

Nutzung der Abprodukte aus Wasserreinigungsanlagen als Wertstoffe (TP2.1)

3. Fachkonferenz in Weißwasser, 28.01.2020

Tim Aubel ▪ Julia Walther ▪ Heike Fischer ▪ Martin Pohl

Gliederung

- 1) Zielstellung des Teilprojektes
- 2) **Wasserreinigungsanlagen in Sachsen**
 - Reinigungsverfahren
 - entstehende Abprodukte
- 3) **Nachnutzungsoptionen der Abprodukte aus WRA**
 - Verwertungsoptionen
 - Verfüllung in Filterbrunnen
- 4) **Vorschläge für beispielhafte Nachnutzungsoptionen**
 - Exemplarische WRA in Sachsen
 - Exemplarische Verfüllung in Filterbrunnen
- 5) **Fazit**

Projektziel:

- Zusammenstellung von Lösungsmöglichkeiten für die Nachnutzung von Abprodukten aus WRA (Reduzierung bergbaubedingter Schadstoffeinträge)
- Fokus auf Situation in Sachsen



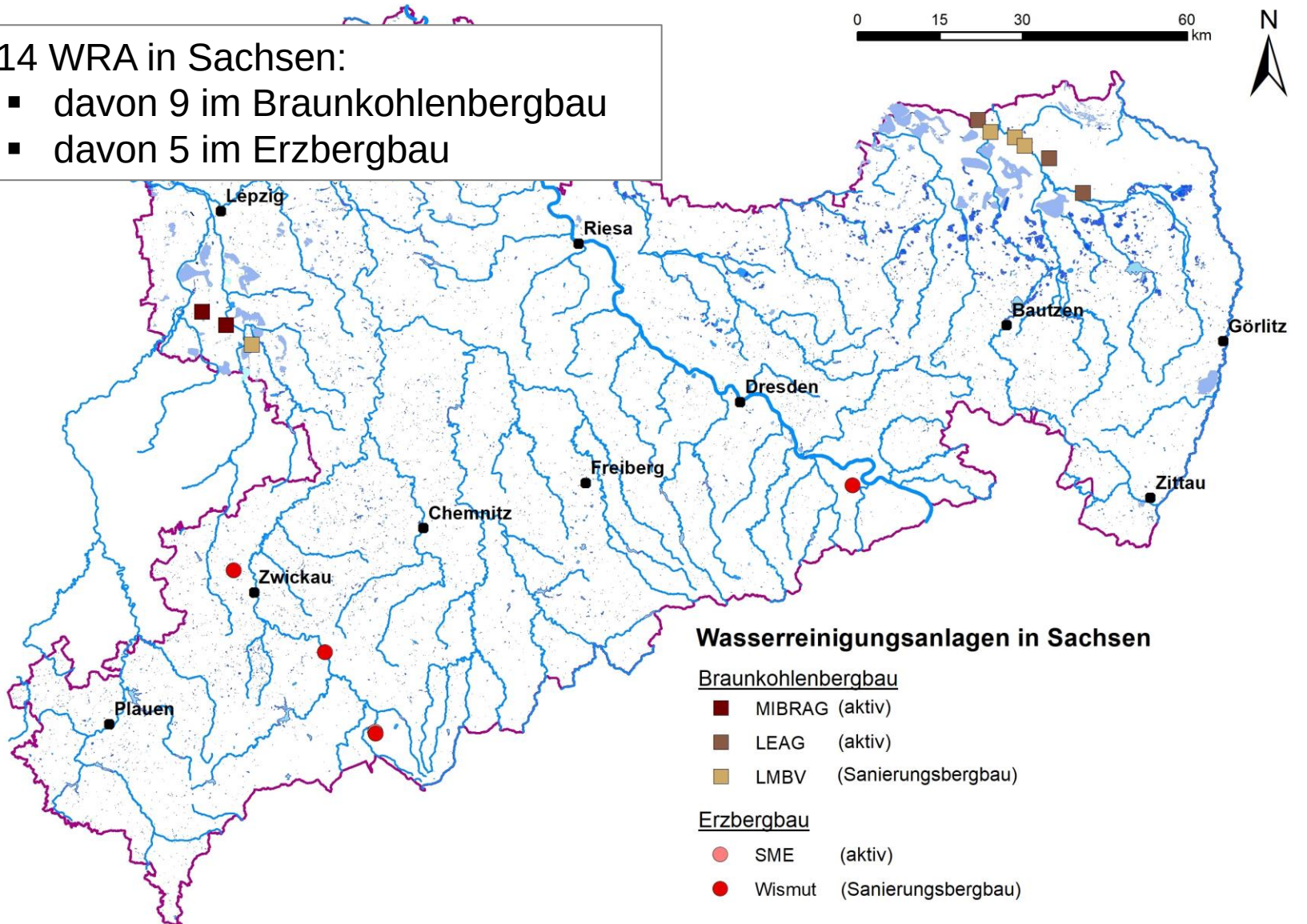
Kategorisierung anhand unterschiedlicher Bergbausparten

Wasserreinigungsanlagen in Sachsen:

Betriebszeit	Rohstoff	Betreiber/Verantwortlicher
Aktiver Bergbau	Braunkohlenbergbau	▪ MIBRAG ▪ LEAG
	Erzbergbau	▪ SME ▪ EFS (keine Wasserbehandlung)
Sanierungsbergbau	Braunkohlenbergbau	▪ LMBV
	Erzbergbau (Uran)	▪ Wismut

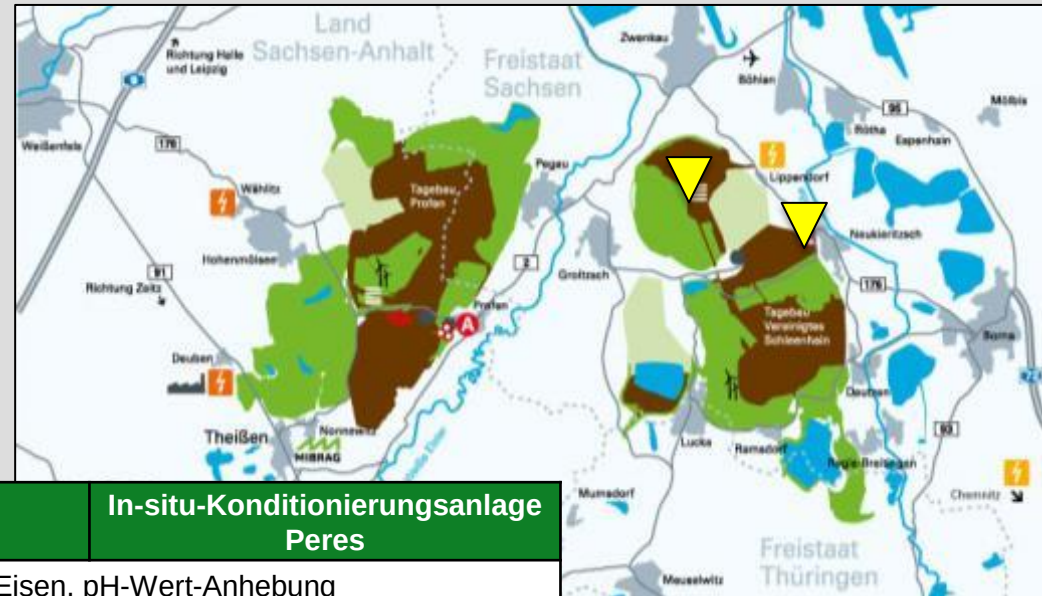
Keine Betrachtung von Steinbrüchen etc.

- 14 WRA in Sachsen:
- davon 9 im Braunkohlenbergbau
 - davon 5 im Erzbergbau



MIBRAG:

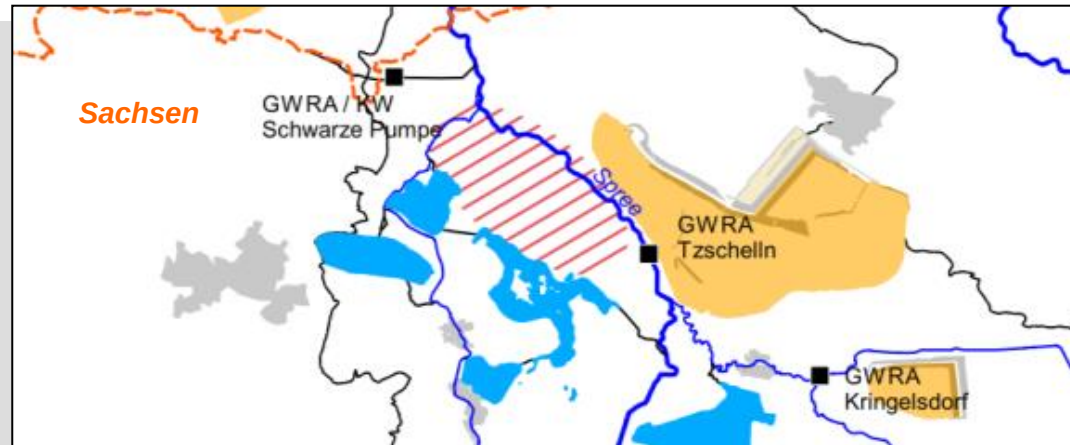
- betreibt 3 Anlagen, davon 2 in Sachsen (GWRA Profen in SA)



Anlage	GWRA Schleenhain	In-situ-Konditionierungsanlage Peres
Ziel	Entfernung Eisen, pH-Wert-Anhebung	
Reinigungsverfahren	Kalkfällverfahren + Flockung + Sedimentation + Eindickung	
Kapazität der Anlage (m³/h)	max. 3.600 m³/h, im Regelbetrieb ca. 2.500 m³/h	max. 72 m³/h direkt, 1150 m³/h indirekt,
Wasservolumina (m³/a)	22,5 Mio. m³ (2018)	7,5 Mio. m³ (2018)
Abprodukt	AEW (Alkalisches Eisenhydroxidwasser)	
Stoffströme zur Entsorgung	keine	
Verwertung/Nutzung von Teilen dieser Stoffströme	Nutzung der Restalkalinität des Eisenhydroxidwassers zur Verminderung der Kippenwasserversauerung durch Einbringen in die untere Kippe	Eisenhydroxid verbaut im Sedimentationsraum auf dem Tagebauliegenden

LEAG:

Zusätzlich: GWRA „Am Weinberg“ (Brandenburg)

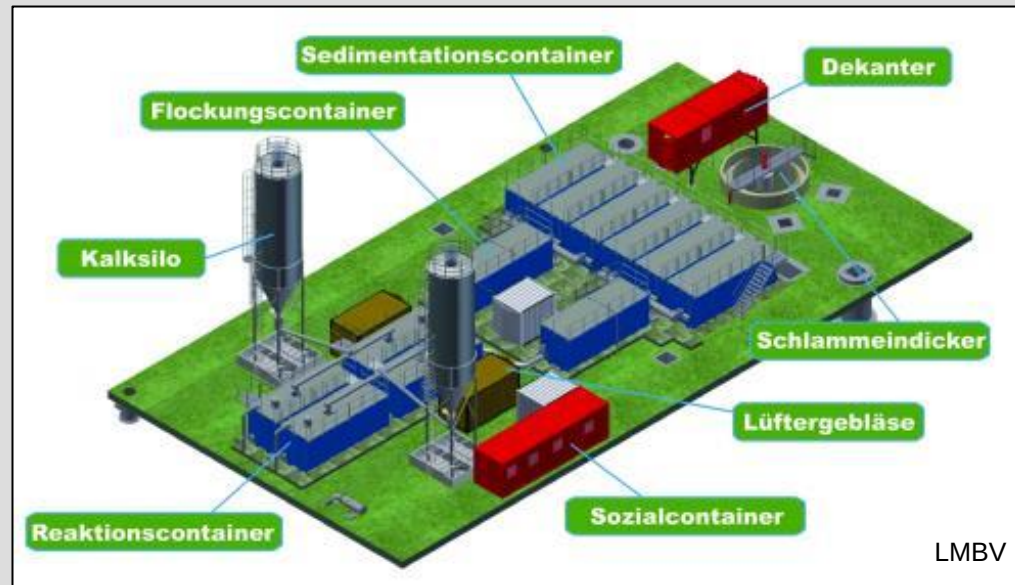


Uhlmann, W. et al. (2013): Einschätzung des Anteils des Sanierungsbergbaus der LMBV an der Sulfatbelastung der Spree, Bearbeitung: Institut für Wasser und Boden Dr. Uhlmann, Hrsg.: LMBV.

Anlage	GWBA Schwarze Pumpe	GWBA Tzschelln	GWBA Kringelsdorf
Reinigungsverfahren	Grobstoffabtrennung + CO ₂ -Strippung + Kalkfällverfahren + Flockung + Sedimentation + Eindickung	Kalkfällverfahren + Flockung + Sedimentation + Eindickung	
Chemikalien	Kalkmilch FHM: Koaret PA 3230T	Kalkmilch FHM: Koaret PA 3230T	Kalkhydrat
Ziel	Entfernung Eisen, pH-Wert-Anhebung		
Kapazität der Anlage	115 Mio m ³ /a (ohne Trinkwasserstrecke)	31 Mio m ³ /a	124 Mio m ³ /a
Wasservolumina (m ³ /a)	2019: 86 Mio. m ³	2019: 24 Mio. m ³	2019: 89 Mio m ³
Stoffströme zur Entsorgung	AEW: 1,332 Mio m ³	AEW: 1,109 Mio m ³	AEW: 0,515 Mio m ³
Verwertung/Nutzung von Teilen dieser Stoffströme	Einleitung AEW in Tagebaurestgewässer, seit 2019 Probebetrieb externe Weiterverarbeitung (2021 Regelbetrieb)	seit 2009 externe Entwässerung und Weiterverarbeitung (90% Verwertung, Rest Randschlauch NO)	seit 2018 externe Entwässerung und Weiterverarbeitung (2019: 90%), Rest Zwischenspeicherung

LMBV:

- betreibt 8 Anlagen, davon 4 in Sachsen
- u.a. Modulare WBA an „hot spots“



LMBV

WRA	MWBA Burgneudorf (Probetrieb)	MWBA Neustadt/Spree (Einfahrtbetrieb)	MWBA Ruhlmühle (in Planung)	WBA Borna-West
Reinigungsverfahren	Bekalkung + Flockung + Sedimentation (Borna-West gegenwärtig Umbau zur CO2-Strippung)			
Chemikalien	Weißfeinkalk nach DIN EN 459-1 und Koaret PA 3230 T			Weißkalkhydrat (87 t/a)
Ziel	Entfernung Eisen			
Kapazität der Anlage (m³/h)	360 m³/h	geplant ca. 183 m³/h	geplant ca. 360 m³/h	ca. 17 m³/h
Wasservolumina (m³/a)	144.000 m³/a (2018)	k.A.	k.A.	143.761 m³/a (2017)
Abprodukt	EHS			EHS (35-40% TS)
Stoffströme zur Entsorgung	geplant 2.500 - 3.500 t/a	geplant ca. 5.500 t/a	k.A.	320 t/a (2016)
Verwertung/Nutzung	derzeit nicht			

Saxony Minerals & Exploration AG (SME):

- WBA Pöhla zur Behandlung von Grund- u. Grubenwasser aus Erkundungsschacht
- Betrieb seit Juli 2017
- wechselnde Zusammensetzung → abhängig vom Betriebsregime



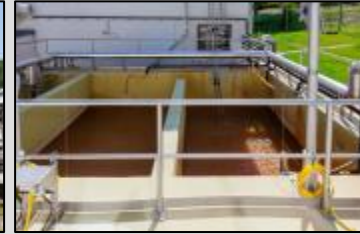
SME AG

Anlage	WBA Pöhla SME
Reinigungsverfahren	Flockung/Koagulation + Sedimentation + Eindickung
Chemikalien	FeCl ₃ , Polymer POLY Separ L 3000
Ziel	Entfernung AFS, Fe und As
Kapazität der Anlage (m³/h)	40 m³/h
Wasservolumina (m³/a)	160.000 m³/a
Stoffströme zur Entsorgung	160 t/a Schlamm
Zusammensetzung	90% Tonmineralien, Glimmerschiefer, Karbonate u.ä.
Entsorgungsweg	Deponie
Verwertung/Nutzung von Teilen dieser Stoffströme	nein

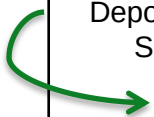
Wismut GmbH:

- Wasserbehandlung → Hauptaufgabe bei Sanierung der Hinterlassenschaften des Uranerzbergbaus
- Typische Schadstoffe: U, Ra, As, Fe u. weitere Schwermetalle
→ **Nachnutzung der Abprodukte problematisch**
- Zwei grundsätzliche Behandlungsverfahren:
 - Fällungsverfahren (Anhebung pH-Wert + Zugabe Chemikalien)
 - Ionenaustausch (Ionenaustauscherharze, Regenerierung)
- Aktuell 6 WBA, davon 4 in SN:
 - WBA Schlema-Alberoda
 - WBA Pöhla
 - AAF Königstein
 - WBA Helmsdorf

Wismut GmbH:

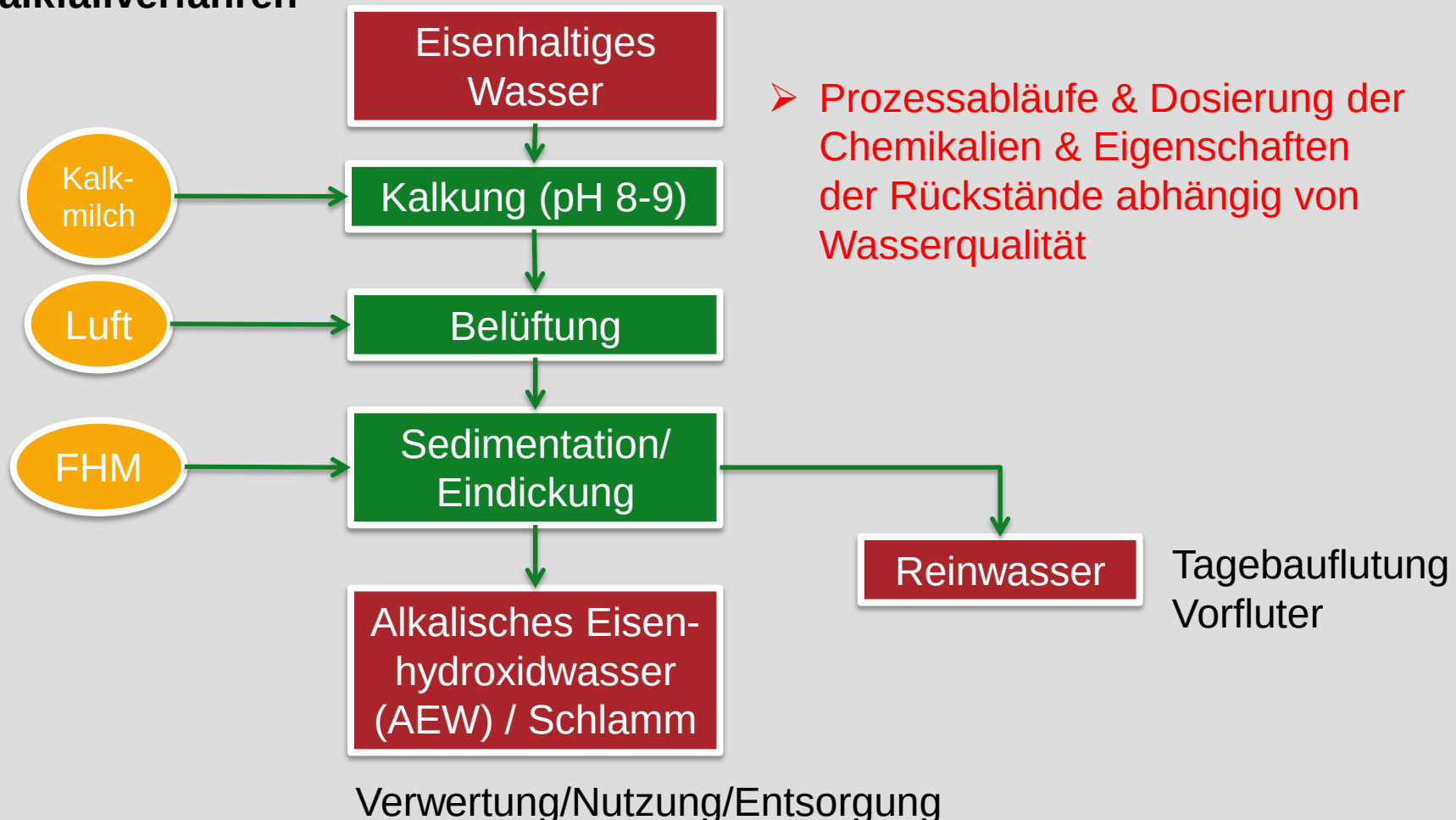


Fotos: Wismut

Anlage	WBA Helmsdorf	WBA Schlema-Alberoda	WBA Pöhla	AAF Königstein
Reinigungsverfahren	Modifiziertes Kalkfällverfahren zur Uranentfernung und selektive Abtrennung von Ra und As	Modifiziertes Kalkfällverfahren zur Uranentfernung und selektive Abtrennung von Ra und As	selektive Abtrennung von Ra und As durch Fällung mit BaCl_2 und FeClSO_4 , zusätzliche Oxidation mittels H_2O_2 , da Wasser stark reduzierend	Ionenaustausch/ Kalkfällung mit teilweiser Schlammrückführung (HDS-Verfahren) und zusätzliche Entmanganung mittels KMnO_4
Chemikalien			BaCl_2 , FeClSO_4 , H_2O_2	KMnO_4
Ziel	Entfernung U, Ra, As, Fe, (Mn)	Entfernung U, Ra, As, Fe, (Mn)	Entfernung Ra, As, Fe	Entfernung U, Mn, Fe und andere Schwermetalle
Kapazität der Anlage (m^3/h)	max. 200 m^3/h	max. 1.150 m^3/h ,	max. 60 m^3/h ,	max. 650 m^3/h
Wasservolumina (m^3/a)		5,53 Mio. m^3/a	0,1 Mio. m^3	3,4 Mio. m^3
Stoffströme zur Entsorgung	754 m^3	865 m^3	216 m^3	590 m^3 (Tendenz sinkend)
Entsorgung	TR-Gehalt ca. 63%	TR-Gehalt ca. 40%	TR-Gehalt ca. 4-5%	TR-Gehalt ca. 40%
Verwertung/Nutzung	Immobilisierung der Rückstände mit Asche und Zement, Einlagerung in AA Helmsdorf	Immobilisierung der Rückstände und Deponierung auf Halde 371/I	Deponierung	Deponierung in Halde Schüsselgrund  Neubau

Wasserbehandlungsverfahren in Bezug auf Braunkohlenbergbau:

➤ Kalkfällverfahren



Arten von Eisenhydroxidschlämmen nach Herkunft:

- EHS aus der Gewässerberäumung
- EHS aus Absetzanlagen
- EHS aus WBA bei Flusswasser
- EHS aus WBA bei Grundwasser
- EHS aus in-lake-Wasserbehandlung
- EHS aus GWRA
- EHS aus WBA bei Grund- und Grubenwasser

Unterschiedliche Beschaffenheit der Wässer, verschiedene Prozessführungen



spezifische physikalische und chemische Eigenschaften
(Feststoffgehalte, Wasseranteil, Bestandteile – Fe, Metalle, As,
Neutralisationsmittel, FHM, TOC-, pH,...)



Menge, Regelmäßigkeit der Entstehung, Lagerung, Möglichkeiten für
Verladung und Transport



technische, rechtliche, betriebswirtschaftliche Aspekte



unterschiedliche Nutzung / Verwertung / Deponierung

Für die anfallenden Rückstände aus Wasserreinigungsanlagen gelten die folgenden Prioritäten:

(Konzept zum Umgang mit EHS im Sanierungsbereich Lausitz nach Kreislaufwirtschaftsgesetz KrWG)

Vermeidung* vor *Verwertung* vor *Verspülung* vor *Deponierung



Vorzug

Vermeidung / Verminderung

- Optimierung der WBA
- Untergrundwasserbehandlung
- Hydraulische Abfangmaßnahmen

Deponierung

Endlagerung



kostenintensiv,
Abnahmekapazitäten rückläufig

- Zwischenlagerung,
z.B. Schlammstapelbecken
- Monodeponien

Anfallende Schlämme aus WRA in Sachsen:

Betreiber	Anlage	Ø Anfall Abprodukt/Jahr	Entsorgung	Nutzung
LEAG	GWRA Tzschelln	1,11 Mio. m³ (2019)	10% Randschlauch	90 % Verwertung
	GWRA Schwarze Pumpe	1,33 Mio. m³ (2019)	-	Einleitung in Tagebaurestgewässer, Teilmenge im Probebetrieb entwässert und weiterverarbeitet
	GWRA Kringelsdorf	0,52 Mio. m³ (2019)	10 % Zwischenspeicher	90 % Verwertung
LMBV	MWBA Burgneudorf	geplant 2.500-3.500 t/a (Probebetrieb)	k.A.	k.A.
	MBWA Neustadt	geplant ca. 5.500 t/a (Einfahrbetrieb)	k.A.	k.A.
	MWBA Ruhlmühle	k. A. (in Planung)	k.A.	k.A.
	WBA Borna West	320 t/a (2016)	Deponie	
MIBRAG	GWRA Schleenhain	k.A.	-	Einbringen in untere Kippe
	In-situ-Konditionierungsanlage Peres	k.A.	-	im Sedimentationsraum auf Tagebauliegendem
SME	Pöhla	160 t/a	Deponie	-
Wismut	WBA Schlema-Alberoda	865 m³, TS ca. 40 %	Immobilisierung, Deponierung auf Halde 371/1	-
	WBA Pöhla	216 m³, TS ca. 4-5 %	Deponierung	-
	AAF Königstein	1.300 – 590 m³, TS ca. 40 %	Deponierung in Halde Schüsselgrund	-
	WBA Helmsdorf	754 m³	Immobilisierung mit Asche und Zement; Einlagerung in Absetzanlage Helmsdorf	-

Verwertung

Adsorptionsmittel

Bindung Arsenat-, Phosphat-, Sulfidionen,
Schwermetalle → Granulate P.U.S. GmbH Lauta

- Abwasseranlagen
- Sanierung von Gewässern
- Verminderung von Geruchsbelästigungen
- Reinigung von Faulgasen

Pigment

- Ziegel- und
Keramikindustrie

Neutralisationsmittel

- Verspülung in
Bergbaufolgeseeen

Abdeckung / Rekultivierung

- Abdeckung von Halden zur
Verhinderung von Ausspülungen
- Rekultivierung von Bergbauflächen,
Deponien, Altlasten nach
Vermischung mit Boden

Flockungshilfsmittel

- Rückgewinnung von Eisen zur
Wasseraufbereitung

Verbringung

- Verfüllen von Hohlräumen
- Ablagerung auf Kippenarealen
(Halden, Tailings)
- Eintrag in Kippenkörper des
Aktivbergbaus

Kosten für Abtrennung von Eisen mittels Kalkfällung

- 0,20 – 0,80 €/m³ zu behandelndem Wasser
- Stark abhängig von
 - Eisengehalt
 - Anlagenkapazität
 - Verwertungs-/Entsorgungsweg EHS

Kosten für Entsorgung EHS über öffentliche Deponie

- 40 – 70 €/Tonne EHS
 - Tendenz zu steigenden Kosten, da öffentlicher Deponieraum sich verknappt
- Jede zusätzliche Verwertungslösung reduziert den Druck auf den Deponieraum und könnte auch anteilig aus wegfallenden Entsorgungskosten co-finanziert werden!

Forschungen auf dem Gebiet der Nachnutzung von Schlämmen aus GWRA/WBA

G.E.O.S. Pilotanlage Tzschelln:
biotechnologische Gewinnung von
Schwertmannit aus
Wässern des Tagebaus Nochten
(keine Kalkfällung in dieser
Reinigungsstufe nötig → kalkfreies Produkt)



Nanoparticle products from new mineral resources in Europe

- Produktion hochwertiger (Nano)-Metalle, z. B. nano-Eisenhydroxysulfate als Pigmente für Keramiken, Grundbeschichtungen, Lackfarben und als Sorbentien
- Verbesserung der biotechnologischen Produktionsmethoden zur Gewinnung von Schwertmannit aus sulfat- und eisenhaltigen Bergbauwässern

SurfTrap

- Biosynthese reaktiver Eisenmineraloberflächen für die Wasseraufbereitung
- Herstellung von Schwertmannitadsorbentien für die Elimination von Oxoanionen aus Wässern (Arsenat, Antimonat, Chromat H_2CrO_4 , Vanadat sowie Phosphat) und Entschwefelung von Biogas



Beispielhafte Möglichkeiten der Nachnutzung



Herstellung von Eisenoxid-Pigmenten



Einfärben von Klinker



Herstellung von Pellets für Hochofenprozess



Gebrannte
Pellets
(66% Fe)

Getrocknete
Pellets
(Vorstufe)

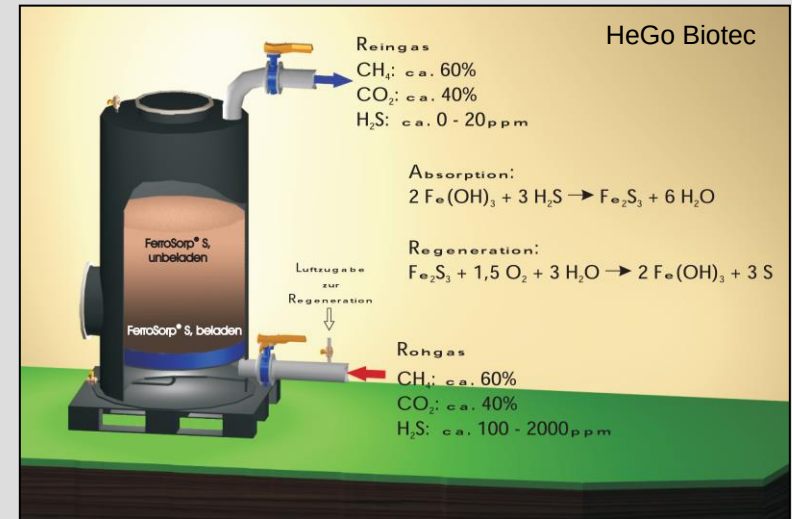
Beispielhafte Möglichkeiten der Nachnutzung

Nutzung als Adsorptionsmittel
Biogasentschwefelung

Fa. PUS GmbH

Nutzung als Adsorptionsmittel
Nutzung als Ausgangsstoff für
Kunstbedarf (Farbpigmente)

British Coal Authority



British Coal Authority: Wasserbehandlung Derbyshire

Vorschlag → MWBA Burgneudorf

- Problematische Arsenbelastung in der Anlaufphase
→ Verwertung schwierig
- Arsen- und Nickelbelastung im Schlamm für
Nachnutzung zu hoch
- Möglicher Umbau: Vorreinigung vor eigentlicher
Fällung (Arsen-/Nickelentfernung durch
Adsorptionsfilter mit Eisenhydroxid/Schwertmannit)
- Verwertung als Adsorptionsmittel/Einbringen in
Filterbrunnen
- Arsen-/Nickelbelastung auf wesentlich kleinerem
Filtervolumen konzentriert
- Erzeugter EHS kann entweder verwertet oder zu
geringeren Kosten (bessere DK) entsorgt werden



Foto: LMBV

Technische Regel – Arbeitsblatt (Dezember 2018)

DVGW W 135 - Sanierung und Rückbau von Brunnen, GWM und Bohrungen

Rückbau

Alle Maßnahmen, deren Ziel es ist, alle bauwerkszugehörigen Teile und Materialien komplett bzw. teilweise zu entfernen mit anschließender fachgerechter Verfüllung.

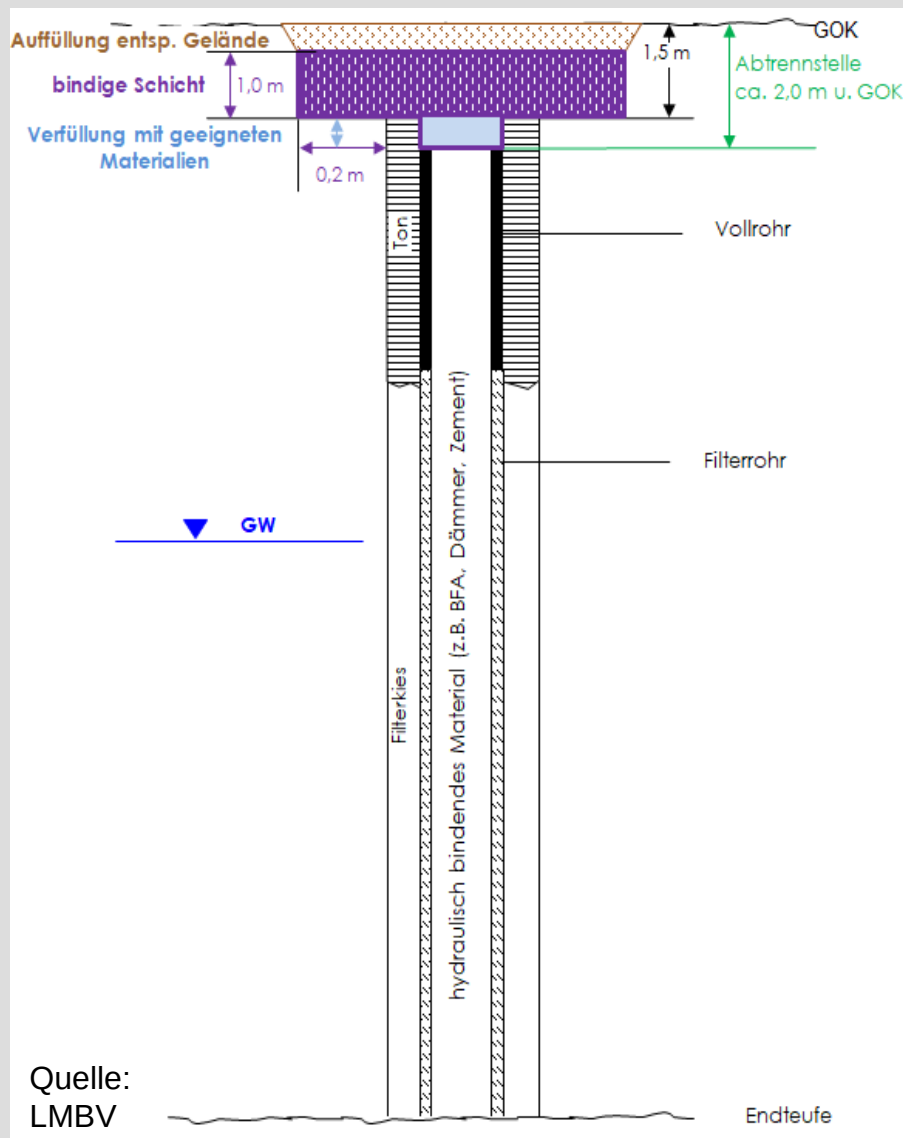
Merkblatt Rückbau von Grundwassermessstellen (Oktober 2009)

1. Grundwasserleitergerechte Verfüllung
2. Abschneiden der Aufsatzrohre und gwl-gerechte Verfüllung
3. Überbohren mit anschließender Messstellenverfüllung
4. Perforation der Vollrohre und Ringraumnachdichtung
5. Ziehen des Ausbaus und Messstellenverfüllung
6. Abdichtung des gesamten Messstellenausbaus
7. Ringraumnachdichtung über Injektionslanzen

Filterbrunnen	MIBRAG	LEAG	LMBV
auf Kippe	180 + 25 Altbrunnen	320	12.500
im Gewachsenen	165	610	10.000
jährlich verwahrt	Keine (2021: 25 Altbrunnen)	120	500 bis 900
jährlich neu	0 bis 20	160	0 bis 10
Rohrdurchmesser	350 mm (250 mm)	300 mm	350 mm (600 mm)
Teufenbereich	20 bis 105 m		60 bis 120 m
Mittlere Teufe		100 m	
Jährlicher Materialbedarf	Kein Bedarf	ca. 750 m ³	ca. 7.000 m ³

() vereinzelte Messstellen

Gesamtvolumen: $7 \text{ m}^3 \cdot 13.000 \text{ Brunnen} = \mathbf{91.000 \text{ m}^3}$ für alle derzeitigen Filterbrunnen



Quelle:
LMBV

LMBV mbH

Brunnen-Nr. 1204

Status „verwahrt unsicher“

Filterbrunnen bis 115,0 m u. GOK,
Ausbaudurchmesser 350 mm
Schutzrohr 530 mm

Freie Teufe 65 m, Wsp. 34 m

Verfüllt am 03.03.1999
mit Naturkies bis 6,3 mm

Freies Rohrvolumen: 2 m³

- Technisch realisierbar
 - Stabilität notwendig → Zuschlagsstoffe notwendig
 - Eluatkriterien einzuhalten
 - Lagestabilität
 - Wasserdurchlässigkeit nicht zwingend notwendig
- Rechtlich derzeit nicht genehmigungsfähig

- Nutzungsoptionen derzeit nur für EHS-Schlamm gegeben
- Schlammzusammensetzung stark abhängig von Wasserinhaltsstoffen
- Nutzungsoptionen daraus resultierend lokal stark variierend
- Vielfältige und intensive Forschung an der Problematik
- Es wird keine allgemeingültige Nutzungsoption für alle EHS-Schlämme geben
 - Konglomerat an Lösungen notwendig
 - Co-Finanzierung über Teil der wegfallenden Entsorgungskosten denkbar
- Nicht alle Schlämme werden verwertet werden können



**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!**