

Pilotprojekt
Untersuchung der Auswirkungen des Grundwasserwiederanstiegs
und der daraus folgenden Exfiltration der eisenbelasteten Grund-
wässer aus den Kippen des ehemaligen Tagebaus Witznitz in die
Fließgewässer Pleiße und Wyhra
Komplexer Abschlussbericht
Phasen 1 und 2

im Auftrag
LMBV mbH
Walter-Köhn-Straße 2
04356 Leipzig

30.05.2014

Projektträger:

LMBV mbH
Walter-Köhn-Straße 2
04356 Leipzig

Projektbearbeiter:

BGD Boden- und Grundwasserlabor GmbH
Dresden
Tiergartenstrasse 48
01219 Dresden

ECOSYSTEM SAXONIA
Gesellschaft für Umweltsysteme m.b.H.
Thomas-Müntzer-Platz
501307 Dresden

Forschungsinstitut für Bergbaufolgeland-
schaften Finsterwalde e.V.
Brauhausweg 2
03238 Finsterwalde

G.E.O.S. Ingenieurgesellschaft mbH
Büro Halle
Berliner Str. 191
06116 Halle

GFI Grundwasserforschungsinstitut GmbH
Dresden
Meraner Straße 10
01217 Dresden

Grontmij GmbH
An der Waisenhausmauer 5
06108 Halle

Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH
Nonnenstraße 9
04229 Leipzig

Institut für Limnologische Untersuchungen
Stadtgutstr. 14
01217 Dresden

IWS - Institut für Wasserbau und
Siedlungswasserwirtschaft
an der HTWK Leipzig
Karl-Liebknecht-Straße 132
04277 Leipzig

Prof. Dr.-Ing. habil. L. Luckner,
LMBV-Rahmengutachter

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
Forschungs- und Beratungszentrum für
agrartechnische Systeme e.V.
Julius-Kühn-Str. 23
06112 Halle/Saale

SGL Spezial- und Bergbau-Servicegesellschaft
Lauchhammer mbH
Bockwitzer Strasse 85
01979 Lauchhammer

Staatliche Betriebsgesellschaft für Umwelt und
Landwirtschaft
Lysimeterstation Brandis
Kleinsteinerger Straße 13
04821 Brandis

Wassertechnik Leipzig GmbH
Löbauer Str. 68
04347 Leipzig

Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung, Ableitung der Projektstruktur	18
2	Bearbeitungsprogramm Phase 1	28
2.1	Errichtung und Betrieb Messplatz Kippe Witznitz	28
2.1.1	Monitoring an den Grundwassermessstellen [3c]	30
2.1.2	Monitoring an den Rammpegeln RKB 1 – 20 [3c]	33
2.1.3	Monitoring an der Bodensickerwassermessstelle [3a]	39
2.1.4	Monitoring an den Erosionsmessstellen	43
2.1.5	Messstellen an Sickerwasseraustritten [3c]	47
2.2	Monitoring Pleiße	52
2.2.1	Konzentrationen und Frachten – Untersuchungen 2007 bis 2009 [4i]	57
2.2.2	Konzentrationen und Frachten – Untersuchungen 2010 bis 2012 [4j]	69
2.2.3	Betrachtungen zur Sedimentation in der Pleiße – Untersuchungen/Ergebnisse bis 2009	73
2.2.3.1	Sediment(schlamm-)stärken der Sohlsedimente in der Längsbeprobung 2009	74
2.2.3.2	Eisen-, Phosphor- und TOC-Gehalte der Sohlsedimente der Längsbeprobung	78
2.2.3.3	Ermittlung der Sedimentation von Eisen je Meter Flussstrecke anhand der Berechnung von Eisenfrachtverlusten im Wasserkörper	80
2.2.3.4	Zylinderfallenmessungen – Sedimentationsraten der 13.-25. Standarduntersuchung	82
2.2.3.5	Tellerfallenmessungen 2009	84
2.2.3.6	Weitere allgemeine Betrachtungen zur Sedimentation in der Pleiße	88
2.2.4	Betrachtungen zur Sedimentation in der Pleiße – Untersuchungen/Ergebnisse 2011 [4k]	89
2.2.5	Handlungsempfehlungen zur Fortführung des Monitorings	94
2.3	Präzisierung des Grundwasserströmungsmodells	95
2.4	Ermittlung der geologischen Verhältnisse der Kippe und Quantifizierung der Stoffmengenverteilung (Eisen/Schwefel) in der Kippe	100
2.5	Bilanzierung der aktuellen Stofffrachten in die Pleiße	101
2.6	Wasserbeschaffenheitsmodellierung der Pleiße – Analyse der Modellanforderungen und Testung von Modellansätzen	107
3	Ableitung und Untersuchung von Maßnahmen zur Verminderung der Eiseneinträge in die Pleiße (parallele Bearbeitung zu Phase 1 und 2)	112
3.1	Durchführung eines Pilotversuches zur Reduzierung der Exfiltration von eisenbelastetem Grundwasser aus den Kippen des ehemaligen Tagebaues Witznitz in die Fließgewässer Pleiße und Wyhra	112
3.2	Variantenbetrachtung für Auffang-/Drainagegräben	132
3.3	Machbarkeitsbetrachtung des Problemlösungsvorschlages „Sickerschlitz“	136

3.4	Nutzung des Stausees Rötha als Sedimentationsbecken für Eisenschlämme aus dem südlichen Einzugsgebiet der Pleiße	141
3.4.1	Machbarkeitsstudie	141
3.4.2	Ergebnisse der Voruntersuchungen	150
3.4.3	Ergebnisse der Hauptuntersuchung	155
3.4.4	Ergebnisse der Numerischen Simulation	159
3.4.5	Bewertung der Ergebnisse	163
4	Bearbeitungsprogramm Phase 2	166
4.1	Fortführung des Monitorings - weitere Datenerfassung bzw. Datenvertiefung	166
4.2	Aufbau eines reaktiven Stofftransportmodells für den Kippenkörper Kahnsdorf und Prognose der zukünftigen Stoffeinträge aus dem Kippenkörper in die Pleiße	166
4.3	Ermittlung der grundwasserbürtigen Eiseneinträge in die Pleiße zwischen Regis-Breitingen und Leipzig	176
4.4	Wasserbeschaffenheitsmodellierung der Pleiße - Entwicklung und Anwendung des Eisenbausteins und Entwicklung eines reduzierten Fließgewässerbeschaffenheitsmodells für den Parameter Eisen (Phase 2)	188
4.4.1	Auswertung des Pleiße-Monitorings, Aufbereitung der Stofftransportprozesse	188
4.4.2	Konzipierung des Eisenbausteins und Modellimplementierung	193
4.4.3	Ergebnisse der Entwicklung und Testung des Eisenbausteins und reduzierten Beschaffenheitsmodells für den Parameter Eisen	196
4.4.4	Beschreibung des Sedimentationsgeschehens in der Pleiße-Fließstrecke in Abhängigkeit vom Abfluss	202
4.4.5	Szenariobetrachtung	205
4.5	Folgen auf das Fließgewässerökosystem	209
4.6	Territoriale Bewertung der Eisenzutritte in die Pleiße	215
5	Vorläufige komplexe Bewertung	225

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Färbung der Pleiße durch den Eintrag von eisenhaltigen Grundwässern aus dem Kippenmassiv vor allem bei Niedrigwasserführung	18
Abbildung 2:	Verlauf der Pleiße, Lage der Kippe Witznitz	19
Abbildung 3:	Lage der Messstellen	28
Abbildung 4:	Vergleich: pH-Wert-Messungen (Vorort)/Sulfatgehalte im Beobachtungszeitraum 07/2007 bis 02/2012, teufenabhängige Darstellung nach [3c]	31
Abbildung 5:	Vergleich: pH-Wert-Messungen (Vorort)/Eisen _{gelöst} -Gehalte im Beobachtungszeitraum 07/2007 bis 02/2012, teufenabhängige Darstellung nach [3c]	32
Abbildung 6:	Wasserstand in der Messstellenreihe Profil I (RKB 16 bis RKB 7), Messungen von 02/09 und 10/2011 [3c]	34
Abbildung 7:	Lage der Rammkernpegel, Mittelwerte der pH-Werte aus Messungen 2007-2009	35
Abbildung 8:	Veränderungen der Wasserinhaltsstoffe vom Kippenplateau zum Pleißeufer, Parameter pH-Wert, Profil I [3c]	36
Abbildung 9:	Veränderung des gelösten Eisens in den Messstellen entlang der Pleiße [3c] (zusätzlich wurden der Kippenbereich und die RKP am südl. Ufer der Pleiße gekennzeichnet)	37
Abbildung 10:	Mittelwerte der Parameter Eisen (Fe) gelöst, Eisen 2+ aus Messungen 2007-2009 Lage der Filterstrecke an den Rammpegeln	38
Abbildung 11:	Schematische Darstellung des Messschachtes [BGD GmbH]	40
Abbildung 12:	Messschacht Bodensickerwasser/Bodenluft sowie mehrfachverfilterte Grundwassergütemessstelle M1	41
Abbildung 13:	Erosionsmessstellen E1b (bewachsen) E2u (unbewachsen)	44
Abbildung 14:	Zusammenhang zwischen den an der Lysimeterstation ermittelten Niederschlägen und der Flüssigphase im Auffangcontainer [3b]	45
Abbildung 15:	E2u, Sedimentinhalt im Auffangbehälter im Beobachtungszeitraum 12/08 – 12/09 [3b]	46
Abbildung 16:	Böschungsbereiche Kippe Witznitz zur Pleiße [Luftbild GoogleEarthPro]	47
Abbildung 17:	Lage der Messstellen an Sickerwasseraustritten entlang der Pleiße	48
Abbildung 18:	Schematische Darstellung Sickerwassermessstelle, Foto der Sickerwassermessstelle SW C1 [3c]	49
Abbildung 19:	Vergleich ausgewählter Parameter RKB 9/SW3 (südl. Zustrom nahe der Wyhra-Mündung [3c]	50
Abbildung 20:	Messpunkte Pleißemonitoring	53
Abbildung 21:	Während der Standarduntersuchung gemessene Abflüsse am Pegel Böhlen nach [4i] im Vergleich zu den Statistischen Hauptwerten am Pegel Böhlen	59
Abbildung 22:	Mittelwerte der pH-Werte in der Pleiße der vier verschiedenen Abflussklassen [4i]	60

Abbildung 23:	Mittelwerte der Eisen(II)-Konzentrationen in der Pleiße bei vier verschiedenen Abflussklassen [4i]	60
Abbildung 24:	Mittelwerte der Eisen(gel.ges)-Konzentrationen in der Pleiße bei vier verschiedenen Abflussklassen [4i]	61
Abbildung 25:	Mittelwerte der Eisen(ges.)-Konzentrationen in der Pleiße bei vier verschiedenen Abflussklassen [4i]	62
Abbildung 26:	Mittelwerte der Sulfat-Konzentrationen in der Pleiße bei vier verschiedenen Abflussklassen [4i]	63
Abbildung 27:	Mittelwerte der Eisen(II)-Frachten in der Pleiße bei vier verschiedenen Abflussklassen [4i]	65
Abbildung 28:	Mittelwerte der Eisen(gel.ges.)-Frachten in der Pleiße bei vier verschiedenen Abflussklassen [4i]	65
Abbildung 29:	Mittelwerte des Eisen(ges.)-Frachten in der Pleiße bei vier verschiedenen Abflussklassen [4i]	66
Abbildung 30:	Mittelwerte der Sulfat-Frachten in der Pleiße bei vier verschiedenen Abflussklassen [4i]	67
Abbildung 31:	Eisen(ges.)-Frachten in der Pleiße bei 6 Standarduntersuchungen [4j]	71
Abbildung 32:	Sulfat-Frachten in der Pleiße bei 6 Standarduntersuchungen [4j]	71
Abbildung 33:	Zeitliche Entwicklung der mittleren Sulfatfrachten von 2008 bis 2012 bei Abflüssen von 3,1 m ³ /s – 5,4 m ³ /s (Pegel Böhlen) [4j]	72
Abbildung 34:	Verlauf der Sedimentablagerungen linkes Pleiße-Ufer am 29.04.2009 und 12.08.2009 [4h]	75
Abbildung 35:	Verlauf der Sedimentablagerungen Fließrinne Pleiße am 29.04.2009 und 12.08.2009 [4h]	76
Abbildung 36:	Sediment(Schlamm-)stärken zwischen den Messstellen PL 8 und PL 9, linkes Ufer (Rückstaubereich Trachenauer Wehr) [4h]	77
Abbildung 37:	Mittelwerte der Eisengehalte, Längsbeprobung der Sohlsedimente der Pleiße [4h]	78
Abbildung 38:	Mittelwerte der Phosphorgehalte, Längsbeprobung der Sohlsedimente der Pleiße [4h]	79
Abbildung 39:	Mittelwerte der TOC-Gehalte, Längsbeprobung der Sohlsedimente der Pleiße [4h]	79
Abbildung 40:	Sedimentation in der Pleiße bei Mittelwasser (Abflüsse von 3,61 bis 5,38 m ³ /s) bzw. Niedrigwasser (Abflüsse von 2,42 bis 3,04 m ³ /s) Sedimentation von Eisen je Meter Fluss-Strecke und Tag [4h]	81
Abbildung 41:	Sedimentationsraten Zylinderfallen im Längsverlauf der Pleiße (13.-25. STU) [4h]	82
Abbildung 42:	Eisengehalte der Sedimente der Zylinderfallen (13.-25. STU) Mittelwerte, Maximum und Minimum[4h]	83
Abbildung 43:	Aufbau einer Tellerfalle [4g]	84

Abbildung 44:	Ergebnisse einer Tellerfallenmessung Anfang Juli 2009 mit 9 Fallen bei unterschiedlichen Fließgeschwindigkeiten im Randbereich der Pleiße und deren Regressionsanalyse. Neben den für die Regressionsrechnung benutzten 7 Sedimentations-geschwindigkeiten sind alle 9 Trappingraten dargestellt. Das Größenverhältnis zwischen beiden Größen von 35 gTM/m ³ ist durch die Sestonkonzentration bestimmt [4f]	85
Abbildung 45:	Der Sedimentationsparameter kritische Fließgeschwindigkeit (V _{crit}) zu verschiedenen Zeitpunkten an den untersuchten Messstellen [4h]	85
Abbildung 46:	Verteilung der Sedimentmächtigkeit im Profil SD 01 PL 8 zu verschiedenen Zeitpunkten [4h]	88
Abbildung 47:	Sedimentationsparameter W _s und V _{crit} an den verschiedenen Pleiße-Stellen im Mai und Juni 2011 und wahrscheinliche Partikeleigenschaften [4k]	90
Abbildung 48:	Gemessene Fließgeschwindigkeiten (V), berechnete Sedimentationsraten (sed) und V _{crit} (6,2 cm/s berechnet) aus den Tellerfallenmessungen an der Messstelle PL 6 vom Ufer bis 3,5 m Flussbreite [4k]	91
Abbildung 49:	Grundwasserflurabstände im stationären Zustand unter mittleren Grundwasserneubildungsverhältnissen (Darstellung der Flurabstände nur für den Bereich der Kippe Witznitz) [5a]	96
Abbildung 50:	Bilanzgebiete zur Bilanzierung des Grundwasserzustroms in die Pleiße zwischen Wyhramündung und Trachenauer Wehr [5a]	97
Abbildung 51:	Zeitliche Entwicklung der Grundwasservolumenströme in die Pleiße gemäß den in Abbildung 8-10 angegebenen Bilanzgebieten für mittlere Grundwasserneubildungsverhältnisse bis zum stationären Zustand [5a]	98
Abbildung 52:	Mittlere Eisen (ges.) - Konzentrationen in mg/l (Mediane der gemessenen Zeitreihen) der Grundwassermessstellen im Bereich der Kippe Kahnsdorf, rot: Rammpegel am Pleißeufer, schwarz: übrige Messstellen (an mehrfach verfilterten Messstellen erfolgt Angabe einer mittleren Konzentration), rot gestrichelt umrandet: Messstellen für die Berechnung der Stoffeinträge (zusätzlich zu Rammpegeln am Pleißeufer) [5d]	102
Abbildung 53:	Eisen ges., Sulfat und Alkalinität in der Pleiße zwischen der Wyhramündung und dem Trachenauer Wehr (Mittelwerte und Standardabweichungen) für Abflüsse < 4 m ³ /s (Fl.-Km 23,8: Wyhramündung; Fl.-Km 21,7: Brücke Neukieritzsch; Fl.-Km 17,6: Trachenauer Wehr) [5d]	104
Abbildung 54:	Stoffeinträge in die Pleiße im Fließgewässerabschnitt zwischen der Wyhramündung und dem Trachenauer Wehr; Methodenvergleich: Ermittlung über Grundwasserzuflüsse sowie über Beschaffenheit in der Pleiße; mittlere Einträge und Streuung [5d]	105
Abbildung 55:	Der Fe-Eintrag in die Pleiße erfolgt zu 98 % in etwa gleicher Größe vom Süden und Norden aus der Kippe im Bereich zwischen Wyhra-Mündung und Neukieritzsch [7c]	106
Abbildung 56:	Lösungsansatz [GFI Grundwasserforschungsinstitut GmbH Dresden, 02.02.2010]	112
Abbildung 57:	Lage der Versuchsflächen	117
Abbildung 58:	Detaildarstellung der Versuchsfläche 1 [9a]	118
Abbildung 59:	Detaildarstellung der Versuchsfläche 2 [9a]	118

Abbildung 60:	Herkunft und Gewinnungsjahre der Lysimeter [9a]	120
Abbildung 61:	Klimatische Wasserbilanz am Standort Brandis (Monatswerte) [9a]	122
Abbildung 62:	Graphische Auswertung der in den Perkolatproben des IBSV VF 1.4 ermittelten Metallkonzentrationen in Bezug zu den ausgetauschten Porenvolumina [9a]	123
Abbildung 63:	Ernteerträge Knautgras [9a]	124
Abbildung 64:	Ernteerträge Luzerne [9a]	125
Abbildung 65:	Kopplungsalgorithmus zwischen ungesättigter und gesättigter Strömung [9a]	128
Abbildung 66:	Ergebnisse der Grundwassermodellierung [9a]	129
Abbildung 67:	Bereich des empfohlenen Luzerneanbaues (L), Standort der vorhandenen Biogasanlage (BGA) [9b]	130
Abbildung 68:	Lage der betrachteten Grabenvarianten im Böschungssystem – Testprojekt [7a]	133
Abbildung 69:	Querprofil mit Darstellung des Aushubes, Steinschüttung und Generalneigung	134
Abbildung 70:	Bereich Graben 1, Wasserstand in der Pleiße kurz vor Überflutung Hochwasserprofil (14.04.2008)	134
Abbildung 71:	Blick flussaufwärts, links der Berme (mit GWM3) Bereich Graben 2, rechts Bereich Graben 1	135
Abbildung 72:	Ergebnisse der Bilanzbetrachtungen [7c]	136
Abbildung 73:	Böschungssystem, südl. der Pleiße [7d]	137
Abbildung 74:	Querprofil mit Darstellung des Sickerschlitzes auf Berme 1 bzw. Berme 2, Station im Bereich Messplatz Kippe [7d]	138
Abbildung 75:	Darstellung Sickerschlitze mit Anlagen zur Zuführung des gehobenen Grundwassers zur Grubenwasserreinigungsanlage Schleenhain (Verlauf der Druckleitung schematisch) [7d]	140
Abbildung 76:	Lage des Stausees [Luftbild GoogleEarthPro]	142
Abbildung 77:	Lage und Randbedingungen des Stausees Rötha (dunkelgrüne Umrandung = LSG Pleiße Stausee Rötha)	143
Abbildung 78:	Abflüsse der Pleiße am Pegel Böhlen [LD L, 24.09.2009]	147
Abbildung 79:	Wirkungsgrad der Eisenausfällung im Stausee Rötha [LD L, 24.09.2009]	147
Abbildung 80:	Übersichtsplan der Messstellen im Rahmen der Voruntersuchung [8e]	150
Abbildung 81:	Verteilung der relativen Eisenkonzentration über den Stausee Rötha [8e]	153
Abbildung 82:	Dreidimensionales numerisches Strömungsbild [8e]	154
Abbildung 83:	Visuelle Auswertung der Spitzen im Konzentrationsverlauf Links: Zuordnung der Abflusskonzentrationen zu den Zuflussspitzen; Rechts: Verweilzeit für die ausgewerteten Zuflussspitzen [8f]	155
Abbildung 84:	Gesamteisenkonzentration entlang des Zulaufgrabens an den verschiedenen Messtagen [8f] (0+900 Bereich am Trachenauer Wehr; 0+000 Einlauf Stausee Rötha)	157

Abbildung 85:	Höhenmodell einschließlich Isolinen aus der aktuellen Vermessung der Schlammoberfläche bzw. Wassertiefe von 2011 (links – Tiefpunkt rot) Vergleich mit den derzeit vorliegenden Bestandsdaten der LTV (2006) (rechts) [8f]	159
Abbildung 86:	Ist-Zustand bzw. Plan-Zustand bei Wind aus 225° mit 4 Bft (Durchfluss 150 l/s) [8f]	160
Abbildung 87:	Simuliertes Strömungsbild des Plan-Zustandes (Durchfluss 4.000 l/s) bei Wind aus 225° mit 4 Bft; Strömungsgeschwindigkeit und Richtung 25 cm unter dem Wasserspiegel; Bereiche mit Strömungsgeschwindigkeiten über $v_{crit}/f_S = 0,1$ m/s dunkel hinterlegt (und umrandet) [8f]	162
Abbildung 88:	Schnittspuren der Schnitte (S 1 bis S 9) im Kippenkörper Kahnsdorf mit Abstrom in Richtung Pleiße und Bilanzgebiete sowie Hydroisohypsen im stationären Zustand 2100 für mittlere Grundwasserneubildungsverhältnisse [5e]	168
Abbildung 89:	Berechnete Eisenkonzentrationen und Grundwasserstände im Schnitt S 3 für die Jahresscheiben 2009, 2100 und 2300 [5e]	170
Abbildung 90:	Berechnete Eisenkonzentrationen und Grundwasserstände im Schnitt S 5 für die Jahresscheiben 2009, 2100 und 2300 [5e]	171
Abbildung 91:	Eisenkonzentrationen im Kippenabstrom (gerundet in mg/l) in Richtung Pleiße nach den neun Schnitten (rot gestrichelte Linien) zugeordneten Teileinzugsgebieten (schwarze Linien) für die Zeitscheiben 2010, 2100 und 2300 [5e]	172
Abbildung 92:	Grundwasservolumenströme und Stoffausträge aus der Kippe Kahnsdorf (für das kalibrierte Modell sowie ein Vergleichsmodell ohne das reaktive Modul (idealer Tracer)) und in die Pleiße (oberer Teil der Bilder) und Aufteilung des Grundwasser- und Stoffaustrags aus der Kippe auf Bilanzgebiete (aus [5e]; bzgl. der Bilanzgebiete siehe Abbildung 50, S. 97)	173
Abbildung 93:	Bilanz des ursprünglich disulfidisch gebundenen Eisens und Schwefels für den Kippenkörper Kahnsdorf sowie kumulative Eisen- und Schwefelausträge in Richtung Pleiße bis 2010 und 2400 (Berechnung über reaktives Stofftransportmodell) [5e] (davon $z > 120$ m NHN → Stoffaustrag hauptsächlich in diesem oberen Kippenbereich)	175
Abbildung 94:	Unterirdische Teileinzugsgebiete der Pleiße 2010 und 2100 (Abbildung nach [6f])	177
Abbildung 95:	Grundwasserzutritte in die Pleiße nach Bilanzgebieten für die Jahresscheiben 2010, 2015, 2027, 2040 und 2100 (hier zudem Angabe der Grundwasserzutritte bei maximaler und minimaler Grundwasserneubildung) [6f]	178
Abbildung 96:	Kumulative Grundwasserzutritte in die Pleiße zwischen Regis-Breitungen und dem AGRA-Wehr in Markkleeberg (bergbaubeeinflusster Bereich) für die Jahresscheiben 2010 und 2100, aufgesplittet in direkte Kippenzutritte, indirekte Kippenzutritte (jeweils nach Tagebaubereichen unterteilt) und Zutritte aus gewachsenen Grundwasserleitern [6f]	179

Abbildung 97: GW-Beschaffenheits-messnetz für den Pleiße-zustrom (blau: vorhandene Messstellen, grau: Messstellen ohne Beprobung nach 2007, rot: gepl. Messstellen *) Bereiche mit unzureichender Datengrundlage (pink: weitere Messstellen unbedingt erforderlich, orange: weitere Messstellen empfehlenswert, da voraussichtlich geringe Eisenkonz. zu erwarten, gelb: weitere Messstellen gegenwärtig in Planung *)	181
Abbildung 98: Zukünftige für die Frachtberechnung angesetzte mittlere Eisenkonzentrationen im Grundwasserzustrom zur Pleiße (für jene Bilanzgebiete an denen eine Änderung im Vergleich zu IST-Konzentrationen durch den Bearbeiter angesetzt wurde); Bilanzgebiete 4 und 5: Ergebnisse der Stofftransportmodellierung [5e]; Bilanzgebiet 7: Vergrößerung des Kippeneinzugsgebietes (Median und Quartile) [6f]	183
Abbildung 99: Berechnete grundwasserbürtige Eiseneinträge in die Pleiße (Median und Quartile) nach Bilanzgebieten für die Jahresscheiben 2010, 2015, 2027, 2040 und 2100 sowie zusätzlich für die Bilanzgebiete 4 und 5 (Stofftransportmodell Witznitz) die Jahresscheibe 2300 [6f]	185
Abbildung 100: Mit Hilfe des Stofftransportmodells berechnete grundwasserbürtige Eiseneinträge in die Pleiße in den Bilanzgebieten 4 und 5 bei reduzierter Grundwasserneubildung auf der Kippe Witznitz ab 2012 sowie die Nullvariante (grau gepunktet im Hintergrund) und Angabe der Verringerung in % [6f]	187
Abbildung 101: mittlere Konzentration von Gesamteisen im Längsverlauf der Pleiße bei unterschiedlichen Abflusssituationen (Jahr 2008) aus [6e]	190
Abbildung 102: mittlere Konzentration von Gesamteisen im Längsverlauf der Pleiße bei unterschiedlichen Abflusssituationen (Jahr 2009/2010) aus [6e]	190
Abbildung 103: mittlere Konzentration von Eisen(II) im Längsverlauf der Pleiße bei unterschiedlichen Abflusssituationen (Jahr 2008) [6e]	191
Abbildung 104: mittlere Konzentration von Eisen(II) im Längsverlauf der Pleiße bei unterschiedlichen Abflusssituationen (Jahr 2009/2010) [6e]	191
Abbildung 105: Ableitung einer Rampenfunktion (rote Linie) für die Berücksichtigung einer Teilsedimentation in den frei fließenden Flussabschnitten der Pleiße [6e]	192
Abbildung 106: Ergebnisse der hydraulischen Modellierung (blau: Wasserspiegellage / braun: Gewässersohle) im Modell AQUASIM für die Pleiße als Grundlage für die Testung und Anwendung des Eisenmoduls [6e]	197
Abbildung 107: Simulationsergebnis für die Eisen(II, gel.)-Konzentration in der Pleiße am Beispiel des Jahres 2009 für die MNQ -Situation. Im Jahr 2009 war die Vorbelastung durch die MIBRAG-Einleitung in Deutzen reduziert [6e]	198
Abbildung 108: Ergebnisse der Simulation der Situation MNQ 2008 und MNQ 2009 für den Parameter Eisen(III)-ges. unter Berücksichtigung der Sedimentationsprozesse in den langsam fließenden Flussabschnitten und den frei fließenden Bereichen (Sedimentation nur in Ufernähe) [6e]	200
Abbildung 109: Sensitivitätsanalyse der Auswirkung des Resuspensionsparameters $K = \alpha$ (0,2 ... 5) bei $m = 1$ (konstant) auf den Eisengehalt der fließenden Welle für die Situation MQ 2009 [6e]	201
Abbildung 110: Sensitivitätsanalyse der Auswirkung des Resuspensionsparameters $K = \alpha$ (1,0 konstant) bei $m = 1$ (0,5 ... 2) auf den Eisengehalt der fließenden Welle für die Situation MQ 2009 [6e]	201

Abbildung 111: Längsprofil der Sedimentationsrate für Eisenflocken in der Pleiße für die Abflussszenarien MNQ und MNQ_MQ auf Basis der Nullvariante 2010 [6e]	203
Abbildung 112: Längsprofil der Sedimentationsrate für Eisenflocken in der Pleiße für das Abflussszenarium 20 m³/s auf Basis der Nullvariante 2010 [6e]	204
Abbildung 113: Lage der Probestellen	212
Abbildung 114: Anteile der Gruppe der EPT an der Makrozoobenthoszönose der Pleiße im März und August 2011 im Vergleich zum Leitbild des Fließgewässertypes 17 (Kiesgeprägte Tieflandsflüsse) [10a]	213
Abbildung 115: Darstellung der Teileinzugsgebiete mit territorialer Zuordnung der Bereiche Altbergbau und Sanierungsbergbau, 2010 [11]	217
Abbildung 116: Darstellung der Teileinzugsgebiete mit territorialer Zuordnung der Bereiche Altbergbau und Sanierungsbergbau, 2100 [11]	219
Abbildung 117: Anteile der grundwasserbürtigen Eisenfrachten in die Pleiße aus den Bereichen Altbergbau bzw. Sanierungstagebau in Auswertung der Tabelle 38 [11]	220
Abbildung 118: Ergebnis der Selektion des Feldblockkatasters [11]	223
Abbildung 119: Weitere Priorisierung der relevanten Feldblöcke, Ackerland mit einer Fläche von > 10 ha im relevanten TEZG [11]	224

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Bearbeitungsprogramm der Phase 1	23
Tabelle 2: Bearbeitungsprogramm der Phase 2	24
Tabelle 3: Untersuchungsprogramm Monitoring Messplatz Witznitz [3c]	29
Tabelle 4: Untersuchungsprogramm Grundwasser, Mehrfachmessstellen [3a]	30
Tabelle 5: Untersuchungsprogramm Grundwasser, Rammpegel [3a]	36
Tabelle 6: Untersuchungsprogramm Sickerwasser [3a]	41
Tabelle 7: Ergebnisse der Untersuchung Bodensickerwassermessstellen SK1, SK4, SK5 [3]	42
Tabelle 8: Untersuchungsprogramm Wasser, Erosionswasser [3a]	44
Tabelle 9: Untersuchungsprogramm Feststoff, Erosionsmessstelle [3a]	45
Tabelle 10: Analyseergebnisse Sickerwasser [3c]	50
Tabelle 11: Untersuchungsprogramm, Methoden [4f]	55
Tabelle 12: Lage der Messstellen (Fluss-km und GPS-Daten) (hellblau – Messstellen des Monitorings ab 2010) [4i, 4j]	56
Tabelle 13: Abflüsse/Klassen der 1. bis 26. Standarduntersuchung am Pegel Böhlen nach [4i]	58
Tabelle 14: Mittelwerte der Abflüsse und Frachten (Eisen(ges.), Eisen(gel.ges.), Eisen(II), Sulfat im Bereich der Whyra [4i]	68

Tabelle 15:	Eckdaten der 1. bis 6. Standarduntersuchung [4j]	69
Tabelle 16:	Hydrologische Kennzahlen Pegel Böhlen Pleiße [4j]	70
Tabelle 17:	Beprobungstermine Tellerfallenuntersuchungen, Abflüsse am Pegel Böhlen am jeweiligen Tag [4h]	74
Tabelle 18:	Beprobungstermine Zylinderfallenuntersuchungen, Abflüsse am Pegel Böhlen am jeweiligen Tag, 13:00 Uhr [4h]	74
Tabelle 19:	Sedimentation von Eisen je m Flussstrecke und Tag (g Fe/m/Tag) errechnet auf Grundlage der Eisenfrachtverluste im Wasserkörper der Pleiße [4h]	80
Tabelle 20:	Zusammenfassung der Ergebnisse einiger flächenhaften Sedimentationsberechnungen für einen Meter Flusslänge auf der Basis von Tellerfallenmessungen und zeitnaher Querprofilaufnahmen der Fließgeschwindigkeit im Vergleich mit gleichzeitigen Frachtverlusten oberhalb und unterhalb der Messstelle sowie mit Eisenimporten aus dem Grundwasser der Kippe Kahnsdorf (letzte Spalte: siehe auch Punkt 2.5, S. 101 [5d]) [4h]	86
Tabelle 21:	Lage der Messstellen (2011, Fluss-km/Koordinaten gem. GPS) [4k]	89
Tabelle 22:	Sedimentationsbereiche der untersuchten Messstellen in der Pleiße [4k]	91
Tabelle 23:	Gegenüberstellung der Sedimentationsströme von Eisen (SED Fe) berechnet aus sed_{Fe} der Tellerfallenmessung und aus den Frachtverlusten von Eisen im Wasser an den untersuchten Pleiße-Stellen [4k]	92
Tabelle 24:	Berechnete Grundwasserzuflüsse aus der Kippe Kahnsdorf in die Pleiße 2009 und im stationären Zustand für mittlere Grundwasserneubildungsverhältnisse [5a]	99
Tabelle 25:	Berechnete Grundwasserzuflüsse aus der Kippe Kahnsdorf in die Pleiße im stationären Zustand für variable Grundwasserneubildungsverhältnisse [5a]	99
Tabelle 26:	Berechnung von Eisen- und Schwefel-Stoffvorräten im Kippenkörper, Eingangsgrößen und Ergebnisse [5c]	100
Tabelle 27:	Vergleichsmatrix FGSM / CE-QUAL-W2 für die Pleißemodellierung [6a] (Anmerkung: Nach aktuellem Stand wäre die Implementierung des Eisenmoduls im FGSM auch früher als hier dargestellt möglich)	108
Tabelle 28:	Meliorations- und Bewuchsvarianten der Versuchsflächen und Lysimeter [9a]	119
Tabelle 29:	gemessene Sickerwassermengen der Lysimeter als Monatswerte nach [9a]	126
Tabelle 30:	Gemessene und analysierte Parameter der Voruntersuchung [8e]	151
Tabelle 31:	Ermittelte Rückhaltkonzentration aus den Daten der Voruntersuchung bzw. Hauptuntersuchung [8f]	156
Tabelle 32:	Parametrisierung der primären und sekundären Eisendisulfidoxidation im Ergebnis der Modellkalibrierung und über das Modell berechnete mittlere gegenwärtige Eisen- und Sulfatkonzentrationen und Stofffrachten in die Pleiße sowie im Teilbericht 3 [5d] ausgewiesene Stofffrachten als Kalibrierungsgrundlage (aus [5e])	167
Tabelle 33:	Bilanzgebiete zur Unterteilung des Grundwasserzustroms in die Pleiße [6f]	176

Tabelle 34:	Charakterisierung der Abflussverhältnisse zwischen MNQ und einem Abfluss von ca. 20 m ³ /s am Pegel Böhlen durch fünf Abflussszenarien als Unterszenarien für die zu untersuchenden Szenarien Nullvariante und Szenario 3 Bewirtschaftungsszenario mit Reduzierung der Grundwasserneubildungsrate in der Kippe Witznitz um ca. 75 % für die Jahresscheiben 2010 und 2100 [6e]	203
Tabelle 35:	Charakterisierung der Eisenbelastung der Pleiße (Angaben in kg/d Eisen) aus der Bilanzierung der Grundwasserzuflüsse zur Pleiße mit besonderer Berücksichtigung der Kippe Witznitz [6e]	205
Tabelle 36:	Charakterisierung der Eisenbelastung der Pleiße für das Szenario 3 mit dem Ansatz einer Bewirtschaftungsmaßnahme zur Reduzierung der Grundwasserneubildungsrate in der Kippe Witznitz und der daraus prognostizierten Minderung des Eiseneintrages (Angaben in kg/d Eisen) aus der Bilanzierung der Grundwasserzuflüsse zur Pleiße mit besonderer Berücksichtigung der Kippe Witznitz gegenüber der Grundvariante [6e]	207
Tabelle 37:	Stellenbezeichnung, Koordinaten (DHDN Zone 4, Gauß Krüger) und Untersuchungsdatum der Probestellen an der Pleiße [10a]	211
Tabelle 38:	Teileinzugsgebiete zur Unterteilung des Grundwasserzustroms und der Frachten in die Pleiße [6f ergänzt]	221

Anlagenverzeichnis

Anlage 1:	Bearbeitungsprogramm Pilotprojekt
Anlage 2:	Komplexer Abschlussbericht (CD)
Anlage 3:	Protokolle VAK, Berichte lt. Quellenverzeichnis (DVD)

Quellenverzeichnis

- [1a] Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH: Fortschreibung Vorstudie „Untersuchungen der Auswirkungen des Grundwasserwiederanstiegs und der daraus folgenden Exfiltration der eisenbelasteten Grundwässer aus den Kippen des ehemaligen Tagebau Witznitz in die Fließgewässer Pleiße und Wyhra“ – Leipzig 23.10.2006
- [1b] Merkblatt - Montanhydrologisches Monitoring in der LMBV mbH; 30.11.2007
- [1c] Grontmij GfL GmbH; Untersuchung der Auswirkungen des Grundwasserwiederanstiegs und der daraus folgenden Exfiltration der eisenbelasteten Grundwässer aus den Kippen des ehemaligen Tagebaus Witznitz in die Fließgewässer Pleiße und Wyhra - Zwischenbericht 2009 zum Gesamtvorhaben; Halle 9.3.2010
- [1d] Grontmij GmbH; Pilotprojekt Untersuchung der Auswirkungen des Grundwasserwiederanstiegs und der daraus folgenden Exfiltration der eisenbelasteten Grundwässer aus den Kippen des ehemaligen Tagebaus Witznitz in die Fließgewässer Pleiße und Wyhra, Vorläufiger komplexer Abschlussbericht Phase 1 und 2; Halle 17.08.2012
- [2a] Boden- und Grundwasserlabor GmbH Dresden; Ergebnisbericht zur Erstbeprobung der Grundwassermessstellen im Bereich des Messplatzes Kippe Witznitz II; 14.12.2007
- [2b] Boden- und Grundwasserlabor GmbH Dresden; Ergebnisbericht zur Probenahme und Analytik von Substratproben aus den mehrfach verfilterten Grundwassermessstellen und Rammkernsondierungen im Bereich des Messplatzes Kippe Witznitz II; 30.12.2008
- [2c] Boden- und Grundwasserlabor GmbH Dresden; Ergebnisbericht zur Errichtung, Ausrüstung und Beprobung der mehrfach verfilterten Grundwassermessstellen im Bereich des Messplatzes Kippe Witznitz II; 14.12.2007
- [2d] Boden- und Grundwasserlabor GmbH Dresden; Ergebnisbericht zur Durchführung von laborativen Prozessuntersuchungen zur Pyritverwitterung im Bereich des Messplatzes Kippe Witznitz II; 30.12.2008
- [2e] Boden- und Grundwasserlabor GmbH Dresden; Ergebnisbericht Errichtung, Ausrüstung und Bedienung der Bodensickerwassermessstelle im Bereich des Messplatzes Kippe Witznitz II; 31.12.2007
- [2f] Boden- und Grundwasserlabor GmbH Dresden; Ergebnisbericht zur Errichtung und Erstbeprobung der Erosionsmessstellen im Bereich des Messplatzes Kippe Witznitz II; 30.12.2008
- [3a] G.E.O.S. Freiberg mbH; Bericht Monitoring Messplatz Kippengebiet Witznitz Beprobung 11/07 - 03/09; 06.04.2009
- [3b] G.E.O.S. Ingenieurgesellschaft mbH; Bericht Monitoring Messplatz Kippengebiet Witznitz Beprobungen 04/09 - 12/09; 29.03.2010

- [3c] G.E.O.S. Ingenieurgesellschaft mbH; Bericht Monitoring Messplatz Kippengebiet Witznitz Beprobung 05/10 - 11/13; 20.12.2013
- [4a] Sanierungsgesellschaft Lauchhammer mbH; Zwischenbericht Monitoring Fließgewässer Pleiße Kippengebiet Witznitz 2007/2008: Auswertung der Standarduntersuchungen 1 – 4; 13.05.2008
- [4b] Sanierungsgesellschaft Lauchhammer mbH; Zwischenbericht Monitoring Fließgewässer Pleiße Kippengebiet Witznitz 2007/2008: Auswertung der Standarduntersuchungen 5 – 8 mit Bezug auf Standarduntersuchung 1 – 4 und Auswertung zusätzlicher Messungen von Abfluss, Fracht und Sedimentation; 25.08.2008
- [4c] Sanierungsgesellschaft Lauchhammer mbH; 3. Zwischenbericht Monitoring Fließgewässer Pleiße Kippengebiet Witznitz 2007/2008: Auswertung der Standarduntersuchungen 9 – 12 mit Bezug auf die Standarduntersuchungen 1 – 8; 28.11.2008
- [4d] SGL Spezial- und Bergbau-Servicegesellschaft Lauchhammer mbH; 4. Zwischenbericht (Kurzbericht) Monitoring Fließgewässer Pleiße Kippengebiet Witznitz 2008/2009: Auswertung der Standarduntersuchungen 13 und 14 (1. und 2. STU des neuen Monitorings) 10.03.2009
- [4e] SGL Spezial- und Bergbau-Servicegesellschaft Lauchhammer mbH; 5. Zwischenbericht (Kurzbericht) Monitoring Fließgewässer Pleiße Kippengebiet Witznitz 2008/2009: Auswertung der Standarduntersuchungen 15, 16 und 17; 27.07.2009
- [4f] SGL Spezial- und Bergbau-Servicegesellschaft Lauchhammer mbH; 6. Zwischenbericht Monitoring Fließgewässer Pleiße Kippengebiet Witznitz 2008/2009: Auswertung von Tellerfallen- und Zylinderfallenmessungen (jeweils 5 Untersuchungen); 05.10.2009
- [4g] Die Tellerfalle <http://www.igb-berlin.de/abt2/mitarbeiter/kozerski/teller.shtml>; 08.01.2010
- [4h] SGL Spezial- und Bergbau-Servicegesellschaft Lauchhammer mbH; Endbericht-Sedimentation Monitoring Fließgewässer Pleiße Kippengebiet Witznitz 2008/2009: Auswertung von Tellerfallen- und Zylinderfallenmessungen und Sohlsedimentbeprobungen; 22.12.2009 (Überarbeitung Stand 12.04.2010)
- [4i] SGL Spezial- und Bergbau-Servicegesellschaft; Endbericht Wasseruntersuchungen Monitoring Fließgewässer Pleiße Kippengebiet Witznitz, Auswertung der Standarduntersuchungen 1 bis 26, sowie zusätzlicher Untersuchungen der Faulen Pfütze, Gösel und des Floßgrabens, des Einsatzes von Drucksensoren im Untersuchungsgebiet Kippe Witznitz und der Vergleichsmessungen zum Durchfluss am Pegel Böhlen 2008/2009; 24.3.2010
- [4j] SGL Spezial- und Bergbau-Servicegesellschaft; Monitoring Fließgewässer Pleiße, Kippengebiet Witznitz, Endbericht Wasseruntersuchungen Auswertung der Standard-Wasseruntersuchungen 1 – 6 in den Jahren 2010, 2011, 2012; 29.11.2012, 04.11.2013 (Änderung)
- [4k] SGL Spezial- und Bergbau-Servicegesellschaft; Monitoring Fließgewässer Pleiße, Kippengebiet Witznitz, Endbericht Sedimentation Auswertung der Sedimentationsmessungen mit Tellerfallen und Zylinderfallen in der Pleiße im Mai und Juni 2011; 29.11.2012, 04.11.2013 (Änderung)

- [5a] Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH; Auswirkungen des Grundwasserwiederanstiegs und der daraus folgenden Exfiltration eisenbelasteter Grundwässer aus den Kippen des ehemaligen Tagebaus Witznitz in die Fließgewässer Pleiße und Wyhra; Teilbericht 1 Präzisierung des Grundwasserströmungsmodells (2. überarbeitete Fassung); 16.04.2009
- [5b] Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH; Präsentation im Rahmen des 10. Vorhabensbegleitenden Arbeitskreises: Exfiltration eisenbelasteter Grundwässer aus der Kippe Kahnsdorf in die Pleiße; Vorstellung der Teilergebnisse 17.04.2009
- [5c] Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH; Auswirkungen des Grundwasserwiederanstiegs und der daraus folgenden Exfiltration eisenbelasteter Grundwässer aus den Kippen des ehemaligen Tagebaus Witznitz in die Fließgewässer Pleiße und Wyhra; Teilbericht 2 Ermittlung der geologischen Verhältnisse der Kippe und Quantifizierung der Stoffmengenverteilung (Eisen / Schwefel) in der Kippe (2. überarbeitete Fassung); 20.04.2009
- [5d] Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH; Auswirkungen des Grundwasserwiederanstiegs und der daraus folgenden Exfiltration eisenbelasteter Grundwässer aus den Kippen des ehemaligen Tagebaus Witznitz in die Fließgewässer Pleiße und Wyhra: Teilbericht 3 Segmentierte Analyse und Bilanzierung der aktuellen Eisen-, Sulfat- und Aziditätseinträge in die Pleiße (2. überarbeitete Fassung); 23.12.2009
- [5e] Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH; Auswirkungen des Grundwasserwiederanstiegs und der daraus folgenden Exfiltration eisenbelasteter Grundwässer aus den Kippen des ehemaligen Tagebaus Witznitz in die Fließgewässer Pleiße und Wyhra: Teilbericht 4 Aufbau eines reaktiven Stofftransportmodells für den Kippenkörper Kahnsdorf und Prognose der zukünftigen Stoffeinträge aus dem Kippenkörper in die Pleiße (2. überarbeitete Fassung); 22.06.2010
- [6a] Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH, Wasserbeschaffenheitsmodellierung der Pleiße unter dem Einfluss der Eisenexfiltration der Kippen – Phase 1: Analyse der Modellanforderungen und Testung von Modellansätzen Endbericht, 14.04.2009
- [6b] Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH, Wasserbeschaffenheitsmodellierung der Pleiße unter dem Einfluss der Eisenexfiltration der Kippen – Phase 1: Analyse der Modellanforderungen und Testung von Modellansätzen Endbericht, 1. Ergänzung zum Endbericht, 10.07.2009
- [6c] Schreiben der Landesdirektion Leipzig vom 26.06.2009 zu: Untersuchungen der Auswirkungen des GW-Wiederanstiegs und der daraus folgenden Exfiltration eisenhaltiger Grundwässer in die Pleiße; hier: Modellierung der .Eiseneinträge im Fließgewässer
- [6d] Ergebnisniederschrift zur 12. Sitzung des Vorhabens begleitenden Arbeitskreises "Untersuchung der Auswirkungen des Grundwasserwiederanstiegs und der daraus folgenden Exfiltration der eisenbelasteten Grundwässer aus den Kippen des ehemaligen Tagebaus Witznitz in die Fließgewässer Pleiße und Wyhra" am 9. Oktober 2009, VS3, 23.10.2009
- [6e] Wasserbeschaffenheitsmodellierung der Pleiße unter dem Einfluss der Eisenexfiltration aus Bergbaukippen - Entwicklung und Anwendung des Eisenbausteins und Entwicklung eines reduzierten Fließgewässerbeschaffenheitsmodells für den Parameter Eisen; Endbericht, Bietergemeinschaft ECOSYSTEM SAXONIA GmbH, IBGW GmbH, 04.05.2011

- [6f] Anlage von [6e]
Wasserbeschaffenheitsmodellierung der Pleiße unter dem Einfluss der Eisenexfiltration aus Bergbaukippen Bearbeitungsteil: Grundwasserbürtige Eiseneinträge in die Pleiße zwischen Regis-Breitungen und Leipzig; IBGW GmbH in AG mit Ecosystem Saxonia GmbH Dresden; 25.02.2011
- [7a] GfL Planungs- und Ingenieurgesellschaft GmbH Tischvorlage/Präsentation: 6. Sitzung des vorhabensbegleitenden Arbeitskreises „Untersuchung der Auswirkungen des Grundwasserwiederanstiegs und der daraus folgenden Exfiltration der eisenbelasteten Grundwässer aus den Kippen des ehemaligen Tagebaus Witznitz in die Fließgewässer Pleiße und Wyhra“ am 23.04.2008; Variantenbetrachtung für Auffang-/Drainagegräben;
- [7b] Ergebnisniederschrift zur 15. Sitzung des Vorhabensbegleitenden Arbeitskreises "Untersuchung der Auswirkungen des Grundwasserwiederanstiegs und der daraus folgenden Exfiltration der eisenbelasteten Grundwässer aus den Kippen des ehemaligen Tagebaus Witznitz in die Fließgewässer Pleiße und Wyhra" am 30. März 2011; LMBV mbH VS3
- [7c] Präsentation zum 15. AK: Ableitung von Sanierungsmaßnahmen aus bisher erzielten Untersuchungsergebnissen des Beispielprojekts Witznitz, Prof. Dr.-Ing. habil. L. Luckner LMBV-Rahmengutachter des FNWbK-MD, Grundwasser-Zentrum Dresden, 03/2010
- [7d] Grontmij GmbH; Machbarkeitsbetrachtung des Problemlösungsvorschlags „Sickerschlitz“ Gem. 15. Sitzung des vorhabensbegleitenden Arbeitskreises Exfiltration Kippe Witznitz; 03.11.2011
- [8a] Grontmij GfL GmbH; Tischvorlage/Präsentation: 7. Sitzung des vorhabensbegleitenden Arbeitskreises „Untersuchung der Auswirkungen des Grundwasserwiederanstiegs und der daraus folgenden Exfiltration der eisenbelasteten Grundwässer aus den Kippen des ehemaligen Tagebaus Witznitz in die Fließgewässer Pleiße und Wyhra“ am 11.06.2008; Alternativvariante Nutzung Stausee Rötha als Sedimentationsbecken für Eisenschlämme aus dem südlichen Einzugsgebiet der Pleiße;
- [8b] Wassertechnik Leipzig GmbH; Nutzung des Stausees Rötha als Sedimentationsbecken für Eisenschlämme aus dem südlichen Einzugsgebiet der Pleiße; Machbarkeitsstudie, Varianten 1 und 2; 03.11.2009
- [8c] HTWK Leipzig: Numerische Modellierung und Simulation des Strömungs- und Sedimentationsverhaltens im Stausee Rötha einschl. In-situ-Messung zur Schaffung der Datengrundlage; 14.07.2011
- [8d] HTWK Leipzig: 15. Sitzung des vorhabensbegleitenden Arbeitskreises „Untersuchung der Auswirkungen des Grundwasserwiederanstiegs und der daraus folgenden Exfiltration der eisenbelasteten Grundwässer aus den Kippen des ehemaligen Tagebaus Witznitz in die Fließgewässer Pleiße und Wyhra“ am 06.10.2011; Numerische Modellierung und Simulation des Strömungs- und Sedimentationsverhaltens im Stausee Rötha einschl. In-situ-Messung zur Schaffung der Datengrundlage
- [8e] HTWK Leipzig: Untersuchungsbericht - Numerische Modellierung und Simulation des Strömungs- und Sedimentationsverhaltens im Stausee Rötha einschl. In-situ-Messung zur Schaffung der Datengrundlage - Voruntersuchung; 25.10.2011

- [8f] HTWK Leipzig; Untersuchungsbericht Numerische Modellierung und Simulation des Strömungs- und Sedimentationsverhaltens im Stausee Rötha einschl. In-situ-Messung zur Schaffung der Datengrundlage - Hauptuntersuchung - Numerische Simulation; 25.06.2012
- [8g] ARGE Flutungskonzept Mitteldeutschland (LMBV-Rahmengutachter): Ausbau und Nutzung des Stausees Rötha zur Eisenreduktion in der Pleiße; Vorhaben: Bewertung der Untersuchungen zur numerischen Modellierung und Simulation des Strömungs- und Sedimentationsverhaltens im Stausee Rötha einschließlich in-situ Messungen zur Schaffung der Datengrundlage des IWS der HTWK Leipzig vom 25.06.2012; 29.06.2012
- [8h] ARGE Flutungskonzept Mitteldeutschland (LMBV-Rahmengutachter): Präsentation zur 18. Sitzung des vorhabensbegleitenden Arbeitskreises „Untersuchung der Auswirkungen des Grundwasserwiederanstiegs und der daraus folgenden Exfiltration der eisenbelasteten Grundwässer aus den Kippen des ehemaligen Tagebaus Witznitz in die Fließgewässer Pleiße und Wyhra“ am 05.07.2012: Ausbau und Nutzung des Stausees Rötha zur Eisenreduktion
- [9a] GFI Grundwasserforschungsinstitut GmbH Dresden; Durchführung eines Pilotversuches zur Reduzierung der Exfiltration von eisenbelastetem Grundwasser aus den Kippen des ehemaligen Tagebaues Witznitz in die Fließgewässer Pleiße und Wyhra; Abschlussbericht; Berichtszeitraum 01.09.2008 bis 31.10.2011, 31.01.2012
- Teilberichte:
Laborversuche, BGD GmbH
Lysimeteruntersuchungen, BfUL
Pflanzenbauliches Monitoring, MLU
Feldmonitoring, BGD GmbH
Versuchsbegleitende Wasserhaushaltsmodellierung, GFI GmbH
Modellierung der gesättigten Strömung, IBGW GmbH
- [9b] Präsentation der Projektpartner GFI Grundwasserforschungsinstitut GmbH Dresden, IBGW GmbH Leipzig, MLU Halle-Wittenberg, BGD Dresden, FIB Finsterwalde zur 18. Sitzung des vorhabensbegleitenden Arbeitskreises „Untersuchung der Auswirkungen des Grundwasserwiederanstiegs und der daraus folgenden Exfiltration der eisenbelasteten Grundwässer aus den Kippen des ehemaligen Tagebaus Witznitz in die Fließgewässer Pleiße und Wyhra“ am 05.07.2012: Konzept „Großtechnische Umsetzung der Erfahrungen des Pilotversuchs Witznitz zur Reduzierung der Eiseneinträge in die Pleiße“ Phase 3 des Pilotversuches
- [10a] Institut für Limnologische Untersuchungen Dresden; Ermittlung von Auswirkungen auf das Ökosystem Pleiße – Biomonitoring, 20.01.2012
- [10b] Landesdirektion Leipzig; Stellungnahme zum Zwischenbericht zur Ermittlung von Auswirkungen der Eiseneinträge auf das Ökosystem Pleiße – Biomonitoring; 13.07.2011

- [10c] DHI-WASY GmbH; Implementierung der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie Integrierte Modellierung von Flusseinzugsgebieten - Stoffeintrag, Strömung und Transport Aufbau eines integrierten Oberflächen-Grundwassermodells Schwerpunktgebiet Obere Lethe im Rahmen des Modellprojektes Hunte 25; Endbericht; 03/2007

- [11] Grontmij GmbH, Pilotprojekt Untersuchung der Auswirkungen des Grundwasserwiederanstiegs und der daraus folgenden Exfiltration der eisenbelasteten Grundwässer aus den Kippen des ehemaligen Tagebaus Witznitz in die Fließgewässer Pleiße und Wyhra - Territoriale Bewertung der Eisenzutritte in die Pleiße (Gesamtbetrachtung); Halle, 04/2013 / 20.02.2014

1 Veranlassung, Ableitung der Projektstruktur

Quellen: [1a, 1b, 1c]

In der Pleiße südlich von Leipzig wird vor allem in Zeiten von Niedrig- und Mittelwasserabflüssen eine gelb-braun bis orangefarbene Verfärbung des Wassers beobachtet (Abbildung 1). Bergbaubedingt wurde die Pleiße hier in ein gedichtetes Flussbett verlegt, da zu diesem Zeitpunkt der Grundwasserspiegel weit unterhalb der Flusssohle lag.



Abbildung 1: Färbung der Pleiße durch den Eintrag von eisenhaltigen Grundwässern aus dem Kippenmassiv vor allem bei Niedrigwasserführung

Infolge des natürlichen Grundwasserwiederanstieges nach Einstellung der bergbaulichen Wasserhebung ist in den vergangenen Jahren der GW-Wasserspiegel soweit angestiegen, dass es inzwischen zu einer Exfiltration von eisenbelasteten Kippengrundwasser aus der angrenzenden Kippe in die Pleiße kommt, die zu der sichtbaren Veränderung des Wasserkörpers führt. Durch mehrere Messkampagnen zur Ermittlung der Wasserqualität der Pleiße konnte zwischenzeitlich nachgewiesen werden, dass der Haupteiseneintrag in die Pleiße im Fließgewässerabschnitt zwischen der Wyhamündung und Neukieritzsch stattfindet, in dem die Pleiße in den 1960er Jahren direkt über die Kippe verlegt wurde. Weitere Einträge aus der Kippe Witznitz in die Pleiße wurden bis zum Trachenauer Wehr belegt.

Die Stofffrachten in der Pleiße können neben der Verfärbung über lange Fließwege und der damit verbundenen negativen Beeinflussung der touristischen Nutzung der Gewässer auch zu einer möglichen Beeinträchtigung der aquatischen Lebensgemeinschaften von Fischen, Makrozoobenthos und Makrophyten führen.

In Abbildung 2 (S. 19) ist der Verlauf der Pleiße von der Talsperre Windischleuba bis nach Leipzig, wo die Pleiße in die Weiße Elster mündet, ersichtlich. Etwa auf halbem Wege überquert die Pleiße das o. g. Kippenmassiv des ehemaligen Tagebaues Witznitz mit den bereits gefluteten Hainer und Haubitzer Seen sowie dem Kahnsdorfer See, welcher seinen Endwasserstand noch nicht erreicht hat. Wenige Meter vor dem Kippenbereich nimmt die Pleiße die Wyhra auf.

1 Veranlassung, Ableitung der Projektstruktur

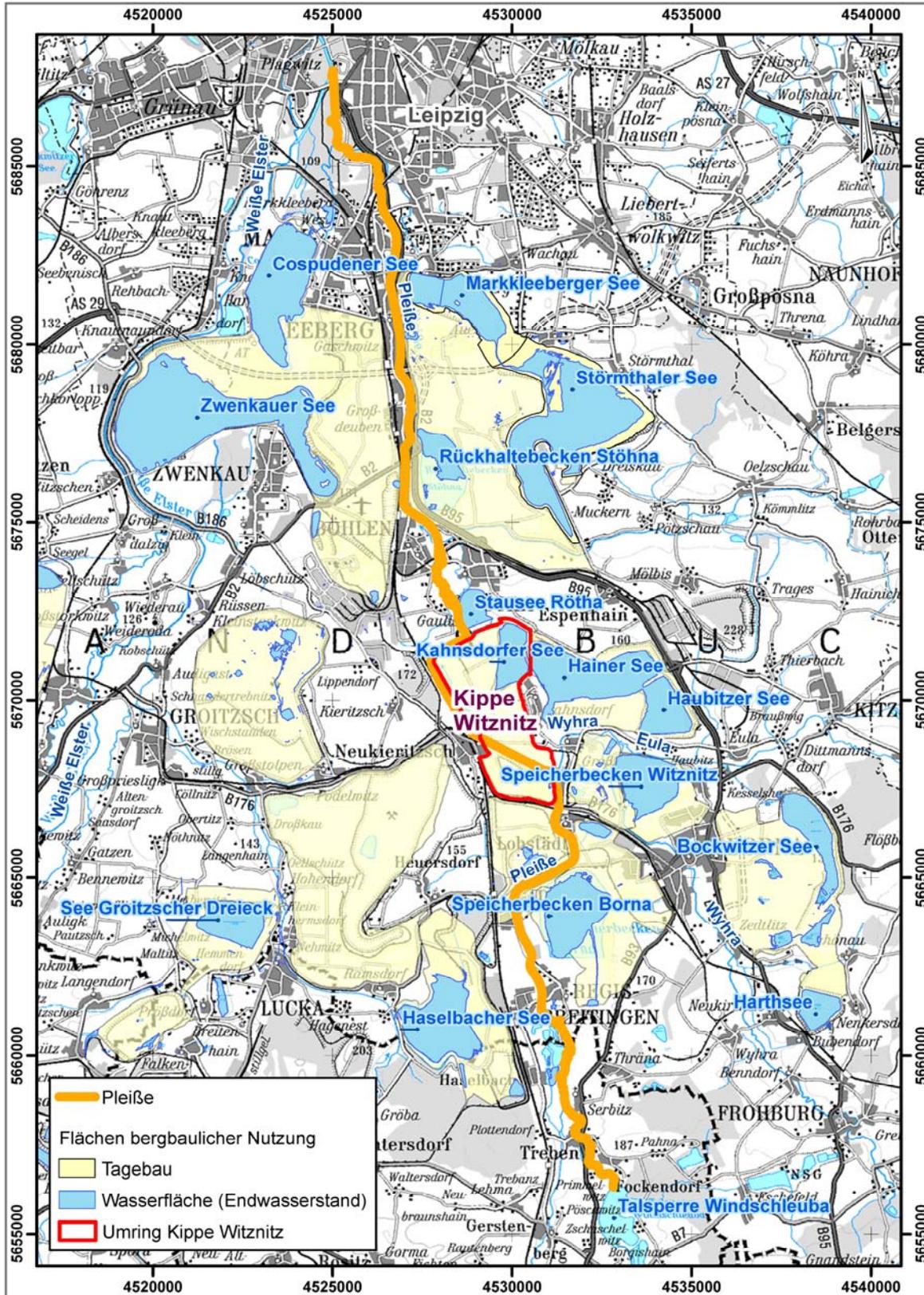


Abbildung 2: Verlauf der Pleiße, Lage der Kippe Witznitz

In den Jahren 2003/2004 wurden bei mehreren Ortsbegehungen der Pleiße durch das damalige StUFA Leipzig (heute Landesdirektion Sachsen Dienststelle Leipzig) die Wasserverfärbungen als Indiz dafür erkannt, dass im Bereich der Kippen bereits eine Exfiltration von eisenbelasteten Grundwässern in das Fließgewässer stattgefunden hat. Es erfolgte eine Mitteilung des (damaligen) StUFA an die LMBV mbH mit Aufforderung zur Problemklärung. Zur Feststellung der Herangehensweise und des Leistungsumfanges ließ die LMBV mbH als Projektträgerin im Teilobjekt 720.014 (Sanierungsuntersuchungen Raum Witznitz/ Bockwitz) eine Vorstudie „Untersuchungen der Auswirkungen des Grundwasserwiederanstieges und der daraus folgenden Exfiltration der eisenbelasteten Grundwässer aus den Kippen des ehem. Tgb. Witznitz in die Fließgewässer Pleiße und Wyhra“ (04/2005) durch das Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH Leipzig (IBGW) erstellen. Im Ergebnis der Vorstudie wurde die Bearbeitung notwendiger Maßnahmen in Phasen unterteilt:

1.Phase:

- Schaffung der technischen Voraussetzungen für die Untersuchungen
- Bewertung der Ist-Situation
- Recherche von möglichen technischen Sanierungskonzeptionen

2.Phase:

- weitere Datenerfassung bzw. Datenvertiefung
- Prognose zu zeitlichen und quantitativen Entwicklung
- Abschließende Bewertung der Auswirkungen auf das Fließgewässer-Ökosystem

3.Phase:

- Planung und Realisierung von Sanierungsmaßnahmen.

In der Vorstudie wurde des Weiteren vorgeschlagen, die Untersuchungen am Beispiel der Kippe Witznitz als Pilotprojekt durchzuführen, um dann die gewonnenen Erkenntnisse im Hinblick auf das Prozessverständnis, die Herangehensweise, die Methodik und das Monitoringkonzept auf weitere Kippenkomplexe im Einzugsgebiet der Pleiße übertragen zu können.

Anlässlich der ersten Mitteldeutschen Wasserkonferenz der LMBV am 24.01.2006 in Leipzig erfolgten die Vorstellung des geplanten Bearbeitungsprogramms in der Öffentlichkeit und eine Fachdiskussion dazu. Im Ergebnis der 72. StuBA-Sitzung am 21.03.2006 verständigten sich in der Folge das Bundesministerium für Finanzen (BMF) und das Sächsische Ministerium für Wirtschaft und Arbeit (SMWA) auf eine Finanzierung des Pilotvorhabens Kippe Witznitz von 60% Zuordnung zu §2 Grundsanierungsverpflichtung und von 40% Zuordnung zu §3 Maßnahmen zur Gefahrenabwehr der Folgen des Grundwasserwiederanstieges des Verwaltungsabkommens Braunkohlesanierung.

Im Rahmen einer Fortschreibung der Vorstudie [1a] wurden am Beispiel der Kippe Witznitz Daten und Informationen zur Geologie, Bergbautechnologie, Geochemie und Hydrochemie zusammengetragen und einer Erstanalyse unterzogen. Darüber hinaus wurde ein Konzept für eine Modellierung der Grundwasser- und Fließgewässerbeschaffenheit auch im Hinblick auf die zukünftige Entwicklung erarbeitet und es wurden grundsätzlich mögliche Sanierungsstrategien aufgezeigt.

Zudem erfolgte eine erste Vorab-Abschätzung der Beeinflussung der Pleiße durch die Kippenkörper im Einzugsgebiet unter besonderer Berücksichtigung der Kippe Witznitz. Am 05.02.2007 konnte die Abschlusserörterung der ergänzenden Studie erfolgreich durchgeführt werden.

Wesentliche erreichte Ergebnisse zu diesem Zeitpunkt waren

- die Ableitung eines Bearbeitungsprogramms zur Umsetzung des Pilotprojektes Kippe Witznitz und
- die Vorlage der Projektskizze zur parallelen Durchführung eines Pilotversuches zur Problemlösung mit dem Titel:

„Möglichkeiten zur Reduzierung des Sickerwässerzustroms zum Oberflächengewässer Pleiße am Beispiel der Kippe Witznitz durch Errichtung einer optimalen Wasserhaushaltsschicht“.

Zur Verbesserung der Kommunikation der erreichten Arbeitsergebnisse und als Podium für die fachliche Diskussion mit der Möglichkeit der Einbeziehung weiterer Institutionen wurde anlässlich der Erörterung der Vorstudie durch die LMBV die Bildung eines vorhabensbegleitenden Arbeitskreises vorgeschlagen. Die konstituierende Sitzung des Arbeitskreises fand am 05.03.2007 statt. Als ständige Mitglieder wurden Vertreter nachfolgender Behörden und Institutionen benannt:

- der Umweltfachbereich des Regierungspräsidiums Leipzig (zu dem Zeitpunkt), jetzt Landesdirektion Sachsen (LDS), Dienststelle Leipzig,
- das Sächsische Oberbergamt (SOBA),
- die Bund-Länder-Geschäftsstelle (GS StuBA),
- die LMBV, Abteilungen Planung und Geotechnik,
- zur Fachberatung Herr Dr. Mansel als Sachverständiger für Tagebauentwässerung und Geschäftsführer des Ingenieurbüros für Grundwasser.

Es wurde einvernehmlich festgelegt, dass

- weitere Vertreter von Behörden und Institutionen wie,
- die MIBRAG mbH und
- die Landestalsperrenverwaltung Betrieb E/M/UWE

als ständige bzw. nicht ständige Mitglieder des Arbeitskreises zu gewinnen sind. Alle Institutionen benannten für ihre Mitgliedschaft namentlich kompetente Vertreter.

Im Ergebnis der 3. Sitzung des Arbeitskreises wurden ergänzend

- die Projektgruppe Bergbausanierung und Flächenrecycling Ost des Staatlichen Baumanagements Hannover sowie
- die GfL Planungs- und Ingenieurgesellschaft Halle (zu dem Zeitpunkt), jetzt Grontmij GmbH Halle für das fachbegleitende Vorhabensmanagement

als ständige Mitglieder in den Arbeitskreis einbezogen.

Herr Prof. Dr.-Ing. habil. L. Luckner, der als Rahmengutachter der LMBV für Fragen der Flutung, Nachsorge und Wasserbehandlung in Mitteldeutschland gebunden ist, wurde in die Tätigkeit des Arbeitskreises fachlich eingebunden.

Die Leitung des Arbeitskreises hat die Projektträgerin LMBV, vertreten durch Herrn Tienz übernommen.

Als Aufgaben des Arbeitskreises wurden:

- die Prüfung, Ergänzung und fachliche Bestätigung des Bearbeitungsprogramms
- die fachliche Prüfung und Bestätigung von ergänzenden Untersuchungen,
- die Erörterung von fertig gestellten Teilleistungen des Bearbeitungsprogramms,
- die Erörterung und fachliche Empfehlung von Sanierungsvorschlägen,
- die Prüfung und Einbeziehung bzw. Ermittlung von Drittverpflichtungen sowie
- die Bewertung der Verallgemeinerungsfähigkeit von Bearbeitungsergebnissen definiert.

Die Vertreter des vorhabensbegleitenden Arbeitskreises bestätigten am 05.03.2007 das Bearbeitungsprogramm zur Umsetzung des Pilotprojektes Kippe Witznitz u. a. zur Quantifizierung und Prognose der in Folge des Grundwasserwiederanstieges auftretenden Gefährdung der Oberflächengewässer.

Das Bearbeitungsprogramm mit dem Titel

„Untersuchung der Auswirkungen des GW-Wiederanstiegs und der daraus folgenden Exfiltration der eisenbelasteten Grundwasser aus den Kippen des ehemaligen Tagebaues Witznitz in die Fließgewässer Pleiße und Wyhra“

beinhaltet die wesentlichen Arbeitsschritte zum Erreichen der in der Vorstudie genannten Zielstellungen (Anlage 1). Zur zeitlichen Forcierung der Aufgaben war das zeitweise parallele Bearbeiten einzelner Arbeitsschritte erforderlich.

In einem Fachgespräch des Regierungspräsidiums Leipzig am 13.06.2007 wurde das Bearbeitungsprogramm mit den Fachbehörden erörtert. Die Arbeitsschritte und Maßnahmen des Bearbeitungsprogramms wurden durch die (damalige) Arbeitsgruppe §3 –Maßnahmen des Freistaates Sachsen bestätigt und die Genehmigung der Finanzierung durch den StUBA am 19.06.2007 erteilt.

Auf dieser Grundlage konnte ab 2007 mit den wesentlichen Arbeitsschritten der 1.Phase begonnen werden.

In den folgenden Tabellen ist das Bearbeitungsprogramm untersetzt mit den durchgeführten und fortgeschriebenen Untersuchungen dargestellt. In der Anlage 1 ist der zeitliche Ablauf des Bearbeitungsprogramms dargestellt.

Phase 1

Schaffung der technischen Voraussetzungen für die Untersuchungen

Bewertung der Ist-Situation

Bearbeitungsprogramm

Errichtung und Betrieb Messplatz Kippe Witznitz bestehend aus:

- 3 Grundwassergütemessstellen (mehrfachverfiltert) auf einer Strombahn in Richtung Pleiße
- 1 Bodensickerwasser-Messstelle
- 2 Erosionsmessstellen (bewachsen/unbewachsen)
- GW-Gütemonitoring an Rammpegeln auf der Kippe Kahnsdorf sowie entlang der Pleiße im Bereich des Kippenmassivs Witznitz

Fließgewässermonitoring Pleiße:

- Gütemonitoring an 19 abgestimmten Messstellen entlang der Pleiße zwischen Regis-Breitungen und Mündung in die Weiße Elster – Schwerpunkt der Auswertung der Ergebnisse der chemischen Analysen liegt auf die bergbautypischen Parametern Eisen(ges.), Eisen(gel. ges.), Eisen(II), Sulfat, Mangan(gel.) und dem pH-Wert
- Betrachtung der Sedimentationsvorgänge in der Pleiße

Grundwasserströmungsmodell:

- Präzisierung des Grundwasserströmungsmodells auf der Basis des HGMS
- Ermittlung der geologischen Verhältnisse der Kippe und Quantifizierung der Stoffmengenverteilung (Eisen / Schwefel) in der Kippe
- Segmentierte Analyse und Bilanzierung der aktuellen Eisen-, Sulfat- und Aziditätseinträge in die Pleiße

Wasserbeschaffenheitsmodellierung der Pleiße unter dem Einfluss der Eisenexfiltration der Kippen (Phase 1):

- Analyse der Modellanforderungen und Testung von Modellansätzen
- Konkretisierung des Bearbeitungsumfanges und -aufwandes in Auswertung der Ergebnisse des Pleißemonitorings
- Fachl. Abstimmung zum Programmsystem

Tabelle 1: Bearbeitungsprogramm der Phase 1

Phase 2

weitere Datenerfassung bzw. Datenvertiefung

Bearbeitungsprogramm

Fortführung des Monitorings am Messplatz Kippe Witznitz (Gütemonitoring an GWMST und Rammpegeln)

- Neben dem Grundprogramm zusätzlich: Probenahme an 7 Hangsickerwassermessstellen

Fortführung des Fließgewässermonitorings mit Schwerpunkt der Datenerfassung in Zeiten niedriger Abflüsse in der Pleiße

Phase 2

Bearbeitungsprogramm

Prognose zur zeitlichen und quantitativen Entwicklung

Aufbau eines reaktiven Stofftransportmodells für den Kippenkörper Kahnsdorf und Prognose der zukünftigen Stoffeinträge aus dem Kippenkörper in die Pleiße durch:

- Literaturrecherche zum Stand der Forschung hinsichtlich der hydrogeochemischen Prozesse in Braunkohlekippen
- Entwicklung eines konzeptionellen Prozessmodells mit Hilfe des geochemischen Simulators PHREEQC als 0-dimensionaler Batchreaktor (Interaktion zwischen flüssiger Phase (Grund- / Bodenwasser) und Festphase)
- Erweiterung des Modells zu einem 1-dimensionalen Säulenmodell; modelltechnischen Abbildung der im Rahmen des Exfiltrations-Projektes durchgeführten Säulenversuche mit Kippsubstrat der Kippe Kahnsdorf
- Aufbau des reaktiven Stofftransportmodells durch eine Modellkopplung zwischen dem Grundwasserströmungs- und Stofftransportmodell PCGEOFIM® und dem geochemischen Simulator PHREEQC

Abschließende Bewertung der Auswirkungen auf das Fließgewässerökosystem

Ermittlung der grundwasserbürtigen Eiseneinträge in die Pleiße zwischen Regis-Breitungen und Leipzig

- Ermittlung der Grundwasserzutritte (Volumenströme) in die Pleiße zwischen Regis-Breitungen (Fluss-Km 31,7) und der Mündung in das Elsterflutbett in Leipzig (für 9 Teileinzugsgebiete) in mehreren Zeitscheiben bis zum stat. Zustand
- Recherche der räumlichen Verteilung der Eisenkonzentrationen im Grundwasser des Pleißeinzugsgebiets aus Grundwasserbeschaffenheitsdaten
- Ableitung von mittleren Eisenkonzentrationen in den einzelnen Teileinzugsgebieten im Anstrom zur Pleiße
- Bewertung des Beschaffenheitsmessnetzes
- Berechnung der Eisenfrachten die der Pleiße zufließen durch den Verschnitt der kippenbürtigen Grundwasserzutritte (Volumenströme) in die Pleiße mit den Eisenkonzentrationen im Kippengrundwasser

Wasserbeschaffenheitsmodellierung - Entwicklung eines reduzierten Fließgewässerbeschaffenheitsmodells für den Parameter Eisen

- Auswertung des Pleißemonitorings, Aufbereitung der Stofftransportprozesse
- Konzipierung des Eisenbausteins und Modellimplementierung
- Entwicklung und Testung des Eisenbausteins und reduzierten Beschaffenheitsmodells für den Parameter Eisen
- Beschreibung des Sedimentationsgeschehens in der Pleißeabflussstrecke in Abhängigkeit vom Abfluss
- Szenariobetrachtung (Grund- bzw. Nullvariante / Variante mit Bewirtschaftung Kippe Witznitz zur Reduzierung der Grundwasserneubildung)
- Auswertung der Ergebnisse der Szenariobetrachtungen im Hinblick auf die Folgen auf das Fließgewässerökosystem (Prognose der zukünftigen Entwicklung)

Untersuchungen des Makrozoobenthos zur Einschätzung der Folgen des Eiseneintrages (Biomonitoring)

Tabelle 2: Bearbeitungsprogramm der Phase 2

Zeitgleich wurde die Projektskizze der ARGE Witznitz zum Thema:

„Reduzierung des Sickerwasserzustroms zum Oberflächengewässer Pleiße am Beispiel der Kippe Witznitz durch Einrichtung einer optimalen Wasserhaushaltsschicht“

im vorhabenbegleitenden Arbeitskreis diskutiert und den Vertretern des wissenschaftlichen Beirats der LMBV vorgelegt.

Mit Bildung der ARGE Witznitz, bestehend aus dem Grundwasserforschungsinstitut Dresden GmbH (GFI), dem Boden- und Grundwasserlabor Dresden GmbH (BGD), der Martin-Luther-Universität Halle bzw. dem Forschungs- und Beratungszentrum für agrartechnische Systeme e.V. (FBZ AS)), dem Ingenieurbüro für Grundwasser Leipzig GmbH (IBGW) und der Staatlichen Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft (Lysimeterstation Brandis) wurde den Beteiligten im Ergebnis der geforderten Überarbeitungen ein fachlich untersetztes methodisches Konzept für einen Pilotversuch vorgelegt, welches durch Einbeziehung eines regionalansässigen Agrarbetriebes, der gleichzeitig Eigentümer und Bewirtschafter der Kippenflächen Witznitz ist, neben der wissenschaftlich fundierten Vorbereitung, Durchführung und Auswertung des Pilotversuches als Teil des Pilotprojektes Kippe Witznitz gleichzeitig den Praxisbezug beinhaltet.

Der im Pilotversuch verfolgte Ansatz für eine Sanierungslösung geht von einer Quellstärkenreduzierung zu Beginn der Sickerwasserbildung aus, die ausschließlich durch Erhöhung der aktuellen Evapotranspiration erreicht werden soll. Diese wirkt sich am Standort direkt auf die Exfiltrationswassermenge und damit auf die Stofffracht in die Oberflächengewässer aus. Gegenstand des Pilotversuches war u. a. die Optimierung der Wasserhaushaltsschicht und die Untersuchung der Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit, so dass die Pflanzen optimale Wachstumsbedingungen bei maximalem Wasserentzug aus der Wurzelzone vorfinden und somit von den Niederschlägen nur noch ein geringer Teil in die Grundwasserzone abfließt.

Auf Empfehlung des wissenschaftlichen Beirates der LMBV wurden weitere Fachleute (FIB Finsterwalde) in die Bearbeitung des Pilotversuches in die ARGE Witznitz integriert. Wesentliche Zielstellung des Pilotversuches war es auch - wie auch der Gesamtzielstellung des Bearbeitungsprogramms der Untersuchung der Auswirkungen des Grundwasserwiederanstiegs und der daraus folgenden Exfiltration der eisenbelasteten Grundwässer in die Pleiße - allgemeingültige methodische Erkenntnisse auch für andere Kippenstandorte ableiten zu können. Der Pilotversuch wurde im Zeitraum vom 01.09.2008 bis zum 31.12.2011 durchgeführt.

Am 19.06.2009 wurde auf Initiative der Landesdirektion Leipzig (jetzt Landesdirektion Sachsen, Dienststelle Leipzig) ein Workshop zur Modellierung der bergbaubeeinflussten Fließgewässer durchgeführt. Der Workshop diente vordringlich der Vorstellung der bis dahin im Bearbeitungsprogramm zur „Untersuchung der Auswirkungen des Grundwasserwiederanstiegs und der daraus folgenden Exfiltration der eisenbelasteten Grundwasser aus den Kippen des ehemaligen Tagebaues Witznitz in die Fließgewässer Pleiße und Wyhra“ (Anlage 1) erreichten Ergebnisse vor den sächsischen Fachbehörden sowie dem Erfahrungsaustausch mit den Vertretern der ostsächsischen Fachbehörden zu ähnlichen Problemstellungen in der Lausitz.

In den Folgejahren wurden im Betrachtungsraum Kippe Witznitz die Leistungen zur Bewertung der Ist-Situation fortgesetzt und mit weiteren Datenvertiefungen die Bearbeitungsphase 2 begonnen.

Weitere Untersuchungen zu möglichen Sanierungsmaßnahmen zur sofortigen bzw. mittelfristigen Gefahrenabwehr, wie

- Variantenbetrachtungen für Auffang-/Drainagegräben entlang der Pleiße zwischen Wyhramündung und Neukieritzsch

1 Veranlassung, Ableitung der Projektstruktur

- Machbarkeitsbetrachtung Sickerschlitze (südlich der Pleiße zwischen Wyhramündung und Neukieritzsch) sowie
- Nutzung des Stausees Rötha als Sedimentationsbecken für Eisenschlämme aus dem südlichen Einzugsgebiet der Pleiße

erfolgten im Rahmen des Bearbeitungsprogramms.

Die Finanzierung des Bearbeitungsprogramms erfolgte über Mittel des Verwaltungsabkommens IV zur Braunkohlesanierung §2 bzw. §3 im Zeitraum 2006-2012 mit rd. 1,9 Mio. Euro.

Mit dem vorliegenden komplexen Abschlussbericht werden die Ergebnisse der Untersuchungen des o. g. Bearbeitungsprogramms im Rahmen des Pilotprojektes Kippe Witznitz zusammenfassend dargestellt. Grundlage dafür bildeten die umfassenden Einzeldokumentationen der Projektbeteiligten. Dafür wurde der bereits vorliegende vorläufige Abschlussbericht [1d] um folgende Dokumentationen abschließend ergänzt:

- [3c] G.E.O.S. Ingenieurgesellschaft mbH; Bericht Monitoring Messplatz Kippengebiet Witznitz Beprobung 05/10 - 11/13; 20.12.2013
- [4i] SGL Spezial- und Bergbau-Servicegesellschaft; Endbericht Wasseruntersuchungen Monitoring Fließgewässer Pleiße Kippengebiet Witznitz, Auswertung der Standarduntersuchungen 1 bis 26, sowie zusätzlicher Untersuchungen der Faulen Pfütze, Gösel und des Floßgrabens, des Einsatzes von Drucksensoren im Untersuchungsgebiet Kippe Witznitz und der Vergleichsmessungen zum Durchfluss am Pegel Böhlen 2008/2009; 24.3.2010
- [4j] SGL Spezial- und Bergbau-Servicegesellschaft; Monitoring Fließgewässer Pleiße Kippengebiet Witznitz, Endbericht Wasseruntersuchungen Auswertung der Standard-Wasseruntersuchungen 1 – 6 in den Jahren 2010, 2011, 2012; 29.11.2012, 04.11.2013 (Änderung)
- [4k] SGL Spezial- und Bergbau-Servicegesellschaft; Monitoring Fließgewässer Pleiße, Kippengebiet Witznitz, Endbericht Sedimentation Auswertung der Sedimentationsmessungen mit Tellerfallen und Zylinderfallen in der Pleiße im Mai und Juni 2011; 29.11.2012, 04.11.2013 (Änderung)

Ferner wurde auf der Basis der vorliegenden Untersuchungsergebnisse der Phasen 1 und 2 sowie der Auswertung von Landinanspruchnahmen des Altbergbaues, Sanierungsbergbaues sowie des aktiven Bergbaues in nachfolgend genannter Bearbeitung die territoriale Zuständigkeit der Eiseneinträge in die Pleiße abgeleitet.

- [11] Grontmij GmbH, Pilotprojekt Untersuchung der Auswirkungen des Grundwasserwiederanstiegs und der daraus folgenden Exfiltration der eisenbelasteten Grundwässer aus den Kippen des ehemaligen Tagebaus Witznitz in die Fließgewässer Pleiße und Wyhra - Territoriale Bewertung der Eisenzutritte in die Pleiße (Gesamtbetrachtung); Halle, 04/2013 / 20.02.2014

Mit dieser Bearbeitung werden Standortvorschläge für sanierungswirksame Maßnahmen entlang der Pleiße abgeleitet. Berücksichtigt werden hierbei die Änderung der Bewirtschaftung von landwirtschaftlichen Flächen zur Verminderung der Grundwasserneubildung (analog des Pilotversuches auf der Kippe Witznitz) sowie die derzeit in Untersuchung befindliche Maßnahme zur Errichtung eines Sickerschlitzes entlang der Pleiße.

Der Bericht fasst somit die Ergebnisse der Untersuchungen der Phasen 1 und 2 des Pilotprojektes Kippe Witznitz zusammen, wobei die Erkenntnisse aus dem Pilotversuch zur Reduzierung der Grundwasserneubildung als eine mögliche Sanierungslösung integriert werden.

Die Berichte zu beauftragten Teilleistungen sind auf CD-ROM (meist als PDF-Dokumente) abgelegt, die als Anlage dem Bericht beigefügt ist.

Neue Erkenntnisse, Untersuchungen und weiterführende Konzepte, die über die o. g. Quellen bzw. die 18. Sitzung des VAKs hinausgehen, sind nicht Gegenstand des vorliegenden Berichtes.

Die Überleitung der Problemlösungen mit Sanierungswirksamkeit ist Gegenstand der Phase 3 des Bearbeitungsprogramms zum Pilotprojekt Kippe Witznitz.

2 Bearbeitungsprogramm Phase 1

2.1 Errichtung und Betrieb Messplatz Kippe Witznitz

Quellen: [2a bis 2f, 3a, 3b, 3c]

Der Messplatz wurde in 2007 errichtet. Die Elemente wurden dazu auch mit dem damaligen Regierungspräsidium Leipzig abgestimmt. Seit Oktober 2007 läuft das Monitoring im Bereich des Messplatzes Kippe Witznitz zur Erfassung der quantitativen und qualitativen Grundwasserverhältnisse.

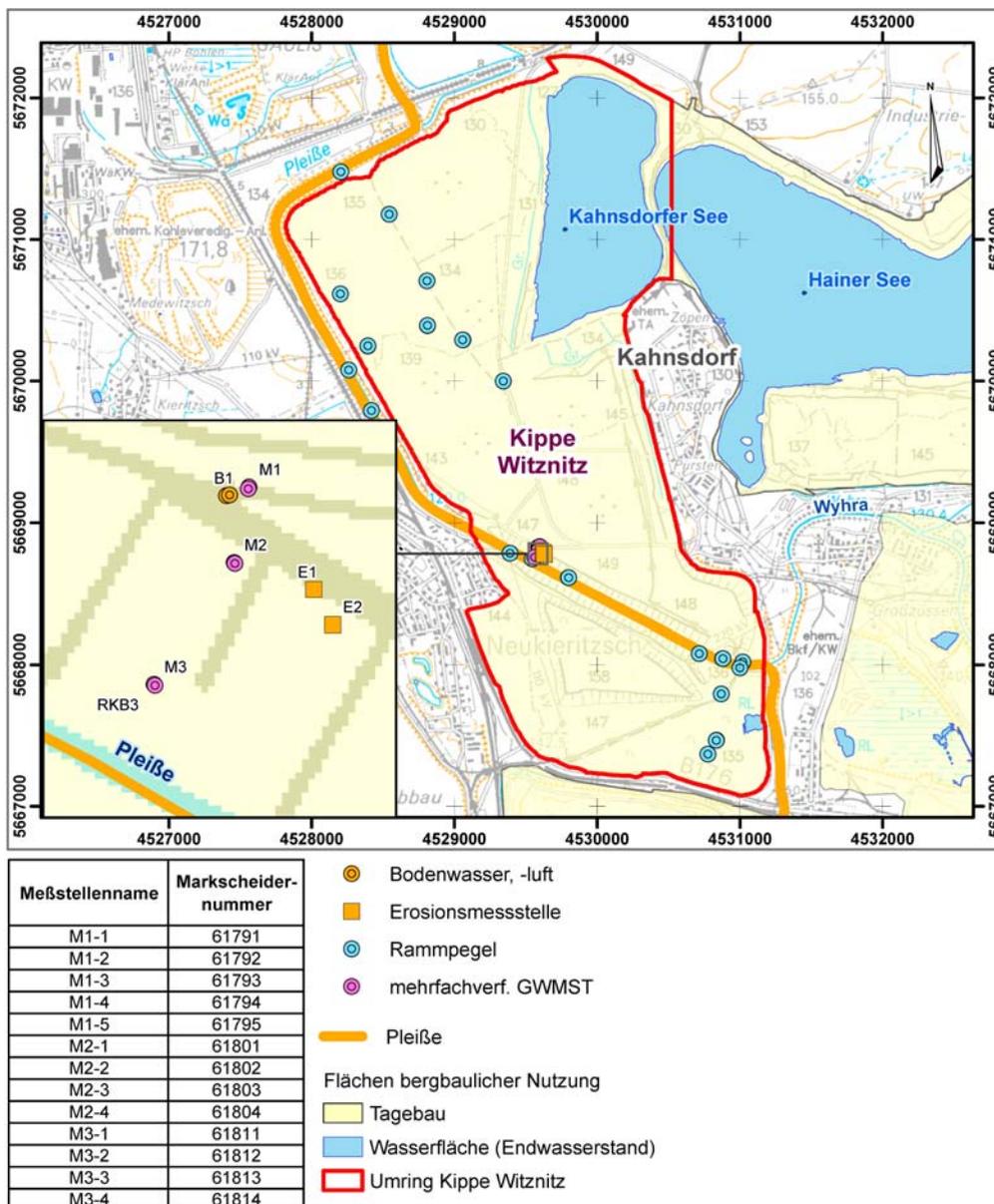


Abbildung 3: Lage der Messstellen

Das Monitoring erstreckt sich dabei auf den Sondermessplatz bestehend aus 3 mehrfachverfilterten Grundwassergütemessstellen (welche ein Profil senkrecht zur Pleiße erfassen), 2 Erosionsmessstellen (eine mit und eine ohne Bewuchs) sowie einem Messschacht zur horizontweisen Fassung von Bodenwasser (Bodensickerwassermessstelle) und Bodenluft.

Weiterhin erfolgt die Überwachung der Grundwasserstände und -güte entlang der Pleiße sowie auf der Kippe Witznitz an 20 Rammpegeln. (siehe Abbildung 3, S. 28)

Im Rahmen der letzten Messkampagne 2012/2013 wurde das Messnetz um 7 Hangsickerwassermessstellen erweitert.

Die Ergebnisse und die Auswertung der Messkampagnen sind in 3 Berichten dokumentiert. (An dieser Stelle sei auf die Zusammenfassung der Ergebnisse mit dem Bericht vom 20.12.2013 [3c] verwiesen).

Die folgende Tabelle 3 zeigt einen Überblick über das Untersuchungsprogramm während der Messkampagnen vom Dezember 2007 bis November 2013.

Messstelle	Anzahl der Messstellen	Art der Proben	Beprobungsrhythmus	mögliche Probenanzahl	Bemerkung
Bodensickerwassermessplatz	1	Bodensickerwasser	Dez 2007 – Jan 2010 monatlich	6	1-Literflasche mit Unterdruck angeschlossen (hängende Wassersäule)
		Bodenluft	Dez 2007 – Jan 2010 monatlich	6	
Erosionsmessplatz	2	Sediment	Dez 2007 – Jan 2010 monatlich	2	Regenmesser leeren, Herstellung Eluat
		Wasser	Dez 2007 – Jan 2010 monatlich, sowie zwei Messungen (August 2010, März 2011)	2	
Mehrfachmessstellen	3	Grundwasser	Dez 2007 – Jan 2010 vierteljährlich sowie 2 zusätzliche Messungen (Mai 2010, Februar 2012)	13	gepackte Filterbereiche, Entnahme mit Druckluftgeber
Rammpegel	20	Grundwasser	Dez 2007 – Jan 2010 vierteljährlich sowie 2 zusätzliche Messungen (Mai 2010, Februar 2012)	20	bei schlechtem Nachlauf Schöpfprobe nach 3-maligem Leerpumpen
Hangwasser	3	Sickerwasser	einmalig im Juli 2012	3	
Hangwasser	4	Sickerwasser	einmalig im Oktober/November 2013	4	

Tabelle 3: Untersuchungsprogramm Monitoring Messplatz Witznitz [3c]

2.1.1 Monitoring an den Grundwassermessstellen [3c]

Bei den Grundwassermessstellen M1, M2 und M3 handelt es sich um Sondermessstellen mit Mehrfachverfilterung, wobei die Probenahmepumpen in den Filterbereichen fest installiert und gegeneinander abgedichtet sind. Die Grundwassermessstellen liegen auf einem Profil am Westhang der Kippe Witznitz. Die untereinander abgegrenzten Filterbereiche sind jeweils in vergleichbaren Teufenbereichen ausgebaut. Die Oberkante der jeweils höchsten Filterstrecke befindet sich auf einem Niveau von +126 m NHN und damit im Vergleich zur Pleiße unterhalb des Flussbettes, welches ca. 1,5 m darüber liegt. Die tiefste Filterstrecke liegt im Bereich oberhalb der Kippenbasis an der Messstelle M1-5 (+87 ... +88 m NHN).

Standarduntersuchungen			bei pH-Wert <5
pH-Wert		Leitfähigkeit	
Fe(II), gelöst		TIC	As
Fe, gelöst		TR/FR	Pb
SO4		K	Cd
o-Posphat-P		Na	Ni
Pges		Ca	Cu
Nitrat-N		Mg	Zn
Amm-N		Mn, gelöst	Al
GH		Chlorid	Si
KH		H2S/Sulfid	Crges
DOC			

Tabelle 4: Untersuchungsprogramm Grundwasser, Mehrfachmessstellen [3a]

Im Rahmen des Grundwassermonitorings erfolgte die Beprobung/Untersuchung der unterschiedlichen Teufenbereiche insgesamt 10-mal.

Im relevanten Bericht [3c] werden die Ergebnisse wie folgt zusammenfassend dargestellt:

„Die Untersuchungen der Kippenwässer in den Mehrfachmessstellen am Kippenmessplatz Witznitz zeigten eine unterschiedliche Zusammensetzung. Alle untersuchten Proben wiesen ein geochemisches Milieu im schwach sauren Bereich auf. In fast allen Proben lagen die ermittelten **pH-Werte** zwischen 5,5 und 6,0. Mit Ausnahme der Erstmessung 09/07 durch die BGD GmbH (Datenübergabe durch den Auftraggeber) wurden in allen Proben der Messstelle M2-2 (Teufenbereich +119,6 ... +120,6 mNHN) pH-Werte <5 ermittelt. Des Weiteren fielen bei der Messstelle M1-1 (Teufenbereich +125,5 ... +126,5 mNHN) in der Kampagne 05/10 und an der Messstelle M3-1 (Teufenbereich +125,2 ... +126,2 mNHN) bei den Beprobungen 07/09, 05/10 und 02/12 ein pH-Wert <5 auf. Die Schwankungen innerhalb der Messreihen für den jeweiligen Beprobungsbereich sind zum Teil sehr hoch, so dass vertikale Tendenzen zum Teil überlagert werden“

„Die ermittelten **Leitfähigkeiten** in den Mehrfachmessstellen lagen zwischen 5.000 µS/cm und 8.500 µS/cm, was meist auf die hohen Sulfatgehalte (im Allgemeinen zwischen 3.300 und 8.620 mg/l) zurückzuführen ist. Deutlich höhere elektrische Leitfähigkeiten (bis 10.360 µS/cm) wurden in der Messstelle M2-2 festgestellt.“

„Die hier ermittelten **Sulfatgehalte** zwischen 9.380 und 13.300 mg/l sind deutlich erhöht. Die Sulfatgehalte zeigen in der Mehrfachmessstelle M2-2 eine deutliche Tendenz der Abnahme

vom Hangenden zum Liegenden. In den beiden anderen Messstellen ist keine Korrelation mit der Teufe feststellbar. Tendenzen der Zunahme der Sulfatgehalte über den Beobachtungszeitraum 07/07 – 02/12 sind insbesondere für die Mehrfachmessstelle M3 in allen 4 ausgebauten Teufenbereichen (Differenzen von >2000 mg/l im Messbereich M3-1) sowie im Messbereich M2-2 zu beobachten, während im Messbereich M1-5 eine Abnahme der Sulfatgehalte zu beobachten war.“

Die Abbildung 4 zeigt die Ergebnisse der teufenabhängigen pH-Wertmessungen und Sulfatgehalte im Vergleich.

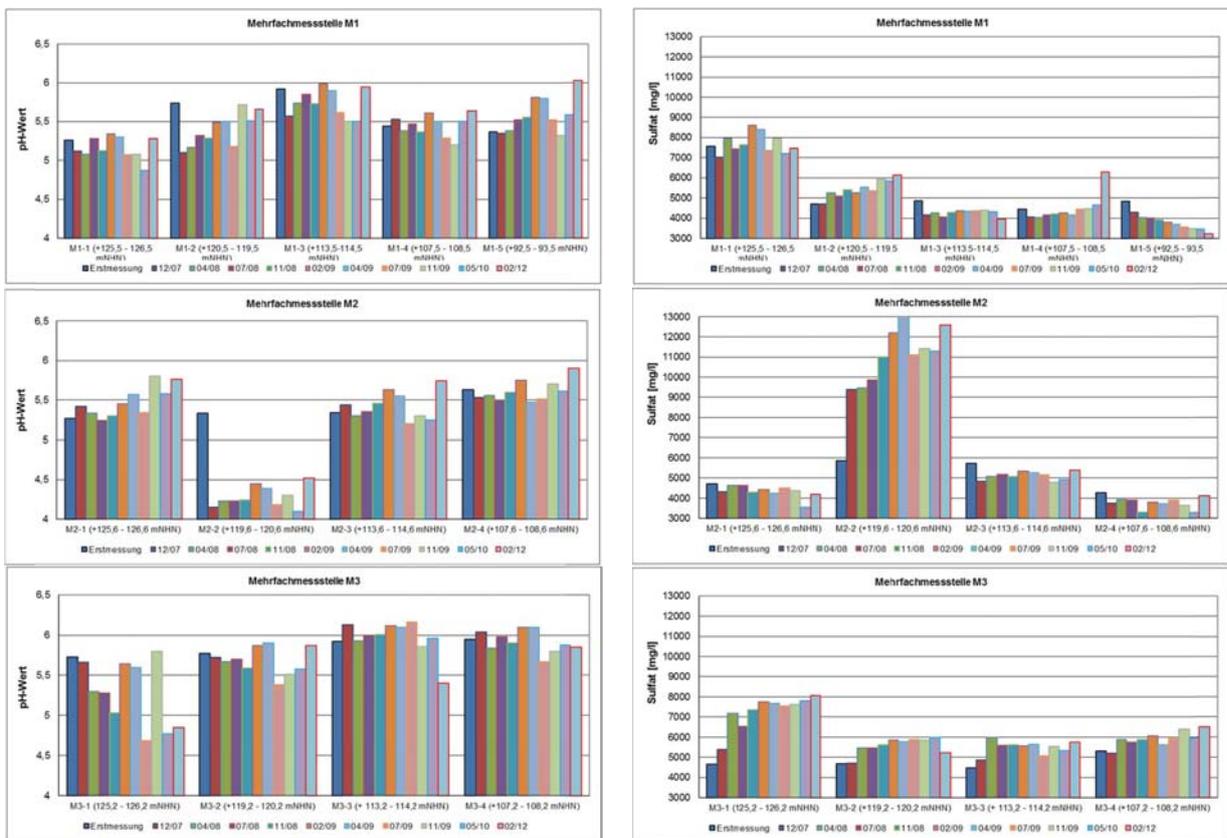


Abbildung 4: Vergleich: pH-Wert-Messungen (Vorort)/Sulfatgehalte im Beobachtungszeitraum 07/2007 bis 02/2012, teufenabhängige Darstellung nach [3c]

„Beim Parameter **Eisen** fiel ebenfalls die Messstelle M2-2 mit hohen Gehalten zwischen 4000 und 5000 mg/l auf. Eisengehalte um 3000 mg/l wurden in den Messstellen M3-1 und M1-1 nachgewiesen. In beiden Messstellen lagen die pH-Werte zeitweilig < 5 bzw. nur unwesentlich > 5 (M1-1). In den anderen Messpunkten wurden Eisengehalte zwischen 1.000 und 1.500 mg/l ermittelt, siehe auch Anlage 10. Während die Messreihen meist nur geringe Schwankungen in den Eisengehalten aufweisen, zeigten die Eisengehalte in den Messstellen M2-2 und M3-1 einen deutlichen Anstieg im Beobachtungszeitraum (von 2.220 auf 5.180 mg/l bzw. von 1.070 auf 3.400 mg/l).

Eine allgemeine Tendenz der Abnahme der Eisengehalte vom Hangenden zum Liegenden deutet sich an. Eine Ausnahme bildet der Messbereich M2-1 mit deutlich niedrigeren Eisengehalten als in der tiefer liegenden Messstelle M2-2.

Betrachtet man die Entwicklung der Eisen(II) - Gehalte im Kippenprofil M1 bis M3, so fallen die starken Schwankungen in einigen Proben über den Beobachtungszeitraum auf (M1-1, M2-2, M3-1). Besonders auffällig ist, dass im Vergleich zum Kippenplateau (Messstelle M1) die Messstelle am Fuß der Kippe (M3) in allen Teufenbereichen stärkere Schwankungen über den Beobachtungszeitraum zeigt.“

Die Abbildung 5 zeigt die Ergebnisse der teufenabhängigen pH-Wertmessungen und Eisen_{gelöst}-Gehalte im Vergleich.

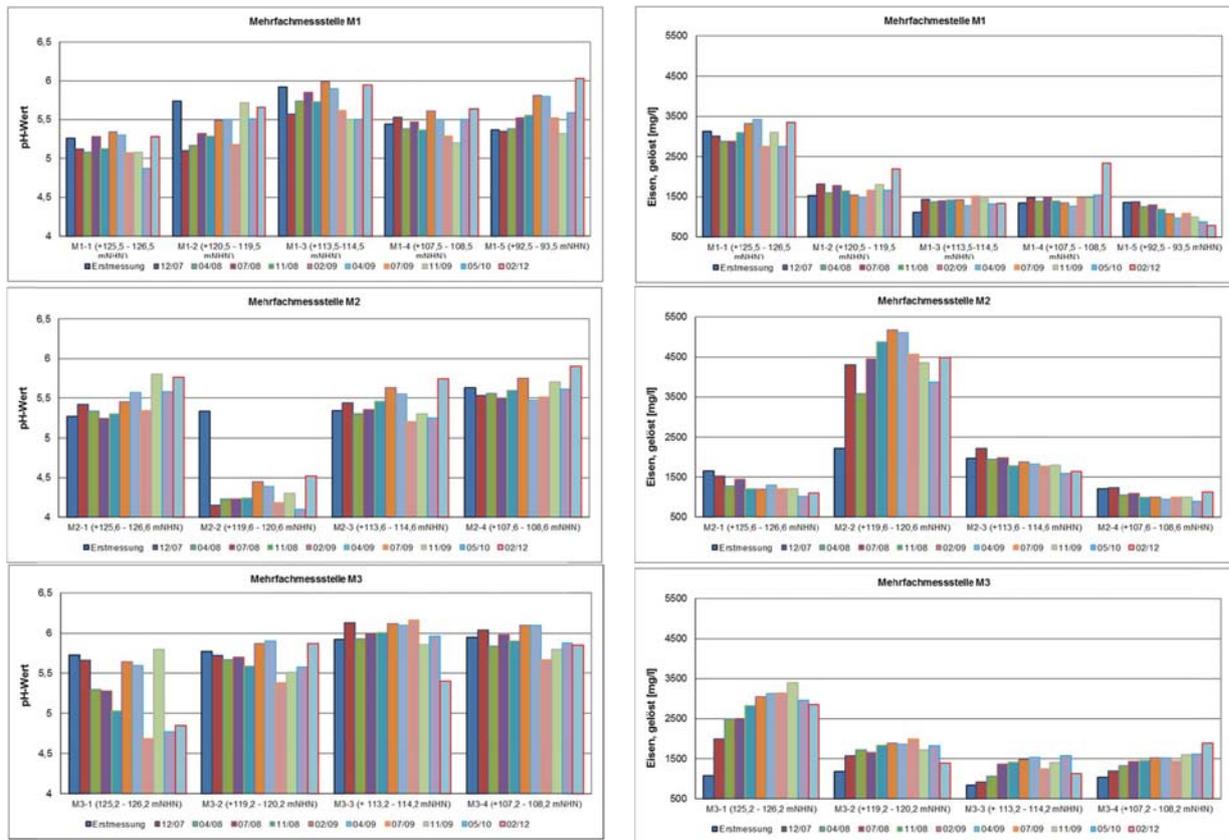


Abbildung 5: Vergleich: pH-Wert-Messungen (Vorort)/Eisen_{gelöst}-Gehalte im Beobachtungszeitraum 07/2007 bis 02/2012, teufenabhängige Darstellung nach [3c]

Mögliche Einflussfaktoren sind unterschiedliche Lösungsprozesse im Kippenkörper. Eine allgemeine Zunahme der Eisen- und Sulfatgehalte zum Kippenfuß wurde insbesondere für die unteren Teufenbereiche belegt. Meist sind die Gehalte in der Messstelle M2-2 stark abweichend (niedrigere pH-Wert, höhere Eisen- und Sulfatgehalte).

Festgestellte Tendenzen des Bearbeiters:

„Ein Zusammenhang des Lösungspotentials mit den ermittelten pH-Werten deutet sich an.“

Insbesondere die Eisengehalte steigen bei niedrigem pH-Werten an und weisen eine größere Schwankungsbreite auf.

Bei den im Rahmen des Versauerungsprogramms untersuchten Parametern fielen in der Probe M2-2 (pH-Wert <5) auch erhöhte Schwermetallgehalte auf.

Teufenabhängigkeiten für einzelne Parameter, wie beispielsweise pH-Wert und Leitfähigkeit (Zunahme zum Liegenden) sowie Eisen(II) - Gehalt (Abnahme zum Liegenden) deuten sich an. Allerdings sind lokale Abweichungen festzustellen. Die Ursachen der Abweichungen stehen mit der inhomogenen Zusammensetzung der Kippe in Verbindung.

Die Untersuchungen zeigen jedoch, dass Bereiche mit erhöhtem Lösungspotential im untersuchten Kippenprofil nur lokal anzutreffen sind (M2-2, M3-1, M1-1).

Die durchgeführten Untersuchungen zeigten damit bereits erste Ergebnisse zum Stoffbestand und dessen Veränderlichkeiten im Kippenkörper.“

Da es sich bei den Lösungsvorgängen in der Kippe um lang andauernde Prozesse handelt, empfiehlt der Bearbeiter eine weitere Beobachtung der Mehrfachmessstellen im Rahmen eines vorerst jährlichen Monitorings.

2.1.2 Monitoring an den Rammpegeln RKB 1 – 20 [3c]

Die Rammpegel sind auf dem Kippenkörper sowie entlang der Pleiße in 2007 errichtet worden. Die Messstellen in Pleißenähe wurden als Unterflurpegel, die Messstellen auf dem Kippenkörper als Überflurpegel ausgebaut. Die Teufe der Messstellen liegt zwischen 2 und 6 m.

Ziel der Untersuchungen ist die Erfassung der Beschaffenheitsparameter des Grundwassers im oberflächennahen Kippenkörper zur Untersuchung der potentiellen Auswaschung. Die Messstellen links der Pleiße befinden sich auf der Kippe Witznitz, die Messstellen rechts der Pleiße auf der Hochhalde Neukieritzsch. Die Messstellen im Uferbereich der Pleiße sollen Aufschluss über den Stofftransport aus dem Kippenbereich in Richtung Vorflut geben.

Stichtagsmessungen wurden im Rahmen der vierteljährlichen Beprobung im Vorfeld der Beprobungen an den Rammpegeln zu folgenden Terminen durchgeführt:

21.11.07 (Hochwasser der Pleiße), 10.04.08, 17.07.08, 03.11.08, 09.02.09, 14.04.2009, 20.07.2009, 29.10.2009, 14.05.2010, 13.02.2012. Bei Begehungen zur Feststellung der Geländesituation vor Ort erfolgten im November 2010 und Dezember 2011 (18.11.2010 und 12.12.2011) zwei zusätzliche Messungen der Wasserstände.

Im gesamten Betrachtungszeitraum zeigten die die Wasserstände in den Rammpegeln in Pleißenähe im Gegensatz zu den RKB im Kippenbereich kaum Differenzen. Der Wasserstand in den Messstellen war immer oberhalb des Filterbereichs.

Auch der Wasserstand bei den meisten Kippenmessstellen lag während des gesamten Beobachtungszeitraumes oberhalb der Filterstrecke. Ausnahme war die Messstelle RKB 11 bei den Messungen am 09.02.2009 und 29.10.2009.

In der Abbildung 6 ist beispielhaft ein Profil vom Kippenplateau zum Kippenfuß am Uferbereich der Pleiße im Beobachtungsjahr 2009 und 2011 dargestellt. Die Lage der Pegel bzw. des Profils ist aus der Abbildung 7 (S. 35) ersichtlich.

Betrachtet man das Grundwassergefälle auf diesem Profil, so liegen die Differenzen zwischen den Wasserständen der RKB 16 (Kippenplateau) und der RKB 7 (Kippenfuß) zwischen 7,78 m bis 8,76 m, wobei der größte Unterschied (8,76 m) bei der Messung 10/11 zu beobachten war.

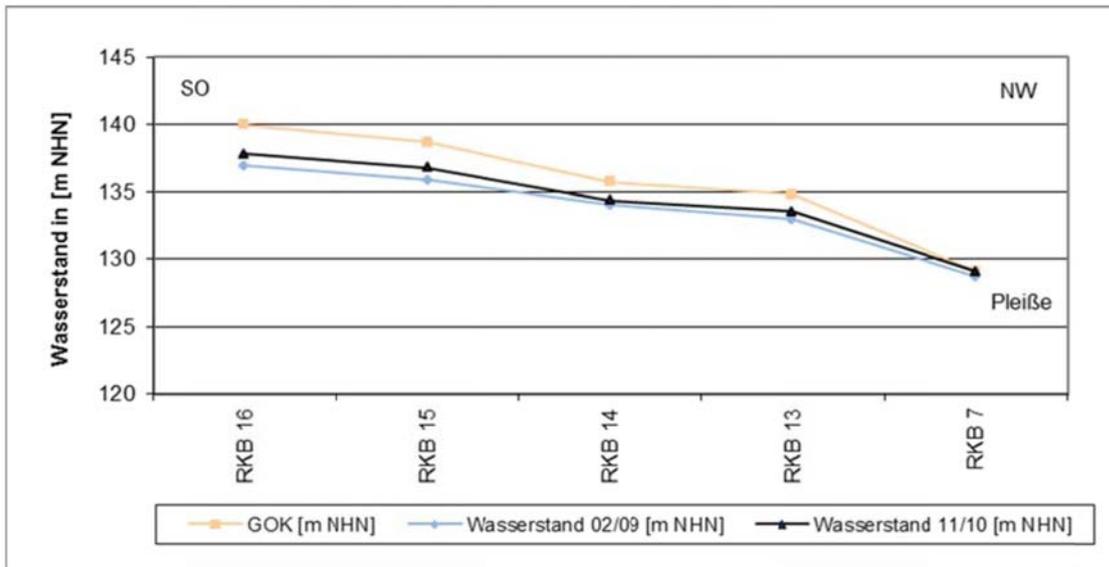


Abbildung 6: Wasserstand in der Messstellenreihe Profil I (RKB 16 bis RKB 7), Messungen von 02/09 und 10/2011 [3c]

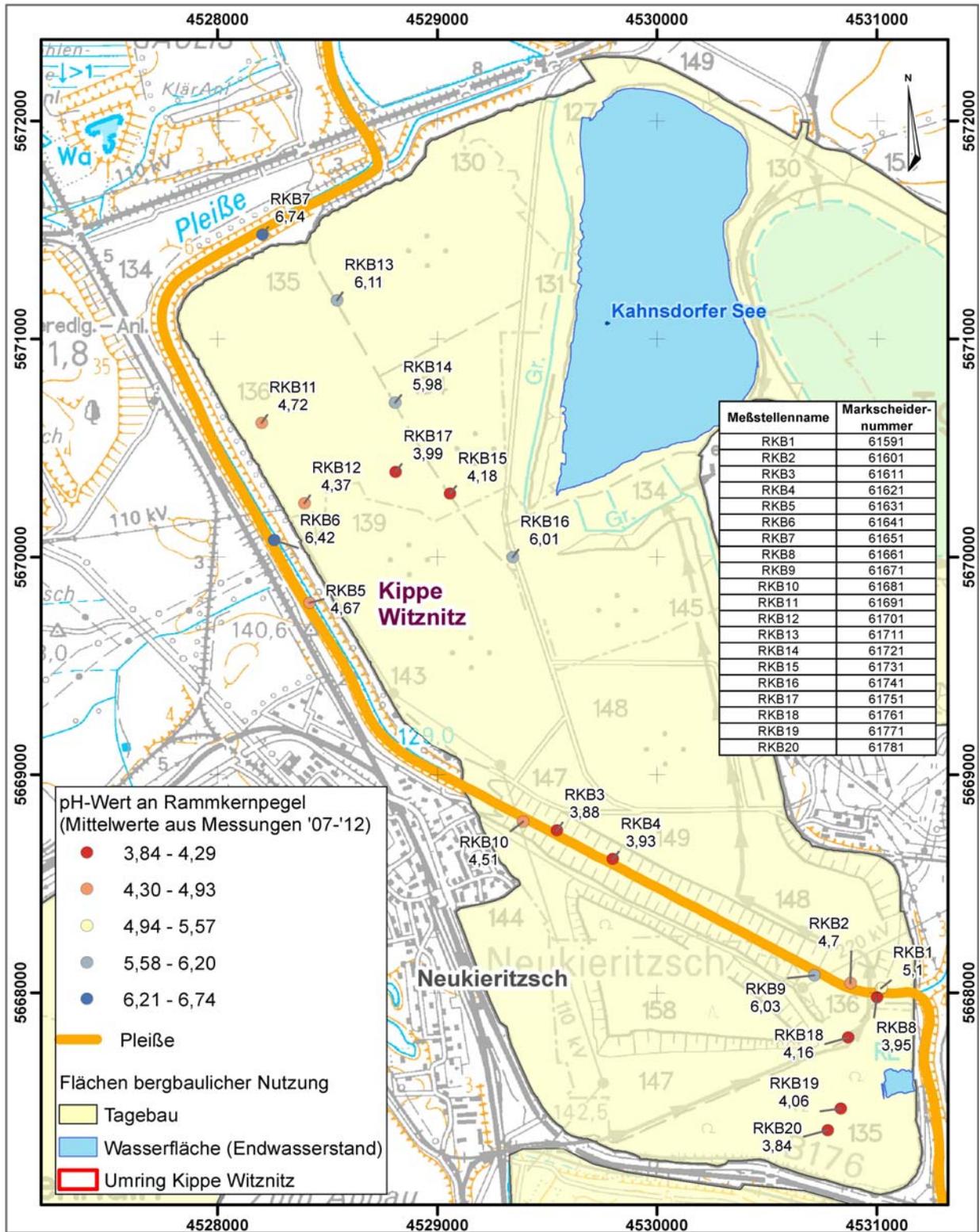


Abbildung 7: Lage der Rammkernpegel, Mittelwerte der pH-Werte aus Messungen 2007-2009

In der Tabelle 5 ist das Standarduntersuchungsprogramm aufgezeigt. Bei pH-Werten < 5 wurde das Versauerungsprogramm durchgeführt (Schwermetalle).

Standarduntersuchungen		bei pH-Wert <5	
pH-Wert		Leitfähigkeit	
Fe(II), gelöst		TIC	As
Fe, gelöst		TR/FR	Pb
SO4		K	Cd
o-Posphat-P		Na	Ni
Pges		Ca	Cu
Nitrat-N		Mg	Zn
Amm-N		Mn.gelöst	Al
GH		Chlorid	Si
KH		H2S/Sulfid	Crges
DOC			

Tabelle 5: Untersuchungsprogramm Grundwasser, Rammpegel [3a]

Insgesamt wurden im Betrachtungszeitraum 196 Analysen (+ eine Wiederholungsanalyse) und 122-mal das Versauerungsprogramm realisiert

Die Untersuchungen zeigen, dass in den Kippenwässern ein erhöhtes Lösungspotential vorhanden ist (niedrige pH-Werte, hohe bis sehr hohe Eisengehalte, hohe Sulfatgehalte), wobei innerhalb des Kippenkörpers deutliche Unterschiede auftreten, die im Zusammenhang mit lokalen Unterschieden im Kippsubstrat zu sehen sind.

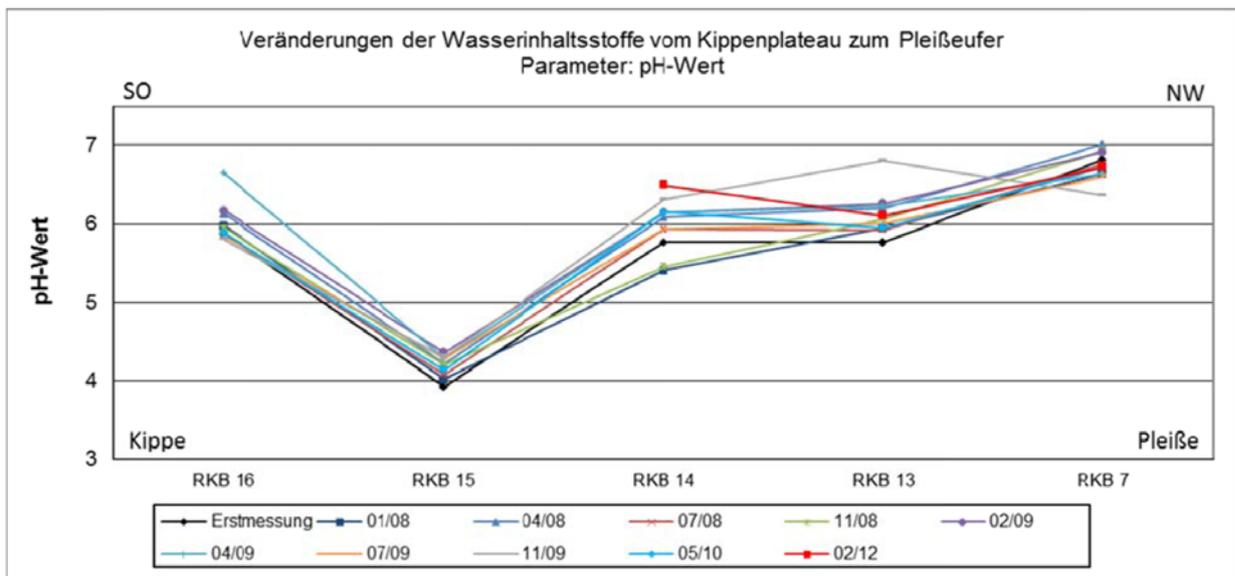


Abbildung 8: Veränderungen der Wasserinhaltsstoffe vom Kippenplateau zum Pleißeufer, Parameter pH-Wert, Profil I [3c]

Dies wird besonders deutlich am Profil I im Bereich der Kippe Witznitz mit der Messstelle RKB 15 im stark sauren Bereich (pH 4 bis 4,5), während die benachbarten Messstellen RKB 13, 14 und 16 mit pH-Werten >5,5 deutlich höher lagen. Diese Unterschiede weisen auf die oben bereits beschriebene unterschiedliche Zusammensetzung des Materials hin (siehe Abbildung 8, S.36).

Bei der Betrachtung der Profile vom Kippenplateau zur Pleiße ist festzustellen, dass im südlichen Bereich die Versauerung ein deutlich höheres Stadium erreicht hat (pH-Wert 3,5 - 4,3) als in der Kippe Witznitz (pH-Werte 4 - 6). Am südlichen Uferbereich der Pleiße wurden pH-Werte um 3 festgestellt, während in den RKB 6 und 7, die sich im Abstrom der Kippe Witznitz befinden, die pH-Werte derzeit bei >6 liegen. Begründet sind diese Unterschiede, neben den unterschiedlichen Stoffeigenschaften der verkippten Materialien, in der längeren Liegezeit der Hochhalde Neukieritzsch und damit einer längeren Wirkung der chemischen Prozesse innerhalb der Kippe.

Sehr hohe Eisengehalte wurden insbesondere in den RKB 2 (1700 mg/l - 2280 mg/l) sowie RKB 3 (1100 mg/l – 3380 mg/l) und RKB 4 (2190 mg/l – 3270 mg/l) im unmittelbaren Uferbereich rechtsseitig der Pleiße und unterhalb der Wyhramündung ermittelt.

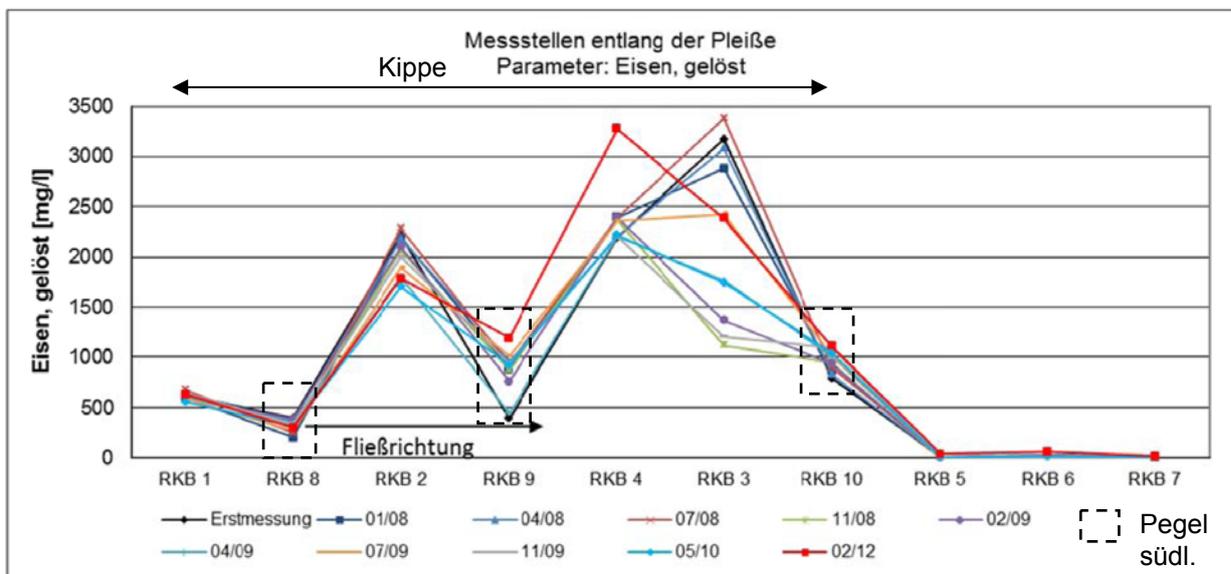


Abbildung 9: Veränderung des gelösten Eisens in den Messstellen entlang der Pleiße [3c] (zusätzlich wurden der Kippenbereich und die RKP am südl. Ufer der Pleiße gekennzeichnet)

Das lokal vorhandene Versauerungspotential innerhalb des Kippenkörpers und das damit erhöhte Auswaschungsvermögen von Eisen wurde in der Mehrfachmessstelle im Beprobungsbereich M2-2 nachgewiesen (siehe Punkt. 2.1.1, S.30).

In den weiter flussabwärts im Uferbereich befindlichen Messstellen wurden deutlich niedrigere Eisengehalte nachgewiesen (meist unter 20 mg/l) (siehe Abbildung 9).

Im Bereich der Kippe Witznitz lagen die höchsten Eisengehalte in den oberflächennahen Grundwassermessstellen auf dem Kippenplateau (bis 1400 mg/l). In diesen Messstellen wurden auch hohe Sulfatgehalte angetroffen (2500 – 3500 mg/l), die jedoch weit unter den Sulfatgehalten in den Messstellen im Uferbereich der Pleiße (in RKB 2 bis 4 über 5000 mg/l) liegen.

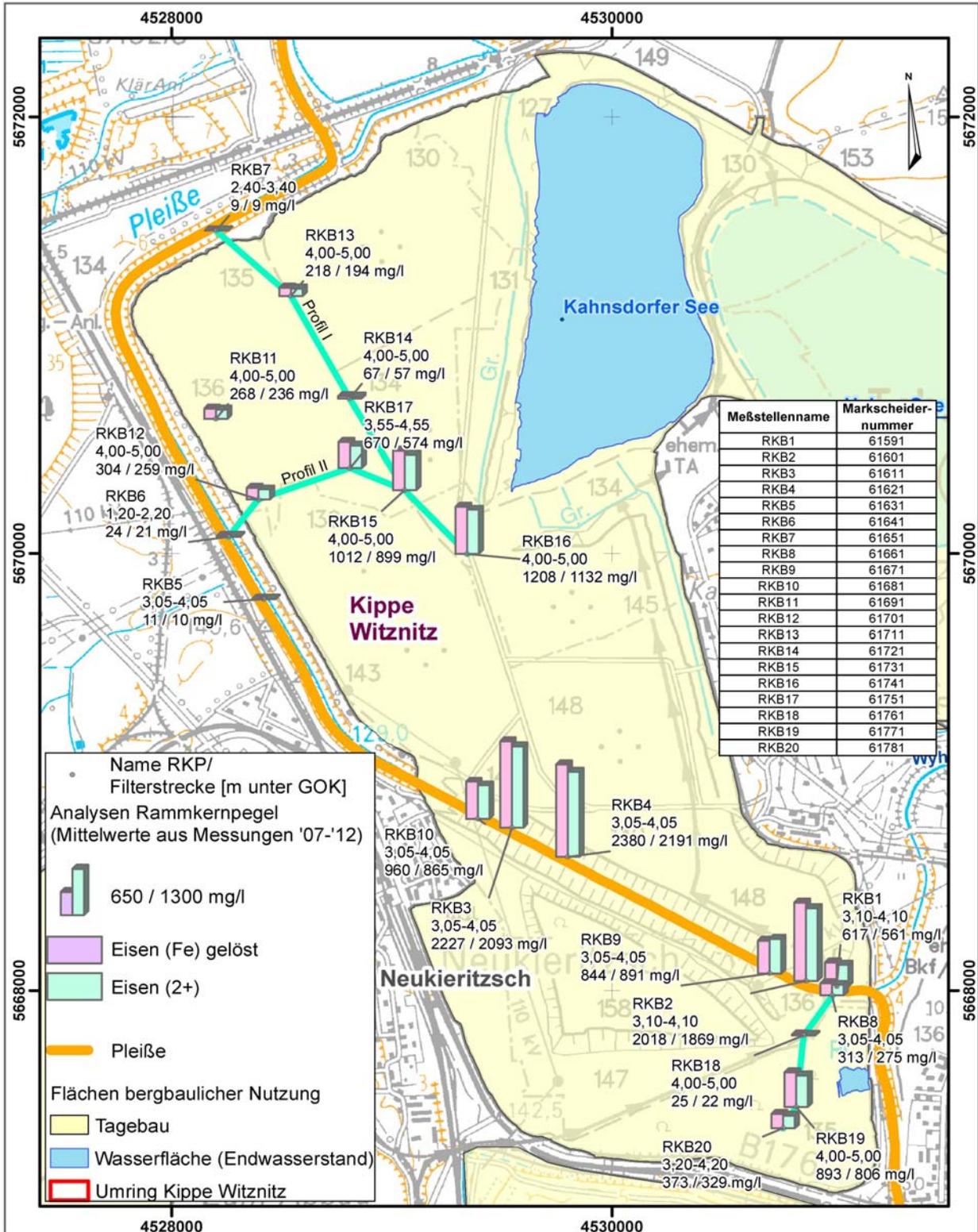


Abbildung 10: Mittelwerte der Parameter Eisen (Fe) gelöst, Eisen 2+ aus Messungen 2007-2012
 Lage der Filterstrecke an den Rammpegeln

Die dargestellten Ergebnisse zeigen damit deutliche Differenzierungen der typischen Inhaltstoffe in Kippenwässern. In einigen Messstellen deuten sich Trendentwicklungen an (z.B. Zunahme des pH-Wertes über den Messzeitraum).

Da es sich bei den Umwandlungsprozessen in Kippen des Braunkohlenabbaus um langzeitliche Entwicklungen handelt, wird durch den Bearbeiter eine weitere Beobachtung im Rahmen eines vorerst jährlichen Monitorings zu empfohlen.

2.1.3 Monitoring an der Bodensickerwassermessstelle [3a]

Ziel der Untersuchungen war die Ermittlung der anfallenden Bodensickerwassermenge sowie die Bestimmung der Sickerwasserinhaltsstoffe. Zusätzlich werden in der Messstelle die Bodenluftbestandteile bestimmt.

Errichtet wurde der Messschacht im Jahre 2007. Die Erstbeprobung wurde im September 2007 durchgeführt.

Der Messschacht wurde als Senkschacht aus Betonsegmenten errichtet. Seine Teufe beträgt 3,5 m u. GOK, der Innendurchmesser 1,5 m. Der Messschacht wurde mit 6 Messgeräten zur Messung der Saugspannung (Tensiometer), 6 Bodenluftpflanzen und 6 Bodenwassersammlern (Saugkerzen) auf 3 Ebenen angeordnet (0,9 m; 1,9 m; 3,2 m unter Geländeoberkante) ausgestattet. Je 2 befinden sich im Messschacht auf den angegebenen Höhen gegenüberliegend.

In die Sohle des Messschachtes wurde eine 1,5 m tiefe Bohrung mit einem Durchmesser von 125 mm niedergebracht, um die Apparaturen zur Unterdruckerzeugung (Prinzip hängende Wassersäule) anzuschließen. Für die Gewinnung des Unterdruckes werden 1,5 m Wassersäule an die Sammelgefäße angelegt. Die Messgefäße haben jeweils 1 l Inhalt.

Die Abbildung 11 zeigt den prinzipiellen Aufbau.

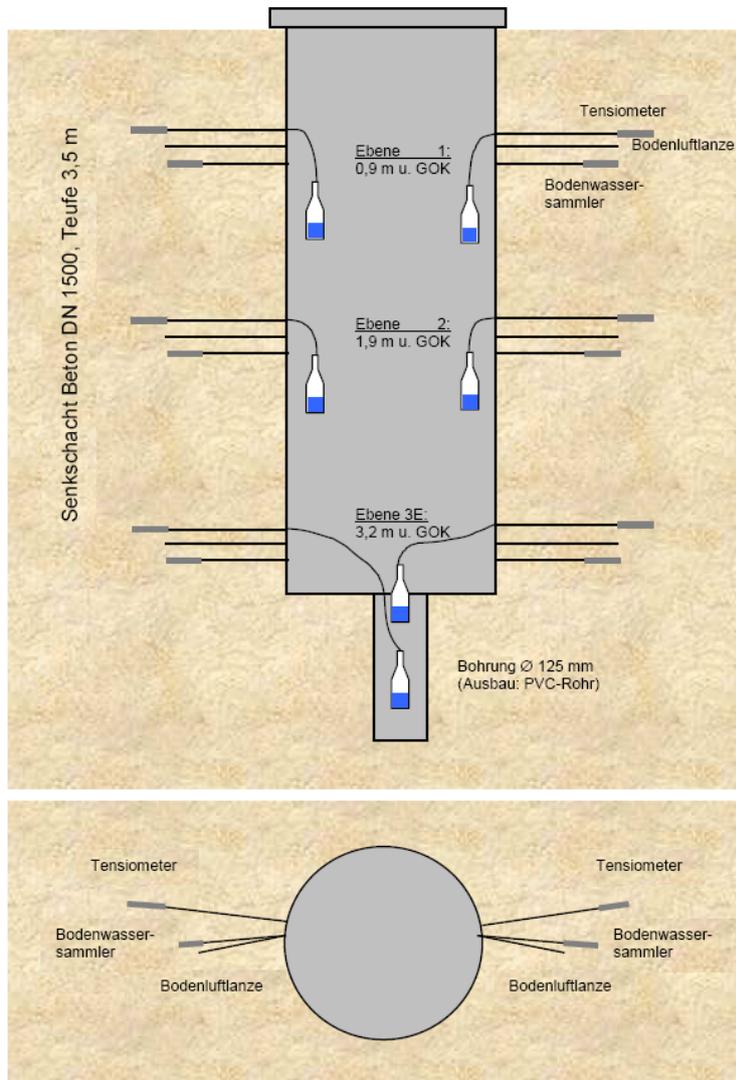


Abbildung 11: Schematische Darstellung des Messschachtes [BGD GmbH]

Es erfolgte in 2008 eine Anpassung des Analytikprogramms hinsichtlich der Menge des gewonnenen Sickerwassers.

Demzufolge wurde das Analytikprogramm durch die Projektbeteiligten BGD/IBGW und G.E.O.S. unter der Maßgabe, dass der Parameterumfang den Anforderungen der weiteren Bearbeitungen im Rahmen des o. g. Bearbeitungsprogramms gerecht wird, in Abstimmung mit der Fachbehörde (LD L) optimiert.



Abbildung 12: Messschacht Bodensickerwasser/Bodenluft sowie mehrfachverfilterte Grundwassergütemessstelle M1

Das durchgeführte Untersuchungsprogramm ist in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt.

Standarduntersuchungen		bei pH-Wert <5	
pH-Wert		Leitfähigkeit	
Fe(II), gelöst		DOC	As
Fe, gelöst		TOC	Pb
Mn, gelöst		TIC	Cd
SO ₄		K	Ni
Chlorid		Na	Cu
Pges		Ca	Zn
Nitrat-N		Mg	Al
Amm-N		GH	Si
		KH	Cr _{ges}

Tabelle 6: Untersuchungsprogramm Sickerwasser [3a]

Da insgesamt nur maximal 1 l Sickerwasser pro Saugkerze anfiel, wurde die Untersuchungsmenge so abgestimmt, dass ein möglichst umfangreiches Untersuchungsprogramm durchgeführt werden konnte (Anlage 4 in [3c]).

Die Bodenluftproben wurden im Labor auf die Parameter Sauerstoff, Stickstoff und Kohlendioxid untersucht.

„Insgesamt wurden 10 vollständige Sickerwasseranalysen (4 x SK 1 und 4 x SK 4 und 2 x SK 5) sowie an der SK 1 (12/07) nur Eisen (gelöst), Eisen (II), Mangan (gelöst) und die Vor-Ort-Parameter untersucht.

Im gesamten Untersuchungszeitraum 12/07 - 02/12 wurden 138 Bodenluftproben im Labor analysiert. Im Betrachtungszeitraum 01/10 – 11/13 wurden keine Bodenluftproben analysiert.

Auf Grund der geringen Wassermenge konnten im gesamten Beobachtungszeitraum nur 10 Sickerwasserproben mit dem ausführlichen Untersuchungsprogramm untersucht werden.

Ausreichende Probemengen wurden nur aus den beiden oberen Saugkerzen gewonnen.

Die chemischen Untersuchungen der Sickerwasserproben zeigen sehr unterschiedliche Verhältnisse. Obwohl beide Saugkerzen auf gleichem Niveau liegen (0,9 m unter GOK), wurde in der SK 1 neutrales Sickerwasser, in der SK 4 sehr saures Sickerwasser angetroffen.

Das Sickerwasser zeigt in beiden Saugkerzen nur eine geringe Mineralisierung, allerdings mit einem relativ hohen Sulfatanteil.

Die Tabelle 7 zeigt die Analyseergebnisse der Messstellen SK1, SK4 und SK5 im Überblick.

Messstelle		SK1					SK 4				SK5	
PN	Einheit	06/07	04/08	01/09	12/09	03/11	02/09	03/09	04/09	07/08	12/09	03/11
pH-Wert			8,1	6,3	7,6	6,5	3,4	3,6	3,5	3,6	1,9	2,62
elektr. Leitfähigkeit	µS/cm		760	1380	887	422	2040	1650	1720	1450	10080	6020
Ammonium (N)	mg/l		0,036	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,67	1,05	0,48	0,32	38,7	16,8
Nitrat (N)	mg/l		1,1	< 1	0,2	0,15	0,5	0,5	0,76	0,09	1,9	0,64
Phosphor gesamt (P)	mg/l		0,016	0,057		0,03	0,03	0,074	0,075	0,84		9,42
Sulfat	mg/l		336	742	430	92,6	1310	787	1120	960	7880	3020
Chlorid	mg/l		6,5	16,8	10,3	2,31	36,2	4,6	56,2	0,4	18,4	5,22
Calcium (Ca)	mg/l		166	238	150	69	374	252	358	254	330	480
Magnesium (Mg)	mg/l		12,6	37,6	17,3	5,9	31,5	19,1	24	16	100	49
Natrium (Na)	mg/l		6,5	43,8	22,3	6,5	13,7	8	12,8	7,4	11	16
Kalium (K)	mg/l		0,6	1,3	1,2	0,68	6,3	4,9	3,9	4,3	15	6,2
Eisen (Fe) gelöst	mg/l	0,19	1,06	0,05	0,14	0,034	1,29	2,59	1,02	0,95	670	55
Eisen (2+)	mg/l	<0,01	0,26	0,014	0,012	0,03	0,36	0,26	0,14	0,43	5,51	2,14
Mangan (Mn) gelöst	mg/l	0,04	0,02	0,25		0,011	3,55	2,17	2,34	1,56		3,2
Silizium (Si)	mg/l						21,5	16,9	19,2	16,7		60
Aluminium (Al)	mg/l						46,7	28,6	28,9	26,3		150
Arsen (As)	mg/l						<0,005	<0,005	<0,005	<0,005		0,010
Blei (Pb)	mg/l						0,033	0,012	0,013	0,02		0,11
Cadmium (Cd)	mg/l						0,004	0,002	0,01	0,002		0,0077
Chrom (Cr) ges.	mg/l						0,02	0,01	0,02	0,01		0,38
Kupfer (Cu)	mg/l						0,22	0,14	0,18	0,15		0,64
Nickel (Ni)	mg/l						0,2	0,12	0,14	0,11		0,57
Zink (Zn)	mg/l						0,57	0,33	0,45	0,36		1,5

Tabelle 7: Ergebnisse der Untersuchung Bodensickerwassermessstellen SK1, SK4, SK5 [3]

Die ermittelten Eisen(II)-Gehalte sind mit 0,05 mg/l bis 1,06 mg/l (SK 1) bzw. 0,95 mg/l bis 2,59 mg/l im Vergleich zu den im Grundwasser ermittelten Gehalten gering. Tendenzen zur zeitlichen Gehaltentwicklung sind auf Grund der geringen Probenanzahl und der geringen Schwankungsbreiten derzeit nicht ableitbar. In der SK 5 (Ebene 2) wurde im Dezember 2009 und im März 2011 eine Probe entnommen.

Die Ergebnisse der Analytik zeigten hier im Dezember 2009 einen extrem niedrigen pH-Wert (1,9) und sehr hohe Sulfat- und Eisengehalte. Im März 2011 wurde ein pH-Wert von 2,6 verzeichnet. Die Gesamtmineralisation sowie besonders die Sulfat- und Eisenkonzentrationen waren weitaus geringer als bei der Messung vom Dezember 2009, jedoch weiterhin deutlich höher als bei den Saugkerzen der Ebene 1. Die Ergebnisse zeigen, dass auch in der Kippe Witznitz temporär und punktuell ein hohes Versauerungspotenzial vorliegt und eine Aufkonzentrierung des Sickerwassers mit deponietypischen Parametern erfolgt.

Auf Grund der geringen Probenanzahl lassen sich derzeit auch keine Aussagen zu vertikalen Veränderungen der Sickerwasserbeschaffenheit machen. Eine Fortführung des Monitorings ist auf Grund der geringen Sickerwasserausbeute über den gesamten Betrachtungszeitraum nicht erforderlich.“

2.1.4 Monitoring an den Erosionsmessstellen

Durch die BGD GmbH Dresden wurde in Zusammenarbeit mit der UGT GmbH Müncheberg ein Erosionsmessplatz bestehend aus zwei Erosionsmessflächen zur Quantifizierung der durch die Erosion verursachten Stofffrachten errichtet (Fertigstellung 04.06.2007; Erstbeprobung 26.07.2007). Das Messsystem dient zur Erfassung und Beprobung niederschlagsbedingter Oberflächenabflüsse und dem damit verbundenen Substratabtrag in Abhängigkeit von Niederschlag und Bewuchs der Messflächen. Die Erosionsmessstellen E1 und E2 befinden sich nebeneinander auf der obersten Böschung des Böschungssystems zur Pleiße in unmittelbarer Nähe zum Bodensickerwassermessplatz und den mehrfach verfilterten GMWS [2f].

Die Erosionsmessfläche E1b ist mit Vegetation belassen. Die Erosionsfläche E2u wurde vegetationsfrei geschoben. Die Flächen sind mit Leitschienen eingefasst und mit einer Auffangrinne versehen. Das über die Auffangrinne erfasste Wasser und Sediment wird jeweils in einen Tank abgeleitet.

Des Weiteren befindet sich im eingezäunten Messstellenbereich ein Niederschlagssammler nach Hellmann.

In der Abbildung 13 (S.44) sind die „Auffangflächen“ beider Messstellen ersichtlich.



Abbildung 13: Erosionsmessstellen E1b (bewachsen) E2u (unbewachsen)

Standarduntersuchungen		bei pH-Wert <5	
pH-Wert		Leitfähigkeit	
Cl		K	As
SBK		Na	
SO ₄		Ca	Pb
P _{ges}		Mg	Cd
o-Phosphat-P		Mn _{gelöst}	Ni
Nitrat-N		Fe _{ges}	Cu
Ammonium-N		Fe(II)	Zn
Gesamthärte		DOC	Al
Karbonathärte		TIC	Si
TR/Filtratrückstand			Cr _{ges}

Tabelle 8: Untersuchungsprogramm Wasser, Erosionswasser [3a]

Standarduntersuchungen		bei pH-Wert <5	
GV		Al	As
SBK*)		K	Pb
Fe _{ges}		Na	Cd
SO ₄ *)		Ca	Ni
P _{ges}		Mg	Cu
N _{anorg}		Mn _{ges}	Zn
TOC		Cl*)	Al
TIC		disulf S	Si
TC		S _{ges}	Cr _{ges}
pH-Wert*)		Leitfähigkeit*)	

*) im Eluat

Tabelle 9: Untersuchungsprogramm Feststoff, Erosionsmessstelle [3a]

„Erosionswasser fiel im Beobachtungszeitraum 11/07 – 12/09 in der unbewachsenen sowie auch in 2 Messperioden an der bewachsenen Messstelle an (siehe Abbildung 14). Temporär wurde kein Wasser in der unbewachsenen Erosionsmessstelle angetroffen.“

Insgesamt konnten 9 Feststoffproben aus der unbewachsenen Erosionsmessstelle untersucht werden, wobei eine deutliche Abnahme des Feststoffanteils in der unbewachsenen Erosionsmessstelle zu beobachten war.

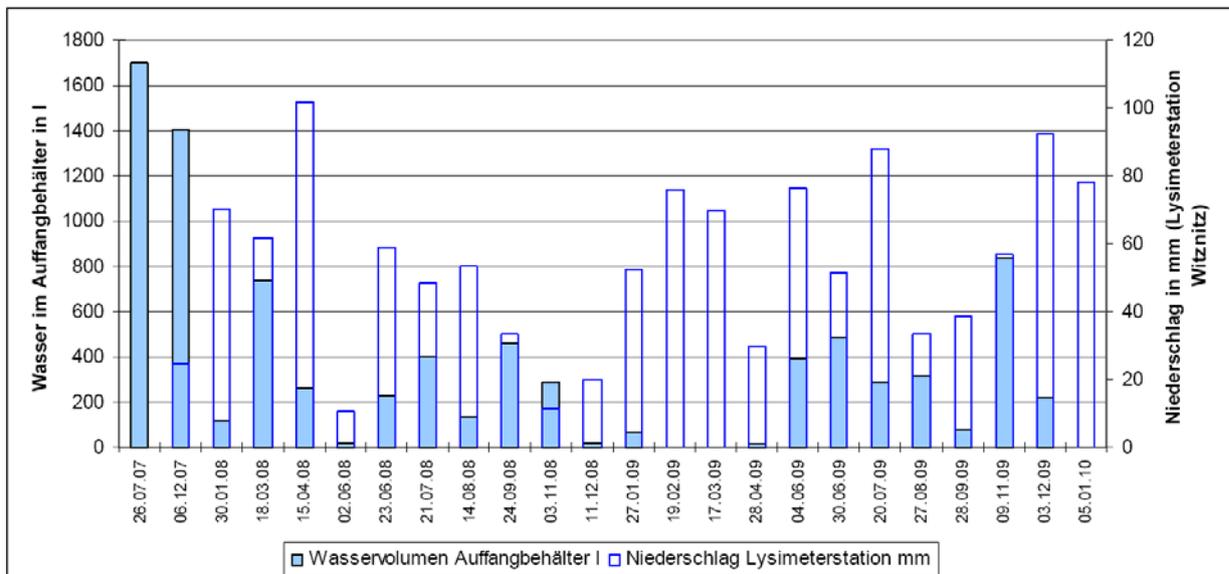


Abbildung 14: Zusammenhang zwischen den an der Lysimeterstation ermittelten Niederschlägen und der Flüssigphase im Auffangcontainer [3b]

„In der bewachsenen Messstelle E1b konnte im gesamten Untersuchungszeitraum 11/07– 12/09 keine Feststoffprobe entnommen werden.

Der Bewuchs zeigt damit seine erosionsverhindernde Wirkung. Eine regelmäßige Wartung der Anlagen erfolgte, Funktionsmängel wurden nicht festgestellt. Die Abnahme der aufgefangenen Mengen sind begründet durch den Rückgang des Abtragungspotentials sowie das Niederschlagsgeschehen.“

Die Entwicklung der Sedimentinhalte ist im Diagramm Abbildung 15 aufgezeigt.

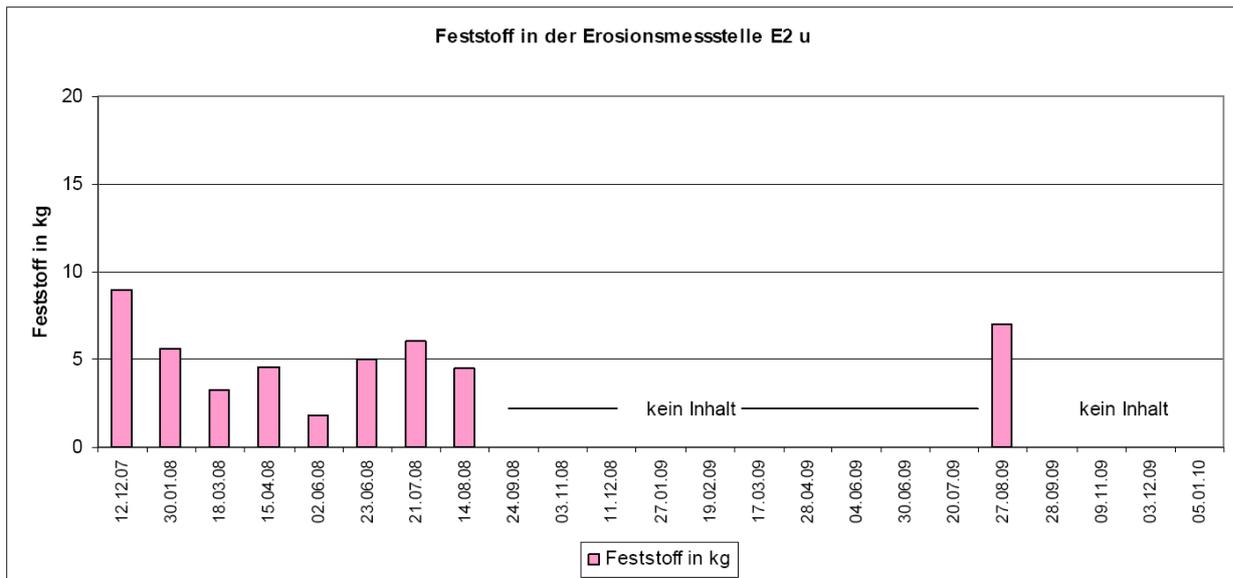


Abbildung 15: E2u, Sedimentinhalt im Auffangbehälter im Beobachtungszeitraum 12/08 – 12/09 [3b]

„Das Erosionswasser zeigt insgesamt eine sehr geringe Mineralisation. Die Schwankungen der Gehalte sind bezogen auf den geringen Gesamtgehalt sehr hoch.

In den Sedimentproben wurden hohe Gehalte an Eisen und Aluminium festgestellt. Da der pHWert im neutralen Bereich liegt, ist die Auswaschung dieser Stoffe nur gering. Über den Untersuchungszeitraum 11/07 – 12/09 zeigt sich für die untersuchten Parameter eine Abnahme der Konzentrationen. Allerdings sind generelle Aussagen zur Trendentwicklung auf Grund des begrenzten Untersuchungszeitraumes und der nur temporären Probengewinnung derzeit nicht abzuleiten.“

Die bewachsene Erosionsmessstelle stellt einen repräsentativen Standort hinsichtlich Bewuchs (siehe Abbildung 16, S. 47) und Böschungsneigung für den Bereich der Kippenböschungen zur Pleiße dar. Ein wesentliches Ergebnis der bisher durchgeführten Untersuchungen an den Erosionsmessstellen zeigt, dass über die bewachsenen Böschungen keine Erosionsfrachten in die Pleiße zu erwarten sind.

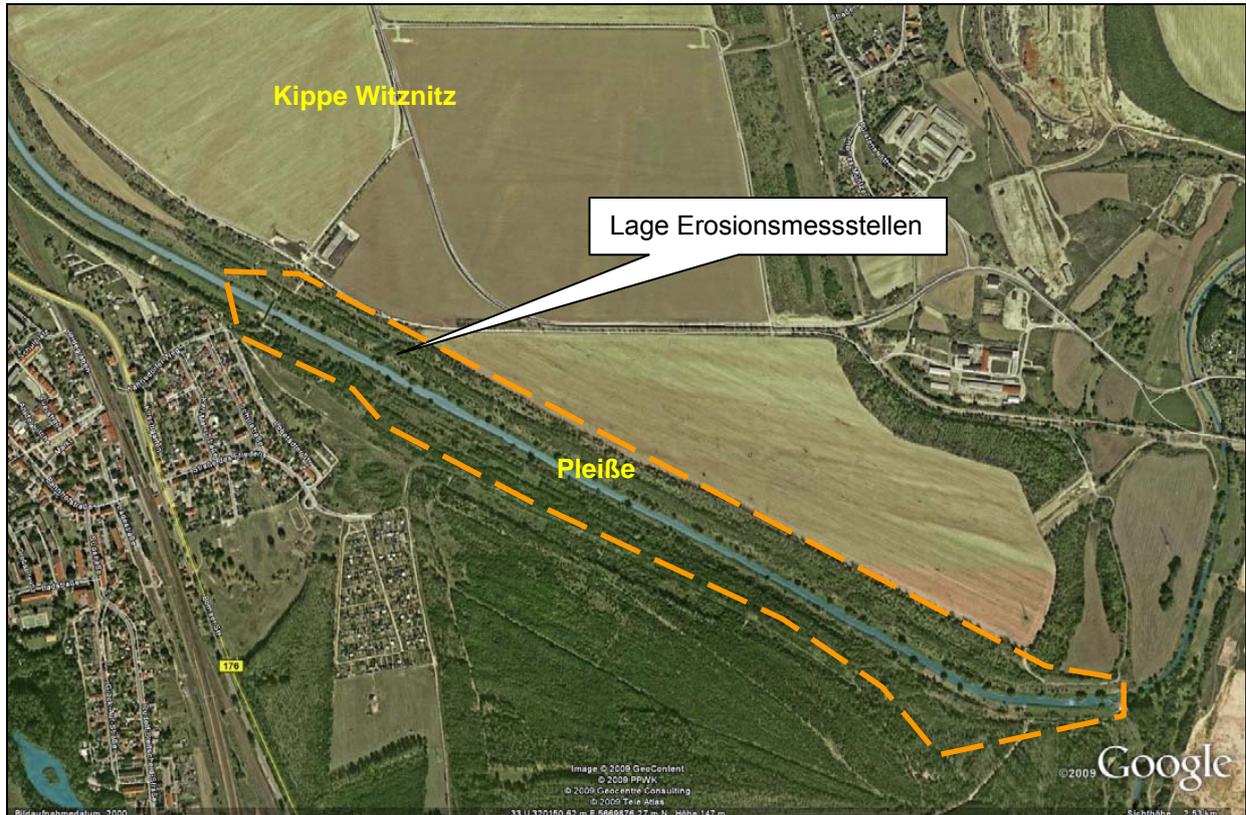


Abbildung 16: Böschungsbereiche Kippe Witznitz zur Pleiße [Luftbild GoogleEarthPro]

Da im weiteren Verlauf keine neuen Erkenntnisse zu erwarten waren, wurde in Abstimmung mit den Mitgliedern des Arbeitskreises die Beprobung der Erosionsmessstellen eingestellt.

2.1.5 Messstellen an Sickerwasseraustritten [3c]

Im Punkt 2.1.2 (S. 33) wurden die Ergebnisse des Monitorings an den Rammpegeln im Bereich der Kippe Witznitz und entlang der Pleiße dargelegt.

Im Rahmen der letzten Messkampagne wurde durch die Projektbeteiligten (einschl. der Landesdirektion Leipzig) beschlossen, durch Plausibilitätstests die Repräsentativität der Messstellen im Bereich der Pleiße zu prüfen.

Dazu wurden im ufernahen Bereich der Pleiße temporäre Sickerwassermessstellen errichtet, Sickerwasserproben gewonnen und analysiert.

Die Lage der 7 Sickerwassermessstellen in Bezug auf die bereits vorhandenen Pegel entlang der Pleiße kann der Abbildung 17 (S.48) entnommen werden.

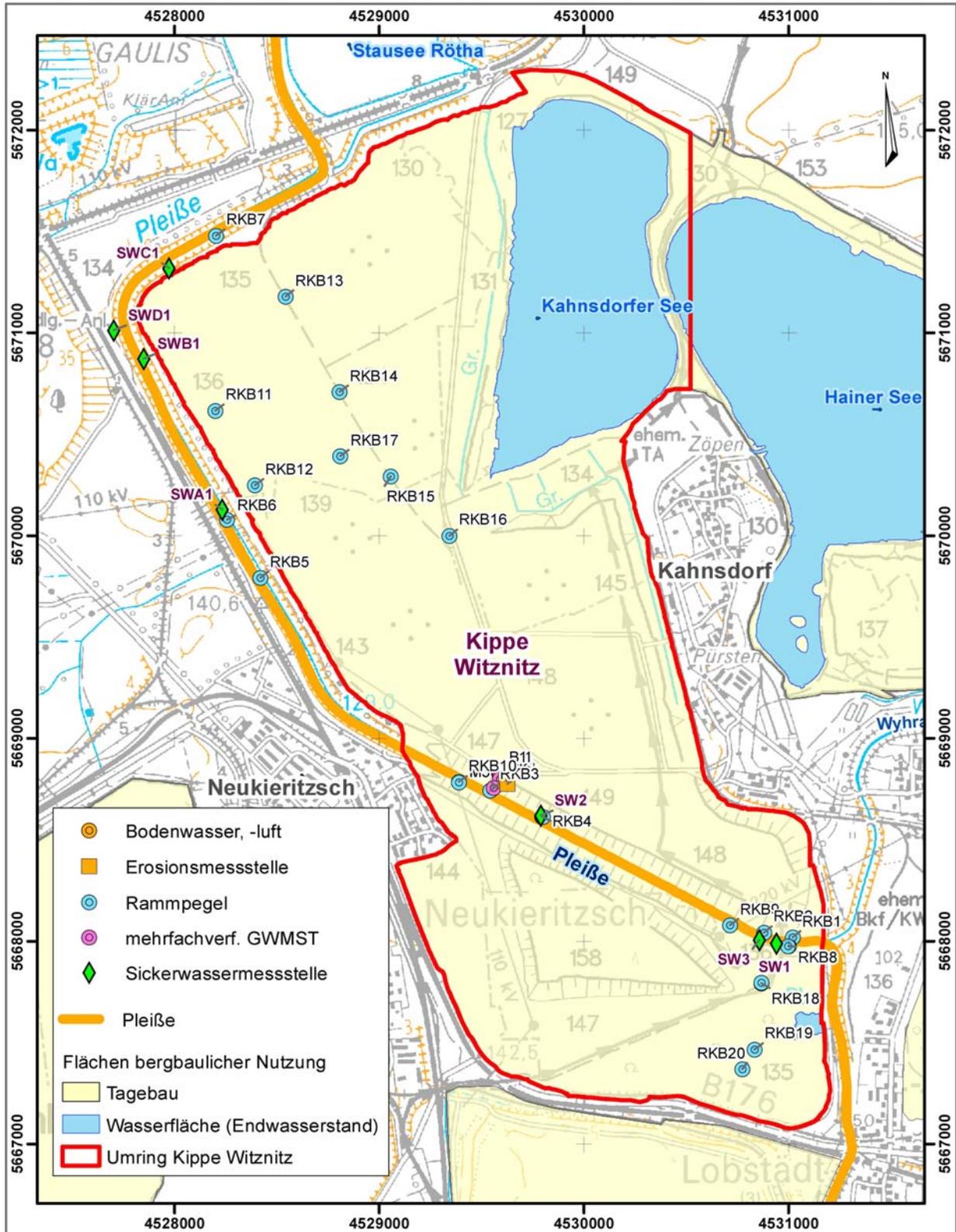


Abbildung 17: Lage der Messstellen an Sickerwasseraustritten entlang der Pleiße

Im Frühjahr 2012 und im Herbst 2013 wurden dazu an den Böschungen zur Pleiße mehrere Begehungen durchgeführt, um Austrittsstellen von Sickerwasser zu kartieren. An der rechtsseitigen Böschung zur Pleiße wurden insgesamt an 4 Standorten solche Sickerwasseraustritte mit einer ausreichenden Schüttung für eine Probenahme angetroffen.

Am linksseitigen Pleißeufer konnten wegen der eingeschränkten Begehbarkeit nur 2 Stellen im südlichen UG (im Umfeld der RKB 8 und 9) sowie 1 Stelle im Bereich zwischen RKB 5 und 7 aufgefunden werden.

An den genannten Standorten wurden im Juni 2012 und im Oktober/November 2013 Sickerwassersammelstellen nach folgendem Schema errichtet.

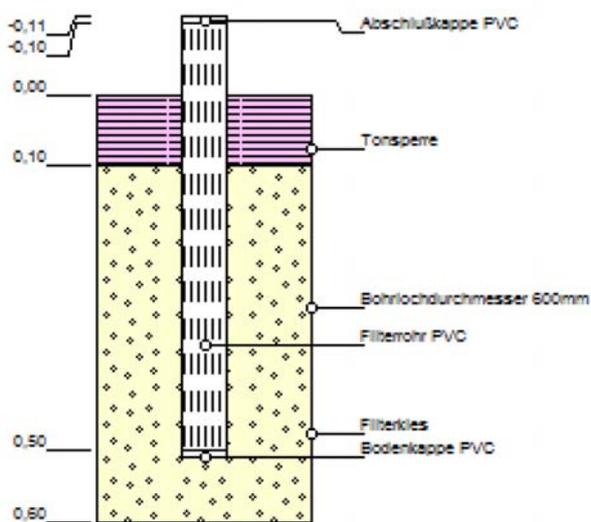


Abbildung 18: Schematische Darstellung Sickerwassermessstelle, Foto der Sickerwassermessstelle SW C1 [3c]

Die Probenahme erfolgte direkt im Anschluss an die Errichtung der Messstellen. Die Tabelle 10 (S. 50) zeigt die Ergebnisse der Vorort- und der Laboranalytik.

Messstelle		SW1	SW2	SW3	SWA1	SWB1	SWC1	SWD1
Probenahmedatum		12.07.12	12.07.12	16.07.12	22.10.13	22.10.13	22.10.13	05.11.13
Vor-Ort-Parameter								
pH-Wert	-	4,0	2,6	3,1	6,6	5,5	3,4	7,1
elektr. Leitfähigkeit	µS/cm	3.730	6.600	8.210	2.810	2.790	3.170	1.978
Sauerstoffgehalt	mg/l	3,79	5,14	3,05	9,67	9,77	10,12	9,44
Redoxspannung	mV	101	339	203	189	150	195	70
Laboranalytik								
Sulfat	mg/l	3.420	6.460	8.160	1.600	1.900	2.000	520
Eisen (Fe) gesamt	mg/l	890	2.110	3.550	28	12	15	0,012

Tabelle 10: Analyseergebnisse Sickerwasser [3c]

Im Vergleich mit den Analyseergebnissen an den Rammpegeln zeigte sich, dass die Sickerwässer meist eine höhere Mineralisation aufweisen.

Besonders deutlich wird dies im Vergleich der Messwerte aus dem Pegel RKB9 und der SW3 sowie aus der RKB8 und der SW2. Die Hangsickerwässer zeigen hier einen niedrigeren pH-Wert und weitaus höhere Eisen- und Sulfatkonzentrationen (siehe Abbildung 19).

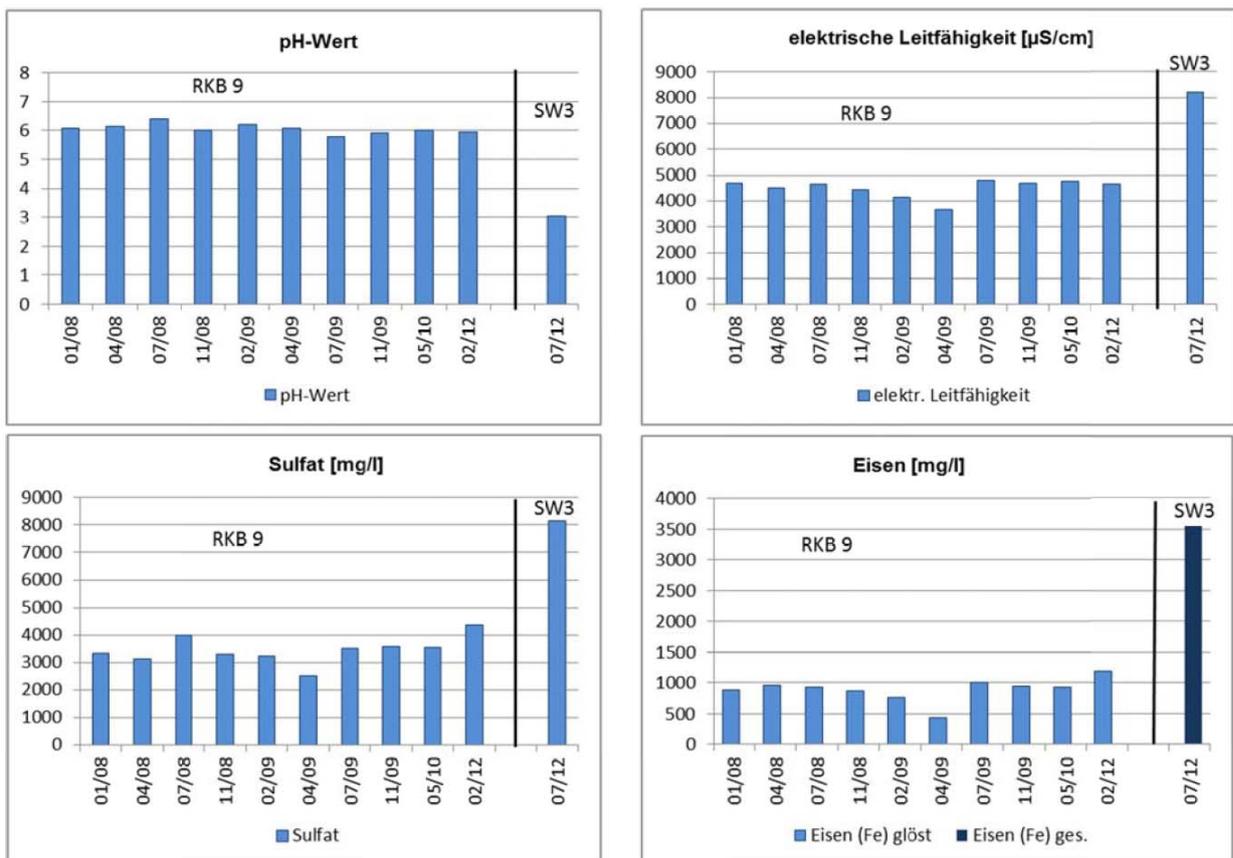


Abbildung 19: Vergleich ausgewählter Parameter RKB 9/SW3 (südl. Zustrom nahe der Wyhra-Mündung [3c])

Weitere Vergleiche der Messungen in Diagrammform sind dem Bericht (Unterlagen [3c]) zu entnehmen.

Bei der Sickerwassermessstelle SW2 (Bereich Kippe Witznitz) liegen die Mineralgehalte zwar unter den im Betrachtungszeitraum in dem benachbarten Rammpegel angetroffenen Konzentrationen, der pH-Wert ist mit 2,6 jedoch der niedrigste, welcher im gesamten Monitoringzeitraum im Bereich der Kippe Witznitz angetroffen wurde.

Bei den 2013 errichteten Sickerwassersammelstellen im Bereich der RKB 7 (SW B1 und C1) ist ebenfalls erkennbar, dass hier die pH-Werte deutlich niedriger liegen sowie dass die Gesamtmineralisation und der Sulfat-Gehalt im Hangsickerwasser weitaus höher sind.

Die Eisengehalte entsprechen jedoch in etwa der durchschnittlichen Konzentration, welche in der RKB 7 über den Messzeitraum angetroffen wurde. Die am linksseitigen Pleißeufer errichtete Sickerwassermessstelle SW D1 zeigte einen pH-Wert von 7,1. Sowohl bei den Vor-Ort-Parametern als auch bei den Konzentrationen von Eisen und Sulfat wurden hier weitaus geringere Werte angetroffen, als bei den Messstellen am östlichen Ufer der Pleiße.

Bei der Sickerwassermessstelle A1 im Nahbereich zur RKB 6 wurde ein pH-Wert und ein Eisengehalt in ähnlicher Größenordnung wie bei der RKB 6 angetroffen. Die elektrische Leitfähigkeit und die Sulfatkonzentration liegen jedoch deutlich über den in der RKB 6 über den Messzeitraum ermittelten Werten.

Die Ergebnisse der Messstellen SW A1 bis D1 zeigen, dass die Vermutung der eingeschränkten Repräsentativität der Messstellen für das exfiltrierende Grundwasser im unmittelbaren Uferbereich der Pleiße im Umfeld der Fußgängerbrücke Neukieritzsch und des Trachenauer Wehrs nicht bestätigt werden kann.

Jedoch konnten im südlichen Anstrom zur Pleiße im Nahbereich der Wyhra-Mündung (SW1 und SW3) im Vergleich zu den benachbarten Grundwassermessstellen erhöhte Eisenkonzentrationen im Sickerwasser nachgewiesen werden.

Gem. Bearbeiter sollten die Sickerwassermessstellen im Rahmen von weiteren Monitoringkampagnen mit einbezogen werden. Empfohlen wird dabei, die Messstellen im Vorfeld mindestens einmal leer zu schöpfen.

2.2 Monitoring Pleiße

Quellen [4a bis 4k]

Mit diesem Teilvorhaben werden die Auswirkungen des Grundwasserwiederanstiegs und der daraus folgenden Exfiltration der eisenbelasteten Grundwässer aus der Kippe des ehemaligen Tagebaues Witznitz in die Fließgewässer Pleiße und Wyhra untersucht. Mit den Ergebnissen des Monitorings soll eine bessere Abbildung der Prozesse besonders von Eiseneintrag, -umwandlung, -transport, -sedimentation erzielt werden. Weiterhin bilden die Ergebnisse eine wichtige Grundlage zur modellgestützten Prognose der Entwicklung der Eisenfrachten.

In Abstimmung mit dem Umweltfachbereich der LD Leipzig wurden 19 Messpunkte vorgegeben (18 in der Pleiße und einer in der Wyhra). Messpunkt 1 liegt in Regis-Breitungen (Fkm 31,7) und Messpunkt 19 liegt vor der Mündung der Pleiße in das Elsterflussbett (Fkm 0).

In der Abbildung 20 (S. 53) sind die Messpunkte entlang der Pleiße dargestellt.

Zu beachten ist, dass die Messstelle Pleiße 10 ab der 13. Standarduntersuchung oberhalb der Einleitung des Kraftwerk Lippendorf verlegt wurde, um Untersuchungen in der Pleiße ohne den Einfluss dieser Einleitung durchführen zu können. Diese Stelle wurde als Pleiße 10 A bezeichnet.

Die Messstelle PL 15 entfiel seit der 6. Standarduntersuchung.

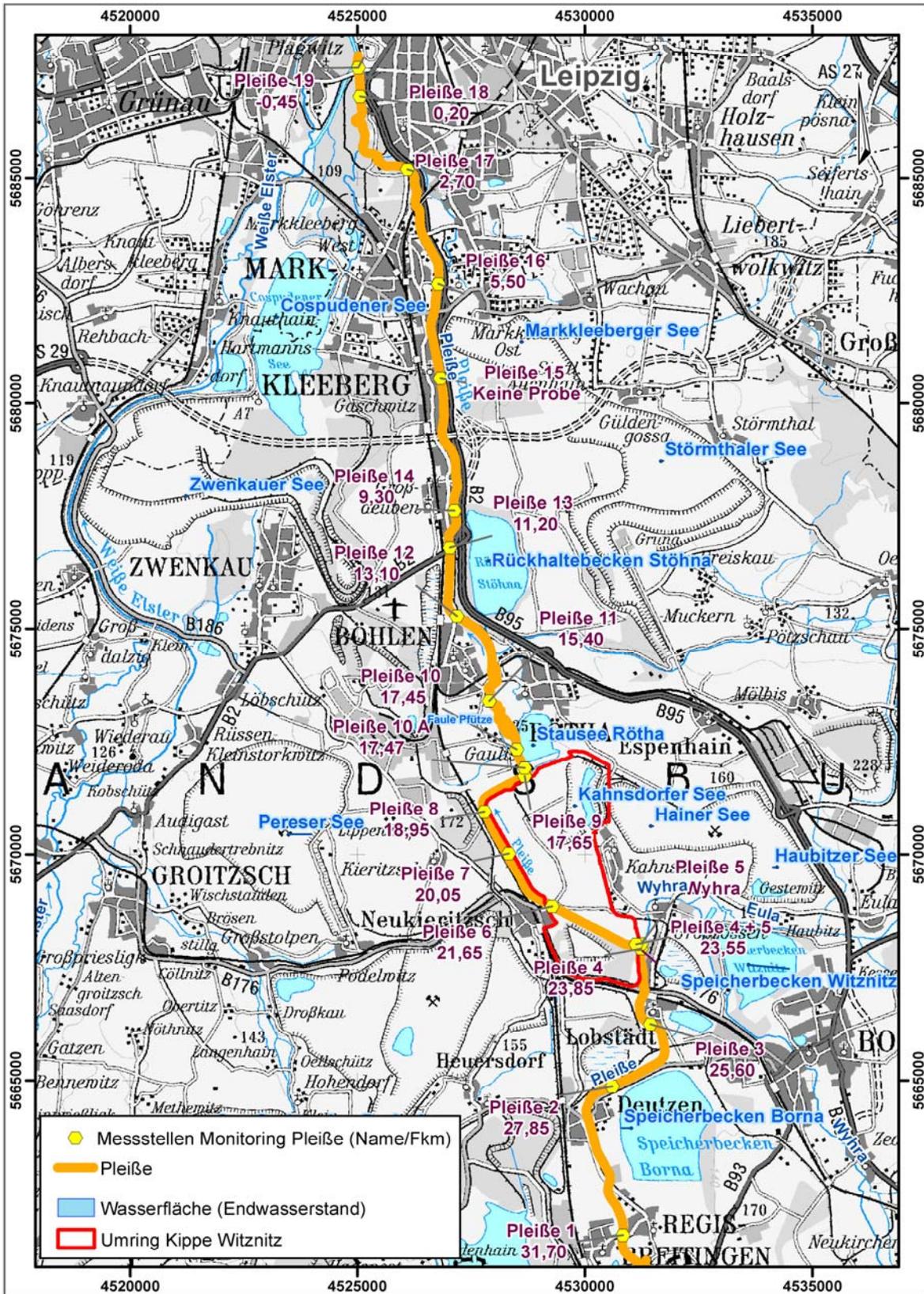


Abbildung 20: Messpunkte Pleißemonitoring

Zu Beginn des Monitorings im Herbst 2007 wurden vom AN SGL Voruntersuchungen mit dem Ziel durchgeführt im Rahmen der geplanten Standarduntersuchungen bilanzsichere Proben zu nehmen, sowie die Expositionszeit der Sedimentfallen zu optimieren.

Auf dieser Basis wurden Standarduntersuchungen (STU) vorgenommen, die nunmehr mit 10 Berichten (getrennt nach den Schwerpunkten Konzentrationen/Frachten sowie Sedimentuntersuchungen) ausgewertet wurden:

	Zwischenbericht:	Leistung:
[4a]	1.	Auswertung der Standarduntersuchungen 1 – 4; 13.05.2008
[4b]	2.	Auswertung der Standarduntersuchungen 5 – 8 mit Bezug auf Standarduntersuchung 1 – 4 und Auswertung zusätzlicher Messungen von Abfluss, Fracht und Sedimentation; 25.08.2008
[4c]	3.	Auswertung der Standarduntersuchungen 9 – 12 mit Bezug auf die Standarduntersuchungen 1 – 8; 28.11.2008
[4d]	4.	Auswertung der Standarduntersuchungen 13 und 14 (1. und 2. STU des neuen Monitorings); 10.03.2009
[4e]	5.	Auswertung der Standarduntersuchungen 15, 16 und 17; 27.07.2009
[4f]	6.	Auswertung von Tellerfallen- und Zylinderfallenmessungen; 05.10.2009
[4h]		Gesamtdokumentation und -auswertung aller Ergebnisse zur Sedimentation innerhalb des Pleiße-Monitorings 2008/2009 (ersetzt und ergänzt den 6. Zwischenbericht): Endbericht-Sedimentation, Monitoring Fließgewässer Pleiße, Kippengebiet Witznitz 2008/2009; 22.12.2009 (Stand der Überarbeitung 12.04.2010)
[4i]		Endbericht Wasseruntersuchungen Monitoring Fließgewässer Pleiße Kippengebiet Witznitz Auswertung der Standarduntersuchungen 1 bis 26, sowie zusätzlicher Untersuchungen der Faulen Pfütze, Gösel und des Floßgrabens, des Einsatzes von Drucksensoren im Untersuchungsgebiet Kippe Witznitz und der Vergleichsmessungen zum Durchfluss am Pegel Böhlen 2008/2009; 24.3.2010
[4j]		Endbericht Wasseruntersuchungen Auswertung der Standard-Wasseruntersuchungen 1 – 6 in den Jahren 2010, 2011, 2012; 29.11.2012, 04.11.2013 (Änderung)
[4k]		Endbericht Sedimentation Auswertung der Sedimentationsmessungen mit Tellerfallen und Zylinderfallen in der Pleiße im Mai und Juni 2011; 29.11.2012, 04.11.2013 (Änderung)

In der folgenden Tabelle ist das Untersuchungsprogramm des Monitorings aufgezeigt.

Parameter	Methode (DIN/ISO)	UBG	Einheit
Lufttemperatur (V)	DIN 38404 C 4		°C
Wassertemperatur (V)	DIN 38404 C 4	0,1	°C
pH-Wert (V)	DIN 38404 C 5	1	
el. Leitf. 25 °C (V)	DIN EN 27888 C 8	0,1	µS/cm
Sauerstoffgehalt (V)	DIN EN 25814 G 22	0,1	mg/L
Sauerstoffsättigung (V)	DIN EN 25814 G 22	0	%
Redoxspannung UH (V)	DIN 38404 C 6		mV
pH-Wert	DIN 38404 C 5	1	
el. Leitf. 25 °C	DIN EN 27888 C 8	0,1	µS/cm
Eisen gelöst	DIN EN ISO 11885	0,01	mg/L
Eisen gesamt	DIN EN ISO 11885	0,01	mg/L
Eisen 2+	DIN 38406 E1	0,01	mg/L
Sulfat	DIN EN ISO 10304-1	5	mg/L
Ammoniumstickstoff	DIN 38406 E 5-1	0,03	mg/L
Nitratstickstoff	DIN EN ISO 10304-1	0,03	mg/L
Nitritstickstoff	DIN EN ISO 26777	0,001	mg/L
Kjeldahl-Stickstoff	DIN 38409 H 27	1	mg/L
o-Phosphat-Phosphor	DIN EN ISO 6878 D11	0,002	mg/L
Phosphor gesamt	DIN EN ISO 11885	0,01	mg/L
Chlorid	DIN EN ISO 10304-1	1	mg/L
Säurekapazität 4,3	DIN 38409 H 7-1-2	0,01	mmol/L
Säurekapazität 8,2	DIN 38409 H 7-1-1	0,01	mmol/L
Basekapazität 8,2	DIN 38409 H 7-2-2	0,01	mmol/L
Basekapazität 4,3	DIN 38409 H 7-2-1	0,01	mmol/L
Gesamthärte	Berechnung aus Ca+Mg	0,01	mmol/L
Kalium gelöst	DIN EN ISO 11885	0,01	mg/L
Natrium gelöst	DIN EN ISO 11885	0,01	mg/L
Aluminium gelöst	DIN EN ISO 11885	0,01	mg/L
Calcium gelöst	DIN EN ISO 11885	0,01	mg/L
Magnesium gelöst	DIN EN ISO 11885	0,01	mg/L
DOC	DIN EN 1484 H 3	0,3	mg/L
TOC	DIN EN 1484 H 3	0,3	mg/L
TIC	DIN EN 1484 H 3	0,3	mg/L
CSB	DIN 38409-H41	0,0001	mg/L
Abfiltrierb. Stoffe	DIN 38409 H 2	0,1	mg/L
Aluminium	DIN EN ISO 11885	10	µg/L
Mangan	DIN EN ISO 11885	10	µg/L
Chlorophyll-a-Gehalt	DIN 38412-16		
Leuchtbakterientest	EN ISO 11348-3		
Grünalgentest	DIN 38412-33		
Daphnientest	DIN 38412-30		
Fischartest	DIN 38415-6		
Gesamt-Trockenmasse Zylinderfallen	DIN 38414 S2a	0,0001	g
Korngrößenverteilung	DIN 18123	1	Ma-% TS

Tabelle 11: Untersuchungsprogramm, Methoden [4f]

Die Standarduntersuchungen des Fließgewässermonitorings wurden in 2 Endberichten durch SGL zusammenfassend dargestellt.

Der Endbericht [4i] umfasst die Standarduntersuchungen 1 bis 26 (2007-2009). Hier wurden die 19 Messpunkte (18 in der Pleiße und 1 Messpunkt in der Wyhra) berücksichtigt sowie zusätzliche Untersuchungen der Faulen Pfütze, der Gösel und des Floßgrabens ausgewertet.

Die 1. – 17. Standarduntersuchung wurden bereits im 1. – 5. Zwischenbericht des Pleißemonitorings (SGL) detailliert ausgewertet [4a bis 4e].

Messstelle	Messstellename	Fluss-km	RW	HW
Pleiße 1	Regis-Breitungen	31,70	4530830	5661573
Pleiße 2	oh. Einleitung S 50	27,85	4530598	5664876
Pleiße 3	uh. FGB Lobstädt	25,60	4531439	5666249
Pleiße 4	Pleiße vor Mdg. Wyhra	23,85	4531237	5667917
Pleiße 5	Wyhra vor Mdg. in die Pleiße	Wyhra	4531237	5668029
Pleiße 4 + 5	Pleiße nach Mdg. Wyhra	23,55	4531127	5668019
Pleiße 6	Fußgängerbrücke (FGB) Neukieritzsch	21,65	4529277	5668862
Pleiße 7	Rohrbrücke	20,05	4528322	5670016
Pleiße 8	Knick Richtung NO	18,95	4527785	5670948
Pleiße 9	oh. Trachenauer Wehr	17,65	4528675	5671745
Pleiße 10 A	uh. Trachenauer Wehr	17,47	4528670	5671927
Pleiße 10	uh. Trachenauer Wehr	17,45	4528501	5672338
Faule Pfütze			4528090	5672870
Pleiße 11	uh. Mdg. Faule Pfütze	15,40	4527896	5673404
Pleiße 12	uh. Mdg. Gösel, Pegel Böhlen	13,10	4527180	5675290
Pleiße 13	Straßenbrücke B2	11,20	4527030	5676800
Pleiße 14	uh. Ablaufbecken Stöhna	9,30	4527125	5677620
Pleiße 15	uh. Deponie B2	7,40	4526820	5680560
Pleiße 16	oh. AGRA-Wehr, Mönchereistraße	5,50	4526772	5682650
Pleiße 17	uh. AGRA-Wehr, oh. Floßgraben	2,70	4526096	5685188
Pleiße 18	oh. Connewitzer Wehr	0,20	4525056	5686810
Pleiße 19	vor Mdg. in Elsterflussbett	-0,45	4525014	5687445

Tabelle 12: Lage der Messstellen (Fluss-km und GPS-Daten)
(hellblau – Messstellen des Monitorings ab 2010) [4i, 4j]

Der Endbericht [4j] beinhaltet die Auswertung der Untersuchungen im Rahmen der Fortführung der Monitoringleistungen ab 2010. An 13 vorgegebenen Messpunkten (12 in der Pleiße und 1 Messpunkt in der Wyhra) wurden die Messungen/Beprobungen durchgeführt. Diese 13 Messpunkte wurden in 6 Standarduntersuchungen untersucht. Das Monitoring war auf die Untersuchung der Niedrigwasser-Mittelwassersituation in der Pleiße ausgerichtet.

In der Tabelle 12 sind die betrachteten Messstellen an der Pleiße bzw. Wyhra aufgezeigt.

Bei der Durchführung und Auswertung des Fließgewässermonitorings „Wasser“ wurde jeweils der Schwerpunkt auf die Darstellung der Konzentrationen und Frachten der bergbaurelevanten Parameter (Eisen, Sulfat, Mangan und pH-Wert) im Längsverlauf der Pleiße gelegt.

Der zweite Schwerpunkt des Fließgewässermonitorings beinhaltete die Untersuchung des Sedimentationsverhaltens in der Pleiße und die Ermittlung charakteristischer Sedimentationsparameter zur Schaffung einer Datengrundlage für die Fließgewässer-Modellierung.

Während der Erörterung der Monitoringergebnisse 2009 (Endbericht Sedimentuntersuchungen 2008/2009 [4h]) wurde im Abgleich mit den Anforderungen der Bearbeiter des Fließgewässermodells ein neues Konzept für die Messungen der Sedimentation mit Hilfe von Tellerfallen und Zylinderfallen in der Pleiße erarbeitet.

Diese Untersuchungen wurden 2011 durchgeführt und im 2. Endbericht [4k] dokumentiert.

Nachfolgend werden die Ergebnisse der Untersuchungen zu den Schwerpunkten „Wasser“ (Konzentrationen und Frachten) und „Sediment“ zusammenfassend dargestellt.

2.2.1 Konzentrationen und Frachten – Untersuchungen 2007 bis 2009 [4i]

Eisenkonzentrationen sind in starkem Maße abhängig von den Abflussmengen.

Verschiedene Faktoren spielen hier eine Rolle, wie z. B.

- Verdünnungseffekte durch Regenwasser
- Transport von abgelagerten Sedimentmassen

Die von SGL durchgeführten Sedimentuntersuchungen (siehe Endbericht Sedimentation zum Pleiße-Monitoring 2008/2009 [4h]) belegen, dass bei Unterschreitung einer kritischen Fließgeschwindigkeit Eisen sedimentiert. Bei Überschreitung der kritischen Geschwindigkeit kommt es zur Aufschlammung und zum Weitertransport der Eisenpartikel.

Um Abhängigkeiten der Konzentrationen und Frachten von den Abflussmengen und Tendenzen besser abbilden zu können, wurden durch den Bearbeiter Abflussklassen gebildet und die Untersuchungen entsprechend der Klassenzugehörigkeit zusammengefasst und ausgewertet.

Als Basis für den Abfluss wurde der am Pegel Böhlen gemessene 13:00 Uhr-Wert durch den Bearbeiter verwendet.

Die Tabelle 13 (S.58) zeigt die Aufstellung der durchgeführten Standarduntersuchungen sortiert entsprechend der vorgenommenen Klasseneinteilung durch den Bearbeiter. Das Diagramm (Abbildung 21, S.59) zeigt die Abflüsse im Vergleich zu den Statistischen Hauptwerten am Pegel Böhlen (NQ=2,00 m³/s, MNQ=4,31m³/s, MQ=6,11m³/s, MHQ=11,20m³/s, HQ=41,50m³/s).

Standard- untersuchung	Datum der Probenahme	Abfluss (gemessen SGL)	Abfluss Pegel Böhlen (LHZ) 13:00Uhr
		[m³/s]	[m³/s]
Klasse 1 (2,42 m³/s ... 3,04 m³/s)			
7	17.07.2008	2,60	2,77
8	30.07.2008	2,62	2,77
10	17.09.2008	2,10	2,68
11	01.10.2008	2,31	2,80
12	15.10.2008	2,69	2,94
13	18.11.2008	2,69	2,94
20	29.07.2009	2,36	2,77
22	26.08.2009	2,48	2,42
23	23.09.2009	2,69	3,04
Klasse 2 (3,13 m³/s ... 5,38 m³/s)			
5	28.05.2008	3,27	3,42
6	18.06.2008	3,04	3,51
9	13.08.2008	2,53	3,13
14	17.12.2008	3,29	4,13
15	15.04.2009	3,79	3,90
17	27.05.2009	5,06	5,38
19	01.07.2009	4,64	3,92
21	12.08.2009	3,42	3,61
24	07.10.2009	3,21	3,71
25	21.10.2009	5,00	4,91
Klasse 3 (8,00 m³/s ... 9,86 m³/s)			
1	27.12.2007		8,05
2	24.01.2008		9,86
3	20.02.2008	6,94	8,00
4	10.04.2008	8,03	9,39
16	29.04.2009	8,81	8,62
18	17.06.2009	9,48	9,39
Klasse 4 (20,00 m³/s)			
26	04.11.2009	15,22	20,00

Tabelle 13: Abflüsse/Klassen der 1. bis 26. Standarduntersuchung am Pegel Böhlen nach [4i]

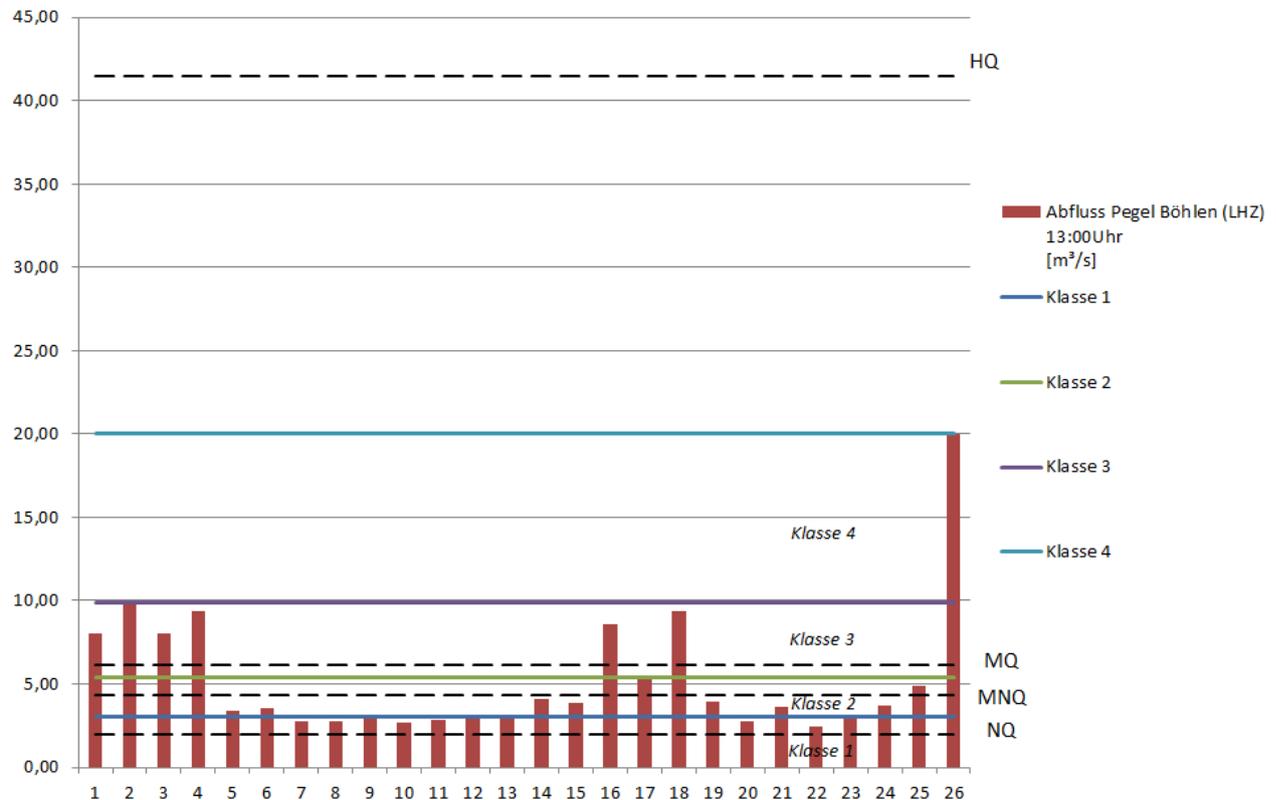


Abbildung 21: Während der Standarduntersuchung gemessene Abflüsse am Pegel Böhlen nach [4i] im Vergleich zu den Statistischen Hauptwerten am Pegel Böhlen

Die pH-Werte im Untersuchungsabschnitt der Pleiße liegen bei allen Untersuchungen im neutralen bis leicht basischen Bereich zwischen pH 6,89 – 8,25. Die Absenkung des pH-Werts zwischen PL 4 und PL 10A ist bei den Standarduntersuchungen mit den niedrigsten Abflüssen (Abfluss-Klasse 1: 2,42 – 3,04 m³/s) im Mittelwert am höchsten.

Der Bereich zwischen PL 4 (Pleiße vor Mdg. Wyhra) bis PL 10A (uh. Trachenauer Wehr) ist durch das Kippengebiet des ehemaligen Tagebaus Witznitz II beeinflusst. Bei niedrigen Abflüssen in der Pleiße ist der Verdünnungseffekt des gelösten Eisens, dass aus der Kippe in die Pleiße infiltriert, geringer, so dass höhere gelöste Eisenkonzentrationen gefunden wurden (siehe auch Eisen(gel.ges.)-Konzentrationen). Gelöstes Eisen wird zu Eisenhydroxid ausgefällt, wobei es zu einer höheren pH-Wert Absenkung bei der 1. Abflussklasse kommt. Bei den hohen Abflüssen zwischen 8,0 – 20,0 m³/s findet nur eine sehr geringe Absenkung des pH-Werts zwischen PL 4 und PL 10A statt.

Der pH-Wert-Verlauf stellt sich bei den Abflussklassen 1 – 3 wie folgt dar: An der Messstelle PL 1 (Regis-Breitungen) wurden im Vergleich zu den anderen Stellen meistens leicht höhere pH-Werte gemessen. Messstelle PL 1 charakterisiert als Referenzmessstelle den pH-Wert am Systemeingang und im Kippen unbeeinflussten und zum Teil relativ ursprünglichen Gebiet. Zwischen PL 4 (Pleiße vor Mdg. Wyhra) und PL 10A (uh. Trachenauer Wehr) wurde fast immer eine pH-Wert-Absenkung gemessen. PL 6 und PL 7 befinden sich dabei im Bereich, der am stärksten durch das Kippengebiet des ehemaligen Tagebau Witznitz II beeinflusst wird, d.h. dass an diesen Stellen am meisten eisenhaltiges Grundwasser in die Pleiße infiltriert (siehe Eisen(gel.ges.)-Konzentration). An diesen Stellen sind auch die stärksten pH-Wert-Absenkungen zu finden. Ab PL 11 bis PL 16 gibt es einen kontinuierlichen Anstieg der pH-

Werte, so dass die pH-Werte der Stelle PL 16 fast das Ausgangsniveau von PL 1 wieder erreichen oder sogar übertreffen. Bei PL 18 kommt es durch den unterhalb erfolgten Zufluss des Floßgrabens, der meistens niedrigere pH-Werte als die Pleiße hat (2008: pH-Werte zwischen 6,9 und 7,3), zu einem kleinen Abfall der pH-Werte. Die 26. STU, die bei einem hohen Abfluss von 20 m³/s durchgeführt wurde, weicht von diesem Verlauf ab, besonders im oberen Flussabschnitt zwischen PL 1 und PL 4_5 kommt es zu einem pH-Wert-Anstieg.

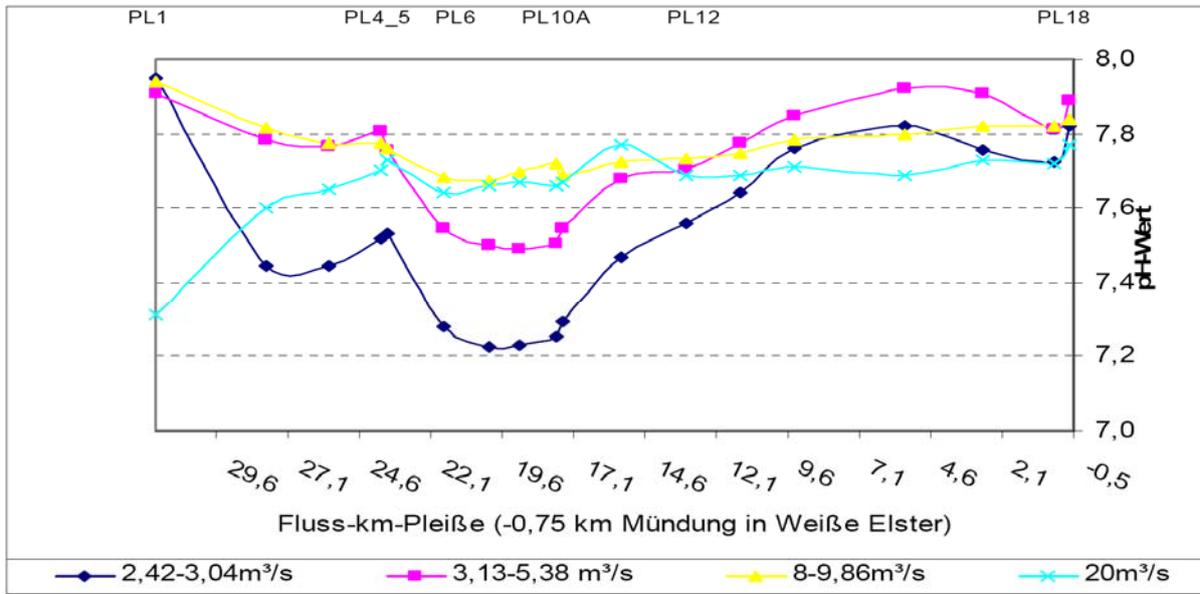


Abbildung 22: Mittelwerte der pH-Werte in der Pleiße der vier verschiedenen Abflussklassen [4i]

Die höchsten Mittelwerte der Eisen(II)-Konzentrationen (Abbildung 23) wurden, wie erwartet, bei der Abflussklasse 1 (2,4 – 3,0 m³/s) gefunden.

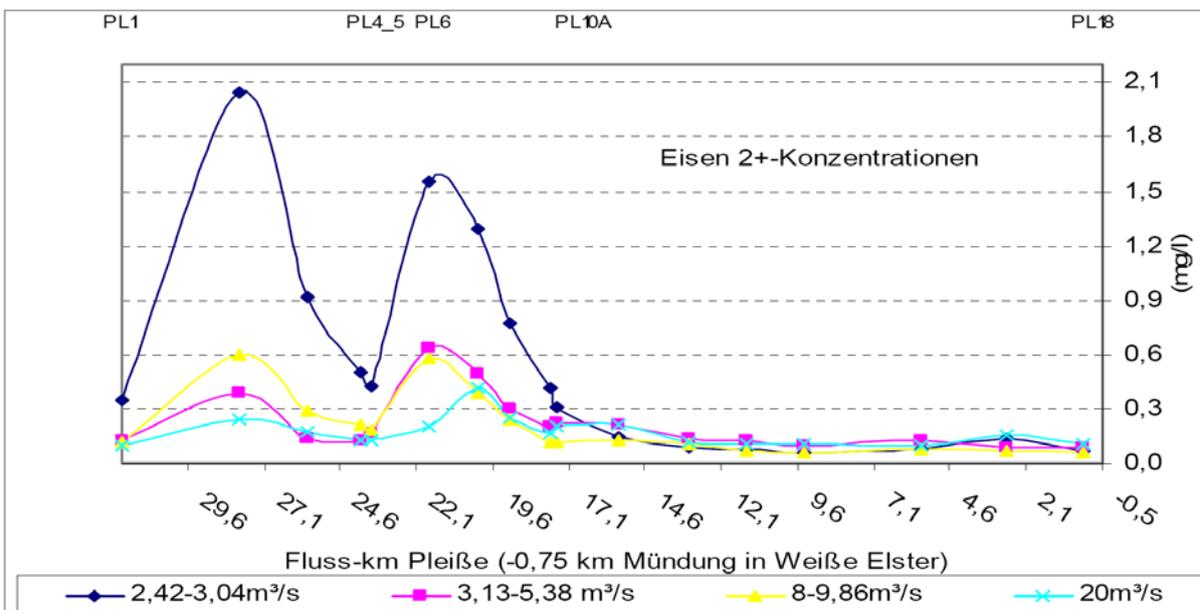


Abbildung 23: Mittelwerte der Eisen(II)-Konzentrationen in der Pleiße bei vier verschiedenen Abflussklassen [4i]

Bei niedrigen Abflüssen in der Pleiße besteht die Möglichkeit, dass einerseits eine größere Menge Kippengrundwasser in die Pleiße infiltriert und andererseits ist der Verdünnungseffekt durch das Pleißewasser geringer. Auffällig sind die geringen Unterschiede in den Mittelwerten der Eisen(II)-Konzentrationen der 2. und 3. Abflussklasse, die so nicht erwartet wurde.

Bei den Eisen(ges.)-Konzentrationen wurden deutliche Unterschiede zwischen Abflussklasse 2 und 3 gefunden.

Peaks der Mittelwerte der Eisen(II)-Konzentrationen wurden bei PL 2 (oh. Einleitung S 50) von ca. 2,0 mg/l und PL 6 (Fußgängerbrücke (FGB) Neukieritzsch) von ca. 1,5 mg/l gefunden.

Die Erhöhung der Eisen(II)-Konzentrationen zwischen PL 1 und PL 2 war durch die Einleitung von Grubenwasser durch die MIBRAG aus der Entwässerung des Tagebaus Schleenhain in die Pleiße bedingt

Die Erhöhung der Eisen(II)-Konzentrationen an der Messstelle PL 6 ist durch die Infiltration von Kippengrundwasser aus der Kippe des ehemaligen Tagebaus Witznitz II bedingt. Von PL 2 zu PL 4 kam es zu einer schnellen Abnahme der Eisen(II)-Konzentrationen. Die Abnahme der Eisen(II)-Konzentrationen von PL 6 zu PL 9 war langsamer, da wahrscheinlich im gesamten von der Kippe beeinflussten Fließabschnitt Eisen(II) in die Pleiße infiltriert.

Im unteren Fließabschnitt ab PL 11 wurden geringe Mittelwerte der Eisen(II)-Konzentrationen von < 0,3 mg/l bei allen Abflussklassen gemessen, da das gelöste Eisen in partikuläres Eisen umgewandelt wird.

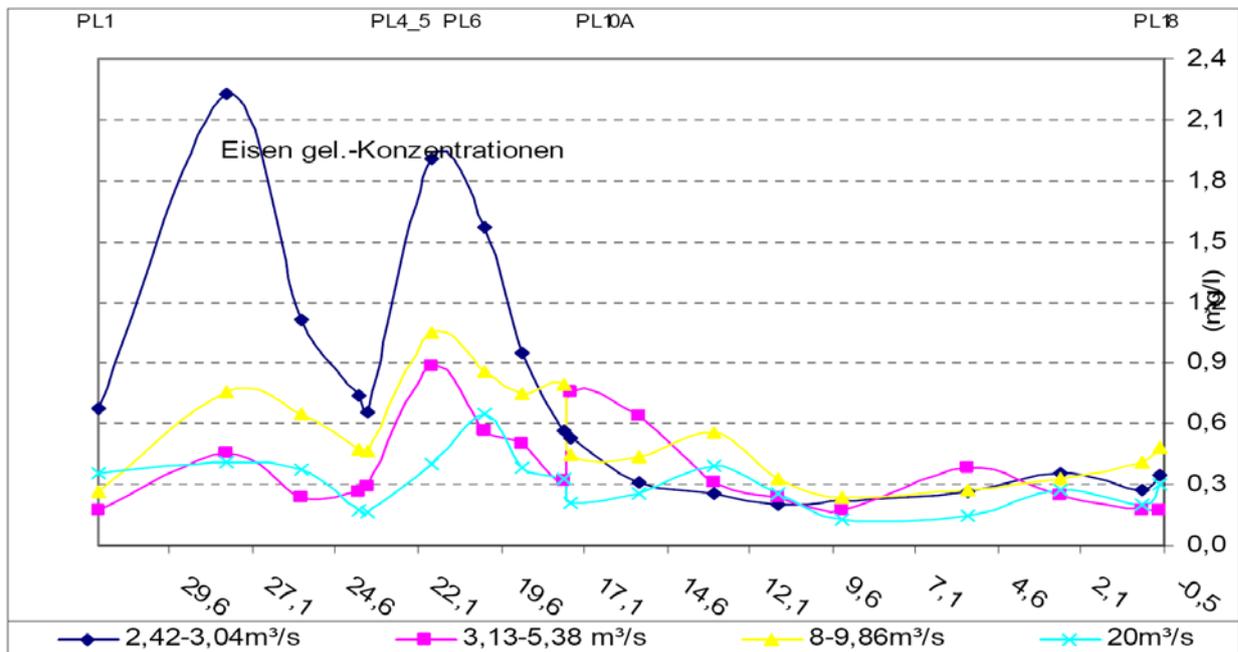


Abbildung 24: Mittelwerte der Eisen(gel.ges.)-Konzentrationen in der Pleiße bei vier verschiedenen Abflussklassen [4i]

Die Mittelwerte der Eisen(ges.)-Konzentrationen (Abbildung 25) liegen zwischen 1 – 8 mg/l.

Die höchsten Mittelwerte (7 – 8 mg/l) der Eisen(ges.)-Konzentrationen wurden, wie beim gelösten Eisen, bei den niedrigsten Abflüssen (Abflussklasse 1) gefunden und zwar an den Messstellen PL 6 und PL 7, in dem Gebiet wo die Pleiße entlang der Kippen des ehemaligen Tagebau Witznitz II fließt.

Bei Abflussklasse 1 wurden auch bei PL 2 hohe Mittelwerte der Eisen(ges.)-Konzentration um 6,0 mg/l gefunden. Der Längsverlauf der Mittelwerte der Eisen(ges.)-Konzentrationen war bei den niedrigen Abflussklassen ähnlich, unterscheidet sich jedoch von den hohen Abflussklassen.

Bei allen Abflussklassen wurden die signifikant niedrigsten Werte im Längsverlauf der Pleiße am Messpunkt PL 1 in Regis-Breitungen gefunden. Bei Abflussklasse 1 und 2 kommt es ab PL 7 zu einem Abfall der Eisen(ges.)-Konzentrationen, so dass am Ende der Fließstrecke 1,5 – 2,0 mg/l Eisen gemessen werden.

Die Frachtverluste von Eisen auf der Fließstrecke sind auf die Sedimentation von Eisen zurückzuführen (siehe auch [4h]). Jedoch werden bei Abflussklasse 1 die niedrigen Eisenkonzentrationen bereits bei PL 13 erreicht, wohingegen bei der 2. Abflussklasse die niedrigsten Konzentrationen erst bei PL 18 erreicht werden.

Bei hohen Abflüssen nehmen die Eisen(ges.)-Konzentrationen im Längsverlauf der Pleiße zu, so dass von einer Resuspension von Eisen ausgegangen werden kann. So werden am Ende der Fließstrecke bei der Abflussklasse 3 Mittelwerte von 3 mg/l Eisen gefunden und beim höchsten Abfluss von 20 m³/s sogar Mittelwerte von 5 mg/l Eisen.

Bei dem am Ende der Fließstrecke noch gemessenen Eisen(ges.)-Konzentrationen handelt es sich hauptsächlich um partikuläres Eisen.

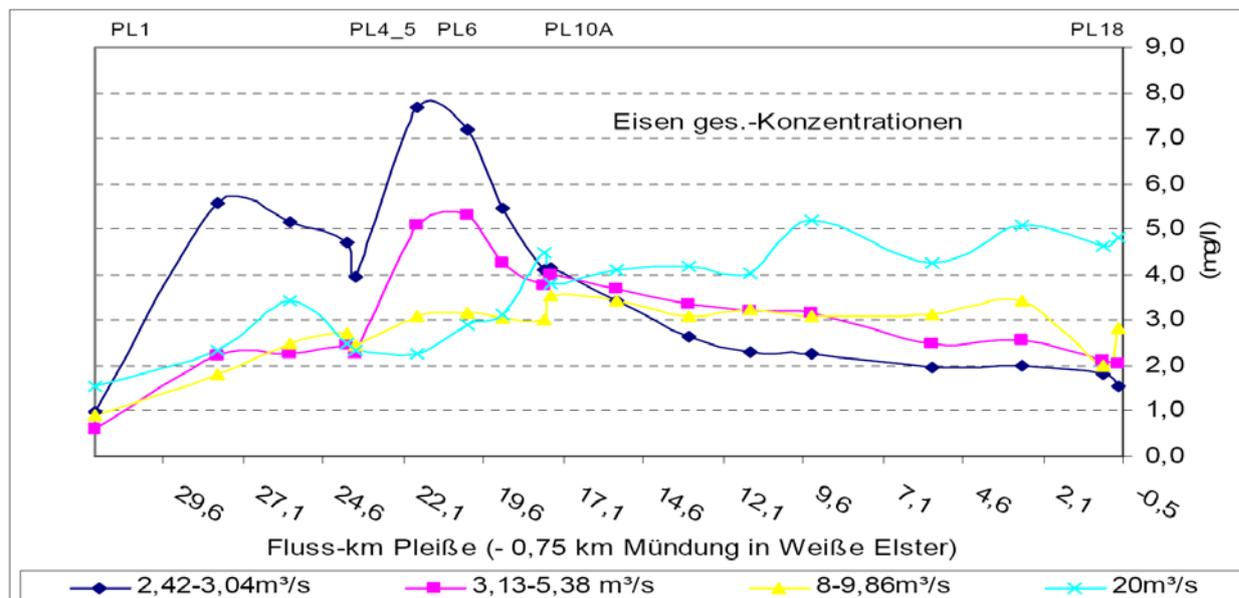


Abbildung 25: Mittelwerte der Eisen(ges.)-Konzentrationen in der Pleiße bei vier verschiedenen Abflussklassen [4i]

Es wurden mittlere Sulfat-Konzentrationen (Abbildung 26) zwischen 89 – 368 mg/l in der Pleiße gemessen.

Im Gegensatz zum Eisen, bleibt Sulfat im Wasser gelöst und reichert sich somit im Laufe der Fließstrecke in der Pleiße immer mehr an, so dass die niedrigsten Sulfat-Konzentrationen bei PL 1 (Regis-Breitungen) und die höchsten am Ende der Fließstrecke bei PL 18 bzw. PL 19 gefunden wurden.

Die mittleren Sulfat-Konzentrationen in der Pleiße unterscheiden sich gem. statistischer Analyse des Bearbeiters bei den vier verschiedenen Abflussklassen signifikant voneinander

Die signifikant höchsten mittleren Sulfat-Konzentrationen wurden bei den niedrigsten Abflüssen gemessen, gefolgt von signifikant niedrigeren Konzentrationen bei Abflussklasse 2 und wiederum niedrigeren Konzentrationen bei Abflussklasse 3.

Die niedrigsten mittleren Sulfat-Konzentrationen wurden bei dem höchsten Abfluss von 20 m³/s gefunden, was auf den Verdünnungseffekt durch Wasser aus dem Pleiße Oberlauf zurückzuführen ist.

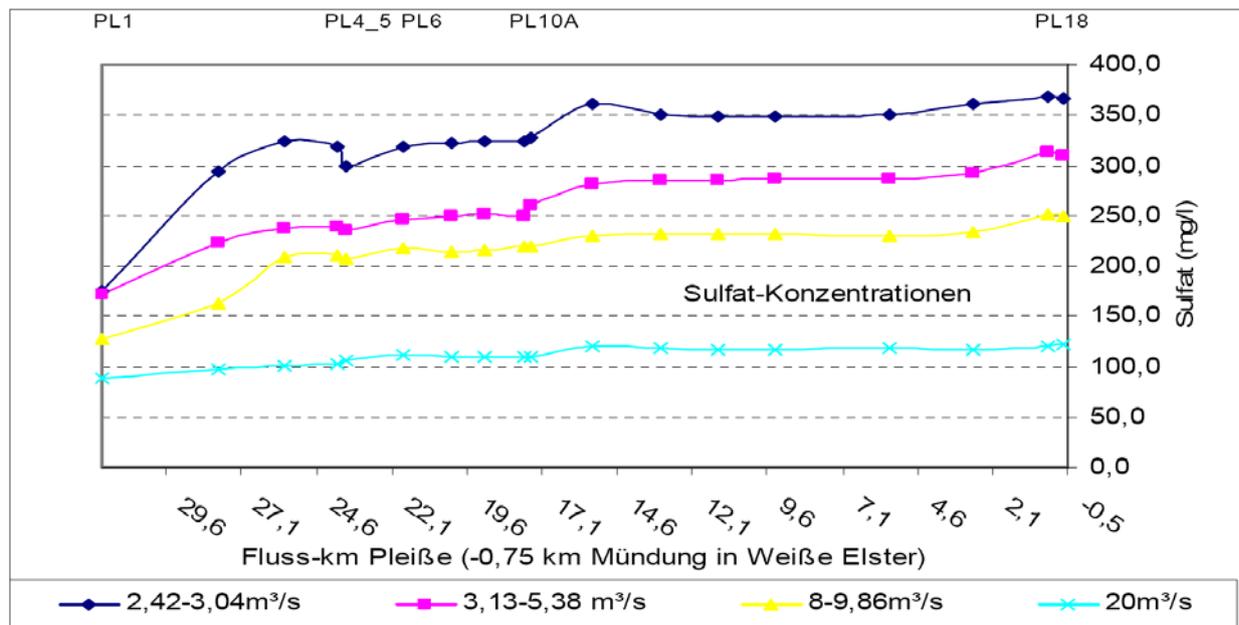


Abbildung 26: Mittelwerte der Sulfat-Konzentrationen in der Pleiße bei vier verschiedenen Abflussklassen [4i]

Im Längsverlauf der Pleiße wurden die niedrigsten Sulfat-Konzentrationen bei PL 1 in Regis-Breitungen gefunden. Ein Anstieg der Sulfatkonzentrationen findet bedingt durch eingeleitetes Grubenwasser bei PL 2 und Eintrag durch das Kippengebiet bei Deutzen bei PL 3 statt, bei PL 6 (FGB Neukieritzsch) erhöht sich die Sulfat-Konzentration durch infiltrierendes Kippengrundwasser.

Ein weiterer Anstieg der Sulfat-Konzentrationen wurde unterhalb der Mündung „Faule Pfütze“ bei PL 11 ermittelt. Die Faule Pfütze weist hohe Sulfatkonzentrationen auf (340 – 1090 mg/l Sulfat).

Bei PL 18 wurden durch den unterhalb der Messstelle zufließenden Floßgraben, in den Abwasser aus der Kläranlage Markleeberg und der Überlauf des Cospudener Sees eingeleitet wird, auch höhere Mengen an gelöstem Sulfat in die Pleiße eingebracht (2008: 580 – 810 mg/l Sulfat), so dass dort ein weiterer Anstieg der Sulfat-Konzentrationen zu finden war.

Innerhalb der untersuchten Fließstrecke der Pleiße existieren verschiedene **Zuflüsse** in die Pleiße:

- Einleitung von Grubenwasser aus dem Tgb. Schleenhain (PL 2)
- Wyhra (oberhalb von Pleiße 6),
- Faule Pfütze (oberhalb von Pleiße 11)
- Einleitung vom Kraftwerk Lippendorf (ab 13. STU oberhalb von PL 11),
- Kleine Pleiße (vom Stausee Rötha),
- Gösel (beide oberhalb von Pleiße 12),
- Kleine Pleiße (Ableitung vom Markkleeberger See) (oberhalb von Pleiße 17),
- Mühlpleiße und Floßgraben (beide oberhalb von Pleiße 18).

(Anmerkung: Die Einleitung von Wasser aus der GWRA Schleenhain, war im Zeitraum der 1. Messkampagne nicht existent. Die 2. Messkampagne wird im Pkt. 2.2.2 dargestellt.)

Relevante **Abflüsse** aus der Pleiße sind: der Zulaufgraben zum Stausee Rötha (oberhalb Pleiße 10), die Mühlpleiße (oberhalb von Pleiße 17) und der Mühlgraben (oberhalb von Pleiße 19).

Um die Frachten aus den ermittelten Konzentrationen ableiten zu können wurden im Rahmen der Wasserprobenahme Abflussmessungen durchgeführt. An Messstellen ohne Abflussmessung wurden die Abflüsse entsprechend den oberstromigen Abflussverhältnissen angesetzt (Details siehe [4i], S.16).

Für die Berechnung der Mittelwerte der Frachten wurden durch den Bearbeiter zuerst die Konzentrationen mit den Abflüssen multipliziert und dann die Mittelwerte gebildet.

Die höchsten mittleren **gelösten Eisenfrachten** (Abbildung 28, Abbildung 28 S.65) wurden bei der Standarduntersuchung mit dem höchsten Abfluss (20 m³/s) gefunden.

Bei der 3. Abflussklasse wurden besonders in der unteren Fließstrecke ab PL 9 signifikant höhere gelöste Eisenfrachten als bei den niedrigen Abflüssen gemessen.

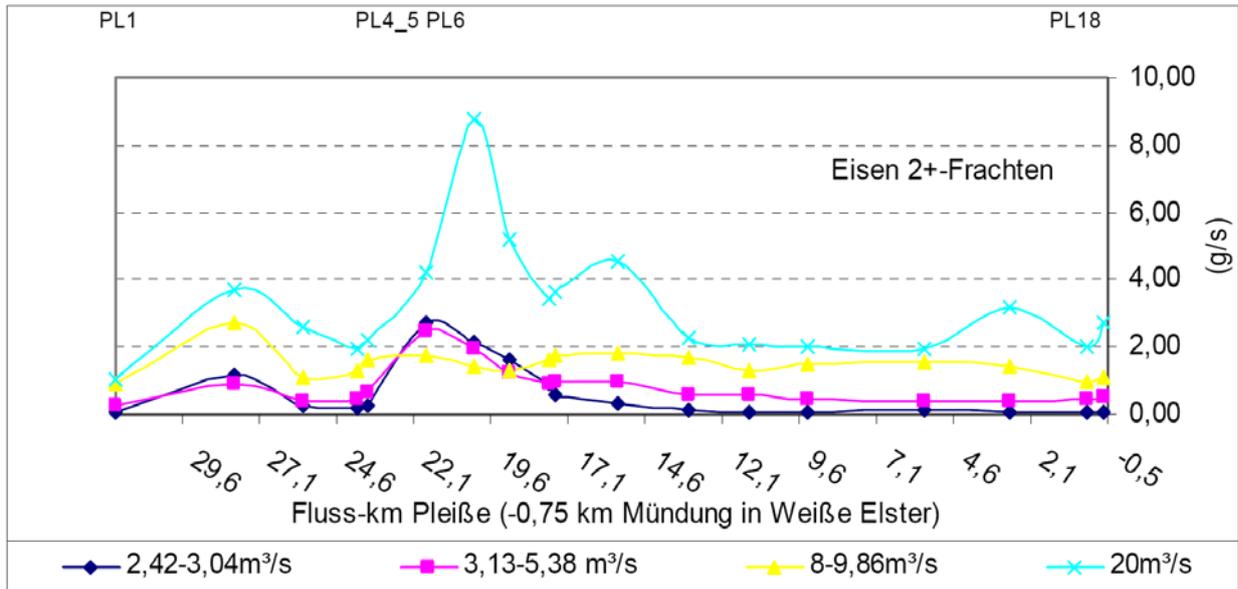


Abbildung 27: Mittelwerte der Eisen(II)-Frachten in der Pleiße bei vier verschiedenen Abflussklassen [4i]

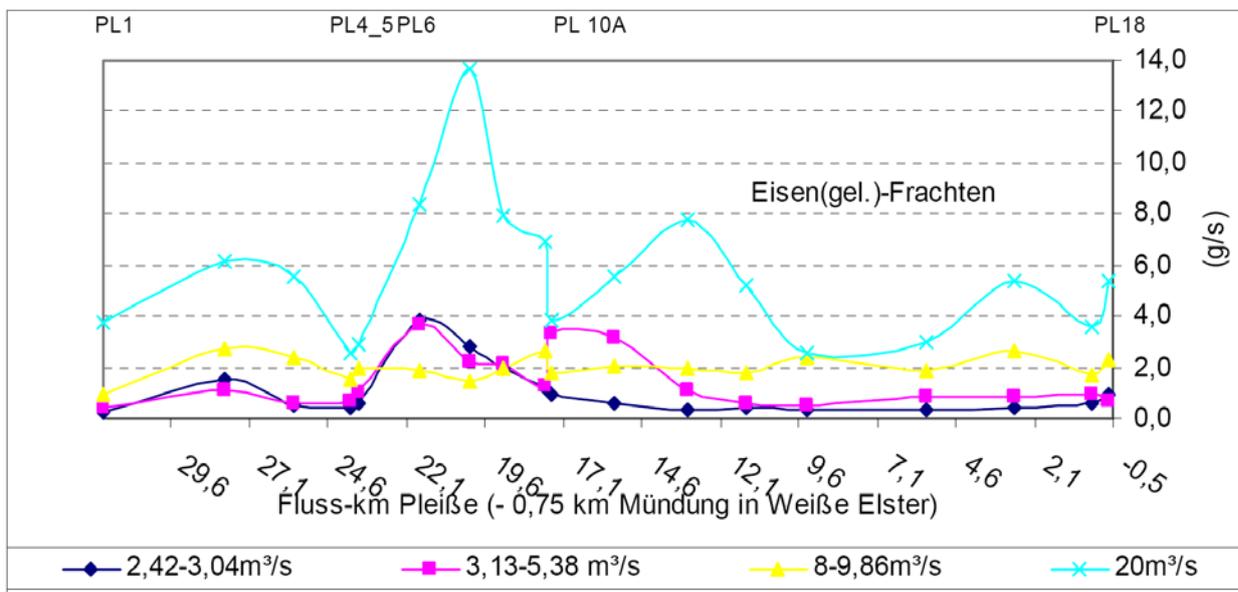


Abbildung 28: Mittelwerte der Eisen(gel.ges.)-Frachten in der Pleiße bei vier verschiedenen Abflussklassen [4i]

Die beiden niedrigen Abflussklassen zeigten sehr ähnliche gelöste Eisenfrachten und einen ähnlichen Längsverlauf wie die gelösten Eisenkonzentrationen mit Peaks bei PL 2 und PL 4_5 und PL 6.

Ab PL 12 wurden sehr niedrige gelöste Eisenfrachten < 1,0 g/s bei den niedrigen Abflüssen gefunden. Bei allen Abflussklassen nehmen die gelösten Eisenfrachten im Längsverlauf nach dem Kippengebiet des ehemaligen Tagebaus Witznitz II durch die Umwandlung in partikuläres Eisen erwartungsgemäß ab.

Bzgl. der **mittleren Eisen(ges.)-Frachten** ergab sich folgendes Bild.

Bei den hohen Abflüssen von 8,0 – 20,0 m³/s wurden deutlich höhere mittlere Eisen(ges.)-Frachten (Abbildung 29) ermittelt als bei den niedrigeren Abflüssen. Bei 20 m³/s wurden bis 100 g Eisen/s und bei 8,0 – 9,9 m³/s bis 66 g Eisen/s gefunden.

Bei den hohen Abflüssen (8,0 bis 9,9 und 20m³/s) kommt es zum Anstieg der Eisen(ges.)-Frachten im Längsverlauf, so dass von einer Resuspension von Eisen ausgegangen werden kann.

Bei den beiden niedrigen Abflussklassen (2,4 – 5,4 m³/s) wurden Eisen(ges.)-Frachten bis 17 g/s gemessen. Bei diesen Abflüssen (Abflussklasse 1 und 2) waren die Eisen(ges.)-Frachten im Bereich der Kippe des ehemaligen Tagebaus Witznitz II bei PL 6 und PL 7 am höchsten und nahmen dann im Längsverlauf der Pleiße ab. Allerdings nahmen bei Abflussklasse 1 die Eisen(ges.)-Frachten deutlich stärker im Anstaubereich des Trachenauer Wehrs ab als bei der Abflussklasse 2, so dass bei den Untersuchungen der Abflussklasse 1 die Sedimentation von Eisen im Anstaubereich des Trachenauer Wehrs höher war als bei denen der Abflussklasse 2 (siehe auch Endbericht Sedimentation [4k], Kapitel Frachtverluste, SGL 22.12.2008).

Auch im gesamten unteren Fließabschnitt der Pleiße (PL 10 – PL 19) mit Ausnahme des AGRA-Wehrs wurde eine höhere Abnahme der Eisen(ges.)-Frachten bei der Abflussklasse 1 gegenüber der Abflussklasse 2 gefunden, was auf höhere Sedimentationsraten bei den niedrigeren Abflüssen hindeutet. Am Ende der Fließstrecke wurden bei den Untersuchungen der Abflussklasse 1 mittlere Eisen(ges.)-Frachten von 3 g/s gegenüber 11 g/s bei Abflussklasse 2 gefunden.

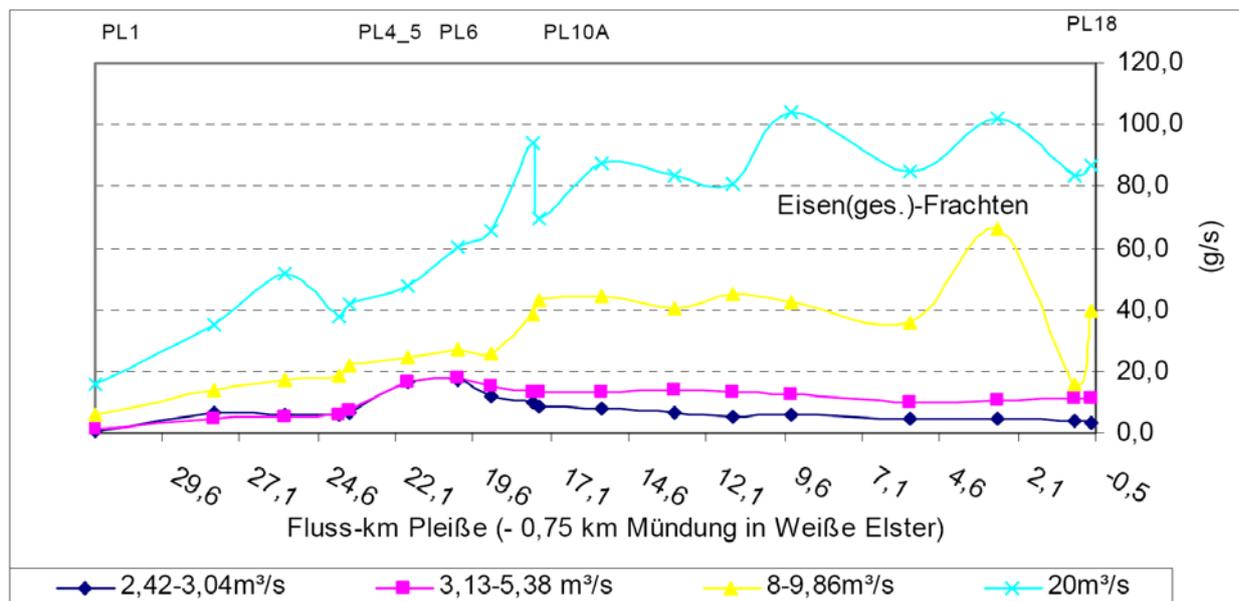


Abbildung 29: Mittelwerte des Eisen(ges.)-Frachten in der Pleiße bei vier verschiedenen Abflussklassen [4i]

Bei den durchgeführten Standarduntersuchungen wurden mittlere Sulfat-Frachten von 220 – 2550 g/s bestimmt. Bedingt durch die Zunahme der Sulfat-Konzentrationen und der Abflussmengen im Längsverlauf der Pleiße nehmen auch die Sulfat-Frachten im Längsverlauf der Pleiße zu.

Anstiege der Frachten sind insbesondere

- bei PL 2 (Einleitung von Grubenwasser aus dem Tgb. Schleenhain),
- im Kippengebiet des ehemaligen Tgb. Witznitz II (PL 6) zu,
- bei PL 11 (Zufluss der Faulen Pfütze und Kraftwerk Lippendorf) und
- bei PL 18 (oberhalb erfolgt der Zufluss des Flossgrabens).

Die Sulfat-Frachten korrelieren sehr gut mit den Abflussmengen. Abflussklasse 1 und 2 unterscheiden sich nur im unteren Fließabschnitt ab der Messstelle PL 12 signifikant voneinander.

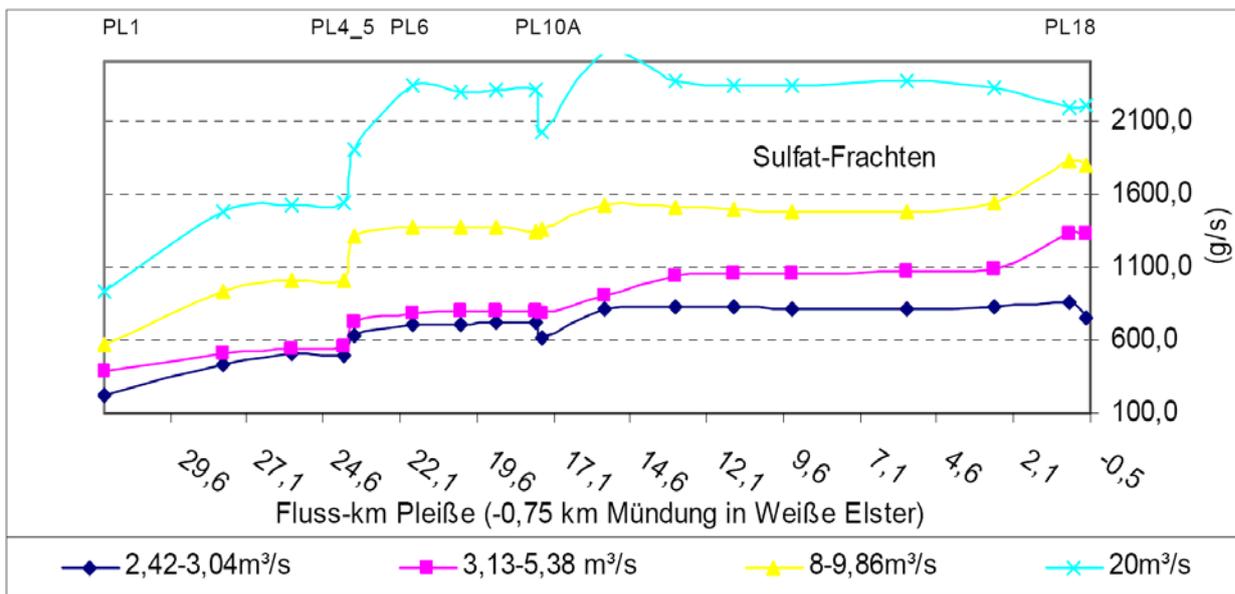


Abbildung 30: Mittelwerte der Sulfat-Frachten in der Pleiße bei vier verschiedenen Abflussklassen [4i]

Für die Bilanzierung der Frachten entlang der Pleiße sind auch die Zuflüsse zur Pleiße von Bedeutung. Daher wurden Konzentrationen, Durchflüsse und Frachten an Zuflüssen der Wyhra, Faule Pfütze, Gösel und Floßgraben bestimmt. An dieser Stelle werden die wesentlichen Aussagen zu den Frachten wiedergegeben. Angabe zu den Basisparametern sind der Unterlage [4i] zu entnehmen.

Generell waren die Frachten aller bergbaurelevanten Stoffe in der Wyhra signifikant niedriger als bei der oberhalb der Mündung der Wyhra gelegenen Pleiße Messstelle, trotzdem stellen sowohl die Sulfat- als auch die Mangan-Frachten der Wyhra eine deutliche zusätzliche Belastung für die Pleiße dar.

Mittelwerte der Abflüsse (m³/s)

Messstelle		2,4 - 3,0m ³ /s	3,1 - 5,4 m ³ /s	8,0 - 9,9 m ³ /s	20 m ³ /s
Pleiße vor Mdg. Wyhra	PL4	1,70	2,48	6,82	15,09
Wyhra vor Mdg.Pleiße	PL5	0,52	0,75	1,87	2,82
Pleiße nach Mdg. Wyhra	PL4_5	2,22	3,23	8,12	17,92
FGB Neukieritzsch	PL6	2,33	3,28	8,08	20,99

Mittelwerte der Eisen(ges.)-Frachten (g/s)

Messstelle		2,4 - 3,0m ³ /s	3,1 - 5,4 m ³ /s	8,0 - 9,9 m ³ /s	20 m ³ /s
Pleiße vor Mdg. Wyhra	PL4	8,13	6,19	18,73	37,73
Wyhra vor Mdg.Pleiße	PL5	0,74	1,21	2,74	3,84
Pleiße nach Mdg. Wyhra	PL4_5	8,87	7,40	20,29	41,57
FGB Neukieritzsch	PL6	18,17	16,39	24,27	47,65

Mittelwerte der Eisen(gel.ges.)-Frachten (g/s)

Messstelle		2,4 - 3,0m ³ /s	3,1 - 5,4 m ³ /s	8,0 - 9,9 m ³ /s	20 m ³ /s
Pleiße vor Mdg. Wyhra	PL4	1,32	0,66	3,13	2,57
Wyhra vor Mdg.Pleiße	PL5	0,20	0,30	0,74	0,31
Pleiße nach Mdg. Wyhra	PL4_5	1,52	0,96	3,44	2,88
FGB Neukieritzsch	PL6	4,62	2,98	7,95	8,40

Mittelwerte der Eisen(II)-Frachten (g/s)

Messstelle		2,4 - 3,0m ³ /s	3,1 - 5,4 m ³ /s	8,0 - 9,9 m ³ /s	20 m ³ /s
Pleiße vor Mdg. Wyhra	PL4	0,91	0,35	1,37	1,93
Wyhra vor Mdg.Pleiße	PL5	0,09	0,20	0,12	0,27
Pleiße nach Mdg. Wyhra	PL4_5	1,00	0,54	1,44	2,20
FGB Neukieritzsch	PL6	3,77	2,15	4,46	4,24

Mittelwerte der Sulfat-Frachten (g/s)

Messstelle		2,4 - 3,0m ³ /s	3,1 - 5,4 m ³ /s	8,0 - 9,9 m ³ /s	20 m ³ /s
Pleiße vor Mdg. Wyhra	PL4	541,42	574,02	1383,46	1539,38
Wyhra vor Mdg.Pleiße	PL5	120,62	170,26	364,15	355,82
Pleiße nach Mdg. Wyhra	PL4_5	662,03	744,28	1655,90	1895,21
FGB Neukieritzsch	PL6	743,64	789,16	1726,50	2329,89

Tabelle 14: Mittelwerte der Abflüsse und Frachten (Eisen(ges.), Eisen(gel.ges.), Eisen(II), Sulfat im Bereich der Wyhra [4i]

Der Sulfatgehalt in der **Faulen Pfütze** ist deutlich höher als in der Pleiße. Demgegenüber zeigen niedrigere Eisen(ges.)-Konzentrationen in der Faulen Pfütze gegenüber der Pleiße, dass die Faule Pfütze keine zusätzliche Eisen-Belastung für die Pleiße darstellt.

In der Faulen Pfütze wurden deutlich höhere Konzentrationen von organischem Kohlenstoff (TOC, DOC), Nitrat und zu fast allen Zeitpunkten auch von Gesamt-Phosphor und o-Phosphat-Phosphor gemessen als in der Pleiße. Auch die Konzentrationen von Natrium- und Chlorid-Ionen waren deutlich höher als in der Pleiße.

Die Faule Pfütze weist wesentlich geringere Abflüsse von 0,07 – 0,33 m³/s gegenüber der Pleiße (2,77 - 20,00 m³/s Pegel Böhlen, BfUL) auf, so dass die Frachten aller gemessenen Parameter niedriger sind als in der Pleiße. Trotzdem kommt es durch die hohen Konzentrationen einiger Stoffe in der Faulen Pfütze nach dem Zufluss der Faulen Pfütze zu einer erheblichen Frachterhöhung an der Pleiße-Messstelle unterhalb der Mündung Faule Pfütze (PL 11), z.B. von Sulfat, TOC und von Natrium- und Chlorid-Ionen.

Die **Gösel** wurde zweimalig untersucht. Für die Berechnung der Frachten der Stelle PL11 wurde der Abfluss Pegel Böhlen abzüglich des Abflusses der Gösel verwendet.

Die Eisen(ges.)-Konzentration der Gösel waren deutlich niedriger als an den angrenzenden Pleiße-Messstellen. Durch den geringen Abfluss der Gösel gegenüber der Pleiße ist die Eisen(ges.)-Fracht unerheblich für die Pleiße. Die Konzentrationen von gelöstem Eisen waren in der Gösel auch sehr gering, die gelösten Eisenfrachten der Gösel waren deshalb für die Pleiße ebenfalls unerheblich. Die Sulfat-Konzentrationen der Gösel waren relativ hoch, die sich daraus ergebenden Sulfat-Frachten waren allerdings gering, so dass die Sulfat-Belastung durch die Gösel für die Pleiße ebenfalls gering war.

Der Floßgraben und jeweils eine Stelle kurz vor und kurz nach Zulauf Floßgraben wurden einmalig untersucht. Die Ergebnisse der Untersuchung des Floßgrabens und der angrenzenden Stellen zeigen, dass es kurz nach dem Zulauf des Floßgrabens in der Pleiße zu einer Erhöhung der Sulfat-Konzentration und der Leitfähigkeit kommt.

2.2.2 Konzentrationen und Frachten – Untersuchungen 2010 bis 2012 [4j]

Die 2. Messkampagne ab 2010 umfasste 6 Standarduntersuchungen an 13 Messstellen (siehe Tabelle 12, S.56).

	Datum der Probenahme	Abfluss (Pegel Böhlen) (m ³ /s)
1. Standarduntersuchung	23.09.2010	5,16
2. Standarduntersuchung	09.05.2011	4,56 – 4,45
3. Standarduntersuchung	20.06.2011	4,34 – 4,68
4. Standarduntersuchung	25.07.2012	4,45
5. Standarduntersuchung	01.08.2012	3,71 – 4,02
6. Standarduntersuchung	21.08.2012	3,22 – 3,51

Tabelle 15: Eckdaten der 1. bis 6. Standarduntersuchung [4j]

Gem. Tabelle 15 lagen die Abflüsse der Standarduntersuchungen somit zwischen MNQ und MQ (Pegel Böhlen).

Im Vergleich zum letzten Bericht [4i] wurden zur Bewertung aktualisierte Hydrologische Kennzahlen für den Pegel Böhlen herangezogen. Die Kennzahlen basieren auf das zwischenzeitlich vorliegende Hydrologische Handbuch des LfULG (Stand 08/2010) für den Pegel Böhlen.

Die Werte 1995-2006 bzw. 2010-2012 wurden auf der Basis einer Jahresliste für das jeweilige Abflussjahr vom Pegel Böhlen Pleiße (LfULG) vom Bearbeiter gemittelt (siehe Tabelle 16).

Hydrologische Kennzahlen	Hydrolog. Handbuch 1959 - 2010	1995 - 2006 (in SGL-Berichten bis 2010 verwendet)	2010 - 2012 (Mittelwert)
NQ	0,922 m ³ /s	2,00 m ³ /s	3,37 m ³ /s
MNQ	3,03 m ³ /s	4,31 m ³ /s	*
MQ	6,76 m ³ /s	6,11 m ³ /s	9,34 m ³ /s
MHQ	38,2 m ³ /s	11,2 m ³ /s	*
HQ	142 m ³ /s	41,5 m ³ /s	47,6 m ³ /s

Tabelle 16: Hydrologische Kennzahlen Pegel Böhlen Pleiße [4j]

Weiterhin ist nunmehr an der Pleiße die zusätzliche Einleitung aus der Grubenwasserreinigungsanlage der MIBRAG am 04/2010 zu beachten (ca. 0,7 m³/s).

Die im Bericht [4j] ausgewerteten 6 Wasser-Standarduntersuchungen fanden alle bei MNQ (3,3 – 5,2 m³/s Pegel Böhlen) in der Pleiße statt. Der Schwerpunkt der Auswertung lag auf der Längsentwicklung der bergbaurelevanten Parameter Eisen und Sulfat. Es wurde der 30 km lange untere Abschnitt der Pleiße von Regis-Breitungen bis kurz vor der Mündung der Pleiße in die Weiße Elster untersucht.

Die Wyhra, die die wassermengenmäßig größte Einleitung in die Pleiße darstellt, wurde ebenfalls untersucht. Die Messstelle PL 1 in Regis-Breitungen, die sich im relativ bergbauunbelasteten Gebiet befindet, stellt dabei mit den niedrigsten Eisen- und Sulfatkonzentrationen und -frachten einen Referenzzustand dar.

Unterhalb der Stelle PL4 kam es zu einer Erhöhung der Eisen- und Sulfatfrachten durch den Zufluss der Wyhra. Innerhalb des 30 km langen Abschnitts führt die Pleiße durch das Kippengebiet des ehemaligen Tagebaus Witznitz II im Bereich von PL 6 bis PL 9. Insbesondere bei niedrigen aber auch bei mittleren Wasserständen kommt es in diesem Bereich zur Infiltration von Kippengrundwasser in die Pleiße, die durch eine Braunfärbung des Wassers sichtbar wird.

Bei den Messstellen PL 6 (Fußgängerbrücke Neukieritzsch) und PL 7 (Rohrbrücke), die beide im Bereich der Kippe liegen, wurden deshalb die höchsten Eisen(ges.)-Konzentrationen (4,1 – 6,1 mg/l) und -frachten (13 - 24 g/s) sowie die höchsten Eisen(gel.)-Konzentrationen und -frachten gemessen. Unterhalb von PL 7 nehmen die Eisen-Konzentrationen und -frachten im Laufe der Fließstrecke deutlich ab. Die Eisen(gel.)-Frachten erreichten durch die Umwandlung in partikuläres Eisen schnell niedrige Frachten unter 1 g/s.

Die Abnahme der Eisen(ges.)frachten ist auf die Sedimentation von Eisen zurückzuführen. Jedoch wurden auch am Ende der Fließstrecke bei PL 18 noch relativ hohe Eisen(ges.)-Frachten von 6,1 – 10,4 g/s gemessen, die annähernd in dieser Größenordnung von der Pleiße in die Weiße Elster transportiert werden (siehe Abbildung 31, S.71).

Im Gegensatz zum Eisen reichert sich Sulfat im Laufe der Fließstrecke immer mehr an, so dass am Ende der Fließstrecke hohe Sulfat-Konzentrationen von 350 – 450 mg/l und Sulfat-Frachten von 1830 – 2330 g/s gemessen wurden.

Ein Eintrag von Sulfat findet, wie beim Eisen, im Bereich der Kippe des Tagebaus Witznitz II statt. Den signifikant größten Sulfateintrag gibt es jedoch durch die Einleitung der GWRA der MIBRAG, die sich zwischen PL 6 und PL7 befindet (siehe Abbildung 32 S.71).

Hier steigt die Sulfat-Konzentration um bis zu 200 mg/l und die Sulfat-Fracht um bis zu 700 g/s.

Zu weiteren Einträgen von Sulfat im darunter liegenden Fließabschnitt kommt es durch die Zuflüsse der Faulen Pfütze und des Floßgrabens.

Die Eisenkonzentrationen und –Frachten von 2010, 2011 und 2012 lagen ähnlich wie die der Monitoring-Untersuchungen von 2008 und 2009 (siehe Endbericht Wasseruntersuchungen [4i] bzw. Ausführungen im Punkt 2.2.1).

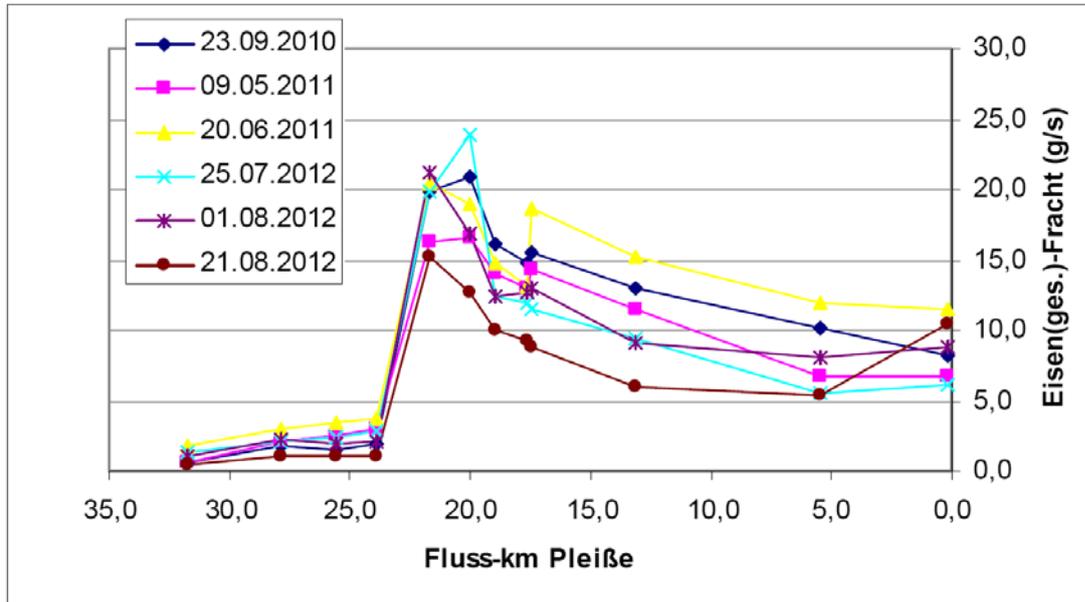


Abbildung 31: Eisen(ges.)-Frachten in der Pleiße bei 6 Standarduntersuchungen [4j]

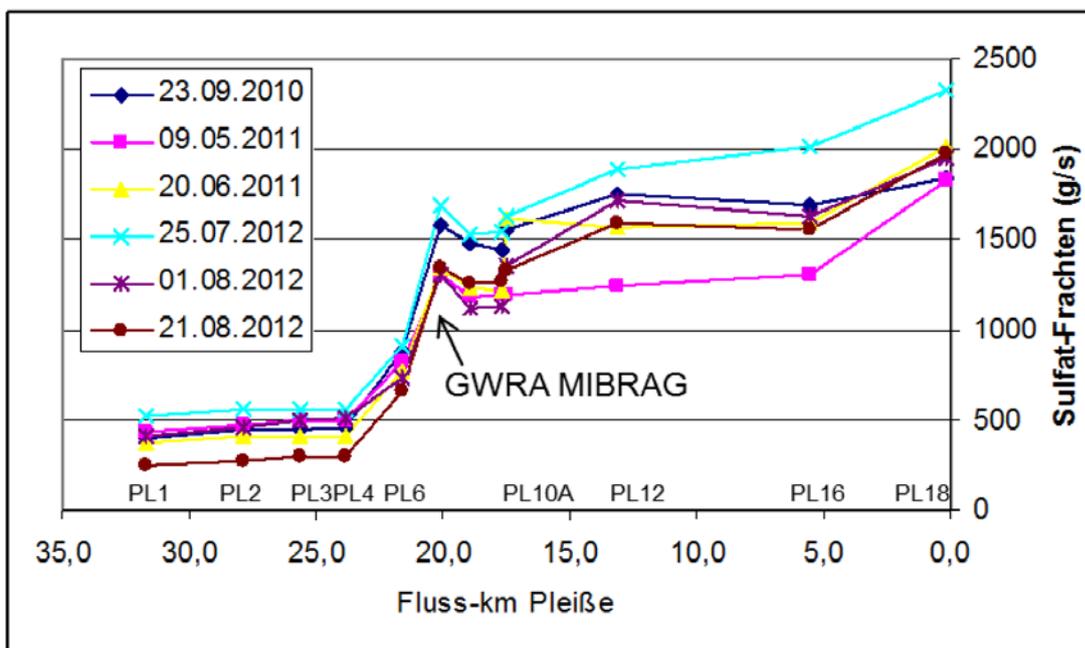


Abbildung 32: Sulfat-Frachten in der Pleiße bei 6 Standarduntersuchungen [4j]

Die Sulfatkonzentrationen und -frachten lagen jedoch deutlich höher als die von 2008 und 2009 (mittlere Sulfatkonzentration 2008 u. 2009 von 300 mg/l und mittlere Sulfatfrachten von 1350 g/s) (siehe Abbildung 32, S.71).

Die Sulfatfrachten am Ende der Fließstrecke waren in den Jahren 2008 und 2009 (1280 – 1380 g/s) deutlich geringer als 2010 bis 2012 (1840 – 2100 g/s) (Abbildung 33). In den Jahren 2008 und 2009 wurde gehobenes bergbaubelastetes Grundwasser durch die MIBRAG zwischen PL 1 und PL 2 in die Pleiße eingeleitet (ca. 0,23 m³/s). Ab 2010 kam es zu einem deutlichen Anstieg der Sulfatfrachten zwischen PL 6 und PL 7 durch die Einleitung von bergbaubelastetem Wasser aus der GWRA der MIBRAG (ca. 0,70 m³/s). Die mittleren Sulfatkonzentrationen am Ende der Fließstrecke lagen 2008 und 2009 bei 300 mg/l und 2010 bis 2012 bei 350 – 450 mg/l.

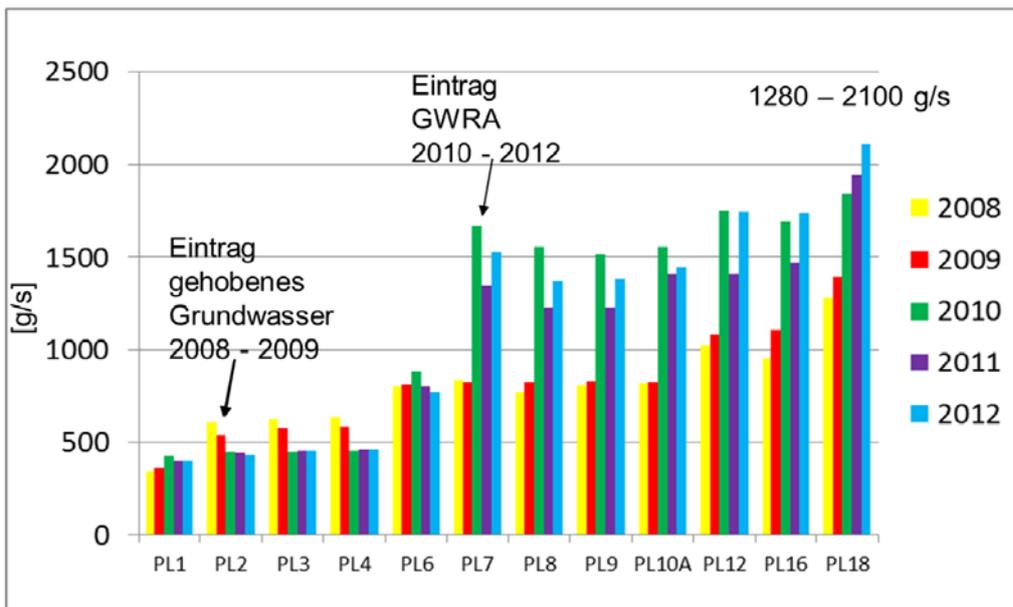


Abbildung 33: Zeitliche Entwicklung der mittleren Sulfatfrachten von 2008 bis 2012 bei Abflüssen von 3,1 m³/s – 5,4 m³/s (Pegel Böhlen) [4j]

2.2.3 Betrachtungen zur Sedimentation in der Pleiße – Untersuchungen/Ergebnisse bis 2009

Für die Betrachtung der Sedimentationsvorgänge in der Pleiße wurden Sohlsedimentuntersuchungen (einschließlich der Bestimmung der Eisen-, Phosphor- und TOC-Gehalte im Längsprofil) sowie Zylinderfallen- und Tellerfallenmessungen durchgeführt.

„Ziel der Sohlsedimentuntersuchungen war es, zu erkennen, wie die Sedimentablagerungen in der Pleiße verteilt sind und diese mit den untersuchten Sedimentationsprozessen zu vergleichen. Weiterhin dienen die Sohlsedimentuntersuchungen dazu, die Sedimentationsprozesse in einem bestimmten Flussabschnitt besser zu verstehen.“

„Ziel der Tellerfallenmessungen war es, innerhalb einer Bilanzierung der Quellen und Senken von suspendierten partikulärem Material und hier speziell von Eisen die Verluste durch Sedimentation in der Pleiße im Abschnitt Regis-Breitungen bis Leipzig für ganz bestimmte und relativ kurze Zeitabschnitte zu quantifizieren. Es sind geeignete Parameter abzuleiten, die in ein dynamisches mathematisches Stofftransportmodell übernommen werden können und möglichst Gesetzmäßigkeiten, Größenverteilung und Abhängigkeiten von anderen Gewässerparametern, wie z. B. den Konzentrationen von Wasserinhaltsstoffen oder der Turbulenz, herauszuarbeiten.“

„Ziel der Zylinderfallenmessungen war es, maximal mögliche Sedimentationsraten für große Zeitabschnitte ganzjährig zu erfassen, um Anhaltspunkte für langfristige lokale Veränderungen von Partikelkonzentrationen im fließenden Wasser zu bekommen, Bereiche der Infiltration von Partikeln in die Pleiße zu lokalisieren, gut sedimentierfähiges Sediment chemisch zu analysieren (besonders hinsichtlich des Eisengehaltes) und in Verknüpfung mit den Ergebnissen der Tellerfallen-Messungen die Sedimentation von bestimmten Stoffen (Eisen, Phosphor und TOC) zu berechnen.“ [4h]

2009 wurden sechs Tellerfallen-Messkampagnen an drei Messstellen PL 1 (Regis-Breitungen), PL 8 (Knick Richtung NO) und PL 18 (oberhalb Connewitzer Wehr) mit jeweils acht bis zehn Tellerfallen durchgeführt. Es erfolgte weiterhin bei jeder Standarduntersuchung (14 im Monitoringprogramm 2008/2009) die 14-tägige Ausbringung von Zylinderfallen an den Messstellen PL 1, 6, 7, 8, 9, 10, 16, 17 und 18. Die Sohlsedimente wurden im Jahr 2009 zweimal im Längsverlauf der Pleiße beprobt – am 29./30.4.09 und am 12.8.2009. Die detaillierte Sohlsedimentbeprobung im Anstaubereich des Trachenauer Wehrs erfolgte an vier Probenahmeterminen (17.11.2008, 29.4.2009, 29.7.2009, 19.10.2009) an jeweils fünf Stellen (PL 8, PL 8 + 300 m, PL 8 + 600 m, PL 8 + 900 m, PL 9), an denen der Flussquerschnitt alle zwei bis drei Meter beprobt wurde. Zu beachten ist, dass die Messstelle Pleiße 10 ab der 13. Standarduntersuchung oberhalb der Einleitung des Kraftwerk Lippendorf verlegt wurde, um Untersuchungen in der Pleiße ohne den Einfluss dieser Einleitung durchführen zu können. Diese Stelle wurde als Pleiße 10 A bezeichnet. [4h].

Gesamtdokumentation und -auswertung aller Ergebnisse zur Sedimentation innerhalb des Pleiße-Monitorings 2008/2009 ist im Endbericht der SGL [4h] zu finden. Der 6. Zwischenbericht wird damit ungültig.

Die Beprobungstermine und die Abflüsse vom Pegel Böhlen für den jeweiligen Tag sind den beiden folgenden Tabellen zu entnehmen.

Beginn	Durchfluss [m³/s]	Ende	Durchfluss [m³/s]
01.07.2009	3,04 – 5,3	02.07.2009	3,4
29.07.2009	2,4 - 2,8	30.07.2009	2,85
12.08.2009	3,2 – 3,7	13.08.2009	3,2
27.08.2009	5,0 – 6,0	28.08.2009	3,0 – 3,5
22.09.2009	2,8	23.09.2009	2,7 – 3,8
07.10.2009	3,2 - 3,7	08.10.2009	3,82

Tabelle 17: Beprobungstermine Tellerfallenuntersuchungen, Abflüsse am Pegel Böhlen am jeweiligen Tag [4h]

	Beginn	Durchfluss [m³/s]	Ende	Durchfluss [m³/s]
13. STU	18.11.2008	2,9	03.12.2008	3,8
14. STU	03.12.2008	3,8	17.12.2008	4,1
15. STU	15.04.2009	3,9	30.04.2009	8,6
16. STU	30.04.2009	8,6	13.05.2009	5,5
17. STU	13.05.2009	5,5	27.05.2009	5,5
18. STU	27.05.2009	5,4	10.06.2009	4,1
19. STU	17.06.2009	9,4	01.07.2009	3,9
20. STU	29.07.2009	2,8	12.08.2009	3,6
21. STU	13.08.2009	3,2	27.08.2009	5
22. STU	27.08.2009	5	09.09.2009	3,6
23. STU	09.09.2009	3,6	23.09.2009	3
24. STU	23.09.2009	3	07.10.2009	3,7
25. STU	07.10.2009	3,7	21.10.2009	4,9

Tabelle 18: Beprobungstermine Zylinderfallenuntersuchungen, Abflüsse am Pegel Böhlen am jeweiligen Tag, 13:00 Uhr [4h]

2.2.3.1 Sediment(schlamm-)stärken der Sohlsedimente in der Längsbeprobung 2009

Die Sohlsedimente wurden im Jahr 2009 durch SGL zweimal im Längsverlauf der Pleiße beprobt – am 29./30.4.09 und am 12.8.2009.

Die Schlammstärken wurden im Rahmen der Messkampagne im Uferbereich (bis 2 m Abstand vom Ufer, links und rechts) sowie in der Fließrinne der Pleiße ermittelt.

Im April 2009 wurden die höchsten Sediment(Schlamm-)ablagerungen in den Uferbereichen bei PL 1 (Regis-Breitungen) im Bereich des Kippengebietes Witznitz also im Rückstaubereich des Trachenauer Wehrs (PL 6 – PL 10), und bei PL 11 (uh. Mdg. Faule Pfütze) gemessen. Sedimentablagerungen wurden weiterhin im Rückstaubereich des AGRA-Wehrs (PL 16) (bis 20 cm) und des Connewitzer Wehrs (PL 18) (bis 35 cm) gemessen. Im August 2009 wurden im Rückstaubereich des Connewitzer Wehrs im linken Uferbereich (bei PL 18) besonders hohe Sedimentablagerungen bis fast 2,20 m ermittelt.

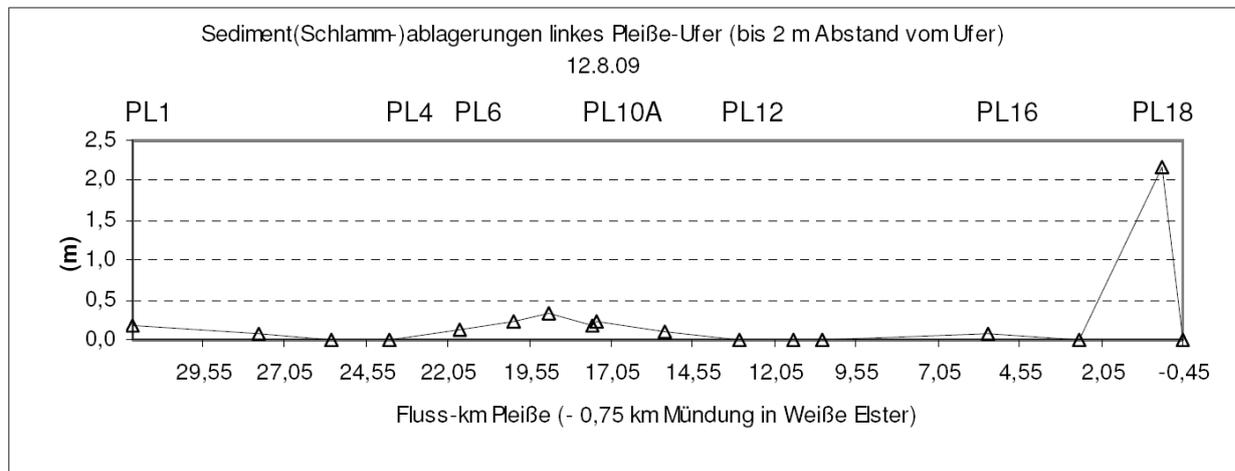
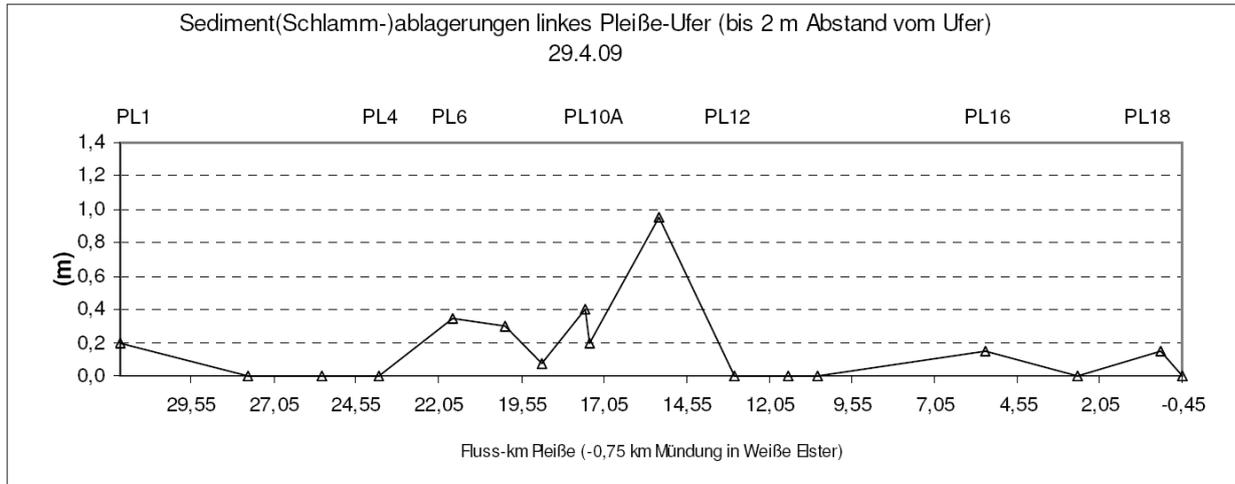


Abbildung 34: Verlauf der Sedimentablagerungen linkes Pleiße-Ufer am 29.04.2009 und 12.08.2009 [4h]

Die Abbildung 34 zeigt beispielhaft die gemessenen Sediment(Schlamm)-ablagerungen für das linke Pleiße-Ufer.

An dieser Stelle erreicht die Pleiße mit ca. 27 m ihre größte Breite und im Vergleich mit den anderen Messstellen geringe Fließgeschwindigkeiten, so dass sich das Sediment dort gut ablagern kann. Die Sedimentablagerungen im Kippengebiet Witznitz (PL 6 – PL 10) waren dagegen im August meistens geringer als im April und geringer als im Rückstaubereich des Connewitzer Wehrs (PL 18). Wie im April wurden im August ebenfalls Sedimentablagerungen bis 20 cm im Rückstaubereich des AGRA-Wehrs (PL 16) bestimmt.

In der Fließrinne wurden bedingt durch die höheren Fließgeschwindigkeiten erwartungsgemäß an weniger Stellen Sedimentablagerungen gemessen, die von geringerem Ausmaß als in den Uferbereichen waren.

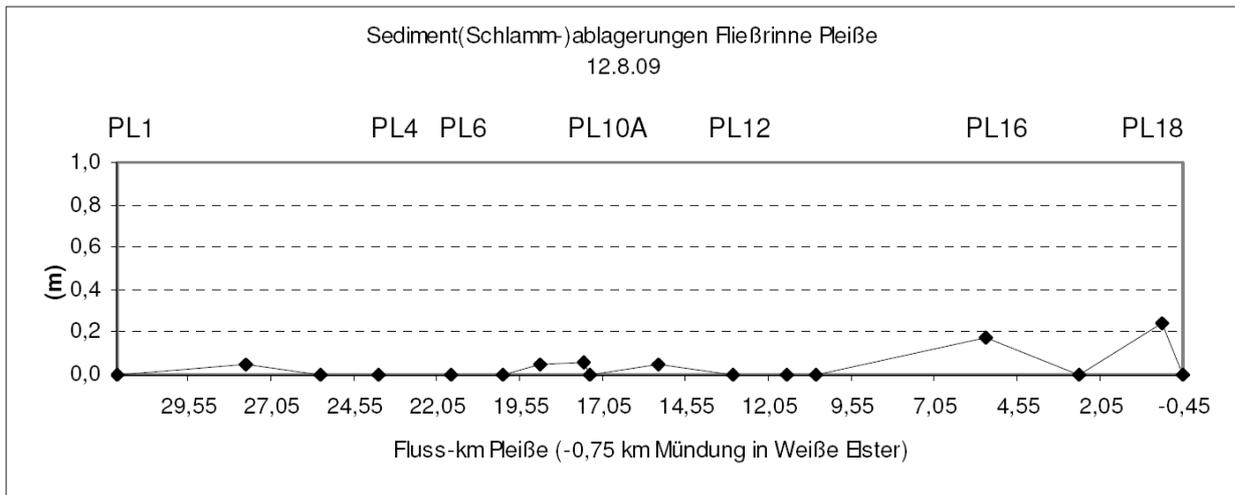
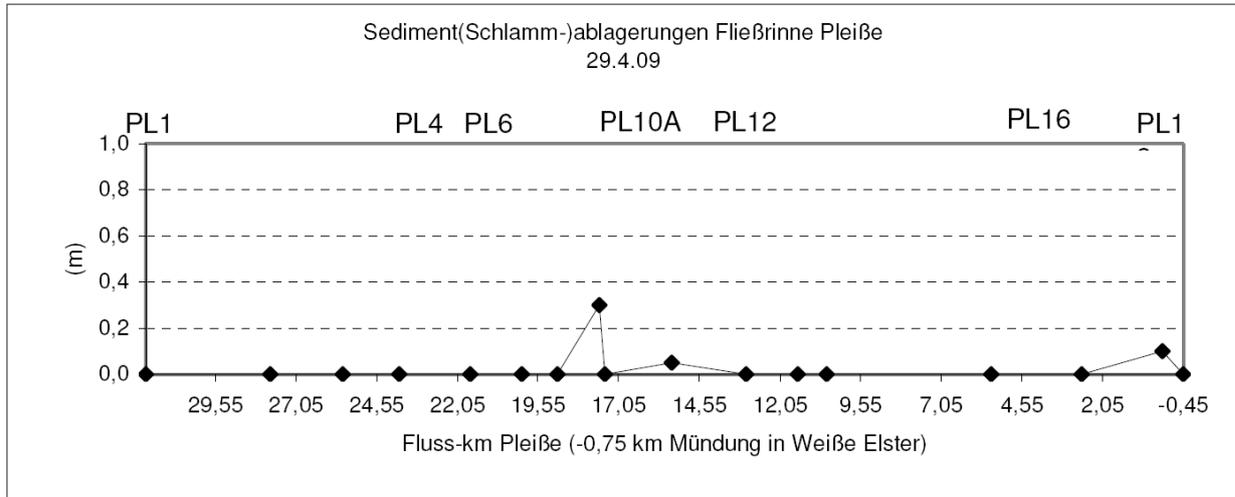


Abbildung 35: Verlauf der Sedimentablagerungen Fließrinne Pleiße am 29.04.2009 und 12.08.2009 [4h]

Im April 2009 wurden wie in den Uferbereichen die höchsten Sedimentablagerungen im Rückstaubereich des Trachenauer Wehrs gemessen (um 30 cm). Weitere geringe Sedimentablagerungen wurden bei PL 11 (5 cm) und im Rückstaubereich des Connewitzer Wehrs (10 cm) ermittelt.

Im August wurden auch in der Fließrinne die höchsten Sedimentablagerungen im Rückstaubereich des Connewitzer Wehrs festgestellt (ca. 25 cm). Daraus ergibt sich, dass zwischen April und August 2009 die Sedimentschicht dort um 15 cm gewachsen ist, was einerseits durch die Sedimentation in diesem Bereich und andererseits durch den Transport von bodennahem Sediment auf dem Gewässergrund bedingt ist.

Im Rückstaubereich des AGRA-Wehrs ist das Sediment zwischen April und August 2009 um 18 cm gewachsen. Sedimentablagerungen von 5 – 6 cm wurden im Rückstaubereich des Trachenauer Wehrs (PL 8 und PL 9), bei PL 11 und PL 2 (oh. Einleitung S 50) gemessen. 2008 wurden höhere Sedimentablagerungen besonders in der Fließrinne im Rückstaubereich des Connewitzer Wehrs ermittelt.

Weiterhin wurden die Sediment(Schlamm)-stärken der Sohlsedimente im Bereich der Messstellen PL 8 und PL 9 im Rahmen der Untersuchungen untersucht.

Sediment(Schlamm)-stärken der Sohlsedimente im Rückstaubereich des Trachenauer Wehrs

Im Monitoring 2008/2009 wurde die detaillierte Sohlsedimentbeprobung im Anstaubereich des Trachenauer Wehrs an vier Zeitpunkten jeweils an fünf Stellen (PL 8, PL 8 + 300 m, PL 8 + 600 m, PL 8 + 900 m, PL9) durchgeführt. Die Stellen wurden im Flussquerschnitt alle 2 – 3 m beprobt.

Es wurden relativ hohe Sedimentablagerungen im Rückstaubereich des Trachenauer Wehrs ermittelt. Die höchsten Sedimentablagerungen wurden an allen fünf Stellen erwartungsgemäß in den Uferbereichen gemessen. Bei PL 8 und PL 8 + 300 m wurden Sedimentablagerungen in den Uferbereichen bis 40 cm festgestellt. 300 bis 600 m vor dem Trachenauer Wehr (PL 8 + 600 m, PL 8 + 900 m) sind die Sedimentablagerungen in den Uferbereichen höher und betragen ca. 40 – 120 cm. Über die Zeiträume betrachtet sind die Sedimentablagerungen an diesen beiden Stellen am variabelsten und dort wurden auch in der Fließrinne Sedimente größerer Stärke gefunden (bis 50 cm). Am Trachenauer Wehr sind die Sedimentablagerungen (zwischen 20 und 70 cm) hauptsächlich im linken Uferbereich bzw. linken Teil der Fließrinne zu finden (siehe Abbildung 36).

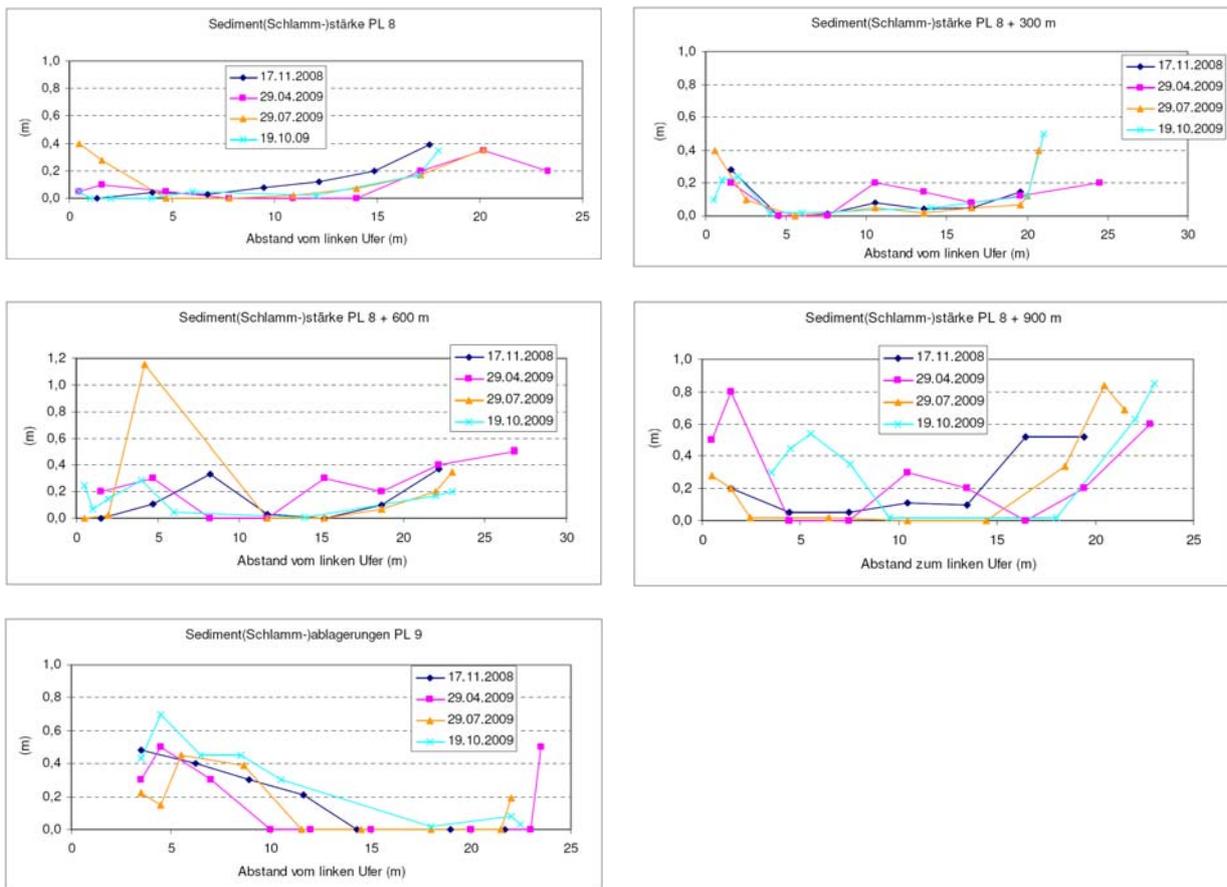


Abbildung 36: Sediment(Schlamm)-stärken zwischen den Messstellen PL 8 und PL 9, linkes Ufer (Rückstaubereich Trachenauer Wehr) [4h]

2.2.3.2 Eisen-, Phosphor- und TOC-Gehalte der Sohlsedimente der Längsbeprobung

Im April 2009 erfolgte die Bestimmung der Eisen-, Phosphor- und TOC-Gehalte aus einer Sediment-Mischprobe an der jeweiligen Stelle. Im August 2009 wurden diese Gehalte in den einzelnen Korngrößenfraktionen bestimmt und für die Auswertung wurde ein anteilmäßiger Mittelwert gebildet (siehe Abbildung 37 ff).

Bei den Beprobungen im April und August 2009 wurden hohe Eisengehalte von 25 – 108 g/kg in den Sohlsedimenten der Pleiße gefunden.

Bei PL 1 (Regis-Breitungen) waren die Eisengehalte im Sediment geringer als an den meisten anderen Stellen der Pleiße. Das stimmt auch mit den niedrigsten Eisen-Konzentrationen im Wasser überein. Hohe Eisengehalte wurden am Anfang des Kippengebietes des ehemaligen Tagebaus Witznitz II bei PL 6 und PL 7 und am Ende des Kippengebietes im Bereich des Trachenauer Wehrs (PL 9 und PL 10) gemessen. Im unteren Fließabschnitt wurden teilweise auch hohe Eisengehalte in den Sedimenten gefunden.

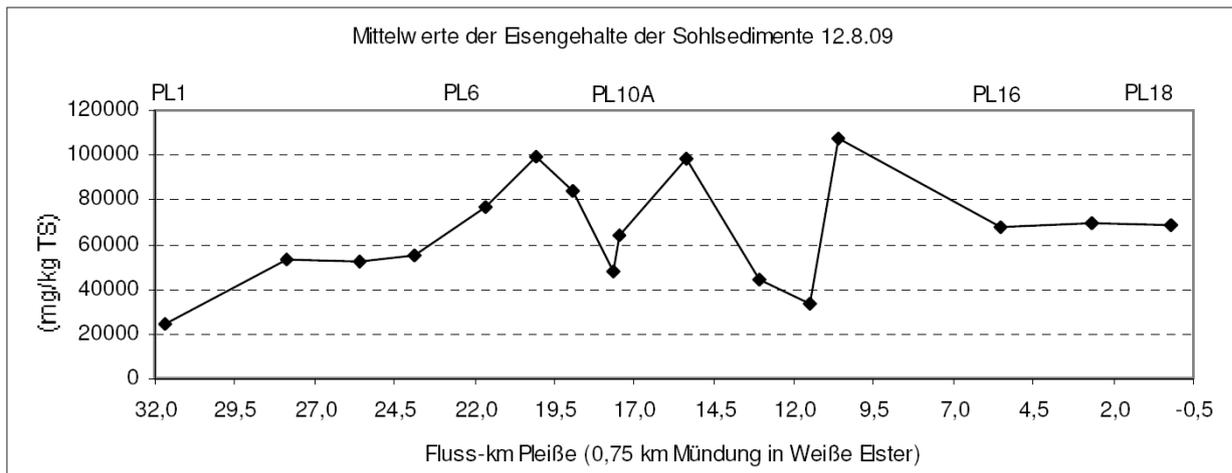


Abbildung 37: Mittelwerte der Eisengehalte, Längsbeprobung der Sohlsedimente der Pleiße [4h]

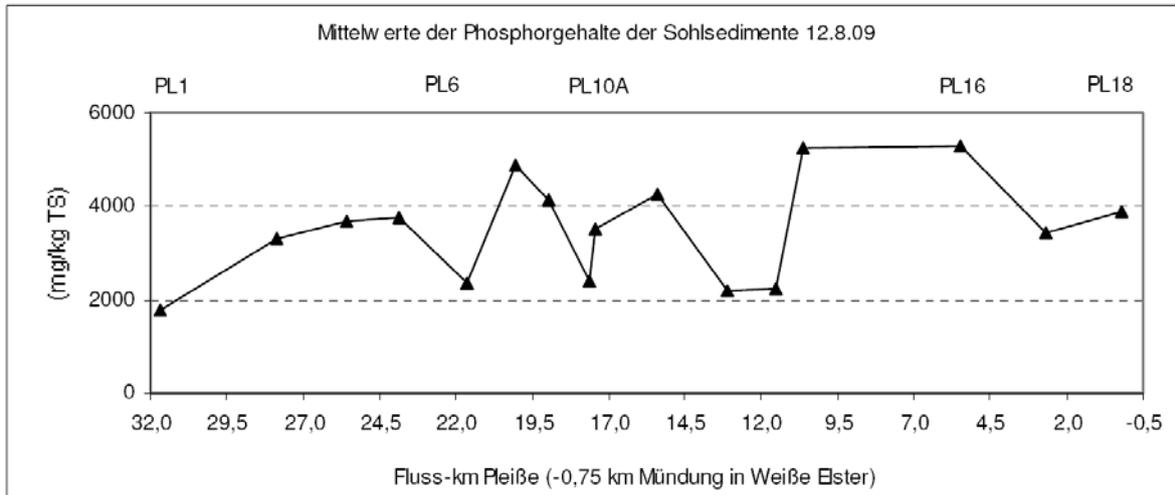


Abbildung 38: Mittelwerte der Phosphorgehalte, Längsbeprobung der Sohlsedimente der Pleiße [4h]

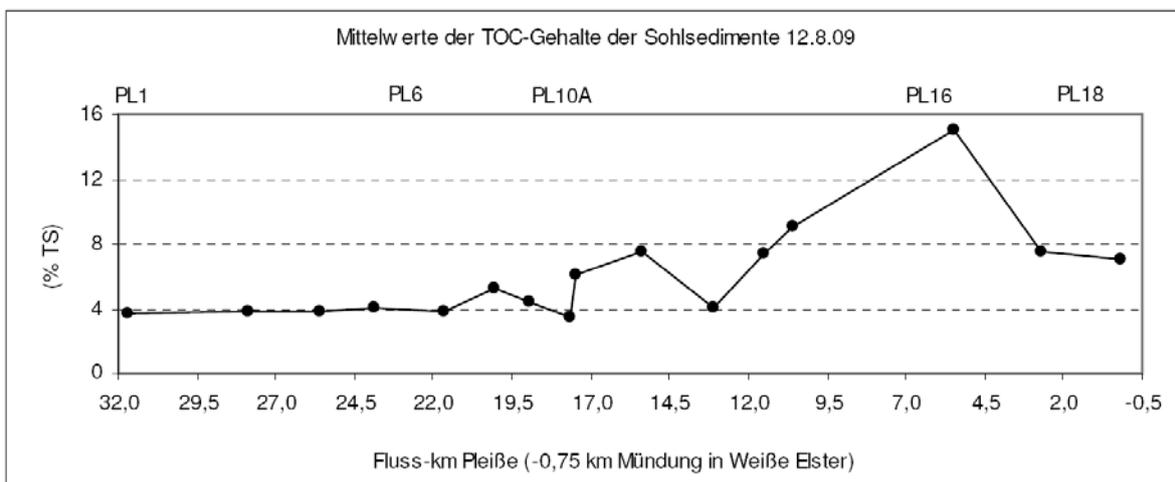


Abbildung 39: Mittelwerte der TOC-Gehalte, Längsbeprobung der Sohlsedimente der Pleiße [4h]

Weiterhin wurden speziell im Rückstaubereich des Trachenauer Wehrs zwischen PL8 und PL9 die Gehalte (Eisen, Phosphor, TOC) an 4 Terminen (17.11.08, 30.04.09, 29.07.09, 19.10.09) ermittelt.

„Die Eisengehalte im Rückstaubereich des Trachenauer Wehrs zeigten starke Schwankungen zwischen 20,4 und 146 g/kg TS. Die Eisengehalte waren besonders im November 2008 hoch, wahrscheinlich bedingt durch eine davor liegende längere Niedrigwasserperiode, in der die Eisenkonzentrationen in der Pleiße hoch waren (Infiltration von Eisen aus dem Kippengebiet des ehemaligen Tagebaus Witznitz II und Einleitung von Grubenwasser aus dem Tagebau Schleenhain durch die MIBRAG) (siehe 4. Zwischenbericht, 13. u. 14. STU, Pleiße-Monitoring 2008/2009).

Die Phosphorgehalte zeigten Schwankungen zwischen 1,1 und 7,5 g/kg TS und tendenziell auch höhere Werte im November 2008 und im Juli 2009. Die Mittelwerte der TOC-Gehalte waren an allen Probenahmedaten ähnlich (zwischen 3,5 – 5,0 %TS), ein hoher Einzelwert wurde im Sommer 2009 gefunden (10% TS), in der Zeit, in der viel Biomasse in den Fluss eingetragen wird.

2.2.3.3 Ermittlung der Sedimentation von Eisen je Meter Flusstrecke anhand der Berechnung von Eisenfrachtverlusten im Wasserkörper

Die Sedimentation von Eisen je Meter Flusstrecke und Tag wurde unter Berücksichtigung der Eisenfrachtverluste im Wasserkörper der Pleiße berechnet [4h].

Die Frachten wurden mit der Abflussmenge berechnet, die durch die SGL bestimmt wurde. Basis für die Frachten sind die gemessenen Eisenkonzentrationen und die ermittelten Fließgeschwindigkeiten der einzelnen Messstellen.

„Die Ergebnisse zeigen deutlich, dass bei niedrigen und mittleren Abflüssen die Sedimentation von Eisen in dem Gebiet, wo die Pleiße entlang der Kippen des ehemaligen Tagebau Witznitz II fließt, am höchsten war, das betrifft besonders den weitläufigen Anstaubereich des Trachenauer Wehrs. Bei hohen Abflüssen deutet sich eine hohe Eisen-Sedimentation unterhalb des Trachenauer Wehrs und oberhalb des Connewitzer Wehrs an.

Die Bilanzen der Eisen(ges.)-Frachten zeigen, dass bei höheren Wasserständen deutlich mehr Eisen in die Weiße Elster transportiert wird, wohingegen bei niedrigen und mittleren Abflüssen ein großer Teil des Eisens in der Pleiße sedimentiert.

Die Berechnungen der Veränderungen der Eisen(ges.)-Frachten stellen Näherungswerte dar, da nur an 7 bzw. 8 von 17 Stellen die Abflüsse gemessen wurden, für die anderen Stellen wurden die Abflüsse interpoliert. Weiterhin wurde nicht derselbe Wasserkörper beprobt.“

In Auswertung der Berechnungsergebnisse wurden durch den Bearbeiter zwei Karten erstellt, die die Sedimentation von Eisen je m Flusstrecke und Tag in Kategorien jeweils für die 17 Messstellen in der Pleiße farblich bei niedrigen bzw. bei mittleren Abflussverhältnissen darstellt.

Dabei wurden in einer Karte die Mittelwerte der Eisen-Sedimentation (aus 4 Untersuchungen) für niedrige Abflüsse von 2,42 – 3,04 m³/s und in der zweiten Karte die Mittelwerte der Eisen-Sedimentation (aus 7 Untersuchungen) für mittlere Abflüsse von 3,61 – 5,38 m³/s abgebildet.

Die Darstellung (Abbildung 40) auf der Seite 81 zeigt die beiden Karten des Endberichtes [4h].

Die Karten wurden auf der Grundlage der errechneten Eisenfrachtverluste (siehe Tabelle 19) erstellt.

STU	22	20	13	23	MW	21	24	15	19	14	25	17	MW	18	26	
Datum	26.8.09	29.7.09	18.11.08	23.9.09		12.8.09	7.10.09	15.4.09	1.7.09	17.12.08	21.10.09	27.5.09		17.6.09	4.11.09	
Pegel Böhlen (m³/s)	2,42	2,77	2,94	3,04	2,42 - 3,04	3,61	3,71	3,90	3,92	4,13	4,91	5,38	3,61-5,38	9,39	20,00	
Stelle	niedrige Abflüsse					mittlere Abflüsse								hohe Abflüsse		
PL1																
PL2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
PL3	0	0	98	10	27	22	0	0	0	0	0	0	0	3	0	
PL4	29	0	0	13	11	0	0	0	77	0	0	0	0	11	0	
PL6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
PL7	0	89	0	71	40	0	0	0	153	0	0	87	34	0	0	
PL8	565	258	645	112	395	407	185	208	267	238	189	72	224	141	0	
PL9	46	71	266	223	151	0	144	102	0	278	18	289	119	0	0	
PL10A	687	0	0	164	213	0	0	501	0	0	0	0	0	84	0	
PL11	0	101	176	57	83	39	0	0	48	0	123	0	30	0	0	
PL12	0	72	42	45	40	0	13	60	38	38		44	32	103	436	
PL13	90	3	105	36	59	43	62	94	47	23	45	0	45	0	132	
PL14	61	20	0	34	29	83	0	0	0	0	91	44	31	273	0	
PL16	0	6	57	36	25	0	55	23	65	45	46	86	45	108	248	
PL17	37	32	0	34	26	22	2	0	35	27	52	0	20	0	0	
PL18	8	0	28	0	9	47	0	25	0	0	66	0	20	1734	242	
PL19	0	93	18	0	28	0	0	58	0	0	136	26	31	0	0	

Tabelle 19: Sedimentation von Eisen je m Flusstrecke und Tag (g Fe/m/Tag) errechnet auf Grundlage der Eisenfrachtverluste im Wasserkörper der Pleiße [4h]

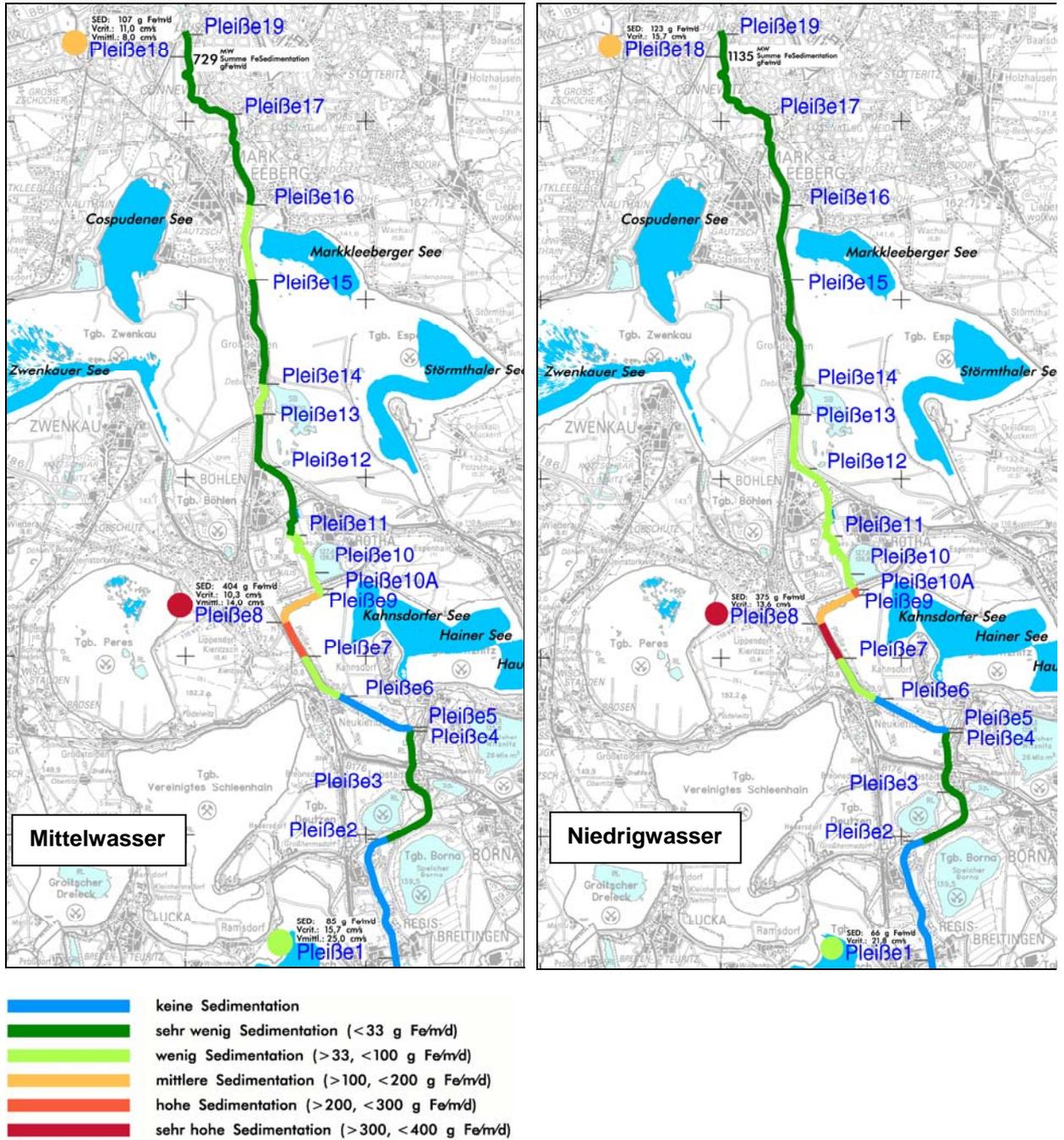


Abbildung 40: Sedimentation in der Pleiße bei Mittelwasser (Abflüsse von 3,61 bis 5,38 m³/s) bzw. Niedrigwasser (Abflüsse von 2,42 bis 3,04 m³/s) Sedimentation von Eisen je Meter Fluss-Strecke und Tag [4h]

2.2.3.4 Zylinderfallenmessungen – Sedimentationsraten der 13.-25. Standarduntersuchung

Wie bereits oben dargestellt wurden im Rahmen der 13.-25. Standarduntersuchung ebenfalls Zylinderfallenmessungen im Längsverlauf der Pleiße durchgeführt.

Die Sedimentationsraten in Zylinderfallen sind meistens deutlich höher als die Sedimentationsraten, die mit den Tellerfallen ermittelt wurden (bis zu einem Faktor von 50) und etwa in der Größenordnung der maximalen mit Tellerfallen ermittelten Sedimentationsraten (bei den geringsten Fließgeschwindigkeiten) [4h].

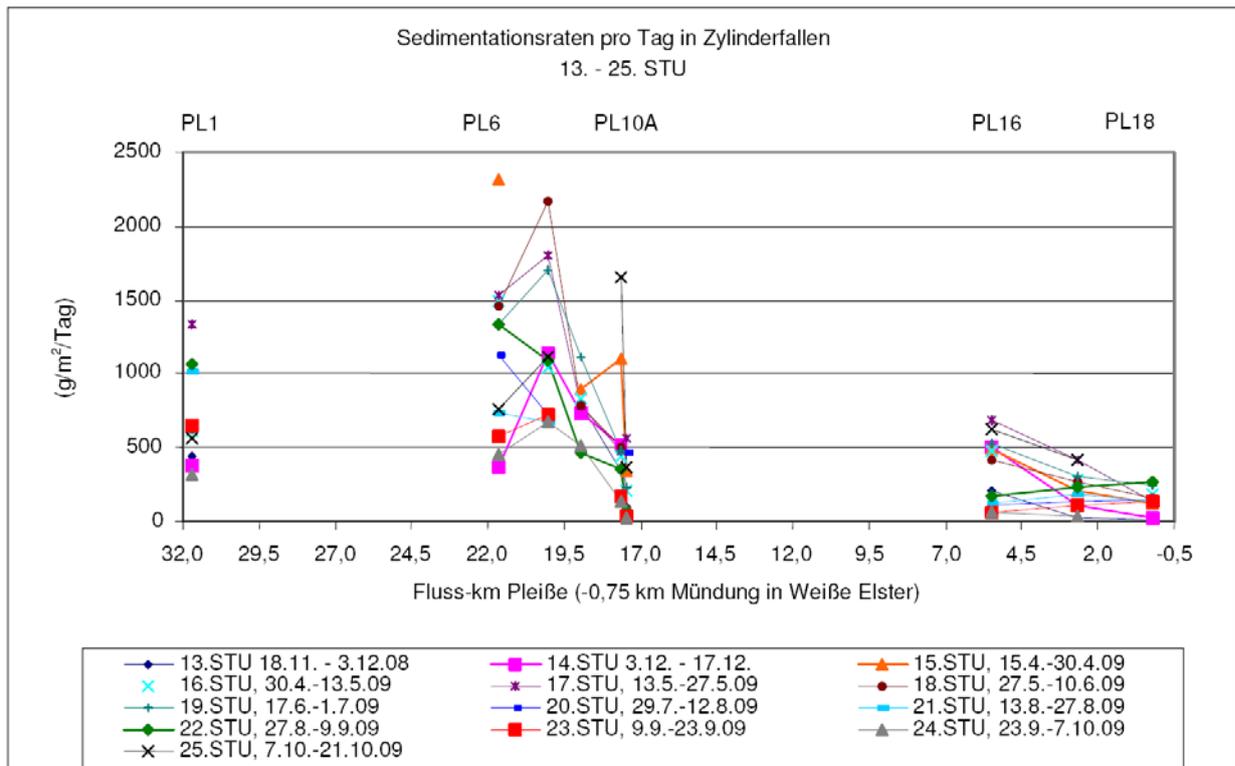


Abbildung 41: Sedimentationsraten Zylinderfallen im Längsverlauf der Pleiße (13.-25. STU) [4h]

„Die Sedimentationsraten für die Schwebstoff-Trockenmasse in Zylinderfallen lassen jedoch einen guten Rückschluss auf die Partikelkonzentrationen im Wasser an den untersuchten Stellen in der Pleiße zu. Es wurden bei allen Standarduntersuchungen deutliche Anstiege von PL 6 (Fußgängerbrücke Neukieritzsch – Beginn des von der Kippe beeinflussten Fließabschnitts) zu PL 7 (Rohrbrücke) gefunden. Daraus kann geschlussfolgert werden, dass im Bereich der Kippe des ehemaligen Tagebaus Witznitz II an den Stellen PL 6 und PL 7 hohe Partikelkonzentrationen im Wasser vorhanden waren, die zu den hohen Sedimentationsraten in den Zylinderfallen geführt haben. Die hohen Partikelkonzentrationen in diesem Bereich sind sehr wahrscheinlich durch die Infiltration von eisenhaltigem Grundwasser aus der Kippe in die Pleiße bedingt. Dafür sprechen auch die höchsten Eisen(ges.)-Konzentrationen in den Wasserproben bei PL 6 und PL 7. Von PL 7 zu PL 8 und von PL 8 zu PL 9 bzw. PL 10 nahmen die Sedimentationsraten in den Zylinderfallen im Längsverlauf der Pleiße am stärksten ab.“

„Das ist auch ein weiterer Indiz dafür, dass von PL 7 - PL 10 die Partikelkonzentrationen im Wasser stark zurückgingen, was durch die starke Abnahme der Eisen-(ges.)-Frachten und der Sedimentationsströme in diesem Bereich bestätigt wurde. Die niedrigen Sedimentationsraten in Zylinderfallen bei PL 16, PL 17 und PL 18 sind wahrscheinlich darauf zurückzuführen, dass schon viele Partikel oberhalb im Fluss ausgesunken sind.“ [4h]

Wie bei der Beprobung der Sedimente im Flussbett der Pleiße wurden auch die sedimentierten Partikel der Zylinderfallen im Labor auf die Parameter Eisen-, Phosphor- und TOC-Gehalte analysiert.

Es wurden hohe Eisengehalte von 28 – 221 g/kg TS in den Sedimenten der Zylinderfallen gefunden. Die Phosphorgehalte lagen deutlich niedriger zwischen 2,5 – 8,6 g/kg TS. Die Eisen- und Phosphorgehalte zeigen eine signifikante hohe Korrelation miteinander. Es kann von einer P-Bindung an die Eisen-Komplexe ausgegangen werden. Im Längsverlauf wurden die deutlich niedrigsten Eisen- und Phosphorgehalte bei PL 1 (Regis-Breitungen) gefunden, das korreliert mit den niedrigen Eisenkonzentrationen im Wasser an dieser Stelle. Zwischen PL 1 und PL 6 (Fußgängerbrücke Neukieritzsch) gab es einen deutlichen Anstieg der Eisen- und Phosphorgehalte im Sediment, was auf die Infiltration von eisenhaltigem Grundwasser in die Pleiße aus dem Kippengebiet des ehemaligen Tagebaus Witznitz II zurückzuführen ist. In der Abbildung 42 sind die ermittelten Eisengehalte statistisch aufbereitet.

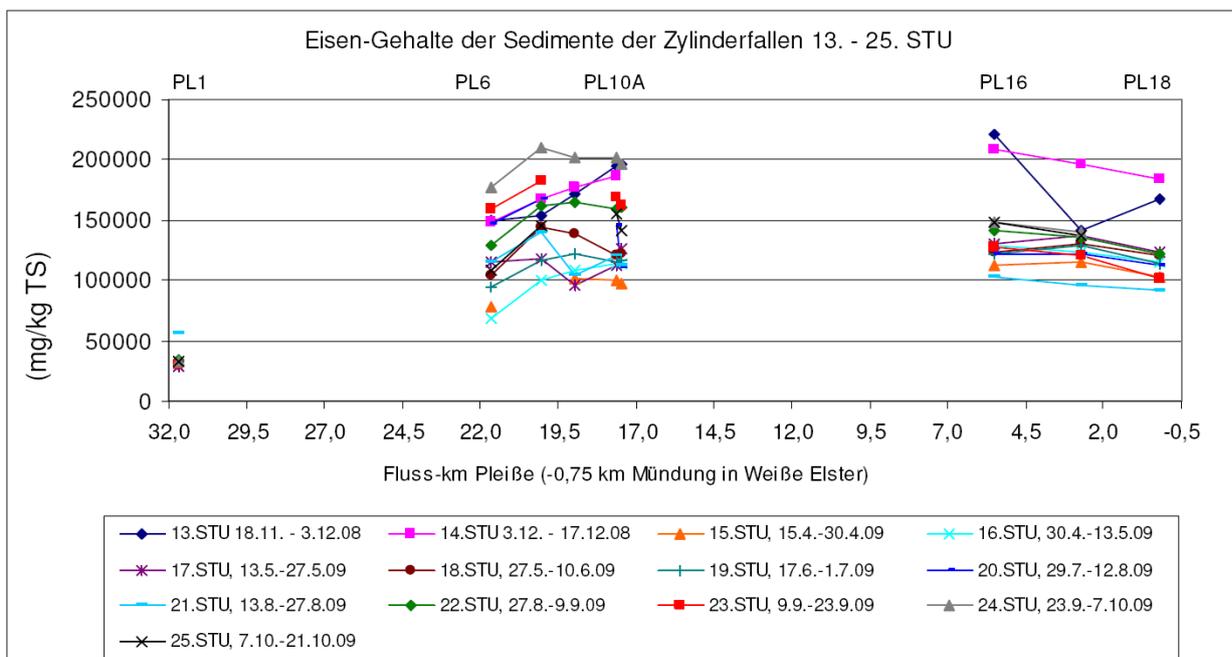


Abbildung 42: Eisengehalte der Sedimente der Zylinderfallen (13.-25. STU) Mittelwerte, Maximum und Minimum[4h]

2.2.3.5 Tellerfallenmessungen 2009

„Bei der Tellerfalle handelt es sich um ein tellerförmiges Gerät, das die Sedimentationsbedingungen auf dem Grund des jeweiligen Gewässers simuliert und die natürlicherweise auftretenden Sedimentationsraten von feinen organischen und anorganischen Partikeln messbar macht. Die Hauptrolle bei dieser Methode spielt die allgemein bekannte Tatsache, dass das Absetzen der Partikel von der Strömung abhängig ist. Wenn die Fließgeschwindigkeit groß ist, setzen sich kaum Partikel ab. Nur dort, wo die Strömungen und die von ihr verursachten Bodenschubspannungen kritische Werte unterschreiten, kommt das suspendierte Material in strenger Abhängigkeit von der Strömungsgeschwindigkeit zur Sedimentation. Mit den traditionellen Zylinderfallen, in deren Tiefe die Wasserströmungen stark umgelenkt und reduziert sind, können im bewegten Wasser der Flüsse und flachen Seen, i. d. R. nur unrealistisch hohe Sedimentationsraten gemessen werden, die bestenfalls als Obergrenze der Sedimentation unter Ruhebedingungen angesehen werden können. Mit den Tellerfallen sind realistische Messungen auch in Fließgewässern möglich.“ [4g]

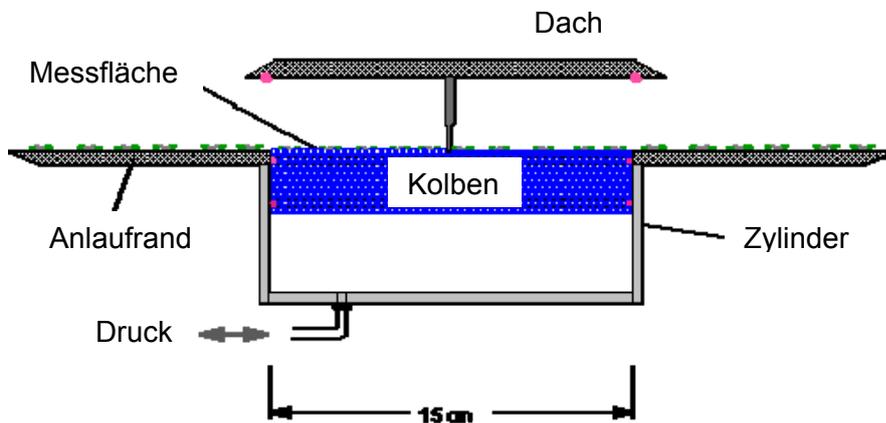


Abbildung 43: Aufbau einer Tellerfalle [4g]

Im Ergebnis der Tellerfallenmessungen wurden die Sedimentationsparameter wie die Sedimentationsgeschwindigkeit (W_s) und die kritische Fließgeschwindigkeit (V_{krit}) anhand konkreter Beispiele abgeleitet.

In der Abbildung 44 (S. 85) ist die Auswertung der Messung am 2.07.2009 an der Messstelle PL 8 dargestellt. Die Messung vom 2.7. zeigt deutlich, dass oberhalb von V_{krit} keine Sedimentation erfolgt (hier liegen 2 Messwerte nahe der V-Achse) [4h].

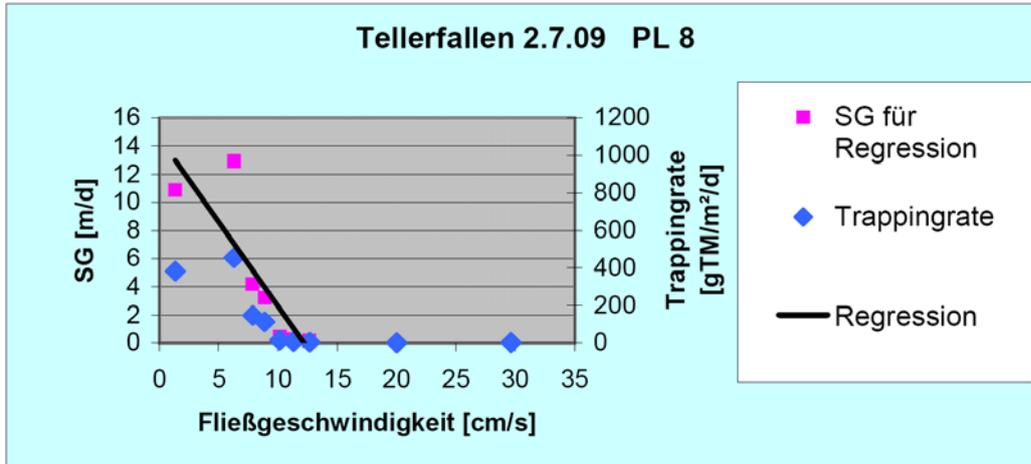


Abbildung 44: Ergebnisse einer Tellerfallenmessung Anfang Juli 2009 mit 9 Fallen bei unterschiedlichen Fließgeschwindigkeiten im Randbereich der Pleiße und deren Regressionsanalyse. Neben den für die Regressionsrechnung benutzten 7 Sedimentationsgeschwindigkeiten sind alle 9 Trappingraten dargestellt. Das Größenverhältnis zwischen beiden Größen von 35 gTM/m³ ist durch die Sestonkonzentration¹ bestimmt [4f]

Trappingrate [gTM/m²/d] - Sedimentationsrate auf der Messfläche der Tellerfalle oder einfach Sedimentationsrate

SG [m/d] - Sedimentationsgeschwindigkeit

Welche Unterschiede sich an den Sedimentationsparametern bei den bisherigen Messungen des Jahres 2009 ergeben, zeigt der Vergleich im folgenden Diagramm

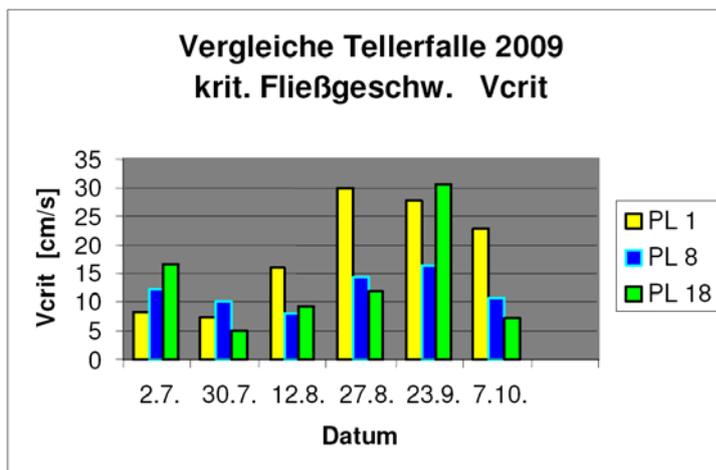


Abbildung 45: Der Sedimentationsparameter kritische Fließgeschwindigkeit (V_{crit}) zu verschiedenen Zeitpunkten an den untersuchten Messstellen [4h]

¹ Seston: Gesamtheit der ungelösten Stoffe in einem Gewässer, die durch Sieben, Zentrifugieren oder Sedimentation abzutrennen sind

Die kritische Fließgeschwindigkeit V_{crit} ändert sich um den Faktor 4 und nimmt und nimmt Ende August zu (Abbildung 45). Die Schwankungen von V_{crit} sind bei PL 8 (Knick Richtung NO) am geringsten.

Weitere Auswertungen wurden durch den Bearbeiter für den Parameter maximale Sedimentationsgeschwindigkeit durchgeführt. Dazu wurde das Verhalten der Sedimentationsparameter in Raum und Zeit näher untersucht. Der Bearbeiter kommt zusammenfassend zur Erkenntnis, dass die **Sedimentationsparameter keine Naturkonstanten** darstellen. Sie ändern sich im Längsschnitt und mit der Zeit, wobei die dafür verantwortlichen Prozesse noch nicht erkennbar wurden. Dazu sind gezielte unmittelbar aufeinander folgende Messungen in der „Fließenden Welle“ zukünftig durchzuführen. [4h]

Die im Punkt 2.5, (Seite 101) dargestellte Bilanzierung der Stofffrachten durch IBGW [5d] in die Pleiße wurden im Rahmen der folgenden Betrachtung gegenübergestellt.

Berechnungen der flächenhaften Sedimentationsströme und Vergleiche mit Bilanzierungen anhand der Stofffrachten und Sedimentablagerungen sowie des Eisen-Eintrags aus dem Grundwasser im Raum Witznitz

Die fünf detaillierten Querschnittsbeprobungen im Bereich zwischen PL 8 und PL 9 (5 Profile im Abstand von 300 m) am 17.11.08, 29.4.09, 29.7.09 und 19.10.09 bieten prinzipiell eine gute Grundlage, nicht nur die Veränderungen der Sedimentablagerungen zu beurteilen, sondern auch die flächenhafte Sedimentation für einzelne Streckenabschnitte zu berechnen.

Datum	Querprofil	Sedimentationstrom		Frachtverlust (siehe Tab. 3 in [4h])			Berechnungen des IBGW zum Import Kippe Kahnsdorf
		Schwebstoff	Eisen	Eisen	Eisen	Eisen	Eisen
		bezogen auf 1 Meter Flußlänge				auf 4 km	
		[gTM/m/d]	[gFe/m/d]	[gFe/m/d]	[gFe/m/d]	[kgFe/d]	[kgFe/d]
				oberhalb	unterhalb		
02.07.09	PL 18	152	17	43 *	40 *	172 (oh)	
29.07.09	PL 8	532	83	258	71	Fracht-Verlust oberhalb 1034	aus Konzentration und Exfiltration 2009: 930 kgFe/d
29.07.09	PL 8 + 300 m	325	51	258	71		
29.07.09	PL 8 + 600 m	642	100	258	71		
29.07.09	PL 8 + 900 m	514	80	258	71	Fracht-Verlust unterhalb 284	aus Bilanzgewinn in der Pleiße 2007– 2009: 790 kgFe/d
29.07.09	PL 9	1172	183	71	-		

* Erläuterung zur Herleitung im Text

Tabelle 20: Zusammenfassung der Ergebnisse einiger flächenhaften Sedimentationsberechnungen für einen Meter Flusslänge auf der Basis von Tellerfallenmessungen und zeitnaher Querprofilaufnahmen der Fließgeschwindigkeit im Vergleich mit gleichzeitigen Frachtverlusten oberhalb und unterhalb der Messstelle sowie mit Eisenimporten aus dem Grundwasser der Kippe Kahnsdorf (letzte Spalte: siehe auch Punkt 2.5, S. 101 [5d]) [4h]

In der ersten Ergebnisspalte sind die Trockenmasse-Sedimentationen aufgeführt. In der zweiten Ergebnisspalte erfolgte die Umrechnung in Eisen-Sedimentation (gFe/m/d) mit Hilfe der Eisengehalte der Trockenmasse des im gleichen Zeitraum (29.7. bis 12.8.2009) in Zylinderfallen gesammelten Materials. In den „Spalten Frachtverlust“ sind die sich direkt aus den zur

gleichen Zeit gemessenen Eisenkonzentrationen ergebenden Frachtdifferenzen eingetragen, einmal für den Streckenabschnitt oberhalb, d.h. z.B. von PL 7 bis PL 8, und ein zweites Mal für den Abschnitt unterhalb von PL 8 bis PL 9.

Die auf je einen Meter Fließlänge X bezogenen Frachtverluste oberhalb und unterhalb der Messstelle PL 18 am 01.07. 2009 von 40 und 43 gFe/m/d ergeben sich aus folgenden Basiswerten:

Der obere Streckenabschnitt PL17 bis PL 18 ist 2500 m lang, der untere von PL18 bis PL19 nur 650 m. Es wurde mit einem Abfluss von 3 m³/s gerechnet.

Die Eisenkonzentrationen betragen: 1,75, 1,33 und 1,23 g/m³.

Damit ergibt sich für:

- Oberhalb PL 18: $(1,75 - 1,33) * 3 * 86400 / 2500 \sim 40 \text{ kg/m/d}$
- Unterhalb PL 18: $(1,33 - 1,23) * 3 * 86400 / 650 \sim 43 \text{ kg/m/d}$

Um die Sedimentationsströme mit den Eisenimporten aus der Kippe Witznitz vergleichen zu können, die in [5d] in kgFe/d angegeben worden sind, erfolgte in der vorletzten Spalte eine Extrapolation der beiden in gFe/m/d angegebenen Frachtverlust-Werte auf die 4 km lange Strecke zwischen PL 6 und PL 9. Diese beiden Werte (284 und 1034 kgFe/d) umschließen die beiden Eisenimport-Werte von 790 und 830 kgFe/d und beweisen, dass die berechneten Eisenimporte, die gemessenen Frachtverluste und die gemessenen Sedimentationsströme in der gleichen Größenordnung liegen, d.h. in ihrem Zusammenhang untereinander mit den verwendeten unabhängigen Methoden betrachtet werden können.

Die Tatsache, dass sich in dem nur 2,4 km langen Abschnitt von PL 7 bis PL 9 sowohl für den Sedimentationsstrom als auch für die Frachtverluste derart große Unterschiede ergeben (Tabelle 19, S.80), hat ihre Ursache in den Eliminationsbedingungen, die sich laufend verändern (abnehmende Konzentration des sedimentierfähigen Materials, veränderte Fließgeschwindigkeiten insbesondere in der Nähe des Trachenauer Wehrs, größere Breite und zum Teil geringere Tiefen durch Verlandung). Die höheren Werte für das Querprofil PL 9 lassen sich mit der großen Breite im Staubereich des Trachenauer Wehres und den daraus resultierenden geringen Fließgeschwindigkeiten erklären, die meist unter $v_{crit} = 10,2 \text{ cm/s}$ lagen. Bei den anderen Querprofilen waren dagegen die Geschwindigkeiten nur in Ufernähe unter diesem Niveau. Demzufolge waren die mittleren Teile des Flussbettes auch oft ganz frei von Mudden oder nur zeitweilig von Transportkörpern besetzt.

Vergleiche der Sedimentationsprozesse mit Veränderungen der Sedimentablagerungen

Je nach Abflussbedingungen kommt es zur Resuspendierung abgelagerter Partikel. Die Abbildung 46 zeigt einen guten Einblick bzgl. der Umlagerungen der Sedimente in der Pleiße im Bereich des Profils PL8+900m, welche nicht eine Bewegung von rechts nach links sind, sondern ein Transport in Strömungsrichtung, der zeitweise Anhäufungen von Material mehr rechts als links oder umgekehrt hervorbringt.

Nur die Anhäufung von Material an den Ufern ist durch die hier sehr intensive Sedimentation dynamisch dauerhaft [4h].

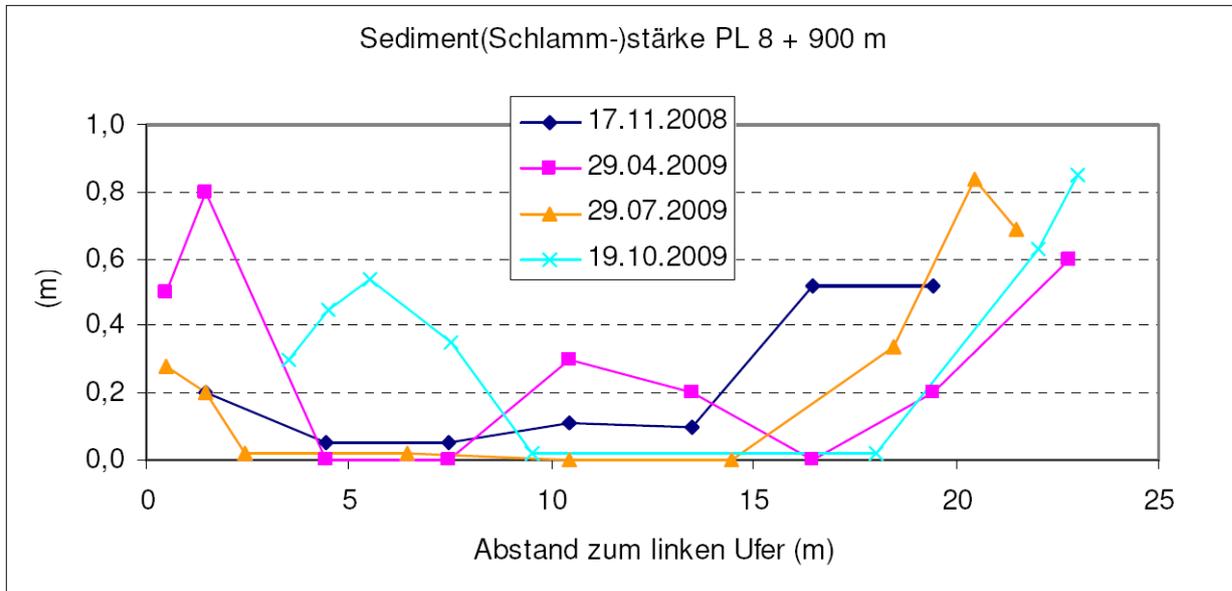


Abbildung 46: Verteilung der Sedimentmächtigkeit im Profil SD 01 PL 8 zu verschiedenen Zeitpunkten [4h]

2.2.3.6 Weitere allgemeine Betrachtungen zur Sedimentation in der Pleiße

„Die Schwebstoffe der Pleiße können mit Werten zwischen 0,3 m/d und 31 m/d bei einem Mittelwert von 16,1 m/d als sehr schnell aussinkend betrachtet werden. Das trifft vor allem für PL 1 (Regis-Breitungen) und auch für die überwiegenden Fälle bei PL 8 (Knick Richtung NO) zu. Mäßig schnell sinken auch die Partikel noch in Leipzig an der Stelle PL 18 (oh. Connewitzer Wehr).

Die kritische Fließgeschwindigkeit V_{crit} ist dagegen erwartungsgemäß mit einem Mittelwert von 15,1 cm/s (Einzelwerte von 5,1 bis 30,4 cm/s) relativ gering. In der Kinzig wurden Werte über 25 cm/s gefunden und in der Spree lagen die meisten Werte auch über dieser Marke, wobei es sogar Fälle von weit mehr als 50 cm/s gab.

Man kann somit folgern, dass in der Pleiße schnell sinkende (relativ schwere und voluminöse) und wenig klebrige, mineralische Partikel vorherrschen. Nur im Spätsommer treten höhere Werte von V_{crit} auf, wobei der Flussabschnitt mit intensiver Eisenzufuhr und Flockenbildung nahe den Kippen von diesen Klebphänomen weitestgehend ausgenommen ist. Vermutlich reichten die „Klebstoffe“ aus absterbendem organischen Material nicht aus, die großen Mengen frisch gebildeter mineralischer Flocken in ihren Eigenschaften signifikant zu verändern.“

2.2.4 Betrachtungen zur Sedimentation in der Pleiße – Untersuchungen/Ergebnisse 2011 [4k]

Zielstellung der 2011 durchgeführten Untersuchungen war es, die Tellerfallenuntersuchungen in der „Fließenden Welle“ der Pleiße durchzuführen, wobei schwerpunktmäßig Pleiße-Stellen im Bereich vor und hinter dem Trachenauer Wehr untersucht werden sollten. In der „Fließenden Welle“ zu arbeiten, bedeutet stets denselben bewegten Wasserkörper an den verschiedenen Pleiße-Stellen zu untersuchen. Die Tellerfallenuntersuchungen sollten dann unter Einbeziehung der ermittelten Fließgeschwindigkeiten und Wasserbeschaffenheiten komplex ausgewertet werden:

- Ermittlung der Sedimentationsparameter (V_{crit} und W_s) an 11 Pleiße-Stellen und damit Aufdeckung von Unterschieden im untersuchten Flussabschnitt
- Abhängigkeiten der Sedimentationsparameter von anderen Gewässerparametern,
- Ermittlung der Sedimentationsströme (SED) an den untersuchten Pleiße-Stellen,
- Lokalisierung bevorzugter Retentionsräume der eisenhaltigen Sedimente in der Pleiße,
- Eisenfracht, die bei mittleren Niedrigwasserständen von der Pleiße in die Weiße Elster transportiert wird.

Ursprünglich sollte das Monitoring auf Niedrigwasserabflüsse in der Pleiße gerichtet sein. Aufgrund der veränderten Wasserführung (Einleitung GWRA MIBRAG) sowie mit Kenntnissgewinn aus der Fließgewässer-Modellierung wurde das Untersuchungskonzept, wie dann realisiert, nochmals optimiert.

Die veränderte Wasserführung in der Pleiße und die Wahrscheinlichkeit, dass die vorausgesetzten Niedrigwasserabflüsse im Projektzeitraum nicht mehr eintreten würden, wurde auf der 18. Sitzung des vorhabenbegleitenden Arbeitskreises am 05.07.12 die Einstellung der Sedimentationsuntersuchungen erörtert und daraufhin die noch offenen Messkampagnen seitens der LMBV storniert.

Des Weiteren waren mit Hilfe von Zylinderfallenuntersuchungen der Einfluss der Wehre auf die Sedimentationseigenschaften der sedimentierten Partikel zu erfassen (drei Wehruntersuchungen 2011).

Messstelle	Messstellename	Fluss-km	RW	HW
Pleiße 4 + 5	Pleiße nach Mdg. Wyhra	23,55	4531127	5668019
Pleiße 6	FGB Neukieritzsch	21,65	4529277	5668862
Pleiße 7	Rohrbrücke	20,05	4528322	5670016
Pleiße 8	Knick Richtung NO	18,95	4527785	5670948
Pleiße 9	oh. Trachenauer Wehr	17,65	4528675	5671745
Pleiße 10 A	uh. Trachenauer Wehr	17,47	4528670	5671927
uh. Pleiße 11	uh. Mdg. Faule Pfütze	15,00		
Pleiße 16	oh. AGRA-Wehr, Mönchereistraße	5,50	4526772	5682650
oh. Pleiße 17	uh. AGRA-Wehr, oh. Floßgraben	2,90		
uh. Pleiße 17	uh. AGRA-Wehr, oh. Floßgraben	2,50		
Pleiße 18	oh. Connewitzer Wehr	0,20	4525056	5686810

Tabelle 21: Lage der Messstellen (2011, Fluss-km/Koordinaten gem. GPS) [4k]

Die Tabelle 21 zeigt die Lage der Messstellen mit dem Schwerpunkt auf die Wehrbereiche.

Gem. Aufgabenstellung wurden die Untersuchungen in der „Fließenden Welle“ durchgeführt. Dazu wurde ein Laufzeitplan auf der Basis von berechneten Fließzeiten (HEC-RAS) erstellt, der die Expositionszeiten der Teller- und Zylinderfallen an den einzelnen Messstellen aufzeigt.

2011 wurden Tellerfallenuntersuchungen an 11 Stellen bei MNQ (4,2 – 4,8 m³/s Pegel Böhlen) in der Fließenden Welle der Pleiße durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen, dass schnell sinkende, wenig klebrige Partikel mit hohen Eisengehalten im untersuchten Abschnitt der Pleiße vorherrschen. Deshalb wurden in der Pleiße im Vergleich zu anderen untersuchten Flüssen relativ niedrige kritische Fließgeschwindigkeiten ($V_{crit} = 8,9 \text{ cm/s}$) und relativ hohe maximale Sedimentationsgeschwindigkeiten ($W_s = 16,3 \text{ m/d}$) der Partikel berechnet.

Die **Sedimentationsparameter V_{crit} und W_s** ändern sich im Längsverlauf der Pleiße über die Fließstrecke, an Stellen an denen es zur Infiltration bzw. Einleitung von partikelreichem (oft bergbaubelastetem) Wasser kommt und an Wehranlagen. Dadurch ergeben sich Unterschiede im Längsverlauf der Pleiße um den Faktor 2 bzw. 3 (siehe Abbildung 47).

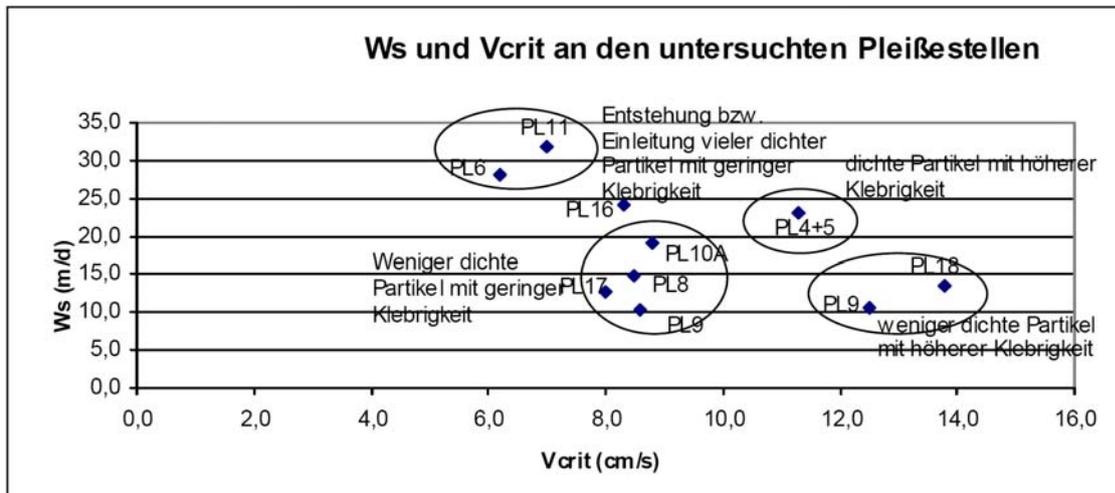


Abbildung 47: Sedimentationsparameter W_s und V_{crit} an den verschiedenen Pleiße-Stellen im Mai und Juni 2011 und wahrscheinliche Partikeleigenschaften [4k]

An Pleiße-Stellen, an denen es direkt zur Infiltration von bergbaubelastetem Wasser und damit zur Flockung von eisenhaltigen Partikeln oder zur Einleitung von partikelreichem Wasser kommt und damit zum Eintrag bzw. zur Veränderung der Partikel, wurden hohe maximale Sedimentationsgeschwindigkeiten (W_s), niedrige kritische Fließgeschwindigkeiten (V_{crit}) und hohe maximale Trappingraten ($traT$) berechnet. Die drei Zylinderfallenuntersuchungen im Bereich der Wehre lassen vermuten, dass oberhalb der Wehre schwere Partikel aussinken, so das unterhalb der Wehre meist geringere Trappingraten und geringere maximale Sedimentationsgeschwindigkeiten der Partikel gefunden wurden.

Sedimentation findet in der Pleiße fast ausschließlich in den ufernahen Bereichen statt, da die Fließgeschwindigkeiten in den uferferneren Bereichen größer als die kritische Fließgeschwindigkeit waren. Der Anteil des Sedimentationsbereiches bezogen auf den Flussquerschnitt lag an den untersuchten Pleiße-Stellen zwischen 22 – 44 %. Er war im oberen stärker begradigten Flussabschnitt geringer als im unteren meist breiteren Flussabschnitt der Pleiße.

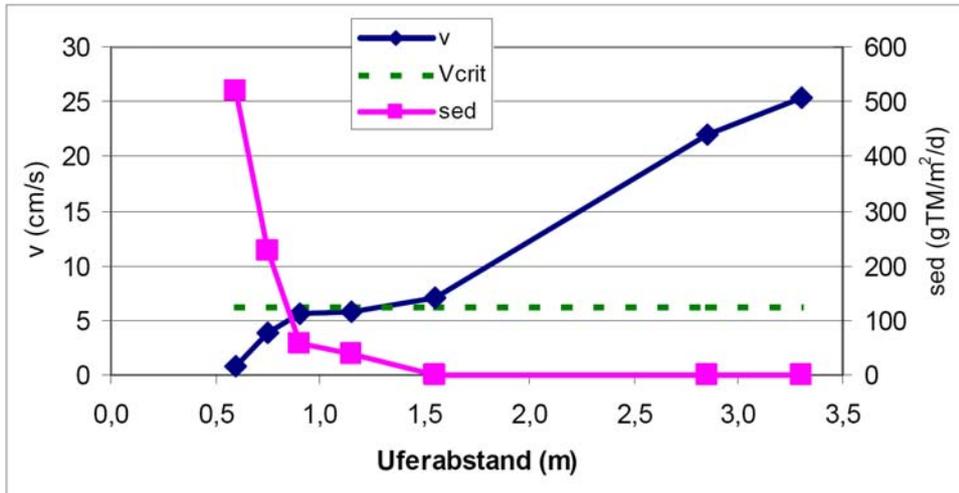


Abbildung 48: Gemessene Fließgeschwindigkeiten (V), berechnete Sedimentationsraten (sed) und Vcrit (6,2 cm/s berechnet) aus den Tellerfallenmessungen an der Messstelle PL 6 vom Ufer bis 3,5 m Flussbreite [4k]

Stelle	Messstellenname	Datum	Breite (m)	%-Anteil des Flussbereichs in dem Sedimentation stattfindet %	Uferabstand in dem Sedimentation stattfindet (m)	Flussbereich in dem keine Sedimentation stattfindet (m)
PL 4+5	Pleiße nach Mdg. Wyhra	10.05.11	11,0	25	1,40	8,2
PL 6	FGB Neukieritzsch	10.05.11	11,2	27	1,50	8,2
PL 8	Knick Richtung NO	10.05.11	19,8	22	2,15	15,5
PL 9	oh. Trachenauer Wehr	10.05.11	19,5	26	2,50	14,5
PL 10 A	uh. Trachenauer Wehr	10.05.11	18,1	30	2,70	12,7
PL 9	oh. Trachenauer Wehr	21.06.11	19,5	23	2,25	15,0
uh.PL11	uh. Mdg. Faule Pfützte	21.06.11	10,0	37	1,85	6,3
PL 16	oh. AGRA-Wehr, Mönchereistraße	21.06.11	20,5	32	3,30	13,9
oh.PL17	oh. AGRA-Wehr, oh. Floßgraben	21.06.11	16,4	40	3,30	9,8
PL 18	oh. Connewitzer Wehr	21.06.11	27,0	44	6,00	15,0

Tabelle 22: Sedimentationsbereiche der untersuchten Messstellen in der Pleiße [4k]

Der Sedimentationsstrom (SED) (bezogen auf Trockenmasse und Eisen) ist in der Pleiße besonders an den Stellen hoch, an denen es zur Infiltration und Einleitung von partikelreichem Wasser kommt. Außerdem wurde auch ein erhöhter Sedimentationsstrom im Bereich der Wehre gefunden, weil dort durch eine Verbreiterung der Pleiße und damit verbundenen geringen Fließgeschwindigkeiten Partikel gut sedimentieren können.

Es wurde weiterhin festgestellt, dass bei Prozessüberlagerung von Eiseneintrag und Eisenausfällung die Eisenbilanzierung aus den Frachten im Wasserkörper nicht zur Plausibilisierung der Sedimentationsuntersuchungen dienen kann. An Stellen ohne Prozessüberlagerungen stimmten die berechneten Sedimentationsströme von Eisen aus den Tellerfallenuntersuchungen und die Verluste der Eisenfrachten im Wasser größenordnungsmäßig gut überein (Tabelle 23).

Pleiße Stelle	Datum	berrechnet aus sed_{Fe} der Tellerfallenmessungen (gFe/m/d) SED Fe	berrechnet aus Frachtverlusten in Wasserproben (gFe/m/d) SED Fe	Besonderheiten
PL 4+5	10.05.2011	14		
PL 6	10.05.2011	82	Infiltration von eisenhaltigem Grundwasser	Zunahme der Eisenfracht durch Infiltration von bergbaulich beeinflusstem Grundwasser
PL 8	10.05.2011	66	132	
PL 9	10.05.2011	68	51	
PL 10A	10.05.2011	108	113	
PL 9	21.06.2011	81	69	
uh.PL 11	21.06.2011	119	172	zwischen PL9 und uh.PL11 Zufluss der Faulen Pfütze und Einleitung vom Kraftwerk Lippendorf
PL 16	21.06.2011	134	45	zwischen PL 11 und PL 16 Zufluss der Kleinen Pleiße und der Gösel
oh.PL17	21.06.2011	66	2	zwischen PL16 und PL17 Zufluss der Kleinen Pleiße
PL 18	21.06.2011	84	26	zwischen PL 17 und PL 18 Zufluss von Mühlpleiße u. Floßgraben

Tabelle 23: Gegenüberstellung der Sedimentationsströme von Eisen (SED Fe) berechnet aus sed_{Fe} der Tellerfallenmessung und aus den Frachtverlusten von Eisen im Wasser an den untersuchten Pleiße-Stellen [4k]

Eisenfracht, die von der Pleiße in die Weiße Elster transportiert wird

Die Eisenfracht, die am 21.6.2011 bei mittleren Niedrigwasserständen von der Pleiße in die Weiße Elster transportiert wurde, kann mit den hier vorliegenden Daten nicht exakt bestimmt werden, da die Eisenfracht im Wasser und der Sedimentationsstrom von Eisen, die der Berechnung zu Grunde liegen, 650 m oberhalb der Mündung der Pleiße in die Weiße Elster (bei PL 18) bestimmt worden sind. Bei PL 18 wurde am 21.6.2011 eine partikuläre Eisenfracht von 7,1 g/s gemessen, die 611 kg/Tag entspricht. Zieht man von dieser Fracht die Sedimentation von 55 kg Eisen/Tag ($84 \text{ g/m/d (SED Fe bei PL18)} \cdot 650 \text{ m}$) (bis zur Mündung der Pleiße in die Weiße Elster) bei PL 18 ab, erhält man eine Eisenfracht von 556 kg/Tag. Die Eisensedimentation von 55 kg Eisen/Tag ist dabei für diesen Bereich wahrscheinlich etwas überschätzt. Es kann aber davon ausgegangen werden, dass das partikuläre Eisen annähernd in der Größenordnung von 550 kg/Tag bei ähnlichen Wasserständen und damit über längere Zeiträume im Jahr 2011 in die Weiße Elster transportiert wurde.

Die Ergebnisse von 2009 bestätigen die Größenordnung der ermittelten Eisenfracht von der Pleiße in die Weiße Elster. Am 1.7.2009 wurde bei PL 19, kurz vor Mündung der Pleiße in das Elsterflussbett, eine Eisenfracht von 425 kg/Tag bestimmt.

Unbekannt ist noch, wie sich die eisenhaltigen Sedimentablagerungen in der Pleiße bei Hochwasser verhalten, wie lange sie dann an den einzelnen Pleiße-Stellen verbleiben und wann und in welchen Mengen sie in die Weiße Elster und damit nach Leipzig transportiert werden. Auf Grund der niedrigen V_{crit} -Werte der sedimentierten eisenhaltigen Partikel ist aber zu erwarten, dass die Sedimentablagerungen der Pleiße bei höheren Abflüssen leicht zu resuspendieren sind und damit weiter transportiert werden.

Bei längeren Liegezeiten der Sedimente kann es allerdings zu Verklebungen durch Biofilme kommen, wodurch die kritischen Fließgeschwindigkeiten erhöht werden.

Auf Grundlage der ermittelten Sedimentationsströme und der bevorzugten Retentionsräume der eisenhaltigen Sedimente in der Pleiße und der ermittelten Schlammdecken wird eine Machbarkeitsuntersuchung zur Entfernung von Sedimenten oberhalb der drei Wehre (Trachenauer Wehr, AGRA Wehr, Connewitzer Wehr) vorgeschlagen. Dabei ist auch die Verbringung des entnommenen Schlammes zu klären.

2.2.5 Handlungsempfehlungen zur Fortführung des Monitorings

Mit Blick auf die beabsichtigte Fortführung des Pilotprojektes im Rahmen der Phase 3 empfahl der AK in seiner 18. Sitzung die Weiterführung des Monitorings in einer optimierten Form, d.h. mit einem fortzuschreibenden Konzept zwecks Nachweisführung des Sanierungserfolgs im Zeitraum 2013 bis 2015.

Konzentration/Frachten

Zielstellung der empfohlenen Wasseruntersuchungen soll eine über 3 Jahre (2014 bis 2016) erfolgende Beprobung bei 5 verschiedenen Abflussklassen sein, um eine Eisenfrachtbilanzierung über das Gesamtjahr zu ermöglichen.

Die Abflussklassen werden auf Grundlage der Abflussganglinie der Pleiße festgelegt. Ein dazu ausgearbeitetes Konzept wird mit der LD Sachsen abgestimmt.

Folgendes Programm zum weiterführenden Monitoring wird vom Bearbeiter vorgeschlagen:

- Messintervall 5 x pro Jahr (eine Messung je gebildete Abflussklasse);
- Messstellen analog Monitoring 2010 (PL 1, PL 4, PL 5, PL 6, PL 7, PL 8, PL 9, PL 10A, PL 12, PL 16, PL 18), aber Weglassen von PL 2 und PL 3;
- Durchflussmessungen an 7 Messstellen (PL 1, PL 3, PL 5, PL 6, PL 10A, PL 12, PL 18);
- Parameterumfang reduzieren (Wegfall von Phosphor, Nitrit, Ammonium, TOC, DOC, Chlorophyll a, CSB, Toxizität).

Sediment

Weitere Zielstellung ist die Erfassung des Sediments bei den 5 verschiedenen Abflussklassen, um Korrelationen zwischen Abfluss, Fließgeschwindigkeit und Sedimentfracht sowie -ab- und -umlagerungen zu erkennen:

- Sedimentdickenmessung 5 x pro Jahr an der regulären Messstelle (über den Flussquerschnitt verteilt) zu jeder Messkampagne;
- 1 x pro Jahr Analytik der Sedimente bei Niedrigwasser hinsichtlich Trockenmasse, TOC- und Eisengehalt;
- 1 x pro Jahr Aufmessung der Sedimentdicken oberhalb der drei Wehre bei Niedrigwasser zur Abschätzung eines möglichen Schlammvolumens an den Sedimentationsschwerpunkten im Rückstaubereich der Wehre, Abstand der Messprofile ca. 100 m (Ein Messprofil sollte 3 – 5 Messungen über den Flussquerschnitt beinhalten.)

2.3 Präzisierung des Grundwasserströmungsmodells

Quelle [5a]

Das Gebiet der Pleiße und der Kippe Witznitz liegt innerhalb des bestehenden Hydrogeologischen Modells HGMS, mit welchem die Dynamik des Grundwasserwiederanstiegs berechnet werden kann.

Die Präzisierung des Grundwasserströmungsmodells für das Bearbeitungsgebiet Witznitz wurde basierend auf dem vorliegenden aktuellen HGMS [Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH, Präzisierung des Hydrogeologischen Großraummodells Süd - Modell HGMS 2006, Leipzig, 2008] durchgeführt.

Es erfolgte zunächst durch den Modellbearbeiter die Rekonstruktion des Strömungsregimes im Kippenkörper mit Hilfe von recherchierten gemessenen Grundwasserständen seit den 1970er Jahren bis zum Jahre 2008.

Im Rahmen der Präzisierung des Grundwasserströmungsmodells wurde eine Netzverfeinerung für das Bearbeitungsgebiet der Kippe Kahnsdorf im 62,5 m x 62,5 m - Raster erstellt. Das geometrische Modell, das Parametermodell und das Signalmodell für das Modellgebiet wurden auf der Grundlage von recherchierten Daten zum Kippenaufbau und zur Morphologie und den Abflüssen der Pleiße und Wyhra sowie auf der Grundlage einer aktualisierten Berechnung der Grundwasserneubildung mit dem Bodenwasserhaushaltsmodell überarbeitet.

Nach der Modellkalibrierung (1995 - 2008) erfolgte die Berechnung von Modellprognosen für die instationäre Phase bis zum stationären Zustand.

Der Kippenkörper Kahnsdorf ist bereits gegenwärtig zu einem Großteil mit Wasser aufgesättigt. In einigen Bereichen, insbesondere im Nordteil der Kippe, stellen sich bereits flurnahe Grundwasserstände ein. Es wurde berechnet, dass gegenwärtig 85 Vol.-% des geometrischen Volumens des Kippenkörpers grundwasserbeeinflusst sind. Bis zum stationären Endzustand soll gemäß den durchgeführten Modellrechnungen ein Anteil von 94 Vol.-% des Kippenkörpers grundwasserbeeinflusst, d. h. gesättigt sein.

Die Ergebnisse der Modellrechnungen wurden in Form von Hydroisohypsenplänen, Grundwasserflurabstandsplänen und Ganglinien für ausgewählte Grundwassermessstellen dokumentiert.

Die Berechnungen bis zum stationären Zustand zeigen, dass sich das generelle Strömungsregime im Bereich der Kippe Kahnsdorf gegenüber dem derzeitigen Zustand nur wenig ändert. Im Kippenteil nördlich der Pleißequerung ist eine Hochfläche ausgebildet, von der aus der Grundwasserabstrom in alle Richtungen erfolgt. Für diesen Kippenteil ist durch den Aufgang des Kahnsdorfer Sees noch ein Anstieg der Grundwasserstände um 2 bis 3 m bis etwa 2025 zu erwarten. Im Kippenteil südlich der Pleißequerung erfolgt die Grundwasserströmung hauptsächlich von Süden nach Norden in Richtung Pleiße. Ab etwa 2050 kommt es gemäß den Modellrechnungen zu einem weiteren Anstieg der Grundwasserstände um bis zu 5 m. Dies ist auf das Betriebsende des Tagebaus Vereinigtes Schleenhain zurückzuführen.

Im gesamten nördlichen Bereich des Kippenkörpers Kahnsdorf etwa zwischen der Mündung des Triftgrabens und der Ortslage Kahnsdorf muss langfristig mit flurnahen Grundwasserständen von größtenteils < 1 m unter Gelände gerechnet werden. Südlich dieser Linie steigt das Gelände in Richtung der Pleißequerung an, so dass die Grundwasserflurabstände hier zwischen 10 und 20 m unter Gelände liegen. Ein zweiter Bereich flurnaher Grundwasserstände von z. T. < 1 m unter Gelände ergibt sich an der südöstlichen Spitze des Kippenkörpers.

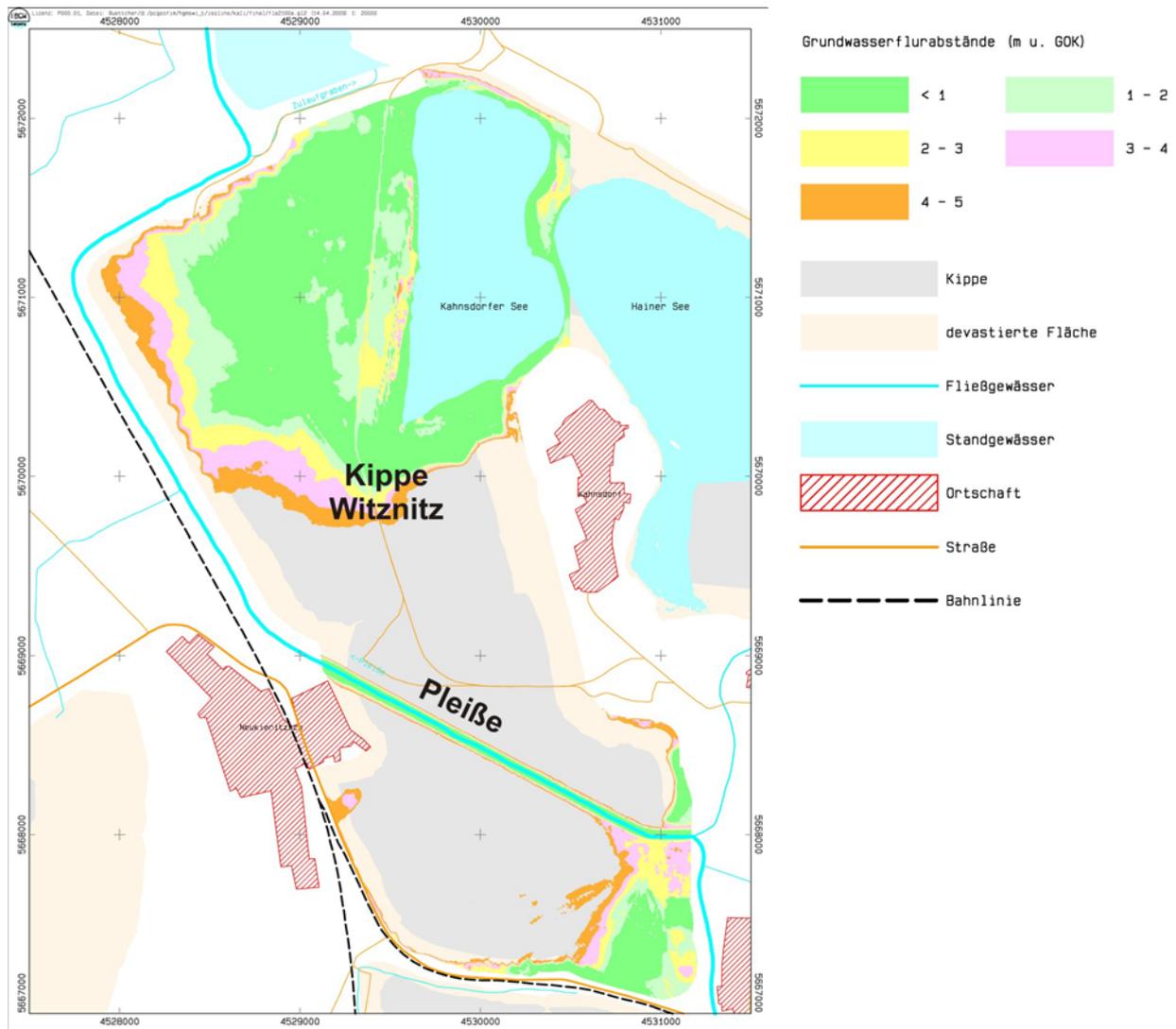


Abbildung 49: Grundwasserflurabstände im stationären Zustand unter mittleren Grundwasserneubildungsverhältnissen (Darstellung der Flurabstände nur für den Bereich der Kippe Witznitz) [5a]

Weiterhin wurden Bilanzgebiete für die Pleiße definiert und Grundwasservolumenströme aus der Kippe Kahnsdorf in die Pleiße in den einzelnen Abschnitten im zeitlichen Verlauf bis zum stationären Zustand ausgewiesen. [5a]

Zur räumlich differenzierten Quantifizierung des Grundwasserabflusses aus dem Kippenkörper Kahnsdorf in die Pleiße wurden Bilanzgebiete entlang der folgenden Pleißeabschnitte wie folgt abgeleitet: „Wyhra bis Neukieritzsch von Süden“, „Wyhra bis Neukieritzsch von Norden“; „Neukieritzsch bis Knick der Pleiße“ und „Knick bis Trachenauer Wehr“.

Die Lage und die Infiltrationsrichtung in Bezug auf die Pleiße kann der Abbildung 50 entnommen werden.

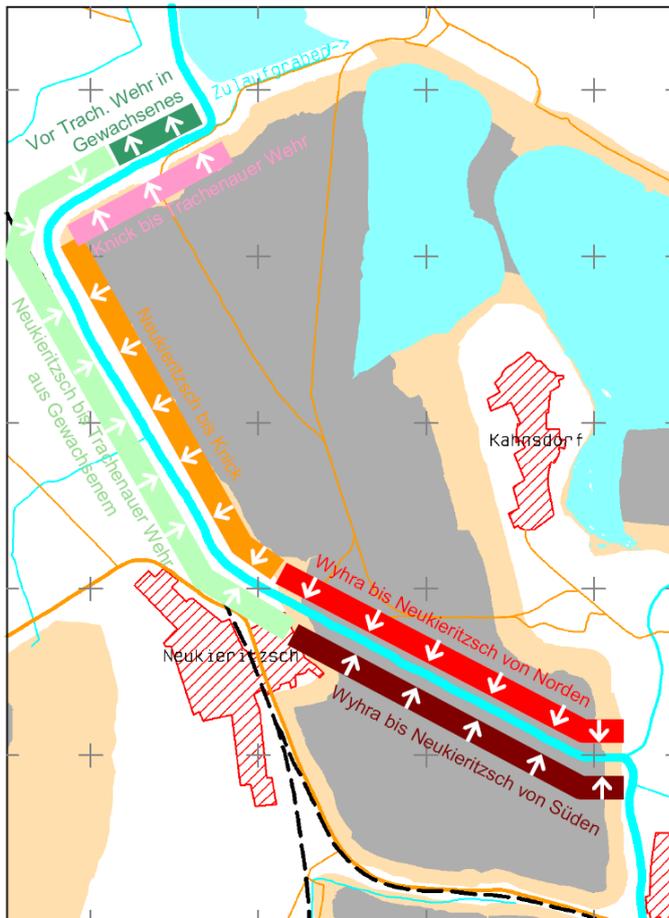


Abbildung 50: Bilanzgebiete zur Bilanzierung des Grundwasserzustroms in die Pleiße zwischen Wyhramündung und Trachenauer Wehr [5a]

Gemäß den Berechnungen strömen gegenwärtig etwa $0,6 \text{ m}^3/\text{min}$ ($= 0,01 \text{ m}^3/\text{s}$) aus dem Kippenkörper Kahnsdorf in die Pleiße ab. Dies ist eine vergleichsweise geringe Wassermenge, die selbst bei Basisabflüssen in der Pleiße von $2 \text{ m}^3/\text{s}$ nur einen Anteil von 0,5% ausmacht. Da die im Grundwasser gemessenen Eisenkonzentrationen jedoch mit bis zu 3000 mg/l extrem hoch sind, ist die der Pleiße zufließende Stofffracht so groß, dass sich dadurch ein Anstieg der Eisenkonzentration in der Pleiße um über 10 mg/l plausibel erklären lässt. Damit erweist sich dieser vergleichsweise geringe Grundwasserzufluss aus der Kippe Kahnsdorf in die Pleiße dennoch als signifikant für den Vorfluter.

Der Grundwasserabfluss aus dem Kippenkörper in der Pleiße erfolgt zu 60% über den Fließgewässerabschnitt zwischen der Wyhramündung und Neukieritzsch (von Norden und Süden) sowie zu 40% über den Abschnitt zwischen Neukieritzsch und dem Trachenauer Wehr, wobei zu beachten ist, dass der Eintrag zwischen der Wyhramündung und Neukieritzsch direkt aus der Kippe in die Pleiße erfolgt, während die Pleiße im Abschnitt zwischen Neukieritzsch und dem Trachenauer Wehr im angrenzenden gewachsenen Gelände verläuft.

Bis zum stationären Zustand ergibt sich gemäß den Berechnungen eine weitere Zunahme des Grundwasserabstroms aus dem Kippenkörper für mittlere Grundwasserneubildungsverhältnisse auf etwa 0,8 m³/min (Abbildung 51).

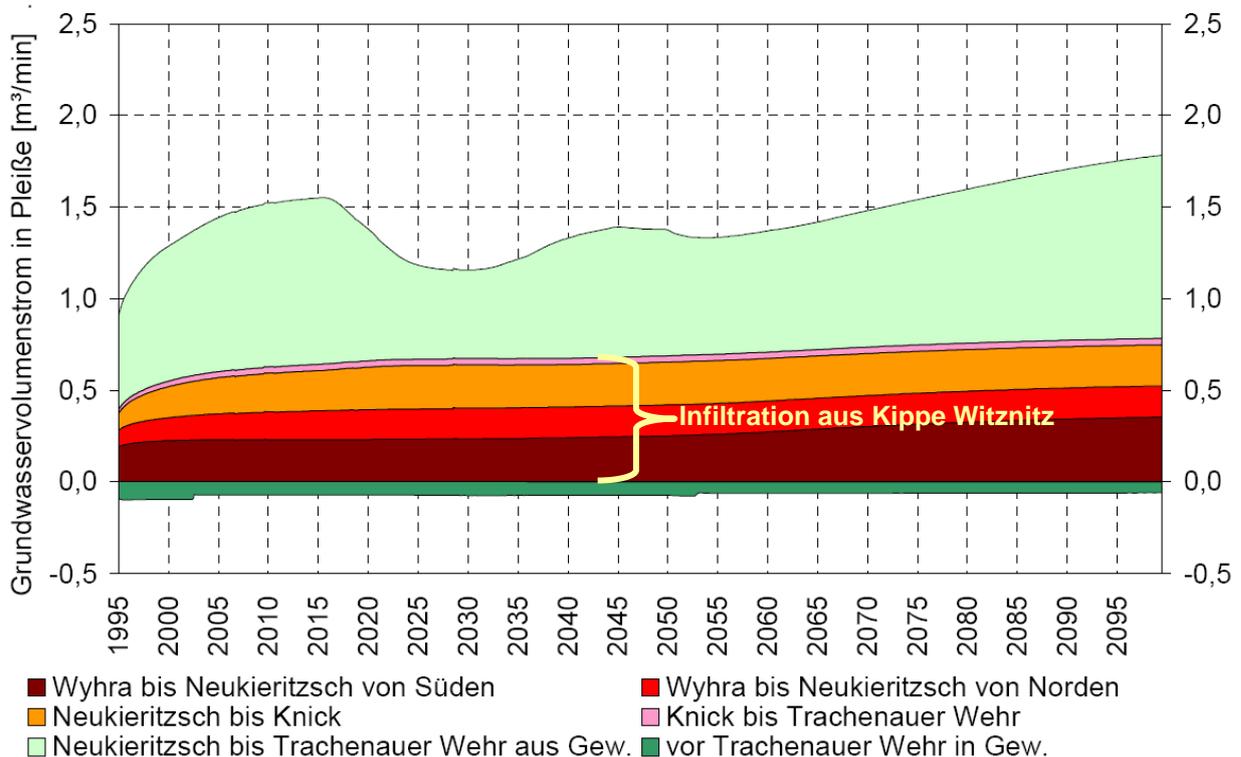


Abbildung 51: Zeitliche Entwicklung der Grundwasservolumenströme in die Pleiße gemäß den in Abbildung 8-10 angegebenen Bilanzgebieten für mittlere Grundwasserneubildungsverhältnisse bis zum stationären Zustand [5a]

In der Tabelle 24 (S. 99) sind die berechneten Grundwasserzuflüsse in 2009 sowie im stationären Zustand aufgezeigt.

Eine Betrachtung mit variabler Grundwasserneubildung für eine 24-jährige Reihe zeigt zudem, dass hohe Grundwasserneubildungsraten nach Niederschlagsereignissen auch in erhöhten Grundwasserabflüssen in die Pleiße resultieren. Entsprechend führen niedrige Grundwasserneubildungsraten zu geringeren Grundwasserabflüssen. Der Grundwasserabfluss aus der Kippe Kahnsdorf in die Pleiße liegt für die variable Reihe zwischen 0,6 und 1,1 m³/min. Diese Extrema treten allerdings nur temporär auf.

Tabelle 25 (S. 99) zeigt die Ergebnisse der Berechnung der Grundwasserzuflüsse unter Berücksichtigung zeitvariabler Grundwasserneubildungsraten.

Bilanzgebiet	Grundwasserzufluss aus der Kippe Kahnsdorf in die Pleiße			
	2009		stationärer Zustand	
	[m³/min]	[%]	[m³/min]	[%]
Wyhra bis Neukieritzsch von Süden	0,23	37	0,35	45
Wyhra bis Neukieritzsch von Norden	0,15	24	0,17	22
Neukieritzsch bis Knick	0,21	34	0,22	29
Knick bis Trachenauer Wehr	0,03	5	0,03	4
Summe	0,62	100	0,78	100

Tabelle 24: Berechnete Grundwasserzuflüsse aus der Kippe Kahnsdorf in die Pleiße 2009 und im stationären Zustand für mittlere Grundwasserneubildungsverhältnisse [5a]

Bilanzgebiet	Grundwasserzufluss aus der Kippe Kahnsdorf in die Pleiße im stationären Zustand [m³/min]		
	Mittel*	Minimum	Maximum
Wyhra bis Neukieritzsch von Süden	0,35	0,27	0,48
Wyhra bis Neukieritzsch von Norden	0,17	0,11	0,25
Neukieritzsch bis Knick	0,22	0,20	0,33
Knick bis Trachenauer Wehr	0,03	0,03	0,04
Summe	0,78	0,61	1,09

* mittlere Grundwasserneubildungsverhältnisse

Tabelle 25: Berechnete Grundwasserzuflüsse aus der Kippe Kahnsdorf in die Pleiße im stationären Zustand für variable Grundwasserneubildungsverhältnisse [5a]

Im Rahmen der Bearbeitung wurden weiterhin mittlere Verweilzeiten für die einzelnen Kippscheiben sowie den gesamten Kippenkörper Kahnsdorf für den stationären Zustand berechnet. „Dies darf zwar streng genommen nur für durchmischte Körper wie z.B. Seen vorgenommen werden, wurde hier jedoch trotzdem durchgeführt, um eine Idee über die mit dem Grundwasserabstrom aus dem Kippenkörper verbundenen Zeiträume zu vermitteln. Für den gesamten Kippenkörper ergibt sich eine mittlere theoretische Verweilzeit von 50 Jahren, die sich jedoch in den einzelnen Kippscheiben entsprechend ihrer hydraulischen Durchlässigkeit staffelt. So wird für den oberen Bereich (2. und 3. Kippscheibe) eine mittlere Verweilzeit von etwa 20 Jahren und für einen darunter angrenzenden Übergangsbereich eine mittlere Verweilzeit von etwa 90 Jahren ausgewiesen. Der untere Kippenbereich (1. Kippscheibe) nimmt aufgrund der dort vorwiegend verkippten bindigen Substrate vermutlich nicht maßgeblich am Strömungsgeschehen des Kippenkörpers Kahnsdorf teil“. [5a]

2.4 Ermittlung der geologischen Verhältnisse der Kippe und Quantifizierung der Stoffmengenverteilung (Eisen/Schwefel) in der Kippe

Quelle: [5c]

Im Rahmen der Ermittlung der geologischen Verhältnisse der Kippe und Quantifizierung der Stoffmengenverteilung (Eisen / Schwefel) in der Kippe erfolgte zunächst der Aufbau eines vorbergbaulichen geologischen Modells für das Bearbeitungsgebiet der Kippe Kahnsdorf des ehemaligen Tagebaus Witznitz II.

Mit Hilfe einer umfangreichen Archivrecherche wurde anschließend die Genese des Kippenkörpers Kahnsdorf rekonstruiert und daraus eine strukturelle Gliederung für die Kippe abgeleitet.

Im Hinblick auf die Erstellung einer Stoffmengenverteilung für den Kippenkörper wurde eine bodengeologische Charakterisierung der gewachsenen am Aufbau des Kippenkörpers beteiligten Substrate auf der Grundlage von Bodengeologischen Gutachten aus der Vorfelderkundung des Tagebaus durchgeführt.

Aus der Synthese der Informationen zum Kippenaufbau und der daran beteiligten Substrate sowie der bodengeologischen Charakterisierung dieser Substrate wurden mittlere Gehalte der einzelnen bodengeologischen Kennwerte für die Gesamtkippe sowie die einzelnen Kippscheiben und Kippzonen abgeleitet.

Aus dem mittleren für den Kippenkörper ermittelten Differenzschwefel-Gehalt von 1,1 M-% wurden unter der Annahme, dass dieser Wert den Disulfidschwefel-Gehalt der Kippe kennzeichnet, Stoffvorräte des disulfidisch gebundenen Eisens und Schwefels im Kippenkörper berechnet.

Bei einem Gesamtkippenvolumen von ca. 360 Mio. m³ und einer mittleren Lagerungsdichte von 1,5 g/cm³ ergibt sich ein Vorrat von disulfidisch gebundenem Schwefel von 5,8 Mio. t sowie ein Vorrat von disulfidisch gebundenem Eisen von 5,0 Mio. t im Kippenkörper Kahnsdorf. [5c]

Eingangsgrößen	
S-Differenz	1,1 M-%
Kippenvolumen	364 Mio. m ³
Lagerungsdichte	1,5 g/cm ³
Molmasse Eisen	55,84 g/mol
Molmasse Schwefel	32,06 g/mol
Berechnete Stoffvorräte	
Disulfid-Schwefel	5,8 Mio. t
Disulfid-Eisen	5,0 Mio. t

Tabelle 26: Berechnung von Eisen- und Schwefel-Stoffvorräten im Kippenkörper, Eingangsgrößen und Ergebnisse [5c]

Der der Berechnung zugrunde liegende Schwefeldifferenz-Gehalt wurde über die gewachsenen am Aufbau der Kippe beteiligten Substrate berechnet und kennzeichnet damit die bei der Kippenbildung vorhandenen Konzentrationen, d.h. den Ausgangszustand der Kippe vor Einsetzen der Verwitterung und des Stoffaustrags.

2.5 Bilanzierung der aktuellen Stofffrachten in die Pleiße

Quelle [5d]

Auf der Grundlage der Teilberichte 1 bis 2 sowie der vorliegenden Monitoringergebnisse (Messplatz Kippe Witznitz + Fließgewässermonitoring Pleiße) wurde durch den Modellbearbeiter durch eine segmentierte Analyse und Bilanzierung der aktuellen Eisen-, Sulfat- und Aziditätseinträge in die Pleiße durchgeführt [5d].

Dazu erfolgte durch den Bearbeiter die Auswertung der Grundwasserbeschaffenheiten aus den LMBV-Messnetzen Braunkohle und Altlasten sowie den im Rahmen des Exfiltrationsprojektes gewonnenen Beschaffenheitsdaten am Sondermessplatz, den temporären Messstellen (Rammpegeln) und aus dem Fließgewässermonitoring in der Pleiße. Die Beschaffenheitsdaten wurden nach einer detaillierten Plausibilitätsprüfung in eine Datenbank integriert.

Zunächst wurde auf der Grundlage der gewonnenen Daten die **Grundwasserbeschaffenheit im Kippenkörper** charakterisiert.

So weist das Grundwasser des Kippenkörpers Kahnsdorf im Mittel einen pH-Wert von 5,3 (leicht sauer). Hauptbestandteile auf der Kationenseite sind Eisen (im Mittel 1050 mg/l) und Calcium (im Mittel 480 mg/l). Auf der Anionenseite dominiert Sulfat mit mittleren Konzentrationen von 3660 mg/l.

Jedoch ist die Wasserbeschaffenheit des Kippenkörpers schon kleinräumig durch eine hohe räumliche Variabilität gekennzeichnet, die vermutlich hauptsächlich auf den unterschiedlich langen und starken Kontakt der Substrate mit Luftsauerstoff während der Umlagerung und somit die unterschiedlich starke Pyritverwitterung zurückzuführen ist.

Als Beispiel sind in der Abbildung 52 (S. 102) die mittleren Konzentrationen von Eisen (ges) aufgezeigt.

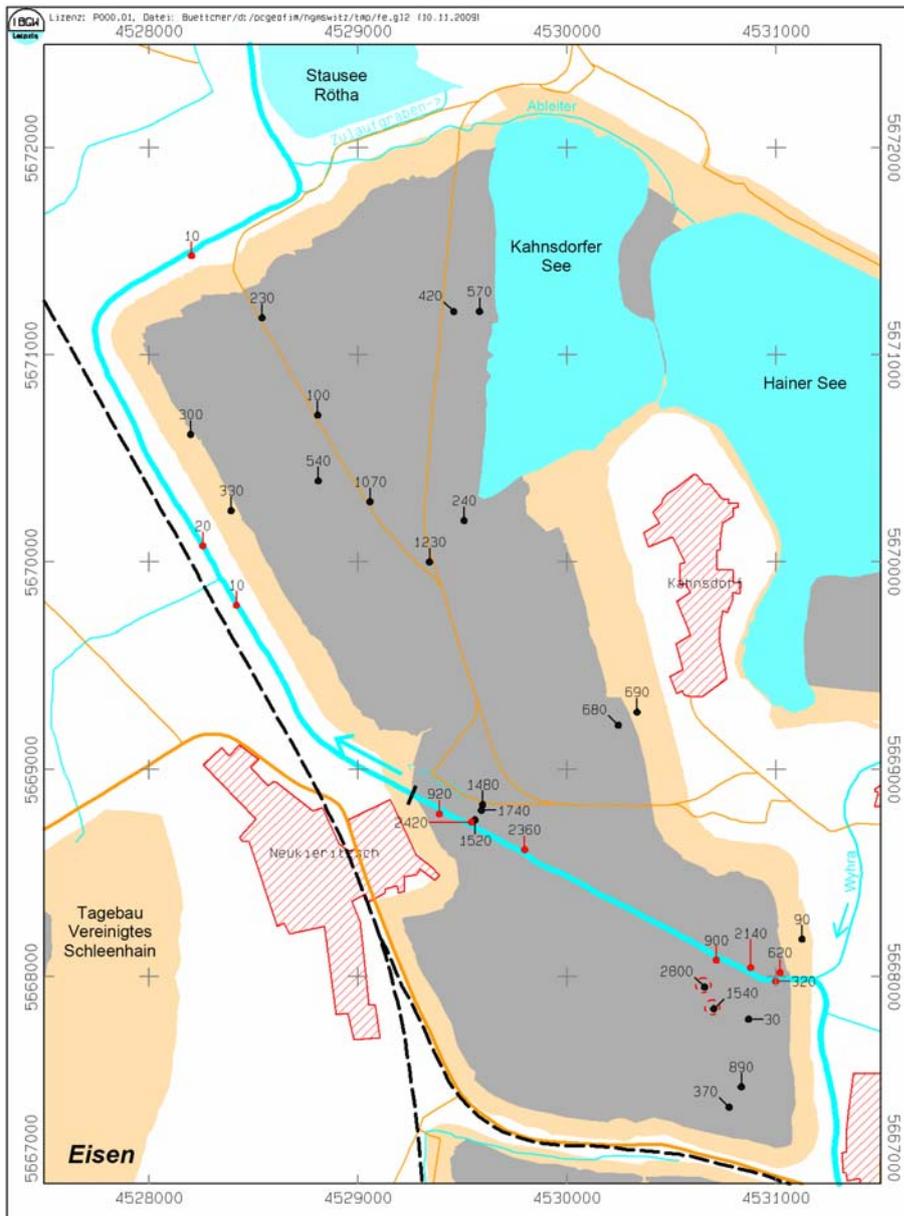


Abbildung 52: Mittlere Eisen (ges.) - Konzentrationen in mg/l (Mediane der gemessenen Zeitreihen) der Grundwassermessstellen im Bereich der Kippe Kahnsdorf, rot: Rammpegel am Pleißeufer, schwarz: übrige Messstellen (an mehrfach verfilterten Messstellen erfolgt Angabe einer mittleren Konzentration), rot gestrichelt umrandet: Messstellen für die Berechnung der Stoffeinträge (zusätzlich zu Rammpegeln am Pleißeufer) [5d]

Außerdem ist eine Tendenz von höheren Eisen- und Sulfatkonzentrationen sowie Aziditäten im Südteil der Kippe (Höhe Ortslage Neukieritzsch und südlich davon) im Vergleich zum Nordteil erkennbar, deren Grund einerseits darin zu sehen sein kann, dass im älteren Südteil der Kippe (Entstehung 1945 - 1965) Kippsscheiben oftmals länger offen lagen und somit der Pyritverwitterung ausgesetzt waren.

Andererseits ist im nördlichen Kippenteil mehr Geschiebemergel enthalten, dessen Kalkanteil den Übergang von Eisen und Sulfat in das Grundwasser verringern kann.

Nicht auszuschließen ist allerdings weiterhin, dass das beobachtete Muster zum Teil auch dadurch entsteht, dass sich die Informationen zur Wasserbeschaffenheit im Nordteil der Kippe zum größten Teil auf Rammpegel mit einem Filterbereich zwischen 4 und 5 m unter Gelände stützen, die somit nur den oberflächennahen Aquifer charakterisieren, während die Messstellen im Südteil der Kippe hauptsächlich im tieferen Grundwasserbereich verfiltert sind. Hier wurden 2 zusätzliche GWMST neben den RKP durch den Modellbearbeiter berücksichtigt (siehe Abbildung 52).

Ein zweiter Komplex der Betrachtungen in [5d] bildete die **Wasserbeschaffenheit der Pleiße**, in der sich die Reaktion der kippenbürtigen Stoffeinträge zeigt.

Der pH-Wert liegt im Untersuchungsgebiet zwischen der Wyhramündung und dem Trachenauer Wehr im neutralen Bereich bei 7,5. Der Mineralisationsgrad des Wassers ist deutlich niedriger als der des Kippengrundwassers. Das Hauptkation stellt Calcium mit im Mittel 123 mg/l dar. Die Anionenseite wird von Sulfat mit 269 mg/l und Hydrogenkarbonat mit 171 mg/l dominiert. Eisen spielt bei der Ionenzusammensetzung nur eine geringe Rolle, ist jedoch mit im Mittel 6 mg/l und Maximalkonzentrationen von 11 mg/l durch die Färbung und Trübung, die es in der Pleiße verursacht, für das Fließgewässerökosystem prägend.

Im Fließgewässerlängsschnitt kommt es durch den Stoffeintrag aus dem Kippenkörper Kahnsdorf bei Niedrigwasserverhältnissen (Abfluss < 4 m³/s) zu einer mittleren Erhöhung der Eisenkonzentration in der Pleiße um 3,5 mg/l und der Sulfatkonzentration um 24 mg/l sowie einem Rückgang der Alkalinität (Ks 4,3 unter atmosphärischen Randbedingungen) um 0,05 mmol/l.

Die Entwicklung der Wasserbeschaffenheit im Verlauf der Pleiße gibt Aufschluss über den Einfluss von austretendem Kippengrundwasser im Bereich der Kippe Kahnsdorf.

Die Abbildung 53 stellt die Entwicklung im Verlauf der Pleiße für die Kennwerte Eisen ges., Sulfat und Alkalinität (Ks 4,3 unter atm. Randbedingungen) im Flussabschnitt zwischen der Wyhramündung (Fl.-Km 23,8) und dem Trachenauer Wehr (Fl.-Km 17,6) dar.

In die Berechnung gingen nur Stichtagsmessungen mit Abflüssen in der Pleiße < 4 m³/s ein (16 Stichtagsmessungen), da zum einen bei hohen Abflüssen durch den Verdünnungseffekt die Stoffeinträge aus der Kippe weniger deutlich erkennbar sind und zum zweiten die Eisenkonzentrationen durch die Resuspendierung von Eisenschlämmen vom Gewässerboden überlagert werden. [5d]

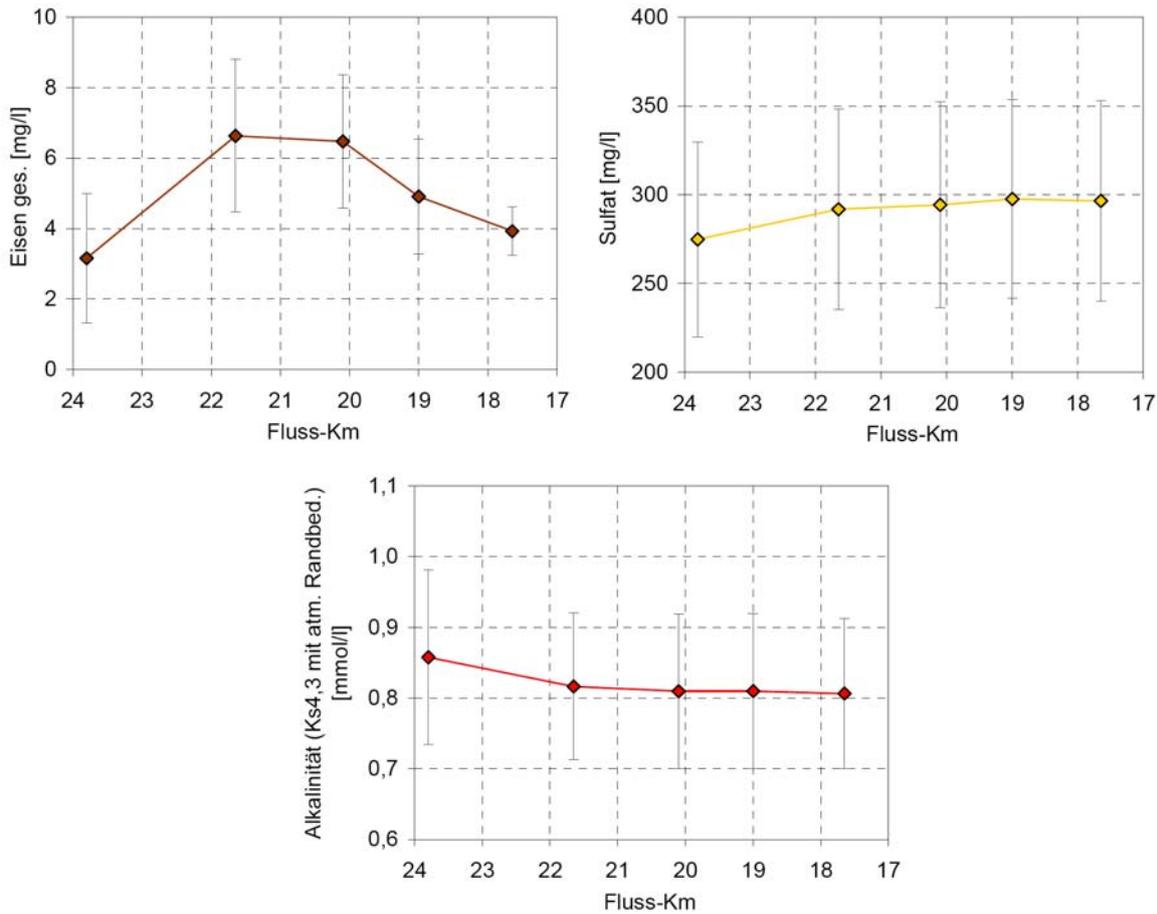


Abbildung 53: Eisen ges., Sulfat und Alkalinität in der Pleiße zwischen der Wyhramündung und dem Trachenauer Wehr (Mittelwerte und Standardabweichungen) für Abflüsse < 4 m³/s (Fl.-Km 23,8: Wyhramündung; Fl.-Km 21,7: Brücke Neukieritzsch; Fl.-Km 17,6: Trachenauer Wehr) [5d]

Durch den Bearbeiter wurden im Anschluss daran die **Stoffeinträge aus dem Kippenkörper Kahnsdorf in die Pleiße mit zwei verschiedenen Methoden berechnet**, welche sich auf unterschiedliche Daten stützen und daher als komplett unabhängig voneinander anzusehen sind.

Die erste Methode verwendet die mit Hilfe des im Rahmen des Projektes aktualisierten und kalibrierten Grundwasserströmungsmodells (Punkt 2.3, S.95) ermittelten räumlich differenzierten Volumenströme in die Pleiße und die an zehn temporären Grundwassermessstellen (Rammpegel) entlang der Pleiße gemessene Grundwasserbeschaffenheit. Die zweite Methode stützt sich hingegen auf die Entwicklung der Wasserbeschaffenheit in der Pleiße im Fließgewässerlängsschnitt sowie die gemessenen Abflüsse in der Pleiße. Da die ermittelten Stofffrachten bei beiden Methoden in der gleichen Größenordnung liegen, verdeutlicht der Vergleich die Belastbarkeit der Ergebnisse.

Mit der Abbildung 54 (S. 105) wird die Aussage besonders deutlich:

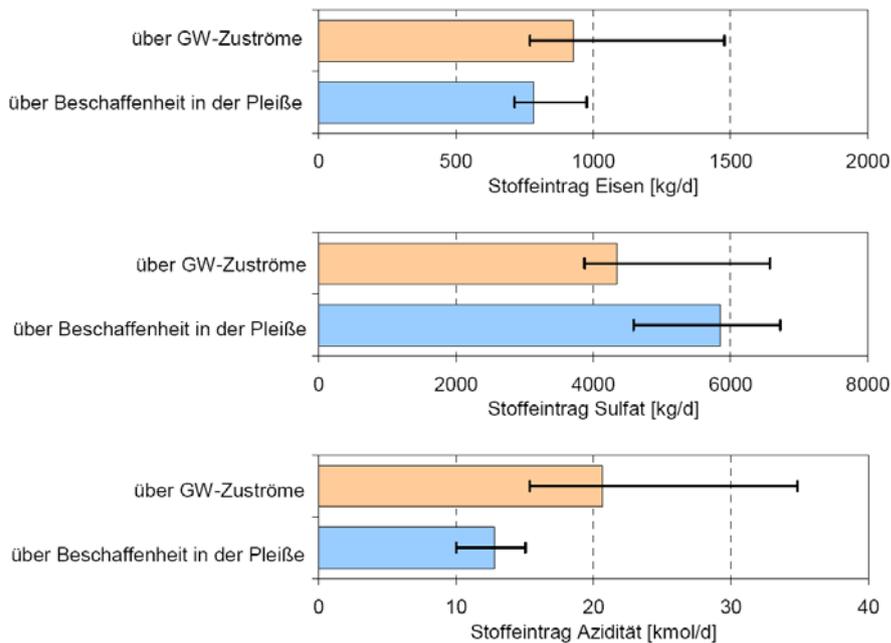


Abbildung 54: Stoffeinträge in die Pleiße im Fließgewässerabschnitt zwischen der Wyhamündung und dem Trachenauer Wehr; Methodenvergleich: Ermittlung über Grundwasserzuflüsse sowie über Beschaffenheit in der Pleiße; mittlere Einträge und Streuung [5d]

So ergibt sich für Eisen ein gegenwärtiger mittlerer Stoffeintrag in die Pleiße zwischen der Wyhamündung und Neukieritzsch von 750 bis 1000 kg/d sowie für Sulfat vor 4000 bis 6000 kg/d. Der Aziditätseintrag liegt im Mittel zwischen 10 und 25 kmol/d.

Darüber hinaus zeigt die separate Betrachtung der Stoffeinträge in die Pleiße über die Bilanzgebiete „Wyhamündung bis Neukieritzsch von Süden“, „Wyhamündung bis Neukieritzsch von Norden“ sowie „Neukieritzsch bis Trachenauer Wehr“, dass der Eintrag von Eisen und Azidität nahezu ausschließlich im Fließgewässerabschnitt zwischen der Wyhamündung und Neukieritzsch stattfindet, in dem die Pleiße direkt an den Kippenaquifer angebunden ist. Flussabwärts von Neukieritzsch ist nur noch der Sulfateintrag in die Pleiße relevant.

Die Abbildung 55 (S. 106) zeigt die Zusammenfassung der Ergebnisse bezogen auf die betrachteten Bilanzgebiete. Schwerpunkt der Stoffeinträge bilden die Zuflüsse von Süden und Norden zwischen Wyhamündung und Neukieritzsch, da in diesem Bereich das Gewässerbett der Pleiße direkt im Kippenmassiv verläuft.

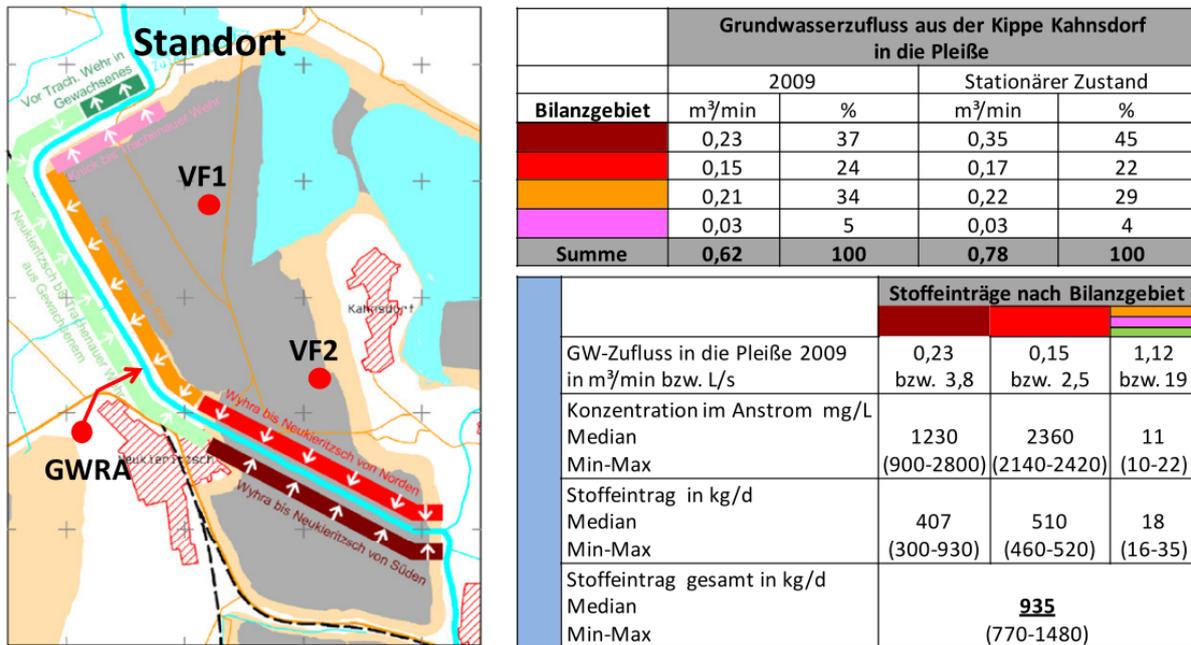


Abbildung 55: Der Fe-Eintrag in die Pleiße erfolgt zu 98 % in etwa gleicher Größe vom Süden und Norden aus der Kippe im Bereich zwischen Wyhra-Mündung und Neukieritzsch [7c]

Der Eiseneintrag aus der Kippe Kahnsdorf stellt mit im Mittel 55% der Gesamteisenfracht die Haupteisenquelle für die Pleiße im Fließgewässerabschnitt zwischen Regis-Breitungen und dem Trachener Wehr dar. In der Bilanzierung (Stichtagsmessungen zwischen Dez. 2007 und Sept. 2009) ist bereits die intervallartige Einleitung von eisenhaltigen Sumpfungswässern der MIBRAG aus dem Tagebau Vereinigtes Schleenhain in die Pleiße bei Deutzen flussaufwärts der Wyhramündung enthalten, d.h. dass das Grundwasser aus der Kippe Kahnsdorf ohne diese Einleitung einen noch größeren Anteil der Eisenfracht in der Pleiße ausmacht.

Insgesamt ergibt sich durch die gewonnenen Aussagen hinsichtlich der Stofffrachten aus der Kippe Kahnsdorf in die Pleiße, die hauptsächlich auf den im Rahmen des Projektes gewonnenen Beschaffensdaten im Kippengrundwasser und der Pleiße sowie dem aktualisierten und kalibrierten Grundwasserströmungsmodell [5a] basieren, ein maßgeblicher Erkenntniszuwachs. Es liegen hiermit erstmals konkrete Zahlen zu den aktuellen Stofffrachten in die Pleiße vor, die die Voraussetzung für eine Sanierungsplanung darstellen.

2.6 Wasserbeschaffenheitsmodellierung der Pleiße – Analyse der Modellanforderungen und Testung von Modellansätzen

Quelle: [6a bis 6c]

Die Modellierung der Wasserbeschaffenheit in der Pleiße und der Weißen Elster hat das damalige Regierungspräsidium Leipzig das Modell FGSM als Modell für die Analyse des Ist-Zustandes und der Ableitung der Bewirtschaftungsmaßnahmen entwickelt. Das im Auftrag des BMBF durch die DWA entwickelte Basismodell FGSM wird durch den ErfT-Verband betreut.

Bisher ist der AK davon ausgegangen, dass die Erstellung einer Eisen-Modul-Kopplung für das bestehende FGSM-Modell durch den Betreuer veranlasst wird.

In der 6. Sitzung des Arbeitskreises vom 23.04.2008 wurde durch den Umweltfachbereich des RPL eine Kurzaufgabenstellung zur Vorgehensweise des fehlenden Eisen-Moduls an die Mitglieder des Arbeitskreises übergeben.

Im Rahmen des laufenden Projektes zur Ermittlung der Eisenexfiltration aus den Kippen in die Pleiße ist die Modellierung der Wasserbeschaffenheit der Pleiße integrierter Bestandteil. Derzeitig gibt es kein lauffähiges und hinreichend verifiziertes Modell, welches die Wirkung des Eisens adäquat berücksichtigen kann. Aus diesem Grund ist ein Modellbaustein Eisen zu entwickeln, der gegenüber den geochemischen Ansätzen (z.B. PHREEQC) hinaus die intensiven Wechselwirkungen mit den biochemischen Prozessen des Sauerstoff- und Nährstoffhaushaltes berücksichtigt. Die vorhandenen Ansätze in den verfügbaren Modellen wie CAEDYM WASP7, QUAL2K, CE-QUAL-W2, FGSM, QSIM, MIKE11 mit ECO-LAB, SOBEK und RIWQM sind hierfür nicht ausreichend. [6a]

Die Zielstellung der Modellentwicklung bezüglich des Eisenbausteins besteht darin, die Wirkung der komplexen bergbaubürtigen Belastungen in Folge des Grundwasserwiederanstiegs auf die intensiv genutzten und bereits belasteten Fließgewässerökosysteme, in denen biochemische Prozesse die entscheidende Rolle spielen, zu erfassen und zu prognostizieren.

Die Messergebnisse:

- für die Feststellung der Sedimentationsraten mit den Tellerfallen,
- die Änderung der Zusammensetzung der sedimentierbaren Stoffe mit den Zylinderfallen und
- der angetroffenen Sedimentmächtigkeiten

sind eine wichtige Grundlage für die Parametrisierung des Modells.

Grundsätzlich wurde durch die Bearbeiter IBGW und ECOSYSTEM SAXONIA festgestellt, dass sowohl das Modell FGSM als auch CE-QUAL-W2 über die entsprechenden Modellkompartimente und Anbindungsmöglichkeiten verfügen. Insoweit ist die Entwicklung des Modellbausteins mit seiner komplexen Kinetik für beide Modellsysteme grundsätzlich möglich (analog der abgestimmten Kinetik zwischen den Modellen QSIM und FGSM). In Tabelle 27 werden die Vor- und Nachteile von FGSM und CE-QUAL-W2 für die Gütemodellierung der Pleiße mit dem Eisenbaustein aufgeführt.

	FGSM	CE-QUAL-W2
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> - bisher erfolgreich für die Pleiße und Weiße Elster kalibriert und eingesetzt - sehr detaillierte Kinetik insbesondere fließgewässertypischer Stofftransport- und Umsetzungsprozesse - langjährige Erfahrungen, gut verifiziertes Modell für komplexe Flusssysteme mit intensiver Nutzung und Nutzungskonflikten - auf kleine und große Fließgewässer ausgelegt 	<ul style="list-style-type: none"> - Quelltext frei verfügbar (Public Domain) - neue Module leicht selbst einbaubar - Kopplung mit PHREEQC - Kopplung an PCGEOFIM - auch für Restseen einsetzbar - unbegrenzte Modellgröße - flexible Ein- und Ausgabeformate - große internationale Nutzergemeinde - langjährige Modellentwickler verfügbar - Betriebssystem frei wählbar
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> - nicht ohne Weiteres selbst erweiterbar - Größenbegrenzung - binäre Eingabe- und (teilweise) Ausgabeformate - gegenwärtig DOS-gebunden - Implementierung des Eisenmoduls erst nach 2010 möglich 	<ul style="list-style-type: none"> - derzeit nicht alle Prozesse für mittlere und kleine Fließgewässer implementiert (aber erweiterbar siehe oben) - keine Erfahrungen für Pleiße - erhöhter Aufwand für die notwendige Ergänzung des Modells um wichtige Kompartimente, Entwicklung und Testung der Algorithmen

Tabelle 27: Vergleichsmatrix FGSM / CE-QUAL-W2 für die Pleißemodellierung [6a]
 (Anmerkung: Nach aktuellem Stand wäre die Implementierung des Eisenmoduls im FGSM auch früher als hier dargestellt möglich)

Im Rahmen einer 1. Ergänzung zum Endbericht [6b] wird zu den aktuellen Entwicklungen Bezug genommen und der sich daraus ergebende veränderte Arbeitsablauf dargestellt und der zeitliche und finanzielle Aufwand zur Umsetzung aufgezeigt (An dieser Stelle sei auch auf das Schreiben der LD L vom 26.06.2009 verwiesen [6c]):

Am 19. Juni fand in der LD Leipzig ein Workshop zum Thema "Modellierung von bergbaubeeinflussten Fließgewässern" statt. Im Ergebnis dieses Workshops, der die wesentlichen Aussagen des vorliegenden Endberichts bestätigt, wird auf Grundlage der in diesem Workshop vorgetragenen Erfahrungen und der intensiven fachlichen Diskussion die Zielsetzung für die Erstellung eines Modellbausteins "Eisen" für die Pleiße nochmals konkretisiert und der Bearbeitungsweg und Aufwand eingeschätzt .

Hierzu sind folgende Prämissen zu nennen [6b]:

- bezüglich des Sauerstoffhaushaltes der Pleiße spielt die Auswirkung der Eiseneinleitung in die Pleiße nur eine untergeordnete Rolle und kann deshalb in dieser Auswirkung vernachlässigt werden. (fachliche Vorgabe der LD Leipzig gemäß Workshop),
- der pH-Wert in der Pleiße ist nicht im sauren Bereich zu erwarten (fachliche Vorgabe der LD Leipzig gemäß Workshop),
- die LD Leipzig erwartet ausschließlich Aussagen für die Entwicklung der Konzentration von Fe(II) und Fe(III) im Fließgewässer sowie eine gutachterliche Bewertung der Wirkung auf das Fließgewässer,
- die Ergebnisse der Bearbeitung müssen für gesamtheitliche Betrachtungen eines Bewirtschaftungsplanes für die Pleiße kompatibel sein.

Ausgehend von den aus dem Monitoring bekannten direkten Wirkungen des Eiseneintrages in die Pleiße wird davon ausgegangen, dass bei der Entwicklung eines s. g. Eisenbausteins für eine Gewässergütemodellierung der Pleiße die direkten Wirkungen seitens des Bergbaus im Vordergrund stehen. Diese umfassen:

- die Eisenoxidation und Bildung des Eisenhydroxids im weitgehend neutralem Milieu bei ausreichendem Sauerstoffangebot,
- die nachfolgende Sedimentation der Eisenflocken in der Pleiße.

Damit ist das Retentionspotenzial der Pleiße für die Eisenbelastung primär abhängig:

- von den hydrologischen und hydromorphologischen Gegebenheiten in der Pleiße
- der Variation des Eiseneintrages,
- den Temperaturbedingungen,
- den Sauerstoffbedingungen, pH-Wert und Alkalinität.

Mit dem Erftverband ist die rechtliche und inhaltliche Möglichkeit, der Entwicklung und Implementierung des Eisenbausteins in das Modell FGSM vorgeklärt. Das Modell CEQUAL- W2/PHREEEQC besteht bezüglich der Gewässergütemodule aus frei verfügbarer opensource software, deren Programmcode unabhängig von rechten Dritter jederzeit an die Aufgabenstellung angepasst werden kann.

Konkretisierung des Bearbeitungsumfanges und –aufwandes [6b]

Um eine Vergleichbarkeit des Aufwandes für die Entwicklung und Implementierung des Eisenbausteins in die Fließgewässergütemodelle FGSM und CE-QUAL-W2 zu ermöglichen, wurde der Zeitaufwand für beide Modelle bezüglich der für die Bearbeitung erforderlichen Schritte bzw. Teilleistungen durch die Bearbeiter eingeschätzt.

Die Ergebnisse der Szenarioberechnung werden gutachterlich bewertet. Bei der Anwendung des Modells FGSM, dass für die Bewirtschaftungsaufgaben der intensiv genutzten Pleiße verwendet wird, ist eine direkte Kopplung zu den anderen Bewirtschaftungsaufgaben gegeben, die bei der Entscheidung zur Anwendung des Modells CE-QUAL-W2/PHREEQC noch mit weiteren Aufwendungen, die jetzt noch nicht benannt werden können, verbunden ist.

Insgesamt wird für beide Modelle ein vergleichbarer Aufwand für die Gesamtleistung eingeschätzt, der sich auf Grund der unterschiedlichen Charakteristik der Modelle in den einzelnen Teilleistungen unterscheidet.

Diese Unterschiede sind wie folgt zu erklären:

- Das hydraulische Modell für das Modellsystem FGSM existiert bereits und ist nur noch auf neue Messergebnisse anzupassen, während es für das Modell CE-QUALW2/PHREEQC für große Flussabschnitte noch zu erstellen ist.
- Die Ankopplung des Grundwassermodells ist im Modellpaket auf Basis von MODGLUE enthalten und erfordert nur relativ geringe Anpassungsarbeiten, während für das Modell FGSM eine externe Kopplung erforderlich ist. Dabei fällt der Aufwand für jedes grundwasserregime- bzw. flutungsregimeabhängige Szenario an.
- Für das Modellsystem FGSM ist der Eisenbaustein in das Gesamtmodell auf Grundlage der Umprogrammierung eines vorhandenen anderen Bausteins zum Eisenmodul zu entwickeln und zu testen, während davon ausgegangen wird, dass durch die Kopplung mit PHREEQC die Eisenoxidation und Eisenhydroxidbildung in CE-QUAL-W2 bereits vorbereitet ist.
- Für die Kalibrierung des Modells CE-QUAL-W2/PHREEQC ist ein höherer Aufwand erforderlich, als für das bereits bezüglich der anderen Parameter für die Pleiße überwiegend kalibrierte Gütemodell FGSM. Hier ist die Wechselwirkung mit dem Eisenbaustein Schwerpunkt der Kalibrierung.
- Ein Hauptschwerpunkt der Entwicklung des Eisenbausteins ist die notwendige Abbildung des Sedimentationsgeschehens in der Pleiße unterhalb der Einleitung der Eisenbelastung. Diese erfordert infolge der schwierigen Problematik der Abbildung der Sedimentation der Eisenflocken im Modell einen für beide Modelle gleichen hohen Arbeitsaufwand.

- Auf Grund der höheren Modellkomplexität (Grundwassermodell PCGEOFIM-Gewässergüte-modell CE-QUAL-W2 - geochemisches Modell PHREEQC) bzw. der noch geringen Erfahrung mit der Version 3.x von CE-QUAL-W2 ist der Aufwand für eine Szenarioberechnung höher als beim Modell FGSM mit externer Kopplung PCGEOFIM und FGSM. Dabei ist ein Zeitaufwand berücksichtigt, der mit zunehmender Erfahrung kleiner wird [6b].

Die Analyse des internationalen Standes hat gezeigt, dass kein geeignetes Modell für die Abbildung und Prognose der Wirkung des Eiseneintrages in intensiv anthropogen genutzten Fließgewässern z. Z. anwendungsbereit zur Verfügung steht und für die Entwicklung des Eisenbausteins aus diesem Grund innovative Wege gegangen werden müssen, die mit einem erhöhten Aufwand verbunden sind. Dabei wird dieser Aufwand, auf die für die Fragestellung in der Pleiße wichtigen Probleme der Direktwirkung des Eisens beschränkt. Der Zeitaufwand beträgt etwa ein halbes Jahr.

In der 12. Sitzung des Vorhabens begleitenden Arbeitskreises am 09. Oktober 2009 wurden folgende Hinweise und Empfehlungen bzgl. der Entscheidung zum verwendeten Modell gegeben [6c]:

Nach fachlicher Stellungnahme der LD L ist die Integration des Eisenbausteins in das FGSM keine fachliche Voraussetzung. Das Programmsystem CE QUAL WE2 wird als gleichwertig angesehen. Damit ist für LMBV der Abschluss einer risikobehafteten Kooperationsvereinbarung mit dem Erftverband nicht erforderlich. **Aus diesem Grund wurde zu diesem Zeitpunkt im Einklang mit der LD L auf das Programmsystem CE QUAL WE2 orientiert.**

3 Ableitung und Untersuchung von Maßnahmen zur Verminderung der Eiseneinträge in die Pleiße (parallele Bearbeitung zu Phasen 1 und 2)

3.1 Durchführung eines Pilotversuches zur Reduzierung der Exfiltration von eisenbelastetem Grundwasser aus den Kippen des ehemaligen Tagebaues Witznitz in die Fließgewässer Pleiße und Wyhra

Ab September 2008 wird im Auftrag der LMBV mbH ein Pilotversuch auf der Kippe Witznitz durchgeführt, bei dem Maßnahmen zur Reduzierung der Eisenfracht in die Pleiße getestet und bewertet werden sollen.

Der durch GFI entwickelte Lösungsansatz ist in Abbildung 56 dargestellt und geht von einer Quellstärkenreduzierung am Ort der Sickerwasserbildung aus.

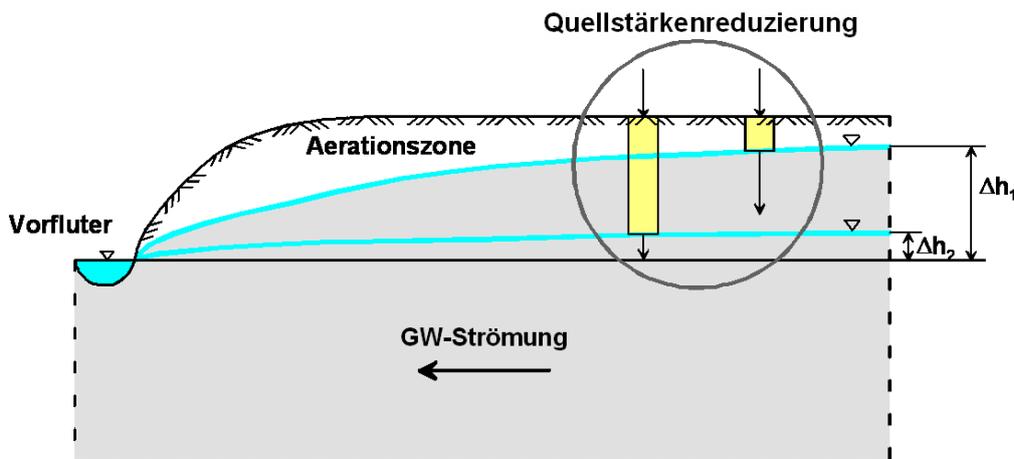


Abbildung 56: Lösungsansatz [GFI Grundwasserforschungsinstitut GmbH Dresden, 02.02.2010]

„Diese wirkt sich speziell am Standort Witznitz direkt auf die Exfiltrationswassermenge in die Vorflut aus, da der Bereich nicht von außen mit Grundwasser angeströmt bzw. durchströmt wird. Alles in die Vorflut eintretende Sickerwasser wird im Kippenbereich neu gebildet.“

Geht man davon aus, dass das Sickerwasser an den Grenzen der Vorfluter noch über Jahrzehnte eine gleich bleibend hohe Eisenbelastung aufweist, dann erfolgt mit der Sickerwasserreduzierung eine Frachtreduzierung des exfiltrierenden Kippengrundwassers in die Pleiße und nach Vermischung mit dem Pleißewasser eine Reduzierung der Eisenkonzentration in der Pleiße.“

3 Ableitung und Untersuchung von Maßnahmen zur Verminderung der Eiseneinträge in die Pleiße (parallele Bearbeitung zu Phasen 1 und 2)

Das Pilotprojekt wird in zwei Leistungskomplexe unterteilt [9a]:

K1: Ingenieurleistungen,

K2: VOB/VOL Leistungen.

Der **Leistungskomplex „Ingenieurleistungen“** wird federführend durch das GFI Grundwasserforschungsinstitut GmbH Dresden gemeinsam mit folgenden Projektpartnern bearbeitet:

- Ingenieurbüro für Grundwasser GmbH Leipzig,
- Boden- und Grundwasserlabor GmbH Dresden,
- Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg,
- Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft Sachsen,
- Forschungsinstitut für Bergbaufolgelandschaften Finsterwalde.

Der **Leistungskomplex „VOB/VOL Leistungen“** wurde in 7 Lose aufgeteilt. Deren Leistungsinhalte sind nachfolgend zusammenfassend aufgeführt:

Los 1 Errichtung von 2 Lysimetern

- Transport der leeren Lysimeterbehälter von Müncheberg zur Versuchsfläche 1
- Gewinnung der Monolithe mittels patentierter UGT-Fräs- und Abschervorrichtung (gemäß Patent-Nr. 100 48 089.6-52)
- Vorbereitung der Lysimeter zum Einbau in die Containerstation
- Rücktransport der befüllten Lysimeter nach Brandis und Einsetzen in die Containerstation
- Inbetriebnahme der Lysimeter und aller zum Betrieb erforderlichen Mess- und Regeleinrichtungen

Durchführung: Umwelt-Geräte-Technik GmbH (UGT)

Koordinierung: BfUL

3 Ableitung und Untersuchung von Maßnahmen zur Verminderung der Eiseneinträge in die Pleiße (parallele Bearbeitung zu Phasen 1 und 2)

Los 2 Analytische Untersuchungen an den Lysimetern

- Gewinnung von Bodenproben aus den Lysimetern und Texturanalyse gem. DIN 19683
- Voruntersuchungen der Bodensubstrate auf Gesamtkohlenstoff, Gesamtstickstoff, mineralischer Stickstoff (NH₄, NO₃), ausgewählte Schwermetalle, pH-Wert und Leitfähigkeit
- Gewinnung und Untersuchung der Mischsubstrate von der Rekultivierungsschicht auf Gesamtstickstoff, mineralischer Stickstoff, ausgewählte Schwermetalle, Kalium, Phosphor und pH-Wert
- Gewinnung und Untersuchung der Biomasse auf Gesamtstickstoff, mineralischer Stickstoff, ausgewählte Schwermetalle und Kalium
- Gewinnung und Analytik des Sickerwassers von den Lysimeteraustritten und Saugkerzen

Durchführung: BfUL und Sanierungsgesellschaft Lauchhammer mbH (SGL)

Koordinierung: BfUL, GFI

Los 3 Herrichtung und Bewirtschaftung der Versuchsflächen

- Anmietung von 2 Teilflächen von der AG Kahnsdorf
- Absteckung und Parzellierung
- Tiefenlockerung mit der Imants-Fräse
- Aufbringung und Einarbeitung von Kalk
- Aufbringung und Einarbeitung von Klärschlammkompost
- Vorbereitung des Saatbeetes
- Aussaat
- 3 mal pro Jahr Ernte
- Pflanzenschutz

Durchführung: Landschaftsbau Fürst Pückler

Koordinierung: MLU Halle, GFI

Los 4 Pflanzenbauliches Monitoring

- Gewinnung von Bodenproben und Texturanalyse gem. DIN 19683
- Voruntersuchungen der Bodensubstrate auf Gesamtkohlenstoff, Gesamtstickstoff, mineralischer Stickstoff (NH₄, NO₃), ausgewählte Schwermetalle, pH-Wert und Leitfähigkeit
- Gewinnung und Untersuchung der Mischsubstrate von der Rekultivierungsschicht auf Gesamtstickstoff, mineralischer Stickstoff, ausgewählte Schwermetalle, Kalium, Phosphor und pH-Wert

3 Ableitung und Untersuchung von Maßnahmen zur Verminderung der Eiseneinträge in die Pleiße (parallele Bearbeitung zu Phasen 1 und 2)

- Planung und Durchführung repräsentative Probenahme der Biomasse
- Gewinnung und Untersuchung der Biomasse auf Gesamtstickstoff, mineralischer Stickstoff, ausgewählte Schwermetalle und Kalium
- Phänologische Untersuchungen mit Bestimmung der Wuchshöhen, - Wurzeltiefen und des Blattflächenindex (LAI)

Durchführung: Forschungs- und Beratungszentrum für agrartechnische Systeme e.V.
Kordinierung: MLU Halle

Los 5 Errichtung Feldmesstechnik

- Rammkernsondierungen und Errichtung von Rammpegeln
- Installation von Saugsonden (high flow Keramikkerzen) in 0,8 m u GOK
- Installation Bodenwasser-Profilsonde
- Installation von Saugsondenanlagen auf den Versuchsflächen inkl. Datenlogger, Energieversorgung, Unterdruckeinheit
- Entnahme von Bodenproben für Bodenanalysen

Durchführung: UGT
Kordinierung: BGD

Los 6 Grund- und Bodenwassermonitoring auf den Versuchsflächen

- Grundwasserprobenahme (1 x jährlich)
- Gewinnung von Bodenwasserproben (1x monatlich)
- Probentransport ins Labor
- Bestimmung der Saugspannung mit mobilen Feldtensiometer
- Bestimmung des Bodenwassergehaltes mittels Profilsonde
- Analytik der gewonnenen Wasserproben

Durchführung: SGL, BGD
Kordinierung: BGD

Los 7 Aufbau, Betrieb und Auswertung Säulenversuche

- Aufbau der Versuchsanlage für die intermittierend betriebenen Säulenversuche (IBSV)
- Betrieb der Versuchsanlage und regelmäßige Probenahme
- Analytik der Perkolatproben
- Analyse von Feststoffproben
- Auswertung der Säulenversuche

Durchführung: SGL, BGD

Koordinierung: BGD

Im Rahmen des Pilotversuches wurden auf der Kippe Witznitz zwei Testflächen mit insgesamt 10 Parzellen und eine Referenzfläche mit 3 Parzellen durch pH-Wert-Erhöhung, Aufbringung von Kalk und Klärschlammkompost (KSK) als Bodenverbesserungsmittel, Tiefenlockerung und Düngung so bearbeitet, dass die Pflanzen optimale Wachstumsbedingungen vorfanden. Die Maßnahmen bezogen sich somit auf das System Boden-Pflanze-Bewirtschaftung, mit all seinen Wechselwirkungen. Bei beiden Flächen handelte um einen teilweise kohlehaltigen Kipp-Lehm-Sand, der auf der Versuchsfläche 2 kalkhaltig war und demzufolge einen höheren pH-Wert hatte.

Als besonders geeignete Pflanzen wurden Knaulgras und Luzerne getestet, die einen möglichst dauergrünen Bewuchs erzeugen und als Energiepflanzen nutzbar sind. Parallel zu den Feldversuchsflächen wurden die beiden bestehenden Lysimeter auf der Kippe Witznitz sowie ein Referenzlysimeter und vier weitere Lysimeter in der Lysimeterstation Brandis in das Versuchsprogramm einbezogen.

Der Pilotversuch wurde von Anfang an durch ein umfangreiches Boden-, Wasser- und Pflanzenmonitoring sowie eine Wasserhaushaltsmodellierung begleitet.

Mit den Ergebnissen der Strömungsmodellierung in der ungesättigten Bodenzone erfolgte letztlich die Modellierung der gesättigten Strömungsverhältnisse im Kippenbereich zur Ermittlung der Lage der freien Grundwasseroberfläche und der Sickerwassermengen in die Pleiße einschließlich der damit verbundenen Stofffrachten.

Im Ergebnis des Pilotversuches sollten Kriterien der Übertragbarkeit und Handlungsempfehlungen zur Bodenbearbeitung und Kulturauswahl formuliert und Verwertungskonzepte einschließlich einer überschlägigen monetären Bewertung entwickelt werden. Diese Informationen haben das Ziel, die Erkenntnisse des Pilotversuches auf andere Kippenstandorte Mitteldeutschlands und der Lausitz zu übertragen.

In Abbildung 57 sind die zwei Versuchsflächen in einem Lageplan dargestellt. Versuchsfläche 1 liegt auf einer landwirtschaftlichen Nutzfläche der Agrargenossenschaft Kahnsdorf. Hier werden die Versuchsvarianten umgesetzt, die einer konventionellen landwirtschaftlichen Nutzung entsprechen. Versuchsfläche 2 liegt auf einer Brachfläche der Agrargenossenschaft. Hier werden die Varianten getestet, bei denen Klärschlammkompost als Bodenverbesserungsmittel in den Boden eingearbeitet wird. Die Trennung der Versuchsflächen war notwendig geworden, damit auf den ausgewiesenen Nutzflächen der Agrargenossenschaft nicht gegen geltendes Recht verstoßen wird (Nach §6 der Klärschlammverordnung dürfen maximal 10 t/ha Klärschlammkompost innerhalb von drei Jahren aufgebracht werden).

3 Ableitung und Untersuchung von Maßnahmen zur Verminderung der Eiseneinträge in die Pleiße (parallele Bearbeitung zu Phasen 1 und 2)

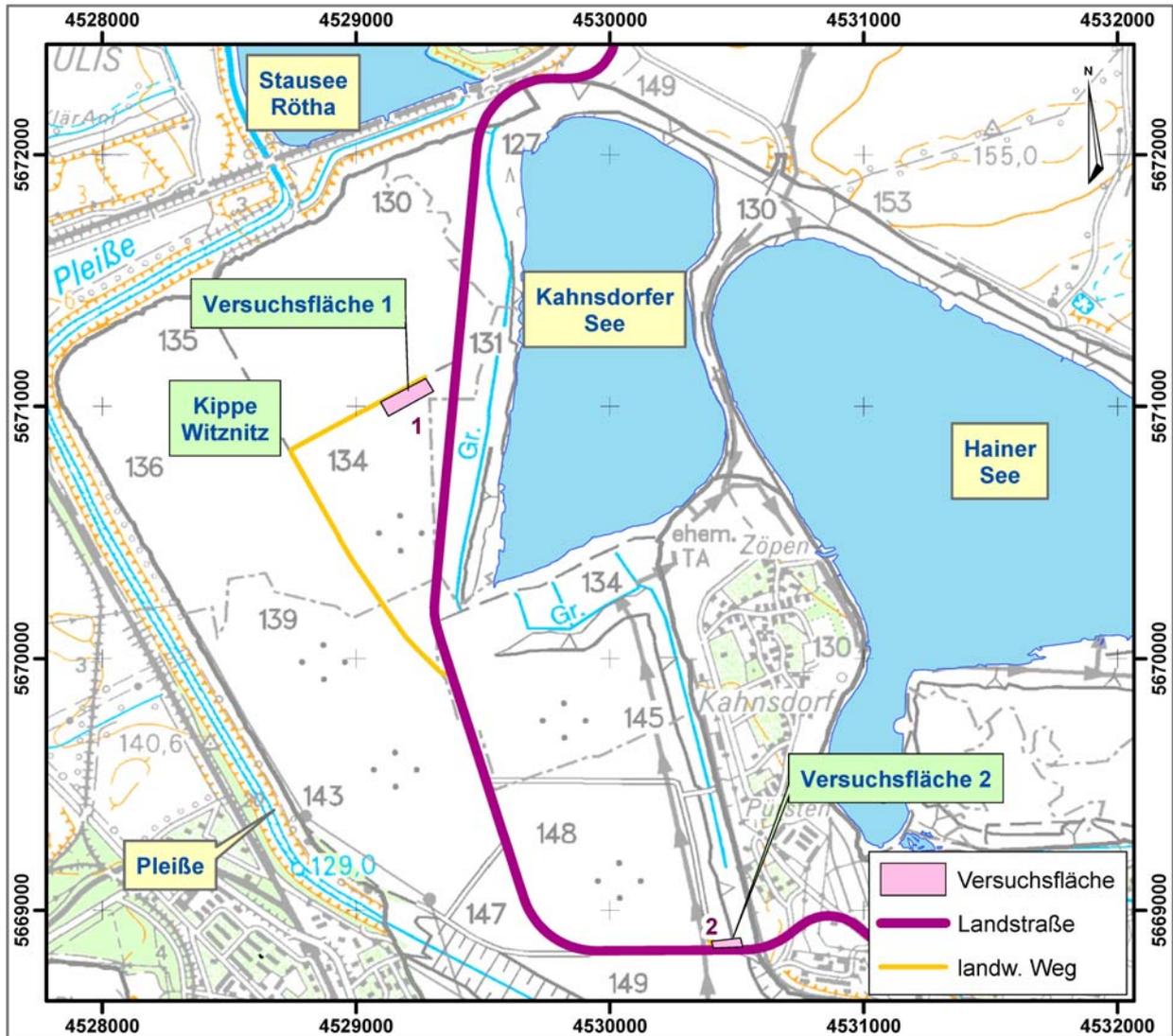


Abbildung 57: Lage der Versuchsflächen

In Abbildung 58 ist die Versuchsfläche 1 mit seiner vorgenommenen Parzellierung und verschiedenen Details zu Bearbeitung, Bewuchs, durchgeführte Bodenuntersuchungen, Anordnung der Messtechnik und den Standorten der gewonnenen Lysimeter dargestellt. In Abbildung 59 sind diese Angaben für Versuchsfläche 2 dargestellt.

3 Ableitung und Untersuchung von Maßnahmen zur Verminderung der Eiseneinträge in die Pleiße (parallele Bearbeitung zu Phasen 1 und 2)

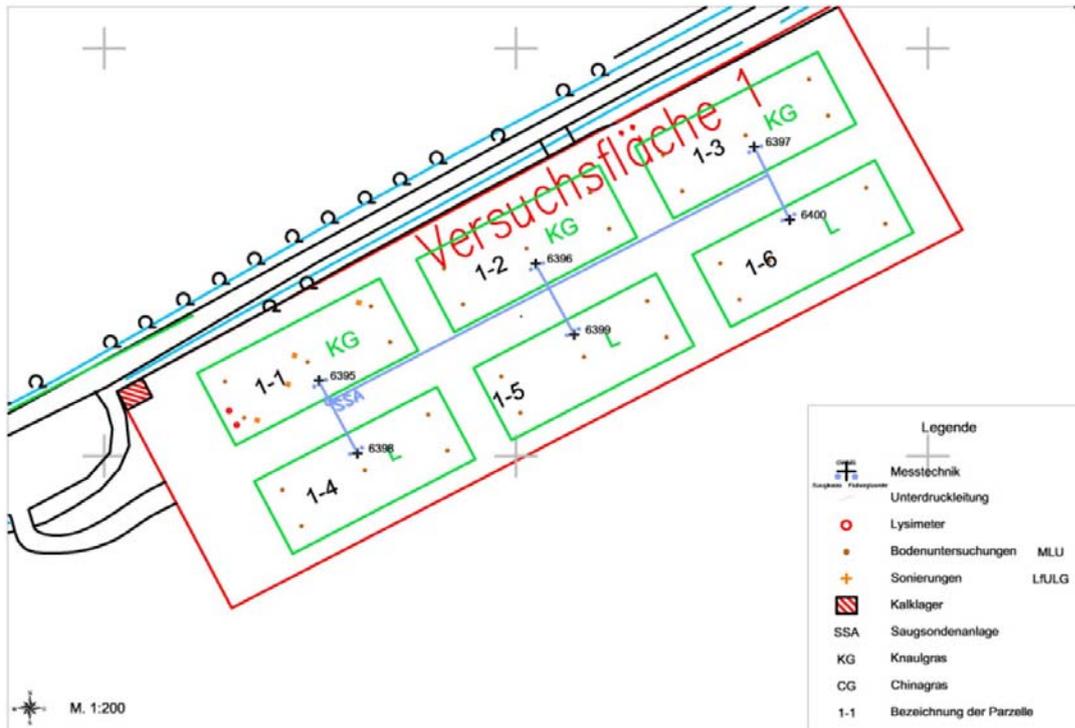


Abbildung 58: Detaildarstellung der Versuchsfläche 1 [9a]

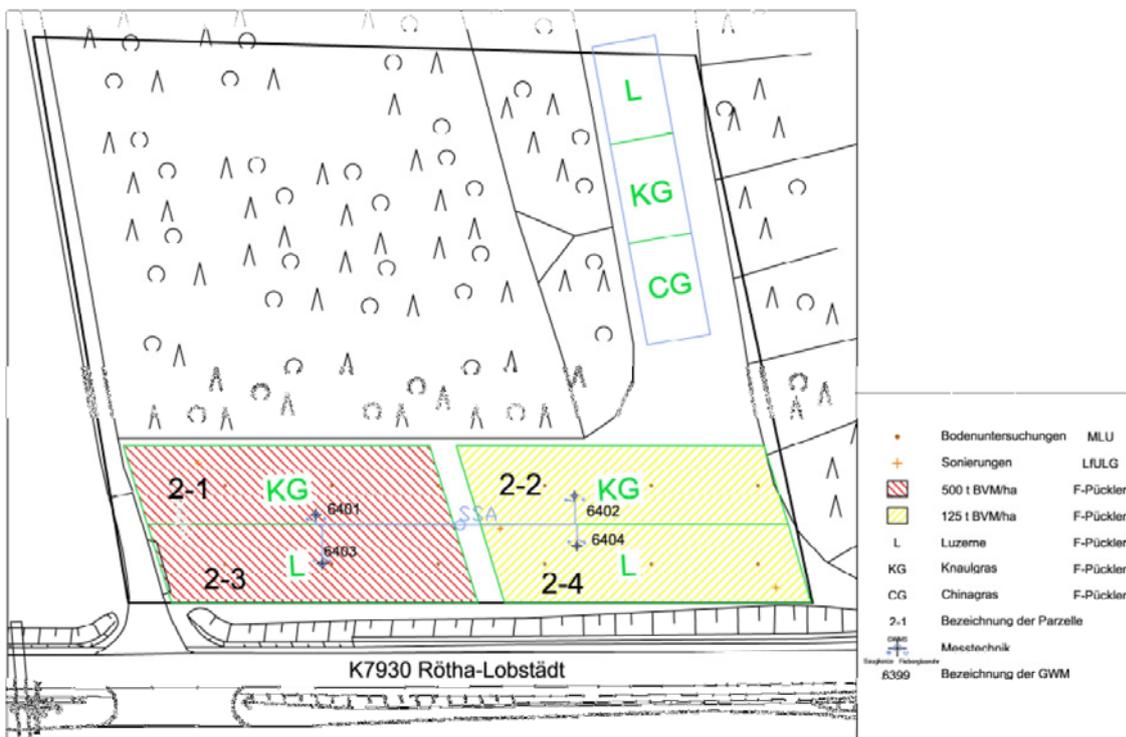


Abbildung 59: Detaildarstellung der Versuchsfläche 2 [9a]

3 Ableitung und Untersuchung von Maßnahmen zur Verminderung der Eiseneinträge in die Pleiße (parallele Bearbeitung zu Phasen 1 und 2)

Die folgenden Tabellen geben eine Übersicht über die Meliorations- und Bewuchsvarianten der Versuchsflächen und Lysimeter.

Versuchsfläche 1 Parzelle	Meliorationsmaßnahme	Bewuchs
1	Kalkung, Tiefenmelioration	Knaulgras
2	Tiefenmelioration	Knaulgras
3	keine	Knaulgras
4	Kalkung, Tiefenmelioration	Luzerne
5	Tiefenmelioration	Luzerne
6	keine	Luzerne

Versuchsfläche 2 Parzelle	Meliorationsmaßnahme	Bewuchs
1	Tiefenmelioration, 500 t/ha KSK	Knaulgras
2	Tiefenmelioration, 125 t/ha KSK	Knaulgras
3	Tiefenmelioration, 500 t/ha KSK	Luzerne
4	Tiefenmelioration, 125 t/ha KSK	Luzerne

Versuchsfläche 2 Referenzparzelle	Meliorationsmaßnahme	Bewuchs
1	keine	Luzerne
2	keine	Knaulgras
3	500 t/ha KSK	Chinagrass

Lysimeter Brandis	Meliorationsmaßnahme	Bewuchs
Boden Kippe Espenhain		
12/1	500 t/ha KSK	Luzerne
12/3	125 t/ha KSK	Luzerne
12/2	keine	Getreide, Referenzlysimeter
Boden Kippe Witznitz		
14/2	Kalkung, Tiefenmelioration	Knaulgras
14/4	Kalkung, Tiefenmelioration, 125 t/ha KSK	Knaulgras

Tabelle 28: Meliorations- und Bewuchsvarianten der Versuchsflächen und Lysimeter [9a]

3 Ableitung und Untersuchung von Maßnahmen zur Verminderung der Eiseneinträge in die Pleiße (parallele Bearbeitung zu Phasen 1 und 2)

Lysimeter Witznitz	Meliorationsmaßnahme	Bewuchs
13/1	keine	Getreide, Referenzlysimeter
13/2	keine	Getreide, Referenzlysimeter

Tabelle 22 (Fortsetzung): Meliorations- und Bewuchsvarianten der Versuchsflächen und Lysimeter [9a]

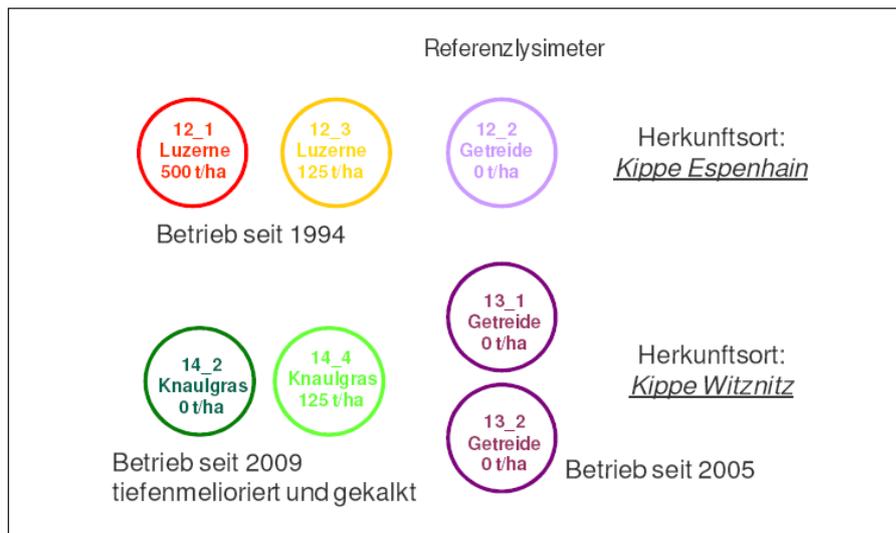


Abbildung 60: Herkunft und Gewinnungsjahre der Lysimeter [9a]

Die Versuchsinhalte, der methodische Ansatz, Bearbeitungsanlauf und die Versuchsergebnisse der Arbeiten im Rahmen des Pilotversuches zur Reduzierung der Exfiltration von eisenbelastetem Grundwasser sind in dem nunmehr vorliegenden Abschlussbericht [9a] von GFI umfassend dargestellt.

Der offizielle Beginn des Pilotversuches war der 01.09.2008 mit einer Laufzeit von zunächst 24 Monaten bis zum 31.08.2010.

Die ursprüngliche Laufzeit des Pilotversuches von 2 Jahren hat sich dadurch verkürzt, dass die Aussaat auf den Parzellen nicht wie anfänglich geplant im Herbst 2008 erfolgte, sondern nach dem langen Winter und der extremen Feuchtigkeit auf den Versuchsflächen erst Ende April 2009 erfolgen konnte. Um jedoch mindestens zwei vollständige Vegetationsperioden mit etablierten Beständen bewerten zu können, wurde der Pilotversuch bis zum 31.10.2011 verlängert.

Aus methodischer Sicht erfolgten die Arbeiten im Pilotprojekt so, dass während der Versuchsdauer das geplante up-scaling erreicht wurde:

- Stechzylinderuntersuchungen,
- Säulendurchlaufversuche,
- Lysimeteruntersuchungen,
- Untersuchungen auf Versuchspartzellen,
- Übertrag auf Hydrotope und
- gesättigte Modellierung für die Gesamtkippe.

Im Ergebnis der Modellierung der gesättigten Kippenwasserströmung erfolgte letztendlich die Ausweisung der Zulaufmengen und Stofffrachten in die Pleiße für einzelne Bilanzbereiche bei reduzierter Grundwasserneubildung.

Ab Juli 2009 erfolgte das regelmäßige

- Bodenmonitoring zur Ermittlung von Bodenkennwerten für die Wasserhaushaltsmodellierung wie zum Beispiel Saugspannung und Bodenfeuchte,
- Pflanzenmonitoring zur Ermittlung der pflanzenphysiologischen Parameter für die Wasserhaushaltsmodellierung wie zum Beispiel Pflanzhöhe, Blattflächenindex, Wurzeltiefe und Wurzelverteilung,
- Wassermonitoring zur Ermittlung der Sickerwassermengen sowie Saugspannungen und Bodenfeuchte an den Lysimetern und
- Klimamonitoring zur Erfassung von Niederschlag, Temperatur, Luftfeuchte, Windgeschwindigkeiten und Globalstrahlung in Brandis und Witznitz.

Mit den so ermittelten Parametern wurden schrittweise HYDRUS-1D Modelle für die Lysimeter, die Parzellen und die Hydrotope aufgebaut. Eichgrundlage bildeten dabei vorrangig die gemessenen Sickerwassermengen der einzelnen Lysimeter und im Vorfeld erhobene Daten zur Bodenstruktur und Bodendurchlässigkeit.

Neben den physikalischen Parametern zur Wasserhaushaltsmodellierung wurden auch regelmäßig boden-, wasser- und pflanzenchemische Untersuchungen durchgeführt. Diese dienten schwerpunktmäßig zur Bewertung der Auswirkungen des Klärschlammkomposteinsatzes und der Nährstoffsituation in den Lysimetern und auf den Parzellen und die Klärung der Frage, ob ein Transfer insbesondere von Schwermetallen in die Pflanzen und in das Grund- und Sickerwasser stattfindet.

Die Abbildung 61 zeigt exemplarisch für das umfangreiche Klimamonitoring die klimatische Wasserbilanz (kWB), welche sich aus der gebietsbezogenen Differenz zwischen dem korrigierten Niederschlag und der Gras-Referenzverdunstung ergibt.

3 Ableitung und Untersuchung von Maßnahmen zur Verminderung der Eiseneinträge in die Pleiße (parallele Bearbeitung zu Phasen 1 und 2)

So zeichnet sich vor allem das Versuchsjahr 2010 durch einen stark abweichenden Jahresverlauf der kWB aus: extremes Wasserdefizit im Juni und extremer Wasserüberschuss im Sommerhalbjahr, der sich auch in einer erhöhten Grundwasserneubildung im Winterhalbjahr 2010/2011 bemerkbar gemacht hat.

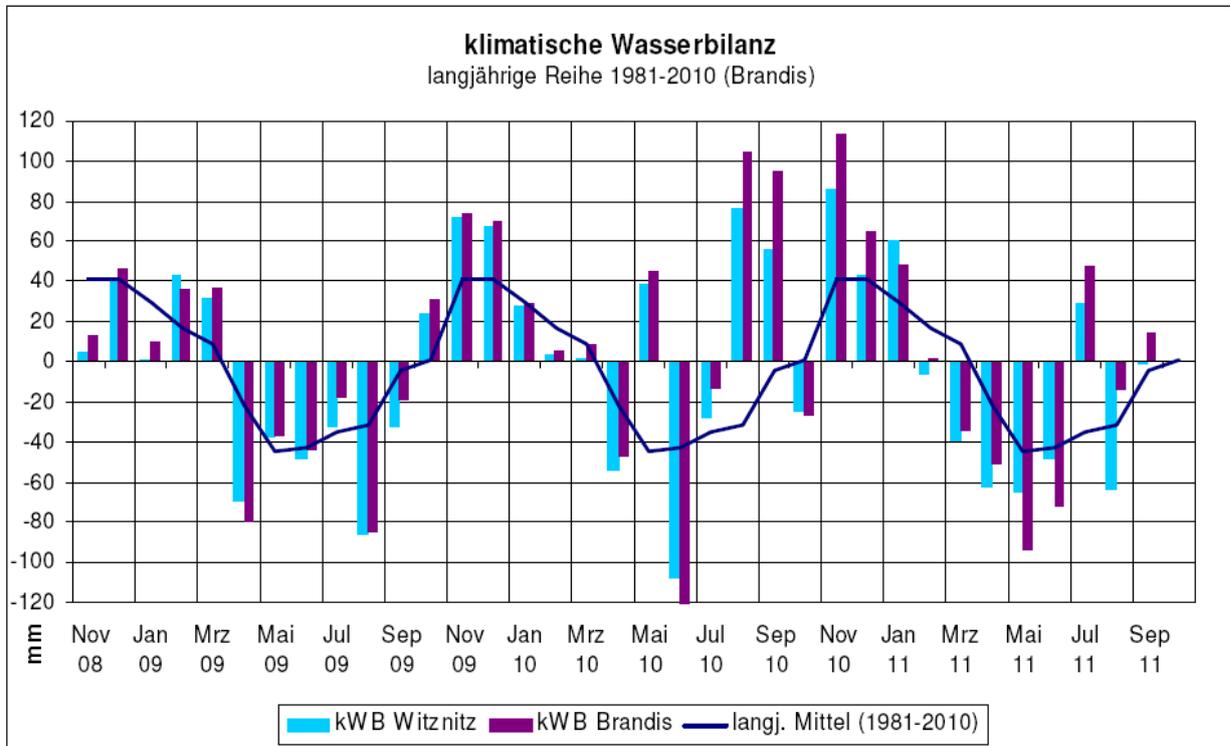


Abbildung 61: Klimatische Wasserbilanz am Standort Brandis (Monatswerte) [9a]

Im Gegensatz dazu weist 2011 im ersten Halbjahr eine stark negative Bilanz auf, wobei auch die Unterschiede zwischen Brandis und Witznitz hervorzuheben sind. In Brandis ist das potenzielle Wasserdefizit deutlich größer als in Witznitz, so dass hier mit einer höheren Inanspruchnahme der Bodenwasserspeicher zu rechnen ist.

Die bodenphysikalischen Parameter für die Lysimeter, Parzellen und Hydrotopen wurden aus Laboruntersuchungen, Bodenansprachen, Datenbanken und Eichergebnissen bestimmt.

Im Mittelpunkt des Pilotprojektes stand die Reduzierung der Grundwasserneubildung auf der Kippe und dadurch zeitverzögert die Minderung der Eisenausträge in die Pleiße. Aufgrund des mächtigen Kippenmassivs wird sich die Qualität des Exfiltrationswassers noch über Jahrzehnte kaum ändern. Im Rahmen des Projektes erfolgte deshalb keine geochemische Modellierung der Prozesse im gesättigten Kippenkörper. Die bodenchemischen Untersuchungen beschränkten sich auf:

- den Schwermetalleintrag mit dem Klärschlammkompost in den Boden und dessen mögliche Verfrachtung in das Grundwasser und in die Pflanzen,
- die pH-Wert-Verhältnisse in der oberen Bodenschicht zur Entscheidung über einen Kalkeinsatz bei der Bodenverbesserung,

3 Ableitung und Untersuchung von Maßnahmen zur Verminderung der Eiseneinträge in die Pleiße (parallele Bearbeitung zu Phasen 1 und 2)

- die Ermittlung der organischen Bodensubstanz und der Nährstoffgehalte zur Bewertung der Nährstoffversorgung und Auswaschungsgefahr (insbes. Stickstoff) sowie Ableitung von Düngungsprognosen und
- auf die Auswahl der Standorte für die Gewinnung der Lysimetermonolithe.

Intermittierend betriebene Säulenversuche

Im Vorfeld der Lysimeter- und Felduntersuchungen waren Laborversuche zur qualitativen und quantitativen Charakterisierung des Bodensickerwassers mit Linermaterial der Feld-Versuchsflächen erforderlich. Die Laborversuche wurden gemäß Materialienband „Laborative Untersuchungen zur Sickerwasserprognose im Rahmen von Detailuntersuchungen“ des LfUG Sachsen als intermittierend betriebene Säulenversuche (IBSV) durchgeführt.

Die Zielstellung der Untersuchungen bestand in der Ermittlung der aus den Kippböden mit und ohne Konditionierung mittels Klärschlammkompost eluierbaren Inhaltsstoffe. Die daraus resultierenden Kenntnisse wurden für die Begleitung und Interpretation der Lysimeter- und Feldversuchsergebnisse verwendet.

Die Abbildung 62 zeigt exemplarisch den Verlauf der Konzentrationen in den Perkolatproben in Abhängigkeit vom ausgetauschten Porenvolumen für die Versuchsfläche 1.4 (Versuchsfläche 1, Parzelle 4; Meliorationsmaßnahme Kalkung, Tiefenmelioration). Es handelt sich dabei um einen Kipp-Lehmsand. Aufgrund des niedrigen pH-Wertes können Schwermetalle gelöst werden.

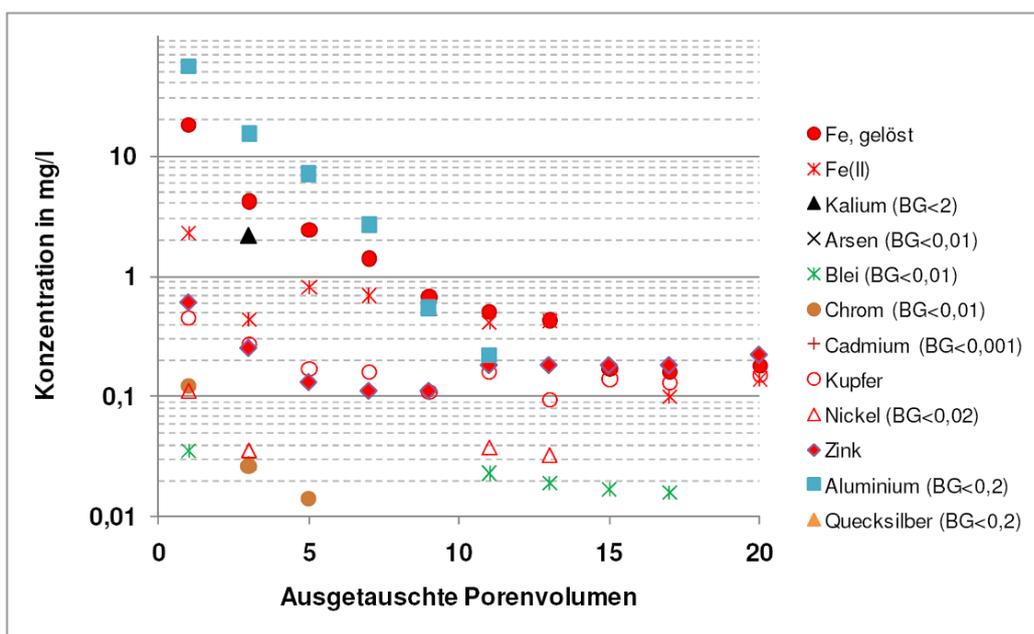


Abbildung 62: Graphische Auswertung der in den Perkolatproben des IBSV VF 1.4 ermittelten Metallkonzentrationen in Bezug zu den ausgetauschten Porenvolumina [9a]

Der Verlauf der Analysenwerte zeigt ein deutliches Eluationsverhalten aller Elemente. Bis zum 10. Ausgetauschten Porenvolumen ist ein deutlicher Rückgang der Konzentrationen zu verzeichnen. In der Perkolatprobe 20 (ausgetauschtes Porenvolumen) lagen außer Kupfer und Zink alle anderen Schwermetalle unterhalb der Bestimmungsgrenze

3 Ableitung und Untersuchung von Maßnahmen zur Verminderung der Eiseneinträge in die Pleiße (parallele Bearbeitung zu Phasen 1 und 2)

20 ausgetauschte Porenvolumen bedeuten beispielsweise bei einem Porenvolumen von 0,4 bei 100 mm Grundwasserneubildung im Jahr in Realzeit $t = 20 \cdot 0,4/0,1 = 80$ Jahre

Die Zeit unterstreicht die Langzeitlichkeit der Stoffausträge aus den Kippen. Der pH-Wert schwankt während des Versuches um den Wert $\text{pH} = 3$.

Versuchsergebnisse der Lysimeter- und Feldversuche – Ernteerträge

In der Abbildung 63 und Abbildung 64 sind die Ernteerträge für die Jahre 2009 bis 2011 auf den Lysimetern und den Versuchspartellen für die beiden Kulturen Knaulgras und Luzerne dargestellt.

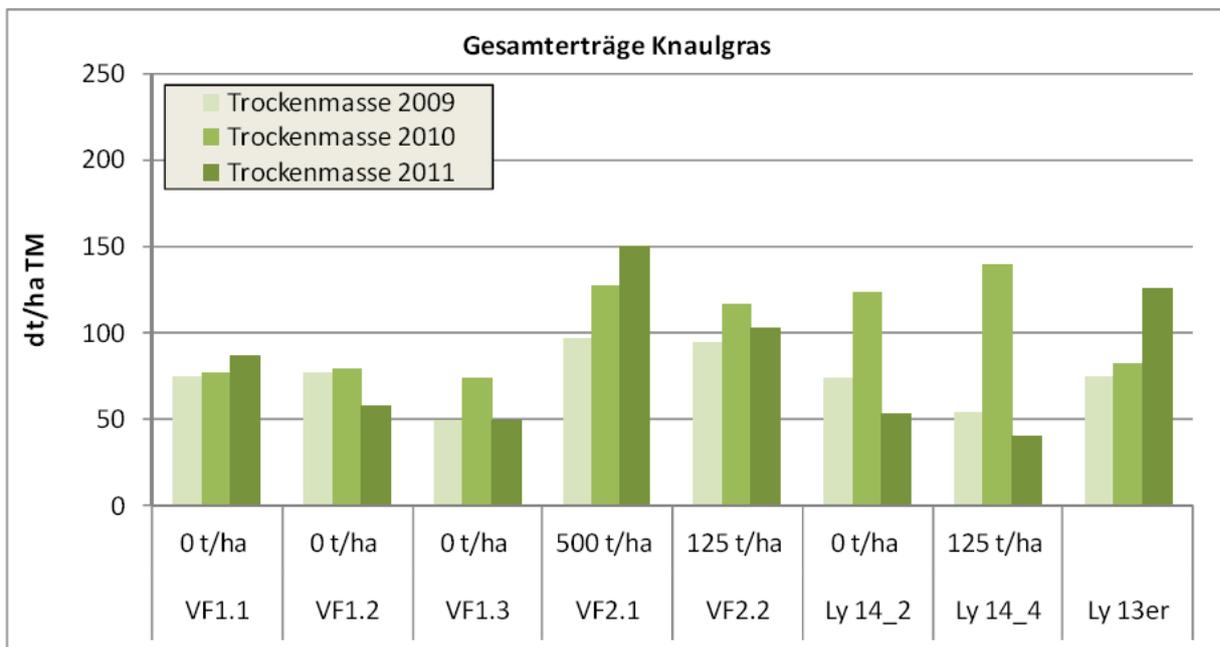


Abbildung 63: Ernteerträge Knaulgras [9a]

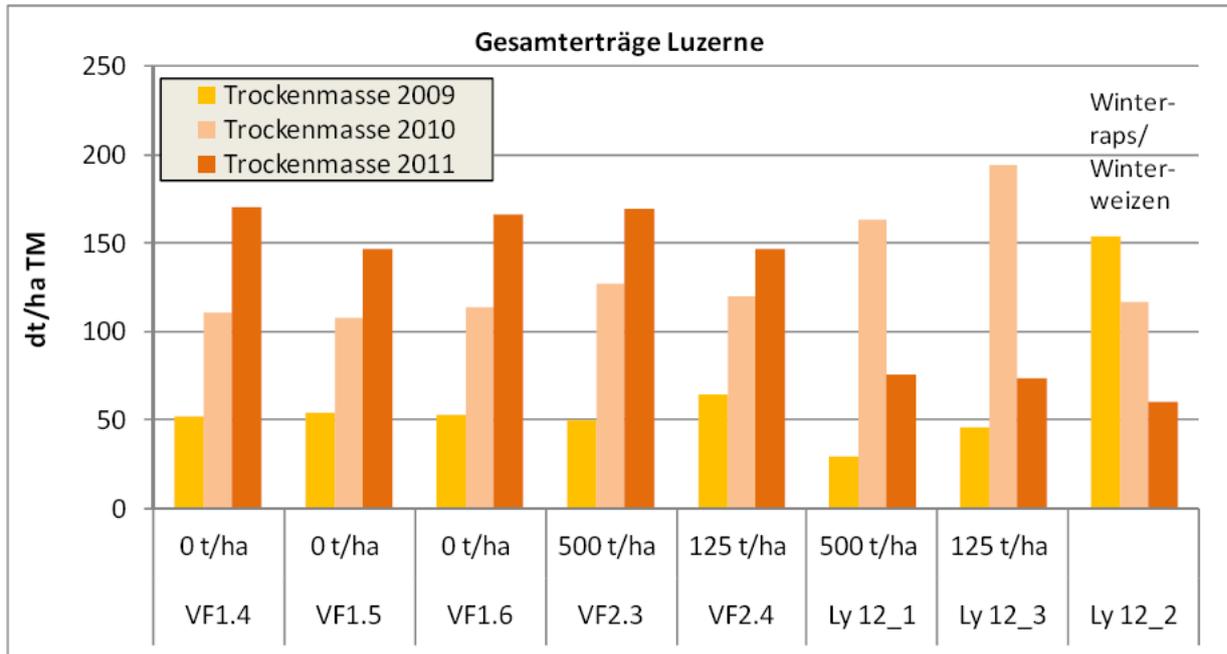


Abbildung 64: Ernteerträge Luzerne [9a]

Im Gegensatz zu 2010 waren die Erträge 2011 bei Knaulgras und bei Luzerne auf den Lysimetern kleiner als auf den Versuchsflächen.

Bei Knaulgras liegen die Erträge auf der Versuchsfläche 1 im Bereich der Vorjahre und auf Versuchsfläche 2 waren sie etwas größer als in den Vorjahren. Bei Luzerne liegen die Erträge auf den Versuchsflächen 1 und 2 deutlich über den Erträgen der Vorjahre. Wie in den Vorjahren ist bei Knaulgras eine positive Wirkung von KSK zu erkennen, während bei Luzerne die Erträge auf den Versuchsflächen 1 und 2 praktisch gleich waren.

Die Bodenverbesserungsmaßnahmen auf der Versuchsfläche 1 haben bei Luzerne zu keiner signifikanten Ertragssteigerung gegenüber der Referenzfläche geführt [9a].

Sickerwasser

Aus den Darstellungen ist ersichtlich, dass im Jahr 2011 es gegenüber 2010 bei Knaulgras und Luzerne eine entgegengesetzte Entwicklung zwischen Lysimetern und Feld gab. Während 2010 die Erträge auf den Lysimetern deutlich größer waren als auf dem Feld, waren sie 2011 deutlich kleiner.

Bei Knaulgras liegen die Erträge auf der Versuchsfläche 1 im Bereich der Vorjahre und auf Versuchsfläche 2 waren sie etwas größer als in den Vorjahren.

Bei Luzerne liegen die Erträge auf den Versuchsflächen 1 und 2 deutlich über den Erträgen der Vorjahre. Wie in den Vorjahren ist bei Knaulgras eine positive Wirkung von KSK zu erkennen, während bei Luzerne die Erträge auf den Versuchsflächen 1 und 2 praktisch gleich waren.

Im Vergleich zu den Lysimetern haben die Beobachtungen und Messungen auf dem Feld insbesondere bei Luzerne eine größere Wuchshöhe und einen, insbesondere 2011, dichteren Bestand bei schnellerem Aufwuchs als auf den Lysimetern gezeigt. Daraus ergibt sich auch eine größere Evapotranspiration

3 Ableitung und Untersuchung von Maßnahmen zur Verminderung der Eiseneinträge in die Pleiße (parallele Bearbeitung zu Phasen 1 und 2)

und demzufolge eine geringere Grundwasserneubildung als die, die auf den Lysimetern gemessen wurde.

Die Auswertung der Sickerwassermengen der Lysimeter ergab, dass gegenüber dem Referenzlysimeter 12/2 mit konventioneller Landwirtschaft bei Knautgras eine Reduzierung der Grundwasserneubildung auf ca. 70% und bei Luzerne auf ca. 50% erfolgte. Die gemessenen Monatswerte sind in der folgenden Tabelle dargestellt.

	12/1 Luzerne 500 t/ha KSK	12/3 Luzerne 125 t/ha KSK	12 (Mittel) Luzerne	14/2 Knautgras Kalkung, Tiefenm	14/4 Knautgras Kalkung Tiefenm. 125 t/ha KSK	14 (Mittel) Knautgras	12/2 Getreide Referenz
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
Mai 09	5,58	7,87	6,73	0	0	0	4,57
Jun 09	2,96	3,85	3,41	0	0	0	1,48
Jul 09	6	2,88	4,44	0	0	0	0
Aug 09	5,64	1,74	3,69	0	0	0	0
Sep 09	1,08	0,1	0,59	0	0	0	0
Okt 09	0	0	0	0	0	0	0
Nov 09	0	0	0	0	0	0	0
Dez 09	12,52	2,14	7,33	9,31	3,1	6,2	10,09
Jan 10	31,74	30,38	31,06	39,5	22,69	31,1	37
Feb 10	21,69	20,45	21,07	4,53	4,42	4,48	14,93
Mrz 10	28,87	28,4	28,64	14,1	22,98	18,54	23,63
Apr 10	13,79	16,67	15,23	13,5	18,81	16,15	15,92
Mai 10	5,39	7,55	6,47	2,8	7,15	4,98	6,68
Jun 10	1,59	2,19	1,89	0,88	6,26	3,57	3,7
Jul 10	0,04	0	0,02	1,59	1,01	1,3	2,1
Aug 10	0	0	0	0	2,1	1,05	18,78
Sep 10	0	0	0	27,64	26,37	27	81,98
Okt 10	0,2	0	0,1	18,76	29,39	24,07	32,02
Nov 10	5,68	0	2,84	55,5	42,8	49,15	50,7
Dez 10	31,62	17,46	24,54	65,3	68,71	67,01	52,13
Jan 11	58,8	46,94	52,87	72,5	84,6	78,55	62,79
Feb 11	20,17	23,71	21,94	19,55	21,18	20,36	21,24
Mrz 11	10,46	13,85	12,16	6,82	7,09	6,95	11,79
Apr 11	5,83	7,95	6,89	3,73	3,13	3,43	8,52
Mai 11	2,57	2,77	2,67	1,67	1,4	1,53	6
Jun 11	0,14	0,04	0,09	0,39	0,05	0,22	3,47
Jul 11	0	0	0	0	0,1	0,05	0,84
Aug 11	0	0	0	0	0,04	0,02	0,05
Sep 11	0	0	0	0	0	0	18,59
Okt 11	0	0	0	0	0	0	10,72
Summe	272,4	236,9	254,7	358,1	373,4	365,7	499,7

Tabelle 29: gemessene Sickerwassermengen der Lysimeter als Monatswerte nach [9a]

Stofftransfer

Eine ganz entscheidende Bedeutung bei der Bewertung der Meliorationsmaßnahmen auf der Kippenfläche hat der Nachweis, ob und wie sich der Klärschlammkompost auf den Boden auswirkt und ob ein Transfer insbesondere von Schwermetallen in die Pflanzen, den Boden und in das Sickerwasser stattfindet.

Die Untersuchungen haben ergeben, dass mit dem eingesetzten Klärschlammkompost nur eine geringe Erhöhung des ohnehin erhöhten Stoffinventars in der Kippe erfolgt.

Es konnten keine signifikant erhöhten Schwermetallgehalte und Unterschiede zwischen der Versuchsfläche 1, der Versuchsfläche 2 und den Lysimetern festgestellt werden, die auf den Einsatz des Klärschlammkomposts zurückzuführen sind.

- Bei den Böden werden die Vorsorgewerte der Bundesbodenschutzverordnung weit unterschritten.

- Es erfolgt kein nachweisbarer Stofftransfer in den Pflanzen.
- Es werden alle Grenzwerte der Futtermittelverordnung und für den Einsatz der Biomasse in Biokraftwerken eingehalten.
- Es traten keine Erhöhungen der Schwermetallkonzentrationen in den Sickerwässern auf.
- Das Boden- und Sickerwasser aus den 12'er und 14'er Lysimetern hat eine deutlich geringere Schwermetallkonzentration als z.B. das Grundwasser aus der Parzelle 1-5 ohne Klärschlammkompost.

Versuchsbegleitende Wasserhaushaltsmodellierung

Die versuchsbegleitende Wasserhaushaltsmodellierung hatte das Ziel auf der Grundlage der Monitoringergebnisse des Pilotversuchs die angestrebte Reduzierung der Grundwasserneubildung auf ca. 25 % des Referenzwertes „Getreide“ bei mittleren klimatischen Verhältnissen nachzuweisen. Dazu wurde das eindimensionale Wasserhaushaltsmodell HYDRUS-1D benutzt, mit dem die notwendigen bodenphysikalischen und pflanzen-physiologischen Parameter nachvollziehbar variiert werden können.

Die Monitoringergebnisse des Pilotversuches und die versuchsbegleitende Wasserhaushaltsmodellierung haben nachgewiesen, dass die angestrebte Sickerwasserreduzierung bei Anbau von Luzerne erreicht werden kann. Bei Knaulgras wurde dagegen nur eine Reduzierung auf ca. 50 % erreicht. Die umfangreichen Variantenberechnungen bei der Modellierung haben folgende Randbedingungen ergeben:

- Der mehrjährige Dauergrünbewuchs muss eine Interzeptionsverdunstung von mindestens 25 bis 30 % des korrigierten Niederschlages P_{korr} aufweisen, eine maximale Pflanzenverdunstung ET_a erreichen, die 30 % größer ist als die Grasreferenzverdunstung ET_o , während der Vegetationszeit über weite Strecken einen Blattflächenindex LAI von mindestens 5-6 aufweisen und eine Wurzeltiefe von ca. einem Meter haben.
- Die lehmig-sandigen Kipphöhen in Mitteldeutschland mit k_f -Werten von $k_f = 1 \cdot 10^{-5}$ bis $k_f = 1 \cdot 10^{-6}$ m/s sollten eine nutzbare Feldkapazität nFK um 25 % und einen Bereich für den optimalen Wasserentzug der Pflanzen von ca. 20 % aufweisen.
- Die Pflanzen müssen bedarfsgerecht gedüngt, entsprechend den realen Klimaverhältnissen bewirtschaftet und fachgerecht geerntet werden.
Um die notwendigen Voraussetzungen für den erforderlichen optimalen Wasserentzug der Pflanzen zu erreichen, wird in vielen Fällen eine Bodenverbesserung notwendig werden.

Die versuchsbegleitende Wasserhaushaltsmodellierung hat letztendlich gezeigt, dass es gerechtfertigt ist für die Modellierung der gesättigten Kippenströmung eine Reduzierung der Grundwasserneubildung auf 25 % vorzunehmen und deren Auswirkung auf den Austrag von Stoffen in die Pleiße zu berechnen.

3 Ableitung und Untersuchung von Maßnahmen zur Verminderung der Eiseneinträge in die Pleiße (parallele Bearbeitung zu Phasen 1 und 2)

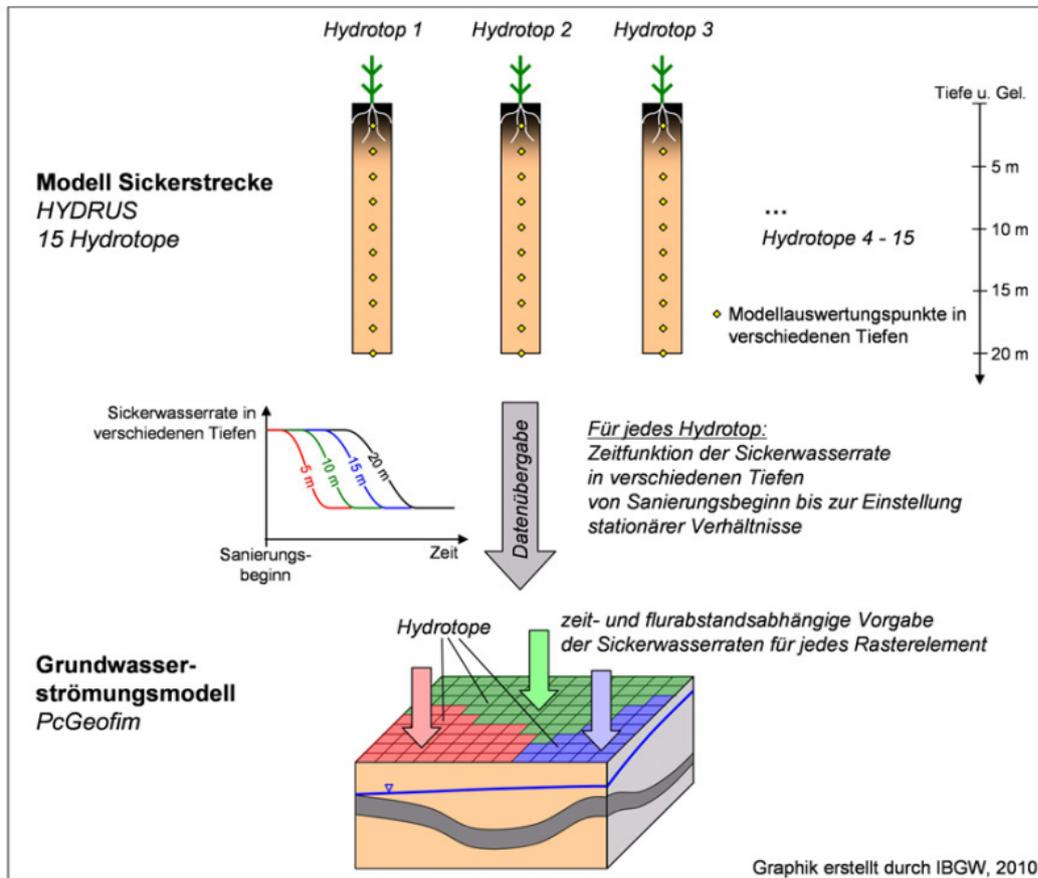


Abbildung 65: Kopplungsalgorithmus zwischen ungesättigter und gesättigter Strömung [9a]

Modellierung der gesättigten Kippenströmung

Zur Vorbereitung der Modellierung der gesättigten Kippenströmung wurde für die Randbedingung ‚Grundwasserneubildung‘ ein hydrotopkonkreter, zeit- und flurabstands-abhängiger Transfer von der Kippenfläche bis zur Grundwasseroberfläche berechnet. Dazu wurde ein spezieller Koppelalgorithmus erarbeitet, der für insgesamt 5 Hydrotope die Zeitfunktion der Sickerwasserrate in verschiedenen Tiefen von Sanierungsbeginn bis zur Einstellung stationärer Verhältnisse als Randbedingung für das PCGEOFIM-Modell bereitgestellt.

Diese Berechnung war nur für die Hydrotope sinnvoll, die gegenwärtig landwirtschaftlich genutzt werden und wo ein Anbau von Biomasse zur Energiegewinnung möglich ist.

Als Berechnungsergebnis wurde für 4 Bilanzbereiche entlang der Pleiße die Exfiltrationsmenge bei 100% und bei 25% Grundwasserneubildung ausgewiesen. Dabei wurde festgestellt, dass die Wassermenge für den Südzufuss zwischen Wyhra-Mündung und Neukieritzsch nahezu unverändert bleibt und damit auch praktisch keine Frachtreduzierung eintritt. Beim Nordzufuss zwischen Wyhra-Mündung und Neukieritzsch sowie den beiden nördlichen Bilanzgebieten tritt erwartungsgemäß eine Reduzierung der Exfiltrationsmenge von 50 bis 60% ein.

Die Gesamtreduzierung der Zuflussmenge beträgt 34%. Aufgrund der erhöhten Eisenkonzentrationen im Südbereich der Kippe ist die Frachtreduzierung in die Pleiße noch kleiner als 34%.

3 Ableitung und Untersuchung von Maßnahmen zur Verminderung der Eiseneinträge in die Pleiße (parallele Bearbeitung zu Phasen 1 und 2)

Die ermittelten Ergebnisse sind in der Abbildung 66 ersichtlich.

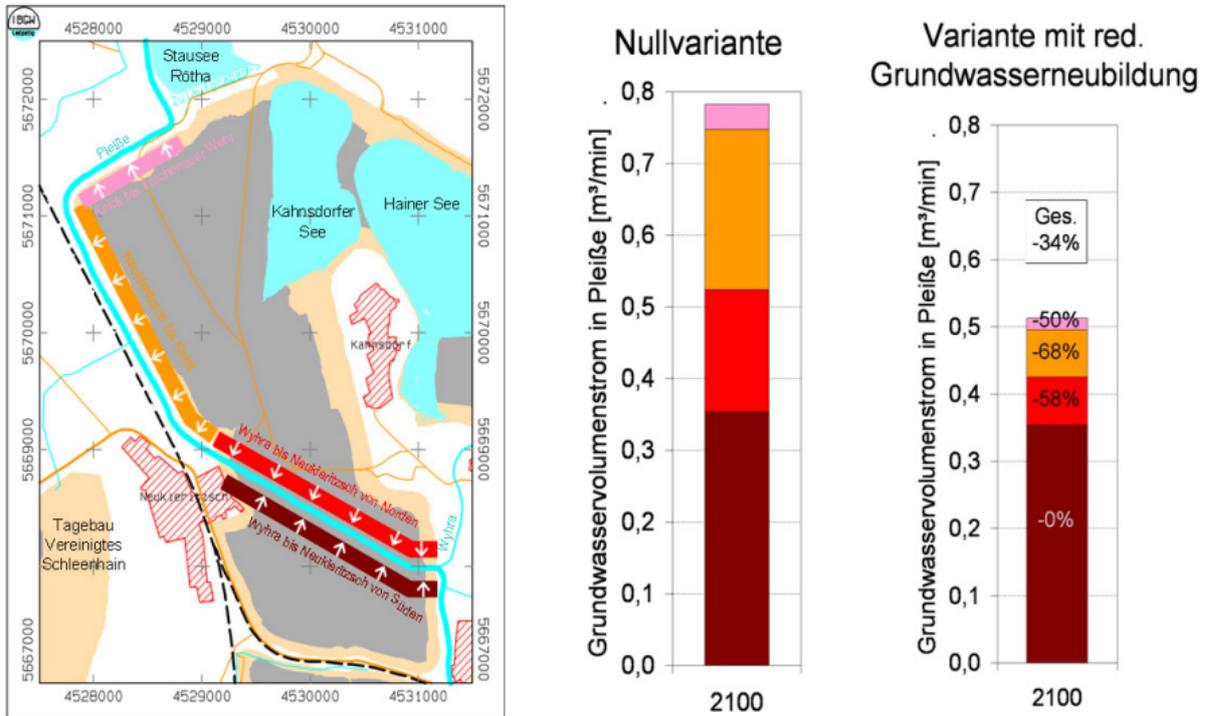


Abbildung 66: Ergebnisse der Grundwassermodellierung [9a]

Zusammenfassung der Versuchsergebnisse - Zielerreichung

„Die Ergebnisse des Pilotversuches haben gezeigt, dass mit der gewählten Herangehensweise an die Problemlösung die Zielstellung einer 75%igen Reduzierung der mittleren jährlichen Grundwasserneubildung im Gegensatz zu der jetzigen vorwiegend landwirtschaftlichen Nutzung real ist.“

Durch gezielte Maßnahmen für

die Komponente Boden wie z.B.

- Bodenbearbeitung durch Tiefenlockerung
- Optimierung des pH-Wertes durch Kalkung
- Art und Menge der Einarbeitung von Bodenverbesserungsmitteln
- Erhöhung der nutzbaren Feldkapazität
- Erhöhung der Pflanzenverfügbarkeit der Nährstoffe
- Verbesserung der Bodenstruktur

die Komponente Pflanze wie z.B.

3 Ableitung und Untersuchung von Maßnahmen zur Verminderung der Eiseneinträge in die Pleiße (parallele Bearbeitung zu Phasen 1 und 2)

- Auswahl der Kulturen wie Knaulgras, Chinagrass, Luzerne aber auch Kurzumtriebsplantagen sowie Wald- und Schutzstreifen
- Erreichung einer maximalen Evapotranspiration und Interzeptionsverdunstung
- Erreichung einer hohen Ausschöpfungstiefe der Kulturen

und die Komponente Bewirtschaftung wie z.B.

- Häufigkeit und Art der Ernten
- Pflege der Kulturen
- Düngung und Pflanzenschutz

ist eine hohe Biomasseproduktion mit einer ausgeprägten Evapotranspiration praktisch umsetzbar.

Durch die bereits vorhandene Biogasanlage in Kahnsdorf und der Absicht der Osterland Agrar GmbH zukünftig verstärkt Luzerne anzubauen, sind die Voraussetzungen für eine praktische Nutzung der Ergebnisse des Pilotversuches auf der Kippe Witznitz sehr günstig. Die aus dem Pilotversuch gewonnenen Erkenntnisse für die Komponenten Boden, Pflanze und Bewirtschaftung sind auch auf andere Standorte in Mitteldeutschland und der Lausitz übertragbar.“

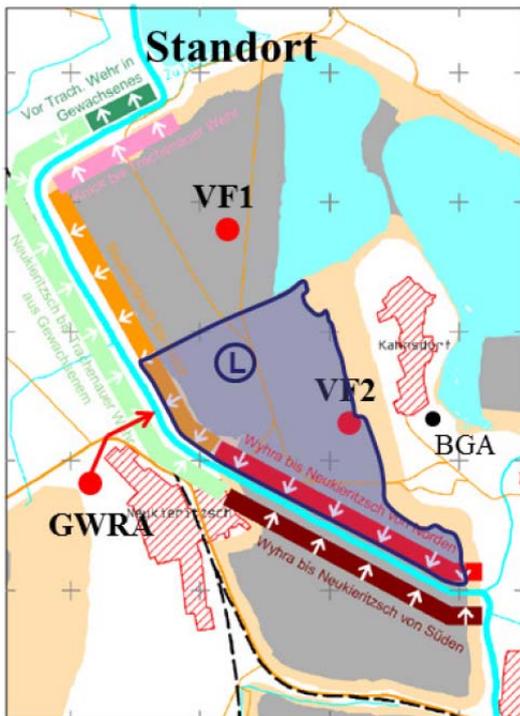


Abbildung 67: Bereich des empfohlenen Luzerneanbaues (L), Standort der vorhandenen Biogasanlage (BGA) [9b]

3 Ableitung und Untersuchung von Maßnahmen zur Verminderung der Eiseneinträge in die Pleiße (parallele Bearbeitung zu Phasen 1 und 2)

Die Abbildung 67 (S. 130) zeigt die Lage der als Dauergrünland zu bewirtschaftenden Fläche auf der Kippe Witznitz sowie den Standort der vorhandenen Biogasanlage. Im Rahmen der 18. Sitzung des vorhabensbegleitenden Arbeitskreises wurde der Entwurf eines Konzeptes für die großtechnische Umsetzung einschließlich der wissenschaftlichen Begleitmaßnahmen vorgestellt.

Im Vergleich zu den anderen untersuchten Maßnahmen ist die Umsetzung der langfristig wirkenden Verminderung der Fe-Einträge durch eine Nutzungsänderung auf der Kippe Witznitz (Dauergrünland/Nutzung zum Anbau nachwachsender Energierohstoffe) ohne zusätzliche Investitionen für technische Anlagen sowie damit verbundene jährliche Betriebskosten über einen weiten Zeitraum möglich.

3.2 Variantenbetrachtung für Auffang-/Drainagegräben

Quelle: [7a]

Im Rahmen der Vorbereitung des Vorhaben begleitenden Arbeitskreises wurde eine Tischvorlage [7a] durch GfL (jetzt Grontmij GmbH) erarbeitet, die die Machbarkeit von Auffang-/Drainagegräben zur Fassung des der Pleiße zuströmenden Grundwassers zum Inhalt hatte.

Anlass dieser Betrachtung war es, parallel zu den geplanten bzw. in Bearbeitung befindlichen hydrologischen und geologischen Untersuchungen zusätzliche Teilmaßnahmen zur Verminderung der der Eiseneinträge aus dem Grundwasser der Kippe Witznitz in die Pleiße zu suchen.

Bereits in der Diskussion im AK wurde ein Konfliktpotential, welches sich mit dem Bau und dem Betrieb solcher Gräben im Übergangsbereich zwischen der Kippe Witznitz und der Pleiße ergibt, erkannt. Dieses Konfliktpotential ergibt sich aus der örtlichen Situation, der naturräumlichen Ausstattung und dem vorhandenen Bestand an Versorgungsleitungen in dem betrachteten Gebiet.

Es wurden 2 Varianten von möglichen Standorten von Gräben diskutiert:

Variante 1: ein ca. 2 m flacher Graben im unmittelbaren Vorland der Pleiße (zwischen Böschungs-OK Gewässer und Böschungs-UK Kippe, innerhalb des Hochwasserabflussprofils)

Variante 2: ein ca. 12 m tiefer Graben oberhalb des Hochwasserabflussprofils im Kippenböschungssystem Witznitz.

Für ein Testprojekt wurde von einer Grabenlänge von 50 bis 100 m am rechten Pleißeufer (Kippe Witznitz) sowie von einer Versuchsdauer (Messung der Wassermengen und –beschaffenheit sowie der Eisenschlammmenge im Testgraben) von mindestens 1 Jahr ausgegangen.

Als nötiger Umfang einer möglichen Sanierungsmaßnahme wird das Anlegen von 2 jeweils knapp 2 km langen Auffanggräben entlang der Pleiße (einer rechts-, einer linksseitig) auf dem Abschnitt zwischen Wyhramündung und Neukieritzsch angesehen.

3 Ableitung und Untersuchung von Maßnahmen zur Verminderung der Eiseneinträge in die Pleiße (parallele Bearbeitung zu Phasen 1 und 2)

Die Abbildung 68 zeigt die betrachteten Grabenvarianten für die Realisierung eines Testgrabens im Kippeneinschnitt zur Pleiße, in der Nähe des Messplatzes bzw. im Bereich der mehrfachverfilterten Grundwassergütemessstellen.

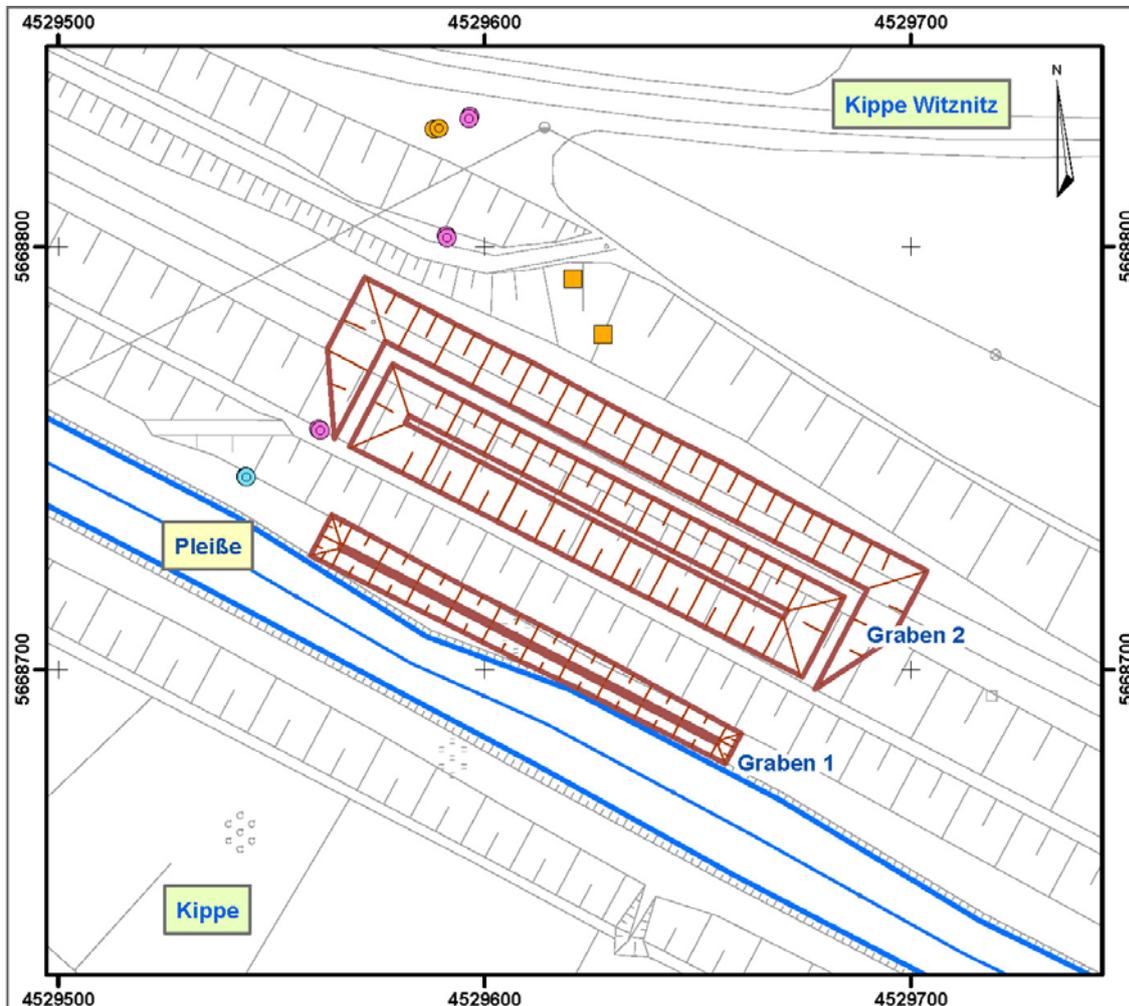


Abbildung 68: Lage der betrachteten Grabenvarianten im Böschungssystem – Testprojekt [7a]

Aus den folgenden Abbildungen ist bereits die Problematik der Anlage eines Testgrabens zu erkennen.

Kennzeichnend für die **Grabenvariante 1** ist die Flächeninanspruchnahme im Hochwassereinstauraum. Auch nach einer Optimierung des Grabenprofils (Tiefe, Böschungsneigung, Ausbau) wird der größte Teil der unteren Berme im Hochwasserprofil der Pleiße in Anspruch genommen. Damit verbunden ist auch eine Einschränkung der Unterhaltung der Pleiße von dieser Uferseite aus.

Die Standsicherheit des Kippenböschungssystems wäre auf jeden Fall zu überprüfen, wobei aufgrund der relativ geringen Massenentnahme am Fuß des Böschungssystems nicht unbedingt eine Verminderung der Standsicherheit des Gesamtböschungssystems einhergehen muss.

3 Ableitung und Untersuchung von Maßnahmen zur Verminderung der Eiseneinträge in die Pleiße (parallele Bearbeitung zu Phasen 1 und 2)

Ein großer Nachteil der Grabenvariante 1 ist die Lage im Hochwasserprofil. Neben Beschädigungen des Grabens im Hochwasserfall ist mit einer Sedimentverfrachtung des bereits im Graben abgelagerten Schlammes zu rechnen. Von einer regelmäßigen Wiederherrichtung nach einem Hochwasser ist auszugehen.

Ebenso ist der Standsicherheit der Grabenböschung in der Bauphase und während des Betriebes besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Bei Grundwasserständen nahe der GOK sind besondere Vorkehrungen (bspw. Einbau von Spundwände) zu treffen, die ein Auskolkten der Pleiße in den Graben verhindern.

Aufgrund der unmittelbaren Nähe der Pleiße ist eine Infiltration von Pleißewasser in den Graben möglich. Die Menge des infiltrierten Wassers ist abhängig vom Gradienten der Pleiße zum Wasserstand im Graben.

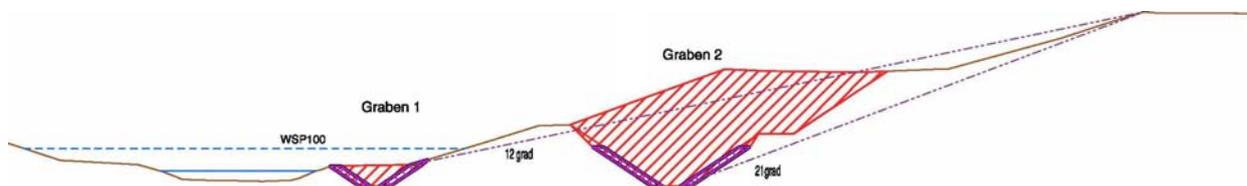


Abbildung 69: Querprofil mit Darstellung des Aushubes, Steinschüttung und Generalneigung



Abbildung 70: Bereich Graben 1, Wasserstand in der Pleiße kurz vor Überflutung Hochwasserprofil (14.04.2008)

3 Ableitung und Untersuchung von Maßnahmen zur Verminderung der Eiseneinträge in die Pleiße (parallele Bearbeitung zu Phasen 1 und 2)

Bei der Grabenvariante 2 (Testgraben) war das Ziel den Graben außerhalb des Hochwasserprofils anzulegen. Durch die Anordnung des Grabens zwischen 1. und 2. Berme wäre ein tiefer Einschnitt in das Kippenböschungssystem erforderlich.

Vor Beginn der Erdarbeiten wäre das Baufeld durch Holzung und Rodung der durch Sukzession entstandenen Gehölzflächen freizumachen. Anschließend wäre eine Baustraße zu errichten und u. U. neue Rampen für die mobile Erdbautechnik anzulegen.

Im Punkt 2.1.4 wurde bereits beschrieben, dass der Bewuchs der Kippenböschungflächen eine besondere Bedeutung zum Schutz gegen Erosion hat. So wurde auf der bewachsenen Erosionsmessstelle bisher kein Erosionsabtrag gemessen.

Der im Querprofil (Abbildung 69) nachvollziehbare tiefe Einschnitt in das Böschungssystem ist mit einer Verminderung der Standsicherheit des Kippenböschungssystems verbunden. Inwieweit die Standsicherheit noch gegeben ist, wäre durch einen Standsicherheitsnachweis zu untersuchen (durch die steilere Generalneigung, erscheint diese fraglich).

Weiterhin verlaufen im Einschnittbereich der Pleiße insbesondere auf Bermen im Kippenböschungssystem mehrere Kabeltrassen; diese sind bei der Errichtung der Baustraße und den anderen Bauarbeiten zu berücksichtigen (z. B. HDL Gas VNG 2x, Freileitungen der envia, ...).

Grundsätzlich wäre die Technologie der Schlammtenahme aus dem Graben, der Abtransport über eine Baustraße und die Entsorgung des Schlammgutes bei beiden Grabenvarianten zu klären.



Abbildung 71: Blick flussaufwärts, links der Berme (mit GWM3) Bereich Graben 2, rechts Bereich Graben 1

Mit der Tischvorlage wurden [7a] wurden die einem Testgraben zu strömenden Wassermengen eingeschätzt, die Möglichkeit einer potentiellen Wasseraufbereitungsanlage beschrieben, Genehmigungsrechtliche Aspekte aufgezeigt sowie ein Variantenvergleich Testgraben 1 vers. Testgraben 2 einschl. einer Grobkostenschätzung durchgeführt.

3 Ableitung und Untersuchung von Maßnahmen zur Verminderung der Eiseneinträge in die Pleiße (parallele Bearbeitung zu Phasen 1 und 2)

Als Fazit wurde festgestellt, dass

- die Realisierung eines Testgrabens nur mit einem hohen technischen Aufwand möglich ist,
- die Flächenverfügbarkeit für Gräben als Sanierungsvariante (beidseits der Pleiße, jeweils ca. 2 km lang) nicht gegeben ist,
- ein umfangreicher Eingriff beidseitig der Pleiße notwendig wäre (Lage des Grabens im Hochwasserprofil) und somit
- die Sanierungsmaßnahme Drainagegräben aus genehmigungsrechtlichen und wirtschaftlichen Gründen fraglich und unverhältnismäßig ist.

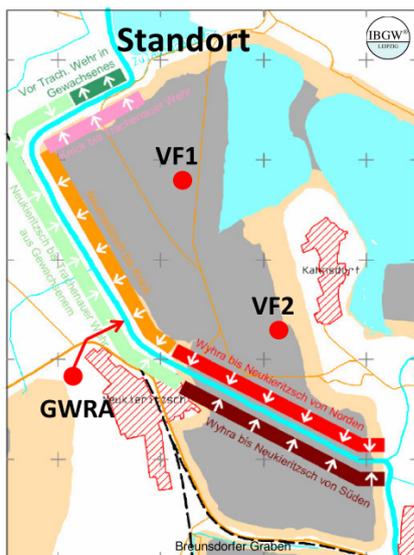
3.3 Machbarkeitsbetrachtung des Problemlösungsvorschlages „Sickerschlitz“

Quellen [7c, 7d]

Im vorangegangenen Punkt wurde herausgearbeitet, dass die Realisierung des Sanierungsmaßnahmenansatz Auffang-/Drainagegräben wirtschaftlich und genehmigungsrechtlich fragwürdig und unverhältnismäßig wäre.

Eine Abwandlung dieses Ansatzes der Verminderung der Stoffeinträge aus dem Grundwasser in die Pleiße durch Abfangen des Grundwasserzustroms mittels Sickerschlitz entlang der Pleiße wurde im Rahmen des 15. AK diskutiert.

Vor dem Hintergrund, dass ein Großteil der Exfiltration von eisenbelasteten Kippenwässer aus dem südlichen Böschungssystem der Kippe Kahnsdorf der Pleiße zufließen und für diesen Bereich eine Verminderung der Grundwasserneubildung durch Nutzungsänderung (siehe Pkt.3.1, S. 112) nicht in Frage kommt, wurde dieser Vorschlag vom Rahmengutachter initiiert [7c].



IBGW	Grundwasserzufluss aus der Kippe Kahnsdorf in die Pleiße			
	2009		Stationärer Zustand	
Bilanzgebiet	m ³ /min	%	m ³ /min	%
	0,23	37	0,35	45
	0,15	24	0,17	22
	0,21	34	0,22	29
	0,03	5	0,03	4
Summe	0,62	100	0,78	100

IBGW	Eisen gesamt	Stoffeinträge nach Bilanzgebiet		
		0,23 bzw. 3,8	0,15 bzw. 2,5	1,12 bzw. 19
	GW-Zufluss in die Pleiße 2009 in m ³ /min bzw. L/s	0,23 bzw. 3,8	0,15 bzw. 2,5	1,12 bzw. 19
	Konzentration im Anstrom mg/L	1230	2360	11
	Median	(900-2800)	(2140-2420)	(10-22)
	Min-Max			
	Stoffeintrag in kg/d			
	Median	407	510	18
	Min-Max	(300-930)	(460-520)	(16-35)
	Stoffeintrag gesamt in kg/d	935		
	Median	(770-1480)		
	Min-Max			

Abbildung 72: Ergebnisse der Bilanzbetrachtungen [7c]

3 Ableitung und Untersuchung von Maßnahmen zur Verminderung der Eiseneinträge in die Pleiße (parallele Bearbeitung zu Phasen 1 und 2)

Die Abbildung 72 verdeutlicht die Verhältnisse anhand ausgewiesener Bilanzgebiete. Für den relevanten südlichen Zustrom (Wyhra bis Neukieritzsch) wird ein Zufluss von 407 kg/d Eisen ausgewiesen.

Die folgende Abbildung zeigt die Situation im relevanten Kippeneinschnittbereich. Das Kippenböschungssystem ist durch mehrere Bermen untergliedert. Relevant sind die beiden ersten Bermen ausgehend von der Pleiße. Berme 1 liegt im Hochwasserprofil der Pleiße und wird bei Durchflüssen (Ereignis HW2) bereits überflutet. Diese Berme ist max. 10 m breit. In Teilbereichen werden nur 6,5 m erreicht. Die 2. Berme ist von geringerer Breite (< 3 m) und diente ursprünglich als Wirtschaftsweg. Beide Bermen weisen einen starken Bewuchs auf. Mit einer Länge von ca. 2300 m verläuft die Pleiße im Kippenmassiv.



Abbildung 73: Böschungssystem, südl. der Pleiße [7d]

Die Abbildung 74 (S. 138) zeigt eine Prinzipdarstellung der Anordnung des Sickerschlitzes.

Die Anlage des Sickerschlitzes zum Bau einer Horizontaldränage ist durch konventionelle Verfahren (d. h. maschineller Aushub, anschließender Verbau, Einbau des Dränrohres sowie Kornfilter nach Erfordernis) oder durch den Einsatz von Dränfräsen realisierbar. Voraussetzung für den Einsatz von Dränfräsen ist, dass die Haltungsstrecken eine Mindestlänge von > 100 m aufweisen, so dass der Antransport und Einsatz einer Dränfräse unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten sinnvoll ist. Die Haltungsstrecke wird im vorliegenden Fall bei weitem überschritten, so dass der Einsatz der Dränfräse näher untersucht wurde.

Für die Unterhaltung der Dränage ist eine ständige feste Zuwegung (Schotterrasen: 2,5 m breit, wasserundurchlässiger Aufbau) erforderlich, um mit Spülfahrzeugen zu den einzelnen Schächten fahren zu können. Der Abstand der Spülschächte wird für die weitere Bewertung mit einem Abstand von 100 m angenommen.

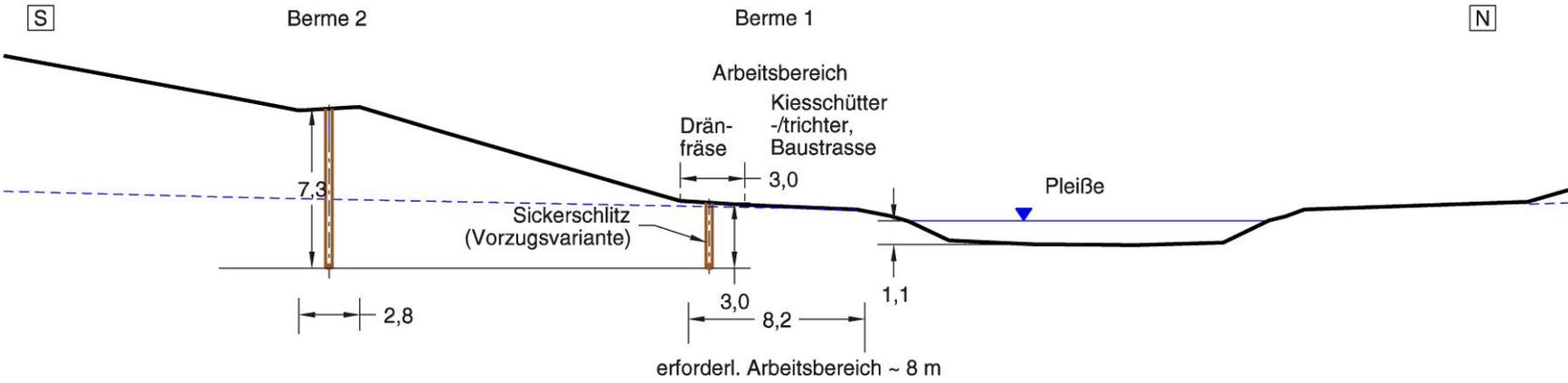


Abbildung 74: Querprofil mit Darstellung des Sickerschlitzes auf Berme 1 bzw. Berme 2, Station im Bereich Messplatz Kippe [7d]

Für die Realisierung der Aufbereitung des gehobenen Wasser gibt es grundsätzlich folgende Möglichkeiten am Standort:

- die Aufbereitung des Grundwassers in einer Reinigungsanlage vor Ort, Transport des Eisenschlammes mittels Saugwagen zu einer „externen“ Schlammwässerungsanlage,
- Aufbereitung des Grundwassers von der Eisenschlammabtrennung bis zur Schlammwässerung,
- Errichtung einer Pumpstation mit Vorlagebehälter zur Überleitung des eisenhaltigen Grundwassers über eine neu zu bauende Rohrleitung zur neuen Grubenwasserreinigungsanlage des Tagebaus Schleenhain, welche im April 2011 in Betrieb gegangen ist.

Eine Reinigungsanlage zur Behandlung von stark eisenhaltigen Wässern besteht im Wesentlichen aus Kontakt- und Belüftungsbecken, Flockungsbecken, Anlagen zur Sedimentation, Eindicker sowie Anlagen zur Schlammwässerung. Damit verbunden ist ein relativ hoher Platzbedarf und Aufwand im Betrieb (Energieversorgung, Anlieferung von Kalk, Verladung und Abtransport des entwässerten Schlammes).

Bezogen auf die Gesamtlänge des Sickerschlitzes von rd. 2100 m befindet sich die GWRA in erreichbarer Nähe. Gegen die Errichtung einer Reinigungsanlage vor Ort sprechen auch die beengten Platzverhältnisse im Einschnitt des Kippenmassivs.

In der Abbildung 10 ist der mögliche Verlauf einer Druckleitung ausgehend von einer Pumpstation bis zur GWRA schematisch dargestellt. Die Pumpstation wäre vom Hochwasser geschützt auf der 2. Berme zu errichten. Aufgrund der geringen Grundwassermengen wäre ein Vorlagebehälter zu errichten.

Die im dieser Planungsphase nicht näher untersuchte Trasse der Druckwasserleitung müsste bis zur GWRA mehrere Straßen (u. a. B176) sowie eine Bahntrasse queren. Dazu sind die Liegenschaften und Dienstbarkeiten zu klären.

Der in der Abbildung 75 (S. 140) dargestellte Trassenverlauf hat eine Gesamtlänge von rd. 1.600 m.

Die Grubenwasserreinigungsanlage Schleenhain bereitet die Sumpfungswässer des Tagebaus „Vereinigtes Schleenhain“ sowie der Wasserhaltung „Grotzscher Dreieck“ auf und stellt ein Teil des aufbereiteten Wassers der LMBV zur Flutung ehem. Tagebaue zur Verfügung, der größere Teil wird in die Pleiße abgegeben.

Die Durchflussmenge der GWRA beträgt im Mittel 50 m³/min bei einem Eisengehalt von rd. 70 mg/l. Im Vergleich dazu sind am Sickerschlitze größere Frachten bei viel kleineren Wassermengen zu erwarten. Daher wäre in weiteren Untersuchungen die Anpassungsfähigkeit der Grubenwasserreinigungsanlage zu prüfen.

3 Ableitung und Untersuchung von Maßnahmen zur Verminderung der Eiseneinträge in die Pleiße (parallele Bearbeitung zu Phasen 1 und 2)

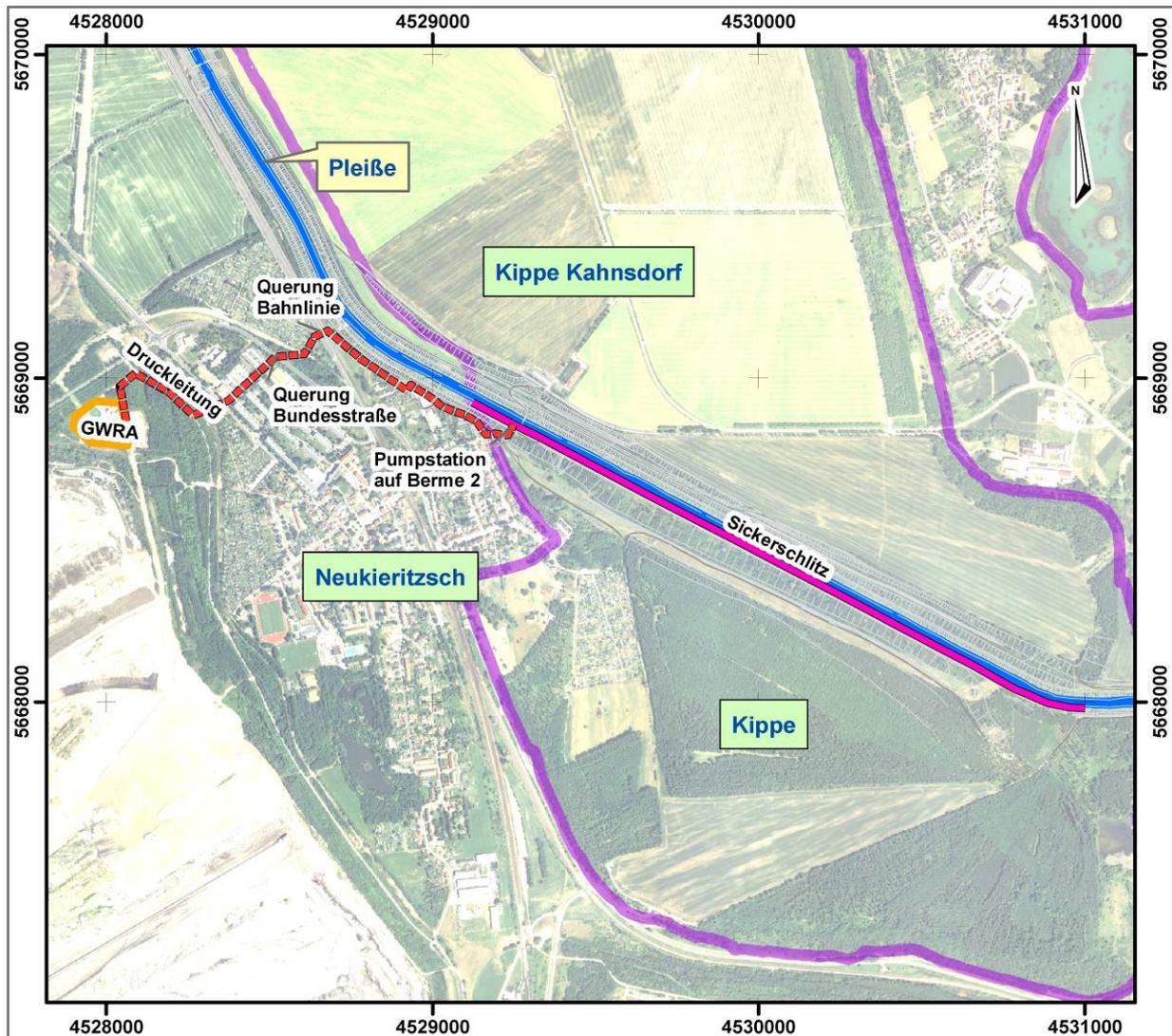


Abbildung 75: Darstellung Sickerschlitz mit Anlagen zur Zuführung des gehobenen Grundwassers zur Grubenwasserreinigungsanlage Schleenhain (Verlauf der Druckleitung schematisch) [7d]

Im Ergebnis der Machbarkeitsstudie konnte die prinzipielle technische Realisierung auf der 1. Berme bestätigt werden. Für eine belastbare Entscheidung sind noch weitere vor allem geotechnische Untersuchungen notwendig, als Grundlage für:

- die Optimierung der territorialen Lage des Dräns, und der Tiefenlage
- die Kornfilterauslegung sowie
- für die Ermittlung der zu hebenden und anschließend zu behandelnden Wassermengen (einschl. der lateralen Zuflüsse aus der Pleiße).

Prinzipiell ist mit einem hohen Aufwand für die Unterhaltung der Dränage aufgrund der Eisengehalte, des zufließenden Feinkorns und der Lage im Hochwasserprofil zu rechnen.

Die Errichtung des Sickerschlitzes in vollständiger Länge im Bereich der Kippenböschungen bedingt einen nachhaltigen und erheblichen Eingriff in den Naturraum durch Beräumung der 1. Berme und entsprechende erdbautechnische Arbeiten. Dieses trifft auch für den Alternativstandort auf der 2. Berme zu, wobei hier bauliche Eingriffe in das Böschungssystem notwendig sind, die zusätzlich zuvor den Nachweis der Standsicherheit erforderlich machen.

3.4 Nutzung des Stausees Rötha als Sedimentationsbecken für Eisenschlämme aus dem südlichen Einzugsgebiet der Pleiße

Die Untersuchung der Eignung des Stausees Rötha erfolgte stufenweise mit folgenden Bearbeitungen:

- Machbarkeitsstudie [8b],
- Voruntersuchung – In-situ-Messung zur Schaffung der Datengrundlage [8e],
- Hauptuntersuchung – In-situ-Messung zur Schaffung der Datengrundlage [8f],
- Numerische Simulation [8f].

3.4.1 Machbarkeitsstudie

[8a, 8b]

In Vorbereitung der 7. Sitzung des vorhabenbegleitenden Arbeitskreises wurde durch die Grontmij GfL GmbH ein Tischvorlage [8a] zur Einschätzung der Möglichkeit der Nutzung des Stausees Rötha als Sedimentationsbecken erarbeitet. Hier wurden durch Recherchen die Randbedingungen für die Nutzung des Stausees (wie z. B. örtl. Lage/Nutzung, techn. Daten, Eigentumsverhältnisse, Schutzgebiete) dargestellt. Ferner wurden die erforderlichen Maßnahmen für die Herrichtung des Stausees als Sedimentationsbecken eingeschätzt. Beachtet wurden dabei die Abflussverhältnisse, erforderlichen technischen Umbauten, die Beräumung und Entsorgung des Eisenschlammes sowie die Auswirkungen auf Natur und Landschaft. Ebenso wurden die genehmigungsrechtliche Aspekte erläutert, eine Kostenannahme aufgestellt und schließlich die Bewertung der Alternativvariante „Nutzung Stausee Rötha als Sedimentationsbecken“ gegenüber der Variante Auffanggräben zur Pleiße dargestellt.

Im Ergebnis der 7. Sitzung des AK wurde festgelegt, dass eine Machbarkeitsstudie zur Nutzung des Stausees Rötha zu erstellen ist.

Die Bearbeitung der Machbarkeitsstudie [8b] erfolgte stufenweise wobei die 1. Stufe die grundsätzliche Überprüfung der Machbarkeit (Variante 1) zum Inhalt hatte. Das Ergebnis der 1. Stufe wurde dem AK im Rahmen der 11. Sitzung am 23.06.2009 vorgestellt. Im Ergebnis des Zwischenberichtes Variante 1 wurde festgestellt, dass der Stausee Rötha als Sedimentationsbecken für Eisenschlämme grundsätzlich geeignet ist. Je höher die hydraulische Beaufschlagung ist, desto höher wird die Absolutwirkung der Eisensedimentation eingeschätzt.

Die Untersuchung der Varianten 2.1 und 2.2 wurde in der 11. Sitzung zur Bearbeitung freigegeben.

Der Stausee Rötha liegt am Stadtrand von Rötha, ca. 15 Kilometer südlich von Leipzig entfernt. Er wird im Nebenschluss der Pleiße betrieben und ist Teil eines Systems von Stauanlagen im Unterlauf des Gewässers.

3 Ableitung und Untersuchung von Maßnahmen zur Verminderung der Eiseneinträge in die Pleiße (parallele Bearbeitung zu Phasen 1 und 2)

Erbaut wurde der Stausee Rötha in den Jahren 1939 bis 1942 mit etwa der doppelten Größe der heutigen Wasserfläche durch den Weiße-Elster-Verband. Mit dem Fortschreiten des Tagebau Witznitz wurde 1966 der südliche Teil des Stausees trocken gelegt und überbaggert. Seit dieser Zeit bildet ein ehemaliger Werkbahndamm einer Kohlebahn den südlichen Abschluss des Stausees.

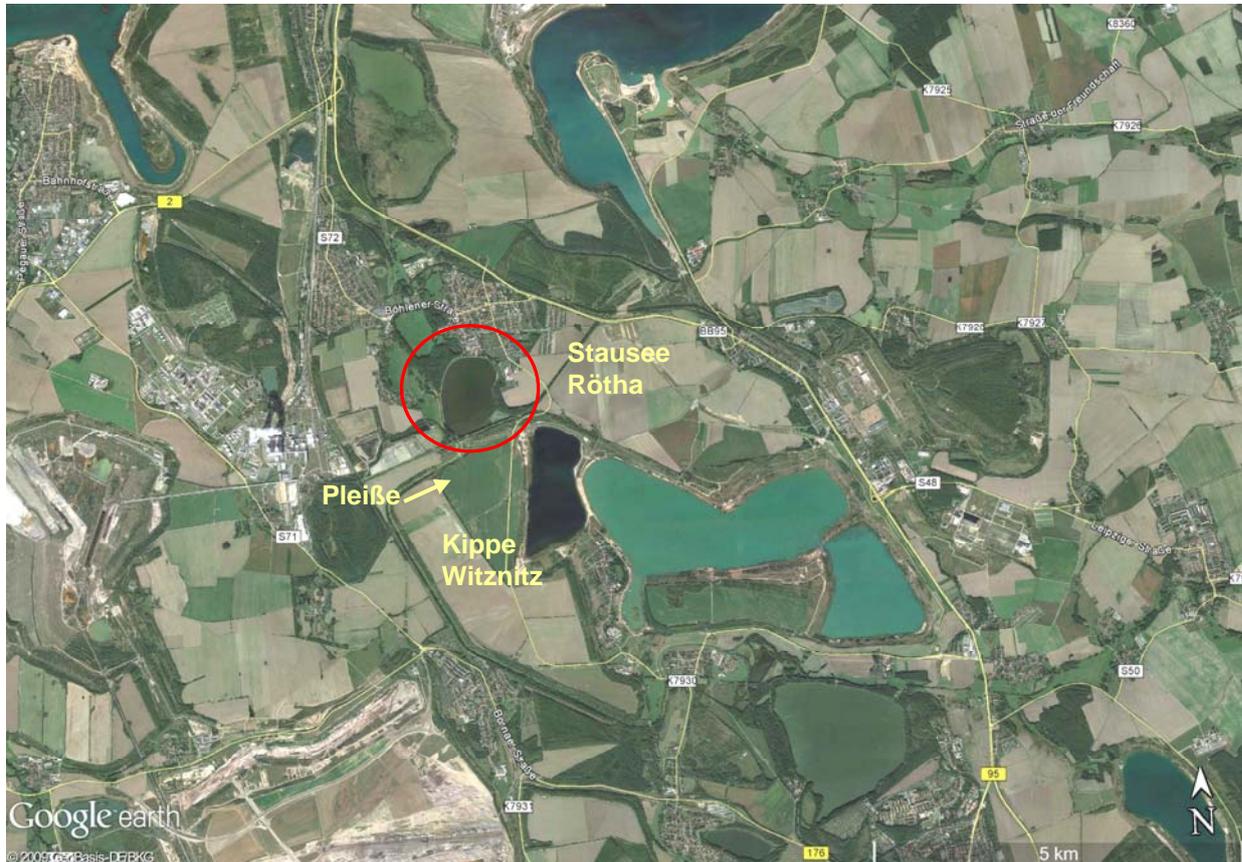


Abbildung 76: Lage des Stausees [Luftbild GoogleEarthPro]

Mit einem Hochwasserrückhalteraum von 0,11 Millionen Kubikmetern ist die Bedeutung des Stausees für den Hochwasserschutz im Pleißegebiet relativ gering. Seit seinem Bau war er der lebensnotwendige Brauchwasserlieferant für braunkohleverarbeitende Großunternehmen und Kraftwerke zwischen Espenhain und Böhlen.

Gebaut wurde der Stausee nicht durch Umgestaltung eines Tagebaurestloches, sondern in einer von Obstplantage und Wiesen geprägten Talau. Zu Beginn der Nutzung verlief durch den See ein Erdamm, auf dem eine Werkbahnverbindung zwischen dem Industriestandort Espenhain und den ihn versorgenden Tagebauen geschaffen wurde. Die Verbindung zwischen den beiden durch den Damm getrennten Stauseebereichen wurde durch drei verschließbare Öffnungen von je 10 Metern Breite im Damm geschaffen.

Nach dem Wegfall des ehemaligen Südteils des Stausees erfolgte die Speisung von der Pleiße durch das flussaufwärts liegende Trachenauer Wehr und einem Zulaufgraben im Oberlauf. Der Stausee Rötha wird von LTV als Betriebsgewässer u. a. zur Steuerung der Durchflussmenge der Kleine Pleiße im Unterlauf genutzt.

Im Norden und Westen des Stausees befindet sich der 1.670 Meter lange Absperrdamm. Er wurde aus bindigem Erdstoff ohne Dichtungselement errichtet und wasserseitig mit einer Steinpackung gesichert.

3 Ableitung und Untersuchung von Maßnahmen zur Verminderung der Eiseneinträge in die Pleiße (parallele Bearbeitung zu Phasen 1 und 2)

Die Gründungssohle des Absperrdammes besteht aus anstehendem undurchlässigem Auelehm. Der Grundablass zur Kleinen Pleiße und die Hochwasserentlastung befinden sich im Nordteil des Dammes. Der Stausee Rötha wird über den Zulaufgraben mit Wasser aus der Pleiße versorgt. Die Wasserentnahme wird im Bereich des Oberlaufes der Trachenauer Wehrs realisiert. Der Abschlag des Wassers erfolgt über den nördlich angelegten Grundablass des Stausees in die Kleine Pleiße. Die Pleiße verläuft westlich des Stausees weiter in nördlicher Richtung. Unterhalb des Trachenauer Wehres wird der Wasserspiegel der Pleiße durch den Anstau des Gauliser Wehres beeinflusst. Über dessen Wehrsteuerung gleichfalls der Abfluss in die Kleine Pleiße bestimmt wird. Im Bereich des Bahndammes zwischen Böhlen und Rötha mündet die Kleine Pleiße in die Pleiße.

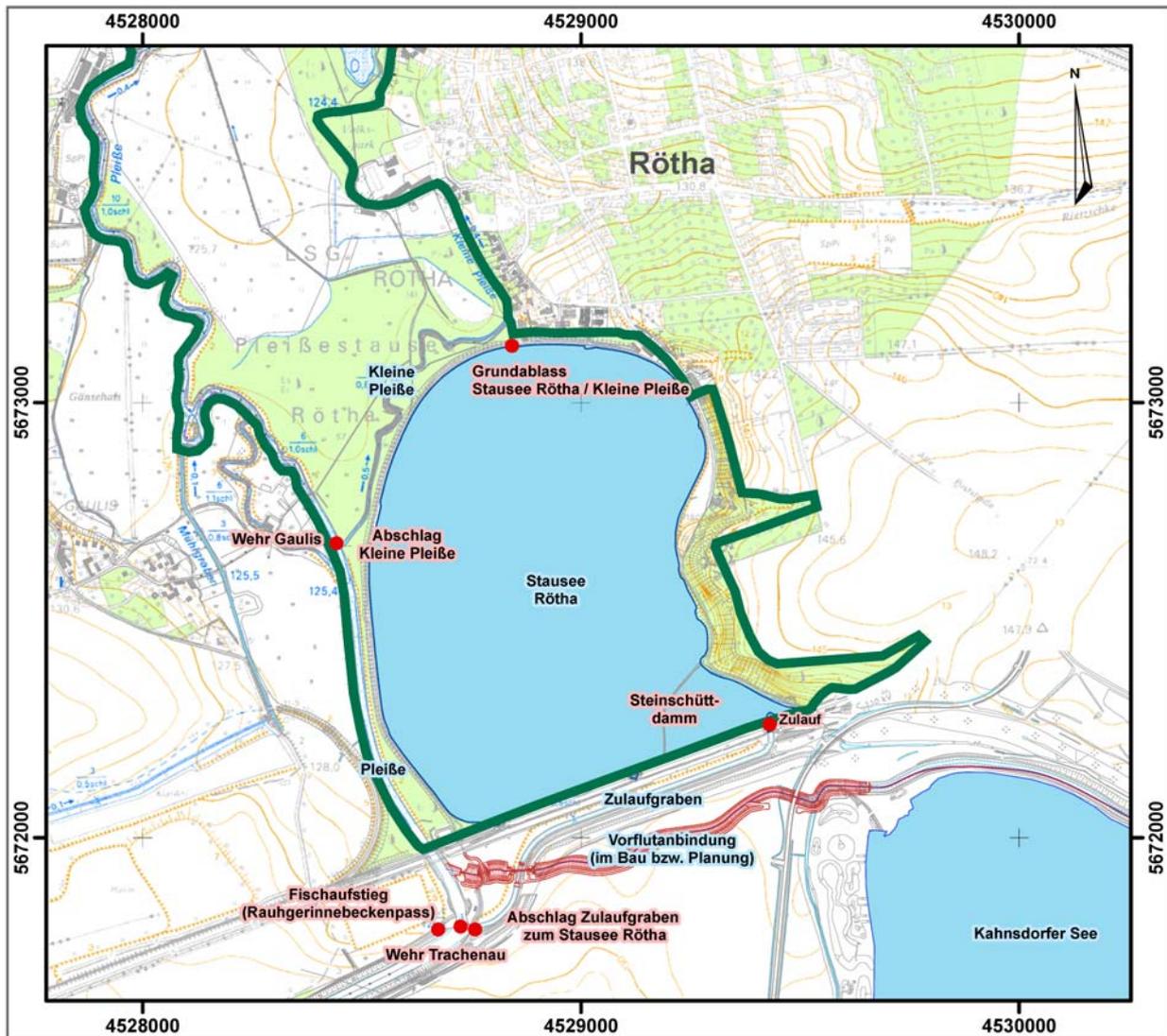


Abbildung 77: Lage und Randbedingungen des Stausees Rötha (dunkelgrüne Umrandung = LSG Pleiße-Stausee Rötha)

Die mit der Machbarkeitsstudie [8b] durch WTL untersuchten Varianten sind durch folgende Randbedingungen gekennzeichnet:

Variante 1:

Anforderungen und Zielstellungen Variante 1:

- ausschließliche Nutzung des Stausees als Sedimentationsbecken zur Ausfällung von Eisenhydroxid
- Zuleitung über bestehenden Zulaufgraben mit Einleitstelle im Südost- Bereich des Stausees
- Ausleitung am Westufer des Sees über neues Auslaufbauwerk mit Abschlag in die Pleiße
- anzusetzende Durchflussmengen: 2 m³/s aus der Pleiße über Fischpass des Trachenauer Wehrs
- restliche Wassermengen über Zulaufgraben (derzeit Zulaufgraben für 4 m³/s ausgelegt)
- genehmigungsrechtliche Vorprüfung

Der Bedarf für ggf. weiter erforderliche Untersuchungen zur Fortsetzung der Planung ist aufzuzeigen.

Nach Abschluss der Untersuchungen zur prinzipiellen Machbarkeit zur Nutzung des Stausees Rötha als Sedimentationsbecken nach Variante 1 erfolgt eine Zwischenerörterung der Arbeitsergebnisse durch den Auftraggeber in Abstimmung mit dem fachlich begleitenden Arbeitskreis.

Nach der Zwischenerörterung wird der Bedarf an ggf. weiteren Untersuchungen festgelegt. Die weiteren Untersuchungsvarianten werden dort bestätigt.

Variante 2.1:

Anforderungen und Zielstellungen Variante 2.1:

- Zulassen beider Nutzungen (Sedimentationsbecken, Schiffbarkeit) im Stausee,
- Verlagerung der im Südosten befindlichen Einleitstelle des Zulaufgrabens in westliche Richtung; „Trennung“ des Zulaufgrabens und damit neuer Zulauf in den Stausee und ein gesonderten Zu/Ablauf im Bereich Schleusenverbindung,
- Ausleitung aus dem See erfolgt über Neubau des Abschlages im westlichen Bereich des Stausee in die Pleiße,
- anzusetzende Durchflussmengen: 2 m³/s aus der Pleiße über Fischpass des Trachenauer Wehrs; 4 m³/s aus der Pleiße über Zulaufgraben in den Röthaer Stausee

Variante 2.2

Anforderungen und Zielstellungen Variante 2.2:

- wie Variante 2.1, mit folgender Modifizierung:
- anzusetzende Durchflussmengen: 2 m³/s aus der Pleiße über Fischpass des Trachenauer Wehrs; bis 10 m³/s aus der Pleiße über Zulaufgraben in den Röthaer Stausee (dazu Erweiterung des Zulaufgrabens bis neue Einleitstelle)
- zusätzliche Untersuchung der gewässertouristischen Befahrung des Stausees über die Schleuse

Weitere berücksichtigte Planungen am Stausee Rötha [8b]

- Vorflutanbindung Seenkomplex Witznitz

Südlich des Zulaufgrabens verläuft die Trasse der Vorflutanbindung des in Flutung befindlichen Hainaer Sees. Die Vorflutanbindung als offener Graben bindet unterhalb des Trachenauer Wehres in die Pleiße ein (derzeit im Bau befindlich).

Der Zulaufgraben sowie der Betreiberweg werden über eine Dükerung gekreuzt. Die Steuerung des Abflusses und des Wasserstandes im Vorflutgraben erfolgt über ein zu errichtendes Auslaufbauwerk (bestehend aus Widerlager- und Flügelwänden, Wehrschwelle, Rauer Rampe, Regelorganen).

- Touristischer Gewässerverbund Hainer See - Stausee Rötha (Schleusenbauwerk)

Im Rahmen eines möglichen Vorhabens „Lokaler touristischer Gewässerverbund Hainer See — Stausee Rötha" erfolgt derzeit parallel die Erstellung einer Machbarkeitsstudie zu Randbedingungen für den Bau eines Schleusenbauwerkes zwischen dem Stausee Rötha und der Vorflutanbindung aus dem Hainer See.

Im Zuge dieser Machbarkeitsstudie wurde die Errichtung eines Schleusenbauwerkes im südöstlichen Bereich des Stausees untersucht. Die Schleuse soll für eine Belegung von 100 Booten, davon 50 Leipzig-Boote und 50 muskelgesteuerte Boote pro Tag, ausgelegt werden. Die Bootsausfahrt wird im Norden des Stausees mit Anbindung an die Kleine Pleiße derzeit auf Machbarkeit untersucht.

Es wurde davon ausgegangen, dass 40 Schleusenvorgänge pro Tag notwendig werden und dafür eine Wassermenge von 80 m³ pro Vorgang aus dem Stausee Rötha abzuleiten wären.

Beide Planungen bzgl. der zukünftigen Nutzung des Stausees Rötha als Sedimentationsbecken bzw. der touristischen Nutzung mit Schiffbarkeit stehen zunächst konkurrierend zueinander, ggf. ist ein Nutzungskonflikt zu erwarten. Es ist zu berücksichtigen, dass der Schiffverkehr zu verstärkter Wasserbewegung und diffusen Verwirbelungseffekten aufgrund des Antriebs der Boote führt, wodurch das Absetzverhalten der Eisenpartikel behindert werden kann.

Es ist weiterhin überprüft, inwieweit größere Wassermengen durch den Stausee unter Beachtung des Mindestwasserabflusses Trachenauer Wehr (Fischtreppe) zu leiten sind [8b].

3 Ableitung und Untersuchung von Maßnahmen zur Verminderung der Eiseneinträge in die Pleiße (parallele Bearbeitung zu Phasen 1 und 2)

Im Ergebnis der Betrachtungen im Rahmen der Machbarkeitsstudie, die auch die Auswertung des umfangreichen Analysenmaterials aus dem Monitoring der Pleiße (Konzentration und Sedimentation) wurden durch den Bearbeiter zusammenfassend folgende Punkte abgeleitet:

- Grundsätzlich ist die Eignung des Stausee Rötha als Sedimentationsbecken für Eisenschlämme festzustellen. Die mögliche wassertouristische Nutzung steht der grundsätzlichen Eignung nicht entgegen.
- Die Messwerte zu den sedimentbildenden Eisenverbindungen belegen, dass die Eisenkonzentrationen mit 3,9 mg/l Eisen [gesamt] relativ niedrig sind.
- Bei der geplanten hydraulischen Beaufschlagung nach Varianten 1 und 2.1 sind sedimentbildende Frachten mit rd. 500 kg/d Eisen [gesamt] und 3100 kg/d abfiltrierbare Stoffe zu erwarten (Wirkungsgrad ca. 29 %). Bei einer Erhöhung des Zulaufes nach Variante 2.2 auf bis 10 m³/s sind nur geringe Steigerungsraten in der Absolutwirkung der Rückhaltung im Stausee zu erwarten, da die Eisenkonzentration sich bei erhöhten Zulaufmengen stark verringert.
- Die Beaufschlagung der Fischtreppe mit 2 m³/s Pleißewasser führt besonders in den abflussarmen, aber eisenreichen Perioden zum Verschenken der potentiellen Rückhalteleistung des Stausees für Eisenverbindungen.
Bei einer Verminderung der hydraulischen Beaufschlagung der Fischtreppe bei Pleißewasserströmen unter 4 m³/s auf z.B. 0,5 m³/s könnten 400 kg/d Eisen und 1000 kg/d abfiltrierbare Stoffe mehr vom Stausee zurückgehalten werden (Wirkungsgrad ca. 42 %).

Dies hätte eine Reduzierung des Pleißeabflusses unterhalb des ökologischen Mindestabflusses zur Folge, die zusätzliche Maßnahmen zur ökologischen Durchgängigkeit des Stausees nach sich ziehen.

(Der Wirkungsgrad der Eisenausfällung im Stausee Rötha in Abhängigkeit von der Steuerung des Fischpasses Trachenauer Wehr wurde auf der Basis von Abflussdaten der Pleiße am Pegel Böhlen für den Zeitraum 1.11.1994 bis 31.12.2007 unter der Annahme, dass 75 % des Eisens aus dem durchgeleiteten Pleißewasser ausfallen, abgeleitet. Siehe Abbildung 78 und Abbildung 79)

- Die Sedimente im Stausee sind nach TR Boden der Kategorie > Z2 infolge der Überschreitung an Gehalten von MKW und BTEX zuzuordnen.

„Die Nutzung des Stausees Rötha als Flusskläranlage zur Sedimentation und Rückhaltung der Grobstoffe und der Eisenverbindungen der Pleiße führt zu einer beachtlichen Verbesserung der Wasserbeschaffenheit der Pleiße und bei Nutzung des Wassers des Stausees als Wasserressource für weitere Gewässer auch zu einer Verbesserung der hydrologischen und wasser-gütwirtschaftlichen Gesamtsituation im Leipziger Südraum.“ [8b]

3 Ableitung und Untersuchung von Maßnahmen zur Verminderung der Eiseneinträge in die Pleiße (parallele Bearbeitung zu Phasen 1 und 2)

Abflüsse der Pleiße am Pegel Böhlen 1993...2007

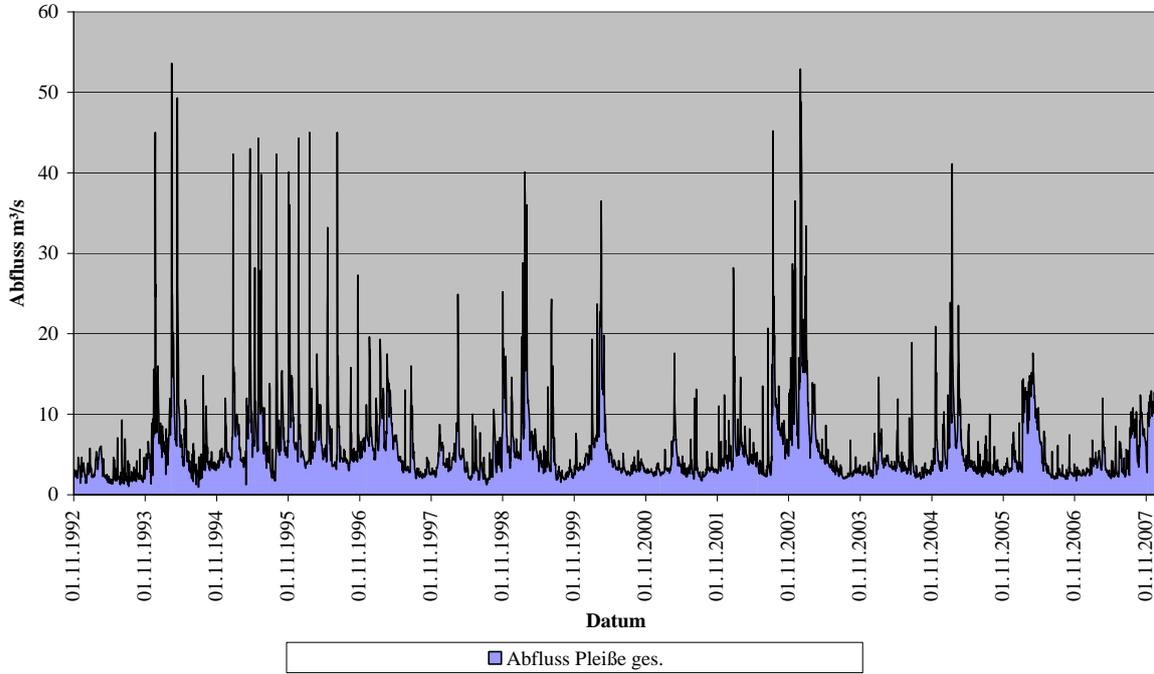


Abbildung 78: Abflüsse der Pleiße am Pegel Böhlen [LD L, 24.09.2009]

**Wirkungsgrad der Eisenausfällung im Stausee Rötha
 in Abhängigkeit von der Steuerung des Fischpasses Trachener Wehr**

Annahme: es fallen 75 % des Eisens aus dem durchgeleiteten Pleißewasser aus

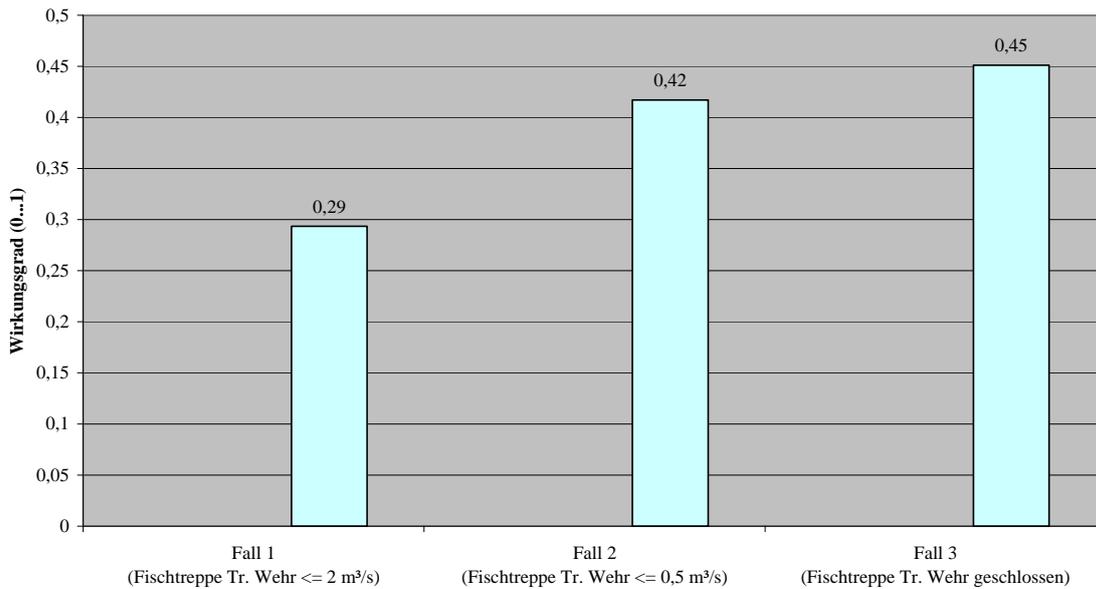


Abbildung 79: Wirkungsgrad der Eisenausfällung im Stausee Rötha [LD L, 24.09.2009]

Folgende Maßnahmen und Empfehlungen wurden durch den Bearbeiter abgeleitet:

1. Ertüchtigung des Zulaufgrabens und Umgestaltung des Einlaufbereiches - Varianten 1 und 2.1
 - Beräumung des Zulaufgrabens von Sedimenten zur Realisierung einer maximalen Beaufschlagung von $4\text{m}^3/\text{s}$
 - Umbau des Steinschüttdammes für Var. 2.1 im Einlaufbereich um eine Bootsgasse entlang des östlichen Ufers von ca. 20 m Breite freizuhalten
 - eine Trennung des Zulaufgrabens (Pleiße → Stausee Rötha) und Schaffung eines gesonderten Zulaufs in den Stausee im Bereich der Schleusenverbindung ist nicht zwingend notwendig

Variante 2.2

- Verbreiterung des Zulaufgrabens von aktuelle 3,2 m auf 6,6 m Sohlbreite zur Gewährleistung einer maximalen Beaufschlagung von $10\text{m}^3/\text{s}$
- Umbau des Steinschüttdammes wie Var. 1/2.1

2. Neubau Auslaufbauwerk – Varianten 1 und 2.1
 - Auslaufbauwerk (Überfallwehr/Tosbecken/Ablaufgraben) südlich des Wehres Gaulis in die Pleiße.

oder

- Fischaufstiegsanlage am Auslauf des Stausees (Einlaufbauwerk, Raugerinne-Beckenpass)

Würde die hydraulische Belastung der Pleiße auf ein Minimum z.B. $0,5$ bis $1,0\text{m}^3/\text{s}$ reduziert, wären Maßnahmen zur ökologischen Fischdurchgängigkeit am Stausee notwendig. Nach Vorabstimmung des Bearbeiters mit der Fischereibehörde ist eine Reduzierung der hydraulischen Beaufschlagung des Trachenauer Wehres denkbar. Zur Gewährleistung der ökologischen Durchgängigkeit der boden- bzw. hartsubstratorientierten Kleinlebewesen, deren Ausweich über den Stausee ausgeschlossen ist, ist ein Mindestabfluss innerhalb der Pleiße zu garantieren, der auch unterhalb des ökologischen Mindestabflusses liegen kann.

Die Reduzierung des hydraulischen Mindestabflusses am Trachenauer Wehr ist durch eine Einengung der Durchlaufschlitze innerhalb der Steinreihen des Umgehungsgerinnes möglich. Dies hat eine Verlagerung der Lockströmung zum neuen Auslaufbauwerk des Stausees zur Folge. Damit wird eine Fischwanderung über den Stausee angeregt, die mittels naturnahen Umgehungsgerinnes als Raugerinne-Beckenpass realisiert werden kann. Alternativ dazu sind technische Maßnahmen zur Erzeugung einer Lockströmung am Trachenauer Wehr mittels Bypassleitung denkbar. In den weiteren Planungsphasen sind die örtlichen Verhältnisse zu prüfen und die Maßnahmen mittels Variantenvergleich zu präzisieren.

Variante 2.2

- Bauwerke würden sich in den Abmessungen annähernd verdoppeln bei einer max. Belastung von $10\text{m}^3/\text{s}$

3. Entschlammung bzw. Sedimentberäumung Stausee Rötha
 - Teilentnahme des Sedimentmaterials im Zulaufbereich und einem östlichen Korridor sind Sedimentmengen bis zum Trenndamm

Die Kosten wurden für die einzelnen Maßnahmen durch den Bearbeiter grob ermittelt.

„Bezogen auf die geplante hydraulische Belastung ist die Absolutwirkung der Eisenkonzentrationen im Sediment mit dem geplanten Betriebsregime nach Variante 1 jedoch mit erheblichen Reserven verbunden. Die Bilanz wird verbessert, wenn die notwendige Mindestbeaufschlagung über die Fischtreppe am Trachenauer Wehr reduziert würde (z.B. 0,5 bis 1,0 m³/s). In diesem Fall wären Maßnahmen zur Fischdurchgängigkeit notwendig, z.B. müsste der Auslauf des Stausees mit einer Fischaufstiegsanlage kombiniert und die Fischaufstiegsanlage am Trachenauer Wehr umgebaut werden. Alternativ wäre am Trachenauer Wehr die Schaffung einer Lockströmung mittels Bypassleitung möglich, um die Reduzierung der hydraulischen Belastung zu kompensieren.“

Eine Erhöhung der maximalen Durchflussmenge in den Stausee auf bis 10 m³/s gemäß Variante 2.2 trägt nicht zu einer effektiven Steigerung der Absetzwirkung des Stausees bei und wird nicht empfohlen.

Die Nutzung als Sedimentationsbecken und die wassertouristische Nutzung schließen sich prinzipiell nicht aus. Im Falle der wassertouristischen Nutzung ist eine Grundberäumung zu empfehlen, die auch einer Intensivierung der Sedimentationswirkung zuträglich wäre. Zwingend ist die Beräumung einer befahrbaren Bootsgasse, zumindest eine Streifenbreite von 30-50 m entlang des östlichen Ufers.“

Weitere Vorgehensweise

In der 12. Sitzung des vorhabensbegleitenden Arbeitskreises am 09.10.2009 wurde der Abschlussbericht der Machbarkeitsstudie vom Planer präsentiert. Im Ergebnis der Bearbeitung wurde festgestellt, dass der Stausee Rötha als Sedimentationsbecken für Eisenschlämme aus dem südlichen Einzugsgebiet der Pleiße auch bei parallel betriebenen gewässertouristischen Nutzungen grundsätzlich geeignet ist. Die Eisenrückhaltung im Stausee Rötha wäre damit eine kurzfristig umsetzbare Gefahrenabwehrmaßnahme zur Minimierung der Gefährdung für die Pleiße im Rahmen des Gesamtmaßnahmeprogramms des Pilotprojektes.

Seitens des Arbeitskreises wurde daraufhin der LMBV mbH empfohlen, die Beantragung und Veranlassung einer Vorplanung vorzubereiten. Die Machbarkeitsstudie wurde des Weiteren vom Planer - wie ebenfalls in der 12. AK-Sitzung festgelegt – am 12.10.2009 Vertretern des Ref. 41 der Landesdirektion Leipzig vorgestellt.

Zielstellung der weiteren Planungsphasen (unter Fortführung des Kenntnisstandes der Machbarkeitsstudie) war:

- die Sedimentationsfähigkeit des eingeleiteten Pleißewassers in den Stausee zu untersetzen,
- die örtlichen Sedimentationsbereiche in Abhängigkeit von den untersuchten Varianten zu ermitteln sowie
- die technische Machbarkeit einschließlich ggf. erforderlicher baulicher Anpassungen zu präzisieren.

In den folgenden Punkten werden die durchgeführten Untersuchungen bis hin zu den Ergebnissen der numerischen Simulation dargestellt.

3.4.2 Ergebnisse der Voruntersuchungen

Quellen [8c, 8d, 8e]

Auf der Basis der vorgenannten Betrachtungen erfolgte zunächst eine Voruntersuchung durch den beauftragten Gutachter (IWS an der HTWK Leipzig)

Das Ziel der durchgeführten Voruntersuchungen [8e] bestand darin, die zur Schaffung der Datengrundlage für das numerische Modell des Stausees Rötha angedachten Messkampagnen sowie die dafür benötigten Messgeräteinstallationen zu bewerten und zu optimieren. Des Weiteren sollten im Zuge der Voruntersuchung die für die Messkampagnen angedachten Messstellen bezüglich ihrer Lage untersucht und festgelegt werden.

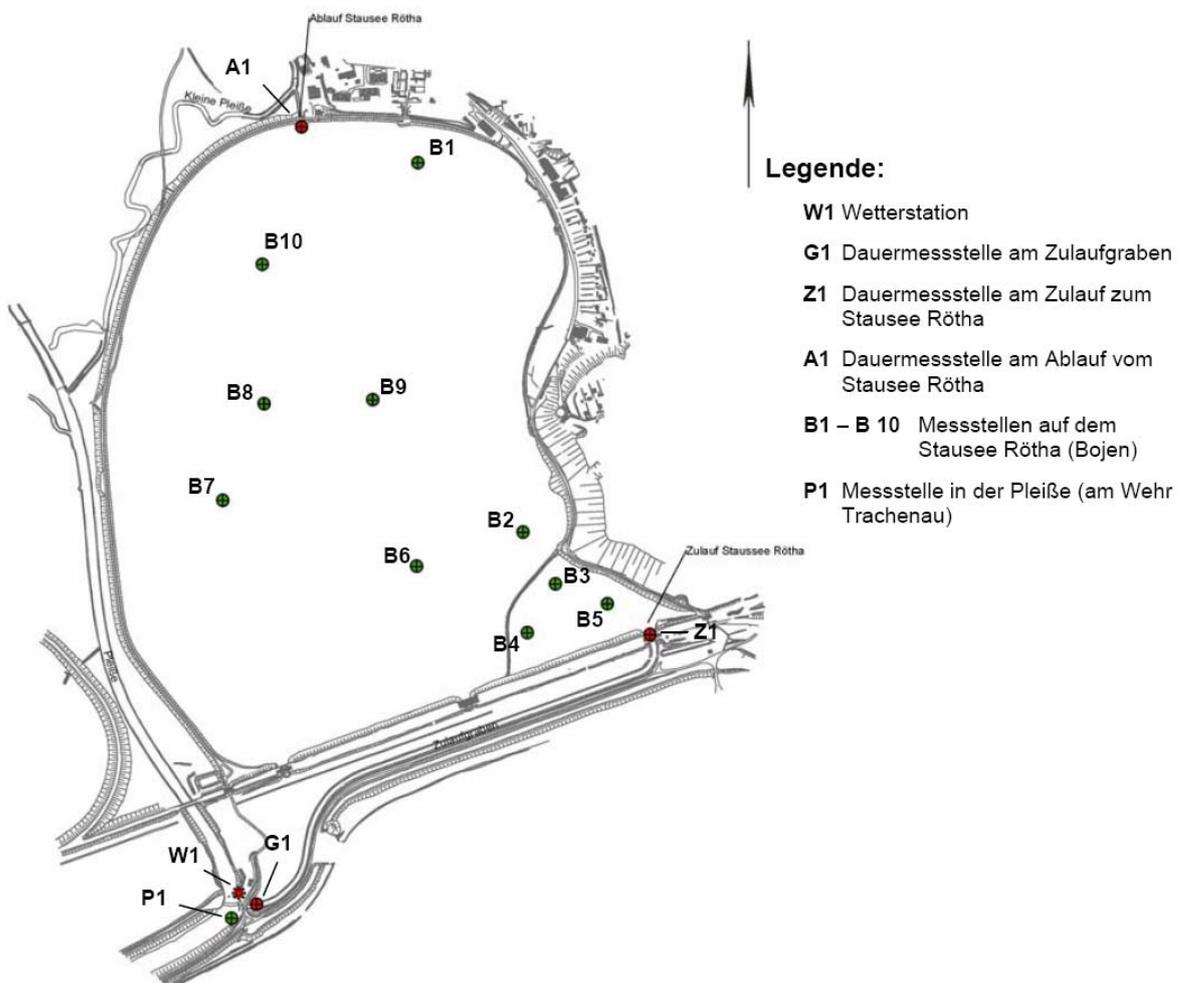


Abbildung 80: Übersichtsplan der Messstellen im Rahmen der Voruntersuchung [8e]

Für die praktischen Feldversuche ergab sich, basierend auf den theoretischen Vorüberlegungen, eine Untersuchungsmatrix, in der die wesentlichen sedimentationsbeeinflussenden Parameter im Stausee Rötha erfasst und ihre Auswirkungen auf die Sedimentation im Stausee Rötha betrachtet wurden. In der Tabelle 30 sind die im Rahmen der Voruntersuchung gemessenen bzw. analysierten Parameter aufgelistet.

3 Ableitung und Untersuchung von Maßnahmen zur Verminderung der Eiseneinträge in die Pleiße (parallele Bearbeitung zu Phasen 1 und 2)

Vorort				Labor
Dauermessung		wöchentliche Messung		wöchentliche Proben
Parameter	Messst.	Parameter	Messst.	
Wassertrübung	G1, Z1, A1	pH-Wert	B1 – B10	Fe(II)
Fließgeschwindigkeit und Wasserstand	Z1*, G1**	elektrische Leitfähigkeit	B1 – B10	Fe(III)
Windgeschwindigkeit und Windrichtung	W1	Sauerstoffgehalt und –sättigung	B1 – B10	Gesamteisen
Luft- und Wassertemperatur	W1	Strömungsrichtung und Strömungsgeschwindigkeit	B1 – B10	Abfiltrierbare Stoffe (AFS)
Niederschlag	W1			

Bemerkung:

* bis Ende 2010

** ab 2011

Tabelle 30: Gemessene und analysierte Parameter der Voruntersuchung [8e]

„Das während der Voruntersuchung durchgeführte vierwöchige Messprogramm unterteilte sich in zwei Untersuchungsschwerpunkte:

1. Untersuchungsschwerpunkt „Zu- und Ablauf-Bilanz“

Im ersten Untersuchungsschwerpunkt wurde mittels kontinuierlicher Messungen des Volumenstroms, der Wasserstände und Fließgeschwindigkeiten sowie der Schwebstoffkonzentrationen im Bereich des Zu- und Ablaufs die Gesamtwirkung bezüglich des Schwebstoffrückhaltes des Stausees dokumentiert.

2. Untersuchungsschwerpunkt „Verteilung der Strömungen und Stofffrachten im See“

Im zweiten Untersuchungsschwerpunkt wurde der Ist-Zustand im Stausee bzgl. der abgelagerten Sedimentschicht und Wassertiefe sowie die zeitliche und räumliche Variabilität der Strömungen und des Schwebstofftransportes erfasst.

Des Weiteren wurden während des gesamten Messprogramms die örtlichen Wetterverhältnisse (Windrichtung, Windgeschwindigkeit, Temperatur, Niederschlag) erfasst, um deren Einfluss auf die Strömung und den Schwebstofftransport im Stausee beurteilen zu können. Es wird dabei davon ausgegangen, dass die Wetterverhältnisse, aufgrund der geringen Tiefe im Stausee, bei der Bildung lokaler Sedimentationsbereiche einen hohen Stellenwert einnehmen.“

Folgende **Ergebnisse der Felduntersuchungen und Laborversuche** wurden vom Bearbeiter zusammenfassend dargestellt:

„Die Auswertung der chemisch-physikalischen Versuche ergab, dass nicht alle gewählten Messparameter zur Kalibrierung der dreidimensionalen numerischen Strömungssimulation herangezogen werden können.

Die Erfassung der *Strömungsverhältnisse im Stausee Rötha* ergaben in Richtung und Betrag plausible Werte. Es wurden, je nach Lage der Messstelle, Strömungsgeschwindigkeiten im Bereich von bis zu 0,05 m/s gemessen.

Des Weiteren wurde beobachtet, dass der Wind je nach Stärke und Richtung einen bedeutenden Einfluss auf die Strömungsverteilung über die gesamte Gewässertiefe hat. Unter bestimmten Windverhältnissen kann sich die Strömungsgeschwindigkeit im Stausee in einzelnen Tiefen auf wenige Millimeter pro Sekunde verringern.

Die im Rahmen der Volumenstrombestimmung durchgeführte Messung des Zuflusses zum Stausee Rötha erschien nach der Versetzung der Messstelle Anfang 2011 und unter Berücksichtigung der über die Seefläche verdunstenden Wassermenge mit einem Wert von ca. 0,19 m³/s plausibel. Jedoch wurde am Ende der Voruntersuchung festgestellt, dass aufgrund des starken Pflanzenwachstums im Zulaufgraben nur noch ein Teil der eingesetzten Messtechnik verwendbare Daten lieferte. Inwieweit sich dieser Sachverhalt negativ auf die Ergebnisse der weiteren Zuflussberechnungen für den Stausee Rötha auswirkt, konnte bisher noch nicht abgeschätzt werden.

An der Wetterstation Wehr Trachenau konnten verwendbare Daten gemessen werden, insbesondere die für die numerische Simulation wichtigen Parameter wie Windgeschwindigkeit und Windrichtung.

Die Bestimmung der abfiltrierbaren Stoffe sowie die Daten der Trübungssonden zur Ermittlung des Feststoffgehalts lieferten aufgrund des starken Algenwachstums im Stausee keine aussagekräftigen Ergebnisse. Durch das Algenwachstum war der ermittelte Feststoffgehalt am Grundablass höher als der, der aus der Pleiße eingetragen wurde. Bereits im Zulaufgraben war eine Zunahme des Feststoffgehaltes feststellbar, welche sich dann im weiteren Verlauf des Zulaufgrabens in Richtung Stausee fortsetzte.

Messungen des pH-Wertes ergaben durchweg Werte zwischen 7,5 bis 9,0, wobei die Werte in Richtung Grundablass des Stausees zunahmten. Die basischen pH-Werte und hohen Sauerstoffkonzentrationen deuten darauf hin, dass Fe(II) im Stausee keine bedeutende Rolle spielt.

Messungen der Gesamteisenkonzentration ergaben, dass im Bereich des Wehres Trachenau bezogen auf die Pleiße bereits 20 % des Eisens sedimentierten. Bis zum Zulauf in den Stausee Rötha verringerte sich der Gehalt des im Wasser befindlichen Eisens auf 60 % bezogen auf den Gehalt der Pleiße. Es sedimentierten somit 40 % an partikulärem Eisen über den Zulaufgraben, einschließlich Wehr Trachenau. Je nach Messstelle auf dem Stausee reduzierte sich der Eisengehalt bis auf 31 % bezogen auf den Gehalt in der Pleiße. Am Grundablass selbst wurde jedoch ein Eisengehalt bezogen auf die Pleiße zwischen 38 und 53 % gemessen. So verringerte sich der Eisengehalt im Stausee bezogen auf die Pleiße zwischen 47 und 62 %. Bezogen auf den Zulaufgraben entspricht dies einer Abnahme des Eisengehaltes im Stausee um 7 bis 12 %.

3 Ableitung und Untersuchung von Maßnahmen zur Verminderung der Eiseneinträge in die Pleiße (parallele Bearbeitung zu Phasen 1 und 2)

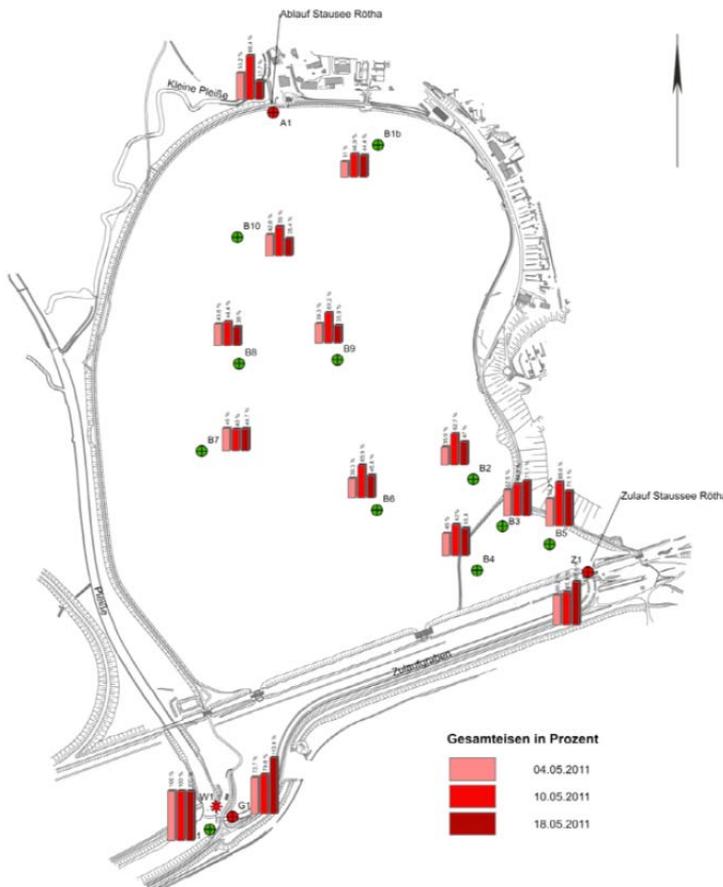


Abbildung 81: Verteilung der relativen Eisenkonzentration über den Stausee Rötha [8e]

Unter den derzeitig vorherrschenden Verhältnissen und geringen hydrologischen Belastungen des Zulaufgrabens scheint dieser den größeren Einfluss auf das Sedimentationsverhalten des Eisens zu haben als der Stausee selbst.

Im Rahmen der Voruntersuchungen wurden ebenso **numerische Berechnungen** vorgenommen. Als Grundlage für die Erstellung des 3D-Modells für den Stausee dienten die Vermessungsunterlagen der LTV aus dem Jahre 2006.

„Boden und Oberfläche des Sees wurden für die erste Abschätzung als glatte Wände angenommen, da die Simulation einer freien Wasseroberfläche einen erheblichen numerischen Aufwand bedeutet. Zunächst sollte ausschließlich das Strömungsverhalten im See simuliert werden, d. h. weder die Sedimentation von Schwebeteilchen, noch deren Einfluss auf die Strömung wurden berücksichtigt.“

Auch andere gravitationsbedingte Einflussparameter (Dichtedifferenzen, temperaturbedingte Konvektionsströmungen) wurden nicht beachtet. Für die hydrologische Belastung des Stausees wurden die von der LTV vorgegebenen 0,15 m³/s als Zu- und Ablaufwerte angesetzt. Mit diesem Modell wurde eine stationäre Simulation der Strömungsverhältnisse im Stausee Rötha durchgeführt, wodurch instationäre Effekte nur bedingt berücksichtigt wurden. Das Ergebnis stellt also einen mittleren Zustand der Strömung dar.“

3 Ableitung und Untersuchung von Maßnahmen zur Verminderung der Eiseneinträge in die Pleiße (parallele Bearbeitung zu Phasen 1 und 2)

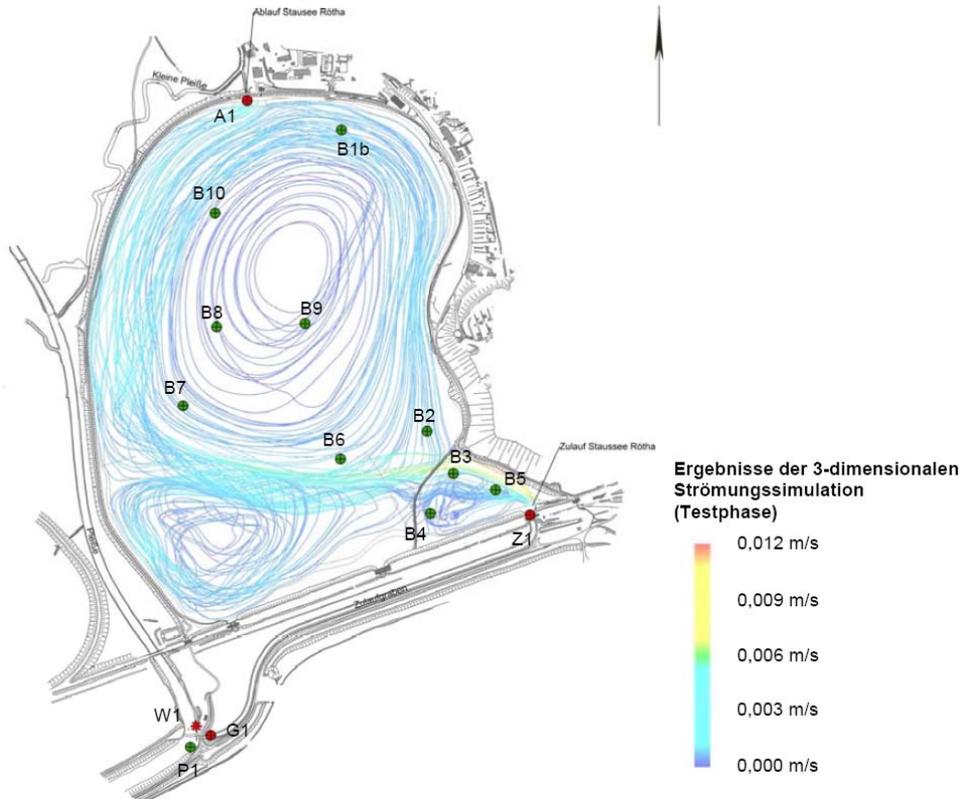


Abbildung 82: Dreidimensionales numerisches Strömungsbild [8e]

„Die Ergebnisse des Strömungsbildes der dreidimensionalen numerischen Simulation des Stausees deckten sich mit den im Rahmen dieser Voruntersuchung durchgeführten ADCP²-Messungen zur Bestimmung des Strömungsbildes. Die theoretische Analyse der Strömungsverhältnisse im See zeigt deutlich, dass die gewählte Herangehensweise zielführend ist. Die numerische Simulation zeigt im Wesentlichen plausible Ergebnisse, welche im Rahmen der Hauptuntersuchung unter Zuhilfenahme verdichteter Ergebnisse zu überprüfen sind.“

Zur Analyse der Sedimentationsvorgänge im numerischen Modell des Stausees Rötha müssen im Zuge der Hauptuntersuchung weitergehende Versuche zur Ermittlung der für das Sinkverhalten ausschlaggebenden Parameter durchgeführt werden. So sollten im Rahmen der Hauptuntersuchung Aussagen zur Korngrößenverteilung sowie zur Beschreibbarkeit von Dichteströmungen bzw. Sedimentation getroffen werden, um anschließend, wie in der Aufgabenstellung gefordert, den Ist-Zustand im See und die Auswirkungen einer Erhöhung des Durchflusses durch den Stausee Rötha mit einer hohen Sicherheit abbilden zu können.“

² ADCP = Acoustic Doppler Current Profiler bzw. Ultraschall-Doppler-Profil-Strömungsmesser

3.4.3 Ergebnisse der Hauptuntersuchung

Quelle: [8f]

Die Hauptuntersuchung diente der weiteren Spezifizierung des Sedimentationsverhaltens von Eisen im Stausee Rötha. Mit den durchgeführten In-situ-Messungen am und auf dem Stausee Rötha wurde die Datengrundlage für die numerische Modellierung geschaffen. Weiterhin konnten auf dieser Basis Aussagen zur zeitlichen und räumlichen Variabilität des Strömungs- und Schwebstofftransportes getroffen werden.

Neben der kontinuierlichen Erfassung des Volumenstroms und der Schwebstoffkonzentration im Ein- und Auslauf des Stausees sowie der Vermessung der aktuellen Schlammoberfläche wurden als weitere wichtige Eingangsgröße für das numerische Modell die Windverhältnisse vor Ort aufgezeichnet. Ferner wurden für die Kalibrierung und Validierung des Modells punktuell im See die Strömungsvorgänge sowie auf dem See die Windverhältnisse gemessen. Darüber hinaus wurden für ein besseres Verständnis der Sedimentationsprozesse des eingeleiteten Pleißewassers zusätzlich noch Untersuchungen entlang des Zulaufgrabens vom Trachenauer Wehr bis zum Zulauf des Stausees und im Bereich des Grundablasses vorgenommen. Folgende Ergebnisse wurden vom Bearbeiter zusammenfassend dargestellt.

Erfassung der Zu- und Abfluss-Bilanz

„Die im Rahmen der Volumenstrombestimmung durchgeführte Messung des Zuflusses zum Stausee Rötha ergab im Mittel 0,16 m³/s. Unter Berücksichtigung der über die Seefläche verdunstenden und gefallenen Wassermengen sowie des Abflusses am Grundablass des Stausees konnte dieser Wert als plausibel erachtet werden. Der Zufluss lag damit in den drei Beobachtungsmonaten der Hauptuntersuchung nur knapp 0,01 m³/s über dem mittleren Abfluss am Grundablass.“

Bei den im Labor kontinuierlich erfassten Eisenkonzentrationen konnten deutliche Schwankungen festgestellt werden. Die aus den 24h-Mischproben gemessenen Gesamteisenkonzentrationen variierten für den Zufluss am Trachenauer Wehr zwischen 1,4 mg/l und 9,9 mg/l und am Grundablass von 0,3 mg/l bis 3,2 mg/l.

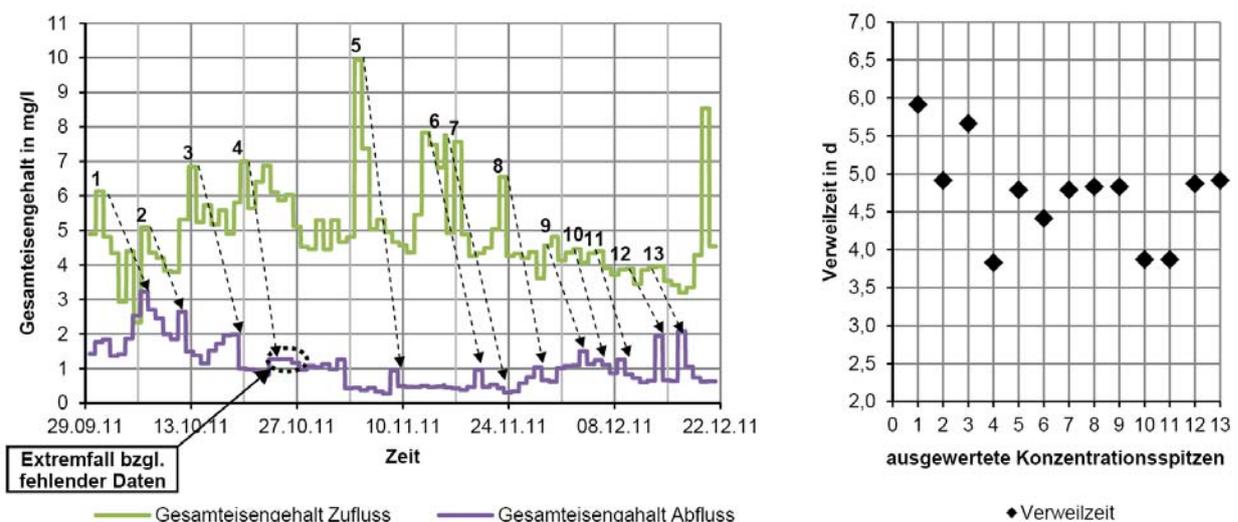


Abbildung 83: Visuelle Auswertung der Spitzen im Konzentrationsverlauf Links: Zuordnung der Abflusskonzentrationen zu den Zuflussspitzen; Rechts: Verweilzeit für die ausgewerteten Zuflussspitzen [8f]

3 Ableitung und Untersuchung von Maßnahmen zur Verminderung der Eiseneinträge in die Pleiße (parallele Bearbeitung zu Phasen 1 und 2)

Für die Bilanzierung des Eisenrückhaltes im See wurden daher der Konzentrationsverlauf vom Zufluss in einen zeitlichen Zusammenhang mit dem des Abflusses gebracht und 13 Konzentrationspitzen ausgewertet. Die Zeit, nach der eine beobachtete Zuflusskonzentrationspitze am Grundablass festgestellt wurde, lag dabei im Mittel bei etwa 4,7 Tagen und der Eisenrückhalt im Stausee schwankte zwischen 48 % und 93 % (siehe Abbildung 83, S.155). Die Hauptursache für diese Schwankungen ist im großen Einfluss des Windes auf das Strömungsbild im Stausee zu sehen, so dass sich für die drei Monate eine direkte Beziehung zwischen der Windstärke und dem Eisenrückhalt im Stausee aufstellen ließ.

Da sich der Zeitraum der Hauptuntersuchung nur auf Herbstmonate bezog, wurde versucht, die gewonnen Erkenntnisse mittels erfasster Daten aus der Voruntersuchung auf die Sommermonate zu übertragen. Dafür wurden im Rahmen der Voruntersuchung erhobene Einzelproben vom Trachenauer Wehr und vom Grundablass unter Berücksichtigung der ermittelten Verweilzeit betrachtet. Die Zuflusskonzentration bewegte sich dabei in einem Bereich von 3,3 mg/l bis 4,8 mg/l und die ihr gegenübergestellte Konzentration am Auslassbauwerk in einem Bereich von 1,7 mg/l bis 3,6 mg/l.

Es zeigte sich, dass in den Sommermonaten der Voruntersuchung ein deutlich geringer Rückhalt (etwa 13 % bis 50 % der Zuflusskonzentration) beobachtet wurde, als sich unter Berücksichtigung des Windes aus den Erkenntnissen der Hauptuntersuchung (über 55 % der Zuflusskonzentration) hätte ergeben müssen. Dies kann auf den Stichprobencharakter der Proben sowie auf dem in den Sommermonaten beobachteten Algenwachstum zurückgeführt werden (siehe Tabelle 31, S.156).

Daten der Voruntersuchung:

Trachenauer Wehr		Grundablass		sich ergebene Verweilzeit	mittlere Windgeschw. von W1	Rückhalt bezogen auf den Zufluss
Datum	Konzentration	Datum	Konzentration			
	[mg/l]		[mg/l]	[d]	[m/s]	[%]
01.05.11	3,96	04.05.11	3,44	3	3,39	13,1
04.05.11	4,78	10.05.11	3,58	6	3,69	25,1
10.05.11	3,23	18.05.11	1,63	8	4,18	49,5

Daten der Hauptuntersuchung:

Trachenauer Wehr		Grundablass		sich ergebene Verweilzeit	mittlere Windgeschw. von W1	Rückhalt bezogen auf den Zufluss
Datum	Konzentration	Datum	Konzentration			
	[mg/l]		[mg/l]	[d]	[m/s]	[%]
30.09.11	6,135	06.10.11	3,22	5,9	1,24	47,5
06.10.11	5,093	11.10.11	2,65	4,9	2,93	48,0
13.10.11	6,842	18.10.11	1,99	5,7	0,71	71,0
19.10.11	6,997	23.10.11	1,27	3,8	0,98	81,9
04.11.11	9,938	08.11.11	0,94	4,8	0,16	90,6
15.11.11	7,765	20.11.11	0,96	4,4	0,47	87,6
17.11.11	7,567	22.11.11	0,53	4,8	0,23	93,0
23.11.11	6,551	27.11.11	1,04	4,8	1,56	84,2
30.11.11	4,817	03.12.11	1,51	3,8	1,81	68,8
02.12.11	4,461	05.12.11	1,24	2,9	2,62	72,3
05.12.11	4,397	08.12.11	1,25	2,9	3,33	71,6
09.12.11	3,886	13.12.11	1,94	3,9	2,38	50,2
13.12.11	3,969	16.12.11	2,08	2,9	2,63	47,5

Tabelle 31: Ermittelte Rückhaltkonzentration aus den Daten der Voruntersuchung bzw. Hauptuntersuchung [8f]

Detailliertere Untersuchungen zu diesem Phänomen wären noch erforderlich.

Für die im Rahmen der Hauptuntersuchung messtechnisch begleiteten 12 Wochen konnten am Abfluss des Stausees Eiseneinträge von 7 % bis 52 % der am Trachenauer Wehr zufließenden Konzentrationen beobachtet werden.

Unter Einbeziehung des gemessenen Volumenstroms sind demnach innerhalb der 12 Wochen rund 1,2 t Eisen am Grundablass ausgetragen und 4,3 t im Stausee Rötha (einschließlich Zulaufgraben)

3 Ableitung und Untersuchung von Maßnahmen zur Verminderung der Eiseneinträge in die Pleiße (parallele Bearbeitung zu Phasen 1 und 2)

zurückgehalten wurden. Nach den Ergebnissen der Beprobungen entlang des Zulaufgrabens vom Trachenauer Wehr bis zum Zufluss in den Stausee Röttha kann davon ausgegangen werden, dass dabei ca. 32 % bis 63 % der Rückhalteleistung auf den Zulaufgraben entfallen sind (zur Verdeutlichung siehe Abbildung 84).

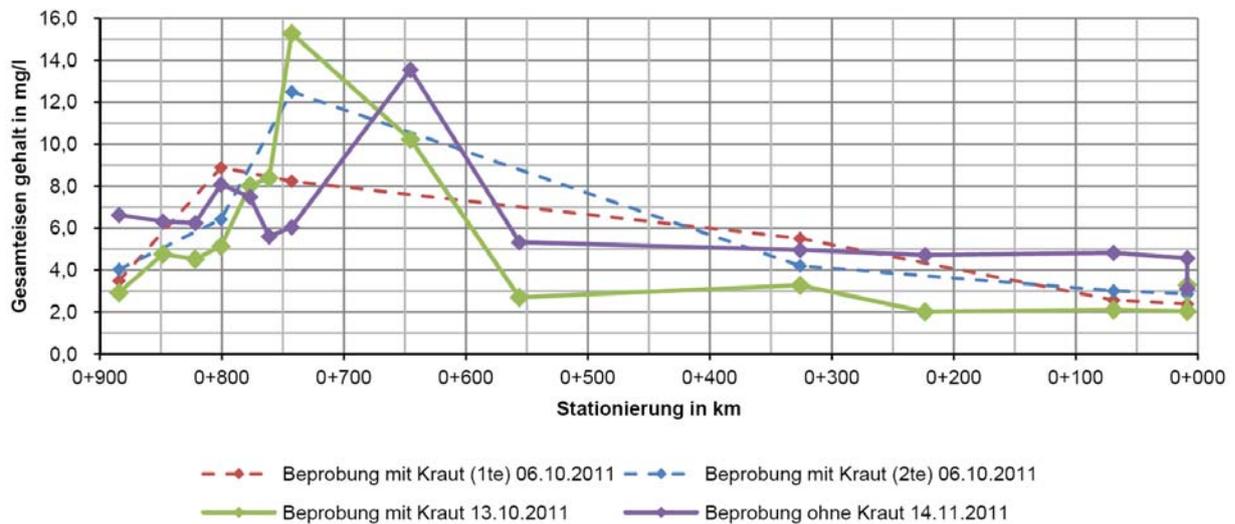


Abbildung 84: Gesamteisenkonzentration entlang des Zulaufgrabens an den verschiedenen Messtagen [8f] (0+900 Bereich am Trachenauer Wehr; 0+000 Einlauf Stausee Röttha)

Bei einer Steigerung der durch den Stausee Röttha geleiteten Wassermengen auf die maximal geplanten 4,0 m³/s ist unter Berücksichtigung der Ergebnisse der numerischen Simulation davon auszugehen, dass sich die im Ist-Zustand noch im Vorbecken und Zulaufgraben ausbildende Sedimentation in den Stausee verlagern wird. Aufgrund der sich aus der Numerik ergebenden großflächigen Strömungs- und Sedimentationsbilder ist aber nicht zu erwarten, dass es zu einer Veränderung der Eisenablaufkonzentrationen kommen wird.“

Erfassung der Strömungsverhältnisse im See

„Die Erfassung der Strömungsverhältnisse im Stausee Röttha ergaben in Richtung und Betrag plausible Werte. Es wurden im Mittel Strömungsgeschwindigkeiten von rund 0,02 m/s gemessen, wobei je nach Lage der Messstelle auch Strömungsgeschwindigkeiten bis zu 0,12 m/s beobachtet werden konnten.

Des Weiteren konnte durch Messungen in Zeiten von wenig und viel Wind nachgewiesen werden, dass der Wind sowohl auf die Geschwindigkeit als auch auf die Strömungsrichtung einen bedeutenden Einfluss hat. So konnten anhand der Größenordnung der Strömungsgeschwindigkeiten belegt werden, dass die durch den Wind induzierte Strömung bis auf die Gewässersohle reicht.

Auch zeigte sich, dass die durch den Wind bewirkte Richtungsänderung deutlich träger als die der Geschwindigkeit erfolgt. In Vergleichen mit der beobachteten Windrichtung konnte darüber hinaus belegt werden, dass neben dem Wind vor allem die Seemorphologie einen beachtlichen Einfluss auf das Strömungsbild hat. Ein Einfluss durch den Zufluss, wie er in der jetzigen Form vorliegt, konnte infolge der Messungen für den Stausee ausgeschlossen werden.

Ferner konnten die im Rahmen der Voruntersuchung gemachten Aussagen zum vertikalen Strömungsbild bestätigt werden. Es konnte in den 11 Messungen der Hauptuntersuchung an keiner der Bojen eine vertikale Strömung messtechnisch nachgewiesen werden. Auch an den dafür im Zuge

der Hauptuntersuchung eingerichteten festen Messstrecken konnte keine vertikale Strömung nachgewiesen werden, welche auf eine Durchströmung des Stausees in der vertikalen Ebene hindeutet. Es kann aber davon ausgegangen werden, dass es infolge von wind- und reibungsinduzierter Turbulenzen zu lokalen vertikalen Durchmischungen kommt.“

Regelmäßige Wasserproben

„Aus den Beprobungen des Zulaufgrabens vor und nach der vollständigen Entkrautung konnte festgestellt werden, dass das Sedimentationsverhalten entlang des Grabens maßgebend von den hydrologischen und hydraulischen Randbedingungen abhängig ist. In welcher Größenordnung dabei neben der Wassertiefe und den Rückstauwirkungen aus dem Stausee Rötha der Bewuchs, mit Blick auf die Hydraulik, eine Rolle spielt, ist aufgrund der vorliegenden Datenmengen noch nicht genau feststellbar.

Unter den hydrologischen und hydraulischen Randbedingungen der Hauptuntersuchung (Herbstmonate) kann jedoch entlang des Zulaufgrabens beim partikulären Eisen ein mittlerer Rückhalt von rund 30 % angenommen werden. Aus den vorliegenden Messdaten konnte des Weiteren im Bereich der ehemaligen Baustraße eine lokale Remobilisierung der vermutlich durch die Baustraße sedimentierten Eisenpartikel festgestellt werden, welche aber im Zeitraum der Hauptuntersuchung keinen Einfluss auf die Zuflusskonzentrationen in den Stausee Rötha hatte.

Ferner kann davon ausgegangen werden, dass sich im Bereich des Zuflusses zum Stausee Rötha keine Dichteströmung ausbildet und die Strömung aus dem Zulaufgraben kaum in den Stausee hinein reicht.

Bei einer Steigerung des Durchflusses im Graben auf die geplanten 4,0 m³/s ist davon auszugehen, dass der Rückhalt im Zulaufgraben gegen Null geht und die Strömung etwas weiter in den Stausee hinein reicht. Aufgrund der Größe des Stausees ist aber davon auszugehen, dass auch weiterhin die Strömung im See maßgebend durch den Wind und die Seemorphologie bestimmt wird.

Nach den Untersuchungen im Bereich des Grundablasses kann davon ausgegangen werden, dass der im Rahmen der Voruntersuchung am Grundablass festgestellte Anstieg beim Gesamteisengehalt gegenüber denen an den Messstellen auf dem Stausee mit aller Wahrscheinlichkeit nicht auf eine Remobilisierung zurückzuführen ist. Die Ursache für den damals beobachteten Anstieg ist eher in den Konzentrationsschwankungen am Zufluss und der damaligen stichprobenartigen Probenahme zu sehen.

Wetterverhältnisse

„An der Wetterstation W1 auf dem Gelände des Trachenauer Wehrs konnten für die vorliegende Untersuchung trotz vereinzelter Ausfälle verwendbare Daten gemessen werden. Die vorliegenden Daten korrespondierten gut bis sehr gut mit den zur Verfügung stehenden Vergleichsdaten der Messstationen auf den Betriebsgeländen der LTV am Stausee Rötha bzw. der Wetterstation Witznitz. Bei den für die numerische Simulation wichtigen Daten bezüglich des Windes kam es jedoch bei Winden aus Norden bis Osten standortbedingt zu Abweichungen bei der Richtungsangabe.

Für die Weiterverwendung der Daten im Rahmen der numerischen Simulation sollte daher vor allem auf die Werte der Hauptwindrichtung (Süd bis West) zurückgegriffen werden. Weiterhin sollte in Anbetracht des Windeinflusses auf die Strömungsprozesse im Stausee darauf geachtet werden, dass in den betrachteten Zeiträumen sowie in der Vorlaufzeit relativ konstante Windverhältnisse herrschten.

Vermessung der derzeitigen Schlammoberfläche bzw. Wassertiefe im See

Beim Vergleich der jetzigen Vermessung der Schlammoberfläche mit den Angaben aus der Bestandsvermessung der LTV aus dem Jahre 2006 konnte über einen Großteil der Stauseefläche, etwa 82 %, eine Abweichungen im Bereich von ± 16 cm festgestellt werden. Dabei konnte bei der aktuellen Vermessung in knapp der Hälfte der Seefläche eine höhere Schlammoberfläche als in den Bestandsunterlagen festgestellt werden.

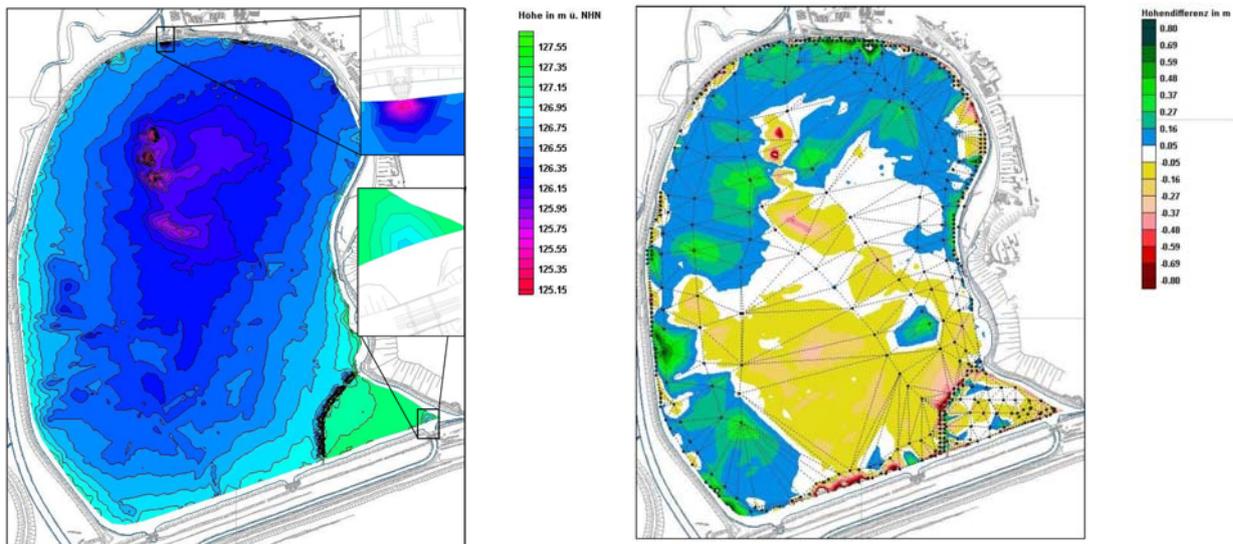


Abbildung 85: Höhenmodell einschließlich Isolinen aus der aktuellen Vermessung der Schlammoberfläche bzw. Wassertiefe von 2011 (links – Tiefpunkt rot) Vergleich mit den derzeit vorliegenden Bestandsdaten der LTV (2006) (rechts) [8f]

Unter Berücksichtigung der Messbedingungen sowie den ermittelten Stofffrachten kann jedoch angenommen werden, dass sich die jetzige Schlammoberfläche nicht wesentlich von derer zum Zeitpunkt der Erstellung der Bestandsunterlagen unterscheidet. Mit Blick auf die Erstellung des numerischen Modells liegen allerdings mit der jetzigen Vermessung der Schlammoberfläche bzw. der Wassertiefen im See deutlich mehr Messwerte vor, die eine detailliertere Abbildung der Seemorphologie ermöglichen.“

3.4.4 Ergebnisse der Numerischen Simulation

Quelle: [8f]

Auf der Grundlage der Ergebnisse der Vor- und Hauptuntersuchung erfolgte die Erstellung eines Modells zur dreidimensionalen Strömungssimulation. Die auf dem See durchgeführten ADCP-Messungen der Strömung bildeten die Grundlage für die Modellkalibrierung. Mit der aus der Simulation gewonnenen Geschwindigkeitsverteilung lässt sich auf das Sedimentationsverhalten schließen.

Für den Zusammenhang von Strömungsgeschwindigkeit und Sedimentation wurde vom Bearbeiter die Ergebnisse des Pleißemonitorings der Spezial- und Bergbau-Servicegesellschaft Lauchhammer mbH herangezogen [4h].

3 Ableitung und Untersuchung von Maßnahmen zur Verminderung der Eiseneinträge in die Pleiße (parallele Bearbeitung zu Phasen 1 und 2)

Als treibende Kraft der Strömung in dem flachen See kann der Wind angesehen werden. Verschiedene Wetterlagen im Hinblick auf Windrichtung und -stärke wurden untersucht, um die Sedimentationsfähigkeit über die sich einstellenden Strömungsgeschwindigkeiten zu bewerten.

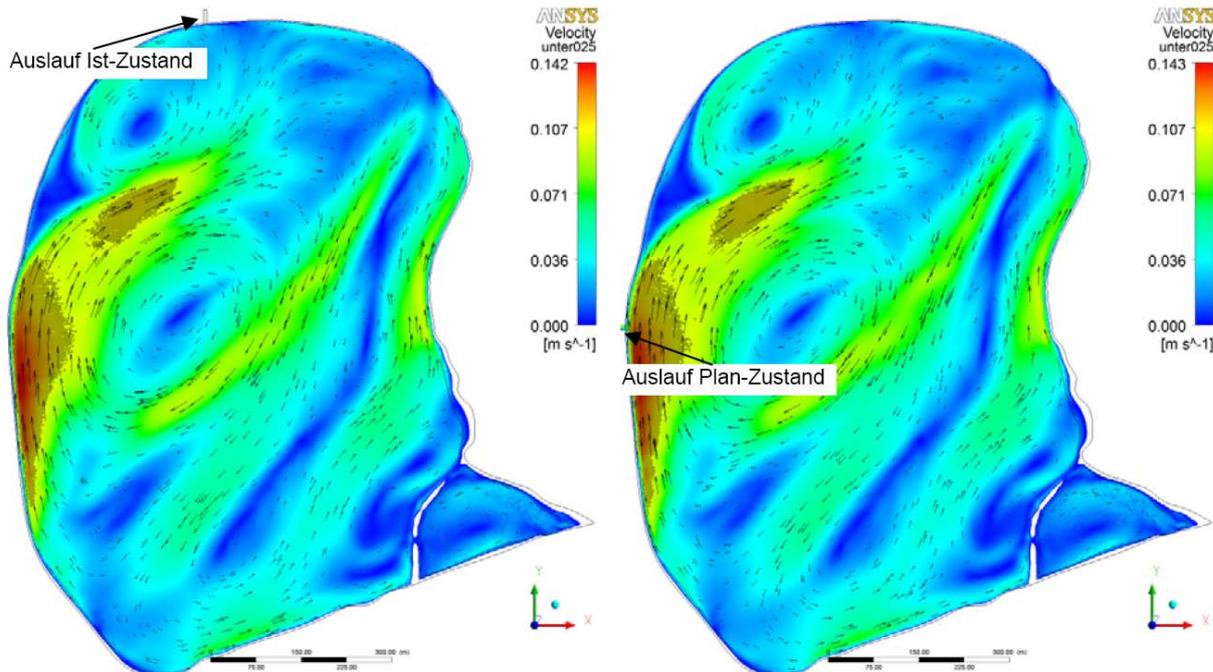


Abbildung 86: Ist-Zustand bzw. Plan-Zustand bei Wind aus 225° mit 4 Bft (Durchfluss 150 l/s) [8f]

Bei einer Nutzung des Stausees Röttha als Sedimentationsbecken ist zudem ein deutlich höherer Anteil an Pleißewasser durch den See zu leiten, als dies gegenwärtig der Fall ist. Als Plan-Zustand wurde darum ein Szenario mit höherem Durchfluss simuliert. Damit verbunden wäre auch der Bau eines neuen Auslaufbauwerkes, da der vorhandene Grundablass im Norden des Sees in die Kleine Pleiße mündet und diese nicht dafür geeignet ist. Ein alternatives Auslaufbauwerk am Westufer des Sees, das das Wasser direkt zurück in die Pleiße ableiten würde, fand ebenfalls Eingang in die Simulation.

Im Rahmen der Bearbeitung wurde die Sedimentationsfähigkeit von im Pleißewasser enthaltenem Eisen im Stausee Röttha mithilfe der dreidimensionalen numerischen Strömungssimulation untersucht. Neben dem Ist-Zustand mit einer hydraulischen Belastung von 150 l/s wurde als Plan-Zustand ein Durchfluss von 2.000 l/s bzw. 4.000 l/s betrachtet.

Alle Simulationen des Plan-Zustandes gehen von einem neu zu errichtenden Auslaufbauwerk am Westufer des Stausees Röttha aus.

Zur Simulation der Strömungsvorgänge im Stausee Röttha wurde ein numerisches Modell unter Berücksichtigung des Windes erstellt. Vom IWS durchgeführte ADCP-Messungen der Strömungsgeschwindigkeit im See dienten der Kalibrierung und Validierung des Modells. Die Bewertung der Sedimentation erfolgte indirekt über die simulierten Strömungsgeschwindigkeiten auf Grundlage des Pleißemonitorings der SGL [4h].

3 Ableitung und Untersuchung von Maßnahmen zur Verminderung der Eiseneinträge in die Pleiße (parallele Bearbeitung zu Phasen 1 und 2)

Darin wurde für Eisen im Pleißewasser eine mittlere kritische Fließgeschwindigkeit, unter der Sedimentation stattfindet, von $v_{\text{crit}} = 0,15$ m/s festgestellt. Aufgrund von Schwankungen der Werte des Pleißemonitorings und Unsicherheiten im numerischen Modell wird in der vorliegenden Untersuchung ein Sicherheitsfaktor $f_S = 1,5$ verwendet, woraus sich als kritischer Wert für die Sedimentation $v_{\text{crit}}/f_S = 0,1$ m/s ergibt.

Weitere experimentelle Versuche unter Laborbedingungen wären zur Absicherung der kritischen Fließgeschwindigkeit v_{crit} erforderlich. Unter definierten Bedingungen könnte dieser Wert mit einem wesentlich kleineren Schwankungsbereich unter Verwendung von Konzentrationsmessungen bestimmt werden.

Im numerischen Modell konnte eine gute qualitative Übereinstimmung mit den ADCP-Messungen der Strömungsgeschwindigkeit erreicht werden. Aufgrund der stark instationären Windverhältnisse ist eine Simulation des genauen Strömungsbildes im Stausee Rötha jedoch nicht möglich, da die ständigen Änderungen der Strömung mit dem stationären Modell nicht abgebildet werden. Über die Fließgeschwindigkeiten kann die Sedimentation dennoch bewertet werden. In der Simulation ergab sich ein Strömungsverhalten, das die Sedimentation von Eisen im Stausee großflächig zulässt, was sich mit Konzentrationsmessungen des IWS deckt, in denen im Ist-Zustand gute Eisenrückhalteraten bestimmt wurden.

Die vorliegende Untersuchung zeigte, dass der Wind die dominierende strömungsinduzierende Kraft im Stausee Rötha ist. Strömungsgeschwindigkeiten über $v_{\text{crit}}/f_S = 0,1$ m/s treten erstmals bei Windstärken von 4 Bft auf, die Überschreitungen sind jedoch gering und nur auf kleine Bereiche beschränkt, so dass hier noch nicht mit einer Beeinträchtigung der Sedimentation zu rechnen ist. Bei 5 Bft treten im See lokal Strömungsgeschwindigkeiten deutlich über der kritischen Fließgeschwindigkeit $v_{\text{crit}}/f_S = 0,1$ m/s auf. Dies führt jedoch nicht gezwungenermaßen zu einer Erhöhung der Abflusskonzentration von Eisen aus dem See, dies ist nur dann der Fall, wenn sich ein Bereich erhöhter Strömungsgeschwindigkeit in der Nähe des Auslaufes befindet.

Mit Windstärken von 5 Bft ist an durchschnittlich 7,4 Tagen im Monat zu rechnen, stärkere Winde kommen nur selten vor (< 3 %).

Wegen der Dominanz des Windeinflusses hat eine Verlegung des Auslaufbauwerkes vom Nord- zum Westufer des Sees ausschließlich eine Auswirkung auf die Strömung in unmittelbarer Auslaufnähe. Auch eine Steigerung der hydraulischen Belastung auf 4.000 l/s wirkt sich lediglich auf die Strömung im Vorbecken und die in Auslaufnähe aus. Allerdings führt eine Erhöhung des Durchflusses zu einer Verlagerung des Sedimentationsbereichs von Vorbecken und Zulaufgraben im Ist-Zustand zum Hauptteil des Sees im Plan-Zustand (siehe Abbildung 87).

3 Ableitung und Untersuchung von Maßnahmen zur Verminderung der Eiseneinträge in die Pleiße (parallele Bearbeitung zu Phasen 1 und 2)

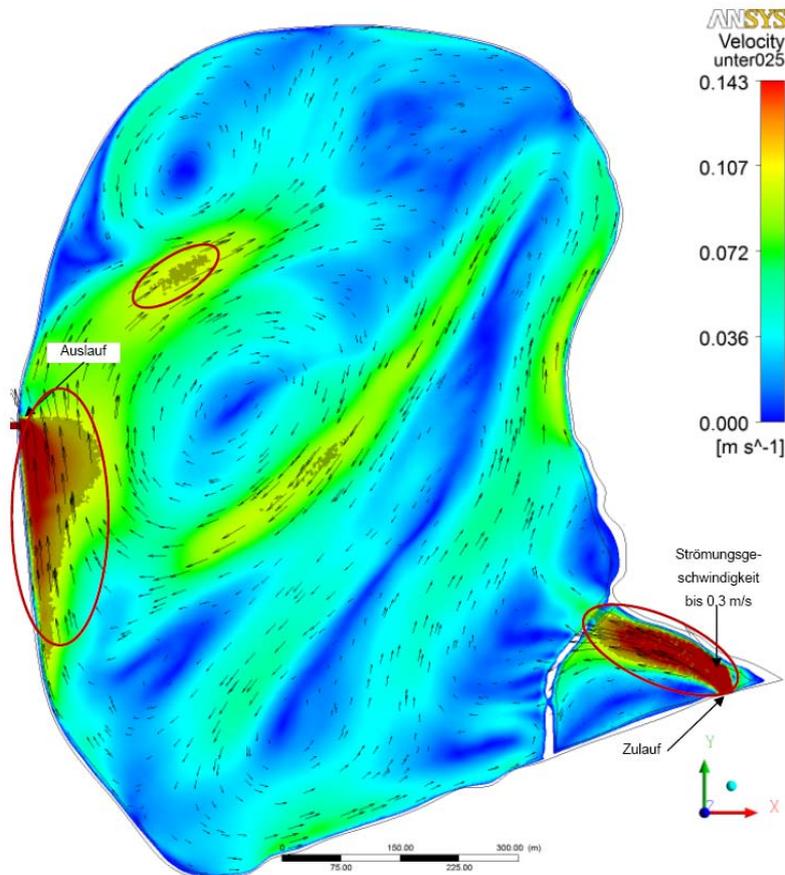


Abbildung 87: Simuliertes Strömungsbild des Plan-Zustandes (Durchfluss 4.000 l/s) bei Wind aus 225° mit 4 Bft; Strömungsgeschwindigkeit und Richtung 25 cm unter dem Wasserspiegel; Bereiche mit Strömungsgeschwindigkeiten über $v_{crit}/f_s = 0,1$ m/s dunkel hinterlegt (und umrandet) [8f]

Eine Kurzschlussströmung vom Ein- zum Auslauf ist weder im Ist- noch im Plan-Zustand zu erwarten. Damit ist die Sedimentationsfähigkeit auch im Plan-Zustand gegeben, so dass mit ähnlichen Eisenrückhalteraten wie im Ist-Zustand zu rechnen ist. Diese wurden vom IWS für die Herbstmonate zu 48 % bis 93 % Eisenrückhalt (Ablaufkonzentration 0,3 mg/l bis 3,2 mg/l Gesamteisen) und für die Sommermonate zu 13 % bis 50 % (Ablaufkonzentration 1,7 mg/l bis 3,6 mg/l Gesamteisen) ermittelt. Es verbleibt also in jedem Fall eine – zeitweise auch stark reduzierte – Restkonzentration an Eisen im Pleißewasser, die nicht absetzbar ist.

In weiteren numerischen Untersuchungen könnten Baumaßnahmen zur Beeinflussung der Strömung im Vorbecken untersucht werden. Durch eine gezielte Zwangsführung der Strömung am Zulauf und eine Vergrößerung des Vorbeckens ist es denkbar die Strömung so zu beeinflussen, dass auch bei einem Durchfluss von 4.000 l/s ein Großteil der Sedimentation im Vorbecken stattfindet.

Voraussetzung dafür wären jedoch genauere Kenntnisse zum Flockulations-, Sedimentations- und Remobilisierungsverhalten des Eisens im Stausee Rötha, um diese komplizierten Prozesse ausreichend zu berücksichtigen zu können. Diese Kenntnisse können nur in experimentellen Untersuchungen gewonnen werden.

3 Ableitung und Untersuchung von Maßnahmen zur Verminderung der Eiseneinträge in die Pleiße (parallele Bearbeitung zu Phasen 1 und 2)

Zur Nutzung des Stausees Rötha im Plan-Zustand (neu zu errichtendes Auslaufbauwerk am Westufer, Durchfluss bis 4.000 l/s) als Sedimentationsbecken für eisenhaltiges Pleißewasser ergeben sich damit zwei Möglichkeiten:

- a) Keine weiteren baulichen Maßnahmen. Damit gelangt das Eisen bis in den Hauptteil des Sees, wo es sedimentiert. Die regelmäßige Schlammberäumung im gesamten Stausee in großen Zeitabständen wäre dabei nötig.
- b) Bauliche Maßnahmen im Vorbecken, um die Strömung so zu beeinflussen, dass der Großteil der Eisensedimentation im Vorbecken stattfindet und nur wenig Eisen in den Hauptteil des Sees gelangt. Voraussetzung dafür sind weitere experimentelle und numerische Untersuchungen. Die regelmäßige Schlammberäumung im Vorbecken in wesentlich geringeren Zeitabständen als in a) wäre dabei nötig.

Vor jeglichen Maßnahmen zur Herstellung des Plan-Zustandes ist bei beiden Varianten die einmalige Schlammberäumung des gesamten Stausees zur Beseitigung der vorhandenen Eisenschlammbelastung erforderlich.

3.4.5 Bewertung der Ergebnisse

Nachfolgend wurden die Ergebnisse des IWS der HTWK Leipzig im Hinblick auf die grundsätzliche und zuverlässige Eignung des Stausees Rötha als Sedimentationsbecken durch den LMBV- Rahmengutachter [8g, 8h] bewertet.

Mit der Untersuchung wurden demnach wichtige Grundelemente erarbeitet, die eine Entscheidungsfindung des Stausees Rötha zum Eisenrückhalt zu unterstützen vermögen.

Gemäß Rahmengutachter haben die sorgfältigen Untersuchungen an dem sehr flachen Stausee Rötha (mit erheblicher Windeinwirkung) gezeigt [8g, 8h], dass

- (1) der Wind die dominante Größe für die Zwangskonvektion im Stausee darstellt,
- (2) die Angabe einer kritischen Geschwindigkeit von 0,15 m/s für die Eisensedimentation unzureichend ist (die Schubspannung ist eher ein Maß für das Resuspendieren von Eisenhydroxidschlammablagerungen);
- (3) der Stausee Rötha sich nur bedingt als Sedimentationsbecken für Eisenhydroxidschlamm eignet (der Stausee ist mit einer mittleren Tiefe von 1 m sehr flach und bietet dem Wind eine gute Windangriffsfläche, durch den Eintrag relativ hoher Dispersionsenergien wird die Resuspendierung gefördert)
- (4) die in 2011 vom IWS durchgeführten Ablaufmessungen mit schwankenden Eisenkonzentrationen von 0,9 mg/l bis 3,6 mg/l auf eine Resuspendierung des Eisens hinweisen.

Da die Messungen im Ablauf des Stausees auf eine Resuspendierung hinweisen, wäre bei einer Nutzung des Stausees für den Fe-Rückhalt eine regelmäßige Schlammberäumung unerlässlich. Auch bei der alleinigen Nutzung des Vorbeckens für den Fe-Rückhalt müsste auch das Hauptbecken vom Schlamm beräumt werden (in größeren zeitlichen Abständen). Die damit verbundenen wiederkehrenden Kosten sind nicht unerheblich. Die Kosten für eine Grundberäumung des gesamten Sees wurden in der Machbarkeitsstudie von WTL [8b] mit einem Nettoaufwand von 2,8 bis 10,6 Mio. Euro (je nach Entsorgungsweg) eingeschätzt.

3 Ableitung und Untersuchung von Maßnahmen zur Verminderung der Eiseneinträge in die Pleiße (parallele Bearbeitung zu Phasen 1 und 2)

Wie die ermittelten Ablaufkonzentrationen gezeigt haben, stellt die Nutzung des Stausees Rötha als Absetzbecken jedoch nicht die Lösung der Gesamtproblematik dar. Unter den gegebenen Randbedingungen wäre nur ein Teilstrom der Pleiße über den Stausee leitbar. Limitierende Faktoren im Bestand sind der bestehende Fischpass am Trachenauer Wehr mit einem Bedarf von 2 m³/s und der maximale Durchfluss des Zulaufgrabens (nach dessen Ertüchtigung) von 4 m³/s.

Auch mit einer Erhöhung des Durchflusses auf 4 m³/s ist gem. numerischer Simulation mit ähnlichen Rückhalteeffekten wie im Ausgangszustand zu rechnen. D. h. die Restkonzentrationen von bis zu 4 mg/l Gesamteisen würden in die Pleiße eingetragen werden. Die damit verbundenen Auswirkungen auf das Ökosystem Pleiße einschließlich der Braunfärbung des Wassers würden als Problem bleiben.

Eine weitere Erhöhung der zurückgehaltenen Stofffrachten wäre theoretisch über eine Erhöhung der Zulaufmenge bis hin zur vollständigen Einleitung der Pleiße oder auch durch Flockungszusätze denkbar. Die Genehmigungsfähigkeit wäre für ein solches Vorhaben jedoch fraglich und die Investitionen sowie die laufenden Betriebskosten immens.

Letztendlich konstatiert der Rahmengutachter, dass die Wirkprozesse des Staubeckens auch weiterhin mit vielen Unsicherheiten behaftet bleiben. „Grundsätzlich ist der sehr flache Stausee mit seiner relativ großen Streichlänge für den Wind als Sedimentationsbecken für Eisenhydroxidablagerungen relativ ungeeignet.“

Mit der letztgenannten Aussage wurde festgestellt, dass sich der Stausee Rötha nicht für eine kurzfristig umsetzbare Gefahrenabwehrmaßnahme zum Eisenrückhalt eignet. Die Fortschreibung der Planung von der Machbarkeitsstudie zur Vorplanung ist nicht zielführend, da eine wirtschaftlich tragbare Gefahrenabwehrlösung konkret für den spezifischen Fall des Stausees Rötha nicht erreichbar ist.

Empfehlung zur Untersuchung der Effektivität der Schlammberäumung im Rückstaubereich der Wehre

Zur Abschätzung der möglichen Wirksamkeit des Stausee Rötha wurden weiterhin durch die LDS L statistische Auswertungen der Abflüsse der Pleiße anhand der Messreihe 2001...2008 unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Wasserbeschaffenheitsmodellierung durchgeführt. Im Ergebnis dieser Frachtbetrachtungen wird die Nutzung des Stausees Rötha als Sanierungsmaßnahme zur Senkung der bergbaubedingt erhöhten Eisen-ges-Konzentrationen ebenfalls als unverhältnismäßig bewertet.

Die Ergebnisse des Sedimentmonitorings zeigen, dass bereits ein relativ großer Anteil er Eisenfrachten im Rückstaubereich der Wehre (speziell des Trachenauer Wehres) sedimentieren und bei höheren Durchflüssen wieder resuspendieren. Es erscheint daher zielführend zur Entlastung der Pleiße von bergbaubedingten Eisen-Sedimenten auf der Strecke zwischen Trachenauer Wehr und Leipzig zu prüfen, ob die Auskofferung/Absaugung von eisenhaltigen Sedimenten im unmittelbaren Rückstaubereich des Trachenauer Wehres und des Agra-Wehres effizienter ist. (günstigeres Kosten-Nutzen-Verhältnis im Vergleich zum Stausee Rötha).

4 Bearbeitungsprogramm Phase 2

4.1 Fortführung des Monitorings - weitere Datenerfassung bzw. Datenvertiefung

Für die weitere Untersetzung der Datenbasis zur Stofftransportmodellierung wurde das Güte-Monitoring am Messplatz der Kippe Witznitz weitergeführt (GWMST und Rammpegel).

Ebenso wurde zur Schaffung weiterer Voraussetzungen für die Wasserbeschaffenheitsmodellierung der Pleiße das Fließgewässermonitoring mit Schwerpunkt der Datenerfassung in Zeiten niedriger Abflüsse in der Pleiße unter Berücksichtigung der Beprobung in der fließenden Welle fortgeführt. Dazu fanden Abstimmungen mit dem Bearbeiter der Wasserbeschaffenheitsmodellierung statt.

Die Ergebnisse sind in den Punkten 2.2.2 (S. 69) und 2.2.3 (S. 73) dargestellt.

4.2 Aufbau eines reaktiven Stofftransportmodells für den Kippenkörper Kahnsdorf und Prognose der zukünftigen Stoffeinträge aus dem Kippenkörper in die Pleiße

Die reaktive räumlich differenzierte Stofftransportmodellierung für den Kippenkörper Kahnsdorf wurde über eine Modellkopplung des Grundwasserströmungs- und Stofftransportmodells PcGeofim® mit dem geochemischen Simulator PHREEQC realisiert, d. h. skriptgesteuert erfolgte der Datenaustausch zwischen den Modellen für jeden Zeitschritt.

Stofftransportmodellierung 2-dimensional an 9 in Richtung Pleiße gerichteten Schnitten

Die Modellrechnungen erfolgten 2-dimensional in neun in Richtung Pleiße gerichteten Schnitten, wobei die Geometrie und die Parametrisierung der Schnitte dem Mengenströmungsmodell HGMSWITZ (vgl. Teilbericht 1 [5a]) entnommen wurden.

Das zuvor aufgebaute hydrogeochemische Prozessmodell wurde in jede Modellzelle integriert und nach jedem Berechnungszeitschritt erfolgte die Gleichgewichtseinstellung des Grundwassers mit den mineralischen Festphasen im Kippenkörper.

In den Schnitten wurde der Grundwasserwiederanstieg seit der Kippenbildung zwischen 1951 und 1970 nachvollzogen und die Genese der Grundwasserbeschaffenheitsentwicklung abgebildet. Dazu wurden eine primäre Eisendisulfidoxidation, die durch den Kontakt des Kippsubstrates mit Sauerstoff vor und während der Kippenbildung erfolgt und den gesamten Kippenkörper erfasst, sowie eine sekundäre Eisendisulfidoxidation, die durch den Sauerstoffeintrag über die Kippenoberfläche verursacht wird, im Modell vorgegeben.

Die Grundwasser- und Stoffabströme aus dem Kippenkörper in Richtung Pleiße wurden nach Bilanzgebieten untergliedert durch ein gewichtetes Mittelungsverfahren der für die einzelnen Schnitte modellierten Abströme berechnet. Die Abbildung 88 (S. 168) zeigt die Schnittpuren (S1 bis S9), die Bilanzgebiete sowie die Hydroisohypsen im stat. Zustand 2100 für mittlere Grundwasserneubildungsverhältnisse.

	S 1 - S 3 Wyhra - Neukieritzsch von Norden	S 4 - S 6 Wyhra - Neukieritzsch von Süden	S 7 - S 9 Neukieritzsch - Trachener Wehr
Primäre Eisendisulfidoxidation	5,9 kg FeS ₂ /m ³ = 19,2%	5,5 kg FeS ₂ /m ³ = 17,8%	5,2 kg FeS ₂ /m ³ = 16,9%
Sekundäre Eisendisulfidoxidation	15,2 kg FeS ₂ /m ² = 0,9%	15,2 kg FeS ₂ /m ² = 0,8%	2,1 kg FeS ₂ /m ² = 0,1%
Kalibrierungsergebnisse für 2009 (Mittelwerte):			
Eisenkonz. oberer GWL	2280 mg/l	1370 mg/l	540 mg/l
Eisenkonz. unterer GWL	1660 mg/l	920 mg/l	520 mg/l
Eisenfracht in die Pleiße	503 kg/d	406 kg/d	18 kg/d
Sulfatkonz. oberer GWL	5930 mg/l	4210 mg/l	2600 mg/l
Sulfatkonz. unterer GWL	4580 mg/l	3410 mg/l	2690 mg/l
Sulfatfracht in die Pleiße	1283 kg/d	1311 kg/d	1573 kg/d
IST-Stofffrachten in die Pleiße nach Teilbericht 3 [4] (Kalibrierungsziel):			
Eisenfracht in die Pleiße	500 kg/d	410 kg/d	18 kg/d
Sulfatfracht in die Pleiße	1270 kg/d	1520 kg/d	1560 kg/d

Tabelle 32: Parametrisierung der primären und sekundären Eisendisulfidoxidation im Ergebnis der Modellkalibrierung und über das Modell berechnete mittlere gegenwärtige Eisen- und Sulfatkonzentrationen und Stofffrachten in die Pleiße sowie im Teilbericht 3 [5d] ausgewiesene Stofffrachten als Kalibrierungsgrundlage (aus [5e])

Das aufgebaute Modell wurde nachfolgend durch die Anpassung der primären und der sekundären Eisendisulfidoxidation kalibriert, so dass die gegenwärtig im Kippenkörper gemessene Grundwasserbeschaffenheit in ihrer räumlichen Verteilung sowie ihrer Tiefenspezifizierung abgebildet wurde und die im Teilbericht 3 [5d] ausgewiesenen Stofffrachten aus den verschiedenen Bilanzgebieten des Kippenkörpers in Richtung Pleiße mit dem Modell in guter Genauigkeit wiedergegeben wurden.

Die Kalibrierung erfolgte schwerpunktmäßig für die Wasserinhaltsstoffe Eisen und Sulfat. Die Parameter der Kalibrierung sind in der Tabelle 32 (S. 167) dargestellt.

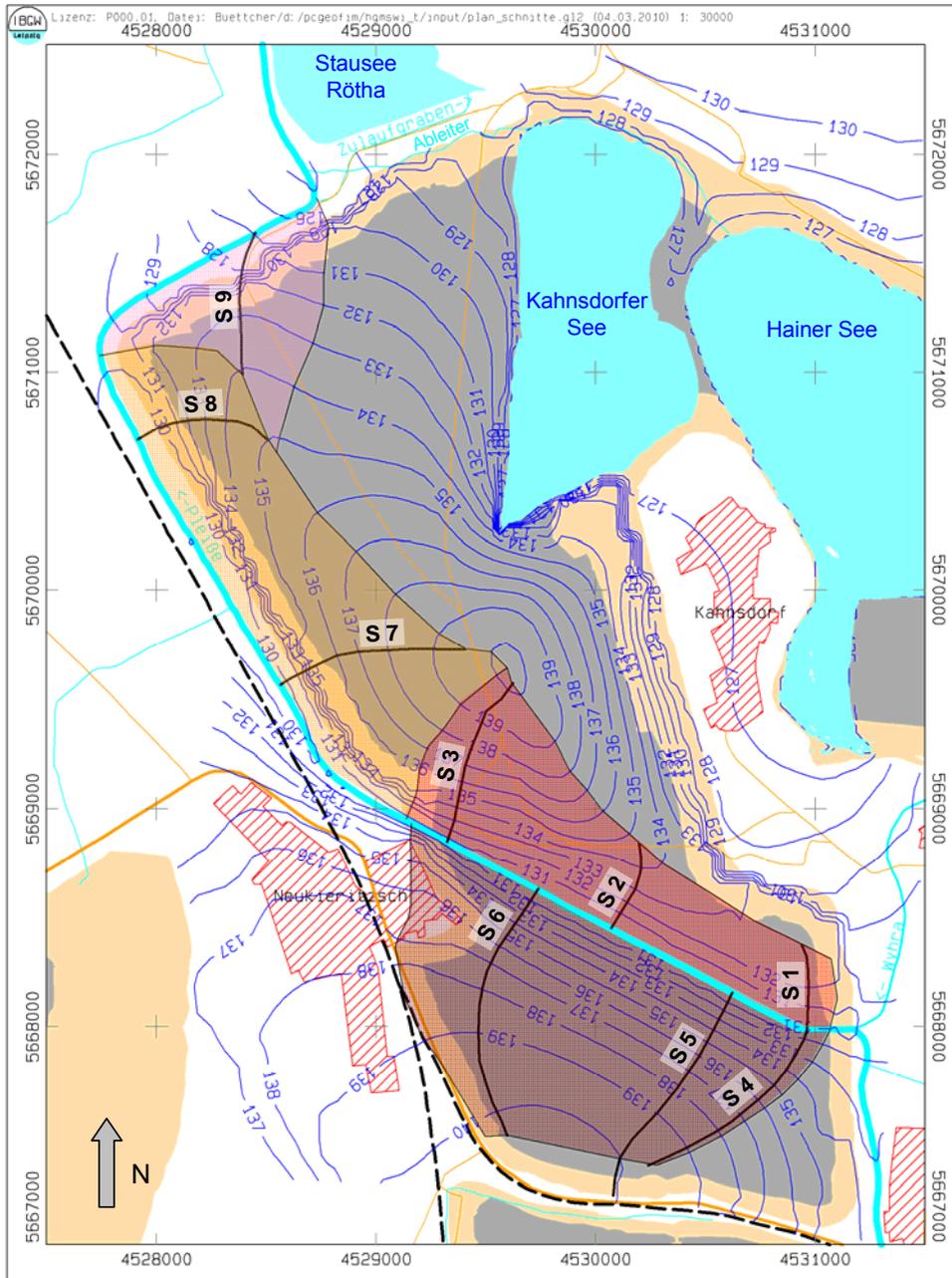


Abbildung 88: Schnittpuren der Schnitte (S 1 bis S 9) im Kippenkörper Kahnsdorf mit Abstrom in Richtung Pleiße und Bilanzgebiete sowie Hydroisohypsen im stationären Zustand 2100 für mittlere Grundwasserneubildungsverhältnisse [5e]

In den Berechnungen mit dem reaktiven Stofftransportmodell stellt sich die gegenwärtige Verteilung der Eisenkonzentrationen im nördlichen Anstrombereich des Pleißeabschnitts zwischen der Wyhramündung und Neukieritzsch, in dem die höchsten Konzentrationen auftreten, wie folgt dar: Im Bereich des Grundwasseranschnitts treten Eisenkonzentrationen von maximal 3000 bis 4000 mg/l auf, während die Konzentrationen im tieferen Grundwasserleiter zwischen 1000 und 2000 mg/l liegen. Diese tiefenspezifische Konzentrationsverteilung ist auf den Einfluss der sekundären Eisendisulfidoxidation durch den Sauerstoffeintrag über die Kippenoberfläche zurückzuführen.

Bis 2100 ergeben sich in den Modellberechnungen für oberen Bereich des Kippenkörpers bereits deutliche Anzeichen eines Stoffaustrags. Im weiteren Verlauf verstärkt sich der Effekt weiter, so dass die berechneten Eisenkonzentrationen 2300 im oberen Bereich des Kippenkörpers bei nur noch etwa 250 mg/l liegen. Diese Konzentrationen sind auf die Rücklösung von reaktiven Eisenmineralphasen (vornehmlich Siderit) im Untergrund zurückzuführen.

In tieferen Bereichen des Kippengrundwasserleiters bleiben die Eisenkonzentrationen im zeitlichen Verlauf gemäß den Berechnungen hingegen unverändert. Im Modell wurde in Analogie zum Strömungsmodell HGMSWITZ, das auf einer Recherche zum Kippenaufbau basiert, eine Tiefenzonierung der hydraulischen Leitfähigkeit mit den geringsten kf-Werten im unteren Kippenbereich vorgegeben. Dadurch erfolgt nur ein sehr geringer Grundwasserabstrom und somit auch Stoffaustrag aus diesen Bereichen.

Die vorwiegend aus quartären Substraten bestehende Hochkippe Neukieritzsch im südlichen Anstrom zur Pleiße stellt eine Abdeckung der eisendisulfidhaltigen Kippsubstrate dar. Dadurch wird die über die Kippenoberfläche erfolgende sekundäre Eisendisulfidoxidation unterbunden, welches zu geringeren Eisenkonzentrationen im Grundwasseranschnitt führt.

Die berechneten Eisenkonzentrationen der Schnitte S3 und S5 sind in der Abbildung 89 bzw. Abbildung 90 (S. 170f) für die Jahresscheiben 2009, 2100 und 2300 dargestellt. Hier ist auch die vertikale Zonierung des Kippenkörpers einschl. der Wirkung der bestehenden Hochkippe Neukieritzsch gut zu erkennen.

Im nördlichen Teil der Kippe Kahnsdorf mit Abstrom in den Fließgewässerabschnitt der Pleiße zwischen Neukieritzsch und dem Trachenauer Wehr sind die berechneten Eisenkonzentrationen gemäß den gemessenen Grundwasserbeschaffenheiten mit ca. 500 mg/l geringer als im Südteil der Kippe. Aufgrund der Grundwasserneubildung und der Grundwasserströmung kommt es in diesen Schnitten gemäß den Berechnungen langfristig ebenfalls zu einem Stoffaustrag insbesondere aus dem oberen Teil des Kippenkörpers.

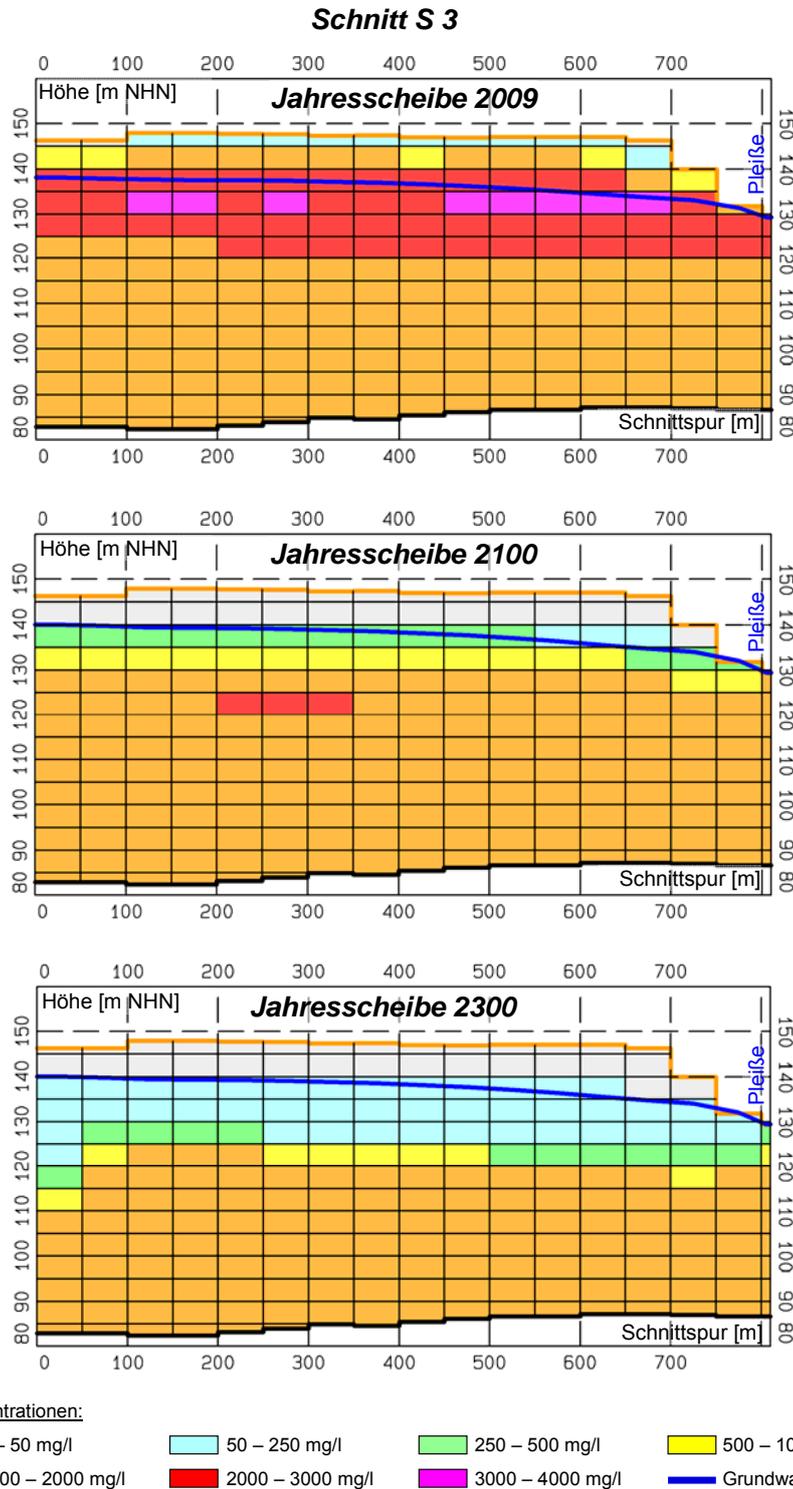


Abbildung 89: Berechnete Eisenkonzentrationen und Grundwasserstände im Schnitt S 3 für die Jahresscheiben 2009, 2100 und 2300 [5e]

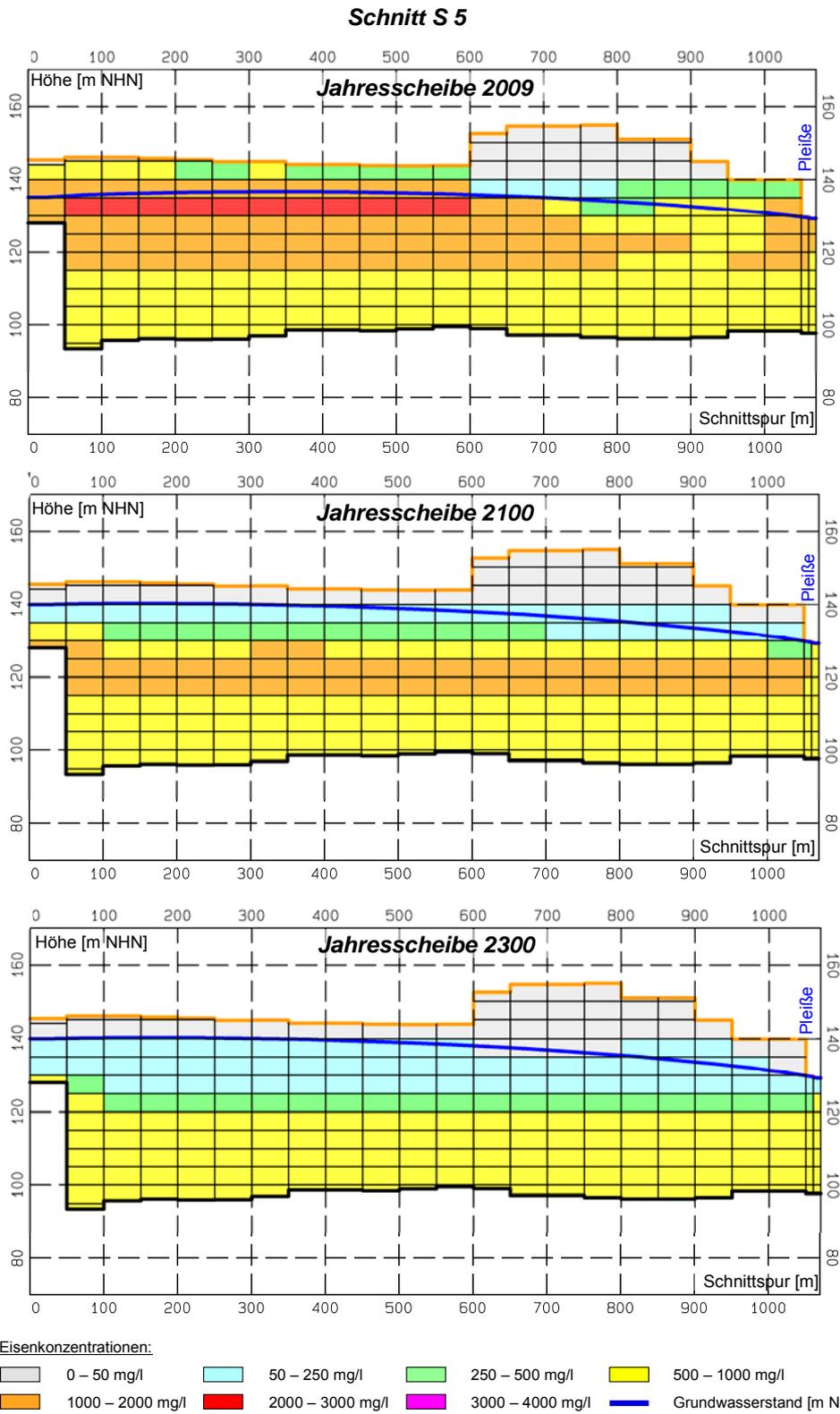


Abbildung 90: Berechnete Eisenkonzentrationen und Grundwasserstände im Schnitt S 5 für die Jahresscheiben 2009, 2100 und 2300 [5e]

Aufteilung des Grundwasser- und des Stoffaustrages aus der Kippe auf Bilanzgebiete

Ausgehend von der vertikal-ebenen Modellierung der hydrochemischen Prozesse an Schnitten durch das Kippenmassiv wurden für die horizontal-ebenen Darstellung der Entwicklung der Stoffkonzentrationen den Schnitten Einzugsgebiete im Grundwasserabstrom zur Pleiße zugeordnet. Das Ergebnis der Zuordnung mit der Darstellung der horizontalen Entwicklung der Eisenkonzentrationen ist in Abbildung 91 dargestellt.

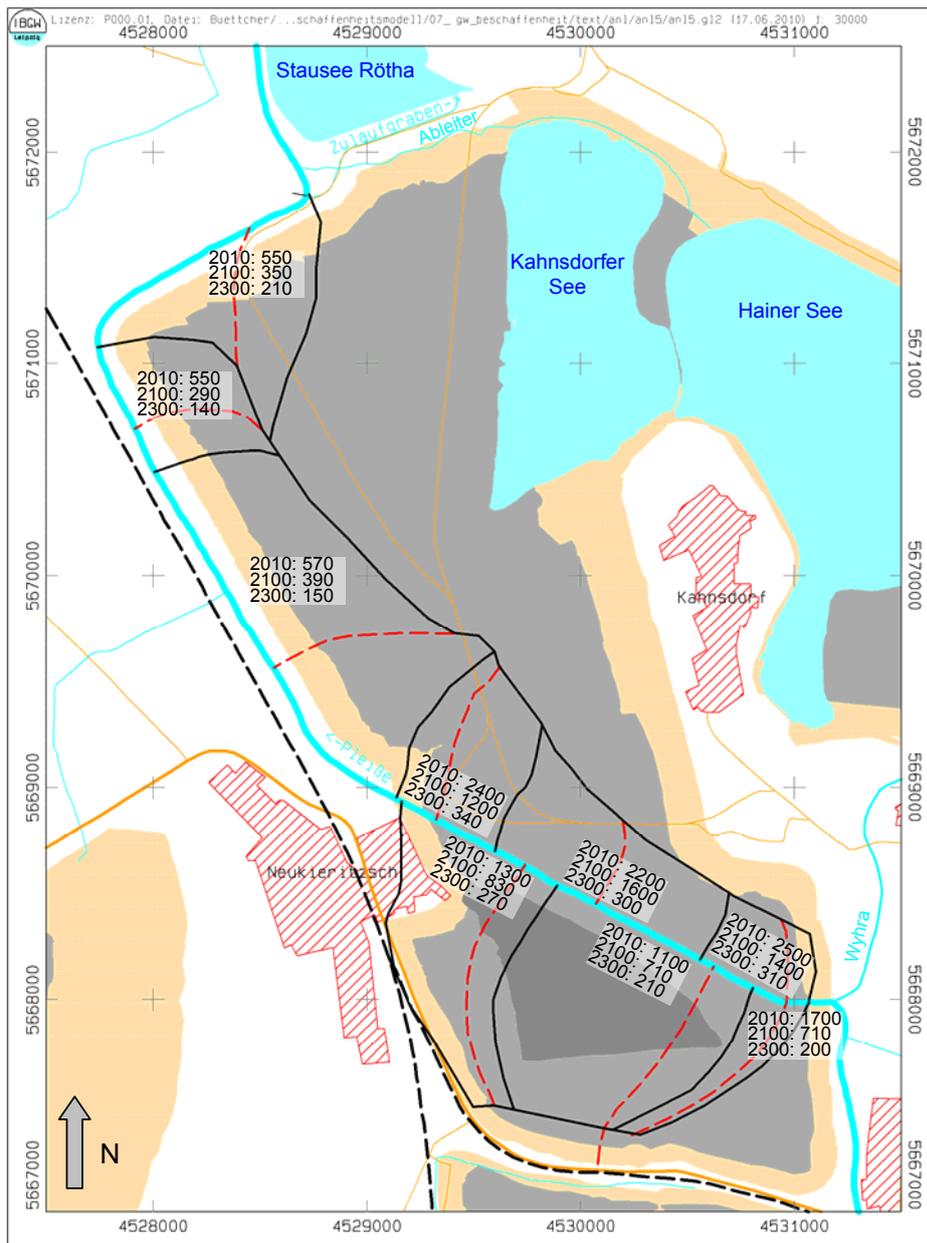


Abbildung 91: Eisenkonzentrationen im Kippenabstrom (gerundet in mg/l) in Richtung Pleiße nach den neun Schnitten (rot gestrichelte Linien) zugeordneten Teileinzugsgebieten (schwarze Linien) für die Zeitscheiben 2010, 2100 und 2300 [5e]

Die Eisenausträge, die sich gemäß den Modellrechnungen aus dem Kippenkörper und in die Pleiße zwischen der Wyhramündung und dem Trachenauer Wehr ergeben, liegen bis 2100 bei etwa 1000 kg/d und sinken dann bis 2400 auf etwa 250 kg/d. In den nächsten Jahrzehnten dominiert zunächst der Stoffaustrag des gelöst im Grundwasser vorhandenen Eisens. Langfristig kommt der Lösung von reaktiven Mineralphasen eine größere Bedeutung zu.

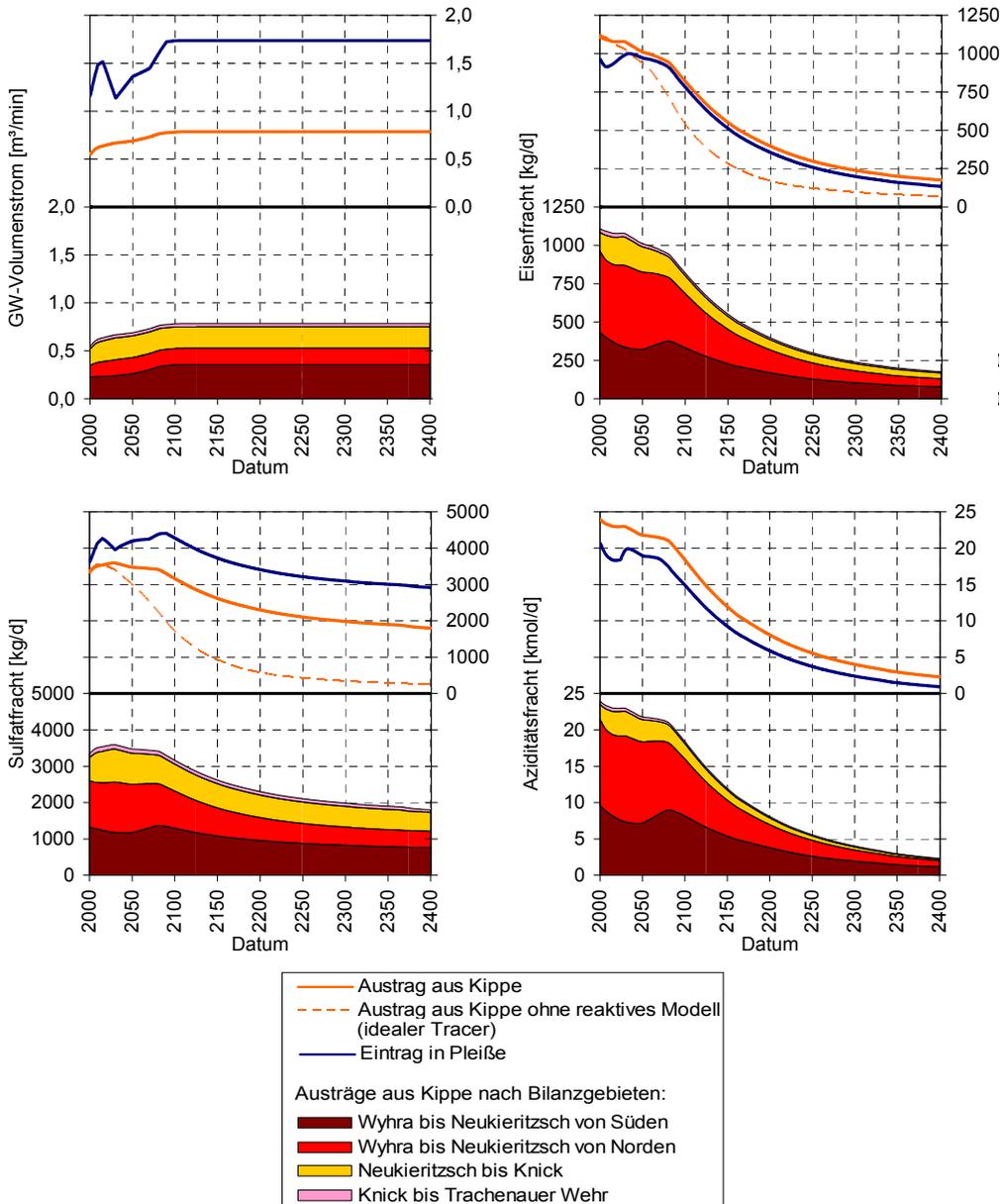


Abbildung 92: Grundwasservolumenströme und Stoffausträge aus der Kippe Kahnsdorf (für das kalibrierte Modell sowie ein Vergleichsmodell ohne das reaktive Modul (idealer Tracer)) und in die Pleiße (oberer Teil der Bilder) und Aufteilung des Grundwasser- und Stoffausstrags aus der Kippe auf Bilanzgebiete (aus [5e]; bzgl. der Bilanzgebiete siehe Abbildung 50, S. 97)

Im Fließgewässerabschnitt zwischen der Wyhramündung und Neukieritzsch, in dem die Pleiße den Kippenkörper durchquert, entspricht der Stoffaustrag aus der Kippe direkt dem Stoffeintrag in die Pleiße. Aus dem Kippeneinzugsgebiet von Norden in diesen Gewässerabschnitt erfolgt gemäß den Berechnungen bis 2050 ein Eiseneintrag in die Pleiße von etwa 500 kg/d, der sich danach langsam verringert.

Die Frachten im Südanstrom bleiben hingegen bis ca. 2100 auf dem gegenwärtigen Niveau zwischen 300 und 400 kg Eisen/d, welches auf die höheren hydraulischen Gradienten in Richtung Pleiße und den verstärkten Stoffaustrag nach 2050 aus dem Südteil der Kippe infolge des Grundwasserwiederanstiegs nach der Aufgabe der Gebietsentwässerung im Bereich des Tagebaus Vereinigtes Schleenhain zurückzuführen ist.

Die für den Gewässerabschnitt zwischen Neukieritzsch und dem Trachenauer Wehr, in dem die Pleiße durch an die Kippe Kahnsdorf angrenzendes gewachsenes Gebiet fließt, berechneten Eisenfrachten liegen mit maximal etwa 150 kg/d deutlich unter denen der anderen beiden Einzugsgebiete. Die Ursache dafür besteht in den geringeren Eisenkonzentrationen im nördlichen Teil der Kippe Kahnsdorf.

Außerdem ergibt sich aus den Berechnungen, dass sich der Eiseneintrag in die Pleiße in diesem Gewässerabschnitt aufgrund des Stofftransports durch den gewachsenen Anschluss an die Kippe gegenwärtig erst in der Anfangsphase befindet.

Für Sulfat ergibt sich in den Berechnungen prinzipiell ein ähnliches Stoffaustragsverhalten aus dem Kippenkörper Kahnsdorf wie für Eisen. Bis etwa zum Jahr 2100 liegt der Sulfatabstrom aus der Kippe bei ca. 3600 kg/d. Bis 2400 kommt es zu einer Reduzierung der Frachten auf etwa 2000 kg/d. Der weniger ausgeprägte Rückgang im Vergleich zu Eisen ist auf die langfristige Rücklösung von Gips im Kippenkörper zurückzuführen, die über lange Zeiträume in Sulfatkonzentrationen im Grundwasser > 1500 mg/l resultiert. Die berechneten Sulfateinträge in die Pleiße liegen über den Stoffausträgen aus der Kippe. Dies ist auf eine zusätzliche aus dem gewachsenen Anstrom in die Pleiße eingetragene Sulfatfracht zurückzuführen.

Zur Abbildung der räumlichen Heterogenität der Wasserbeschaffenheit im Kippenkörper der Kippe Kahnsdorf wurden Monte-Carlo-Simulationen durchgeführt, indem die primäre Eisendisulfidoxidation, die für die einzelnen Modellzellen angesetzt wurde, mit Hilfe von normalverteilten Zufallszahlen variiert wurde. Die Normalverteilung wurde derart parametrisiert, dass die gemessene Streuung der Eisenkonzentrationen im Kippengrundwasser mit dem Modell abgebildet wurde. Die so im Modell implementierte Heterogenität der Grundwasserbeschaffenheit im Kippenkörper macht sich auf die in Richtung Pleiße abströmenden Stofffrachten insbesondere im Zeitraum zwischen 2000 und 2100 bemerkbar, in dem vorwiegend das gelöst im Kippengrundwasser vorhandene Eisen und Sulfat ausgetragen wird. Die Abweichung der berechneten Stofffrachten von der Standardvariante liegt dabei bei maximal etwa 15%.

Ermittlung der mobilisierbaren Stoffinventars der Kippe Kahnsdorf

Mit der Bearbeitung des Teilberichtes 2 [5c] erfolgte die Ermittlung der Eisen- und Schwefel-Stoffmengenverteilung für den Kippenkörper. Danach wurde durch den Bearbeiter ein disulfidisch gebundener Eisenvorrat von 5,0 Mio. t sowie ein disulfidisch gebundener Schwefelvorrat von 5,8 Mio. t. Mit der reaktiven Stofftransportmodellierung ist es nunmehr möglich, diesen Vorrat insoweit zu bewerten, welcher Anteil in Richtung Pleiße ausgetragen werden kann.

Die durchgeführte durchgeführte Bilanzierung der Eisen- und Schwefelvorräte im Kippenkörper ergibt, dass etwa 3% des gesamten vormals disulfidisch gebundenen Eisenvorrats im Kippenkörper von 5,0 Mio. t sowie etwa 4% des vormals disulfidisch gebundenen Schwefelvorrats von 5,8 Mio. t mobilisierbar und in Richtung Pleiße austragbar sind.

Der kumulative Stoffaustrag bis 2400 beläuft sich gemäß den Modellrechnungen auf 85 000 t Eisen (1,7% des Gesamtvorrats) und 135 000 t Schwefel (2,3% des Gesamtvorrats).

Bis zu diesem Zeitpunkt ist der Stoffaustrag jedoch noch nicht vollständig beendet, so dass auch der restliche bis dahin noch im Kippenkörper verbliebene mobilisierbare Stoffanteil im Abstrombereich Richtung Pleiße noch ausgetragen werden kann.

Die Ableitung der mobilisierbaren Anteile des ursprünglich disulfidisch gebundenen Eisen und Schwefels sind in der Abbildung 93 grafisch dargestellt.

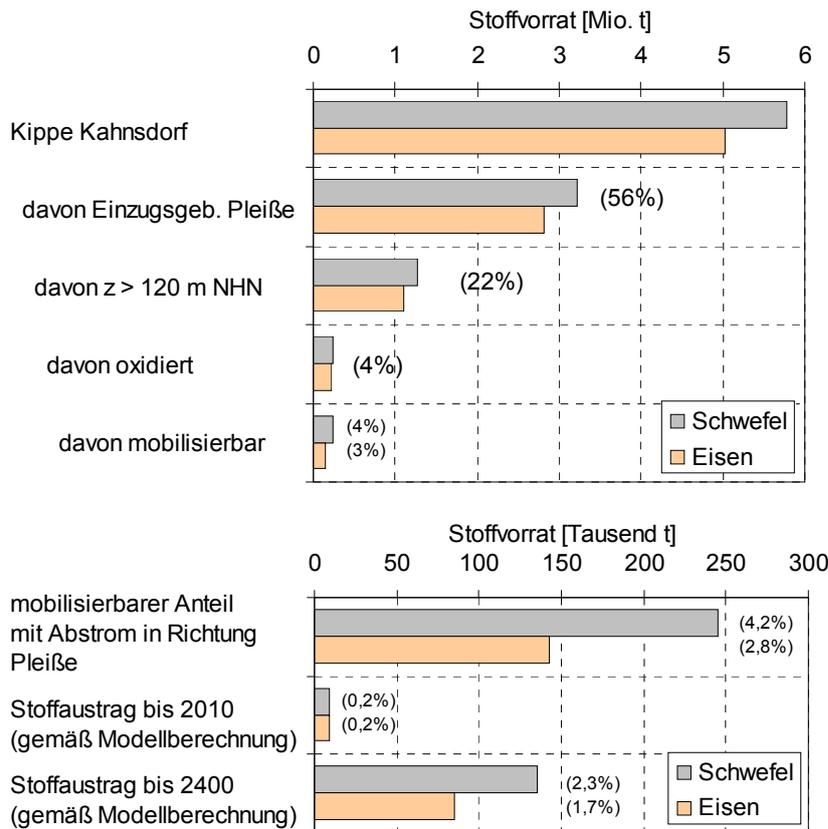


Abbildung 93: Bilanz des ursprünglich disulfidisch gebundenen Eisens und Schwefels für den Kippenkörper Kahnsdorf sowie kumulative Eisen- und Schwefelausträge in Richtung Pleiße bis 2010 und 2400 (Berechnung über reaktives Stofftransportmodell) [5e] (davon z > 120 m NHN → Stoffaustrag hauptsächlich in diesem oberen Kippenbereich)

Fazit des Bearbeiters

Durch das erarbeitete räumlich differenzierte reaktive Stofftransportmodell ist nunmehr ein Werkzeug gegeben, mit dessen Hilfe Variantenbetrachtungen im Hinblick auf mögliche Sanierungsstrategien zur Reduzierung der Stoffausträge aus der Kippe Kahnsdorf durchgeführt werden können, die eine quantitative Bewertung verschiedener Ansätze ermöglichen.

4.3 Ermittlung der grundwasserbürtigen Eiseneinträge in die Pleiße zwischen Regis-Breitungen und Leipzig

In den vorangegangenen Untersuchungen erfolgte die detaillierte Untersuchung/Prognose der Stoffeinträge im Bereich der Kippe Witznitz. In Erweiterung der Betrachtungen wurden anschließend die grundwasserbürtigen Stoffeinträge zwischen Regis-Breitungen und Leipzig als wesentliche Grundlage für die Wasserbeschaffenheitsmodellierung der Pleiße ermittelt.

Die Bearbeitung umfasst folgende Bearbeitungsschritte [6f]:

- Ermittlung der Grundwasserzutritte (Volumenströme) in die Pleiße zwischen Regis-Breitungen (Fluss-Km 31,7) und der Mündung in das Elsterflutbett in Leipzig (für 9 Teileinzugsgebiete) in mehreren Zeitscheiben bis zum stationären Zustand,
- Recherche der räumlichen Verteilung der Eisenkonzentrationen im Grundwasser des Pleißeeinzugsgebiets aus Grundwasserbeschaffenheitsdaten,
- Ableitung von mittleren Eisenkonzentrationen in den einzelnen Teileinzugsgebieten im Anstrom zur Pleiße,
- Bewertung des Beschaffenheitsmessnetzes,
- Berechnung der Eisenfrachten die der Pleiße zufließen, durch den Verschnitt der kippenbürtigen Grundwasserzutritte (Volumenströme) in die Pleiße mit den Eisenkonzentrationen im Kippengrundwasser.

Ermittlung der Grundwasserzutritte (Volumenströme)

Auf der Basis des Hydrogeologischen Großraummodells Süd wurden die Grundwasserzutritte (Volumenströme) in die Pleiße ermittelt. Dazu wurde das unterirdische Einzugsgebiet in neun Bilanzgebiete unterteilt, deren Grenzen sich zum einen an den Übergängen zwischen den Kippengebieten und den gewachsenen Gebieten und zum anderen an markanten Punkten im Fließgewässer (Gefällelufen u. ä.) orientieren.

In der Tabelle 33 sind die relevanten Flussabschnitte aufgezeigt.

Bilanzgebiet	Flussabschnitt	Fluss-Km
1	Straßenbrücke Regis-Breitungen bis Gefällestufe Deutzen	31,7 - 28,8
2	Gefällestufe Deutzen bis Eintritt ins Gewachsene bei Lobstädt	28,8 - 25,6
3	Eintritt ins Gewachsene bei Lobstädt bis Wyhramündung	25,6 - 23,8
4	Wyhramündung bis Kippenaustritt bei Neukieritzsch	23,8 - 21,5
5	Kippenaustritt bei Neukieritzsch bis Trachenauer Wehr	21,5 - 17,6
6	Trachenauer Wehr bis Göselmündung	17,6 - 14,2
7	Göselmündung bis Sohlabsturz Großdeuben	14,2 - 10,8
8	Sohlabsturz Großdeuben bis AGRA-Wehr	10,8 - 5,2
9	AGRA-Wehr bis Connewitzer Wehr	5,2 - 0,0

Tabelle 33: Bilanzgebiete zur Unterteilung des Grundwasserzustroms in die Pleiße [6f]

Die Lage der Bilanzgebiete und deren räumliche Entwicklung durch den Grundwasserwiederanstieg kann der Abbildung 94 (S. 177) entnommen werden.

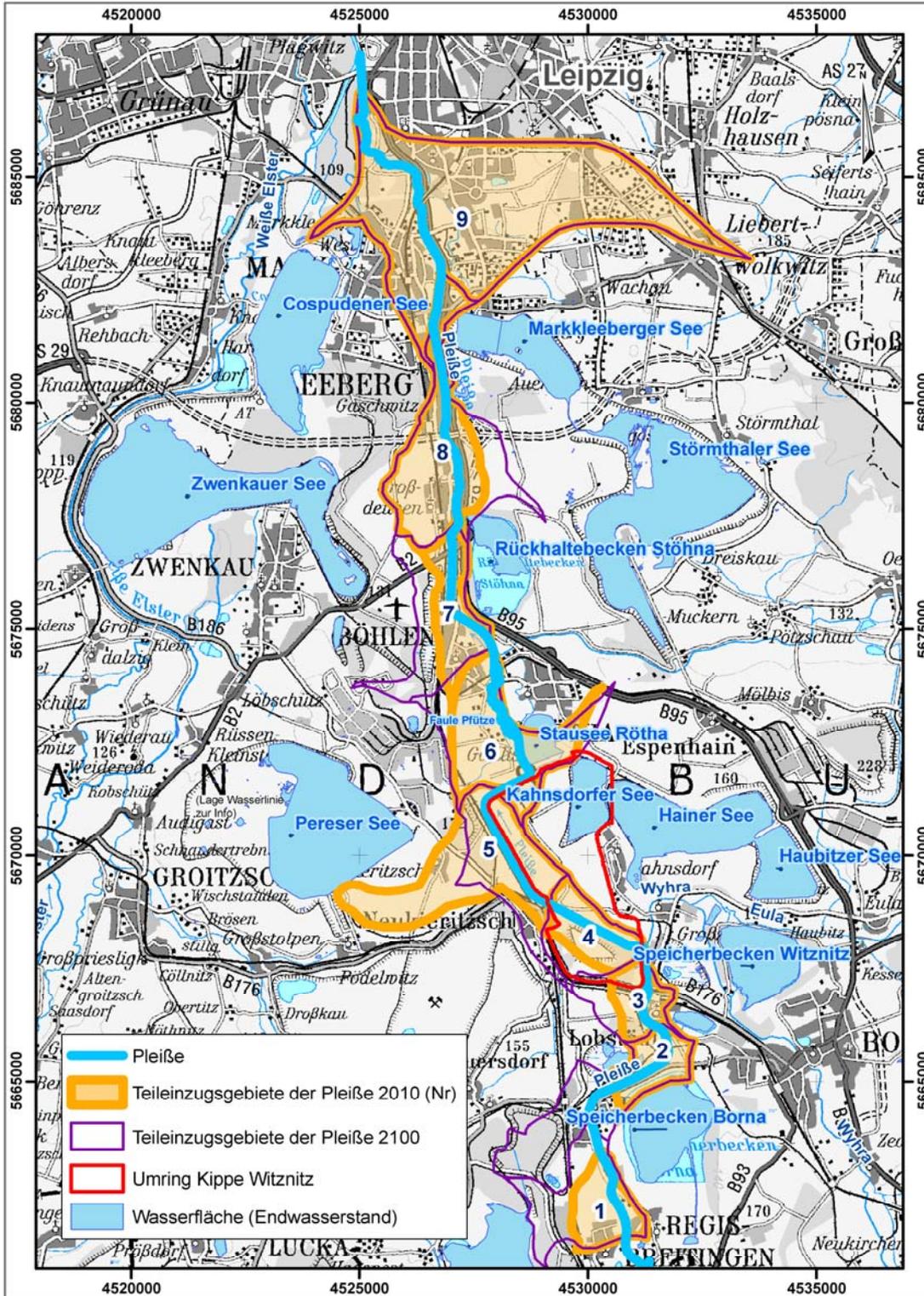


Abbildung 94: Unterirdische Teileinzugsgebiete der Pleiße 2010 und 2100 (Abbildung nach [6f])

Die mit Abstand höchsten Grundwasserzutritte in die Pleiße von über 6 m³/min werden für das Bilanzgebiet 9 ausgewiesen. In diesem Abschnitt fließt die Pleiße durch den Leipziger Auenwald.

Für die anderen Bilanzgebiete, in denen die Pleiße größtenteils gedichtet und der Grundwasserzutritt dadurch entsprechend erschwert wurde, liegen die Zuflüsse bei minimal unter 0,5 m³/min (Bilanzgebiete 3 und 4) bis maximal etwas oberhalb 1,0 m³/min.

Die Bilanzgebiete 1 und 2 (Regis-Breitungen bis Lobstädt) sind durch zukünftig deutlich steigende Grundwasserzutritte in die Pleiße gekennzeichnet. 2010 und 2015 kommt es gemäß den Berechnungen in Teilabschnitten sogar zur einen Wasseraustritt aus dem Fließgewässer in das Grundwasser, welches auf den gegenwärtigen Absenkungstrichter des Tagebaus Vereinigtes Schleenhain zurückzuführen ist. Nach Abschluss der Bergbautätigkeiten und erfolgtem Grundwasserwiederanstieg findet dann eine Erweiterung des Pleißeinzugsgebietes in diesem Abschnitt sowie dadurch bedingt eine Erhöhung der Grundwasserzutritte in die Pleiße statt.

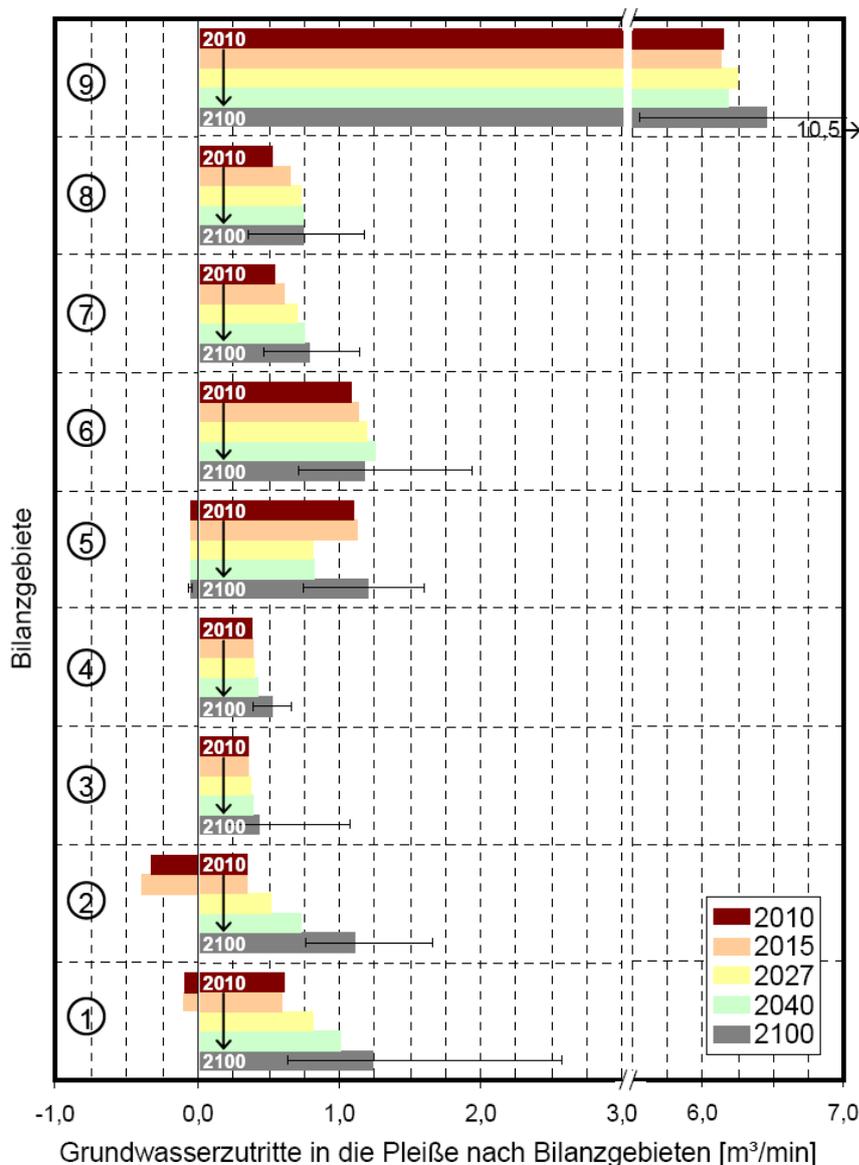


Abbildung 95: Grundwasserzutritte in die Pleiße nach Bilanzgebieten für die Jahresscheiben 2010, 2015, 2027, 2040 und 2100 (hier zudem Angabe der Grundwasserzutritte bei maximaler und minimaler Grundwasserneubildung) [6f]

Ebenfalls auf den zukünftig erfolgenden Grundwasserwiederanstieg im Bereich des Tagebaus Vereinigtes Schleenhain zurückzuführen ist der geringfügige Anstieg der Grundwasserzutritte in die Pleiße in den Bilanzgebieten 3 und 4 (Lobstädt bis Neukieritzsch).

Ein zukünftiger Anstieg der Grundwasserzutritte in die Pleiße wird darüber hinaus für die Bilanzgebiete 7 und 8 (Göselmündung bis AGRA-Wehr) ausgewiesen. Dieser ist auf den Grundwasserwiederanstieg in den Kippengebieten Zwenkau / Böhlen und Espenhain sowie auf die damit verbundene Erweiterung des Pleißeinzugsgebietes vgl. zurückzuführen.

Die Entwicklung der ermittelten Grundwasserzutritte unter mittleren Grundwasserneubildungsbedingungen ist in der Abbildung 95 (S. 178) grafisch dargestellt.

Zur Untersuchung der Reaktion der Grundwasserzutritte in die Pleiße auf variable klimatische Verhältnisse wurde auf den stationären Zustand (Jahresscheibe 2100) eine 24-jährige variable Reihe der Grundwasserneubildung aufgeprägt. Die sich daraus ergebenden minimalen und maximalen Grundwasserzutritte in die Pleiße sind ebenfalls in vorgenannter Abbildung als schwarze Balken angefügt.

Für eine Einschätzung der Relevanz der Entwicklung Grundwasserzutritte in Bezug auf die Herkunft (direkte/indirekte Kippengrundwasserzutritte, Zutritte aus dem Gewachsenen) wurden die ermittelten Volumenströme durch den Bearbeiter kumuliert und für das Jahr 2010 und 2100 ausgewertet. Das Ergebnis zeigt die Abbildung 96. Demnach ist in allen drei unterschiedenen Quellbereichen eine Zunahme der Grundwasserzutritte in die Pleiße zu verzeichnen.

„Prozentual auf den Gesamtzutritt bezogen steigt der Anteil des direkten Zuflusses aus Kippengebieten, welcher über die Bilanzgebiete 1, 2 und 4 (Kippengebiete Regis, Deutzen - Borna-West und Witznitz) erfolgt und auf den zukünftigen Grundwasserwiederanstieg im Tagebaubereich Vereinigtes Schleenhain zurückzuführen ist.

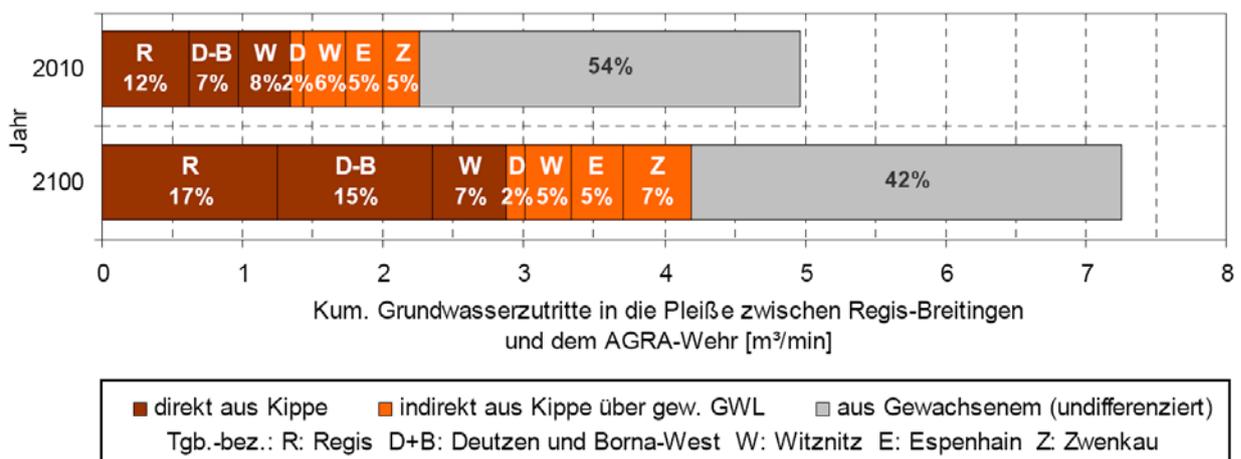


Abbildung 96: Kumulative Grundwasserzutritte in die Pleiße zwischen Regis-Breitungen und dem AGRA-Wehr in Markkleeberg (bergbaubeeinflusster Bereich) für die Jahresscheiben 2010 und 2100, aufgesplittet in direkte Kippenzutritte, indirekte Kippenzutritte (jeweils nach Tagebaubereichen unterteilt) und Zutritte aus gewachsenen Grundwasserleitern [6f]

Bei gegenwärtig 27% beläuft er sich in der Jahresscheibe 2100 gemäß den Berechnungen auf 40% des Gesamtzuflusses in die Pleiße zwischen Regis-Breitungen und dem AGRA-Wehr.

Diese anteilige Zunahme ist vor dem Hintergrund zu beachten, dass insbesondere das Kippengrundwasser eine starke bergbauliche Beeinflussung aufweist und beim direkten Kontakt des Kippenaquifers zur Pleiße ungehindert in diese übertritt.“

Recherche der Eisenkonzentrationen im Grundwasser im Pleißebeeinzugsgebiet (IST-Zustand)

Zur Ermittlung der Eisenkonzentrationen im Grundwasser des Pleißebeeinzugsgebietes wurden durch den Bearbeiter die Daten aller vorhandenen Grundwasserbeschaffenheitsmessnetze (LMBV, MIBRAG, Vattenfall, LTV, Staatliches Messnetz) zusammengetragen und in eine einheitliche Datenbasis überführt und anschließend einer umfangreichen Datenprüfung unterzogen.

In einem nächsten Schritt wurden die Messstellendaten nach Bilanzgebiet, Grundwasserleiter und Zustromrichtung zur Pleiße (Ost/West) in Auswerteeinheiten unterteilt, wobei jeweils auf der Grundlage aller Messstellen einer Auswerteeinheit mittlere Eisen(ges.)-Konzentrationen berechnet wurden.

„Die Bilanzgebiete 1 und 2 (Regis bis Lobstädt), in denen der Grundwasserzutritt in die Pleiße direkt aus der Kippe erfolgt, sind durch Eisenkonzentrationen zwischen 60 und 300 mg/l gekennzeichnet.

Im gewachsenen Abschnitt bei Lobstädt bis zur Wyhramündung (Bilanzgebiet 3) liegen die mittleren Eisenkonzentrationen im Abstrom von der Kippe Witznitz bei 620 mg/l sowie im Abstrom von der Kippe Deutzen bei ca. 100 mg/l. In den gewachsenen Grundwasserleitern östlich der Pleiße werden im Mittel Eisenkonzentrationen von ebenfalls ca. 100 mg/l gemessen, welches vermutlich auf den Eintrag aus den benachbarten Kippen zurückzuführen ist.

Für den Abschnitt der Kippenquerung der Pleiße zwischen der Wyhramündung und Neukieritzsch (Bilanzgebiet 4) ergeben sich gemäß dem Stofftransportmodell Witznitz [5e] Eisenkonzentrationen von ca. 1200 mg/l im westlichen Zustrom sowie ca. 2300 mg/l im östlichen Zustrom. Im Bilanzgebiet 5 (Neukieritzsch - Trachenauer Wehr) liegen die Eisenkonzentrationen im Abstrom der Kippe Witznitz bei ca. 560 mg/l. Die Konzentrationen im linksseitigen gewachsenen Anstrom zur Pleiße belaufen sich auf unter 10 mg/l.

Die sich weiter nach Norden anschließenden Bilanzgebiete sind durch insgesamt niedrigere Eisenkonzentrationen gekennzeichnet.

Die deutlich höchsten Eisenkonzentrationen ergeben sich für den Bereich der Kippe Witznitz (Bilanzgebiete 3 bis 5). Ebenfalls beachtenswert sind die Konzentrationen bis 300 mg/l der Bilanzgebiete 1 und 2, in denen die Pleiße wie im Bereich der Kippenquerung Witznitz (Bilanzgebiet 4) direkt über die Kippe verlegt wurde.“

Bewertung des Messnetzes

Mit der Auswertung der Basisdaten und der Ableitung der Auswerteeinheiten war durch den Bearbeiter festzustellen, dass die Messstellendichte als sehr heterogen zu bezeichnen ist. Um die Belastbarkeit der Aussagen zu den ermittelten Eisenkonzentrationen darzustellen, wurde daher durch den Bearbeiter das Messnetz einer Bewertung unterzogen.

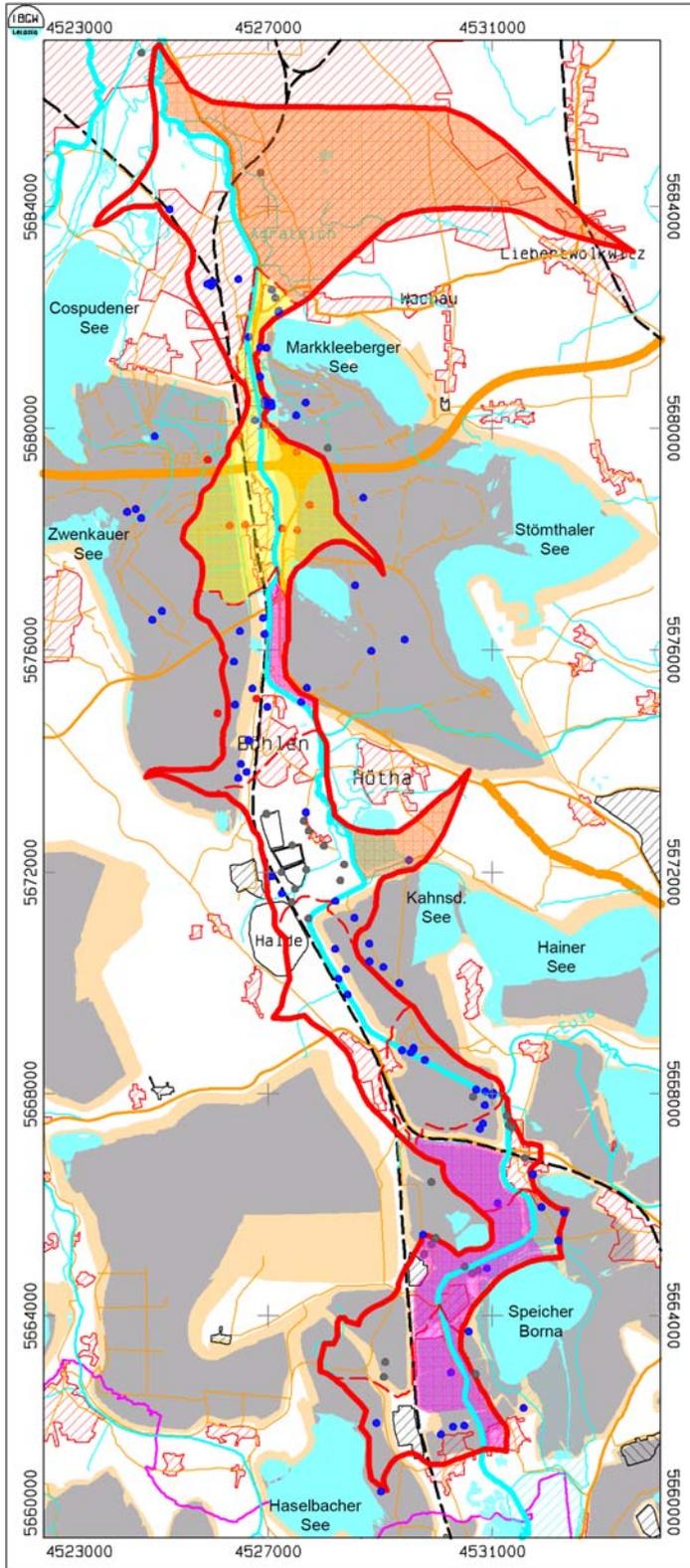


Abbildung 97: GW-Beschaffenheitsmessnetz für den Pleiße-zustrom (blau: vorhandene Messstellen, grau: Messstellen ohne Beprobung nach 2007, rot: gepl. Messstellen *)

Bereiche mit unzureichender Datengrundlage (pink: weitere Messstellen unbedingt erforderlich, orange: weitere Messstellen empfehlenswert, da voraussichtlich geringe Eisenkonz. zu erwarten, gelb: weitere Messstellen gegenwärtig in Planung *)

[6f]

*) damals gepl. Messstellen sind nunmehr realisiert

So wurde festgestellt, dass einige Auswerteeinheiten (Auswerteeinheit = Kombination aus Bilanzgebiet, Grundwasserleiter und Zustromrichtung) durch eine unzureichende Datengrundlage gekennzeichnet sind.

Teilweise war keine oder nur eine Messstelle vorhanden, so dass für die Ausweisung von charakteristischen Konzentrationen auf zusätzliche Messstellen in der weiteren Umgebung zurückgegriffen werden musste. Dementsprechend sind die Ergebnisse der Recherche speziell für diese Auswerteeinheiten mit einer vergleichsweise hohen Unsicherheit behaftet.

Die Abbildung 97 (S. 181) zeigt das Ergebnis im Lageplan.

Insbesondere in den farblich unterlegten Bereichen in der Abbildung 97 (S. 181) wurden durch den Bearbeiter Defizite im Hinblick auf die Datengrundlage festgestellt.

Für die pinkfarbenen Bereiche ist die Errichtung weiterer Messstellen zur Quantifizierung der in die Pleiße fließenden Stofffrachten unerlässlich. In den orangefarbenen unterlegten Bereichen sind weitere Messstellen zur Quantifizierung der Stoffströme empfehlenswert. Allerdings sind aus diesen gewachsenen Bereichen keine hohen Eisenzutritte in die Pleiße zu erwarten.

Schließlich stellen auch die gelb unterlegten Flächen Defizitbereiche dar. Hier wurden jedoch durch die LMBV Beschaffenheitsmessstellen errichtet und in das Monitoringprogramm der LMBV aufgenommen. Eine Auswertung der Ergebnisse steht noch aus, so dass kurz- bis mittelfristig mit einer Verbesserung der Datenlage zu rechnen ist.

Berechnung bzw. Abschätzung der zukünftigen Entwicklung der Eisenkonzentrationen im Grundwasser des Pleißeinzugsgebietes

Im Hinblick auf die zukünftige Entwicklung der Grundwasserbeschaffenheit im Pleißeinzugsgebiet existiert für die Kippe Witznitz eine Prognose auf der Grundlage eines räumlich differenzierten Stofftransportmodells. Für die anderen Kippenbereiche wurden durch den Bearbeiter die gegenwärtig gemessenen Konzentrationen auch für die Berechnung der zukünftigen Eisenzutritte in die Pleiße verwendet (Jahr 2010). Dieser vereinfachte Ansatz wird dadurch gerechtfertigt, dass der Stoffaustrag aus den Bergbaukippen aufgrund der vergleichsweise schlechten hydraulischen Leitfähigkeit sowie reaktiver Rückhaltprozesse sehr langsam erfolgt und daher auch nur mit sehr langsamen Änderungen der Grundwasserbeschaffenheit in den bestehenden mindestens ca. 30 Jahre alten Kippenkörpern auf der Zeitskala von Jahrzehnten bis Jahrhunderten zu rechnen ist.

Gleichwohl wird vom Bearbeiter eine Recherche zum Kippenaufbau und eine Stoffinventarisierung, wie im Pilotprojekt zur Kippe Witznitz empfohlen.

Eine relevante Erhöhung der Eisenkonzentrationen im Grundwasser ist nur in denjenigen Kippenbereichen möglich, in denen zukünftig noch ein erheblicher Grundwasserwideranstieg stattfindet. Dadurch können unter Umständen solche Kippenbereiche vom Grundwasser erfasst werden, die aufgrund von Eisendisulfidverwitterung versauert sind und hohe mobile Eisen- und Sulfatkonzentrationen aufweisen. Durch den Wiederanstieg könnte somit eine Verlagerung der Stoffe in Richtung Pleiße erfolgen.

Mit der Veränderung der Grundwasserstände geht weiterhin auch eine Veränderung der unterirdischen Einzugsgebiete der Pleiße einher (siehe dazu auch Abbildung 94, S. 177).

Die Abbildung 98 (S. 183) zeigt die in den zukünftigen Jahresscheiben verändert angesetzten Konzentrationen der Bilanzgebiete 4 und 5 (Wyhrmündung bis Trachenauer Wehr) sowie im Bilanzgebiet 7 (Göselmündung bis Sohlabsturz Großdeuben). In diesen Bereichen ist eine Änderung im Vergleich zu den IST-Konzentrationen zu erwarten.

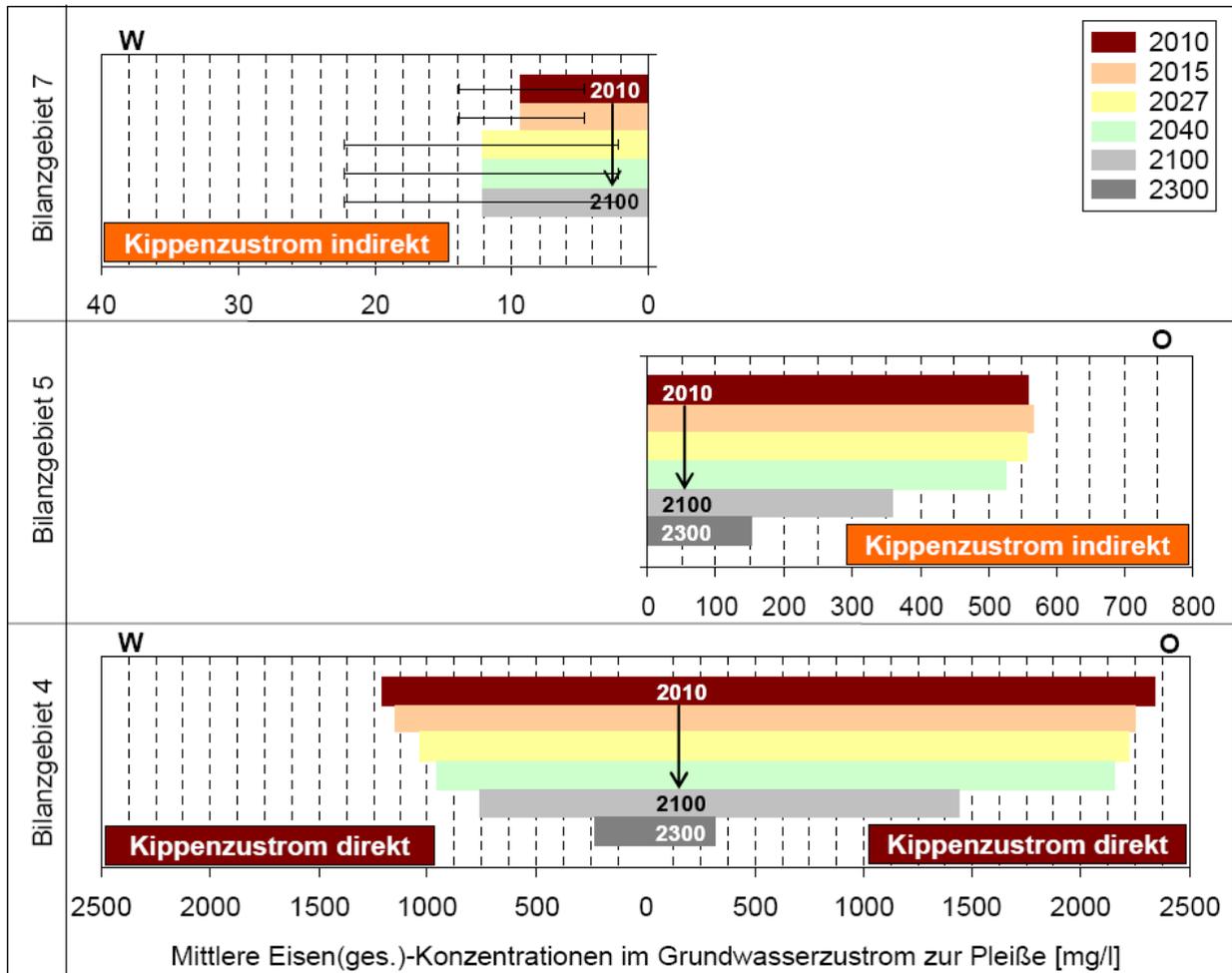


Abbildung 98: Zukünftige für die Frachtberechnung angesetzte mittlere Eisenkonzentrationen im Grundwasserzustrom zur Pleiße (für jene Bilanzgebiete an denen eine Änderung im Vergleich zu IST-Konzentrationen durch den Bearbeiter angesetzt wurde); Bilanzgebiete 4 und 5: Ergebnisse der Stofftransportmodellierung [5e]; Bilanzgebiet 7: Vergrößerung des Kippeneinzugsgebietes (Median und Quartile) [6f]

Berechnung der Eisenfrachten aus dem Grundwasser in die Pleiße

Durch den Bearbeiter wurden im nächsten Schritt die Eisenfrachten, die über das Grundwasser in die Pleiße eingetragen werden, für jede Auswerteeinheit aus den relevanten Grundwasservolumenströmen und den ermittelten Eisenkonzentrationen des jeweiligen Grundwasserkörpers ermittelt.

Die Grundwasservolumenströme wurden über das HGMS ermittelt. Die Verfahrensweise bzgl. der Eisenkonzentrationen im Grundwasserzustrom wurde im vorangegangenen Punkt erläutert.

Nachfolgend werden die Ergebnisse im Einzelnen beschrieben und in der Abbildung 99 (S. 185) grafisch dargestellt.

„Die höchsten Eisenfrachten werden mit gegenwärtig ca. 900 kg/d über das Bilanzgebiet 4 (Wyhramündung - Neukieritzsch) durch den Kippenzustrom aus der Kippe Witznitz in die Pleiße eingetragen. Weiterhin bedeutend sind die Einträge über die Bilanzgebiete 1 bis 3 (Regis-Breitungen bis Wyhramündung) die gegenwärtig bei jeweils fast 100 kg/d bis 150 kg/d liegen.

Die Stoffeinträge über die Bilanzgebiete 6 bis 9 nördlich der Kippe Witznitz spielen hingegen gemäß der Berechnung eine untergeordnete Rolle, wobei jedoch die gegenwärtig äußerst geringe Datenlage hinsichtlich der Eisenkonzentrationen im Grundwasser der Kippen Zwenkau / Böhlen und Espenhain zu berücksichtigen ist.

Für das Bilanzgebiet 4, in dem die Pleiße die Kippe Witznitz quert, ergibt sich bis 2100 ein Rückgang der Eisenfrachten in die Pleiße von ca. 900 kg/d auf ca. 740 kg/d und bis 2300 auf ca. 200 kg/d. Dies auf den langsamen Eisenaustrag aus der Kippe und die Endlichkeit der Quelle zurückzuführen. Im Bilanzgebiet 5 zwischen Neukieritzsch und dem Trachenauer Wehr, im welchem die Pleiße zwar durch gewachsenes Gebiet verlegt wurde, wo aber dennoch durch die benachbarte Lage ein Einfluss durch den Kippenkörper Witznitz erfolgt, steigen die berechneten Eiseneinträge in die Pleiße von gegenwärtig ca. 25 kg/d auf maximal ca. 150 kg/d für die Jahresscheibe 2040 an.

Für die Jahresscheiben 2100 und 2300 ergibt sich wieder ein fallender Trend. Der Grund für die zunächst steigenden Einträge ist darin zu sehen, dass der Kippenabstrom zeitlich verzögert in die Pleiße eingetragen wird, da die vergleichsweise geringen Grundwasseraustritte aus der Kippe zunächst mal den gewachsenen Anschluss an die Kippe passieren müssen, um schließlich in die Pleiße zu gelangen.

Der deutliche Anstieg der Eiseneinträge von 2010 bis 2100 über die Bilanzgebiete 1 und 2 (Regis-Breitungen bis Lobstädt) in die Pleiße resultiert aus der Zunahme des Grundwasserzustroms in die Pleiße aufgrund des Grundwasserwiederanstiegs im Tagebaubereich Vereinigtes Schleenhain. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass ein Konzentrationsrückgang auf dem Kippenabstrom in die Pleiße nicht berücksichtigt wurde. Dennoch zeigt die Betrachtung, dass auch über diesen Fließgewässerabschnitt zukünftig noch größere Eiseneinträge in die Pleiße zu erwarten sind.

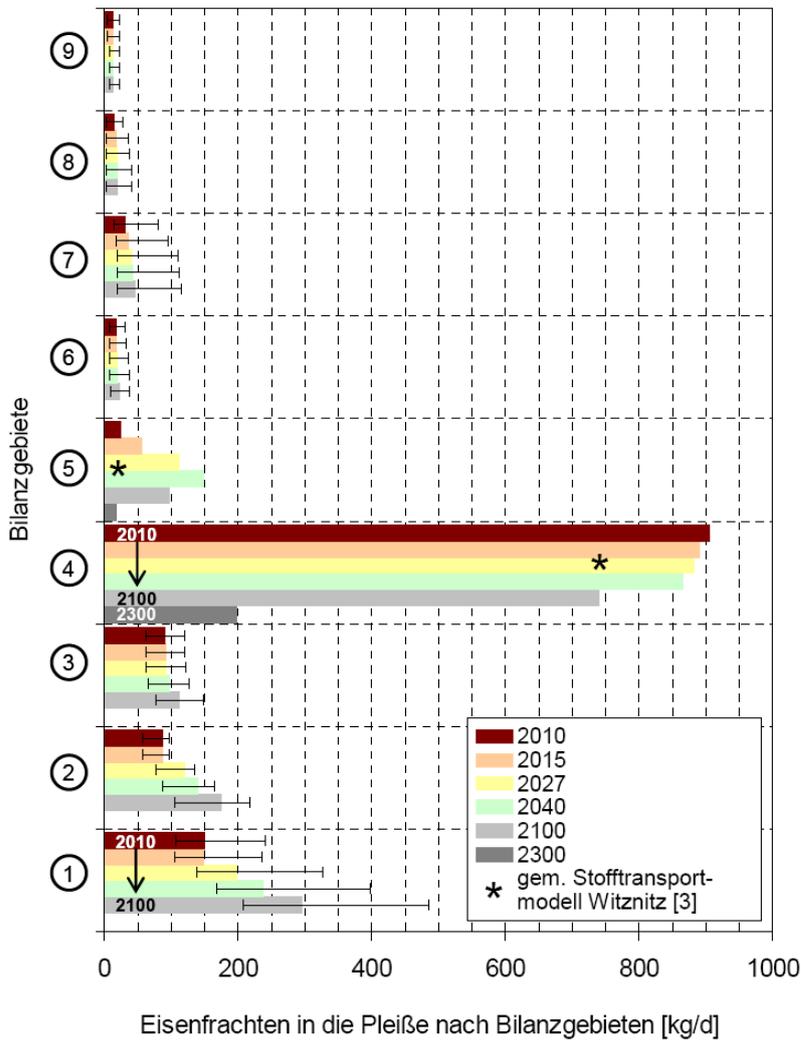


Abbildung 99: Berechnete grundwasserbürtige Eiseneinträge in die Pleiße (Median und Quartile) nach Bilanzgebieten für die Jahresscheiben 2010, 2015, 2027, 2040 und 2100 sowie zusätzlich für die Bilanzgebiete 4 und 5 (Stofftransportmodell Witznitz) die Jahresscheibe 2300 [6f]

Bewirtschaftungsszenario: Grundwasserneubildungsreduzierung durch Errichtung einer Wasserhaushaltsschicht auf der Kippe Witznitz

Mit Hilfe des gekoppelten Stofftransportmodells (siehe Punkt 4.2, S.166) wurden die Stoffabströme aus dem Kippenkörper Witznitz in die Pleiße unter Berücksichtigung der Grundwasserneubildungsreduzierung durch Aufbringung einer Wasserhaushaltsschicht ab 2012 berechnet [6f].

Durch die Verringerung der Grundwasserneubildung kommt es erwartungsgemäß zur Ausbildung niedrigerer Grundwasserstände. Dadurch bedingt verringert sich auch der hydraulische Gradient in Richtung Pleiße. Entsprechend verlangsamt sich der Eisenaustrag aus der Kippe, so dass in der Sanierungsvariante insgesamt ein langsamer Rückgang der Eisenkonzentrationen als in der Nullvariante zu verzeichnen ist

Bedingt durch die veränderten Eisenkonzentrationen im Kippenkörper stellen sich in der Sanierungsvariante ebenfalls veränderte Eisenkonzentrationen im Kippenabstrom in Richtung Pleiße ein.

Die Abbildung 100 (S. 187) stellt die durch den Bearbeiter ermittelten Eiseneinträge in die Pleiße für die Bilanzgebiete 4 und 5 in der zeitlichen Entwicklung (Jahresscheiben 2010, 2015, 2027, 2040, 2100 und 2300) dar.

Die für das Bilanzgebiet 4 ausgewiesenen Frachten umfassen den Anstrom aus dem nördlichen und dem südlichen Kippengebiet. Während der Stoffeintrag in die Pleiße aus dem nördlichen Kippengebiet durch die Grundwasserneubildungsreduzierung maßgeblich reduziert werden kann, ist dies für den Südteil der Kippe aufgrund fehlender Flächen für die Aufbringung einer Wasserhaushaltsschicht und eines im stationären Zustand erfolgenden zusätzlichen Anstroms aus dem südlich der Kippe angrenzenden gewachsenen Gebiet um Neukieritzsch nicht der Fall. In der Summe ergibt sich durch die Maßnahme im Bilanzgebiet 4 eine Reduzierung des Eiseneintrags in die Pleiße um max. 37%.

Da die Stoffkonzentrationen aufgrund des geringeren Austrags in der Sanierungsvariante jedoch längerfristig höher liegen wird für die Jahresscheibe 2300 in der Sanierungsvariante sogar ein höherer Stoffaustrag als in der Nullvariante berechnet.

Insgesamt zeigt die Berechnung jedoch, dass die der Pleiße im Bilanzgebiet 4 zuströmenden Eisenfrachten durch die Maßnahme in vergleichsweise kurzer Zeit bis 2027 um ca. 250 kg/d sowie bis 2040 um 300 kg/d reduziert werden können.

Für das Bilanzgebiet 5 kann der Zustrom gemäß den Modellrechnungen durch die Maßnahme um bis zu ca. 100 kg/d bzw. sogar 83% reduziert werden. Während der direkte Kippenabstrom nur um ca. 60% reduziert werden kann, ergibt sich für den Pleiße-Zustrom eine höhere Reduzierung, weil im Modell im Rahmen der Kalibrierung für den gewachsenen Zustrom von Westen zur Pleiße eine Sauerstoffsättigung von 40% angesetzt wurde, welche eine konstant bleibende Eisenfracht oxidiert und als Eisenhydroxid im Untergrund bindet, wodurch sich der Eiseneintrag in die Pleiße um einen festen Betrag verringert [6f].

Zusammenfassend ergibt sich aus den Berechnungen mit Berücksichtigung der Wasserhaushaltsschicht, dass die über die Kippe Witznitz in die Pleiße eingetragene Stofffracht durch die Maßnahme um ca. 40% reduziert werden kann, welches einer Frachtreduzierung von ca. 400 kg/d entspricht.

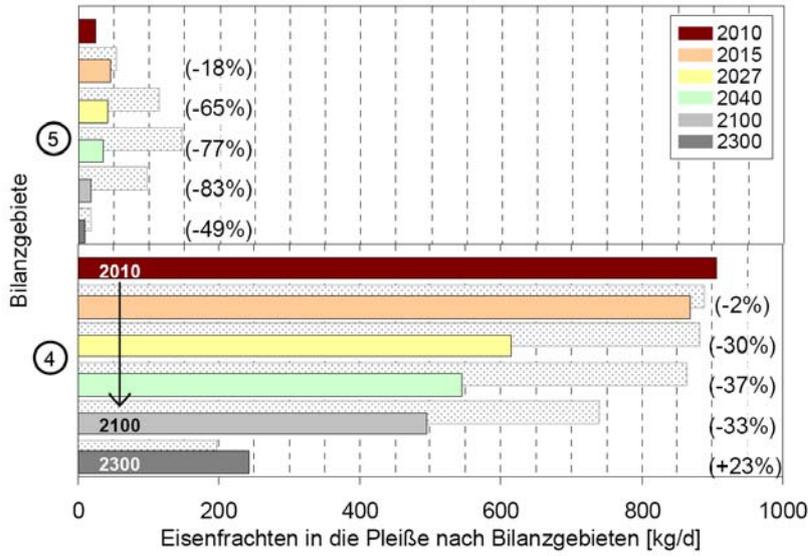


Abbildung 100: Mit Hilfe des Stofftransportmodells berechnete grundwasserbürtige Eiseneinträge in die Pleiße in den Bilanzgebieten 4 und 5 bei reduzierter Grundwasserneubildung auf der Kippe Witznitz ab 2012 sowie die Nullvariante (grau gepunktet im Hintergrund) und Angabe der Verringerung in % [6f]

4.4 Wasserbeschaffenheitsmodellierung der Pleiße - Entwicklung und Anwendung des Eisenbausteins und Entwicklung eines reduzierten Fließgewässerbeschaffenheitsmodells für den Parameter Eisen (Phase 2)

4.4.1 Auswertung des Pleißemonitorings, Aufbereitung der Stofftransportprozesse

Die 2. Phase d. h. die konkrete Wasserbeschaffenheitsmodellierung der Pleiße in Auswertung der Monitoringergebnisse wurde im Rahmen der Bearbeitung durch die ECOSYSTEM SAXONIA GmbH in Kooperation mit der IBGW GmbH durchgeführt und im vorliegenden Endbericht [6e] dokumentiert:

Mit dieser Bearbeitung stand die Aufgabe einen Eisenbaustein zu entwickeln und in ein Fließgewässer-Güte-Modell für die Pleiße zu implementieren. Diese Bearbeitungsstufe war mit einer Kalibrierung und Verifizierung des Modells für die Pleiße mit implementiertem Eisenbaustein abzuschließen.

„Hierzu sind die Ergebnisse des Monitorings der Pleiße durch die LMBV eine entscheidende Grundlage. Diese zeigen die hohe Komplexität der dabei auftretenden Prozesse. Grundlage des zu entwickelnden Modells ist die Entwicklung eines geeigneten Bausteins zur hydraulischen Berechnung und Stofftransportsimulation in der Pleiße, in dem die Fließstrecke mit ihren differenzierten Rückstauen/Wehren möglichst genau abgebildet wird. Die Redoxreaktionen des Eisens und die Flockung sind durch chemische Parameter analog PHREEQC zu beschreiben. Die Sedimentation und die Resuspendierung des Eisens haben einen entscheidenden Einfluss auf die Entwicklung der Eisengehalte im Längsschnitt und durch entsprechende Sedimentations- bzw. Resuspensionstherme zu beschreiben. Hierzu ist im Modell ein Kompartiment Sediment einzufügen, das auch ermöglicht, entsprechende Bilanzierungen durchzuführen.“

Das Retentionspotenzial der Pleiße für die Eisenbelastung ist primär abhängig von

- den Abflussverhältnissen der Pleiße,
- den hydromorphologischen Gegebenheiten in der Pleiße,
- der Variation des Eiseneintrages und
- den Temperaturbedingungen.

Hierzu sind folgende Randbedingungen zu beachten:

- Bezüglich des Sauerstoffhaushaltes der Pleiße spielt die Auswirkung der Eiseneinleitung in die Pleiße nur eine untergeordnete Rolle und kann deshalb in seiner Auswirkung vernachlässigt werden
- Der pH-Wert in der Pleiße ist nicht im sauren Bereich zu erwarten.
- Es sind primär mit dem Eisenbaustein Aussagen für die Entwicklung von Fe(II) und Fe(III) in der Pleiße abzuleiten sowie ist eine modellgestützte gutachterliche Bewertung der Wirkung auf das Fließgewässer durchzuführen.
- Die Ergebnisse der Bearbeitung müssen für gesamtheitliche Betrachtungen eines modellgestützten Bewirtschaftungsplanes für die Pleiße kompatibel sein.

Auswertung des Pleißemonitorings

„Entsprechend dem Ergebnis des Monitorings ergeben sich dabei Modellbereiche unterschiedlicher Charakteristik:

- Rückstaubereich des Trachenauer Wehrs mit der Kopplung eines intensiven Eiseneintrags, der Oxidation des Eisens, der Flockung und Sedimentation/Resuspendierung,
- Wehrüberfälle und frei fließende Abschnitte unterhalb des Trachenauer Wehres mit „Nachflockung“, Sedimentation/Resuspendierung, gegebenenfalls noch Abschluss geochemischer Reaktionen,
- Rückstaubereiche der Wehre unterhalb Trachenau mit Sedimentation/Resuspendierung.“

Die vorhandene Datengrundlage des Monitorings bezüglich der Beschaffenheitsparameter ermöglicht dabei nur einen Abgleich mit einem 1-dimensionalen Beschaffenheitsmodell, d. h. die räumlich stattfindenden Prozesse sind auf die Dimensionalität 1D zurückzuführen und im Modell entsprechend abzubilden. Für den Fließgewässertyp der Pleiße stellt die 1D-Modellierung auch den typischen Fall dar, da auf Grund der geringen Breite und Tiefe des Flusses eine laterale und vertikale Differenzierung der Prozesse untergeordnet ist. Hierfür wurde das hydraulische Modell HEC-RAS als Grundlage für die Ableitung der hydraulischen Parameter und der Stofftransportbedingungen benutzt.

Die Sedimentation der in Folge der Eisenoxidation gebildeten Eisenflocken erfolgt in Analogie zu biologischen Flocken nicht nach der Stokesschen Gleichung für die Abbildung der Sedimentationsgeschwindigkeit in wesentlicher Abhängigkeit von dem Durchmesser und der Dichte der Partikel und einem Formbeiwert sondern ist nach KRONE³ abhängig:

- von der Sohlschubspannung an der Gewässersohle,
- einer von der Flockenstruktur und -beschaffenheit abhängigen kritischen Schubspannung oberhalb derer keine Sedimentation stattfindet
- und einer von der Flockenstruktur abhängigen maximalen Sedimentationsrate.

Durch die Sedimentationsuntersuchungen im Rahmen des Monitorings mit Teller- und Zylinderfallen wurden hierzu charakteristische Größen abgeleitet, die Grundlage für die Modellbildung ist. Dabei wurde als Ersatz für die Schubspannung die Fließgeschwindigkeit über der Tellerfalle bestimmt (SGL [4a]ff.).

Die mit dieser Methode experimentell ermittelten kritischen Fließgeschwindigkeiten, oberhalb derer keine Sedimentation stattfindet, sind mit $< 0,15 \dots 0,25$ m/s gering, so dass die Sedimentation auf die rückgestauten Flussabschnitte konzentriert ist.

³ Krone, R. B., 1962: Flume studies of the transport of sediment in estuarine shoaling processes, Technical Report, Hydraulic Engineering Laboratory and Sanitary Engineering Research Laboratory, Univ. Of California, Berkeley

Für den Modellaufbau wurde in Auswertung des Pleiße-Monitoring in der fließenden Welle herausgearbeitet, dass die Sedimentation in den frei fließenden Strecken unter Berücksichtigung der zweidimensionalen Querverteilung der Fließgeschwindigkeit vereinfacht abgebildet werden kann und für den Modellaufbau ein eindimensionales Modell zu bevorzugen ist.

Ableitung der diffusen und punktförmigen Eisenbelastungen

Das im Zeitraum ab 2008 durchgeführte Pleiße-Monitoring zeigt im Ergebnis des Berichtes von SGL aus 2010 die Situation, dass insbesondere im Zeitraum 2008 die Einleitung von Tagebausümpfungswässern des Tagebau Schleenhain durch die MIBRAG in Deutzen stark ausgeprägt war, während im Jahr 2009 diese Punktbelastung geringer einzuschätzen ist. Ab Frühjahr 2010 entfällt diese Quelle und wird durch die Einleitung der GWRA Neukieritzsch der MIBRAG oberhalb des Trachenauer Wehrs abgelöst. Hierbei erfolgt durch die GWRA eine weitgehende Rückhaltung des Eisens (siehe Abbildung 103 bzw. Abbildung 104).

Aus diesem Grund werden für die Modellkalibrierung 3 Zustände unterschieden:

- MNQ- und MQ-Verhältnisse der Pleiße im Jahr 2008 mit signifikanter Belastung der Pleiße durch die MIBRAG u.h. Deutzen;
- MNQ- und MQ-Verhältnisse der Pleiße im Jahr 2009 mit reduzierter Belastung der Pleiße durch die MIBRAG u.h. Deutzen;
- MNQ- und MQ Ist unter Berücksichtigung der GWRA Neukieritzsch und der Bilanzdaten für den grundwasserbedingten Eisenzufluss in die Pleiße nach IBGW.

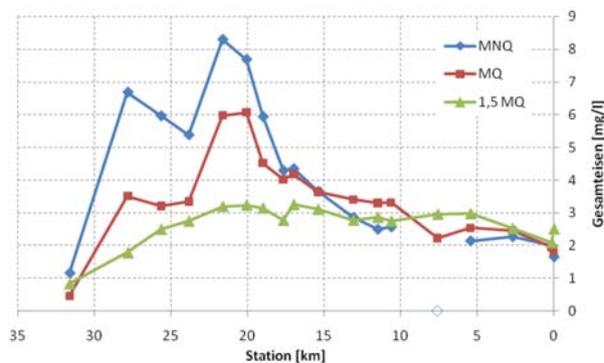


Abbildung 101: mittlere Konzentration von Gesamteisen im Längsverlauf der Pleiße bei unterschiedlichen Abflusssituationen (Jahr 2008) aus [6e]

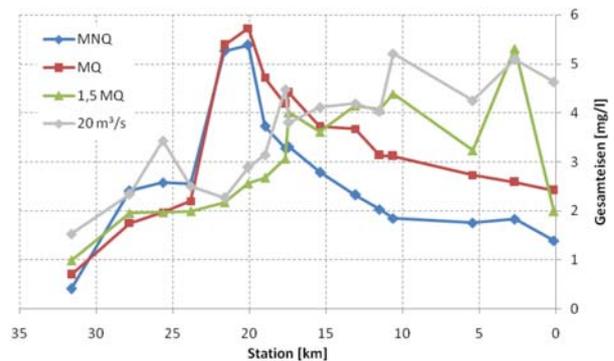


Abbildung 102: mittlere Konzentration von Gesamteisen im Längsverlauf der Pleiße bei unterschiedlichen Abflusssituationen (Jahr 2009/2010) aus [6e]

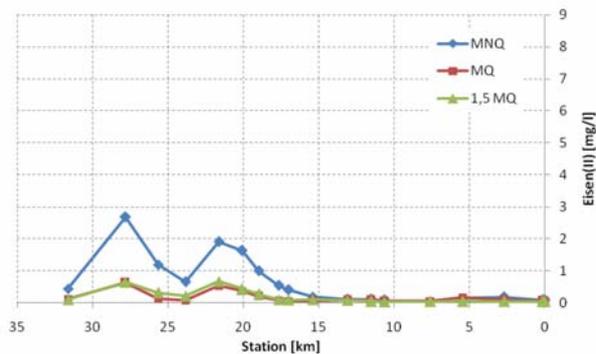


Abbildung 103: mittlere Konzentration von Eisen(II) im Längsverlauf der Pleiße bei unterschiedlichen Abflusssituationen (Jahr 2008) [6e]

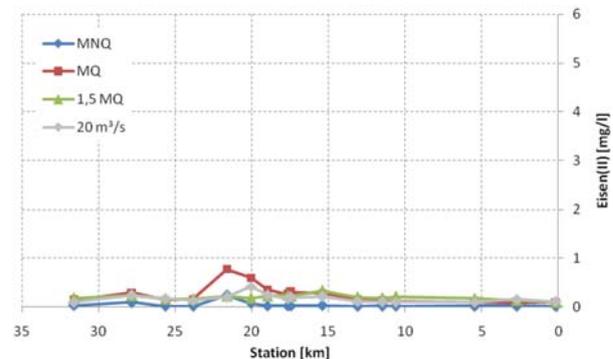


Abbildung 104: mittlere Konzentration von Eisen(II) im Längsverlauf der Pleiße bei unterschiedlichen Abflusssituationen (Jahr 2009/2010) [6e]

Die grundwasserbürtigen Eiseneinträge in die Pleiße wurden durch Modellbearbeiter modelltechnisch zwischen Regis-Breitungen und Leipzig ermittelt (siehe Anlage des vorliegenden Berichts [6e]) und bilden ebenfalls eine wesentliche Grundlage für die Fließgewässersedimentmodellierung.

Die von dargestellte Gesamtbelastung der Pleiße aus der Kippe Witznitz mit 10,5 g/s Eisen (ges.) stimmt mit der Messwerten von SGL gut überein. Für die Jahresscheiben 2008 und 2009 ergeben sich in der Detailauswertung für die Kippe Witznitz vergleichbare Belastungsbedingungen. Bemerkenswert ist, dass die im Jahr 2008 eingeleitete MIBRAG-Belastung eine ähnliche Größenordnung von 8 g/s Eisen (ges.) erreichte.

Einfluss unterschiedlicher Sedimentationszustände auf die Hydraulik des modellierten Fließgewässers

Die Frage, in welchem Maß die Sedimentation der Eisen- und Schwebstofflocken durch Sedimentakkumulation die Modellhydraulik und damit rückgekoppelt den Stofftransport beeinflusst, ist für die Beurteilung der Abbildungsgüte des Modells bzw. die Modellwahl wichtig.

Aus diesem Grund wurde mit dem Modell HEC-RAS getestet, wie sich bei MNQ-Bedingungen eine unterschiedlich starke Sedimentation in den Rückstauabschnitten der Wehre auf die Hydraulik auswirkt.

Im Ergebnis dieser Analyse wurde vom Bearbeiter festgestellt, dass im Rahmen der Arbeitsphase des grundlegenden Eisenmodells nicht die Notwendigkeit besteht, die Rückwirkung des Sedimentationsprozesses auf die Hydraulik bzw. die Stofftransportverhältnisse abzubilden.

Häufigkeit des Auftretens von Sedimentausräumungen durch Resuspension

Im weiteren Verlauf wurde der Aspekt der Häufigkeit des Auftretens von Sedimentausräumungen durch Resuspension in den Stauhaltungen und frei fließenden Abschnitten untersucht.

Dazu wurden mit dem Modell HEC-RAS exemplarisch die Abflusszustände 2 m³/s, 5 m³/s, 10 m³/s und 30 m³/s berechnet und an 13 gleichmäßig über den Längsschnitt verteilten Querprofilen in rückgestauten und frei fließenden Abschnitten die Querverteilung der Fließgeschwindigkeit und der weiteren hydraulischen Parameter einschließlich Schubspannung mit jeweils 10 Querprofilpunkten bestimmt.

Die Auswertung ergab,

- ab einer mittleren Fließgeschwindigkeit von $> 0,5$ m/s im Querprofil findet praktisch keine Sedimentation statt,
- ab dem Unterschreiten einer Fließgeschwindigkeitgrenze von ca. 0,2 m/s nimmt das Gesamte Querprofil an der Sedimentation Teil und
- für den Übergangsbereich wird eine Rampenfunktion in erster Näherung als Gerade angesetzt.

Rampenfunktion für die Berücksichtigung der frei fließenden Abschnitte bezüglich teilweiser Sedimentation

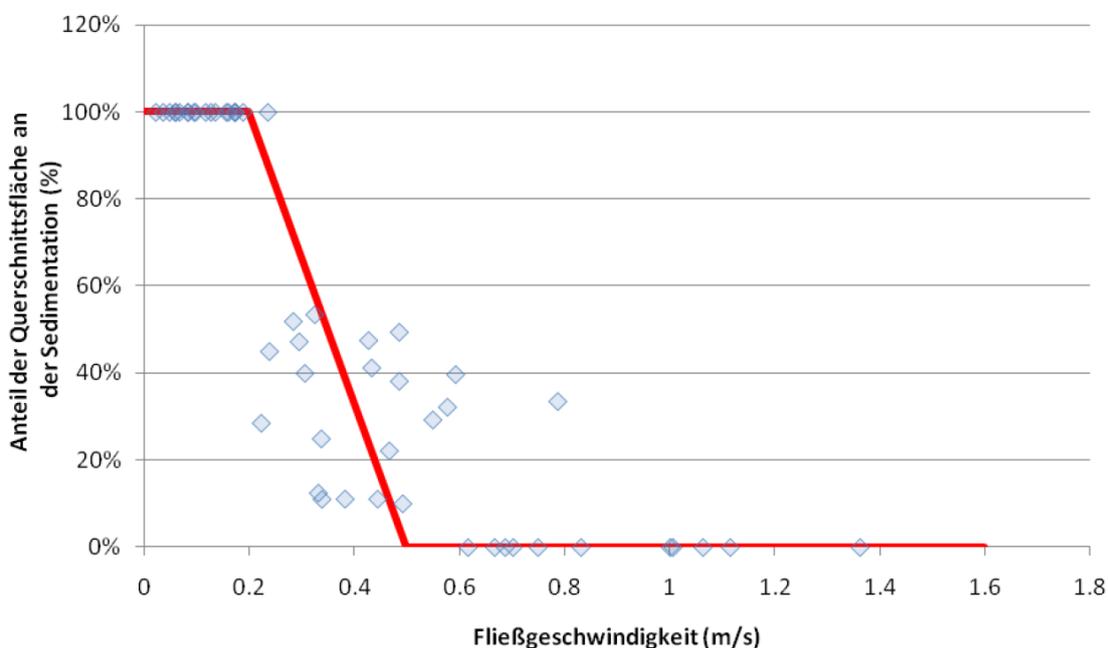


Abbildung 105: Ableitung einer Rampenfunktion (rote Linie) für die Berücksichtigung einer Teilsedimentation in den frei fließenden Flussabschnitten der Pleiße [6e]

Für die Betrachtung der Häufigkeit derartiger Abflussveränderungen wurde anhand einer 30jährigen Zeitreihe für den Abfluss des Pegels Böhlen zwischen 1980 und 2009 untersucht, mit welcher Häufigkeit welche Dauer von Phasen niedrigen Abflusses mit bevorzugter Sedimentation auftreten:

- In 5 % und 15 % der Fälle dauern Sedimentationsphasen nur 1 bzw. 3 Tage an.
- In 50 % der Fälle hält eine Sedimentationsphase 21 Tage an.
- In 85 % der Fälle ist eine zusammenhängende Sedimentationsphase von 83 d zu erwarten.
- In 95 % der Fälle ist die Dauer der Sedimentationsphase kürzer als 148 d.

4.4.2 Konzipierung des Eisenbausteins und Modellimplementierung

Gem. den vorangestellten Randbedingungen hat der Eisenbaustein primär drei **Zustandsvariablen**:

- Eisen(II, gelöst) – Eintrag über das Grundwasser bzw. Punktquellen und geringfügig durch die Vorbelastung von Pleiße und Wyhra
- Eisen(III, ges.) – Eintrag sowohl über die oben genannten Quellen als auch Zuführung über die Oxidation von Eisen(II, gel.)
- Sedimentgebundenes (bzw. sedimentiertes) Eisen – Eisen(III, Sed)

Weiterhin werden die Stoffumsatz- und Transportprozesse des Eisens ohne Wechselwirkung mit anderen physiko-chemischen und biochemischen Prozessen z.B. des Nährstoff- und Sauerstoffhaushaltes und der Schwermetalle betrachtet.

Folgende **Prozesse** wurden daher vom Bearbeiter im Eisenmodul berücksichtigt:

- Oxidation von Eisen(II) zu Eisen (III) einschließlich der Bildung von Hydroxidflocken (Oxidationsreaktion 1. Ordnung),
- Sedimentation der Eisenflocken und Sedimentbildung nach KRONE (1962),
- Resuspension der Eisenflocken aus dem Sediment.

Detaillierte Angaben zu den Berechnungsansätzen können der Dokumentation [6e] entnommen werden.

Im Modell sind folgende **Stoffeinträge** zu berücksichtigen:

- Ausgangsbelastung der Pleiße am Pegel Regis;
- Zuflussbelastung aus Oberflächengewässern: Wyhra, kleine Pleiße (Rötha), Gösel, kleine Pleiße (Markkleeberg), Mühlpleiße und Floßgraben;
- Zuflussbelastung aus weiteren Punktquellen (Industrieabwassereinleitung, kommunale Abwassereinleitung, Zufluss aus Tagebauseen);
- Diffuse abschnittsbezogene Belastung durch zufließende Grundwässer als lateraler Zustrom

jeweils für die Parameter Abfluss (Q), Eisen(II gel) und Eisen(III, ges).

Bzgl. der **Hydraulik** und des **Stofftransportmoduls** sind folgende Rahmenbedingungen zu berücksichtigen.

Die Entwicklung und Testung des Eisenbausteins ist nur in Kombination mit einem arbeitsfähigen Modellmodul für Hydraulik und Stofftransport möglich.

Entsprechend der Aufgabenstellung ist das Modell für zwei unterschiedliche Szenariotypen zu verwenden:

- Modellanwendung für MNQ und MQ –Bedingungen mit konstanten Zuflüssen und Stoffeinträgen
Diese Modellanwendung wird primär in der Modellentwicklung und Kalibrierung/ Verifizierung sowie Testung der Auswirkung von Änderungen der Stoffeinträge auf das Modellverhalten genutzt.
- Modellanwendung für eine Zeitreihensimulation mit dem Ziel der Abbildung einer Ganglinie bei schwankenden Zuflüssen, Stoffeinträgen und Temperaturbedingungen z.B. im Rahmen eines Jahresganges der Pleiße und der Bilanzierung (Integration) der Prozesse über auszuwählende Zeiträume.

Diese Modellanwendung ist für die ökologische Bewertung des Eiseneinflusses auf die Pleiße von besonderer Bedeutung.

Aus diesen Anforderungen ergibt sich, dass das Modell den Stofftransport durch einen kombinierten Advektions – Dispersionsterm beschreiben muss. Die hydraulischen Parameter hierzu können vom Modell HEC-RAS bereitgestellt werden.

Hierzu wurden in der Voruntersuchung und Vorbereitung der Aufgabenstellung für diese Bearbeitungsstufe zwei Ansätze herausgearbeitet:

- Implementierung in das Modell CE-QUAL-W2 (V 3.6) oder
- Abbildung der Hydraulik und des Stofftransportes im Modell HECRAS mit lateraler Auflösung der Fließ- bzw. Schubspannungsgeschwindigkeiten gegebenenfalls mit dem Ansatz unterschiedlicher Sohlen im Hydraulikmodell für MNQ, MQ und > 2MQ und Entwicklung des Eisenmoduls und reduzierten Modells mit Hilfe des Entwicklungs- und Modellwerkzeugs AQUASIM

Aus den vorangegangenen Untersuchungen sind folgende Prämissen zu beachten:

- Die Prozesse des Eisenumsatzes und –transportes sind für die Pleiße grundsätzlich in einem ein-dimensionalem Modell abbildbar. Bei einer zwei-dimensionalen Auflösung des Modells ist die Quer- verteilung (laterale Verteilung) und nicht die vertikale Verteilung maßgebend.
- Die interne Rückwirkung der Sedimentation/Resuspension auf die Stofftransportbedingungen (bewegliche Sohle) ist von untergeordneter Bedeutung.

Für beide der oben genannten Ansätze wurden Untersuchungen hinsichtlich der Anwendbarkeit und Nutzbarkeit durch den Bearbeiter durchgeführt.

Im Ergebnis dieser Untersuchungen hat sich herausgestellt, dass die Anwendung von **CE-QUAL-W2** auf der Basis des gegenwärtigen Entwicklungsstandes dieses Modells **nicht geeignet** ist. Wesentliche Gründe dafür waren z. B.:

- Durch die physikalische Struktur der Verbindung der Teilströme über laterale Wehre (zwischen den Teilmodellen Hauptfließgerinne, linker und rechter Seitenbereich) und den damit verbundenen Austausch über die Differenzhöhe des Wasserstandes wird der laterale Austausch nur teilweise abgebildet, da die hydrodynamischen Effekte fehlen.
- Entsprechend ist die Abbildung des Querprofils in den flacheren Randbereichen unbefriedigend und unterliegt einer empirischen Festlegung. Mit steigender Fließgeschwindigkeit ist ebenfalls ein Anstieg der Abweichungen von der Realität zu erwarten.

- Diese Art der Kopplung für mittlere Fließgewässer stellt ein Novum dar und ist bisher nicht prinzipiell untersucht, so dass die Auswirkungen einer empirischen Festlegung der „Wehrkoeffizienten“ auf den Stofftransport im Modell und die daraus folgenden Wirkungen auf den Stoffumsatz einer langfristigen Untersuchung bedürfen.
- Die Anwendung dieses Verfahrens (nach positiver Vortestung) setzt entsprechende Modellentwicklungen (z.B. Preprozessoren, Postprozessoren) voraus, die sehr aufwendig und bisher im Modell nicht enthalten sind und einer separaten Entwicklung bedürfen.

Dagegen haben die Untersuchungen des Bearbeiters gezeigt, dass das Modelltool **AQUASIM** in Kopplung mit dem Modell HECRAS zur Spezifizierung der morphologischen und hydraulischen Struktur **geeignet** ist, die relevanten Prozesse im Modell abzubilden.

AQASIM⁴ ist als Modellrahmen an der ETH Zürich entwickelt worden, um unterschiedliche aquatische Systeme separat oder in Kopplung zu modellieren. Dies betrifft - Mischreaktoren,

- Tubularreaktoren,
- Biofilmreaktoren,
- Bodensäulen/Filter sowie
- Flüsse (eindimensional) und
- Seen (eindimensional).

Eine Kopplung zwischen diesen Reaktoren ist frei möglich.

Auf Basis des Moduls Fließgewässer wurde von einem Arbeitsteam der IWA unter Mitwirkung von BORCHARDT das River Water Quality Modell Nr. 1 (RWQM1)⁵ erstellt, das auch international genutzt wird.

Hinsichtlich der hydraulischen Eigenschaften und des Stofftransportes werden die Eingabedaten mit dem Model HECRAS vorbereitet und bezüglich des Hydraulik/Stofftransport-Moduls mit AQUASIM erfolgreich verglichen, so dass festzustellen ist, dass das AQUASIM-Modell geeignet ist, die entsprechend Aufgabenstellung für eine 1D-Modellierung erforderlichen Stofftransportbedingungen abzubilden.

⁴ Reichert 1995, Design Techniques of a Computer-Program for the Identification of Processes and the Simulation of Water-Quality Aquatic Systems. - Environmental Software 10: 199-210.

⁵ Borchardt, D. & Reichert, P., 2001: River Water Quality Model no. 1 (RWQM1): Case study I. Compartmentalisation approach applied to oxygen balances in the River Lahn (Germany), Water science and technology, 43 (5): 41–49.

Die Modellstrukturierung erfolgt über die zu definierenden Komponenten

- Kompartimente (s.o),
- Prozesse,
- Verbindungen zwischen den Komponenten und
- Variablen

Das Modell ermöglicht sowohl die Eingabe von Punktquellen als auch von lateralen Grundwasserzuflüssen sowie von Gangliniendateien. Damit sind auch die Bedingungen für eine externe Kopplung der Ergebnisse der Grundwassermodellierung mit dem Fließgewässermodell gegeben.

Bezüglich der Variablen werden verschiedene Gruppen von Variablen, welche Zustandsgrößen, Konstanten oder Abhängigkeiten darstellen, unterscheiden. Es sind sowohl volumen- als auch flächenbezogene Daten und Prozesse für die Abbildung der Stoffumsetzungen und -transportvorgängen in der fließenden Welle und am Sediment möglich.

Positiv ist, dass dadurch die Eingabe der Konfiguration des Eisenmoduls in das Modell strukturiert möglich ist und das Eisenmodell ebenfalls bezüglich der Prozesse stufenweise aufgebaut werden kann.

Durch das Vorhandensein des RWQM 1 besteht auch die Möglichkeit einer zukünftigen Erweiterung, wobei diese immer auf eine eindimensionale Modellierung begrenzt ist.

4.4.3 Ergebnisse der Entwicklung und Testung des Eisenbausteins und reduzierten Beschaffenheitsmodells für den Parameter Eisen

Morphologie und Hydraulik

Die Pleiße wird im Modell AQUASIM unter Verwendung gekoppelter Fließgewässer-Kompartimente dargestellt. Dabei erfolgt die Simulation der Hydraulik sowie ggf. von Stofftransport, Stoffumsatz oder Austausch von Substanzen zwischen dem Wasserkörper und dem Sediment in eindimensionaler Betrachtungsweise, d.h. alle Variablen werden gemittelt über den Querschnitt verarbeitet und ausgegeben.

Für die Simulation der Hydraulik sind die erforderlichen Gleichungen (St. Venant: Masse und Impulserhalt) und Variablen bereits im Modell implementiert. Zur Beschreibung der Gewässergeometrie sind folgende Größen als Funktion der Wassertiefe h vorzugeben:

(1) Durchflossene Querschnittsfläche $A = f(h)$

(2) Benetzter Umfang $U = f(h)$

(3) Breite des Wasserspiegels $B = f(h)$

Weiterhin benötigt das Modul Fließgewässer für die hydraulische Berechnung in AQUASIM als Eingangsdaten (jeweils aus dem HEC-RAS Modell entnommen):

- die Flusssohle (Höhenangaben aus Talweg inkl. Rauigkeitsangaben)
- mindestens einen Zufluss als obere Randbedingung und
- eine untere Randbedingung für den Wasserspiegel am unteren Modellrand.

Intern wird daraus errechnet:

- das Wasserspiegelgefälle,
- die mittlere Fließgeschwindigkeit,
- der Abfluss an der jeweiligen Station und
- benetzter Umfang und Querprofilfläche sowie Gewässerbreite.

Wehre bzw. Sohlabstürze werden jeweils durch die Festlegung des Wasserspiegels am unteren Modellrand des Kompartimentes abgebildet. Damit war es erforderlich, den zu untersuchenden Pleißeabschnitt in 7 Kompartimente zu unterteilen, die jeweils aufeinanderfolgend verbunden sind.

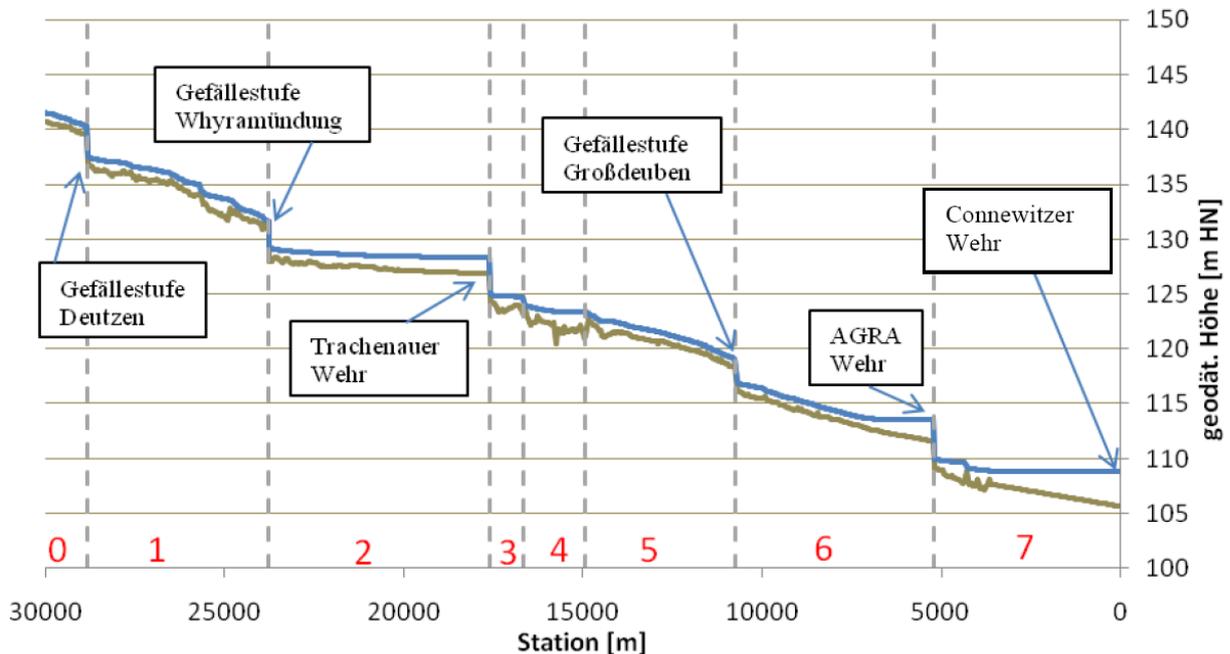


Abbildung 106: Ergebnisse der hydraulischen Modellierung (blau: Wasserspiegellage / braun: Gewässersohle) im Modell AQUASIM für die Pleiße als Grundlage für die Testung und Anwendung des Eisenmoduls [6e]

Die den Berechnungen zugrunde liegenden Abflussverhältnisse berücksichtigen sowohl die punktförmigen Zu- und Abflüsse als auch die lateralen Grundwasserzuflüsse, die ermittelt wurden, in Form einer externen Kopplung mittels Textdateien.

Die ermittelten im Rahmen des Monitorings Pleiße abgeleiteten Stoffeinträge für unterschiedliche Belastungssituationen sowie die Angaben vom Modellbearbeiter für die Belastung der eisenhaltigen lateralen Grundwasserzuflüsse [6f] (siehe Punkt 4.3) bilden in Kopplung mit den Zuflussmengen des Grundwassers die Grundlage für die Berücksichtigung der **Stoffeinträge**.

Der größte Anteil der Eisenfrachten von 87% im Jahr 2010 bzw. 80% im Jahr 2100 wird über diejenigen Fließgewässerabschnitte eingetragen, in denen die Pleiße direkt durch Kippengebiete, und zwar speziell die Kippen Regis, Deutzen, Borna-West und Witznitz, verlegt wurde. **Der überwiegende Anteil davon stammt wiederum aus der Kippe Witznitz**, wobei zukünftig die Bedeutung der Kippenzutritte aus den Gebieten Regis und Deutzen durch den Grundwasserwiederaufgang im Tagebau Vereinigtes Schleenhain zunimmt. Die Eisenzutritte aus Kippengebieten, die durch einen gewachsenen Pfeiler von der Pleiße getrennt sind (Witznitz und Deutzen teilweise, Espenhain und Zwenkau / Böhlen), liegt gemäß den Berechnungen gegenwärtig bei 9% und steigt bis 2100 auf 14%. Der Zutritt über gewachsenen Grundwasserleiter ist mit ca. 5% unbedeutend [6f].

Eisenoxidation

Die Eisenoxidation wird unter den vorliegenden Bedingungen (keine Limitierung durch erhöhte Sauerstoffdefizite und pH-Wert < 7) durch eine Reaktion 2. Ordnung beschrieben. In Anlehnungen der Erfahrungen der LMBV⁶ wurde für die Oxidationsrate ein Anfangswert $k_{ox} = 0,2 \text{ h}^{-1}$ angesetzt und im Rahmen einer Sensitivitätsbetrachtung bestätigt.

Die Abbildung 107 zeigt das Simulationsergebnis im Vergleich zu den Messwerten aus 2009.

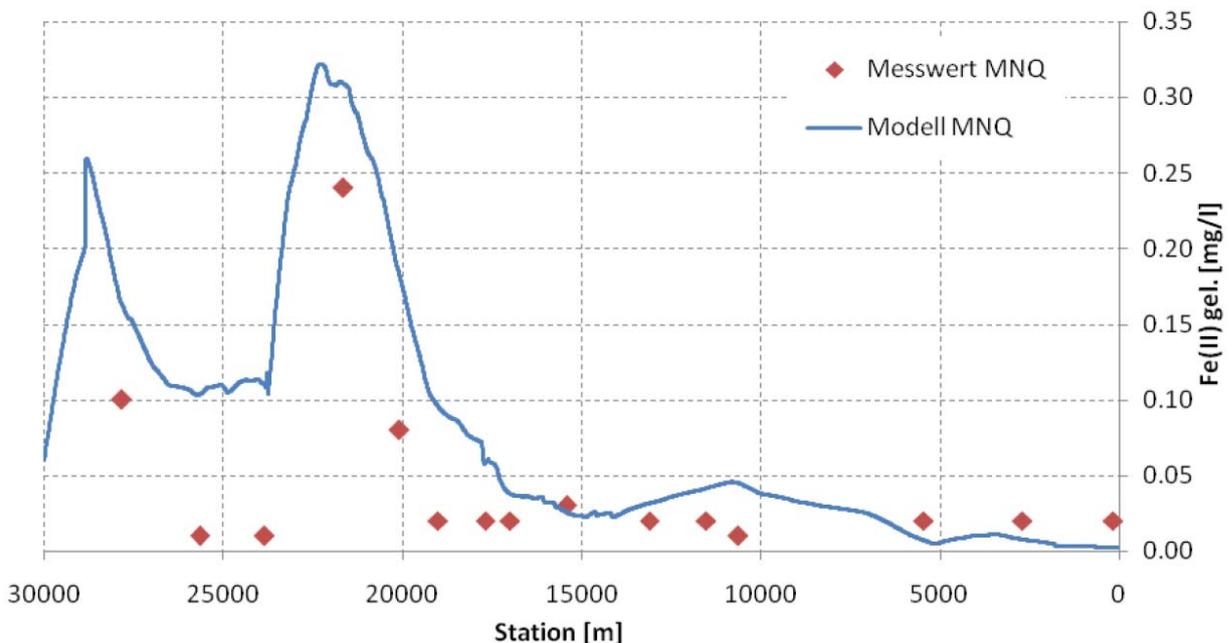


Abbildung 107: Simulationsergebnis für die Eisen(II,gel.)-Konzentration in der Pleiße am Beispiel des Jahres 2009 für die MNQ -Situation. Im Jahr 2009 war die Vorbelastung durch die MI-BRAG-Einleitung in Deutzen reduziert [6e]

⁶ UHLMANN: Hydrochemische Modellierung der Eisenausfällung in bergbaulich beeinflussten Fließgewässern. workshop „Aquatische Modellierung an Bergbauseen“, UFZ Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH, Department Seenforschung Magdeburg, 06. April 2004

Im Ergebnis der Betrachtungen des Bearbeiters wurde festgestellt, dass auf Basis der angesetzten Stoffeinträge und eines temperaturabhängigen Oxidationsprozesses mit einer Reaktionsrate 1. Ordnung der Eisen(II, gel.)-Gehalt der Pleiße gut abgebildet werden kann. Eine weitere Verfeinerung des Eisenbausteins für diesen Prozess bzw. eine Überarbeitung der Kalibrierung ist nicht notwendig. Gleichzeitig zeigt das Modell damit, dass es in der Lage ist, die Stoffumsatz- und Transportprozesse in der fließenden Welle adäquat abzubilden.

Sedimentation

Während die Eisenoxidation zu einer Umwandlung des Eisen(II) zu Eisen(III) führt und keine Veränderung der Gesamteisenkonzentration in der fließenden Welle bewirkt, ist die Sedimentation eine entscheidende Verlustgröße für den Eisengehalt in der fließenden Welle.

Dabei kann nur Eisen(III) in Form von Eisenhydroxid als Flocke sedimentieren. Die dabei stattfindenden Mitflockungs bzw. -fällungsreaktionen anderer Substanzen bleiben dabei im Rahmen dieser Aufgabengstellung unberücksichtigt.

Im Rahmen des Pleißemonitorings wurden aus den durchgeführten Teller- und Zylinderfallenuntersuchungen folgende mittlerer Parameter abgeleitet:

- Sedimentationsrate (v_{sedmax}): 7 ... 20 m/d
- Kritische Geschwindigkeit (v_{crit}): 0,10 ... 0,25 m/s

Der Sedimentationsprozess wurde ergänzend in den Eisenbaustein implementiert. Die Sensitivitätsuntersuchungen der Parameter v_{sedmax} und v_{crit} ergaben, dass die Simulationsergebnisse stärker durch v_{crit} als von v_{sedmax} beeinflusst werden.

Dies ist zu erklären durch den die Sedimentationsbereiche in die Fließstrecke durch v_{crit} begrenzenden Effekt, d.h. es werden nur Langsamfließstrecken bzw. Rückstaubereiche der Wehre berücksichtigt, deren Fließgeschwindigkeit geringer als v_{crit} ist. Durch den Parameter v_{sedmax} wird wesentlich die Intensität der Sedimentation in den rückgestauten Abschnitten bestimmt.

Die in Abbildung 108 dargestellten Eisen(III, ges.)-Konzentrationen sind in den frei fließenden Abschnitten (mit $v < 0,5$ m/s) etwas geringer, zeigen aber insgesamt eine gleiche Tendenz an. Damit bestätigt sich die aus den Sedimentuntersuchungen gewonnene Erkenntnis, dass die Langsamfließstrecken für die Sedimentation des Eisens entscheidend sind, während in den Seitenräumen (Uferbereichen) der frei fließenden Gewässerabschnitte mit einer Fließgeschwindigkeit $< 0,5$ m/s sich nur vergleichsweise geringe Mengen an Sedimenten akkumulieren.

Der Einfluss der Resuspension in MNQ-Situationen ist insgesamt eher gering einzuschätzen.

Die Abbildung 108 zeigt aber, dass es bei Nicht-Berücksichtigung dieses Prozesses im Modellergebnis zur Unterschätzung von Fe(III)-ges. bzw. Gesamteisen kommt. Die Auswirkung der Resuspension auf den Eisenhaushalt der Pleiße wird nachfolgend verdeutlicht.

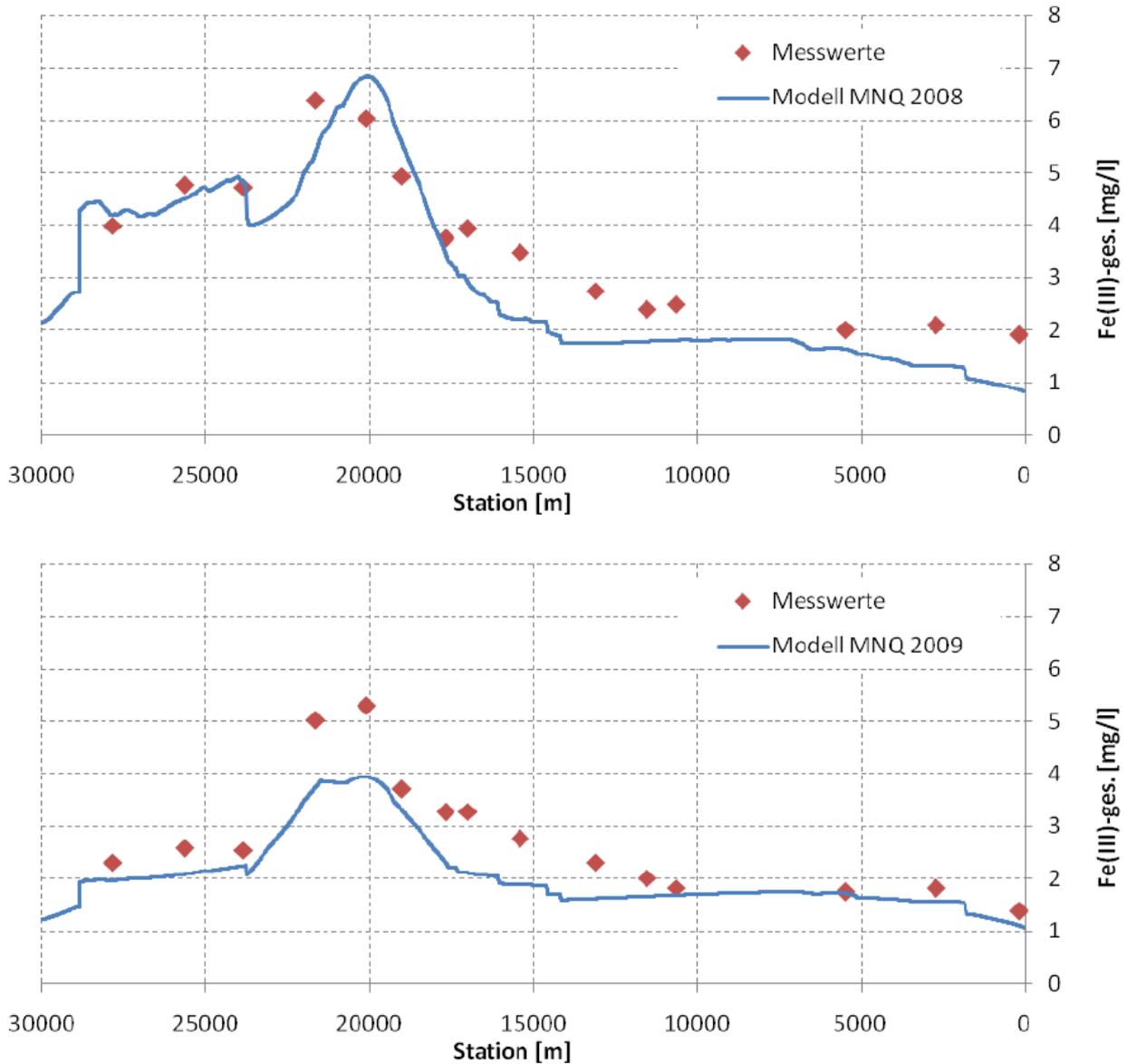


Abbildung 108: Ergebnisse der Simulation der Situation MNQ 2008 und MNQ 2009 für den Parameter Eisen(III)-ges. unter Berücksichtigung der Sedimentationsprozesse in den langsam fließenden Flussabschnitten und den frei fließenden Bereichen (Sedimentation nur in Ufernähe) [6e]

Resuspension

Die vorangegangenen Ausführungen zur Sedimentation haben bereits gezeigt, dass für Abflüsse > MNQ die Resuspension mit zu berücksichtigen ist. Für die Resuspension der Eisenpartikel aus dem Sediment der Pleiße stehen gegenwärtig keine Messwerte oder Parameter zur Verfügung. Es handelt sich hierbei um einen komplizierten Prozess, der u.a. auch von der Konsolidierung des Sediments (d.h. der Zeitdauer von Niedrigwassersituationen) abhängig ist.

Unabhängig davon wurde untersucht, wie sich theoretische Annahmen zur Sedimentresuspension auf das Pleißmodell auswirken. Das Kapitel zur Sedimentation hat bereits gezeigt, dass für Abflüsse > MNQ die Resuspension mit zu berücksichtigen ist.

Im Modell wird dabei das resuspendierte Eisen der Eisen(III,ges.)-Menge der fließenden Welle zugeschlagen und einer nachfolgenden Sedimentation unterworfen. Es wird mangels von Messergebnissen zuerst von einheitlichen Schwebstoffparametern ausgegangen.

Am Beispiel der Situation MQ 2009 wurde der Einfluss der Schwebstoffparameter α und m auf das Simulationsergebnis des Eisengehaltes der fließenden Welle verdeutlicht (Abbildung 109 sowie Abbildung 110).

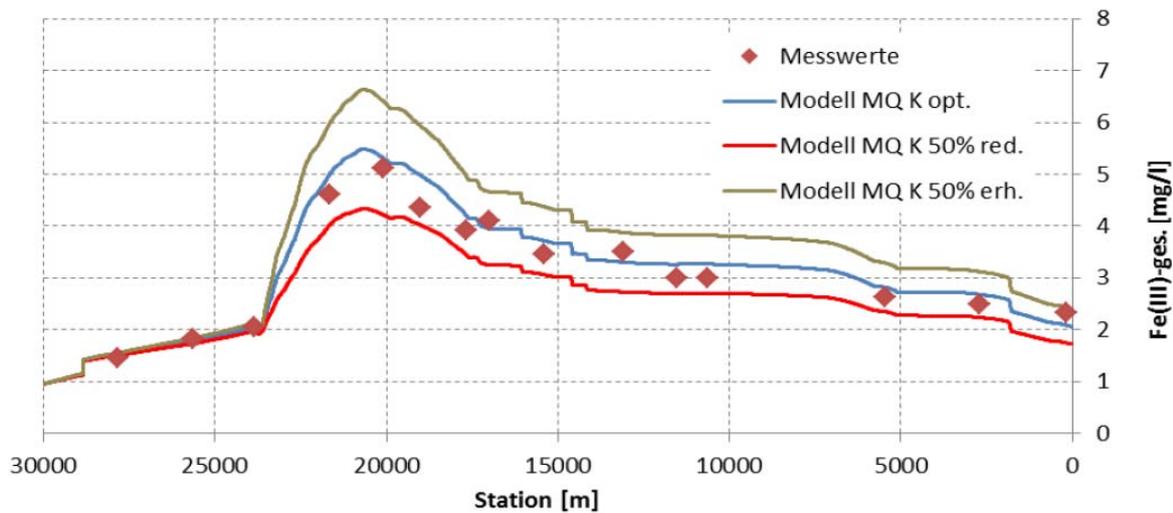


Abbildung 109: Sensitivitätsanalyse der Auswirkung des Resuspensionsparameters $K = \alpha$ ($0,2 \dots 5 >$) bei $m = 1$ (konstant) auf den Eisengehalt der fließenden Welle für die Situation MQ 2009 [6e]

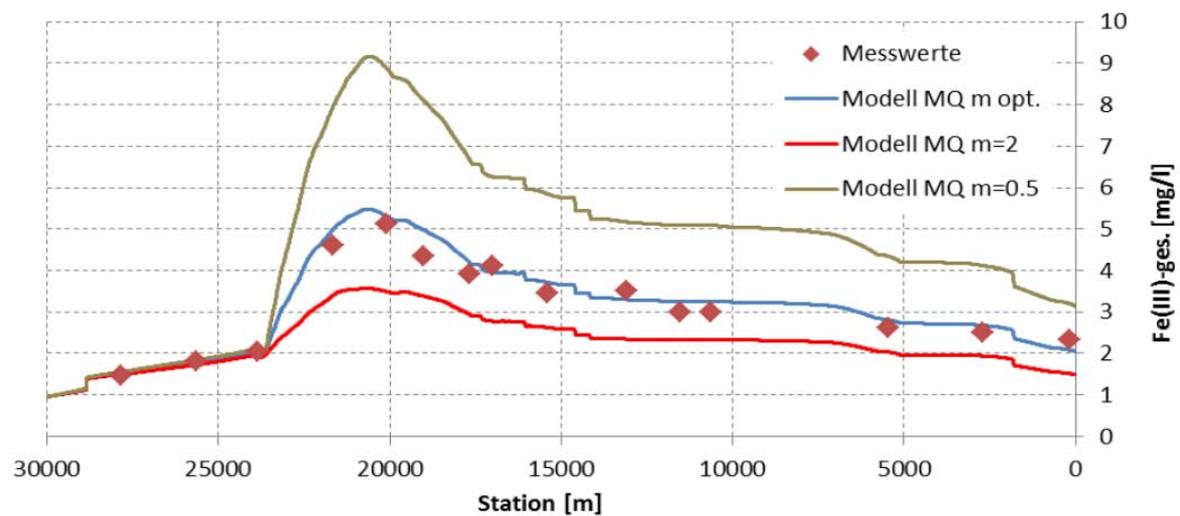


Abbildung 110: Sensitivitätsanalyse der Auswirkung des Resuspensionsparameters $K = \alpha$ ($1,0$ konstant) bei $m = 1$ ($0,5 \dots 2$) auf den Eisengehalt der fließenden Welle für die Situation MQ 2009 [6e]

Dabei deutet sich an, dass bezüglich der Resuspension für den Bereich des Trachenauer Wehres (Station 17.600 bis ca. 23.000) sich Werte für die Konstanten $m = 1$ und $\alpha = 1 \dots 5$ flussabschnittsweise differenziert als die sinnvollsten erweisen. Damit kann der Anstieg des suspendierten Eisens in der Pleiße in dem Flussabschnitt ab dem Trachenauer Wehr bis zum Connewitzer Wehr gut abgebildet werden. Die hauptsächliche Resuspensionsleistung tritt dabei in dem Abschnitt zwischen der Wyhamündung und dem Trachenauer Wehr auf, in dem die Hauptlast an Eisen aus der Kippe Witznitz eingeleitet wird.

Auch in der nachfolgenden Fließstrecke findet noch eine weitere Resuspension statt bzw. ist die Sedimentation im Modell zu gering, so dass hier noch weitere Betrachtungen notwendig sind, die auch höhere Abflüsse in die Betrachtung einbeziehen.

Zu beachten ist dabei, dass die experimentelle Ermittlung der Resuspension in-situ in Fließgewässern gegenwärtig nicht methodisch gesichert ist (Kozerski 2006).

Die Simulation der Messung von SGL bei ca. 20 m³/s Abfluss in der Pleiße wird mit diesem Ansatz verteilter Konstanten in den Flussabschnitten mit gleicher Größenordnung wie bei MQ hinreichend genau abgebildet. Dabei ist zu beachten, dass es sich hierbei um eine Einzelmessung als Stichprobe handelt, die das Verhalten der Schwebstoffe in der Pleiße bei diesen erhöhten Abflüssen nur grundsätzlich abbilden kann.

Im Ergebnis der Entwicklung und Testung des Eisenbausteins und des reduzierten Beschaffenheitsmodell kommt der Bearbeiter zu folgendem Fazit:

„Es ist insgesamt festzustellen, dass das Modell in der Lage ist, typische Gewässerzustände abzubilden. Die Datenbasis für die kausale Bestimmung der Parameter steht trotz der intensiv durchgeführten Untersuchungen nur begrenzt zur Verfügung. Insbesondere sind durch weitergehende Messungen mit Tellerfallen die Parameter v_{crit} und v_{sedmax} genauer zu bestimmen – mit dem Ziel gegebenenfalls Abhängigkeiten z.B. vom Eisengehalt der fließenden Welle bzw. der Flocken auf die Sedimentationsparameter ableiten zu können.

Mit dem erreichten Modellstand können für den Abflussbereich zwischen MNQ und MQ die Prozesse der Stoffumsetzung und Sedimentation grundlegend richtig abgebildet werden. Für die resuspendierten Sedimentpartikel sind nach Möglichkeit die Sedimentationsparameter separat zu bestimmen, um diese Partikel für die Sedimentation bei erhöhten Abflüssen berücksichtigen zu können. Der gewählte Resuspensionsansatz ermöglicht zwischen MQ und Hochwasserabflüssen szenariobezogen das Verhalten der Schwebstoffe grundsätzlich richtig abzubilden.

4.4.4 Beschreibung des Sedimentationsgeschehens in der Pleißefließstrecke in Abhängigkeit vom Abfluss

Zum Verständnis des Sedimentationsgeschehens in der Pleiße wurde für 5 Abflusszenarien die Flächen- und querschnittsbezogene Sedimentationsrate in der Pleiße für das Szenario 2010 auf Basis der vom Modellbearbeiter ermittelten Grundwasserzuflüsse im Modell ausgewertet.

Die in Tabelle 34 dargestellten Abflusszenarien werden auch für die folgende Szenarioanalyse verwendet und kennzeichnen das Abflussverhalten über einen weiten Bereich des typischen Abflussjahresganges (zwischen MNQ und $Q = 20$ m³/s sind ca. 85 ... 90 % der Abflusssituationen in der Pleiße erfasst)

Unterszenario	MNQ	MNQ_MQ	MQ	1,5 MQ	20m³/s
2010	Nullvariante				
Abfluss Regis	1,16	2,25	3,3	5,62	14,6
Abfluss Pegel Böhlen	3,08	4,55	5,97	8,92	20,2
Abfluss Connewitzer Wehr	3,18	4,64	6,07	9,03	20,4
2100	Szenario 3				
Abfluss Regis	1,16	2,25	3,3	5,62	14,6
Abfluss Pegel Böhlen	2,35	3,82	5,24	8,19	19,5
Abfluss Connewitzer Wehr	2,46	3,89	5,35	8,29	19,6

Tabelle 34: Charakterisierung der Abflussverhältnisse zwischen MNQ und einem Abfluss von ca. 20 m³/s am Pegel Böhlen durch fünf Abflussszenarien als Unterszenarien für die zu untersuchenden Szenarien Nullvariante und Szenario 3 Bewirtschaftungsszenario mit Reduzierung der Grundwasserneubildungsrate in der Kippe Witznitz um ca. 75 % für die Jahresscheiben 2010 und 2100 [6e]

Die Abbildung 111 verdeutlicht, dass die hauptsächliche Sedimentation bei Niedrigwasserverhältnissen im Bereich zwischen der Wyhra-Mündung und dem Trachenauer Wehr mit einer hohen Intensität von 10 ... 20 g/m².d Fe als Eisensedimentation stattfindet.

MNQ

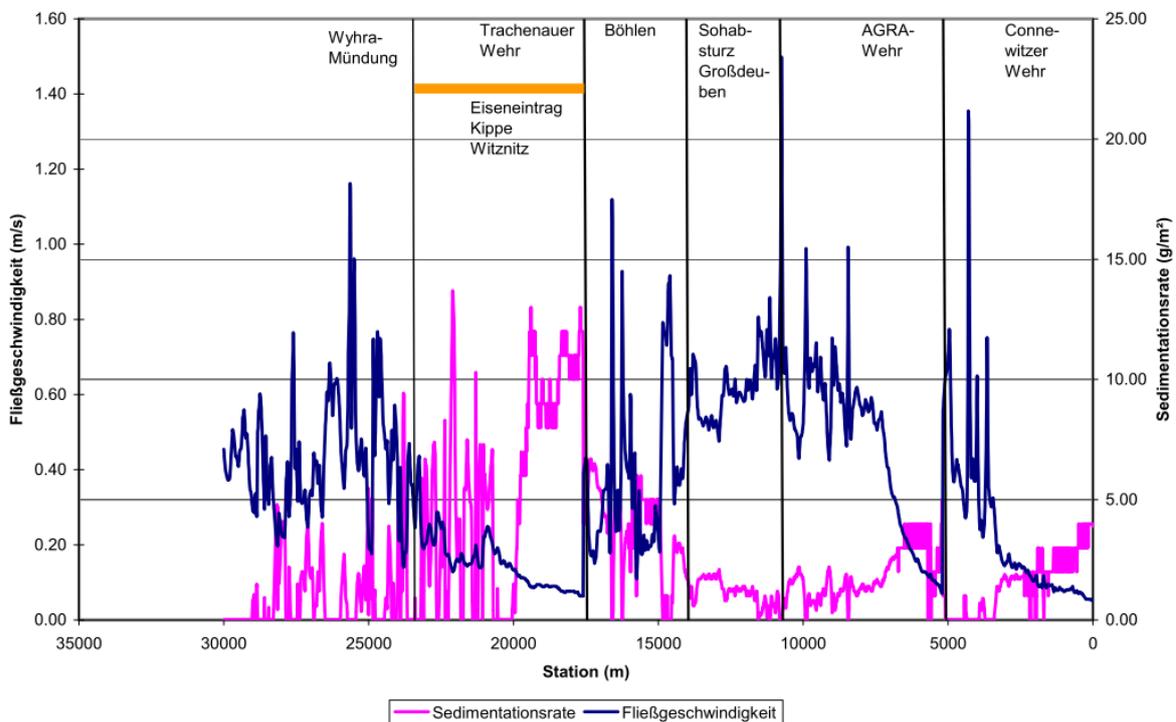


Abbildung 111: Längsprofil der Sedimentationsrate für Eisenflocken in der Pleiße für die Abflussszenarien MNQ und MNQ_MQ auf Basis der Nullvariante 2010 [6e]

„In den vor und nachgelagerten nicht rückgestauten Fließstrecken beträgt die flächenbezogene Sedimentationsrate 2 ... 5 g/m².d Fe. Auf Grund der reduzierten Eisen(ges)-Konzentration unterhalb des Trachenauer Wehres ist in den Rückstaubereichen des AGRA- und Connewitzer Wehres die Eisensedimentation unter diesen Abflussbedingungen signifikant geringer ausgebildet mit Spitzenwerten von ca. 5 g/m².d Fe.“

In den frei fließenden Abschnitten wird dabei überwiegend die Sedimentation nur in den Seitenbereichen der Flussquerschnitte wirksam. Es wurde weiterhin festgestellt, dass dieses grundsätzliche Sedimentationsverhalten auch für MQ-Verhältnisse noch im Wesentlichen gilt, die Sedimentationsraten sind hier ähnlich ausgeprägt.

Bei einer weiteren Steigerung des Abflusses (< MQ bis MHQ) steigt die Fließgeschwindigkeit so stark an, dass im Trachenauer Wehr praktisch keine Sedimentation stattfindet, sondern beginnend ab der Mündung der Wyhra bis zum Wehr die Resuspension der frisch abgesetzten Flocken dominiert.“

20 m³/s

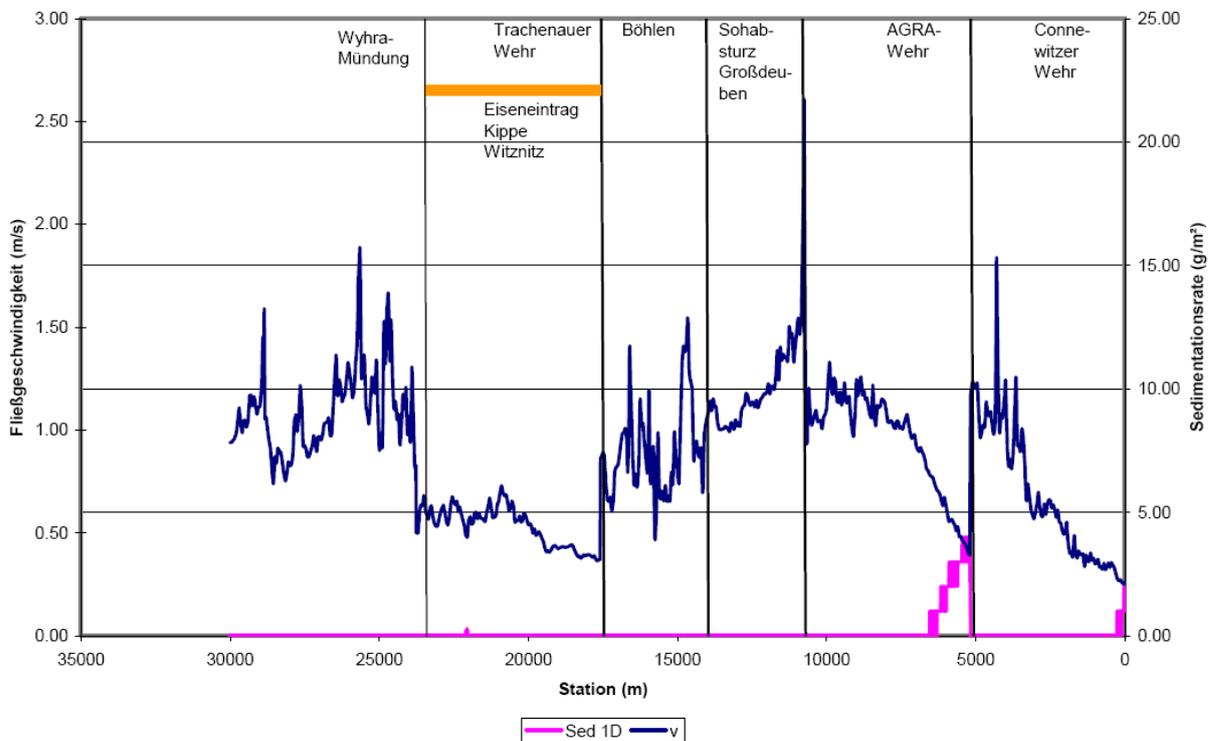


Abbildung 112: Längsprofil der Sedimentationsrate für Eisenflocken in der Pleiße für das Abflussszenario 20 m³/s auf Basis der Nullvariante 2010 [6e]

Unter diesen Bedingungen der starken Sedimentresuspension und des damit verbundenen Anstiegs der Gesamteisenkonzentration auf > 5 mg/l Fe(ges) kommen die Rückstaubereiche des AGRA-Wehres und Connewitzer Wehres stärker als bei Niedrig-Mittelwasserbedingungen als Zwischenablagerungsort zur Geltung. Bei MHQ ist damit zu rechnen, dass auch diese eisenbelasteten Sedimente ausgeräumt werden. Dieser Effekt zeigt sich bereits ab dem Abflussszenario 20 m³/s.

„Bezüglich der Intensität sind drei Bereiche der Sedimentation zu unterscheiden:

- Intensive Sedimentation mit Sedimentationsraten von 10 ... 20 g/m².d Fe, durch welche der Lebensraum des Benthos negativ überprägt wird mit dem Hauptschwerpunkt des Trachenauer Wehres im überwiegendem Zeitraum des Jahres,
- mittlere Sedimentationsintensität 2 ... 10 g/m².d Fe und
- niedrige Sedimentationsintensität < 2 g/m².d Fe, die praktisch nur in den stärker frei fließenden Flussabschnitten auftritt und noch weniger beeinflusste benthische Strukturen erwarten lässt.

Es wurde festgestellt, dass im Rückstaubereich des Trachenauer Wehres pro Meter Fluss zwischen MNQ und MQ bis 600 g/m.d Fe als Eisen(III)ges sedimentieren. Damit wird ein wesentlicher Anteil der aus der Kippe Witznitz eingeleiteten Eisenfracht bereits im Trachenauer Wehr selbst sedimentieren und erst bei Wasserführungen > 1,5 MQ weiter transportiert (in weniger als 10 ... 15 % des Jahres).

Auch bei MNQ ist in dem frei fließenden Abschnitt zwischen Böhlen und dem Rückstaubereich des AGRA-Wehres praktisch keine merkliche Sedimentationsleistung festzustellen. Im stark ausgebauten Flussabschnitt zwischen km 15 und 8 wären demnach gegenwärtig die günstigsten Bedingungen für die Realisierung des ökologischen Potenzials für die Pleiße gegeben.

Bei 1,5 MQ sind nur noch die Rückstaubereiche mit 50 ... 100% der Querschnittsfläche an der Sedimentation beteiligt, während bei einem Abfluss von 20 m³/s keine wesentlichen Flächenanteile der Querprofile an der Sedimentation teilnehmen. Die im Modell abgebildeten Sedimentationsraten stimmen dabei grundlegend mit den von SGL aus Bilanzen abgeleiteten Sedimentationsraten für Eisen überein.

4.4.5 Szenariobetrachtung

Grund- bzw. Nullvariante

Dieses Szenario resultiert aus dem Grundwasseranstieg ohne die Durchführung separater Bewirtschaftungsmaßnahmen zur Minderung der Eisenbelastung der Pleiße. Die Daten für die Jahresreihen 2010, 2015, 2027, 2040 und 2100 bezüglich der Grundwasserzuluflussmenge und Eisenbelastung wurden vom Modellbearbeiter ausgewiesen (Teilbericht in [6e]).

Bilanzgebiet	Fluss-Km	Beschreibung	2010	2015	2027	2040	2100
1	31,7 - 28,8	Regis - Gefällestufe Deutzen	150	147	197	238	294
2	28,8 - 25,6	Gefällestufe Deutzen - Eintritt ins Gew. bei Lobstädt	89	88	120	140	175
3	25,6 - 23,8	Eintritt ins Gew. bei Lobstädt - Wyhramündung	91	93	93	98	113
4	23,8 - 21,5	Wyhramündung - Eintritt ins Gew. bei Neukieritzsch	905	889	883	865	739
5	21,5 - 17,6	Eintritt ins Gew. bei Neukieritzsch - Tr. Wehr	24	54	114	148	96
6	17,6 - 14,2	Tr. Wehr - Göselmündung	17	18	20	21	21
7	14,2 - 10,8	Göselmündung - Sohlabsturz Großdeuben	31	36	41	43	44
8	10,8 - 5,2	Sohlabsturz Großdeuben - AGRA-Wehr	14	17	19	19	20
9	5,2 - 0,0	AGRA-Wehr - Connewitzer Wehr	12	12	13	12	13
1 bis 3	31,7 - 23,8	Regis - Wyhramündung	330	327	410	475	582
4 bis 5	23,8 - 17,6	Wyhramündung - Trachenauer Wehr	929	944	996	1013	835
6 bis 9	17,6 - 0	Trachenauer Wehr bis Connewitzer Wehr	73	83	92	95	98
		Summe	1332	1354	1499	1583	1516

Tabelle 35: Charakterisierung der Eisenbelastung der Pleiße (Angaben in kg/d Eisen) aus der Bilanzierung der Grundwasserzuluflüsse zur Pleiße mit besonderer Berücksichtigung der Kippe Witznitz [6e]

„Die Tabelle 35 verdeutlicht dabei ein insgesamt zu erwartendes weiteres stetiges Wachsen der Eisengesamtbelastung der Pleiße bis zum Jahr 2040 mit einem weitgehenden Plateau bis 2100 ohne weitere Bewirtschaftungsmaßnahmen. Die Eisenbelastung nimmt dabei um ca. 19 % zu, so dass keine qualitative Veränderung des Eisenhaushaltes der Pleiße zu erwarten ist. Der Rückstaubereich des Trachenauer Wehres „übernimmt“ damit sowohl die Aufgabe die oberhalb eingeleiteten Eisenmengen zu sedimentieren als auch die aus der Kippe Witznitz eingeleiteten zu „behandeln“. Die Null-Variante stellt den ungünstigsten Fall für die Beschaffenheitsentwicklung der Pleiße dar.“

Im Ergebnis der Modellberechnungen unter Berücksichtigung der prognostizierten Eiseneinträge über das Grundwasser wurden folgende Feststellungen vom Bearbeiter getroffen:

Die Niedrigwasserbedingungen bilden den Einfluss der Veränderung der prognostizierten Eisenbelastung der Pleiße auf die Wasserbeschaffenheit bezüglich der Parameter Eisen(II),gel, Eisen(III)ges und Eisen(ges) am stärksten ab.

Dabei zeigt sich, dass die Belastung der Pleiße durch den bis zum Jahr 2100 steigenden Grundwasserzufluss bei MNQ von ca. 0,4 ... 0,5 mg/l Fe(II) auf bis zu 0,7 mg/l Fe(II) ansteigen wird. Damit erfüllt dieser obere Abschnitt der Pleiße nicht die Qualitätsanforderungen für ein gutes ökologisches Potenzial.

Zwischen Wyhra-Mündung und Trachenauer Wehr werden Maximalkonzentrationen von 1,2 ... 1,4 mg/l Fe(II) auftreten, wie sie auch gegenwärtig beobachtet werden. Im Ergebnis der Eisenoxidation im Rückstaubereich des Trachenauer Wehres wird unterhalb dieses Wehres ein Zielwert von 0,2 mg/l Fe(II) bei MNQ im Wesentlichen eingehalten.

Die Eisen(III),ges bzw. Eisen(ges)-Entwicklung verhält sich für dieses Szenarium im Zeitraum 2010 bis 2100 analog. Die Prognosen zeigen, dass ab 2040 bei MNQ eine Gesamteisenkonzentration von < 2 mg/l Fe zu erwarten ist. Aus diesen Prognosen ist zu erkennen, dass bis 2027/40 die gegenwärtig bestehende Situation im Wesentlichen beibehalten wird.

Für die Abflussbedingung MQ zeigt sich ein zunehmender Verdünnungseinfluss. Der Bereich unterhalb des Trachenauer Wehres ist weiterhin bezüglich Eisen(II) unbedenklich. Durch die verstärkte Resuspension wird jedoch der angestrebte Gesamteisengehalt deutlich überschritten.

Bei einem weiteren Anstieg der Wasserführung wird das Eisen(II) stärker verdünnt, jedoch andererseits durch die Resuspendierung der Eisenflocken und Sedimente der Gesamt-Eisengehalt über die Zielstellung noch weiter ansteigen.

Ohne die Durchführung von weiteren Bewirtschaftungsmaßnahmen zur Senkung der Eisenbelastung der Pleiße ist damit nicht zu erwarten, dass ein gutes ökologisches Potenzial erreicht wird. Im oberen Flussabschnitt der Pleiße zwischen Regis und der Wyhramündung ist eine Belastungserhöhung mit Eisen auf Grund der gegenwärtigen Kenntnisse zu erwarten⁷, die sich ungünstig auswirkt.

Durch die in intensiven Stoffumsatzreaktionen und die starke Sedimentation der oxidierten Eisenbelastung im Trachenauer Wehr sind im folgenden Flussabschnitt die Auswirkungen dieser Veränderungen gepuffert. **Für die Untere Weiße Elster werden sich damit im Rahmen der Grundvariante die zu erwartenden Bedingungen der Eisenbelastung von der gegenwärtigen nicht signifikant unterscheiden.**

⁷ Der deutliche Anstieg der Eiseneinträge von 2010 bis 2100 über die Bilanzgebiete 1 und 2 (Regis-Breitenen bis Lobstädt) in die Pleiße resultiert aus der Zunahme des Grundwasserzustroms in die Pleiße aufgrund des Grundwasserwiederanstiegs im Tagebaubereich Vereinigtes Schleenhain (siehe Abbildung 99, S.157)

Szenario 3

Im Rahmen des Szenario 3 wird gegenüber der Nullvariante durch Bewirtschaftungsmaßnahmen zur Reduzierung der Grundwasserneubildungsrate in der Kippe Witznitz nach den durchgeführten Prognosen [6f] der Eiseneintrag in die Pleiße reduziert. Es ist hierzu vorgesehen, die Bewirtschaftung der landwirtschaftlichen Flächen so zu ändern, dass die Grundwasserneubildungsrate in diesem Gebiet um 75 % sinkt (siehe Punkt 4.3, S. 186). Alle anderen Daten werden analog des Szenarios Nullvariante angesetzt.

Bilanzgebiet	Fluss-Km	Beschreibung	2010	2015	2027	2040	2100
1	31,7 - 28,8	Regis - Gefällestufe Deutzen	150	147	197	238	294
2	28,8 - 25,6	Gefällestufe Deutzen - Eintritt ins Gew. bei Lobstädt	89	88	120	140	175
3	25,6 - 23,8	Eintritt ins Gew. bei Lobstädt - Wyhramündung	91	93	93	98	113
4	23,8 - 21,5	Wyhramündung - Eintritt ins Gew. bei Neukieritzsch	905	870	615	546	494
5	21,5 - 17,6	Eintritt ins Gew. bei Neukieritzsch - Tr. Wehr	24	44	40	34	17
6	17,6 - 14,2	Tr. Wehr - Göselmündung	17	18	20	21	21
7	14,2 - 10,8	Göselmündung - Sohlabsturz Großdeuben	31	36	41	43	44
8	10,8 - 5,2	Sohlabsturz Großdeuben - AGRA-Wehr	14	17	19	19	20
9	5,2 - 0,0	AGRA-Wehr - Connewitzer Wehr	12	12	13	12	13
1 bis 3	31,7 - 23,8	Regis - Wyhramündung	330	327	410	475	582
4 bis 5	23,8 - 17,6	Wyhramündung - Tracheneauer Wehr	929	914	656	580	511
6 bis 9	17,6 - 0	Tracheneauer Wehr bis Connewitzer Wehr	73	83	92	95	98
		Summe	1332	1324	1158	1150	1192
		Anderung gegenüber Nullvariante	0	-30	-341	-433	-324
		Prozentuale Minderung der Gesamtfracht	0.0%	-2.2%	-22.7%	-27.4%	-21.4%

Tabelle 36: Charakterisierung der Eisenbelastung der Pleiße für das Szenario 3 mit dem Ansatz einer Bewirtschaftungsmaßnahme zur Reduzierung der Grundwasserneubildungsrate in der Kippe Witznitz und der daraus prognostizierten Minderung des Eiseneintrages (Angaben in kg/d Eisen) aus der Bilanzierung der Grundwasserzuflüsse zur Pleiße mit besonderer Berücksichtigung der Kippe Witznitz gegenüber der Grundvariante [6e]

Die Tabelle 36 verdeutlicht dabei, dass durch die Kopplung des Anstiegs der „Vorbeltung“ der Pleiße oberhalb der Wyhramündung entsprechend Szenario Nullvariante die prozentuale Minderung der Gesamtbelastung der Pleiße gegenüber einer auf die Kippe Witznitz konzentrierten Betrachtung reduziert ist. Hier sind insgesamt Reduzierungseffekte von 2 bis 27 % zu erwarten, wobei zu beachten ist, dass die Genauigkeit der Prognose der Eisenbelastung außerhalb des Bereiches der Kippe Witznitz geringer belastbar ist, da für die Kippe Witznitz im Rahmen des Pilotprojektes detaillierte Untersuchungen erstmalig durchgeführt worden sind.

Die Prognosen gehen davon aus, dass in dem Flussabschnitt unterhalb des Tracheneauer Wehres auch nach Abschluss des Grundwasserwiederanstieges nur eine untergeordnete zusätzliche Eisenbelastung erfolgt.

Das Szenario 3 zeichnet sich durch eine Reduzierung der Eisenbelastung der Pleiße um bis zu 40 % aus der Kippe Witznitz auf Grundlage der Prognosedaten aus (siehe [6f] bzw. Punkt 4.3, S. 186). Da die anderen Bedingungen gegenüber der Nullvariante unverändert bleiben, sind bezüglich der Vorbeltung in der Pleiße oberhalb der Wyhramündung die gleichen Effekte einer Belastungserhöhung wie in der Nullvariante in den Modellprognosen zu beobachten.

Die Änderungen durch die Reduzierung der Grundwasserneubildungsrate in der Kippe Witznitz um 75 % sind nicht so groß, dass bezüglich des Parameters Eisen(II) die Einschätzung gegenüber der Grundvariante geändert werden kann. Im Rückstaubereich des Tracheneauer Wehres sind bei MNQ Eisen(II)-Konzentrationen von 0,8 ... 1,4 mg/l Fe(II) zu erwarten.

Bezüglich des Eisen(III)-Gehaltes ist ein Erreichen der Zielwerte für MNQ bis MNQ_MQ infolge der zusätzlichen Senkung bereits ab 2027 zu erwarten. Allerdings gilt auch hier, dass bei MQ-Bedingungen infolge der steigenden Resuspension der Eisenflocken und –sedimente die Zielwerte wieder überschritten werden.

Die Resuspension bei Hochwasserbedingungen erreicht eine mit der Nullvariante vergleichbare Größenordnung der Gesamteisenhalte in der Pleiße.

Aus der Berechnung von 20 Unterszenarien (5 Abflussbereiche, 4 Zeitebenen) durch den Bearbeiter konnte für die Grundvariante und das Szenario 3 für den Ablauf des Wehres geschlussfolgert werden:

- Während in der Fließstrecke oberhalb des Trachenauer Wehres die Eisenkonzentrationen 0,1 mg/l bzw. 0,2 mg/l Eisen(II),gel ständig überschreiten, wird im Ablauf des Trachenauer Wehres und der folgenden Fließstrecke der Eisengehalt von 0,2 mg/l Eisen(II) ständig unterschritten. Der für die Jungfischentwicklung zu unterschreitende Zielwert (von 0,1 mg/l Eisen(II); siehe Punkt 4.5, S. 209) wird für die Szenarien 3 ab 2027 eingehalten.
- Für den Zeitraum 2010 bis 2017 überschreitet bei der Grundvariante der zu erwartende Eisen, ges. Gehalt im gesamten Jahr 3 mg/l Eisen(III),ges. Im Jahr 2100 wird für die Grundvariante der Zielwert von 2,5 mg/l mit 50%iger Wahrscheinlichkeit unterschritten. Die geplante Bewirtschaftungsmaßnahme erhöht im Zeitraum 2027 bis 2100 die Unterschreitungsdauer auf 50 ... 70 %, d. h. 30% Überschreitungsdauer bleiben mindestens bestehen.

Schlussfolgerungen des Bearbeiters

Bzgl. des untersuchten Szenarios 3 lässt sich zusammenfassen, dass durch diese Bewirtschaftungsmaßnahme eine Reduzierung der Eisenbelastung der Pleiße aus der Kippe Witznitz um 3 ... 43 %⁸ in den Jahresscheiben 2015 bis 2040 erreicht werden kann. Unter der Berücksichtigung der im gleichen Zeitraum steigenden Vorbelastung der Pleiße im Abschnitt oberhalb der Wyhramündung infolge des Grundwasserwiederanstiegs reduziert sich diese Belastungsminderung auf maximal 20 ... 25 %.

Auf Grund der begrenzten Belastungsminderung im Rahmen des Szenarios 3 sind in Anhängigkeit von Abfluss und Eisenparameter Absenkungen der wirksamen Eisenkonzentration zwischen 5 ... 30 % erreichbar. Dabei wird oberhalb des Trachenauer Wehres der angestrebte Zielwert von 0,1 ... 0,2 mg/l Fe(II),gel nicht erreicht. Im Flussabschnitt unterhalb des Trachenauer Wehres wird bei Abflüssen > MQ durch die Resuspension der sedimentierten Schwebstoffe und Eisenpartikel die Gesamteisenkonzentration ebenfalls über den Zielwert von 2,0 ... 2,5 mg/l Eisen,ges gesteigert.

Ohne die Durchführung von weiteren Bewirtschaftungsmaßnahmen zur Senkung der Eisenbelastung der Pleiße ist damit nicht zu erwarten, dass ein gutes ökologisches Potenzial bezüglich des Parameters Eisen erreicht wird.

Im oberen Flussabschnitt der Pleiße zwischen Regis und der Wyhramündung ist eine Belastungserhöhung mit Eisen auf Grund der gegenwärtigen Kenntnisse⁹ zu erwarten, die sich ungünstig auswirkt.

Durch die intensiven Stoffumsatzreaktionen und die starke Sedimentation der oxidierten Eisenbelastung im Trachenauer Wehr sind im folgenden Flussabschnitt die Auswirkungen dieser Veränderungen gepuffert.

⁸ Effekt aus Vergleich der Tabelle 35 (Nullvariante/Grundvariante), S. 177 und Tabelle 36, S. 179 (Szenario 3)

⁹ Anstieg der Eiseneinträge von 2010 bis 2100 über die Bilanzgebiete 1 und 2 (Regis-Breitungen bis Lobstädt) in die Pleiße aufgrund des Grundwasserwiederanstiegs im Tagebaubereich Vereinigtes Schleenhain (siehe Abbildung 99, S.157)

Es wird eingeschätzt, dass eine Reduzierung der Eisenbelastung um ca. 70 % über grundwasserbürtige Zuflüsse oberhalb des Trachenauer Wehres notwendig ist, um eine qualitative Verbesserung der Wasserbeschaffenheit der Pleiße zu erreichen und die Zielwerte für ein gutes ökologisches Potenzial der Pleiße für den Parameter Eisen zu erreichen.

4.5 Folgen auf das Fließgewässerökosystem

In den vorangegangenen Punkten wurden bereits die hydromorphologischen Verhältnisse der Pleiße beschrieben. So ist die Pleiße im untersuchten Flussabschnitt mit Ausnahme einer kurzen Fließstrecke westlich von Rötha erheblich hydromorphologisch verändert aus Gründen des Hochwasserschutzes und der für den Bergbau erforderlichen Umverlegung der Pleiße, die zu einem gestreckten, trapezförmigen Profil sowie ausgedehnten Rückstaubereichen geführt hat.

Aus Sicht der Erfüllung der EU-WRRL besteht für die Pleiße die Zielstellung ein gutes ökologisches Potenzial zu erreichen. Vor dem Hintergrund der Vorbedingungen sind die Anforderungen an die Pleiße gegenüber dem guten ökologischen Zustand reduziert.

Der signifikante bergbaubürtige Eiseneintrag führt zu einer Reihe von Auswirkungen sowohl auf die biozönotische Struktur der Pleiße als auch auf den Stoffhaushalt. Im Unterschied zu z.B. Schwermetallen ist in der Literatur der Parameter Eisen – der auch ein notwendiges Spurenelement für die Ernährung der Organismen darstellt – weniger untersucht. Die nochmalige Literaturanalyse in zeigte, dass gegenüber der Vorstudie [1a] hier keine wesentlichen neuen Aspekte vorliegen [6e].

In dem Projekt „Aufbau eines integrierten Oberflächen-Grundwassermodells mit dem Schwerpunktgebiet Obere Lethe“ [10c] werden nochmals die bekannten Zielstellungen

- < 0,1 mg/l Fe(II) bzw. Fe(gel) zur Sicherung der Jungfischentwicklung z.B. Forellen
- < 0,2 mg/l Fe(II) bzw. Fe(gel) für Salmonidengewässer
- < 0,4 mg/l Fe(II) bzw. Fe(gel) für Cyprinidengewässer

genannt.

Für die Sicherung eines guten ökologischen Potenzials der Pleiße ist für den Flussabschnitt zwischen Regis und der Mündung in die Weiße Elster zu sichern,

- eine Durchwanderbarkeit für Salmoniden und Cypriniden als Verbindung zwischen Weißer Elster und der oberen Pleiße,
- die Entwicklung eines reproduktionsfähigen Fischbestandes im untersuchten Pleißeabschnitt selbst mit der Anforderung einer Sicherung der Entwicklung der besonders empfindlichen Jungfische.

Aus diesem Grund wurde durch den Bearbeiter für die Pleiße eine Zielstellung für den Parameter Eisen(II) von 0,1 ... 0,2 mg/l Eisen(II), gel abgeleitet.

In der Vorstudie IBGW [1a] wurde für Gesamteisen ein Zielwert von 2,0 ... 2,5 mg/l Fe abgeleitet. Dieser Zielwert entspricht in vielen Gewässern ohne speziellen Einfluss durch eisenhaltige Grundwasserzuflüsse der Obergrenze der dort anzutreffenden Beschaffenheitsbedingungen. Weiterhin zeigen auch die Sedimentationsuntersuchungen, dass nur bei Eisengehalten von 2,0 ... 2,5 mg/l Eisen(ges) die Sedimentationsrate soweit begrenzt werden kann, dass in diesem wichtigen Lebensraum der Fließgewässer sich eine vielfältige Biozönose entwickeln kann.

Der Parameter Eisen_{ges} wirkt dabei im Unterschied zu Eisen(II) nicht direkt toxisch, sondern verschiebt die Lebensbedingungen u.a. durch

- die ständige Sedimentation von Eisenflocken auf die Sedimentoberfläche und das Versetzen des Porensystems des Interstitials,
- die damit einseitige Sedimentstruktur aus feinkörnigen Eisenschlämmen und Sedimenten,
- die damit verbundene Reduzierung bzw. Entfernung von Lebensräumen für die Entwicklung des Makrozoobenthos,
- damit zugleich Reduzierung der Nahrungsgrundlage und Biotope für die Fischentwicklung und
- die Trübung des Wasserkörpers und damit verbundene Behinderung des Makrophyten- und Algenwachstums. [6e]

Berücksichtigt man die o. g. zitierten Grenzwerte bei der Bewertung der Ergebnisse der Wasserbeschaffenheitsmodellierung, so sind für den Ablauf des Trachenauer Wehres folgende Entwicklungen zu prognostizieren (siehe [6e]):

- In der Fließstrecke oberhalb des Trachenauer Wehres überschreiten die Eisenkonzentration 0,1 mg/l bzw. 0,2 mg/l Eisen(II), gel. ständig.
- Im Ablauf des Trachenauer Wehres und der folgenden Fließstrecke wird der Eisengehalt von 0,2 mg/l Eisen(II) ständig unterschritten.
- Im Falle der Bewirtschaftung der landwirtschaftlichen Flächen der Kippe Kahnsdorf als Dauergrünland zur Verminderung der Grundwasserneubildung (Szenario 3) wird der für die Jungfischentwicklung zu unterschreitende Zielwert von 0,1 mg/l im Unterlauf ab 2027 eingehalten.
- Ohne Maßnahmen zur Verringerung des Eiseneintrages (Grundvariante) überschreitet der zu erwartende Eisen_{ges}-gehalt für den Zeitraum 2010-2017 im gesamten Jahr 3 mg/l Eisen(III)_{ges}.
- Im Jahr 2100 wird für die Grundvariante der Zielwert von 2,5 mg/l mit 50%iger Wahrscheinlichkeit unterschritten. Die geplante Bewirtschaftungsmaßnahme (Dauergrünland zur Verringerung der Grundwasserneubildung Kippe) erhöht im Zeitraum 2027 bis 2100 die Unterschreitungsdauer auf 50 ... 70 %, d. h. 30% Überschreitungsdauer bleiben mindestens bestehen.

Durch die im Rahmen des Pilotversuches untersuchten Bewirtschaftungsmaßnahmen auf der Kippe Wiznitz kann bereits 2027 eine vergleichbare Entlastung bezüglich des Parameters Eisen_{ges} erzielt werden, welche die ökologischen Bedingungen in der Pleiße verbessern kann. Die Eisen(III)-Konzentration entspricht dann der Konzentration von Eisen(III) ohne Maßnahmen im Jahre 2100.

Für eine qualitative Verbesserung der Wasserbeschaffenheit zum Erreichen eines guten ökologischen Potenzials der Pleiße ist eine höhere Reduzierung der Eisenbelastung von ca. 70 % notwendig. Dann können auch im Bereich des Trachenauer Wehres die ökologischen Bedingungen verbessert werden.

Untersuchungen des Makrozoobenthos zur Einschätzung der Folgen des Eiseneintrages

Im Rahmen des Gesamtprojekts erfolgte zur Einschätzung der Folgen des Eiseneintrages auf das Fließgewässerökosystem der Pleiße eine Beprobung des Makrozoobenthos am 28.03.2011 sowie am 19./20.08.2011 entsprechend den Vorgaben des Methodischen Handbuches der Fließgewässerbewertung für das Multi-Habitat-Sampling jeweils an beiden Ufern der einzelnen Probenahmestellen durch das Institut für Limnologische Untersuchungen [10a].

Zu den Beprobungen erfolgten Abstimmungen mit der Landesdirektion Leipzig, speziell zu den bereits vorhandenen Datengrundlagen, zur Methodik sowie bzgl. der Festlegung der Probenahmestellen (siehe Tabelle 33 und Abbildung 93 S. 175).

Probestelle	Lagebezeichnung	Hochwert	Rechtswert	Untersuchungsdatum
Pleiße 3	Fußgängerbrücke Lobstädt	56 66 245	45 31 446	28.03.2011 19./20.08.2011
Pleiße 6	Fußgängerbrücke Neukieritzsch	56 68 861	45 29284	28.03.2011 19./20.08.2011
Pleiße 11a	Fußgängerbrücke unterhalb Wehr Gaulis	56 72 787	45 28 378	28.03.2011 19./20.08.2011
Pleiße 11b	Fußgängerbrücke oberhalb Göselmündung	5674510	4527930	19./20.08.2011
Pleiße Markkleeberg	Markkleeberg	5682050	4526690	19./20.08.2011

Tabelle 37: Stellenbezeichnung, Koordinaten (DHDN Zone 4, Gauß Krüger) und Untersuchungsdatum der Probestellen an der Pleiße [10a]

Der Bearbeiter der Untersuchungen fasst die Ergebnisse in seinem Bericht [10a] wie folgt zusammen:

„Im März und August 2011 wurden Makrozoobenthosuntersuchungen nach den methodischen Vorgaben der EU-WRRL an der Pleiße im Umfeld des Tagebaus Witznitz durchgeführt, um einen möglichen Zusammenhang zwischen dem Eisengehalt in der Pleiße und der Makrozoobenthosbesiedlung zu ermitteln. Die schwierigen Probenahmebedingungen schränken die Aussagekraft der Ergebnisse z. T. ein, da nicht alle Habitate adäquat beprobt werden konnten. Vor allem die strömungsstärkeren Bereiche wurden unterrepräsentiert. Da hier verstärkt Taxa der Ephemeroptera, Plecoptera und v. a. Trichoptera vorkommen, ist die Bewertung der Untersuchungsstellen eher als pessimistisch zu betrachten bzw. nicht repräsentativ.

Dies betrifft v. a. die Probestelle 11b und besonders die Probestelle Markkleeberg. Die Eisengehalte in der Pleiße sind generell hoch, erreichen jedoch im Bereich des Kippengeländes (Probestelle Pleiße 6) deutlich höhere Werte (mittlerer Gesamt-Eisengehalt 2007-2009 > 5 mg/l) als in den oberhalb und unterhalb gelegenen Gewässerabschnitten (mittlere Gesamt-Eisengehalte zwischen 3 mg/l und 3,5 mg/l).

Ein Einfluss der höheren Eisenbelastung im Bereich des Tagebaus Witznitz spiegelt sich in der Gesamtbewertung des ökologischen Potenzials jedoch nicht wider, da die Einflussgröße Eisen im Bewertungsverfahren nicht direkt berücksichtigt wird.

Die Untersuchungsstellen weisen im August 2011 durchgängig ein gutes ökologisches Potenzial auf, einzige Ausnahme bildet die Probestelle Markkleeberg. Die niedrigere Bewertung des ökologischen Potenzials an dieser Stelle ist probenahmebedingt und als nicht gesichert zu betrachten.

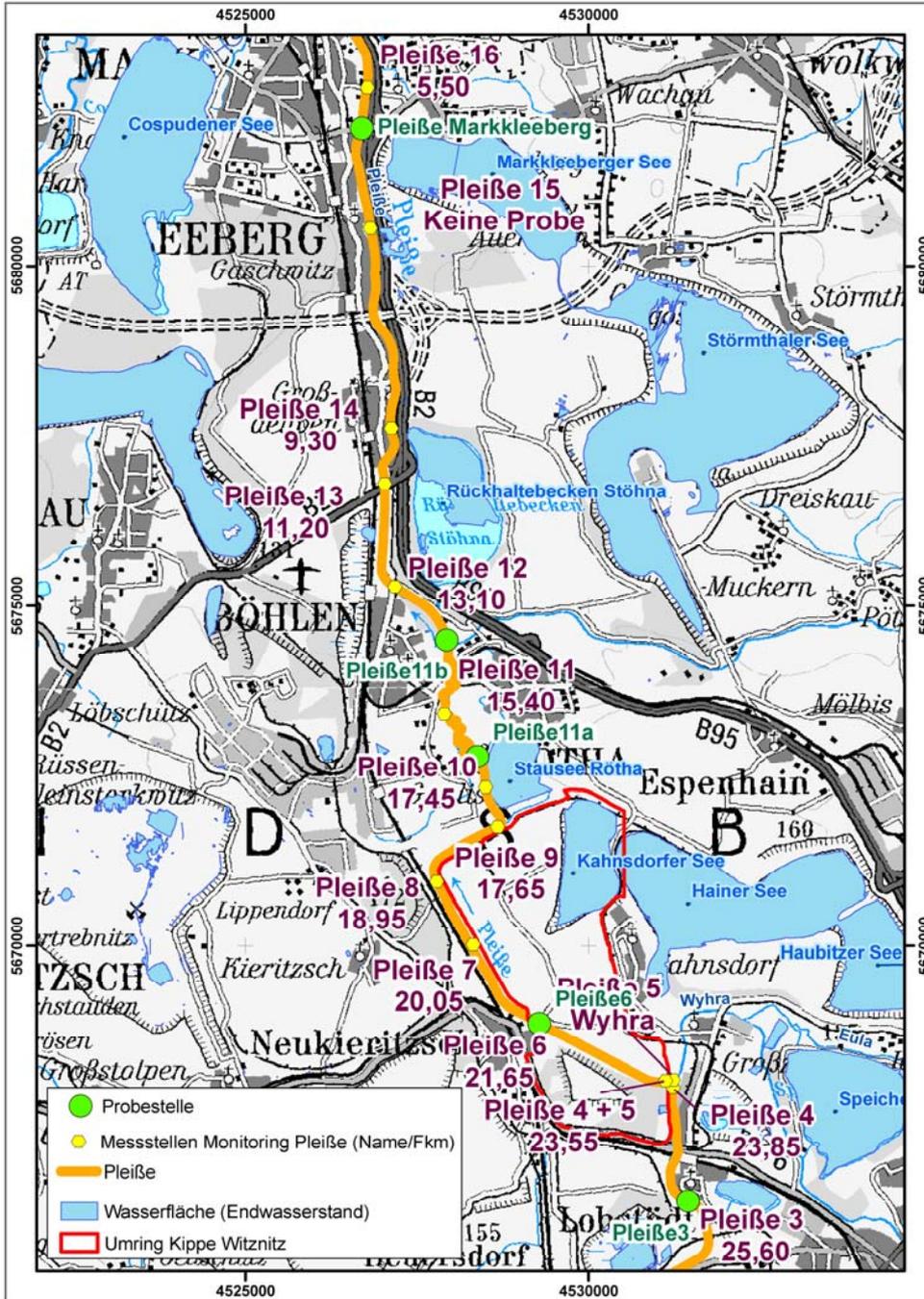


Abbildung 113: Lage der Probestellen

Das gute ökologische Potenzial kann jedoch nur formal aufgrund fehlender Werkzeuge zur spezifischen Bewertung der Eisenbelastungen bescheinigt werden, die Bewertung ist daher jeweils durch einen Fachgutachter auszuführen.

Die Ergebnisse der Makrozoobenthosuntersuchung zeigen deutliche Unterschiede in der Besiedlungsdichte, welche im Bereich des Kippengeländes bzw. der direkt unterhalb des Kippengeländes gelegenen Messstelle (Pleiße 11a) im Vergleich zur oberhalb gelegenen Nullmessstelle um 87-94 % reduziert ist. Erst im weiteren Gewässerverlauf nehmen die Individuendichten wieder zu.

Der Anteil der Ephemeroptera, Plecoptera und Trichoptera an der Makrozoobenthoszönose und die Diversität der Trichoptera sind generell zu gering für dieses Fließgewässer. Dennoch treten deutliche Unterschiede in der Besiedlung durch diese Gruppen auf, welche besonders empfindlich auf Strukturverarmung und Beeinträchtigung typischer Habitats (schnell überströmte Kiesbänke, strukturreiche Hartsubstrate) reagieren und eine erhöhte Degradation bzw. Belastung des Gewässers anzeigen. Die Anteile an EPT und die Diversität der Trichoptera sind im Bereich des Kippengeländes stark verringert.

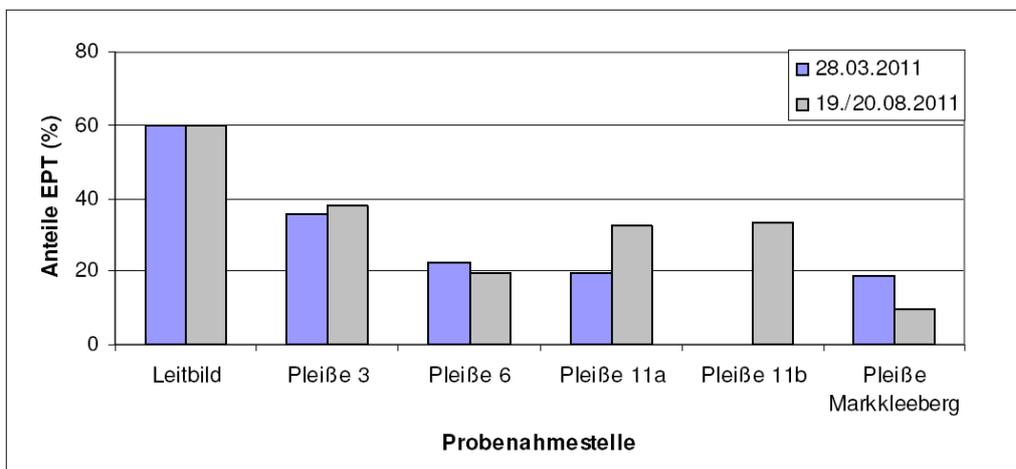


Abbildung 114:Anteile der Gruppe der EPT an der Makrozoobenthoszönose der Pleiße im März und August 2011 im Vergleich zum Leitbild des Fließgewässertypes 17 (Kiesgeprägte Tieflandsflüsse) [10a]

Aus den deutlich niedrigeren Werten der Besiedlungsdichte mit Makrozoobenthosorganismen, den geringeren Anteilen der EPT an der Makrozoobenthoszönose und der geringen Diversität der Trichoptera im Bereich des Tagebaus Witznitz lässt sich ein negativer Einfluss der acidischen eisen- und sulfatbelasteten Kippengrundwässer im Bereich des Kippengeländes und im unterhalb davon gelegenen Gewässerverlauf der Pleiße vermuten.

Ein kausaler Zusammenhang kann jedoch nicht hergestellt werden, da es bisher keine Untersuchungen zur Auswirkung von Eisen auf Makrozoobenthosorganismen gibt und eine Einstufung der Arten bezüglich ihrer Empfindlichkeit gegenüber Eisenbelastungen nicht vorliegt.

Eisen wird wahrscheinlich dort zum indirekten belastenden Faktor, wo es als ausgefälltes Eisenocker Substratflächen bedeckt und dadurch die Besiedlung dieser Flächen durch benthische Makroinvertebraten sowie durch submerse und emerse Makrophyten einschränkt und somit zu einer Strukturverarmung des Gewässers führt. Ein direkter belastender Einfluss des Eintrages acidischer eisen- und sulfatbelasteter Kippengrundwässer auf die benthische Besiedlung im Bereich des Tagebaus Witznitz liegt in der Ablagerung von Eisenocker auf den Tieren selbst, was vermutlich zu Einschränkungen der Kiemenfunktion und der Mobilität der Tiere führt.

Die Veränderungen in der Besiedlung im Zeitraum zwischen März und August sind gering und eher saisonal und methodisch bedingt als auf Veränderungen der Eisenbelastung zurückzuführen. Um einen Zusammenhang zwischen der Eisenbelastung der Pleiße und ihrer Makrozoobenthosbesiedlung herzustellen und dabei saisonale Effekte auszuschließen sind Untersuchungen über einen mehrjährigen Zeitraum mit gleichen Untersuchungszeitpunkt im Jahr erforderlich.

Besonderes Augenmerk sollte dabei auf die Artengruppen der Ephemeroptera, Plecoptera und Trichoptera gelegt werden. Der Anteil der EPT und die Diversität der Trichoptera sind zwar keine Indizes für den Einfluss von Eisenbelastungen sondern für degradierte Habitate dieser Artengruppen. Degradation dieser Habitate bedeutet auch Verschluss des Kieslückensystems an der Gewässersohle, was die Folge von Eisenockerablagerungen ist.

Diese Indizes erlauben aber somit indirekt Rückschlüsse auf die Eisenbelastung. In dieser Form sind diese Indizes durchaus für ein längerfristiges Monitoring des Einflusses von Eisenbelastungen auf die Besiedlung benthischer Invertebraten geeignet.

Da es keine Indikatortaxalisten für Eisen gibt, ist es nicht möglich, einen direkten Zusammenhang zwischen der Eisenbelastung und ihrer Auswirkung auf die Besiedlung durch benthische Makroinvertebraten herzustellen. Lediglich indirekte Effekte der Eisenbelastung auf die Makrozoobenthosbesiedlung können mit den derzeit vorhandenen Auswertemodulen gezeigt werden.

Ein Rückgang der Eisenbelastung mit ausbleibender Eisenockerbildung in Verbindung mit der Erosion der Eisenockerablagerungen an der Gewässersohle durch Rücklösung bzw. mechanische Zerstörung durch strukturierende Hochwasserereignisse sollte zu einer deutlichen Verbesserung der Habitateigenschaften und somit zum Anstieg der Indizes führen.

Für ein längerfristiges Monitoring empfiehlt sich eine jährlich im Frühjahr stattfindende Untersuchung (um saisonale Effekte auszuschließen) sowohl im Bereich der höchsten Eisenbelastungen (Probestellen Pleiße 6) als auch oberhalb der Einträge (Probestelle Pleiße 3), um Einflüsse, die sich aus einer möglichen Gesamtveränderung der Pleiße ergeben, abgrenzen zu können. Methodisch sollte dabei an den Vorgaben der EU-WRRL festgehalten werden. Zum einen erlaubt dies auch immer eine vergleichbare Gesamtbewertung des Gewässers, zum anderen ist eine gezielte selektive Beprobung der EPT ohnehin nicht möglich.“

4.6 Territoriale Bewertung der Eisenzutritte in die Pleiße

Quelle : [11]

Der Südraum von Leipzig ist durch eine umfangreiche Landinanspruchnahme des Braunkohlenbergbaus gekennzeichnet. Im Zuge dieser industriellen Entwicklung wurde die Pleiße mehrmals verlegt.

Bzgl. der bergrechtlichen Zuordnung der Flächen können entlang der Pleiße 3 Kategorien unterschieden werden:

- Flächen des Sanierungsbergbaues,
- Altbergbaugebiete (Tagebau) einschl. Halden (Stilllegung der Tagebaue vor 1990),
- Flächen des aktiven Bergbaus (MIBRAG mbH).

Die Umringe der Landinanspruchnahmen wurden von der Markscheiderei der LMBV zur Verfügung gestellt.

Betriebsbedingt ist die Landinanspruchnahme des aktiven Bergbaus nicht statisch. Es liegt ein Nachtragsstand von 12/2010 betreffend der MIBRAG mbH vor (siehe Anlage 1). Weiterhin wurden aufgrund einer aktuellen Datenabfrage der LMBV die Grenzen der Devastierung mit Stand 02.01.2013 sowie die geplanten Grenzen des 1. Abraumschnittes (Oberkante) durch die MIBRAG zur Verfügung gestellt.

Die Ziele des Braunkohlenabbaus einschl. der daraus resultierenden Landinanspruchnahme werden raumordnerisch in einem Braunkohlplan dargestellt. Für den Tagebau Vereinigtes Schleenhain der MIBRAG mbH liegt ein Braunkohlplan¹⁰ vor, welcher im August 2011 bekannt gemacht wurde.

Für eine Darstellung der zukünftigen Landinanspruchnahme des Tagebaus Vereinigtes Schleenhain wurden die relevanten Vorranggebiete und Vorbehaltsgebiete Braunkohlenabbau der Karte 3 (Zielkarte) digitalisiert. Die Vorranggebiete Braunkohlenabbau beinhalten die:

- Abbaufächen (Abbaufelder Schleenhain, Peres und Groitzscher Dreieck),
- die betriebsnotwendigen Flächen sowie
- eine Zwischenlagerfläche (REA-Gips).

„In den Vorrang- und Vorbehaltsgebieten Braunkohlenabbau (Abbaufäche) erfolgt die zukünftige Abbautätigkeit durch die Inanspruchnahme der Oberfläche zur Gewinnung der Braunkohle. Nach erfolgter Gewinnung der Braunkohle werden Vorrang- und Vorbehaltsgebiete Braunkohlenabbau (Abbaufäche) zu Vorrang- und Vorbehaltsgebieten Braunkohlenabbau (betriebsnotwendige Fläche).“

Der Abbau der Braunkohle erfolgt auf der Basis eines rechtskräftigen Rahmenbetriebsplanes, welcher das Abbauvorhaben vom Aufschluss bis zur Wiedernutzbarmachung beschreibt.

Für die räumliche Differenzierung der Eiseneinträge ist die uferseitige Trennung der Teileinzugsgebiete (TEZG) von Bedeutung. In der folgenden Tabelle 38 (S.221) sind die grundwasserbürtigen Eisenfrachten westlich und östlich der Pleiße dargestellt (siehe auch Anlage 6.3 in [6f]).

¹⁰ Braunkohlplan Tagebau Vereinigtes Schleenhain, Neuaufstellung mit integrierter Teilfortschreibung des Braunkohlplans als Sanierungsrahmenplan Tagebau Haselbach Fassung gemäß Bekanntmachung vom 25.08.2011; RPV Leipzig-West Sachsen; <http://www.rpv-west-sachsen.de>

Weitere wesentliche Angaben sind die relevanten Grundwasserleiter sowie Angaben zum direkten oder indirekten Zutritt in die Pleiße.

In den vorangegangenen Punkten wurde herausgearbeitet, dass die Teileinzugsgebiete aufgrund des Grundwasserwiederanstieges einer räumlichen Veränderung unterworfen sind und dass der Umstand ob das Grundwasser direkt der Pleiße aus einer Kippe zufließt oder indirekt über gewachsenen Boden infiltriert hinsichtlich der Höhe der Eisenfrachten von Bedeutung ist.

Situation 2010

Das Gewässerbett der Pleiße verläuft im Oberlauf über Flächen des Altbergbaues der Tagebaue Regis I bis III (TEZG 1W und 1O). Durch den direkten Grundwasserzutritt aus den Kippenbereichen sind die Eisenfrachten mit 96,9 kg/d bzw. 52,9 kg/d pro TEZG relativ hoch.

Aufgrund der Grundwasserabsenkung des Tagebaues Vereinigtes Schleenhain gehen die TEZG im nachfolgenden Bereiche nicht nahtlos ineinander über. Auch im Bereich der TEZG 2W und 2O verläuft die Pleiße über Flächen des Altbergbaues (Tagebau Deutzen bzw. Borna).

Die Trennung zum nächsten Bilanzgebiet wird durch den Übergang Kippe/Gewachsenes im Bereich des östl. TEZG markiert. Dementsprechend geht der Eiseneintrag pro TEZG von 84 kg/d auf 27,1 kg/d (2O zu 3O) zurück. Dagegen nehmen die Eisenfrachten westseitig aus dem verkippten Tagebaubereich Deutzen (Altbergbau) zu.

In den sich anschließenden TEZG 4W und 4O wurden die höchsten Eisenfrachten ermittelt. Dabei handelt es sich um den Bereich der Kippe Witznitz (siehe auch Abbildung 2 (S. 59). Hier verläuft die Pleiße direkt über Kippengelände, was zu einem beträchtlichen Zufluss von eisenhaltigem Grundwasser führt (401,4 kg/d aus 5W; 503,5 kg/d aus 5O). Das TEZG verläuft über Flächen des Sanierungsbergbaues.

Stromabwärts verläuft die Pleiße anschließend entlang der Kippe Witznitz, jedoch wieder in gewachsenen Bereichen. Der westliche Zustrom aus dem Bereich der oberflächennahen GWL für geringe Eisenfrachten der Pleiße zu (5W 4,8 kg/d). Der östliche indirekte Zustrom aus dem Bereich der Kippe beinhaltet eine höhere Eisenfracht (5O 19,2 kg/d).

Im anschließenden TEZG (6W und 6O) sind die Eisenfrachten ähnlich. Der Zustrom stammt jedoch hauptsächlich aus natürlichen Grundwasserleitern. Die Einzugsgebiete tangieren Flächen des Sanierungsbergbaues (Halde Lippendorf bzw. Kippe Witznitz).

Im weiteren Verlauf fließt die Pleiße über einen schmalen Landpfeiler zwischen den Sanierungstagebauten Böhlen und Espenhain (7W 5,1 kg/d; 7O 25,6 kg/d). In nördlicher Richtung nehmen die grundwasserbürtigen Eisenfrachten westlich und östlich der Pleiße weiter ab. Die Pleiße verläuft nun zwischen den Sanierungstagebauten Zwenkau und Espenhain (8W 3,6 kg/d, 8O 10,4 kg/d).

Bis zur Mündung in die Weiße Elster in Leipzig erreichen die Pleiße im letzten Teileinzugsgebiet die höchsten Grundwasserzuflüsse (Leipziger Auenwald). Durch den Bearbeiter [6e] wurden Eisenfrachten von 4,9 kg/d (9W) und 6,9 kg/d (9O) ermittelt.

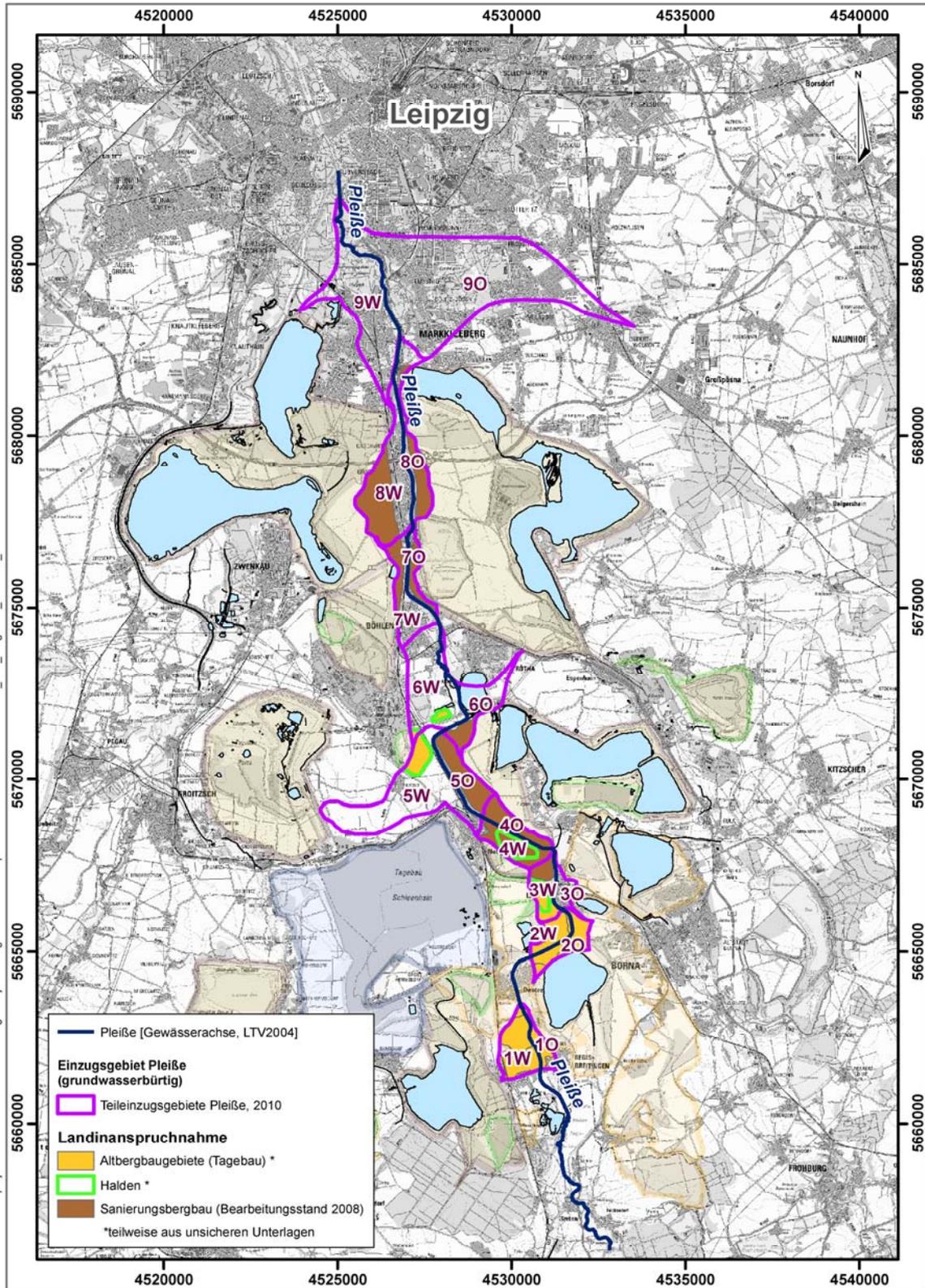


Abbildung 115: Darstellung der Teileinzugsgebiete mit territorialer Zuordnung der Bereiche Altbergbau und Sanierungsbergbau, 2010 [11]

Situation 2100

Die räumliche Ausprägung der Teileinzugsgebiete im Jahr 2100 ist im Vergleich mit 2010 durch den vollzogenen Grundwasserwiederanstieg beeinflusst.

Dies betrifft im besonderen Maße die Teileinzugsgebiete 1 und 2 aufgrund des Grundwasserwiederanstieges im Bereich des Tagebaues Schleenhain.

Weiteren Einfluss hat auch der Grundwasserwiederanstieg im Bereich des Sanierungstagebaues Espenhain. In der Tabelle 38 (S.221) sind die Teileinzugsgebiete, Eisenfrachten und der jeweilige Grundwasserzustrom zusammenfassend dargestellt.

Die Ergebnisse der territorialen Zuordnung sind in der Abbildung 115 (S.217) und Abbildung 116 (S. 219) dargestellt. Details sind der Anlage 1 bzw. Anlage 2 in [11] zu entnehmen.

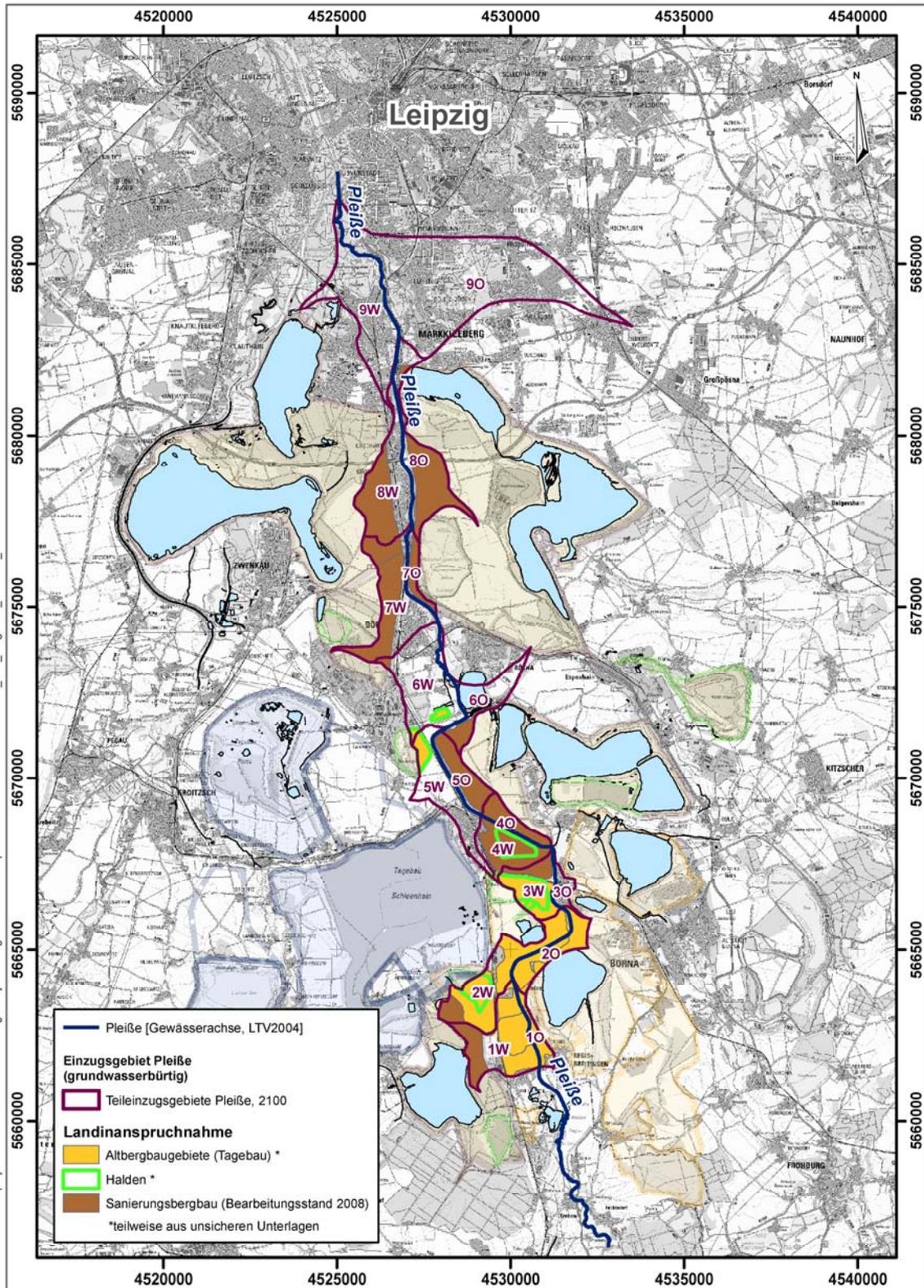
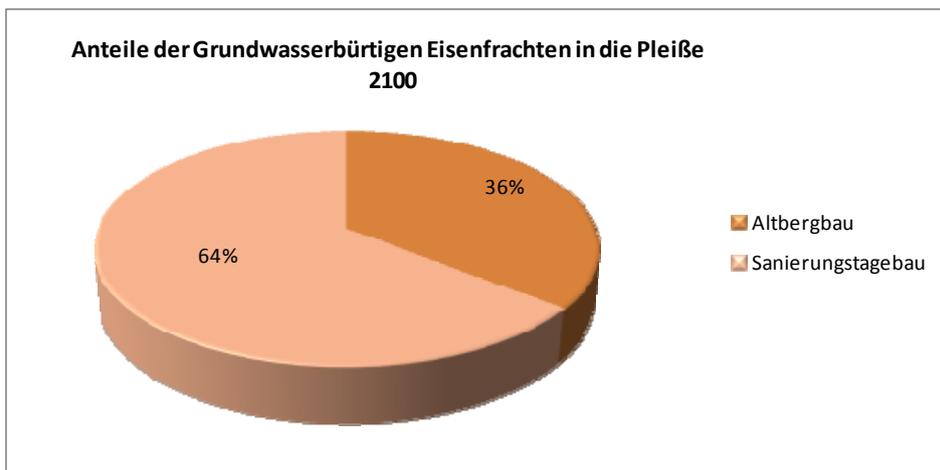
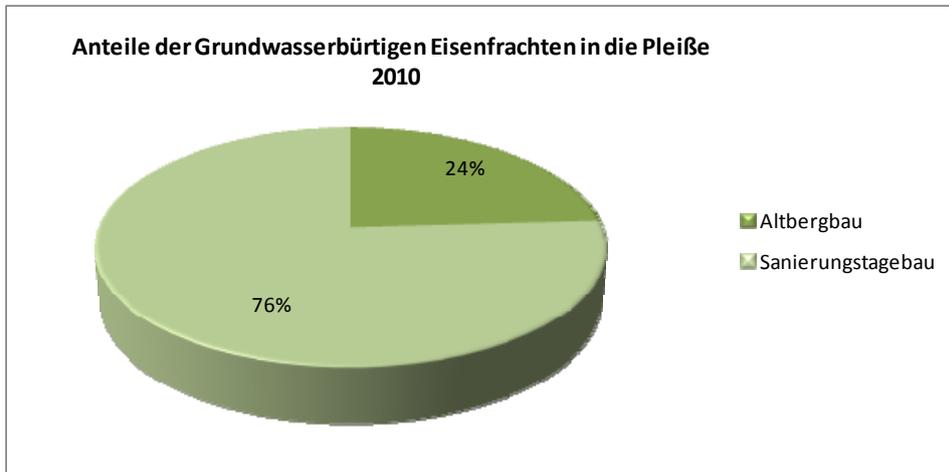


Abbildung 116: Darstellung der Teileinzugsgebiete mit territorialer Zuordnung der Bereiche Altbergbau und Sanierungsbergbau, 2100 [11]



(Anmerkung: Bei einer Unterteilung der Landinanspruchnahme wurde die Fracht gewichtet nach der flächenmäßigen Landinanspruchnahme)

Abbildung 117: Anteile der grundwasserbürtigen Eisenfrachten in die Pleiße aus den Bereichen Altbergbau bzw. Sanierungstagebau in Auswertung der Tabelle 38 [11]

Es ist festzustellen, dass sowohl in 2010 und als auch 2100 die Einzugsgebietsgrenzen sich nicht über die Bereiche der Landinanspruchnahmen des aktiven Bergbaues erstrecken. Eine Beeinflussung erfolgt indirekt durch den Grundwasserwiederanstieg nach Außerbetriebnahme der Grundwasserhaltung des Bergbautreibenden.

Aufgrund der sich verändernden Grundwasserdynamik und der sich verändernden Teileinzugsgebiete kommt es auch zu einer Modifikation der prozentualen Anteile der Frachten in die Pleiße, wenn man die Landinanspruchnahme Altbergbau und Sanierungstagebau berücksichtigt (siehe Abbildung 117).

TEZG	GWL	Kategorie Landinanspruchnahme 2010	GW-Zustrom 2010 [m³/min]	Fracht 2010 [kg/d]	Kategorie Landinanspruchnahme 2100	GW-Zustrom 2100 [m³/min]	Fracht 2100 [kg/d]
10	Kippe Regis (direkt)	Altbergbau	0,12	52,9	Altbergbau	0,2	207,6
1W	Kippe Regis (direkt)	Altbergbau	0,49	96,9	Altbergbau (193,6 ha)/ Sanierungs- tagebau (92,7 ha)	1,04	86,8
20	Kippe Deutzen / Borna-West (direkt)	Altbergbau	0,3	84	Altbergbau	0,39	108,7
2W	Kippe Deutzen (direkt)	Altbergbau	0,05	4,7	Altbergbau (303,1ha)/ Sanierungs- tagebau (83,3 ha)	0,72	65,9
30	GWL1.1 GWL3	Altbergbau	0,21	27,1	Altbergbau	0,24	30,2
3W	Kippe Deutzen + Kippe Witznitz(jeweils indirekt)	Altbergbau (64,9 ha)/ Sanierungs- tagebau (32,4 ha)	0,14	64,1	Altbergbau (128,2ha) /Sanierungs- tagebau (44,6 ha)	0,19	83,1
40	Kippe Witznitz (direkt)	Sanierungstagebau	0,15	503,5	Sanierungstagebau	0,17	353,5
4W	Kippe Witznitz (direkt)	Sanierungstagebau	0,23	401,4	Altbergbau (3,8 ha)/ Sanierungs- tagebau (171,9 ha)	0,35	385,5
50	Kippe Witznitz (indirekt)	Sanierungstagebau	0,24	19,2	Sanierungstagebau	0,26	89,9
5W	GWL1.5/1.6/1.8 GWL2.7	Altbergbau	0,86	4,8	Altbergbau	0,95	6,4
60	GWL1.1 GWL2.5-2.7	Sanierungstagebau	0,24	11,8	Sanierungstagebau	0,33	16,7
6W	GWL1.1 GWL2.5-2.7	Altbergbau	0,84	4,8	Altbergbau (17,0 ha)/ Sanierungs- tagebau (9,3 ha)	0,84	4,8
70	Kippe Espenhain (indirekt) GWL1.1/1.5/2.5-2.7	Sanierungstagebau	0,17	25,6	Sanierungstagebau	0,22	35,3
7W	Kippe Zwenkau/Böhlen (indirekt) GWL1.1/1.5/2.5-2.7	Sanierungstagebau	0,39	5,1	Sanierungstagebau	0,57	8,9
80	Kippe Espenhain (indirekt) GWL1.1/1.5/2.5-2.7	Sanierungstagebau	0,28	10,4	Sanierungstagebau	0,4	14,8
8W	Kippe Zwenkau/Böhlen (indirekt) GWL1.1/1.5/2.5-2.7	Sanierungstagebau	0,25	3,6	Sanierungstagebau	0,35	4,8
90	GWL1.1 GWL2.5-2.7		5,06	6,9		5,22	7,1
9W	GWL1.1 GWL2.5-2.7		1,09	4,9		1,23	5,7

Tabelle 38: Teileinzugsgebiete zur Unterteilung des Grundwasserzustroms und der Frachten in die Pleiße [6f ergänzt]

Die bisherigen Untersuchungen haben gezeigt, dass die langfristig wirksame Maßnahme zur Grundwasserneubildungsreduzierung auf der Kippe Witznitz als erfolgversprechend erscheint und daher ab 2013 als Großversuch umgesetzt werden soll.

Nachfolgend werden in Auswertung der Erkenntnisse der Phasen 1 und 2 mögliche weitere Standortvorschläge außerhalb der Kippe Witznitz abgeleitet.

Für die Entwicklung von Dauergrünland zur Reduzierung der Grundwasserneubildung sind folgende Voraussetzungen zu prüfen:

- derzeitige Nutzung der Fläche als Acker,
- Lage der Fläche im Einzugsgebiet (Grundwasser) der Pleiße,
- Lage der Fläche im Bereich von Kippen.

Weiterhin sollte ein Standort mit möglichst großem Grundwasserflurabstand, ohne laterale Grundwasserzuflüsse, gesucht werden, da unter den genannten Bedingungen die größten Effekte bei der Verminderung der Grundwasserneubildung zu erwarten sind.

Zur Selektion der landwirtschaftlich genutzten Flächen entlang der Pleiße wurde das Feldblockkataster von Sachsen (InVeKoS) ausgewertet.

Unter Berücksichtigung der o. g. Kriterien wurden Ackerflächen selektiert und in Abbildung 118 (S.223) dargestellt. Für eine Priorisierung wurde jene Ackerflächen gekennzeichnet, an denen eine Eisenfracht im TEZG Grundwasser von ≥ 50 kg/d ausgewiesen wurde (Summe über alle GWL im TEZG W bzw. O).

Weiterhin erfolgte in einem weiteren Schritt die Selektion jener Ackerflächen, die mit einem Flächenanteil von > 10 ha im TEZG liegen (Abbildung 119, S.224).

Erwartungsgemäß konnten die Ackerflächen auf der Kippe Witznitz die Kriterien erfüllen. Ein weiteres positives Potential könnte durch die Umnutzung der Ackerflächen auf der Halde Neukieritzsch, Deutzen sowie im südlichen Bereich des Altbergbaues um Regis vorhanden sein, um durch Verringerung der Grundwasserneubildung indirekt Eisenfrachten in die Pleiße zu vermindern.

Diese Flächen wären auf Ihre hydrogeologische Eignung mittels Hydrogeologischer Modellrechnungen zu überprüfen. Zuvor wären eventuelle Kenntnislücken zum geologischen Aufbau durch geotechnische Erkundungen zu schließen.

Alternativ zur Umwandlung von landwirtschaftlich genutzten Flächen in bewirtschaftetes Dauergrünland wäre mit gleichen Effekten die Umwandlung in Waldflächen zu prüfen. Hier ist jedoch zu beachten, dass in den ersten Jahren bei Neuanpflanzungen die Effekte der Verringerung der Grundwasserneubildung geringer ausfallen werden.

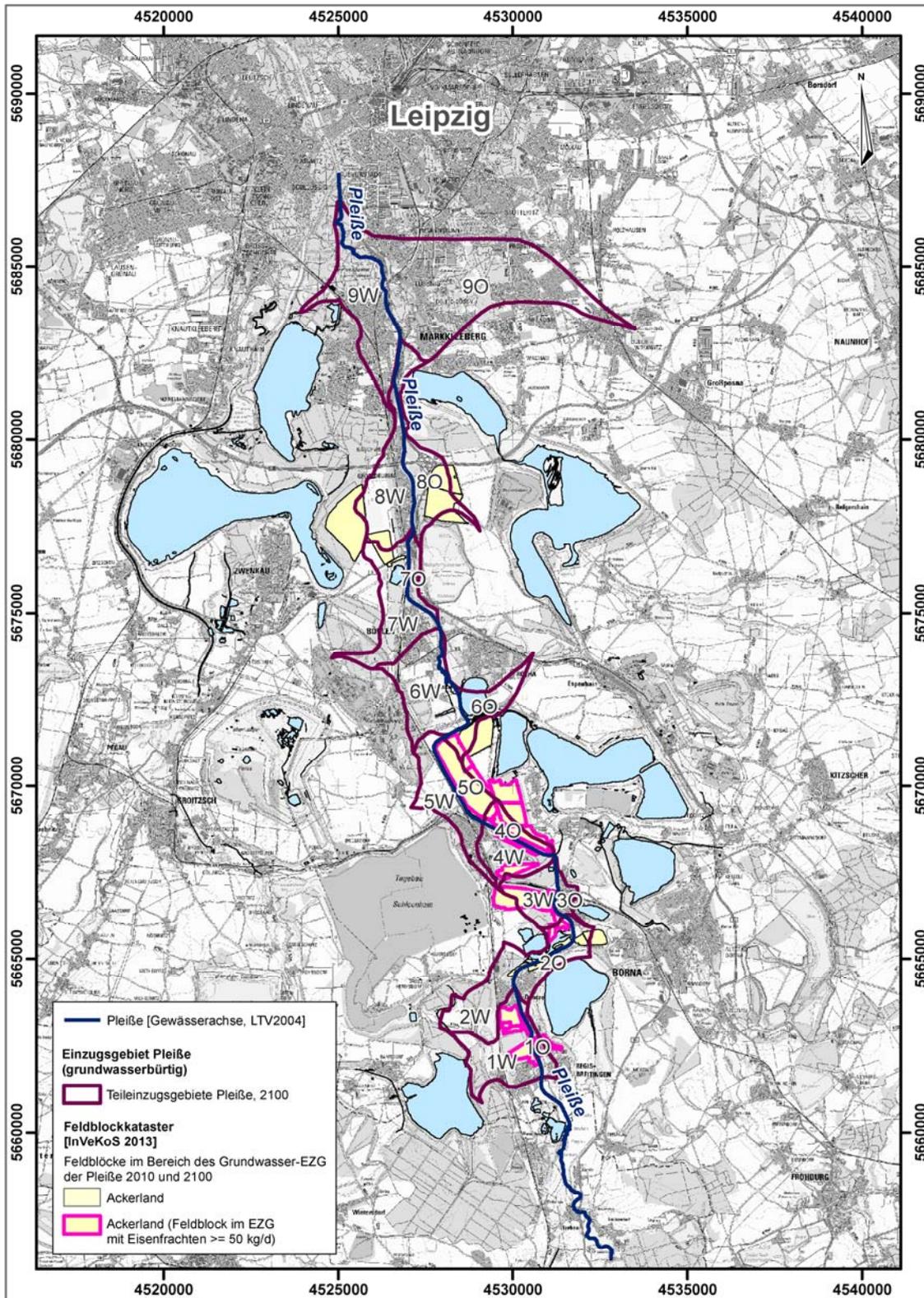


Abbildung 118: Ergebnis der Selektion des Feldblockkaster [11]

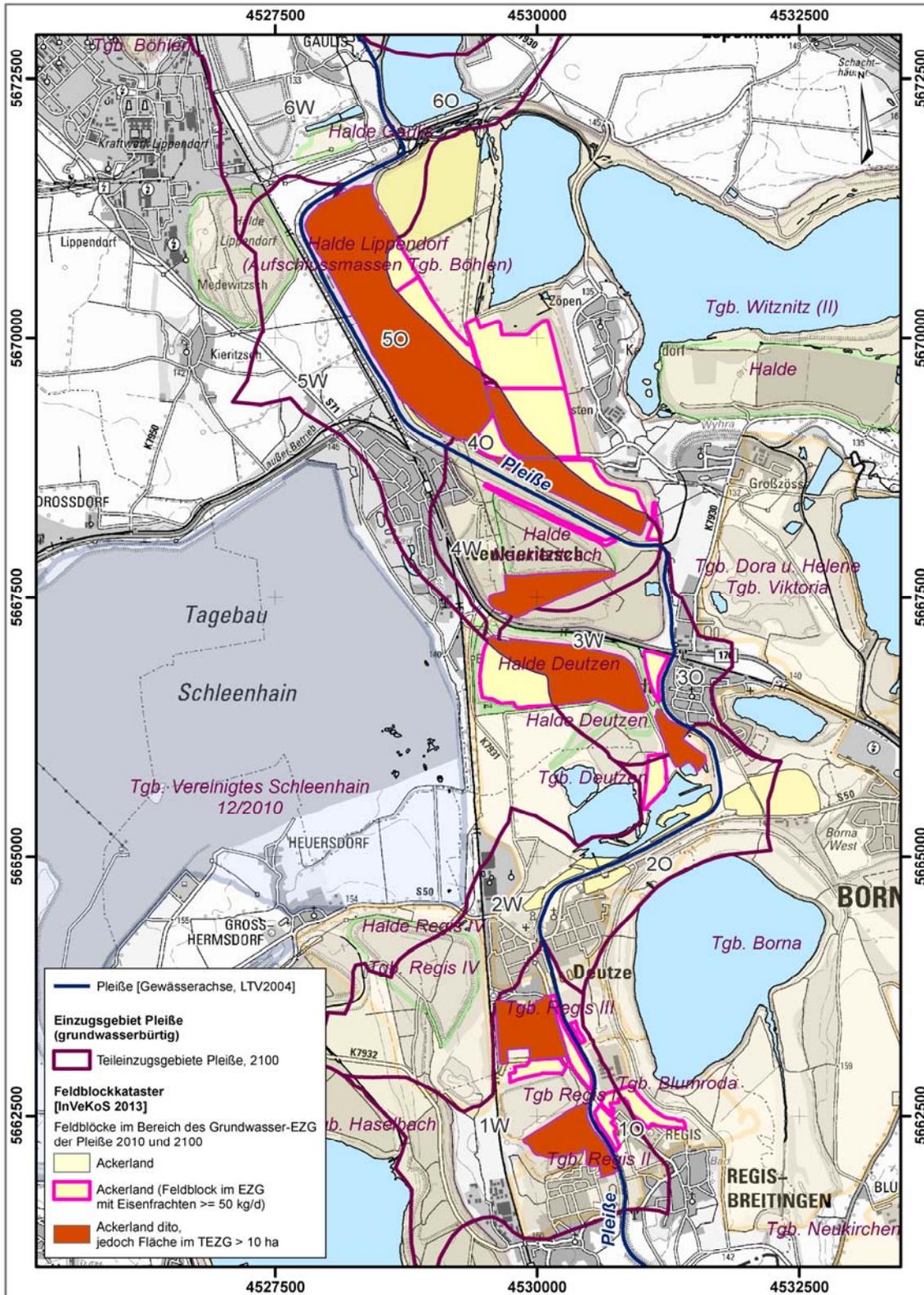


Abbildung 119: Weitere Priorisierung der relevanten Feldblöcke, Ackerland mit einer Fläche von > 10 ha im relevanten TEZG [11]

5 Komplexe Bewertung

1. Allgemeine Feststellungen

- Mit der Vorstudie „Untersuchungen der Auswirkungen des Grundwasserwiederanstiegs und der daraus folgenden Exfiltration der eisenbelasteten Grundwässer aus den Kippen des ehemaligen Tagebaues Witznitz in die Fließgewässer Pleiße und Wyhra“ wurde ein Grundlagenbearbeitungsprogramm zur Untersuchung der Auswirkungen eisenbelasteter Kippengrundwässer auf Fließgewässer aufgestellt, welches am Beispiel der Auswirkungen des Grundwasserwiederanstiegs im Kippenkomplex Witznitz und der daraus folgenden Exfiltration von eisenbelasteten Grundwässer in die Fließgewässer Pleiße und Wyhra beispielhaft im Zeitraum 2007 bis 2011 erfolgreich durchgeführt werden konnte.
- Zielstellung des Pilotprojektes war die Ableitung verallgemeinerungsfähiger Erkenntnisse und deren Übertragbarkeit auf andere bergbaubeeinflusste Einzugsgebiete von Fließgewässern. Die stufenweise Bearbeitung des Grundlagenprogramms (Phase 1/Phase 2) sowie die zeitweise parallele Bearbeitung von Teilleistungen haben sich als praktikabel und sinnvoll in der Abarbeitung erwiesen.
- In der Phase 1 des Grundlagenprogramms wurden die technischen Voraussetzungen für die Untersuchungen geschaffen und die Ist-Situation bewertet.
- Bis Ende 2011 wurden die Phasen 1 und 2 (im Wesentlichen) abgearbeitet. Verallgemeinerungsfähige Ergebnisse liegen dazu vor.
- Die Methodik zur Abarbeitung gleichgelagerter Probleme und die entwickelten Werkzeuge zur Prognose der Auswirkungen und Quantifizierung von Eiseneinträgen in ein Fließgewässer sind grundsätzlich auch auf andere Bergbaugelände übertragbar. Nach Anpassung an die jeweiligen Randbedingungen können diese Untersuchungen an anderen Standorten zur Überprüfung/Simulation der Wirksamkeit von Maßnahmen zur Verminderung von Stoffeinträgen dienen.

2. Bewertung der Elemente des Bearbeitungsprogramms

- Die Überwachung und Bewertung der Grundwasserbeschaffenheit im Kippenkörper und auf dem Strömungspfad zum Fließgewässer wird als erforderlich erachtet. Die Errichtung von Erosionsmessstellen und deren Untersuchung/Beprobung - besonders auf bewachsenen Flächen - erwiesen sich hierbei jedoch nicht als zielführend.
- Die Bodensickerwassermessstelle am Messplatz Kippe Witznitz erwies sich in ihrer Betreuung und Wartung sehr aufwendig. Aufgrund der Heterogenität des Kippenbodens konnten keine konsistenten und auswertbaren Datensätze erhoben werden. Die Erkenntnisse bzw. Aussagen im Pilotprojekt konnten jedoch auch ohne diese Bodensickerwassermessstelle am Messplatz gewonnen bzw. getroffen werden. Aufgrund des ungünstigen Verhältnisses von Aufwand und Nutzen muss für zukünftige Projekte die Notwendigkeit und die Einsetzbarkeit einer Bodensickerwassermessstelle vorab geprüft werden.
- Das Fließgewässermonitoring bildet einen unverzichtbaren Bestandteil des Monitoringsprogramms und ist für die Kalibrierung sowohl des Grundwasser- als auch des Fließgewässermodells von Bedeutung.

- Die Ermittlung der geologischen Verhältnisse, speziell die Quantifizierung der Stoffmengenverteilung (Eisen/Schwefel) in der Kippe und darauf aufbauend die segmentierte Analyse und Bilanz der aktuellen Eiseneinträge, bilden eine wesentliche Grundlage für die Abschätzung der langfristigen Prozesse des Eisenaustrages aus der Kippe (Stofftransportmodellierung) sowie für die Wasserbeschaffenheitsmodellierung der Pleiße.
- Im Rahmen der Bearbeitung der Wasserbeschaffenheitsmodellierung wurde ein Eisenbaustein mit den Prozessen Eisenoxidation, Sedimentation und Resuspension gemäß Aufgabenstellung entwickelt und in das 1D-Modell AQUA-SIM als Entwicklungs- und Modelltool eingebaut. Hierbei wurden die Ergebnisse des HEC-RAS-Modells in den Modellaufbau einbezogen. Das Modell bildet die Prozesse Eisenoxidation und Sedimentation mit dem Schwerpunkt Niedrigwasser-/Mittelwasser-Verhältnisse im Modell erfolgreich ab.

Grundlage für die Fließgewässermodellierung war u. a. die Ermittlung der grundwasserbürtigen Eiseneinträge in die Pleiße zwischen Regis-Breitungen und Leipzig (für einige Bilanzgebiete jedoch noch mit geringer Datenbasis).

- Die Bewertung der Auswirkungen des Eiseneintrages auf das Ökosystem Fließgewässer durch Untersuchung des Makrozoobenthos gemäß WRRL konnte keinen direkten Zusammenhang zwischen der Eisenbelastung und ihrer Auswirkung auf die Besiedlung durch benthische Makroinvertebraten belegen, da es keine Indikatortaxalisten für Eisenbelastung gibt. Lediglich indirekte Effekte der Eisenbelastung auf die Makrozoobenthosbesiedlung können mit den derzeit vorhandenen Auswertemodulen gezeigt werden.

3. Bewertung der Ergebnisse zu Problemlösungen

3.1 Pilotversuch Kippe Witznitz – Reduzierung der Exfiltration von eisenbelastetem Grundwasser

- Als besonders erfolgreich ist die Durchführung des Pilotversuches zur Reduzierung der Exfiltration von eisenbelastetem Grundwasser durch Optimierung der Wasserhaushaltsschicht auf der Kippe Witznitz zu werten, der zur Entwicklung einer Teil-Sanierungslösung im Zeitraum 01.09.2008 bis zum 31.12.2011 praktiziert wurde. Es konnten Nachweise zur langfristigen Wirksamkeit zur Reduzierung der Grundwasserneubildung und damit des Eiseneintrages in die Pleiße erbracht werden.
- Die Modelluntersuchungen für den Standort der Kippe Witznitz haben den Versuchsansatz des Pilotversuches bestätigt und gezeigt, dass aus einer Reduktion der Grundwasserneubildung von 75 % auf den landwirtschaftlich genutzten Flächen der Kippe Witznitz langfristig eine Gesamtreduzierung der Zuflussmenge in die Pleiße um 34 % resultieren würde (Berechnungsjahr 2100).
- Aufgrund der gegebenen sehr günstigen Voraussetzungen (vorhandene Biogasanlage, Agrargenossenschaft mit der Absicht, kurzfristig eine Dauergrünlandnutzung zur Gewinnung von Energiepflanzen zu etablieren – Einsatz Luzerne) ist im Vergleich zu den anderen untersuchten Maßnahmen die Umsetzung der langfristig wirkenden Verminderung der Fe-Einträge ohne zusätzliche Investitionen für technische Anlagen sowie damit verbundene jährliche Betriebskosten über einen weiten Zeitraum möglich. Derzeit werden die Grundlagen zur Vorbereitung und Durchführung der im Zeitraum 2013 bis 2015 beabsichtigten wissenschaftlichen Begleitung der sanierungswirksamen Phase 3 als Großtechnische Umsetzung der Erfahrungen des Pilotversuches erarbeitet.
- Die Fortsetzung des Pilotversuches könnte sich damit – unter der Möglichkeit der energetischen Nutzung der anfallenden Biomasse – als „selbsttragende Lösung“ (in der Nachsorge kostenfreie Sanierungslösung) entwickeln.

- Im Ergebnis einer reaktiven Stofftransportmodellierung wurde für den Fließgewässerabschnitt zwischen der Wyhramündung und dem Trachenauer Wehr eine Reduzierung der Eiseneinträge um ca. 400 kg/d berechnet. Dieser Betrag entspricht einer Verringerung gegenüber dem ursprünglichen Eintrag um ca. 40 % im Bereich der Kippe Witznitz.
- Da der Prozess der Wiedernutzbarmachung in der Bergbaufolgelandschaft abgeschlossen ist und die Kippenflächen nicht mehr im Eigentum der Bergbausanierungsgesellschaft sind, verbleibt für die Maßnahme zur Optimierung der Wasserhaushaltsschicht als nachhaltige Sanierungslösung nur der Weg über die Einbeziehung privatwirtschaftlicher Unternehmen.
- Der Einsatz von Klärschlamm hat am Standort Kippe Witznitz bisher nicht zu einer signifikanten Ertragssteigerung der Grünmasseproduktion geführt. Der Aspekt ist jeweils standort- und bodenabhängig zu betrachten.
- Die Messungen haben gezeigt, dass der im Rahmen des Pilotversuches am Standort Witznitz erfolgte Klärschlammkompost-Einsatz nicht zu der befürchteten Verlagerung von Schwermetallen aus dem Klärschlammkompost in die Pflanzen oder das Grundwasser geführt hat.
- Ursprünglich lag dem Klärschlammkomposteinsatz der Gedanke zu Grunde die Kippenfläche Witznitz als Sonderfläche ‚Energiegewinnung‘ auszuweisen und damit den Klärschlammeinsatz zu legitimieren. Die Nutzungsumwandlung der Flächen hat sich im Verlauf des Pilotversuches als nicht umsetzbar erwiesen.
- Da die Optimierung der Wasserhaushaltsschicht auf der Kippe Witznitz - in diesem Falle durch eine Dauergrünlandnutzung - das Gesamtproblem nur anteilig lösen kann, sind an anderen Abschnitten der Pleiße ergänzende Maßnahmen, wie die Fassung und Behandlung der Kippengrundwässer zu untersuchen/prüfen, um die Lebens- und Laichbedingungen für Fische im Hauptbelastungsabschnitt bereits vor 2027 relevant zu verbessern.

3.2 Variantenbetrachtung für Auffang-/Drainagegräben

- Die Betrachtungen zur Machbarkeit von Auffang-/Drainagegräben als Sanierungsvariante entlang der Pleiße haben gezeigt, dass aufgrund der konkreten Bedingungen vor Ort eine Flächenverfügbarkeit nicht gegeben ist, mit dem Bau ein umfangreicher Eingriff beidseitig der Pleiße notwendig wäre (Lage des Grabens im Hochwasserprofil, mit dem Problem des Überstaus/Verfrachtung des Eisen-schlammes im Hochwasserfall) und letztendlich diese Sanierungsmaßnahme aus genehmigungsrechtlichen und wirtschaftlichen Gründen fraglich und unverhältnismäßig ist.

3.3 Machbarkeit des Problemlösungsvorschlages „Sickerschlitz“

- Hier konnte belegt werden, dass Drainagen grundsätzlich zur Reduzierung der dem Vorfluter zugehenden Stofffrachten geeignet sind. Die speziellen Bedingungen zum möglichen Standort der Drainage sind entscheidend für die Wirksamkeit der Maßnahme. Für eine wirtschaftliche Bewertung sind insbesondere die Entsorgung des Schlammes und die Genehmigungsfähigkeit zu betrachten.

Es wird empfohlen, den Lösungsansatz „Sickerschlitz“ in eine Vorplanungsstufe zu überführen.

3.4 Nutzung des Stausees Rötha als Sedimentationsbecken, Nutzung von anderen Sedimentationsräumen (bspw. Rückstaubereiche Wehre)

- Die Nutzung vorhandener Staugewässer auf die Eignung zur Sedimentablagerung wurde am Bsp. des Stausees Rötha untersucht.
Von entscheidender Bedeutung für die mögliche Sedimentationsrate sind die Standortbedingungen wie Windverhältnisse, Morphologie des Seebodens usw.. Es konnte belegt werden, dass der Wind die dominierende strömungsinduzierende Kraft im Stausee Rötha ist.
Mit den Untersuchungen wurden wichtige Grundelemente erarbeitet, die eine Entscheidungsfindung des Stausees Rötha zum Eisenrückhalt unterstützen. Grundsätzlich ist in Auswertung der Ergebnisse der sehr flache Stausee mit seiner relativ großen Streichlänge für den Wind als Sedimentationsbecken für Eisenhydroxidablagerungen relativ ungeeignet.
Die weitere Fortschreibung der Planung von der Machbarkeitsstudie zur Vorplanung ist damit nicht zielführend, da eine wirtschaftlich tragbare Gefahrenabwehrlösung konkret für den spezifischen Fall des Stausees Rötha nicht erreichbar ist.
- Mit den durchgeführten Untersuchungen wurde aufgezeigt, dass bereits ein relativ großer Anteil der Eisenfrachten im Rückstaubereich der Wehre (speziell des Trachenauer Wehres) sedimentieren und bei höheren Durchflüssen wieder resuspendieren. Zur Entlastung der Pleiße von bergbaubedingten Eisen-Sedimenten auf der Strecke zwischen Trachenauer Wehr und Leipzig sollte daher geprüft werden, ob die Auskofferung/Absaugung von eisenhaltigen Sedimenten im unmittelbaren Rückstaubereich des Trachenauer Wehres und des Agra-Wehres effizienter ist (günstigeres Kosten-Nutzen-Verhältnis im Vergleich zum Stausee Rötha).

4. Verallgemeinerungsfähige Ergebnisse

- Die durchgeführten Monitoringmaßnahmen stellten ein Grundlagenprogramm dar, dessen Umfang für jeden Standort neu zu bewerten und zu entscheiden ist.
- Die Überwachung und Bewertung der Grundwasserbeschaffenheit im Kippenkörper und auf dem Strömungspfad zum Fließgewässer sowie die Ermittlung des Kippeninventars bilden eine wesentliche Voraussetzung zur Abbildung der Prozesse im Rahmen der modellgestützten Prognose der Beschaffenheitsentwicklung von Grund- und Oberflächenwasser.
- Die Reduzierung der Grundwasserneubildungsraten durch Optimierung der Wasserhaushaltsschicht und in der Folge die wirksame Begrenzung des Eintrags von eisenbelastetem Grundwasser in das Fließgewässer stellt eine mögliche mittelfristige Teilsanierungsmaßnahme dar.
- Zur großflächigen Umsetzung der Ergebnisse des Pilotversuches auf der Kippe Witznitz und anderen Kippen wurden keine Möglichkeiten gesehen, über regionalplanerische Instrumente die Sicherung von Flächen zur Dauergrünlandbewirtschaftung (gem. Ansatz Pilotversuch) zu steuern bzw. zu gewährleisten.
Da der Prozess der Wiedernutzbarmachung in der Bergbaufolgelandschaft abgeschlossen ist und die Kippenflächen nicht mehr im Eigentum der Bergbausanierungsgesellschaft sind, verbleibt für die Maßnahme zur Optimierung der Wasserhaushaltsschicht als nachhaltige Sanierungslösung nur der Weg über die Einbeziehung privatwirtschaftlicher Unternehmen.
- Da die Optimierung der Wasserhaushaltsschicht – im Fall der Kippe Witznitz durch eine Dauergrünlandnutzung - das Gesamtproblem nur anteilig lösen kann, sind ergänzende Maßnahmen, wie die Fassung und Behandlung der Kippengrundwässer unter Beachtung der Verhältnismäßigkeit, erforderlich.

- Die Untersuchungen zur Eignung von Standgewässern am Beispiel des Stausees Rötha haben gezeigt, dass bei flachen Seen und entsprechender Exposition der Wind die dominierende strömungsinduzierende Kraft ist und deshalb diese Seen als Sedimentationsbecken, aufgrund der zu besorgenden Resuspension des abgelagerten Eisens, relativ ungeeignet sind. Daraus schlussfolgernd sollte die Möglichkeit untersucht werden, inwieweit sich angrenzende Tagebauseen mit größerer Tiefe besser als Sedimentationsbecken eignen.
- Die von der Landesdirektion in 2011 in Auftrag gegebene Vorplanung für eine Bewirtschaftungs- und Steuerungszentrale bezüglich Sulfatlast für das Flussgebiet der unteren Pleiße ergänzt das Bemühen des Freistaates zur Bewältigung der Bergbaufolgen und zur Erreichung eines guten ökologischen Gewässerzustandes gemäß EU-Wasserrahmenrichtlinie.

Vor diesem Hintergrund ist darauf hinzuweisen, dass mit der angestrebten Quellstärkenreduzierung (gem. Ansatz Pilotversuch) auch die Sulfatfracht von der Kippe in die Pleiße reduziert werden würde. Diese Betrachtung ist jedoch nicht als Gegenstand des Pilotprojektes definiert.

- Derzeit können auf der Basis der vorhandenen Instrumente (Auswertemodule) zur Bewertung der Auswirkungen auf das Makrozoobenthos gem. WRRL nur indirekte Effekte der Eisenbelastung aufgezeigt werden (es gibt bisher keine diesbzgl. Indikatortaxalisten).

5. Empfehlung zur Fortführung (Phase 3)

- Auswertung des fortlaufenden Gütemonitorings an Grundwasser-Beschaffenheits-Messstellen der LMBV als Grundlage für die Fortschreibung der Berechnung der grundwasserbürtigen Eiseneinträge in die Pleiße.
- Schlussfolgernd aus den Erkenntnissen der Untersuchung Makrozoobenthos sind die Fachbehörden gefordert, entsprechende Forschungsprojekte zur Entwicklung von Indikatorlisten zur Eisenbelastung zu initiieren.
- Sicherung der Flächen des Pilotversuches einschl. deren Bewirtschaftung (Pflegegänge) und eingeschränktem Monitoring in 2012. Erarbeitung eines Konzepts zur Umsetzung und zur wissenschaftlichen Begleitung der großtechnischen Umsetzung auf der Kippe Witznitz (Phase 3) 2013 bis 2015. Abschluss einer Vereinbarung zwischen LMBV und Agrargenossenschaft.
- Zur weiteren fachlichen Untersetzung und zur Ermittlung des Kosten-Nutzen-Verhältnisses wird die Durchführung einer Grundlagenermittlung/Vorplanung für die standortkonkrete Teilsanierungslösung „Sickerschlitz“ empfohlen.
- Im Ergebnis der Betrachtungen zu den Ablagerungen von eisenhaltigen Sedimenten in den Rückstaubereichen von Wehren wird empfohlen, die Machbarkeit und die Effizienz (Kosten-Nutzen-Verhältnis) am Beispiel von regelmäßigen Schlammnahmen im unmittelbaren Oberwasser des Trachenauer Wehres unter Berücksichtigung der nachfolgenden Behandlung/Entsorgung zu untersuchen.
- Mit der Diskussion zu der Problematik Nutzung von Standgewässern als Sedimentationsbecken im Rahmen des 18. AK wurde auf alternative Überlegungen zum Eisenrückhalt z. B. durch Einbindung der Pleiße in die Tagebauseen von Witznitz hingewiesen. Mit einer solchen Maßnahme erscheint die gleichzeitige Lösung der Nachsorgeproblematik des Bergbaufolgeseenkomplexes durch ein neues Bewirtschaftungskonzept langfristig möglich. Die Erstellung einer Machbarkeitsstudie wird vom AK empfohlen.

Bearbeitungsprogramm	2007												2008												2009												2010												2011												2012											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	1. Phase																																																																							
																																					2. Phase																																			
1. Errichtung des Messplatzes																																																																								
Betrieb des Messplatzes (Rammpegel, GWM, Bodenwassersickerwasser messstellen, 2. Erosionsmessstelle)													1x je Quartal												1x je Quartal																																															
3. Fließgewässermonitoring Pleiße																																																																								
4/5. Präzisierung des GW-Strömungsmodells / Eisen-Sulfat-Mengenverteilung in der Kippe																																																																								
6/7. Bilanzierung der akt. Eiseneinträge in die Pleiße Stofftransportmodellierung Kippengrundwasser																																																																								
8 Fließgewässermodellierung																																																																								
9 Folgen auf die Fließgewässerökosysteme/ Biomonitoring																																																																								
10. Untersuchungen von möglichen Sanierungsstrategien und -maßnahmen																																																																								
Pilotprojekt: Möglichkeiten zur Reduzierung des Sickerwasserzustromes zum Oberflächengewässer Pleiße durch Einrichtung einer optimalen Wasserhaushaltsschicht																																																																								
10.1																																																																								
Varianten Machbarkeit von Dränagegräben im Bereich des Pleißeflussbettes																																																																								
10.2																																																																								
Alternativvariante Nutzung des Staussees Rötha als Sedimentationsbecken																																																																								
10.3																																																																								
Machbarkeitsbetrachtung des Problemlösungsvorschlags „Sickerschlitz“																																																																								
10.4																																																																								
11 Komplexdokumentation zum Pilotprojekt																																																																								
1. Zwischenbericht (Zusammenstellung aller Ergebnisse)																																																																								
11.1																																																																								
Kurzfassung Vorläufiger komplexer Abschlussbericht Phase 1 und 2																																																																								
11.2																																																																								
11.3 Vorläufiger komplexer Abschlussbericht Phase 1 und 2 zum Pilotprojekt Untersuchung der Auswirkungen des Grundwasserwiederanstiegs und der daraus folgenden Exfiltration der eisenbelasteten Grundwasser aus den Kippen des ehemaligen Tagebaus Witznitz in die Fließgewässer Pleiße und Wyhra																																																																								

Legende

▶▶▶	Leistungsverschiebung	▒	Auswertung / Dokumentation
▒	vorbereitende Leistungen	▒	geplante Fortführung / Bearbeitung
■	Laufzeit der Leistung		
■	witterungsbedingt nicht durchführbare Leistung		