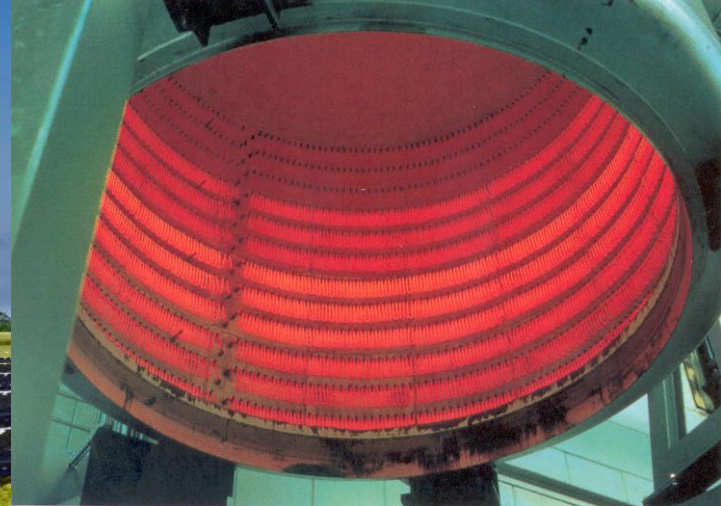




Innovationsforen
Mittelstand


Hybrid-Heating

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Hybride Beheizungstechnologien für Industrieöfen als Beitrag zur Energiewende

Vorstellung des Innovationsforums **Hybrid-Heating**

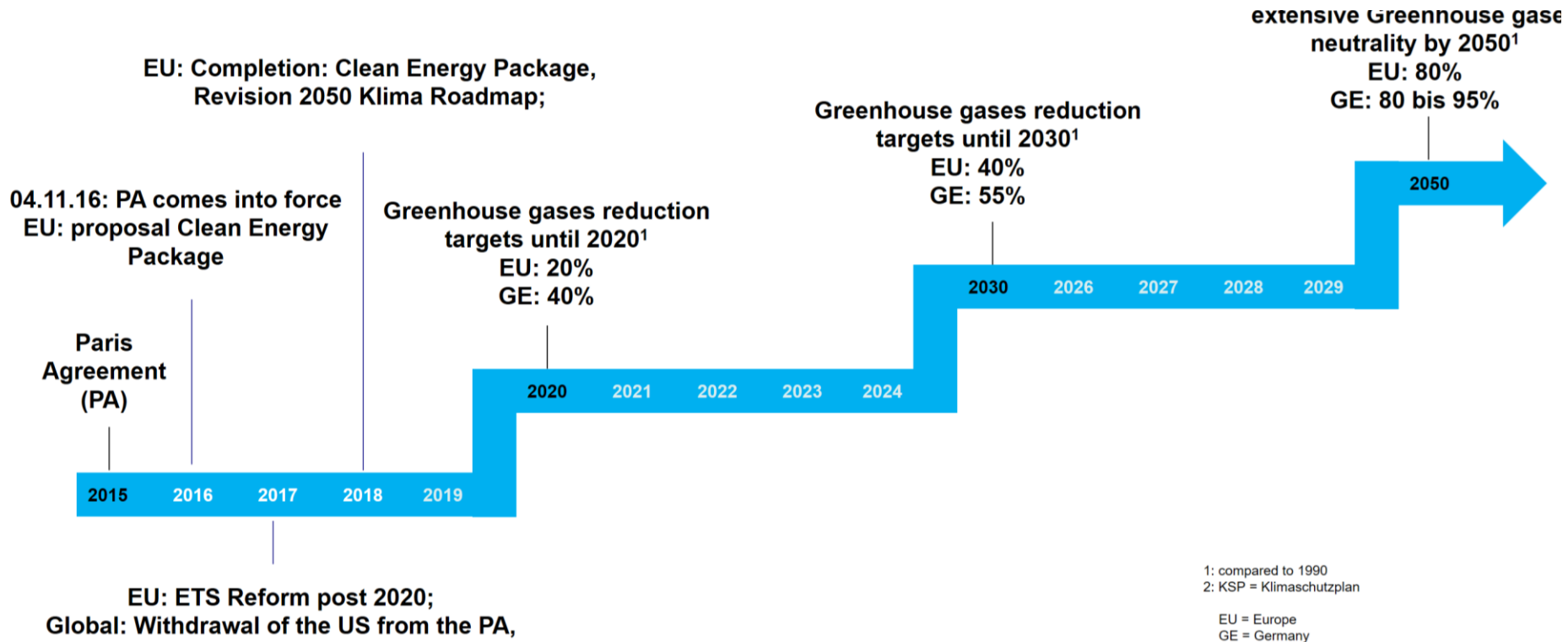
Aachen, 11./12.04.2019

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Herbert Pfeifer

Institut für Industrieofenbau und Wärmetechnik

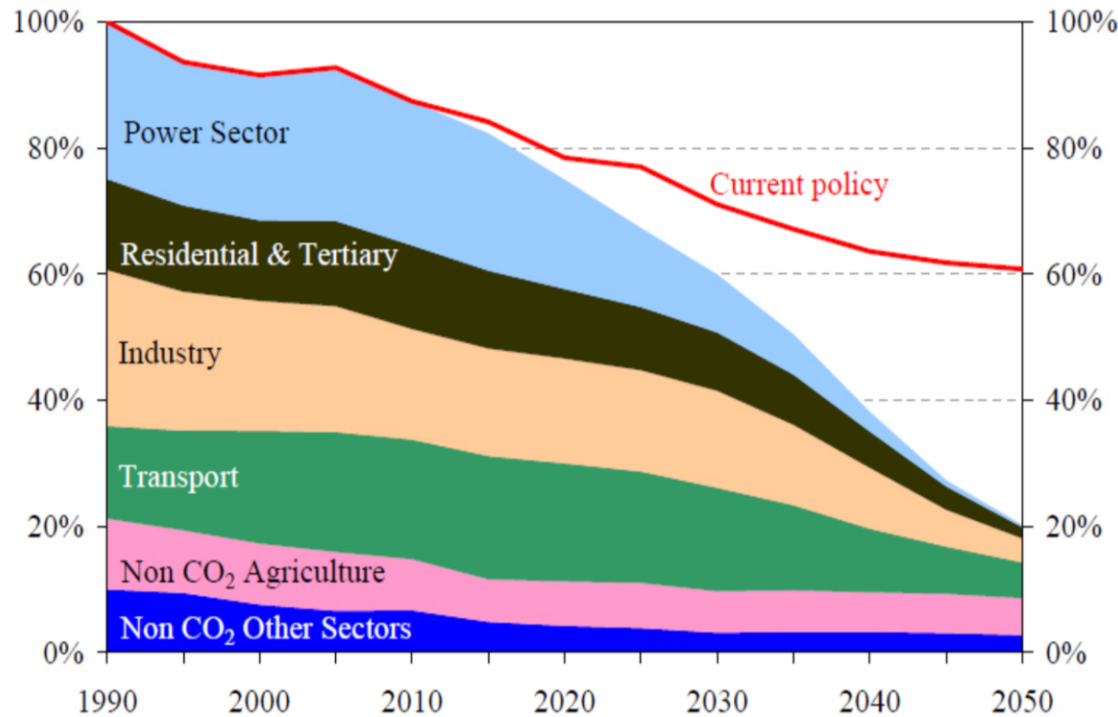
RWTH Aachen University

Roadmap: Climate policy



Possible reduction of greenhouse gasses emissions in the EU at 80 %

Reduction potential



Dr. Franz Beneke 70 years of Ebner in motion

Current policy

("reference path")

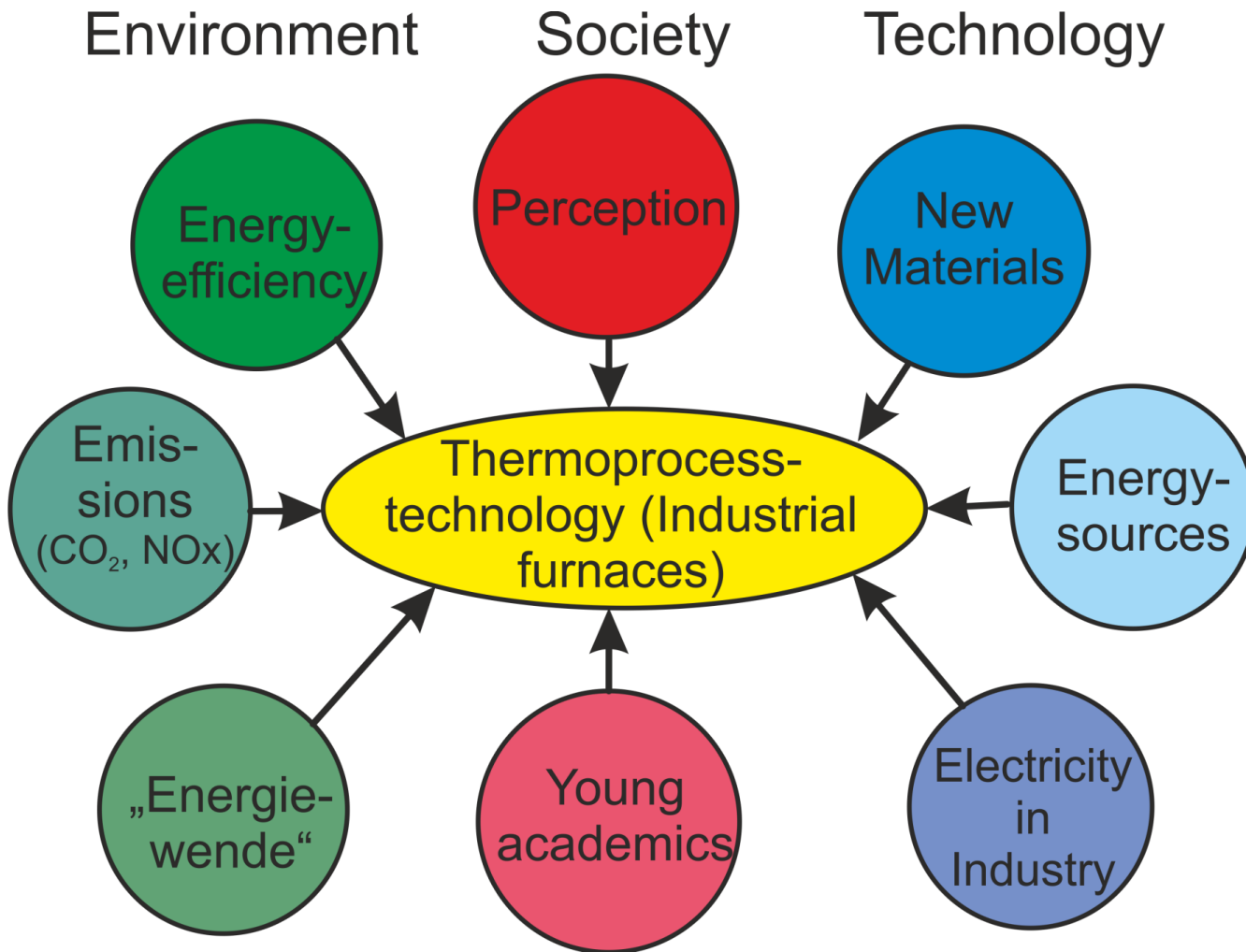
With a continuation of current efforts in the form of existing measures, agreed political and regulatory framework conditions and foreseeable technological developments greenhouse gas (GHG) reductions of around 61 % compared with 1990 will be achieved by 2050.

Source: BDI Study Climate path

Source: EU 2050 low-carbon economy

Seite 269

Arc of suspense „Thermoprocess-Technology

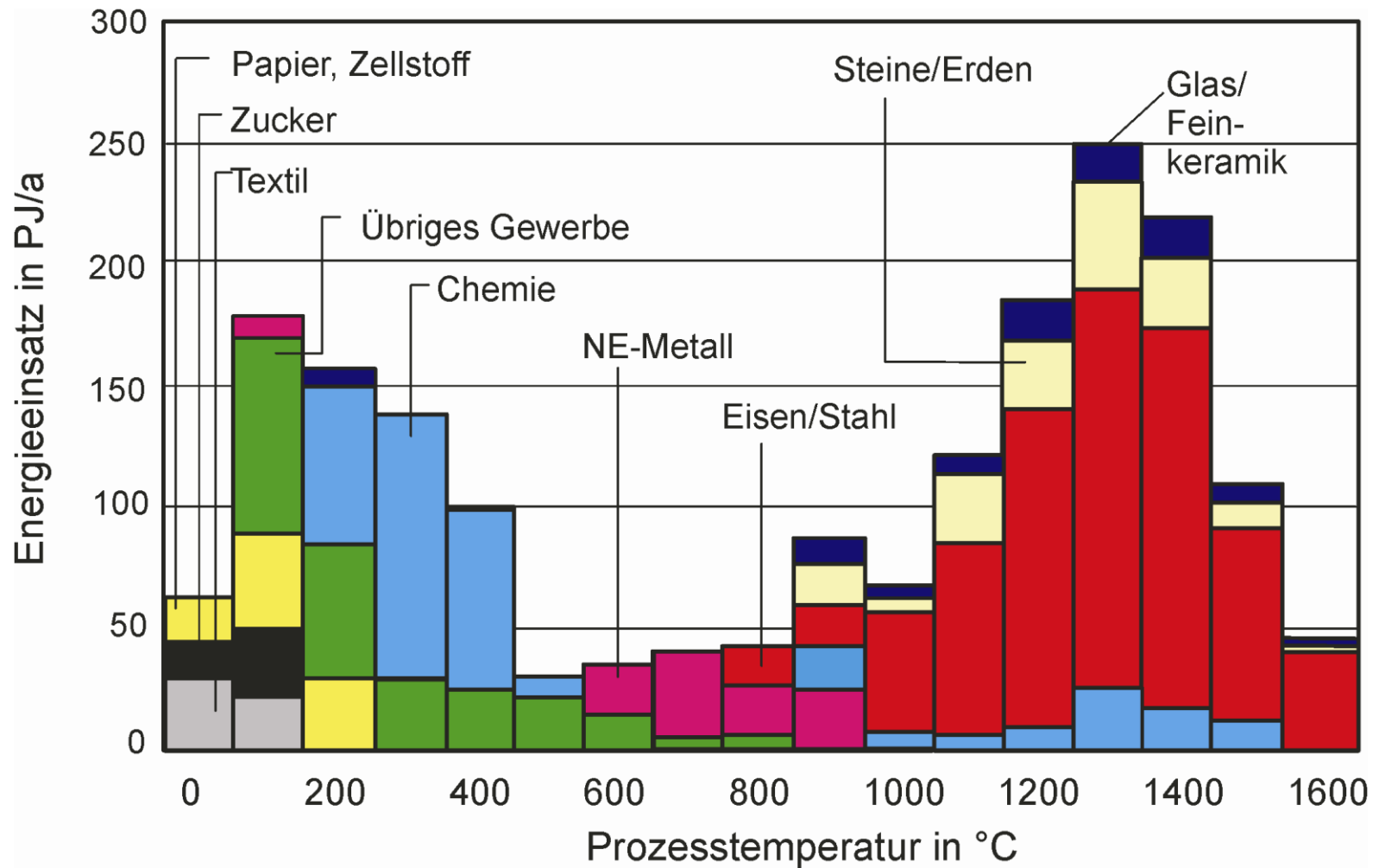


allgemeine Definition:

„Prozess- und Anlagentechnik zur thermochemischen und thermophysikalischen Behandlung von Materialien und Werkstoffen^{*)} derart, dass die optimalen Produkteigenschaften durch die gezielte Einstellung und Regelung der Guttemperatur und der Prozessatmosphäre wirtschaftlich/ökologisch eingestellt werden.“

^{*)} Stahl, NE- und Leichtmetalle, Zement, Keramik, Glas,

Energieeinsatz und Prozesstemperaturen nach Branchen





- Förderinitiative des Bundesministeriums für Bildung und Forschung
 - Förderung von technologie- und branchenübergreifend Kontakten
 - Partner aus Industrie, Wirtschaft, Wissenschaft, o. öffentlicher Verwaltung
 - Keimzelle für die Verwertung innovativer Ideen und Forschungsergebnisse
 - Stärkung des Mittelstands

GEFÖRDERT VOM

„Innovationsforen Mittelstand“ initiieren neue Allianzen und legen den Grundstein für nachhaltige Partnerschaften. (BMBF)



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Motivation zum Innovationsforum „Hybrid-Heating“

Industrieofentechnik

- Fossil beheizte Anlagen > 90 %¹
- Elektrisch beheizte Anlagen < 10 %¹
- Konstante Lasten
- Hohe Investitionskosten
- Geringe Flexibilität
- Innovationspotential

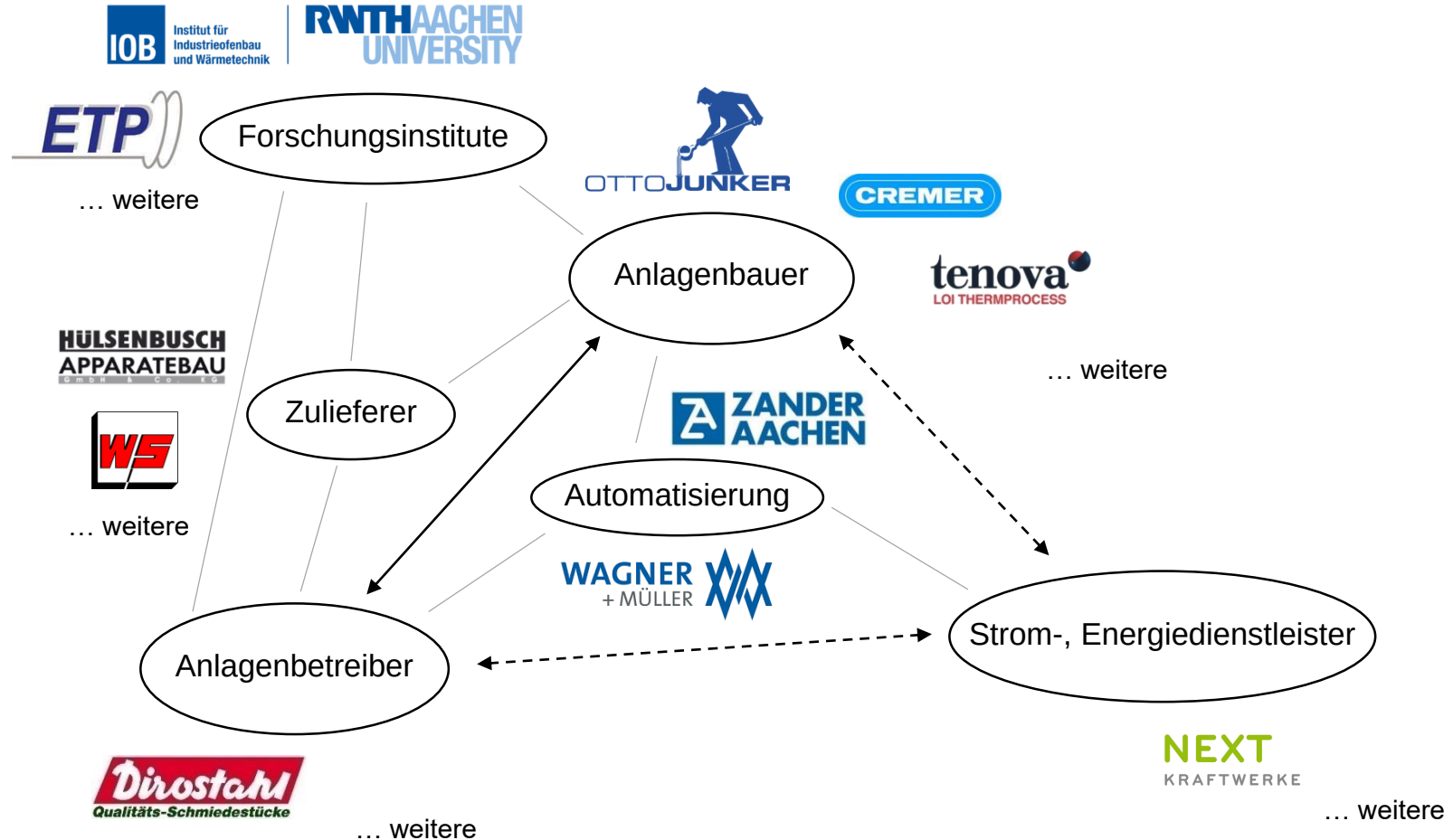
Energieversorgung

- Rückbau fossiler Energieträger
- Ausbau Erneuerbarer Energien
- Lastschwankungen im Stromnetz
- Volatile Energiepreise
- Unsichere Marktentwicklung
- Innovationspotential

Hybrid-Heating - Flexible Beheizungstechnologien für Industrieöfen

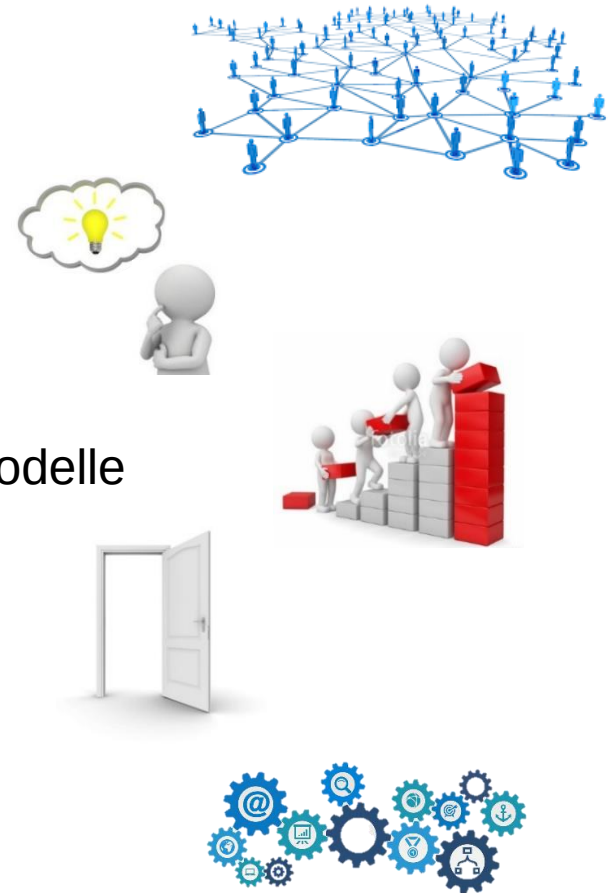
¹ P. Goodman, C Robertson, A. Skarstein: Sustainable Industrial Policy - Building on the Eco-design Directive – Energy-Using Products Group Analysis / 2 Lot 4: Industrial and Laboratory Furnaces and Ovens – Tasks 1 – 7 Final Report, European Commission, DG Enterprise (2012)

Ziel des Forums: Branchenübergreifende Vernetzung



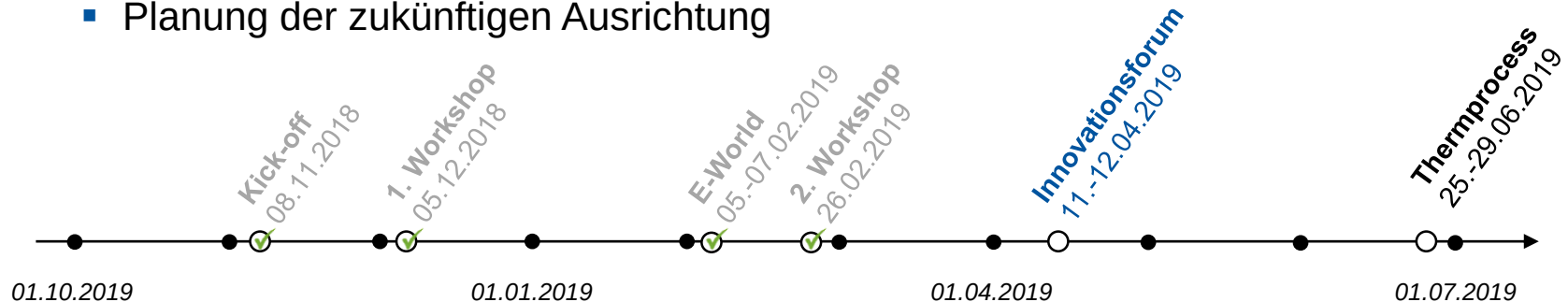
Angestrebte Ergebnisse

- Austausch und Vernetzung
 - nachhaltige Unternehmenskontakte
 - strategische Kooperationen
 - gemeinsame Projekte
- Initiierung technischer Innovationen
- Umsetzung innovativer Ideen in Geschäftsmodelle
- Eröffnung neuer Märkte für Unternehmen
- Wissensgenerierung und -management



Veranstaltungen

- **Kick-off Meeting am 8. November 2018** ✓
 - Erarbeitung des spezifischen Wissenstands
 - Definition von Themenschwerpunkten
- **Fachworkshops am 5. Dezember 2018 und 26. Februar 2019**
 - 1. Workshop „Anlagenbau und Anlagenbetrieb“ ✓
 - 2. Workshop „Rechtliche und wirtschaftliche Rahmenbedingungen“ ✓
- **Innovationsforum am 11.-12. April 2019 in Aachen**
 - Präsentation und Diskussion der Ergebnisse
 - Erweiterung des Teilnehmerkreises
 - Planung der zukünftigen Ausrichtung



1. Workshop „Anlagenbau und Anlagenbetrieb“

Zielsetzung

Vorstellung und Diskussion technischer Lösungen zum Thema hybride Beheizungstechnologien für verschiedenste industrielle Anwendungsfälle, wie der Eisen- und Stahlherstellung aber auch der Herstellung von Produkten aus Aluminium oder Glas.



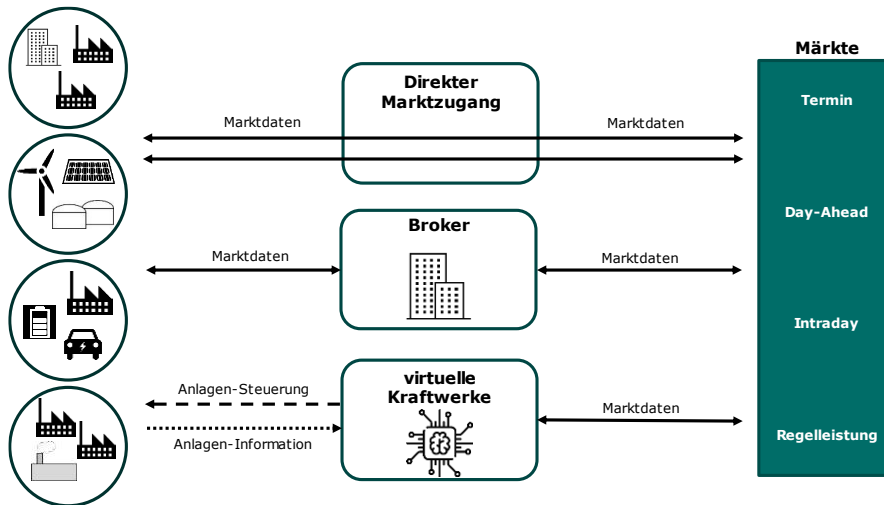
Fazit

Die Industrieofentechnik ist mit vielen innovativen Technologien, Konzepten und technischen Lösungen zum Thema Hybrid-Heating technisch grundsätzlich sehr gut aufgestellt. Die Wirtschaftlichkeit hybrider Anlagen ist gegenwärtig hingegen fraglich.

2. Workshop „Rechtlicher und wirtschaftlicher Rahmen “

Zielsetzung

Erarbeitung der rechtlichen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen für hybride Anlagen.



Fazit

Der Zugang zum Energiemarkt für hybride Anlagen ist aktuell nur bedingt möglich und es bestehen nur geringe wirtschaftliche Anreize. Die Industrie muss die notwendigen Rahmenbedingungen für einen erfolgreichen Einsatz hybrider Anlagen mitgestalten.

Hybrid-Heating, das beschreibt den **flexiblen** Energieeinsatz der Zukunft, aber auch die daraus resultierenden **Unsicherheiten**. Die **Energiewende** und der damit einhergehende Einsatz Erneuerbarer Energien anstelle der bisher genutzten fossilen Energieträger wie Öl oder Gas stellt insbesondere energieintensive Branchen wie die Industrieofentechnik vor vielfältige Risiken und Herausforderungen. Damit diese sicher bewältigt werden können, sind neben innovativem Denken und Handeln wirtschaftliche Geschäftsmodelle unerlässlich, für die es vielfach neuer, strategischer Kooperationen bedarf.

Das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderte Innovationsforum „Hybrid-Heating“ bietet den Teilnehmern im Rahmen der stattfindenden Veranstaltungen die Möglichkeit sich zu **informieren**, zu **vernetzen**, eigene **innovative Lösungen** und **Ideen** zum Thema beizutragen, neue Geschäftsmodelle und Kooperationen zu initiieren und so ihre Wettbewerbsposition zu stärken. Es stehen u. a. Fragestellungen aus den Bereichen Produktion, Anlagenbau und Energieversorgung der Zukunft im Fokus der Veranstaltungen.

Hybrid

Das Substantiv **Hybrid** (Neutrum: "das Hybrid") und das Adjektiv **hybrid** beziehen sich auf etwas Gebündeltes, Gekreuztes oder **Vermischtes**. Diese griechisch stämmigen Begriffe (abgeleitet von ὕβρις, -> *hýbris*, *Übermut* oder *Anmaßung*) haben über das Lateinische (*hybrida*, *Bastard*, *Mischling* oder *Frevelkind*) ihren Weg u. a. in die englische und deutsche Sprache gefunden. (Quelle: Wikipedia)

Allgemein versteht man in der Technik unter Hybrid ein System, bei welchem **zwei Technologien** miteinander kombiniert werden.

Die vorangestellte Bezeichnung *Hybrid*- betont **ein aus unterschiedlichen Arten oder Prozessen zusammengesetztes Ganzes**. Die Besonderheit liegt darin, dass die **zusammengebrachten Elemente für sich schon Lösungen darstellen**, durch das Zusammenbringen aber **neue erwünschte Eigenschaften** entstehen können.

Auch wenn das Zusammenbringen verschiedener Subsysteme geradezu ein Prinzip von Systemen ist, **meiden Systeme eher solche Hybrid-Lösungen**. Denn das Hybridartige bedeutet, dass Doppel- oder Mehrfachlösungen für die gleiche Funktion eingesetzt werden, die einen jeweils unterschiedlichen inneren Aufbau besitzen.

Systeme sichern ihr Fortbestehen jedoch eher aus

1. der Mehrfachverwendung gleicher Teile für die gleiche Funktion (Redundanz) oder
2. das Zusammenfügen unterschiedlicher Subsysteme zu unterschiedlichen Zwecken.

Hybridfahrzeuge

Antriebe und Motoren: Hybride Antriebssysteme bestehen aus einer Kombination von mindestens zwei verschiedenen und getrennten Energiespeicher- und

Modell	Reichweite el. km	Nennkapazität Akku in kWh	Gewicht leer kg	Herstellerzeit
Toyota Prius 1	2-4	1,8 (NiMH)	1260	2000-2003
Toyota Prius 2	1-3	1,3 (NiMH)	1375	2003-2009
Toyota Prius 3	1-3	1,3 (NiMH)	1445	2009-2016
Toyota Prius 4	50	8,8 (Li)	1450	2016-

NiMH: Nickel-Metallhydrid-Akkumulator

Li: Lithium-Ionen-Batterie

BMW i8: el. Reichweite 53 bis 55 km

Neue erwünschte Eigenschaften:

CO₂-, NO_x-Minderung

Rückgewinnung Bremsenergie

Nutzung elektrischer Energie

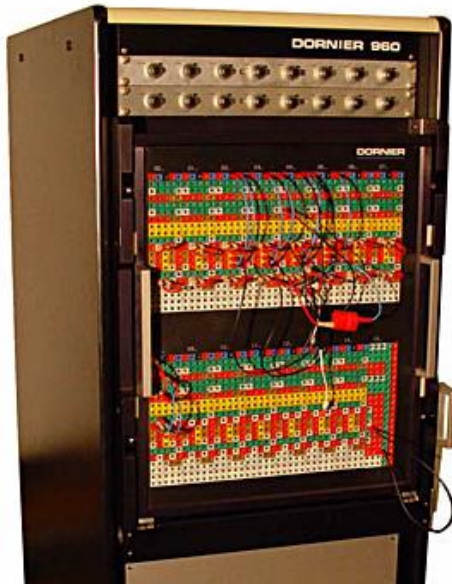
.....



Hybridrechner

Hybridelektronik oder *hybride Schaltung* bezeichnet elektrische Schaltungen, die sowohl Analogtechnik (z. B. Beuken-Modell) als auch Digitaltechnik in einem Baustein verwenden.

Entsprechend handelt es sich bei **Hybridrechnern** um Computer, die analoge und digitale Komponenten besitzen.

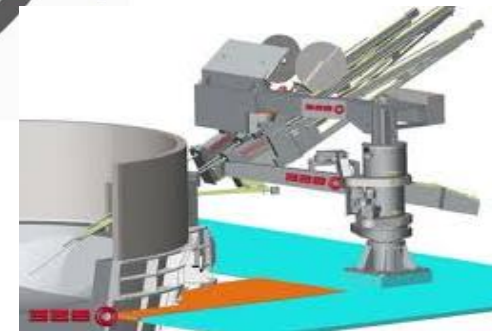
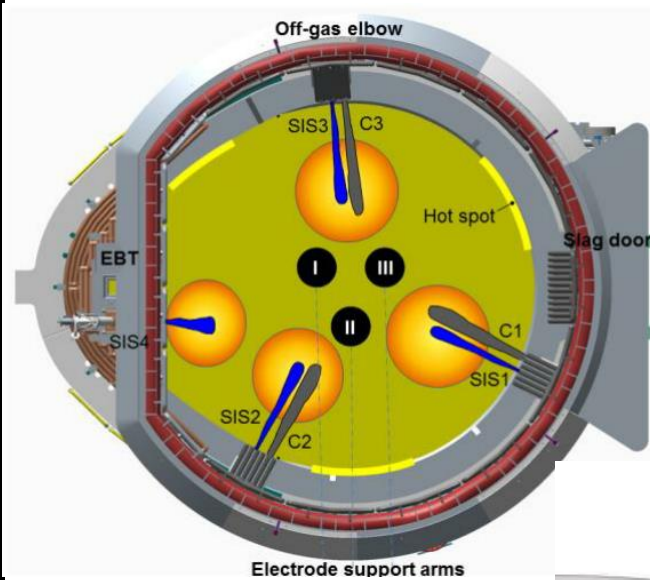
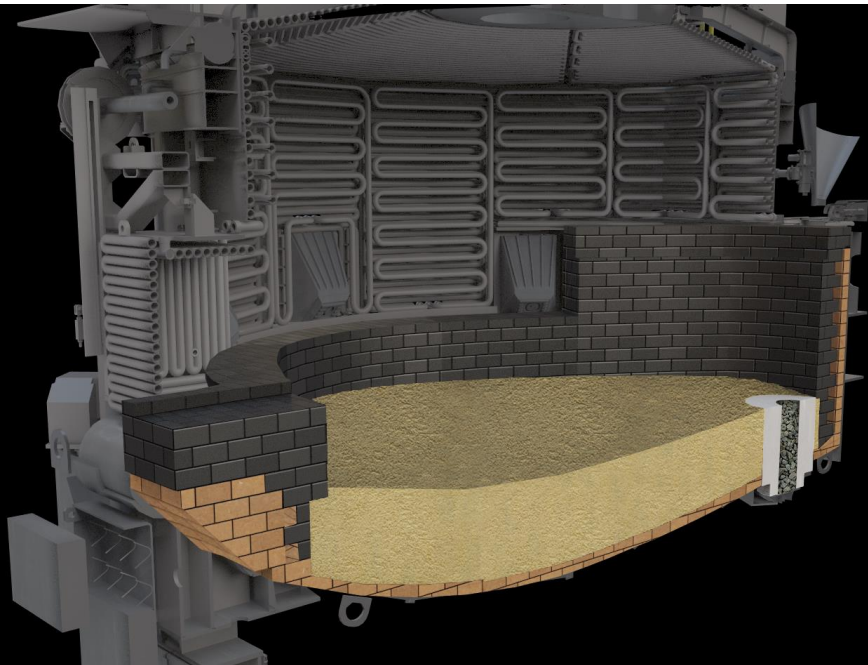


Der DO 960 ist ein Hybridrechner. Er wurde Ende der **1960er** / Anfang der **1970er** Jahre bei Dornier in Immenstadt gebaut. Damit endete dann auch die Ära der Analogrechner bei Dornier. Bei dem Digitalteil handelt es sich um ein CAMAC-System (CAMAC: Computer Automated for Measurement and Control). CAMAC wurde Ende der 1960er Jahre entwickelt für das Erfassen und Verarbeiten von Analogwerten in der Kernforschung. Das dargestellte Gerät stand ehemals in Zürich und diente zur Simulation von Raketenbahnen.

—————→ **Übergangstechnik**

—————→ Heute: digitale Computer

Hybridöfen - Lichtbogenofen



Source: SMS Group

**Leistungssteigerung durch Einblasen von Kohle und Sauerstoff
(50 % elektrische Energie; 50 % chemische Energie)**

Hybridöfen - Lichtbogenofen

Conarc® (converter arcing)

- The combined advantages of BOF and EAF

- Any mix of hot and cold charge materials

BOF: Basic Oxygen Furnace (LD-Konverter)

EAF: Electric Arc Furnace



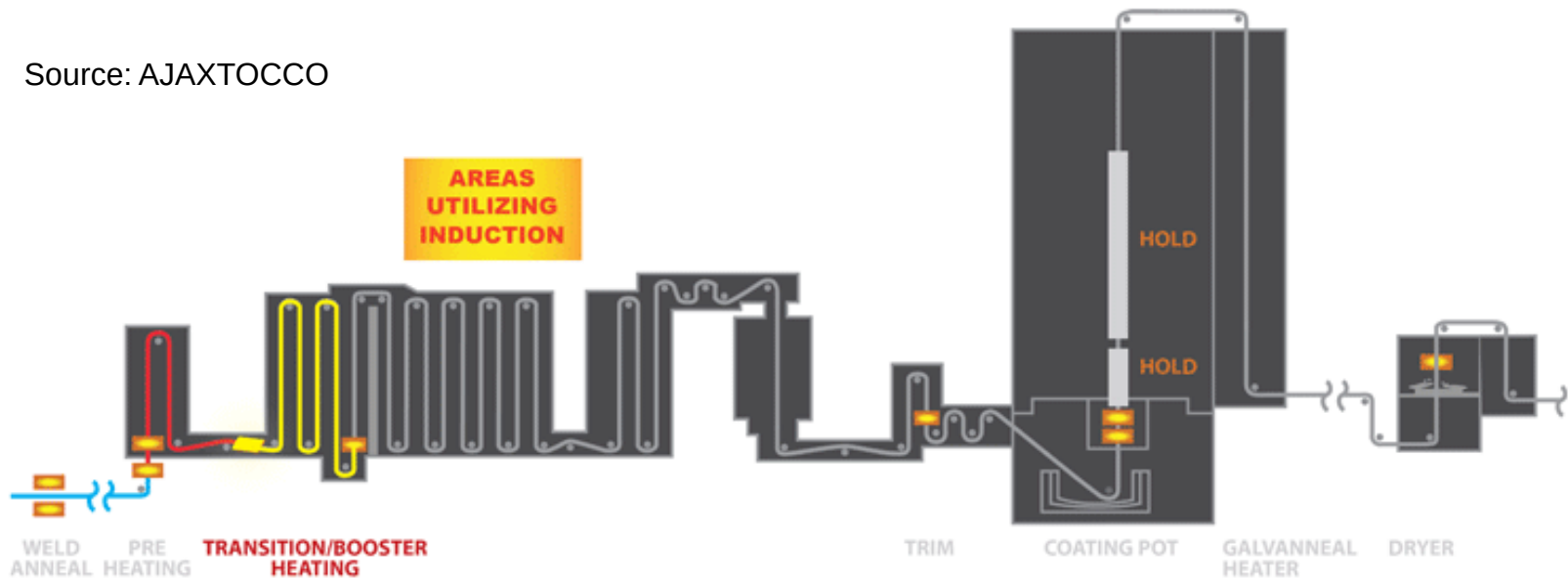
Flexibilität hinsichtlich Verfahren und Einsatzstoffen

Source: SMS Group



Hybridöfen - Durchlaufglühanlagen

Source: AJAXTOCCO



Erwärmung von Raumtemperatur auf etwa 550 bis 700

°C

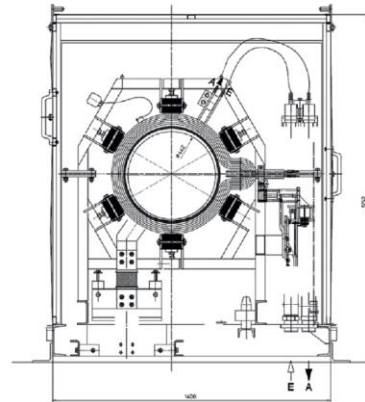
Höhere Durchlaufgeschwindigkeiten

- **Steigerung der Produktion** (durch den gleichzeitigen Einsatz von Brennstoffen und elektrischer Energie - induktive Querfelderwärmung)

Hybridöfen – Al-Bolzenerwärmung



Convective billet heater



Inductive billet heater

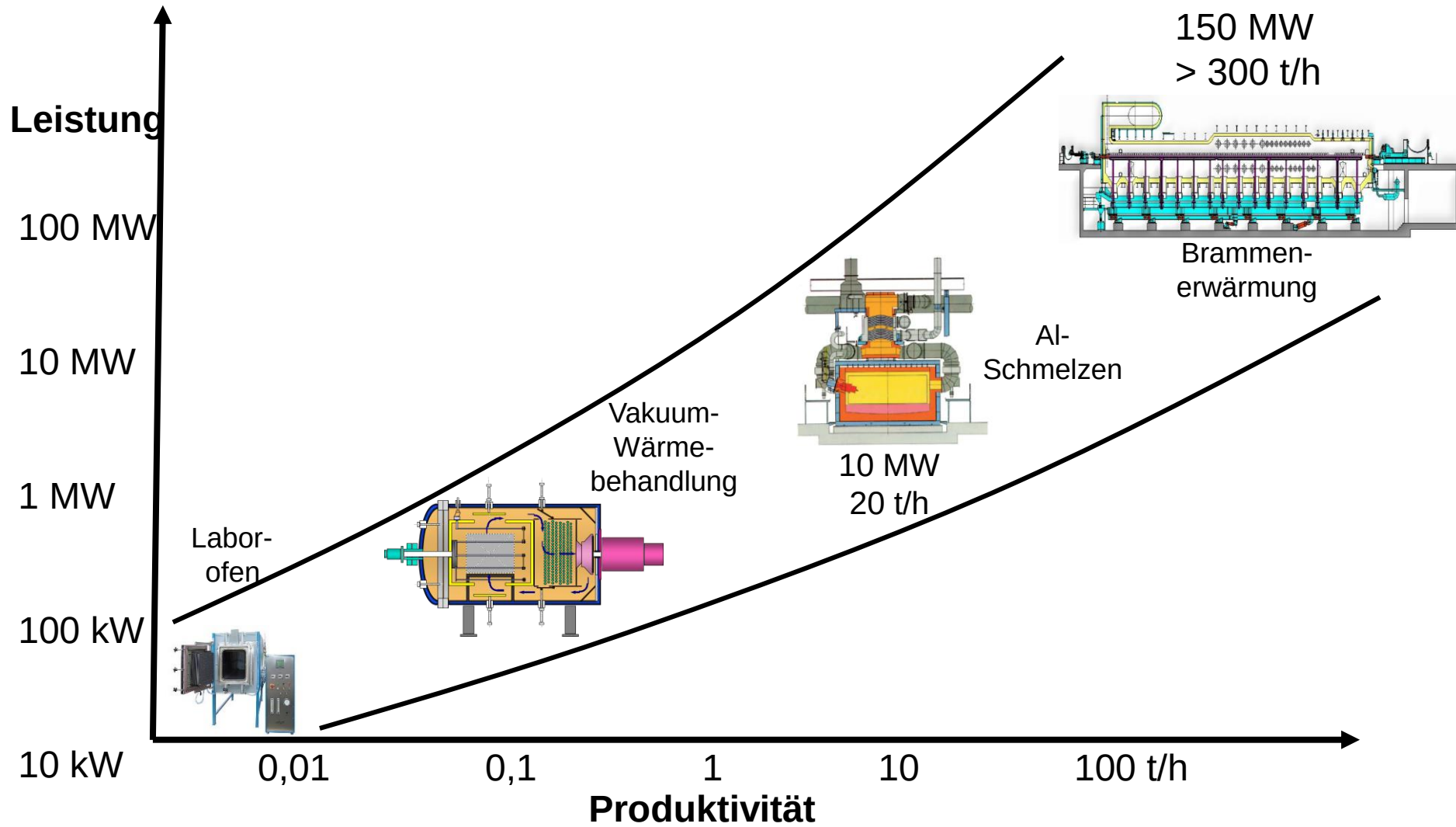


Energy demand and energy efficiency of combination-type heaters for aluminium

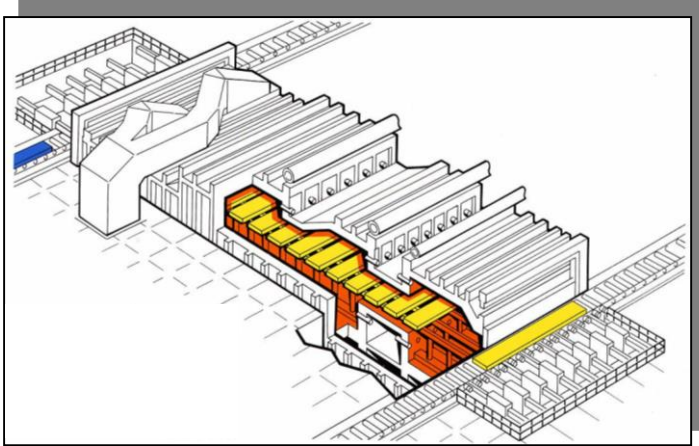
	Gas-fired + induction	Convective gas + induction
Baseline temperature	400 °C	
Final temp. without taper	480 °C	
Enthalpy of aluminium at 400 °C	105 kWh/t _{Al}	
Enthalpy of aluminium at 480 °C	130 kWh/t _{Al}	
Fuel input	174 kWh _{th} /t _{Al}	142 kWh _{th} /t _{Al}
Electric energy demand	48 kWh _{el} /t _{Al}	59 kWh _{el} /t _{Al}
Energy efficiency	58.6 %	64.8 %

Ziel:
Prozess-
optimierung

Leistungs- und Produktivität von Industrieöfen



Hubbalkenofen für die Erwärmung von Brammen



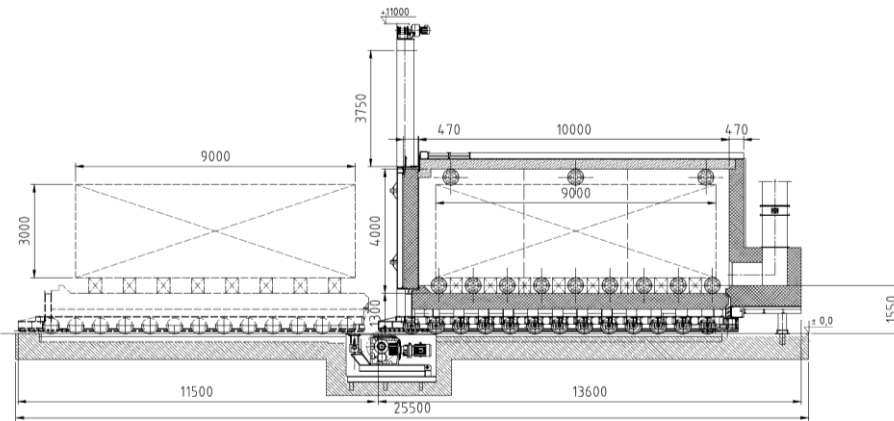
Gasbefeuert 100 – 150MW
Innere Fläche für Elektroheizung: 400m²
Spezifisch mögliche elektrische Heizleistung: 30 kW/m²
Gesamt theoretisch mögliche elektrische Heizleistung: 12 MW



Quelle: LOI Thermprozess, Möglichkeiten des Energieeintrags in Industrieöfen, Voll- und teilhybride Anlagenkonzepte, 1. Fachworkshop zum Innovationsforum Hybrid-Heating, 05.12.2018, Aachen

Beispiele für Hybrid-Heating und die Grenzen einer Elektrifizierung

Kammerofen für Anwendungen bis zu 1350 °C



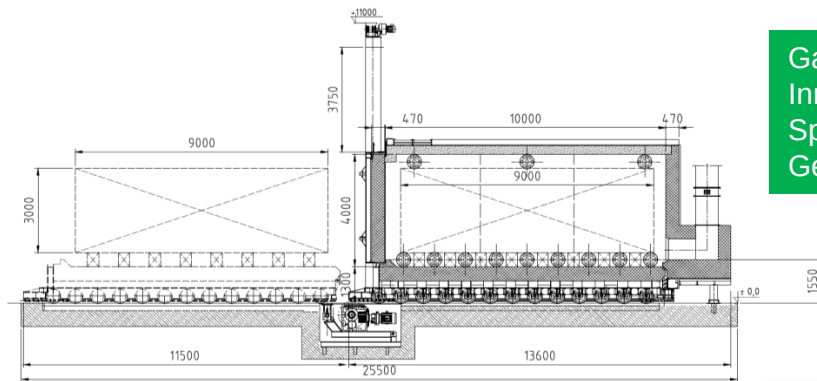
Gasbefeuert 8 MW
Innere Fläche für Elektroheizung: 60 m²
Spezifisch mögliche elektrische Heizleistung: 20 kW/m²
Gesamt theoretisch mögliche elektrische Heizleistung: 1,2 MW



Quelle: LOI Thermprozess, Möglichkeiten des Energieeintrags in Industrieöfen, Voll- und teilhybride Anlagenkonzepte, 1. Fachworkshop zum Innovationsforum Hybrid-Heating, 05.12.2018, Aachen

Beispiele für Hybrid-Heating und die Grenzen einer Elektrifizierung

Kammerofen für Anwendungen bis zu 750 °C



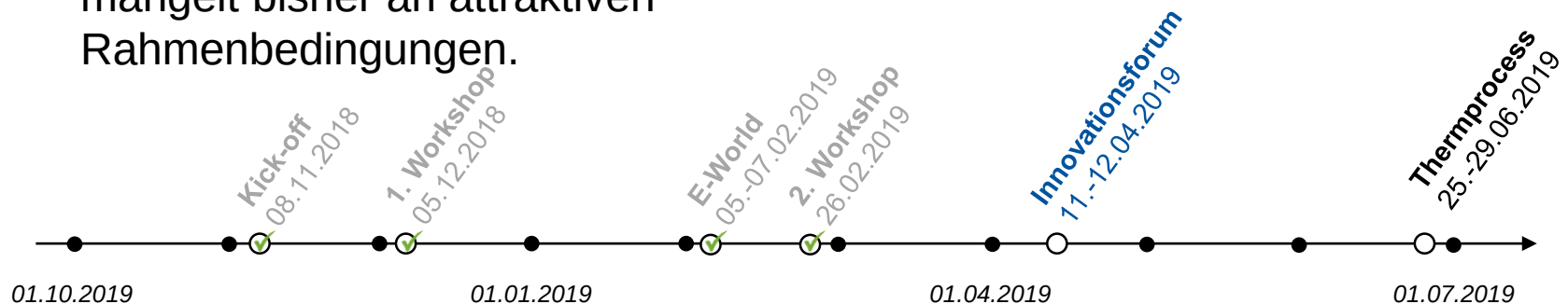
Gasbefeuert 1,5 MW
Innere Fläche für Elektrobeheizung: 60 m²
Spezifisch mögliche elektrische Heizleistung: 50 kW/m²
Gesamt theoretisch mögliche elektrische Heizleistung: 3 MW



Quelle: LOI Thermprozess, Möglichkeiten des Energieeintrags in Industrieöfen, Voll- und teilhybride Anlagenkonzepte, 1. Fachworkshop zum Innovationsforum Hybrid-Heating, 05.12.2018, Aachen

Zusammenfassung und Ausblick

- Technisch ist in der Industrieofenbau- und Thermoprozesstechnik im Kontext Hybrid-Heating bereits viel möglich.
- Die Grenzen einer Elektrifizierung liegen vor allem in der Energiedichte einer elektrischen Beheizung im Vergleich zur konventionellen Gasbeheizung.
- Die Wirtschaftlichkeit hybrider Beheizungskonzepte ist vielfach nicht gegeben. Es mangelt bisher an attraktiven Rahmenbedingungen.





Hybrid-Heating

Innovationsforen
Mittelstand 

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Dr.-Ing. Christian Schwotzer / Prof. Dr.-Ing. Herbert Pfeifer

RWTH Aachen University
Institut für Industrieofenbau und Wärmetechnik
Kopernikusstraße 10
52074 Aachen

Tel.: +49 241 80 26068
hybrid-heating@iob.rwth-aachen.de
www.hybrid-heating.de

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung