

# Komplexbewertung des Einbaus bergbaufremder Abfälle zur Wiedernutzbarmachung von Tagebau- restlöchern im Mitteldeutschen Revier

Dr. Karsten  
Menschner  
Gabriele Zech  
Dr. Anett Thomas

12.11.2020



**CDM  
Smith**

**DEPONIEWORKSHOP Zittau-Liberec**

**Online-Konferenz 12./13. November 2020**

**LMBV** 

Lausitzer und Mitteldeutsche  
Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH

# Gliederung und Methodik

1. Aufgabenstellung
2. Grundlagen und Planungsvorgaben
3. Standortsituation
4. Abfallspezifische Charakterisierung
5. Geogene und anthropogene Einflüsse
6. Exposition und Gefährdungsbeurteilung
7. Betriebswirtschaftliche / steuerrechtliche Belange
8. Gesamtbewertung und Ausblick

# 1. Aufgabenstellung / Teilthemen der Komplexbewertung

- Benennung der rechtlichen **Rahmenbedingungen**
- Kurzdarstellung zur **historischen Entwicklung des Abfalleinbaus unter Bezug zu Tagebauentwicklung, Flutung und Randbedingungen**
- **Territoriale und regionale Gegebenheiten** (Entwicklungspläne, Braunkohlenplan, Folgenutzung, Rekultivierung, Arbeitsplätze)
- **Bergbau- und standortspezifische Grundlagenermittlung**: Risswerk, Geologie, Hydrogeologie, Flutungsprognosen, Hydrogeochemie, naturräumliche Bedingungen, Lage zu Schutzgebieten, Bergbau- und Verfülltechnologie, Standsicherheit, Wiedernutzbarmachung
- Charakterisierung **geogener und anthropogener Einflüsse**
- **Abfallspezifische Charakterisierung**: Analyse der angenommenen Abfallarten, -mengen und -qualitäten sowie der Einbautechnologien, Einbaugrenzwerte, Massenbilanzen zu Abfällen
- **Exposition und Gefährdungsbeurteilung**: Abschätzung der Exposition von Schutzgütern unter Berücksichtigung der Einbauart und des Grundwasserwiederanstiegs sowie der Rekultivierung (Schwerpunkt **Schutzgut Grundwasser** – mit Frachtberechnungen)
- **Betriebswirtschaftliche Bedingungen** (Rückstellungen etc.)

# 1. Aufgabenstellung

Umfassende Bewertung der einzelnen bergrechtlich zur Verwertung bei der Wiedernutzbarmachung der Tagebaurestlöcher (TRL) zugelassenen bergbaufremden Abfälle hinsichtlich:

- Eignung und Umweltrelevanz
- Zweckbestimmung zur Erreichung des Sanierungsziels
- Wirkung auf die bodenschutzfachlichen Schutzgüter

unter den spezifischen Standortbedingungen

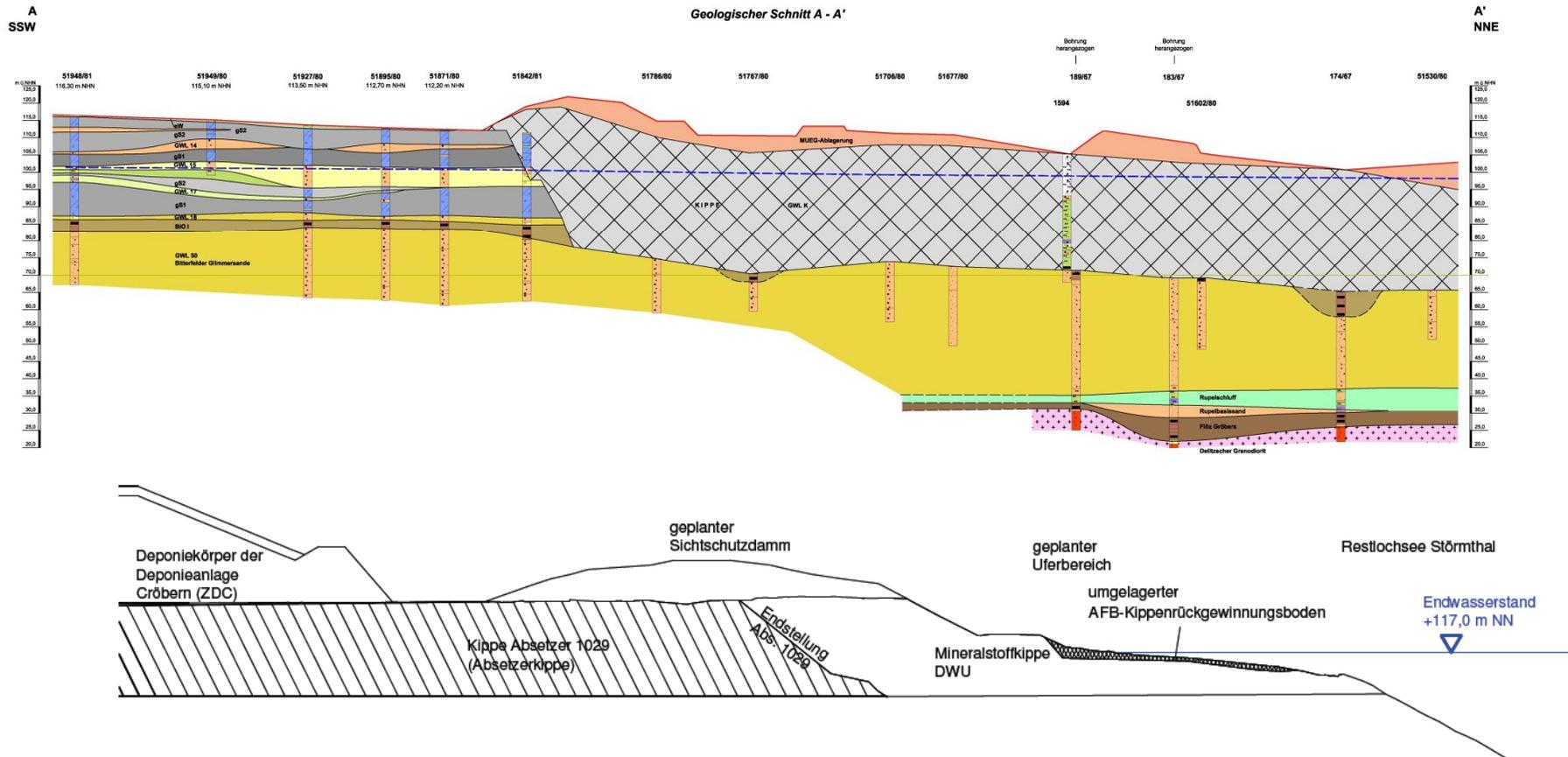
zur ökologisch UND ökonomisch verträglichen Rekultivierung der TRL

## 2. Standortbezogene Grundlagen und Planungsvorgaben

Als Planungsvorgaben zur Rekultivierung waren u.a. einzubeziehen:

- Territoriale und regionale Entwicklungspläne wie der
- Braunkohlenplan als Sanierungsrahmenplan Tagebau mit seinen Zielen hinsichtlich der Rekultivierung und Wiedernutzbarmachung des Tagebaurestloches
- Abschlussbetriebspläne der einzelnen Tagebaue mit konkreten Einbauzulassungen
- Baugenehmigungen z.B. für Landschaftsbauten mit Auflagen

## 2. Grundlagen .. Bergbauliche und aktuelle Entwicklung



Schematische Schnitte durch Restlochabschnitte, mit Böschungssystem zum gefluteten Tagebausee hin

## 2. Grundlagen .. Beispielhafte Übersicht zugelassener Abfallarten

AVV-Code	Abfallbezeichnung nach AVV	Betriebsinterne Abfallbezeichnung
100101	Rost- und Kesselaschen, Schlacken und Kesselstaub, außer der unter 100104 fällt	Braunkohlenasche
161104	Verbrauchte Auskleidung und feuerfeste Materialien	
100906	Gießformen und -sande vor dem Gießen, außer die unter 100905 fallen	Gießereialtsande
170508	Gleisschotter, außer der unter 170507 fällt	Gleisschotter
170802	Baustoffe auf Gipsbasis mit Ausnahme derjenigen, die unter 170801 fallen	Bauschutt (Gipsbaustoffe)
170107	Gemische aus Beton, Ziegeln, Fliesen und Keramik, außer die unter 170106 fallen	Bauschutt
170302	Bitumengemische, außer die unter 170301 fallen, (teerfreier Straßenaufbruch)	Straßenaufbruch
170504	Boden und Steine mit Ausnahme derjenigen, die unter 170503 fallen	Bodenaushub
191209	Mineralien (z. B. Sande, Steine)	Bodenaushub
191302	Feste Abfälle aus der Sanierung von Böden, außer die unter 191301 fallen	Bodenaushub/Bauschutt
170604	Dämmmaterial mit Ausnahme desjenigen, das unter 170505 fällt	Isoliermaterial

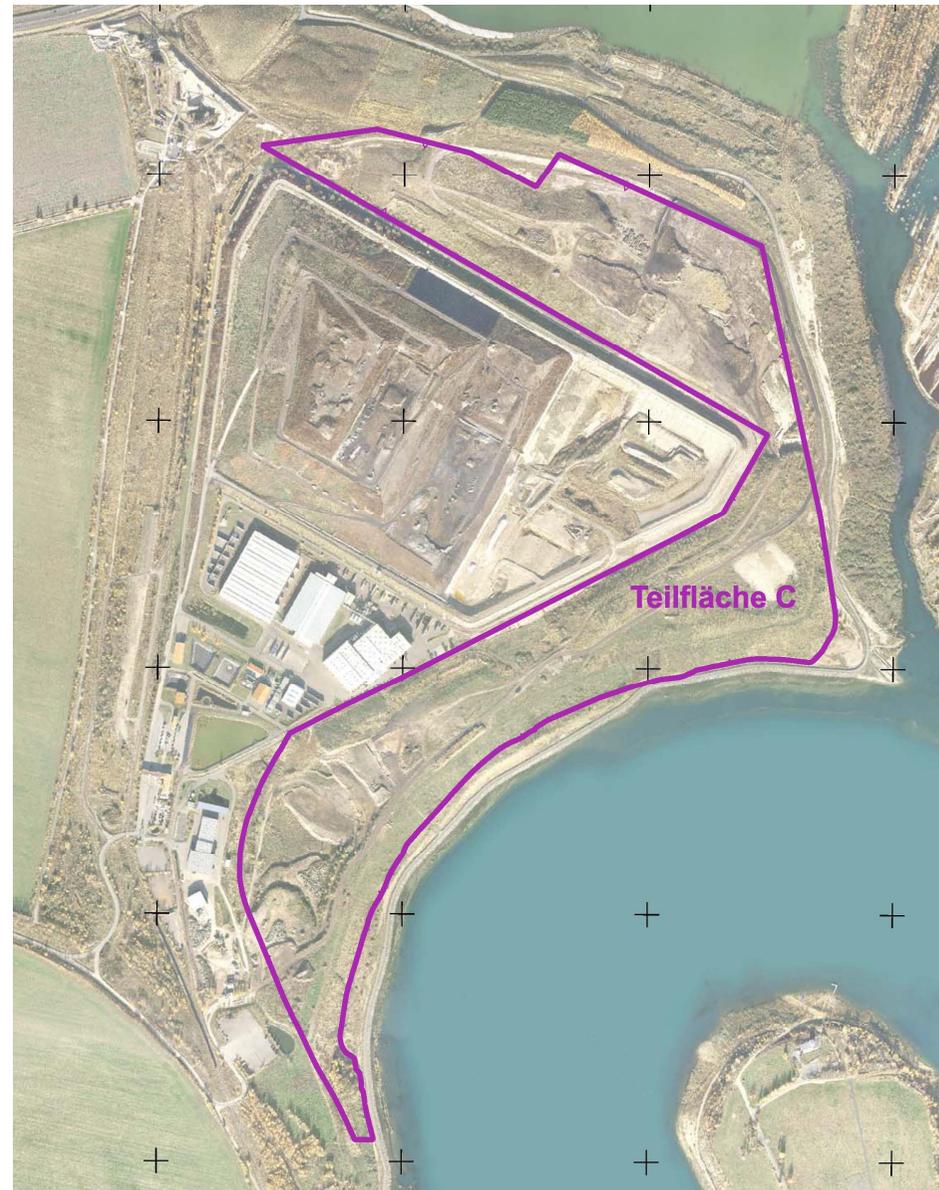
### 3. Standortsituation - beispielhaft -

Für zweckbestimmte  
Verfüllbereiche

Flächengröße  
ca. 67,8 ha

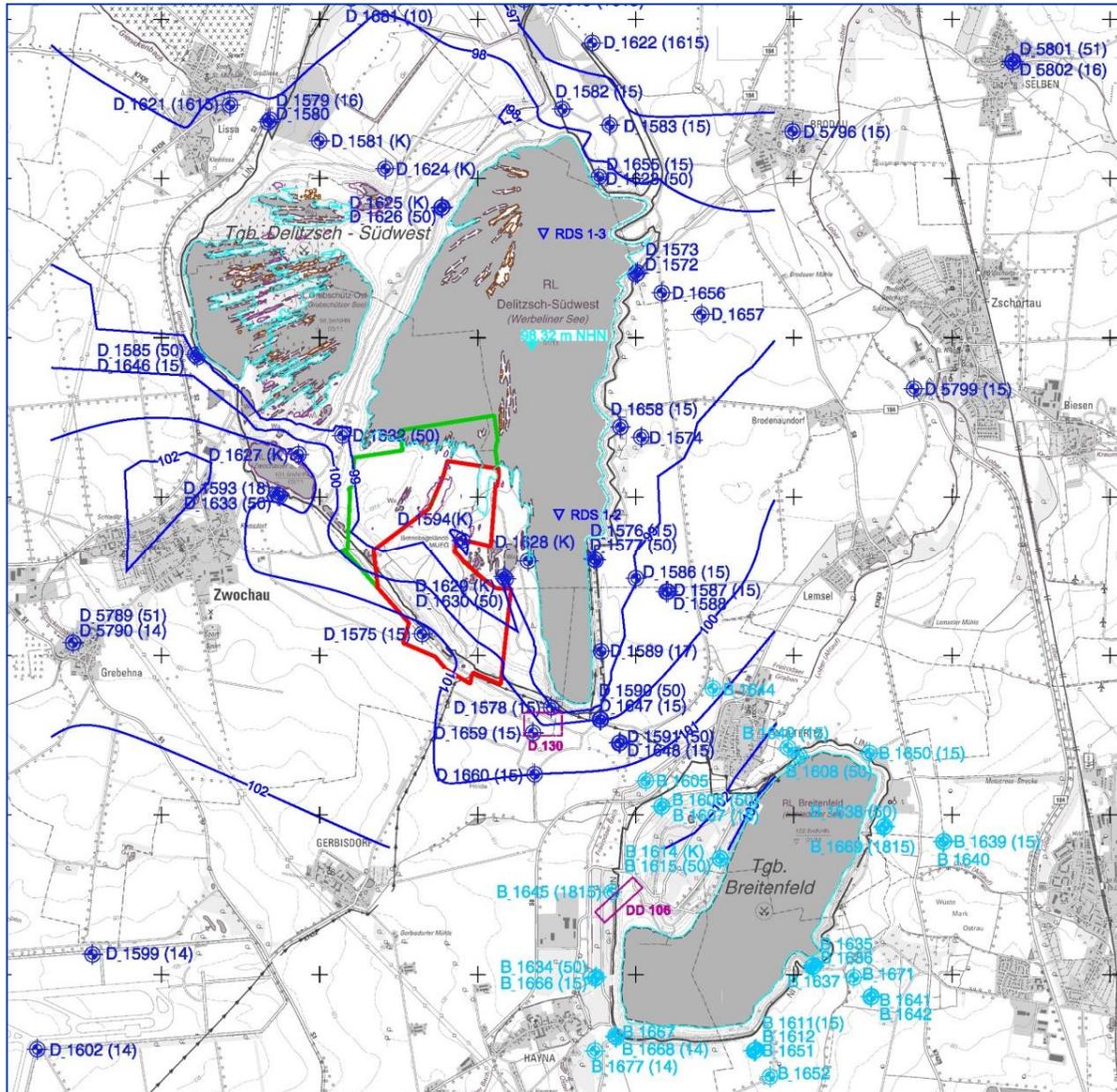
Verfüllhöhe  
bis 129 m NHN

Verfüllvolumen:  
Ca. 4 Mio. m<sup>3</sup>



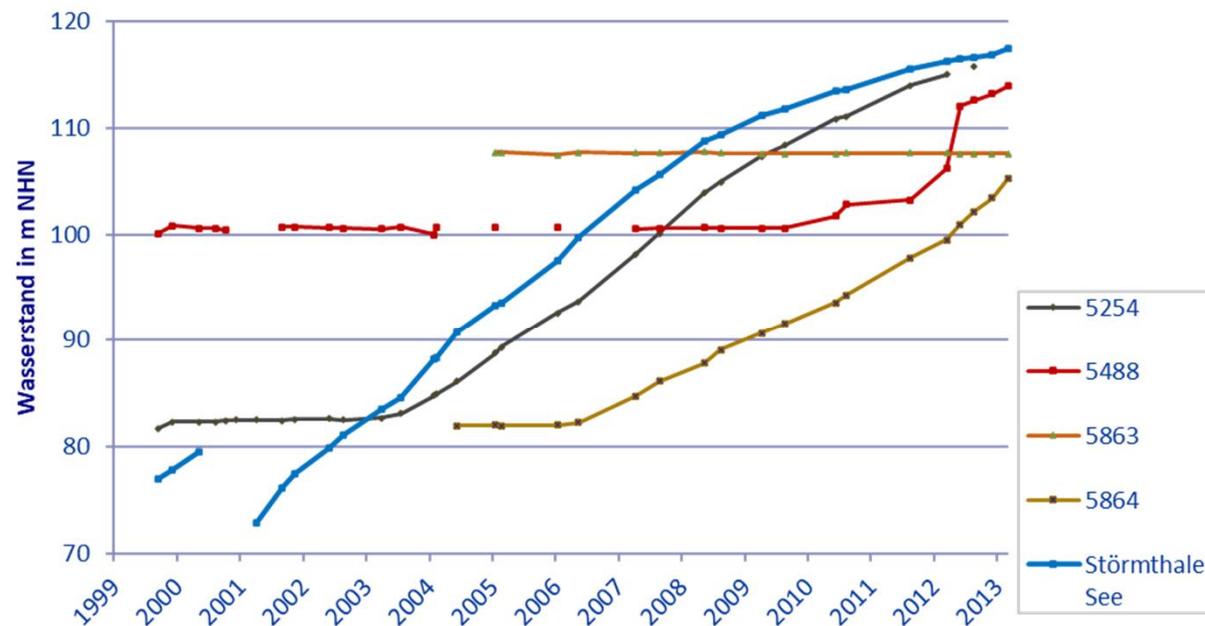
### 3. Standortsituation - beispielhaft -

Grundwasser und  
Oberflächenwasser



### 3. Standortsituation - beispielhaft

#### Grundwasser und Oberflächenwasser mit Wiederanstieg

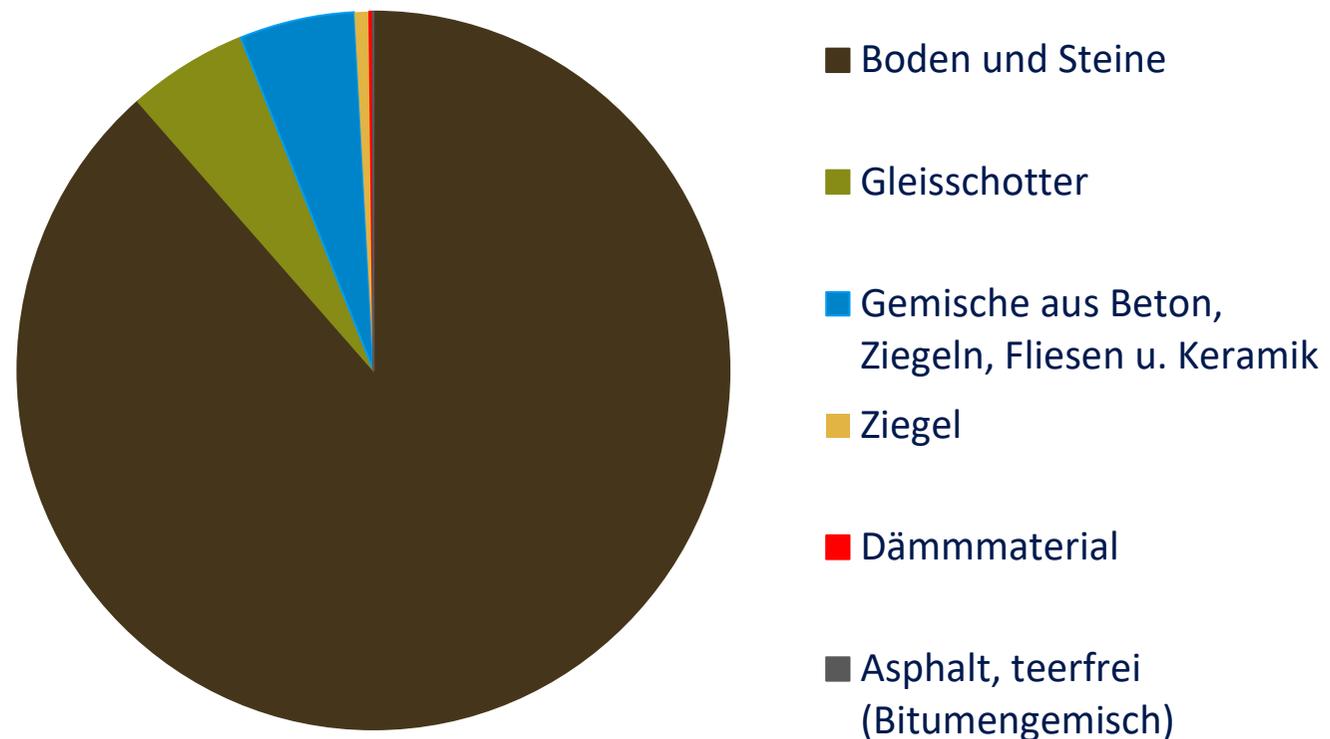


Verlauf der Grundwasser- und Seewasserstände  
in der Umgebung der Ablagerungsflächen  
- Endwasserstand 2013 erreicht -

## 4. Abfallspezifische Charakterisierung der Einbaufelder

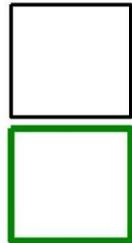
Beispielhafte Einbaumengen nach Abfallschlüsselnr. für eine Jahresscheibe

Abfallmenge 2012 - 139.482 t



# 4. Abfallspezifische Charakterisierung der Einbaufelder

## Systematische Rasterbeprobung der Einbaumengen



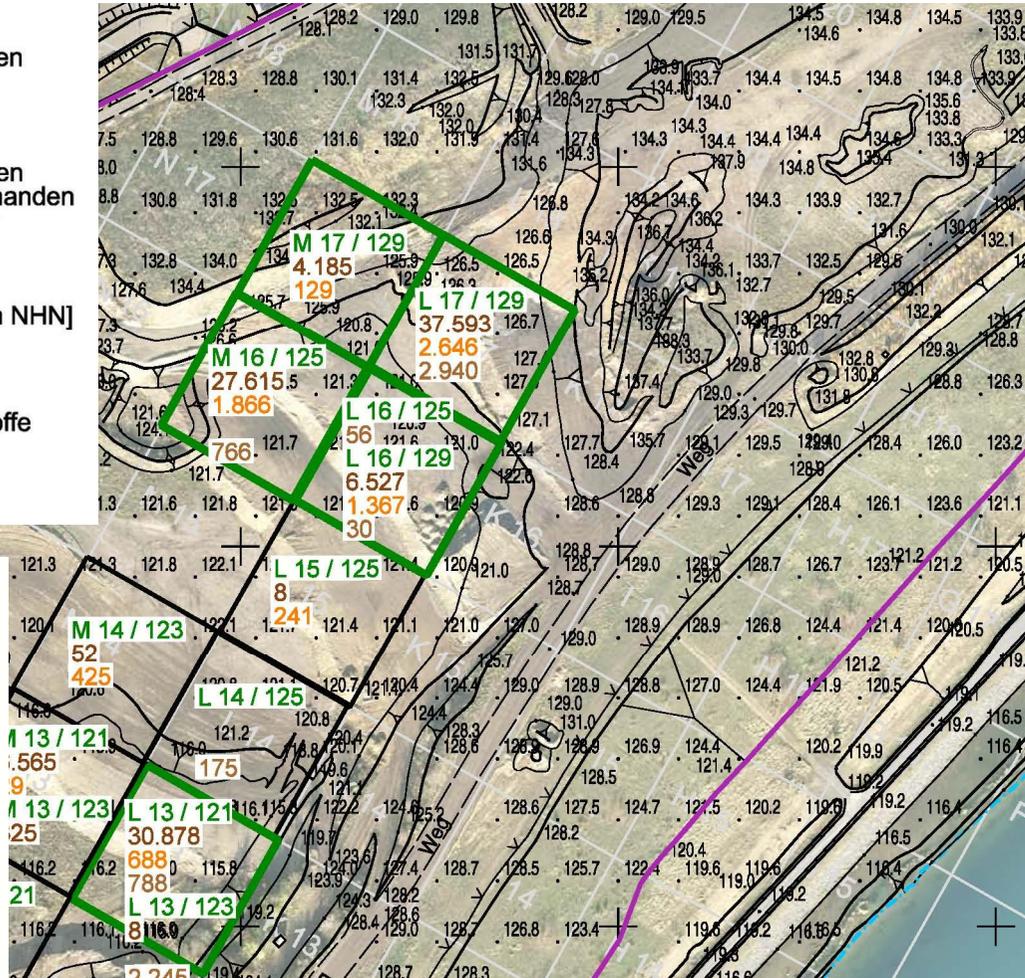
Einbauraster einschließlich Mengenangabe in Tonnen

Einbauraster einschließlich Mengenangabe in Tonnen und Analysen Eigenüberwachung vorhanden

**L 10 / 125**  
10.216  
13.815  
139.0  
290.0

Rasternummer / Kippscheibenhöhe [m NHN]  
Einbaumaterial (t): Boden  
Einbaumaterial (t): Bauschutt  
Einbaumaterial (t): sonstige Mineralstoffe  
Einbaumaterial (t): Gleisschotter

- M 16** (ULE-12-0044651; Probenahme 05.09.2012)  
Einbaumaterial: Boden  
Höhenlage: +125 m NHN  
Zuordnung nach LAGA: Z 1.1
- M 16** (ULE-12-0049007; Probenahme 25.09.2012)  
Einbaumaterial: Boden  
Höhenlage: +125 m NHN  
Zuordnung nach LAGA: Z 1.1
- M 16** (ULE-12-0051710; Probenahme 04.10.2012)  
Einbaumaterial: Boden  
Höhenlage: +125 m NHN  
Zuordnung nach LAGA: Z 0



## 4. Abfallspezifische Charakterisierung

### Vergleich Mengen 2012 mit theoretischen Mengen aus Z-Werten

Parameter (OS)	Einheit	Z0*	Menge [kg/139482t]	Z 1.1 Z 1.2	Menge [kg/139482t]	Z 2	Menge [kg/139482t]	Menge aus Mittelw. 2012 [kg/139482t]
EOX als Chlorid	mg/kg	1	139,48	3	418,45	10	1.394,82	0
Summe BTEX	mg/kg	1	139,48	1	139,48	1	139,48	1,84
Summe LHKW	mg/kg	1	139,48	1	139,48	1	139,48	0,17
KW (C10-C22)	mg/kg	200	27.896,40	300	41.844,60	1000	139.482,00	
KW (C10-C40)	mg/kg	400	55.792,80	600	83.689,20	2000	278.964,00	786,17
TOC	%	1	139,48	1,5	209,22	5	697,41	
Benz(o)apyren	mg/kg	0,6	83,69	0,9	125,53	3	418,45	14,2
Summe PAK nach EPA	mg/kg	3	418,45	9	1.255,34	30	4.184,46	270,63
Summe PCB nach								
DIN	mg/kg	0,1	13,95	0,15	20,92	0,5	69,74	0,6
Cyanid, gesamt	mg/kg	3	418,45	3	418,45	10	1.394,82	0
Arsen	mg/kg	15	2.092,23	45	6.276,69	150	20.922,30	621,01
Blei	mg/kg	140	19.527,48	210	29.291,22	700	97.637,40	3.144,05
Cadmium	mg/kg	1	139,48	3	418,45	10	1.394,82	68,00
Chrom gesamt	mg/kg	120	16.737,84	180	25.106,76	600	83.689,20	2.369,61
Kupfer	mg/kg	80	11.158,56	120	16.737,84	400	55.792,80	2.331,89
Nickel	mg/kg	100	13.948,20	150	20.922,30	500	69.741,00	2.765,86
Quecksilber	mg/kg	1	139,48	1,5	209,22	5	697,41	44,88
Thallium	mg/kg	0,7	97,64	2,1	292,91	7	976,37	0
Zink	mg/kg	300	41.844,60	450	62.766,90	1500	209.223,00	8.850,77

## 5. Geogene und anthropogene Einflüsse

### Vergleich Konzentration Spurenelemente stratigraphischer Einheiten (mg/kg) mit Mittelwerten 2012 Einbaumaterial (mg/kg)

Stratigraphische Einheit	As	Pb	Cr	Cu	Ni	Zn
Pleistozäne Flussauen	16	25	43	20	16	54
Grundmoränen	10	26	45	12	13	49
tertiäre Sedimente	12	28	59	13	21	11

- Für die Parameter Arsen, Blei und Chrom liegen die Mittelwerte des Einbaumaterials deutlich unter den geogenen mittleren Konzentrationen.
- Die Mittelwerte für Kupfer und Nickel liegt im Bereich der Konzentrationen einzelner stratigraphischer Einheiten.
- Der Mittelwert für Zink 2012 liegt mit ca. 63 mg/kg leicht oberhalb der geogenen Konzentrationen in pleistozänen Flussauen (54 mg/kg).
- Insgesamt können die Schwermetallgehalte des Einbaumaterials von 2012 als im Bereich der geogenen Grundgehalte liegend eingestuft werden.

## 6. Exposition und Gefährdungsbeurteilung

### Vergleich der Grundwassergehalte im An- und Abstrom der Einbaubereiche

- Der Anstrom zu den Einbaubereichen war gekennzeichnet durch:
  - geringe pH-Werte
  - hohe elektrische Leitfähigkeiten
  - hohe Sulfatgehalte
  - auffällige Gehalte an Arsen, Chrom, Kupfer, Nickel und Zink sowie Eisen und Magnesium.
- Der Abstrom zeigte keine erhöhten Gehalte
- Messstellenbestand ausbaufähig

## 6. Exposition und Gefährdungsbeurteilung

### Vergleich der Schadstoffgehalte im Einbaumaterial mit relevanten Orientierungswerten (Beispiel Eluat für 2012)

Parameter	Einheit	Mittelwert 2012	Grenzwerte Betreiber	Grenzwerte Baugenehmigung		Grenzwerte Abschluss-BP	Prüfwerte BBodSchV
				Feststoff	Eluat		
Eluat							
pH-Wert		<b>8,684</b>	5,5 - 13		6,5 - 9	5 - 10	
elektr. Leitfähigkeit bei 25°C	µS/cm	<b>362,205</b>	5.000		500	2.000	
Chlorid	mg/l	<b>8,239</b>			250	50	
Sulfat	mg/l	<b>112,541</b>			240	200	
Cyanid, gesamt	µg/l	<b>0,136</b>	200		10	50	<b>50</b>
Phenol-Index	µg/l	<b>&lt;10</b>	50		20		
Arsen	µg/l	<b>4,170</b>	50		10	20	<b>10</b>
Blei	µg/l	<b>2,923</b>	200		10	50	<b>25</b>
Cadmium	µg/l	<b>0,011</b>	10		1	5	<b>5</b>
Chrom(Gesamt)	µg/l	<b>4,891</b>	200		10	50	<b>50</b>
Kupfer	µg/l	<b>7,009</b>	200		20	100	<b>50</b>
Nickel	µg/l	<b>3,898</b>	200		20	50	<b>50</b>
Quecksilber	µg/l	<b>0,027</b>	3		0,2	1	<b>1</b>
Thallium	µg/l	<b>&lt;0,1</b>			1		
Zink	µg/l	<b>43,002</b>	800		400	100	<b>500</b>

## 6. Exposition und Gefährdungsbeurteilung

Frachtberechnungen auf der Basis vorliegender Analysen und Daten

### Quellstärke

„Die Quell- bzw. Emissionsstärke gibt eine flächenbezogene Fracht an. Sie ist eine Abschätzung der im Sickerwasser gelösten Stoffkomponenten sowie ihrer Konzentration nach dem Passieren eines (belasteten) Bodenkörpers.

Dabei werden die Stoffkonzentration und die Austragsrate betrachtet, die sich aus dem Kontakt des versickernden Niederschlagswasser mit dem zu beurteilenden Material ergeben.“

Formel  $J_{S1} = SWR * c_{S1}$

$J_{S1}$  Quellstärke im Sickerwasser an der Unterkante der Quelle [ $g/(m^2 * d)$ ]

$SWR$  Sickerwasserrate [ $l/(m^2 * d)$ ]

$c_{S1}$  Stoffkonzentration im Sickerwasser an der Unterkante der Quelle [ $g/m^3$ ] oder [ $mg/l$ ]

## 6. Exposition und Gefährdungsbeurteilung

Frachtberechnungen auf der Basis vorliegender Analysen und Daten

### Sickerwasserfracht

„Die Berechnung der Sickerwasserfracht, d. h. der pro Zeiteinheit mit dem Sickerwasser transportierten Schadstoffmasse, ergibt sich aus der Quellstärke multipliziert mit der horizontalen Ausdehnung (Fläche) der Schadstoffquelle.“

Formel  $E_s = J_s * F$

$E_s$  Fracht im Sickerwasser [mg/d]

$J_s$  Quellstärke im Sickerwasser [g/(m<sup>2</sup> \* d)]

$F$  Horizontale Ausdehnung (Fläche) der Schadstoffquelle [m<sup>2</sup>]

## 6. Exposition und Gefährdungsbeurteilung

### Sickerwasserfracht – Einbaumaterial 2012

Parameter	Quellstärke [g/(m <sup>2</sup> * d)]	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Sickerwasserfracht [g/d]
Chlorid	0,00338608	47.500	160,84
Sulfat	0,04625431	47.500	2.197,1
Cyanid, gesamt	0,00000006	47.500	0,0027
Arsen	0,00000171	47.500	0,0814
Blei	0,00000120	47.500	0,0571
Cadmium	4,67E-09	47.500	0,00022
Chrom(Gesamt)	0,00000201	47.500	0,0955
Kupfer	0,00000288	47.500	0,1368
Nickel	0,00000160	47.500	0,0761
Quecksilber	0,00000001	47.500	0,0005
Zink	0,00001767	47.500	0,8395
MKW (C10 - C40)*	0,00000232	47.500	0,1101
BTEX*	5,34E-09	47.500	0,0003
LHKW*	4,11E-10	47.500	0,00002
PAK*	0,00000080	47.500	0,0379

## 6. Exposition und Gefährdungsbeurteilung

### Abschätzung der Exposition von Schutzgütern

#### Wirkungspfade und Schutzgüter

Nr.	Schadherd	Transportmedium	Kontaktmedium	Schutzgut
1	ungesättigte Bodenzone		Direktkontakt Boden	Mensch
2	ungesättigte Bodenzone	Sickerwasser	Sickerwasser	<u>Grundwasser</u>
3	ungesättigte Bodenzone	Bodenluft	Raumluft / Außenluft	Mensch
4	Gesättigte Bodenzone, Grundwasser	Grundwasser	gehobenes Grundwasser	Mensch
5	gesättigte Bodenzone Grundwasser (primär)	Grundwasser	Grundwasser	<u>Grundwasser</u> <u>(sekundär)</u>
6	Boden	Sickerwasser	Sickerwasser / Grundwasser	Oberflächenwasser

## 6. Exposition und Gefährdungsbeurteilung

### Spezielle Gefährdungsbeurteilung für das Schutzgut Grundwasser

#### Schadstoffpotenzial

- ▶ Schadstoffe im Einbaumaterial in relevanten Konzentrationen oberhalb von Orientierungswerten sind (basierend auf den Analysenmittelwerten von 2012) nicht ermittelt worden.
- ▶ Aus der Gesamteinbaumenge und den mittleren Konzentrationen der Originalsubstanz im Jahr 2012 wurden die höchsten Stoffmengen für Zink mit ca. 8,8 t, Blei mit ca. 3,1 t, Nickel mit ca. 2,7 t, Chrom mit 2,4 t und Kupfer mit 2,3 t ermittelt.
- ▶ Für die altlastenrelevanten organischen Parameter MKW (C10 - C40) wurden 0,8 t und für PAK 0,3 t für Jahr 2012 berechnet.
- ▶ Aus den Stoffkonzentrationen und -mengen für 2012 war kein gefährdungsrelevantes Schadstoffpotenzial abzuleiten.

## 6. Exposition und Gefährdungsbeurteilung

Spezielle Gefährdungsbeurteilung für das Schutzgut Grundwasser

### Sickerwasserfracht

worst-case-Betrachtung für 2012

- Sulfat ca. 2,2 kg/d
- Chlorid ca. 0,2 kg/d
- Alle anderen Parameter im Bereich mg/d.

Sulfat → relevante Schadstofffracht im Einbaukörper

Sulfatbelastung des anströmenden Grundwassers bis 5.000 mg/l (2011)  
→ lag deutlich über Eluatgehalten des Einbaumaterials von 2012 (112,54 mg/l)

**Eine Verschlechterung der Grundwasserbeschaffenheit durch die ermittelten Sickerwasserfrachten des Einbaumaterials für 2012 war nicht zu besorgen.**

## 6. Exposition und Gefährdungsbeurteilung

### Spezielle Gefährdungsbeurteilung für das Schutzgut Grundwasser

- Eine Gefährdung des Schutzgutes Grundwasser durch den Einbau bergbau-fremder Abfälle auf den betrachteten Einbauflächen am TRL-Rand ist theoretisch über eine Schadstoffausbreitung mit dem Sickerwasser in das GW möglich.
- Ein relevantes Schadstoffpotenzial mit altlastenspezifischen organischen Parametern (MKW, BTEX, LHKW, PAK) wurde nicht ermittelt.
- Die analysierten Schwermetallgehalte lagen auf einem vergleichbaren Niveau mit dem unterlagernden Kippenmaterial bzw. den gewachsenen känozoischen Schichten.
- In den berechneten Sickerwasserfracht war lediglich Sulfat relevant.
- Die Sulfatfracht im Kippengrundwasserleiter lag jedoch deutlich höher.

**Basierend auf den Analyseergebnissen der Eigenüberwachung (exemplarisch für 2012) - war eine Gefährdung des Schutzgutes Grundwasser durch den derzeit praktizierten Einbau bergbaufremder Abfälle nicht abzuleiten.**

## 6. Exposition und Gefährdungsbeurteilung

### Ableitung spezifischer Anforderungen an den Abfalleinbau

- Abfälle mit erhöhtem pH-Wert → positive Auswirkungen zur Vorbeugung der Versauerung des GW bzw. der Oberflächengewässer
- EÜ-Analysen des Jahres 2012 - mittlerer pH-Wert von 8,3 (leicht basisch)
- Verstärkung des Effektes durch lagenweisen gemischten Einbau von Boden und Bauschutt
- Festlegungen ABP und Baugenehmigung zum Sichtschutzwall berücksichtigten ein mögliches Schadstoffpotenzial des Einbaumaterials bereits hinreichend
- Keine geotechnischen und baustatischen Besonderheiten bei der Einbauweise

**Bei der Art und Weise des praktizierten Einbaus der zugelassenen bergbaufremden mineralischen Abfällen im TRL unter Beachtung aller Auflagen zur Rekultivierung war nach den vorliegenden Kenntnissen gewährleistet, dass es durch diesen Einbau nicht zur Besorgnis einer schädlichen Verunreinigung des Grundwassers, nicht zur Besorgnis des Entstehens einer schädlichen Bodenveränderung und zu keiner Schadstoffanreicherung gekommen und dies auch nicht zu erwarten ist.**

## 7. Betriebswirtschaftliche Belange

- (Unverbindliche Anmerkungen, da keine Rechtsberatung)
- Quintessenz aus Bedarfsberechnung für die Rekultivierungsarbeiten:
- derzeit *mit kalkulierten Einnahmen für Z1-Material*
- *Bei* verschärften Materialwerten (Z0) würden deutlich geringere Erlöse erzielt
- Mit gravierenden Änderungen der Materialströme zum Standort
- (mindestens) Verdoppelung der geplanten restlichen Verfülldauer
- Preisanpassung nach oben zur Erhaltung des jährlichen Deckungsbeitrages für die notwendigen Rückstellungen am Markt kaum durchsetzbar
- Verfüllungs- und Rekultivierungsziel wäre wirtschaftlich gefährdet

## 8. Gesamtbewertung und Ausblick

- Nach einer komplexen Bewertung vielfältiger bergbaulicher, abfalltechnischer, standortbezogener, expositions- und gefährdungsbezogener Teilaspekte, speziell für das Schutzgut Grundwasser, ließ sich zusammenfassend fachlich begründet einschätzen, dass die Eignung und Zweckbestimmung der zugelassenen bergbaufremden Abfälle in Hinblick auf Erreichen des Sanierungsziels zur Rekultivierung umweltverträglich nachgewiesen und gegeben ist.
- Die Methodik der Komplexbewertung für den umweltverträglichen Einbau von Fremdstoffen zur Wiedernutzbarmachung / Rekultivierung von ehemaligen Tagebauen kann auf ähnliche Fragestellungen adaptiert werden und so zur Lösung eines erheblichen ökologischen und ökonomischen Nachsorgeproblems für ehem. Abbaugelände beitragen.
- Für den verträglichen Fremdstoffeinbau können immer spezifische Empfehlungen abgeleitet werden.

**DANKE FÜR DIE AUFMERKSAMKEIT !**

Vielen Dank  
- Diskussion -



**CDM  
Smith**<sup>®</sup>  
listen. think. deliver.<sup>®</sup>

**LMBV**   

---

---

  
Lausitzer und Mitteldeutsche  
Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH