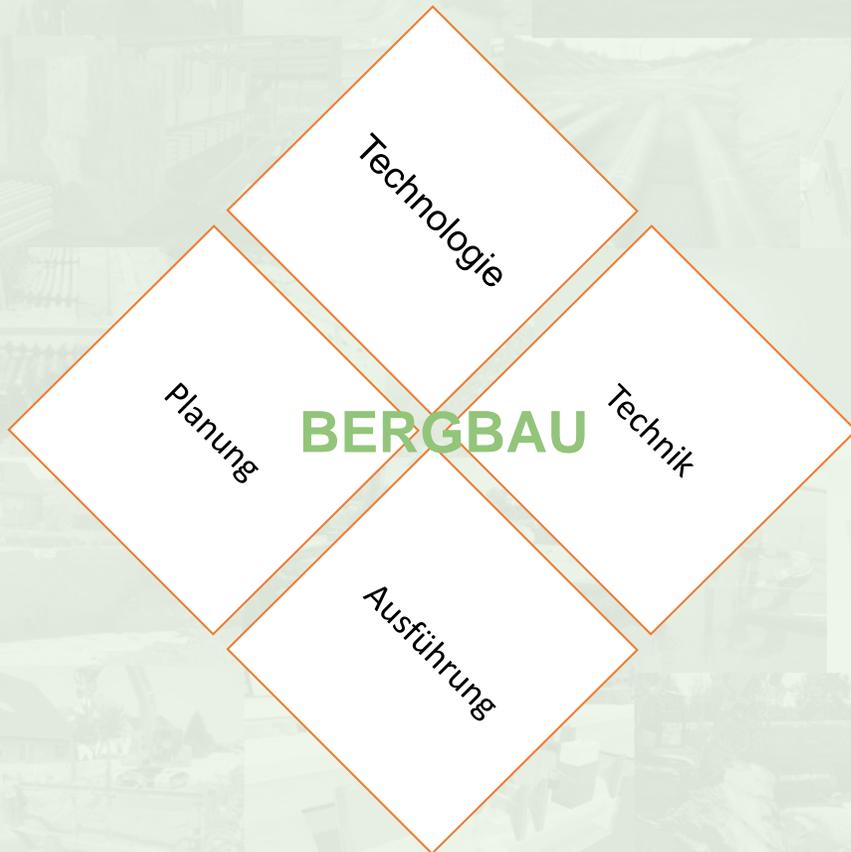


RSS® Flüssigbodenverfahren



Nachhaltige Einsatz-Szenarien des RSS® Flüssigbodenverfahrens im Bergbau

Haftungsausschluss (Disclaimer)

Diese Präsentationsunterlage ist ausschließlich für **die am genannten Termin Beteiligten** bestimmt. Die Verteilung, Zitierung und Vervielfältigung – auch auszugsweise – zum Zweck der Weitergabe an Dritte ist nur nach vorheriger Absprache gestattet.

Die hier zusammengefassten Texte und Grafiken wurden im Rahmen der Vorbereitung dieses Termins erarbeitet.

Agenda

- 1 Was ist das RSS Flüssigbodenverfahren?**
- 2 Wo kann und wird RSS Flüssigboden im Bergbau eingesetzt?
- 3 Offene Diskussionsrunde

Vorstellung RSS FB Verfahren – Eine Beschreibung, die helfen soll, Klarheit zu schaffen

Kurzdefinition von RSS Flüssigboden

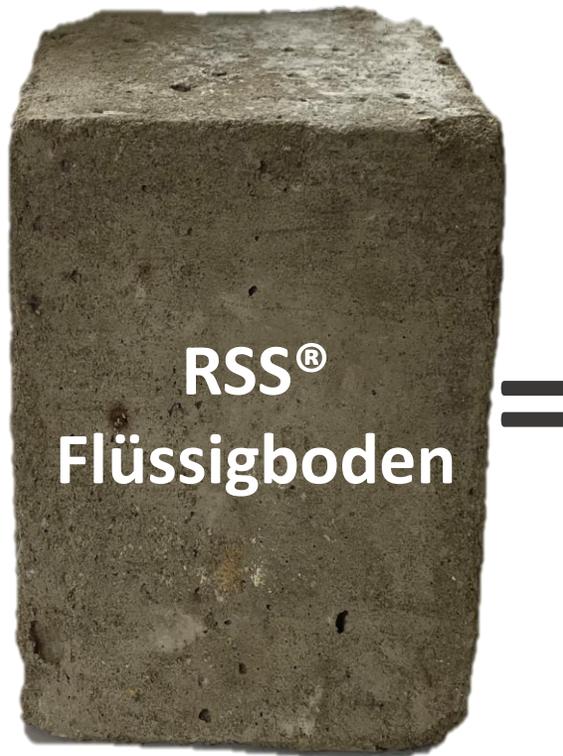


=

- 1 Das Verfahren ist anwendbar für praktisch **alle Böden**
- 2 Der Boden ist **zeitweise fließfähig** und bedingt so andere Funktionalitäten
- 3 Der Boden ist **selbstverdichtend** und benötigt so keine Verdichtungsarbeit
- 4 Erstmals können **bodenähnliche Verhältnisse** wiederhergestellt werden
- 5 Eine **gezielte Anpassung** von Eigenschaften an Baustellenanforderungen ist möglich
- 6 Planbare Eigenschaften ermöglichen viele **neue Technologien und Lösungen**
- 7 Alle Anwendungen sind ingenieurtechnisch **plan- und steuerbar** und qualitätsgesichert

Vorstellung RSS FB Verfahren – Definierte Eigenschaften lassen neue Möglichkeiten zu, da neben Materialkennwerten auch neue Technologien möglich werden

Fakten zu einstellbaren Eigenschaften des Flüssigbodens



FLIESSVERHALTEN/ AUSBREITMASS	Erdfeucht bis 70 cm Ausbreitmaß nach DIN EN 12350-5	UNTERWASSER EINBAU	Problemlos, mit und ohne Pumptechnik Unterwasser abbindend	KOHÄSION c	Steuerbar bisher ca. 200 kN/m ²
UMWELTVERTRÄG- LICHKEIT	Einbaumöglichkeit in Grundwasserschutz- gebieten	LAMBDA WERTE/ WÄRMELEITFÄHIGKEIT	Bei 50°C ca. 1000- 2500 mW/mK	REIBUNGSWINKEL φ	Steuerbar bisher zwischen 10° und 70°
DRUCKFESTIGKEITEN/ EINAXIALE DRUCKFESTIGKEIT	0,06-4,0 N/mm ² (<i>typischerweise bis 0,08</i>)	GASDICHT	Dichte steuerbar	ELASTIZITÄTSMODUL E	Steuerbar zwischen 0,1 und 700 MN/m ²
MATERIALVERHALTEN UNTER SPANNUNG	Elastisch mit guter Restbruchsicherheit	IMMOBILISERUNG KONTAMINATIONEN	Geeignet für viele Kontaminationen (<i>insb. Kationen</i>)	VERFORMBARKEIT	Steuerbar über Rezeptur
WASSERDURCHLÄS- SIGKEITEN	Typisch: 1,00E-07 m/s bis 1,00E-09 m/s	ABSETZMAß	Sehr gering bis auf Null einstellbar	HAFTREIBUNG F_R [kN/m²]	Steuerbar Tau max [kN/m ²] typisch zwischen 5 und 170
ENTMISCHUNGSSTABI- LITÄT UNTER WASSER	Gegeben und an Technologie geknüpft	TRAGFÄHIGKEIT E_{Vd} UND E_{V2}	Bis zu ca. 250 MN/m ² (<i>typischerweise 45 MN/m²</i>)	BIEGEZUGFESTIGKEIT	0,03-0,3 N/mm ²
PUMPBARKEIT	Gegeben, auch bei niedriger Viskosität	WICHTE γ_{FB}	Werte von ca. 14-21 N/dm ³ möglich.	SCHWINGUNGS- DÄMPFUNG	Einstellbar je Frequenzbereich

Vorstellung RSS Flüssigbodenverfahren – Jeder Boden kann mit dem RSS Flüssigbodenverfahren nach Zielwerten modelliert werden

Darstellung RSS Flüssigboden zur Wiederverwendung von Böden und zur Steuerung von Zieleigenschaften



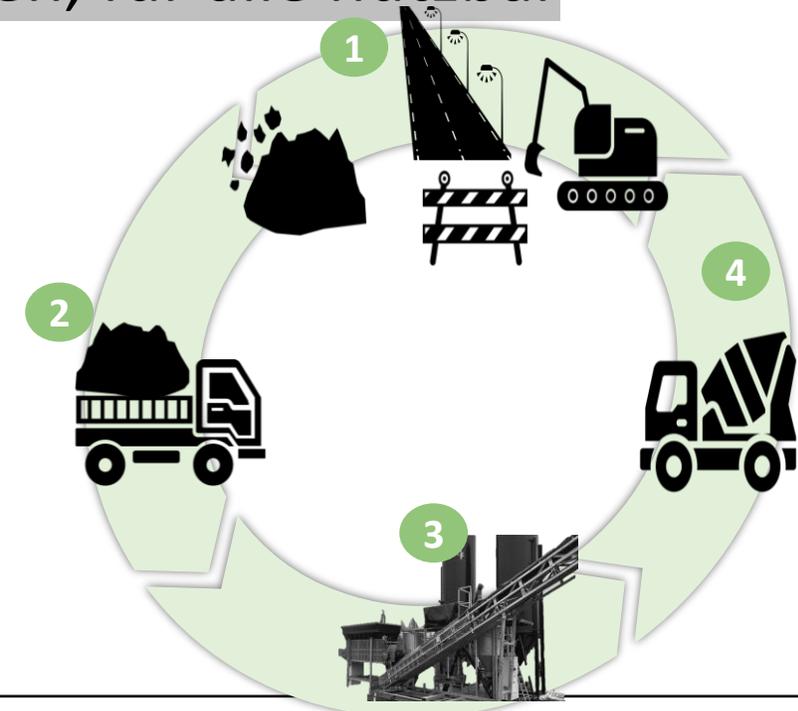
Vorstellung RSS Flüssigbodenverfahren – Einfacher Verfahrensablauf – Herstellung und transparente Gütesicherung

Definition, Abgrenzung, Wettbewerb und Vorteile

Zukunft heute

TIEF- bis BERGBAU MIT RSS[®] Flüssigboden - ein Verfahren, für alle nutzbar

- **BERGBAU** – es entsteht Abraum
- **NUTZUNG** – Abraum als Rohstoff verwendet
- **RSS FB** – Herstellung des FB mit planbaren Eigenschaften
- **EINBAU** – Abraum wird in zeitweise fließfähiger Form wieder eingebaut, als bedarfsgerecht einstellbarer Versatzbaustoff



Dekarbonisierung – CO₂ Reduzierung durch Bodenwiederverwendung, steuerbare Eigenschaften, neue Lösungen und verlängerte Lebenszeit

Übersicht über die drei Ebenen einer CO₂ Reduzierung bei Einsatz des RSS Flüssigbodenverfahrens



Dekarbonisierung – CO₂ Einsparungen sind bereits heute je Projekt nachweisbar und ökonomisch, durch den Einsatz neuer Technologien

Übersicht CO₂ Reduzierung je Projekte für 7 Projekte 2022 – CO₂ Ermittlung auf Basis gängiger Standards, für Prozesse und Materialien

~29.000t CO₂ konnten durch Flüssigboden gespart werden

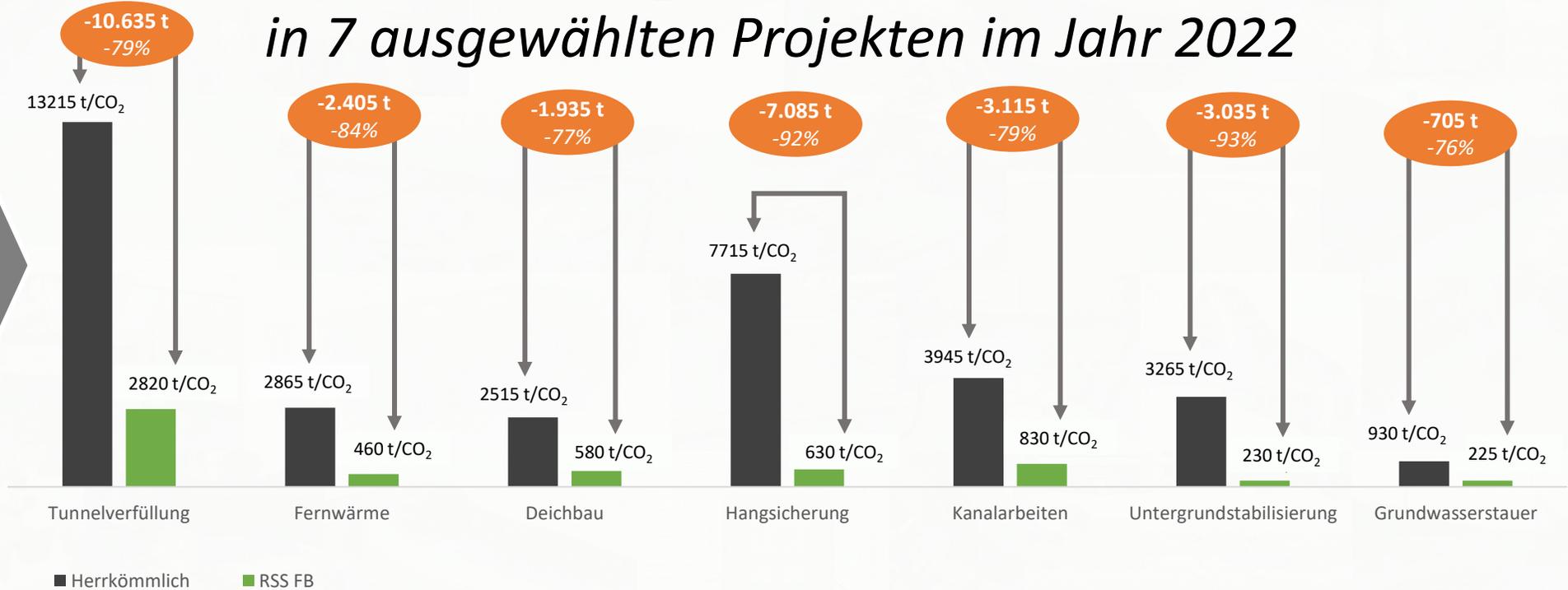
RSS FB

5.775 t

Herkömmlich

34.450 t

Unsere CO₂ Ersparnis je Projekt in 7 ausgewählten Projekten im Jahr 2022



Anwendungsgebiete – Für zahlreiche Anwendungsgebiete sind inzwischen über 180 alternative RSS Flüssigbodenlösungen entwickelt worden

Übersicht über einige der Anwendungsgebiete des RSS Flüssigbodenverfahrens

LOGIC RSS® FB ANWENDUNGS-PORTFOLIO

ALTERNATIVE STÄDTEBAULICHE LÖSUNGEN

Seit 1998

KANAL- UND STRAßENBAU MIT RSS FB

Seit 2007

ERDKABEL MIT RSS FB

Seit 2010

FERNWÄRME MIT RSS FB

Seit 2003

CO₂ BAUSTELLENBILANZ MIT RSS FB

Seit 2019

BERGBAU MIT RSS FLÜSSIGBODENLÖSUNGEN

Seit 2017

**BAUEN AUF UNWEGSAMEN UNTERGRÜNDE
MIT RSS FB**

Seit 2005

**IMMOBILISIERUNG KONTAMINierter BÖDEN
MITTELS RSS FB**

Seit 2011

BAUEN IM UND UNTER WASSER MIT RSS FB

Seit 2012

**KÜSTENSCHUTZ, WASSER- UND DEICHBAU
MIT RSS FB**

Seit 2010

BAHNBAUANWENDUNGEN MIT RSS FB

Seit 2012

**SICHERUNG VON BAUGRUBEN UND
GELÄNDESPRÜNGEN MIT RSS FB**

Seit 2018

Agenda

- 1 Was ist das RSS Flüssigbodenverfahren?
- 2 Wo kann und wird RSS Flüssigboden im Bergbau eingesetzt?**
- 3 Offene Diskussionsrunde

Überblick über Anwendungsbereiche Flüssigboden – einsetzbar für Aufgaben über und unter Tage

Anwendungsbereiche des RSS Flüssigbodenverfahrens im Bergbau

UNTERTAGE

1



Verfüllmaterial
(Versatzbaustoffe)

2



Umleitung, Kanalisierung
von Grundwasser z.B.
beim Schutz von Halden

3



Verwendung von
abgebauten Materialien

TAGEBAU

4



Böschungssicherung und
Stabilisierung

5



Sicherung von Tailings-
Dämmen

6



Umleitung, Kanalisierung
& Rückhaltung von
Schadstofflösungen

7



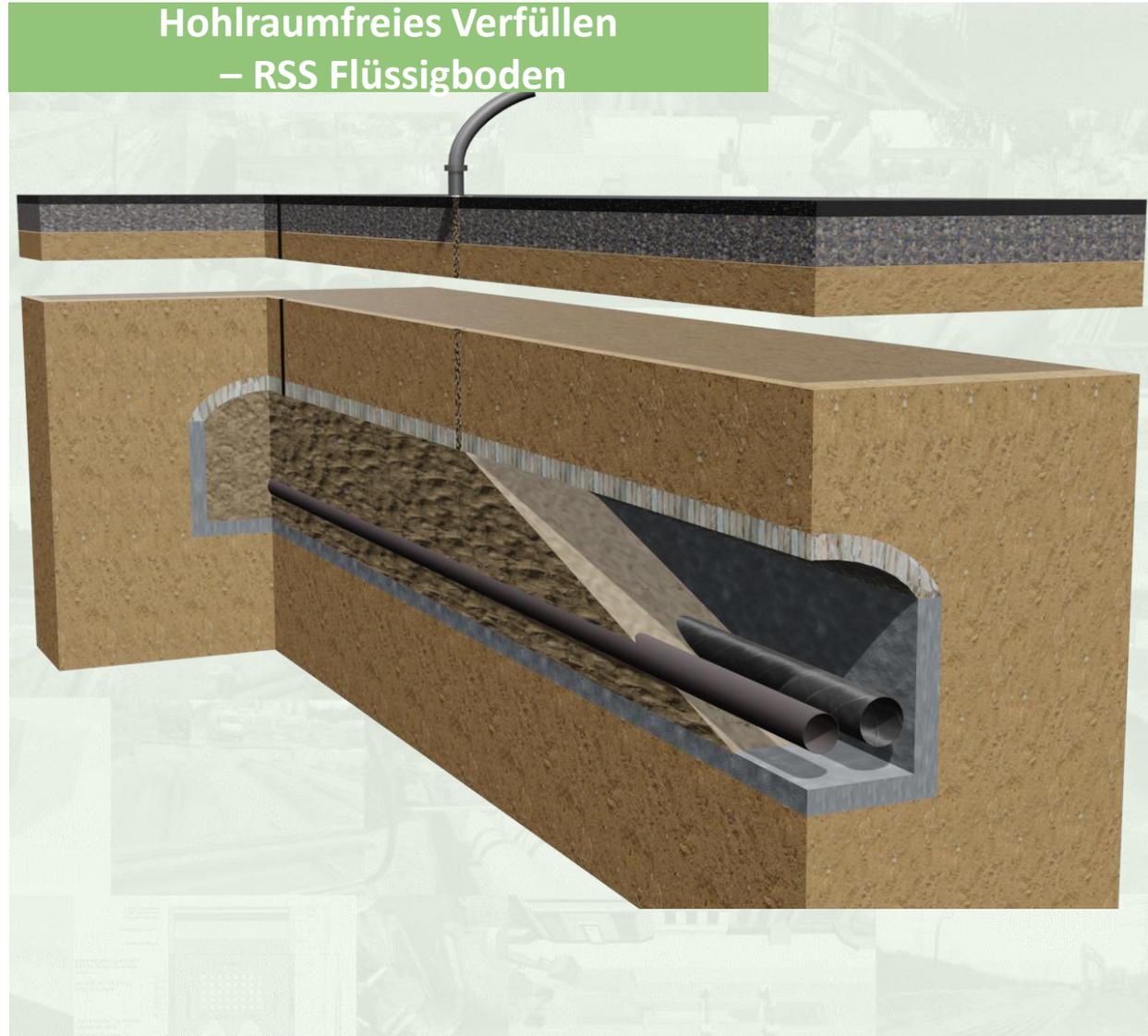
Sichere Lagerung von
kontaminiertem Material

Schwindungen bei Verfüllung
- Klassisch



Quelle: <https://www.saechsische.de/es-gibt-noch-mehr-bunker-in-doebeln-3519001.html>

Hohlraumfreies Verfüllen
– RSS Flüssigboden



1/7 Verfüllmaterial – Komplexe Herausforderungen wie Verfüllungen von Schächten und Hohlräumen werden mit vorhandenen Material möglich

Übersicht RSS Flüssigbodenanwendung „Verfüllmaterial“



PROBLEME

- Verfüllung von Schächten - Flözen, Strecken, Schächten
- Verfüllung von Volumina – Stollen, Keller, Bunker, etc.
- Tagesbrüche
- Absenkung der Bodenoberfläche

AUSWIRKUNGEN

- Allmähliche Absenkungen von Städten, Häusern, Gebäuden und Infrastruktur

LÖSUNGEN

- Verfüllung von Tunneln, Stollen, Hohlräumen und Schächten mit Flüssigboden
- Mit steuerbaren rheologischen Eigenschaften werden z.B. Verfüllungen gegen das Gefälle möglich



GEBRAUCHSTAUGLICHKEIT

- Flüssigboden wird so eingestellt, dass die Eigenschaften zur Anwendung passen
- Technologisch wichtige Eigenschaften sind ebenfalls steuerbar wie z.B. die Pumpbarkeit



UMWELTSCHUTZ/ ÖKOLOGIE

- Wiederverwendung von Tonmineralien, Schlacken und Abfall (fast) aller Art möglich
- Wichtige Gebrauchseigenschaften sind steuerbar z.B. Wasserundurchlässigkeit, Strahlenschutz usw.



WIRTSCHAFTLICHKEIT

- Keine Verwendung externer Materialien erforderlich
- Entsorgung von Abraum nicht erforderlich
- Steuerbare Eigenschaften reduzieren baulichen und technologischen Aufwand

Grundwassereindringen
- Klassisch



Quelle: <http://www.bergwerk-riedhof.ch/Aktivitaeten.htm>

Grundwasserumlenkung und -stauung
– RSS Flüssigboden



2/7 Umleitung, Kanalisierung und Rückhaltung von Grundwasser – Lösung hydrogeologischer Probleme des Bergbaus möglich

Übersicht RSS Flüssigbodenanwendung „Ableitung, Kanalisierung und Rückhaltung von Grundwasser“



PROBLEME

- Grundwassereinfluss in Arbeitsbereichen/Hohlräumen
- Aus- und Unterspülungen
- Grundwassereinsickerung in Bergwerksbereichen
- Stabilitätsprobleme im Bereich der Bergbautätigkeiten

AUSWIRKUNGEN

- Stabilitätsverluste und Setzungen
- Flutung von Bergwerkssektoren
- Störung der Arbeitsabläufe
- Investition in Pumpvorgänge
- Ungewollte Wasserverluste
- Entstehung von Wasseransammlungen im Untergrund

LÖSUNGEN

- Planung wasserundurchlässiger und das Wasser leitende Strukturen auf Basis von FB
- Umleitung, Kanalisierung natürlicher Wasserläufe



GEBRAUCHSTAUGLICHKEIT

- Nutzung hydrogeologischer Modelle auf Basis Baugrundgutachten zur Identifizierung von Problemen
- Modellierung der benötigten Lösungen
- Wasserundurchlässige Schichten positionieren u. herstellen



UMWELTSCHUTZ/ ÖKOLOGIE

- Lösung von hydrogeologischen Problemen
- Wiederverwendung von Tonmineralien, Schlacken und Abfall (fast) aller Art möglich



WIRTSCHAFTLICHKEIT

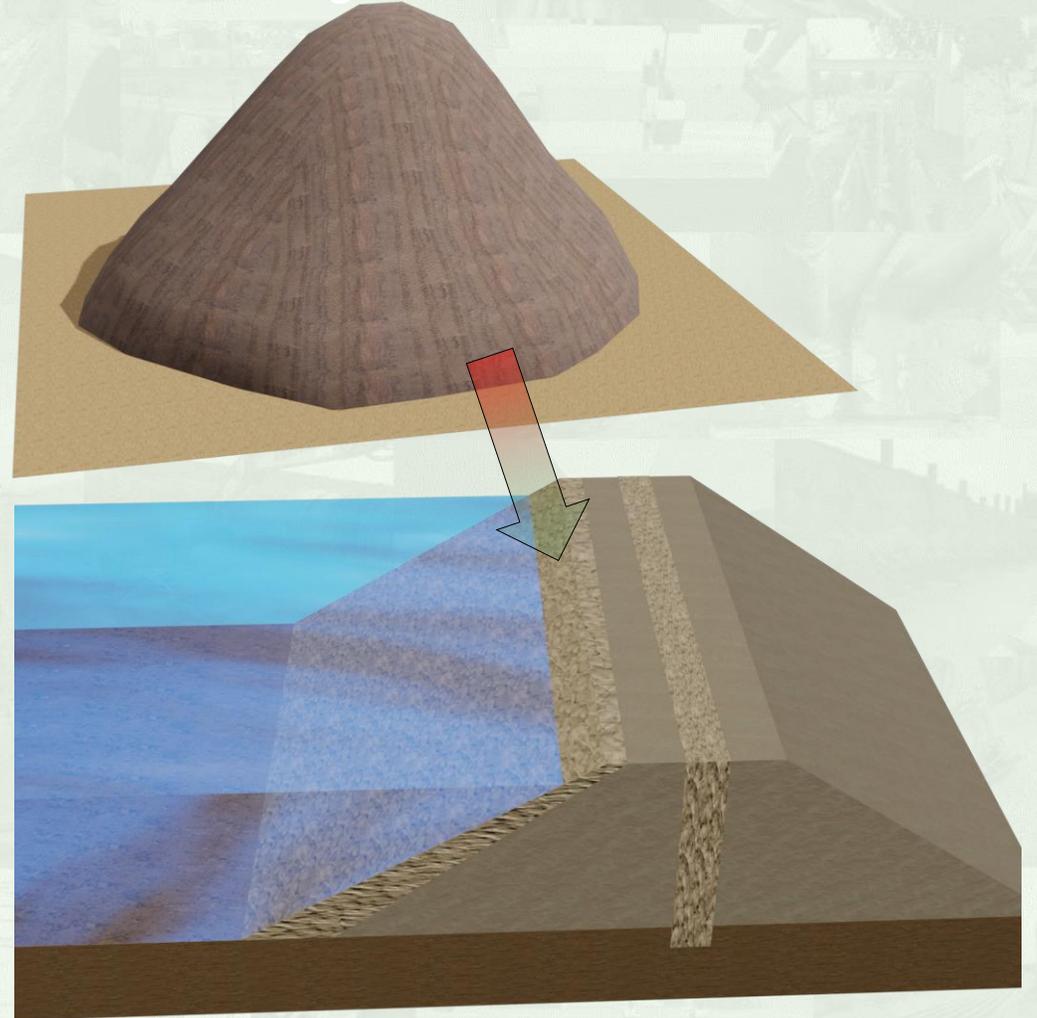
- Keine oder geringe Verwendung externer Materialien erforderlich
- Hohe Stabilitäten und Sicherheiten mit geringem Aufwand realisierbar

Unbenutzte Abraumhalden
- Klassisch



<https://www.harzlife.de/bilder/spitzkegelhalde-hohe-linde.html>

Wiederverwendung Abraumhalden
– RSS Flüssigboden



3/7 Wiederverwendung von Abraum – Bergbauabfälle aller Art können für unterschiedliche technische Anwendungen wiederverwendet werden

Übersicht Flüssigbodenanwendung „Wiederverwendung von Abraum aller anfallenden Art bis Geländemodellierung“



AUSWIRKUNGEN

- Boden-, Luft und Umweltverschmutzungen
- Endlager großer Abfallmengen aus dem Abraum des Bergbaus

LÖSUNGEN

- Wiederverwendung des Abraums
- Gesteuerte Eigenschaften für Materialien dabei nutzbar
- Neue Verwendungsmöglichkeiten von Abraum nutzbar
- Einsatz als Versatzbaustoff mit den gewünschten Zieleigenschaften als primäre Nutzung bis hin zu Einsatz als Baustoff für Dritte

PROBLEME

- Entstehung von Abraumhalden durch Bergbau
- Bestehende Abfälle bis Kontaminationen als Folge des Bergbaus



GEBRAUCHSTAUGLICHKEIT

- Anpassung von Eigenschaften je nach Anwendungsziel
- Abraum erhält spezielle, für eine Anwendung erforderliche Eigenschaften, sodass neue Anwendungsmöglichkeiten nutzbar sind



UMWELTSCHUTZ/ ÖKOLOGIE

- Beseitigung von bestehenden Halden
- Verhinderung und Beseitigung von Kontaminationen
- Schutz von Boden und Grundwasser
- Reduzierung der CO₂ Entstehung via Energieeinsparungen



WIRTSCHAFTLICHKEIT

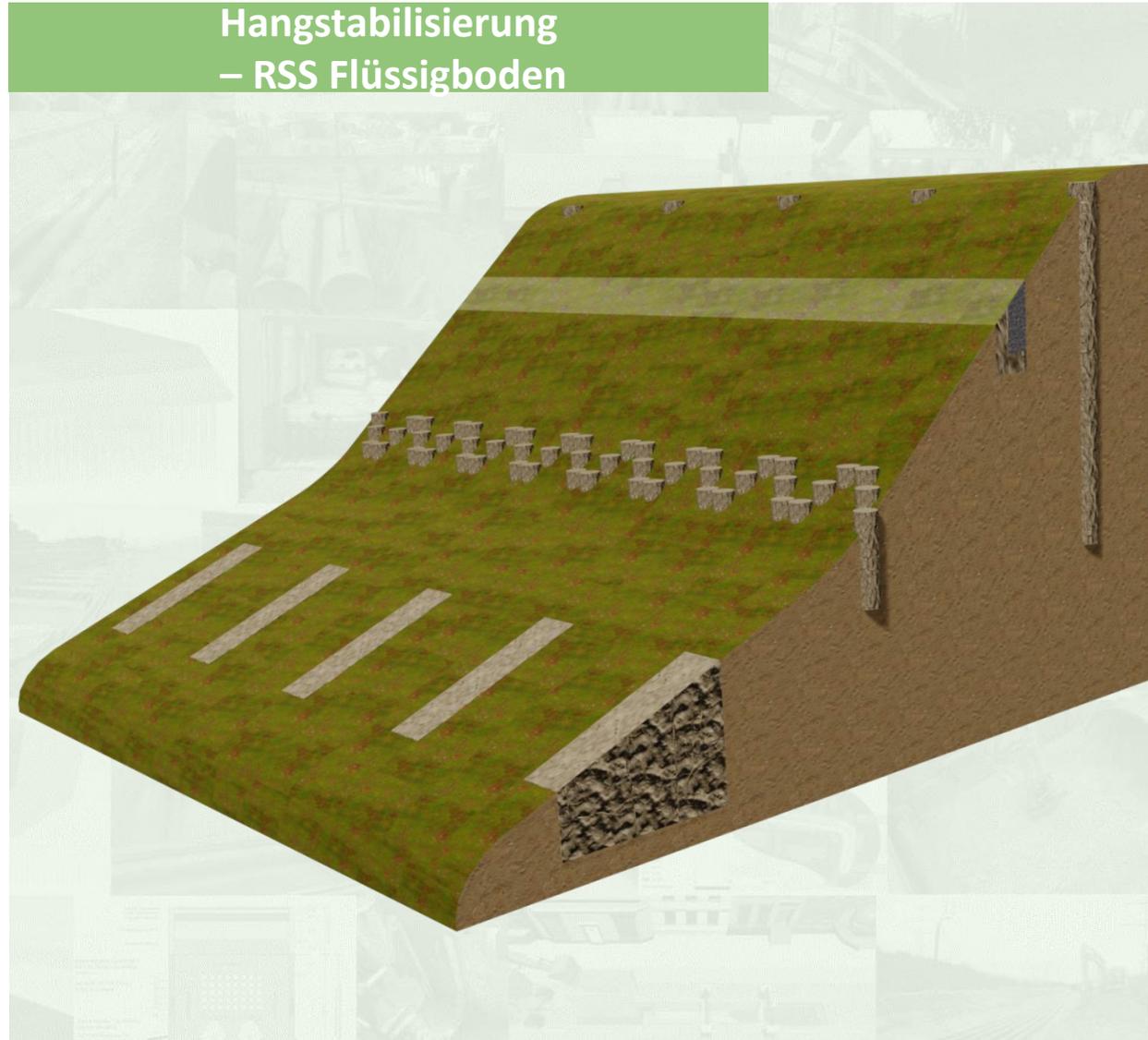
- Einsparung von Logistikprozessen
- Einsparung von Deponiekosten
- Substitution von teuren und energieintensiven Prozessen

Rutschen Böschung
- Klassisch



Quelle: <https://www.n-tv.de/panorama/Kaum-Hoffnung-in-Nachterstedt-article417772.html>

Hangstabilisierung
– RSS Flüssigboden



4/7 Böschungssicherung – Neue energiearme und kostengünstige Möglichkeiten durch Flüssigboden

Übersicht Flüssigbodenanwendung „Hangstabilisierung und Böschungssicherung“



PROBLEME

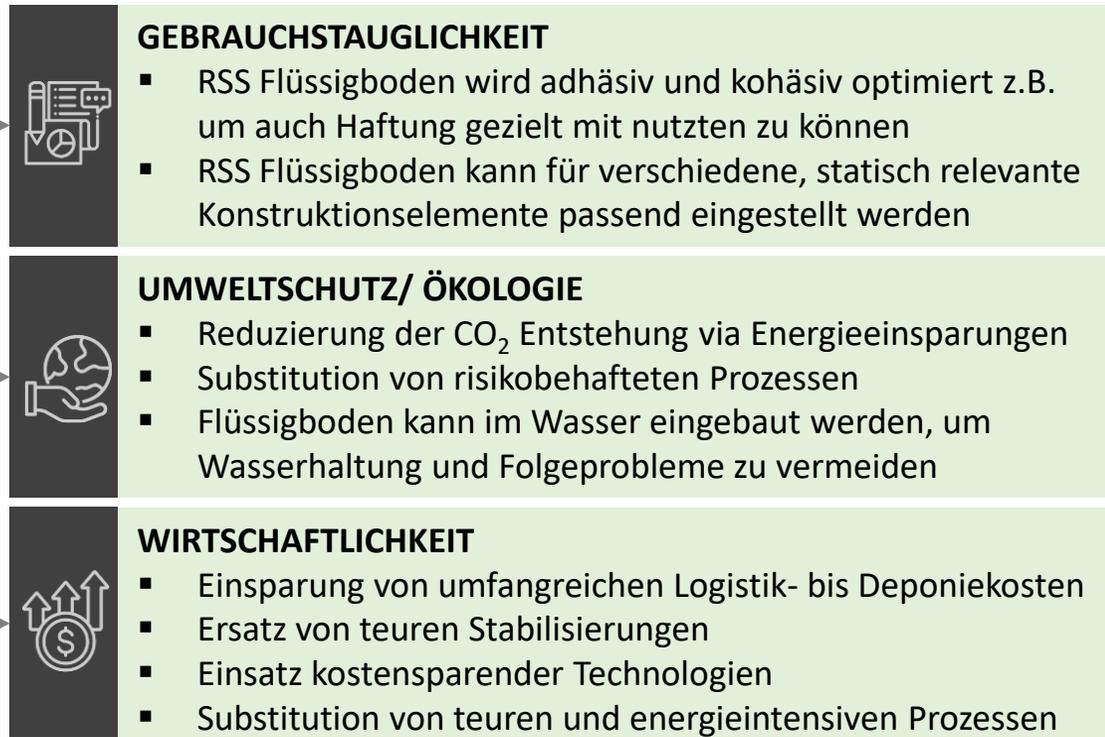
- Verlust von Tragfähigkeiten
- Rutschende Hänge/Böschungen
- Gefahr für Menschenleben
- Verlust von Material

AUSWIRKUNGEN

- Hohe Kosten zur Beseitigung von Schäden
- Unterbrechung des Betriebs
- Verlust der Stabilität in Bereichen des Bergwerks
- Kein Abbau in instabilen Bereichen

LÖSUNGEN

- Entwurf von Stabilisierungs- und Rückhaltekonstruktionen aus RSS Flüssigbodenanwendungen
- Einsatz statisch hybrid wirkender RSS Flüssigbodenlösungen
- FEM basierte, statische Optimierungen nutzbar

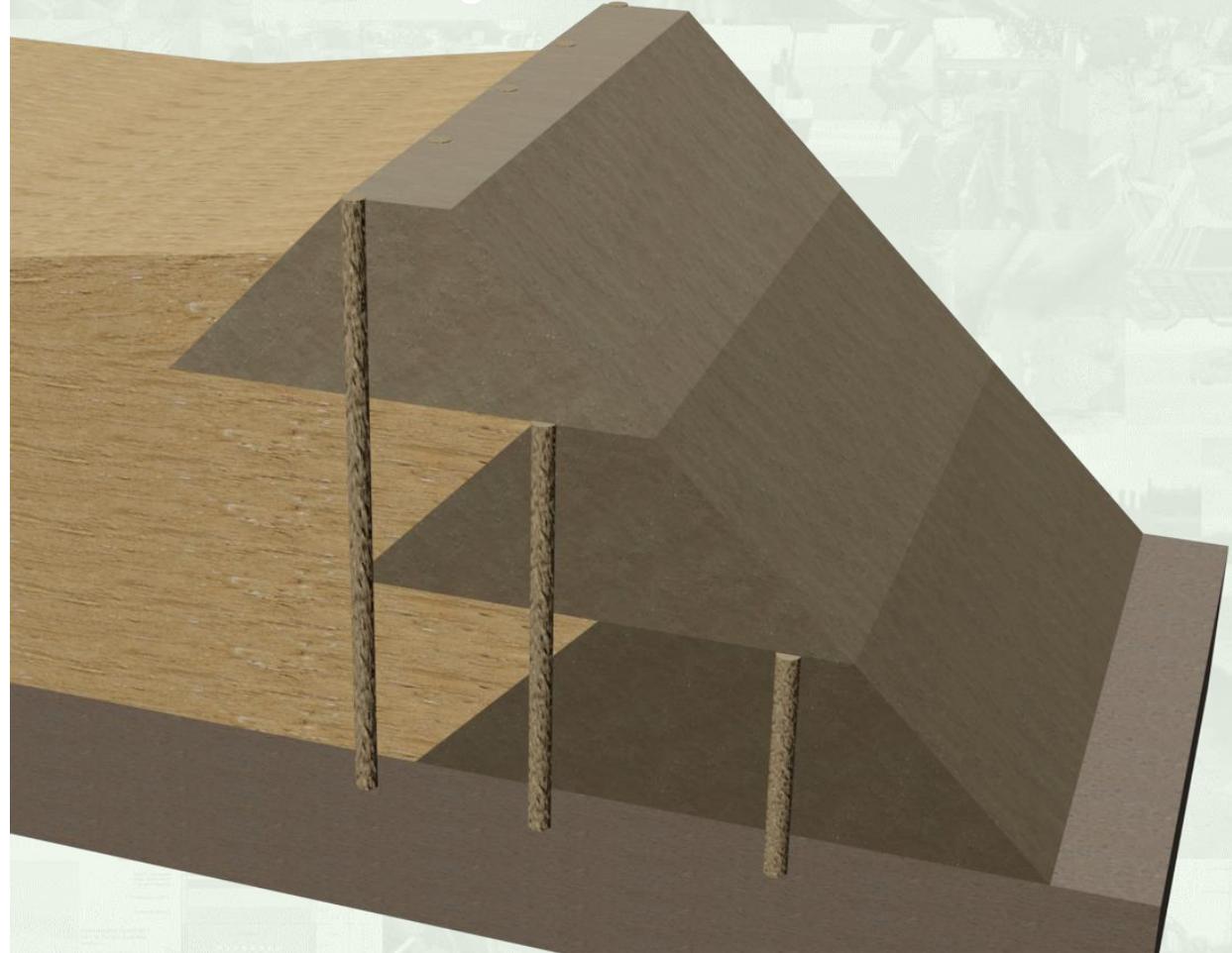


Versagen Tailings
- Klassisch



Quelle: <https://www.youtube.com/watch?v=FvmLmMlxDjk>

Stabilisierung von Tailings
– RSS Flüssigboden



5/7 Sicherung von Tailings-Dämmen – Aufbau und Erweiterung von Tailings werden einfacher und sicherer

Übersicht Flüssigbodenanwendung „Sicherung von Tailings-Dämmen“



PROBLEME

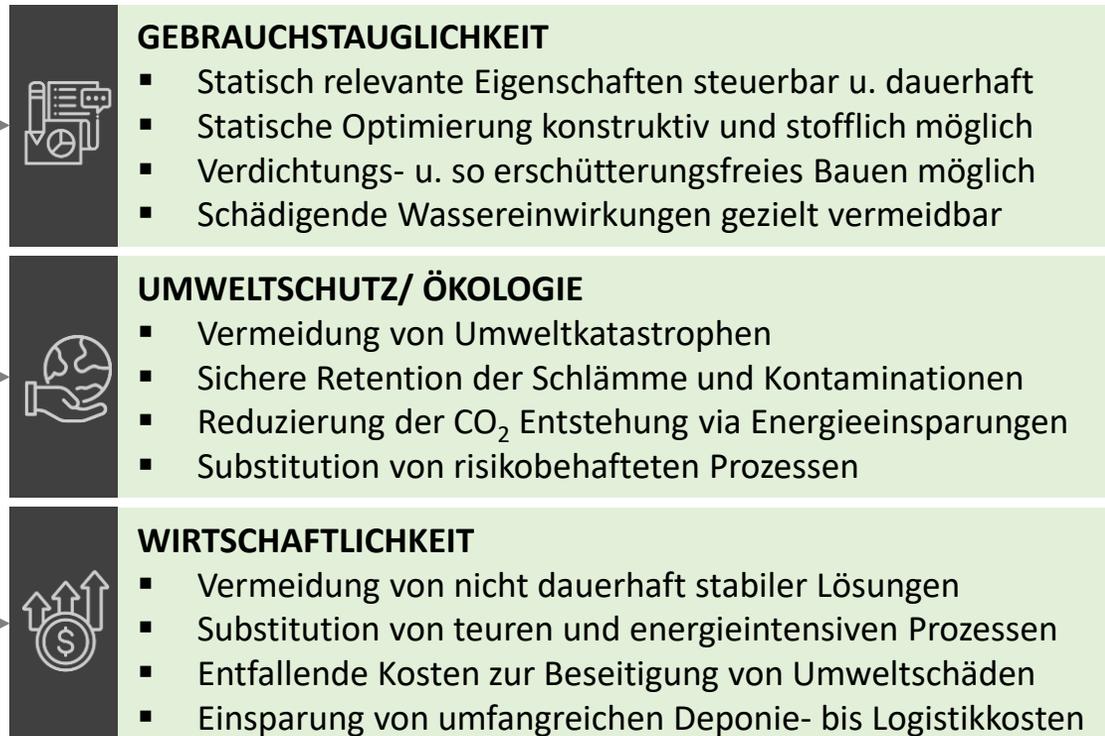
- Stetige Dammermüdung und Veränderungen statisch relevanter Eigenschaften der Materialien
- Unvorhersehbarer Dambruch

AUSWIRKUNGEN

- Hohe Verluste an Leib und Gut
- Hohe Umweltschäden
- Hohe Kosten zur Beseitigung der Schäden
- Unterbrechung des Betriebs
- Reputationsverlust bis Zwang zur Betriebseinstellung

LÖSUNGEN

- Stabilisierungs- und Rückhaltekonstruktionen aus FEM basiert optimiertem RSS Flüssigboden als konstruktives Element der Tailings und Stützkonstruktionen
- Erschütterungsfreier Einbau



Unkontrolliertes Wasseraustreten
- Klassisch



Quelle: <https://www.dw.com/en/full-impacts-from-brazils-largest-environmental-disaster-still-not-known/a-18862231>

Kanalisation und Umlenkung des Wassers
– RSS Flüssigboden



6/7 Umleitung, Kanalisierung und Rückhaltung von Schadstoff-lösungen – Schnelles und ökonomisches Rückhalten und Umleiten wird möglich

Übersicht Flüssigbodenanwendung „Umleitung, Kanalisierung und Rückhaltung von Schadstofflösungen“



PROBLEME

- Entweichen von giftigen Lösungen und Stoffen
- Eindringen in Boden und Grundwasser

AUSWIRKUNGEN

- Verschmutzung des Untergrunds
- Grundwasserbelastung
- Schaden an Flora, Fauna und für den Menschen und Gemeinden
- Verlust von teuren Lösungen und Mineralkonzentrationen

LÖSUNGEN

- Einsatz von RSS Flüssigboden mit undurchlässigen und bei Bedarf die einwirkenden Schadstoffe immobilisierenden Eigenschaften
- Nutzung hydrogeologisch wirksamer Konstruktionen aus RSS FB bis zu FB gefüllte Geotextilschläuchen



GEBRAUCHSTAUGLICHKEIT

- Wasserundurchlässiger RSS Flüssigboden nutzbar
- Becken- und Kanalwirkung bis Dichtwände nutzbar
- Struktur zur Vermeidung von Versickerungen möglich
- Rückhaltung von Lösungen somit einfach lösbar



UMWELTSCHUTZ/ ÖKOLOGIE

- Vermeidung von Umweltkatastrophen
- Sichere Retention der Schadstoffe möglich
- Reduzierung der CO₂ Entstehung via Energieeinsparungen
- Substitution von risikobehafteten Prozessen



WIRTSCHAFTLICHKEIT

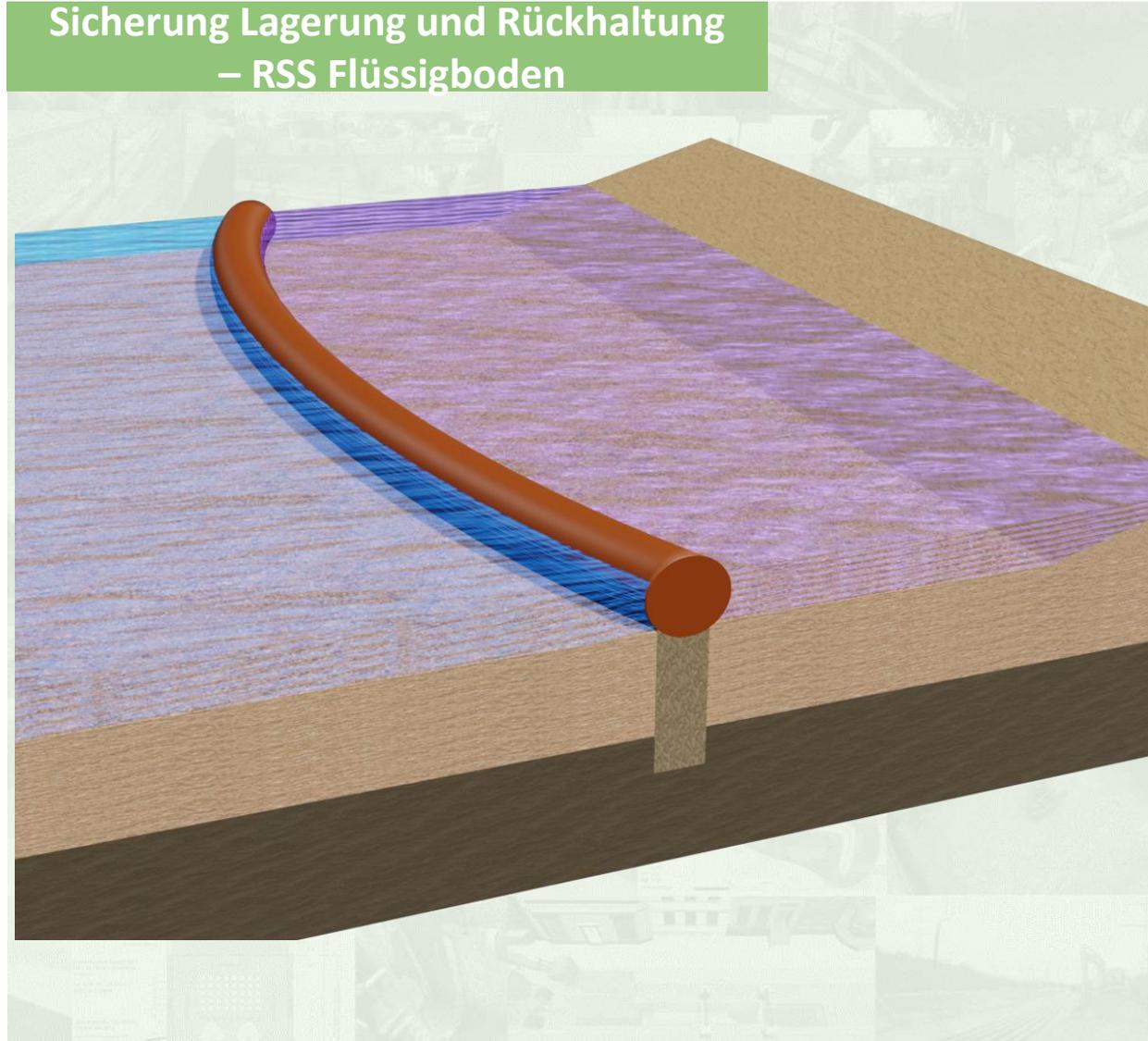
- Entfallende Deponie- und Logistikkosten
- Entfallende Kosten zur Beseitigung von Umweltschäden
- Wirtschaftliche Nutzung der retendierten Stoffe möglich
- Wirtschaftliche Technologien einsetzbar

Austretende Schadstoffe
- Klassisch



Quelle: <https://www.jungfrauzeitung.ch/artikel/198849/>

Sicherung Lagerung und Rückhaltung
– RSS Flüssigboden



7/7 Sichere Lagerung von kontaminiertem Material – Schutz der Umwelt vor kontaminierten Bestandteilen in Halden

Übersicht Flüssigbodenanwendung „stoffliche Trennung bis Isolierung von kontaminiertem Material“



PROBLEME

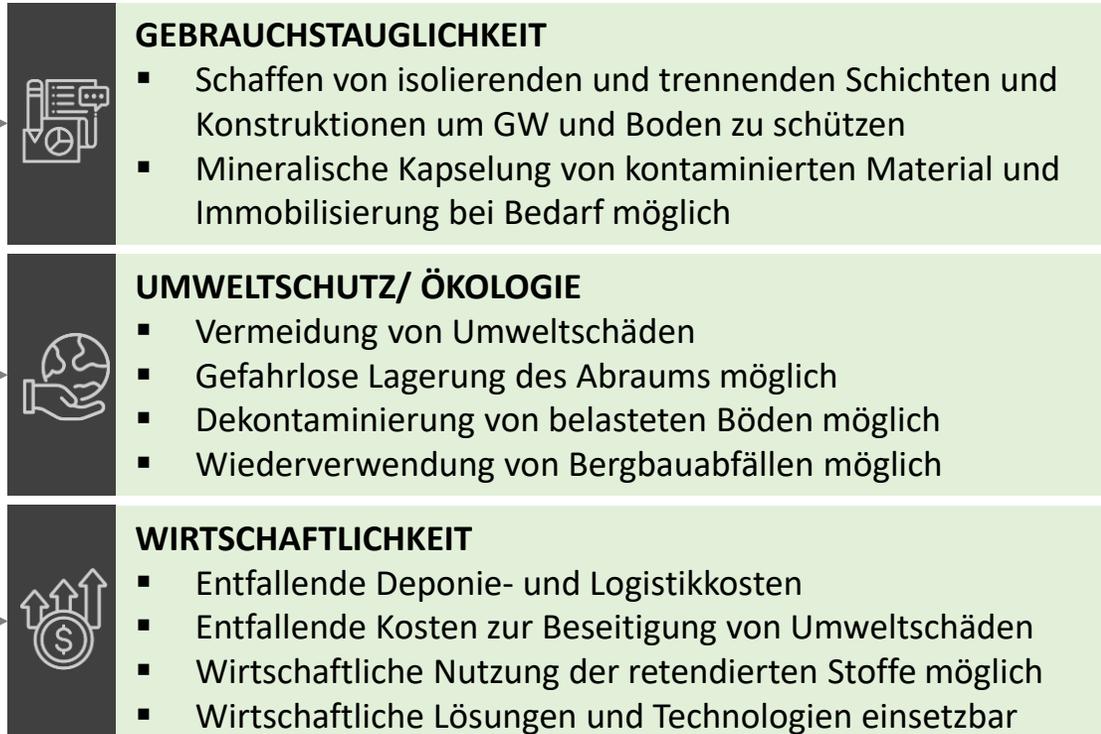
- Bergbauabfälle mit kontaminierender Wirkung auf Untergrund
- Hoher Gehalt an giftigen Stoffen
- Gefahr für das Grundwasser

AUSWIRKUNGEN

- Schädliche Auswirkungen auf Boden und Grundwasser
- Teure Renaturierung von Umweltschäden erforderlich
- Auswirkung auf die TW Versorgung bis Landwirtschaft

LÖSUNGEN

- Entwurf einer sicher trennenden FB Struktur, die eine direkte Interaktion dieser Materialien mit der Umgebung vermeidet
- Schaffung der passenden Konstruktion (Platte bis Becken oder Einhausung)



Agenda

- 1 Was ist das RSS Flüssigbodenverfahren?
- 2 Wo kann und wird RSS Flüssigboden im Bergbau eingesetzt?
- 3 Offene Diskussionsrunde**

3 – Offene Fragerunde – Sie können nun Ihre Fragen adressieren

Erfahrungen – Meinungen – Wünsche ?



WELCHE FRAGEN WURDEN NOCH NICHT BEANTWORTET?



Olaf Stolzenburg

+491779593041

o.stolzenburg@fi-fb.de

Verfahrenserfinder und Geschäftsführer LOGIC sowie FiFB

Wolf-Hagen Stolzenburg

+491739993065

wh.stolzenburg@logic-engineering.de

Geschäftsführer LOGIC

