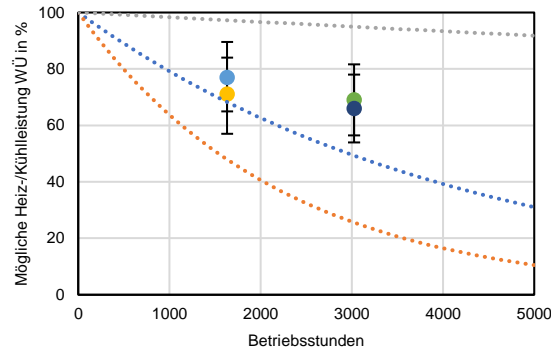


Entwicklung eines prädiktiven Tools zur Vorhersage von Fouling und Ableitung eines effektiven Wärmeübertragerdesigns bei der energetischen Nutzung von Grubenwasser



Lukas Oppelt, Timm Wunderlich, Fritz Raitchel, Tom Ebel, Willi Krause, Thomas Grab, Tobias Fieback

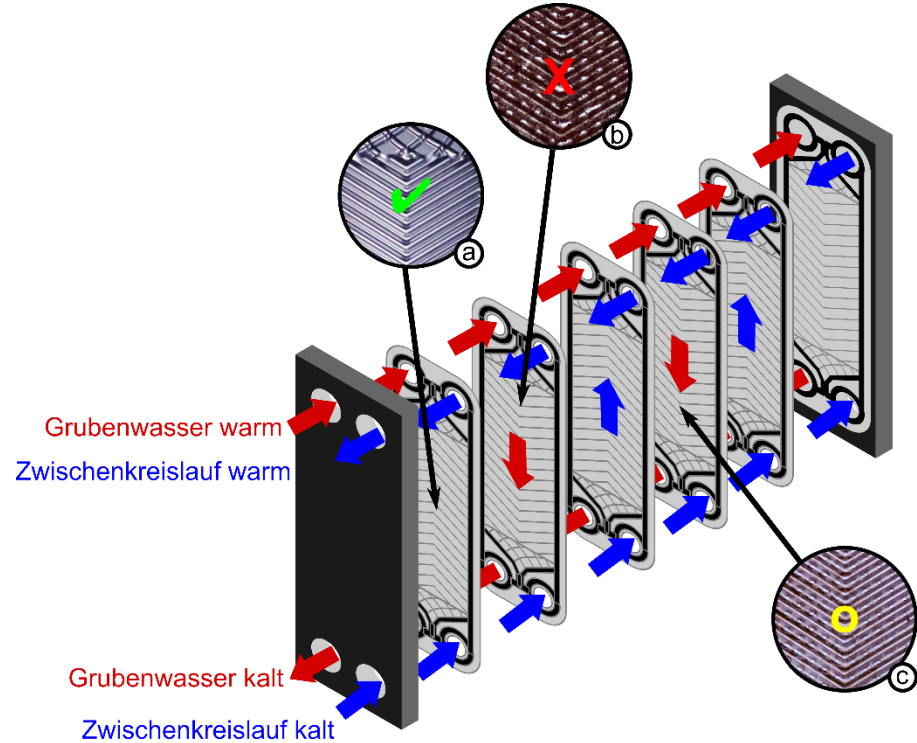
Problemstellung Fouling

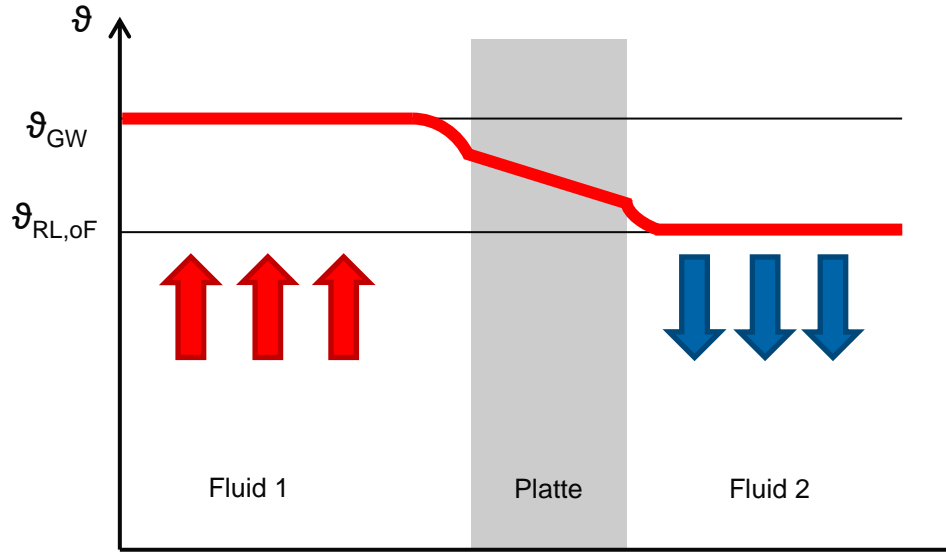


Einfluss der Wasserchemie auf den Anlagenbetrieb

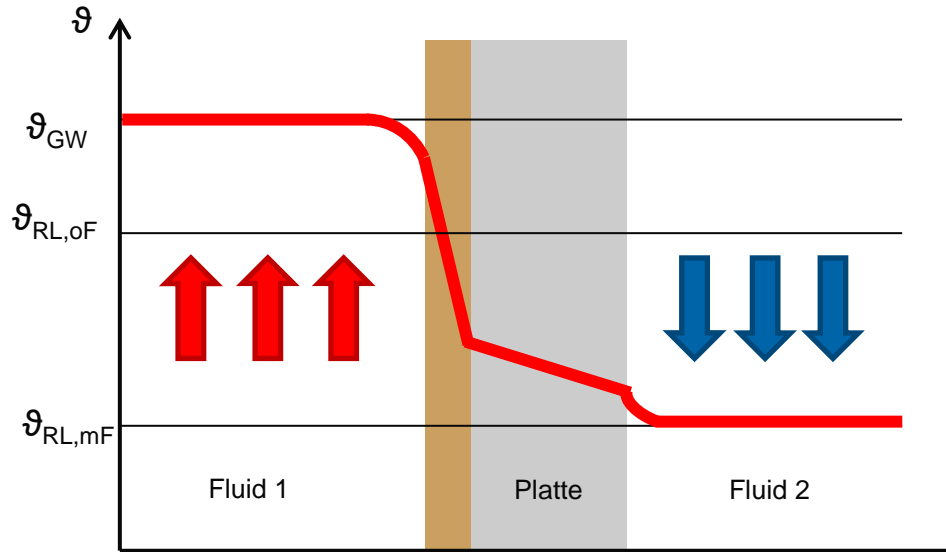
- Grubenwässer enthalten organische/ anorganische teilweise gelöste/ ungelöste Stoffe
- Chemismus ist jeweils vom Standort abhängig
- Ausbildung von oftmals stabilen Schichten (Fouling) auf Anlagenteilen
 - Kristallisationsfouling
 - Partikelfouling
 - Reaktionsfouling
 - Korrosionsfouling
 - Biofouling







Stoff	WLF in $\frac{W}{mK}$
Stahl	~ 50
Edelstahl	~ 15



Stoff	WLF in $\frac{W}{mK}$
Stahl	~ 50
Edelstahl	~ 15
CaCO ₃	~ 0,35
FeS	~ 1,2
Fe ₂ O ₃	~ 0,6
Biofilm	~ 0,5-0,7

Charakteristik Grubenwasser



Wird Fouling relevanten Einfluss haben?



Was hat Einfluss?

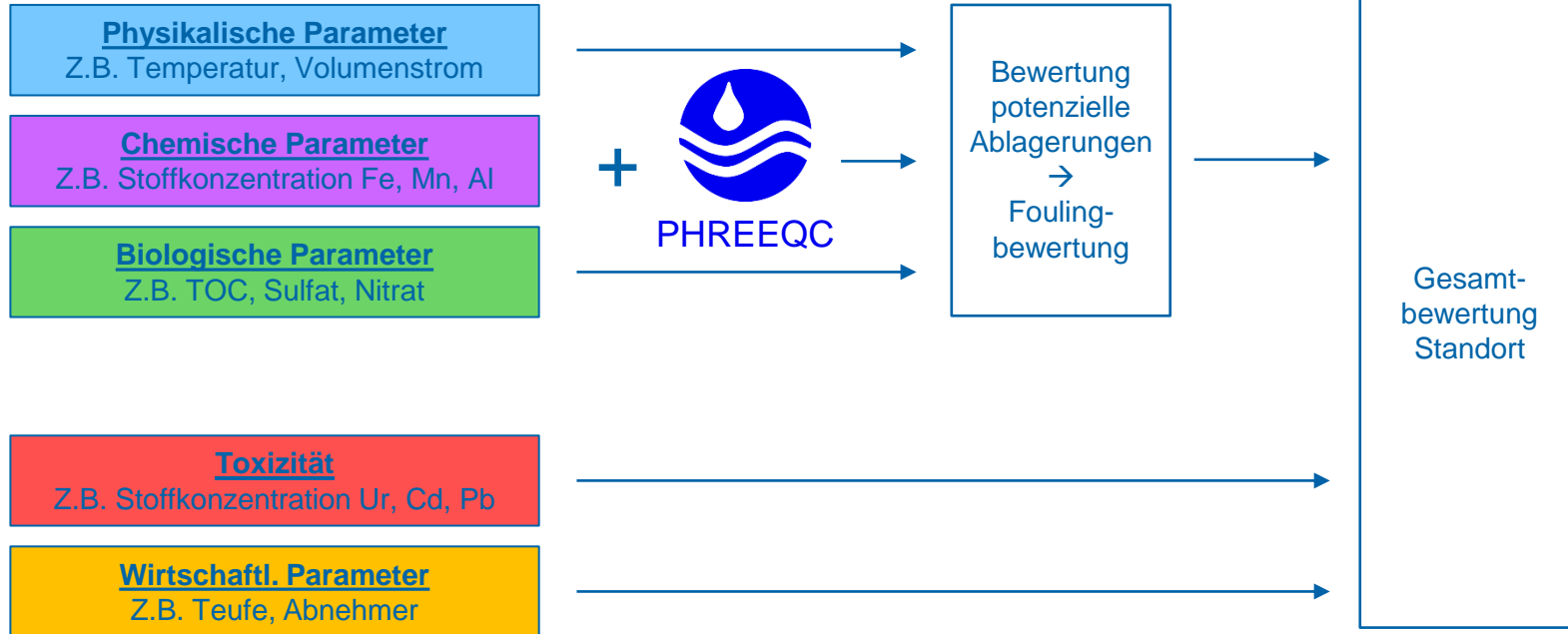


Wie kann dem entgegengewirkt werden?

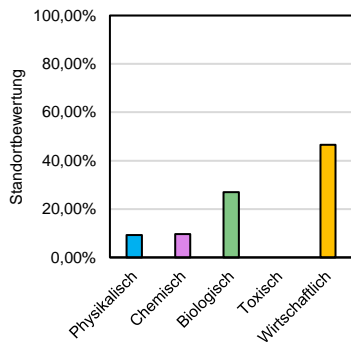


Wärmeübertragerdesign

Entwicklung einer Standortvorbewertung für Grubenwasser-WÜ

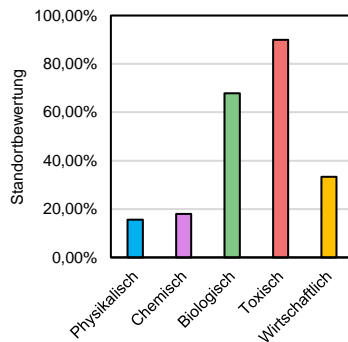


Mariánské Radčice Braunkohle



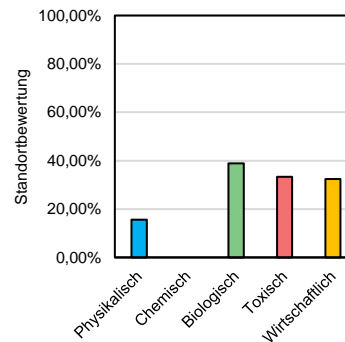
Gesamtbewertung: 22,16 %
Foulingbewertung: 16,21 %

Bochum Steinkohle



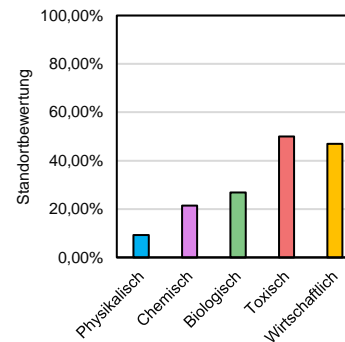
Gesamtbewertung: 49,94 %
Foulingbewertung: 42,62 %

Freiberg Silber



Gesamtbewertung: 25,18 %
Foulingbewertung: 21,40 %

Bad Schlemma Uran



Gesamtbewertung: 30,05 %
Foulingbewertung: 23,13 %



Was ist eigentlich eine „gute“ Bewertung?



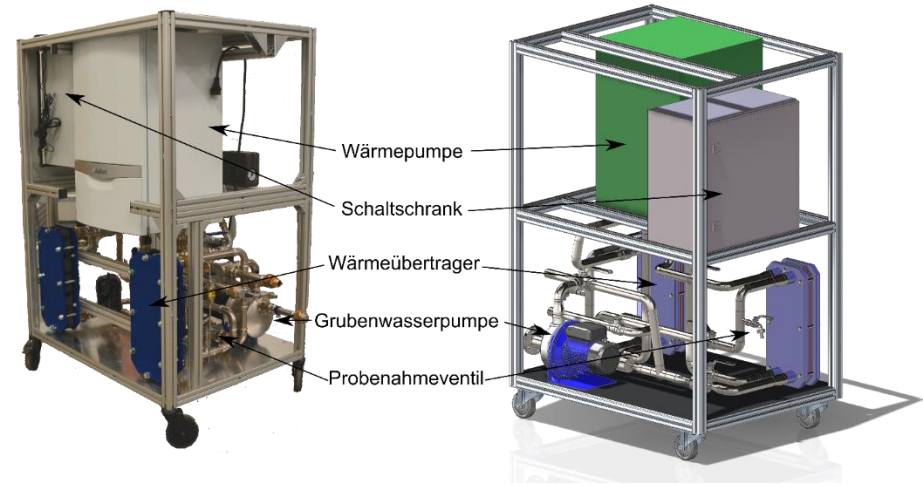
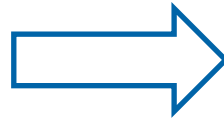
Verknüpfung Ergebnisse der Bewertung mit Versuchsergebnissen 1. Generation



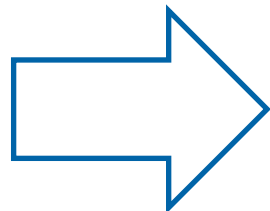
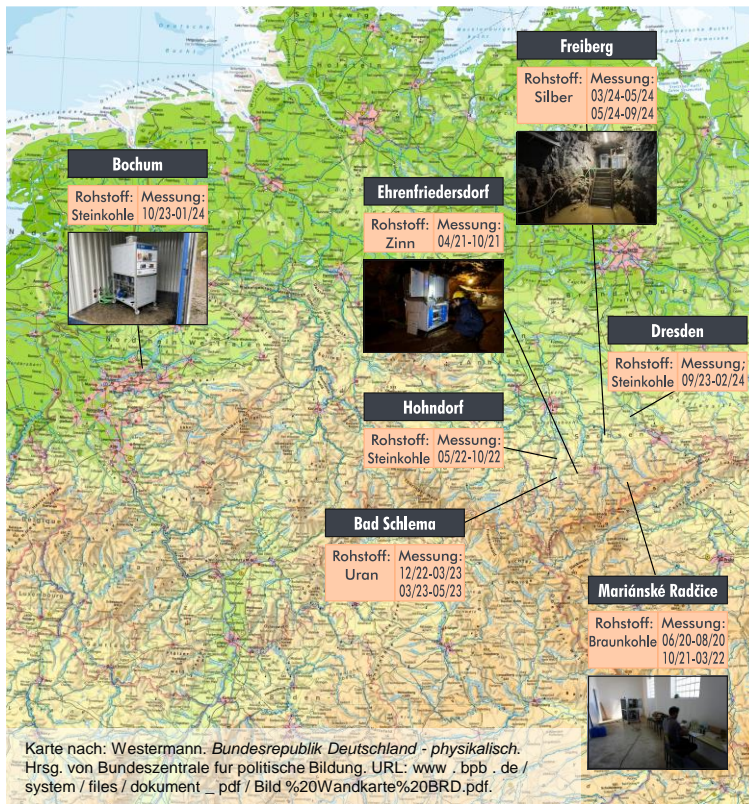
Kreiskrankenhaus Freiberg



Bergwerk Ehrenfriedersdorf



- Wärmepumpe VWS 36/4.1
- bis 4 kW Heizleistung
- 0 – 30 °C
Quellentemperatur
- 230 V
Versorgungsspannung
- Kompakte Ausführung
80x100x150 cm



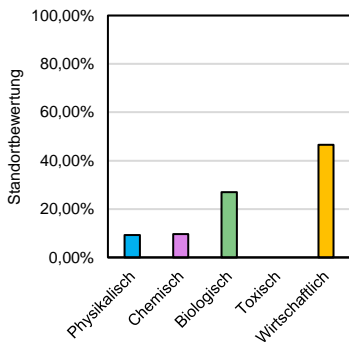
Bisher:

- 10 Versuchsreihen an 7 Standorten
- Bergwerke: Steinkohle, Braunkohle, Silbererz, Zinnerz, Uranerz

Aktuell/Geplant:

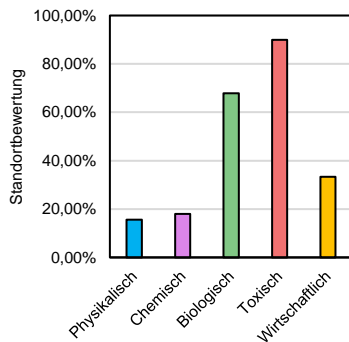
- Weitere Versuchsreihe in Bochum und Ehrenfriedersdorf
- Weiterer Standort Annaberg

Mariánské Radčice Braunkohle



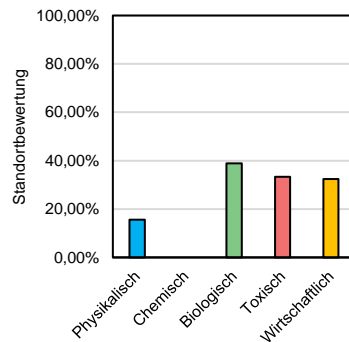
Gesamtbewertung: 22,16 %
Foulingbewertung: 16,21 %

Bochum Steinkohle



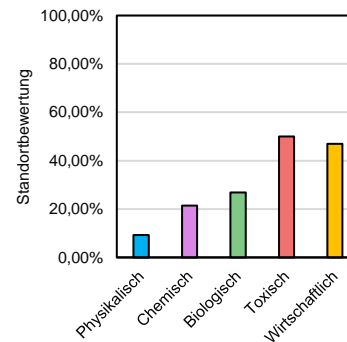
Gesamtbewertung: 49,94 %
Foulingbewertung: 42,62 %

Freiberg Silber



Gesamtbewertung: 25,18 %
Foulingbewertung: 21,40 %

Bad Schlemma Uran



Gesamtbewertung: 30,05 %
Foulingbewertung: 23,13 %

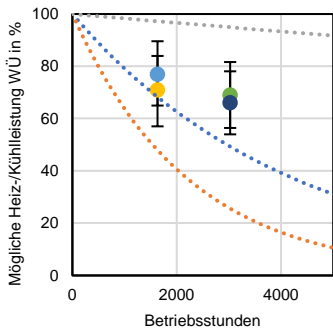


Was ist eigentlich eine „gute“ Bewertung?



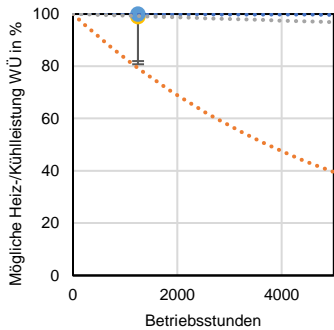
Verknüpfung Ergebnisse Bewertung mit Versuchsergebnissen 1. Generation

Mariánské Radčice Braunkohle



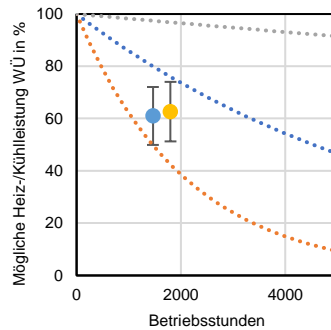
Foulingbewertung: 16,21 %

Bochum Steinkohle



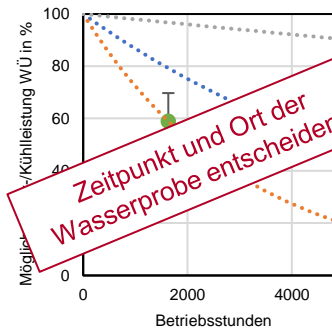
Foulingbewertung: 42,62 %

Freiberg Silber



Foulingbewertung: 21,40 %

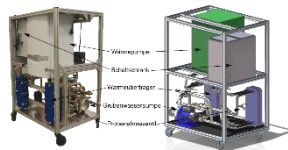
Bad Schlemma Uran



Foulingbewertung: 23,13 %

Zeitpunkt und Ort der Wasserprobe entscheidend

➔ **Passen die Messergebnisse dazu?**



Charakteristik Grubenwasser



Wird Fouling relevanten Einfluss haben?



✓ → Standortbewertung
(Genauigkeit Fouling ≈ 80 %)



Wie kann dem entgegengewirkt werden?

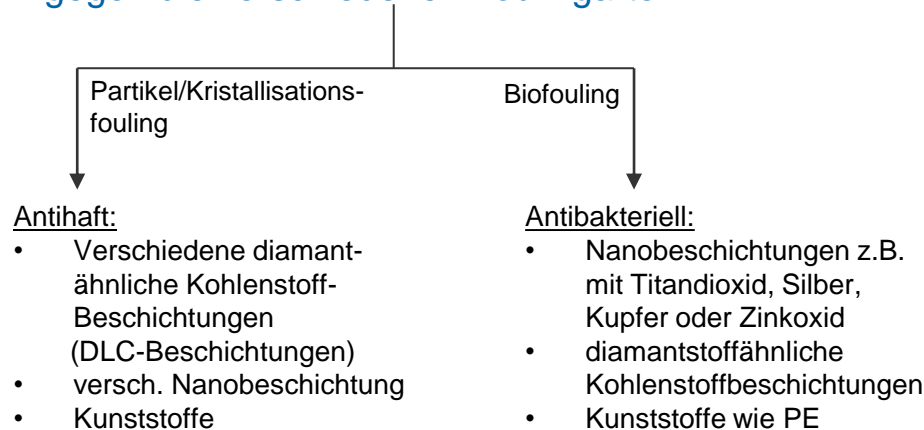


Wärmeübertragerdesign

Was wäre das geeignetste Material für den Wärmeübertrager?

➔ Vermeidung von Fouling (Anpassung der Wärmeübertrageroberfläche)
 ➔ Transfer aus anderen Bereichen (z.B. Abwasserbehandlung, Lebensmittelindustrie, Medizintechnik,)

1. geeignete Materialien und Beschichtungen gegen die verschiedenen Foulingarten

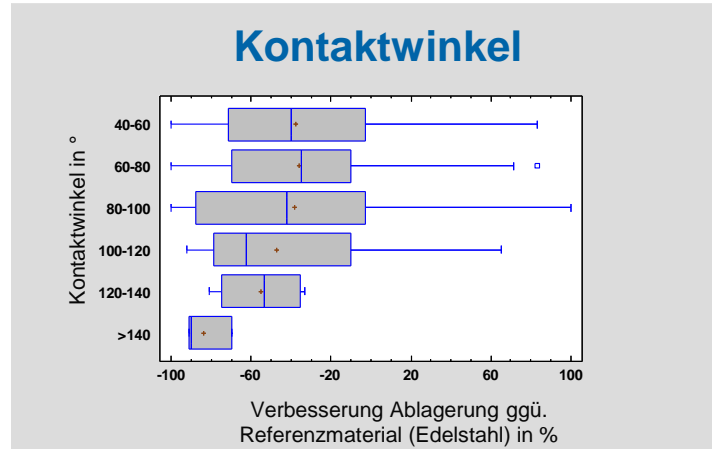


2. Kriterien hinsichtlich fouling-reduzierender Oberflächenparameter

- Kontaktwinkel
- Oberflächenrauigkeit
- Zeta-Potenzial
- Oberflächenenergie (+ verschiedene Anteile)

Was wäre das geeignetste Material für den Wärmeübertrager?

- ➔ Sammlung von 233 Messungen zum Foulingverhalten der jeweiligen Oberfläche
- ➔ Prognose der Ablagerung anhand von Kontaktwinkel, Oberflächenenergie, Rauigkeit

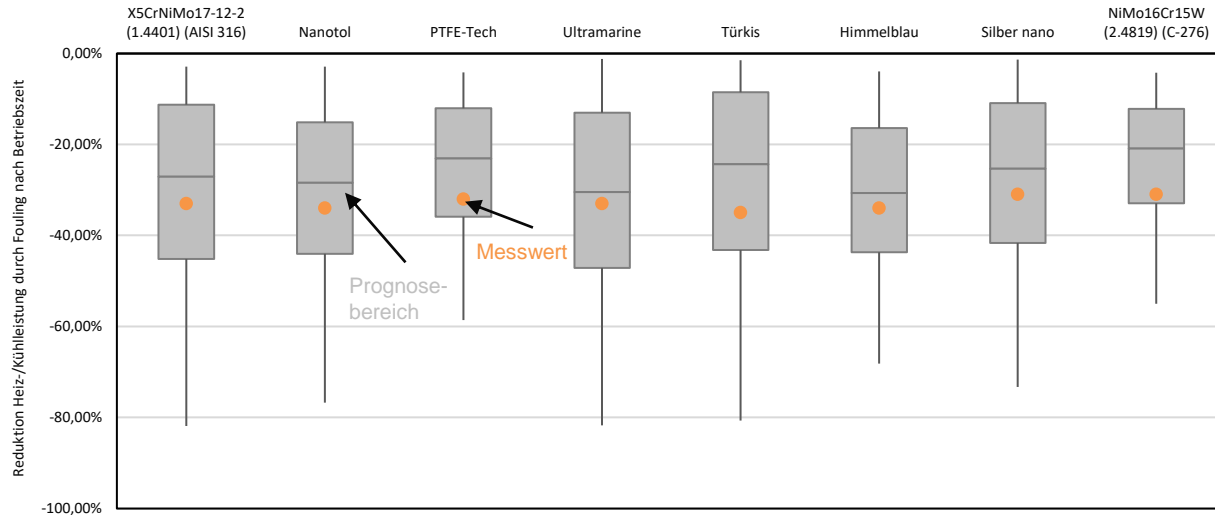
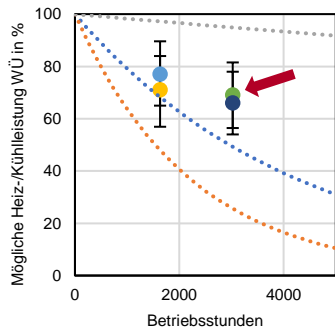


Was wäre das geeignetste Material für den Wärmeübertrager?

➔ Sammlung von 233 Messungen zum Foulingverhalten der jeweiligen Oberfläche

➔ Prognose der Ablagerung anhand von Kontaktwinkel, Oberflächenenergie, Rauigkeit

Mariánské Radčice Braunkohle



Charakteristik Grubenwasser



Fouling wird relevanten Einfluss haben?



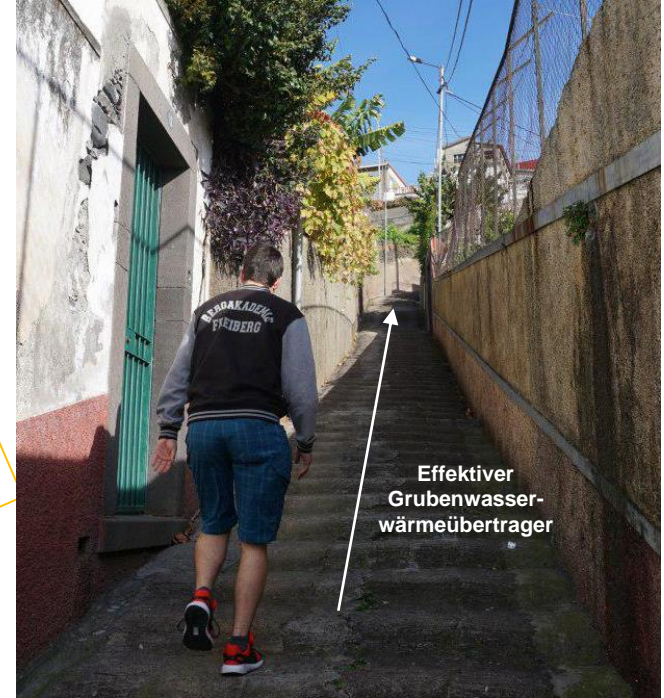
✓ → Standortbewertung
(Genauigkeit Fouling ≈ 80 %)



Wie kann dem entgegengewirkt werden?



✓ → Materialauswahl
→ aktuell in Validierung



Effektiver Grubenwasser-wärmeübertrager



Vielen Dank für
Ihr Interesse!

Mehr Informationen:
[tu-freiberg.de/
fakult4/iwtt/ttd](https://tu-freiberg.de/fakult4/iwtt/ttd)



TU BERGAKADEMIE FREIBERG
Gustav-Zeuner-Straße 7
09599 Freiberg

Lukas Oppelt
+49(0)3731 39-3277
lukas.oppelt@ttd.tu-freiberg.de

Dr. Thomas Grab
+49(0)3731 39-3004
thomas.grab@ttd.tu-freiberg.de

