

# Entwicklung von hochgefüllten dünnwandigen Kunststoffelementen mit verbesserten Wärme-transporteigenschaften im Korrosionsbereich

**GVT** Projekt des Jahres 2023

P. Stannek<sup>1</sup>, H. Kieper<sup>2</sup>, M. Grundler<sup>1</sup>, H.-J. Bart<sup>2</sup>

## Motivation und Zielsetzung

**Kostengünstige Alternative für Energierückgewinnungsmaßnahmen im Umfeld korrosiver Medien.**

- Geringe Material- und Fertigungskosten (kontinuierliche Extrusion, keine aufwendige Prozesstechnik notwendig)
- Geringe Foulinganfälligkeit von Polymeren im Vergleich zu Metallen [1]

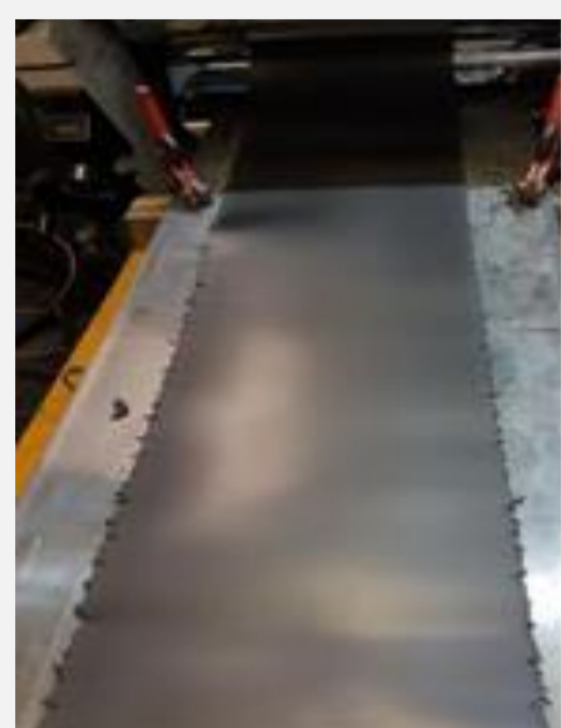
**Schließen der Lücke zwischen hochpreisigen „high-performance-Werkstoffen“ und günstigen aber schlecht wärmeleitfähigen Kunststoffen.**

**Fertigung kompakter Plattenwärmeübertrager zur Maximierung des Wärmedurchgangs.**

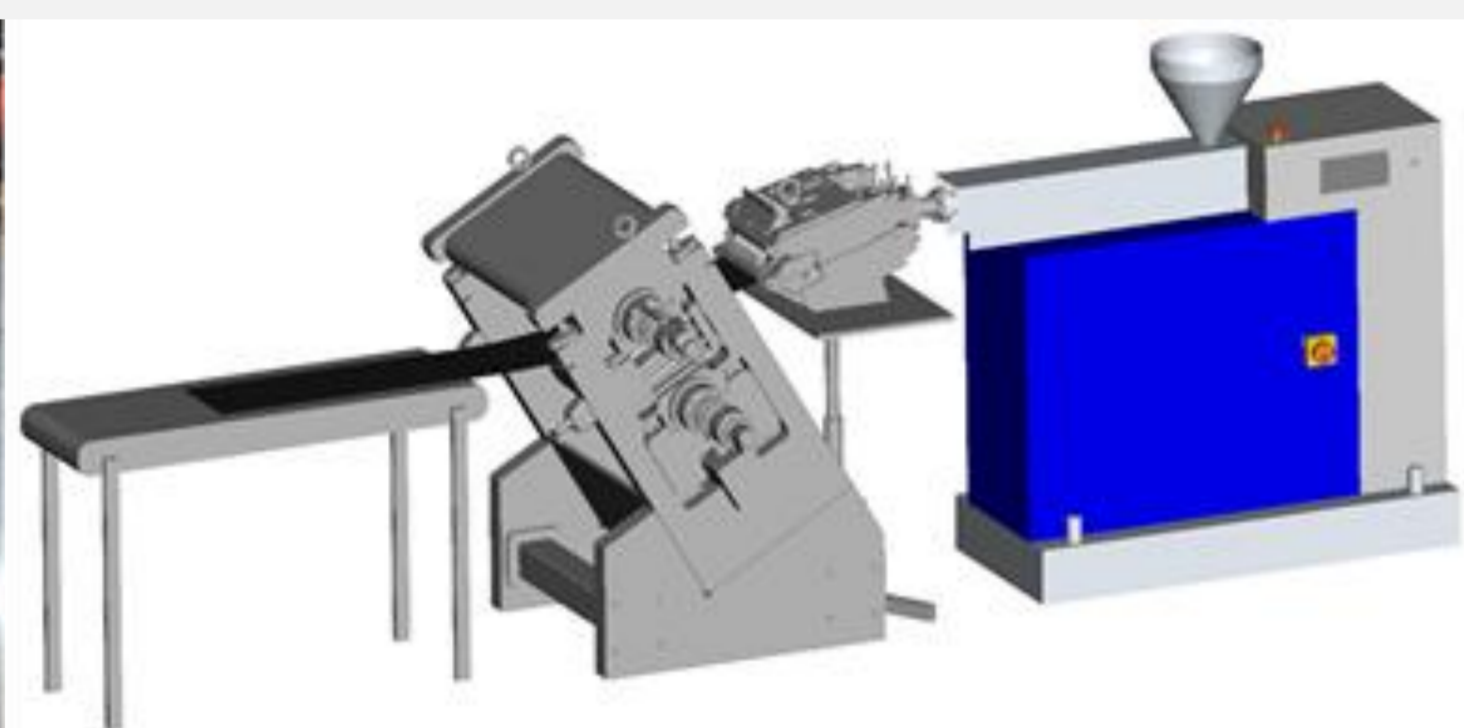


## Herstellungsprozess

1. Herstellung hochgefüllter Graphit-Polymer-Komposite in einem Ringextruder (Polypropylen bzw. Polyphenylsulfid dienen als Matrix).
2. Verarbeitung der Komposite zu ungeprägten Platten mittels Einschneckenextruder mit gekoppelter Breitschlitzdüse (Stärke: 1 - 2 mm).
3. Prägung der Platten mit einem für Plattenwärmeübertrager (PWÜ) typischen Chevron-Muster in einem Heißpressverfahren.
4. Assemblierung der thermischen Platten in Form eines gedichteten Plattenwärmeübertragers.



Schema der Produktionsanlage mit hergestellter wärmeleitfähiger Polymerkomposit-Platte



Prägestempel zur Herstellung strukturierter Platten



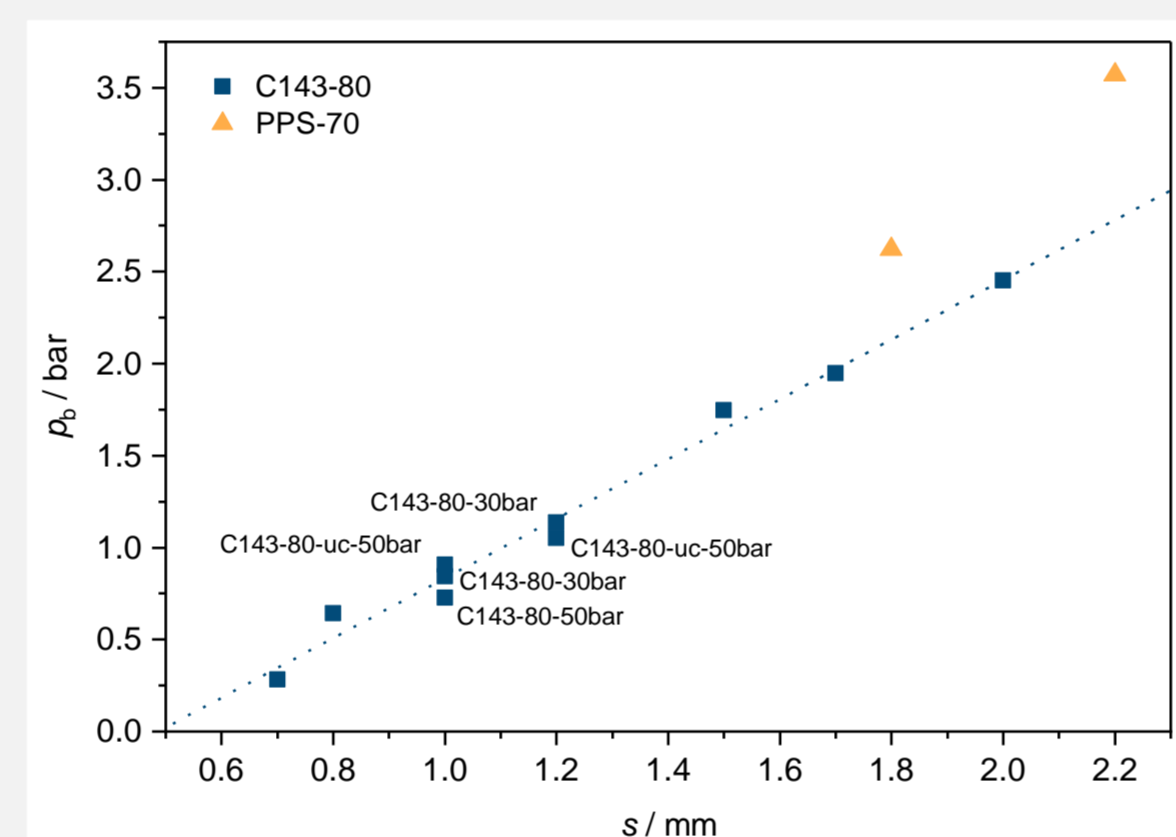
Finale Wärmetauscherplatte mit Dichtung und Schema der Assemblierung des Wärmetauschers



## Materialcharakterisierung

### Mechanische Charakterisierung

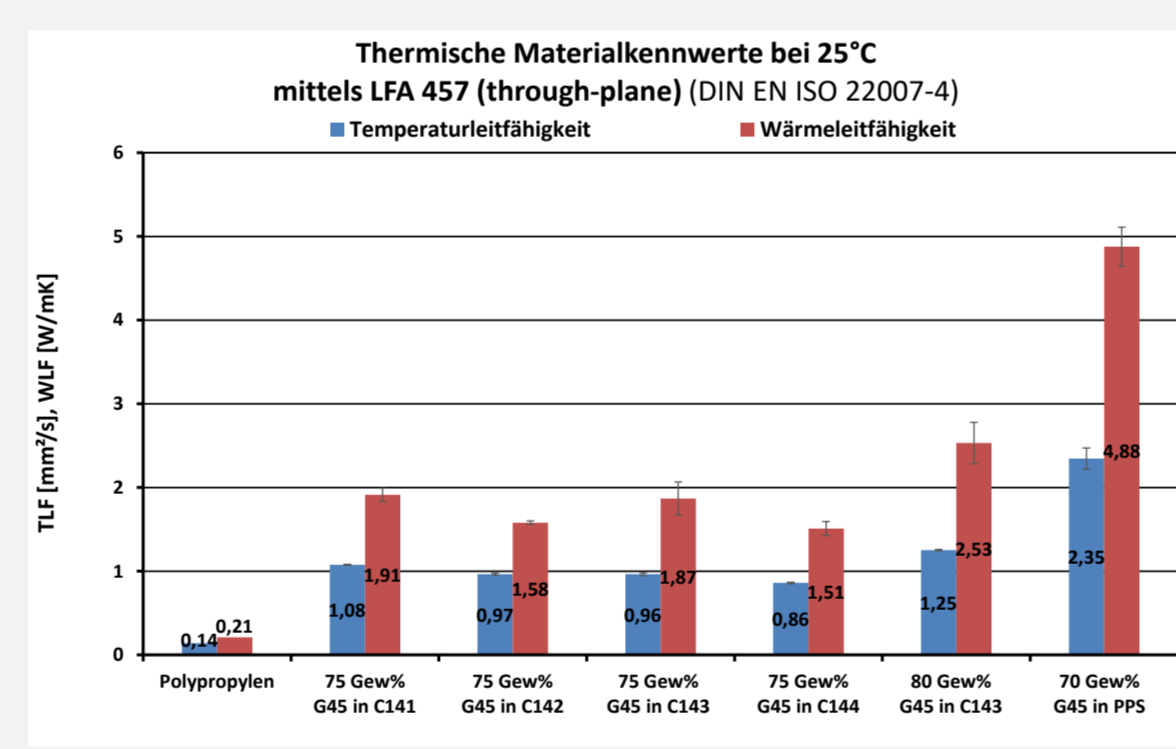
- Linearer Zusammenhang zwischen Berstdruck und Wandstärke
- Oberhalb 75 Gew.% Füllstoffanteil Verschlechterung der mech. Eigenschaften
- Stützpunkte im PWÜ sorgen für gute mechanische Stabilität (Berstdrucke > 5 bar)



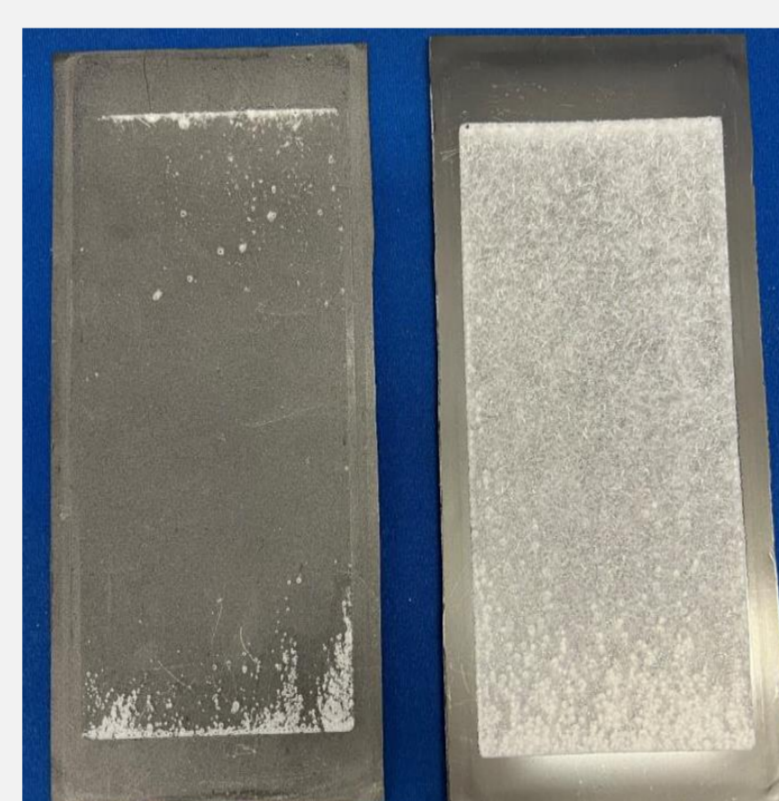
Berstdrucke geprägter Platten im idealisierten Versuchsstand

### Thermische Charakterisierung

- Wärmeleitfähigkeiten der Platten mit 75 Gew.% Graphit bei ca. 2 W/mK
- Matrixpolymere können die Wärmeleitfähigkeiten teils beeinflussen
  - 2,5 W/mK für 80 Gew.% Graphit in PP
  - 4,5 W/mK für 70 Gew.% Graphit in PPS



Temperatur- und Wärmeleitfähigkeit der Platten mit 75 Gew.% Graphit



CaSO<sub>4</sub> Ablagerungen an behandelter und unbehaltener Platte

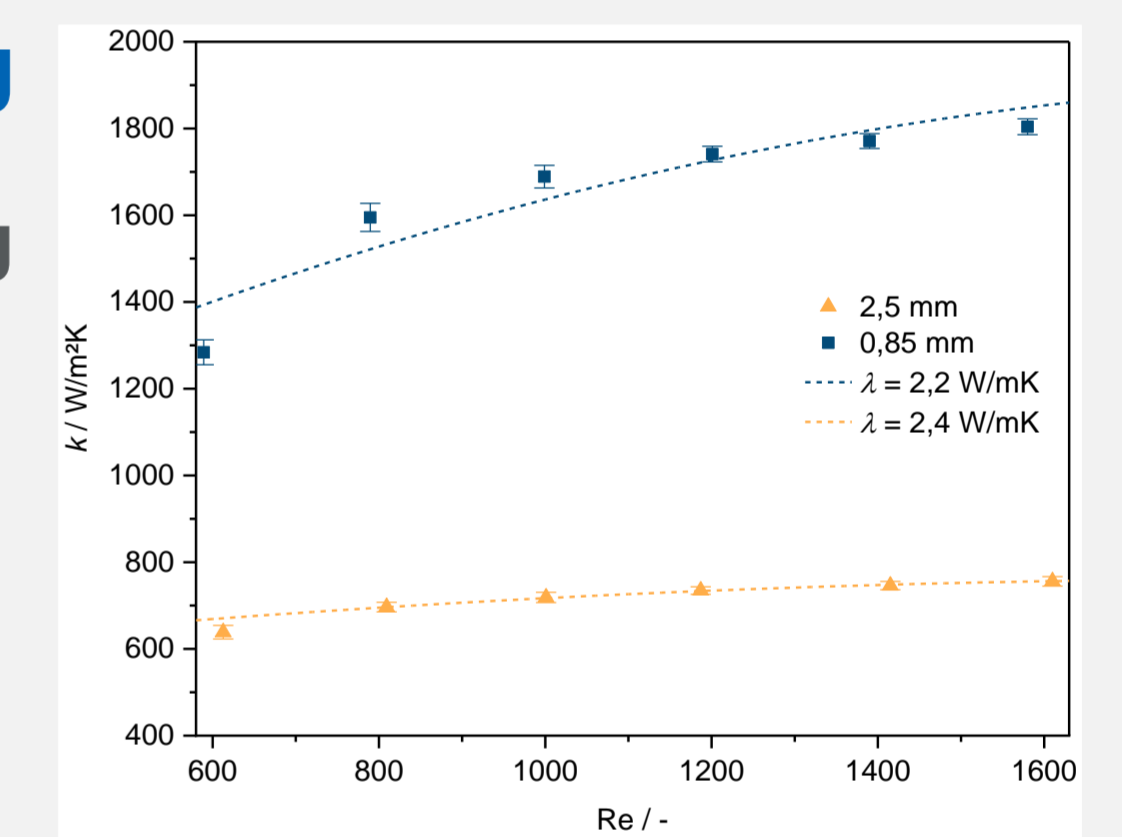
### Oberflächencharakterisierung

- Einfache Oberflächenmodifizierung möglich
  - (super)hydrophob → Sandstrahlung
  - hydrophiler → Konditionierung in Wasser
- Sandgestrahlte Oberflächen sorgen für geringe Foulinganfälligkeit

## Wärmedurchgang und Foulingneigung

### Hohe k Werte (1850 W/mK) durch Prägung und geringe Wandstärken realisierbar

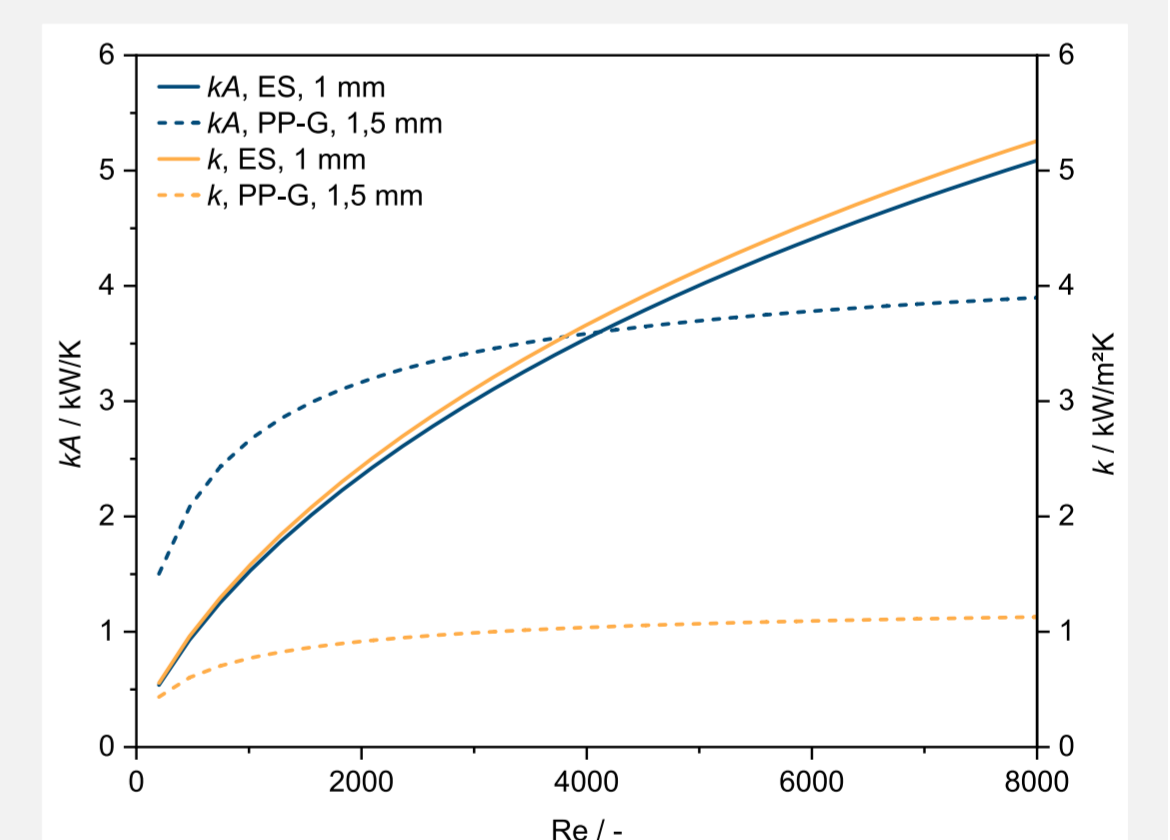
- Prägung erhöht effektive Wärmeleitfähigkeit
- Bessere Performance verglichen mit Polymer-wärmeübertragern aus der Literatur [2]



Gemessene und simulierte k Werte. PPS-Graphit. ΔT = 30 °C.

### Gute Übereinstimmung zwischen Modell und Experiment ermöglicht Materialvergleich

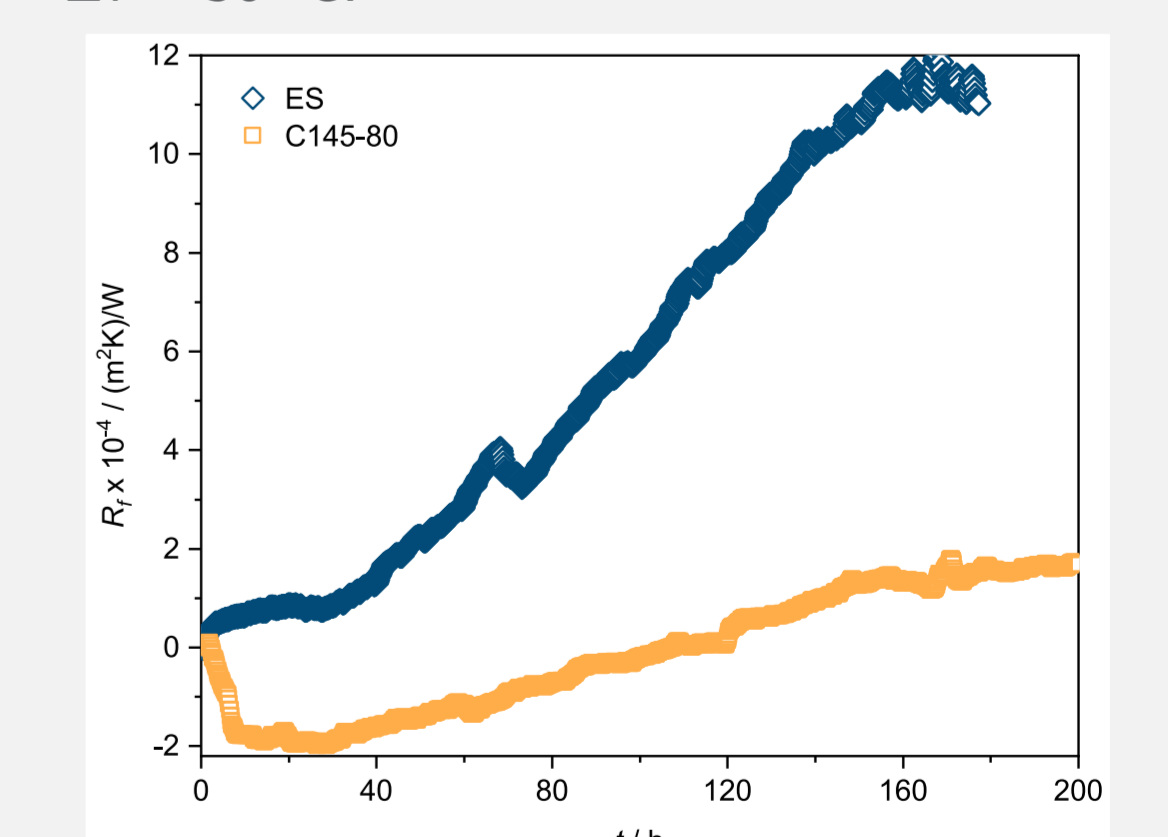
- Bei Berücksichtigung des Dichteunterschieds (kA als Vergleichsparameter) besitzen die Komposite eine mit Edelstahl (ES) vergleichbare Performance



Simulierte k und kA Werte. Re<sub>heiß</sub> = Re<sub>kalt</sub>. ΔT = 30 °C.

### Geringe Foulinganfälligkeit der Komposite

- Langsamere Kinetik und geringere Foulingablagerungsmassen im vgl. zu ES
- Geringe Adhäsion der Beläge auf den Oberflächen aufgrund geringer Oberflächenenergien
- **Allerdings:** Höhere Foulinganfälligkeit im entwickelten PWÜ aufgrund von Strömungsfehlverteilungen



Foulingwiderstände von Edelstahl und PP-Graphit. CaSO<sub>4</sub>-Fouling. Ungeprägte Platten.

## Zusammenfassung und Ausblick

- Platten mit einem Füllstoffgehalt von bis zu 80 Gew.% konnten hergestellt und mit den nötigen Funktionsstrukturen versehen werden.
- Die Fertigung von Compoundplatten verbessert die thermischen und mechanischen Eigenschaften, was den Einsatz der Materialien in PWÜ ermöglicht.
- Gewichts- und Kostenersparnis sowie geringe Foulingneigung der Compoundplatten gegenüber Edelstahl machen diese zu einer sinnvollen Alternative.
- Exakte Bestimmung der Anwendungsgrenzen (Temperatur, Drücke, etc.) notwendig, um den Einsatz des entwickelten PWÜ zu ermöglichen.

## Adressen der Forschungsstellen

<sup>1</sup> Zentrum für BrennstoffzellenTechnik GmbH / Carl-Benz-Straße 201 / D-47057 Duisburg

<sup>2</sup> Laboratory of Reaction and Fluid Process Engineering / TU Kaiserslautern / Gottlieb-Daimler-Straße 44 / 67663 Kaiserslautern

## Quellenangaben

[1] H.-J. Bart, C. Dreiser, Polymeric film application for phase change heat transfer, Heat Mass Transfer 54 (2018) 1729–1739.

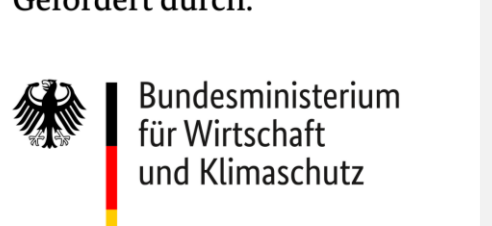
[2] X. Chen, Y. Su, D. Reay, S. Riffat, Recent research developments in polymer heat exchangers – A review, Renewable Sustainable Energy Rev. 60 (2016) 1367–1386.

## Förderung des Forschungsvorhabens

Gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) über die Aif im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) und initiiert durch die Forschungs-Gesellschaft Verfahrens-Technik e.V. (GVT).



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages