

## **3D-Druck-Rekuperator (3DDR) „hochtemperaturfest-gasdicht-ultrakompakt“ Neuer Hochleistungsrekuperator**

Entwicklung im FuE-Vorhaben

### **MULTISCHIBZ**

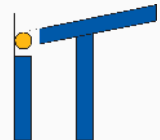
**Multiple-SchiffsIntegration Brennstoffzellen  
Ein Forschungsprojekt im Rahmen des  
Innovationsclusters e4ships 2.0 des NIP**

Dr.-Ing. Wolfgang Bender – Hülsebusch Apparatebau GmbH & Co. KG  
Marco Fuchs M.Sc. – IfT - Leibniz Universität Hannover  
Philipp Schwarz M.Eng. – Rosswag Engineering GmbH

# MultiSchIBZ – 3D-Druck-Rekuperator

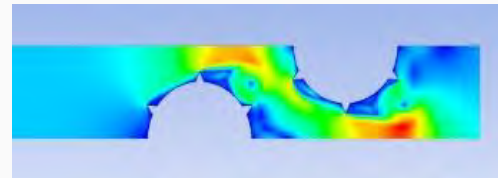
**Hülsenbusch Apparatebau GmbH & Co KG**

Engineering und Herstellung  
wärme- und verfahrenstechnischer Anlagen



**Institut für Thermodynamik  
Leibniz Universität Hannover**

Entwicklung und Optimierung  
wärmetechnischer Apparate

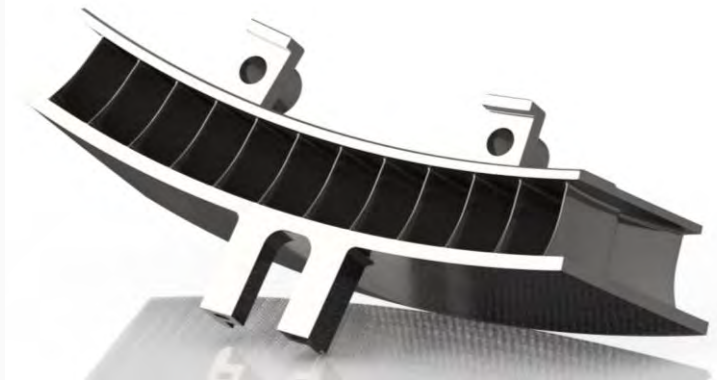


**Partner**

**ROESWAG**

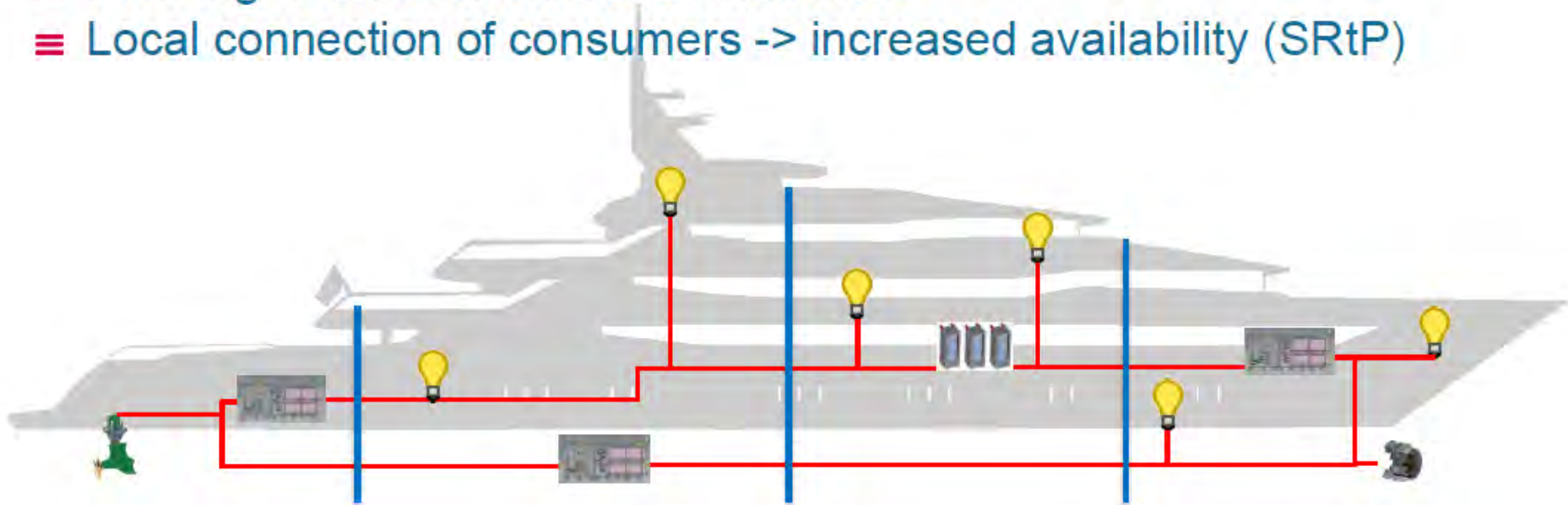
engineering

Metall 3D-Druck Dienstleister  
mit ganzheitlicher Prozesskette



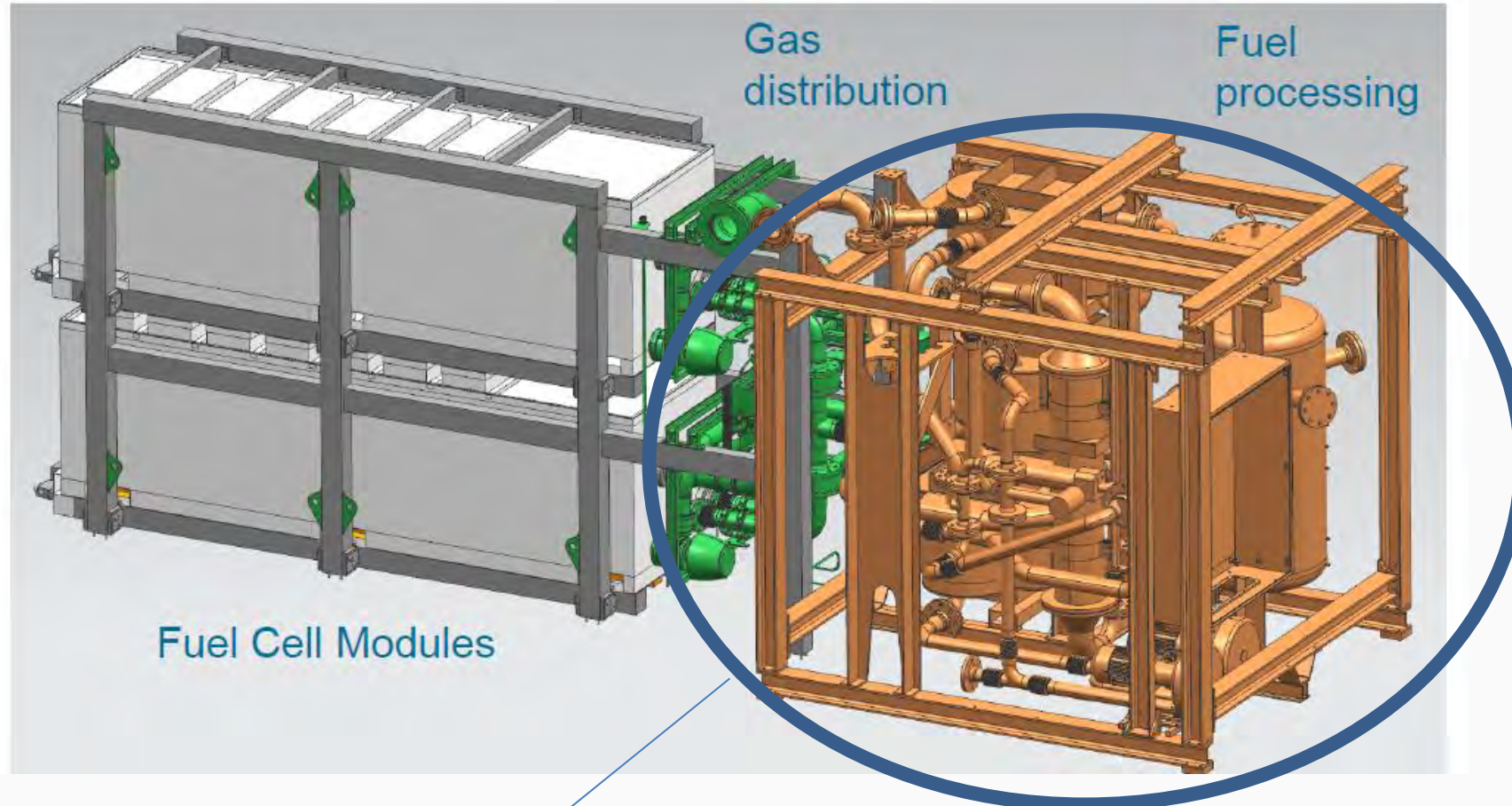
## SOFC-Brennstoffzellen für Bordstrom

- ≡ Standard today: centralized engine space
- ≡ 1. step: hybridization by means of energy storage systems
- ≡ 2. step: separation of power production and storage
- ≡ 3. step: distribution of generators
- ≡ Forming a network without central MSB
- ≡ Local connection of consumers -> increased availability (SRtP)





## Dieselmotor für die Versorgung der Brennstoffzelle mit Wasserstoff



Im Dieselmotor sind bis zu fünf **Rekuperatoren** zum Wärmen und Kühlen der Medien installiert bei Temperaturen bis zu 850°C und wasserstoffhaltigen Gasen.

**Aufgabenstellung für den neuen 3D-Druck-Rekuperator als Hochleistungsrekuperator**

**→ Einsatz in Prozessgasmodulen zur Herstellung von H<sub>2</sub> für mobile FCs auf Schiffen**

Anforderungen:

- **Geringe Baugröße** und hohe Leistungsdichte
- Hoher Wirkungsgrad und hohe spezifische Leistung
- **Hohe Einsatztemperatur** und gute Temperaturwechselbeständigkeit
- Geringe Wärmeverluste über die Oberfläche
- **Gasdichtheit und hohe Betriebssicherheit** beim Einsatz von Wasserstoff
- Stabilität bei intensiver mechanischer Beanspruchung
- Kompensation der thermischen Ausdehnungen
- Geringer Wartungsaufwand
- **Lange Standzeit, bis zu 10a**
- Integration des neuen 3DDR in komplexe Anlagen
- **Zulassung durch DNV-GL**

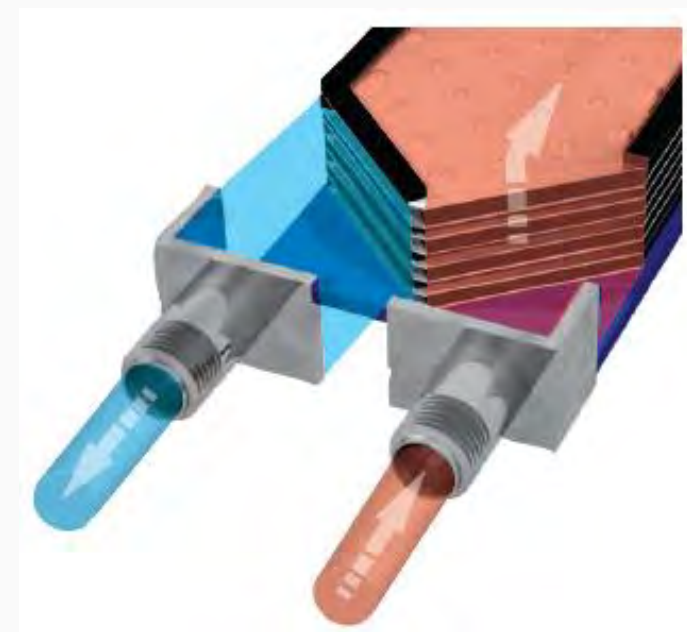
## Rohrbündelrekuperator

- Kleine Heizfläche
- Große Bauform
- Sehr hohe Betriebssicherheit
- Langzeitstabil
- Geringer Druckverlust



## Plattenrekuperator

- Große Heizfläche
- Kleine Bauform
- Niedrigere Betriebssicherheit
- Standzeit abhängig von Betriebseinsatz
- Hoher Druckverlust



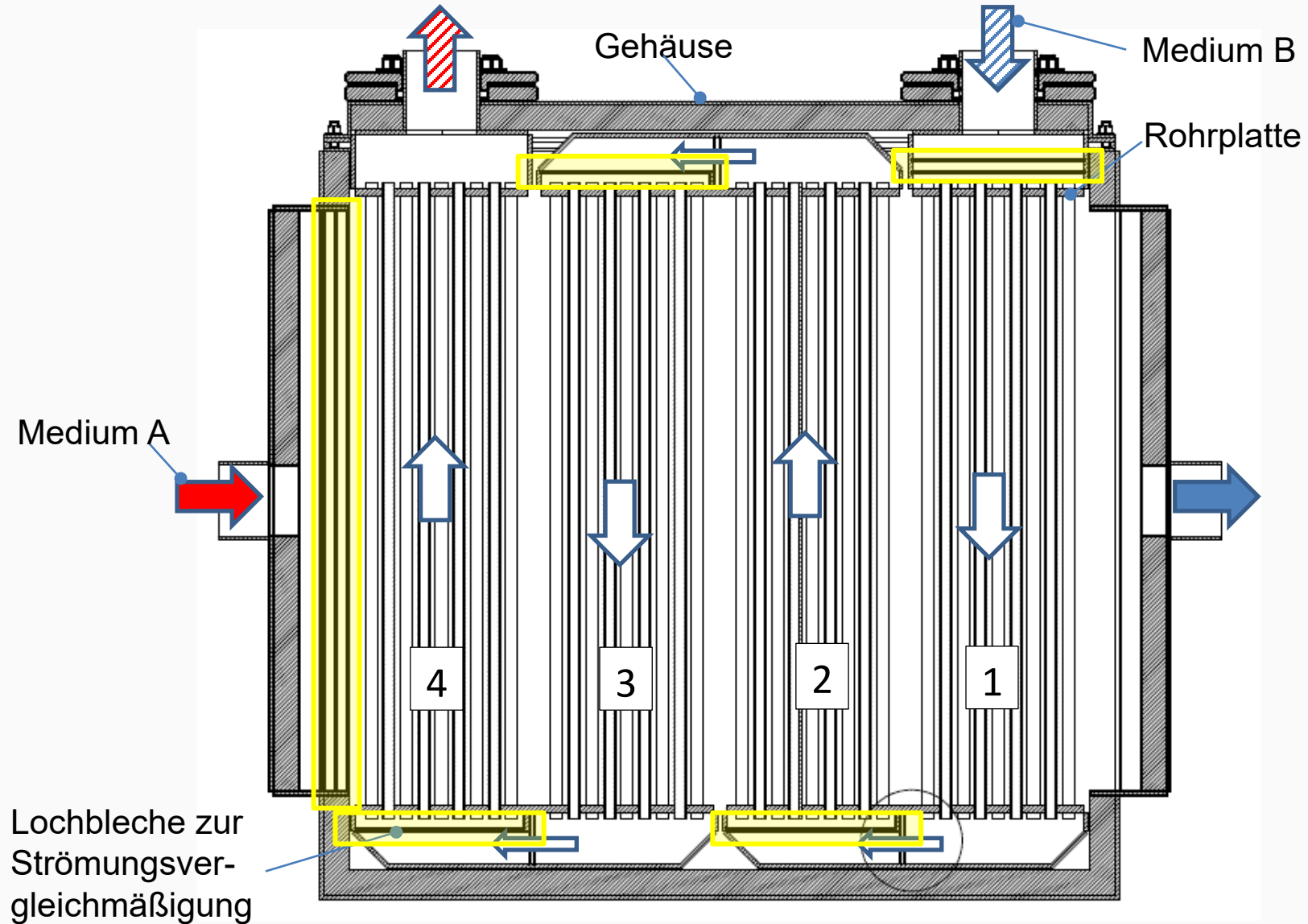


# MultiSchIBZ – 3D-Druck-Rekuperator

- Rekuperatoren für alle Anwendungsfälle
- Abgastemperaturen bis 1.600°C
- Volumenströme von 10 m³/h bis 150.000 m³/h (i.N.)
- auch staubbeladene Abgasströme
- **Minimierung der Baugröße** durch verbesserte Wärmeübertragung
- **Hohe Betriebssicherheit** durch langjährige Erfahrung
- sehr hohe Vorwärmtemperaturen mit keramischen Komponenten und anderen HT-Bestandteilen
- Hybrid-Rekuperatoren zur simultanen Nutzung von Abgaswärme und überschüssigem EE-Strom



# MultiSchIBZ – 3D-Druck-Rekuperator





# MultiSchIBZ – 3D-Druck-Rekuperator

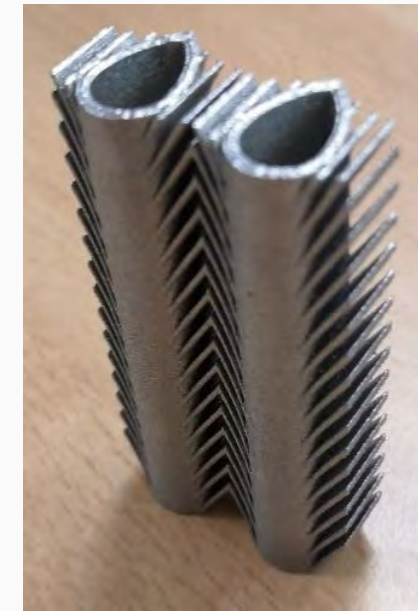
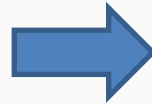
Optimierung der einzelnen Wärmeübergangsstrukturen

Kombination der Vorteile

Plate-Fin



Rohrbündel



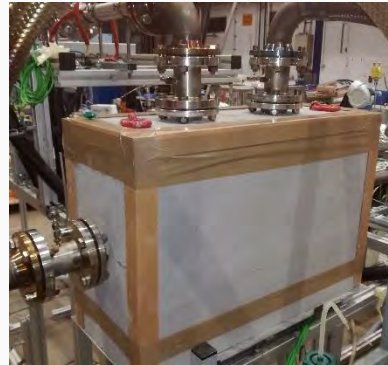
„Kombi-Reku“

## Entwicklung der wärmeübertragenden Strukturen und Rekuperatoren

Generation 1



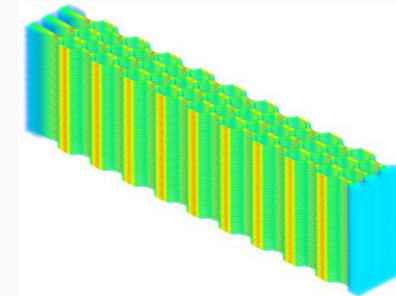
Generation 2



Generation 3

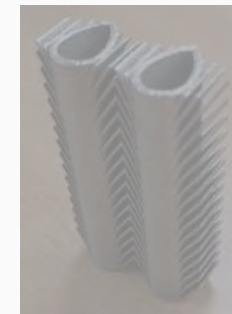


Generation 4



**Baugröße** →

**Leistungsdichte** →







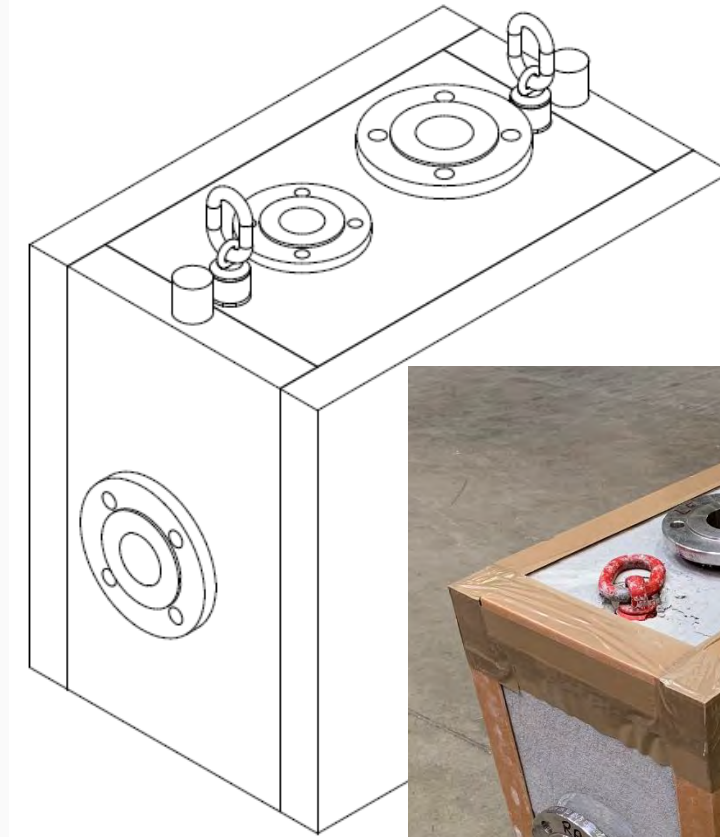
## Neuer Hochleistungs-Rekuperator

- Rohrbündel im 3D-Druck-Verfahren (SLM) hergestellt
- Spezifische Leistung bis 8 MW/m<sup>3</sup>
- **25x kleiner bei gleicher Leistung**
- Gasdicht, druckbeständig und hochtemperaturfest bis 1.000°C
- Lange Standzeit durch stabile Materialstärken



## Prototyp\_V2.2

- Wärmeleistung bis 50kW, abhängig von „Grädigkeit“ und Druckverlust
- Temperatur der Medien bis  $\sim 1.000^{\circ}\text{C}$
- Gasdicht auch bei Wasserstoff
- Maße: 450x385x280 [mm] ohne Wärmedämmung und Flansche
- Wärmedämmung
  - $T_{\text{außen}} \sim 45^{\circ}\text{C}$
  - $Q_{p\_v} \sim 390\text{W}$  ( $q_p < 250\text{W/m}^2$ )



## Datenblatt für Ihre Anwendung

### Medium A

Temperatur  $A_{\text{ein}}$  = °C  
Temperatur  $A_{\text{aus}}$  = °C (Sollwert)  
Medienstrom  $A$  = kg/s, m<sup>3</sup>/h, l/min (im Normzustand)  
Druck  $A$  = bar, mbar, Pa  
Druckverlust  $A_{\text{max}}$  = bar, mbar, Pa (Sollwert)  
Medium  $A$  = Bezeichnung, Zusammensetzung

### Medium B

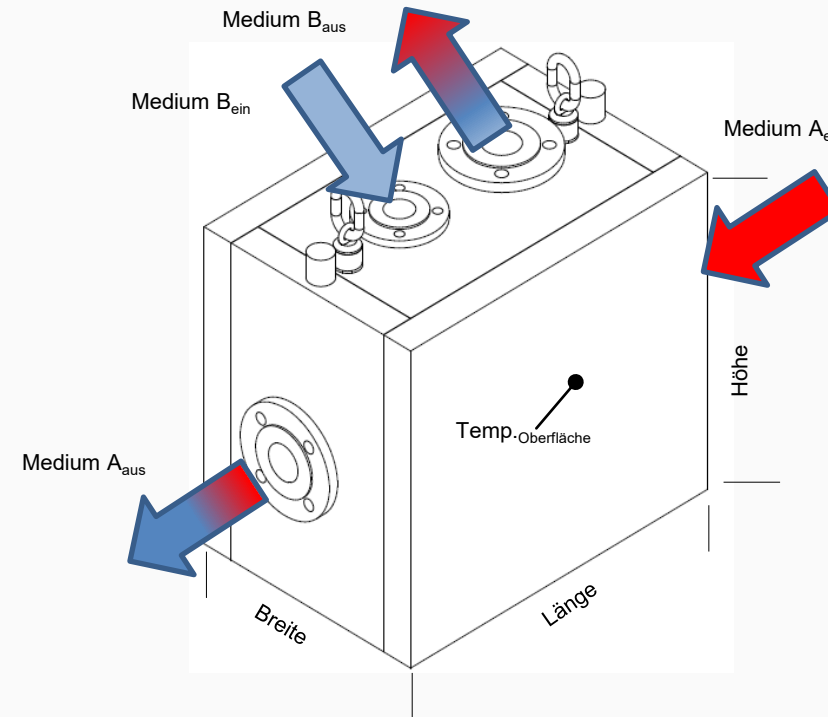
Temperatur  $B_{\text{ein}}$  = °C  
Temperatur  $B_{\text{aus}}$  = °C (Sollwert)  
Medienstrom  $B$  = kg/s, m<sup>3</sup>/h, l/min (im Normzustand)  
Druck  $B$  = bar, mbar, Pa  
Druckverlust  $B_{\text{max}}$  = bar, mbar, Pa (Sollwert)  
Medium  $B$  = Bezeichnung, Zusammensetzung

### Gehäuse

Temperatur  $\text{Oberfläche}$  = °C (Sollwert)

### Baugröße (Sollwerte)

LängexBreitexHöhe = mm x mm x mm (Gehäuse)  
LängexBreitexHöhe = mm x mm x mm (bis Flansche)



## Aktueller Stand und Ausblick

### Anforderungen

- Geringe Baugröße
- Hohe Einsatztemperatur
- Gasdichtheit
- Hohe Betriebssicherheit
- Lange Standzeit
- Zulassung durch DNV-GL

### Ergebnisse

- wurde realisiert, weitere Verkleinerung in Arbeit
- wird erreicht,  $T_{\text{max.}} \sim 900^{\circ}\text{C}$  ( $1.000^{\circ}\text{C}$ )
- 3D-Druck-Rekuperator ist gasdicht, auch beim Einsatz von Wasserstoff
- wird erreicht, auch beim Einsatz von Wasserstoff
- bis zu 10a Erprobung wird noch durchgeführt
- Arbeiten noch nicht abgeschlossen



## Kontakt:

Dr.-Ing. Wolfgang Bender

Tel.: +49 (0) 2152 - 14 17-130  
[wolfgang.bender@huelsenbusch.de](mailto:wolfgang.bender@huelsenbusch.de)

Hülsenbusch Apparatebau GmbH & Co. KG  
Hülser Str. 49  
Zufahrt über Bircksstr. 17  
D-47906 Kempen