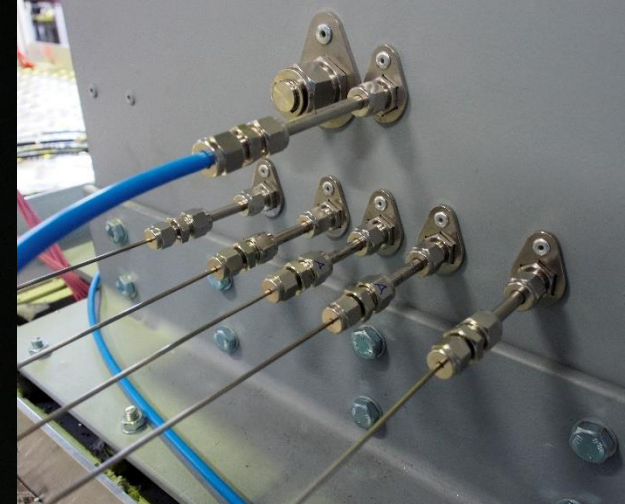
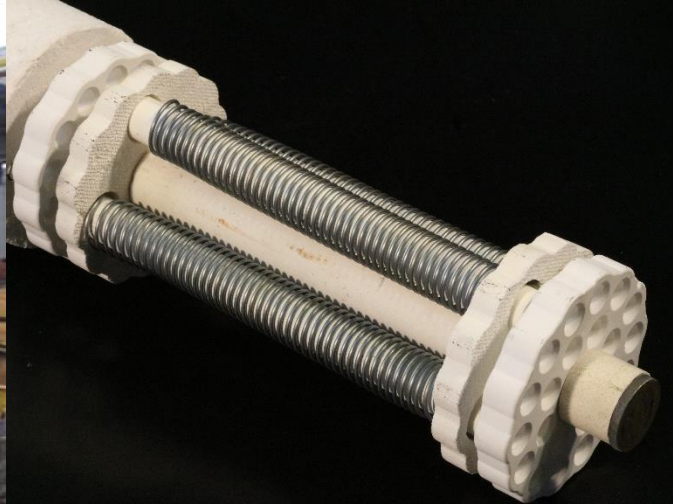




Hybride Rekuperatoren als flexible Verbraucher: Einbindungsmöglichkeiten

Innovationsforum „Hybrid-Heating“
Aachen, 12.04.2019

Dr.-Ing. Wolfgang Bender, Hülsenbusch Apparatebau GmbH & Co KG
Fabian Scheck, M.Sc., Institut für Industrieofenbau und Wärmetechnik
Dipl.-Ing. Reinhard Schmidt, von Schaewen AG
Dr.-Ing. Günter Valder, Otto-Junker GmbH



Hülsebusch Apparatebau GmbH & Co KG

- Gegründet 1982
- Firmensitz Kempen am Niederrhein

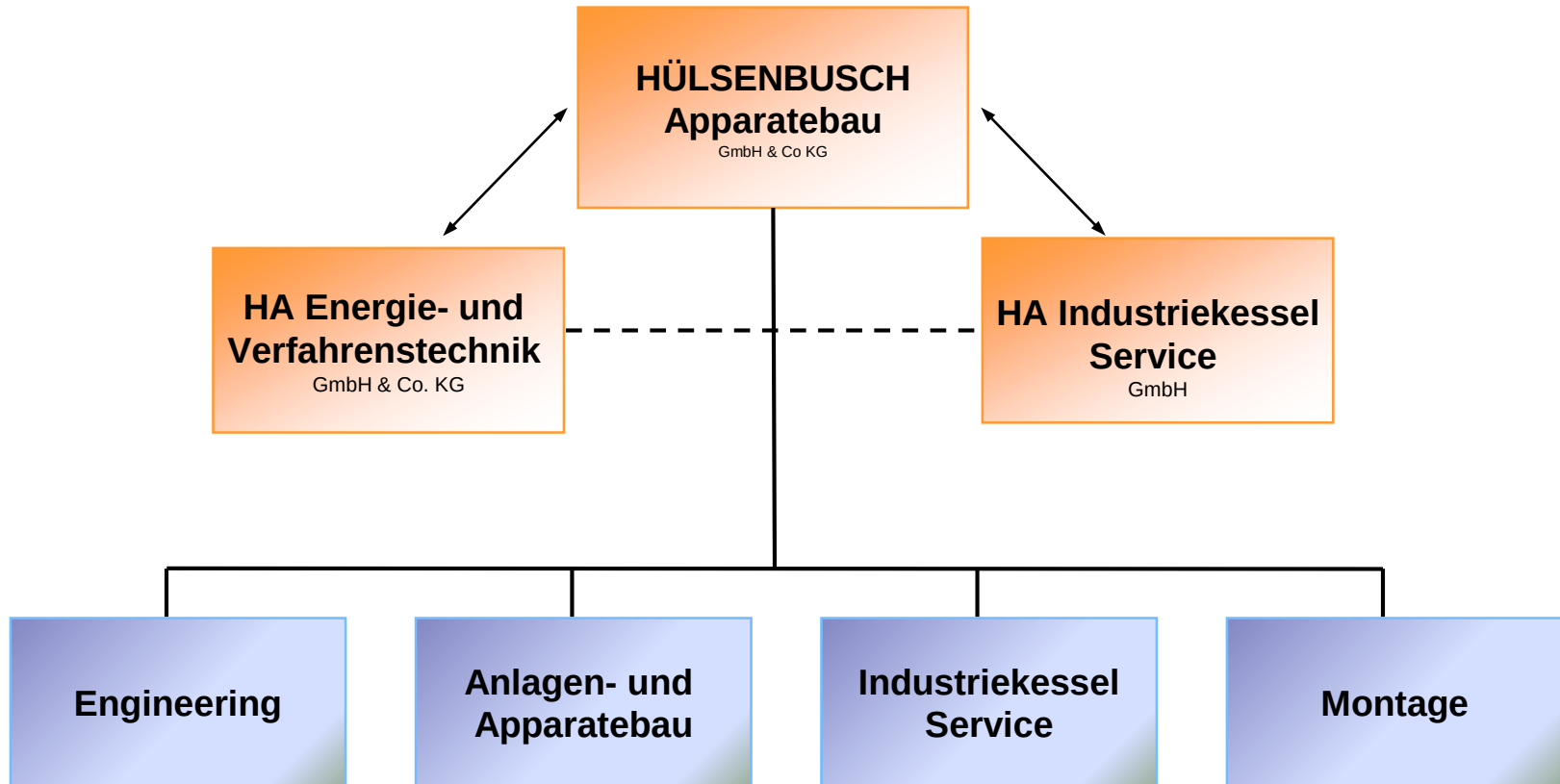


- rd. 50 Mitarbeiter
- Engineering, Fertigung und Montage



Zertifiziertes QM-System
nach DIN EN ISO 9001:2015

Unternehmensstruktur Hülsebusch Apparatebau



Produkte Hülsenbusch Apparatebau

Apparatebau, klassisch

- Wärmeübertrager-Systeme
- Rekuperatoren
- Luft-/Gasvorwärmer und Kühler
- Dampferzeuger und Kondensatoren
- Thermalöl-Wärmeübertrager / Thermalöl-Kessel
- Apparate und Sonder-Konstruktionen

Neue Produkte

- Rekuperatoren mit sehr hoher Leistungsdichte
- Keramische Rekuperatoren
- **Hybrid-Rekuperatoren**
- Verdampfer, Kondensator, Rekuperatoren für ORC
- Verdampfer-Systeme für korrosive und staubige Medien
- Thermische / Wärme-Speicher
- Reformer und Medienaufbereitung für Brennstoffzellen

Dienstleistungen

- Verfahrenstechnische Konzepte und Auslegung
- Wärmetechnische Berechnung und Simulation
- Konstruktion und Festigkeitsberechnung
- Montage und Instandhaltung



Hybride Beheizung von Industrieöfen

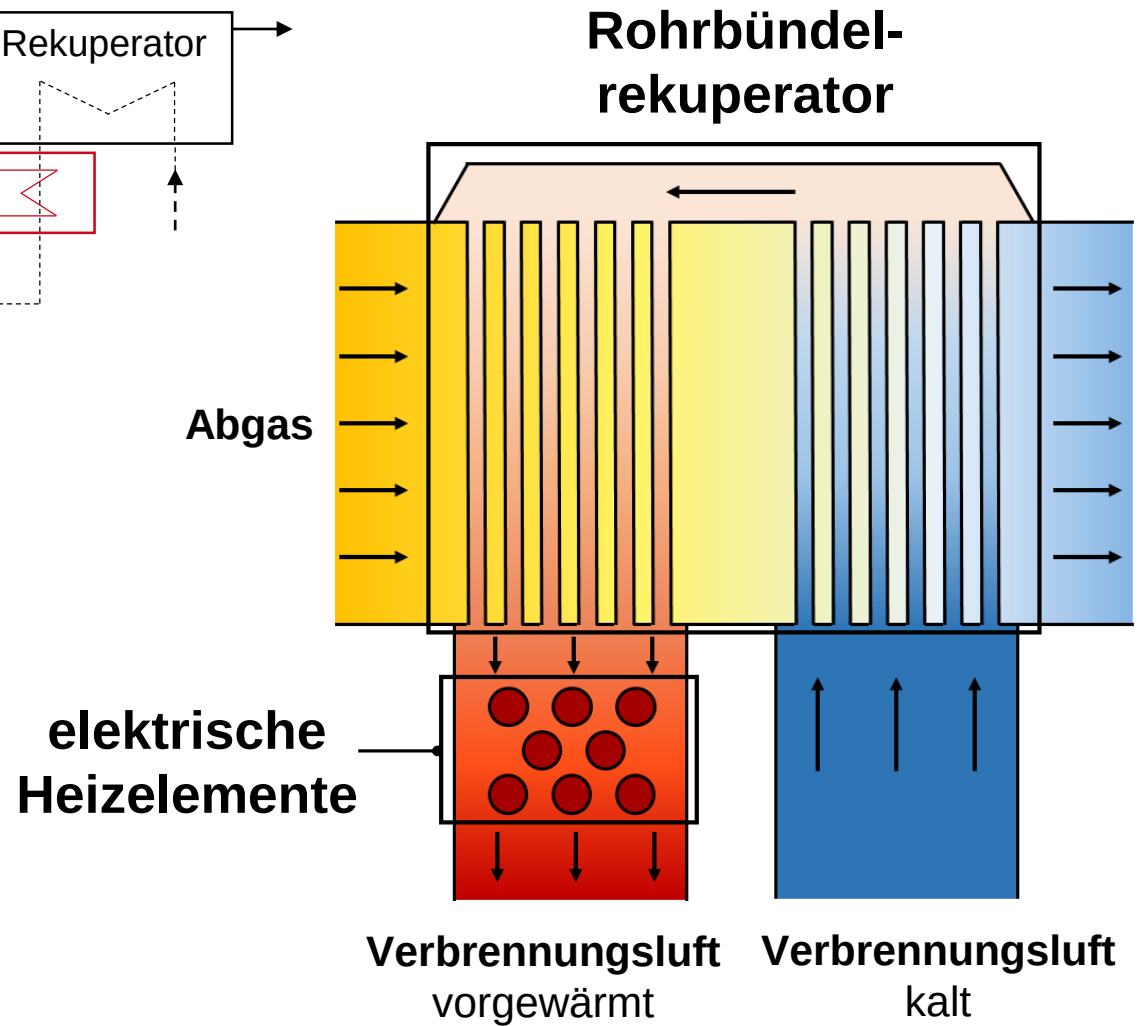
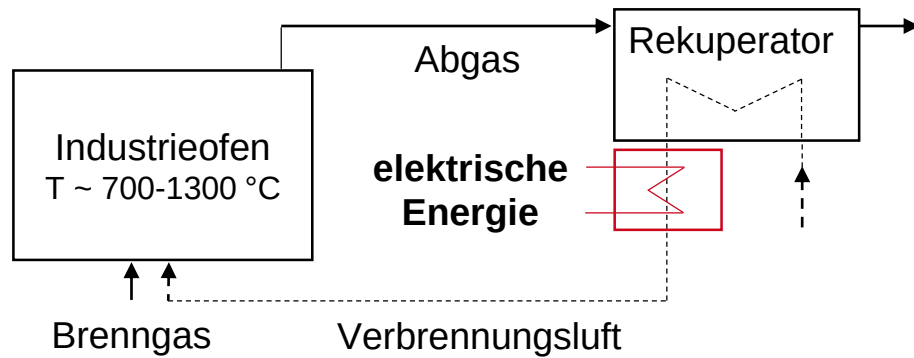
Aufgaben

- Sektorenkopplung
- Entwicklung von Maßnahmen
- Einsatz an Industrieöfen, technische und wirtschaftliche Kriterien

Vorgehen

- Hybrid-Rekuperator, Entwicklung in einem FuE-Vorhaben
 - Technische Fragestellungen im Vordergrund
 - Grundsätzliche Funktionen
 - Optimierung der Leistungsfähigkeit
- Industrielle Umsetzung „einfach“
 - Einsatz des Hybrid-Rekuperators an einem Schmiedeofen
 - Untersuchung der Funktionalität und Einbindung in die Regelung
- Industrielle Umsetzung „komplex“
 - Kopplung mehrerer hybrider Techniken an einer Anlage zur Bolzenerwärmung
 - Komplexes Automatisierungssystem notwendig
 - Anforderungen des Netzbetreibers/Stromlieferanten integrieren

Hybrider Rekuperator als flexibler Verbraucher



Experimenteller Versuchsaufbau

Absaugung

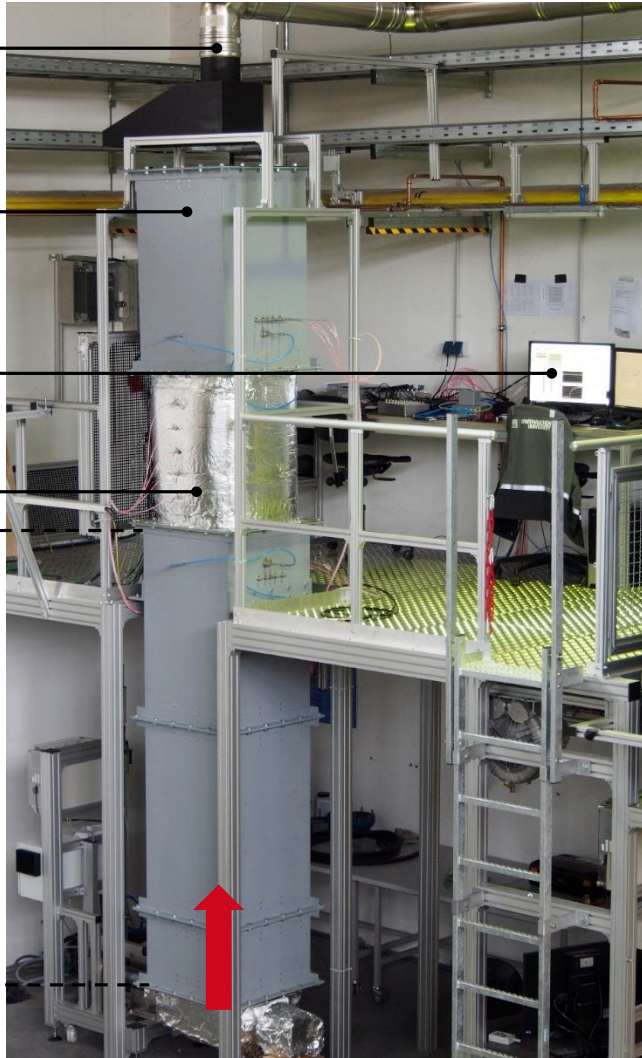
Strömungskanal

200 x 200 mm²
Isolation 200 mm

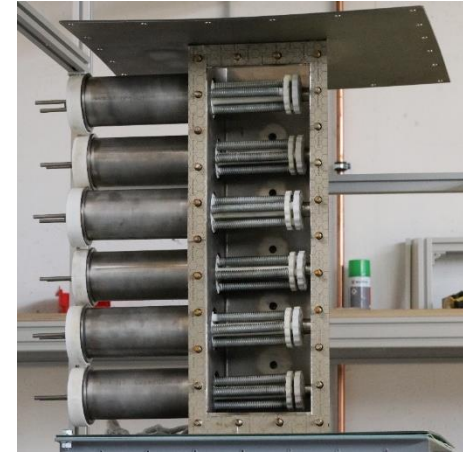
Datenerfassung

Versuchsmodul

Einlaufstrecke
2400 mm



Elektrisches Heizmodul

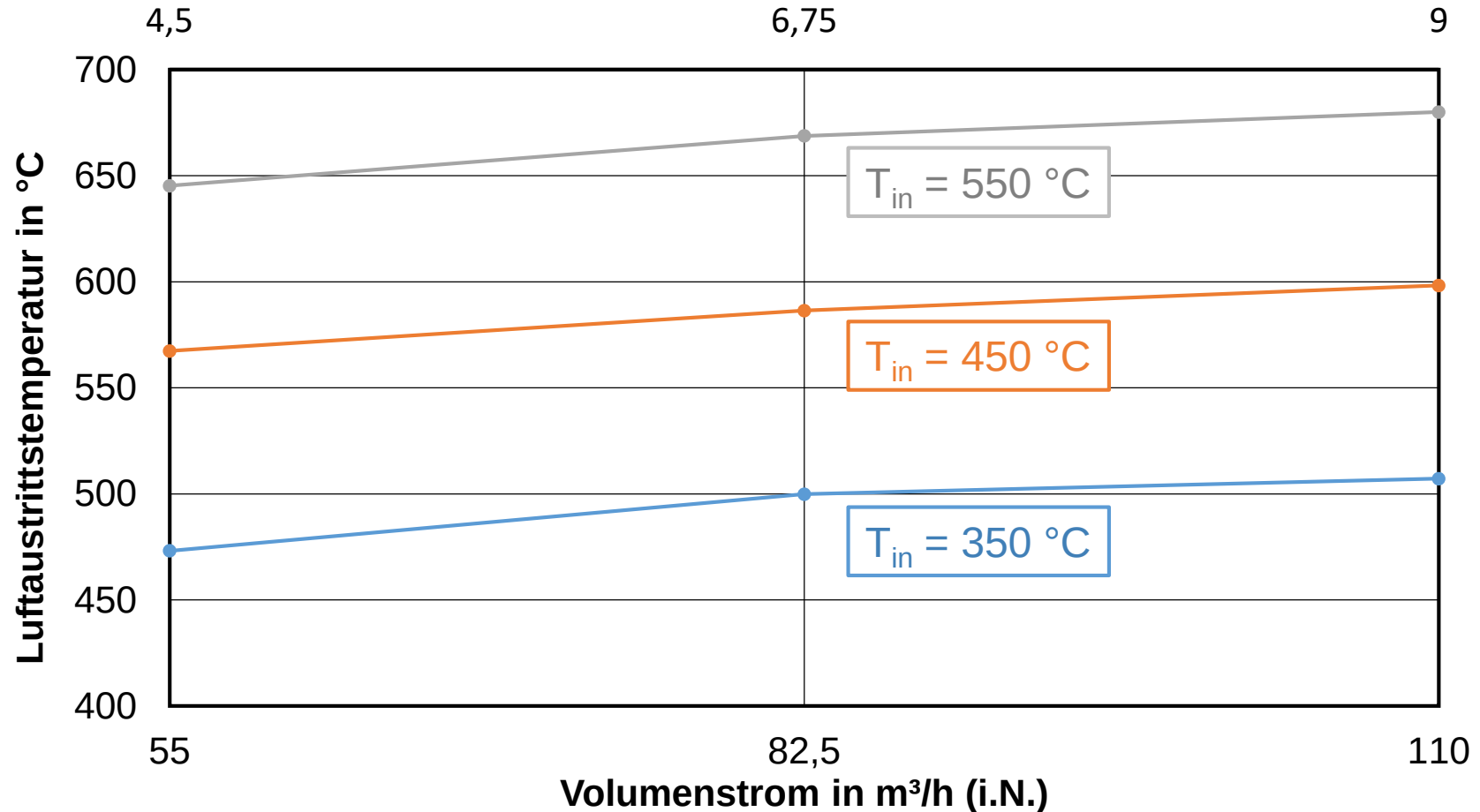


Rohrbündelmodul



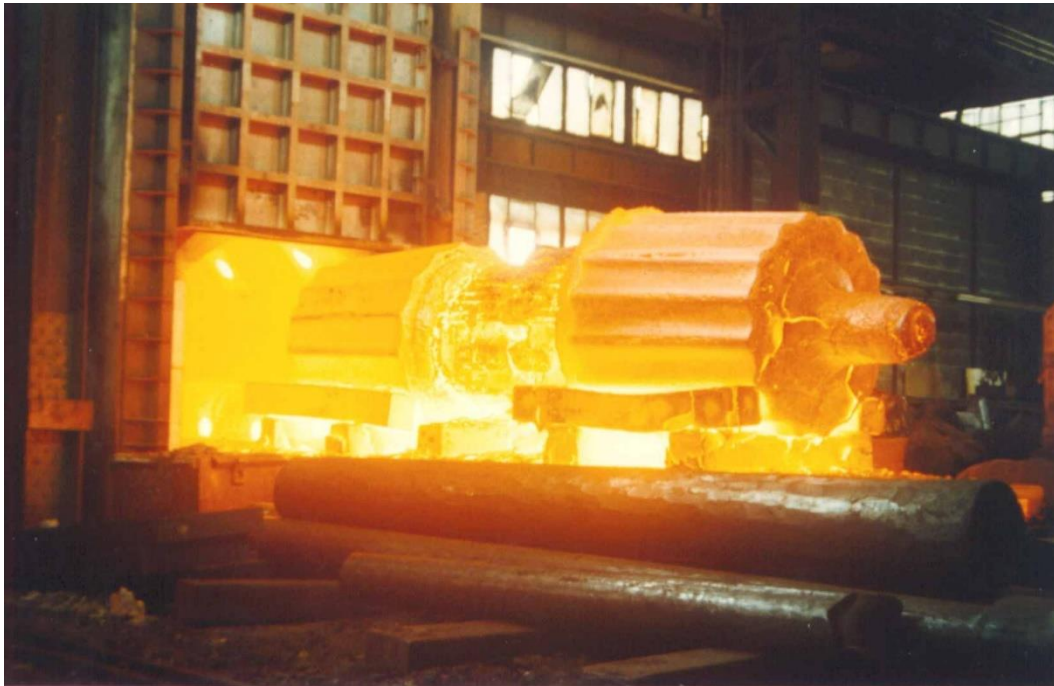
Vorwärmtemperaturen Hybrid-Rekuperator

Elektrische Heizleistung in kW

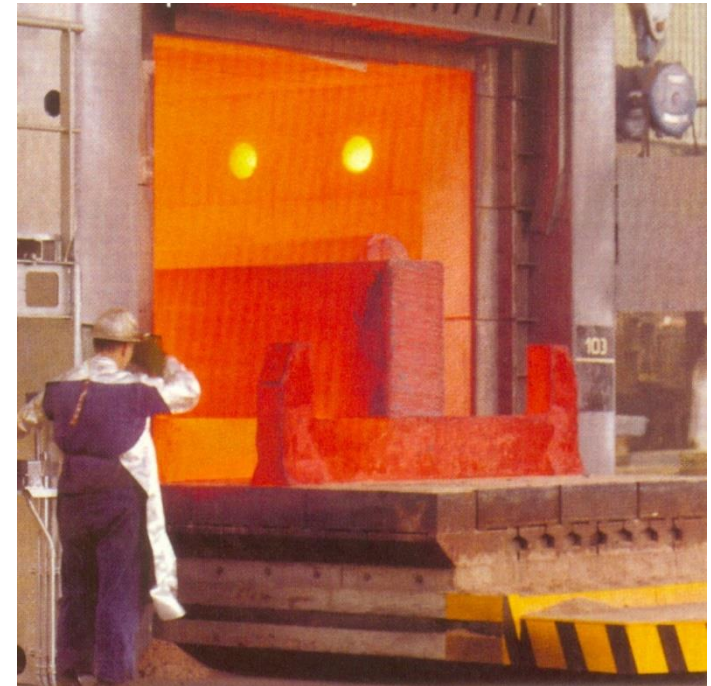


Hybrid-Rekuperator am Schmiedeofen

- einfache industrielle Umsetzung
- Luftvorwärmung über Zentralrekuperator, üblicherweise bis 450°C
- Temperatur Schmiedeofen bis 1.300°C
- Schwankender Betrieb, Regelbereich bis 1:10

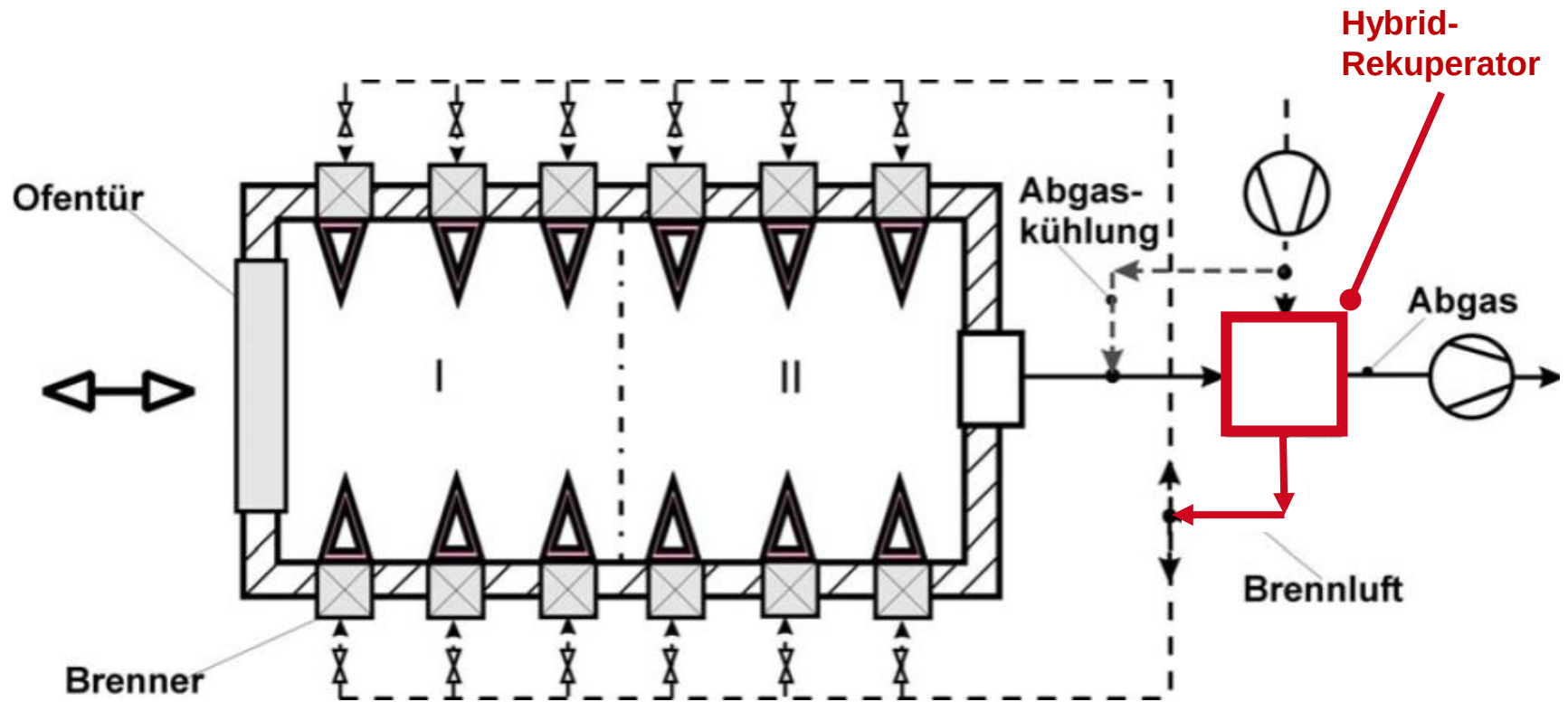


Buderus



Saarschmiede

Schema eines Schmiedeofens



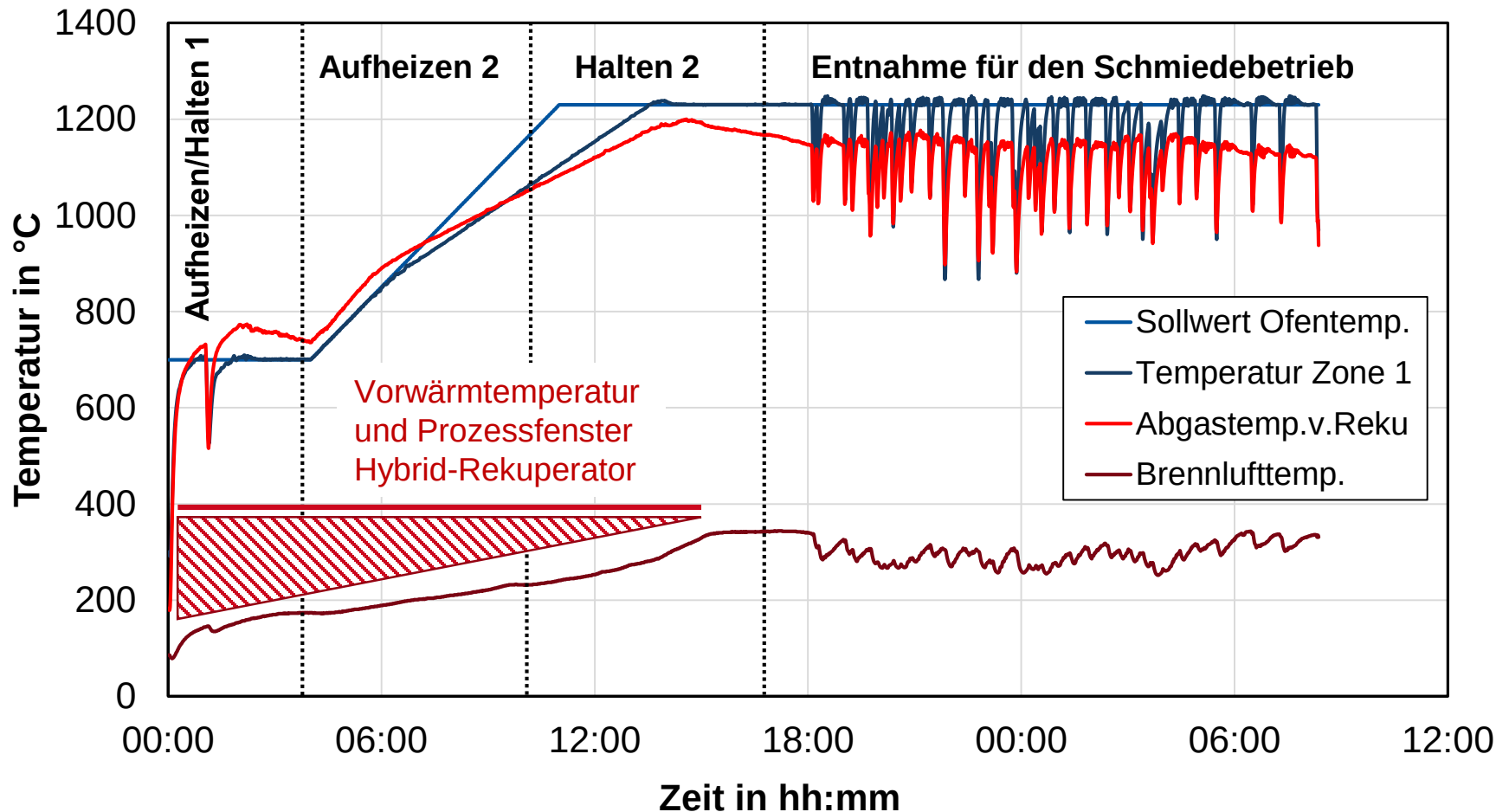


Kenndaten

- Nutzlast ca. 80 t/Charge
- Heizleistung 350 Nm³/h Erdgas
- Maximaltemperatur 1280 °C

Einsatz des Hybriden Rekuperators

- Erhöhung der Vorwärmtemperatur auf ca. 400 °C (Vorgabe des Betreibers)
- Reduzierung des Erdgaseinsatzes und Abgasaukommens
- Einsatz von Strom aus erneuerbaren Energien



Hybrid-Heating - Bolzenerwärmung



Anwärmen von Strangpressbolzen
auf Umformtemperatur

Elektrisch und fossil möglich



Konvektive Bolzenerwärmung (KBE)



Induktive Bolzenerwärmung (IBE)



Technischer Vergleich KBE vs. IBE

Wärmeübertragung	Konvektion (Gasbrenner + Ventilator)	Induktion (magnetisches Wechselfeld)
Energieträger	Erdgas	elektrischer Strom
spez. Anschlussleistung	bis zu 120 kW/m ²	bis zu 1000 kW/m ²
Wirkungsgrad bei Aluminium	ca. 75%	ca. 60%
Ofenbesatz	Mehrbolzenofen	Einbolzenofen
Vorteile	niedrige Energiekosten	- hohe Flexibilität → Losgröße „1“ <u>gleichzeitig</u> hervorragende Genauigkeit und Reproduzierbarkeit
Nachteile	- eingeschränkte Flexibilität ≠ Losgröße „1“ - je kontinuierlicher der Betrieb, desto besser sind Genauigkeit und Reproduzierbarkeit	hohe Energiekosten
Anwendungsbereich	Konsumgüter, Bau	Automobilbau, Schienenfahrzeuge und Luftfahrt

Technisch ist die induktive Erwärmung der Konvektion überlegen!

Investitions- und Energiekosten KBE vs. IBE

¹Strom 0,15€/kWh, Erdgas 0,05€/kWh, ²Quelle: Umweltbundesamt

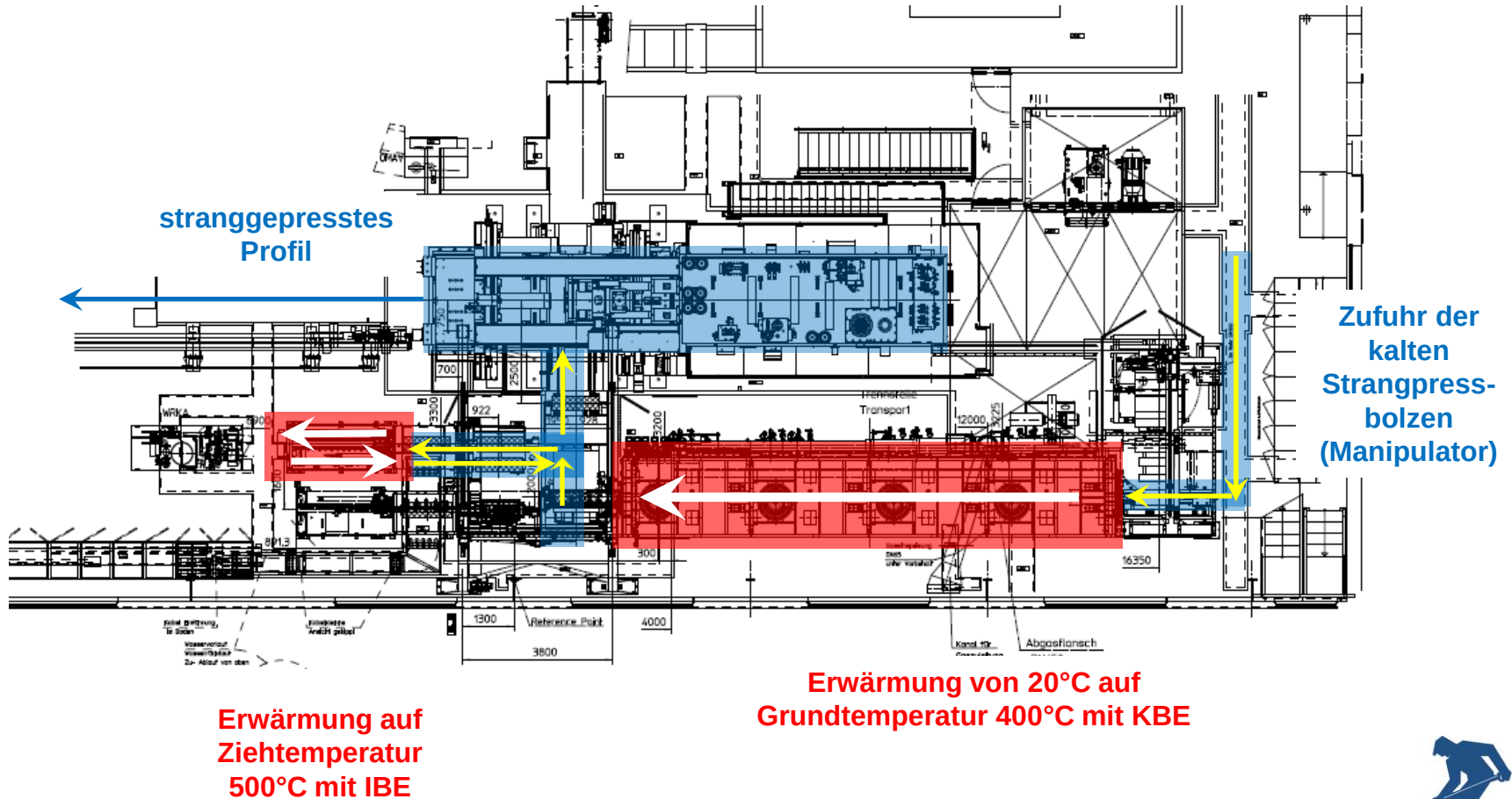
Anwärmofen	Konvektive Bolzenerwärmung	Induktive Bolzenerwärmung
Referenzmenge	15.000 t _{Al} p.a.	
typische Ziehtemperatur	500 °C	
Energiebedarf	ca. 182 kWh _{th} /t _{Al}	ca. 227 kWh _{el} /t _{Al}
Energiekosten ¹	136.500 € p.a.	ca. 511.000 € p.a.
Investitionskosten	ca. 800.000 €	ca. 600.000 €
spez. CO ₂ -Emission ²	ca. 200g _{CO2} /kWh _{th}	ca. 500 g _{CO2} /kWh _{el}
CO ₂ -Emission	ca. 546 t _{CO2} p.a.	ca. 1.702 t _{CO2} p.a.

Ökonomisch und ökologisch ist die Konvektion der induktiven Erwärmung überlegen!

Lösung:

- Anwärmen auf Grundtemperatur (variabel 20°C – 400°C) mit dem Konvektionsofen
- Erwärmen auf Ziehtemperatur (500°C) mit dem Induktionsofen

Schaubild: Hybrid-Heating in Bolzenerwärmungsanlage



Kopplung: Hybrid-Reku und Hybride Bolzenerwärmung

Hybride Bolzenerwärmung mit Hybrid-Rekuperator am Ofen

- Konvektionsofen zur Vorwärmung von 20 °C auf 400 °C
 - Mit Hybrid-Rekuperator zur Wärmerückgewinnung und Brennluftvorwärmung
- Induktionsofen zur Erwärmung auf Ziehtemperatur von 500 °C
 - homogene Temperatur
 - Zusätzliche Flexibilität für Produktionssteigerung

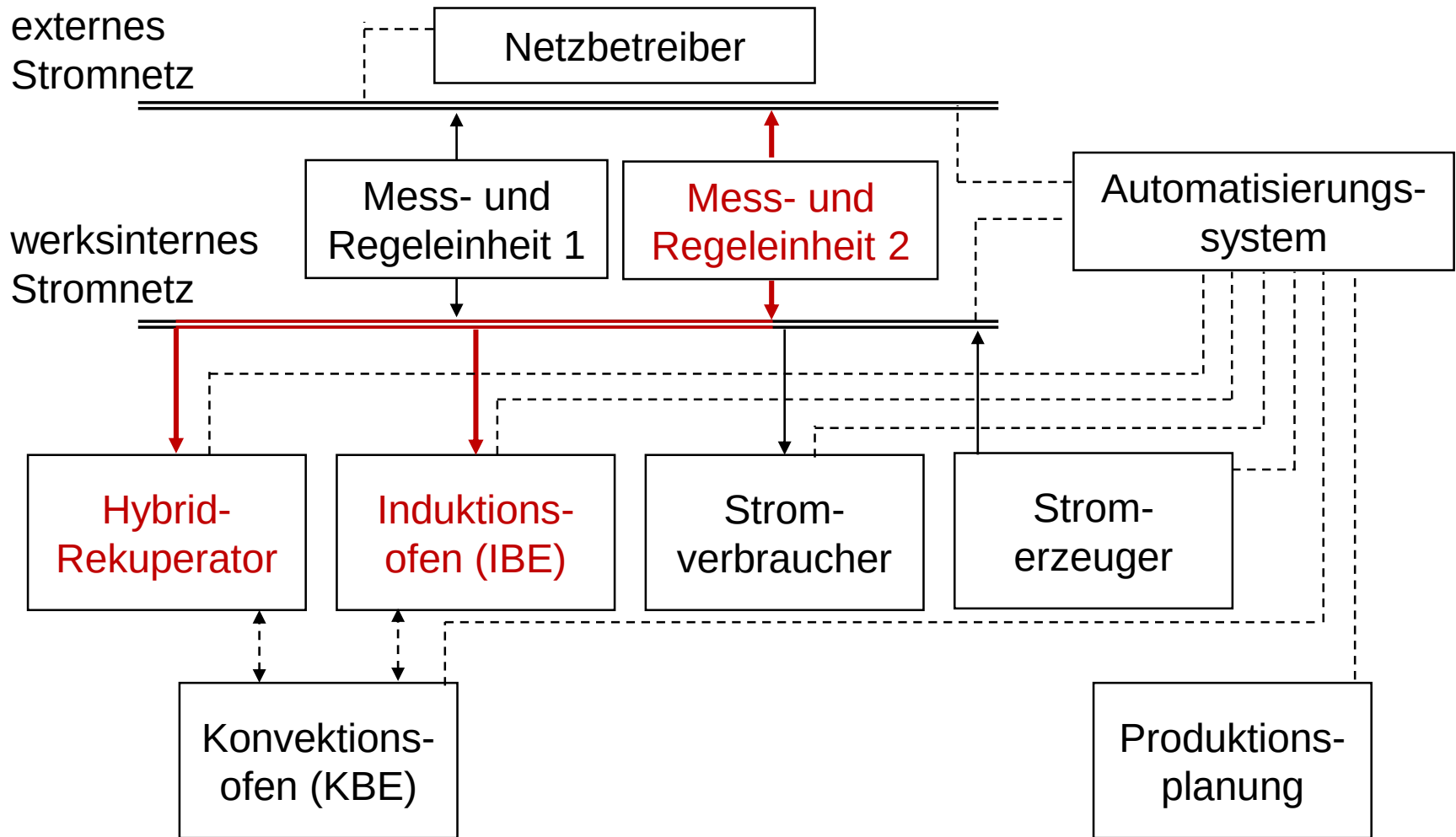
Komplexe Lösung

- Kopplung mehrerer flexibler Verbraucher
- Langfristige Planung des Strombedarfs
 - Wirtschaftliche Optimierung
- Kurzfristige Regeleingriffe für flexiblen Stromverbrauch
 - komplexes Regelungssystem erforderlich
 - Abstimmung mit Produktionsplanung

→1. Bedarf an leistungsfähiger Hardware

→2. Bedarf für komplexe Automatisierung und flexibles Lastmanagement

Kopplung: Hybrid-Reku und hybride Bolzenerwärmung



Zusammenfassung

- „Grundgedanke“: flexible Entlastung der Stromnetze bei Beibehaltung der Produktivität und der Produktqualität
- Hardware-Lösungen für Hybrid-Heating im Industrieofenbau
 - Hybrid-Rekuperator
 - Induktionsofen
- Automatisierungssystem zur Kopplung...
 - aller Aggregate
 - Produktionsplanung
 - Einbindung in das Stromnetz
- Erprobung dieser Systeme im Industrieinsatz
- Interdisziplinäre Zusammenarbeit erforderlich
 - Weitere Partner und Kompetenzen gesucht
 - Automatisierungstechnik, E-Technik, Netzbetreiber...
- FuE-Bedarf besteht



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Dr.-Ing. Wolfgang Bender

Hülsenbusch Apparatebau GmbH & Co. KG
Hülser Strasse 49
47906 Kempen

Tel.: +49 2152 1417 - 130
E-Mail: wolfgang.bender@huelsenbusch.de



HÜLSENBUSCH
APPARATEBAU
G m b H & C o . K G

IOB Institut für
Industrieofenbau
und Wärmetechnik

RWTHAACHEN
UNIVERSITY