

PFAS-Bodenwäsche – Möglichkeiten und Grenzen

Juni 2024

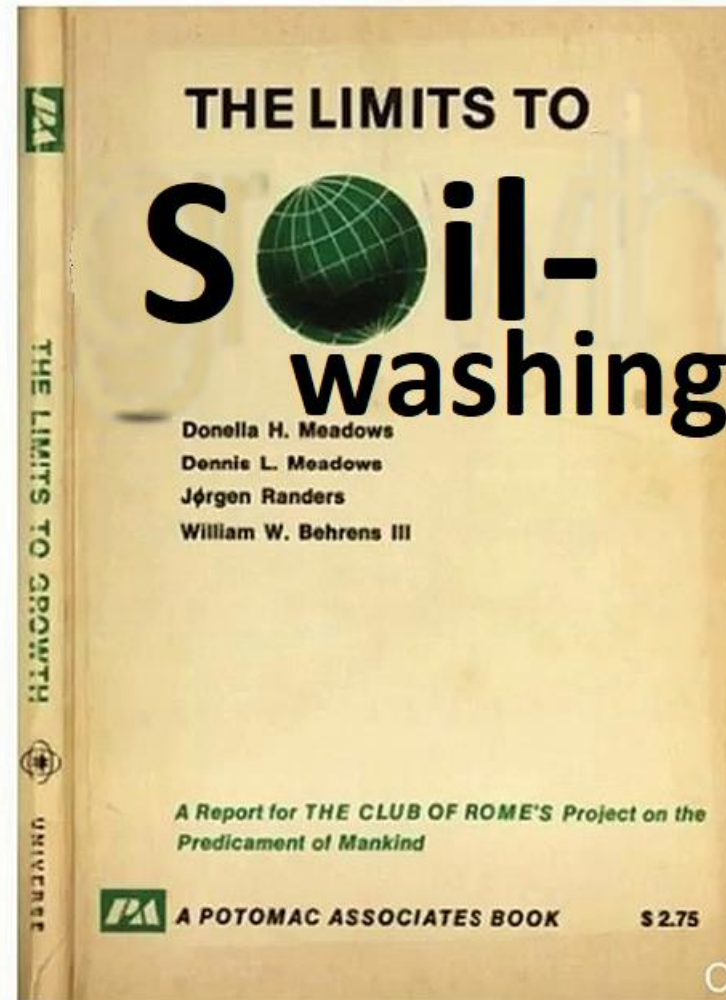
Dr. Benjamin Faigle
B. Volz

Züblin Umwelttechnik GmbH
benjamin.faigle@zueblin.de
www.zueblin-umwelttechnik.com



ZÜBLIN
WORK ON PROGRESS

Möglichkeiten und Grenzen



Möglichkeiten und Grenzen

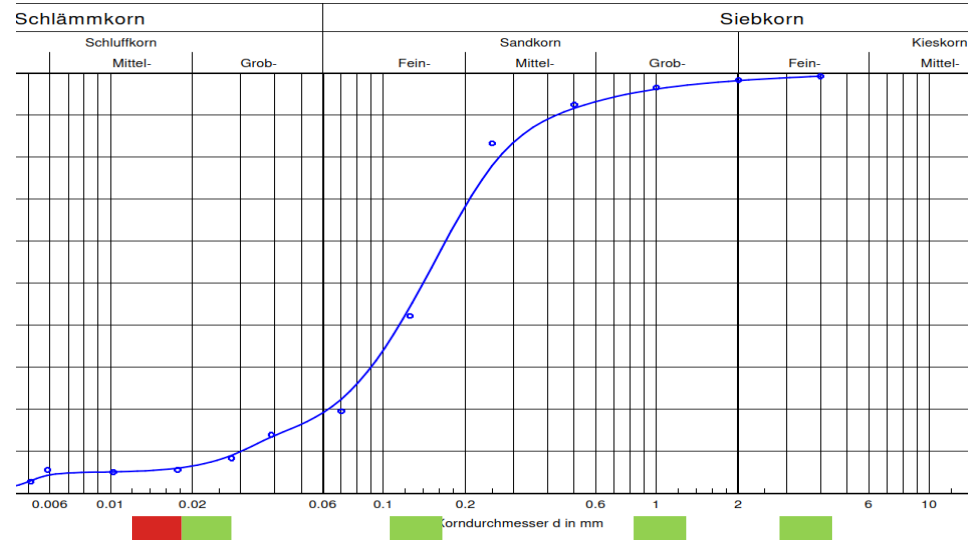
Gut geeignet



Schwierig bis ungeeignet

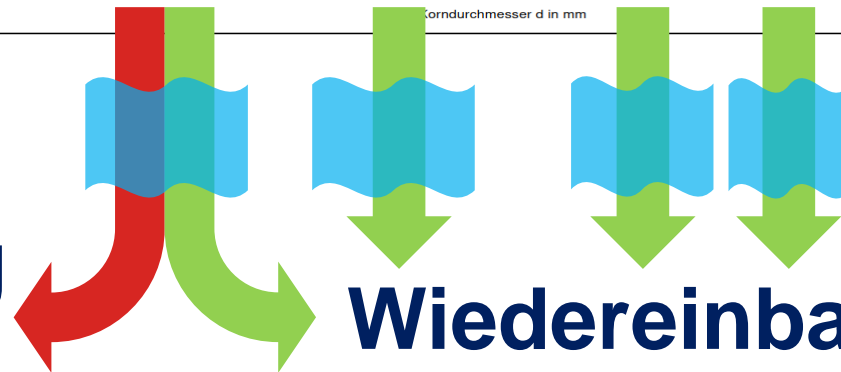


Bodenwäsche Basics



1. Klassierung
2. Abreinigung
3. Entwässerung
4. Qualitätskontrolle
5. Wiederverwendung

Entsorgung



Wiedereinbau /
Wiederverwendung

Gliederung des Vortrags



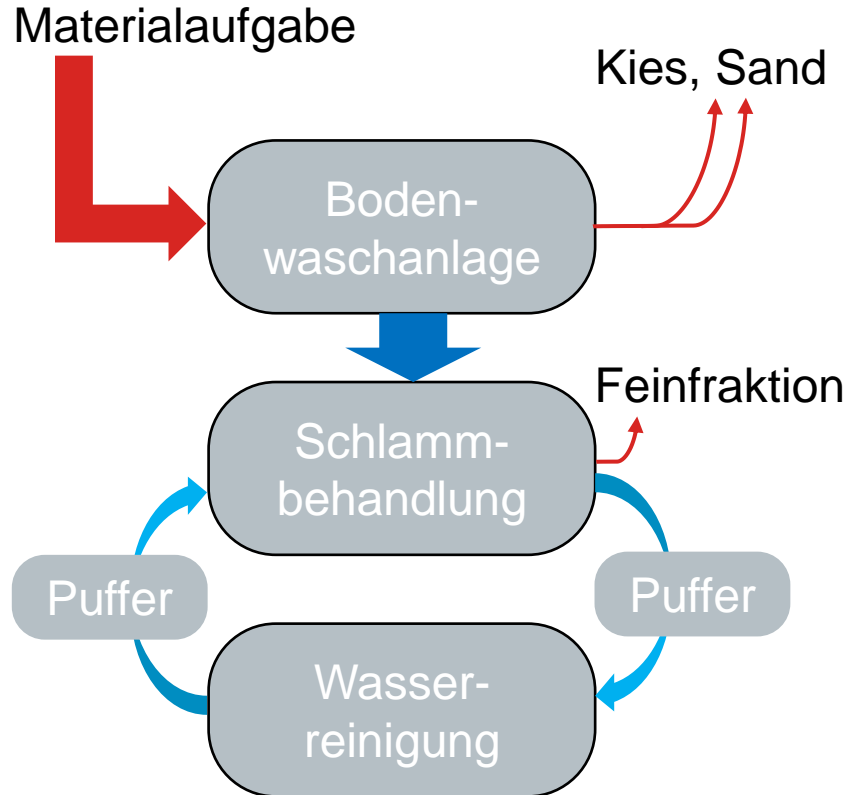
0. Einleitung
1. Kernelemente
 - Bodenwäsche
 - Schlammaufbereitung
 - Kreislaufwasser, Waschwasserreinigung
2. Waschversuche
3. Bewertung

KAPITEL 1

Kernelemente Anlagentechnik



Kernelemente der PFAS-Bodenwäsche



Materialaufgabe



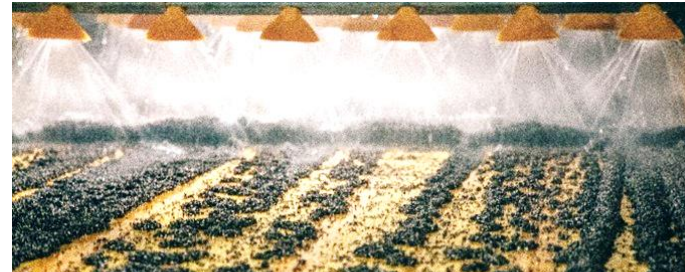
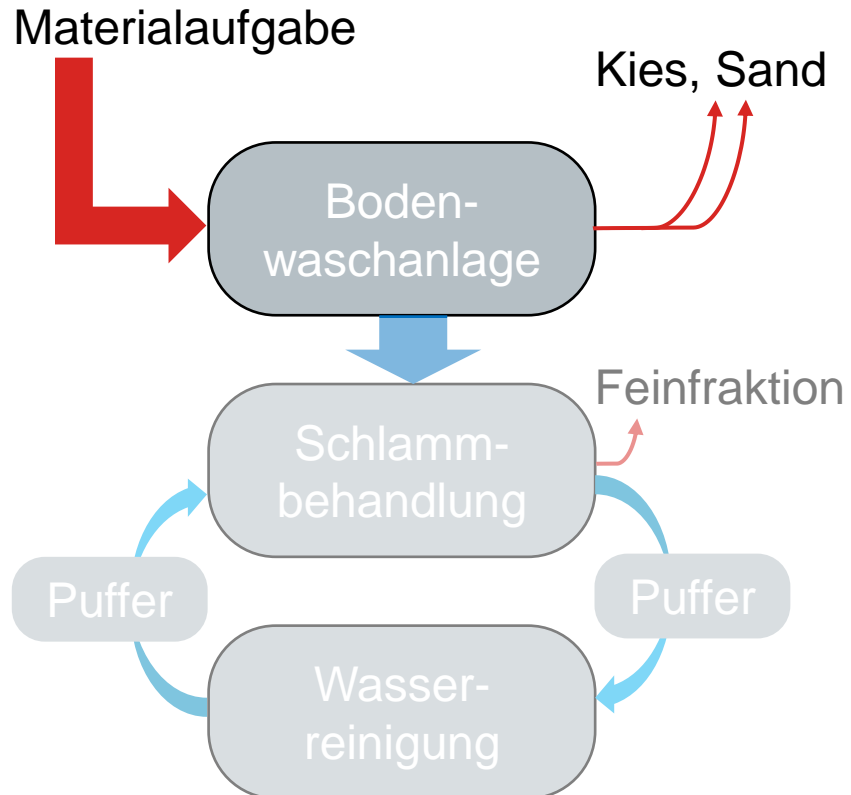
Annahme- und Aufgabebereich

- Heterogene Materialqualität



Aufgabebunker

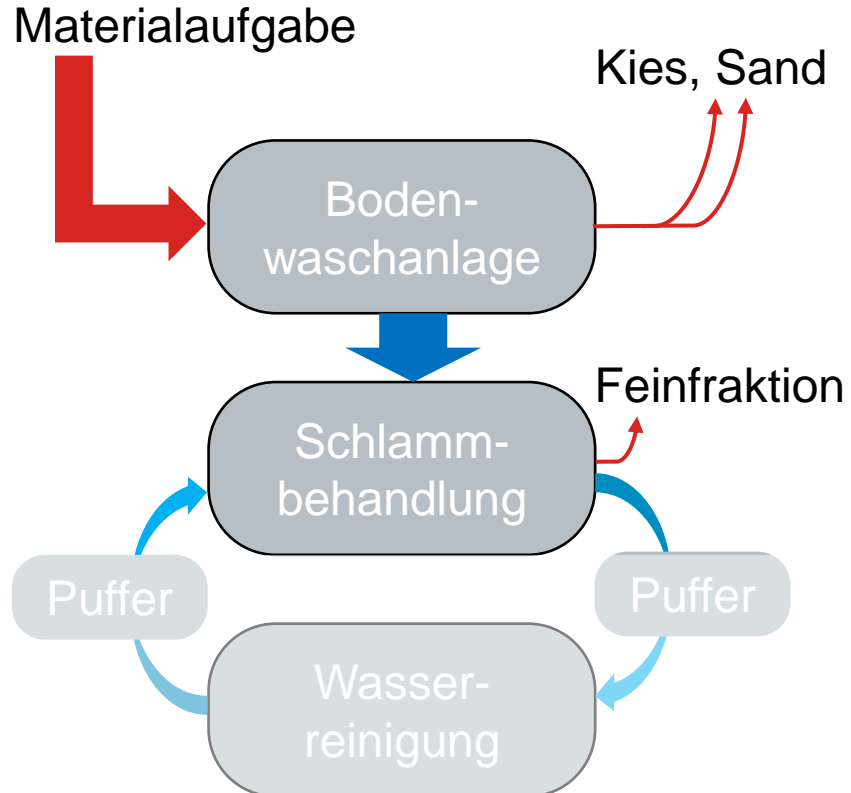
Bodenwaschanlage: Klassierung & Wäsche



Mehrstufiger Waschprozess

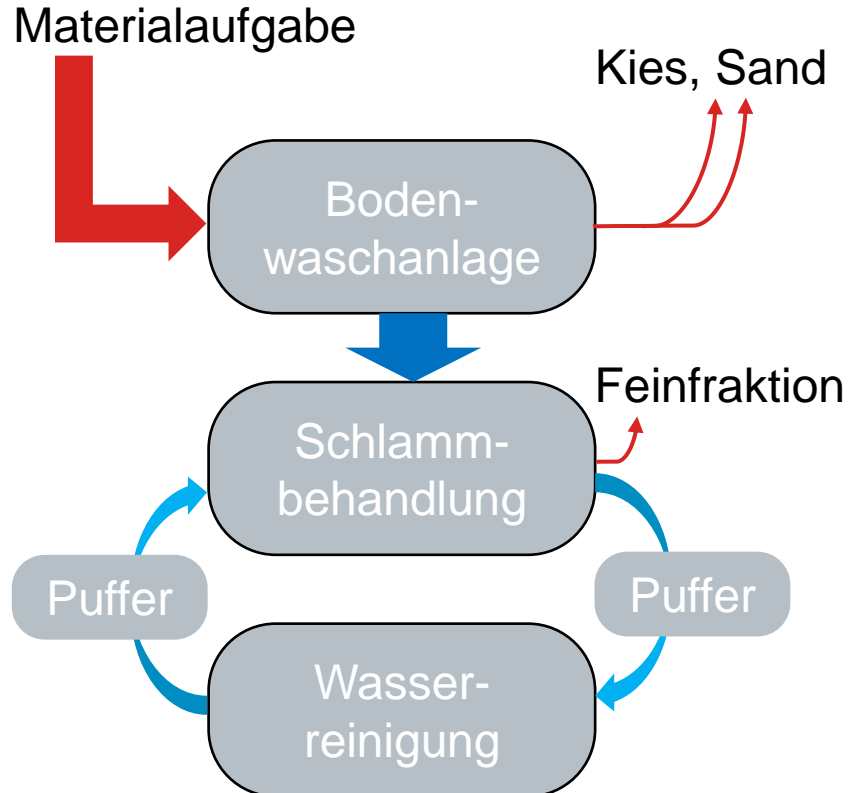
- Nassklassierung unter mehrstufiger Bedüsung
- Aufstromklassierer
- Hydrozyklon
- Entwässerungssieb

Schlammbehandlung



- Leistung: 300-400 m³/h
- Reaktionsbehälter
 - Dosierung von Fällungs- und Flockungshilfsmittel
- Schrägklärer
- Schlammstapelbehälter
- Puffer mit Nachflockung

Waschwasserreinigung



Reinigungsanlage

- Gesamtkapazität
– $Q = 200 \text{ m}^3/\text{h}$
- 4 Reinigungsstraßen
- 3 Reinigungsstufen

Puffer

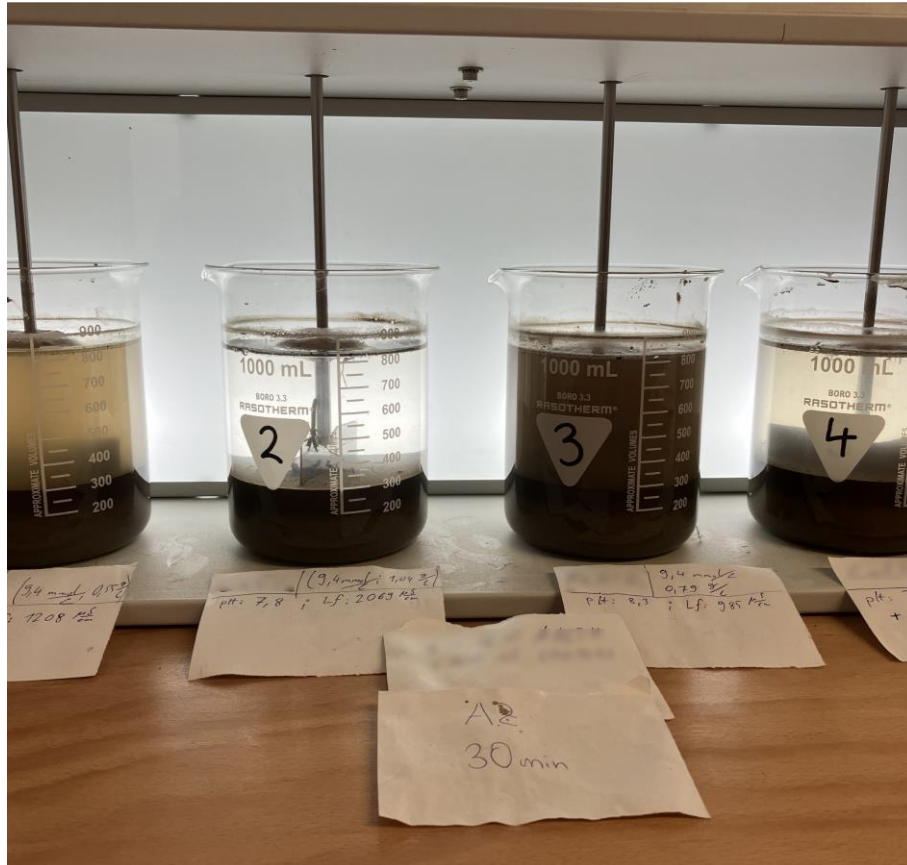
- Puffervolumen Rein- bzw. Schmutzwasser
- Je 3.000 m^3

KAPITEL 2

Waschversuche



Waschversuche im Labormaßstab



Wenig geeignet, um die Waschbarkeit von Rohböden zu testen

Dienen v.a. der Klärung von Detailfragen im Zuge der Projektausführung

- Einfluss des Boden- und Wasserchemismus
- Effektivität von Zusatz- und Hilfsstoffen
- Flockungs- und Absetzversuche
- Adsorptionstests mit Aktivkohlen
- Mikroskopische Betrachtungen

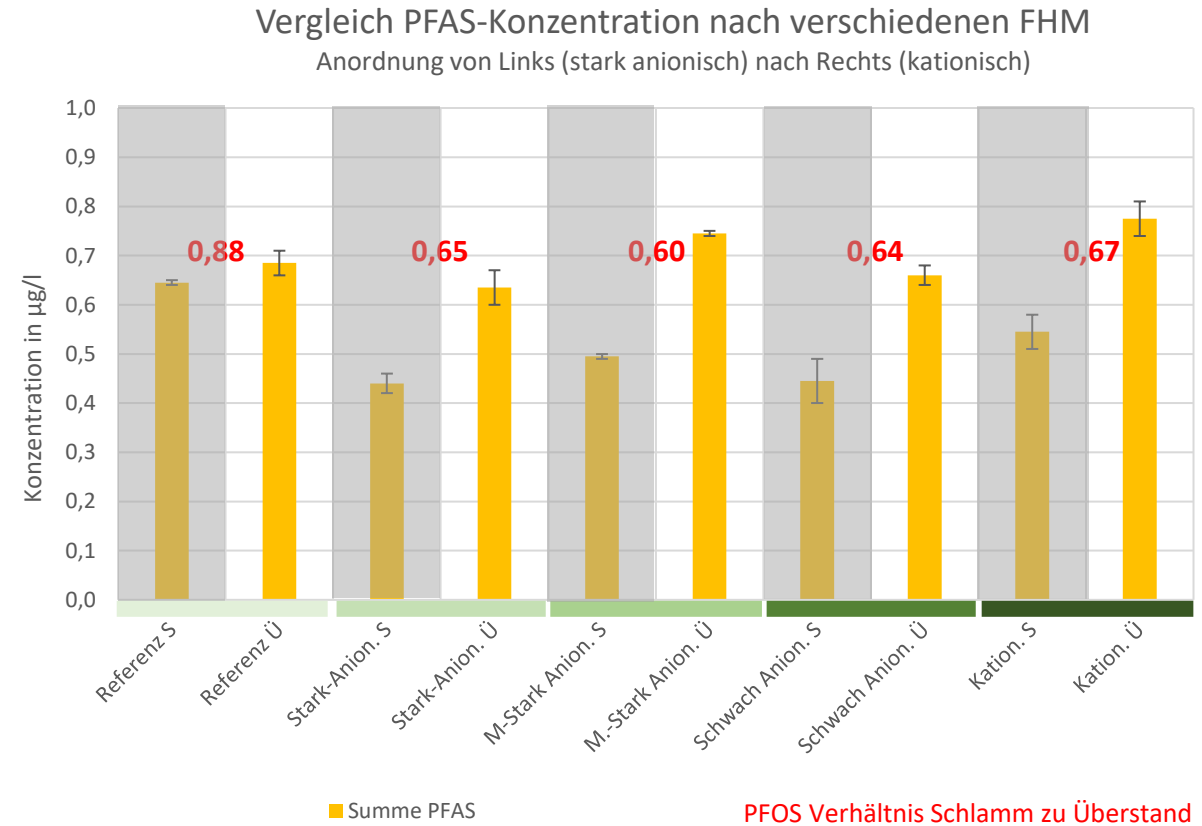
Beispiel Laborversuche: Flockung

Ziel:

- Möglichst hohe Konzentration im Wasser
- Möglichst wenig PFAS im Feststoff

Ergebnis

- Ermittlung des für diesen Boden besten Produkts



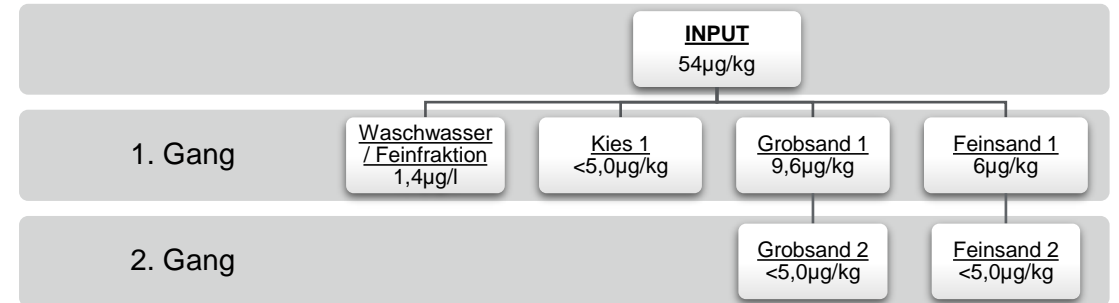
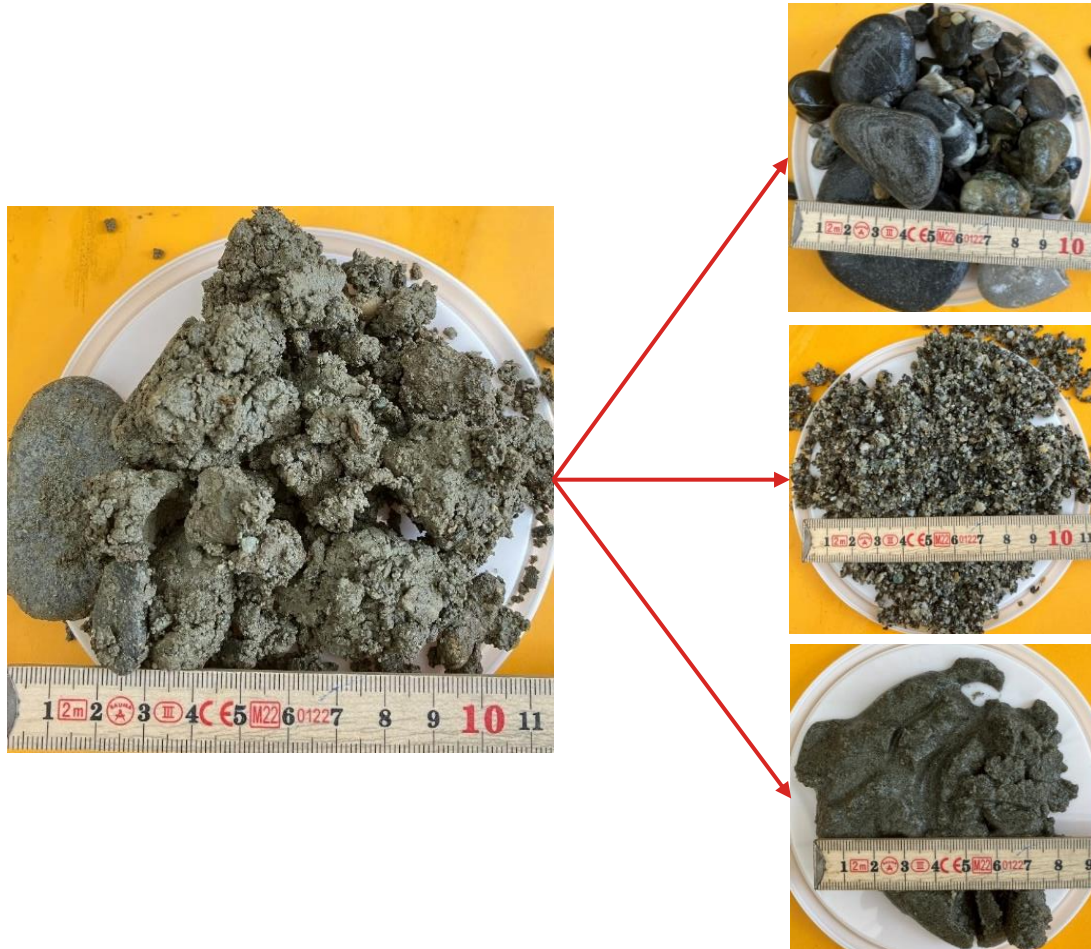
Waschversuche im Technikumsmaßstab



Ermittlung der grundsätzlichen Waschbarkeit

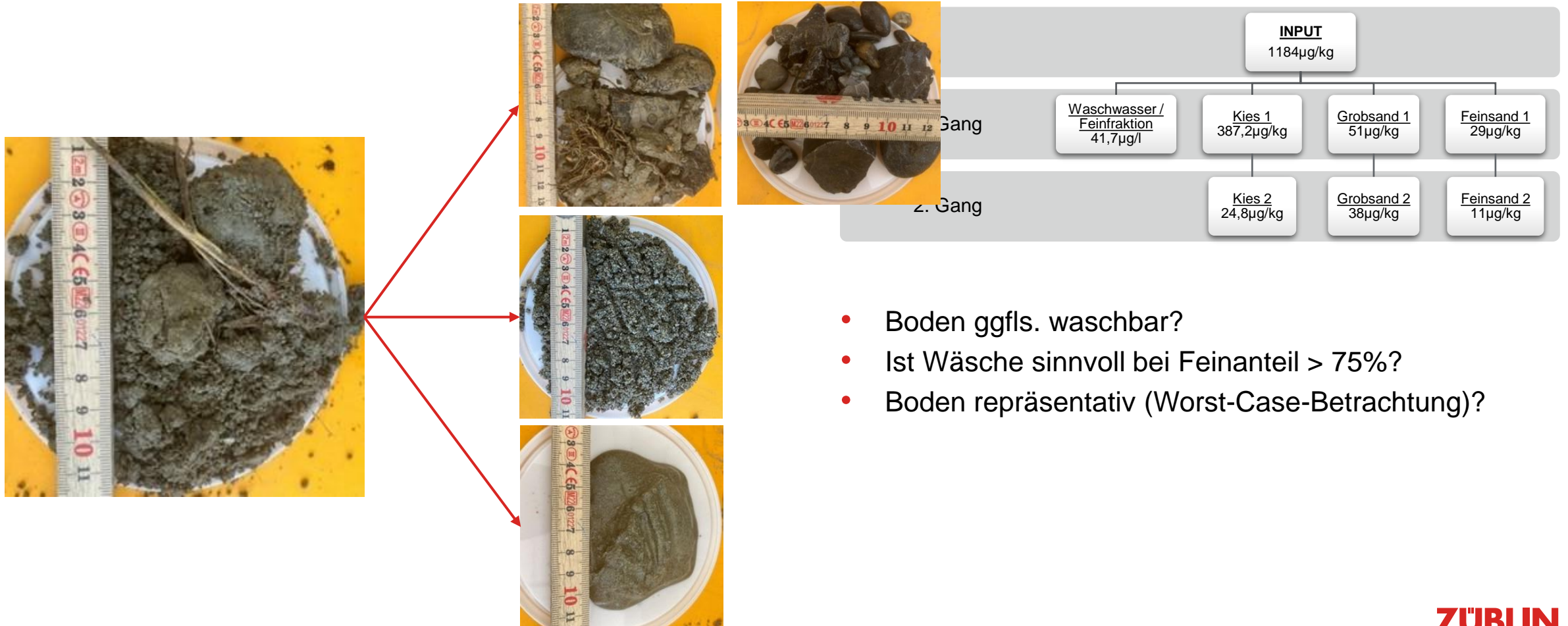
- Charakterisierung der entstehenden Fraktionen
- Erkennen von hindernden Randbedingungen
- Vorschlag für eine geeignete Behandlungssequenz und Verfahrensauswahl

Waschversuche Beispiel



- Boden waschbar
- Erfordernis eines zweiten Waschganges auf Projektskala zu prüfen

Waschversuche Beispiel



- Boden ggfls. waschbar?
- Ist Wäsche sinnvoll bei Feinanteil > 75%?
- Boden repräsentativ (Worst-Case-Betrachtung)?

Waschversuche im großtechnischen Maßstab



Bearbeitung des Bodenmaterials unter weitgehend maßstäblichen Bedingungen erzielt die besten Ergebnisse

- Reale verfahrenstechnische Bedingungen
- Probenmenge 100-200t

KAPITEL 3

Bewertung



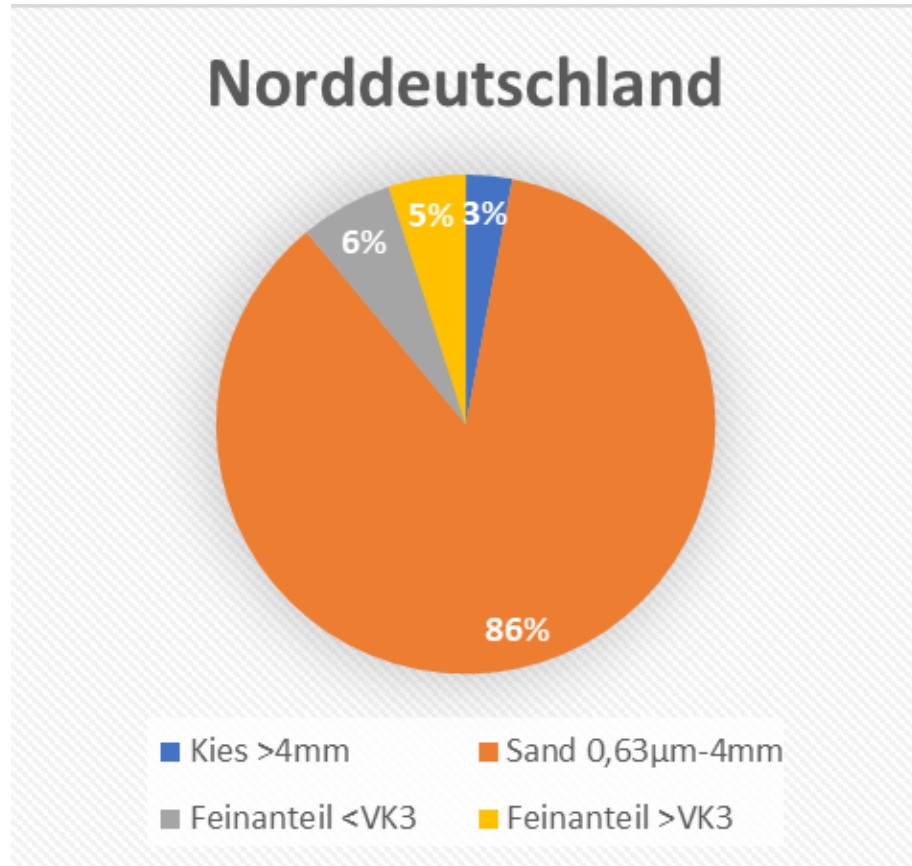
ZÜBLIN
WORK ON PROGRESS

On-site Bodenwäsche ist sinnvoll, wenn:



- rollige Böden vorherrschen
- das Schadstoffinventar zugänglich ist (z.B. PFAS)
- Kubatur > ca. 50.000 t
- Sanierungs- und Abreinigungsziele geklärt sind
- ausreichend Betriebsfläche zur Verfügung gestellt werden kann
- ausreichend Vorlaufzeit für Planung und Genehmigung gewährt werden kann

On-site Bodenwäsche ist sinnvoll, weil:



- Gute Waschergebnisse erzielt werden können
 - Jahr 2023: 180.000t erfolgreich gewaschen
- die Bodenwäsche und die Verwendung des Materials im Rahmen des Sanierungsplanes unter BBodSchV adressiert werden kann
- niedrig kontaminierte Chargen aus der PFAS-Wäsche können ggfls. vor Ort verwendet werden

Bodenwäsche > Entsorgung

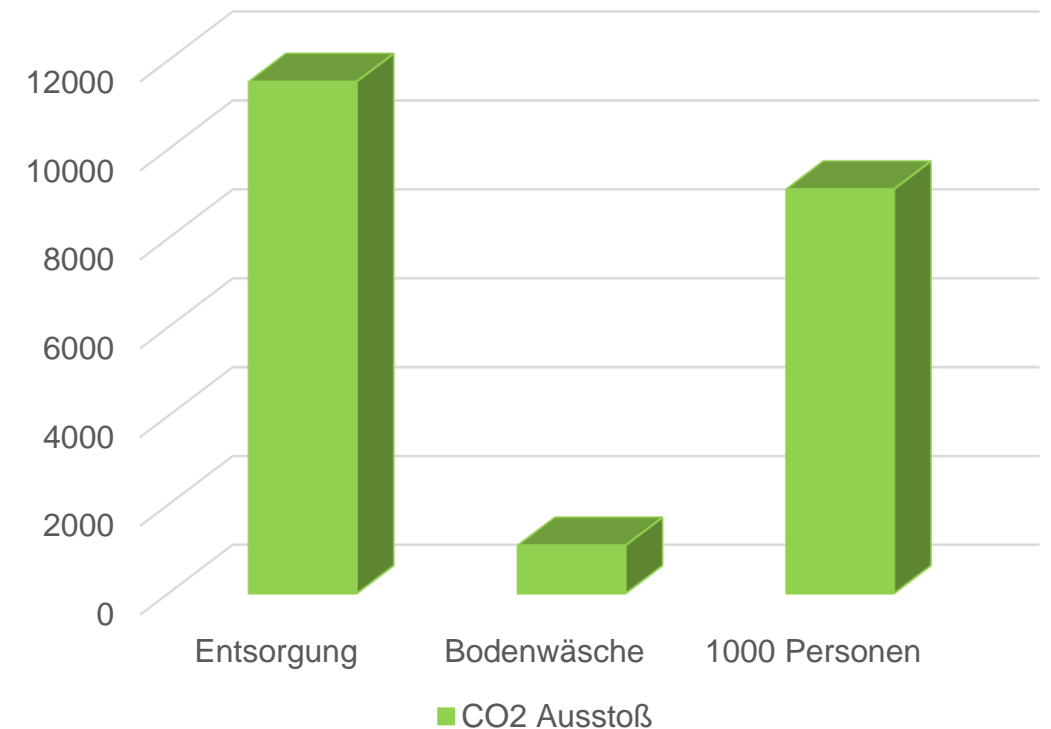
Transport zur Entsorgung:

- 8 kg CO₂/Tonne je 100 km Entfernung (beladener Sattelzug)
- Durchschnittliche Transportentfernung: Projektstandort → neue Bundesländer: 400 km
→ **Hin+Zurück: 800km => 64 kgCO₂/t**

Bodenwäsche:

- Strom: 4,5 kWh/t => 1,9 kgCO₂/t (Strommix 2023)
- Diesel: 0,125 l Diesel/t => 0,33 kgCO₂/t
- Entsorgung von 5% des INPUT: 3,2 kgCO₂/t
- Aktivkohle: 0,24 kg WAK/t reaktiviert: < 0,24 kgCO₂/t
→ **Gesamt: <6 kgCO₂/t**

CO₂ Ausstoß pro Jahr in [t CO₂]



Ich freue mich auf Ihre Fragen.

Dr. Benjamin Faigle
B. Volz

Züblin Umwelttechnik GmbH
benjamin.faigle@zueblin.de
www.zueblin-umwelttechnik.com



ZÜBLIN
WORK ON PROGRESS