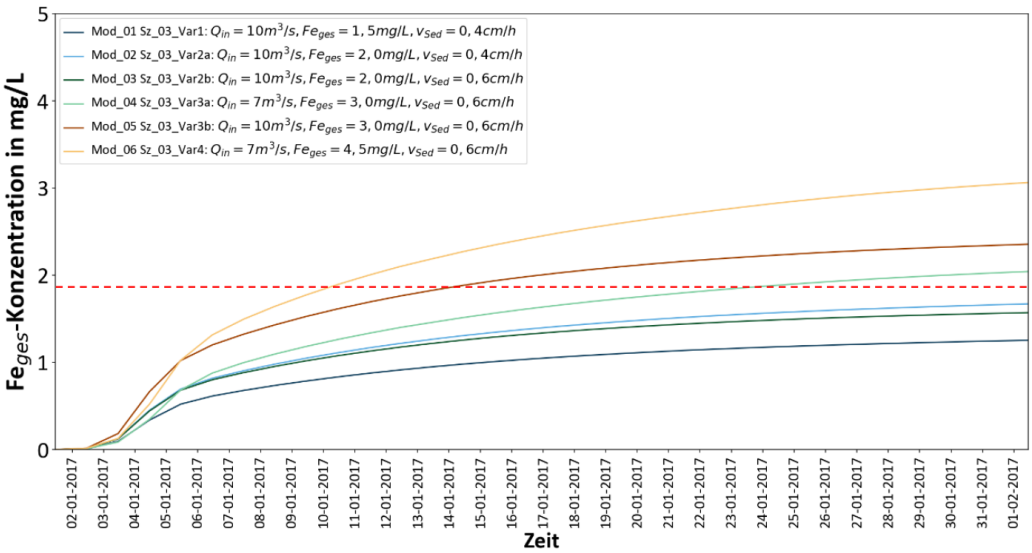


Abbildung 3-11: Entwicklung der Partikelkonzentration am Ausleitpunkt des Kahnsdorfer Sees für die betrachteten Varianten [15k]

Dabei kommt es außer an der Einleitstelle zu keiner sichtbaren Braunfärbung des Seewassers.

„Ab Einleitkonzentrationen von ca. 3 mg/L würde es bei der für diesen Konzentrationsbereich ermittelten Sedimentationsgeschwindigkeit von 0,6 cm/h und einem Eintragsvolumenstrom von 7 m³/s zu einer leichten Überschreitung des Orientierungswertes von 1,8 mg/L kommen. Bei einem Eintragsvolumen-

strom von 10 m³/s wäre mit einer deutlichen Überschreitung des Orientierungswertes und einer Braunfärbung des Kahnsdorfer Sees zu rechnen. Bei Einleitkonzentrationen bis 3 mg/L und Niedrig- bis Mittelwasserverhältnissen (< 5 m³/s) ist noch eine ausreichende Sedimentation im Kahnsdorfer See gegeben."

Daraus ist abzuleiten, dass auch für die prognostizierte maximale Eisenkonzentration (stationärer Endzustand [13c]) von 2,2 mg/l im Zulauf die Eisenkonzentrationen am Ausleitpunkt des Kahnsdorfer Sees unter 1,8 mg/l bleiben. Außer an der Einleitstelle (bei maximalen Eisenkonzentration von 2,2 mg/l) kommt es zu keiner sichtbaren Braunfärbung des Seewassers.

Weitere Eiseneinträge in die Pleiße über den Grundwasserzustrom im Bereich des neu verlegten Gewässerabschnittes sind demnach durch eine technische Dichtung dieses Gewässerabschnittes zu verhindern. (Detailliertere Aussagen sind nur mit einer instationären Modellierung in Verbindung mit quantitativen Aussagen zu dem tatsächlich erwartbaren Grundwasserzustrom in dem neu verlegten Pleißebett am östlichen Rand der Kippe Witznitz zu treffen)

3.3 Limnologische Prognose für den Kahnsdorfer See und dem Hainer See

In 2015 wurde die BGD ECOSAX GmbH mit der Erstellung eines Limnologischen Prognosegutachtens für die Tagebausee Hainer See mit Teilbereich Haubitz sowie Kahnsdorfer See beauftragt. Die Ergebnisse wurden mit vorliegendem Gutachten [17] mit Stand Dezember 2017 dokumentiert.

Die Schwerpunkte der Untersuchung [17] waren:

- Darstellung, Auswertung und limnologische Bewertung der Seewasserbeschaffenheitsentwicklung der Gewässer,
- die Erarbeitung limnologischer Bilanzen,
- die Erarbeitung eines gekoppelten Oberflächenwasser-Grundwasser-Beschaffenheitsmodells unter Berücksichtigung aller relevanten Stoffeinträge,
- die hydrochemische Prognose der Beschaffenheitsentwicklung der Seen und ausgewählter Grundwasserzuströme,
- die Prognose der trophischen Entwicklung der Seen,
- Variantenbetrachtung zu verschiedenen Nachsorgemaßnahmen sowie der Einleitung der Pleiße in den Kahnsdorfer See,
- Erarbeitungen von Empfehlungen (Ausleitkriterien, Monitoring).

Als Datengrundlagen dienten die Messergebnisse der LMBV (Montanhydrologisches Monitoring) und des Landesmessnetzes (LDS) bis einschließlich 2015. Weiterhin wurden vom Bearbeiter des Gutachtens Sedimentuntersuchungen durchgeführt.

Hydrochemische Prognosen und Trophieprognosen wurden für folgende Varianten erstellt:

- V0: keine Zuführung von Fremdwasser zur Stützung der Seewasserbeschaffenheit
- V1: Stützung der Seewasserbeschaffenheit durch Zuleitung von MIBRAG-Sümpfungswasser aus dem Tagebau Profen (Stützungswassermengen gem. WÜV09[2],
  Laufzeit bis a) 2018,
  optionale Verlängerung bis b) 2028,
- V2: Einleitung von Oberflächenwasser aus der Wyhra in die „Lagune Kahnsdorf“ unter Berücksichtigung dessen Verfügbarkeit,
- V3: Anwendung technischer Maßnahmen zur langfristigen Sicherung einer tolerierbaren Beschaffenheit für das Seewasser und das in die Pleiße einzuleitende Überschusswasser.
- V4: Ableitung des Überschusswassers des Kahnsdorfer Sees in die Pleiße
- V5: Ableitung des Überschusswasser des Kahnsdorfer Sees in den Hainer See

Nachfolgend werden die Ergebnisse aus der Zusammenfassung zum Gutachten [17] mit dem Schwerpunkt auf den Kahnsdorfer See und den Hainer See wiedergegeben.

Gem. Unternehmerischer Entscheidung vom 07.11.2017 wurde der Betrieb der LMBV-Flutungsleitung zum 31.12.2018 eingestellt. Die weitere Nachsorge der Bergbaufolgeseen im Südraum Leipzig erfolgt ab 01.01.2019 durch die Nutzung alternativer Nachsorgeoptionen gemäß Stand der Technik.

[2] Wasserüberleitungsvertrag WÜV09 zwischen der LMBV mbH und der MIBRAG mbH vom 07.04./14.04.2009

Die Darstellungen bzgl. der Variante 1 haben somit informatorischen Charakter. Als Entscheidungsgrundlage für die Klärung der weiteren Nutzung von Profener Wasser der MIBRAG diente u. a. das Strategiepapier [19].

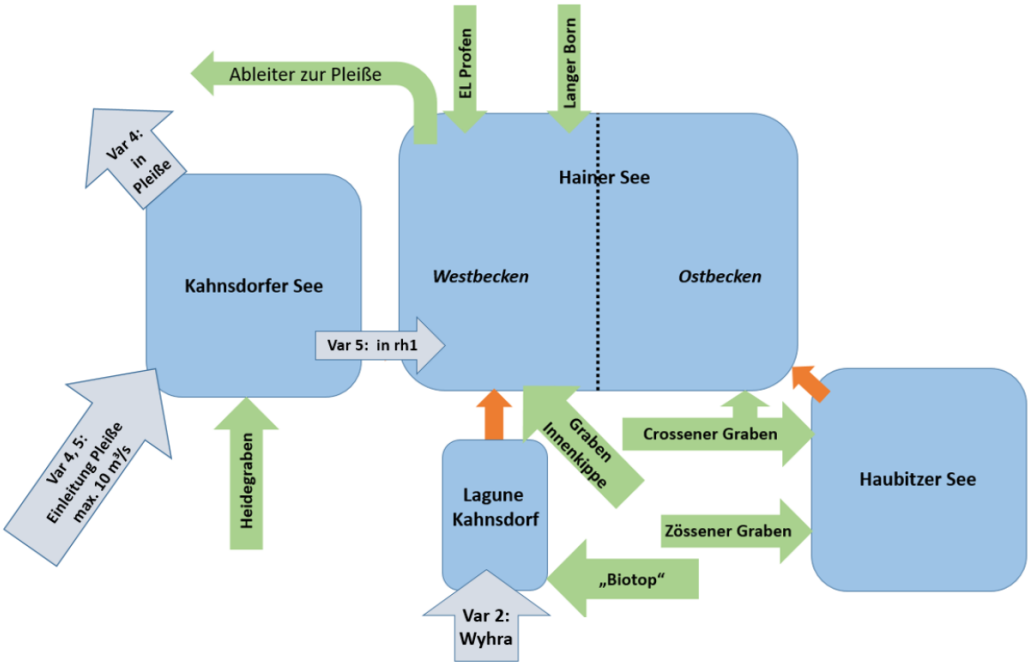


Abbildung 3-12: Schematischer Aufbau des Seenmodells [17], (Hainer See Teilbereich Haubitz als Haubitzer See bezeichnet)

3.3.1 Istzustand der Seen

Kahnsdorfer See:

- Das Gewässer soll der natürlichen Sukzession überlassen werden und wurde daher nicht neutralisiert. Infolge dessen weist das Seewasser einen pH-Wert von 2,7 auf (Stand September 2018: pH 2,6). Indikatoren tagebaulicher Beeinflussung (elektrische Leitfähigkeit 2900 µS/cm, Sulfat 1440 mg/L, $Eisen_{gel.}$ 34 mg/L, $Aluminium_{gel.}$ 19 mg/L) sind auf einem sehr hohen Niveau und zeigen weiterhin einen leicht ansteigenden Trend. Der Hainer See und der Kahnsdorfer See sind mittels Überlaufgerinne verbunden. Bei einem Wasserspiegel von +126,46 m NHN im Kahnsdorfer See kann dessen Überschusswasser in den Hainer See abfließen.

Hainer See:

- Der Hainer See ist mit einem Volumen von 72,7 Mio m³ und einer Fläche von 405 ha der größte der Witznitzer Seen und besitzt ein Westbecken und Ostbecken. Im Süden befindet sich die sog. Lagune Kahnsdorf, ein Flachwasserbereich des Hainer Sees. Das Überschusswasser der Witznitzer Seen wird über einen Kanal aus dem Hainer See in die Pleiße unterhalb des Trachenauer Wehrs eingeleitet.

- Seit den zwischen Juni 2008 bis November 2010 durchgeführten Neutralisationsmaßnahmen (Branntkalk) weist der See in Abhängigkeit der Zuführung von Profener Sümpfungswasser annähernd neutrale pH-Werte auf. Im Jahr 2015 wies der Hainer See einen pH-Wert von 6,4, bei einer Säurekapazität von $K_{S4,3}$ = 0,22 mmol/L auf. Die elektrische Leitfähigkeit betrug 1980 µS/cm. Die Sulfatkonzentration als Indikator der tagebaulichen Beeinflussung ist mit 1100 mg/L relativ hoch, tendenziell ist ein Rückgang erkennbar. Seit der Initialneutralisation des Sees liegt die $Eisen_{gel}$.-Konzentration unterhalb von 1 mg/L.
  (Stand September 2018 pH-Wert 5,5)
- Der Hainer See als oligotrophes Gewässer einzuordnen.

Lagune Kahnsdorf (Hainer See):

- Die Lagune Kahnsdorf ist ein Flachwasserbereich im Süden des Hainer Sees, dessen Beschaffenheit vom aciditätsreichen Grundwasser-Zustrom geprägt ist. Die Wasserbeschaffenheit entspricht überwiegend der im Hainer See. Nur bei fehlender Durchmischung mit dem Hauptsee macht sich die tagebauliche Belastung deutlicher bemerkbar. Außerdem unterliegt dieser Bereich relativ starken Beschaffenheitsschwankungen, die hauptsächlich durch die meteorologischen und hydrologischen Bedingungen der Zuflüsse bedingt sind.
- Durch die hohe wirksame Eisenfracht des Grundwassers sind oligotrophe Bedingungen vorherrschend, obwohl dieser Bereich allein nach seiner Morphologie zur Eutrophierung neigen würde.

Teilbereich Haubitz (Hainer-See):

- Der Teilbereich Haubitz (Hainer See) befindet sich im südöstlichen Teil des ehemaligen Tagebauterritoriums Witznitz und besitzt eine Fläche von 160 ha bei einem Volumen von 24,8 Mio m³. Ein Wasseraustausch mit dem Hainer See erfolgt seit 2004 über eine maximal 60 m breite und maximal 4 m tiefe Verbindung.
- Die Angleichung der Seewasserbeschaffenheit von Hainer See und dem Teilbereich Haubitz ist seit ca. 2014 erkennbar. Nur für die Sulfatkonzentrationen sind im Teilbereich Haubitz noch geringfügig niedrigere Konzentrationen (mit schwach zunehmendem Trend) feststellbar. Darüber hinaus sind keine signifikanten Trends der Seewasserbeschaffenheit im Teilbereich ableitbar.
  (Stand September 2018 pH-Wert 6,1)
- Der See wurde als oligotroph eingestuft.

3.3.2 Prognosen der Entwicklung der Gewässergüte

Die mit dem Gutachten [17] erststellten Prognosen werden nachfolgend für die einzelnen Varianten mit Schwerpunkt auf Parameter ph-Wert, $Eisen_{gelöst}$-Konzentration, Sulfat wiedergegeben.

Variante 0: Referenzvariante (keine Zufuhr von Fremdwasser zur Stützung der Seewasserbeschaffenheit)

Kahnsdorfer See:

- Keine deutliche Veränderung der Wasserqualität des Kahnsdorfer Sees; der pH-Wert wird sich bis 2050 nur geringfügig erhöhen, jedoch einen Wert von pH 4,0 nicht überschreiten.
- Die $Eisen_{gel}$-Konzentration von bis zu 35 mg/L, die $Aluminium_{gel}$-Konzentration zwischen 15 - 20 mg/L sowie die Sulfatkonzentration von über 1300 mg/L bis 2050 zeigen, dass die Indikatoren bergbaulicher Beeinflussung auch noch über Jahrzehnte in einem sehr hohen Bereich bleiben.

Hainer See:

- Ohne die Zuführung von Fremdwasser oder Anwendung technischer Neutralisations-Maßnahmen (Modellannahme: ab 2018 bzw. 2028) ist mit einer schnellen Rückversauerung des Hainer Sees zu rechnen. Etwa ein Jahr nach dem Ende der Zuführung von Stützungswasser aus dem Tgb. Profen ist mit pH-Werten unter pH 6,0 zu rechnen.
- Bereits sieben Jahre später liegt der pH-Wert nach Modellberechnungen bei pH 3,8 und erreicht einen Minimalwert von circa pH 3,5. Durch den Rückgang der tagebaulichen Indikatoren im Grundwasser, wird der Aciditätsüberschuss bis zum Jahr 2030 auf ca. 7 Mio mol/a zurückgehen.
- Durch das Überschusswasser des Kahnsdorfer Sees erhöht sich der Aciditätseintrag um weitere 1,8 Mio mol/a.
- Infolge der Rückversauerung und der hohen $Eisen_{gel}$-Fracht im Zustrom (hauptsächlich Grundwasser und vom Kahnsdorfer See) ist mit einem allmählichen Anstieg der Eisenkonzentration zu rechnen. Von 1,0 mg/L - während der Einleitung des Profener Wassers - wäre ein Anstieg der $Eisen_{gel}$-Konzentration auf max. 14 mg/L zu erwarten. Weiterhin ist mit einem Anstieg der Aluminiumkonzentration (bis 1,5 mg/L) zu rechnen.
- Die Einleitung des Überschusswassers aus dem Kahnsdorfer See wirkt dem derzeitigen Rückgang der Sulfatkonzentration entgegen, wodurch eine Konzentration von ca. 1100 mg/L langfristig erhalten bleibt. Die zukünftigen Veränderungen weiterer Wasserinhaltsstoffe sind relativ gering.
- Auf lange Sicht sind oligotrophe Bedingungen im Hainer See zu erwarten.

Lagune Kahnsdorf:

- Die Prognoserechnungen zeigten, dass der pH-Wert in der Lagune Kahnsdorf im jetzigen Bereich von pH 6,0-6,5 bleiben wird. Durch die geringe Säurepufferkapazität des Gewässers sind temporär (bei hydrologisch bedingten höheren Aciditätseinträgen aus GW und „Biotop“) auftretende pH-Werte < 6,0 jedoch wahrscheinlich. Die Wasserbeschaffenheit des Hainer Sees bleibt maßgeblich für die Wasserbeschaffenheit in der Lagune Kahnsdorf. Sollte eine Rückversauerung des Hainer Sees einsetzen (Variante 0), wäre die Lagune Kahnsdorf ebenfalls davon betroffen.
- Die Zuflüsse sind auch weiterhin von hohen Eisenfrachten geprägt, die sich sowohl im „Biotop“ als auch in der Lagune Kahnsdorf weiterhin als deutliche Eisenhydroxid-Ablagerungen zeigen werden
- Die Oligotrophie des Gewässers – beleibt trotz seiner morphologischen Charakteristik als Flachgewässer - langfristig erhalten.

Teilbereich Haubitz (Hainer See)

- Nach den Ergebnissen der Prognose zeigt sich, dass hier langfristig pH-neutrale Bedingungen zu erwarten sind. Jedoch kann eine Rückversauerung des Teilbereiches aufgrund des Wasseraustausches mit dem Hainer See (Variante 0: langfristig pH ≈ 3,5) nicht ausgeschlossen werden.
- Die Sulfatkonzentration nimmt langfristig ab und wird ab 2030 bei ca. 800 mg/L liegen. Die weiteren hier betrachteten Wasserinhaltsstoffe zeigen keine signifikanten Veränderungen in der langfristigen Prognose.
- Die Oligotrophie des Teilbereiches bleibt infolge der relativ hohen $Eisen_{gel}$-Konzentration im GW-Zustrom und der damit hohen Phosphor-Retention langfristig erhalten.
- Die derzeitigen Nutzungsziele des Teilbereiches (Badegewässer, Naherholung) sind nach den Ergebnissen der Prognoserechnungen weiterhin gewährleistet.

Variante 1: Stützung der Seewasserbeschaffenheit durch Zuleitung von MIBRAG- Sümpfungswasser aus dem Tgb. Profen

- Da nur der Hainer See von einer Rückversauerung betroffen ist bzw. z.Z. keine Notwendigkeit der Neutralisation für den Kahnsdorfer See besteht, wurde Variante 1 nur auf den Hainer See einschl. des Teilbereiches Haubitz- angewendet. Aufgrund des bei Vollzirkulation stattfindenden Wasseraustauschs zwischen dem Hainer See und der Lagune Kahnsdorf sowie dem Teilbereich Haubitz ist davon auszugehen, dass Neutralisationsmaßnahmen im Hainer See auch zu pH-Wert-Anhebung in der Lagune Kahnsdorf und Stabilisierung des pH-Wertes (pH > 6,0) im Teilbereich Haubitz führen.
- Den Ergebnissen aus Variante 0 zufolge ergibt sich bis zum Jahr 2018 ein Bedarf an Profener Sümpfungswasser von 3,3 Mio m³/a (bei konstanter Einleitung 6,2 m³/min), um pH-neutrale Verhältnisse im Hainer See aufrechtzuhalten. Der Bedarf geht bis 2028 auf ca. 2 Mio m³/a zurück. Kumuliert besteht zwischen 2029 und 2050 ein Bedarf von 31 Mio m³.
- Im Vergleich zur Variante 0 führt die Einleitung von Sümpfungswasser zu einer mäßigen Erhöhung der gesamten Phosphorfracht um ca. 120 kg/a auf 510 kg/a. Aufgrund der weiterhin hohen Eisenfrachten aus dem Grundwasser ist langfristig mit einer hohen P-Retention zu rechnen, sodass weiterhin die Gesamt-P-Konzentration unter 5 mg/m² liegen wird. Damit bleibt der Hainer See ein oligotrophes Gewässer.

Variante 2: Einleitung von Oberflächenwasser der Wyhra in die Lagune Kahnsdorf

- Um den in Variante 0 berechneten Aciditätseintrag von ca.13 Mio mol/a (2017) in den Hainer See mittels Wasser der Wyhra ausgleichen zu können, wären unter Berücksichtigung einer mittleren Nettoalkalinität im Wyhra-Wasser von 2,0 mmol/L, ab 2018 6,5 Mio m³/a (12,4 m³/min) notwendig. Der Bedarf geht bis 2030 auf ca. 3,5 Mio m³/a, bis 2050 auf 1,1 Mio m³/a zurück.
- Mit der angegebenen Menge an Wyhra-Wasser können sowohl in der Lagune Kahnsdorf als auch im Hainer See pH-neutrale Bedingungen erreicht werden. Durch die Einleitung von Wyhra-Wasser wird die tagebauliche Beeinflussung der Seen deutlich reduziert. So sind bis zum Jahr 2050 Sulfatkonzentrationen um 400 mg/L möglich.
- Aufgrund des hohen Zustrom-Anteils der Wyhra in der Lagune Kahnsdorf wird sich eine ähnliche Beschaffenheit wie im Fließgewässer einstellen.
- In der Lagune Kahnsdorf ist besonders während der Sommerstagnation mit lokalen und temporären Eutrophierungserscheinungen zu rechnen, die ebenso den Hainer See nachteilig beeinflussen können. Nach den Prognoseergebnissen – für einen ideal durchmischten Seekörper - sind weiterhin oligotrophe Bedingungen zu erwarten.

Variante 3: Anwendung technischer Maßnahmen zur langfristigen Sicherung einer ausleitbaren Wasserbeschaffenheit

- Für 2019 wurde ein jährlicher Aciditätseintrag von 12,5 Mio mol/a, für 2029 wurde ein jährlicher Aciditätseintrag von ca. 7 Mio mol/a berechnet, der durch technische Neutralisationsmaßnahmen kompensiert werden soll, um so dauerhaft die Ausleitkriterien erfüllen zu können. Nach den Prognoseergebnissen ist ein bis 2050 allmählicher abnehmender Aciditätseintrag (2050 auf ca. 2 Mio mol/a) zu erwarten, der damit einen sinkenden Nachsorgeaufwand bedeutet.
- Entsprechend des ermittelten Bedarfes ergeben sich – abhängig vom im Rahmen anderer Konditionierungsmaßnahmen ermittelten Wirkungsgraden zwischen 70 % und 80 % - für 2019 Weißfeinkalk-Mengen zwischen 540 und 615 t/a oder Kalksteinmehl-Mengen zwischen 950 t/a und 1080 t/a. Die erforderlichen Aufwandsmengen verringern sich durch die abnehmenden Aciditätseinträge allmählich.

Variante 4: Einleitung der Pleiße mit max. 10 m³/s in den Kahnsdorfer See, bei direkter Ausleitung des Überschusswassers in die Pleiße

- Die nach den bisherigen Planungen beabsichtigte Einleitung von jährlich 173 Mio m³ Pleiße-Wasser (Einleitung des Wassers bei Q<10 m³/s), senkt die theoretische Verweilzeit im Kahnsdorfer See von gegenwärtig ca. 19 Jahre auf im Mittel ca. 1,5 Monate und entspricht hinsichtlich der Wasserbilanz 99 % des Gesamtzustroms des Sees. Typische dimiktische Verhältnisse werden seltener und die Neigung zu polymiktischen Verhältnissen, d.h. wiederholtem Wechsel von Schichtungsphasen mit Zirkulationsphasen, nimmt zu.
- Gem. Aufgabenstellung sollte der Kahnsdorfer See vor dem Beginn der Einleitung der Pleiße (Jan. 2020) pH-neutrale Verhältnisse aufweisen (In-lake-Neutralisierung geplant). Nach Auswertung der Prognosedaten wäre zu diesem Zeitpunkt eine Aciditätsmenge von ca. 110 Mio mol zu neutralisieren.
- Bereits wenige Monate nach Beginn der Pleißewassereinleitung entspricht die Beschaffenheit des Kahnsdorfer Sees in etwa der hydrochemischen Beschaffenheit des Pleißewassers. Die bereits vor Beginn der Einleitung geschaffenen pH-neutralen Verhältnisse, führen zum Einsetzen von Mineralfällungsprozessen und senken die Konzentration von $Eisen_{gel}$ und $Aluminium_{gel}$ auf <0,1 mg/L. Die Acidität $KB_{8,2}$ im Seewasser sinkt von 5,0 mmol/L auf 0,1 mmol/L, die Alkalinität $KS_{4,3}$ würde von <0,05 mmol/L auf 2,7 mmol/L steigen. Die Sulfatkonzentration nimmt von 1470 mg/L auf 325 mg/L ab.
- Langfristig wäre die Beschaffenheit im Kahnsdorfer See allein von der Entwicklung der zukünftigen Wasserqualität in der Pleiße abhängig.
- Während bei MNQ- und MQ-Bedingungen der Pleiße ein nahezu vollständiger Rückhalt von Gesamt-P und $Eisen_{ges}$ zu erwarten sind, sind während niederschlagsreichen und bei längeren Perioden mit Durchflüssen in der Pleiße bei ca. 10 m³/s deutlich verminderte Retentionsraten zu erwarten. Das betrifft sowohl die Eisen- als auch die Phosphor-Konzentration.
- Langfristig sind oligotrophe Verhältnisse im See zu erwarten. In niederschlagsreichen Jahren bzw. bei länger anhaltenden Perioden mit Q≈10 m³/s wurde ein Gesamt-P-Rückhalt von 60 % der Pleiße-Phosphorfracht im Kahnsdorfer See abgeschätzt.

Variante 5: Einleitung der Pleiße mit max. 10 m³/s in den Kahnsdorfer See mit Ausleitung des Überschusswassers über den Hainer See in die Pleiße

- Das Überschusswasser des Kahnsdorfer Sees, das in den Hainer See gelangt, würde bei Umsetzung der Variante 5 von 0,53 m³/min auf 330 m³/min erhöht werden. Damit verringert sich die mittlere theoretische Verweilzeit im gesamten Hainer See von gegenwärtig 11 Jahren auf ca. 0,5 Jahre.
- Nach Beginn der Einleitung der Pleiße in den Kahnsdorfer See wären die Veränderungen der Beschaffenheit des Hainer Sees nach ca. 2 Jahren abgeschlossen. Die hydrochemische Charakteristik wird sich dem Kahnsdorfer See angleichen und ist zukünftig von der Beschaffenheitsentwicklung der Pleiße abhängig. Die bergbauliche Beeinflussung des Hainer Sees sinkt damit deutlich.
- Im Hainer See wird sich demnach ein pH-Wert um pH 7,5 einstellen. Die Alkalinität $KS_{4,3}$ steigt auf 2,7 mmol/L. Bei pH-neutralen Verhältnissen im Seewasser befindet sich die Konzentration von $Eisen_{gel}$ und $Aluminium_{gel}$ zudem unter 0,1 mg/L. Die Sulfatkonzentration sinkt von ca. 1000 mg/L auf 340 mg/L. Die Aciditätseinträge in den Hainer See werden vollständig von Pleiße-Wasser kompensiert, so dass keine weiteren Nachsorgemaßnahmen notwendig sind.
- Die weiterhin hohen Eisen-Einträge in den See - über das Grundwasser – gewährleisten in diesem Szenario auch weiterhin eine hohe P-Retention im See, so dass auch langfristig oligotrophe Verhältnisse zu erwarten sind.
- In niederschlagsreichen Jahren bzw. bei Hochwasserereignissen ist anzunehmen, dass die Sedimentation von Eisen im Kahnsdorfer See und somit auch die P-Retention nicht vollständig wirksam

werden können. Ca. 60% der P-Fracht der Pleiße verbleibt nach diesem Szenario im Kahnsdorfer See (siehe Variante 4), so dass ca. 40 % der P-Fracht (Pleiße) in den Hainer See gelangen würden und sich die P- Fracht für den Hainer See auf ca. 22.450 kg/a erhöht. Solange die hohe Eisenfracht aus dem Grundwasser eine hohe P-Retention im Hainer See bewirkt, sind mesotrophe Bedingungen zu erwarten. Nach deutlichem Rückgang der Eisenfrachten im Grundwasser – nicht vor 2050 zu erwarten - sind eutrophe Verhältnisse wahrscheinlich.

- Aufgrund der bestehenden Gewässerverbindungen ist zu erwarten, dass sich die beschriebenen Verhältnisse in abgeschwächter Form auch im Teilbereich Haubitz und in der Lagune Kahnsdorf zeigen werden.

3.3.3 Vorzugsvariante zur Einhaltung der Ausleitkriterien

Durch den Bearbeiter wurden folgende Empfehlungen abgeleitet [17]:

Die Aufwendungen für den Bau und Unterhalt der notwendigen Anlagen (Ableitbauwerk, Überleiter, Einlaufbauwerk, Hochwasserschutzmaßnahmen) bei Zuführung von Wyhrawasser zum Hainer See erscheinen unverhältnismäßig hoch – auch angesichts des zeitlich begrenzten und zeitlich abnehmenden Bedarfes. Daher wurde die Kombination aus der Zuführung von Sümpfungswasser aus dem Tagebau Profen und nach Ende dessen Verfügbarkeit (voraussichtlich 2029) die technischen Konditionierungsmaßnahmen favorisiert. Es wurden die Zeiträume ermittelt, nach denen eine Konditionierung notwendig wird, um ein Absinken des pH-Wertes auf < pH 6 zu vermeiden und somit die Ausleitbarkeit gewährleistet bleibt.

Tabelle 3-7: Kostenschätzung für den Nachsorgeaufwand bis 2060 – Weißfeinkalk vs. Kalksteinmehl [17]

Jahr	**Applikationskosten**			**Materialkosten**			**Betriebs-kosten**	Summe	**Summe bis 2050**
	Dosier-tage	EP	GP	Kalk-menge	EP	GP	(einmalig)		
WFK	d	€/d	€	t	€/t	€	€/Kampagne	€/a	**€**
2031	15	4.850	72.750	1.100	120	132.000	8.400	213.150	
2035	15	4.850	72.750	1.100	120	132.000	8.400	213.150	
2040	15	4.850	72.750	1.100	120	132.000	8.400	213.150	
2046	15	4.850	72.750	1.100	120	132.000	8.400	213.150	**852.600**
2053	15	4.850	72.750	1.100	120	132.000	8.400	213.150	
KSM									
2031	50	4.850	242.500	3.800	93	353.400	8.400	604.300	
2040	50	4.850	242.500	3.800	93	353.400	8.400	604.300	**1.208.600**
2063	50	4.850	242.500	3.800	93	353.400	8.400	604.300	

Es wurde ermittelt, dass bei Konditionierung mittels Weißfeinkalk zwischen 2029 und 2050 fünf Konditionierungen und mittels Kalksteinmehls nur zwei Kampagnen notwendig sind. Aufgrund der höheren notwendigen Aufwandsmengen an Kalksteinmehl und der entsprechend höheren Anzahl an Applikationstagen ist die Behandlung mittels Kalksteinmehl um ca. 30 % teurer als mit Weißfeinkalk.
Nach den Kostenschätzungen ist die Verwendung von Weißfeinkalk zu priorisieren.

Für den Fall, dass das Profener Wasser ab 2019 nicht mehr zur Verfügung steht, entstehen über den Zeitraum von 2019 bis 2028 zusätzliche Nachsorgekosten von ca. 950 T€ für Weißfeinkalk bzw. ca. 1,4 Mio € für Kalksteinmehl.

Da beim Einsatz von Weißfeinkalk temporär und lokal (im Bereich der Applikation) pH-Werte 9 … 10 auftreten können und dies bei Verwendung von Kalksteinmehl aufgrund seiner chemischen Charakteristik nicht zu beobachten ist, sollte in Anbetracht von möglichen nachteiligen Folgen für die sich zwischenzeitlich entwickelte Fischpopulation der Einsatz von Kalksteinmehl präferiert werden.

3.3.4 Vergleich der Var. 4 und 5

- Während bei Variante 4 allein der Kahnsdorfer See in seiner Charakteristik stark verändert wird, ist dies für Variante 5 etwas zeitverzögert auch für den Hainer See zu erwarten. Nach Variante 5 werden beide Seen aufgrund der hohen zugeführten Wassermenge durch die Beschaffenheit des Pleißewassers geprägt und nehmen dessen hydrochemische Charakteristik an. Damit wirken sich Beschaffenheitsveränderungen in der Pleiße auch unmittelbar in den beiden Seen aus.
- Allein unter dem Aspekt des Nachsorgeaufwandes weist die Variante 5 den Vorteil auf, dass dadurch der Nachsorgeaufwand mit anderen Mitteln nicht mehr notwendig ist. Dagegen wird bei Realisierung der Variante 4 nur der Nachsorgeaufwand um ca. 13 % geringer gegenüber der Referenzvariante, da in diesem Fall das Überschusswasser des Kahnsdorfer Sees neutral ist und keine Acidität in den Hainer See mehr einträgt.
- Ein „scheinbarer“ Vorteil beider Varianten ist die prognostizierte geringere Sulfatkonzentration im See. In Bezug auf das Wasser der Pleiße hat das Überschusswasser die gleiche mittlere Konzentration, so dass kein Vorteil bezüglich der Sulfatlaststeuerung eintritt.
- Die Trophieprognose zeigte, dass bei MQ- und MNQ-Bedingungen die Eisenfrachten aus dem Grundwasser und der Pleiße selbst ausreichen, um die gesamte P-Fracht im See vollständig auszufällen. Damit wären zumindest für die nächsten 30-50 Jahre oligotrophe Bedingungen zu erwarten. Bei den perspektivisch geringeren Eisenfrachten aus dem Grundwasser (nach 2050) sowie bei MHQ-Bedingungen reicht der Überschuss an Eisen nicht mehr aus, um eine vollständige Phosphor-Retention zu erreichen. Auch hierzu sollten nach Vorliegen der gegenwärtig bearbeiteten vertiefenden Untersuchungen abschließende Einschätzungen vorgenommen werden.
- Allein aus limnologischer Sicht unterscheiden sich die Auswirkungen beider Varianten auf die beiden Seen nur dadurch, dass bei Variante 4 der Hainer See weitestgehend unbeeinflusst bleibt. Bei Überleitung des Überschusswassers aus dem Kahnsdorfer See (Variante 5) würde der Hainer See eine Verbesserung in Bezug auf die Phosphor-Retention und die vollständige Fe-Fällung bringen. Beide Seen würden aber hydrochemisch stark durch die Pleiße und deren Stoffeinträge geprägt sein.

4 Übersicht zu Maßnahmen zur Minderung der Eisenkonzentrationen in der Pleiße

Im Rahmen der Bearbeitung der Grundlagenermittlung (Maßnahme 5.5 – Umverlegung der Pleiße im Bereich des ehemaligen Tagebaues Witznitz II zur Sedimentation von Eisenhydroxidschlämmen) erfolgte frühzeitig die Information weiterer Akteure, um die Transparenz der planerischen Vorgehensweise und einen Abgleich des Wissenstandes bei allen Beteiligten zu ermöglichen.

Im Ergebnis der Informationsveranstaltungen wurde der Bedarf erkannt, eine für Außenstehende nachvollziehbare Auflistung von möglichen Maßnahmen zur Minderung der bergbaubedingten Eisenfrachten in die Pleiße zu erstellen, um zum einen die bereits erfolgten Untersuchungen zu dokumentieren und zum anderen neue Möglichkeiten zu eruieren sowie Querbezüge bzw. mögliche Kombinationen von Maßnahmen ableiten zu können.

Die Übersicht der Maßnahmen (erstellt durch LMBV und Ingenieurtechnischer Fachbegleitung) [18a, 18b] wurde weiter fortgeschrieben und in Workshops mit den Akteuren diskutiert.

Der Nullvariante werden eintragsmindernde und stoffmindernde Maßnahmen gegenübergestellt. Die Bewertung der Maßnahmen erfolgt in 3 Prüfschritten:

- Wirksamkeit
- Durchführbarkeit/Prognose zur Genehmigungsfähigkeit und Flächenverfügbarkeit
- Verhältnismäßigkeit (Herstellungsaufwand, Bewirtschaftungsaufwand)

Der grundsätzliche Aufbau sowie die Prüfschritte zur Bewertung von möglichen Maßnahmen sind aus Abbildung 4-1 ersichtlich.

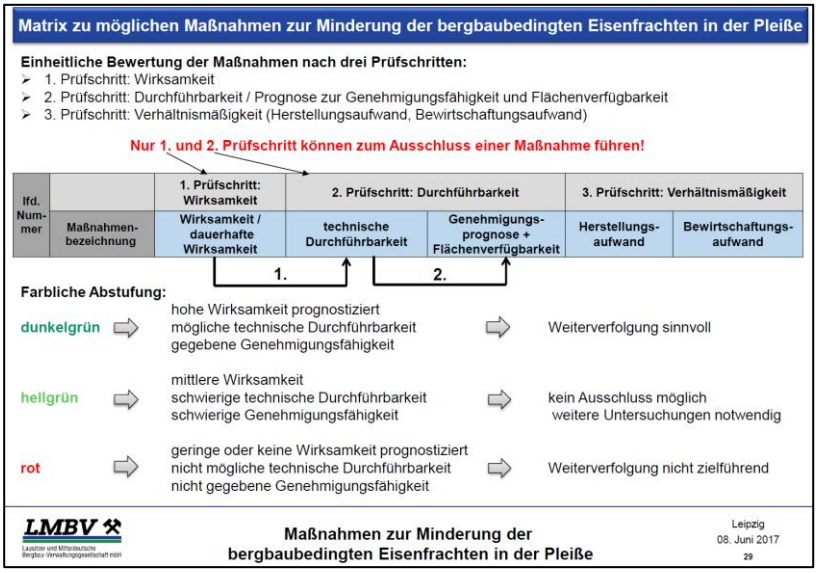


Abbildung 4-1: Aufbau und Darstellung der Prüfschritte zur Bewertung von möglichen Maßnahmen zur Minderung der bergbaubedingten Eisenfrachten [Präsentation 08.06.2017]

Nach Bewertung der Maßnahmen anhand der genannten Prüfkriterien wurde die Weiterverfolgung für einen Großteil, vor allem aufgrund fehlender oder zu gering prognostizierter Wirksamkeit, eingestellt.

Derzeit werden folgende Maßnahmen weiter untersucht [18a]:

LfdNr.	**Maßnahmenbezeichnung**
1.9	Insitu-Sulfatreduktion Ergebnis der Prüfung: Machbarkeitsstudie auf Basis des Pilotprojekts „Mikrobiell induzierte Eisenretention im Grundwasseranstrom zu Bergbaufolgeseen und Fließgewässern am Standort Ruhlmühle“ vorgesehen
2.10	Verlegung der Pleiße außerhalb des Kippenbereiches und Durchleitung der Pleiße durch die Witznitzer Seen Ergebnis der Prüfung: als nachhaltige Lösung nur in Verbindung mit Lösungsansatz für "Pleißeabschnitt im Bereich Kippe Witznitz" möglich → separate Bewertung für diesen Abschnitt notwendig
2.12	(Teil-)Einleitung der Wyhra in den Hainer See und Wiedereinleitung in die Pleiße am Trachenauer Wehr Ergebnis der Prüfung: Schwerpunkt der weiteren Untersuchung soll die wasserwirtschaftliche Nachsorge des Hainer Sees nach Menge und Güte sein, wobei grundsätzlich im Sinne einer möglichst großen Flexibilität auch im Hinblick auf eventuelle Synergien mit parallel untersuchten Lösungsansätzen für die Eisenbelastung der Pleiße die Teil-Einleitung dabei bis in Größenordnung des mittleren Abflusses MQ zu untersuchen ist.

Die Maßnahme 1.1 „Bewirtschaftung von Kippenflächen Kippe Witznitz (Luzerneanbau)“ läuft als großtechnische Umsetzung seit 2015 (ein Vertrag mit dem Flächenbewirtschafter liegt vor).

Die Maßnahmen 2.9.2 „Einbindung der Pleiße in den Kahnsdorfer See zur Sedimentation von EHS – unter Zugabe von sedimentationsfördernden Stoffen“ wird aufgrund der zusätzlichen technischen Maßnahmen und der damit verbundenen dauerhaften Kosten, den Raumwiderständen (u. a. Aussagen der Flächeneigentümer) nicht mehr weiterverfolgt.

Die Maßnahmenübersicht [18a] und die zur Erläuterung der Prüfschritte dienenden Maßnahmenblätter [18b] sind als Anlagen 1 bzw. 2 dieser Unterlage beigefügt.

5 Gesamtbetrachtung

Nach der Auswertung des Sachstandes erfolgt nunmehr die Gesamtbetrachtung aller Maßnahmen mit dem Ziel der Ableitung von Handlungserfordernissen unter Schwerpunktsetzung auf Maßnahmen zur Minderung der Eiseneinträge durch Exfiltration bergbaubeeinflusster Grundwässer in die Pleiße.

5.1 Maßnahme 1 - Fließgewässermonitoring

Zielstellung

Mit der Zielstellung eine Eisenfrachtbilanzierung über das Gesamtjahr zu ermöglichen, erfolgte die Beprobung an den Messstellen der Pleiße möglichst in allen Abflussklassen 1 bis 5. Der zuletzt vorliegende Bericht [4o] dokumentiert den Zeitraum bis Dezember 2016. Das Monitoring wurde in 2017 und 2018 fortgeführt.

Für die weitere Untersetzung der Statistik und zur Erfolgskontrolle bei Maßnahmenumsetzung wurde im Rahmen der letzten Dokumentation zur Gesamtbetrachtung [1l] die Weiterführung der Gütemessungen einschl. der Durchflussmessungen an ausgewählten Messstellen empfohlen:

- Pleiße 1: Regis-Breitingen (als Referenzmessstelle, ohne bergbaubedingter Einflüsse)
- Pleiße 3: uh. Fußgängerbrücke Lobstädt
- Pleiße 4: Pleiße vor Mündung Wyhra
- Pleiße 5: Wyhra vor Mündung in die Pleiße
- Pleiße 6: Fußgängerbrücke Neukieritzsch
- Pleiße 6A: Bereich GWRA MIBRAG
- Pleiße 9: oh. Trachenauer Wehr
- Pleiße 10A: uh. Trachenauer Wehr
- Pleiße 12: uh. Mdg. Gösel, Pegel Böhlen
- Pleiße 18: oh. Connewitzer Wehr

Weiterhin wird die Wassergüte der Zuflüsse Faule Pfütze, Gösel und Floßgraben erfasst.

Die Weiterführung des Fließgewässermonitorings wurde durch den 22. VAK bis 2022 bestätigt.

Arbeitsstand/Zusammenfassung der Ergebnisse

Das Fließgewässermonitoring wurde 2017 und 2018 fortgeführt. Die Auswertung und Dokumentation der 2 in 2017 und 5 in 2018 durchgeführten Kampagnen wird im Frühjahr 2019 von SGL erstellt.

Im Rahmen der Untersuchungen zur Ermittlung der Sedimentationsgeschwindigkeit der Eisenhydroxidflocken erfolgten Probennahmen in der Pleiße an den Messstellen PL6 bis PL9, die in den Teilberichten 1 und 2 [15h, 15j] dokumentiert wurden (siehe Maßnahme 5.5 – Kapitel 5.4).

Empfehlung aus Sicht Gesamtbetrachtung

Für die weitere Untersetzung der Statistik und zur Erfolgskontrolle bei Maßnahmenumsetzung wird die Weiterführung des Fließgewässermonitorings empfohlen.

5.2 Maßnahme 2 - Grundwassermonitoring (MHM/Dritte, Messplatz)

Zielstellung

Zur Überwachung der wasserwirtschaftlichen Verhältnisse führt die LMBV in deren Zuständigkeitsbereich ein Montanhydrologisches Monitoring (MHM) durch. Zur Ergänzung und Erweiterung der erhobenen obligatorischen MHM-Daten wurde in 2007 im Kippengebiet Witznitz ein Messplatz errichtet.

Mit den Erfahrungen der letzten Jahre wurden die Untersuchungen auf die mehrfachverfilterten Messstellen und die Rammpegel beschränkt.

Ergänzt wurde das Monitoring um die GW-Messstellen, die im Zuge der Grundlagenermittlung zum Sickerschlitz im Bereich der Hochkippe Neukieritzsch (südwestlicher GW-Anstrom zur Pleiße) errichtet wurden [3f].

Für den vorliegenden Sachstandsbericht wurden die Daten der bestehenden Grundwassermonitoringprogramme der LMBV und Dritter für das Jahr 2017 in die Datenbasis integriert und die Auswertung der Grundwasseranalysen in einem gesonderten Bericht dokumentiert [1m].

Die erhobenen Daten bilden die Grundlage für die Beschreibung des jeweiligen IST-Zustandes und der Entwicklung der Grundwasserbeschaffenheit auf der Kippe Witznitz sowie im unterirdischen Einzugsgebiet der Pleiße (Bilanzgebiet 1 bis 9).

Arbeitsstand/Zusammenfassung der Ergebnisse

Dynamik:

Im Einzugsgebiet der Pleiße sind nur geringe Veränderungen der Grundwasserstände im Vergleich zum letzten Berichtszeitraum zu beobachten. Die Wasserstände in den Tagebauseen schwanken klimatisch bedingt. Im Vergleich 2015/2016 waren lediglich im Einwirkungsbereich des aktiven Bergbaus relevante Grundwasserstandsveränderungen festzustellen.

Aufgrund des abgegrenzten Grundwassereinzugsgebietes der Kippe Witznitz (ohne laterale Zuflüsse) sind mit den letzten Messungen fallende Grundwasserstände bedingt durch die hydrometeorologische Situation der letzten Jahre zu beobachten (Grundwasserhochwasser 2011, insgesamt geringere Grundwasserneubildung in den Folgejahren).

Grundwassergüte:

Die umfassende Datenbasis für Grundwassergütemessungen wurde mit der Erstellung des Sachstandsberichtes [1m] weiter ergänzt. Die Anzahl der relevanten Messstellen hat sich verringert, da einige Messstellen nicht mehr beprobt werden oder defekt sind. Daher wurden nur jene Messstellen berücksichtigt, für die die letzte Probenahme nicht länger als 2012 zurückliegt.

Die Verteilung der Grundwassergütemessstellen im Grundwassereinzugsgebiet der Pleiße ist weiterhin sehr unterschiedlich. Unterrepräsentiert sind die Bilanzgebiete 7O und 9O. Ferner ist festzustellen, dass pleißenahe Pegel, die unmittelbar die Grundwassergüte des Zustroms zur Pleiße abbilden, außerhalb der Bilanzgebiete Kippe Witznitz nur untergeordnet vorhanden sind.

Schwerpunktbereich der Eisen- und Sulfateinträge ist das Bilanzgebiet 4 (Kippe Witznitz W- und O-Anstrom) auf sehr hohem Niveau im Vergleich zu den anderen Bilanzgebieten. Gleichbleibend hohe Eisenkonzentrationen wurden ebenfalls im Bilanzgebiet 7 gemessen (7O_K, Mst. 306, 1.300 mg/l Fe_{gel}, steigend). Weiterhin ist mit der Auswertung der aktuellen Gütedaten nun der Bereich des Bilanzgebiet 8O, bedingt durch einen hohen Analysewert an Mst. 809 (3.000 mg/l Fe_{ges}), auffällig. Die Messstelle 809 liegt zwischen dem Markkleeberger See und der Pleiße, gerade noch außerhalb des Einzugsgebietes zur Pleiße. Die lokal hohen Eisenkonzentrationen fließen dem Markkleeberger See zu (Hydroisohypsen mit einem Gradienten in Richtung Markleeberger See).

Die Pleiße verläuft in diesem Bereich auf unverritztem Boden. Daher werden in unmittelbarer Nähe der Pleiße unauffällige Eisenkonzentrationen von 0,34 mg/l bzw. 2,1 mg/l gemessen. Die nächsten Beprobungskampagnen im Rahmen des MHM werden zeigen, ob die mit der Erstbeprobung festgestellten hohen Eisenkonzentrationen bestätigt werden.

Messplatz Kippe Witznitz:

Die letzte Kampagne (Grundwasserdynamik und –güte) am Standort Messplatz Kippe Witznitz erfolgte im Zeitraum vom 14.08. bis 30.08.2017 sowie an zwei GWM am 27.10.2017. Es umfasste die Untersuchung von 3 Mehrfachmessstellen mit insgesamt 13 Filterstrecken sowie 25 zu Grundwassermessstellen ausgebauten Rammpegeln [3f].

Alle drei Mehrfachmessstellen wiesen saure bis schwach saure Verhältnisse auf (pH 3,6 – 5,9).
Der Mineralisationsgrad des Grundwassers ist hoch, die elektr. Leitfähigkeiten waren in allen Messpunkten mit 4.550 µS/cm bis 8.140 µS/cm deutlich erhöht. Insbesondere Sulfat (bis 7.920 mg/l) und Eisengelöst (bis 3.500 mg/l) waren zumeist extrem erhöht.

Die Grundwässer im Bereich der Rammpegel weisen unverändert ein überwiegend stark saures Milieu auf. Lediglich an 6 Messstellen wurden pH-Werte >5,5 gemessen. Dementsprechend wurden für die Parameter $Eisen_{gelöst}$ (bis 5.400 mg/l), Sulfat (bis 12.800 mg/l), elektr. Leitfähigkeit (bis 9.940 µS/cm), Nettoacidität (bis 95,2 mmol/l) nahezu überall sehr hohe Konzentrationen ermittelt.

In diesem Zusammenhang wurden zum Teil deutlich erhöhte Schwermetallkonzentrationen ermittelt. Bei Nickel bis max. 2,8 mg/l und bei Zink bis 6,6 mg/l.

Um die Beeinflussung des Pleißewassers in Bezug auf Nickel einschätzen zu können, wurden im Rahmen der Gesamtbetrachtung die Oberflächenwasserbeschaffenheitsdaten an Messstellen der Pleiße und für die Messstelle an der Wyhra vor der Pleißemündung für das Jahr 2016 ausgewertet. Gem. Oberflächengewässerverordnung ist eine Jahresdurchschnitts-Umweltqualitätsnorm JD-UQN für den Parameter Nickel von ≤ 4 µg/L zu beachten. Wobei sich dieser Wert auf den bioverfügbaren Anteil von Nickel bezieht. Die zulässige Höchstkonzentration (ZHK-UQN) für Nickel beträgt 34 µg/L.

Nach der Kippe Witznitz wurde an der Oberflächenwassermessstelle Neukieritzsch in 2016 eine Nickelkonzentration von 3,4 µg/L (Median) bzw. 5,1 µg/L (maximal) festgestellt. Damit wird die Jahresdurchschnitts-Umweltqualitätsnorm gem. OGewV eingehalten.

Empfehlung des Bearbeiters Monitoring Messplatz Kippe Witznitz zur weiteren Vorgehensweise [3f]

Die Fortführung des Grundwassermonitorings in der aktuellen Form (Ein-Jahresrhythmus) wird empfohlen. Dabei sollte darauf geachtet werden, die Probenahme bei Niedrigwasser der Pleiße durchzuführen, um die Zugänglichkeit der im Uferbereich gelegenen Messpunkte zu gewährleisten.

Empfehlung aus Sicht Gesamtbetrachtung

- Die Fortführung des Monitorings an den Mehrfachmessstellen sowie an den Rammpegeln wird bestätigt. Die Fortführung im 1 Jahresrhythmus dient der Fortschreibung der Erfassung der bergbautypischen Güteparameter im Schwerpunktbereich der Exfiltration eisenhaltiger Grundwässer in die Pleiße und kann dementsprechend in zukünftige Modellbetrachtungen einfließen. Eine konkrete Maßnahmenbezogenheit besteht derzeit nicht.
- Die Durchführung des Monitorings im Rahmen des MHM (Güte/Dynamik) ist obligatorisch zur Überwachung der Grundwasserverhältnisse im Zuständigkeitsbereich der LMBV.
- Im Rahmen der Erstellung des Sachstandsberichtes wurden die Ergebnisse des Gütemonitorings der LMBV (MHM) und Dritter abgefragt, in eine einheitliche Datenbasis überführt und ausgewertet. Die Aussagen betreffen im Gegensatz zum allgemeinen GW-Monitoring und der Berichtserstattung durch die LMBV konkret das relevante GW-Einzugsgebiet der Pleiße. Daher wird die Fortschreibung der Datenbasis im Rahmen zukünftiger Sachstandsberichte empfohlen.
- Die Empfehlungen entsprechen damit im Wesentlichen den Ausführungen in [1l].

5.3 Maßnahme 5.1 - Reduzierung des Sickerwasserzustromes durch Bewirtschaftung von Kippenflächen

Zielstellung

Im Zeitraum 2008 bis 2011 wurde der Pilotversuch zur Reduzierung der Exfiltration von eisenbelastendem Grundwasser aus den Kippen des ehemaligen Tagebaubereiches Witznitz in die Fließgewässer der Pleiße und Wyhra durch Optimierung der Bewirtschaftung sowie bodenverbessernde Maßnahmen durchgeführt und nach einer Übergangszeit ab Herbst 2014 mit dem Bewirtschafter der landwirtschaftlichen Flächen in eine produktionswirksame Maßnahme überführt.

Die großtechnische, flächenhafte Umsetzung der Erfahrungen des Pilotversuches beinhaltet den Luzerneanbau auf 225 ha auf dem südlichen Teil der Kippe Witznitz, der ingenieurtechnisch mit den Untersuchungen auf den Feldversuchsflächen und den Lysimetern zu begleiten und auszuwerten ist.

Arbeitsstand/Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Teilflächen A, B, C und D wurde erstmalig 2015 mit Luzerne bepflanzt. 2016 erfolgte die Aussaat von Luzerne dann auf der Teilfläche E, sodass die Gesamtfläche etwa 225,5 ha betrug.

Im Oktober 2017 erfolgte eine Abstimmung [9i] mit den Osterland Agrar GmbH zu den Luzerne-Kulturen auf den Flächen der Kippe Witznitz.

Entsprechend dieser Abstimmung erfolgt der Luzerneanbau für jeweils 4 Jahre. Danach erfolgt für ein Jahr der Anbau einer Zwischenkultur, wie z. B. Winterweizen, Silomais oder Kartoffeln. Weiterhin wurde die Luzerneanbaufläche in 2017 um weitere 106,4 ha in nördlicher Richtung (Flächen F und G) erweitert.

Die Begrenzung des Anbaues der Zwischenfrucht ist von Bedeutung, da so die Wirksamkeit der Maßnahme – ursprünglich war ein Fruchtwechsel für 3 Jahre vorgesehen – gesteigert werden kann.

Die Ermittlung der Volumenströme entlang von hydrogeologischen Schnitte war Gegenstand der Untersuchungen in [9h]. Hier wurden folgenden Szenarien gegenübergestellt:

- Basisszenario 0: langfristige konventionelle Landwirtschaft;
- Szenario 1: reiner Luzerneanbau;
- Szenario 2a: 1 Jahr Fruchtwechsel;
- Szenario 2b: 3 Jahr Fruchtwechsel;

Tabelle 5-1: Volumenströme in [m³/min] für die hydrogeologischen Schnitte in den Hydrotopen 1 und 4 sowie basierend auf dem Bilanzgebiet 4O [nach 9h]

	Volumenstrom [m³/min] auf 1 m Breite		Volumenstrom [m³/min] (≙ Bilanzgebiet 4O)	
Szenario	Hydrotop 1	Hydrotop 4	Berechnet für Hydrotope 1 und 4 zusammen	Aus [13c]
Ist (2016)	1,2E-04	1,2E-05	0,18	0,17
0 (2100)	1,5E-04	1,3E-05	0,21 (100 %)	0,20 (100 %)
1 (2100)	9,1E-05	3,4E-06	0,12 (57 %)	0,10 (50 %)
2a (2100)	1,0E-04	4,2E-06	0,14 (67 %)	-
2b (2100)	1,1E-04	4,8E-06	0,16 (76 %)	-

Im Vergleich zum Basisszenario (Volumenstrom 100 %) wird somit bei einem einjährigen Fruchtwechsel eine mittlere Verringerung des Volumenstromes um 33 % auf 67 % (Szenario 2a) prognostiziert.

Wissenschaftliche Begleitung

Die Ergebnisse der wissenschaftlichen Begleitung des Luzerneanbaues für das Jahr 2017 sind in [9l] dokumentiert.

Die klimatische Wasserbilanz war 2017 positiv, was zu einer größeren Grundwasserneubildung im Vergleich zu den Vorjahren (negative klimatische Wasserbilanz) führte.

Brandis 36 mm

Witznitz 8 mm

In Auswertung der mit den Lysimetern ermittelten Verdunstungshöhen für die verschiedenen Anbaukulturen der vergangenen Jahre ergeben sich folgende durchschnittliche Verdunstungshöhen (Mittelwerte:

- Luzerne 588 mm
- Knaulgras 623 mm
- Winterraps 605 mm
- Winterweizen 626 mm
- Mais 580 mm
- Wintergerste 542 mm.

Im Jahr 2017 wurden folgende Sickerwassermengen gemessen:

Luzerne: 65,3 mm (14/4)	(2016: 49,7 mm)
Knaulgras/Luzerne: 76,9 mm (14/2)	(2016: 81,3 mm)
Referenzwert (W-Weizen): 91,3 mm (12/2)	(2016: 83,8 mm W-Raps)

Weiterhin wurden vom Bearbeiter u. a. folgende Kernaussagen mit der Berichtserstattung 2017 [9l] getroffen:

- Die Erntemenge war mit 676 dt FM/ha höher als in den Vorjahren. Im Vergleich dazu lagen die Erträge 2016 bei 649 dt FM/ha und 2015 bei 586 dt FM/ha.
- Die Erträge auf den gekalkten Flächen waren gegenüber der nicht gekalkten Flächen etwas höher. Unterschiede zwischen den tiefengelockerten Bereichen und nicht tiefengelockerten Bereichen waren nicht erkennbar.
- Die Erträge auf den Lysimetern waren 2017 mit 303 dt FM/ha wie auch in den Vorjahren sehr niedrig, 2016: 375 dt FM/ha und 2015: 387 dt FM/ha.
- Ursache für die Mindererträge auf den Lysimetern waren ungünstige Witterungsbedingungen und Trockenschäden, der Inseleffekt bei freistehenden Lysimetern und die unterschiedlichen Klimawerte zwischen Brandis und Witznitz.
- Letztendlich bedeutet der Unterschied in den Erträgen auch, dass die Grundwasserneubildung auf der Kippe Witznitz viel geringer ist als an den Lysimetern gemessen.

Empfehlung des Bearbeiters zur weiteren Vorgehensweise [9l]

- Weiterbetrieb der beiden Lysimeter in Brandis zur Vorbereitung und Begleitung einer optimierten Fruchtfolge mit einjähriger Zwischenfrucht-Bewirtschaftung nach 4jährigem Luzerneanbau

Von Seiten der wissenschaftlichen Begleitung sind folgende zusätzliche Untersuchungen geplant:

- Überwachung der Bodenwasserspeicherung und -abgabe an das Grundwasser (Grundwasserneubildung) mittels Bodenwassermessstellen und Messstellen zur Überwachung der Grundwasserdynamik an einem Sondermessprofil auf der Kippe Witznitz.

Dazu ist die Errichtung von zwei neuen GWMST vorgesehen. An den Standorten von 3 GWMST erfolgt die Errichtung von jeweils 2 Bodenwassermessstellen, die in zwei Teufen mit Bodenfeuchtesensoren (Wassergehalt, Saugspannung, Temperatur) ausgestattet werden.

- Die Durchführung des erweiterten Monitorings ist zunächst über ca. 5 Jahre vorgesehen (1 Bewirtschaftungszyklus: 4 Jahre Luzerne + 1 Jahr Zwischenfrucht).
- Ziel des erweiterten Monitorings ist die Erfolgskontrolle durch Überprüfung der 2016/2017 erstellten Sicker- und Grundwasserprognosen für den auf der Kippe praktizierten Luzerneanbau mit Fruchtwechsel sowie dessen Auswirkungen auf den Grundwasserabstrom zum Pleiße.

Empfehlung aus Sicht Gesamtbetrachtung

Die Weiterführung der Maßnahme 5.1 in angepasster und reduzierter Form wurde vom 22. VAK bis 2022 bestätigt.

Die Rahmenbedingungen die in der letzten Gesamtbetrachtung dargestellt wurden, haben sich nicht verändert. Daher wird eine weitere wissenschaftliche Begleitung des Luzerneanbaues als sinnvoll erachtet.

Die Durchführung des erweiterten Monitorings zur Erfolgskontrolle durch Überprüfung der 2016/2017 erstellten Sicker- und Grundwasserprognosen für den auf der Kippe praktizierten Luzerneanbau mit Fruchtwechsel sowie dessen Auswirkungen auf den Grundwasserabstrom zur Pleiße ist zielführend. Durch die jeweils parallele Anordnung der Bodensensoren in 2 Horizonten pro Messstelle kann eine Evaluierung der Messwerte (unter den gegebenen heterogenen Bodenverhältnissen der Kippe) erfolgen. Durch die Beobachtung der Grundwasserdynamik und des Bodenwassers auf der Linie des Sondermessprofiles wird eine Überprüfung der Aussagen aus [9h] siehe Tabelle 5-1 (S. 57) unter den Bedingungen des 4jährigen Luzerneanbaus und 1jähriger Zwischenfrucht auf der Kippe ermöglicht. Bei der Interpretation der Ergebnisse ist die Lage des Sonderprofiles im Bilanzgebiet 5O zu berücksichtigen.

5.4 Maßnahme 5.5 - Umverlegung der Pleiße im Bereich des ehem. Tagebaus Witznitz II zur Sedimentation von Eisenhydroxidschlämmen

Zielstellung

Mit der Untersuchung von Sedimentationsräumen im Fließgewässer bzw. im Nebenschluss einschließlich Untersuchungen zur Verwertung von Eisenhydroxidschlämmen [14a] wurde eine prioritäre Vorzugsvariante abgeleitet, die die Ableitung von Pleißewasser rechtsseitig vor dem Trachenauer Wehr in den Kahnsdorfer See betrachtet.

Mit der Durchleitung der Pleiße durch den Kahnsdorfer See soll durch die EHS-Sedimentation die Eisenkonzentration des den See verlassenen Wassers unter die Sichtbarkeitsschwelle (ca. 1,5 mg/l) gesenkt werden.

Daher waren bereits im Rahmen der Grundlagenermittlung eine 2D-Hydronumerische Modellierung des Gesamtsystems sowie eine 3D-Modellierung des Kahnsdorfer Sees Bestandteil der Untersuchungen. Ziel ist es, eine dauerhafte und nachhaltige Lösung zu finden. Mit der Grundlagenermittlung wurde ein weiterer Untersuchungsbedarf bzgl. der Ermittlung von belastbaren Sedimentationsgeschwindigkeiten

der Eisenhydroxidflocken abgeleitet. Die Fortführung der Objektplanung wurde daher bis zum Abschluss der Alternativenprüfung zunächst ausgesetzt.

Arbeitsstand/Zusammenfassung der Ergebnisse

Sedimentationsuntersuchungen:

Für die Sedimentationsuntersuchungen wurde an 5 Terminen Wasserproben an 4 Entnahmestellen (PL6 bis PL9) im Flussverlauf der Pleiße entnommen und analysiert.

Im Rahmen der durchgeführten Untersuchungen (Teilbericht 1 und 2 [9i, 9j]) wurden in Summe 14 Absetzversuche durchgeführt, aus denen jeweils bei bekannter Fe_{ges}-Konzentration, eine mittlere Sedimentationsgeschwindigkeit abgeleitet werden konnte. Diese bildeten die Grundlage für die Ableitung der in Tabelle 5-2 dargestellten Konzentrationsbereiche und der Zuordnung einer mittleren Sedimentationsgeschwindigkeit.

Tabelle 5-2: Abgeleitete Sedimentationsgeschwindigkeiten in einem definierten Konzentrationsbereich [9j]

Konzentrationsbereich	v_{Sed} [cm/h]
Fe_{ges} < 2 mg/l	0,4
2 mg/l < Fe_{ges} < 5 mg/l	0,6
Fe_{ges} > 20 mg/l	1,8

3D-Modellierungen zur Quantifizierung des Absetzverhaltens im Kahnsdorfer See:

Unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Sedimentationsuntersuchungen wurden für verschiedene Varianten der Ein- und Ausleitung im Kahnsdorfer See instationäre und stationäre 3D-Gewässermodellierungen zur Quantifizierung der Sedimentation von EHS durchgeführt.

In der folgenden Tabelle sind die Ergebnisse zusammenfassend dargestellt. Der Vollständigkeit halber sind die ersten Modellierungsergebnisse (mit zu hoch angesetzter Sedimentationsgeschwindigkeit, Literaturwert) aufgezeigt.

Tabelle 5-3: Zusammenstellung der Ergebnisse der Modellierungen zur Quantifizierung des Absetzverhaltens im Kahnsdorfer See [15g, 15j, 15k]

Variante	Eintrag/ Entnahme	Anbindung der Pleiße	Sedimentations-geschwindigkeit	Modellierung	Ergebnis, Feges-Konz. Ausleitwasser
1*	Nordwestufer/ Nordufer	Zulaufgerinne von Pleiße am Trachenauer Wehr zum Kahnsdorfer See	15 cm/h (Literaturwert)	stationär [15g]	Feges-Konz. < 1,5 mg/l nicht einhaltbar (Kurzschlussströmung); (Sedimentationsgeschwindigkeit zu hoch angesetzt)
2*	Westufer/ Nordufer	Zulaufgerinne von Pleiße am Trachenauer Wehr zum Kahnsdorfer See	15 cm/h (Literaturwert)	stationär [15g]	Feges-Konz. < 1,5 mg/l einhaltbar jedoch (Sedimentations-geschwindigkeit zu hoch angesetzt)
2	Westufer/ Nordufer	Zulaufgerinne von Pleiße am Trachenauer Wehr zum Kahnsdorfer See	0,6 cm/h (abgeleitet aus Sedimentations-untersuchungen)	instationär [15j]	Feges-Konz. < 2,5 mg/l; Ziel mittlere Feges-Konz. von 1,8 mg/l wird nicht erreicht
			1,8 cm/h (Zugabe von Flockungsmittel, ggf. Flockungs-hilfsmittel)	instationär [15j]	Ziel mittlere Feges-konz. von < 1,8 mg/l wird mit Flockungsmitteln erreicht
3	Südufer/ Nordufer	Umverlegung der Pleiße aus dem Haupteintrags-gebiet Kippe Witznitz	0,4 cm/h (für Feges-Konz. < 2 mg/l)	stationär [15k]	Ziel mittlere Feges-konz von < 1,8 mg/l wird erreicht
			0,6 cm/h (2,0 … 5,0 mg/l Feges)	stationär [15k]	bei Einleitkonzent. bis 3 mg/l und NQ, MQ < 5 m³/s noch ausreichende Sedimentation gegeben; max. Einleitkonz. Feges von 2,2 mg/l prognostiziert in [13c]

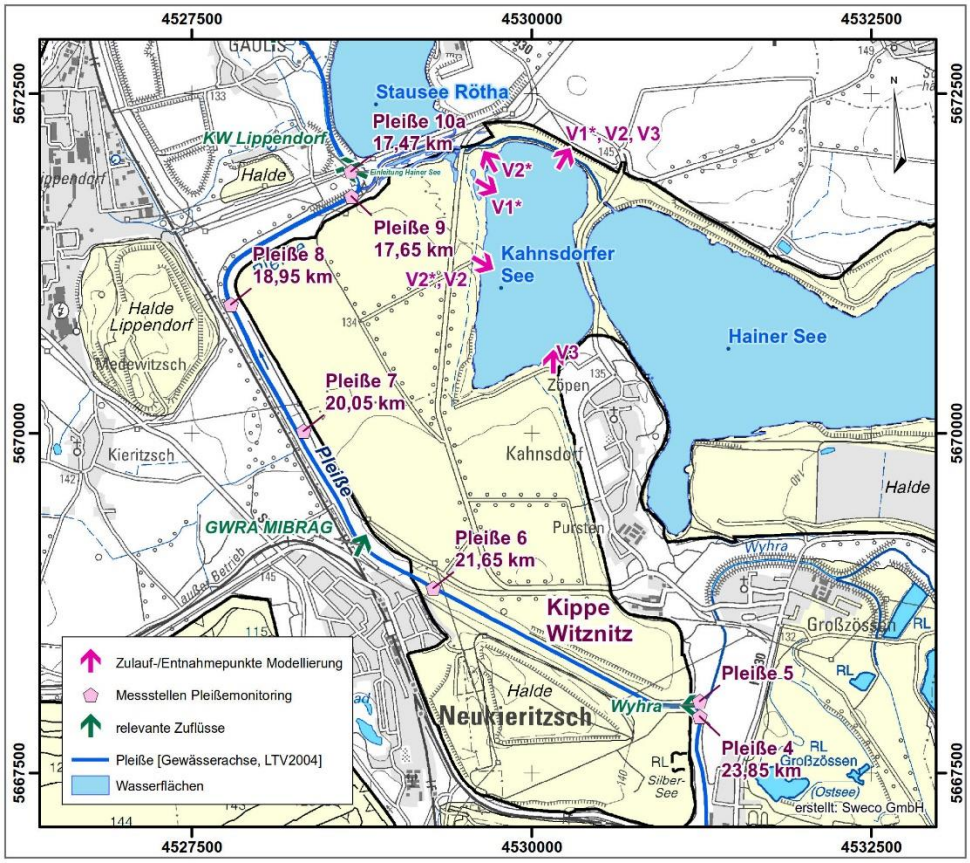


Abbildung 5-1: Lage der Eintrag- und Entnahmepunkte (V1 – Nordeinleitung, V2 – Westeinleitung, V3 – Südeinleitung) gem. Modellierung [15g, 15j, 15k]

Fazit des Bearbeiters:

- Es konnte nachgewiesen werden, dass eine Minderung der Eisenfracht in der Pleiße durch die Einleitung der Pleiße in den Kahnsdorfer See erfolgt. Der Grad der Reduzierung der Eisenkonzentrationen hängt im Wesentlichen von der Sedimentationsgeschwindigkeit der Eisenpartikel ab.
  Wird eine mittlere Sedimentationsgeschwindigkeit von 0,6 cm/h angenommen, ist eine mittlere Eisenkonzentration des Ausleitungswassers < 2,5 mg/l zu erwarten. Der Kahnsdorfer See wird ganzjährig und flächendeckend braun sein. Das erstrebte Ziel einer mittleren Eisenkonzentration im Auslauf des Sees von 1,8 mg/L wird somit nicht erreicht. Die Sichtbarkeitsschwelle für Eisen wird regelmäßig überschritten. Erst durch die Erhöhung der Sedimentationsgeschwindigkeit auf 1,8 cm/h durch die Verwendung von Flockungsmitteln (ggf. Flockungshilfsmittel) wird das Ziel (Fe_{ges}-Konzentration < 1,8 mg/l) erreicht.
- Nach einer Umverlegung der Pleiße aus dem Haupteintragsgebiet Kippe Witznitz und Einleitung am Südufer des Kahnsdorfer Sees wird aufgrund der geringeren Eisenkonzentrationen das Ziel der Einhaltung einer Eisengesamtkonzentration im Ausleitwasser von < 1,8 mg/l erreicht. Durch die im stationären Endzustand prognostizierte maximale Eisenkonzentration von 2,2 mg/l wird es lediglich im Bereich der Einleitstelle zu einer Braunfärbung des Seewassers kommen.

Empfehlung aus Sicht Gesamtbetrachtung

- Die Untersuchungen zur Quantifizierung des Absetzverhaltens von Eisenhydroxid im Kahnsdorfer See einschließlich der Grundlagenermittlung [15g] haben gezeigt, dass eine Durchleitung der Pleiße unter den vorgegebenen Randbedingungen technisch möglich ist. Jedoch kann das Ziel der Reduzierung der $Eisen_{gesamt}$-Konzentrationen im Ausleitwasser von < 1,8 mg/l nur durch die Zugabe von Flockungsmitteln (ggf. -hilfsmitteln) erreicht werden.
- Für den Vergleich der Wirksamkeit mit anderen Maßnahmen wäre die Reinigungsleistung in t/a berechnet aus der Jahresganglinie (s. Abbildung 3-10) für beide Varianten (mit und ohne Zugabe von Flockungsmitteln) von Interesse. In einer nachfolgenden Kostenbetrachtung kann dann auf die spezifischen Kosten in €/kg Eisenreduzierung geschlossen werden und ein Vergleich mit anderen Maßnahmen bzw. Maßnahmenkombinationen geführt werden.
- Im Zusammenhang mit den beobachteten Eisenkonzentrationen am Pegel Böhlen von durchschnittlich 2,7 mg/l (seit 2015) sollte geprüft werden, ob mit der Maßnahme Durchleitung der Pleiße durch den Kahnsdorfer See ohne Flockungsmittel (die Zielkonzentration am Ausleitpunkt zwar nicht erreicht werden kann) jedoch ggf. bereits am Pegel Böhlen die Eisenkonzentration unterhalb der Sichtbarkeitsschwelle erreicht werden kann.
- Weiterhin wurde die Umverlegung der Pleiße aus dem Haupteintragsgebiet und Südeinleitung in den Kahnsdorfer See untersucht. Die Untersuchungen zeigten, dass das Ziel der maximalen Eisenkonzentration am Ausleitpunkt von < 1,8 mg/l erreicht werden kann. Zu berücksichtigen ist hierbei, dass mit den vorliegenden Prognosen [13c] eine maximale Eisengesamt-Konzentrationen am Einleitpunkt von 2,2 mg/l zu erwarten ist. Aktuell wurden an den Pleißemessstellen PL4 und PL5 Eisenkonzentrationen von deutlich unter 2 mg/l gemessen (derzeitige Hintergrundkonzentration von 0,75 mg/l).
  Ab einer Einleitkonzentration von 3 mg/l würde es bereits zu einer leichten Überschreitung der Ausleitkonzentration von 1,8 mg/l kommen.
  Das vordringliche Ziel der Umverlegung der Pleiße aus dem Kippenbereich mit Einleitung im Südteil besteht also nicht in der Reduzierung der Eisenkonzentrationen sondern in der Verhinderung der Eiseneintrages in das Pleißewasser und der positiven Beeinflussung der Wasserqualität im Kahnsdorfer See.
- Um eine weitere Beeinflussung des Pleißewassers im neu zu bauenden Gerinne zu verhindern, wird eine Abdichtung des Gerinnes zur Verhinderung des Zutrittes eisenreicher Kippenwässer notwendig.
- Weiterhin ist die Abführung von Hochwässern > 10 m³/s zu gewährleisten (Abschlag über „altes Pleißebett“ oder über die Seen). Ebenso ist die Speisung des Stausees Rötha sicherzustellen. Ein weiterer offener Punkt ist der Umgang mit dem weiterhin stattfindenden Austrag von eisenhaltigem Grundwasser aus der Kippe.
- Falls die Entscheidung zur Umsetzung der Südeinleitung getroffen wird, sollten Sedimentationsuntersuchungen im Bereich der Messstellen PL4 und PL5 durchführt werden, um die bisher in den Prognoserechnungen verwendeten Sedimentationsgeschwindigkeiten zu verifizieren. Bisher erfolgten die Sedimentationsuntersuchungen an den Pleißemessstellen PL6 bis PL9 nach der Passage des Kippenmassives.

5.5 Limnologische Prognose für den Kahnsdorfer See und dem Hainer See

Zielstellung

Mit dem Limnologischen Gutachten [17] für den Hainer See mit dem Teilbereich Haubitz sowie dem Kahnsdorfer See wurde eine Prognose der hydrochemischen Beschaffenheitsentwicklung und der Trophie der Seen erstellt. Darauf aufbauend wurde eine Variantenbetrachtung zu verschiedenen Nachsorgemaßnahmen sowie der Einleitung der Pleiße in den Kahnsdorfer See durchgeführt.

Die zuletzt genannte Teilaufgabe (Einleitung Pleiße) tangiert somit direkt die in den vorigen Kapiteln dargestellten Maßnahmenplanungen/-untersuchungen.

Arbeitsstand/Zusammenfassung der Ergebnisse

Istzustand/Prognose ohne weitere Maßnahmen

Kahnsdorfer See:

Das Gewässer soll der natürlichen Sukzession überlassen werden und wurde daher nicht neutralisiert (pH-Wert Stand 09/2018 2,6). Die Indikatoren tagebaulicher Beeinflussung sind auf einem sehr hohen Niveau und zeigen weiterhin einen leicht steigenden Trend. Ohne weitere Maßnahmen zeigt die Seewasserqualität keine deutliche Veränderung. Der pH-Wert wird sich bis 2050 nur geringfügig erhöhen, jedoch den pH-Wert 4,0 nicht überschreiten.

Hainer See:

Seit den zwischen Juni 2008 bis November 2010 durchgeführten Neutralisationsmaßnahmen (Branntkalk) weist der See in Abhängigkeit der Zuführung von Profener Sümpfungswasser annähernd neutrale pH-Werte auf. Die Sulfatkonzentration als Indikator der tagebaulichen Beeinflussung ist mit 1100 mg/L relativ hoch, tendenziell ist ein Rückgang erkennbar.

Ohne Zuführung von Fremdwasser oder Anwendung technischer Neutralisationsmaßnahmen ist mit einer schnellen Rückversauerung zu rechnen.

Lagune Kahnsdorf (Hainer See):

Die Lagune Kahnsdorf ist ein Flachwasserbereich im Süden des Hainer Sees, dessen Beschaffenheit vom aciditätsreichen Grundwasser-Zustrom geprägt ist. Die Wasserbeschaffenheit entspricht überwiegend der im Hainer See.

Teilbereich Haubitz (Hainer See):

Langfristig sind pH-neutrale Bedingungen im Teilbereich Haubitz zu erwarten. Jedoch kann eine Rückversauerung des Sees aufgrund des Wasseraustausches mit dem Hainer See nicht ausgeschlossen werden. Die derzeitigen Nutzungsziele des Haubitzer Sees (Badegewässer, Naherholung) sind nach den Ergebnissen der Prognoserechnungen weiterhin gewährleistet.

Weitere Variantenuntersuchungen:

- V1: Stützung der Seewasserbeschaffenheit durch Zuleitung von MIBRAG-Sümpfungswasser aus dem Tagebau Profen Laufzeit bis a) 2018, optionale Verlängerung bis b) 2028,
    - Aufgrund des bei Vollzirkulation stattfindenden Wasseraustauschs zwischen dem Hainer See und der Lagune Kahnsdorf sowie dem Teilbereich Haubitzer ist davon auszugehen, dass Neutralisationsmaßnahmen im Hainer See auch zu pH-Wert-Anhebung in der Lagune Kahnsdorf und Stabilisierung des pH-Wertes (pH > 6,0) im Haubitzer See führen.

      Bedarf 2018 an Profener Sümpfungswasser von 3,3 Mio m³/a

      Gem. Unternehmerischer Entscheidung vom 07.11.2017 wurde der Betrieb der LMBV-Flutungsleitung zum 31.12.2018 eingestellt. Die weitere Nachsorge der Bergbaufolgeseen im Südraum Leipzig erfolgt ab 01.01.2019 durch die Nutzung alternativer Nachsorgeoptionen gemäß Stand der Technik. Die Variante 2 b) ist somit obsolet.
- V2: Einleitung von Oberflächenwasser aus der Wyhra in die „Lagune Kahnsdorf“ unter Berücksichtigung dessen Verfügbarkeit,
    - Durch die Einleitung von Wyhra-Wasser wird die tagebauliche Beeinflussung der Seen deutlich reduziert und pH-Wert-neutrale Bedingungen in der Lagune Kahnsdorf und Hainer See eingehalten. Aufgrund des hohen Zustrom-Anteils der Wyhra in der Lagune Kahnsdorf wird sich eine ähnliche Beschaffenheit wie im Fließgewässer einstellen.
    - In der Lagune Kahnsdorf ist besonders während der Sommerstagnation mit lokalen und temporären Eutrophierungserscheinungen zu rechnen, die ebenso den Hainer See nachteilig beeinflussen können.
- V3: Anwendung technischer Maßnahmen zur langfristigen Sicherung einer tolerierbaren Beschaffenheit für das Seewasser und das in die Pleiße einzuleitende Überschusswasser.
    - In Abhängigkeit der Wirkungsgrade der angedachten Maßnahmen ergibt sich ein Bedarf in 2019 für Weißfeinkalk zwischen 540 und 615 t/a oder Kalksteinmehl zwischen 950 t/a und 1080 t/a. Die erforderlichen Aufwandsmengen verringern sich durch die abnehmenden Aciditätseinträge allmählich.
- V4: Einleitung der Pleiße mit max. 10 m³/s in den Kahnsdorfer See, bei direkter Ausleitung des Überschusswassers in die Pleiße
    - Die bereits vor Beginn der Einleitung geschaffenen pH-neutralen Verhältnisse (Initialneutralisation), führen zum Einsetzen von Mineralfällungsprozessen und senken die Konzentration von $Eisen_{gel}$ und $Aluminium_{gel}$ auf <0,1 mg/L. Die Acidität $KB_{8,2}$ im Seewasser sinkt von 5,0 mmol/L auf 0,1 mmol/L, die Alkalinität $KS_{4,3}$ würde von <0,05 mmol/L auf 2,7 mmol/L steigen. Die Sulfatkonzentration nimmt von 1470 mg/L auf 325 mg/L ab.
- V5: Ableitung des Überschusswasser des Kahnsdorfer Sees in den Hainer See
    - Nach Beginn der Einleitung der Pleiße in den Kahnsdorfer See wären die Veränderungen der Beschaffenheit des Hainer Sees nach ca. 2 Jahren abgeschlossen. Die hydrochemische Charakteristik wird sich dem Kahnsdorfer See angleichen und ist zukünftig von der Beschaffenheitsentwicklung der Pleiße abhängig. Die bergbauliche Beeinflussung des Hainer Sees sinkt damit deutlich.
    - Im Hainer See wird sich demnach ein pH-Wert um pH 7,5 einstellen. Die Alkalinität $KS_{4,3}$ steigt auf 2,7 mmol/L. Bei pH-neutralen Verhältnissen im Seewasser befindet sich

die Konzentration von $Eisen_{gel}$ und $Aluminium_{gel}$ zudem unter 0,1 mg/L. Die Sulfatkonzentration sinkt von ca. 1000 mg/L auf 340 mg/L. Die Aciditätseinträge in den Hainer See werden vollständig von Pleiße-Wasser kompensiert, so dass keine weiteren Nachsorgemaßnahmen notwendig sind.

- Solange die hohe Eisenfracht aus dem Grundwasser eine hohe P-Retention im Hainer See bewirkt, sind mesotrophe Bedingungen zu erwarten. Nach deutlichem Rückgang der Eisenfrachten im Grundwasser – nicht vor 2050 zu erwarten - sind eutrophe Verhältnisse wahrscheinlich.
- Aufgrund der bestehenden Gewässerverbindungen werden sich die geschilderten Verhältnisse in abgeschwächter Form auch im Teilbereich Haubitz und in der Lagune Kahnsdorf zeigen.

Empfehlung des Bearbeiters

- Nachsorge:
  - Bzgl. der Nachsorge des Hainer Sees wurde als Vorzugsvariante ursprünglich die Kombination aus der Zuführung von Sümpfungswasser aus dem Tagebau Profen und nach Ende dessen Verfügbarkeit die technischen Konditionierungsmaßnahmen herausgearbeitet. Es wurde ermittelt, dass nach anfangs jährlich notwendigen Kampagnen bei Konditionierung mittels Weißfeinkalk (WFK) zwischen 2029 und 2050 fünf Konditionierungen und mittels Kalksteinmehls (KSM) nur zwei Kampagnen notwendig sind. Aufgrund der höheren notwendigen Aufwandsmengen an KSM und der entsprechend höheren Anzahl an Applikationstagen ist die Behandlung mittels KSM um ca. 30 % teurer als mit WFK. Da beim Einsatz von Weißfeinkalk temporär und lokal (im Bereich der Applikation) pH-Werte 9 … 10 auftreten können und dies bei Verwendung von Kalksteinmehl aufgrund seiner chemischen Charakteristik nicht zu beobachten ist, sollte in Anbetracht von möglichen nachteiligen Folgen für die sich zwischenzeitlich entwickelte Fischpopulation der Einsatz von Kalksteinmehl präferiert werden
  - Der Konditionierungsbedarf, der sich seitens des Teilbereiches Haubitz ergibt, wurde bei der Variantenbetrachtung zum Nachsorgebedarf in Summe mit dem Hainer See betrachtet und kann mit den dort vorgeschlagenen Maßnahmen beherrscht werden.
  - Unverhältnismäßig hoch wurden im Vergleich zur Inlake-Behandlung die Aufwendungen für den Bau und den Unterhalt der notwendigen Anlagen für die Zuführung von Wasser aus der Wyhra – auch vor dem Hintergrund des zeitlich begrenzten und zeitlich abnehmenden Bedarfes eingeschätzt.
- Einleitung der Pleiße in den Kahnsdorfer See:
  - Während bei Variante 4 allein der Kahnsdorfer See in seiner Charakteristik stark verändert wird, ist dies für Variante 5 etwas zeitverzögert auch für den Hainer See zu erwarten. Nach Variante 5 werden beide Seen aufgrund der hohen zugeführten Wassermenge durch die Beschaffenheit des Pleißewassers geprägt und nehmen dessen hydrochemische Charakteristik an. Bei Variante 5 entfällt der Nachsorgeaufwand für den Hainer See.

Empfehlung aus Sicht Gesamtbetrachtung

- Die Vorzugsvariante bezüglich der Nachsorge des Hainer Sees wurde durch den Bearbeiter des Limnologischen Gutachtens nachvollziehbar abgeleitet. Die Inlake-Wasserbehandlung ist bewährt

und wird von der LMBV (bzw. in deren Auftrag) in den Tagebauseen zur Nachsorge in der Lausitz und Mitteldeutschland eingesetzt. Aus ökologischer Sicht ist dabei der Verwendung von Kalksteinmehl den Vorzug zu geben.

- Die bergrechtliche und wasserrechtliche Verpflichtung zur Nachsorge ergibt sich u. a. aus dem im Braunkohlenplan (als Sanierungsrahmenplan Tagebau Witznitz) festgelegten Zielen zur Folgenutzung der Seen. Weiterhin wurden Anforderungen im Wasserrechtlichen Planfeststellungsverfahren abgeleitet und mit Planfeststellungsbeschluss vom 22.09.2008 festgelegt (Neutralisation des Hainers See als Grundlage für die Erholungsnutzung und Ausleitung in die Pleiße).
- Gem. Unternehmerischer Entscheidung vom 07.11.2017 wurde der Betrieb der LMBV-Flutungsleitung zum 31.12.2018 eingestellt, so dass zur qualitativen Nachsorge kein Profener Wasser zur Verfügung steht. Daher gewinnt die mögliche Einleitung von Wasser aus der Wyhra in den Hainer See an Bedeutung, da durch den Bearbeiter gem. Kostenschätzung des Nachsorgeaufwandes bei der Verwendung von Kalksteinmehl bis 2050 ca. 2,6 Mio € ausgewiesen wurden. Untersuchungen zur Teileinleitung der Wyhra befinden sich derzeit in Bearbeitung. Im Ergebnis der Untersuchung sollte ein (Kosten)-vergleich unter den Alternativen Inlake-Behandlung vers. Teileinleitung Wyhra geführt werden, um eine sinnvolle Form der Nachsorge abzuleiten.
- Dabei sind auch folgende Aspekte, die für die Umsetzung der Teileinleitung der Wyhra sprechen, zu berücksichtigen:
    - Schaffung der Voraussetzung für einen sich weitestgehend selbst regulierenden Wasserhaushalt (technische Maßnahmen zur Nachsorge der Gewässerqualität entfallen),
    - Möglichkeit des Ausgleiches ggf. zukünftiger Wasserdefizite des Hainer Sees.
- Im Falle der Anbindung der Pleiße an den Kahnsdorfer See (Einleitpunkt Westufer) wird im Falle Var. 4 der Kahnsdorfer See und bei Var. 5 zeitlich verzögert auch der Hainer See von der Wasserbeschaffenheit der Pleiße geprägt. Nach vorliegenden Prognosen [15j, 15k] ist davon auszugehen, dass der Einsatz von Flockungsmitteln zur Erhöhung der Sedimentationsgeschwindigkeit notwendig wird (wenn Ziel Eisenkonzentration < 1,8 mg/l am Ausleitpunkt erreicht werden soll). Bei Ausleitung in den Hainer See (Var. 5) wäre die Anordnung von Einleit- und Ausleitpunkt zu optimieren (Einleitpunkt nordwestl. / Ausleitpunkt südöstl).

5.6 Maßnahmenübersicht zur Minderung der Eisenkonzentrationen in der Pleiße

Zielstellung:

Erstellung und Fortschreibung einer für Außenstehende nachvollziehbaren Auflistung möglicher Maßnahmen zur Minderung der bergbaubedingten Eisenfrachten in der Pleiße, um zum einen die bereits erfolgten Untersuchungen zu dokumentieren und zum anderen neue Möglichkeiten zu eruieren sowie Querbezüge bzw. mögliche Kombinationen von Maßnahmen ableiten zu können.

Arbeitsstand/Zusammenfassung der Ergebnisse

Bewertung der Maßnahmen 3 Prüfschritten:

- Wirksamkeit
- Durchführbarkeit/Prognose zur Genehmigungsfähigkeit und Flächenverfügbarkeit

- Verhältnismäßigkeit (Herstellungsaufwand, Bewirtschaftungsaufwand)

Nach Bewertung der Maßnahmen anhand der genannten Prüfkriterien wurde die Weiterverfolgung für einen Großteil, vor allem aufgrund fehlender oder zu gering prognostizierter Wirksamkeit, eingestellt.

Derzeit werden folgende Maßnahmen weiter untersucht [18a] bzw. Anlage 1:

LfdNr.	**Maßnahmenbezeichnung**
1.9	Insitu-Sulfatreduktion Ergebnis der Prüfung: Machbarkeitsstudie auf Basis des Pilotprojekts „Mikrobiell induzierte Eisenretention im Grundwasseranstrom zu Bergbaufolgeseen und Fließgewässern am Standort Ruhlmühle“ vorgesehen
2.10	Verlegung der Pleiße außerhalb des Kippenbereichs und Durchleitung der Pleiße durch die Witznitzer Seen Ergebnis der Prüfung: als nachhaltige Lösung nur in Verbindung mit Lösungsansatz für "Pleißeabschnitt im Bereich Kippe Witznitz" möglich → separate Bewertung für diesen Abschnitt notwendig
2.12	(Teil-)Einleitung der Wyhra in den Hainer See und Wiedereinleitung in die Pleiße am Trachenauer Wehr Ergebnis der Prüfung: Schwerpunkt der weiteren Untersuchung soll die wasserwirtschaftliche Nachsorge des Hainer Sees nach Menge und Güte sein, wobei grundsätzlich im Sinne einer möglichst großen Flexibilität auch im Hinblick auf eventuelle Synergien mit parallel untersuchten Lösungsansätzen für die Eisenbelastung der Pleiße die Teil-Einleitung dabei bis in Größenordnung des mittleren Abflusses MQ zu untersuchen ist.

Die Maßnahme 1.1 „Bewirtschaftung von Kippenflächen Kippe Witznitz (Luzerneanbau)“ läuft als großtechnische Umsetzung seit 2015 (ein Vertrag mit dem Flächenbewirtschafter liegt vor). Die wissenschaftliche Begleitung wird fortgeführt. Die Erfolgskontrolle soll mit einem erweiterten Monitoring an einem Sondermessprofil auf der Kippe Witznitz durchgeführt werden.

Die Maßnahmen 2.9.2 „Einbindung der Pleiße in den Kahnsdorfer See zur Sedimentation von EHS – unter Zugabe von sedimentationsfördernden Stoffen“ wird aufgrund der zusätzlichen technischen Maßnahmen und der damit verbundenen dauerhaften Kosten, den Raumwiderständen (u. a. Aussagen der Flächeneigentümer) nicht weiterverfolgt.

Empfehlung aus Sicht Gesamtbetrachtung

Bzgl. der noch verbliebenen Maßnahmen aus der Übersicht:

2.10 Verlegung der Pleiße außerhalb des Kippenbereichs und Durchleitung der Pleiße durch die Witznitzer Seen

Hier sind die offenen Punkte (Ableitung Hochwasser > 10 m³/s, Speisung Stausee Rötha und der Zutritt der eisenhaltigen Grundwässer aus der Kippe im Maßnahmenkomplex) zu betrachten und im Anschluss eine Kosten-Nutzen-Betrachtung im Vergleich mit der Maßnahme 2.9.2 Durchleitung der Pleiße durch den Kahnsdorfer See (ggf. Hainer See) zu führen.

Die folgende Abbildung zeigt die Gegenüberstellung der voraussichtlich umzusetzenden Teilmaßnahmen für die Überleitung der Pleiße in den Kahnsdorfer See bzw. die Verlegung der Pleiße außerhalb des Kippenbereiches. Am Ende der Gegenüberstellung sollte durch Ausweisung der spezifischen Kosten ein monetärer Vergleich der Maßnahmen geführt werden um unter Berücksichtigung weiterer Kriterien eine Vorzugsvariante ableiten zu können.

2.9.2 Überleitung der Pleiße in Kahnsdorfer See	**2.10 Verlegung der Pleiße außerhalb des Kippenbereiches**
<= 10 m³/s; Einleitkonzentration Feges ~ 2 … 6 mg/l	<= 10 m³/s; Einleitkonzentration Feges im Mittel 0,75 mg/l max. 2,2 mg/l
Zulaufgerinne zum Kahnsdorfer See einschl. Einlauf- und Auslaufbauwerk	Zulaufgerinne zum ... See einschl. Einlauf- und Auslaufbauwerk
Konditionierung am Eintragspunkt wenn Ziel Ausleitkonzentration < 1,8 mg/l	
Einbindung in Pleiße über Hainaer Ableiter, Gewässerausbau einschließlich aller kreuzenden Ingenieurbauwerke	Einbindung in Pleiße über Hainaer Ableiter, Gewässerausbau einschließlich aller kreuzenden Ingenieurbauwerke
	Bau und Betrieb Stützung Stausee Rötha (Teilstrom nach Reinigungsanlage)
	Bau und Betrieb Reinigungsanlage zur Minderung der Eisenkonzentration (Eisenfracht aus Kippe) vor Abschlag in Pleiße
	Entsorgung des EHS
	Unterhaltung ehemaliges Pleißebett als Hochwasserentlastungsgerinne
Investitionskosten+Betriebskosten (100a) Reduzierung der Eisenkonzentration in kg/a (Wirksamkeit) -> spezifische Kosten €/kg	Investitionskosten+Betriebskosten (100a) Reduzierung der Eisenkonzentration in kg/a (Wirksamkeit) -> spezifische Kosten €/kg

Abbildung 5-2: Gegenüberstellung der voraussichtlich umzusetzenden Teilmaßnahmen für die Überleitung der Pleiße in den Kahnsdorfer See bzw. die Verlegung der Pleiße außerhalb des Kippenbereiches

2.12 (Teil-)Einleitung der Wyhra in den Hainer See und Wiedereinleitung in die Pleiße am Trachenauer Wehr

Im Ergebnis der Untersuchungen ist die Durchführung einer Kosten-Nutzen-Betrachtung im Vergleich zur Inlake-Neutralisation zu führen und unter Berücksichtigung weiterer Aspekte eine Vorzugsvariante abzuleiten. Weitere Aspekte sind z.B, (wie bereits dargestellt) das grundsätzliche Ziel der Bergbausanierung der Schaffung eines sich weitestgehend selbst regulierenden Wasserhaushalts sowie die Möglichkeit des Ausgleiches ggf. zukünftiger Wasserdefizite des Hainer Sees.

Grundsätzlich ist die Maßnahme dazu geeignet, die limnologische Nachsorge für den Hainer See zu gewährleisten. Eine Minderung der Eisenfracht in der Pleiße (aus dem Haupteintragsgebiet) ist damit nicht verbunden.

1.9 Insitu-Sulfatreduktion

Die Durchführung einer Machbarkeitsstudie mit dem Ziel, die Übertragbarkeit auf die Verhältnisse der Kippe Witznitz zu überprüfen, wird als sinnvoll erachtet, da sich die hydrogeologischen Verhältnisse zwischen den Standorten Ruhlmühle und Kippe Witznitz deutlich unterscheiden. Im Unterschied zum Bereich der Ruhlmühle (Spreeaue südöstl. der Ortslage Neustadt, Gemeinde Spreetal, gewachsener Boden), verläuft die Pleiße in einem Kippeneinschnitt. Die Bodenverhältnisse sind entstehungsbedingt heterogen. Die Durchlässigkeiten an den Rammpegeln der Pleiße wurden als schwach durchlässig eingestuft (Median $k_f = 6{,}30 * 10^{-6}$ m/s). Aus dem Bilanzgebiet 4O strömen auf eine Länge von 2,3 km lediglich 0,17 m³/min Grundwasser der Pleiße zu (aus 4W 0,24 m³/min). Die mittleren Eisenkonzentrationen betragen 2322 mg/l (Bilanzgebiet 4O) bzw. 1289 mg/l (Bilanzgebiet 4W) [9h].

Anlage 1

Übersicht zu Maßnahmen zur Minderung der Eisenexfiltration in die Pleiße, Bearbeitungsstand: 12/2018

Verfasser: LMBV mbH; eta AG engineering

Übersicht zu Maßnahmen zur Minderung der Eisenexfiltration in die Pleiße, Bearbeitungsstand: 12-2018

lfd. Nummer		Bearbeitungs-zeitraum	Quelle	Fazit, Zusammenfassung Prüfschritte 1-3	1. Prüfschritt: Wirksamkeit Wirksamkeit / dauerhafte Wirksamkeit	2. Prüfschritt: Durchführbarkeit technische Durchführbarkeit	Genehmigungsprognose + Raumwiderstand	3. Prüfschritt: Verhältnismäßigkeit Herstellungsaufwand	Bewirtschaftungsaufwand
					Kriterien: hoch-dunkelgrün, mittel-hellgrün, gering-rot	Kriterien: möglich-dunkelgrün, schwierig-hellgrün, nicht gegeben-rot	Kriterien: gegeben-dunkelgrün, schwierig-hellgrün, nicht gegeben-rot	zunächst ohne farbliche Kennzeichnung - Kriterium sind die spezifischen Kosten	
0	**Nullvariante**		Hydrogeologische Modellierung IBGW 05/2017	weitere Zunahme der Eiseneinträge in Pleiße	**keine Wirksamkeit, prognostisch Zunahme der Eisenbelastung**	**möglich**	**schwierig** LMBV verpflichtet zur Planung und Durchführung wirksamer, technisch durchführbarer und verhältnismäßiger Maßnahmen zur Minderung gemeinschädlicher bergbaulicher Belastungen Genehmigungsfähigkeit nur dann gegeben, wenn alle eintragsmindernden und stoffmindernden Maßnahmen ausgeschlossen werden		
1	**eintragsmindernde Maßnahmen**								
1.1	**Bewirtschaftung Kippenflächen Kippe Witznitz (Luzerneanbau)**	in Realisierung	Jahresbericht 2014, GFI Grundwasser-Consulting-Institut GmbH Dresden, 04.08.2015, Jahresbericht 2015. GFI Grundwasser-Consulting-Institut GmbH Dresden, 25.05.2016		**Wirksamkeit mittel** - GW-Neubildungsreduzierung bis zu 75% - Reduzierung der Eisenfracht in der Pleiße 30-40% => Reduzierung des grundwasserbürtigen Eiseneintrages	**realisiert** lediglich landwirtschaftliche Nutzungsänderung und entsprechende Bodenverbesserungsmaßnahemn erforderlich	**gegeben** großtechnischer Versuch läuft bereits seit 2015, Vertrag mitFlächenbewirtschafter liegt vor	**gering** - Fläche ist bereits Agrarfläche, -Bodenverbesserungsmaßnahmen erforderlich	-regelmäßige Ernte und Fruchtfolgenwechsel durch Betreiber und Eigentümer erforderlich -keine Entsorgung von EHS erforderlich
1.2	**Ableitung von Sanierungsstandorten in Abhängigkeit der Flächennutzung im Grundwassereinzugsgebiet der Pleiße** Prioritäre Fläche: 1W südliche Fläche	2014 - 2017	Endbericht, G.U.B. Ingenieur AG, 08/2015, Vertiefende Untersuchungen, G.U.B. Ingenieur AG, 04/2017, Hydrogeologische Modellierung IBGW 05/2017		**Wirksamkeit gering** geringer Effekt auf die Reduzierung der Eisenfrachten in der Pleiße insgesamt	**möglich** lediglich landwirtschaftliche Nutzungsänderung und entsprechende Bodenverbesserungsmaßnahemn erforderlich	**schwierig** -Übereinstimmung mit Regionalplanung -aktuell keine Zustimmung der Flächeneigentümer	**gering** -Fläche ist bereits Agrarfläche, Bodenverbesserungsmaßnahmen erforderlich	-regelmäßige Ernte und Fruchtfolgenwechsel durch Betreiber und Eigentümer erforderlich -keine Entsorgung von EHS erforderlich
1.3	**Ableitung von Sanierungsstandorten in Abhängigkeit der Flächennutzung im Grundwassereinzugsgebiet der Pleiße** Prioritäre Fläche: 2O nördliche Fläche	2014 - 2017	Endbericht, G.U.B. Ingenieur AG, 08/2015, Vertiefende Untersuchungen, G.U.B. Ingenieur AG, 04/2017, hydrogeologische Modellierung IBGW 05/2017		**Wirksamkeit gering** geringer Effekt auf die Reduzierung der Eisenfrachten in der Pleiße insgesamt	**möglich** lediglich landwirtschaftliche Nutzungsänderung und entsprechende Bodenverbesserungsmaßnahemn erforderlich	**gegeben** -Übereinstimmung mit Regionalplanung -grundlegende Zustimmung der Flächeneigentümer/Bewirtschafter	**gering** -Fläche ist bereits Agrarfläche, Bodenverbesserungsmaßnahmen erforderlich	-regelmäßige Ernte und Fruchtfolgenwechsel durch Betreiber und Eigentümer erforderlich -keine Entsorgung von EHS erforderlich
1.4	**Ableitung von Sanierungsstandorten in Abhängigkeit der Flächennutzung im Grundwassereinzugsgebiet der Pleiße** Prioritäre Fläche: Flächenkomplex 5O mit 4O westliche Fläche	2014 - 2017	Endbericht, G.U.B. Ingenieur AG, 08/2015, Vertiefende Untersuchungen, G.U.B. Ingenieur AG, 04/2017, hydrogeologische Modellierung IBGW 05/2017		**Wirksamkeit gering** geringer Effekt auf die Reduzierung der Eisenfrachten in der Pleiße insgesamt	**möglich** lediglich landwirtschaftliche Nutzungsänderung und entsprechende Bodenverbesserungsmaßnahemn erforderlich	**schwierig** -Übereinstimmung mit Regionalplanung -aktuell keine Zustimmung der Flächeneigentümer	**gering** -Fläche ist bereits Agrarfläche, Bodenverbesserungsmaßnahmen erforderlich	-regelmäßige Ernte und Fruchtfolgenwechsel durch Betreiber und Eigentümer erforderlich -keine Entsorgung von EHS erforderlich
1.5	**Ableitung von Sanierungsstandorten in Abhängigkeit der Flächennutzung im Grundwassereinzugsgebiet der Pleiße** Prioritäre Fläche: 4W	2014 - 2017	Endbericht, G.U.B. Ingenieur AG, 08/2015, Vertiefende Untersuchungen, G.U.B. Ingenieur AG, 04/2017, hydrogeologische Modellierung IBGW 05/2017		**Wirksamkeit gering** geringer Effekt auf die Reduzierung der Eisenfrachten in der Pleiße insgesamt	**möglich** lediglich landwirtschaftliche Nutzungsänderung und entsprechende Bodenverbesserungsmaßnahemn erforderlich	**schwierig** -Übereinstimmung mit Regionalplanung -aktuell keine Zustimmung der Flächeneigentümer	**gering** -Fläche ist bereits Agrarfläche, Bodenverbesserungsmaßnahmen erforderlich	-regelmäßige Ernte und Fruchtfolgenwechsel durch Betreiber und Eigentümer erforderlich -keine Entsorgung von EHS erforderlich
1.6	**Auffanggräben (einseitig der Pleiße)**		Variantenbetrachtung für Auffang-/Drainagegräben, Gft. Planungs-und Ingenieurgesellschaft23.04.2008	keine ausreichende Wirksamkeit, dauerhafte Unterhaltung notwendig, Entsorgungsproblematik --> keine Weiterverfolgung	**Wirksamkeit mittel** Erfassung des Haupteiseneintrages, aber nur einseitig der Pleiße (Wirksamkeit hoch, wenn beidseitig der Pleiße) ggf. in Kombination mit einer Grubenwasserreinigungsanlage	**möglich** ggf. große Einschnitttiefen, wenn Auffanggraben außerhalb des HW-Abflussprofiles der Pleiße	**schwierig** - bei Lage der Gräben im Hochwasserprofil der Pleiße Überströmumng im HW-Fall möglich und damit Resuspensionsgefahr des EHS - hoher Flächenbedarf		
1.7	**Sickerschlitz inklusive Neubau einer LMBV-eigenen Grundwasserreinigungsanlage**	2014 bis 2015	Grundlagenermittlung und Vorplanung, CDM Smith, 12.12.2014 (linksseitig der Pleiße)	keine ausreichende Wirksamkeit, dauerhafte Unterhaltung notwendig, Entsorgungsproblematik --> keine Weiterverfolgung	**Wirksamkeit mittel** erfasst Haupteiseneintrag in die Pleiße; aber nur linksseitig der Pleiße untersucht	**möglich** aber hohe technische Aufwendungen	**schwierig -Auflagen-** -komplexes Projekt mit vielen Randbedingungen -großer Flächenbedarf, großräumiger Eingriff in Böschungsbereich und ggf. in Hochwasser-Profil der Pleiße	hoch	hoch
1.8	**Auffanggraben bzw. Sickerschlitz ein- oder beidseitig der Pleiße**			dauerhafte Unterhaltung notwendig, Entsorgungsproblematik --> keine Weiterverfolgung	**Wirksamkeit hoch** bei beidseitiger Fassung ggf. in Kombination mit einer Grubenwasserreinigungsanlage	**möglich**	**schwierig** - bei Lage der Gräben im Hochwasserprofil der Pleiße Überströmumng im HW-Fall möglich und damit Resuspensionsgefahr des EHS - hoher Flächenbedarf		
1.9	**Insitu-Sulfatreduktion**	Maßnahme wurde entsprechend einer Entscheidung im 19. VAK am 27.02.2014 nicht weiter detailliert untersucht		Machbarkeitsstudie auf Basis des Pilotprojekts *Mikrobiell induzierte Eisenretention im Grundwasserstrom zu Bergbaufolgeseen und Fließgewässern am Standort Ruhmühle* vorgesehen	**Wirksamkeit hoch** - Pilotversuch lässt hohe Wirksamkeit vermuten, jedoch ist das Verfahren derzeit noch im Forschungs- und Entwicklungsstadium --> detaillierte Untersuchungen bzgl. Eignung für Kippe Witznitz notwendig -lange Vorlaufzeit benötigt	**möglich**	**gegeben** - aufgrund des Forschungs- und Entwicklungsstadiums weitere Untersuchungen notwendig - Es werden keine Flächen dauerhaft benötigt.		
1.10	**Oberflächenabdichtung der Kippenfläche**			Kosten, Umsetzbarkeit, Raumwiderstand, Eingriff in natürliche Bodenfunkion --> keine Weiterverfolgung	**Wirksamkeit mittel** Verhinderung der Grundwasserneubildung und damit Verminderung des Stoffaustrages, jedoch Maßnahme nur einseitig der Pleiße möglich	**möglich** ggf. kompletter Bodenabtrag auf sehr großer Fläche erforderlich um wirksame Oberflächenabdichtung herzustellen	**schwierig** - bei Flächenverfügbarkeit; ggf. Nutzungsänderung - Einschränkung in der Nutzung - Einschränkung der natürlichen Bodenfunktion		
1.11	**Errichtung einer Dichtwand an der Kippe Witznitz parallel zur Pleiße**			Veränderung Grundwasserregime (z.B. Grundwasseranstieg Neukieritzsch OT Kahnsdorf), dauerhafte Wasserhaltung und damit Kosten --> keine Weiterverfolgung	**Wirksamkeit mittel** bei Errichtung einseitig der Pleiße	**möglich** um zuverlässig in eine grundwasserstauende Schicht einzubinden, ist im Mittel 70 m tiefe Dichtwand erforderlich --> Notwendigkeit der Einbindung in grundwasserstauende Schicht ist zu prüfen --> signifikante Unterströmung ist auszuschließen	**schwierig** - Veränderung des Grundwasserregimes zu erwarten - Es werden keine Flächen dauerhaft benötigt.	**hoch** Schätzung: Herstellung einer Dichtwand auf ca. 4,4 km Länge und 70 m Tiefe --> ca. 43.000.000 € (Herstellung Dichtwand inklusive Baustelleneinrichtung)	keiner
1.12	**Abdichtung des Pleißebettes**		Abschätzung Maßnahmenwirksamkeit, iKD (Ergänzen wenn Endversion)	Veränderung Grundwasserregime (z.B. Grundwasseranstieg Neukieritzsch) --> keine Weiterverfolgung	**Wirksamkeit hoch** Abdichtung im Bereich des Haupteiseneintrages => Verhinderung des GW-Zustroms	**möglich**	**schwierig** - Abdichtung eines Fließgewässers und damit Abtrennung vom natürlichen Wasserkreislauf (WHG), - keine Wirkung der Pleiße im Bereich Neukieritzsch als Vorflut mehr --> alternative Vorflut notwendig zur Vermeidung von Vernässungsschäden - Flächenverfügbarkeit gegeben. Es werden keine Flächen dauerhaft benötigt.		
2	**stoffmindernde Maßnahmen**								
2.1	**Räumung Nebenarm der Pleiße -Zulauf vom Trachenauer Wehr zum Speicher Rötha- (NSM 1)** (Untersuchung von Sedimentationsräumen im Fließgewässer bzw. im Nebenschluss einschl. Untersuchungen zur Verwertung der EHS)	2014 bis 09/2015	Abschlussbericht, GFI Grundwasser-Consulting-Institut GmbH Dresden, 30.09.2015		**Wirksamkeit gering** es werden nur Teilströme der Pleiße erfasst, maximaler Durchfluss des Nebenarms 4 m³/s	**möglich**	**schwierig** Eingriffe, die zur Verschlechterung der Wasserqualität des Stausees Rötha führen könnten Es werden keine zusätzlichen Flächen dauerhaft benötigt.	**hoch** (ggf. Verbreiterung des Fließgewässerabschnittes zur Herabsetzung der Fließgeschwindigkeit zur besseren Sedimentation)	**hoch** Unterhaltung des ausgebauten Gewässerabschnittes Entsorgung des EHS in Deponien oder geeigneten Wasserkörpern / Hohlformen
2.2	**Räumung Rückstaubereich Trachenauer Wehr -Gewässerausbau und EHS-Entnahme- (FAM 1)** (Untersuchung von Sedimentationsräumen im Fließgewässer bzw. im Nebenschluss einschl. Untersuchungen zur Verwertung der EHS)	2014 bis 09/2015	Abschlussbericht, GFI Grundwasser-Consulting-Institut GmbH Dresden, 30.09.2015	regelmäßiger Eingriff in Naturhaushalt, dauerhaft hohe Kosten, nur für Teilmenge der Eisenbelastung wirksam (z.B. Hochwasserfall u. Resuspension) --> keine Weiterverfolgung	**Wirksamkeit mittel** - Sedimentation in Abhängigkeit der Fließgeschwindigkeit - Resuspension bei Hochwasserabflüssen möglich -regelmäßige Beräumung unbedingt erforderlich	**möglich** Gewässerausbau (Verbreiterung) zur Verringerung der Fließgeschwindigkeiten	**schwierig -Auflagen-** - für Gewässerausbau Planfeststellung nach § 68 WHG - weitere genehmigungsrechtliche Erfordernisse müssen geprüft werden (z.B. Naturschutz, Eigentumsverhältnisse) - Sedimentberäumung, Trocknung und Verwertung/ Entsorgung werden als grundsätzlich genehmigungsfähig eingeschätzt - Flächenverfügbarkeit (zusätzlicher Flächenbedarf durch Gewässerausbau, Zwischenlagerfläche) muss geprüft werden	**gering** - Gewässerausbau und EHS-Entnahme in diesem Pleißeabschnitt werden aufgrund der Bedingungen vor Ort als aufwendig eingeschätzt - ca. 600.000 € (Kosten für wasserbauliche Maßnahmen)	- Unterhaltung des ausgebauten Gewässerabschnittes und der Baustellenflächen für die regelmäßige Beräumung - Trocknung und Verwertung/ Entsorgung in Deponien oder geeigneten Wasserkörpern / Hohlformen - ca. 800.000 €/Jahr bis 1.490.000 €/Jahr (inklusive Kosten für Gewässerunterhaltung und Verwertung und Deponierung der entnommenen EHS - Schlämme - je nach gewählltem Entwässerungsverfahren und Entsorgungsweg) - 4.390 m³ => 5.005 t Schlamm (bei kompletter Erstberäumung, bei regelmäßiger Beräumung fallen die Schlammmengen zukünftig wesentlich geringer aus)
2.3	**Räumung Rückstaubereich Gauliser Wehr -Gewässerausbau und EHS-Entnahme- (FAM 2)** (Untersuchung von Sedimantationsräumen im Fließgewässer bzw. im Nebenschluss einschl. Untersuchungen zur Verwertung der EHS)	2014 bis 09/2015	Abschlussbericht, GFI Grundwasser-Consulting-Institut GmbH Dresden, 30.09.2015	regelmäßiger Eingriff in Naturhaushalt, dauerhaft hohe Kosten, nur für Teilmenge der Eisenbelastung wirksam (z.B. Hochwasserfall u. Resuspension) --> keine Weiterverfolgung	**Wirksamkeit mittel** größere Nähe zur Haupteintragsquelle	**möglich** - Gewässerausbau (Verbreiterung) zur Verringerung der Fließgeschwindigkeiten	**schwierig -Auflagen-** - für Gewässerausbau Planfeststellung nach § 68 WHG - weitere genehmigungsrechtliche Erfordernisse müssen geprüft werden (z.B. Naturschutz, Eigentumsverhältnisse) - Sedimentberäumung, Trocknung und Verwertung/ Entsorgung werden als grundsätzlich genehmigungsfähig eingeschätzt - Flächenverfügbarkeit (zusätzlicher Flächenbedarf durch Gewässerausbau, Zwischenlagerfläche) muss geprüft werden	**gering** (Gewässerausbau und EHS-Entnahme in diesem Pleißeabschnitt werden aufgrund der Bedingungen vor Ort als aufwendig aber umsetzbar angesehen.) - ca. 650.000 € (Kosten für wasserbauliche Maßnahmen)	- Unterhaltung des ausgebauten Gewässerabschnittes und der Baustellenflächen für die regelmäßige Beräumung - Trocknung und Verwertung/ Entsorgung in Deponien oder geeigneten Wasserkörpern / Hohlformen - ca. 800.000 €/Jahr bis 1.490.000 €/Jahr (inklusive Kosten für Gewässerunterhaltung und Verwertung und Deponierung der entnommenen EHS - Schlämme - je nach gewählltem Entwässerungsverfahren und Entsorgungsweg) - 4.390 m³ => 5.005 t Schlamm (bei kompletter Erstberäumung, bei regelmäßiger Beräumung fallen die Schlammmengen zukünftig wesentlich geringer aus)
2.4	**Räumung Rückstaubereich AGRA Wehr (FAM 3)** (Untersuchung von Sedimentationsräumen im Fließgewässer bzw. im Nebenschluss einschl. Untersuchungen zur Verwertung der EHS)	2014 bis 09/2015	Abschlussbericht, GFI Grundwasser-Consulting-Institut GmbH Dresden, 30.09.2015		**Wirksamkeit gering** (Lage zu weit nördlich von der Haupteintragsquelle weiträumige Verschleppung der EHS in das Leipziger Stadtgebiet)	**möglich** - Gewässerausbau (Verbreiterung) zur Verringerung der Fließgeschwindigkeiten	**schwierig -Auflagen-** - für Gewässerausbau Planfeststellung nach § 68 WHG - weitere genehmigungsrechtliche Erfordernisse müssen geprüft werden (z.B. Naturschutz, Eigentumsverhältnisse) - Sedimentberäumung, Trocknung und Verwertung/ Entsorgung werden als grundsätzlich genehmigungsfähig eingeschätzt - Flächenverfügbarkeit (zusätzlicher Flächenbedarf durch Gewässerausbau, Zwischenlagerfläche) muss geprüft werden	**hoch** (Unmittelbar am AGRA-Wehr weitet sich das Gewässerbett auf ca. 20 m auf. Die technische Umsetzung der Maßnahme FAM3 ist bestimmt von der der Lage zur Bebauung und zur Infrastruktur sowie Nutzungen (Gartenanlagen, Pleißeradweg). Die Bedingungen im Gewässer sind mit denen der Maßnahmen FAM1 und FAM 2 vergleichbar.)	**mittel** (Unterhaltung des ausgebauten Gewässerabschnittes) Schlammberäumung, Trocknung und Verwertung/Entsorgung in Deponien oder geeigneten Wasserkörpern / Hohlformen 1.086 m³ => 1.271 t Schlamm bei kompletter Erstberäumung, bei regelmäßiger Beräumung fallen die Schlammmengen zukünftig wesentlich geringer aus
2.5	**Räumung Rückstaubereich Connewitzer Wehr (FAM 4)** (Untersuchung von Sedimentationsräumen im Fließgewässer bzw. im Nebenschluss einschl. Untersuchungen zur Verwertung der EHS)	2014 bis 09/2015	Abschlussbericht, GFI Grundwasser-Consulting-Institut GmbH Dresden, 30.09.2015		**Wirksamkeit gering** Lage zu weit nördlich von der Haupteintragsquelle - weiträumige Verschleppung der EHS in das Leipziger Stadtgebiet	**möglich** - Gewässerausbau (Verbreiterung) zur Verringerung der Fließgeschwindigkeiten	**nicht gegeben** - nicht gesetzeskonform - Überschreidung mit Schutzgebieten - außerdem Schlämme Einbauklasse Z2 vorhanden - kein zusätzlicher dauerhafter Flächenbedarf	**hoch** (wassertouristische Durchgängigkeit muss aufrecht erhalten bleiben, Im Bereich des Connewitzer Wehres ergeben sich aufgrund der Nutzung und der beschriebenen Lage kaum Möglichkeiten für die aktive EHS-Ruckhaltung bzw. Verbringung.)	**hoch** (Unterhaltung des ausgebauten Gewässerabschnittes, Schutzmaßnahmen für Bäume und Gehölze) (Schlammberäumung, Trocknung (an entfernterem Standort) und Verwertung/Entsorgung in Deponien oder geeigneten Wasserkörpern / Hohlformen) 11.223 m³ => 13.804 t Schlamm (bei kompletter Erstberäumung, bei regelmäßiger Beräumung fallen die Schlammmengen zukünftig wesentlich geringer aus)
2.6	**Überleitung der Pleiße über Markleeberger See (VM 2)** (Untersuchung von Sedimentationsräumen im Fließgewässer bzw. im Nebenschluss einschl. Untersuchungen zur Verwertung der EHS)	2014 bis 09/2015	Abschlussbericht, GFI Grundwasser-Consulting-Institut GmbH Dresden, 30.09.2015		**Wirksamkeit gering** Lage sehr weit nördlich, weiträumige Verschleppung des EHS in der Pleiße	**möglich,** Bau der Gewässerüberleitung erforerlich	**schwierig -Auflagen-** Lage in direkter Nähe zu Siedlungs- und Erholungsgebieten - hoher Auwand bezüglich der Gestaltung der Überleitung und des HW-Schutzes sowie der Querung von Verkehrswegen und Medienleitungen, bisher noch keine Ausleitung aus Markkleeberger See vorhanden	**hoch** (direkte Lage zu Siedlungs- und Erholungsbereichen erfordert hohen Aufwand für die Gestaltung der Überleitung und den HW-Schutz sowie die Querung von Verkehrswegen / Medienleitungen)	**hoch** (Unterhaltung mehrerer Bauwerke und des neu zu erstellenden Gewässerabschnittes)
2.7	**Überleitung der Pleiße in Kahnsdorfer See** 1. Trassenvariante (VM1-A) "vom Wyhraabsturz zum Kahnsdorfer See" (Untersuchung von Sedimentationsräumen im Fließgewässer bzw. im Nebenschluss einschl. Untersuchungen zur Verwertung der EHS)	2014 bis 09/2015	Abschlussbericht, GFI Grundwasser-Consulting-Institut GmbH Dresden, 30.09.2015		**Wirksamkeit gering** Hauptfrachten aus der Kippe Witznitz werden nicht erfasst, stillgelegtes Pleißebett als Bypass bleibt unbehandelt	**möglich**	**schwierig -Auflagen-** Maßnahme grenzt an ein Landschaftsschutzgebiet, jedoch keine direkte Überschneidung	**hoch** (Grabenausbau und diverse technische Wasserbauwerke) ca. 32.400.000 €	**mittel** (Unterhaltung mehrerer Bauwerke und des neu herzustellenden Gewässerabschnittes) 32.000 €/Jahr (reine Kosten für Gewässerunterhaltung)
2.8	**Überleitung der Pleiße in Kahnsdorfer See** 2. Trassenvariante (VM1-B) "über die Kippe Witznitz" (Untersuchung von Sedimentationsräumen im Fließgewässer bzw. im Nebenschluss einschl. Untersuchungen zur Verwertung der EHS)	2014 bis 09/2015	Abschlussbericht, GFI Grundwasser-Consulting-Institut GmbH Dresden, 30.09.2015		**Wirksamkeit gering** Reduzierung um ca. 30 % möglich auf Basis der natürlichen Sedimentationsraten des Eisens (vgl. Bericht IKD 21.03.2018, s. 2.9.1 / 2.9.2)	**möglich** - jedoch große Geländeeinschnitte erforderlich - Standsicherheit der Böschungen zu beachten	**schwierig** große Einschnittstiefen, bei naturnaher Gestaltung nach WRRL sehr großer Flächenbedarf, Verrohrung ausgeschlossen	**hoch** (Grabenausbau und diverse technische Wasserbauwerke, geotechnische Sicherungsmaßnahmen) ca. 26.700.000 €	**hoch** (Unterhaltung mehrerer Bauwerke und des neu herzustellenden Gewässerabschnittes) 27.000 €/Jahr (reine Kosten für Gewässerunterhaltung)
2.9	**Überleitung der Pleiße in Kahnsdorfer See** 3. Trassenvariante (VM1-C) "oberhalb des Trachenauer Wehres zum Kahnsdorfer See" (Untersuchung von Sedimentationsräumen im Fließgewässer bzw. im Nebenschluss einschl. Untersuchungen zur Verwertung der EHS)	2014 bis 09/2015	Abschlussbericht, GFI Grundwasser-Consulting-Institut GmbH Dresden, 30.09.2015 Grundsatzpapier zur Bestandsaufnahme und Ableitung von Handlungserfordernissen - Gestaltung d. Wasserhaushalts in den bergbaubeein-flussten Teileinzugs-gebieten von Weißer Elster und Pleiße im öffentlichen Interesse, RPV 05/2016		**Wirksamkeit gering** Reduzierung um ca. 30 % möglich auf Basis der natürlichen Sedimentationsraten des Eisens (vgl. Bericht IKD 21.03.2018, s. 2.9.1 / 2.9.2)	**möglich**	**möglich** naturnahe Gestaltung nach WRRL, Verrohrung ist ausgeschlossen, ggf. Umwidmung der Gewässerabschnitte notwendig zusätzliche Flächen notwendig, Umfang wird in den derzeit laufenden Planungen geprüft	**hoch** (Grabenausbau und diverse technische Wasserbauwerke, geotechnische Sicherungsmaßnahmen) ca. 12.800.000 €	**mittel** (Unterhaltung mehrerer Bauwerke und des neu herzustellenden Gewässerabschnittes) ca. 13.000 €/Jahr (reine Kosten für Gewässerunterhaltung)
2.9.1	**Einbindung der Pleiße in den Kahnsdorfer See zur Sedimentation von EHS**	2017-2018	Grundlagenermittlung Umverlegung der Pleiße im Bereich des ehem. Tagebaus Witznitz II zur Sedimentation von EHS, iKD Ingenieur-Consult GmbH, 12.04.2017; Instationäre Modellierung der Strömungsverhältnisse im Kahnsdorfer See bei Einleitung von Fe-reichem Pleißewasser zur Untersuchung der Fe-Verteilung im See innerhalb eines Jahresganges, 21.03.2018		**Wirksamkeit gering** Reduzierung um ca. 30 % möglich auf Basis der natürlichen Sedimentationsraten des Eisens	**möglich**	**schwierig** aktuell keine Zustimmung der Flächeneigentümer	**hoch**	**gering**
2.9.2	**Einbindung der Pleiße in den Kahnsdorfer See zur Sedimentation von EHS - unter Zugabe von Sedimentationsfördernden Stoffen**	2017-2018		ohne zusätzliche technischen Maßnahmen (FHM) nicht wirksam ,dauerhafte Kosten, Raumwiderstände (u. a. Aussagen Eigentümer) --> keine Weiterverfolgung	**Wirksamkeit hoch** Reduzierung der Eisenkonzentration im Auslauf des Kahnsdorfer Sees dauerhaft unter Zielwert möglich	**möglich**	**schwierig** aktuell keine Zustimmung der Flächeneigentümer	**hoch**	**hoch** kontinuierliche Zugabe von z. B. Kalk / Flockungshilfsmittel notwendig
2.10	**Verlegung der Pleiße außerhalb des Kippenbereichs und Durchleitung der Pleiße durch die Witznitzer Seen**			als nachhaltige Lösung nur in Verbindung mit Lösungsansatz für "Pleißeabschnitt im Bereich Kippe Witznitz" möglich --> separate Bewertung für diesen Abschnitt notwendig	**Wirksamkeit hoch**	**möglich**	**möglich** Zustimmung des Flächeneigentümers erkennbar (Email Hr. Oettinger 28.04.2018)	**hoch**	Abhängig von Art der Behandlung / Umgang mit Zustrom in aktuelles Gewässerbett
2.11	**Nutzung des Stausees Rötha als Sedimentationsbecken mit Errichtung eines Auslaufbauwerkes am Westufer - keine weiteren baulichen Maßnahmen-**	2008 bis 2012	Machbarkeitsstudie, Wassertechnik Leipzig GmbH Beratende Ingenieure, 30.11.2009 Numerische Simulation, IWS - Institut für Wasserbau und Siedlungswasserwirtschaft an der HTWK Leipzig, 25.06.2012		**keine Wirksamkeit** Sedimentation der EHS aufgrund zu geringer Tiefe und großer Streichlänge unter Windeinwirkung nicht möglich	**möglich**	**möglich** Bei Realisierung der Sedimentberäumung, der Trocknung und der Verwertung müssen die geforderten Untersuchungen auf die Erfordernisse des Verwertungsweges oder Deponierung ausgerichtet werden (z.B. Deklarationsanalyse), Maßnahmen, die zur Verschlechterung der Wasserqualität führen könnten	**hoch** (einmalige anfängliche Grundberäumung und Errichtung Auslaufbauwerk am Westufer)	**hoch** (Unterhaltung des Bauwerkes und regelmäßige Schlammberäumung des gesamten Sees in großen Zeitabständen erforderlich)
2.12	**(Teil-)Einleitung der Wyhra in den Hainer See und Wiedereinleitung in die Pleiße am Trachenauer Wehr**			Schwerpunkt der weiteren Untersuchung soll die wasserwirtschaftliche Nachsorge des Hainer Sees nach Menge und Güte sein, wobei grundsätzlich im Sinne einer möglichst großen Flexibilität auch im Hinblick auf eventuelle Synergien mit parallel untersuchten Lösungsansätzen für die Eisenbelastung der Pleiße die Teil-Einleitung dabei bis in Größenordnung des mittleren Abflusses MQ zu untersuchen ist.	**keine direkte Wirksamkeit (aber evtl. Kombinationslösung)** Eisenkonzentration in der Pleiße oberhalb des Trachnauer Wehres wird sich erhöhen bei konstanter Eisenfracht, unterhalb des Trachenauer Wehres wird es durch die Zuleitung vom Hainer See wieder zu einer Verdünnung in der Pleiße kommen, die Gesamteisenfracht in der Pleiße wird jedoch nicht vermindert --> in Kombination mit anderen Maßnahmen evtl. sinnvoll (da geringeres Wasserdargebot und Verdünnung im Bereich des Eiseneintrags)	**möglich**	**gegeben** - Fischdurchgängigkeit ist nachzuweisen - derzeit keine Raumwiderstände bekannt		
2.13	**Ausbaggerung des Stausees Rötha im Einlaufbereich zur Reduzierung der Fließgeschwindigkeit und Förderung der Sedimentation**				keine Wirksamkeit -bei Durchleitung der gesamten Pleiße (nicht nur Teilstrom, siehe Variante 2.11) müsste der Stausee Rötha deutlich verteift werden um eine Wirksamkeit zu gewährleisten				
2.14	**Ausfällung des Eisens im bestehenden Pleißebett**			hohe dauerhafte Kosten , Entsorgungsproblematik, Pleiße würde techn. Anlage zur EHS-Abscheidung --> Widerspruch zum WHG, Mobilisierung im Hochwasserfall --> keine Weiterverfolgung	**Wirksamkeit hoch (jedoch regelm. Räumung erforderlich)** Die gelöste Eisenfracht in der Pleiße könnte mit dieser Maßnahme reduziert werden, der kontinuierliche eisenhaltige GW-Zustrom aus der Kippe führt jedoch auch zur kontinuierlichen Erhöhung des eisenhaltigen Sedimentschlammes im Pleißebett; Der Sedimentationsraum des Pleißebettes ist begrenzt, sodass regelmäßig eine Beräumung des EH-Schlammes in jedem Fall vorzusehen ist, da sonst ggf. Eisenpartikel wieder resuspendiert werden können.	**möglich**	**schwierig,** abhängig von zugegebenen Fällungshilfsmittel, Einleitung von Mitteln, welche die Biozönose negativ beeinflussen, ist nicht geehmigungsfähig Es werden keine zusätzlichen Flächen dauerhaft benötigt.	**überschaubar** keine weiteren baulichen Maßnahmen notwendig	**hoch** regelmäßiges Monitoring und kontrollierte dauerhafte Dosierung von Fällungshilfsmitteln erforderlich neben Beräumungs- und Entsorgungsaufwand
2.15	**Niveauanhebung der Pleiße durch Anhebung des Trachenauer Wehrs**			hohe dauerhafte Kosten , Entsorgungsproblematik, Pleiße würde techn. Anlage zur EHS-Abscheidung --> Widerspruch zum WHG, Mobilisierung im Hochwasserfall, Veränderung Grundwasserverhältnisse u. a. in Neukieritzsch --> keine Weiterverfolgung	**Wirksamkeit mittel** - Wirksamkeit durch z. B. Zugabe von Fällungshilfsmitteln möglich zu erhöhen	**möglich** -Veränderung eines langen Flussabschnittes und bauliche Maßnahmen am Trachenauer Wehr -Neubau Überleitung Wyhra über Hainer See mit diversen Bauwerken	**schwierig (Auflagen)** Komplettumbau des Wehres inklusive FAA und des Abzweigs Stausee Rötha, Veränderung des Grundwasserregimes (Neukieritzsch) zu erwarten - Abtrennung eines Fließgewässers vom natürlichen Wasserkreislauf, wenn auch räumlich begrenzt (Grundwasser kann ggf. nicht mehr zufließen), - Abtrennung vom natürlichen Wasserkreislauf wandelt Pleißeabschnitt bei Neukieritzsch ggf. in Ableiter um- kein Vorfluter mehr, Neukieritzsch wäre von der Vorflut abgeschnitten - Grundwasseranstieg in Neukieritzsch =>Schäden an Bausubstanz könnten die Folge sein Es werden keine zusätzlichen Flächen dauerhaft benötigt.	**hoch** Trachenauer Wehr ist ein überströmtes Wehr mit fester Wehrschwelle, aufwendige bauliche Maßnahmen erforderlich um die Wehrhöhe zu verändern	**mittel** -regelmäßige Beräumung des Eisenhydroxidschlammes -Schlammberäumung, Trocknung und Verwertung/Entsorgung in Deponien oder geeigneten Wasserkörpern
2.16	**Bau eines neuen Wehres vor dem Trachenauer Wehr**				**Wirksamkeit mittel** - Wirksamkeit durch z. B. Zugabe von Fällungshilfsmitteln möglich zu erhöhen - genauere Untersuchungen zum sich ändernden GW-Regime notwendig	**möglich**	**nicht gegeben** andere technische Lösung favorisiert, siehe 2.15		
2.17	**Flusskläranlage/ Grubenwasserreinigungsanlage für die Pleiße**			hohe Investitions- und Folgekosten, Entsorgungsproblematik, auftretende Fe-Konzentrationen in Pleiße im Vergleich gering, Schwankungen der Wasserführ

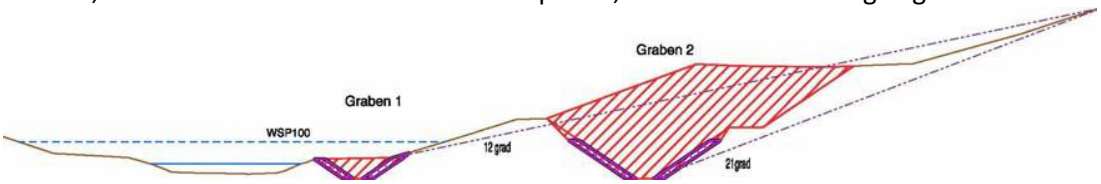
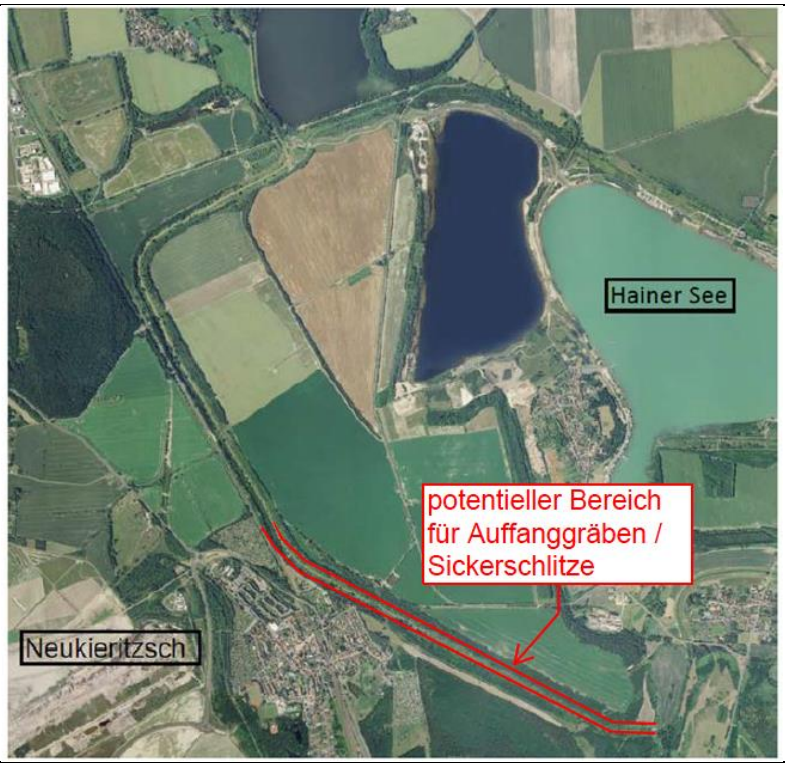
Anlage 2

Maßnahmenblätter
Bearbeitungsstand: 12/2018

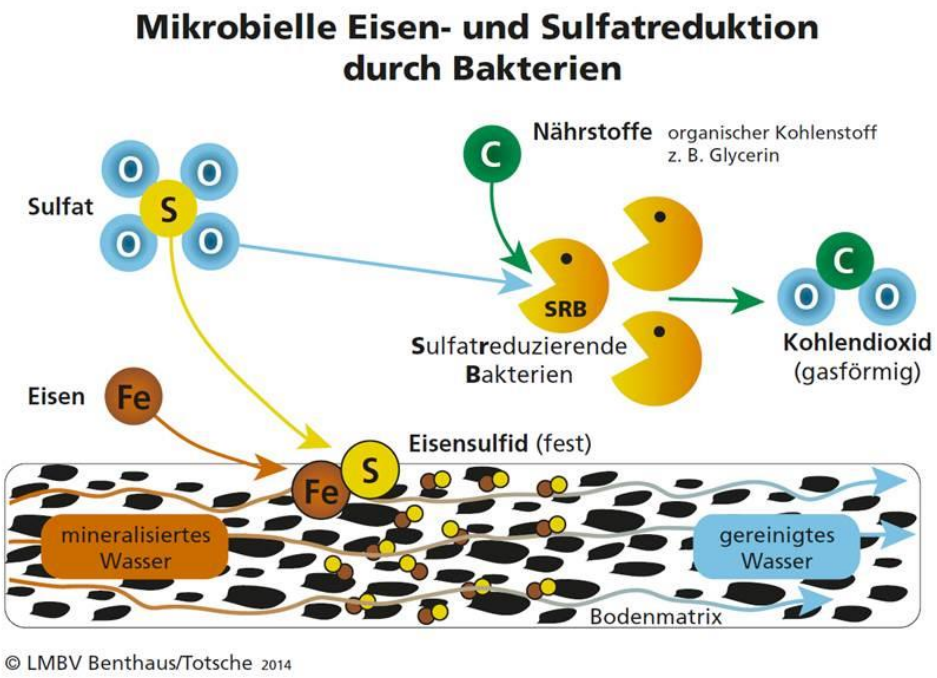
Verfasser: LMBV mbH, eta AG engineering

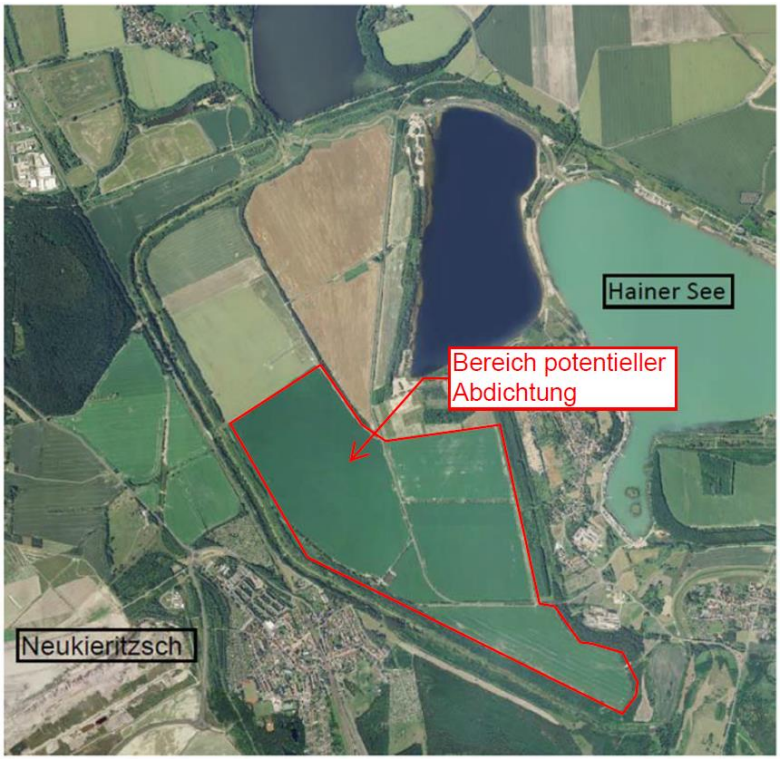
Inhaltsverzeichnis:

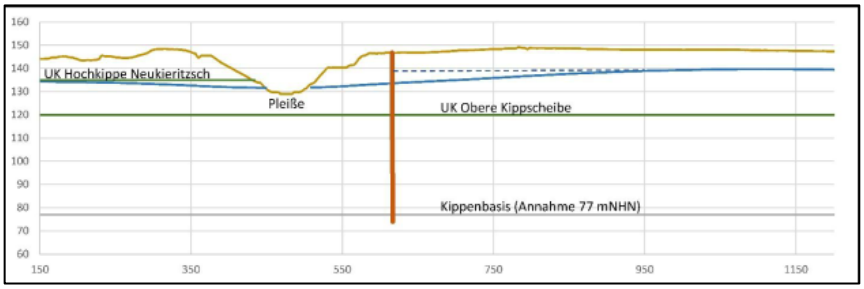
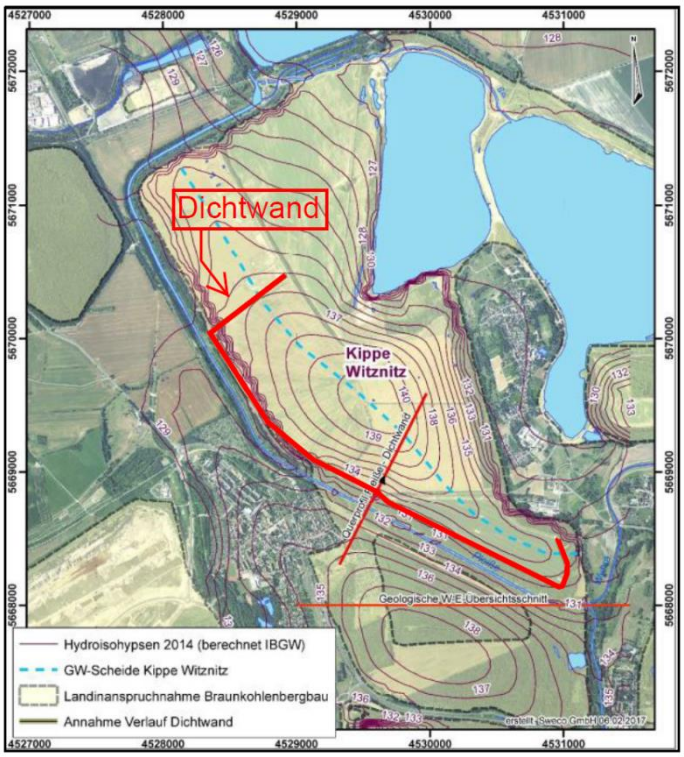
1.6/ 1.7/ 1.8	Auffanggräben bzw. Sickerschlitze ein- oder beidseitig der Pleiße
1.9	In-Situ Sulfatreduktion
1.10	Oberflächenabdichtung der Kippenfläche
1.11	Errichtung einer Dichtwand an der Kippe Witznitz parallel zur Pleiße
1.12	Abdichtung des Pleißebettes
2.2	Räumung Rückstaubereich Trachenauer Wehr
2.3	Räumung Rückstaubereich Gauliser Wehr
2.10	Verlegung der Pleiße außerhalb des Kippenbereichs und Durchleitung der Pleiße durch die Witznitzer Seen
2.12	(Teil-)Einleitung der Wyhra in den Hainer See und Wiedereinleitung in die Pleiße am Trachenauer Wehr
2.14	Ausfällung des Eisens im bestehenden Pleißebett
2.15	Niveauanhebung der Pleiße durch Anhebung des Trachenauer Wehrs
2.17	Flusskläranlage/ Grubenwasserreinigungsanlage für die Pleiße

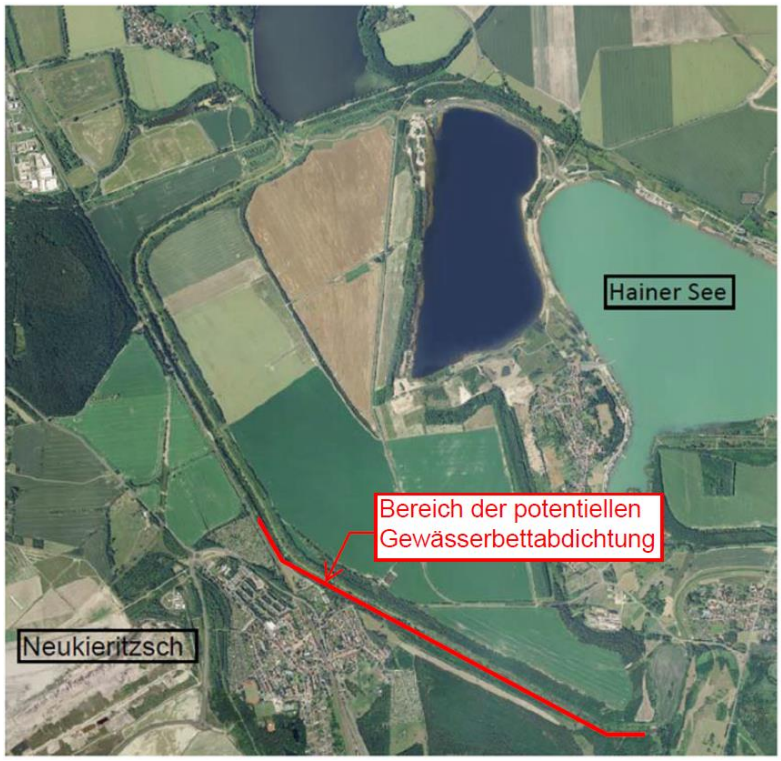
1.6/ 1.7/ 1.8 Auffanggräben bzw. Sickerschlitze ein- oder beidseitig der Pleiße	
Beschreibung:	Fassung eines Großteils des eisenbelasteten Grundwassers bevor es der Pleiße zufließt und anschließendes Ableiten/Entsorgen. Dabei sind zwei Varianten von offenen Gräben vorstellbar: Graben 1 im Hochwasserabflussprofil der Pleiße liegend, dabei allerdings nur 2 m flach; Graben 2 außerhalb des HW-Abflussprofils, müsste 12 m tief angelegt werden.  Sickerschlitze sind ca. 5 – 7 m tief auszubilden.
Lage:	
Prognostizierte Wirksamkeit:	Die Wirksamkeit ist als **mittelmäßig bis hoch** einzuschätzen, abhängig von einer Ausführung ein- oder beidseitig der Pleiße. Der Haupteiseneintrag würde durch die Maßnahme erfasst werden. Für Grabenvariante 1 ist allerdings keine Wirksamkeit gegeben, da im HW-Abflussprofil gelegen (Gefahr der Resuspension von Eisenhydroxidschlämmen!). Weiterhin ist die Wirksamkeit der Gräben nur gegeben, wenn regelmäßige Beräumungen erfolgen.
Technische Durchführbarkeit:	Technisch **möglich**. Allerdings sind ggf. große Einschnitttiefen notwendig (Errichtung Auffanggraben außerhalb des Hochwasserabflussprofils). Medien in der rechtsseitigen Böschung der Kippe Witznitz sind zu beachten! Zusätzlich zur Fassung der eisenbelasteten Wässer sind mögliche Entsorgungs-/ Aufbereitungswege zu prüfen. Umfang und Aufwand der technischen Umsetzung sind von der gewählten Variante sowie der Entsorgung abhängig.
Genehmigungs-prognose + Raumwiderstand:	Die Genehmigungsfähigkeit ist als **schwierig** zu erachten. Mit Auflagen muss gerechnet werden (abhängig von gewählter Variante: Überströmung im Hochwasserfall; Gefahr der Resuspension und Verfrachtung des gefassten EHS; Standsicherheitsproblematik). Zusätzlich weist die Maßnahme im Falle der beidseitigen Auslegung einen hohen Raumwiderstand auf.
Verhältnismäßigkeit:	Die Maßnahmen bedingen **potentiell sehr hohe** Investitions- (Errichtung Sickerschlitz) und Unterhaltungsaufwendungen (regelmäßige Reinigung Sickerschlitz, Betreiben Rieselfeld und Beräumung Rieselfeld).

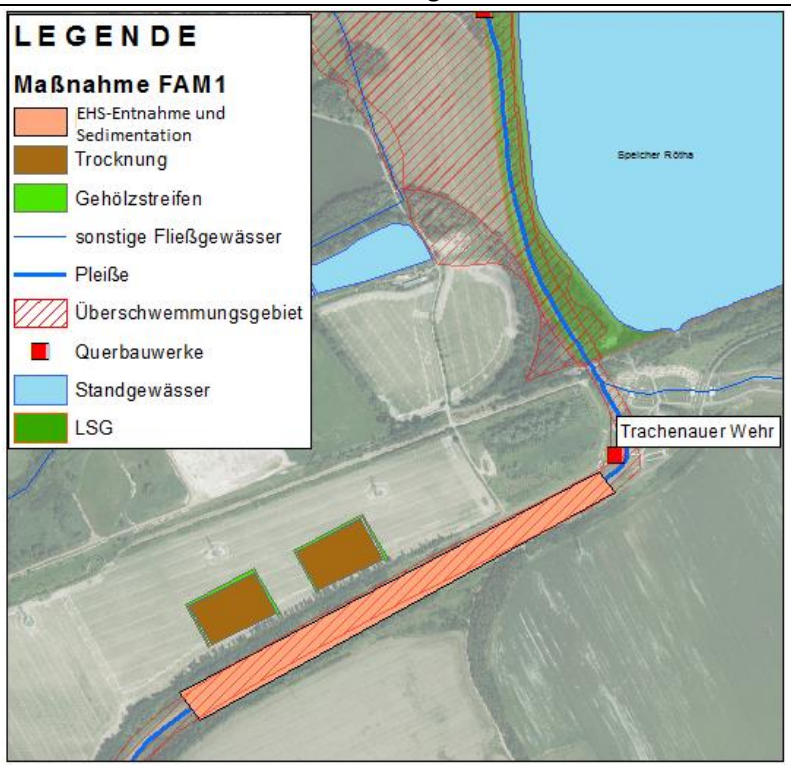
Untersuchungsstand bzw. fehlende Kenntnisse:	Es besteht Untersuchungsbedarf hinsichtlich der Entsorgung/ Aufbereitung sowie deren hydrogeologischer und naturräumlicher Auswirkungen. Als denkbare Lösungen sind eine Freispiegelleitung zum Kahnsdorfer See (Verockerungsgefahr), eine Verrieselung auf nahe-gelegenen Flächen sowie die technische Abreinigung (Grubenwasserreinigungsanlage) o.ä. zu prüfen. Weiterer Untersuchungsbedarf liegt in der notwendigen Beräumungshäufig-keit (Schätzung: mind. halbjährlich), Lage und Größe eines potentiellen Rieselfeldes und der Verhältnismäßigkeit der verschiedenen Maßnahmenkombinationen.
Fazit bzgl. der Weiterbetrachtung:	**Die Wirksamkeit der Maßnahmen ist abhängig von der Umsetzung (mittel bis hoch). Insgesamt ist von einem hohen Herstellungsaufwand, hohen Investitionskosten und hohem Raumwiderstand auszugehen. Des Weiteren sind hohe Unterhaltungs-aufwendungen zu erwarten und eine weitergehende Behandlung für die anfallenden stark belasteten Wassermengen erscheint notwendig. Weitere Untersuchungen werden als nicht zielführend erachtet.**

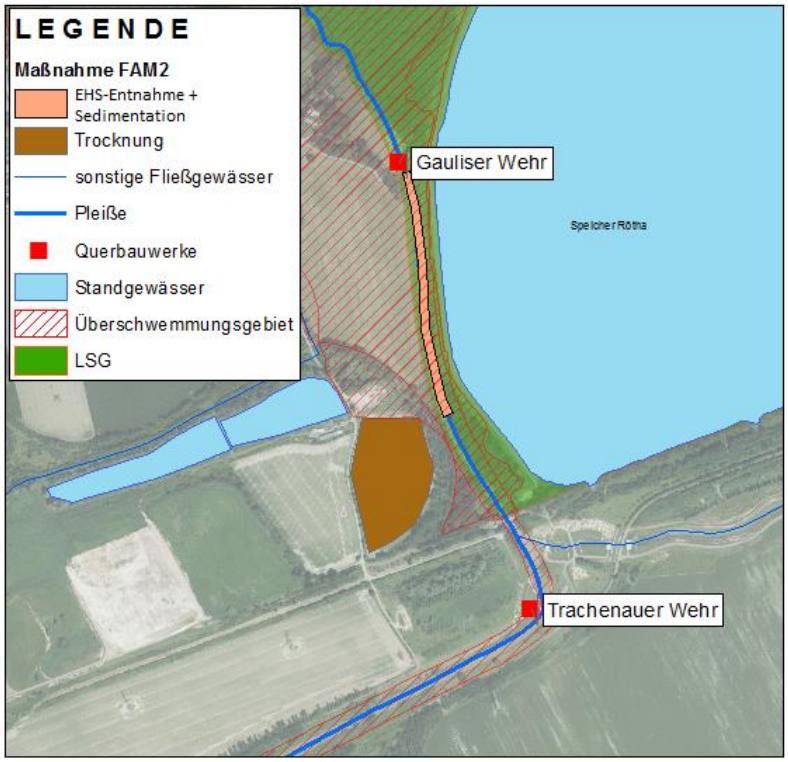
1.9 In-Situ Sulfatreduktion	
Beschreibung:	Die Eisen- und Sulfatbelastung des Grundwassers wird durch mikrobiologische Eisen- und Sulfatreduktion gemindert. D.h. die gelösten Stoffe werden durch Bakterien umgewandelt und im Boden zurück gehalten. Damit wird der Braunfärbung der Pleiße präventiv vorgebeugt bzw. diese gemindert.
Lage:	
Prognostizierte Wirksamkeit:	Die Maßnahme ist mit einer potenziell **hohen Wirksamkeit** zu beurteilen, allerdings kann eine 100 %ige Eisenreduktion nicht erreicht werden. Das Verfahren benötigt weiterhin eine lange Vorlaufzeit.
Technische Durchführbarkeit:	Die Umsetzung der Maßnahme ist technisch durchführbar. Entnahme- und Infiltrationsbrunnen sind an geeigneten Stellen zu errichten.
Genehmigungs-prognose + Raumwiderstand:	Die Genehmigungsfähigkeit wird als gegeben eingeschätzt.
Verhältnismäßigkeit:	Der Investitionsaufwand dieser Maßnahme ist relativ gering bei dauerhaften Folgekosten für den Betrieb. Entsorgungskosten entfallen.
Untersuchungsstand bzw. fehlende Kenntnisse:	Es sind hydrogeologische Untersuchungen als Grundlage für die Maßnahme notwendig (optimale Anströmung der Brunnen, Wasserchemismus und Durchlässigkeit des Grundwasserleiters etc.), um die tatsächliche Wirksamkeit für den Untersuchungsbereich der Pleiße nachweisen zu können.
Fazit bzgl. der Weiterbetrachtung:	**Die Maßnahme scheint eine relativ hohe Wirksamkeit bei verhältnismäßig niedrigem technischen Aufwand aufzuweisen, allerdings existieren bisher wenige Testreihen für das Verfahren.** **Es ist vorgesehen auf Basis der Ergebnisse des Pilotprojekts *Mikrobiell induzierte Eisenretention im Grundwasseranstrom zu Bergbaufolgeseen und Fließgewässern am Standort Ruhlmühle* eine Machbarkeitsstudie durchzuführen um die Übertragbarkeit des Verfahrens auf den Standort Witznitz zu bewerten.**

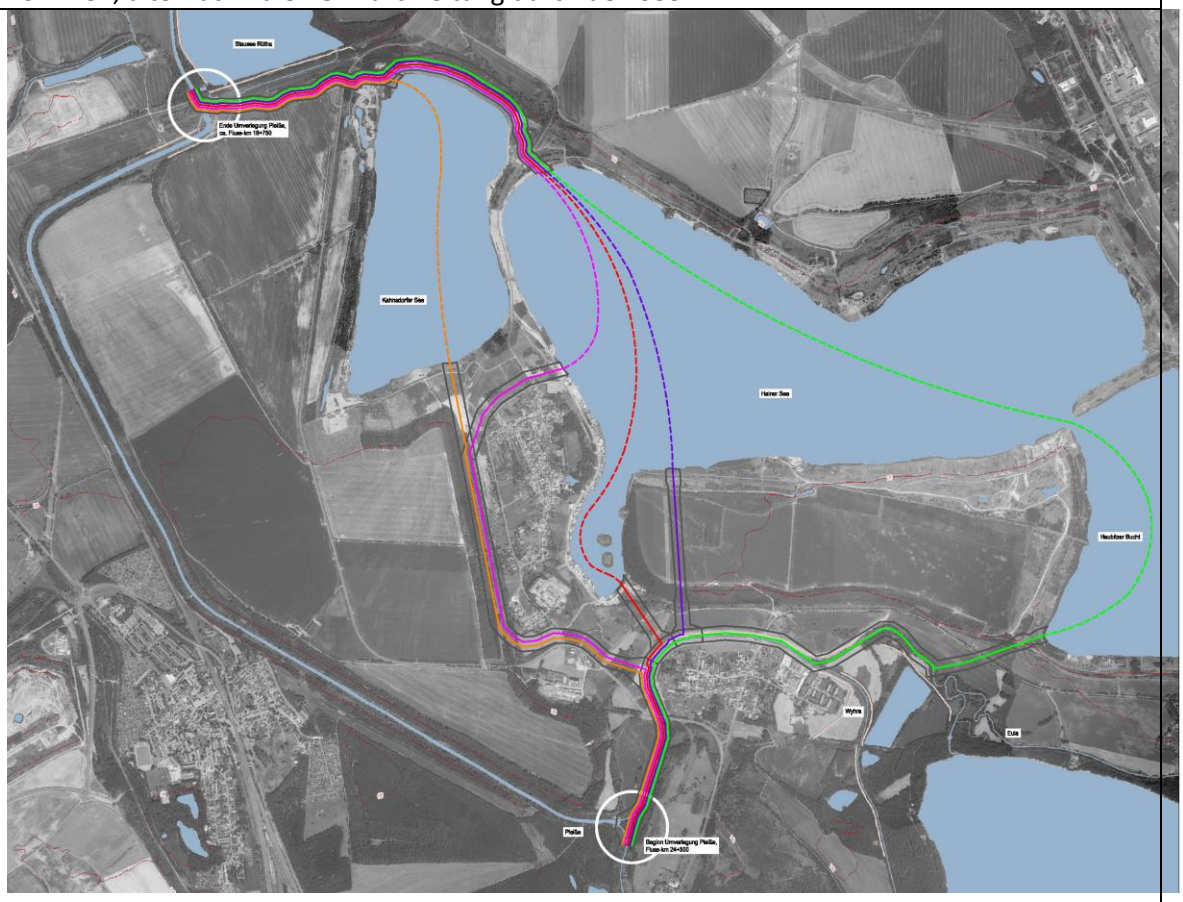
1.10 Oberflächenabdichtung der Kippenfläche	
Beschreibung:	Großräumige Verhinderung der Grundwasserneubildung im Kippenbereich durch Einbringen einer Dichtschicht im Erdbau. Dies führt zu einer Verminderung des Stoffaustrages. Möglichkeiten hierfür wären z.B. eine Trisoplastschicht oder ein mineralischer Dichtungsschleier unterhalb des Kulturbodens.
Lage:	
Prognostizierte Wirksamkeit:	Die Wirksamkeit der Maßnahme ist als **mittel** einzuschätzen (bei ausschließlich rechtsseitiger Errichtung).
Technische Durchführbarkeit:	Die technische Durchführbarkeit wird als **schwierig** bewertet, da abhängig von der Abdichtungsvariante potentiell ein kompletter Bodenabtrag und -auftrag auf der gesamten, sehr großen Fläche erforderlich ist, um eine wirksame Oberflächenabdichtung herzustellen.
Genehmigungsprognose + Raumwiderstand:	Die Genehmigungsfähigkeit ist aufgrund des Raumwiderstandes (und ggf. Nutzungsänderung bis hin zur Nutzungseinschränkung), der Verhinderung der Grundwasserneubildung und der Einschränkung der natürlichen Bodenfunktion als **schwierig** einzuschätzen.
Verhältnismäßigkeit:	Aufgrund der Großflächigkeit der Maßnahme ist grundsätzlich von einem **sehr hohen** Herstellungsaufwand auszugehen (zum Vergleich: der o. g. Bereich der potenziellen Abdichtung umfasst etwa 200 ha).
Untersuchungsstand bzw. fehlende Kenntnisse	Zusätzlich zu den dringend erforderlichen hydrogeologischen Betrachtungen sind Möglichkeiten der Nachnutzung zu prüfen.
Fazit bezgl. der Weiterbetrachtung:	**Die Wirksamkeit der Maßnahme wird als mittel eingestuft. Die Genehmigungsfähigkeit und die technische Durchführbarkeit wird als schwierig und der Herstellungsaufwand als äußerst hoch eingestuft. Aufgrund der Besitzverhältnisse und dem Eingriff in das Schutzgut Boden sind starke Restriktionen zu erwarten. Weitere Untersuchungen werden als nicht zielführend erachtet.**

1.11 Errichtung einer Dichtwand an der Kippe Witznitz parallel zur Pleiße	
Beschreibung:	Einbringung einer senkrechten Dichtwand in den Kippenboden parallel zur Pleiße, um den eisenbelasteten Grundwasserzustrom in Richtung Kahnsdorfer See umzulenken und damit den Eiseneintrag in die Pleiße zu verhindern. 
Lage:	
Prognostizierte Wirksamkeit:	Die Wirksamkeit der Maßnahme ist als **mittelmäßig** einzuschätzen. Die Dichtwand ist solchermaßen einzubinden, dass signifikante Unterströmungen ausgeschlossen sind. Des Weiteren gilt zu beachten, dass mittels dieser Dichtwand lediglich der rechtsseitige Grundwasserzustrom erfasst werden würde.
Technische Durchführbarkeit:	Technisch ist die Errichtung einer Dichtwand **möglich**. In Abhängigkeit der notwendigen Tiefe kann diese Maßnahme allerdings mit einem sehr hohen Aufwand verbunden sein.
Genehmigungs-prognose + Raumwiderstand:	Die Genehmigungsfähigkeit ist **gegeben**. Ein erhöhter Raumwiderstand ist nur während der Bauphase zu erwarten.
Verhältnismäßigkeit:	Herstellungsaufwand **hoch** (Kostenschätzung > 40 Mio. € für ca. 4,4 km Dichtwand), kein Betriebskostenaufwand
Untersuchungsstand bzw. fehlende Kenntnisse:	Im Bereich der Kippe Witznitz befindet sich die nächstgelegene grundwasserstauende Schicht in ca. 70 m Tiefe. Inwiefern eine potentielle Dichtwand komplett in den Grundwasserstauer eingebunden werden muss, ist im Rahmen hydrogeologischer Modellierungen zu untersuchen. Neben der notwendigen Tiefe der Dichtwand ist im Rahmen dieser Modellierungen zusätzlich der Wirksamkeitsumfang der Maßnahme zu ermitteln.
Fazit bezgl. der Weiterbetrachtung:	**Die Wirksamkeit der Maßnahme wird als mittel eingestuft. Es ist mit einem hohem Herstellungsaufwand und hohen Herstellungskosten zu rechnen. Nicht vorhersehbare Änderungen des Grundwasserregimes können hohe Folgekosten verursachen. Weitere Untersuchungen werden als nicht zielführend erachtet.**

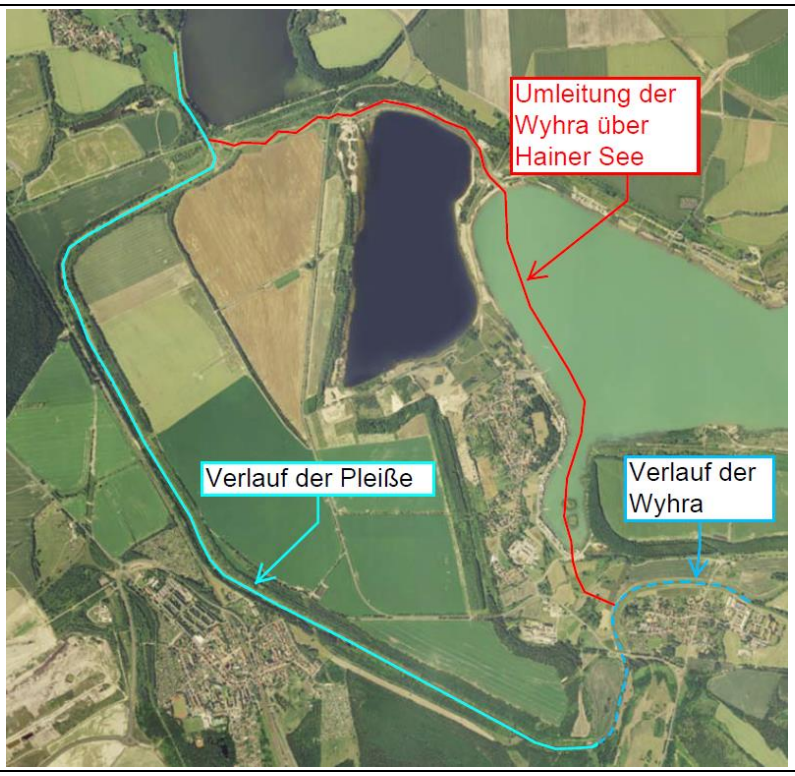
1.12 Abdichtung des Pleißebettes	
Beschreibung:	Abdichtung des Pleißebettes im Bereich des Haupteiseneintrags, um den Grundwasserzustrom zu verhindern.
Lage:	
Prognostizierte Wirksamkeit:	Die Wirksamkeit der Maßnahme wird als **hoch** bewertet.
Technische Durchführbarkeit:	Die technische Umsetzung ist prinzipiell **möglich**.
Genehmigungs-prognose + Raumwiderstand:	Die Genehmigungsfähigkeit der dargestellten Maßnahme wird als **schwierig** eingestuft. Fraglich ist, ob die Abdichtung der Pleiße und damit deren Abtrennung vom natürlichen Wasserkreislauf (und somit Reduzierung der Eisenbelastung im Fluss) nach dem WHG eine Verbesserung oder eine Verschlechterung darstellt. Dies kann nur im Rahmen eines Verwaltungsverfahrens abschließend geklärt werden. Der Pleißeabschnitt bei Neukieritzsch würde nach der Gewässerbettabdichtung als Ableiter und nicht mehr als Vorfluter fungieren. Neukieritzsch wäre somit von der Vorflut abgeschnitten und das Grundwasser im Bereich der Ortslage würde ansteigen. Schäden an der Bausubstanz wären möglich. Es ist kein Raumwiderstand gegeben, da keine Flächen dauerhaft benötigt werden. Eine Entkopplung des Vorfluters vom Grundwasser steht den Zielen der WRRL entgegen („Natürliche Gewässer“).
Verhältnismäßigkeit:	Es ist von hohen Einmalinvestitionen bei keinen bis geringen Folge- und Unterhaltungskosten für die Maßnahme auszugehen. Derzeit nicht abschätzbar sind Aufwendungen für evtl. notwendige Kompensationleistungen im Bereich von Neukieritzsch.
Untersuchungsstand bzw. fehlende Kenntnisse:	Die Folgen des Entfalls der Vorflut sowie potentielle Kompensationsmöglichkeiten sind ungeklärt.
Fazit bezgl. der Weiterbetrachtung:	**Die Wirksamkeit wird als hoch eingeschätzt. Die Genehmigungsfähigkeit wird als schwierig angesehen und es ist von hohen Investitionskosten auszugehen. Weiterhin könnte eine Verlagerung des Eiseneintrags nach Unterstrom erfolgen und es sind Vernässungsschäden und dadurch Folgekosten z.B. in der Ortslage Neukieritzsch möglich. Weitere Untersuchungen werden als nicht zielführend erachtet.**

2.2 Räumung Rückstaubereich Trachenauer Wehr	
Beschreibung:	Im Rückstaubereich von Wehren ergeben sich aufgrund geringerer Gefälle und Fließgeschwindigkeiten mögliche Sedimentationsräume. Dies ist durch Altunterlagen untersetzt in denen Schlammablagerungen beschrieben und zum Teil quantifiziert wurden. Im Rückstaubereich des Trachenauer Wehres wurden Sedimentmächtigkeiten bis 1,2 m und hohe Eisengehalte festgestellt, wodurch dieser Flussabschnitt als potenzieller Eisenhydroxidschlamm-Sedimentationsraum angesehen wird.
Lage:	
Prognostizierte Wirksamkeit:	Der Maßnahme wird eine mittlere Wirksamkeit zugesprochen. Die Sedimentation ist abhängig von der Fließgeschwindigkeit im Absetzbereich (im Mittel 0,15m/s) und bei Hochwasserabflüssen besteht die Möglichkeit der Resuspension und des Abtransportes der EHS-Mengen (regelmäßige Beräumung notwendig).
Technische Durchführbarkeit:	Die Umsetzung der Maßnahme wird als aufwendig aber umsetzbar angesehen.
Genehmigungs-prognose + Raumwiderstand:	Bei der Umsetzung der Maßnahme werden dauerhaft Flächen beansprucht und es erfolgt ein ständiger Eingriff in das Gewässersystem. Für den Gewässerausbau ist die Planfeststellung nach §68 WHG notwendig. Die Genehmigung wird insgesamt als **schwierig** (Auflagen) erachtet.
Verhältnismäßigkeit:	Der Herstellungsaufwand aufgrund des Gewässerausbaus wird vor Ort als aufwendig eingeschätzt. Zusätzlich ist mit sehr hohen Folgekosten über einen langen Zeitraum zu rechnen („Ewigkeitskosten“).
Untersuchungsstand bzw. fehlende Kenntnisse:	Es sind potentielle Räumungs- und Entsorgungskonzepte für die Sedimente zu erstellen. Zu prüfen ist ob der Eingriff in das Gewässersystem zur Sedimentation und Beräumung eine Verbesserung oder Verschlechterung im Sinne der WRRL darstellt (Verschlechterungsverbot).
Fazit bezgl. der Weiterbetrachtung:	**Die Wirksamkeit ist lediglich als mittel eingestuft. Die Genehmigungsfähigkeit wird als schwierig erachtet und es ist mit weitreichenden und hohen Folgekosten zu rechnen. Weitere Untersuchungen werden als nicht zielführend erachtet.**

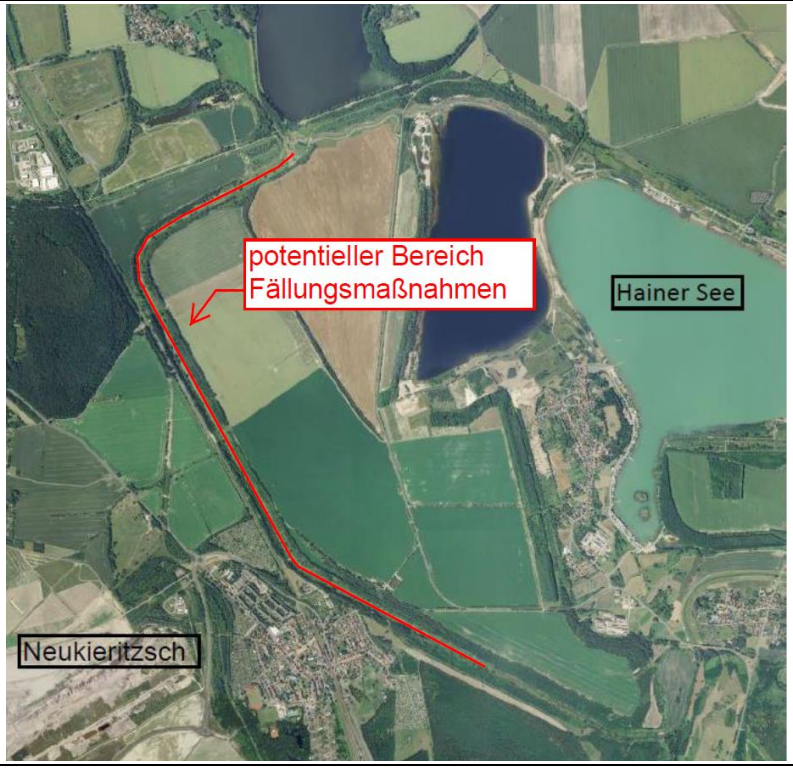
2.3 Räumung Rückstaubereich Gauliser Wehr	
Beschreibung:	Im Rückstaubereich von Wehren ergeben sich aufgrund geringerer Gefälle und Fließgeschwindigkeiten mögliche Sedimentationsräume. Dies ist durch Altunterlagen untersetzt in denen Schlammablagerungen beschrieben und zum Teil quantifiziert wurden. Der Rückstaubereich des Gauliser Wehres wird als potentieller Eisenhydroxidschlamm-Sedimentationsraum angesehen.
Lage:	
Prognostizierte Wirksamkeit:	Der Maßnahme wird eine mittlere Wirksamkeit zugesprochen. Die Sedimentation ist abhängig von der Fließgeschwindigkeit im Absetzbereich (im Mittel 0,15m/s) und bei Hochwasserabflüssen besteht die Möglichkeit der Resuspension und des Abtransportes der EHS-Mengen (regelmäßige Beräumung notwendig). Aufgrund des Sedimentationsraumes oberhalb des Trachenauer Wehres ist die ausschließliche Konzentration auf den beschriebenen Gewässerabschnitt nicht gegeben.
Technische Durchführbarkeit:	Die Umsetzung der Maßnahme wird als aufwendig aber umsetzbar angesehen.
Genehmigungs-prognose + Raumwiderstand:	Bei der Umsetzung der Maßnahme werden dauerhaft Flächen beansprucht und es erfolgt ein ständiger Eingriff in das Gewässersystem. Für den Gewässerausbau ist die Planfeststellung nach §68 WHG notwendig. Die Genehmigung wird insgesamt als **schwierig** (Auflagen) erachtet.
Verhältnismäßigkeit:	Der Herstellungsaufwand aufgrund des Gewässerausbaus wird vor Ort als aufwendig eingeschätzt. Zusätzlich ist mit sehr hohen Folgekosten über einen langen Zeitraum zu rechnen („Ewigkeitskosten“).
Untersuchungsstand bzw. fehlende Kenntnisse:	Es sind potentielle Räumungs- und Entsorgungskonzepte für die Sedimente zu erstellen. Zu prüfen ist ob der Eingriff in das Gewässersystem zur Sedimentation und Beräumung eine Verbesserung oder Verschlechterung im Sinne der WRRL darstellt (Verschlechterungsverbot).
Fazit bezgl. der Weiterbetrachtung:	**Die Wirksamkeit ist lediglich als mittel eingestuft. Die Genehmigungsfähigkeit wird als schwierig erachtet und es ist mit weitreichenden und hohen Folgekosten zu rechnen. Weitere Untersuchungen werden als nicht zielführend erachtet.**

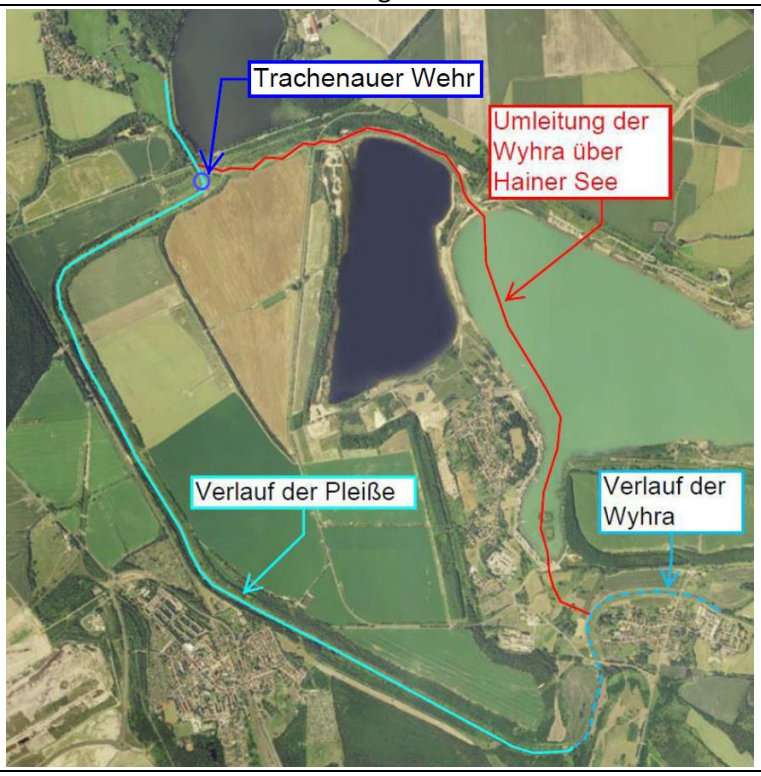
2.10 Verlegung der Pleiße außerhalb des Kippenbereichs und Durchleitung der Pleiße durch die Witznitzer Seen	
Beschreibung:	Die Pleiße wird außerhalb des Kippenbereiches verlegt und anschließend durch den Hainer See bzw. durch den Kahnsdorfer See geleitet. Die Querung der Kippe Witznitz als Haupteisenquelle wird somit vermieden. Der Gewässereinlass in den See ist ggf. konstruktiv zu beschränken. Im Hochwasserfall kann es ggf. zu einem Ableiten über den jetzigen Flussverlauf als Bypass kommen, alternativ zu einer Durchleitung durch den See.
Lage:	
Prognostizierte Wirksamkeit:	Diese Maßnahme ist mit einer **hohen Wirksamkeit** zur Verringerung der Eisenkonzentration in der Pleiße zu bewerten.
Technische Durchführbarkeit:	Ein Ausbau der neuen Gewässerführung und des Ablaufgrabens des Hainer Sees neben ggf. Ein- und Auslaufbauwerken zur Regulierung der Hochwasserabflüsse würden notwendig.
Genehmigungs-prognose + Raumwiderstand:	Die Genehmigungsfähigkeit ist als **schwierig** einzustufen. Derzeit sind keine Raumwiderstände bekannt, die grundsätzlich der Maßnahme entgegenstünden.
Verhältnismäßigkeit:	Grundsätzlich ist von **sehr hohen** Einmalinvestitionskosten für die Errichtung des Überleiters zum See und die notwendige Anpassung des Ausleiters Hainer See auszugehen. Die Folgekosten für die neu zu errichtenden Gewässerabschnittesind als **gering** einzustufen.
Untersuchungsstand bzw. fehlende Kenntnisse:	Das Grundwasserregime ändert sich durch diese Maßnahme nicht grundlegend, sodass weiterhin ein Eiseneintrag im Bereich der Kippe Witznitz in das jetzige Pleißebett zu erwarten ist (Wirkung als Vorfluter). Diesem, aufgrund der geringen Wassermenge, vergleichsweise stark mit Eisen angereicherte Wasser ist durch eine in Kombination umzusetzende Maßnahme zu begegnen, die direkt bei den Eiseneinträgen im aktuellen Pleißebett ansetzt (z.B. Flusskläranlage oder die Eisensedimentation im Gerinne). Abhängig vom Verlauf der Verlegung sind zutretenden Eisenbelastungen aus Kippenböden durch eine Abdichtung des neuen Gewässerabschnittes vorzubeugen.
Fazit bezgl. der Weiterbetrachtung:	**Insgesamt ist bei einer vollständigen Durchleitung bzw. einer Durchleitung für den größten Teil der Abflussverhältnisse von einer hohen Wirksamkeit auszugehen. Die Verlegung der Pleiße außerhalb des Kippenbereiches ermöglicht eine starke Herabsetzung der Volumenströme in dem jetzigen Abschnitt der Pleiße.** **Grundsätzlich ist der Lösungsansatz der Verlegung der Pleiße außerhalb des Kippenbereiches**

	nur sinnvoll, sofern für den jetzigen – als Vorfluter im Bereich der Kippe Witznitz fungierenden Abschnitt der Pleiße – ein gesicherter Lösungsansatz für die zuströmenden Grundwässer mit ihren Eisenfrachten identifiziert wird. Eine endgültige Bewertung wird daher zurückgestellt, bis im Rahmen einer separaten Bewertung die Machbarkeit von Lösungsansätzen für den verbleibenden Pleißeabschnitt im Bereich der Kippe erfolgt ist sowie die hydraulischen Auswirkungen der Maßnahme auf die Pleiße sowie die Witznitzer Seen näher untersetzt worden sind. **Mögliche Kombinationsansätze sind z.B. die technische Abreinigung mittels Sedimentation in einer Grubenwasserreinigungsanlage oder auch direkt im Vorfluter.**

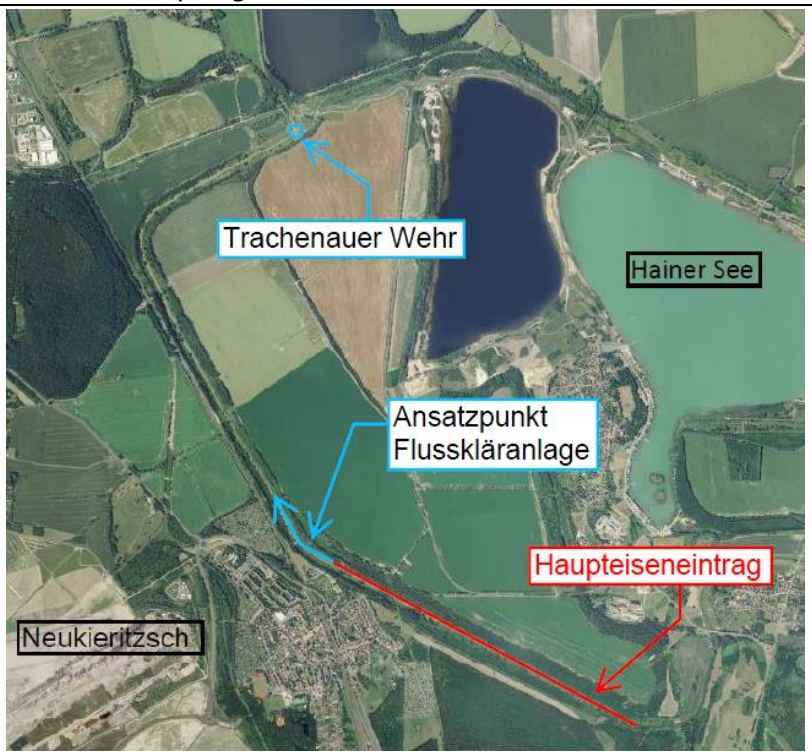
2.12 (Teil-)Einleitung der Wyhra in den Hainer See und Wiedereinleitung in die Pleiße am Trachenauer Wehr	
Beschreibung:	Die Wyhra wird vor der Mündung in die Pleiße in den Hainer See übergeleitet, z. B. in die sogenannte „Blaue Lagune“ zwischen den Ortschaften Großzössen und Kahnsdorf. Die Wyhra würde in Folge (ggf. als Teilstrom) durch den Hainer See fließen und im Nord-Westen über den bestehenden Ableiter vom Hainer See zur Pleiße wieder in die Pleiße unterhalb des Trachenauer Wehres geleitet werden.
Lage:	
Prognostizierte Wirksamkeit:	Von dieser Maßnahme ist **keine Wirksamkeit** zur direkten Verringerung der Eisenkonzentration in der Pleiße zu erwarten. Es ist damit zu rechnen, dass sich die Eisenkonzentration in der Pleiße oberhalb des Trachenauer Wehres aufgrund niedrigerer Durchflüsse (mittlerer Wyhra-Zufluss in die Pleiße ca. 1,5 m^3/s) zunächst erhöhen wird. Der Eisengehalt der Wyhra (1 – 2 mg/L) würde nicht mehr der Pleiße zufließen und stattdessen im Hainer See größtenteils verbleiben. Unterhalb des Trachenauer Wehres wird es durch die Zuleitung vom Hainer See wieder zu einer Konzentrationsverdünnung in der Pleiße kommen. Die Gesamteisenfracht der Pleiße wird dadurch jedoch nicht wesentlich vermindert. Eine nachhaltige und dauerhafte Reduktion der Eisenfracht ist allein auf diesem Weg nicht möglich. Auch wenn diese Maßnahme keine Möglichkeit darstellt, die Eisenbelastung der Pleiße zu reduzieren, bietet sie sich jedoch als eine nachhaltige Möglichkeit an, den Volumenstrom der Pleiße zu reduzieren. Andere Maßnahmen, die direkt in der Pleiße ansetzen um das darin befindliche Eisen zu entfernen (z.B. Flusskläranlage oder die Eisensedimentation im Gerinne), würden somit begünstigt, da die „Verdünnung“ durch das Wasser der Wyhra entfiele. Weiterhin könnte die Wyhra-Einleitung eine nachhaltige und kosteneffiziente Maßnahme zum Alkalinitätseintrag in den Hainer See sein, um somit der natürlichen Rückversauerungstendenz entgegen zu wirken.
Technische Durchführbarkeit:	Die technische Durchführbarkeit ist grundsätzlich **gegeben**.
Genehmigungs-prognose + Raumwiderstand:	Die Genehmigungsfähigkeit wird grundsätzlich als **gegeben** eingeschätzt. Derzeit sind keine Raumwiderstände bekannt, die grundsätzlich der Maßnahme entgegenstünden.
Verhältnismäßigkeit:	Grundsätzlich ist von **niedrigen bis mittleren** Einmalinvestitionskosten auszugehen, sofern lediglich der Einleiter in den Hainer See zu errichten ist und der bestehende Ausleiter des Hainer Sees ausreichende Kapazitäten aufweist. Die Folgekosten sind als

	gering einzustufen.
Untersuchungsstand bzw. fehlende Kenntnisse:	Der Umgang mit Hochwasserereignissen, die ökologische Durchgängigkeit, Varianten der Umverlegung von Gesamt- oder Teilströmen der Wyhra sowie der Nutzen der Maßnahme in Kombination mit weiteren Maßnahmen befindet sich in der Erarbeitung.
Fazit bezgl. der Weiterbetrachtung:	**Durch eine (Teil-)Einleitung der Wyhra in den Hainer See kommt es zu einer Reduzierung der Wasserströme in der Pleiße. Somit werden Maßnahmen, welche direkt an der Eisenbelastung in der Pleiße ansetzen, grundsätzlich begünstigt.** **Abhängig von der einzuleitenden Wassermenge ist dabei eine Nachsorge des Hainer Sees nach Menge und Güte ebenfalls möglich.** **Eine Weiterverfolgung der Teil-Einleitung der Wyhra in den Hainer See mit der Hauptzielstellung der wasserwirtschaftlichen Nachsorge ist vorgesehen. Im Sinne einer möglichst großen Flexibilität auch im Hinblick auf eventuelle Synergien mit parallel untersuchten Lösungsansätzen für die Eisenbelastung der Pleiße ist die Teil-Einleitung dabei bis in Größenordnung des mittleren Abflusses MQ zu untersuchen.**

2.14 Ausfällung des Eisens im bestehenden Pleißebett	
Beschreibung:	Durch die Zugabe von Flockungshilfsmitteln soll Eisenhydroxid ausgefällt werden. Hierfür wird das bestehende Pleißebett als Sedimentationsraum genutzt.
Lage:	
Prognostizierte Wirksamkeit:	Der Maßnahme wird eine **ggf. hohe Wirksamkeit** zugesprochen. Die gelöste Eisenfracht in der Pleiße könnte mit dieser Maßnahme reduziert werden. Allerdings ist der Sedimentationsraum des Pleißebettes begrenzt, sodass regelmäßig eine Beräumung des Eisenhydroxid-Schlammes in jedem Fall vorzusehen ist (ansonsten ggf. Resuspendierung der Eisenpartikel).
Technische Durchführbarkeit:	Die Maßnahme ist technisch **prinzipiell durchführbar**.
Genehmigungs-prognose + Raumwiderstand:	Es werden keine zusätzlichen Flächen dauerhaft benötigt (niedriger Raumwiderstand). Die Genehmigungsfähigkeit der Maßnahme ist dennoch aufgrund des dauerhaften Eingriffes in die Wasserchemie als **schwierig** zu erachten.
Verhältnismäßigkeit:	Derzeit wird von überschaubaren Investitionskosten, aber dauerhaft hohen Betriebs- und Entsorgungskosten ausgegangen.
Untersuchungsstand bzw. fehlende Kenntnisse:	Potentielle negative Auswirkungen der Flockungshilfsmittel auf die Gewässerbiozönose sowie entsprechende Entsorgungs-/ Räumungskonzepte zum Umgang mit anfallenden Sedimenten sind zu prüfen bzw. aufzustellen. Es sind Untersuchungen anzustellen um zu klären, inwieweit der gezielte Eingriff zur Sedimentation und Beräumung von Eisenhydroxid als eine Verbesserung oder Verschlechterung im Sinne des WHG einzuschätzen ist.
Fazit bezgl. der Weiterbetrachtung:	**Der Maßnahme wird eine hohe Wirksamkeit zugesprochen. Neben den dauerhaften hohen Betriebs- und Entsorgungskosten ist der dauerhafte Eingriff in die Wasserchemie genehmigungsrechtlich problematisch bzw. wird als nicht genehmigungsfähig betrachtet, da die Ziele der WRRL (Verschlechterungsverbot, Verbesserungsgebot) nicht erreichbar sind. Ein Teil der Pleiße würde zu einer technischen Anlage zur Sedimentation umfunktioniert. Weitere Untersuchungen werden als nicht zielführend erachtet.**

2.15 Niveauanhebung der Pleiße durch Anhebung des Trachenauer Wehrs	
Beschreibung:	Das Trachenauer Wehr wird angehoben mit dem Resultat einer Verringerung der Fließgeschwindigkeit vor dem Wehr und somit einer erhöhten Eisensedimentation. Gleichzeitig kommt es zur Anhebung des Wasserspiegelniveaus der Pleiße zwischen Wyhra-Mündung und Trachenauer Wehr, wodurch das Potenzialgefälle zwischen eisenbelastetem Kippengrundwasserleiter und Pleiße und somit der Eiseneintrag insgesamt verringert wird. Folglich wird eine Wyhra-Einleitung in den Hainer See notwendig, da gefällebedingt eine Einleitung in die Pleiße unmöglich wird. Hochwassereffekte in der Pleiße würden dadurch ebenfalls vermindert werden. Zusätzlich kann der Durchfluss der Pleiße reduziert und somit die Sedimentation begünstigt werden, indem eine Einleitung der von Eisen befreiten Grubenwässer aus der Grubenwasserreinigungsanlage Tagebau Vereinigtes Schleenhain erst unterhalb des Trachenauer Wehres erfolgt.
Lage:	
Prognostizierte Wirksamkeit:	Die Maßnahme ist mit einer **mittleren Wirksamkeit** zu beurteilen. Eine Anhebung der festen Wehrschwelle des Trachenauer Wehres würde die Fließgeschwindigkeit direkt oberhalb des Wehres maßgeblich reduzieren und die Sedimentation des Eisenhydroxids begünstigen. Damit es im Rahmen von Hochwasserereignissen jedoch nicht zu einer Verfrachtung des angesammelten Eisenhydroxidschlammes kommt, ist eine regelmäßige Räumung des Rückstaubereiches erforderlich. Dies wäre Voraussetzung für eine nachhaltige Lösung zur Eisenfrachtreduktion in der Pleiße. Eine Erhöhung der Maßnahmenwirksamkeit wäre durch eine Kombination mit dem Eintrag sedimentationsfördernder Mittel denkbar.
Technische Durchführbarkeit:	Die Durchführbarkeit dieser Maßnahme ist als **technisch möglich** einzustufen. Allerdings sind Veränderungen eines langen Flussabschnitts und bauliche Maßnahmen am Trachenauer Wehr notwendig (umfangreiche Anpassung des bestehenden Wehres inklusive Fischaufstiegsanlage und Abzweig zum Stausee Rötha). Zusätzlich ist ein Neubau zwecks Überleitung der Wyhra in den Hainer See mit diversen Bauwerken notwendig.
Genehmigungsprognose + Raumwiderstand:	Die Genehmigungsfähigkeit wird als **schwierig** angesehen (Auflagen). Wenn auch nur räumlich begrenzt, kann es zur Abtrennung eines Fließgewässers vom natürlichen Wasserkreislauf und potentiell vom Grundwasser kommen. Der Pleißeabschnitt bei Neukieritzsch wird hierdurch ggf. von einem Vorfluter in einen Ableiter umgewandelt und Neukieritzsch wäre in Folge dessen von der bestehenden Vorflut abgeschnitten. Dies würde einen Grundwasseranstieg nach sich ziehen, wodurch Schäden an der Bausubstanz entstehen können. Für die Überleitung der Wyhra über den Hainer See werden zusätzliche Flächen benötigt.

Verhältnismäßigkeit:	Der Herstellungsaufwand einer solchen Umsetzung ist **hoch**. Das Trachenauer Wehr ist ein überströmtes Wehr mit fester Wehrschwelle. Um die Wehrhöhe zu verändern sind aufwendige bauliche Maßnahmen erforderlich. Der Bewirtschaftungsaufwand wird als **mittelmäßig** eingestuft und besteht im Wesentlichen aus der unverzichtbaren regelmäßigen Beräumung des Flusses von den abgesetzten Schlammmassen und der Entsorgung.
Untersuchungsstand bzw. fehlende Kenntnisse:	Genauere Untersuchungen zum sich ändernden Grundwasserregime, der Gebietshydrologie und dem zu erwartenden Sedimentationsverhalten sind notwendig. Es ist zu prüfen, ob der Hochwasserabfluss nach den Baumaßnahmen noch gewährleistet ist. Die Möglichkeit der Wirksamkeitssteigerung durch z.B. Zugabe von Fällungshilfsmitteln besteht grundsätzlich. Der Raumwiderstand ist zu prüfen. Es würden weitere Untersuchungen erforderlich um die Genehmigungsfähigkeit einschätzen zu können. Dabei ist nachzuweisen, dass es zu keinen negativen Auswirkungen auf die Gewässerhydrologie und Biozönosen kommt.
Fazit bezgl. der Weiterbetrachtung:	**Die Wirksamkeit ist ohne tiefergehende Untersuchungen nicht ausreichend belegbar. Es ist von einem hohen Herstellungsaufwand, hohen Investitionskosten und ständigen Kosten zur Bewirtschaftung (Beräumung) auszugehen. Durch Änderungen der Grundwasserverhältnisse können Vernässungsschäden und dadurch weitere Folgekosten entstehen. Zusätzlich sind die starken sowie dauerhaften Eingriffe in das Gewässer nicht konfirm mit der WRRL, wodurch die Maßnahme nicht genehmigungsfähig erscheint. Weitere Untersuchungen werden als nicht zielführend erachtet.**

2.17 Flusskläranlage/ Grubenwasserreinigungsanlage für die Pleiße	
Beschreibung:	Eine Flusskläranlage zur Reduzierung der Eisenfrachten in der Pleiße basiert auf der gezielten Sedimentation der Eisenflocken durch Reduzierung der Fließgeschwindigkeit. Dazu wird das eisenhaltige Flusswasser durch mehrere aufeinander folgende Absetzbecken ggf. unter Verwendung eines Flockungshilfsmittels geleitet. In Folge dessen sedimentieren die Eisenflocken in den Becken. Durch Beräumung der Becken wird der Eisenschlamm entfernt und so die Eisenfracht im Fluss reduziert. Das Prinzip von Grubenwasserreinigungsanlagen ist seit Jahrzehnten erprobt und entspricht dem Stand der Technik zur Abreinigung eisenbelasteter Sümpfungswässer.
Lage:	 Als Ansatzpunkt für eine Flusskläranlage wäre der Bereich zwischen dem Haupteiseneintragspunkt aus der Kippe Witznitz (rot) und dem Trachenauer Wehr zu identifizieren. Somit ist gewährleistet, dass kein nennenswerter Eiseneintrag unterhalb der Flusskläranlage auftritt und die Sedimentation im Fließgewässer minimiert wird.
Prognostizierte Wirksamkeit:	Die Maßnahme ist mit einer potentiell **hohen Wirksamkeit** zu beurteilen.
Technische Durchführbarkeit:	Die Durchführbarkeit dieser Maßnahme ist als technisch **schwierig** einzustufen. Eine Anlage zur Fassung des gesamten Pleißewassers wäre sehr groß und zusätzlich mit mehreren aufeinander folgenden Absetzbecken zu dimensionieren. Problematisch hierbei sind die schwankende Wasserführung der Pleiße sowie die Beibehaltung der Längsdurchgängigkeit.
Genehmigungsprognose + Raumwiderstand:	Die Genehmigungsfähigkeit wird als **schwierig** erachtet und Auflagen sind zu erwarten: Die Fischdurchgängigkeit sowie der Hochwasserabfluss müssen weiterhin gewährleistet werden. Eine für die Reinigung eines Großteils der Pleißeabflüsse ausreichend dimensionierte Anlage lässt weiterhin einen hohen Raumwiderstand erwarten.
Verhältnismäßigkeit:	Die Errichtung großer Absetzbecken und diverser Regelbauwerke an Ein- und Ausläufen der jeweiligen Becken bedingen einen **hohen** Herstellungsaufwand. Der Betrieb und die Notwendigkeit der regelmäßigen Beräumung und Entsorgung des sich in den Becken absetzenden Eisenhydroxidschlammes resultiert in einem **sehr hohen** Bewirtschaftungsaufwand. Kostenschätzung: Durchfluss — Kosten Errichtung — Kosten Betrieb (ohne Entsorgung) 2,5 m³/s — 22.350.000 € — 3.700.000 €/a ca. 5m³/s — 44.500.000 € — 7.500.000 €/a

Untersuchungsstand bzw. fehlende Kenntnisse:	Da zur Behandlung des gesamten Pleißewassers (aktuell mittlerer Durchfluss am Pegel Böhlen von 6,80 m³/s) eine sehr große Anlage benötigt wird, wäre zu prüfen, inwiefern diese Maßnahme in Kombination mit anderen Maßnahmen, welche den Abfluss in der Pleiße reduzieren (z.B.: Einleitung der Wyhra in den Hainer See, Verlegung der Pleiße außerhalb des Kippenbereichs) möglich ist um ggf. die technische Durchführbarkeit und Verhältnismäßigkeit zu verbessern.
Fazit bezgl. der Weiterbetrachtung:	**Die Wirksamkeit wird als potentiell hoch eingestuft. Die Errichtung einer solchen Anlage als Einzelmaßnahme ist aufgrund der hohen Investitionskosten, der hohen Betriebskosten sowie der benötigten Fläche als nicht sinnvoll anzusehen. Eine Genehmigung ist nicht ohne Auflagen möglich. Problematisch sind die beizubehaltende Gewässerdurchgängigkeit und die schwankenden Abflüsse in der Pleiße. Die Errichtung einer solchen Anlage erscheint nur in Zusammenhang mit weiteren Maßnahmen als sinnvoll und wird als Einzelmaßnahme nicht weiter untersucht, da dies nicht als zielführend erachtet wird.**

Maßnahmen zur Minderung der Eisenfracht in der Pleiße

- Variante 2.17
Flusskläranlage/
Grubenwasserreinigungsanlage -

Bearbeitung durch

eta AG engineering
Niederlassung Sachsen
Hamburger Str. 7 04129 Leipzig Tel. 0341 90850-0

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis II

Abkürzungsverzeichnis II

1 EINLEITUNG 3

2 ANLAGENARTEN 3

2.1 Monolithische Anlagen 3

2.2 Modular aufgebaute containergestützte Wasseraufbereitungsanlage 3

3 EISENGEHALTE 4

4 KOSTEN 4

5 FLÄCHENBEDARF 5

6 GENEHMIGUNGEN 5

7 ZUSAMMENFASSUNG 5

8 QUELLENVERZEICHNIS 5

Abkürzungsverzeichnis

EHS	Eisenhydroxidschlamm
FKA	Flusskläranlage
GWRA	Grubenwasserreinigungsanlage

1 Einleitung

Im Zuge der Erstellung einer Varianten-Matrix zur Erarbeitung verschiedener Maßnahmen zur Reduzierung des Eiseneintrages in die Pleiße, ist die Variante 2.17 Flusskläranlage/ Grubenwasserreinigungsanlage vorgestellt wurden. Die Variante kann als Einzelmaßnahme sowie auch in Verbindung mit weiteren Maßnahmen Anwendung finden.
Im Folgenden Kurzbericht ist dargelegt inwiefern die Realisierung Sinn macht und welche Parameter entscheidend sind zur Umsetzung. Vorgestellt wird dabei auch ein Modulares System aus Containern.

2 Anlagenarten

2.1 Monolithische Anlagen

Bei monolithischen Anlagen handelt es sich um ortsfeste Anlagen. Dabei werden gedichtete Absetzbecken (naturnahe Bauformen) oder Stahlbetonrechteckbecken oder Spannbetonrundbecken zur Behandlung der Volumenströme genutzt.

2.2 Modular aufgebaute containergestützte Wasseraufbereitungsanlage

Bei dieser Variante sind die einzelnen Verfahrensschritte in Containern untergebracht und können nach Bedarf und Ausbaugröße ergänzt werden.

Modul 1: Reaktionscontainer

Es sind mehrere Belüfter nach dem Prinzip der Mammutpumpe oder als Ejektoren vorhanden.
Die Anordnung im Container erlaubt es mehrere Verfahrensschritte parallel zu betreiben:

- Einarbeitung feinperliger Luftblasen für vollständige Oxidation des Eisens
- Zugabe Flockungsmittel (Kalkhydrat) zur pH-Wert Regulierung
- Erzeugung von Turbulenzen zur Selbstreinigung

Der übliche Dispenser für den Feststoffeintrag (Pulver) ist durch einen eigens entwickelten Belüfter ersetzt. Dadurch ergibt sich der Vorteil eines Hocheffizienten Sauerstoffeintrags.

Modul 2: Flockungscontainer

Die Zugabe von Flockungshilfsmittel und Einmischung erfolgt im ersten Teil. Zur Einmischung wird ein schnelldrehendes Vertikalpaddelwerk genutzt. Im Flockungsreifebecken wachsen die Flocken und ein langsamdrehendes Horizontalpaddelwerk unterstützt die Konglomeration der Eisenflocken und hebt diese zerstörungsfrei in die Überleitung zur Sedimentation.

Modul 3: Sedimentationscontainer

Hierbei werden zur effizienten Abscheidung der Flocken Lamellenseperatoren (Plattenabscheider) in Schrägaufstellung verwendet. Klarwasserablauf erfolgt über die Zahnschwellen (oben) und der Schlammabzug über unten liegende Rohrsysteme.

Schlammrückführung

Zur Unterstützung der Flockenbildung als Kristallisationskeim wird ein Teil des Schlammes in den Flockungscontainer zurückgeführt. Vorteile ergeben sich durch weniger Bedarf an Flockungshilfsmittel und positive Auswirkungen auf den Trockensubstanzgehalt des EHS. Nach

der Voreindickung wird der EHS in Dekanter gepumpt und auf 25-30% TS entwässert und abtransportiert.

Diese modular aufgebauten Anlagen sind jedoch für die sehr großen Volumenströme nicht zweckmäßig.

3 Eisengehalte

Bsp. GWRA Rainitza [2]:

Zulauf: Eisen (gel.): 18-58 mg/L
Eisen (ges.): 20-60 mg/L
Ablauf: Eisen (gel.): 2 mg/L
Eisen (ges.): 5 mg/L

Laut Monitoringbericht Pleiße 2016 werden die Ablaufwerte der GWRA Rainitza überhaupt nur in der Pleiße erreicht.
Eisen (gel.): ca. bis 1,4 mg/L (höchster Wert bei den verschiedenen Abflussklassen 1-5)
Eisen (ges.): ca. bis 6,0 mg/L (höchster Wert bei den verschiedenen Abflussklassen 1-5)

Die Reinigung wird hauptsächlich bei stark eisenbelasteten Wässern durchgeführt. Dabei sind Reinigungsleistungen behördlich vorgegeben.
In Fall der Pleiße sind die Eisenkonzentrationen die während des Monitorings festgestellt wurden eher geringer als die behördlich vorgegebenen Konzentrationen am Auslauf von verschiedenen Grubenwasserreinigungsanlagen (Rainitza wie o.g., Mibrag-Anlage für Tagebau Vereinigtes Schleenhain unter 3 mg/L [3]).

4 Kosten

Kosten	**Beispielanlage 2000 m³/h (0,55 m³/s)**	**Abfluss Pleiße - Teilstrom 2,5 m³/s**	**Abfluss Pleiße – MNQ ca. 5 m³/s**
Planung	460.000 €	ca. 1.000.000 €	ca. 1.500.000 €
Bau	4.694.500 €	ca. 21.250.000 €	ca. 43.000.000 €
Zwischensumme	**5.154.500 €**	**ca. 22.350.000 €**	**ca. 44.500.000 €**

Betriebskosten:		(Annahme ca 4,5fach)	(Annahme ca. 9fach)
Energiekosten	512.460 €/a		
Personalkosten	297.840 €/a		
Beprobungen	14.400 €/a		
Zwischensumme	**824.700 €/a**	**3.700.000 €/a**	**7.500.000 €/a**

Da die Durchflüsse innerhalb eines Jahres schwanken, kann in Zeiten mit sehr wenig Abfluss eine sehr geringe Auslastung der Anlage vorliegen. Andererseits kann in Zeiten mit hohem Abfluss die Anlage voll ausgelastet sein ohne eine sehr gute Leistung zu bringen.

(Grundlage für die Auslegung von Wasserbehandlungsanlagen ist die Kenntnis der Volumenströme und der Wasserinhaltsstoffe. Zusätzlich sind die behördlichen Vorgaben für die Einleitwerte in die Vorflut für die Auslegung der Anlage relevant.)

5 Flächenbedarf

Beispielanlage: Anlage zur Enteisenung (mit Schlammentwässerung) V = 2000 m³/h:
Zweistraßig (Rechteckbecken) → 75 x 50 m 3750 m² → **ca. 4000 m²** [1]

Bei größeren Anlagen steigt der Platzbedarf, jedoch nicht parallel zum Behandlungsvolumen.

Annahmen:
Anlage für Teilstrom (2,5 m³/s): ca. 10.000 m²
Anlage für MNQ (5 m/s): ca. 15.000 m²

Hierbei handelt es sich nur um Annahmen. Der genaue Flächenbedarf ist jeweils auch von der Bauart/ Ausbauart der Becken und zugehörigen Gebäude abhängig. Zuzüglich sind weitere Flächen für Zufahrten, Lagerflächen, Personalgebäude usw. zu beachten.

Praxisbeispiel: Anlage Profen: (120 m³/h) → Anlage ca. 85x85 m auf insgesamt 1,2 ha [4].

6 Genehmigungen

Durch den Bau einer Wasseraufbereitungsanlage können nur Teilströme der Pleiße einer Behandlung zugeführt werden.
Zu beachten ist die Fischdurchgängigkeit des Fließgewässers, welche bei einer Behandlung der gesamten Wassermenge nicht gegeben wäre.
Ebenfalls wird dadurch ein Eingriff in das Oberflächengewässersystem vorgenommen. Dabei wäre zu prüfen ob dieser Eingriff eine Verschlechterung oder Verbesserung im Sinne der WRRL ist (Verschlechterungsverbot).
Zusätzlich wird ein Planfeststellungsverfahren nach 68 WHG notwendig.

7 Zusammenfassung

Die Möglichkeit zur Errichtung einer Anlage ist Grundsätzlich gegeben. Als Einzelmaßnahme ist dies jedoch als zu kostenintensiv und nicht ausreichend wirkungsvoll zu erachten.
Erst die Verminderung der Abflussmengen in der Pleiße und die damit verbundene Erhöhung der Eisenkonzentrationen lassen die Umsetzung dieser Maßnahme als sinnvoll erscheinen.

8 Quellenverzeichnis

[1] LUG engineering: Erarbeitung einer Kostenschätzung für Grubenwasserreinigungsanlagen mit Volumenströmen von 100 m³/h, 500 m³/h und 2.000 m³/h a in monolithischer Bauweise und in modularer Containerbauweise
[2] LMBV mbH: Informationsblatt zur Grubenwasserreinigungsanlage Rainitza, 06/2016
[3] Leipziger Volkszeitung: Eine moderne Grubenwasserreinigungsanlage wird heute ihren Betrieb aufnehmen, 31.03.2010 16:39 Uhr, http://www.lvz.de/Region/Borna/Eine-moderne-Grubenwasserreinigungsanlage-wird-heute-ihren-Betrieb-aufnehmen
[4] VDI INGPOST: Sauberes Wasser für die Weiße Elster, 22.06.2017, https://www.ingpost.de/archiv-firmen-unternehmen/archiv-unternehmen-und-wirtschaft-2017/729-sauberes-wasser-f%C3%BCr-die-wei%C3%9Fe-elster.html