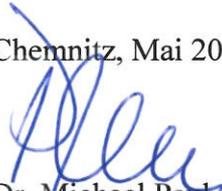


**Stellungnahme zur zukünftigen Bewirtschaftung der von
der Wismut GmbH beeinflussten Oberflächenwasserkörper
in Thüringen
in Umsetzung der EU-WRRL**

- Bewirtschaftungszeitraum 2015 bis 2021 -

Bearbeiter: Dr. M. Paul (BIS)
E. Kreyßig (AMS)
T. Metschies (ABG)
Dr. D. Baacke (AWM)
A. Kassahun (AWM)
Dr. J. Laubrich (BSR)
N. Forbrig (AWM)

Chemnitz, Mai 2014



Dr. Michael Paul

Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung	4
2	Vorgehensweise	5
3	Gewässerspezifische Umweltqualitätsnormen	6
4	Iststands- und Defizitanalyse	8
4.1	Iststand	8
4.2	Ursachenanalyse	11
4.2.1	Standort Ronneburg	11
4.2.2	Standort Seelingstädt	15
4.2.3	Weißer Elster	19
4.3	Prognose der Güteentwicklung	20
4.3.1	Standort Ronneburg	20
4.3.2	Weißer Elster	26
4.4	Ableitung des Handlungsbedarfs	30
5	Betrachtung technischer Varianten zur weiteren Güteverbesserung beeinflusster Oberflächenwasserkörper	31
5.1	Verbesserung der Uranabtrennung	31
5.1.1	Einführung	31
5.1.2	Biologische Verfahren	32
5.1.3	Chemische Verfahren	34
5.1.4	Vergleich und Bewertung	39
5.1.5	Fazit	41
5.2	Abtrennung von Sulfat und Härte	41
5.3	Errichtung einer Rohrleitung zum Abstoß der Wässer aus den WBA	43
5.3.1	Standort Ronneburg	43
5.3.2	Standort Seelingstädt	44
5.4	Verbesserung des Wassermanagements am Standort Seelingstädt	45
5.4.1	Kritische Randbedingungen des Wassermanagements	45
5.4.2	Wasserfassung Culmitschaue	45
5.4.3	WBA-Kapazität	46
5.4.4	Salzbelastung der Vorflut	47
5.4.5	Derzeit bestehende Handlungsalternativen	48
6	Schlussfolgerungen	49
6.1	Grundsätzliches	49

6.2	Maßnahmevorschläge	50
6.3	Festlegung weniger strenger Bewirtschaftungsziele	53
6.4	Ausblick auf einen hypothetischen Endzustand ohne aktive Wasserbehandlung	55
7	Literatur	55

1 Veranlassung

Die Wismut GmbH beeinflusst durch die Sanierung bergbaulicher Altlasten an den Standorten Ronneburg und Seelingstädt daran angrenzende Oberflächenwasserkörper (OWK) langfristig und signifikant. In einer durch das Thüringer Landesverwaltungsamt (TLVwA) in Abstimmung mit dem Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Forsten, Umwelt und Naturschutz (TMLFUN) und der Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie (TLUG) für den 30.07.2013 einberufenen Besprechung wurde die Wismut GmbH über die Sicht der Behörden des Freistaates hinsichtlich der noch vorhandenen sanierungsbedingten Beeinflussungen von Oberflächenwasserkörpern im Einzugsgebiet der Weißen Elster informiert.

Grundlage der Beratung war u. a. ein von der TLUG vorgelegtes Papier, in dem aktuelle Gewässergüteparameter in den betroffenen Fließgewässern Wipse, Gessenbach, Fuchsbach, Pöltzschbach und Weiße Elster analysiert sowie im Kontext von geogenen Hintergrundwerten einerseits und Umweltqualitätsnormen (UQN) nach OGewV (s. weiter unten) diskutiert werden [TLUG, 2013]. Beabsichtigtes Ziel ist es lt. Thüringer Behörden, die genannten Oberflächenwasserkörper (wie alle anderen im Freistaat) so zu bewirtschaften, dass der gute Zustand bis spätestens 2027 erreichbar ist. Falls die Erreichung dieses Ziels nicht möglich oder unverhältnismäßig aufwendig ist, muss von der gesetzlich gegebenen Möglichkeit zur Festlegung weniger strenger Bewirtschaftungsziele Gebrauch gemacht werden. Das erfordert jedoch eine umfangreiche Begründung hinsichtlich Ursachen, Verhältnismäßigkeit und erreichbarem Zielwert.

Im Ergebnis der Besprechung wurde die Wismut GmbH gebeten, eine diesbezügliche Stellungnahme zur Bewirtschaftung der o. g. vom WISMUT-Bergbau und der durch die noch andauernde Sanierungstätigkeit betroffenen Oberflächengewässer abzugeben. Dabei soll dargestellt werden,

- a) inwieweit abweichend von den in [TLUG, 2013] vorgeschlagenen gewässerspezifischen UQN Anhaltspunkte für eine anders geartete Festlegung vorliegen und, falls dem so ist, diese entsprechend zu begründen (Berücksichtigung geogener Hintergrund),
- b) inwieweit die Erreichung des guten Zustands unter Würdigung der Standortgegebenheiten und des aktuellen Sanierungsprogramms der Wismut GmbH möglich erscheint,
- c) welche Möglichkeiten zur Verbesserung der Wasserqualität im Hinblick auf jene Parameter bestehen, für die die Zielerreichung auf der Basis des aktuellen Sanierungsprogramms als fraglich oder unrealistisch einzuschätzen ist,
- d) welche weniger strengen Bewirtschaftungsziele für den Fall gelten sollen, dass der gute Zustand mangels technischer Möglichkeiten oder wegen nicht gegebener Verhältnismäßigkeit für weitere Maßnahmen voraussichtlich nicht erreicht werden kann.

Die hiermit vorgelegte Unterlage stellt den Standpunkt der Wismut GmbH dar.

Ungeachtet des konkret gegebenen Anlasses für die Erstellung dieses Schriftsatzes, nämlich der Aufstellung des Bewirtschaftungsplans für den Zeitraum 2015/21, werden die Betrachtungen zu den Tz. b) bis d) im Folgenden mit Blick auf den Zeitpunkt 2027 angestellt. Es wird dabei an beiden Standorten davon ausgegangen, dass bis zu diesem Zeitpunkt Anlagen zur Fassung und Behandlung kontaminierter Wässer in Betrieb sein werden. Ohne tiefgründige Überlegungen angestellt zu haben, kann hierzu bereits an dieser Stelle formuliert werden, dass

ohne derartige aktive Maßnahmen eine Zielerreichung vereinbarter UQN für die Mehrzahl der relevanten Parameter im Jahre 2027 nicht möglich sein wird.

In diesem Zusammenhang erscheint es daher geboten darauf hinzuweisen, dass das langfristige Sanierungsziel in der Erreichung *sich selbst regulierender, naturnaher Systemzustände ohne aktives Wassermanagement* bestehen muss, und zwar unter Nutzung vorhandener Systempotentiale für eine mögliche natürliche Selbstreinigung der Flutungs- und Sickerwässer unter den konkreten Standortbedingungen. Wenngleich dieses Ziel aus heutiger Perspektive weder für den Standort Ronneburg noch für den Standort Seelingstädt mittelfristig erreichbar scheint, so müssen die Gesamtaktivitäten doch stets unter Berücksichtigung dieser Grundprämisse ausgelegt werden. Eine solche Sichtweise führt zwangsläufig zur Diskussion einer notwendigen Güterabwägung zwischen Aufwand und Nutzen einer – ansonsten ggf. ewig notwendigen – aktiven Behandlung von Restemissionen („Ewigkeitslast“). Welche Prämissen hierzu in fernerer Zukunft auch immer formuliert werden, ist heute unklar. Es ist jedoch davon auszugehen, dass die Außerbetriebnahme von Anlagen zur Wasserfassung und -behandlung zu einer tendenziellen Verschlechterung der Gütesituation im Abstrom führen wird, was dem allgemeinen Verschlechterungsverbot nach EU-WRRL zunächst entgegensteht. Bei der Festlegung realistischer, d.h. weniger strenger Bewirtschaftungsziele durch die zuständige Behörde sollte dieser Tatsache deshalb von vornherein Rechnung getragen werden.

2 Vorgehensweise

Die Ausarbeitung der vorliegenden Unterlage erfolgte, wie mit den Behörden vereinbart, in folgenden Schritten:

1. Abstimmung/Präzisierung der behördlich vorgelegten Ausgangsunterlage [TLUG, 2013] zur Ableitung kritischer Parameter, ihrer maßgeblichen UQN, zu deren Geltungsbereichen sowie deren Herleitung (lokal definierte UQN unter Berücksichtigung geogener Hintergrundwerte) unter Hinzuziehen der Ergebnisse der biologischen Qualitätskomponenten. Ziel dieses Schrittes war es, bestehende Unklarheiten auszuräumen und ein einheitliches Grundverständnis zu den Anforderungen herzustellen.
2. Erarbeitung einer inhaltlichen Stellungnahme zu den in [TLUG, 2013] behördlich formulierten lokalen UQN. Die Stellungnahme wurde der Behörde per E-Mail am 20.09.2013 übersandt [WISMUT, 2013] und gemäß behördlicher Bestätigung in der Beratung zum Bewertungsgremium Flutung Ronneburg am 08.10.2013 [BG Flutung, 2013] als gemeinsame Handlungsgrundlage akzeptiert. Die diesbezüglich wesentlichen Ergebnisse sind in Kapitel 3 zusammengefasst.
3. Erarbeitung einer Stellungnahme zu möglichen weiteren Maßnahmen zur Erreichung des guten Zustands bis zum Jahre 2027. Hierzu war zunächst eine Iststands- und Defizitanalyse anzufertigen, auf der sich der potentielle Handlungsbedarf für weitere technische Maßnahmen begründet. Die Betrachtungen hierzu sind in Kapitel 4 dieser Stellungnahme enthalten. Hierauf aufbauend werden technische Möglichkeiten zur weiteren Verbesserung der Gewässergüte bezogen auf kritische Parameter abgeleitet und hinsichtlich ihrer technischen Machbarkeit sowie ihrer Verhältnismäßigkeit diskutiert (Kapitel 5). Den Abschluss der Betrachtungen bilden Vorschläge für weitere Maßnahmen sowie für erforderliche Ausnahmetatbestände lt. Handlungskatalog der WRRL, die zur Ableitung konkreter, weniger strenger Bewirtschaftungsziele führen (Kapitel 6).

UQN i. S. des hier vorliegenden Papiere (vgl. Tabelle 1) sind die laut WHG geltenden Umweltqualitätsnormen für die Vorflut

- a) gemäß Anlagen 5 und 7 der Oberflächengewässerverordnung (OGewV),
- b) die aufgrund geogener Gegebenheiten veränderten Werte (Hintergrundwerte) nach Anlage 8, 3.3 OGewV,
- c) die in Anlage 4, Tabelle 2 OGewV enthaltenen physikalisch-chemischen Parameter mit verbal beschriebenen Qualitätsmerkmalen, welche im vorliegenden Prozess für eine Bewertung quantifiziert wurden, sowie
- d) Normen für weitere, in signifikantem Maße in die Vorflut eingetragene Stoffe, die als Ursache für die Nichterreichung des biologisch guten Zustands in Frage kommen könnten.

In Abgrenzung hierzu existieren in den derzeit bestandskräftigen Genehmigungen eine Reihe weiterer Termini (so z. B. der Terminus „Güteziel“) als Qualitätsmaßstab mit abweichender Bedeutung. Diese Termini stehen alle in unmittelbarem Bezug zu den konkreten Sanierungsmaßnahmen und betreffen entweder Qualitätsziele für Emissionen in die Vorflut oder Qualitätsziele für das Fließgewässer selbst, jedoch immer bezogen auf den *unmittelbaren Abstrom* des Sanierungsgebietes. Erst im Zusammenwirken mit weiteren, nicht von WISMUT zu verantwortenden Einwirkungen/Gewässerbenutzungen (Bewirtschaftung des Fließgewässers insgesamt) leisten sie einen Beitrag in Bezug auf die oben genannten UQN an den integral ausgerichteten, weiter abstromig gelegenen Bemessungsstellen des jeweiligen Wasserkörpers.

Generell ist anzumerken, dass sich die Bemessungsstellen der nachfolgend betrachteten Oberflächenwasserkörper (OWK) weiter abstromig der von Wismut GmbH sanierten Objekte befinden, nämlich vor Mündung der OWK in die Weiße Elster (kleine Fließgewässer) bzw. in der durch WISMUT nicht direkt beeinflussten Weißen Elster selbst. Sie können daher, neben den Einleitungen von WISMUT, vielfältigen weiteren Einleitungen unterworfen sein, was im Bewirtschaftungskonzept zu berücksichtigen ist. Es wird darauf hingewiesen, dass in der hier vorliegenden Diskussion sowohl jetzt als auch perspektivisch nur die aus dem Einfluss der Sanierungsstandorte der Wismut GmbH resultierenden Überschreitungen der UQN und daraus resultierende weniger strenge Bewirtschaftungsziele betrachtet werden (können). WISMUT wird deshalb langfristig und mit besonderem Augenmerk die im direkten Abstrombereich der Sanierungsobjekte gelegenen Messstellen betreiben. Die Konventionen zur möglichen Gewässerbenutzung durch Wismut im Sinne der Gesamtbewirtschaftung eines Wasserkörpers müssen auch weiterhin an diesen Messstellen vereinbart werden (Güteziele, Grenzwerte etc.).

3 Gewässerspezifische Umweltqualitätsnormen

Die Wasserrahmenrichtlinie 2000/60/EG hat das Ziel, möglichst für alle europäischen Wasserkörper bis 2027 einen „guten Zustand“ zu erreichen. Mit dem novellierten Wasserhaushaltsgesetz 2010 wurde dieses Ziel in deutsches Recht umgesetzt. Der gute Zustand wird neben wesentlichen Qualitätskriterien wie z. B. hydromorphologischen und biologischen Komponenten für eine Reihe von Stoffen auch anhand konkreter Konzentrationen an Wasserinhaltsstoffen bewertet.

Die Oberflächengewässerverordnung (OGewV) vom 20.07.2011 untersetzt zum Zweck der Beurteilung des einzelnen Wasserkörpers konkrete Umweltqualitätsnormen (UQN) als Maß-

stab für einen „guten Zustand“ unter Berücksichtigung einer Reihe von Ausführungsbestimmungen. Sie regelt auch die Berücksichtigung natürlicher Hintergrundkonzentrationen. Da es sich im Falle der von der Wismut GmbH beanspruchten Oberflächenwasserkörper um ein Gebiet mit Uran-Lagerstätten von globaler Bedeutung in Paragenese mit weiteren Vererzungen handelt, sind geogen abweichende Umweltqualitätsnormen im Vergleich zu den allgemeinen laut OGeWV definierten UQN plausibel. Nach der OGeWV sind diese geogenen Hintergrundwerte gewässerkörperspezifisch festzulegen.

In einem Entwurfspapier der Behörde vom 20.03.2013 wurden Umweltqualitätsnormen vor dem Hintergrund geogener Belastungen für die von der Wismut GmbH beanspruchten Oberflächenwasserkörper zur Diskussion gestellt [TLUG, 2013]. Diese wurden durch die Wismut GmbH in einer Stellungnahme mit E-Mail vom 20.09.2013 weitestgehend bestätigt; lediglich für Uran in Fuchs- und Pöltzschbach sowie für Sulfat und Gesamthärte wurden abweichende geogene Hintergrundwerte begründet.

Im Ergebnis des Abstimmungsprozesses wurden die in Tabelle 1 dargestellten Qualitätsnormen als Grundlage weiterer Bewertungen vereinbart [BG Flutung, 2013].

Tabelle 1 Umweltqualitätsnormen für die Zustandsbeurteilung der von der Wismut GmbH beanspruchten Fließgewässer in Thüringen nach WRRL entsprechend [WISMUT, 2013]

Parameter	Einheit	OGeWV	Geltung	Pöltzschbach	Fuchsbach	Wipse	Elster, Zwätzen	Gessenbach	Elster, Milbitz	Sprotte
				E-382	E-383	e-410	e-423	e-691	e-419	s-609
Prioritäre Stoffe (chem. Zustand) --> OGeWV Anl. 7										
Cd_gel (HKL5)	µg/l	0,25	JD	0,5 ¹⁾	0,5 ¹⁾	0,5 ¹⁾	0,25	0,5 ¹⁾	0,25	0,25
Cd_gel (HKL5)	µg/l	1,5	ZHK	-	-	-	1,5	-	1,5	1,5
Ni_gel (bis 2015)	µg/l	20	JD	20	20	20	20	20	20	20
Ni_gel (ab 2016)	µg/l	4 ²⁾	JD	20 ¹⁾	20 ¹⁾	20 ¹⁾	(4 ²⁾)	20 ¹⁾	(4 ²⁾)	20 ¹⁾
Ni_gel (ab 2016)	µg/l	34	ZHK	-	-	-	34	-	34	-
Flussgebietspezifische Schadstoffe (ökolog. Zustand) --> OGeWV Anl. 5										
Se_gel	µg/l	3	JD	3	3	3	3	3	3	3
Tl_gel	µg/l	0,2	JD	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Cu_Schweb	mg/kg	160	JD	160	160	160	160	160	160	160
Zn_Schweb	mg/kg	800	JD	800	800	800	800	800	800	800
As_Schweb	mg/kg	40	JD	40	40	40	40	40	40	40
U_unfiltriert	µg/l	-	JD	20	20	10	-	10	5,5 ³⁾	10
Allgem. chem.-phys. Parameter (ökolog. Zustand)										
SO ₄	mg/l	-	JD	450 ³⁾	200	450 ³⁾		450 ³⁾		200
SO ₄	mg/l	-	ZHK	-	-	-	450 ³⁾	-	450 ³⁾	-
GH (bis 2015)	°dH	-	ZHK	-	-	-	24 ³⁾	-	-	-
GH	°dH	-	ZHK	-	-	-	19 ³⁾	-	19 ³⁾	-

JD – Jahresdurchschnitt, ZHK – Zulässige Höchstkonzentration

¹⁾ von in OGeWV abweichende UQN aufgrund geogener Hintergrundgehalte

²⁾ bioverfügbarer Nickelanteil

³⁾ individuell festgelegter Zielwert

4 Iststands- und Defizitanalyse

4.1 Iststand

In den nachfolgenden Tabellen 2 bis 4 erfolgt der Vergleich des ermittelten Gewässerzustandes (Mittelwerte 2012 als letzten vollständig verfügbaren Jahresdatensatz¹) mit den mit der Behörde abgestimmten gewässerspezifischen UQN gemäß Kapitel 3, Tabelle 1. Entsprechend der nachfolgenden Ursachendiskussion wird dabei eine getrennte Betrachtung der Standorte Ronneburg und Seelingstädt sowie der Weißen Elster vorgenommen.

Im Falle fehlender Messwerte für Bemessungsstellen im Jahr 2012 wurde die Bewertung hilfsweise anhand der nächstgelegenen oberstromigen Messstelle (ausgangsseitig des WISMUT-Gebietes) vorgenommen. Für Thallium und Selen liegen nur Einzelmesswerte aus Sonderuntersuchungen vor. Ihre Aussage ist statistisch noch nicht gesichert, die entsprechenden Werte sind daher in Tabelle 2 in Klammern gesetzt.

Tabelle 2 Vergleich des Gewässerzustandes 2012 mit den gewässerspezifischen Qualitätsnormen nach Tabelle 1, Standort Ronneburg (Wipse, Gessenbach, Sprotte); ergänzende Messwerte aus Sonderuntersuchungen der Jahre 2011 und 2013 in Klammern

Parameter	Einheit	OGewV	Gel- tung	Wipse			Gessenbach			Sprotte	
				UQN	2012		UQN	2012		UQN	2012
				e-410	e-437	e-410	e-691	e-416	e-691	s-609	s-609
Prioritäre Stoffe (chem. Zustand) --> OGewV Anl. 7											
Cd_gel (HKL5)	µg/l	0,25	JD	0,5 ¹⁾	0,92	0,87	0,5 ¹⁾	0,22	0,22	0,25	0,17
Cd_gel (HKL5)	µg/l	1,5	ZHK	-	2,1	1,6	-	6,2	0,6	1,5	0,25
Ni_gel	µg/l	20/4 ²⁾	JD	20	79,3	76,5	20	35	18	20	6,9
Flussgebietspezifische Schadstoffe (ökolog. Zustand) --> OGewV Anl. 5											
Se_gel	µg/l	3	JD	3	0,5	(1)	3	-	(1,2)	3	(2)
Tl_gel	µg/l	0,2	JD	0,2	(0,3)	(0,3)	0,2	(< 0,2)	(0,1)	0,2	(< 0,2)
Cu_Schweb	mg/kg	160	JD	160	326	241	160	999	552	160	32
Zn_Schweb	mg/kg	800	JD	800	166	299	800	411	709	800	178
As_Schweb	mg/kg	40	JD	40	45	28	40	26	27	40	19
U_unfiltriert	µg/l	-	JD	10	64	64	10	29	21	10	5,5
Allgem. chem.-phys. Parameter (ökolog. Zustand)											
SO ₄	mg/l	-	JD	450 ³⁾	2660	2640	450 ³⁾	321	274	200	245
SO ₄	mg/l	-	ZHK	-	3730	3590	-	1300	420	-	412

JD – Jahresdurchschnitt, ZHK – Zulässige Höchstkonzentration,

¹⁾ von in OGewV abweichende UQN aufgrund geogener Hintergrundgehalte

²⁾ bioverfügbar (ab 2015)

³⁾ individuell festgelegter Zielwert

Bemessungsstellen fett markiert

xxx QN überschritten

xxx QN eingehalten

¹ zum Zeitpunkt der Erarbeitung des Dokumentes; Zwischenzeitlich, d. h. im Jahr 2013 eingetretene, sowie zukünftig zu erwartende, die Gewässergüte beeinflussende Entwicklungen werden in den nachfolgenden Kapiteln (Kapitel 4.2 und 4.3) betrachtet.

Tabelle 3 Vergleich des Gewässerzustandes 2012 mit den gewässerspezifischen Qualitätsnormen nach Tabelle 1, Standort Seelingstädt (Culmitzsch, Fuchsbach); ergänzende Messwerte aus Sonderuntersuchungen der Jahre 2011 und 2013 in Klammern

Parameter	Einheit	OGewV	Geltung	Culmitzsch/Pöltzschbach			Fuchsbach		
				UQN	2012		UQN	2012	
				E-382	E-369	E-382	E-383	E-319	E-383
Prioritäre Stoffe (chem. Zustand) --> OGewV Anl. 7									
Cd_gel (HKL5)	µg/l	0,25	JD	0,5 ¹⁾	0,52	0,34	0,5 ¹⁾	-	-
Cd_gel (HKL5)	µg/l	1,5	ZHK	-	3,0	0,5	-	-	-
Ni_gel (bis 2015)	µg/l	20/4 ²⁾	JD	20	10,6	5,9	20	3,8	1,6
Flussgebietspezifische Schadstoffe (ökolog. Zustand) --> OGewV Anl. 5									
Se_gel	µg/l	3	JD	3	(< 1)	-	3	(< 1)	-
Tl_gel	µg/l	0,2	JD	0,2	(0,2)	(0,2)	(0,2)	(< 0,2)	-
Cu_Schweb	mg/kg	160	JD	160	45	-	160	-	-
Zn_Schweb	mg/kg	800	JD	800	208	-	800	-	-
As_Schweb	mg/kg	40	JD	40	27	-	40	-	-
U_unfiltriert	µg/l	-	JD	20	262	131	20	76	34
Allgem. chem.-phys. Parameter (ökolog. Zustand)									
SO ₄	mg/l	-	JD	450 ³⁾	3050	2460	200	152	122
SO ₄	mg/l	-	ZHK	-	5010	3540	-	202	135

JD – Jahresdurchschnitt, ZHK – Zulässige Höchstkonzentration

¹⁾ von in OGewV abweichende UQN aufgrund geogener Hintergrundgehalte

²⁾ bioverfügbar (ab 2015)

³⁾ individuell festgelegter Zielwert

Bemessungsstellen fett markiert

xxx QN überschritten

xxx QN eingehalten

Tabelle 4 Vergleich des Gewässerzustandes 2012 mit den gewässerspezifischen Qualitätsnormen nach Tabelle 1 für die Weiße Elster; ergänzende Messwerte aus Sonderuntersuchungen des Jahres 2011 in Klammern

Parameter	Einheit	OGewV	Geltung	Elster, Meilitz		Elster, Zwätzen		Elster, Milbitz	
				UQN	2012	UQN	2012	UQN	2012
				E-321	E-321	e-423	e-423	e-419	e-419
Prioritäre Stoffe (chem. Zustand) --> OGewV Anl. 7									
Cd_gel (HKL5)	µg/l	0,25	JD	0,5 ¹⁾	-	0,25		0,25	0,090
Cd_gel (HKL5)	µg/l	1,5	ZHK	-	-	1,5		1,5	0,25
Ni_gel (bis 2015)	µg/l	20	JD	20	2,5	20		20	5,7
Ni_gel (ab 2016)	µg/l	4 ²⁾	JD	4 ²⁾		4 ²⁾		4 ²⁾	
	µg/l	34	ZHK	34		34		34	
Flussgebietspezifische Schadstoffe (ökolog. Zustand) --> OGewV Anl. 5									
Se_gel	µg/l	3	JD	3	-	3	-	3	-
Tl_gel	µg/l	0,2	JD	0,2	(< 0,2)	0,2	-	0,2	(< 0,2)
Cu_Schweb	mg/kg	160	JD	160	-	160	-	160	105
Zn_Schweb	mg/kg	800	JD	800	-	800	-	800	691
As_Schweb	mg/kg	40	JD	40	-	40	-	40	28
U_unfiltriert	µg/l	-	JD	4,5	5,7	-	7,2	5,5	6,1
Allgem. chem.-phys. Parameter (ökolog. Zustand)									
SO ₄	mg/l	-	JD	450 ³⁾	134	450 ³⁾		-	176
SO ₄	mg/l	-	ZHK	-	200	-	450 ³⁾	450 ³⁾	295
GH (bis 2015)	°dH	-	JD	-	9,6	-		-	13,3
GH (bis 2015)	°dH	-	ZHK	-	11	24 ³⁾	23	-	21,1
GH (ab 2016)	°dH	-	ZHK	-	11	19 ³⁾		19 ³⁾	

JD – Jahresdurchschnitt, ZHK – Zulässige Höchstkonzentration

¹⁾ von in OGewV abweichende UQN aufgrund geogener Hintergrundgehalte²⁾ bioverfügbar (ab 2015)³⁾ individuell festgelegter Zielwert

Bemessungsstellen fett markiert

xxx QN überschritten

xxx QN eingehalten

Im Ergebnis der Gegenüberstellung von Qualitätsnormen und Ist-Stand für das Jahr 2012 sind als Ausgangslage für die weiteren Betrachtungen die folgenden Schlussfolgerungen zu konstatieren:

- Wipse: Überschreitungen der Qualitätsnormen traten auf bei Uran, Sulfat, Nickel, Cadmium, Thallium sowie Kupfer im Schweb.
- Gessenbach: Die Zielvorgaben wurden eingehalten, außer für Uran und Kupfer im Schweb, wobei für Kupfer an e-691 in 2012 nur ein Messwert von Anfang des Jahres vorliegt.
- Sprotte: Die Zielvorgaben wurden außer für Sulfat eingehalten.
- Culmitzsch/Pöltzschbach: Die Zielvorgaben wurden eingehalten bis auf Uran und Sulfat
- Fuchsbach: Die Zielvorgaben wurden nur für Uran nicht eingehalten.
- Weiße Elster: Die Zielvorgaben wurden bis auf Uran (e-419) eingehalten.

4.2 Ursachenanalyse

4.2.1 Standort Ronneburg

Als langfristig wichtigste potentielle Kontaminationsquelle ist das Grundwasser aus der gefluteten Grube Ronneburg anzusehen. Die Flutung über ein Niveau von ca. 235 m NN der Ronneburger Grubenfelder der 1. Etappe der Gesamtlutung und die Flutung über ein Niveau von ca. 258 m NN des Grubenfeldes Beerwalde der 2. Etappe der Gesamtlutung führt zu Beeinträchtigungen in den Austrittsgebieten des Gessenbaches einschließlich des Lammsbaches und der Postersteiner Sprotte (1. Etappe der Gesamtlutung) bzw. der Beerwalder Sprotte und des Drosenbaches (2. Etappe der Gesamtlutung).

Zur Unterbindung nicht vertretbarer Außenwirkungen wurden Wasserfassungssysteme errichtet, von denen 2012 ein System im Austrittsgebiet Gessental (1. Etappe der Gesamtlutung) mit einer Kapazität von bis 700 m³/h und ein System im Austrittsgebiet Beerwalder Sprotte mit einer Kapazität von bis 35 m³/h (2. Etappe der Gesamtlutung) betrieben wurden. Die Wasserfassung Posterstein (1. Etappe der Gesamtlutung, relevant ab einem Flutungsstand über ca. 251 m NN) mit einer Kapazität von bis zu 20 m³/h wurde Anfang 2012 aufgrund der eingetretenen Verbesserung der Wasserqualität außer Betrieb genommen. Die Effektivität der Wasserfassungen bestimmt die Restbeeinflussungen der Fließgewässer Gessenbach und Sprotte durch grubenbürtig kontaminierte Grundwässer.

Die gefassten Wässer wurden bzw. werden der Behandlung in der WBA Ronneburg zugeführt, der Abstoß gereinigter Wässer erfolgt in die Wipse. Zur Beherrschung von Gefahrensituationen im Ergebnis der Flutung wurde bis Oktober 2012 darüber hinaus gezielt unbehandeltes Grundwasser in die Wipse und teilweise in den Gessenbach abgegeben. Zur Maximierung der Behandlungskapazität für Grundwasser wurde zusätzlich unbehandeltes Oberflächenwasser in Wipse und Gessenbach abgegeben. Die abgegebenen Wässer beeinflussten die Fließgewässer temporär und stoffspezifisch, ihr Effekt ist in den hier betrachteten Jahresmittelwerten für das Jahr 2012 enthalten.

In zweiter Linie liegen die Ursachen für eine Beeinträchtigung der betroffenen Fließgewässer in diffus zusitzenden Abflussanteilen aus Halden, von ehemaligen Haldenflächen und – untergeordnet – noch unsanierten Betriebsflächen.

An dritter Stelle sind die rezenten Gewässersedimente selbst im weitesten Sinne mit ihren gespeicherten Stoffgehalten aller zurückliegenden Bergbau- und Sanierungsaktivitäten Ursache für spezifische Belastungen. Sie leiten über zu den geogen bedingten stofflichen Anomalien, welche die Talauen der Lagerstättenregion prägen.

Wipse (zu betrachtende Parameter: U, SO₄, Ni, Cd, Tl, Cu_{Schweb})

Die Wipse wird vom Abstoß der WBA Ronneburg einschließlich der Brauchwasserzugabe dominiert. So ist der WBA-Abstoß die Hauptquelle für die zu diskutierenden U- und SO₄-Konzentrationen (Abbildung 1 und Abbildung 2) und ggf. für Tl. Alle weiteren hier betrachteten Schwermetalle werden aufgrund der Abtrennleistung der WBA in sehr geringen Konzentrationen abgegeben (i. d. R. < BG). Sulfat wird in der WBA nicht abgetrennt. Für U betrug die Abtrennrate 2012 ca. 80 %. Sie kann jedoch abhängig von der Fahrweise der Wasserbehandlung schwanken. Die Abstoßkonzentrationen lagen 2012 zwischen 0,15 mg/l und 0,035 mg/l (Monatsmittelwerte). Für SO₄ betrug die Abstoßkonzentrationen zwischen

3600 mg/l und 3000 mg/l (Monatsmittelwerte). Durch Brauchwasserzugabe wurden beide Stoffkonzentrationen um ca. 20 % verringert, die Frachten jedoch nicht nennenswert erhöht.

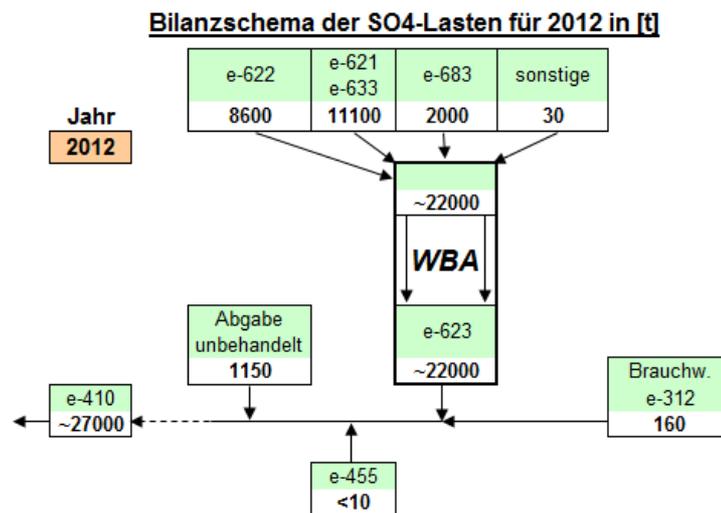


Abbildung 1 Bilanzierung der Sulfat-Lasten im Jahr 2012 für die WBA Ronneburg und die Wipse (e-622: Wasserfassung Gessental, e-621 + e-633: zentrale Brunnen, e-683: Oberflächenwasser, e-455: Wipseanstrom, e-410: Wipseamündung²)

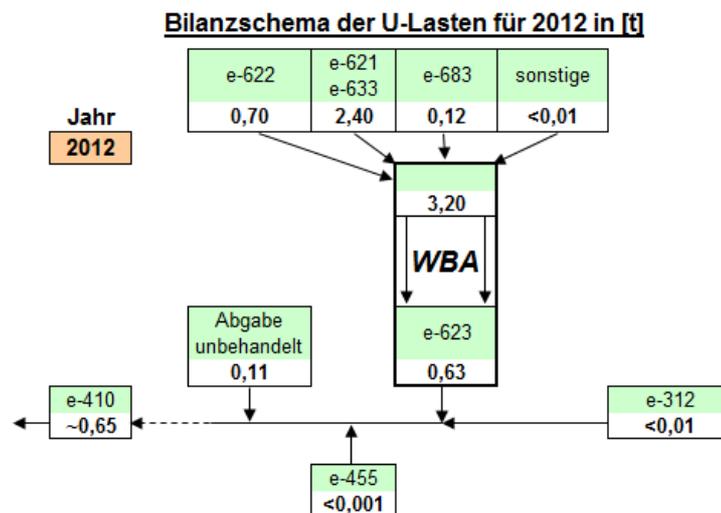


Abbildung 2 Bilanzierung der Uran-Lasten im Jahr 2012 für die WBA Ronneburg und die Wipse (e-622: Wasserfassung Gessental, e-621 + e-633: zentrale Brunnen, e-683: Oberflächenwasser, e-455: Wipseanstrom, e-410: Wipseamündung¹)

² Menge an der Mündung nicht gemessen, zur Frachtberechnung geschätzt

In 2012 prägte auch das direkt in die Wipse abgegebene unbehandelte Grund- und Oberflächenwasser die Gewässerqualität hinsichtlich der Schwermetalle, was eine konkrete Maßnahme des Eingriffes in das Wassermanagement zum Zweck der Gefahrenabwehr darstellte. Diese Wasserabgabe und deren Auswirkungen auf die Gewässerqualität sind als Ausnahmesituation zu bewerten, die Mittelwerte für 2012 (Cd, Ni) sind insofern als Bewertungsgrundlage für nachfolgende Zeiträume nicht repräsentativ. Der in Abbildung 3 dargestellte Verlauf der Ni- und Cd-Konzentrationen am Messpunkt e-437 illustriert die Auswirkungen der Einleitungen: Für die Monate bis September 2012 liegen die Werte mit Abgabe unbehandelter Wässer signifikant über denen nach Einstellung der Abgabe.

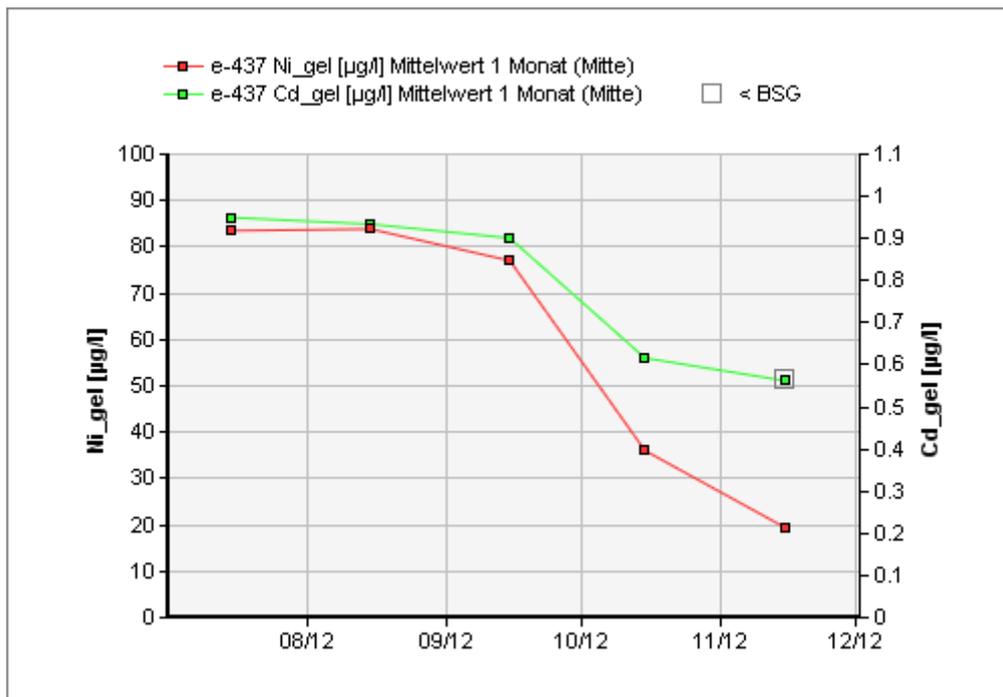


Abbildung 3 Verlauf der Ni- und Cd-Konzentrationen (exemplarisch) im Zeitraum der Einstellung der Abgabe unbehandelter Wässer in die Wipse

Für 2013 wurde an der Bemessungsstelle ein Mittelwert von $< 23 \mu\text{g/l}$ für Ni und $< 0,29 \mu\text{g/l}$ für Cd gemessen.

Auch von der ehemaligen Haldenaufstandsfläche der Absetzerhalde stammende Oberflächenwässer waren ursächlich für messbare Erhöhungen der Schwermetallkonzentrationen in der Wipse mitverantwortlich. Zudem waren relevante Frachten durch hypodermische Abflüsse zu vermuten, die der Wipse im Bereich zwischen Abstrom Kanigsberg bis Abstrom Alt-Lichtenberger Tal diffus zusitzen.

Wie bereits weiter oben formuliert, stellen die Gewässersedimente eine zusätzliche Ursache für spezifische Belastungen dar.

Rezente Schweb- und Sedimentbelastungen resultieren zum einen aus Umlagerungen von vorbelasteten Sedimenten, zum anderen aus der Eigenschaft frischer Fe-Verbindungen (Hydroxide) zur Kopräzipitation von gelösten Stoffen. In der Wipse ist hierfür v. a. der Zeitraum der Einleitung unbehandelter Grundwässer relevant. Von Ende 2010 bis Oktober 2012 wurden gemäß Stellungnahmen an das TLBA 1,1 Mio. m^3 unbehandeltes Grundwasser in die Wipse abgegeben, dessen Fe-Fracht sich sichtbar im Sediment niederschlug.

Gessenbach (zu betrachtende Parameter: U, Cu_{Schweb})

Austretendes, fast vollständig gefasstes Grundwasser im Gessental enthält grundsätzlich relevante Konzentrationen an Schwermetallen, U, SO₄ und Härtebildnern. Die Konzentrationen im Anstrom zur Wasserfassung (in Festgestein und Grube) und damit auch in der Wasserfassung selbst sanken tendenziell weiter ab. Der Rückgang der Grundwasseraustrittsmengen in 2012 ist auf die sinkenden Grundwasserpotentiale in Folge der Flutungswasserabsenkung zurückzuführen. Gütezielüberschreitungen traten nur untergeordnet auf. Dies wurde durch eine effektive Fassung und durch eine gezielte Oberflächenwasser- einschließlich Brauchwasserabgabe sichergestellt. Alle gefassten Wässer konnten im Wesentlichen abgefördert werden (Abförderung im Jahresdurchschnitt 420 m³/h). Restbeeinflussungen durch diffuse Grundwasserzutritte zum Gessenbach galten 2012 als vernachlässigbar (im Jahresdurchschnitt auf ca. 2 m³/h beschränkt).

Als weitere Quellen für die relevanten Stoffe gelten

- a) der sogenannte Zulauf „Schwarzer Bär“, vermutlich einem Ablauf eines alten Abwassersammlers der Stadt Ronneburg mit möglicherweise geogen bedingt erhöhten Konzentrationen an U (und Ra-226) sowie
- b) diffuse Zutritte im Oberen Gessental mit z. T. nachweislichen, z. T. vermuteten leicht erhöhten Schwermetallkonzentrationen. Das Einzugsgebiet Oberes Gessental umfasst u. a. ehemalige Haldenaufstandsflächen (Nordhalde, Gessenhalde, Absetzerhalde), Teile des Tagebauverfüllkörpers, Betriebsflächen und Wasserflächen, die regulär in den Oberen Gessenbach entlasten (Zwischenspeicher 2 und Pohlteich).

Der Lammsbach (alle Angaben beziehen sich auf dessen Mündung in den Gessenbach) lieferte keinen nennenswerten Beitrag zu den am Standort Ronneburg anfallenden Schadstofffrachten. Die Schwermetallkonzentrationen waren mit sinkendem Flutungswasserstand (1. Etappe der Gesamtflutung) rückläufig, so z. B. für Ni von 100 µg/l auf 20 µg/l. Aufgrund der geringen Wasserführung des Lammsbachs blieb die leichte, flutungsbedingte Erhöhung der SO₄-Konzentrationen auf Werte um 500 mg/l für den Gessenbach bedeutungslos.

Als rezente Quelle für die Kontamination von Schweb und Sediment im Gessenbach sind die temporären Überläufe des Bypasses zu nennen. Der Gessenbach nimmt dann Fe-Ablagerungen aus dem Sanierungsabschnitt des Gessenbaches auf (stillgelegter Abschnitt fungiert als Wasserfassungselement). Hier traten zuletzt langanhaltende Übertritte im Zeitraum November 2010 bis Juni 2011 mit durchschnittlich 70 m³/h auf. Derartige Ereignisse hinterlassen anhaltende Signaturen im Sediment. Die Fe-Fracht ist für die Kopräzipitation weiterer Schwermetalle ursächlich, insbesondere von Cu, das in großen Anteilen in die partikuläre Phase übergeht und sedimentiert. Einzelne Zuordnungen von Stoffen oder Stoffgehalten zu bestimmten Ereignissen sind jedoch nicht möglich.

Sprotte (zu betrachtende Parameter: SO₄)

SO₄ war mit Konzentrationen um 170 mg/l in der Mennsdorfer Sprotte und um 630 mg/l im Stolzenberger Arm der Postersteiner Sprotte (geringe Durchflussmenge) auffällig; flutungsunbeeinflusst wären aus den beiden Sprottearmen ca. 130 mg/l SO₄ (geogen) zu erwarten.

Für die Erklärung der SO₄-Konzentrationen der Vereinigten Sprotte an der Messstelle s-609 hingegen war die SO₄-Fracht der Postersteiner Sprotte nicht maßgeblich, hierfür sind viel-

mehr die Frachten aus der Beerwalder Sprotte heranzuziehen. Sie treten der Beerwalder Sprotte überwiegend unterhalb des Austrittsgebietes Beerwalde, d. h. jenseits der Wasserfassung, zu und führen zu einem analogen Konzentrationsgang in der Vereinigten Sprotte an der Bemessungsstelle s-609. Hinsichtlich der flutungsbedingt auftretenden Schwermetallfrachten leistete die Wasserfassung Beerwalde eine so weitreichende Wirkung, dass sich die in Löbichau gemessene Restbeeinflussung (um 60 µg/l Ni) nicht auf messbare Effekte in der Vereinigten Sprotte niederschlug. Die relevanten Schwermetallkonzentrationen im austretenden Grundwasser des Austrittsgebietes Beerwalde waren bisher nicht rückläufig.

Der Drosenbach lieferte aufgrund seiner geringen Wasserführung keine für die Vereinigte Sprotte relevanten Stofffrachten. Temporär waren im Bach selbst Konzentrationserhöhungen aufgrund von Grundwasseraustritten und der Abgabe von Oberflächenwasser messbar. Chargenweise wurde beeinflusstes Wasser aus dem Auflandebecken Beerwalde abgegeben; das Becken ist entschlämmt, das gesamte Objekt (einschließlich Damm) jedoch noch unsaniert, im Vorfeld fanden Flächensanierungsmaßnahmen statt.

4.2.2 Standort Seelingstädt

Als wesentliche Quelle für die derzeitige stoffliche Belastung des Fließgewässers Culmitzsch/Pöltzschbach sind die Sickerwässer aus den am Standort Seelingstädt abgelagerten Tailings in den Industriellen Absetzanlagen (IAA) Trünzig und Culmitzsch sowie die Porenwässer in den Grundwasserleitern im Umfeld anzusehen. Durch die Einspülung der Rückstände der Uran-Aufbereitung in ehemalige Tagebaue ohne Basisabdichtung kam es bereits während des Betriebes der IAA zu einem Abstrom belasteter Wässer in die umliegenden Grundwasserleiter. Damit verbunden hat sich auch im Umfeld der IAA ein bedeutendes Stoffpotential in Form von Porenwässern sowie sorptiv an die Gesteinsmatrix gebunden aufgebaut. Auch nach einer Abdeckung der IAA wird dieses Stoffpotential über einen längeren Zeitraum zu einer anhaltenden stofflichen Belastung des Fließgewässers beitragen.

Eine bedeutsame Stoffquelle im Hinblick auf die langfristigen Bedingungen stellen die am Standort befindlichen Halden dar. Im Rahmen der Sanierung der IAA wird ein Teil des aufgehaldeten Materials als Konturierungs- sowie Abdeckmaterial verwendet und die entsprechenden Haldenvolumen auf die IAA umgelagert. Damit werden die Aufstandsfläche und somit auch die anfallende Sickerwassermenge verringert und das Stoffpotential innerhalb der Anlagen konzentriert. Eine Abdeckung der IAA hat damit auch auf den Austrag aus dem umgelagerten Haldenmaterial einen positiven Einfluss. Dennoch verbleibt auch nach Abschluss der Sanierung eine Reihe von Halden im Umfeld der IAA an ihrem derzeitigen Standort.

Derzeit werden kontaminierte Oberflächenwässer, Porenwässer, der Großteil der Sickerwässer sowie ein wesentlicher Anteil der belasteten Grundwässer am Standort gefasst und in der WBA behandelt. Das behandelte Wasser wird in die Culmitzsch abgestoßen. Mit der bestehenden Behandlungstechnologie werden die Metall- und Radionuklidgehalte (U) der Wässer deutlich reduziert. Die Technologie umfasst Behandlungsschritte, die spezifisch auf die Abtrennung von Uran, welches größtenteils als mobiler Karbonatkomplex vorliegt, ausgerichtet sind. In den vergangenen Jahren wurden diese Behandlungsschritte mehrfach optimiert, um die abgestoßenen Uran-Lasten weiter zu senken und insbesondere in den Wintermonaten einen optimalen Anlagenbetrieb zu gewährleisten.

Durch die bestehende WBA-Technologie erfolgt keine Abtrennung von Neutralsalzen sowie Härtebildnern. Aufgrund der hohen Mg-Konzentrationen treten keine Gipsausfällung und damit keine Verringerung der SO_4 - und Härte-Lasten auf.

Culmitzsch/Pöltzschbach (zu betrachtende Parameter: U, SO_4)

Die Analyse der wesentlichen Belastungen in der Culmitzsch unterhalb der WISMUT-Objekte (IAA Trünzig und Culmitzsch) zeigt die hohe Bedeutung der Neutralsalze (SO_4), der Härtebildner (Mg, Ca) sowie von Uran. Die nachfolgenden Abbildungen zeigen eine Lastbilanz für SO_4 und Uran für das Jahr 2012. Die dargestellten Frachten sind in ihrer Größenordnung über die vergangenen Jahre konstant, ein deutlicher Trend ist nicht zu beobachten, da sich sowohl die Quellen als auch die wesentlichen hydraulischen Bedingungen in den letzten Jahren nicht verändert haben.

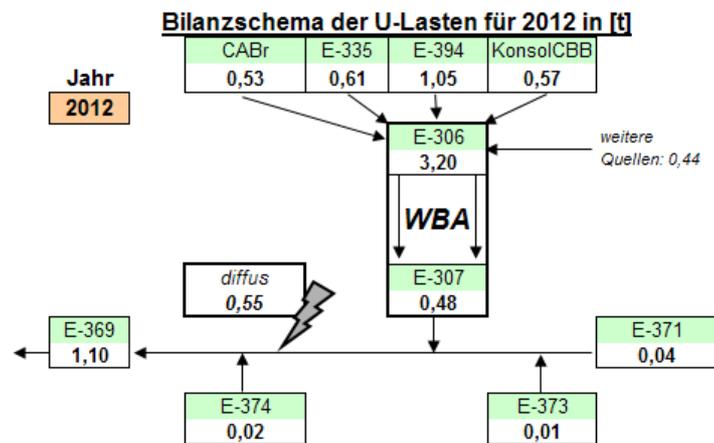


Abbildung 4 Bilanzierung der Uran-Lasten im Jahr 2012 für die IAA Culmitzsch und Trünzig im Einzugsgebiet der Culmitzsch (CABr – Porenwasserbrunnen IAA Culmitzsch A; E-335 – Wasserfassung Culmitzschau einschließlich der auf der IAA Trünzig gefassten Wässer; E-394 – Wasserfassung Nordabstrom IAA Culmitzsch; KonsolCBB – Konsolidierungswässer IAA Culmitzsch B)

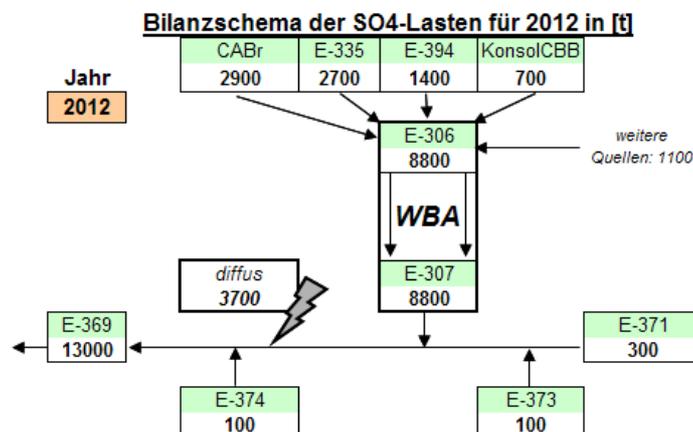


Abbildung 5 Bilanzierung der Sulfat-Lasten im Jahr 2012 für die IAA Culmitzsch und Trünzig im Einzugsgebiet der Culmitzsch

Die Vorlast in der Culmitzsch sowie in deren Zuläufen wird an den Messstellen E-371 (Culmitzsch Oberlauf), E-373 (Finkenbach) sowie E-374 (Katzbach) erfasst. Bezüglich der hier dargestellten Parameter stellt die Vorlast somit weniger als 5 % der unterhalb der WISMUT-Objekte in der Culmitzsch bilanzierten Stoffmengen (SO_4 , U) dar. Damit ist der Fließabschnitt zwischen den Vorlast-Messstellen und der E-369 unterhalb der IAA für die Betrachtungen zum Frachteintrag in die Culmitzsch entscheidend. Als wesentlicher Bereich für den Zutritt in die Culmitzsch wird aufgrund von Begehungen sowie Gewässerlängsprofil-Messungen die Zechsteinbrücke angesehen. Die Zechsteinbrücke stellt durch die Verbreitung des gut durchlässigen Culmitzscher Sandsteines in Verbindung mit der Culmitzscher Störungszone eine bevorzugte Wasserwegsamkeit für Grundwasser im Umfeld der IAA dar.



Abbildung 6 Verbreitung der Zechsteinbrücke sowie Lage der Oberflächenwasser-Messstellen im Bereich der Culmitzschau

Hinsichtlich Uran ergibt sich der größte gefasste Lastanteil von nahezu 35 % bezogen auf den Gesamtstandort im Nordabstrom der IAA Culmitzsch (E-394, siehe Abbildung 4). Vergleichbar große Anteile ergeben sich für die gefassten Porenwässer in den beiden Tailingsbecken der IAA Culmitzsch, wobei aufgrund der geochemischen Bedingungen der Austrag aus dem Becken B deutlich überwiegt. Trotz erheblich größerer gefasster Wassermengen im Bereich der Culmitzschau sowie der IAA Trünzig (E-335) ist der hier gefasste Lastanteil geringer.

Im Ergebnis des Behandlungsprozesses ergibt sich in Bezug auf die U-Last eine deutliche Reduzierung um mehr als 80 %. Der verbleibende Lasteintrag in das Fließgewässer beträgt derzeit etwa 0,5 t U/a und entspricht in seiner Größenordnung dem diffusen U-Eintrag in die Culmitzsch im Bereich der Culmitzschau über die zusitzenden Grundwässer.

Eine Bilanzierung der Wassermengen auf der Grundlage der kontinuierlichen Messungen in den Messstellen im Ober- und Unterstrom in Relation zu denen aus der IAA zeigt, dass bezogen auf die Messstelle E-369 etwa 30 bis 40 % des Durchflusses der Culmitzsch im Bereich der Culmitzschau zutreten. Dabei wird ein Großteil der Oberflächenwässer in diesem Bereich des Einzugsgebietes durch die Wasserfassung auf den IAA gefasst und gelangt über die WBA in die Vorflut. Damit stellt der abgeschätzte Zuflussanteil im Wesentlichen den diffusen Grundwasserzutritt in diesem Bereich zur Culmitzsch dar.

Hinsichtlich der Größenordnung des diffusen Zuflusses wird auch deutlich, dass mit dem oberstromigen Zufluss keine deutliche Verdünnung der zutretenden belasteten Wässer erfolgt. Vielmehr stellt die WBA-Abgabe mit einem Mengenanteil von etwa 30 % ebenfalls einen wesentlichen Abflussanteil dar. Insbesondere in Trockenperioden verringert sich der oberstromige Zuflussanteil überproportional, was die Belastungsbedingungen hinsichtlich der Konzentration der kritischen Parameter weiter erhöht. Ein Stillstand der WBA und das damit einhergehende Ausbleiben von verdünnenden gereinigten Wässern führen dann in Trockenperioden unweigerlich zu einer Überschreitung der bestehenden Grenzwerte und damit auch der anvisierten Qualitätsnormen. Nur durch zusätzliche Maßnahmen, wie z. B. die Einspeisung zusätzlichen Brauchwassers aus der Weißen Elster, können die Grenzwerte eingehalten werden.

Unter Annahme einer mittleren Konzentration des zutretenden Grundwassers von 5 g/l SO₄ bzw. 1 mg/l U ergibt sich auf der Grundlage der Bilanzierung der diffusen Zuflüsse (siehe Abbildung 4 und Abbildung 5) ein Anteil von etwa 10 % des jährlichen Gesamtdurchflusses an der Messstelle E-369. Das bestätigt die in der o. g. Mengenbilanzierung abgeschätzte Größenordnung der diffusen Grundwasser-Zutritte, zumal auf dem Fließabschnitt auch ein größerer Teil geringer belasteter Zuflüsse auftritt. Diese Abschätzung zeigt, dass der in dem betrachteten Bereich auftretende diffuse Zufluss neben seinem Lastbeitrag auch eine bedeutende Rolle für die Gesamtwasserbilanz des Gewässers darstellt.

Fuchsbach (zu betrachtender Parameter: U)

In den Fuchsbach erfolgt keine direkte Einleitung von Wässern der WISMUT-Objekte. Im Vorland des Norddammes werden abströmende Grundwässer aus der IAA wirksam durch Brunnen sowie eine Tiefdrainage gefasst und zusammen mit Oberflächenwässern von den Betriebsflächen der WBA zur Behandlung zugeleitet. Es ist somit davon auszugehen, dass aufgrund des mit der Wasserfassung ausgebildeten lokalen Grundwasserströmungsfeldes kein unterirdischer Abstrom von der IAA in den Fuchsbach auftritt.

Dennoch werden im Fuchsbach an der Messstelle E-319 im Abstrom der IAA Culmitzsch Uran-Konzentrationen zwischen 0,05 und 0,15 mg U/l und damit Überschreitungen der Qualitätsnorm gem. Kapitel 3 gemessen. Ursache für diese erhöhten Uran-Konzentrationen sind die am Standort befindlichen Halden, aber auch geogene Quellen, die durch den ehemaligen Bergbau aktiviert wurden. Dabei wird im Bereich des Fuchsbaches die größte Bedeutung der nicht im Eigentum der Wismut GmbH befindlichen Gauernhalde zugeschrieben. Sickerwässer der Halde, die dem Fuchsbach oberstromig der WISMUT-Objekte zutreten, weisen Uran-Konzentrationen zwischen 1 und 2,5 mg/l (E-363) auf. Bei einem mittleren Abfluss zwischen 2 und 3 m³/h zeichnen sich diese Wässer bereits nahezu für die Hälfte der an der Messstelle E-319 bilanzierten jährlichen Gesamt-Uranlast verantwortlich. Insgesamt ist jedoch die Belastungssituation im Fuchsbach im Vergleich zur Culmitzsch, auch hinsichtlich der Salzbelastung (SO₄, Härte), deutlich geringer.

4.2.3 Weiße Elster

Die Weiße Elster verfehlte im Jahr 2012 mit $6,1 \mu\text{g/l}$ Uran im Jahresdurchschnitt den anvisierten Zielwert von $5,5 \mu\text{g/l}$ an der Bemessungsstelle e-419. Als wesentliche Ursachen gelten mit Verweis auf die Kapitel 4.2.1 und 4.2.2 die aus den Zuflüssen Wipse und Culmitzsch/Pöltzschbach eingetragenen Lasten. Plausibel widerspiegeln sich damit die im Jahr 2012 bilanzierten Werte von ca. 1 t bzw. 0,7 t Uran aus den Standorten Seelingstädt und Ronneburg in der Aufkonzentration der Weißen Elster um ca. $4 \mu\text{g/l}$ Uran zwischen An- und Abstrom. Hinsichtlich des Anteils von Einträgen insbesondere über die Wipse sind die gemessenen Werte des Jahres 2012 nicht repräsentativ für die Folgezeit (vgl. Ursachendiskussion, Kapitel 4.2.1). Im Ergebnis zeichnet sich in den Werten für 2013 bereits eine deutliche Verringerung der Jahresmittelwerte für Uran ab, wobei die Ergebnisse immer im Kontext des allgemeinen Niederschlagsgeschehens gesehen werden müssen (Abbildung 7).

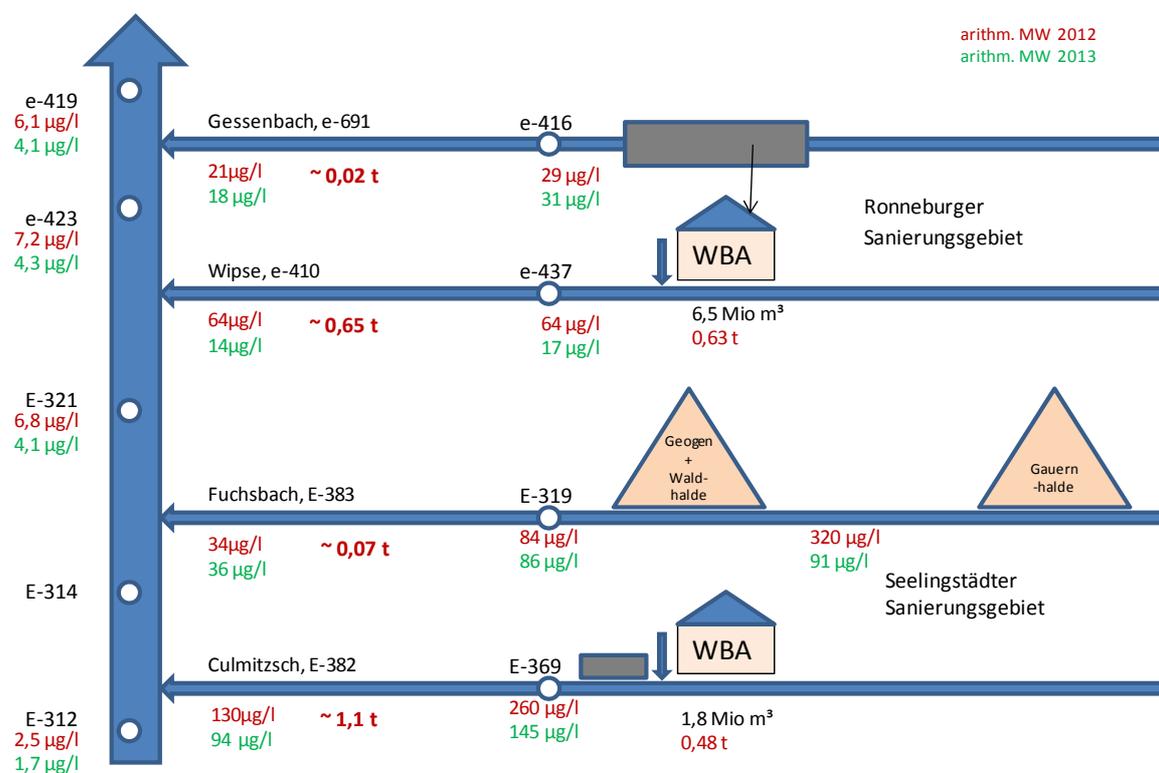


Abbildung 7 Frachtbilanz für Uran im Einzugsgebiet der Weißen Elster

Im Gegensatz zum Uran wird für die *Gesamthärte* ein Qualitätsziel anvisiert, welches sich an der Höchstkonzentration der Einzelprobe anstelle des Jahresmittelwerts misst. Der so bis 2015 als maximale Höchstkonzentration vereinbarte Härtewert von 24°dH an der Messstelle e-423 ist einer temporär begrenzten Interventionssituation zum nochmaligen Absenken des Flutungswasserspiegels am Standort Ronneburg geschuldet. Er wurde in 2012 und auch in 2013 eingehalten.

Bei der Reflektion der Härtesituation zwischen den Messstellen e-423 und e-419 wird jedoch deutlich, dass neben den Stoffeinträgen der Wismut GmbH - zwischen beiden Messstellen nur durch die Einträge des Gessenbaches geprägt - weitere signifikante Lasteinträge anderer Verursacher hinzukommen. Abbildung 8 zeigt dazu die Häufigkeitsverteilung des Verhältnisses der an einem Stichtag gemessenen Konzentrationen entlang des Strompfades (vgl. hierzu auch Abbildung 14 im Kapitel 4.3.3). Die Gesamthärte, repräsentiert mit den Bestandteilen

Magnesium und Calcium, zeigt eine deutliche Konzentrationserhöhung an der e-419 analog zu Sulfat in der Größenordnung von 10 - 20 %. Dagegen bleiben die Konzentrationen von Chlorid unverändert. Allein die Lasteinträge des im Wesentlichen durch WISMUT unbeaufschlagten, mengenmäßig unbedeutenden Gessenbachzuflusses können diese Zunahme nicht erklären. Damit sind auch hier die in Tabelle 1 dargestellten bisherigen Konventionen für den Parameter Gesamthärte nochmals zu hinterfragen.

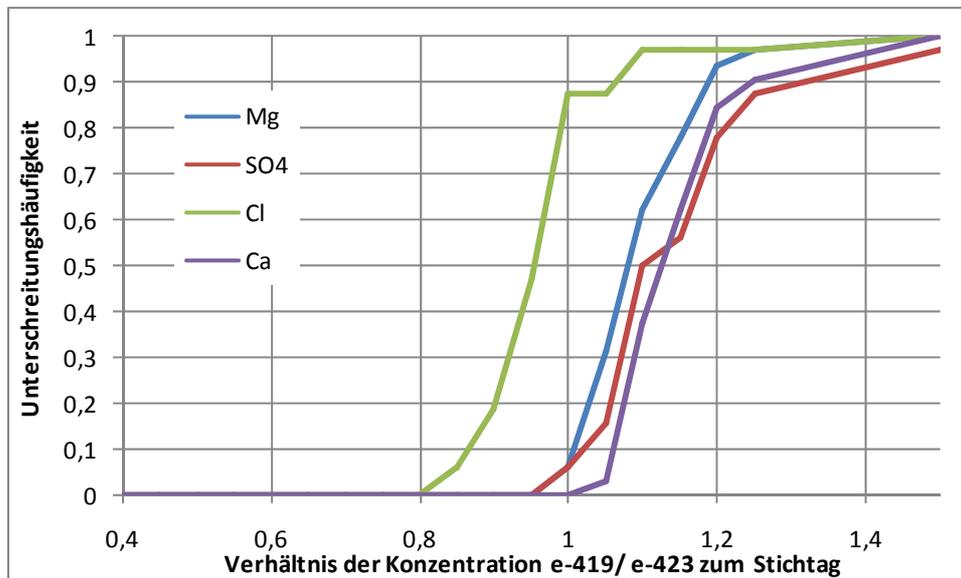


Abbildung 8 Häufigkeitsverteilung des Verhältnisses der an einem Stichtag gemessenen Konzentrationen entlang des Strompfades der Weißen Elster (e-423, e-419)

4.3 Prognose der Güteentwicklung

4.3.1 Standort Ronneburg

Die Prognose hinsichtlich der Einhaltung der zukünftigen UQN erfolgt vereinbarungsgemäß auf der Grundlage des gegenwärtig geplanten, nachfolgend skizzierten Vorgehens.

Die aktuelle Flutungsstrategie für die **1. Etappe der Gesamtflutung** („4. Präzisierung der Flutungsstrategie für die 1. Etappe der Gesamtflutung Ronneburg - Grubenfelder südlich der BAB 4“, Wismut GmbH, Chemnitz, 03.05.2013, WIS-R 504/26) sieht eine Absenkung des Flutungswasserstandes bis 2017, ein Halten zur Errichtung von weiteren Elementen der Wasserfassung bzw. zum Schutz des Gessenbaches bis 2018 und einen darauf folgenden, gesteuerten Wiedereinstau vor. Der endgültige Flutungswasserstand bleibt zukünftigen Entscheidungen bezüglich der notwendigen Bewirtschaftung der Speicherlamelle in der Grube vorbehalten. Hinsichtlich der langfristigen Prognose ist damit das dynamische Systemverhalten bis in die 2020er Jahre hinein zu beachten. Es wird pauschal von einem notwendigen Weiterbetrieb der WBA bis über das Jahr 2027 hinaus ausgegangen, der jedoch keinen Sanierungsendzustand darstellt (vgl. Ausführungen in Kapitel 1).

Die Auswirkungen der Flutung auf den *Gessenbach* werden gegenüber den bisherigen Auswirkungen deutlich reduziert sein. Temporäre Beeinträchtigungen können jedoch auch zukünftig grundsätzlich nicht ausgeschlossen werden. Die Ursachen können technischer Natur oder Ergebnis extremer Witterungsereignisse sein.

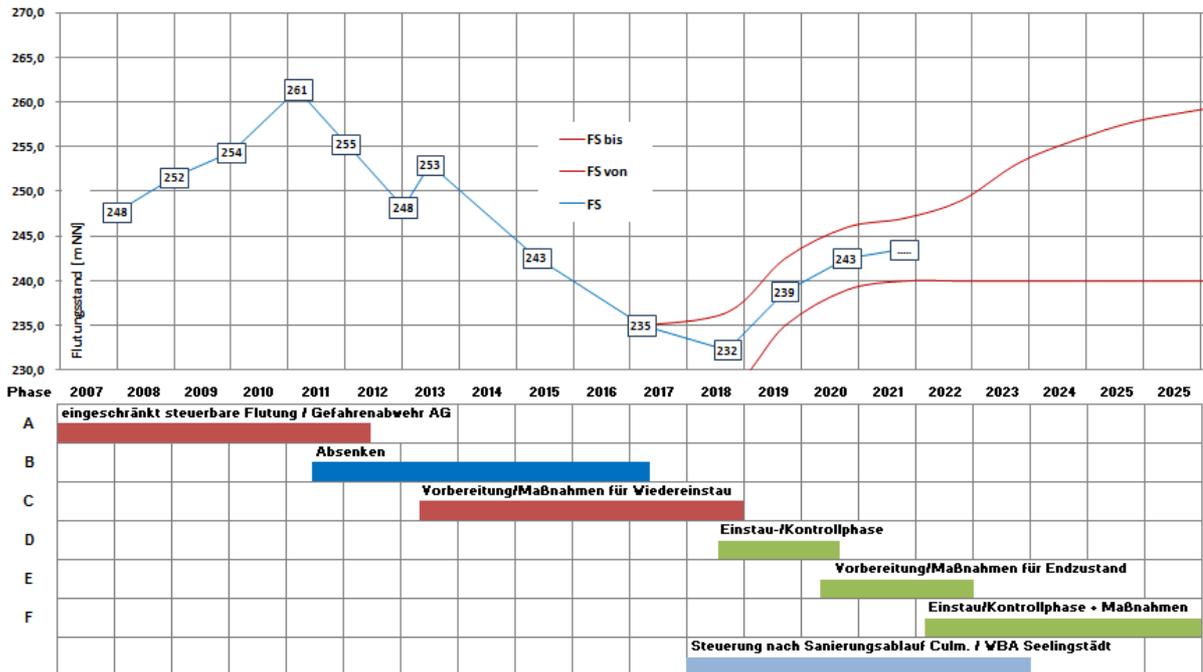


Abbildung 9 Zeitlicher Ablauf des Sanierungsvorhabens 1. Etappe der Gesamtflutung des Gruben- gebäudes Ronneburg gemäß [WIS-R 504/26]

Hinsichtlich der regulären, mittleren bzw. Normalverhältnisse strebt WISMUT mit der Er- tüchtigung der Wasserfassung Gessental eine deutliche Unterschreitung der an der Umwelt- messstelle e-416 derzeit geltenden Güteziele an. Geringfügige Beeinträchtigungen können langfristig noch den sonstigen Ursachen (siehe Kapitel 4.2.1) zugeordnet werden. Sie werden angesichts der Zeitachse allerdings als vernachlässigbar bewertet. An der Bemessungsstelle e-691 an der Mündung zur Weißen Elster betragen die mittleren Konzentrationen in 2012 für Ni und U nur 1/2 bzw. 2/3 sowie für SO₄ ca. 5/6 der Konzentrationen an der Gütemessstelle e-416. Es wird somit eingeschätzt, dass die Qualitätsnormen nach Tabelle 1 bis 2027 seitens der WISMUT prinzipiell eingehalten werden können.

Bis 2027 ist ein Abklingen der SO₄-Konzentrationen in dem im Gessental austretenden Grundwasser auf < 1000 mg/l möglich (Kapitel 6.4). Unter dieser Prämisse wäre, unter Be- achtung aller übrigen Qualitätsnormen, der Direktabstoß in den Gessenbach als Alternative zu betrachten.

Die Vermeidung schädlicher Auswirkungen auf die *Sprotte* wird mit hoher Sicherheit ein we- sentliches Kriterium für die Aussteuerung des langfristigen Flutungsstandes darstellen. Tem- poräre Beeinträchtigungen wie saisonal erhöhte Konzentrationen oder erhöhte Konzentra- tionen im Zuge des regelmäßigen oder witterungsbedingten Überstaus eines bestimmten Flutungs- niveaus sind nicht auszuschließen. Da jedoch die Auswirkungen bis zur Messstelle s- 609 an der Vereinigten Sprotte durch weitere Einflüsse signifikant abgemildert werden, ist die zukünftige Einhaltung der dort geltenden UQN aus Sicht der 1. Etappe der Gesamtflutung grundsätzlich als gesichert anzusehen.

Die Beeinflussungen der *Wipse* durch den Abstoß behandelter Wässer und die Abgabe von Oberflächenwasser wird zunächst bis ca. 2018 anhalten. Während des darauffolgenden Wie- dereinstaus wird eine Reduzierung des Abstoßes bzw. eine (Wieder-) Mitbehandlung von größeren Anteilen kontaminierter Oberflächenwässer möglich sein, solange die Behandlungs-

technologie dies zulässt (bezüglich Konzentrationen und Stoffverhältnisse). Bei wieder regulärem Betrieb wird eine temporäre Vollauslastung der WBA weiterhin notwendig sein, die je nach Bedarf (Entleerung der Speicherlamelle, Nassperiode) mehrere Monate andauern kann. Eine Flutungswasserabsenkung als Rückfallvariante wird auch langfristig möglich sein müssen. Für die Urankonzentrationen im zu behandelnden Grubenwasser ist ein Abklingen derzeit nicht zuverlässig prognostizierbar. Damit bleiben für Uran die technischen Möglichkeiten bei der Wasserbehandlung maßgeblich (siehe Kapitel 4.2.1). Für die SO_4 -Konzentration kann auf Basis des bisherigen Systemverständnisses ein Abklingen von etwas weniger als 10 % pro Jahr unterstellt werden. Damit erscheinen Konzentrationen im Bereich von 1000 ... 1500 mg/l für die Wipse ab 2027 möglich. Die Prognoseunsicherheit besteht darin, inwieweit eine Übertragung des bisherigen Abklingverhaltens auf die zukünftige Entwicklung angenommen werden darf. In jedem Fall jedoch ist die Erreichung des Zielwerts von $< 450 \text{ mg/l SO}_4$ nicht realistisch.

Bei Außerbetriebnahme der Wasserbehandlung würde die diffuse Beeinträchtigung der Wipse durch Oberflächenwässer und hypodermisch abfließende Wässer im Bereich des Sanierungsstandortes wieder dominieren. Derzeit sind diese Effekte aufgrund der hohen Wasserführung überdeckt und können nicht belastbar quantifiziert werden. Es gibt allerdings Anhaltspunkte für deren Relevanz (Stillstandstage WBA). Wie stark diese Effekte im 2027 sein werden, ist nicht belastbar vorherzusagen.³

Für die **Grubenfelder nördlich der BAB 4** (2. Etappe der Gesamtflutung) sind keine Eingriffe vorgesehen. Gegenwärtig steigen die Wasserstände in den Teilflutungsräumen Beerwalde, Drosen und Korbußen nicht weiter an. Das heißt auch, dass keine über das bisherige Maß hinausgehenden Beeinträchtigungen erwartet werden. Die Wasserfassung wird auf der Basis bestehender Güteziele voraussichtlich in Kürze (2014) ertüchtigt. Bereits jetzt ist allerdings aus Sicht der 2. Etappe der Gesamtflutung bis auf SO_4 die Einhaltung der UQN gewährleistet. Insofern sind aus der Großensteiner Sprotte keine Überschreitungen für die Zukunft zu erwarten. Dies gilt umso mehr, als dass auch für das GF Beerwalde unter langfristigen Aspekten ein Abklingen der Stoffkonzentrationen in den Flutungswässern zu erwarten sein dürfte, obwohl sich dieser Trend bislang (seit 2010) noch nicht abzeichnet.

Die Einhaltung der SO_4 -Konzentrationen (an der Bemessungsstelle s-609) erscheint derzeit möglich, aber nicht sicher. Ursache hierfür ist, dass relevante SO_4 -Frachten unterhalb des Austrittsgebietes Beerwalde (Gebiet mit Buntsandsteinverbreitung) zutreten. Ob die Reduzierung der Gesamtfracht durch erwartete Effekte der zu ertüchtigenden Wasserfassung Beerwalde ausreichend ist, um im Jahresdurchschnitt unter 200 mg/l an der Messstelle s-609 zu bleiben, ist fraglich. So betragen die SO_4 -Mittelwerte der weitestgehend sanierungsunbeeinflussten Jahre 2002 bis 2007 ohne jeglichen Flutungswasserbeitrag zwischen 190 mg/l und 220 mg/l SO_4 (Abbildung 10). Hieraus ergibt sich, dass das einzugsgebietspezifische Güteziel für SO_4 in der Sprotte nochmals diskutiert werden sollte. Die geogenen Hintergrundwerte wurden für Gessenbach und Wipse ausführlich diskutiert, nicht jedoch für die Sprotte. Die Wismut GmbH plädiert daher für eine Anpassung der gewässerspezifisch festzulegenden UQN für Sulfat in der Sprotte auf 250 mg/l.

³ Im Falle der Einstellung der Wasserabgabe in die Wipse wäre die Aufrechterhaltung der Wipse als eigenständiger (Kleinst-)Wasserkörper im Sinne WRRL in Frage zu stellen.

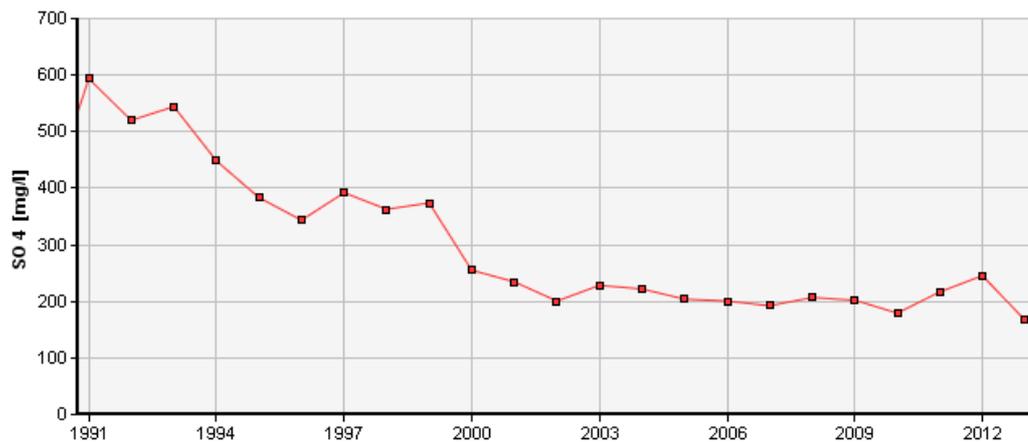


Abbildung 10 Jahresmittelwerte für SO₄ in der Vereinigten Sprotte, Bemessungsstelle s-609

Für die Gewässersedimente ist in überschaubaren Zeiträumen keine grundsätzliche Verbesserung der Beschaffenheit zu erwarten. Grund ist das „lange Gedächtnis“ bezüglich der summarischen bergbaulichen Beeinträchtigungen (siehe Kapitel 4.2). Allerdings hat sich die Wismut GmbH zur Sanierung der Gewässerläufe nach Abschluss der Maßnahmen an den Standorten (> 2027) bekannt.

Zusammenfassend lässt sich auf der Grundlage der Bewertungsübersicht zur Ursachenanalyse (Kapitel 4.2.1) folgende Tabelle für 2027 ableiten, wobei gemäß derzeitiger Strategie die Wasserfassung im Gessental, die Behandlung in der WBA und der Abstoß behandelter Wasser in die Wipse unterstellt ist und andere Szenarien nicht berücksichtigt werden.

Tabelle 5 Ausblick zur zukünftigen (2027) Einhaltung der UQN als Diskussionsbasis für die Ableitung weniger strenger Bewirtschaftungsziele für den Standort Ronneburg

Parameter	Einheit	OGewV	Bemessungs- ort/ -geltung	Wipse (mit WBA)		Gessenbach (mit Wasserfassung)		Sprotte	
				UQN	Prognose 2027	UQN	Prognose 2027	UQN	Prognose 2027
Cd_gel (HKL5)	µg/l	0,25	UQN - JD	0,5 ¹⁾	≤ 0,5	0,5 ¹⁾	≤ 0,5	0,25	≤ 0,25
Cd_gel (HKL5)	µg/l	1,5	UQN - ZHK	-	-	-	-	1,5	≤ 1,5
Ni_gel	µg/l	4 ²⁾	UQN - JD	20	≤ 20	20	≤ 20	20	≤ 20
Ni_gel	µg/l	34	UQN - ZHK	(34)	-	(34)	-	(34)	≤ 34
Se_gel	µg/l	3	UQN - JD	3	≤ 3	3	≤ 3	3	≤ 3
Tl_gel	µg/l	0,2	UQN - JD	0,2	?	0,2	?	0,2	?
Cu_Schweb	mg/kg	160	UQN - JD	160	≤ 160	160	unsicher	160	≤ 160
Zn_Schweb	mg/kg	800	UQN - JD	800	≤ 800	800	≤ 800	800	≤ 800
As_Schweb	mg/kg	40	UQN - JD	40	≤ 40	40	≤ 40	40	≤ 40
U_unfiltriert	µg/l	-	UQN - JD	10	≤ 100	10	unsicher	10	≤ 10
SO ₄	mg/l	-	UQN - JD	450	≤ 1500	450	≤ 450	150 ... 200	ca. 250

JD – Jahresdurchschnitt, ZHK – Zulässige Höchstkonzentration

¹⁾ von in OGewV abweichende UQN aufgrund geogener Hintergrundgehalte

²⁾ bioverfügbar (ab 2015)

Bemessungsstellen fett markiert

xxx QN eher überschritten

xxx QN eher eingehalten

Fazit: Für den Zeitraum bis zum Abschluss der Sanierungsarbeiten im Gessental, in dem mit allen Elementen der Flexibilisierung des Wassermanagements mit dem Ziel der Maximierung der Grundwasserbehandlungskapazität in der WBA gearbeitet werden muss, sollten unbedingt Ausnahmen von den ab 2027 angestrebten UQN gewährt werden. Für Uran ist aufgrund der Vorbelastung z. B. durch den Zulauf „Schwarzer Bär“ mit 0,2 mg/l eine belastbare Prognose für die zu erreichende Gewässergüte nicht möglich.

In der Wipse ist die Einhaltung der UQN für Uran und Sulfat aus heutiger Sicht nicht zu erwarten, für Thallium ist eine Prognose derzeit nur schwer möglich.

Ein Jahresdurchschnitt unter 200 mg/l SO₄ in der Postersteiner Sprotte ist nicht sicher zu erwarten, wobei die potentiellen Überschreitungen geogener Natur sind. Wie bereits beschrieben, schlägt die Wismut GmbH eine Anpassung der gewässerspezifisch festzulegenden UQN für Sulfat in der Sprotte auf 250 mg/l vor.

Die Einhaltung der Beschaffenheitsanforderungen an Schweb (und Sediment) hängt bei Wipse und Gessenbach vom Sanierungszeitpunkt für die Bachläufe ab.

Für jedes andere Szenario als das hier unterstellte (Wasserfassung und Wasserbehandlung, Abgabe in die Wipse) wären andere Schlussfolgerungen bzgl. der Ableitung weniger strenger Bewirtschaftungsziele zu ziehen (siehe dazu Kapitel 6.4).

4.3.2 Standort Seelingstädt

Mit der Sanierung des Standortes ist eine Abdeckung der IAA vorgesehen, die den Wasserhaushalt wesentlich beeinflussen wird. Dabei ist die Endabdeckung (EAD) auf der IAA Trünzig vollständig aufgebracht, während auf der IAA Culmitzsch 2014 mit dem Bau der EAD begonnen werden soll. Der Abschluss der Arbeiten zur EAD der IAA Culmitzsch ist für das Jahr 2022 vorgesehen.

Mit dem Bau der EAD und der Begrünung wird insbesondere die in die Spülstrandbereiche versickernde Wassermenge deutlich reduziert. Im Feinschlammbereich kommt es aufgrund der Konsolidierung der Tailingsschichten zu einer Verringerung der hydraulischen Durchlässigkeit, in deren Folge der Austrag von Porenwässern und damit auch von Schadstoffen deutlich zurückgeht. Die Konsolidierung der Feinschlämme ist ein langwieriger Prozess, der durch technische Maßnahmen im Rahmen der Sanierung (Einbringung von Vertikaldrains) zwar beschleunigt (primäre Setzung), aber sich dennoch über das Ende der Sanierung hinaus noch fortsetzen wird (sekundäre Setzung).

Im Hinblick auf den Wasserhaushalt und damit auch den Stoffaustrag am Standort werden sich somit quasi-stationäre Bedingungen erst deutlich nach Ende der Sanierung einstellen. Zudem stellt das Umfeld aufgrund der langfristigen Beaufschlagung mit belasteten Sickerwässern der IAA ein weiteres Stoffpotential auf dem Abstrompfad zu den Fließgewässern dar. Aus diesem Bereich ist ebenfalls nur mit einem längerfristigen Abklingen der stofflichen Belastung zu rechnen. Hinzu kommt, dass die IAA Culmitzsch kein bedeutendes oberstromiges Einzugsgebiet besitzt, das mit einem zusätzlichen Grundwasseranstrom zu einem verstärkten Auswaschen der Schadstoffe in den GWL bzw. einer weiteren Verdünnung beitragen würde. Vielmehr stellen die Tailingsbecken an sich das Neubildungsgebiet dar, aus dem der Abstrom zu den Fließgewässern erfolgt.

Dennoch ist davon auszugehen, dass sich die langfristige Belastung der Fließgewässer durch die Sanierungsmaßnahmen deutlich verringern wird. Insbesondere in der Culmitzsch ist mit einem wesentlichen Rückgang der diffus ausgetragenen Lasten zu rechnen. Als Ursache sind die Verringerung der Durchsickerung der Außendämme und des Untergrundes und die Stabilität der Millieubedingungen in den abgelagerten Tailings anzusehen. Eine Versauerung der Tailings und ein damit verbundener Anstieg der Stoffausträge wird aufgrund des Verhältnisses von Versauerungs- und Neutralisationspotential innerhalb der Tailings sowie der mit der Endabdeckung einhergehenden Verringerung des Sauerstoffzutrittes ausgeschlossen.

Aufgrund der beschriebenen Prozesse sowie der zu erwartenden Abklingzeiträume ist für den Betrachtungszeitraum bis 2027 von keiner signifikanten Verringerung der Belastungssituation ohne weitere, über die Aufbringung der EAD und das bestehende Wassermanagement hinausgehende, technische Maßnahmen am Standort auszugehen. Die Abbildung 11 zeigt beispielhaft die Konzentrationsentwicklung von Uran in den Bilanzmessstellen im Nordabstrom (E-394) sowie in der Culmitzschau (E-335) für die letzten 10 Jahre. Ein signifikanter Trend der Konzentrationsabnahme, der eine deutliche stoffliche Entlastung in kurz- bis mittelfristigen Zeiträumen in Aussicht stellen würde, ist demnach nicht vorhanden.

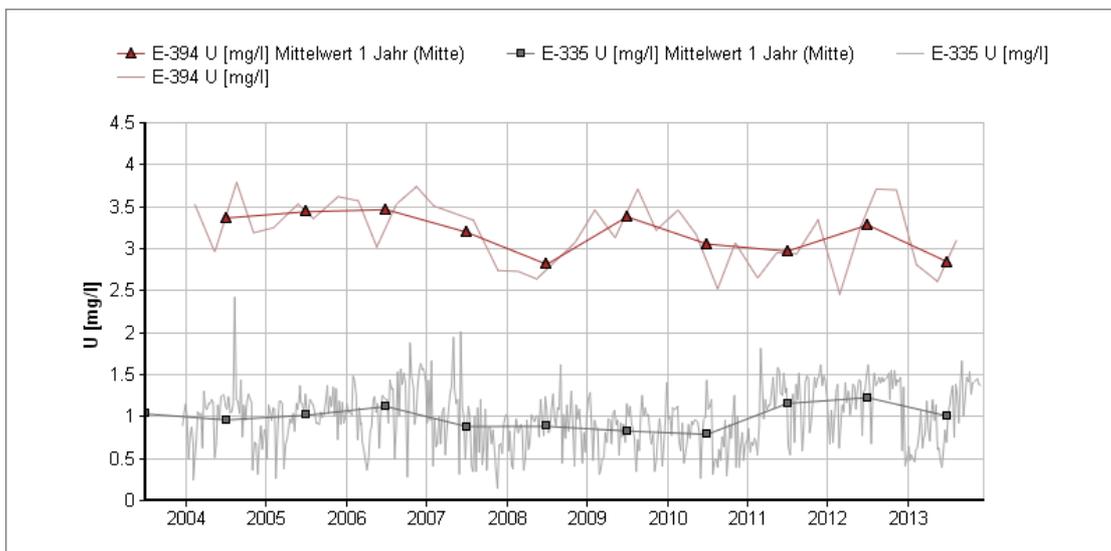


Abbildung 11 Uran-Konzentrationsentwicklung an den Bilanzmessstellen im Abstrom der IAA

Während der Sanierung kommt es über die in den Bilanzmessstellen dargestellte Austragsentwicklung hinaus durch die Freisetzung und Fassung weiterer Porenwässer im Ergebnis der Konsolidierung zu zusätzlichen, innerhalb der IAA gefassten Stofflasten. Im Fall von Uran werden die entsprechenden Lasten durch die Behandlung in der WBA vor Abgabe in die Fließgewässer wieder verringert. Für die Neutralsalze ergibt sich dagegen jedoch eine Zunahme der Belastung im Fließgewässer durch eine höhere Abgabe aus der WBA. Es scheint daher angemessen davon auszugehen, dass mittelfristig im Zeitraum der Sanierung die Belastungssituation unter den gegebenen Randbedingungen zwar nicht verstärkt, aber eben auch nicht deutlich verringert werden kann. Zu Möglichkeiten des Wassermanagements wird in einem nachfolgenden Abschnitt Stellung genommen.

Fazit: Für den Standort Seelingstädt mit den Fließgewässern Culmitzsch/Pöltzschbach sowie Fuchsbach ergibt sich für WISMUT auf der Grundlage der Analyse der bestehenden Bedingungen sowie der zu erwartenden Entwicklung der Stoffausträge die Notwendigkeit, insbesondere für Uran und Sulfat weniger strenge Bewirtschaftungsziele zu formulieren. Für Thal-

lium ist die bestehende Datenbasis derzeit zu gering und sollte daher an den zentralen Bilanzpunkten (E-319, E-369) verbessert werden. Eine Erstbewertung der vorliegenden Daten scheint jedoch auch für Thallium weniger strenge Bewirtschaftungsziele zu erfordern.

Dagegen erscheint die Einhaltung der bestehenden UQN unter Beachtung der Hintergrundgehalte für Cadmium, Nickel und Selen in der Lösung sowie von Kupfer, Zink und Arsen im Schwebstoff aus derzeitiger Sicht möglich. Tabelle 6 fasst die Prognose der UQN-Zielerreichung für den Standort Seelingstädt im Jahr 2027 zusammen.

Tabelle 6 Ausblick zur zukünftigen (2027) Einhaltung der UQN als Diskussionsbasis für die Ableitung weniger strenger Bewirtschaftungsziele für den Standort Seelingstädt

Parameter	Einheit	OGewV	Bemes- sungs- ort/ - geltung	Culmitsch/Pöltzschbach		Fuchsbach	
				UQN	Prognose 2027	UQN	Prognose 2027
Cd_gel (HKL5)	µg/l	0,25	UQN - JD	0,5 ¹⁾	≤ 0,5	0,5 ¹⁾	≤ 0,5
Cd_gel (HKL5)	µg/l	1,5	UQN - ZHK	-	-	-	-
Ni_gel	µg/l	4 ²⁾	UQN - JD	20	≤ 20	20	≤ 20
Se	µg/l	3	UQN - JD	3	≤ 3	3	≤ 3
Tl_gel	µg/l	0,2	UQN - JD	0,2	0,5	0,2	0,5
Cu_Schweb	mg/kg	160	UQN - JD	160	≤ 160	160	≤ 160
Zn_Schweb	mg/kg	800	UQN - JD	800	≤ 800	800	≤ 800
As_Schweb	mg/kg	40	UQN - JD	40	≤ 40	40	≤ 40
U_unfiltriert	µg/l	-	UQN - JD	20	300	20	200
SO ₄	mg/l	-	UQN - JD	450	3000	450	1000

JD – Jahresdurchschnitt, ZHK – Zulässige Höchstkonzentration

¹⁾ von in OGewV abweichende UQN aufgrund geogener Hintergrundgehalte

²⁾ bioverfügbar (ab 2015)

Bemessungsstellen fett markiert

xxx QN eher überschritten

xxx QN eher eingehalten

4.3.3 Weiße Elster

Für eine Prognose der Beschaffenheit der Weißen Elster im Jahre 2027 sind sowohl die langfristig ermittelten statistischen Werte in Verbindung mit dem Sanierungsgeschehen an den Standorten Seelingstädt und Ronneburg als auch die in den vorherigen Kapiteln beschriebenen perspektivischen Szenarien zu betrachten.

Abbildung 12 zeigt dazu die langfristig ermittelten statistischen Werte für Uran an den Kontrollmessstellen der Weißen Elster im Abschnitt zwischen Berga und Milbitz als Jahresmedianwerte. Im Vergleich dazu werden die nach Rechenvorschrift der OGewV ermittelten arithmetischen Mittelwerte gegenübergestellt (Abbildung 13).

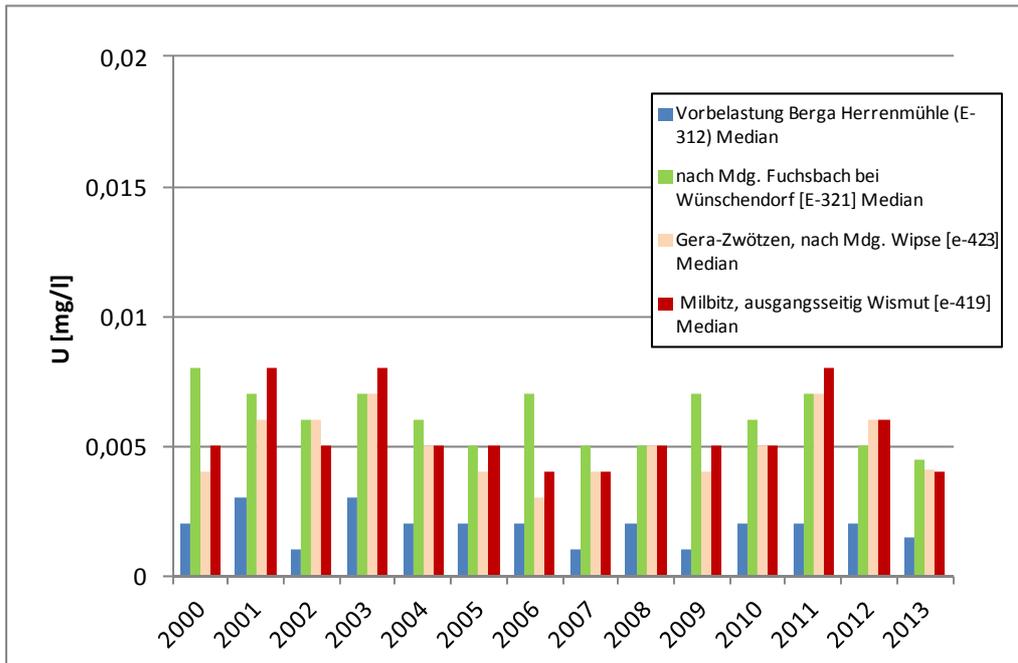


Abbildung 12 Jahresmedianwerte für Uran in der Weißen Elster zwischen Berga und Milbitz

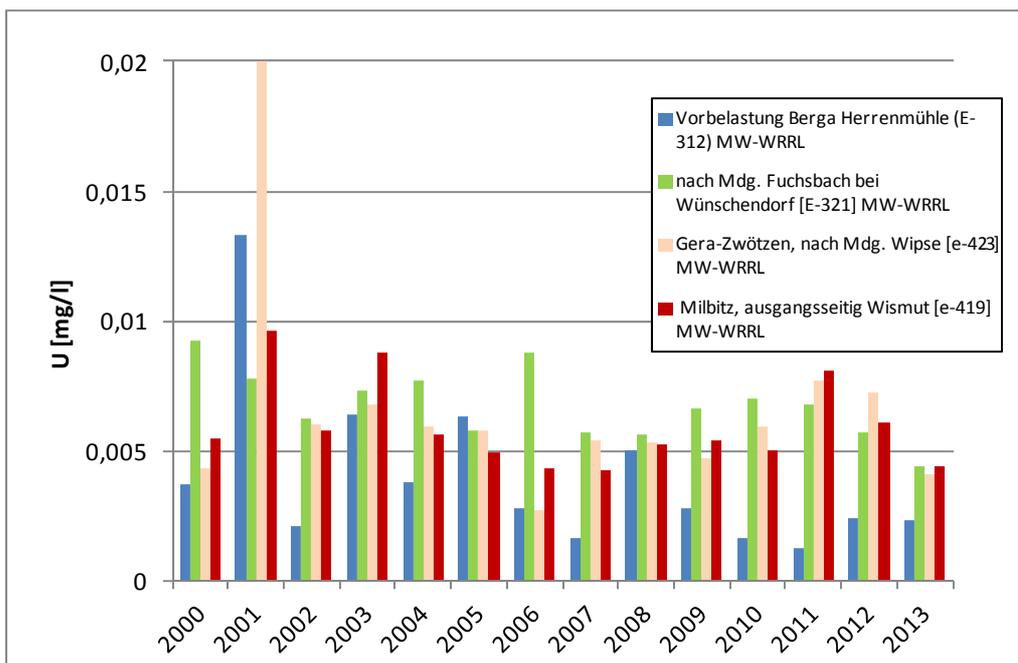


Abbildung 13 Jahresmittelwerte für Uran in der Weißen Elster zwischen Berga und Milbitz

Zunächst bleibt festzuhalten, dass mit dem gleichen Datenmaterial unter Verwendung des *arithmetischen* Mittels statt des *Median*wertes der plausible Schluss, wonach die Elster durch die eingetragenen Lasten der Standorte abstromig signifikant beaufschlagt wird, nicht mehr überzeugend gelingt. Vielmehr liegt nach dieser Berechnungsmethode für einige Jahre schon der Anstromwert über dem vereinbarten Zielwert *nach* Beanspruchung des Fließgewässers (2001, 2003, 2005). Die Ursachen der sporadisch gemessenen Spitzen im Anstrom konnten nie geklärt werden. Zusätzliche Überlagerungen kommen durch das klimatische Geschehen in Form extremer Nass- oder Trockenjahre. Insofern müsste die Uran-UQN laut Tabelle 1 über-

dacht werden. Unbestritten bleibt jedoch die WISMUT mit ihren Sanierungsobjekten der Hauptverursacher für die gemessenen Urankonzentrationen im betrachteten Gebiet.

Im Abstrom Milbitz (e-419) unterschritten die gemessenen Uran-Jahresmittelwerte zumindest in den Jahren 2004 bis 2010 bereits das anvisierte Qualitätsziel von 5,5 µg/l. Der Anstieg in den Jahren 2011 und 2012 ist der Interventionssituation zur nochmaligen Absenkung der Flutungsstandes in der Grube Ronneburg zuzuschreiben. Für das Jahr 2013 wird, korrespondierend mit den Erläuterungen in Kapitel 4.2.1, ein Mittelwert von ca. 4 µg/l erreicht, wobei auch immer die Niederschlagsmengen eines Jahres sowohl für die abgeleiteten Lasten als auch für die Durchflussmengen der Weißen Elster zu interpretieren sind. Damit sollte auch nach Ende der Interventionssituation und angesichts der weiteren Bemühungen zur Verbesserung der langzeitlichen Abtrennleistung von Uran in der Wasserbehandlung (s. Kapitel 5.1) die anvisierte UQN erreichbar sein.

Neben den Unwägbarkeiten von Einträgen im betrachteten Fließabschnitt der Weißen Elster außerhalb WISMUT (s. Kapitel 4.2.3) ist auch die Gesamthärte in der Perspektive eng an die Sanierungsszenarien der Standorte Seelingstädt und Ronneburg gebunden. Abbildung 14 veranschaulicht die Durchfluss- und Gesamthärtedesituation für die Jahresmittelwerte 2012 und 2013.

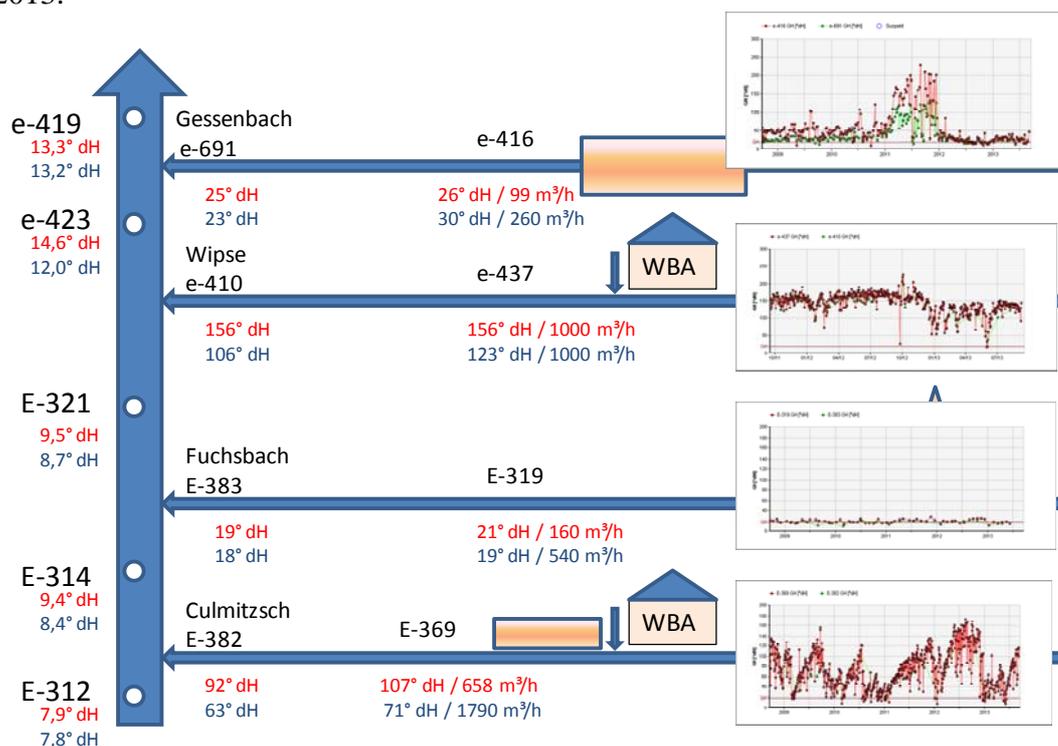


Abbildung 14 Gesamthärte [°dH] in Weißer Elster und deren Zuflüssen, arithmetische Mittelwerte 2012 (rot) und 2013 (blau)

Da in den Kapiteln 4.3.1 und 4.3.2 bei der Betrachtung der Austragsmengen für Neutralsalze mit Zeithorizont 2027 in der Summe beider Standorte eine rückläufigen Tendenz prognostiziert wird, erscheint die Erreichung der Zielvorgabe von 19 °dH durch die von WISMUT eingetragenen Lasten möglich. Unabhängig davon wird die bis 2015 vereinbarte temporäre Anhebung des Härtegrenzwertes von 19 °dH auf 24 °dH (jeweils Höchstkonzentration der Einzelprobe) in Anbetracht der aus den Hochwasserereignissen 06/2013 resultierenden Verzöge-

rungen im Sanierungsgeschehen möglicherweise noch einmal zur Verlängerung beantragt werden müssen.

Obwohl für *Nickel* bislang keine Gefährdung der UQN angezeigt wurde (laut Tabelle 1 die Bemessungsstellen e-419 und e-423 betreffend), gibt die Verschärfung der EU-Qualitätsnorm von 20 auf 4 $\mu\text{g/l}^4$ ab 2016 Anlass zur Betrachtung der Gesamtsituation. Wie Abbildung 15 anhand der vorläufigen Jahresmittelwerte 2013 zeigt, ist mit den in den Kapiteln 4.3.1 und 4.3.2 dargestellten Prognosen die Einhaltung einer UQN von 4 $\mu\text{g/l}$ Nickel auch künftig nicht durch WISMUT bestimmt, da die von WISMUT verursachten Frachteinträge über Wipse und Culmitzsch bereits jetzt die Beschaffenheit der Elster nicht signifikant verändern. Deshalb ist die Einhaltung der vorgesehenen Qualitätsnorm nach Tabelle 1, völlig unabhängig vom WISMUT-Beitrag, gefährdet. Andererseits gilt die Feststellung, dass die Nickeleinträge über die WISMUT-Einleitungen mit den an den Bemessungsstellen E-382, E-383, e-410 sowie e-691 vorgesehenen einzugsgebietsspezifisch festgelegten UQN gemäß Tabelle 1 bei Unterstellung des Szenarios „Wasserbehandlung“ ausreichend geregelt sind.

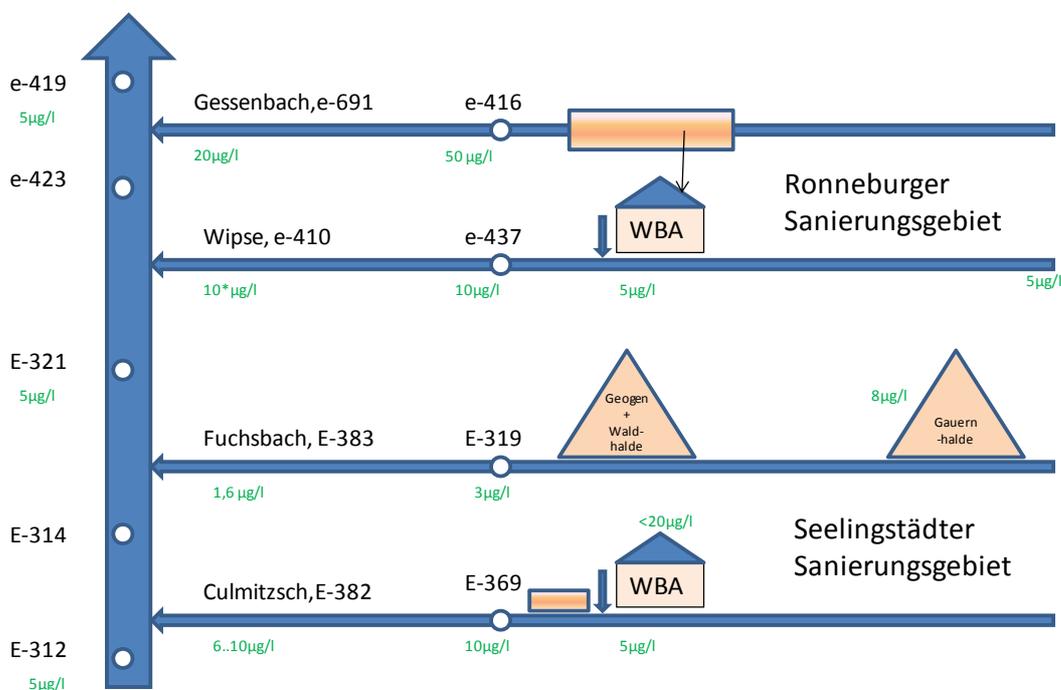


Abbildung 15 Nickel-Konzentrationen in Weißer Elster und deren Zuflüssen, arithmetische Mittelwerte 2013 (auflaufend); * Der Mittelwert an e-410 wurde dem an e-437 gleichgesetzt, da der rechnerische Mittelwert an e-410 von 27 $\mu\text{g/l}$ unplausibel ist. Unterstromig e-437 treten keine signifikanten Ni-Einträge auf. Der scheinbar höhere Wert an e-410 ist Folge der im Vergleich zu e-437 wesentlich geringeren Messfrequenz.

Die Perspektive der Einhaltung der Qualitätsnormen in der Weißen Elster für das Jahr 2027 ist in Tabelle 7 dargestellt.

⁴ Zudem handelt es sich um bioverfügbares Nickel; eine entsprechende Wertungsvorschrift für den bioverfügbaren Anteil liegt WISMUT nicht vor.

Tabelle 7 Perspektive der Einhaltung von Qualitätsnormen in der Weißen Elster im Jahr 2027
(ohne Einträge außerhalb der Sanierungsobjekte der Wismut GmbH)

Parameter	Einheit	OGewV	Geltung	Elster, Zwötzen		Elster, Milbitz	
				UQN	Prognose 2027	UQN	Prognose 2027
				e-423	e-423	e-419	e-419
Cd_gel (HKL5)	µg/l	0,25	JD	0,25	-	0,25	≤ 0,25
Cd_gel (HKL5)	µg/l	1,5	ZHK	1,5		1,5	≤ 1,5
Ni_gel	µg/l	20	JD	20	-	20	≤ 20
Ni_gel (ab 2016)	µg/l	4 ²⁾	JD	4 ²⁾	-	4 ²⁾	unklar, für WISMUT streichen
	µg/l	34	ZHK	34		34	
Se_gel	µg/l	3	JD	3	-	3	≤ 3
Tl_gel	µg/l	0,2	JD	0,2	-	0,2	≤ 0,2
Cu_Schweb	mg/kg	160	JD	160	-	160	≤ 160
Zn_Schweb	mg/kg	800	JD	800	-	800	≤ 800
As_Schweb	mg/kg	40	JD	40	-	40	≤ 40
U_unfiltriert	µg/l	-	JD	-	-	5,5	≤ 5,5
SO ₄	mg/l	-	JD	-	-	-	-
SO ₄	mg/l	-	ZHK	450 ³⁾	≤ 450 ³⁾	450 ³⁾	für WISMUT streichen, reguliert an e-423
GH	°dH	-	ZHK	19 ³⁾	≤ 19	19 ³⁾	für WISMUT streichen, reguliert an e-423

JD – Jahresdurchschnitt, ZHK – Zulässige Höchstkonzentration

1) von in OGewV abweichende UQN aufgrund geogener Hintergrundgehalte

2) bioverfügbar (ab 2015)

3) individuell festgelegter Zielwert

xxx QN eher eingehalten

xxx QN zu streichen

4.4 Ableitung des Handlungsbedarfs

Aus der Analyse der derzeitigen Gütesituation und der Prognose ihrer voraussichtlichen Entwicklung auf Basis des weiteren Sanierungsfortschritts gemäß dem aktuellen Sanierungsprogramm lassen sich folgende Schlussfolgerungen formulieren:

- In **Gessenbach und Sprotte** erscheint die Erreichung der Zielvorgaben bis zum Jahr 2027 möglich, gleiches gilt für die **Weißer Elster**. Unsicherheiten bestehen hinsichtlich der Einleitungen von Nicht-WISMUT-Objekten (Quelle Schwarzer Bär, Gauernhalde und sonstige Einleiter im Einzugsgebiet der Weißen Elster).
- Für die Messstelle e-419 ist die Belastungsbetrachtung nicht ausschließlich auf WISMUT zu beziehen. Daher wird vorgeschlagen, den Fokus der Bemessung ausschließlich auf dem Messpunkt e-423 zu belassen unter der Bedingung, dass parallel die Zielvorgaben für den Gessenbach eingehalten werden.
- In der Sprotte (s-609) wird die Anhebung der UQN für Sulfat von 200 mg/l auf 250 mg/l vorgeschlagen. Darüber hinaus besteht Diskussionsbedarf bzgl. der geplanten Festlegung einer UQN für die Gesamthärte an der Messstelle e-419 in der Weißen Elster.
- In der **Wipse** sowie in **Culmitsch/Pöltzschbach** und **Fuchsbach** ist aus derzeitiger Sicht nicht davon auszugehen, dass die UQN in Gänze eingehalten werden können. Kritische Parameter sind **Uran** und **Sulfat**. Bei Thallium ist die Prognose aufgrund der eingeschränkten Datenlage unsicher.

Hieraus ergibt sich, dass weitere Maßnahmen zur Verbesserung des Wassermanagements der Wismut GmbH im Einzugsgebiet der Weißen Elster sich auf die weitere Verringerung der Uran- und Sulfatmissionen konzentrieren müssen. Dabei ergeben sich folgende technische Grundansätze:

1. **Verbesserung der Uranabtrennung** bei der Wasserbehandlung zur Minimierung des Uraneintrages in die Fließgewässer aus gefassten Wässern unter Beachtung der zu reinigenden Mengen, der Verhältnismäßigkeit der Kosten sowie konkurrierender Umweltbilanzen (Deponiemengen, Energie-/Chemikalienverbrauch etc.)
2. **Prüfung von Möglichkeiten zur Sulfatabtrennung** unter Beachtung der zu reinigenden Mengen, der Verhältnismäßigkeit der Kosten sowie konkurrierender Beeinträchtigungen der Umwelt (Deponiemengen, Energie-/Chemikalienverbrauch etc.)
3. Entlastung der kleinen Fließgewässer Wipse und Culmitsch/Pöltzschbach durch Ableitung der gereinigten Wässer über eine **Rohrleitung** direkt in die Weiße Elster
4. Prüfung der Möglichkeiten zur **erweiterten Fassung und Behandlung derzeit noch diffus der Culmitsch zutretender Wässer** am Standort Seelingstädt unter Berücksichtigung des technischen Aufwandes sowie des ggf. notwendigen Eingriffes in bestehende Gewässer.

Die genannten vier potentiellen Maßnahmekomplexe werden im folgenden Kapitel 5 weiter betrachtet.

5 Betrachtung technischer Varianten zur weiteren Güteverbesserung beeinflusster Oberflächenwasserkörper

5.1 Verbesserung der Uranabtrennung

5.1.1 Einführung

Nachfolgend soll der aktuelle Kenntnisstand zu Möglichkeiten der Entfernung von Uran aus bergbaulich beeinflussten Wässern zusammengefasst und hinsichtlich seines Potentials zur Erreichung der UQN bewertet werden. Unterschieden wird gemäß Tabelle 8 nach den jeweils bestimmenden Rückhalterreaktionen in biologische, chemische und physikalische Verfahren. Für eine Vielzahl von Verfahren liegen Ergebnisse aus der praktischen Anwendung an den WISMUT-Standorten bzw. aus technologischen Versuchen vor. Insofern eigene Untersuchungen vorliegen, wird in der Bewertung der Verfahren auf diese zurückgegriffen.

Tabelle 8 Übersicht zu Verfahren zur Uranabtrennung aus bergbaubeeinflussten Wässern und Darstellung der bei WISMUT vorliegenden Erfahrungen

Kategorie	Verfahren	Vorliegende Erfahrungen in WISMUT		
		Großtechnische Anwendung	Technologische Versuche	Externe Untersuchungen
Biologische Verfahren	Biosandfilter (Paques-Verfahren)	-	x	x
	Mikrobielle Uranreduktion	-	x	x
	Wetlands	(x)	x	x
Chemische Verfahren	Ionenaustausch Festbett	x	x	x
	Ionenaustausch Fluidbett (GoPur)	x	x	x
	Kalkfällung	x	x	x
	Modifizierte Kalkfällung	x	x	x
	Flockung/Fällung mit Fe- und Al-Salzen	-	x	x
	Spezifische Adsorption	-	x	x
	Reduktive Fällung an nullwertigem Eisen	-	x	x
Physikalische Verfahren	Umkehrosiose	-	-	x
	Nanofiltration	-	-	x

(x) Versuchsanlage, nicht in Dauerbetrieb übernommen

In den nachfolgenden Kapiteln wird entsprechend der Zuordnung in Tabelle 8 eine Bewertung der Verfahren vorgenommen.

5.1.2 Biologische Verfahren

5.1.2.1 Biosandfilter (Paques-Verfahren)

Grundprinzip ist die Bildung eines stark reduzierenden Milieus durch sulfatreduzierende Bakterien. Das Wasser wird auf eine vorgegebene Temperatur erwärmt, ein Elektronendonator (z. B. Ethanol) und entsprechende Nährstoffe für die Mikroorganismen zudosiert. Im Bioreaktor erfolgt dann die Sulfatreduktion und Bildung von Sulfidionen. Unter den reduzierenden Bedingungen werden Schwermetalle als Sulfide gefällt bzw. zu unlöslichen Verbindungen reduziert: Das Verfahren wird von der Fa. Paques als THIOTEQ- bzw. SULFATEQ-Technologie vermarktet (vorrangig zur Sulfatabtrennung). Eine Anwendung zur Uranabtrennung ist nicht publiziert, entsprechende Untersuchungen wurden durch die Fa. Paques in einer kleintechnischen Anlage von 10/2003 – 03/2004 mit Sickerwasser der Halde Beerwalde getestet. Stabile Betriebsverhältnisse konnten dabei nur kurzfristig erreicht werden. Urankonzentrationen im Ablauf $< 0,2 \text{ mg/l}$ waren nur bei hohen Dosierungen von Ethanol (ca. $1,75 \text{ l/m}^3$) und hohen Sulfidkonzentrationen ($900 - 1000 \text{ mg/l}$) erreichbar [WISUTEK, 2005]. Grund dafür könnten die stabilen Urankarbonatkomplexe der behandelten Wässer sein. Bei Abwesenheit von Karbonatkomplexen ist eine schnelle Reduktion von Uran durch Sulfid beschrieben [Wall, 2006]. Dies trifft auf die an den Thüringer Standorten zu behandelnden Wässer jedoch nicht zu.

5.1.2.2 Mikrobiell katalysierte Reduktion

Ein Verfahren zur Abtrennung von Uran durch mikrobiell katalysierte Reduktion wurde 2008/2009 mit Wässern der Abwehrbrunnen 1 und 3 der IAA Dänkritz getestet. Die Zulaufurankonzentration konnte von 24,5 mg/l auf 6,87 mg/l reduziert werden. Die Ablaufwerte liegen deutlich über bestehenden Einleitgrenzwerten. Als Problempunkte wurden im Abschlussbericht [WISUTECH, 2009] benannt:

- höhere Eingangskonzentration als im Laborversuch
- höhere Neutralsalzbelastung
- niedrigere Prozesstemperatur
- kürzere Verweilzeit

Ein grundsätzliches Problem stellt weiterhin der enorme Platz-/Volumenbedarf derartiger Anlagen dar, was folgende Daten der damaligen Pilotanlage veranschaulichen: Durchsatz Pilotanlage 0,2 m³/h – Reaktionsvolumen: 4,3 m³ – Verhältnis D/V: 21,5. Für einen Durchsatz von 100 m³/h wäre ein Volumen von mehr als 20.000 m³ erforderlich. In nachfolgenden Studien zur Wasserbehandlung am Standort Helmsdorf wurden biologische Verfahren daher verworfen.

Aufgrund des hohen Raumbedarfs wird international die mikrobiell katalysierte Uranreduktion vor allem zur In-situ-Reinigung von Grundwässern getestet. Unter Infiltration organischer Substrate (Ethanol, Acetat) wurden z. B. durch das U.S. DOE Nitrat-, Eisen- und sulfatreduzierende Bakterien stimuliert, die Uran direkt reduzieren können. Anlass der Applikation ist die behördliche Vorgabe, die Urankonzentration in Grundwässern kontaminierter Standorte innerhalb von 100 Jahren auf < 44 µg/l zu senken. Während der Substratzugabe wurden Urankonzentrationen auf dem Niveau der geogenen Hintergrundwerte gemessen, danach jedoch erfolgte eine Re-Oxidation der reduzierten Uranphasen durch den Gelöst-Sauerstoff des zuströmenden Grundwassers [U.S. DOE, 2008]. Der oxidativen Rücklösung der reduzierten Schadstoffe kann durch die Minimierung der Oxidationsmittelgehalte und durch die Bereitstellung von Redoxpuffern vorgebeugt werden. Im BMBF-Forschungsprojekt der Wismut GmbH zur „Nachhaltigen Minimierung des langzeitlichen Stoffaustrags aus unterirdischen anorganischen Schadensherden am Beispiel der gefluteten Urangrube Königstein“ [WISMUT, 2009] wurde demonstriert, dass mikrobielle Reduktionsprozesse und die simultane Bildung von Eisensulfid- und Eisen(hydr)oxidphasen wesentlich sind für eine effektive und dauerhafte Immobilisierung von Uran und Schwermetallen. In Technikumversuchen wurde über eine Versuchsdauer von 4 Jahren die Entfernung von Uran, Zink, Cadmium und Arsen aus dem Flutungswasser gezeigt. Zu Versuchsende wurden Urankonzentrationen im Ablauf von < 20 µg/l gemessen. In einer der drei Versuchsanlagen wurde auch die Sulfatkonzentration effektiv verringert (< 200 mg/l).

5.1.2.3 Konstruierte Feuchtgebiete („Wetlands“)⁵

Über längere Zeiträume wurden Wetlands als sog. passiv-biologische Verfahren für Sickerwässer der ehemaligen Halde Paitzdorf in Thüringen bzw. in Sachsen für Sickerwässer der Halde 371 in Schlema getestet. Die erzielten Ablaufwerte für Uran lagen im Bereich von 1,3 mg/l (bei 2,5 mg/l im Zulauf; Halde Paitzdorf) bzw. ca. 2,5 mg/l im Maximum und ca.

⁵ Die am Standort Pöhla der Wismut GmbH seit 2004 im Probetrieb laufende passiv-biologische Anlage findet in der vorliegenden Unterlage keine Erwähnung, da in Pöhla keine Uranabtrennung aus dem Grubenwasser stattfindet.

1,9 mg/l im Mittel für Halde 371. Insgesamt waren die Ergebnisse nicht zufriedenstellend, eine großtechnische Anwendung konnte nicht dauerhaft etabliert werden. Für die Sickerwässer der Halde 371 wurde nachfolgend entschieden, die Sickerwasserbehandlung über eine Ionenaustauscheranlage durchzuführen. Auch für die Sickerwässer der Halde Beerwalde wurde der Einsatz aufgrund unzureichender technischer Stabilität verworfen [WISUTEC, 2005].

Grundsätzliches Problem für Wetlands ist deren Platzbedarf, die Systemträchtigkeit (keine schnelle Anpassung an geänderte Randbedingungen, z. B. Menge, Chemismus) sowie die Witterungsabhängigkeit (Temperaturabhängigkeit der biologischen Aktivität). Das gebundene Uran verbleibt innerhalb des Wetlands, in regelmäßigen Abständen ist eine Beräumung erforderlich. Der Entsorgungsweg für die entstehenden Reststoffe blieb ebenso ungeklärt.

5.1.3 Chemische Verfahren

5.1.3.1 Ionenaustausch Fest-/Schwebbett

Die Anwendung von Ionenaustauscherharzen zur Uranabtrennung besitzt in der WISMUT eine lange Tradition. Am Standort Königstein basiert die separate Abtrennung von Uran als erste Stufe der Grubenwasserbehandlung auf einem Ionenaustauschverfahren, das seit mehreren Jahrzehnten in Betrieb ist. Daneben erfolgte ein Einsatz zur Wasserbehandlung in der Wasserbehandlungsanlage Helmsdorf im Zeitraum von 1995 bis 2000. Seit 2009 werden die Sickerwässer der Halde 371 ebenfalls über Ionenaustauscherharze behandelt.

Infolge des 2011 neu etablierten Grenzwerts für Uran in Trinkwasser finden Ionenaustauscherharze auch in der Trinkwasseraufbereitung Verwendung. Diese Praxis zeigt, dass bei Zulaufkonzentrationen im Bereich von 15 – 150 µg/l Uran über Ionenaustauscherharze Ablaufwerte von < 0,1 µg/l erzielt werden können [Hagen, 2011]. Zum Einsatz kommen dabei basische Anionenaustauscherharze⁶.

In WISMUT werden die beiden Styrendivinylbenzen-Copolymerharze mit Trialkylammoniumgruppen namens Wofatit (Königstein, DDR-Produkt zur Verwendung in der Hydrometallurgie) bzw. Lewatit DW 630 (Sickerwasseranlage 371, Schlema-Alberoda) großtechnisch eingesetzt. Darüber hinaus wurden in Laborversuchen weitere Harze, z. B. Lewatit TP 207 (Styrendivinylbenzen-Copolymerharz mit Iminodiessigsäuregruppen) getestet. Derzeit wird der Einsatz von Ionenaustauschern in Pilot- und Laboranlagen für die Standorte Helmsdorf und Culmitzsch untersucht. Die bisherigen Untersuchungen orientieren sich an den für die vorhandenen Wasserbehandlungsanlagen vorgegebenen Einleitgrenzwerten im Bereich von 0,3 - 0,5 mg/l Uran. In [WISUTEC/UIT, 2008] werden für eine Ionenaustauscheranlage (Behandlung 70 m³/h) Investkosten in Höhe von 1,8 Mio. € abgeschätzt (davon 0,86 Mio. € allein für Harz).

Erste theoretische Abschätzungen auf der Basis der Ergebnisse der dreistufigen Uranabtrennung in der Pilotanlage Helmsdorf [WISUTEC, 2011] zeigen, dass zum Erreichen von hypothetischen Einleitwerten im Bereich von 0,01 mg/l bei sonst gleichen Randbedingungen mindestens zwei bis drei weitere Abtrennstufen erforderlich wären. Damit stiegen die Investkosten drastisch. Geht man von zwei weiteren Abtrennstufen aus, wären hochgerechnet aus den Ansätzen in [WISUTEC/UIT, 2008] zusätzliche Kosten im Bereich von ca. 0,7 Mio. € zu erwarten. Es ergäben sich Investkosten von ca. 2,5 Mio. € für die Behandlung eines Volumen-

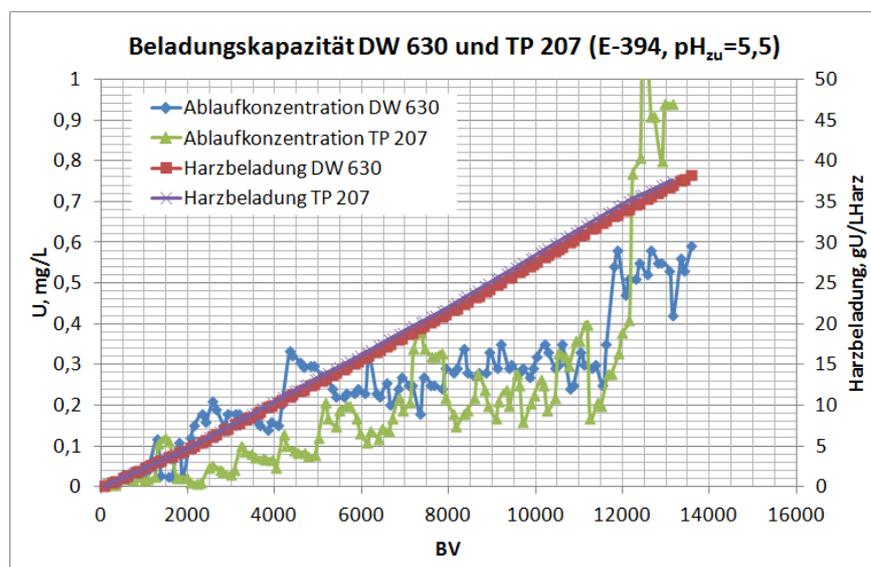
⁶ Amin-Acryl-Copolymer und Styrendivinylbenzen Copolymer mit Trialkylammoniumgruppen sind vom UBA dazu zugelassen.

stroms von 70 m³/h. Für die an den Standorten Ronneburg und Seelingstädt insgesamt anfallenden Wassermengen (in Summe ca. 1.000 m³/h) wäre allein von Investkosten im zweistelligen Mio. €-Bereich auszugehen.

Grundsätzlich kann jedoch auf der Basis vorhandener Ergebnisse und Erfahrungen sowie der derzeit laufenden Laborversuche eingeschätzt werden, dass der Ionenaustausch eine mögliche Behandlungstechnologie darstellt. Dabei ist die Beachtung folgender Randbedingungen notwendig:

- Optimierung der Milieubedingungen des zu behandelnden Wassers durch pH-Wert-Einstellung (Beeinflussung der Uranylspeziation und der Austauschgruppen-dissoziation)
- Vermeidung von Ausfällungen (z. B. Calcit, Eisenhydroxid) auf dem Harz (u.U. Ausschlusskriterium für den Einsatz von Fe-haltigen Grubenwässern)
- Vermeidung von Ausgasungen (z. B. CO₂) im Harzbett durch Druckeinstellung
- Klärung von Entsorgungswegen für Regenerat
- Vereinbarkeit mit anderen Behandlungsschritten (z. B. Kalkfällung zur Abtrennung von Schwermetallen)

Für die Sicker- und Porenwässer der IAA Culmitzsch wurden 2013 umfangreiche Laboruntersuchungen durchgeführt. Für die Harze Lewatit DW 630 und Lewatit TP 207 wurde gezeigt, dass durch die Absenkung des Zulaufwasser-pH-Werts auf pH = 5,5 Uranablaufkonzentrationen von < 0,3 mg/l mit vergleichbaren technologischen Kennwerten erreicht werden können wie beim Einsatz von Ionenaustauschverfahren in der Trinkwasseraufbereitung (>10.000 Bettvolumen (BV) bis zum Durchbruch; > 25 g U/l Harzbeladung bis zur Regenerierung). Bei Verringerung der angestrebten Ablaufkonzentrationen verkürzen sich die Standzeiten der Filter. Die nachfolgende Abbildung 16 zeigt, dass die Einhaltung von Ablaufkonzentrationen von < 50 µg/l nur 1000 BV, von < 0,1 mg/l zwischen 2000 und 3000 BV und von < 0,2 mg/l zwischen 4000 und 5000 BV Austausch bis zur Regenerierung zulassen. Entsprechend erhöht sich der Invest- und Betriebskostenaufwand (s. o.). Unter diesen Randbedingungen wird im zweiten Schritt im Rahmen eines Pilottests der Einsatz für Sicker- und Porenwässer der IAA Culmitzsch weiter getestet und auch hinsichtlich einer Wirtschaftlichkeit bewertet. Der Abschluss der entsprechenden Leistungen ist mittelfristig zu erwarten.



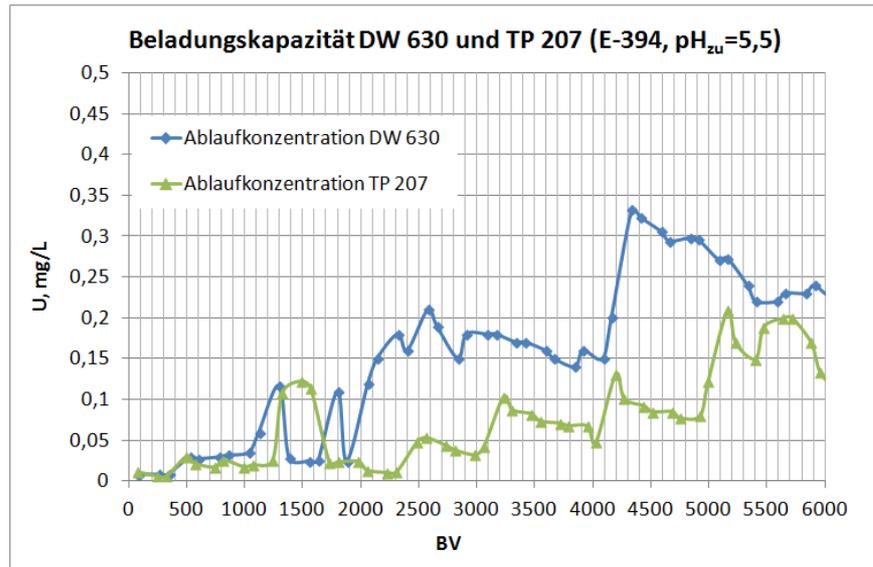


Abbildung 16 Ergebnisse Labortests Sickerwasser IAA Culmitzsch (Ionenaustausch bei pH = 5,5)

5.1.3.2 Ionenaustausch Fluidbett (GoPur-Verfahren)

Das GoPur-Verfahren wurde von 1998 bis 2004 in der WBA Schlema eingesetzt, für die WBA Seelingstädt wurde es im Zuge des Genehmigungsverfahrens letztendlich verworfen. Das Verfahren beruht auf der Zugabe des organischen Polymeraggregats mit Amidoxim- und Hydroxaminsäurestrukturen „GoPur 3000“ zur Bindung von Uran und nachfolgende Sedimentation durch Bindung an Fe-Flocken. Daher ist eine FeCl₃-Zugabe erforderlich. Die erzielbaren Ablaufwerte für Uran werden mit 0,1 mg/l angegeben. Die praktischen Ergebnisse in der WBA Schlema bestätigen diesen Wert.

Systematische Nachteile des Verfahrens bestehen nach [WISMUT, 2007] bezüglich folgender Aspekte:

- Bindung anderer Schwermetalle in der Reihenfolge Fe > Cu > UO₂ ...
- ineffiziente Anwendbarkeit bei karbonathaltigen Wässern
- Notwendigkeit weiterer Behandlungsschritte für andere Schwermetalle

Insbesondere aufgrund der ersten beiden Aspekte lässt sich ein potentieller Einsatz des Verfahrens an den Standorten Ronneburg und Seelingstädt als nicht aussichtsreich einschätzen und damit ausschließen.

5.1.3.3 Kalkfällung

Die Uranentfernung durch Fällung ist in der Trinkwasseraufbereitung im Zusammenhang mit Enthärtungsverfahren bekannt. Die klassische Kalkfällung (ohne vorherigen Ausstrippens von CO₂) wird in WISMUT ausschließlich in der WBA Ronneburg praktiziert. Vorteil des Verfahrens ist, dass in einem Behandlungsschritt neben Uran auch zahlreiche andere behandlungswürdige Schwermetalle (z. B. Ni, Cd, Mn u. a.) sowie As gleichzeitig mit abgetrennt werden können. Voraussetzung für dieses Verfahren sind niedrige Hydrogencarbonatgehalte im Zulauf bzw. die Reduzierung auf Werte < 30 mg/l in der Behandlung. Ohne CO₂-Ausstrippung gelingt dies nur durch die Ausfällung als schwerlösliches Calciumcarbonat.

Als positiv für die Uranabtrennung erweisen sich in Ronneburg hohe Fe-II-Gehalte im Zulauf wegen folgender Effekte:

- Notwendigkeit einer hohen Kalkmilchdosierung (zur Abpufferung der Säuregeneration bei der Oxidation von Fe-II zu Fe-III als auch bei der Hydrolyse und Fällung als $\text{Fe}(\text{OH})_3$) und damit Absenkung des Carbonat-/Hydrogencarbonatgehaltes durch Bildung von Calciumcarbonat, auch als Oberflächenreaktion auf Kalkpartikeln, und /oder Bindung von Uran als Calciumdiuranat auf Kalkpartikeln)
- Bindung von Uran auf Fe-Oxid-Flocken

Wie die Ergebnisse der WBA Ronneburg zeigen, sind unter Optimalbedingungen Einleitwerte im Bereich von 0,01 - 0,02 mg/l Uran erzielbar. Das Verständnis der komplexen Reaktionsverhältnisse ist zum derzeitigen Stand allerdings noch zu gering, um abschätzen zu können, wie der Fällungsmechanismus bei geänderten Randbedingungen (geänderte Zulaufwerte) funktioniert. Perspektivisch sind hier Untersuchungen

- zur Entwicklung der Zulaufgehalte (d. h. des Grubenwassers Ronneburg),
- zum Verständnis des Reaktionsmechanismus sowie
- zur Ermittlung von Grenzbereichen (z. B. Fe, HCO_3 , U im Zulauf) erforderlich.

Sowohl der spezifische Kalkverbrauch als auch der Rückstandsanfall der WBA Ronneburg liegt etwa um den Faktor 7 über dem der WBA Seelingstädt.

5.1.3.4 Modifizierte Kalkfällung

Die modifizierte Kalkfällung – Kalkfällung nach Ausstrippung von CO_2 – wird in WISMUT an drei Standorten (WBA Schlema, WBA Helmsdorf, WBA Seelingstädt) primär bei der Behandlung Fe-armer und hydrogenkarbonatreicher Wässer eingesetzt. Bei höheren Eisengehalten im Zulauf ist eine vorherige Enteisung zum Schutz der Strippkolonnen vor Verockerung (Funktionsverlust) notwendig. Analog zur klassischen Kalkfällung können in einem Behandlungsschritt neben Uran auch zahlreiche andere Schwermetalle wie Ni, Cd, Mn u. a. sowie Arsen (bei Zusatz von FeCl_3) bzw. Ra-226 (bei Zusatz von BaCl_2) mit abgetrennt werden. Standortübergreifend liegen die unter optimalen Betriebsbedingungen (z. B. Zulaufwassertemperatur im Bereich $> 12^\circ\text{C}$) erzielbaren Einleitwerte im Bereich von 0,1 mg/l U. Realistisch sind Schwankungen im Bereich von $< 0,1 - 0,5$ mg/l.

Für die WBA Seelingstädt ist durch die Aushaltung unbelasteter Oberflächenwässer und höhere Beaufschlagung mit Porenwässern eine Steigerung der Zulaufkraft zu erwarten. Durch Errichtung der Anlage zur Vorstrippung wird seitens WISMUT auf diese Tendenz reagiert. Grundsätzliche Zielstellung der Vorstrippung ist die Absicherung der bestehenden Grenzwerte. Inwiefern durch den Betrieb der Vorstripp-Anlage eine stabile Verringerung der Uran-Ablaufwerte der WBA Seelingstädt auch unter Winterbedingungen möglich ist, kann voraussichtlich nach ca. zwei bis drei Betriebsjahren (d. h. in 2017) eingeschätzt werden.

5.1.3.5 Flockung und Fällung mit Fe- und Al-Salzen

Es ist bekannt, dass Flockungs- und Fällungsverfahren mit Fe- und Al-Salzen in der Trinkwasseraufbereitung in Abhängigkeit vom pH-Wert zur Abtrennung von Uran führen. Eine U.S.-EPA-Studie dazu zeigte, dass bei Eisenchlorid-Dosierung von 30 mg/l und einem pH-Wert von $\text{pH} = 10$ Urankonzentrationen von Rohwässern um 99 % verringert werden können

[Hanson, 1987]. Bei niedrigen Karbonatkonzentrationen führen geringe Fe-Konzentrationen zur U-Abtrennung. Urankonzentrationen von $< 10 \mu\text{g/l}$ wurden durch Zugabe von 60 mg/l Fe [Stieber, 2006] bzw. durch Zugabe von 5 mg/l Al [Schlitt, 2008] erzielt.

Für Bergbauwässer mit hohen Hydrogenkarbonatkonzentrationen sind derartige Ergebnisse nicht erreichbar. In Laborversuchen von WISMUT verringerte sich bei der Oxidation und Fällung von ca. 200 mg/l Fe bei einer Hydrogenkarbonatkonzentration von ca. 275 mg/l die Urankonzentration im besten Fall von $0,8$ auf $0,2 \text{ mg/l}$, durchschnittlich aber nur auf $0,6 \text{ mg/l}$. Dabei spielte die Absenkung des pH-Werts infolge Eisenhydrolyse eine limitierende Rolle (Verringerung der Fe-Oxidationsgeschwindigkeit und damit Einschränkung der Flockungs-/Fällmittelverfügbarkeit).

Die Methode ist demnach für die Behandlung der in Ronneburg und Seelingstädt anfallenden Wässer, insbesondere unter dem Aspekt der Erzielung sehr niedriger Uran-Ablaufwerte, ungeeignet und daher nicht weiter zu betrachten.

5.1.3.6 Spezifische Adsorption

In der Trinkwasseraufbereitung sind Adsorptionsverfahren weit verbreitet. Aktivkohle ist zur Uranentfernung ungeeignet [TENEWA, 2000]. Metalloxidbasierte Adsorbentien (granulierte Eisenhydroxide, Titanoxide) eignen sich zur Uranentfernung aus Trinkwasser ($> 10.000 \text{ BV}$ bis Durchbruch), weisen aber schlechtere Eliminationsleistungen auf als Ionenaustauscher [Westerhoff, 2008]. Vergleichbare Schlüsse sind auch aus den Ergebnissen des Pilottests mit Helmsdorfer Wasser und GEH (Ferrosorp) / Ionenaustauscher (Lewatit DW 630) zu ziehen – bei nur $400 - 800 \text{ BV}$ je Beladungszyklus wurde Uran zu ca. 10% am Ferrosorp (vorrangig zur Arsenentfernung) und zu ca. 90% am Ionenaustauscherharz zurückgehalten [WISUTEC, 2011].

Die Nutzung von weiteren spezifischen Adsorbentien zum Uranrückhalt wurde vor allem zur Grundwassersanierung und selektiven Metallabtrennung untersucht. Generell ist das Uranrückhaltevermögen der Sorbentien (z. B. Schichtsilikate, Hydroxylapatite, Biomasse und spezielle organische Verbindungen) geringer als das von Ionenaustauschern, jedoch bei der Konzeption von In-situ-Verfahren und zur Modifikation bekannter Verfahrensführungen von Bedeutung.

Für die deutliche Reduzierung der Uranablaufwerte der WBA Ronneburg und Seelingstädt kommt die Methode nicht in Betracht.

5.1.3.7 Reduktive Fällung an nullwertigem Eisen

Das Wirkprinzip der Zementation von Uran an nullwertigem Eisen (zero valent iron, ZVI) verstärkt durch Braunkohle wurde 2008 am Brunnen 16 der IAA Culmitzsch versuchsweise angewendet. Im Zuge der Redoxreaktion wird sechswertiges Uran zu vierwertigem Uran reduziert, gleichzeitig nullwertiges Eisen zu zweiwertigen Eisen oxidiert. Uran konnte bei mittleren Zulaufwerten von $3,4 \text{ mg/l}$ auf Werte $< 0,1 \text{ mg/l}$ abgetrennt werden. Die maximale Beladung (in Laborversuchen ermittelt) wird mit $20 \text{ g U/kg Fe-Granulat}$ angegeben. Während des Versuches wurde keine vollständige Beladung erzielt.

Biermann (2006) fand für Wässer mit $9,6 \text{ mg/l U}$ und 120 mg/l TIC eine Beladungskapazität von ca. 40 g U/kg Fe^0 bei gleichzeitigem Permeabilitätsverlust infolge Inkrustationen [Biermann, 2006]. Die Verbackung der Fe-Partikel ist als Hauptlimitation beim Einsatz von ZVI

zur GW-Sanierung bekannt [Ebert, 2004]. Naturgemäß erfolgt außerdem während der Beladung ein permanenter Austrag von Eisen im Bereich von ca. 8 mg/l, welcher u. U. nachfolgende Reinigungsstufen erforderlich macht.

Für eine Reduzierung der Uranablaufwerte der WBA Ronneburg und Seelingstädt ist die Methode nicht geeignet.

5.1.3.8 Umkehrosmose und Nanofiltration

Umkehrosmose (RO = „reverse osmosis“) ist ein Membranfiltrationsverfahren, bei dem die kleinsten Porengrößen (< 2 nm) und größten Arbeitsdrücke (> 5 - 10 MPa) verwendet werden. Es ist das kostenintensivste Membranverfahren. Mittels RO werden monovalente Salze abgetrennt. [Schlitt, 2008] untersuchte innerhalb des BMBF-Förderkomplexes „Uran in der Trinkwasseraufbereitung“ die Anwendung der RO zur Uranabtrennung aus Rohwasser (50 µg/l Zulaufkonzentration) und zeigte eine 100%ige Wirkung [Schlitt, 2008]. Zum Einsatz für Bergbauwässer ist die RO aus Kostengründen ungeeignet.

Nanofiltrationsmembranen weisen Porengrößen von 1 - 10 nm auf und werden bei Betriebsdrücken von < 4 MPa zur Abtrennung von Zuckern und multivalenten Salzen verwendet. Für Rohwässer der TW-Aufbereitung wurden Abtrennraten von 80 - 99 % für Uran ermittelt [Schlitt, 2008]. Die Eignung von Nanofiltrationsverfahren zur Sauerwasserbehandlung wurde von [Rieger, 2009] in einem Pilottest an Abwässern einer Kupfermine gezeigt, aus denen eine Ionenabtrennung mit > 90 % erfolgte [Rieger, 2009]. [Hoyer, 2013] untersuchte den Uranrückhalt aus Schlemmer und Königsteiner Flutungswasser und zeigte, dass der große $\text{Ca}_2\text{UO}_2(\text{CO}_3)_3$ -Komplex bis zu 100 % und der kleinere UO_2SO_4 -Komplex zu ca. 80 % zurückgehalten werden konnten. Für das Ergebnis waren die Wahl der Membran und eine geeignete Vorfiltration entscheidend [Hoyer, 2013].

Nanofiltrationsverfahren haben ein großes Anwendungspotential zur Reinigung von Bergbauwässern, wenn sie hinsichtlich Minimierung von Scaling und Fouling optimiert werden. Erhöhung der Abtrennselektivität und Konzentration (z. B. durch selektive Fällung bestimmter Schadstoffe in stabilen Phasen) sind weitere für einen möglichen Praxiseinsatz wesentliche Aspekte. Gegebenenfalls bestünde bei der Nanofiltration die Möglichkeit zur synchronen Abtrennung von Sulfat.

Allerdings existiert gegenwärtig kein großtechnisch einsetzbares Nanofiltrations- bzw. RO-Verfahren für die Uranabtrennung aus Bergbauwässern, vor allem aufgrund der Komplexität der Lösungszusammensetzungen, den hohen Energieverbräuchen und den daraus resultierenden hohen Kosten. Darüber hinaus und insbesondere ist die Frage des Verbleibs der entstehenden Reststoffe (hochsaline Lösungen mit komplexem Lösungsinhalt) kritisch: Für Rückstände vergleichbarer Beschaffenheit konnte unter den in Thüringen/Deutschland gegebenen Bedingungen schlichtweg kein Entsorgungsweg dargestellt werden [WIS-S 262/4].

5.1.4 Vergleich und Bewertung

Grundlage für die Ableitung von Technologien zur Wasserbehandlung sind Prognosen über die Quantität und Qualität der zu behandelnden Wässer. Die Prognosen für die beiden Standorte Ronneburg und Seelingstädt sind dementsprechend fortzuschreiben. Nach derzeitigem Kenntnisstand ist neben der Abtrennung von Uran am Standort Ronneburg auch eine Abtrennung von anderen Schwermetallen langfristig erforderlich.

Auf der Basis der vorhandenen Untersuchungen wird in der nachfolgenden Tabelle ein Vergleich möglicher Behandlungstechnologien getroffen.

Tabelle 9 Vergleich möglicher Verfahren zur Uranabtrennung an den WISMUT-Standorten

Verfahren	größtech- nischer Einsatz	Robust- heit	Entsor- gung	Abtren- nung von SM	Errei- chung UQN	Kosten
Biosandfilter (Paques-Verfahren)	-	-	-	+	-	0
Mikrobielle Uranreduktion	-	0	-	+	0	0
Wetlands	0	-	-	0	-	+
Ionenaustausch Festbett	+	+	+	-	+	0
Ionenaustausch Fluidbett (GoPur)	+	+	+	+	-	-
Kalkfällung	+	+	+	+	-	-
Modifizierte Kalkfällung	+	+	+	+	-	0
Flockung/Fällung mit Fe- und Al-Salzen	-	0	0	0	-	0
Spezifische Adsorption	0	0	-	-	-	-
Reduktive Fällung an ZVI	-	-	-	-	-	0
Umkehrosiose	-	-	-	0	0	0
Nanofiltration	-	0	-	0	0	0

- + positive Bewertung (größtechnischer Einsatz praktiziert, hohe Robustheit, bestehender Entsorgungsweg, Mitabtrennung von SM, niedrige Kosten)
- 0 eindeutige Bewertung zum derzeitigen Stand nicht möglich (Verfahren noch im Labor-, Pilotstatus, Teilaspekte z.B. Rückstandsentsorgung ungeklärt, Kostenschätzung für Gesamtprozess derzeit nicht möglich)
- negative Bewertung (größtechnischer Einsatz nicht möglich, Robustheit gering, kein bestehender Entsorgungsweg, keine Mitabtrennung von SM, unverhältnismäßig hohe Kosten)

Für die Grubenwässer am Standort Ronneburg stellt aus heutiger Sicht die Kalkfällung in der gegenwärtig praktizierten Form die effektivste Technologie dar. Die Behandlungskosten sind im Vergleich zu anderen WBA-Kosten zwar relativ hoch, allerdings ist zu beachten:

- Auch bei anderen Verfahren (Ionenaustausch, Nanofiltration) wäre u. U. eine vorhergehende Enteisenung notwendig (wesentlicher Kostenfaktor).
- Mittels Kalkfällung werden neben Uran weitere behandlungsrelevante Schwermetalle mit abgetrennt.
- Es besteht ein etablierter Entsorgungsweg für die vorhandenen Rückstände.

Schwerpunkt der Wasserbehandlung am Standort Seelingstädt ist derzeit die Abtrennung von Uran. Perspektivisch sind im Gegensatz zum Ist-Zustand höhere Zulauffrachten zu erwarten. Mit der Errichtung der Anlage zur CO₂-Vorstrippung wurde bereits vorausschauend auf diesen Trend reagiert. Die Wirksamkeit der Maßnahme bezüglich längerfristig zu erreichender Uran-Einleitwerte kann nach ca. zwei bis drei Winterperioden beurteilt werden.

Grundsätzlich sind am Standort Seelingstädt auch andere Behandlungstechnologien zur Uranabtrennung (z. B. Ionenaustausch) denkbar. Entsprechende Untersuchungen laufen derzeit und sollen innerhalb der nächsten zwei Jahre abgeschlossen werden. Offene Fragen sind:

- Entsorgungsweg von Ionenaustauscherregeneraten
- Übertragbarkeit von Laborversuchen auf Pilotanlagenmaßstab
- Betrachtung der Wirtschaftlichkeit

Die im Pkt. 4.3.2 dargestellte Frachtbilanz zeigt deutlich den hohen diffusen Anteil von Sickerwässern, welche direkt der Culmitzsch zusitzen. Eine Optimierung der WBA-Technologie allein würde daher nicht zu einer Einhaltung der UQN führen. Vielmehr besteht primär die Zielstellung in der Minimierung des Abstromes von Sickerwässern aus der IAA Culmitzsch bei maximaler Kapazitätsauslastung der WBA. Technologische Maßnahmen würden im Vergleich hierzu in ihrem Effekt deutlich geringere Wirkung erzielen und sind dementsprechend gegenwärtig nicht zu favorisieren.

5.1.5 Fazit

Die Betrachtungen führen zu dem Ergebnis, dass derzeit keine Verfahren zur wesentlichen Verbesserung der Uran-Ablaufwerte großtechnisch verfügbar sind. Aus dem Vergleich der verschiedenen Verfahren zur Uranabtrennung und deren möglichem Optimierungspotential leiten sich für die weitere Bearbeitung der Thematik die Notwendigkeit zur Fortsetzung von bereits begonnenen Untersuchungen ab. Dies betrifft:

- Aktualisierung von Modellierung/Abschätzung sich langfristig einstellender Urankonzentrationen sowohl in den Grubengebäuden als auch in den Absetzanlagen (Planung 2014/2015)
- Untersuchungen zum Verständnis und zu den Randbedingungen der Uranabtrennung in der WBA Ronneburg (2014 - 2015)
- Verifizierung der bisher nur theoretisch vorliegenden Abschätzungen über die Aufwandssteigerung durch Ionenaustauschverfahren zur Erreichung der UQN-Werte
- Modelluntersuchungen zum Einsatz von Ionenaustauscherstufen im Abgang von Kalkfällanlagen
- Erarbeitung eines Konzeptes zur Entsorgung von Ionenaustauscherregeneraten.

5.2 Abtrennung von Sulfat und Härte

In der Studie [WIS-S 262/4] wurden 2009 die bestehenden technologischen Möglichkeiten zur Härte- und Sulfatabtrennung am Beispiel von Porenwässern der IAA Culmitzsch untersucht. Dazu wurden Fällungsverfahren, Membranprozesse, elektrochemische Verfahren, Ionenaustauscherprozesse, Verdampfungsverfahren und einschlägige biologische Behandlungsmethoden analysiert. Zielstellung war dabei, Ablaufwerte analog der in der Weißen Elster (e-423) einzuhaltenen Maximalkonzentrationen von 450 mg/l Sulfat zu erreichen. Eine Vorauswahl der realisierbaren Verfahren umfasste Fällungsverfahren sowie die Verdampfungs- und Membranabtrennung. Als grundsätzlich technisch realisierbar wurden damals eine Reduzierung der Sulfatfracht mittels Ettringitfällung oder eine Aufkonzentration der Wässer in einer Membrananlage mit anschließender Eindampfung der Konzentrate eingeschätzt. Jedoch steht der Umsetzbarkeit beider grundsätzlicher Ansätze eine Reihe von Problemen entgegen. So erfordert die Ettringitfällung einen hohen Material- und damit Kostenaufwand. Membran-/Verdampfungsprozesse hingegen wurden nach einer umfangreichen Recherche

aufgrund der ungeklärten Entsorgung konzentrierter, mit radioaktivem Inventar angereicherter Solen als unter den Standortbedingungen nicht einsetzbar klassifiziert.

Eine im Zusammenhang mit dieser Ausarbeitung erfolgte Prüfung der Ergebnisse der Studie von 2009 ergab, dass grundsätzlich neue Verfahren oder Ansätze in der Zwischenzeit nicht entwickelt bzw. zur Praxisreife geführt worden sind, so dass die in der Studie getroffenen Aussagen zu den Möglichkeiten und Grenzen der dort diskutierten Verfahrensansätze noch gültig sind. Dies gilt insbesondere auch unter den nun an den Standorten Seelingstädt und Ronneburg bestehenden bzw. perspektivisch zu erwartenden Randbedingungen hinsichtlich der zu behandelnden Wassermengen, deren Zusammensetzung sowie der Bewirtschaftungsziele für das Wassermanagement. Bei einigen der betrachteten Verfahren wie z. B. der Ettringitfällung wurden allerdings Detailverbesserungen erreicht.

Als wesentlicher Nachteil der Fällungsverfahren erweist sich, dass die anfallenden Schlamm-mengen z.B. beim Ettringitverfahren sehr groß sind und z. B. am Standort Seelingstädt nach einer Konditionierung der Schlämme zwischen 35.000 und ca. 40.000 t TS/a betragen. Die Aufwendungen für die Immobilisierung, Verbringung und Entsorgung wären ebenfalls mit extrem hohen Kosten verbunden, so dass spezifische Betriebskosten der Wasserbehandlung einschließlich Reststoffentsorgung von deutlich über 50 €/m³ behandeltes Wasser zu erwarten wären.

Insgesamt ist für die Sulfat- und Härteabtrennung auch für Bergbauwässer ein verstärkter Trend zum Einsatz von Membranverfahren erkennbar, was sich an der Anzahl der Veröffentlichungen und Tagungsbeiträgen zu diesem Thema messen lässt. Fast alle dieser Beiträge berichten jedoch über Forschungsvorhaben bzw. Pilotprojekte, was zeigt, dass ein Einsatz dieser Technologien noch nicht Stand der Technik ist. Das schwierigste Problem bei der Sulfat- und Härteabtrennung ist nach wie vor die Entsorgung bzw. Verwertung oder Verwahrung der anfallenden Rückstände.

Eine Behandlung der Wässer in einer Membrananlage und/oder einem Verdampfer führt zu geringeren Rückstandsmengen als bei Fällverfahren. Die spezifischen Betriebskosten derartiger Anlagen wurden in [WIS-S 262/4] ebenfalls als vergleichsweise hoch mit zwischen 10 und 20 €/m³ Wasser abgeschätzt. Darüber hinaus besteht bei diesen Verfahren das Problem, dass wasserlösliche Rückstände entstehen, die trotz aufwendiger Immobilisierung nicht deponiefähig sind. Eine Entsorgung in einer Untertagedeponie ist nur mit Einschränkungen möglich und verlangte eine vorherige Radionuklid-Abtrennung auf Werte < 0,2 Bq/g sowie den Nachweis der Bergversatztauglichkeit.

Zusätzlich zu den in 2009 erfolgten Betrachtungen wäre die Reduzierung von Sulfat und Härte durch In-situ-Behandlung denkbar. Diese kann die Immobilisierung des Sulfates durch In-situ-Fällungsprozesse oder mikrobielle Sulfatreduktion umfassen. Dabei zielen die Fällungsprozesse auf die Entfernung von Sulfat bzw. Calcium durch Bildung der schwerlöslichen Sekundärminerale Ettringit, Bariumsulfat bzw. Calcit direkt im Grundwasserleiter ab. Mit einer solchen Fällung verbleiben jedoch die Fällprodukte im Reaktionsraum und führen dort folglich auch zu einer Beeinflussung der hydraulischen Bedingungen. Aufgrund der damit verbundenen Beeinflussung des Wasserstromes sind derartige In-situ-Fällungsreaktionen im Umfeld der IAA zur Beeinflussung des Abstromes nicht nachhaltig einsetzbar. Für einen möglichen Einsatz innerhalb der IAA wären zunächst umfassende weitere Grundlagenuntersuchungen notwendig. Selbst dann, wenn positive Ergebnisse erzielt würden, kann diesem Techno-

logieansatz vom Grundsatz her wohl nur die Rolle einer unterstützenden Maßnahme zugebilligt werden.

Eine In-situ-Sulfatreduktion wäre derzeit nur in einem hydraulisch isolierten Bereich im Nordabstrom der IAA Culmitzsch Becken B prinzipiell vorstellbar, weil hier die Sickerwässer von der IAA mit Hilfe von Brunnen vollständig gefasst werden und eine der In-situ-Sulfatreduktion nachgeschaltete Sulfidoxidation mit Schwefelabtrennung als möglich eingeschätzt wird. Für eine Ausfällung des Sulfides im Untergrund, wie z. B. in Pilottests in der Braunkohlesanierung praktiziert, sind am Standort Culmitzsch keine geeigneten Reaktionspartner in den abströmenden Wässern verfügbar. Auch hier wäre eine geeignete Technologie unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten noch zu entwickeln. Dabei ist die erreichbare Effektivität einer möglichen Sulfatabtrennung derzeit realistisch nicht abschätzbar. Unter Beachtung der örtlichen Verhältnisse im Südabstrom der IAA (gut durchlässiger GWL, kurze Fließzeiten bis zum Vorfluter, nur unvollständige Erfassung der Sickerwässer in den vorhandenen Fassungselementen) muss eine erfolgreiche In-situ-Sulfatreduktion als nicht realisierbar bezeichnet werden. Ein besonderer Nachteil besteht darin, dass jeweils nur ein begrenzter Teilstrom erfasst werden kann und eine Anwendung auf den gesamten Abstrombereich als nicht umsetzbar angesehen werden muss. Damit verbleibt auch bei Realisation eines solchen Verfahrens eine nicht unerhebliche Restbelastung der jeweiligen Oberflächenwasserkörper bestehen.

5.3 Errichtung einer Rohrleitung zum Abstoß der Wässer aus den WBA

5.3.1 Standort Ronneburg

Die Verlegung einer Abstoßleitung vom Standort Ronneburg zur Weißen Elster böte eine Möglichkeit, Wipse und/oder Gessenbach von gruben- bzw. WBA-bürtigen Stofffrachten zu entlasten. Die in der WBA Ronneburg behandelten Wässer könnten durch eine Rohrleitung im Wipsetal (entsprechend einer Planung aus dem Jahr 2000) abgeleitet werden. Da von einer endlichen Behandlungsdauer ausgegangen wird, wäre die Ableitung durch eine Rohrleitung ebenso im Gessental zu betrachten und ggf. zu bevorzugen, denn dort fallen die unbehandelten Grundwässer schließlich gravitativ an. In jedem Fall führt die Ableitung über eine Rohrleitung aus Sicht der Fließgewässer Wipse und Gessenbach zu einem Kurzschluss zwischen Flutungsraum (Grundwasserkörper) und Weißer Elster (Oberflächenwasserkörper). Das Abschaltkriterium für die Wasserbehandlung richtet sich dann vor allem nach den erlaubnisfähigen Einleitbedingungen in die Weiße Elster. Eine Rohrleitung vom Standort Ronneburg zur Weißen Elster wäre insbesondere dann vorteilhaft, wenn die Wasserbehandlung dafür eher außer Betrieb genommen werden könnte. Als Auswirkungen einer direkten Abgabe über eine Rohrleitung in die Weiße Elster wäre als Konsequenz für Wipse und Gessenbach vor allem der Verlust an Wasserführung zu betrachten.

Für den Gessenbach änderte sich wenig, da die austretenden Grundwässer bereits jetzt gefasst, abgefördert und behandelt werden. Wenn alle technischen Einrichtungen dazu zukünftig optimal funktionieren, werden keine stofflichen Beeinträchtigungen mehr auftreten. Die Wasserführung wird in Normalzeiten gering sein und in Trockenzeiten ist ein Trockenfallen des Gessenbachoberlaufs zu befürchten. Der derzeitige Zustand bedeutet jedoch auch, dass der Gessenbach von seinem natürlichen (unterirdischen) Einzugsgebiet abgekoppelt ist. Dieser Zustand ist langfristig bzw. bis zum Erreichen einer entsprechenden Gewässergüte gesichert bzw. möglich. Langfristig würde ohne eine Abstoßleitung in die Weiße Elster die Wasserbehandlung aufgrund des nicht in den Gessenbach einleitfähigen Grundwassers betrieben, bei

einem Direktabstoß in die Weiße Elster wäre eine mögliche Einstellung der Wasserbehandlung vom Gessenbach unabhängig.

Für die Wipse bedeutete die Einstellung der Wasserbehandlung bzw. die Ableitung durch eine Rohrleitung vor allem den Verlust an Menge, aber auch mögliche qualitative Verschlechterungen. Die Ableitung behandelte Wässer durch eine Rohrleitung würde entsprechend vorzeitig zu diesem Zustand führen. Die Wasserführung würde in Normalzeiten gering sein und in Trockenzeiten wäre ein Trockenfallen des Oberlaufs möglich. Bergbaulich bedingte Restbeeinflussungen würden stärker hervortreten. Einer nicht tolerierbaren Beeinträchtigung könnte ggf. mit Sanierungsmaßnahmen oder bedarfsweise mit Niedrigwasseraufhöhung entgegengewirkt werden.

Die Forderung nach einem Abstoß behandelten oder unbehandelten Ronneburger Grundwassers aus dem Flutungsraum der 1. Etappe der Gesamtflutung über eine Rohrleitung in die Weiße Elster ist voraussichtlich nur dann verhältnismäßig, wenn damit ein absehbares und gegenüber dem Status quo vorzeitiges Ende der Wasserbehandlung sichergestellt werden kann. Allein zur Vermeidung der Salzbelastung der Wipse wären die Bau- und Betriebskosten wohl kaum zu rechtfertigen.

Die Kosten für den Bau einer Rohrleitung im Wipsetal wurden im Jahr 2000 auf ca. 10,6 Mio. DM (entspricht 5,42 Mio. €) geschätzt. Dabei wurde aber von einer maximalen Abstoßmenge von 450 m³/h und einem daraus resultierenden Leitungsinwendendurchmesser von 300 mm ausgegangen. Bei einer gegenwärtigen Abstoßmenge von bis zu 750 m³/h wäre ein Innendurchmesser der Abstoßleitung von mindestens 400 mm zu erwarten. Die Kosten müssten heute mit etwa 8 - 9 Mio. € veranschlagt werden.

Zur Verlegung dieser Rohrleitung im Wipsetal wurde im Jahr 2000 die Genehmigungsplanung „Wasserbehandlungsanlage - Ableitung in die Weiße Elster“ erarbeitet und mit Schreiben vom 29.09.2000 beim damaligen Bergamt Gera (heute: Thüringer Landesbergamt) eingereicht. Das Vorhaben „Errichtung und Betrieb einer Rohrleitungstrasse vom Schachtbauwerk K 21 bis zur Einleitstelle in die Weiße Elster“ auf der Grundlage der obengenannten Genehmigungsplanung wurde mit dem Bescheid Nr. 837/2003 durch die Bergbehörde zugelassen. In der Nebenbestimmung 3 dieser Zulassung ist formuliert, dass über das Erfordernis zur Errichtung der Rohrleitung erst im Ergebnis der Überwachung der Wipse während des Dauerbetriebes der WBA Ronneburg entschieden werden kann.

Für die Kosten einer Rohrleitung im Gessental liegt keine Schätzung vor. Es ist aber davon auszugehen, dass sie aufgrund der zu querenden Infrastruktur im Stadtgebiet von Gera erheblich höher ausfallen werden.

Für 2014 plant WISMUT die Durchführung einer Machbarkeitsstudie zur Errichtung einer Rohrleitung entlang des Gessentals.

5.3.2 Standort Seelingstädt

Für den Standort Seelingstädt brächte die Errichtung einer Rohrleitung für den Abstoß gereinigter Wässer von der WBA zur Weißen Elster für die Culmitzsch aufgrund deren Beeinflussung durch ungedasste Sickerwässer derzeit keinerlei positiven Effekt mit sich. Aus diesem Grund ist eine tiefergehende Betrachtung zum jetzigen Zeitpunkt nicht sinnfällige.

5.4 Verbesserung des Wassermanagements am Standort Seelingstädt

5.4.1 Kritische Randbedingungen des Wassermanagements

Wie innerhalb der Ursachenanalyse beschrieben, ist davon auszugehen, dass sich im Betrachtungszeitraum unter den gegebenen Randbedingungen keine wesentlichen Veränderungen der Belastungssituation am Standort – sowohl am Fuchsbach als auch an Culmitsch/Pöltzschbach – ergeben werden. Kurz- bis mittelfristige Verbesserungen der Vorflutbedingungen erfordern daher weitere, über die eigentliche Sanierung und das bestehende Wassermanagement hinausgehende technische Maßnahmen.

Bereits in der Vergangenheit wurden vielfältige Maßnahmen implementiert, um die Belastungssituation durch eine Erhöhung der Behandlungseffizienz zu verringern. Dazu zählen

- (1) die Ausgliederung unbelasteter Wasserströme zur Entlastung der WBA,
- (2) der Bau zusätzlicher Prozessstufen der WBA (derzeit u. a. die Vorstrippung sowie Anlage zur Eisenvorabtrennung), um die Stabilität des WBA-Betriebes und insbesondere der Uranabtrennung zu gewährleisten bzw. weiter zu verbessern,
- (3) die Errichtung weiterer Brunnen im Spülstrand der IAA sowie
- (4) die Einleitung von bis zu 200 m³/h Brauchwasser aus der Weißen Elster bei Niedrigwasser in die Culmitsch, um die bestehenden Grenzwerte in der Culmitsch (E-369) sicher einzuhalten.

Insbesondere die hohe, durch die WBA nicht beeinflussbare Salzfracht (Sulfat, Härte) erforderte in Trockenperioden bereits mehrfach die Drosselung der Abgabemenge aus der WBA, während in den Wintermonaten die zurückgehende Effektivität der Uranabtrennung in der WBA eine Wasserabgabe in die Vorflut einschränkte. Mit einer geringeren Verdünnung durch die WBA-Abgabe erhöht sich aber auch der Einfluss des diffusen Zustromes aus den GWL stark, was die Uran-Gehalte in der Culmitsch deutlich ansteigen lässt.

Ausgehend von der Belastungsanalyse und der Prognose erweist sich die Situation an der Culmitsch in Hinblick auf eine Verbesserung der Belastungssituation als besonders komplex. Für den Oberflächenwasserkörper Culmitsch/Pöltzschbach sind demnach über die eigentliche Sanierung der IAA hinausgehende Maßnahmen notwendig.

Dabei erweisen sich die Aspekte

- Wasserfassung in der Culmitsch
- WBA-Kapazität sowie
- Salzbelastung der Vorflut und deren Auswirkung auf die WBA-Wasser-Abgabe

als wesentliche, das Wassermanagement beeinflussende Schwerpunkte, die eng miteinander verbunden sind.

5.4.2 Wasserfassung Culmitsch

In der Culmitsch werden Sicker- sowie Grundwässer durch Brunnen sowie Drainageleitungen gefasst und der WBA zugeführt. Im Rahmen der in den Jahren 2012/13 durchgeführten Arbeiten zur Medienumverlegung im Baulos III (Süddamm Culmitsch) wurde die bestehende Wasserfassung so erweitert, dass angetroffene Sickerwasserströme in das Fassungssystem mit eingebunden wurden. Dennoch verbleibt ein tiefer liegender Grundwasserabstrom aus

den IAA, der die bestehenden Fassungseinrichtungen unter- bzw. umströmt und der Culmitsch zusitzt.

Um eine Belastung der Culmitsch wirksam zu verringern, müsste der überwiegende Teil dieses Grundwasserabstromes von den IAA zusätzlich gefasst werden. Aufgrund der Beschaffenheit der Grundwasserleiter als klüftiger Poren-Grundwasserleiter (Culmitscher Sandstein) sowie Kluftgrundwasserleiter (Ordovizium) ist dabei die Festlegung geeigneter Standorte für die Fassungselemente innerhalb bevorzugter Fließwege schwierig. Insgesamt muss davon ausgegangen werden, dass nur ein dichtes Netz von Fassungsanlagen (Brunnen, Tiefdrainagen) die Gewähr für eine wirksame Reduzierung der diffusen Grundwasserzuflüsse zur Culmitsch bietet. Aus den bestehenden Erfahrungen kann der Bereich der Zechsteinbrücke als herausragender Abschnitt für den Wasser- und Stoffabstrom von den IAA zur Vorflut angesprochen werden, innerhalb dessen sich zusätzliche Fassungsmaßnahmen als besonders effektiv darstellen würden.

Die Betrachtungen zur Wasserbilanz zeigen, dass jährlich zwischen 2 und 3 Mio. m³ Wasser im Bereich der Culmitsch zur Vorflut zutreten. Um den diffusen Zustrom in die Vorflut wirksam zu begrenzen und damit die Belastungssituation insbesondere in Perioden geringer Durchflüsse in der Culmitsch deutlich zu reduzieren, müsste Grundwasser in einer vergleichbaren Größenordnung gefasst werden.

Zusätzliche Maßnahmen zur Wasserfassung in der Culmitsch sind geeignet, die Gesamtsituation weiter zu verbessern. Allerdings führen sie nicht umgehend zu einer deutlichen Entlastung. Zudem besteht die Gefahr, dass mit einer Fassung in der Culmitsch auch Wasser aus der Culmitsch mitgefasst würde (hydraulischer Kurzschluss). Daher ist die Positionierung eines entsprechenden Fassungssystems auch unter diesem Gesichtspunkt geeignet zu wählen. Insbesondere auch im Hinblick auf das langfristige Wassermanagement sind Fragen zu einer Optimierung und Erweiterung des bestehenden Fassungssystems weiter zu verfolgen.

5.4.3 WBA-Kapazität

Die bestehende WBA Seelingstädt hat eine maximale Behandlungskapazität von derzeit 300 m³/h und damit eine jährliche effektive Behandlungsmenge von etwa 2,3 Mio. m³. Im Rahmen eines Versuches wurde nachgewiesen, dass die Kapazität der bestehenden Anlage ohne bauliche Veränderungen noch um etwa 10 % erhöht werden kann. Eine entsprechende Erhöhung der Behandlungskapazität ist ab Anfang 2014 vorgesehen.

Mit den derzeit gefassten Sicker-, Oberflächen- und Grundwässern sowie den mit den Sanierungsarbeiten anfallenden Konsolidierungswässern (Porenwässern) ist die bestehende WBA-Kapazität vollständig ausgelastet. Zusätzlich erfolgt eine Entnahme von Porenwässern aus dem Spülstrand des Beckens A der IAA Culmitsch mit dem Ziel, den Wasserstand in den sandigen Tailings des Spülstrandes abzusenken und damit den Abstrom dieser Porenwässer in die Culmitsch zu verringern. Derzeit werden etwa 25 m³/h Porenwasser (Ø 2012) gehoben und in der WBA behandelt. Technisch besteht die Möglichkeit, deutlich mehr Wasser aus dem Spülstrand zu entnehmen, wobei jedoch die verfügbare Behandlungskapazität der WBA diese Menge begrenzt.

Zusätzlich zur Anlage zur Vorstrippung wird in 2014 mit der Errichtung einer weiteren vorgeschalteten Prozessstufe zur Eisenabtrennung aus eisenreichen Porenwässern der IAA Culmitsch begonnen. Diese weitere Behandlungsstufe wird, wenn auch nur in geringem Umfang, zur Verbesserung der Uranabtrennung beitragen.

Grundsätzlich kann nur durch eine Erweiterung der WBA-Kapazität eine zusätzliche Fassung und damit Reinigung von belasteten Poren- und Grundwässern sichergestellt werden, wobei sich mit der vorhandenen Abtrenntechnologie nur die Uran-Belastung, nicht aber die Belastung mit Neutralsalzen und Härtebildnern verringern lässt. Alternative Technologien stehen derzeit unter den gegebenen Standortbedingungen nicht zur Verfügung.

5.4.4 Salzbelastung der Fließgewässer

Eine Erweiterung der WBA-Kapazität wäre neben den damit entstehenden Kosten sowie Zeit für die Planung, Genehmigung und Bau, im Wesentlichen auch durch die eingeschränkte Möglichkeit zum Abstoß der Wässer insbesondere in Trockenperioden limitiert. Dies gilt sowohl für die Culmitzsch selbst als auch für die Weiße Elster (langfristiger Härtegrenzwert 19 °dH). Die dann zur Verfügung stehende zusätzliche Kapazität wäre nur bei entsprechend großen Durchflüssen in den Vorflutern nutzbar.

Ein Vergleich der natürlichen Durchflüsse in der Culmitzsch mit den Ablaufmengen der WBA zeigt, dass zwischen 30 und 40 % aller Tage im Jahr die Abstoßmenge der WBA den natürlichen Durchfluss übersteigt. D. h. in diesem Zeitraum ist bei Ablaufkonzentrationen von z. B. Sulfat von bis zu 9000 mg/l eine Einhaltung des Grenzwertes von 5000 mg/l ohne weitere Maßnahmen (Brauchwasserzugabe) als kritisch zu betrachten. Somit kann in einem solchen Zeitraum zusätzlich zur Verfügung stehende WBA-Kapazität nicht genutzt werden. In der Folge wäre die WBA-Kapazität um ein Drittel bis einhalbmal höher auszulegen, um den Wasseranfall in diesem Zeitraum zu kompensieren. Hinzu kommt, dass bei entsprechend länger andauernden Trockenphasen zudem zusätzliche Speichervolumen zu schaffen wären, um das gefasste Wasser zwischenzuspeichern.

Eine direkte Überleitung der gefassten Wässer in die Weiße Elster über eine Rohrleitung würde neben einer ggf. möglichen Überschreitung dort bestehender Grenzwerte (für die Salze, Härte) auch zu einer weiteren Verringerung des Durchflusses in der Culmitzsch selbst führen, einhergehend mit einer Verstärkung des Anteils diffus zutretender kontaminierter Wässer (vgl. Kapitel 5.3.2).

Die derzeit genutzte Wasserbehandlungstechnologie der Kalkfällung und insbesondere auch der Uran-Abtrennung führt nicht nur zu keiner Verringerung der Neutralsalzgehalte im Abstoßwasser, sondern bedingt zudem in Folge des Chemikalieneinsatzes eine weitere Erhöhung dieser Salzgehalte. Damit würde trotz einer höheren Wasserfassung im Abstrom der IAA die Vorflut unter Umständen sogar stärker mit Neutralsalzen belastet als derzeit. Eine wirkliche Entlastung wäre demnach nur denkbar, wenn sich die Neutralsalzgehalte in der WBA ebenfalls verringern ließen, was jedoch eine gänzlich andere Behandlungstechnologie erfordern würde. Entsprechende Untersuchungen und Recherchen zu alternativen Reinigungsverfahren wurden bereits in der Vergangenheit durch WISMUT beauftragt [WIS-S 262/4] und zwischenzeitlich nochmals auf Aktualität geprüft. Allerdings konnte keine als realisierbar erscheinende Verfahrensalternative identifiziert werden (vgl. Kapitel 5.2).

5.4.5 Derzeit bestehende Handlungsalternativen

Eine kurz- bis mittelfristige signifikante Verringerung der Belastung in der Culmitzsch ist nicht realisierbar. Daher orientiert sich das Wassermanagement am Standort auf eine möglichst optimale Nutzung der bestehenden Spielräume. So werden folgende Schwerpunkte bei der weiteren Entwicklung gesehen:

- Verringerung der Mitbehandlung unbelasteter Oberflächenwässer durch konsequente Ausgliederung unbelasteter Wasserströme und deren direkte Abgabe in die Vorflut. Dadurch kann die vorhandene WBA-Kapazität für die Behandlung belasteter Wässer genutzt werden.
- Erhöhung der gefassten Menge von Porenwässern aus dem Spülstrand der IAA Culmitzsch (Becken A) zur Quellbeeinflussung und damit Verringerung des Abflusses kontaminierter Wässer in Richtung der Culmitzschau. Die Verringerung des Abstroms führt perspektivisch zu der angestrebten Reduzierung der diffusen Zuströme in die Vorflut, bewirkt aber keine kurzfristig spürbare Verbesserung der Belastungssituation in der Culmitzsch. Im Gegensatz zu einer Wasserfassung in der Culmitzschau wird hierbei aber höher belastetes Wasser in einer bereits bestehenden Wasserfassung gefasst und gereinigt. Mit der Errichtung zusätzlicher Brunnen zur weiteren Beeinflussung des Abstroms über die „Zechsteinbrücke“ wird die Effizienz dieses Systems weiter erhöht.
- Durch die Bohrung und Ausrüstung zweier weiterer Brunnen im Spülstandbereich in 2013 wird der Abstrom von Porenwasser über die „Zechsteinbrücke“ zur Culmitzsch, als dominantem Abstrompfad noch gezielter beeinflusst. Diese Brunnen sollen zukünftig vorrangig zur Fassung der Porenwässer verwendet werden.
- Insbesondere aufgrund der hohen Bedeutung der Salzfrachten in den Ablaufwässern der WBA durch Einbringen zusätzlicher Chemikalien bei der Kalkfällung wird die Prüfung alternativer Wasserbehandlungsverfahren zur Verringerung der Ablaufkonzentrationen für Uran vorangetrieben.
- Fortführung des Screenings der Zuflussbereiche in der Culmitzsch zur Ableitung potentieller Fassungsstandorte und der Größenordnung der zutretenden Wassermengen als Grundlage für die nachfolgende Prüfung technischer Möglichkeiten zur Erweiterung der Fassung von Grund- und Sickerwässern.

Nur mit einer fundierteren Basis zu alternativen, unter den gegebenen Bedingungen anwendbaren Behandlungsverfahren sind die Kosten einer Erweiterung bzw. Neubaus weiterer Behandlungskapazitäten am Standort zu rechtfertigen. Entsprechende Untersuchungen erfolgen bereits für den Standort (z. B. kleintechnische Untersuchung zur Wirksamkeit von Ionenaustauschverfahren) bzw. werden weiter vorangetrieben.

6 Schlussfolgerungen

6.1 Grundsätzliches

Die Langfristigkeit der Sanierung bergbaulicher Altlasten sowie deren Verwahrung am Standort lassen mit Sicherheit signifikante Auswirkungen in den angrenzenden Wasserkörpern weit über das Jahr 2027 hinaus erwarten. Dies resultiert zum einen aus der noch fortbestehenden Notwendigkeit des Betriebes von Wasserfassungen und Wasserbehandlungsanlagen. In Folge sind weniger strenge Bewirtschaftungsziele für die kleinen Fließgewässer unabdingbar. Andererseits stellt das Erreichen endgültiger, nachhaltiger Zustände (unter Beendigung der vorgenannten aktiven Maßnahmen, d. h. ohne Ewigkeitsaufgaben), welches deutlich nach 2027 erfolgen wird, eine weitere Herausforderung für die Abwägung weniger strenger Bewirtschaftungsziele dar.

Das Bundesverfassungsgericht hat grundsätzlich klargestellt, dass die Anforderungen an die Sanierung nicht zu hoch angesetzt werden dürfen, um sie im Ergebnis nicht unmöglich zu machen. Insbesondere dürfen nach Auffassung des Bundesverfassungsgerichts nicht ausschließlich umweltrechtliche Vorsorgeerwägungen für die Bestimmung der Sanierungsziele zugrunde gelegt werden:

„An die Sanierung von Altlasten dürfen [...] nicht die Zielvorstellungen des Vorsorgeprinzips angelegt werden. [...] Sanierungsziele bei Altlasten werden stets anders gebildet als Vorsorgegrenzwerte im anlagenbezogenen Umweltschutz und bleiben hinter diesem regelmäßig zurück.“

BVerfG, v. 2.12.1999 Az.: 1 BvR 1580/91, NVwZ 2000, 309/312.

Diese Erwägungen müssen in besonderem Maße für die Sanierung des Uranbergbaus gelten, weil – wie bereits ausgeführt – dies eine Sanierungsaufgabe singulären Ausmaßes darstellt, deren Besonderheiten grundsätzlich Abweichungen von den allgemeinen Regeln rechtfertigen können. Die Wasserrahmenrichtlinie und das Wasserhaushaltsgesetz tragen diesem Gedanken mit entsprechenden Ausnahmeregelungen Rechnung, u. a. mit der Möglichkeit der Festlegung weniger strenger Bewirtschaftungsziele [Freshfields, 2013].

So wird beispielsweise die Zielerreichung der nach Artikel 4 WRRL gesetzten Umweltziele bis 2027 für bergbaubeeinflusste Grundwasserkörper im Einflussbereich des Sanierungsbergbaus der LMBV in der Lausitz als *nicht realisierbar* eingeschätzt, insbesondere aufgrund des signifikanten Eintrags von Eisen und Sulfat in die Gewässer in Verbindung mit dem Wiederaufgehen des Grundwasserspiegels. Zur Begründung von Ausnahmen von den strengen Bewirtschaftungszielen gem. § 31 WHG wurde ein entsprechendes Hintergrundpapier erstellt [vgl. Pulz, 2013].

Dieser im Fall der LMBV relevante Fakt gilt auch an den WISMUT-Standorten: Das Nichterreichen der Bewirtschaftungsziele beruht zuallererst auf sanierungsbedingten Veränderungen des Grundwasserstands. Die vorliegende Arbeit liefert Argumentationsmaterial zu den Ursachen bereits heute prognostizierter Zielverfehlungen auf der Grundlage des derzeitigen Kenntnisstandes sowie denkbare Gegenmaßnahmen im Rahmen der Verhältnismäßigkeit. Sie weist gleichzeitig Unsicherheiten hinsichtlich einer derartigen Beurteilung aus.

Aus der Analyse der derzeitigen Gütesituation und deren voraussichtlichen Entwicklung auf der Basis des weiteren Sanierungsfortschritts gemäß dem aktuellen Sanierungsprogramm,

d. h. bei Aufrechterhaltung aktiver Maßnahmen zur Wasserfassung und -behandlung, lassen sich folgende Schlussfolgerungen zur Erreichbarkeit der gesetzten UQN formulieren:

- In **Gessenbach und Sprotte** erscheint die Erreichung der Zielvorgaben bis zum Jahr 2027 möglich. Unsicherheiten bestehen hinsichtlich der Einleitungen von Nicht-WISMUT-Objekten (Quelle Schwarzer Bär, Gauernhalde). In der Sprotte wird die Anhebung der UQN für Sulfat von 200 mg/l auf 250 mg/l vorgeschlagen.
- Für die **Weißer Elster** wird festgestellt, dass neben der Wismut GmbH eine signifikante Beeinflussung des Gewässerzustandes auch durch Dritte erfolgt. Dies gilt für die Salzbelastung ebenso wie für Nickel. Insofern ist die Einhaltung von UQN nicht durch alleinige Regulierung von WISMUT-Einleitungen zu erreichen. Mit den bestehenden Regulierungen an e-423 und den Einleitregelungen in den kleinen Fließgewässern existieren diesbezüglich ausreichend Instrumente zur Gewässerbewirtschaftung der Weißen Elster. Somit ist auch eine Übertragung der bestehenden Grenzwerte auf e-419 nicht zielführend. Die Behörde sollte gegebenenfalls weniger strenge Bewirtschaftungsziele für die e-419 im Rahmen der Gesamtbewirtschaftung festlegen.
- In der **Wipse, Culmitsch/Pöltzschbach** und im **Fuchsbach** ist aus derzeitiger Sicht auch mit den im Kapitel 5 dargestellten Verbesserungspotenzialen nicht davon auszugehen, dass die UQN in Gänze eingehalten werden können. Kritische Parameter sind insbesondere **Uran** und **Sulfat**. Bei Thallium ist die Prognose aufgrund der eingeschränkten Datenlage unsicher.

6.2 Maßnahmevorschläge

Als weitere Maßnahmen zur Verbesserung des Wassermanagements der Wismut GmbH im Einzugsgebiet der Weißen Elster, insbesondere zur Verringerung der Uran- und Sulfat-emissionen wurden betrachtet:

1. Verbesserung der Uranabtrennung in den WBA Ronneburg und Seelingstädt
2. Möglichkeiten zur Sulfatabtrennung
3. Ableitung der am Standort Ronneburg anfallenden Wässer über eine Rohrleitung direkt in die Weiße Elster
4. Verbesserung des Wassermanagements am Standort Seelingstädt

Aus den Untersuchungen lassen sich folgende Schlussfolgerungen ableiten:

1. Verbesserung der Uranabtrennung in den WBA Ronneburg und Seelingstädt

Es sind keine grundsätzlich neuen, unter den Standortbedingungen ad-hoc einsetzbare Verfahren zur wesentlichen Verbesserung der Ablaufwerte bzgl. Uran bekannt. Die Vorstripp-Stufe der WBA Seelingstädt wird zu einer stabileren Uranabtrennung in der WBA Seelingstädt führen und insoweit einen positiven Effekt auf die Uran-Jahresmittelwerte am WBA-Ablauf haben. Die Wirksamkeit der Maßnahme wird sich erst in zwei bis drei Jahren abschließend beurteilen lassen.

Für den Bewirtschaftungszeitraum 2015/21 werden mit dem Ziel der weiteren Verbesserung des Kenntnisstands folgende weitere Maßnahmen vorgeschlagen:

- Modellierung/Abschätzung der sich langfristig einstellenden Urankonzentrationen sowohl in den Grubengebäuden als auch in den Absetzanlagen
- Untersuchungen zum Verständnis und den Randbedingungen der Uranabtrennung in der WBA Ronneburg
- Verifizierung der bisher nur theoretisch vorliegenden Abschätzungen über die Einsetzbarkeit von Ionenaustauschverfahren zur Erreichung der UQN-Werte bei der Uranabtrennung
- Erarbeitung eines Konzepts für die Entsorgung von Ionenaustauscherregeneraten

2. Möglichkeiten zur Sulfatabtrennung

Eine Prüfung der in 2009 vorgelegten Studie zur Härte- und Sulfatabtrennung ist im Zusammenhang mit dieser Ausarbeitung erfolgt. Unter Beachtung der zwischenzeitlichen Entwicklung anwendungsreifer Verfahren sowie der an den Standorten im Hinblick auf das langfristige Wassermanagement bestehenden Randbedingungen bzgl. der erwarteten Wasser- und Stoffmengen wurden die seinerzeitigen Schlussfolgerungen bewertet. Die Behandlung gefasster Wässer durch Fällverfahren führen zu hohen zu behandelnden und zu entsorgenden Schlammengen sowie unverhältnismäßigen spezifischen Behandlungskosten. Dagegen besteht für Verfahren mit einer Aufkonzentration der Schadstoffe aufgrund des radioaktiven Stoffinventars kein gesicherter Entsorgungsweg. Ein Einsatz von In-situ-Verfahren zur Sulfatreduktion ist im Vergleich zu anderen Pilotprojekten nicht einfach übertragbar, da für eine notwendige Bindung des Sulfides im Untergrund keine Reaktionspartner in den Wässern zur Verfügung stehen bzw. Verblockungen der unterirdischen Fließwege auch aus geotechnischen Gründen vermieden werden müssen. Im Nordabstrom der IAA wäre aufgrund der vollständigen Fassung der Wässer in Brunnen eine der In-situ-Sulfatreduktion nachgeschaltete Sulfidoxidation denkbar. Dennoch besteht derzeit kein anwendungsreifes Verfahren für den Standort.

3. Ableitung der am Standort Ronneburg anfallenden Wässer über eine Rohrleitung direkt in die Weiße Elster

Die Kosten für den Bau einer Rohrleitung im Wipsetal wurden im Jahr 2000 auf ca. 10,6 Mio. DM (entspricht 5,42 Mio. €) geschätzt. Dabei wurde aber von einer maximalen Abstoßmenge von 450 m³/h und einem daraus resultierenden Leitungsinwendurchmesser von 300 mm ausgegangen. Bei einer gegenwärtigen Abstoßmenge von bis zu 750 m³/h wäre ein Innendurchmesser der Abstoßleitung von mindestens 400 mm zu erwarten. Die Kosten müssten heute mit etwa 8 - 9 Mio. € veranschlagt werden. Zur Verlegung dieser Rohrleitung im Wipsetal wurde im Jahr 2000 eine Genehmigungsplanung erarbeitet und bei den zuständigen Behörden zur Zulassung eingereicht. Das Verfahren ruht.

Für die Kosten einer Rohrleitung im Gessental liegt keine Schätzung vor. Es ist aber davon auszugehen, dass sie aufgrund der zu querenden Infrastruktur in Gera höher ausfallen. Für 2014 ist die Prüfung der Machbarkeit vorgesehen.

4. Verbesserung des Wassermanagements am Standort Seelingstädt

Die Analyse der hydraulischen und geochemischen Situation am Standort Seelingstädt zeigt, dass eine gravierende Verbesserung der Gewässerqualität kurz- bis mittelfristig nicht realisierbar ist. Derzeit begrenzen im Wesentlichen die bestehende Wasserbehandlungskapazität sowie die Möglichkeiten der Fassung der in die Vorflut exfiltrierenden belasteten Grundwässer eine grundlegende Verbesserung der Belastungssituation. Jedoch sind tendenzielle Verbesserungen möglich und teilweise durch bereits eingeleitete Maßnahmen der Wasserfassung und -behandlung umgesetzt:

- Schrittweise Auskopplung und direkte Ableitung von Oberflächenwässern und damit Schaffung von Behandlungskapazitäten für zusätzlich belastete Wässer
- Steigerung der WBA-Kapazität auf 330 m³/h
- Forcierung der Quellsanierung durch zusätzliche Entnahme von Porenwässern aus dem Spülstrand des Beckens A der IAA Culmitzsch einschließlich des Ausbaus/Optimierung der hier bestehenden Wasserfassungen (2013 Errichtung weiterer Porenwasserbrunnen) als zentrale Maßnahme zur Reduzierung des langfristigen Stoffaustrages
- Bevorstehende Inbetriebnahme einer Anlage zur Vorstrippung mit dem Ziel der Verbesserung der U-Abtrennung und damit Sicherstellung eines kontinuierlichen WBA-Betriebes auch im Winter
- Errichtung einer Prozessstufe zur Eisenabtrennung aus Porenwässern
- Zugabe von Brauchwasser in die Culmitzsch bei Niedrigwasserdurchflüssen sowie während Unterbrechung der Einleitung von gereinigten Wässern aus der WBA
- Screening der belasteten Zuflüsse zur Culmitzsch in der Culmitzschau zur perspektivischen Optimierung der Wasserfassung im Abstrom, Prüfung der Möglichkeiten einer erweiterten Fassung und Behandlung derzeit noch diffus der Culmitzsch in der Culmitzschau zutretender Wässer am Standort Seelingstädt
- Laborative und kleintechnische Prüfung alternativer Wasserbehandlungstechnologien, wie z. B. die Behandlung der im Norddammvorland gefassten Wässer (kleintechnische Pilotierung in 2014 geplant)

Die Wirksamkeit dieser eingeleiteten Maßnahmen in Hinblick auf die mit weniger strengen Bewirtschaftungszielen zu belegenden Stoffe kann jedoch erst im Laufe der kommenden zwei bis drei Jahre ermittelt bzw. erst im Weiteren belastbar quantifiziert werden.

Die Erweiterung der Behandlungskapazität am Standort ist derzeit hinsichtlich der Abgabefähigkeit in die Vorflut zumindest zeitweise durch die bestehenden Grenzwerte insbesondere für die Neutralsalze und die Härte beschränkt. Damit ist für eine weitere Erhöhung der Reinigungskapazität auch die Entwicklung sowie Prüfung der Anwendbarkeit alternativer Behandlungstechnologien notwendig. Entsprechende Arbeiten werden durch WISMUT vorangetrieben. Es ist jedoch festzustellen, dass derzeit neben der Kalkfällung unter den gegebenen Standortbedingungen kein anwendungsbereites Verfahren verfügbar ist.

6.3 Festlegung weniger strenger Bewirtschaftungsziele

In Würdigung aller vorab dargestellten Aspekte wird es als notwendig erachtet, weniger strenge Bewirtschaftungsziele an den Bemessungsstellen der kleinen Fließgewässer zu formulieren. Tabelle 10 fasst die hierfür vorgeschlagenen Konzentrationswerte zusammen. Für einige Parameter ist aufgrund der geringen Datenlage (TI) bzw. der bis dato erreichten Wasserstände im Gessental die Einhaltung der Qualitätsnormen nicht belastbar abschätzbar. Für sie muss gemeinsam mit der Behörde das weitere Vorgehen festgelegt werden.

Seitens WISMUT ist geplant, die hier formulierten Vorschläge zum Ende des kommenden Bewirtschaftungsplanes (ca. 2020) unter Berücksichtigung des zwischenzeitlich erlangten Kenntnisstandes erneut zu überprüfen und anzupassen.

Zur Ableitung der weniger strengen Bewirtschaftungsziele für Uran und Sulfat wird ein zweistufiges Vorgehen vorgeschlagen. Demnach sollten sich

- (1) die weniger strengen Bewirtschaftungsziele an den nach derzeitigem Kenntnisstand prognostizierten Bedingungen orientieren, wobei derzeit weder die prognostizierte Entwicklung des Stoffaustrages in die Fließgewässer noch die bestehenden technischen Möglichkeiten der Fassung sowie die Behandlungstechnologien mittelfristig eine signifikante Verringerung der Belastungssituation erwarten lassen. Gleichzeitig verpflichtet sich WISMUT, die weitere Anpassung des Fassungssystems am Standort Seelingstädt sowie die Technologieentwicklung zur Abtrennung und Entsorgung der mit weniger strengen Bewirtschaftungszielen belegten Stoffe zu verfolgen sowie entsprechende Untersuchungen durchzuführen (z. B. Ionenaustausch- bzw. Membranfiltrationsverfahren, Ansätze zur In-situ-Immobilisierung). Die diesbezüglich ergriffenen Maßnahmen können dabei in regelmäßigen Abständen berichtet und diskutiert werden. Im Ergebnis dieser Maßnahmen werden dann
- (2) die festgelegten, weniger strengen Bewirtschaftungsziele geprüft und entsprechend den dann identifizierten Möglichkeiten ggf. angepasst.

In der Culmitzsch erfolgt derzeit durch technische Maßnahmen eine Beeinflussung der Belastungssituation basierend auf den in Genehmigungen festgeschriebenen Grenzwerten an der unterstromig der IAA gelegenen Messstelle E-369. Aufgrund der räumlichen Nähe zu den durch WISMUT-Objekte bestehenden Stoffquellen kann eine entsprechende Steuerung der Belastungssituation erfolgen. Weiter im Abstrom befindliche Messstellen lassen sich dagegen nur schwer bzw. gar nicht aussteuern, da weitere Quellen, auf die WISMUT keinen Einfluss hat, existieren. Daher können sich die Vorschläge für die weniger strengen Bewirtschaftungsziele im Grunde genommen auch nur auf diese Messstellen beziehen.

Im Gegensatz zur Culmitzsch bestehen im Fuchsbach derzeit keine Grenzwerte für die betrachteten Parameter, die durch WISMUT einzuhalten sind. Hier erfolgt derzeit auch nur die zeitweise Einleitung von Oberflächenwässern aus dem Norddammvorland, deren Abgabe durch zulässige, am gegenwärtigen Gewässerzustand orientierte Maximalkonzentrationen begrenzt ist. Jedoch liegt durch den vorangegangenen Uranbergbau und damit in Zusammenhang stehende bergbaubürtige Einträge, die sich nicht im Verantwortungsbereich der Wismut GmbH befinden, bereits eine Belastung der Vorflut im Vergleich zu den vorgeschlagenen UQN vor. Diese Belastungen führen an der im Abstrom der IAA Culmitzsch befindlichen Messstelle E-319 zu mittleren Urankonzentrationen in der Größenordnung von 0,1 mg/l. Langfristig ist neben den als unbelastet geltenden Oberflächenwässern von der sanierten

Oberfläche der IAA Culmitzsch grundsätzlich auch die Abgabe von gereinigten Wässern aus der Wasserhaltung im Norddammvorland denkbar. Derzeit weisen diese Wässer am Norddamm hohe Uran- und Sulfatkonzentrationen auf. Diese sind durch geeignete technische Maßnahmen vor einer Einleitung zu reduzieren. Dennoch würde sich mit einer derartigen Maßnahme langfristig die Belastung des Fließgewässers gegenüber dem derzeitigen Zustand erhöhen, wobei sich aber im gleichen Maße auch eine Entlastung der Culmitzsch ergäbe. Um derartige technische Lösungen, die in einer Gesamtbetrachtung eine höhere Nachhaltigkeit als eine zentrale Behandlung der Gesamtabströme am Standort besitzen könnten, durch eine zu restriktive UQN-Festlegung insbesondere für Uran und Sulfat nicht zu gefährden, sollten auch im Fuchsbach entsprechend weniger strenge Bewirtschaftungsziele formuliert werden.

Tabelle 10 Vorschläge für weniger strenge Bewirtschaftungsziele für die von der Wismut GmbH beanspruchten Fließgewässer in Thüringen (fett markiert), bezogen auf das Jahr 2027⁷

Parameter	Einheit	OGewV	Geltung	Culmitzsch/ Pöltzsch- bach	Fuchsbach	Wipse	Elster, Zwätzen	Gessen- bach	Elster, Milbitz	Sprotte
Szenario				mit WBA	mit WBA	mit WBA		mit Wasser- fassung		
				E-382	E-383	e-410	e-423	e-691	e-419	s-609
Prioritäre Stoffe (chem. Zustand) --> OGewV Anl.										
Cd_gel (HKL5)	µg/l	0,25	JD				0,25		0,25	
Cd_gel (HKL5)	µg/l	1,5	ZHK	-	-	-	1,5	-	1,5	
Ni_gel (ab 2016)	µg/l	4 ²⁾	JD				(4 ²⁾)		(4 ²⁾)	
Ni_gel (ab 2016)	µg/l	34	ZHK	-	-	-	34	-	34	-
Flussgebietspezifische Schadstoffe (ökolog. Zustand) --> OGewV Anl. 5										
Se_gel	µg/l	3	JD				3		3	
Tl_gel	µg/l	0,2	JD	0,5	0,5	0,5	0,2	0,5	0,2	
Cu_Schweb	mg/kg	160	JD				160		160	
Zn_Schweb	mg/kg	800	JD				800		800	
As_Schweb	mg/kg	40	JD				40		40	
U_unfiltriert	µg/l	-	JD	300	200	100	-		5,5 ⁺⁾	
Allgem. chem.-phys. Parameter (ökolog. Zustand)										
SO ₄	mg/l	-	JD	3000	1000	1500	-		-	250 (geogen)
SO ₄	mg/l	-	ZHK	-	-	-	450 ⁺⁾	-	450 ⁺⁾	-
GH	°dH	-	ZHK	-	-	-	19 ⁺⁾	-	19 ⁺⁾	-

JD – Jahresdurchschnitt, ZHK – Zulässige Höchstkonzentration

1) individuell festgelegter Zielwert

2) bioverfügbar

Gestrichene Zahlenwerte: Vorschlag zur Streichung des Bewirtschaftungsziels

Anmerkung zu Tabelle 10: Im Ergebnis der Erörterungen wurden für die Weiße Elster all diejenigen Qualitätsnormen gestrichen, für die der Bewirtschaftungsanteil von WISMUT bereits in den Qualitätszielen an den Mündungen der Zuflüsse festgelegt ist. Sofern für die Messstellen in der Weißen Elster keine Streichung der UQN erfolgt, sind entsprechend weniger strenge Bewirtschaftungsziele zu berücksichtigen. Dies gilt insbesondere für Sulfat

⁷ Szenarien mit in Betrieb befindlichen Wasserbehandlungsanlagen am Standort Seelingstädt und Ronneburg mit Abstoß in Wipse, Culmitzsch und Fuchsbach;

(540 mg/l) und Härte (23°dH) an der Messstelle e-419 unter Berücksichtigung der bestehenden Grenzwertfestlegung an der e-423 sowie dem nachweisbaren Einfluss durch Dritte.

6.4 Ausblick auf einen hypothetischen Endzustand ohne aktive Wasserbehandlung

Bei der Diskussion um die weniger strengen Bewirtschaftungsziele ist das Ausloten der technischen Möglichkeiten, die betreffenden Stoffe weitgehend in Wasserbehandlungsanlagen abzutrennen, nur ein Aspekt. Da die Stoffkonzentrationen in den Flutungs- und Grundwässern über sehr lange Zeiträume abklingen und sich jedoch Restkonzentrationen asymptotisch annähern werden, sind unter gesamtgesellschaftlichem Aspekt parallel auch die langfristigen Bedingungen zu einer Vereinfachung oder gar Außerbetriebnahme von Wasserfassungs- und -behandlungsanlagen zu betrachten, um mögliche Ewigkeitsaufgaben einzuschränken. Da diese Stoffströme die Fließgewässer beeinflussen, besteht die Gefahr, dass die derzeit festgesetzten UQN (Tabelle 1) dann wieder zumindest teilweise überschritten werden. Bei der behördlichen Festsetzung weniger strenger Bewirtschaftungsziele ist dieser Aspekt in geeigneter Weise zu berücksichtigen.

In der Abstraktion des Problems geht es letztlich um die Bestimmung des finalen Verbleibs der mobilen aus den Sanierungsobjekten stammenden Schadstoffe. Dabei sind eine Reihe von Grundsatzfragen zu beantworten, wie beispielsweise:

- a) Bis zu welchem Punkt müssen die Schadstoffe in jedem Falle technisch abgetrennt und anschließend vor Ort deponiert werden, und ab wann besteht die Möglichkeit einer überwachten (monitorierten), über definierte Zeiträume stattfindenden Verlagerung von Restemissionen in die natürliche Vorflut?
- b) Welche technischen Möglichkeiten zur In-situ-Immobilisierung des relevanten Schadstoffpotentials existieren, und inwieweit können sie zur Abmilderung der Außenwirkungen beitragen?

Zur Lösung dieser grundsätzlichen Fragestellungen gibt das Wasserrecht in Verbindung mit den Betrachtungen zur Verhältnismäßigkeit ausreichend Spielraum. Dieser Spielraum muss genutzt werden, um langfristig nachhaltige Sanierungslösungen, die nach unserer Überzeugung stets auf einer Güterabwägungen zwischen ökologischen, ökonomischen und sozialen Aspekten beruhen müssen, zu ermöglichen.

7 Literatur

[BG Flutung, 2013] Protokoll 48. Bewertungsgremium Flutung, 08.10.2013

[Biermann, 2006] V. Biermann: Langzeitverhalten von elementarem Eisen und Hydroxylapatit zur Uranrückhaltung in permeablen reaktiven Wänden bei der Grundwassersanierung, Dissertation TU Berlin

[Ebert, 2004] M. Ebert: Elementares Eisen in permeablen reaktiven Barrieren zur In-situ-Grundwassersanierung - Kenntnisstand nach zehn Jahren Technologieentwicklung, Habilitation CAU Kiel

[Freshfields, 2013] Freshfields Bruckhaus Deringer LLP: Widerspruchsbegründung zur Versagung der wasserrechtlichen Erlaubnis für die Flutung der Grube Königstein, Teilbereich II, September 2013

-
- [Hagen, 2011] K. Hagen: Entfernung von Radionukliden aus Rohwasser, Energie/Wasserpraxis, 5/2011, S. 66 - 70
- [Hanson, 1987] S.W. Hanson, D.B. Wilson, N.N. Gunaji, S. Hathaway: Removal of Uranium from Drinking Water by Ion Exchange and Chemical Clarification, U.S. EPA project EPA/800/S2-97/076
- [Hoyer, 2013] Hoyer, M.; Haseneder, R.; Repke, J.-U.: Membrane filtration of uranium contaminated water - focus on speciation. Proceedings Mine Water Symposium 26 September 2013, Freiberg
- [Pulz, 2013] Pulz, K.: Zulassung bergbaulicher Vorhaben unter Berücksichtigung der Bewirtschaftungsziele der Wasserrahmenrichtlinie.- Bergbau 12/2013, 547-550
- [Rieger, 2009] Rieger, A.; Steinberger, P.; Haseneder, R.; Pelz, W., Härtel, G.: Mine Water treatment by membrane filtration processes – experimental investigations on applicability. Journal of Desalination and Water Treatment 2009 (6), pp. 54 - 60
- [Stieber, 2006] M. Stieber: Untersuchungen zur Uranentfernung durch Adsorption an Eisenhydroxid, Diplomarbeit TU Berlin
- [Schlitt, 2008] V. Schlitt: Uran in der Trinkwasseraufbereitung, Forum Wasseraufbereitung Karlsruhe, <http://www.dvgw.de/wasser/wasserwerk-aufbereitung/aufbereitungsverfahren/forum-wasseraufbereitung/2008/>
- [TENewa, 2000] Treatment Techniques for Removing Natural Radionuclides from Drinking Water, EU research project STUK-A169
- [TLUG, 2013] Thüringer Landesamt für Umwelt und Geologie (TLUG), R53, H.-P. Pien: WISMUT-beeinflusste Oberflächenwasserkörper im Flussgebiet der Weißen Elster: Wipse, Gessenbach, Fuchsbach, Pöltzschbach, Mittlere Weiße Elster und Weiße Elster – Göltzsch bis Seilersbach, Bewertung der Überschreitung von UQN vor dem Hintergrund geogener Belastungen. Entwurf 20.03.2013
- [U.S. DOE, 2008] U.S. DOE Subsurface Biochemical Research Program, Approach to identify critical redox reactions in the subsurface during stimulated uranium biotransformation, http://doesbr.org/research/milestones/ersd_data08.shtml
- [Wall, 2006] J.D. Wall, L.R. Krumholz: Uranium Reduction, Annual Review of Microbiology, Vol. 60, pp. 149 - 166
- [Westerhoff, 2008] P. Westerhoff, T. Benn, A. Chen, L. Wang, L. Cumming: Assessing Arsenic Removal by Metal (Hydr)Oxide Adsorptive Media Using Rapid Small Scale Column Tests, US EPA report EPA/600/R-08/051
- [WISMUT, 2007] Patent DE10005240B4 16.08.2007:Verfahren zur Fällung von Uran, Schwermetallen und toxischen Metallen aus karbonat-/hydrogenkarbonathaltigen Wässern, insbesondere aus durch Natururan
- [WISMUT, 2009] Nachhaltige Minimierung des langzeitlichen Stoffaustrags aus unterirdischen anorganischen Schadensherden am Beispiel der gefluteten Uranerzgrube Königstein, Schlussbericht BMBF-Projekt der Wismut GmbH, FKZ 02WN0755
- [WISMUT, 2013] Stellungnahme zur Ausgangsunterlage TLUG 2013 (Entwurfassung vom 20.03.2013) zur Ableitung der maßgeblichen UQN, zu deren Geltungsbereichen sowie deren Herleitung (lokal definierte UQN), Wismut GmbH, E-Mail vom 20.09.2013
- [WIS-R 504/26] 4. Präzisierung der Flutungsstrategie für die 1. Etappe der Gesamtflutung Ronneburg - Grubenfelder südlich der BAB 4“, Wismut GmbH, Chemnitz, 03.05.2013
- [WIS-S 262/4] Erarbeitung eines Verfahrenskonzeptes zur Sulfat- und Gesamthärteabtrennung für anfallende Porenwässer der IAA Culmützsch - Detailuntersuchungen zu speziellen Wasserbehandlungsverfahren, G.E.O.S. Freiberg Ingenieurgesellschaft mbH, 14.04.2009

[WISUTEC, 2005] Sickerwassermanagement Haldenkomples Beerwalde/Drosen, WISUTEC GmbH 2005

[WISUTEC/UIT, 2008] Ermittlung verfahrenstechnischer Grundlagen einer Nachfolgevariante für WBA Helmsdorf, WISUTEC GmbH/UIT GmbH 2008

[WISUTEC, 2009] Abschlussbericht "Pilotversuch zur In-situ-Uranabtrennung aus dem in Richtung Zinnborn abströmenden Grundwasser der IAA Dänkriz I mittels reduzierender Bakterien", WISUTEC GmbH

[WISUTEC, 2011] Abschlussbericht Pilotanlage Helmsdorf, WISUTEC GmbH 2011