

Gewinnung von Sekundärrohstoffen aus Abprodukten des Braunkohlenbergbaus

Eberhard Janneck, Franz Glombitza
G.E.O.S. Ingenieurgesellschaft mbH

- **Firmenprofil / Kernkompetenzen**
- **Braukohlenbergbau in Ostsachsen und Brandenburg**
- **Rohstoffpotenzial Wasser**
- **Rohstoffpotenzial Asche**
- **Verwertung und Veredlung von bergbaulichen Reststoffen**
- **F&E-Projekt**
„Chemisch-biotechnologische Gewinnung von Wertstoffen aus Braunkohlenkraftwerksasche“

Firmenprofil

Hauptniederlassung Freiberg
Gewerbepark „Schwarze Kiefern“



Bergbau

Umwelt

Infrastruktur

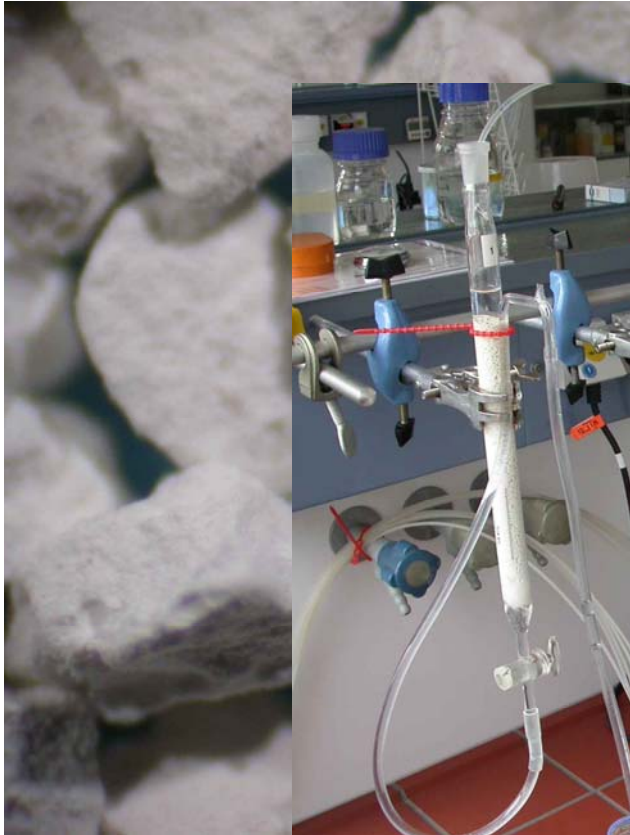
Energie

- **Gründung 1990**
- **Sitz in Freiberg**
- **Niederlassungen (Inland):**
Leipzig, Halle, Magdeburg,
Cottbus, Rostock, Berlin
- **Beteiligungen**
 - WISUTEC GmbH Chemnitz
 - proGEO Wroclaw/Polen
 - ProGEO BG Pazardzhik
 - GEO Oil SERVICE Kasakhstan (Almaty)
 - SEFAKO-G.E.O.S. (Südafrika)
- **90 Mitarbeiter**
- **Jahresumsatz: 4,4 Mio. €**
- **Stammkapital: 512.000 €**

Von der Rohstofferkundung bis zur Wasserbehandlung - Dienstleistungen rund um den Bergbau

Geschäftsfelder / Fachthemen

Geschäftsfelder	BERGBAU ENERGIE UMWELT INFRA BERATEN PLANEN MANAGEN			
Fachthemen	<ul style="list-style-type: none"> ■ Kalibergbau ■ Erdöl/Erdgas ■ Geologie/Mineralogie/ Lagerstättenexploration ■ Bergbauplanung (Tiefbau/Tagebau, Laugung, Off-Shore) ■ Bergschadenskunde/ Bergbausanierung/ -stilllegung 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Geothermie (flache, tiefe) ■ Bioenergie (Biomasseverwertung, Biogas/ NAWARO, Deponiegas) ■ Windenergie (Off-Shore/On-Shore) ■ Abwärmenutzung/ Energieeffizienz ■ CO₂-Speicherung/CCS 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Gebäuderückbau/Asbest ■ Altlasten (Boden-, Bodenluft-, Grundwassersanierung) ■ Abfallwirtschaft/Deponie (Entsorgungskonzepte, Abfall- verwertung, Deponiesanierung, -neubau, Normstoffe) ■ Hydrogeologie/Hydrologie/ Montanhydrologie ■ Biotechnologie/Wasser- behandlung/Verfahrenstechnik 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Standortentwicklung (B-Plan, Masterplan) ■ Wasserbau/Hochwasserschutz ■ Infrastrukturplanung (Straßen, Siedlungs- wasserwirtschaft) ■ Freianlagenplanung (UVU, LBP, LAP, SUP, FFH-Verträglichkeit) ■ Fernleitungen (Strom-, Gas-, Öl, CO₂) ■ Tourismus
techn. Dienste	Informationssystem, GIS, Datenbanken Wirtschaftlichkeitsuntersuchung Projektsteuerung/Controlling Risikomanagement Genehmigungsverfahren (WHG, Blmsch, Bundesberggesetz) Labore (Bodenmechanik, Mikrobiologie)		Geotechnik/Ingenieurbauwerke/Spezialtiefbau Felsmechanik/Tunnelbau Bauüberwachung/Bauleitung Numerische Modellierung (Grundwasser, Stofftransport, Wärmetransport) QS, Auditierung	
	Technikum WISUTEC Bodenmechanische Feldversuche, Wasser- und Bodenprobenahme, Erkundungsbohrungen			



Entwicklung

Labormaßstab



Pilotversuch



größtechnische Anwendung

Trinkwasserbehandlung



Biologische Verfahren



Aufbereitung



Grubenwasserbehandlung

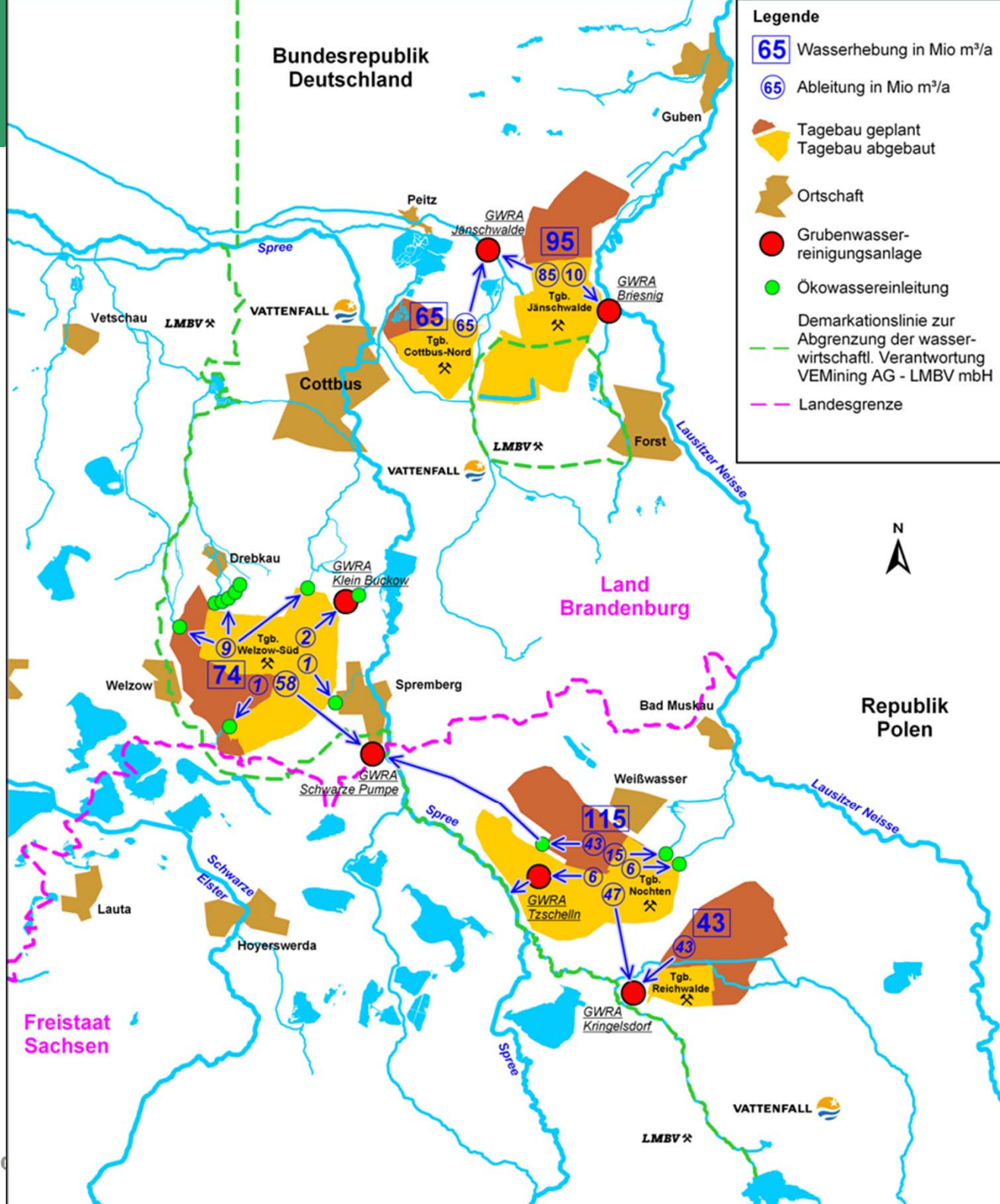
Gliederung

- Firmenprofil / Kernkompetenzen
- **Braukohlenbergbau in Ostsachsen und Brandenburg**
- Rohstoffpotenzial Wasser
- Rohstoffpotenzial Asche
- Verwertung und Veredlung von bergbaulichen Reststoffen
- F&E-Projekt
„Chemisch-biotechnologische Gewinnung von Wertstoffen aus Braunkohlenkraftwerksasche“

Lausitzer Revier

Das Lausitzer Revier

Aktive Tagebaue



Braunkohleförderung im Lausitzer Revier

Tagebau	Kohle- förderung	Abraum	Grund- wasser	Abraum / Kohle	Wasser / Kohle
	Mio t	Mio t	Mio m ³	m ³ : t	m ³ : t
Jänschwalde	13.2	69.4	60.6	5.2 : 1	4.6 : 1
Cottbus - Nord	6.6	23.9	45.0	3.6 : 1	6.8 : 1
Welzow Süd	11.6	79.1	51.1	6.8 : 1	4.4 : 1
Nochten	11.6	95.5	137.2	8.2 : 1	11.8 : 1
Reichwalde	4.2	13.5	46.3	3.2 : 1	11.0 : 1
LAUBAG	47.2	281.4	340.2	6.0 : 1	7.2 : 1

Förderdaten der letzten Jahre:

2003: 57,5 Mio t
2004: 59,0 Mio t
2005: 60,0 Mio t
2006: 60,0 Mio t



Sümpfungswasser: 400 Mio. m³/a

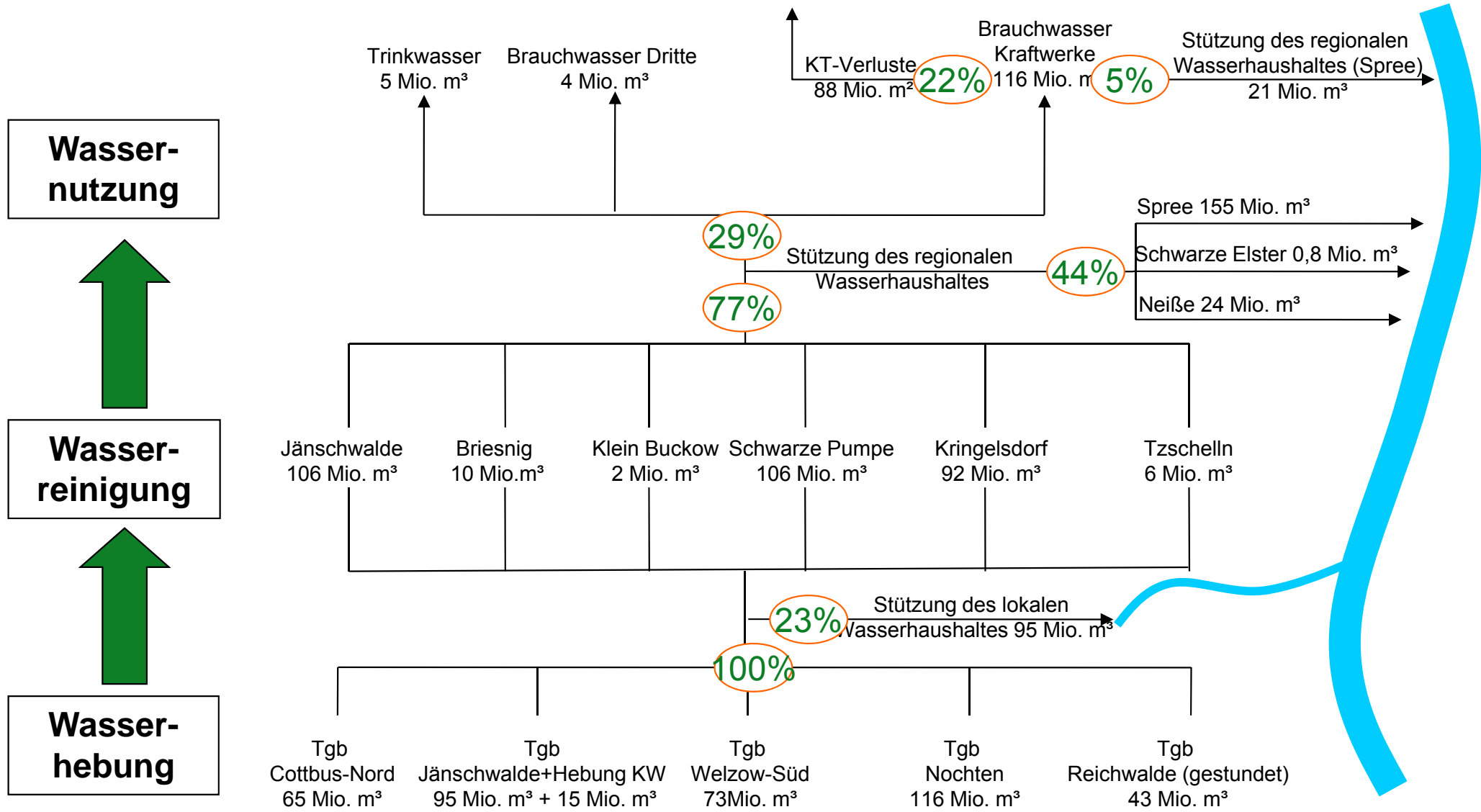
Reinigung: 300 Mio. m³/a

Gliederung

- Firmenprofil / Kernkompetenzen
- Braukohlenbergbau in Ostsachsen und Brandenburg
- **Rohstoffpotenzial Wasser**
- Rohstoffpotenzial Asche
- Verwertung und Veredlung von bergbaulichen Reststoffen
- F&E-Projekt
„Chemisch-biotechnologische Gewinnung von Wertstoffen aus Braunkohlenkraftwerksasche“

Wasserhaushaltsbilanz von Vattenfall

(Dr. W. Rolland, VEM)



GWRA Tzschelln



Chemische Eisenoxidation



Flockungsbecken

Durchsatz/Wasserqualität:

- Q: 3.600 m³/h
- pH-Wert: 4 – 5 ,
KB_{8,2} = 10 – 15 mmol/L
- Fe(II): 400 – 700 mg/L
- Sulfat: 2.500 – 3.000 mg/L



KS- und ÜS-Schlammbecken

Eisenvorräte im Wasser

GWRA Tzschelln:

Q: 20 Mio. m³/a
Fe-Konz. 300 – 400 mg/L
Sulfat: 1700 – 2000 mg/L

Eisenfracht der anderen
GWRA:
12.000 -16.000 t/a

Zeitraum	Wassermenge [m ³ /min]	Eisenmenge [10 ³ t/a]	SHM [10 ³ t/a]
2011 - 2015	48,2	8,9	10,6
2016 - 2020	37,8	7,0	8,3
2021 - 2025	27,2	5,0	6,0
2026 - 2030	26,0	4,8	5,7
2031 - 2035	26,0	4,8	5,7

Geschätzte Eisenvorräte
in den Kippen
stillgelegter Tagebaue:
100.000 t

(z. Z. nicht verfügbar)

Voraussetzungen / Annahmen:

- Fe → Fe₁₆O₁₆(OH)_{10,5}(SO₄)_{2,75} 1,782
- 350 g/m³ Eisenkonzentration im Rohwasser
- 2/3 des Eisens werden als SHM abgetrennt

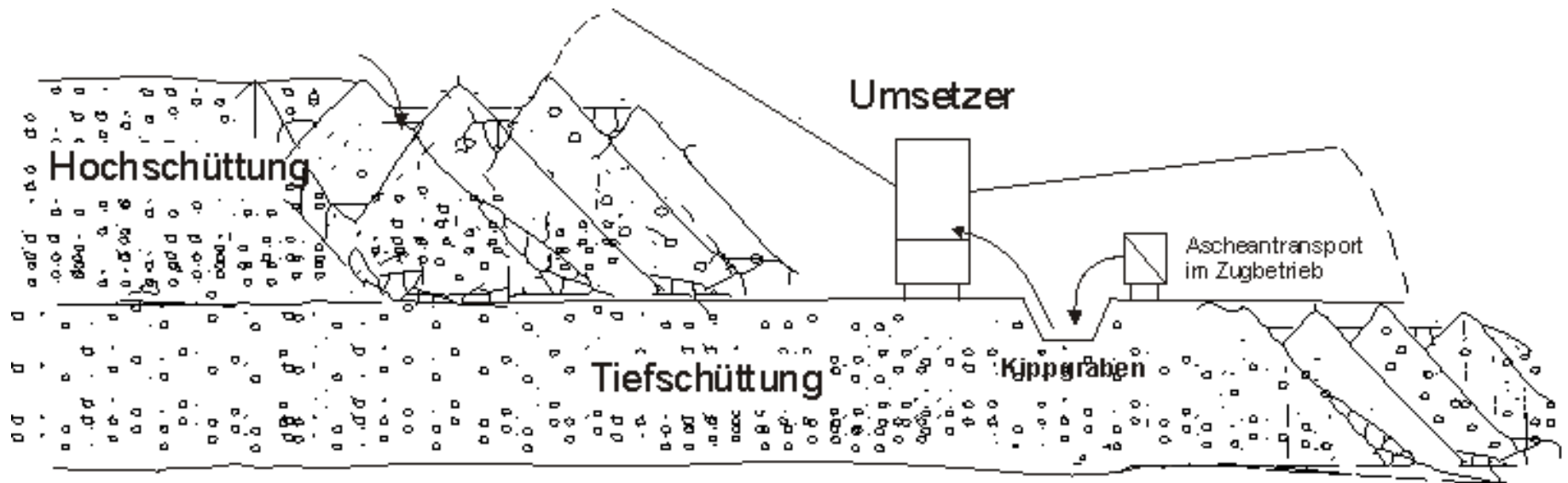
- Firmenprofil / Kernkompetenzen
- Braukohlenbergbau in Ostsachsen und Brandenburg
- Rohstoffpotenzial Wasser
- **Rohstoffpotenzial Asche**
- Verwertung und Veredlung von bergbaulichen Reststoffen
- F&E-Projekt
„Chemisch-biotechnologische Gewinnung von Wertstoffen aus Braunkohlenkraftwerksasche“

Rohstoffpotenzial Asche

Lausitzer Revier: Ascheanfall ca. 6 Mio. t

Errichtung so genannter Landschaftsbauwerke

Nutzung der Asche zur Sorption von salzhaltigen Abwässern der Rauchgasentschwefelung



Rohstoffpotenzial Asche

Analyse einer Asche aus dem Kraftwerk Schwarze Pumpe (2001)

Parameter	Einheit	REA-010817	BFA-010817
SiO ₂	%	35,9	34,9
Al ₂ O ₃	%	4,9	5,5
Fe ₂ O ₃	%	13,9	17,0
CaO	%	21,1	23,5
MgO	%	4,8	6,5
Na ₂ O	%	0,25	0,28
K ₂ O	%	0,53	0,57
Schwefel _{ges}	%	9,6	8,5
Arsen	mg/kg TS	20	20
Barium	mg/kg TS	486	1460
Blei	mg/kg TS	<10	<10
Bor	mg/kg TS	398	1030
Cadmium	mg/kg TS	0,050	0,043
Chrom	mg/kg TS	12	<2
Kupfer	mg/kg TS	7,8	23
Kobalt	mg/kg TS	<2	<2
Nickel	mg/kg TS	8,7	21
Quecksilber	mg/kg TS	<0,05	<0,05
Strontium	mg/kg TS	2050	4430
Zink	mg/kg TS	18	37



Hauptelemente:
Si, Al, Ca, Mg und Eisen

Spurenelemente:
z.T. in Konzentrationen, wie sie in Erzen auftreten

Rohstoffpotenzial Asche

Gehalte (ppm) an seltenen Metallen in Braunkohlenaschen

Element	von	bis
Ge	3,0	145,0
Ga	3,0	5,0
Mo	1,0	15,0
Nb	8,0	45,0
V	10,0	96,0
Y	4,0	30,0
Ce	2,0	70,0

Gehalt an Wertstoffen: 520 €/t

Anteil an der Weltproduktion:

- Magnesium: 17%
- Aluminium: 25 %
- SEE: 2 %



**Bedeutendes
Wertstoffpotenzial**

Bisherige Nutzungen:

Zuschlagkomponente bei der Rekultivierung

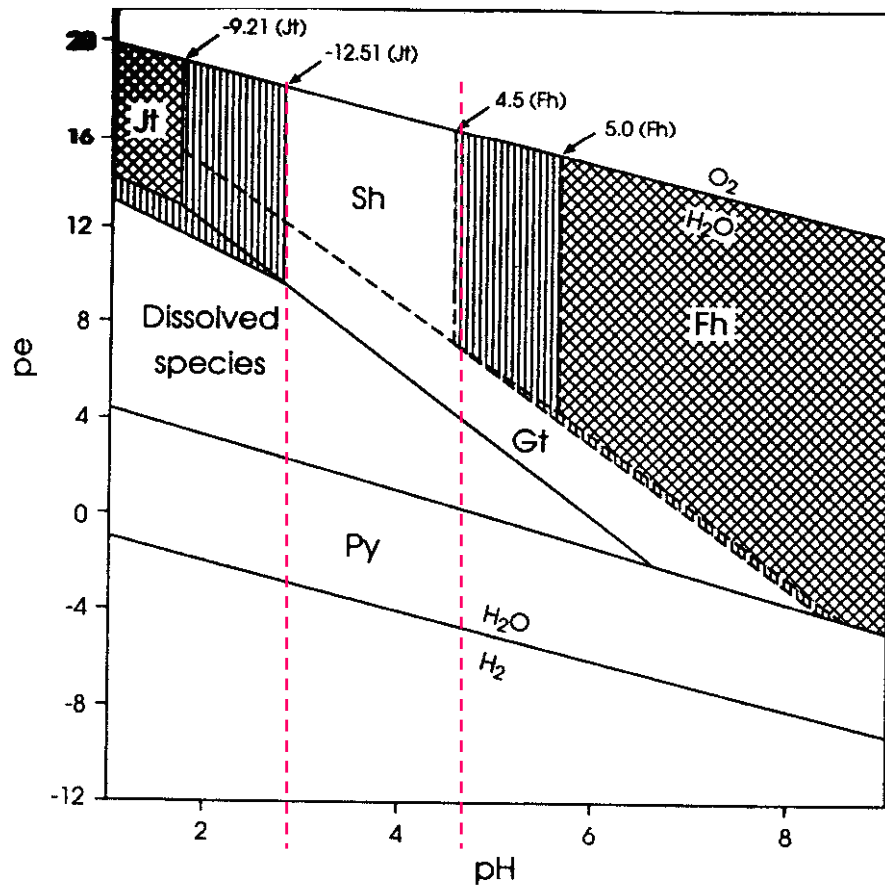
Neutralisierung von Restseen

Versatzmittel im Bergbau

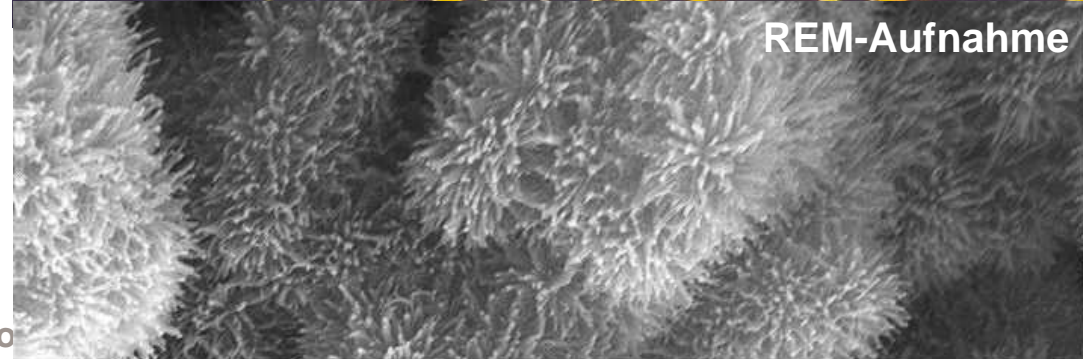
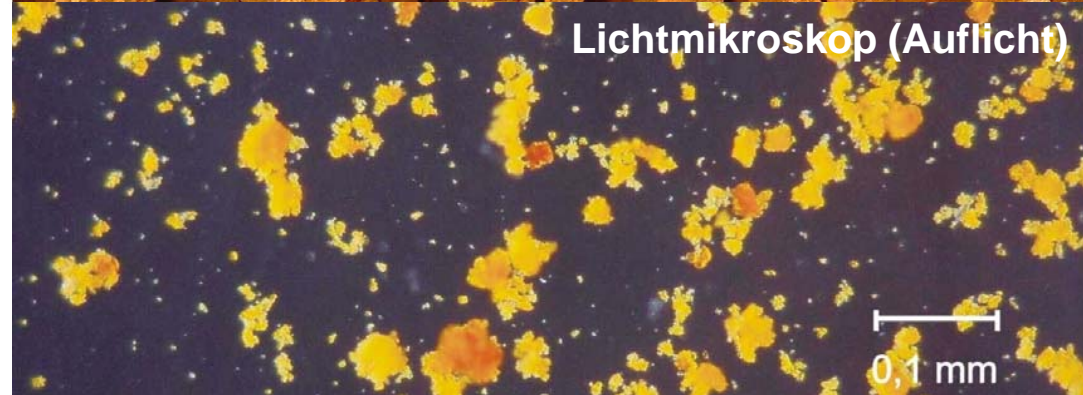
Herstellung von Baustoffen

- Firmenprofil / Kernkompetenzen
- Braukohlenbergbau in Ostsachsen und Brandenburg
- Rohstoffpotenzial Wasser
- Rohstoffpotenzial Asche
- **Verwertung und Veredlung von bergbaulichen Reststoffen**
- F&E-Projekt
„Chemisch-biotechnologische Gewinnung von Wertstoffen aus Braunkohlenkraftwerksasche“

Schwertmannit



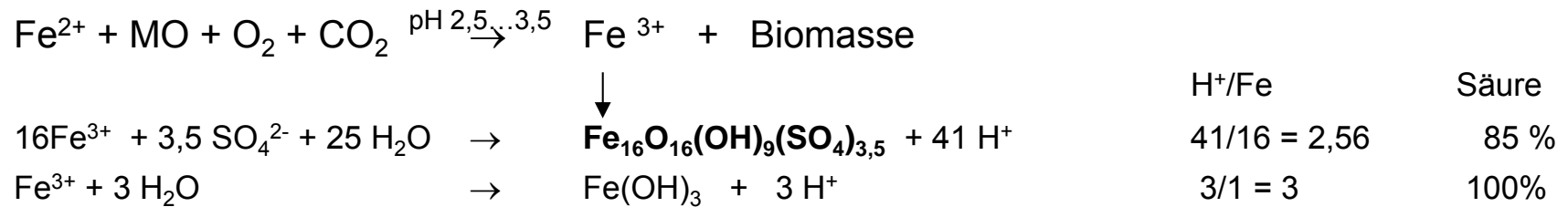
Redox-pH-Diagramm für das System Fe-S-K-O-H (Bigham, 1996)



Acc.V Spot Magn Det WD Exp |-----| 2 µm
 20.0 kV 3.0 10000x SE 10.0 4913 EHS s-2

Mikrobiologischer Eisenabtrennungsprozess

Reaktionsgleichungen:



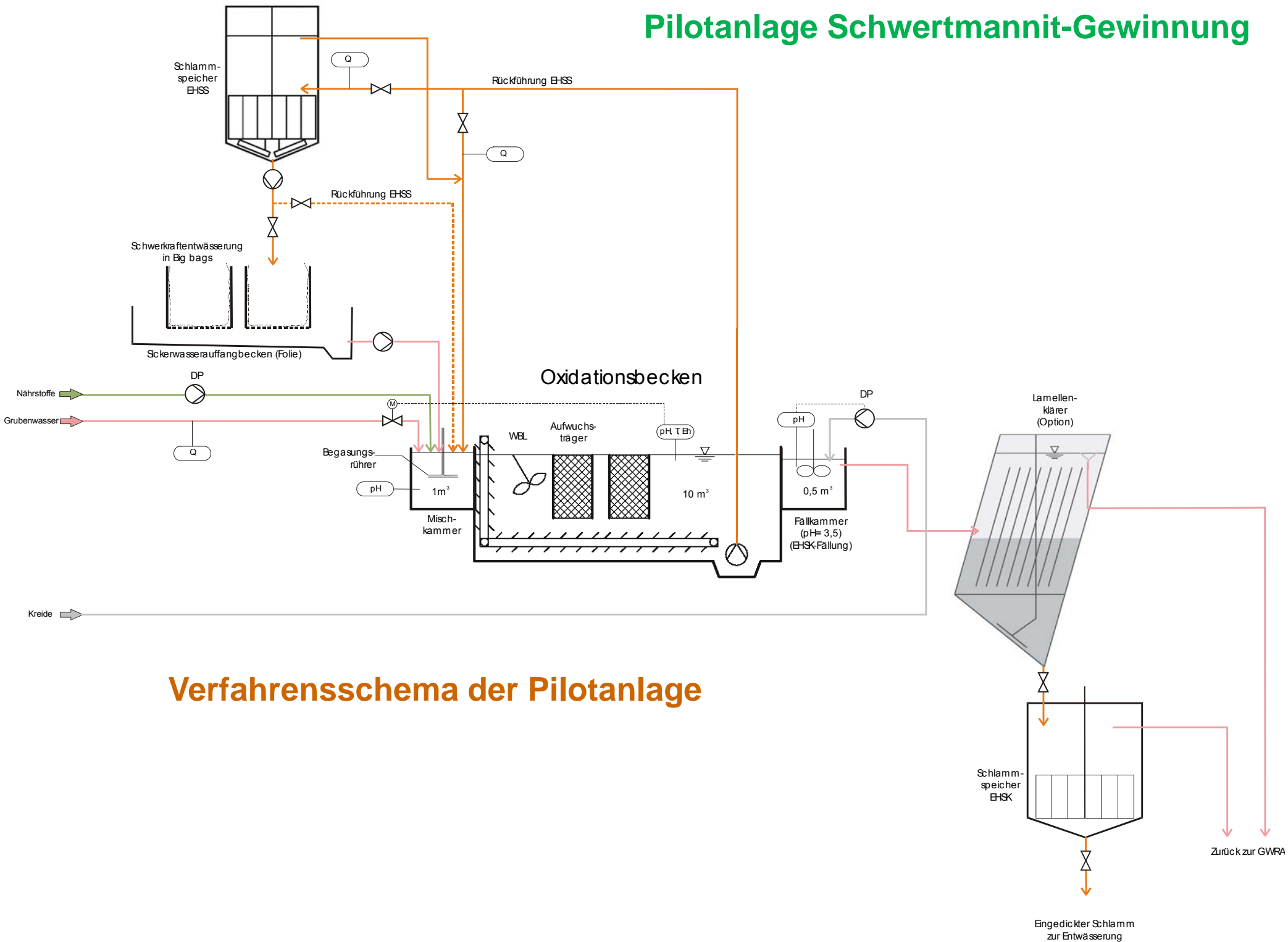
Vorteile:

- Großes Einsparpotenzial an Kalk (1/3 weniger).
- Mit dem Eisen wird ein Teil des Sulfates aus dem Wasser abgetrennt.
- Das Eisenhydroxisulfat weist eine hohe Reinheit auf.
- Das Eisenhydroxisulfat ist leicht aus dem Wasser abtrennbar.

Im Projekt SURFTRAP (TP 2) bearbeitete Fragen:

- Technische Beherrschbarkeit des Prozesses:
 - Stabilität der Mikrobiologie
 - Beherrschbarkeit von Verkrustungen
 - erreichbare Umsatzraten unter technischen Bedingungen
- Anforderungen an die Produktqualität für die geplanten Nutzungen

Pilotanlage Schwertmannit-Gewinnung



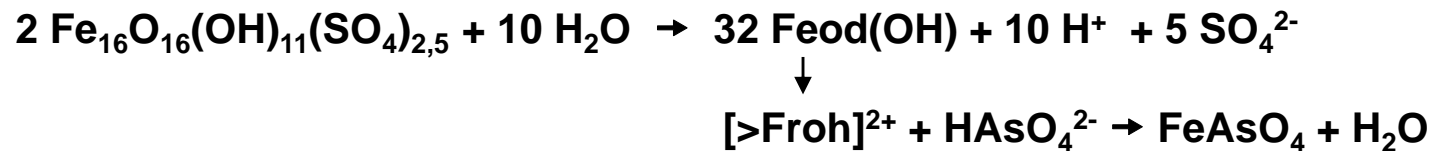
Verfahrensschema der Pilotanlage

As-Eliminierung aus Bergbauwässern

Grundidee:

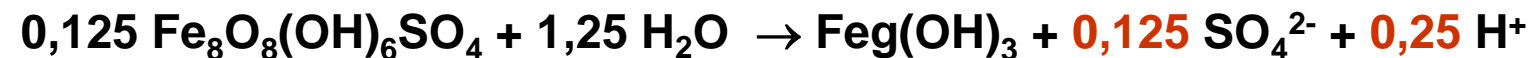
Verwendung von Schwertmannit (SHM) für die As-Entfernung

Transformation (Hydrolyse) von SHM und Sorption von Arsen an den Transformationsprodukten:



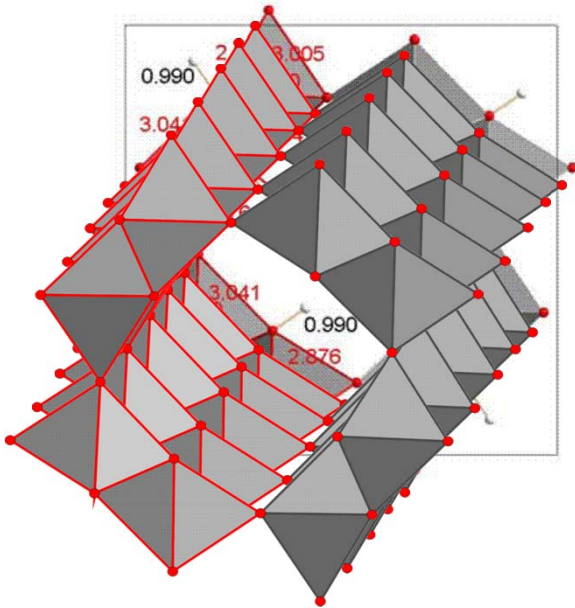
Vorteile gegenüber FeCl_3 oder $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$:

- geringere Ausfaltung des behandelten Wassers
- geringere Säurebildung (Einsparung Neutra-Mittel)

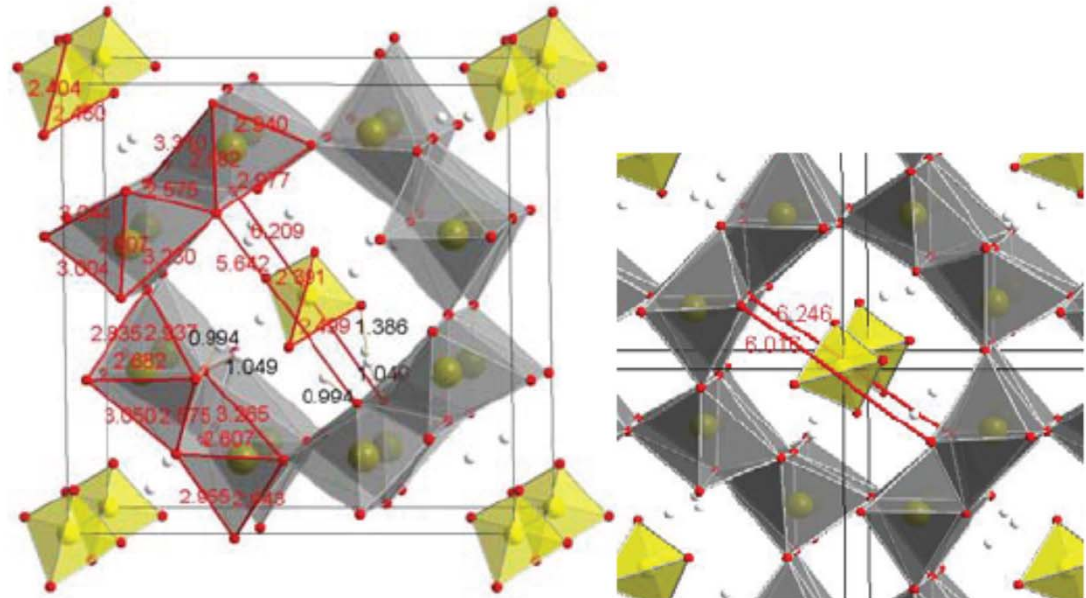


Schwertmannit

Akaganeit (β -FeOOH)



Akaganeit + 2 Sulfat-Ionen



DFT-Simulationen

K. Otte, R. Pentcheva,
W. Schmahl, LMU, (TP3)

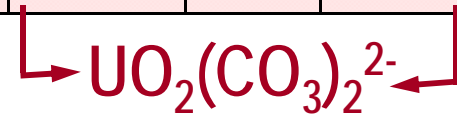
Schwertmannit:

Sulfat lagert sich in die Tunnelstruktur ein:

- Aufweitung der Ringstruktur,
- Nahordnung der der Atome bleibt erhalten
- keine Fernordnung, schlechte Kristallinität
- Ersatz des Sulfat durch andere Ionen (z.B. Arsenat)

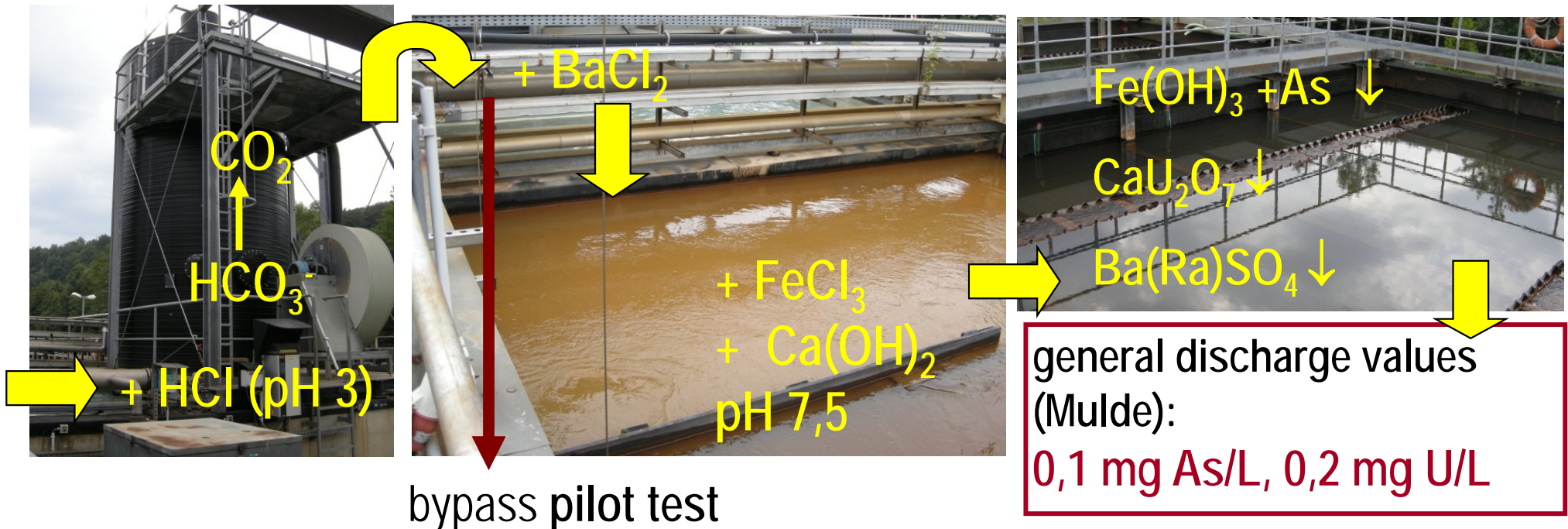
- mine water:
(analysis excerpt 03/2009)

pH	E _h	SO ₄	HCO ₃	Fe	U	As	²²⁶ Ra
[-]	[mV]	(mg/L)				[mBq/L]	
6,9	88	831	787	6,19	2,24	ca. 1	1900



WTP Schlema-Alberoda (Wismut GmbH)

- up to 1,150 m³/h, retention time 2,4 - 5,9 h



Pilot plant in Schlema (abandoned uranium mine)

Precipitation pond
SHM dosage

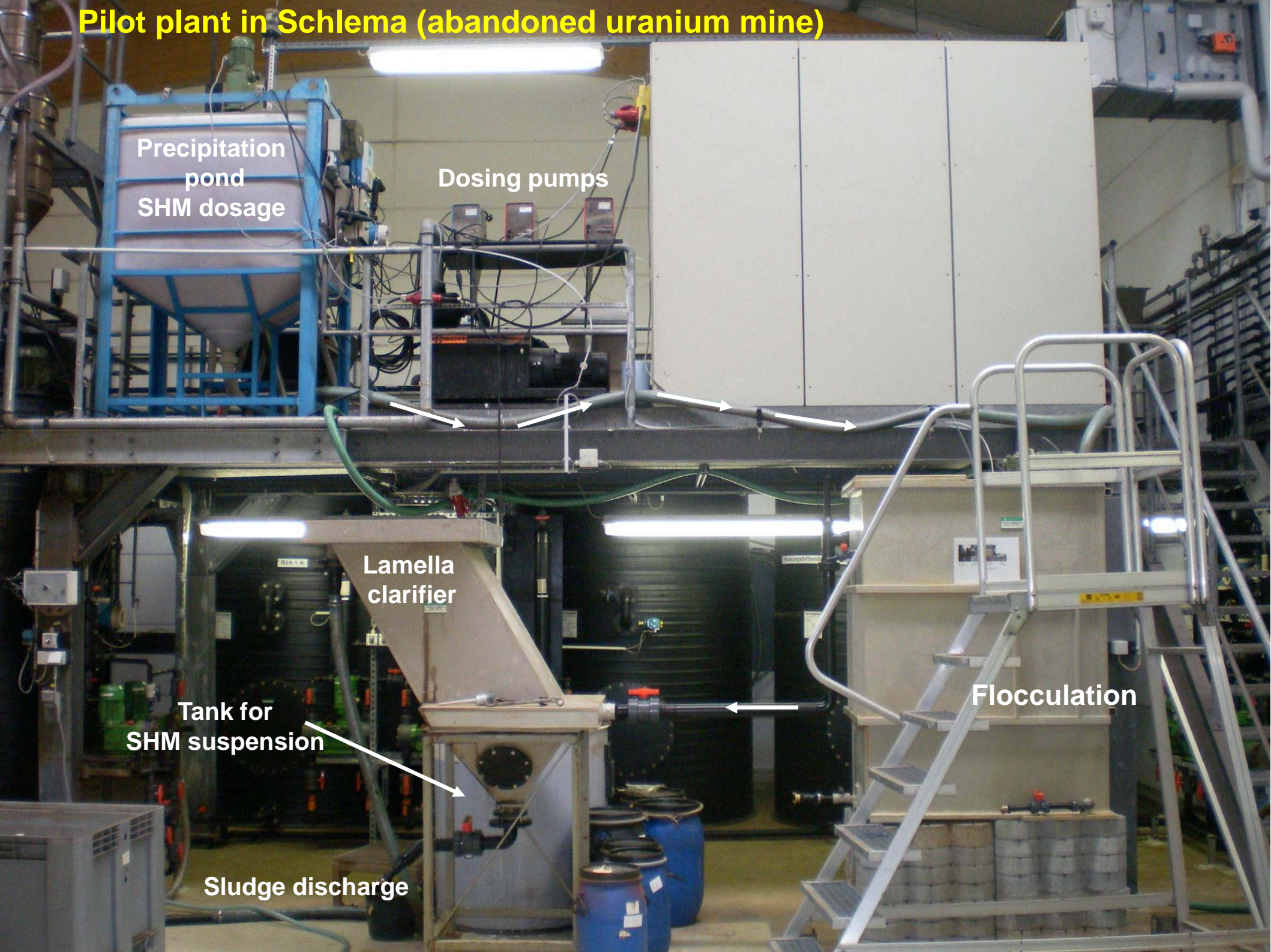
Dosing pumps

Lamella clarifier

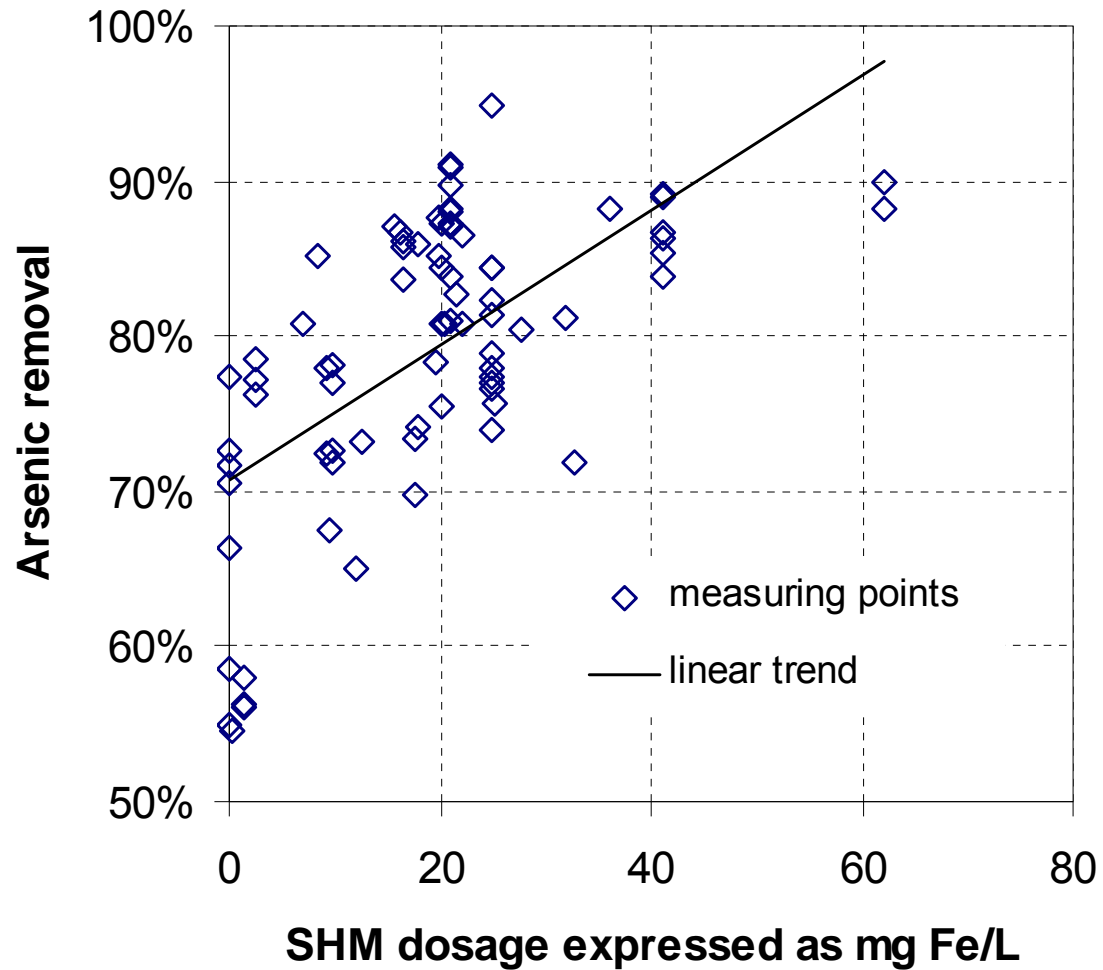
Tank for SHM suspension

Flocculation

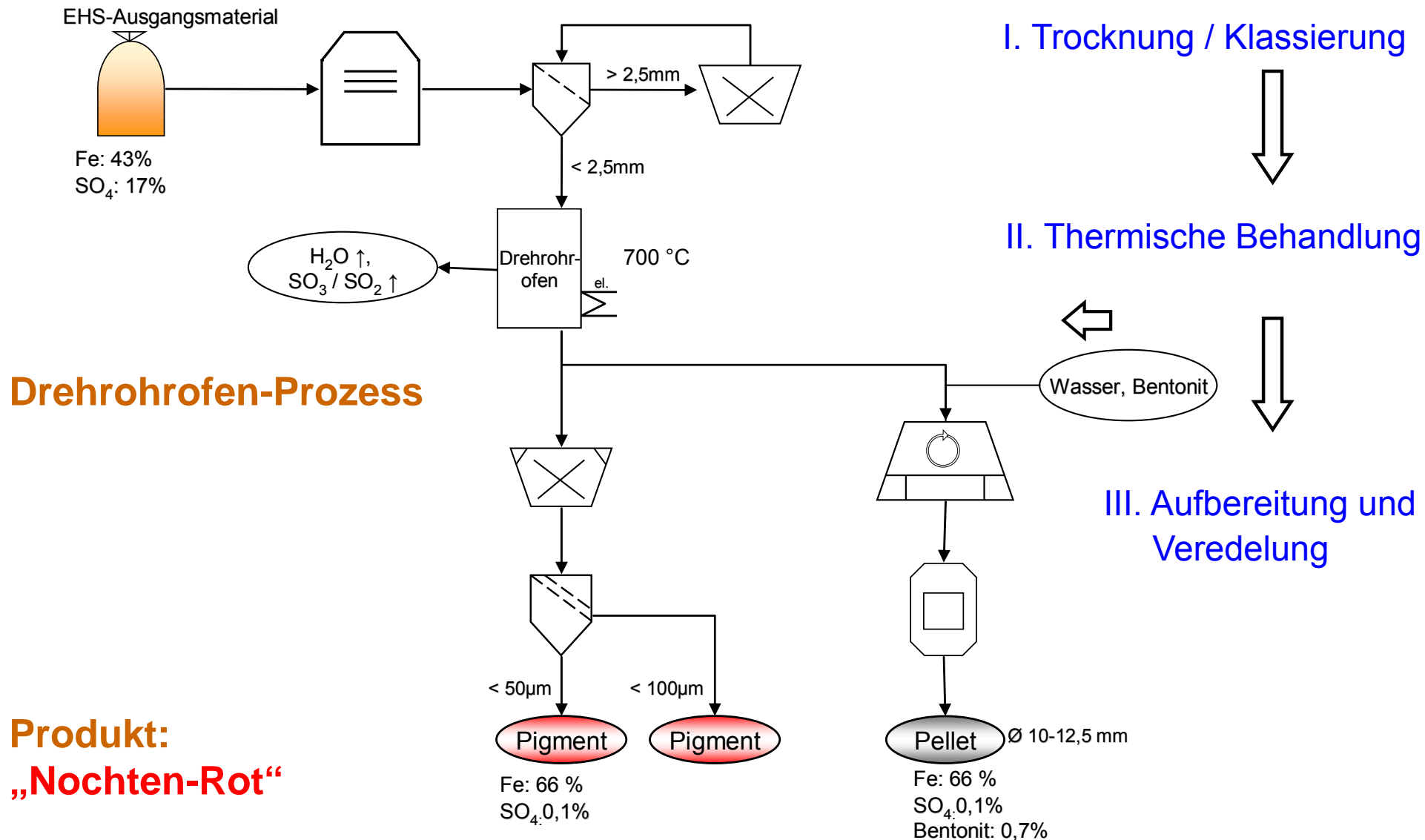
Sludge discharge



Überblick As-Entfernung durch SHM



Pigmentherstellung



Drehrohr-ofen-Prozess

Produkt:
„Nochten-Rot“



Anwendungstests

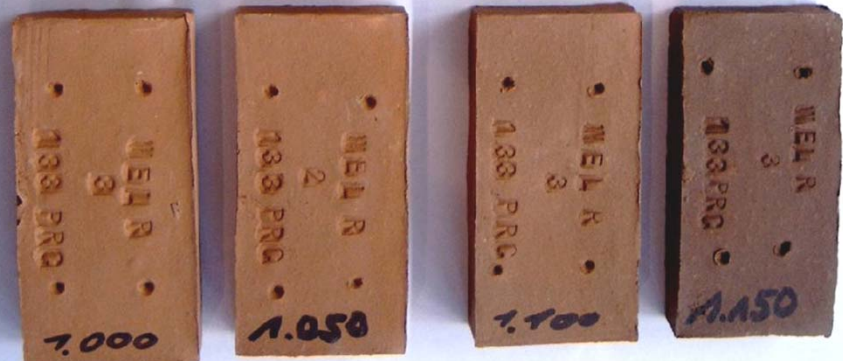
Herstellung von Klinker



Welzower Ton ohne Zusatz



Welzower Ton mit 5 %
Nochten-Ocker



Welzower Ton mit 5 %
Nochten-Rot

Anwendungstests

Grundierung, Lackfarben



- Firmenprofil / Kernkompetenzen
- Braukohlenbergbau in Ostsachsen und Brandenburg
- Rohstoffpotenzial Wasser
- Rohstoffpotenzial Asche
- Verwertung und Veredlung von bergbaulichen Reststoffen
- **F&E-Projekt**
„Chemisch-biotechnologische Gewinnung von Wertstoffen aus Braunkohlenkraftwerksasche“

Gewinnung von Wertstoffen aus Asche

Zielstellung:

Wertstoffpotenzial der Aschen nutzbar machen

Schwerpunkt auf: Spurenmetalle, Schwermetalle, Seltene Erden
aber auch: Magnesium, Aluminium,
Prüfung der Verwertbarkeit der Silikate

Arbeitsschritte:

- Erfassung der Aschemengen und der Inhaltsstoffe
- Anreicherung der Wertstoffe durch Aufbereitungstechnologien
- Abtrennung der Wertstoffe durch chemische, biotechnologische und thermische Anreicherungsprozesse
- Prüfung der Verwertbarkeit der Konzentrate
- Wirtschaftliche Bewertung der Gewinnbarkeit von Wertstoffen aus Aschen

Gewinnung von Wertstoffen aus Asche

Projektpartner:

- G.E.O.S.
- BGR
- Univ. Duisburg - Biofilm Centre
- TU Bergakademie Freiberg
- RWTH Aachen
- Bauhaus-Universität Weimar
- Finger-Institut für Baustoffkunde
- Nickelhütte Aue GmbH
- Loser Chemie GmbH
- Vattenfall VEM AG
- Sunicon GmbH



GEOZENTRUM HANNOVER



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !

Mitarbeiter:

Dr. Susan Ehinger

Dr. Heike Fischer

Dipl.-Chem. Mirko Martin

Dipl.-Geol. Jaqueline Engel

Anke Patzig

Freiberufler:

Dr. Franz Glombitza

Dipl.-Chem. Hannelore Berthold

Ausgeschiedene Mitarbeiter:

Dr. Sabine Kutzschke

Dr. Jana Pinka

Dipl.-Ing. Christin Damian

