

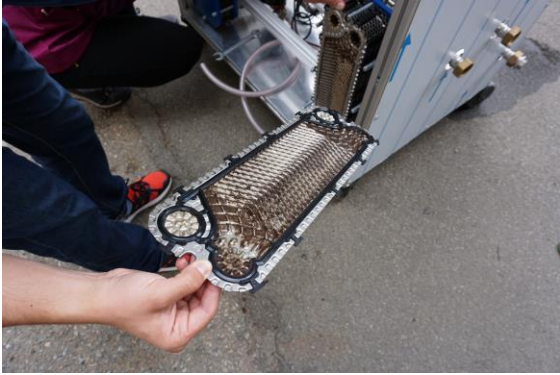
Effektive energetische Nutzung von Grubenwasser durch optimiertes Wärmeübertragerdesign



Lukas Oppelt, T. Wunderlich, T. Grab, S. Pose, T. Fieback

kassel22 07.09.2022

Problemstellung Fouling

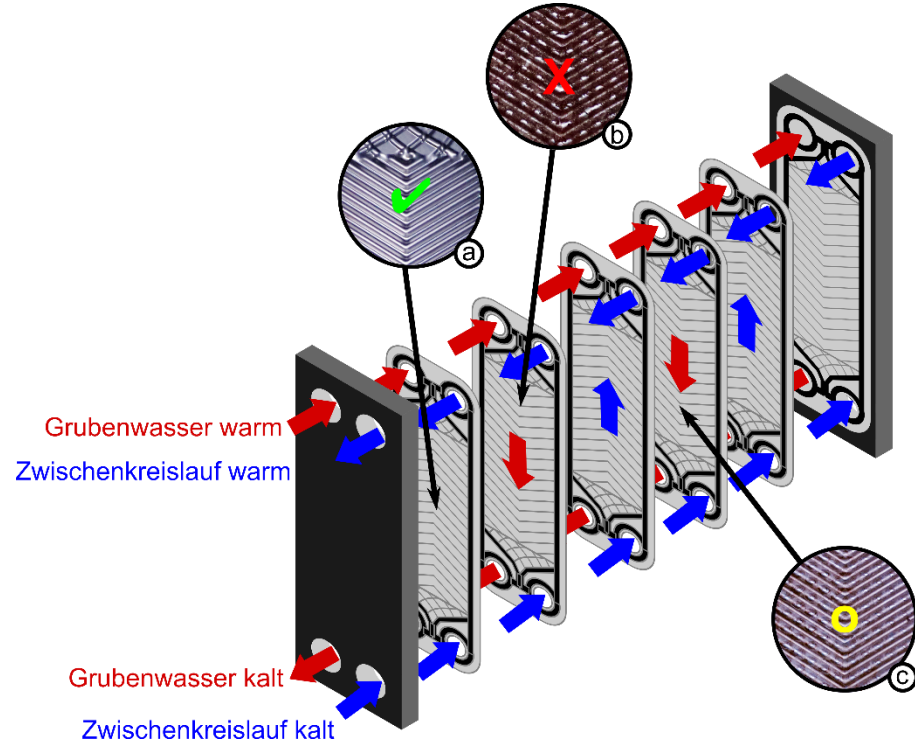
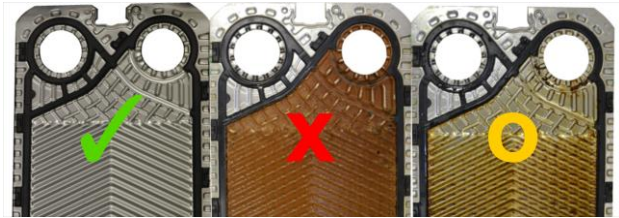


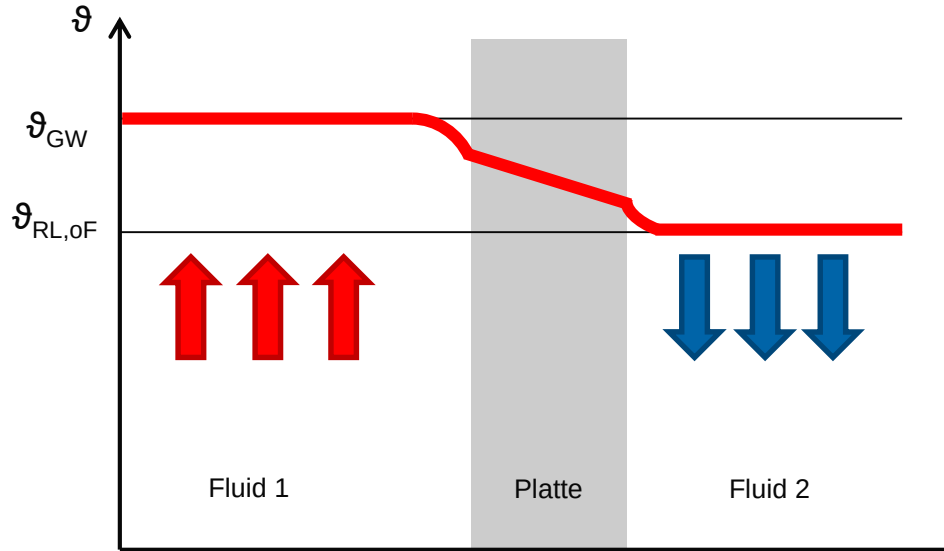
- Grubenwässer enthalten organische/ anorganische teilweise gelöst/ ungelöst Stoffe
- Chemismus ist jeweils vom Standort abhängig
- Anlage bewirkt Ausbildung von oftmals stabilen

Schichten (Fouling)

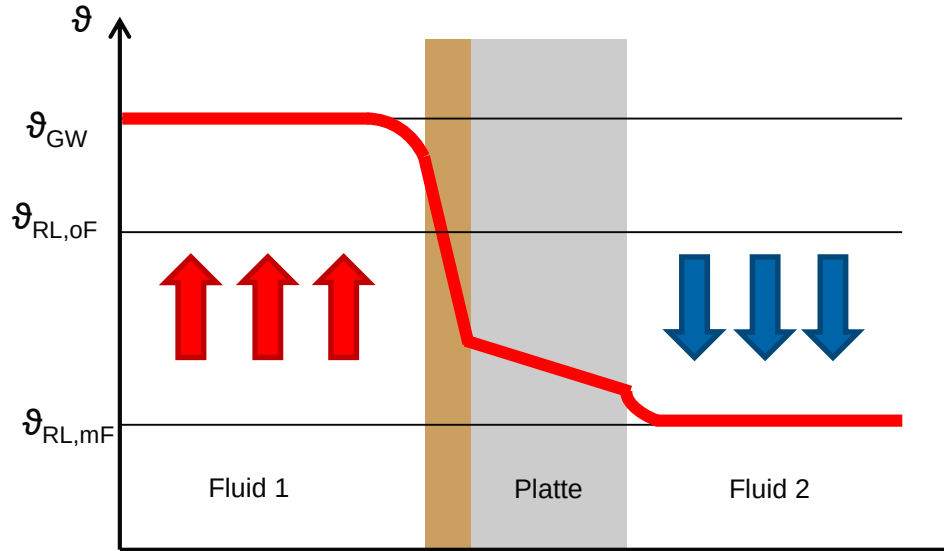
- Kristallisationsfouling
- Partikelfouling
- Reaktionsfouling
- Korrosionsfouling
- Biofouling







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_2O_3	~ 0,6
Biofilm	~ 0,5-0,7

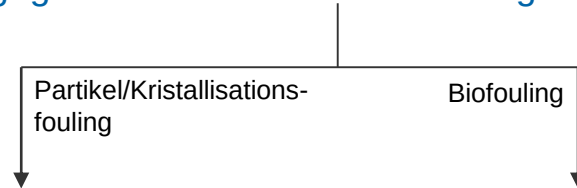
Literaturrecherche



Vermeidung von Fouling (Anpassung der Wärmeübertrageroberfläche)

→ Transfer aus anderen Bereichen (z.B. Abwasserbehandlung, Lebensmittelindustrie, Medizintechnik)

1. geeignete Materialien und Beschichtungen gegen die verschiedenen Foulingarten



Antihaft:

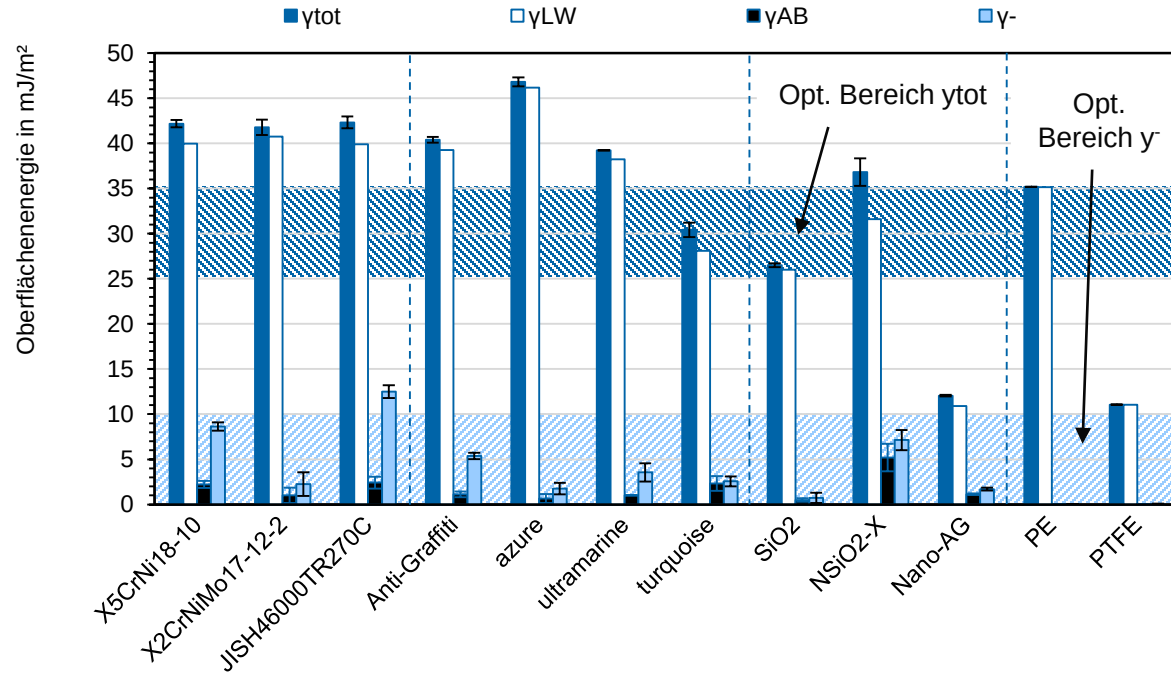
- Verschiedene diamant-ähnliche Kohlenstoff-Beschichtungen (DLC-Beschichtungen)
- versch. Nanobeschichtung
- Kunststoffe

Antibakteriell:

- Nanobeschichtungen z.B. mit Titandioxid, Silber, Kupfer oder Zinkoxid
- diamantstoffähnliche Kohlenstoffbeschichtungen
- Kunststoffe wie PE

2. Kriterien hinsichtlich fouling-reduzierender Oberflächenparameter

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

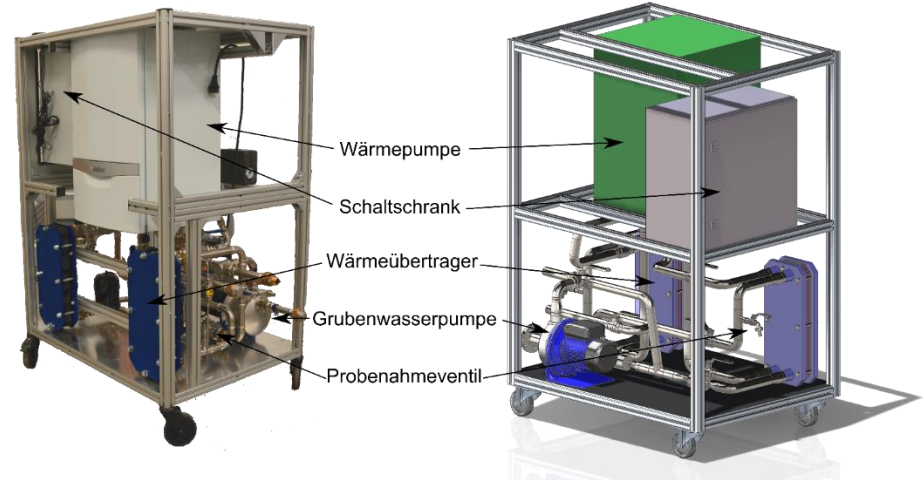


Metalle: Edelstahl 1.4301 + 1.4404, Titan

Antihaft/ -fouling Lackierungen:
Antibiofouling-Lackierung (ABC 1-3),
Antigraffiti-Lackierung (AGC)

Nanobeschichtungen:
SiO2-Beschichtung (NSiO2),
Antibakterielle SiO2-Beschichtung
(NSiO2-X), Nanosilber-Beschichtung
(NAG)

Kunststoffbeschichtungen:
PE, PTFE



- Wärmepumpe VWS 36/4.1 • 230 V
- bis 4 kW Heizleistung Versorgungsspannung
- -10 – 30 °C Quellen-temperatur
- Kompakte Ausführung 80x100x150 cm

Rohstoff:

Steinkohle

Messzeitraum:

05/2022-10/2022

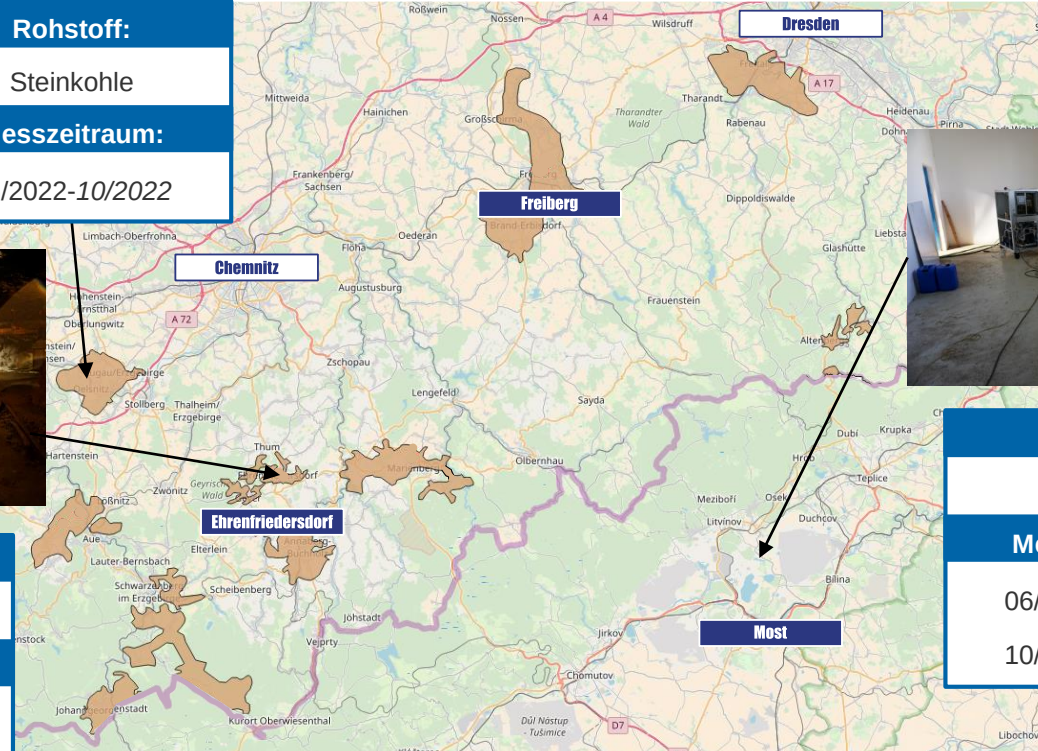


Rohstoff:

Zinn

Messzeitraum:

04/2021-10/2021



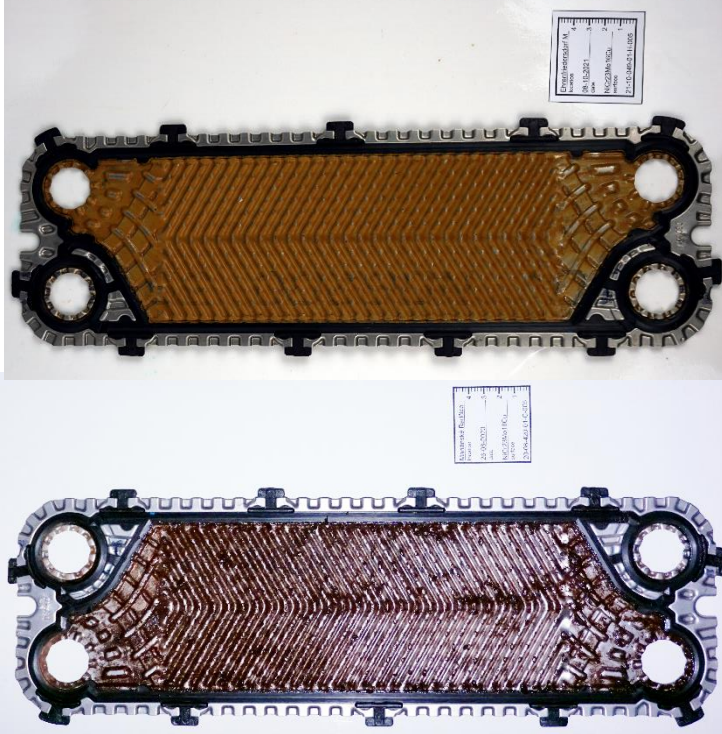
Rohstoff:

Braunkohle

Messzeitraum:

06/2020-08/2020

10/2021-03/2022



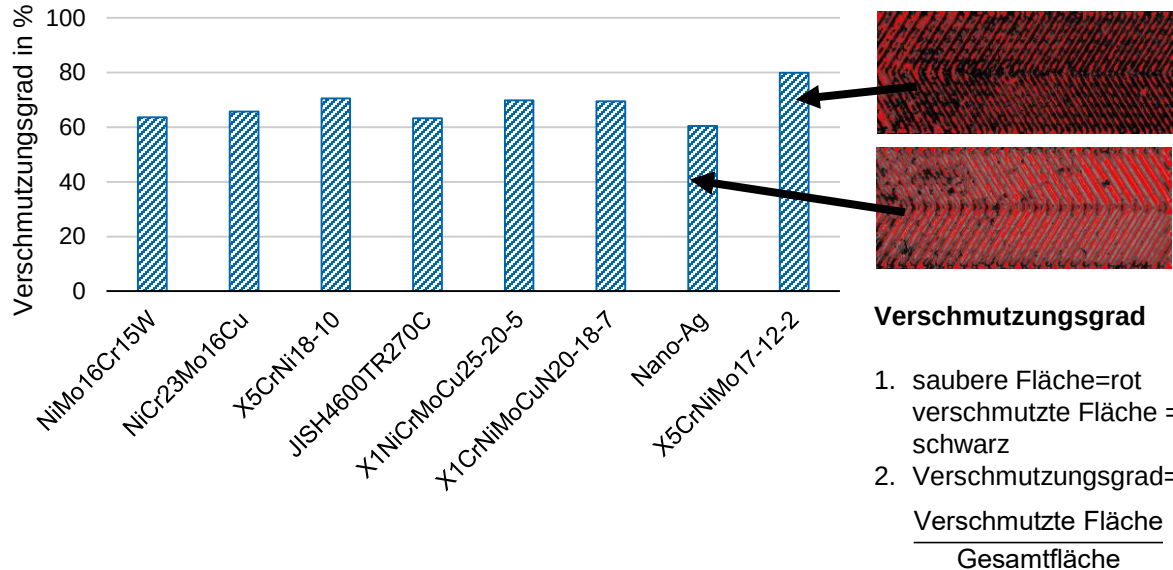
Messbare Größen

- Gewichts Differenz
- Verschmutzungsgrad
- Dicke Ablagerung?

Berechnete Größen

- Dicke Ablagerung?
- Transportierbare Wärmleistung
- Verlust im Vgl. zu neuer Platte

- Aktuell 4 Versuchsreihen, weitere Standorte in ganz Europa geplant
- Insgesamt 15 verschiedene Materialien/Beschichtungen untersucht

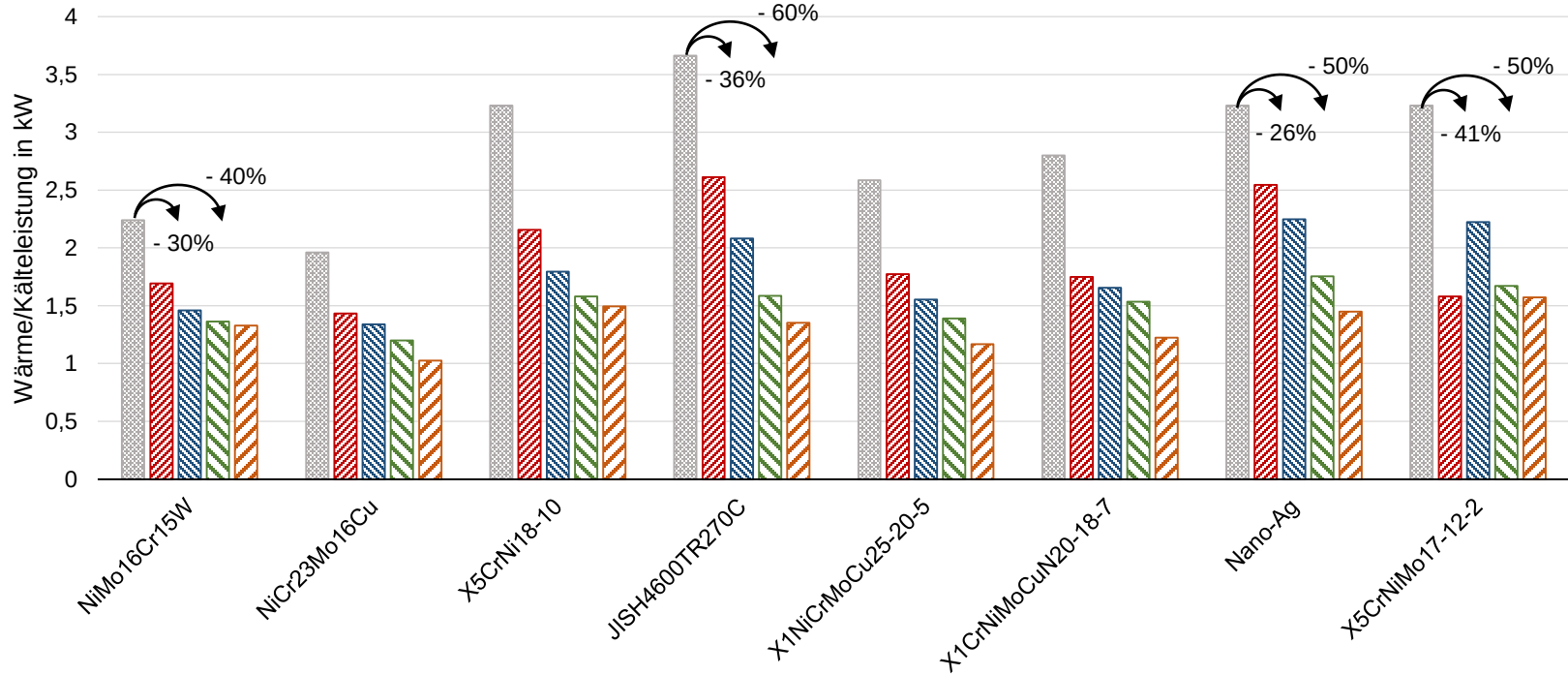
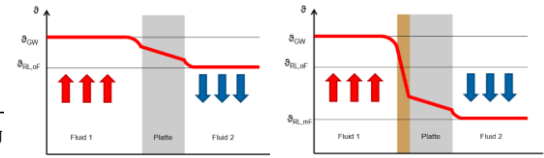


Materialnummer	Kennzeichnung
1.4401	X5CrNiMo17-12-2
2.4819	NiMo16Cr15W
2.4675	NiCr23Mo16Cu
1.4301	X5CrNi18-10
3.7025	JIS H4600 TR270C (Titan)
1.4539	X1NiCrMoCu25-20-5
1.4547	X1CrNiMoCuN20-18-7
1.4401	X5CrNiMo17-12-2 (Nano-Ag-Beschichtung)

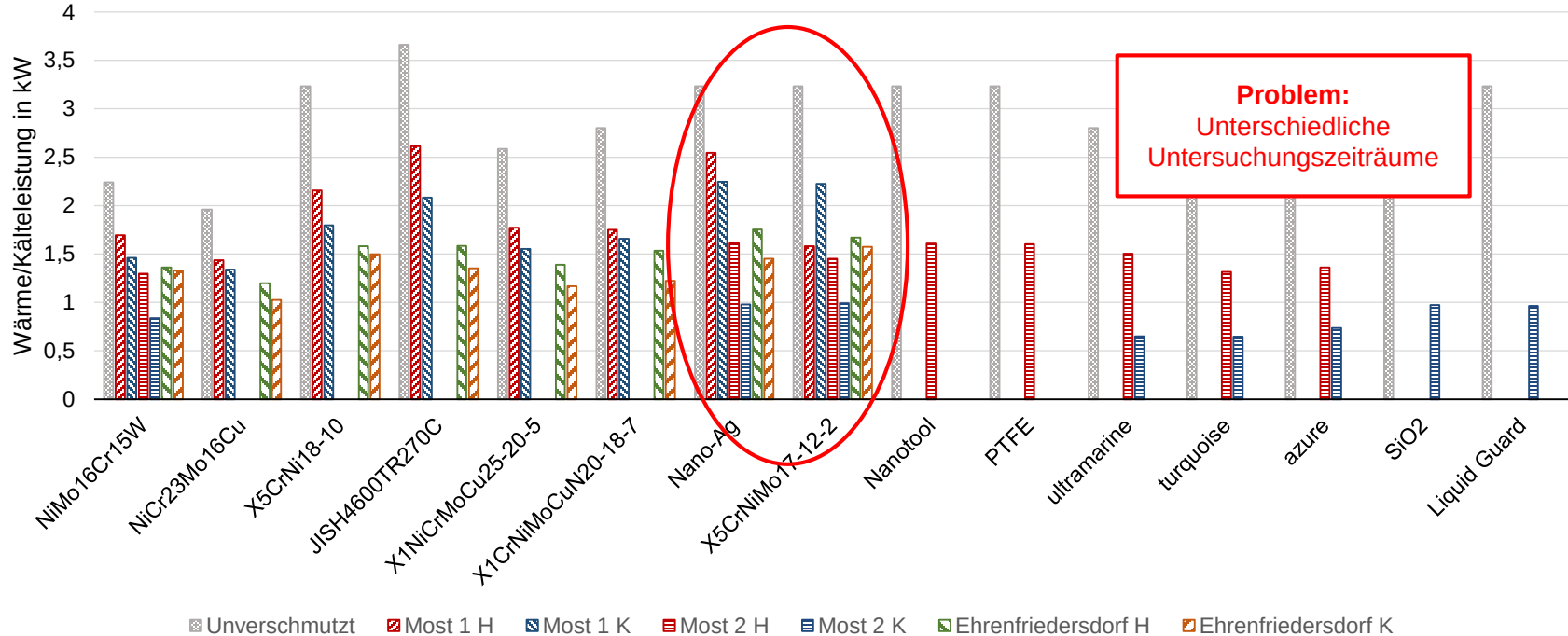
Wärmepumpenversuchsstand - Ergebnisse

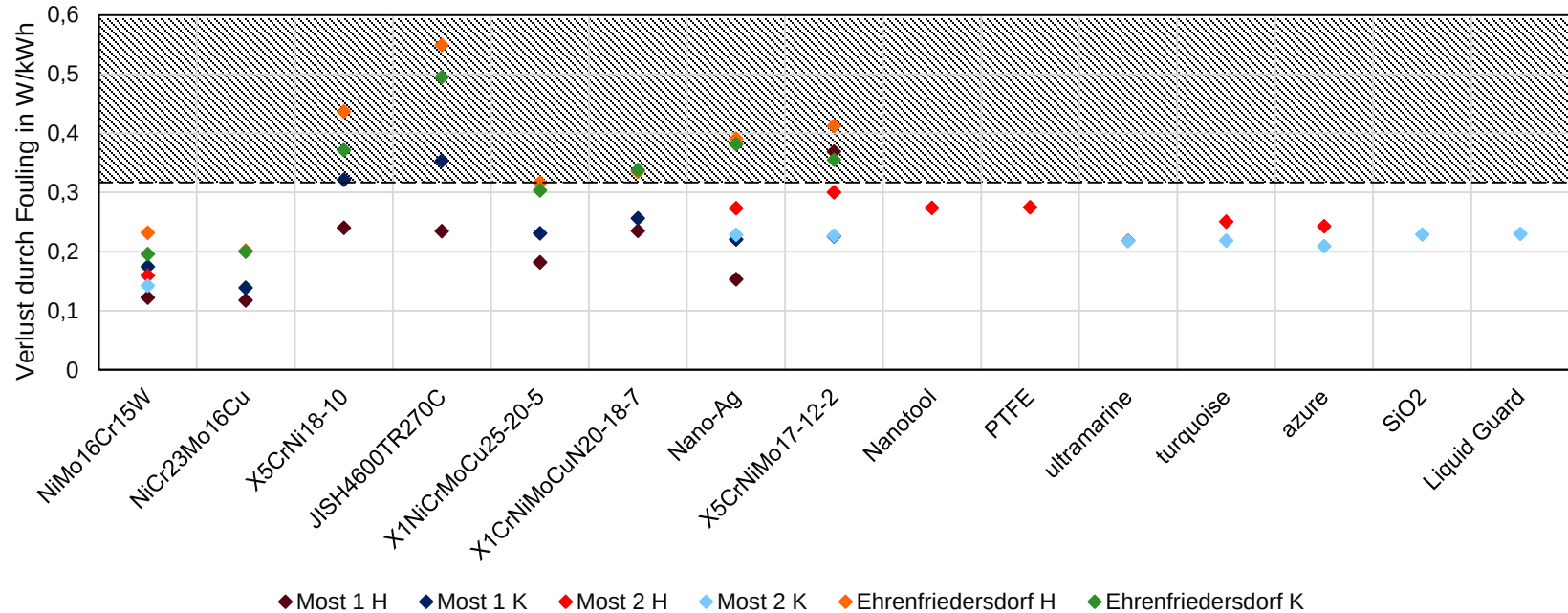
$$\dot{Q}_{W\ddot{U}} = k \cdot A \cdot \Delta t$$

$$\frac{1}{k} = \frac{s_{W\ddot{U}}}{\lambda_{W\ddot{U}} \cdot A_{W\ddot{U}}} + \frac{s_{Fo}}{\lambda_{Fo} \cdot A_{W\ddot{U}}}$$



Unverschmutzt
 Most H
 Most K
 Ehrenfriedersdorf H
 Ehrenfriedersdorf K





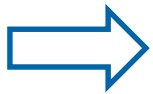


Weitere geplante Materialien

- Versilberte Platte
- Vernickelte Platte

Weitere geplante Standorte

- Ostrava (Tschechien)
- Ruhrgebiet
- Uranbergbau
(z.B. Bad Schlema)
- Kupferbergbau
(z.B. Oulu, Finnland)



**Verknüpfung Standortbedingungen
und optimierter Wärmeübertrager**

Quo vadis Wärmeübertrager für Grubenwasser?

Charakteristik Grubenwasser



Fouling wird relevanten
Einfluss haben?



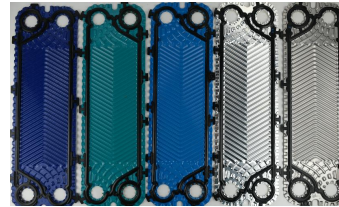
Was hat Einfluss?



Wie kann dem
entgegengewirkt werden?



Wärmeübertrager-
design



Auf jeden
Fall nach
oben!

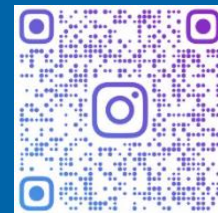


Mobil für jeden Standort!



Vielen Dank für
Ihr Interesse!

Mehr Informationen:
geothermie.
iwtt.tu-freiberg.de



TU BERGAKADEMIE FREIBERG
Gustav-Zeuner-Straße 7
09599 Freiberg



Die Maßnahme wird mitfinanziert mit
Steuermitteln auf Grundlage des vom
Sächsischen Landtag beschlossenen
Haushaltes.

Supported by



RawMaterials
Connecting matters



kassel22
documenta Stadt Kassel 2022



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

Timm Wunderlich
+49(0)3731 39-3276
timm.wunderlich@ttd.tu-freiberg.de

- [11] Memmler, M., et al.; „Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger“. Umweltbundesamt (Hrsg.), Dessau-Roßlau, 2018.
- [12] Lehrstuhl für Technische Thermodynamik, Technische Universität Bergakademie Freiberg: Vergleich von Grubenwassergeothermie zu fossilen Energieträgern mittels ökonomischer, ökologischer und technologischer Kriterien Wissenschaftliches Poster-Geothermiekongress 2021.
- [13] Bundesverband Wärmepumpe e.V. (bwp)-Energiepreise, 2022, <https://www.waermepumpe.de/politik/energiepreise/>.
- [14] BDEW-Gaspreisanalyse Januar 2022, 2022, <https://www.bdew.de/service/daten-und-grafiken/bdew-gaspreisanalyse/>.
- [15] CO2online-Fernwärme: Technik, Nutzung, Kosten und Alternativen, 2022, <https://www.co2online.de/modernisieren-und-bauen/heizung/fernwaerme/>.
- [16] CO2online-Ölheizung: Die wichtigsten Fragen & Antworten, 2022, <https://www.co2online.de/modernisieren-und-bauen/heizung/oelheizung/#c129943>.
- [17] CO2online-Strompreis in Deutschland: Herkunft, Zusammensetzung, Einsparungen, 2022, <https://www.co2online.de/energie-sparen/strom-sparen/strom-sparen-stromspartips/strompreis/>.
- [18] Agora Energiewende; Öko-Institut e.V.: Erneuerbare vs. fossile Stromsysteme: ein Kostenvergleich – Stromwelten 2050 – Analyse von Erneuerbaren, kohle- und gasbasierten Elektrizitätssystemen (2017).
- [19] Dr. Christoph Kost, Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme: Studie: Stromgestehungskosten erneuerbare Energien (2021)
- [20] Gaspreisentwicklung 2022 – Die Gaspreise steigen extrem, <https://1-gasvergleich.com/gaspreise/> [Zugriff am: 08.08.2022].
- [21] Bantle, C.: BDEW-Strompreisanalyse Juni 2021, <https://www.bdew.de/service/daten-und-grafiken/bdew-strompreisanalyse/> [Zugriff am: 08.08.2022].



Projekte



10/2021 – 12/2022



TECHNISCHE UNIVERSITÄT
BERGAKADEMIE FREIBERG
Die Ressourcenuniversität. Seit 1765.



SACHSEN
Die Maßnahme wird mitfinanziert mit
Steuermitteln auf Grundlage des vom
Sächsischen Landtag beschlossenen
Haushaltes.



01/2022 – 12/2024



WINZER

06/2022 – 06/2024



TECHNISCHE UNIVERSITÄT
BERGAKADEMIE FREIBERG
Die Ressourcenuniversität. Seit 1765.

GEFÖRDERT VON



MineATES

06/2022 – 06/2025



TECHNISCHE UNIVERSITÄT
BERGAKADEMIE FREIBERG
Die Ressourcenuniversität. Seit 1765.



GEFÖRDERT VON



GEFÖRDERT VON



Die Maßnahme wird mitfinanziert mit
Steuermitteln auf Grundlage des vom
Sächsischen Landtag beschlossenen
Haushaltes. 20