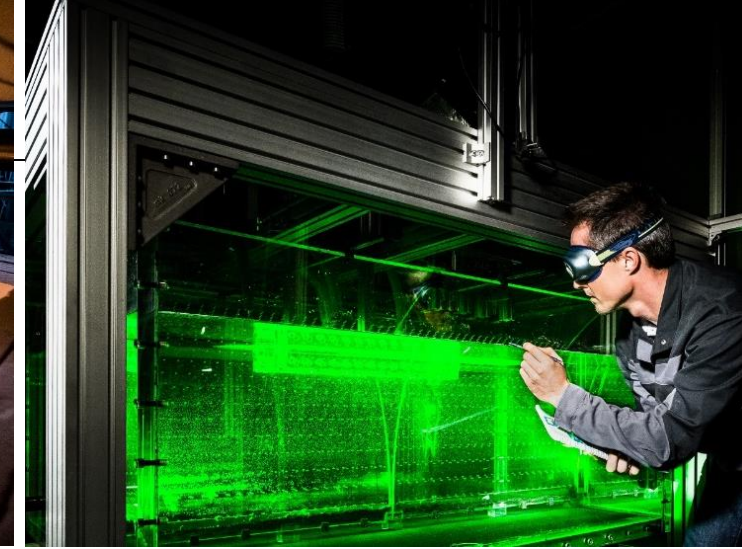




Forschung* und Lehre am IOB Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft

IOB at a (first) Glance

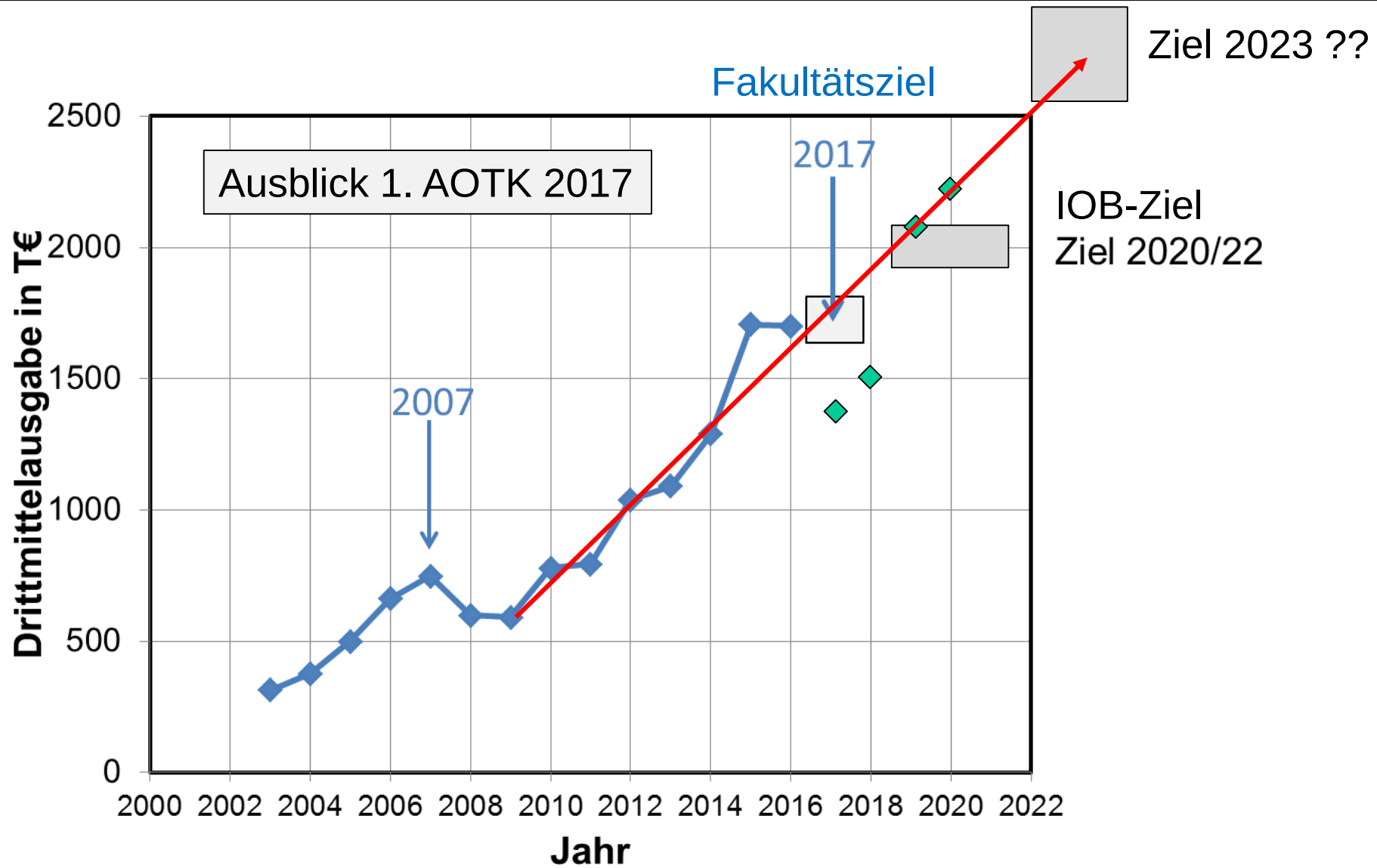
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Herbert Pfeifer

- Klassische Industrieofentechnik
- Klimawandel
- Energiewende
- Energieeffizienz
- Dekarbonisierung
- Circular Economy
- Nachhaltige Thermoprozesstechnik

Was ist in den letzten Jahren gelaufen?

- **Drittmittel**
- **Infrastruktur**
- **Ausstattung**
- **Projekte**

Drittmittelentwicklung (oder „Ohne Moos nix los“)



Was ist in den letzten Jahren gelaufen?

- **Drittmittel**
- **Infrastruktur**
- **Ausstattung**
- **Projekte**

Vergangenheit – Infrastruktur und neue Geräte am IOB (letzten 2 Jahre)

Neue Hardware/Infrastruktur am IOB

- **Anlagen/Infrastruktur**

- „Kellerlabor“ (2020)

- Strömungslabor (Institutsgebäude)

- „Alte“ Halle (2005)

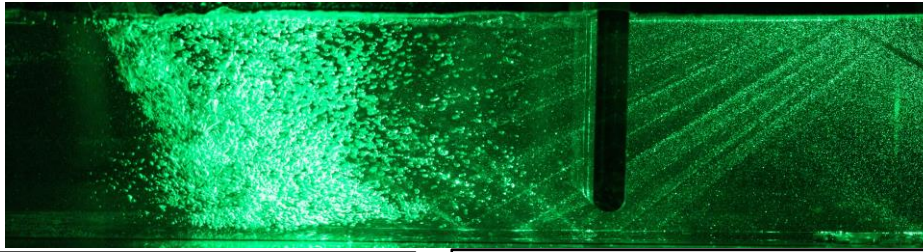
- Glühsimulatoren (Simulation thermischer Zyklen in verschiedenen Maßstäben)
 - Düsenprüfstand
 - Reststoff-Labor

- „Neue Halle“ (2010)

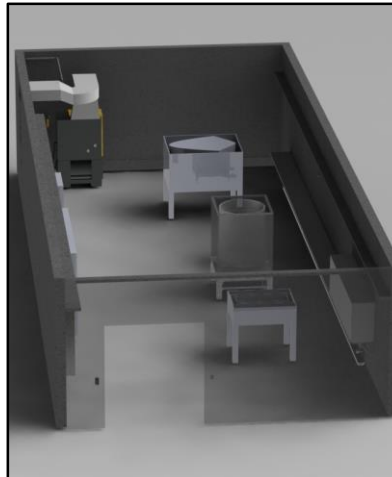
- Wasserstoffinfrastruktur (Halle, Container)
 - Versuchsstände (Planung SHR-Prüfstand)



Ausstattung - Strömungslabor



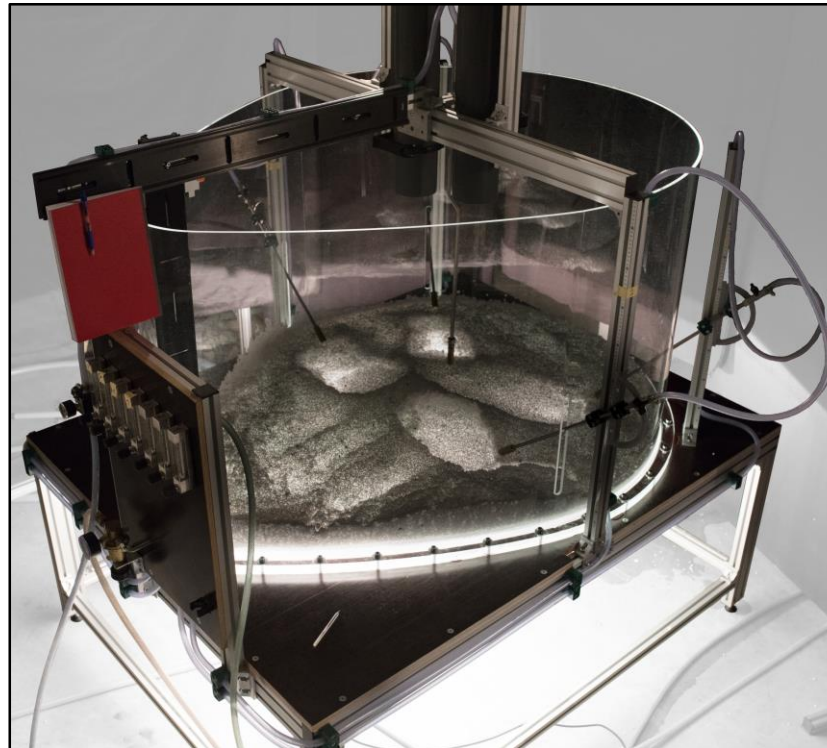
- Kompressor (bis 15 bar, 2,16 m³/min)
- Pumpen (bis 112.5 m³/h)
- Highspeedkamera (bis 5000 fps, 1.05 MP)
- Kamera (50.60 MP)
- Gepulste Laser (532 nm, 200 mJ)
- Kontinuierlicher Laser (450-532 nm, 5 W)
- 3D Traverse
- **Strömungsmodelle**



Tundish



ConArc



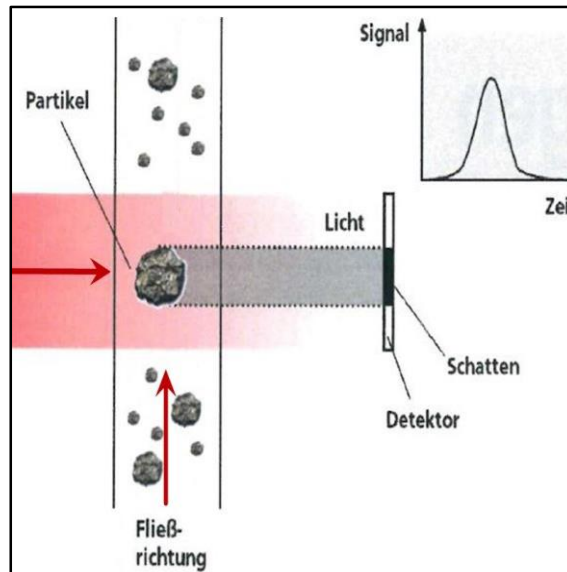
1:3 Pfannenmodell
1:5 Pfannenmodell



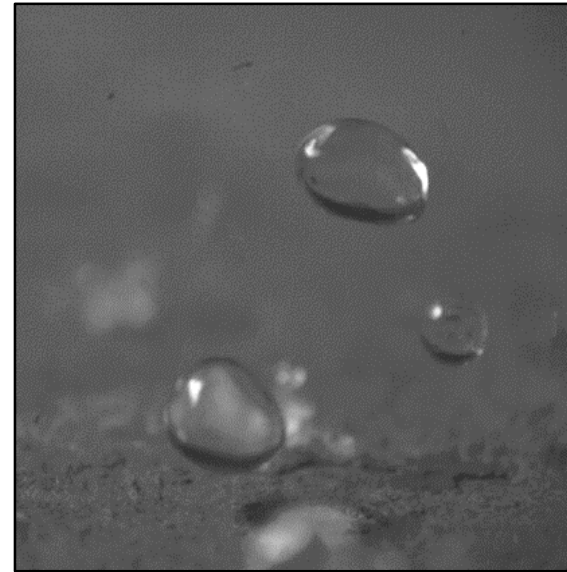
Mischungszeitmessung



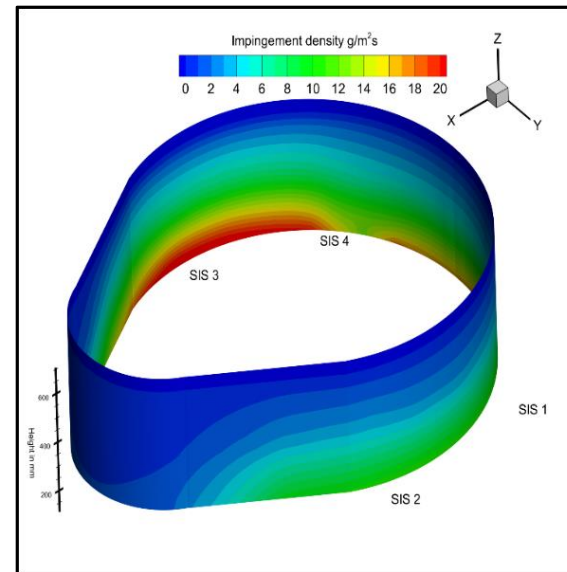
Partikelabscheidung



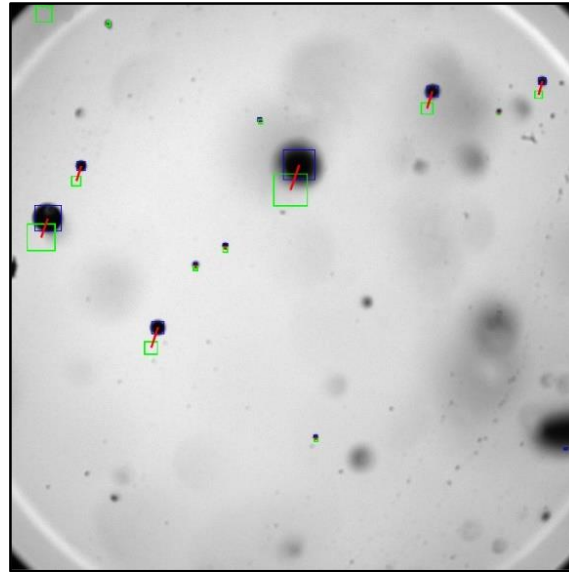
Highspeedmessungen



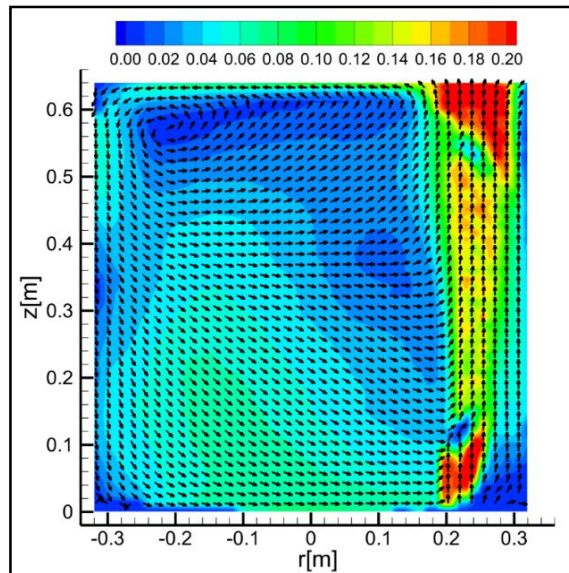
Splashingmessungen



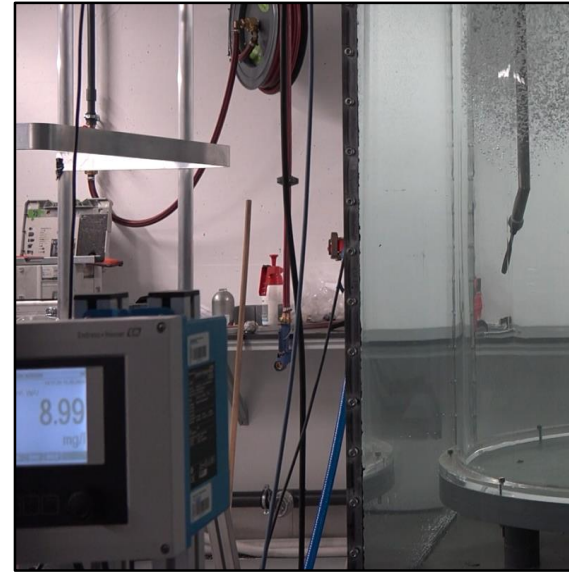
Shadowgraphy



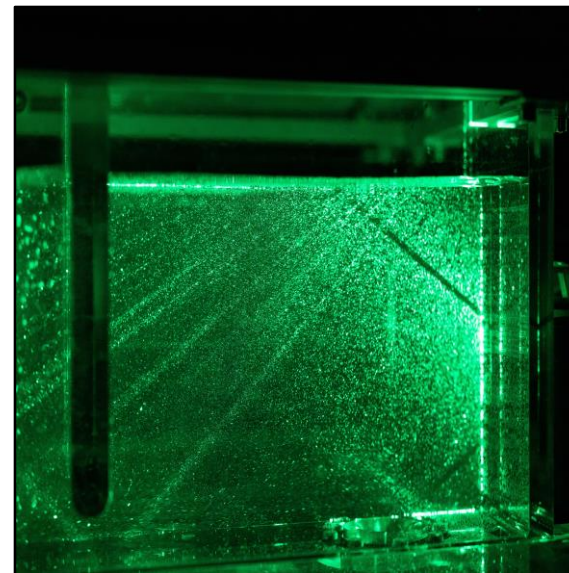
Particle Image Velocimetry



Entgasungseffizienz



Strömungsvisualisierung



Was ist in den letzten Jahren gelaufen?

- **Drittmittel**
- **Infrastruktur**
- **Ausstattung**
- **Projekte**

Vergangenheit – Infrastruktur am IOB (letzten 2 Jahre)

Neue Hardware/Infrastruktur am IOB

- **Anlagen/Infrastruktur**

- „Kellerlabor“ (2020)

- Strömungslabor (Institutsgebäude –)

- „Alte“ Halle (2005)

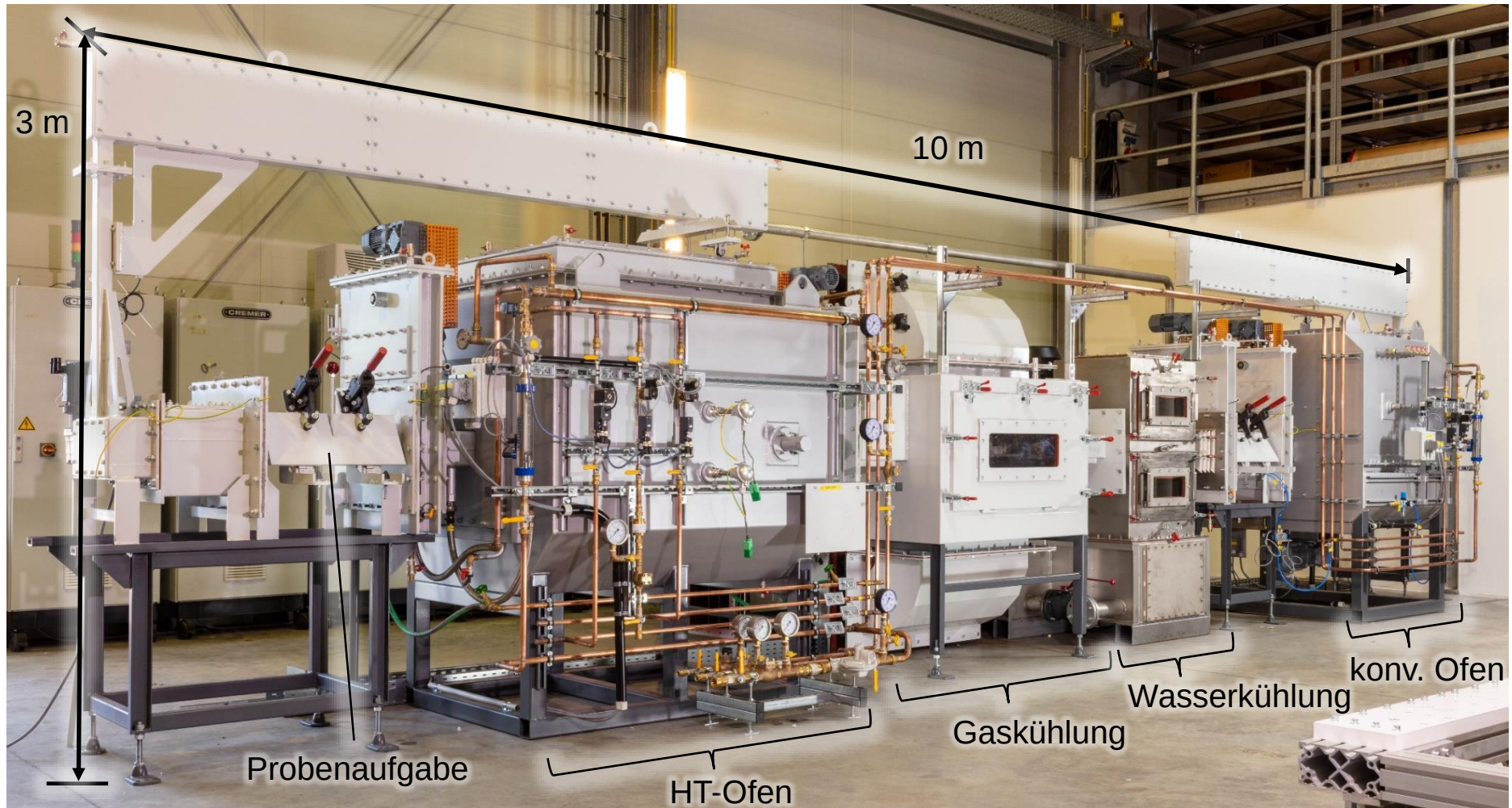
- Glühsimulatoren (Simulation thermischer Zyklen in verschiedenen Maßstäben)
 - Spraydüsenprüfstand
 - Reststoff-Labor (Presse)

- „Neue Halle“ (2010)

- Wasserstoffinfrastruktur (Halle, Container)
 - Versuchsstände (Planung SHR-Prüfstand)

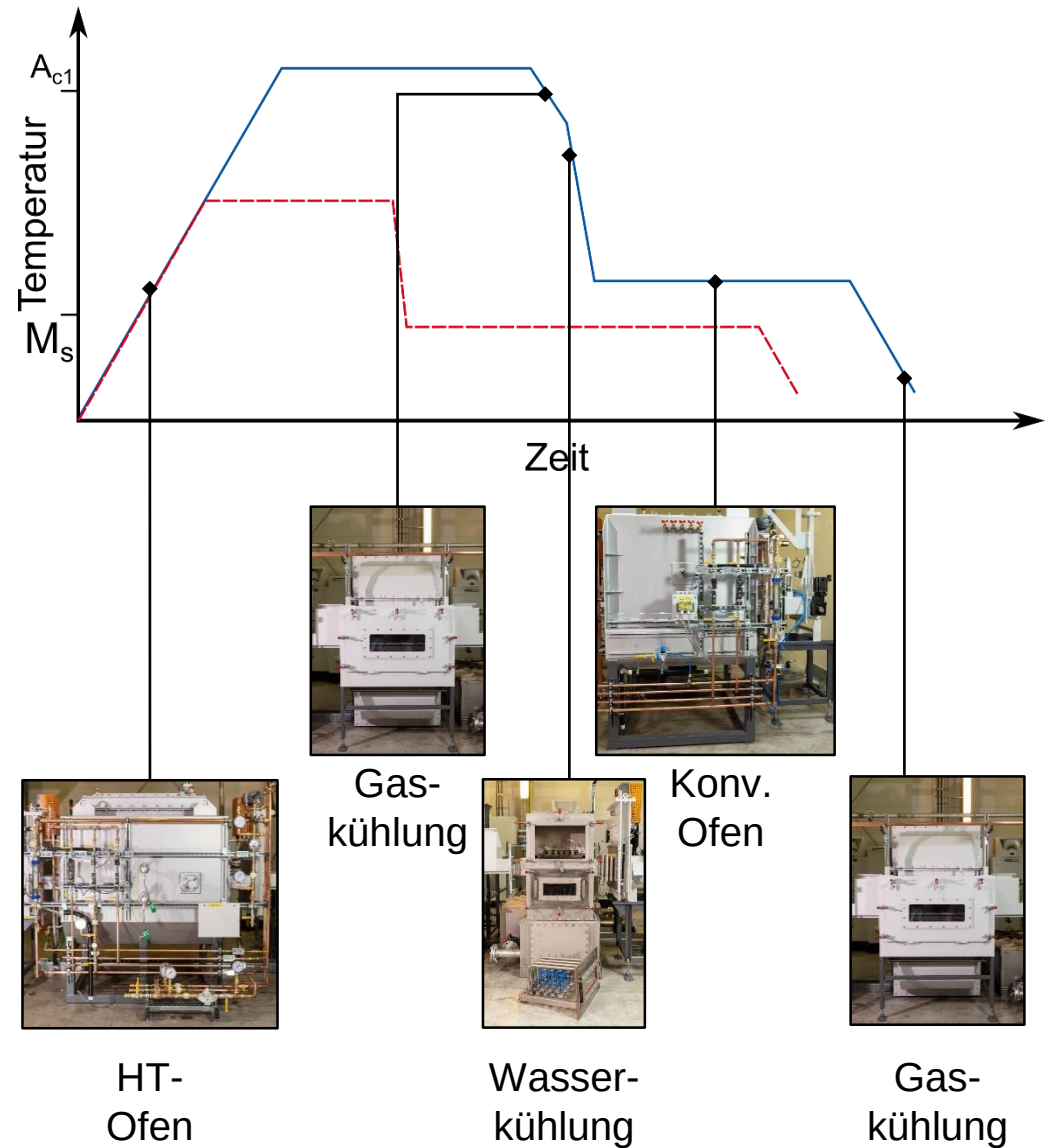


Glühsimulator 1



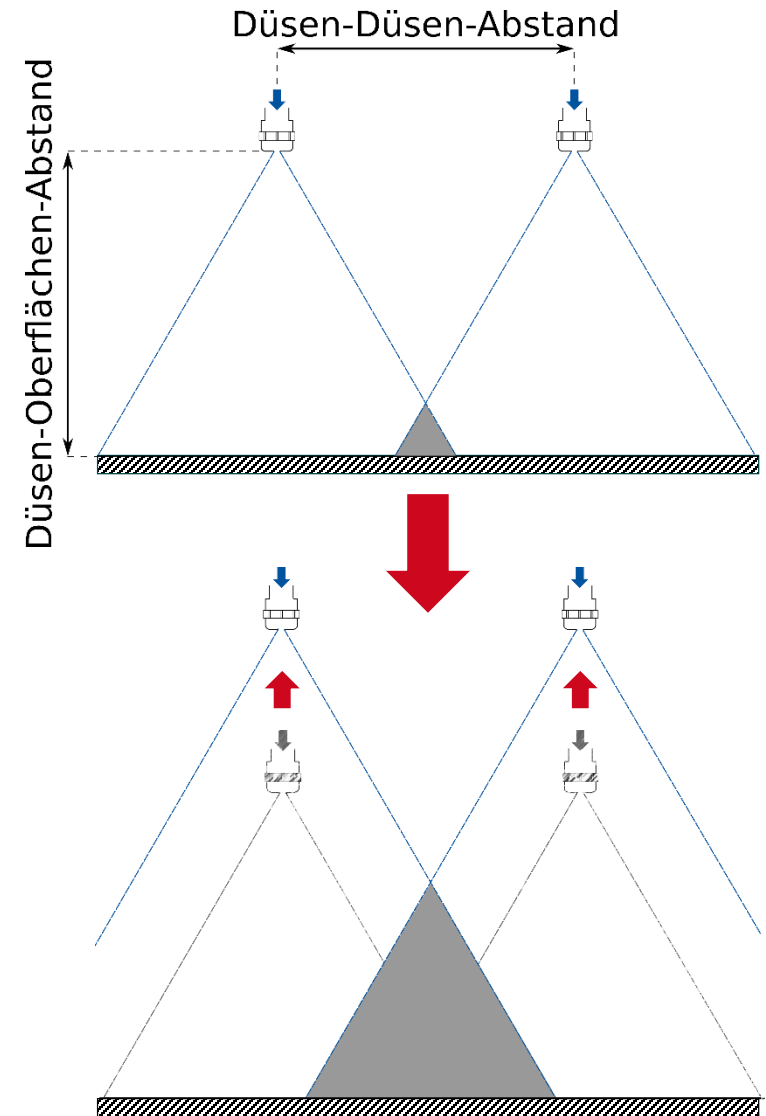
Prozessablauf am Beispiel Stahl:

- HT-Ofen
 - Atmosphären:
Luft, N_2 , H_2 , CO_2 , CO
 - $T_{max} = 1100\text{ °C}$
 - strahlungsdominiert
- Kühlung
 - Wasser ($\sim 450\text{ K/s mm}$)
 - Luft ($\sim 15 - 75\text{ K/s mm}$)
- Konvektions-Ofen
 - Atmosphären:
Luft, N_2 , Argon
 - $T_{max} = 650\text{ °C}$
 - konvektionsdominiert



Thermischer Zyklus – Kühlung (Bauteile, Bänder, Strangguss)

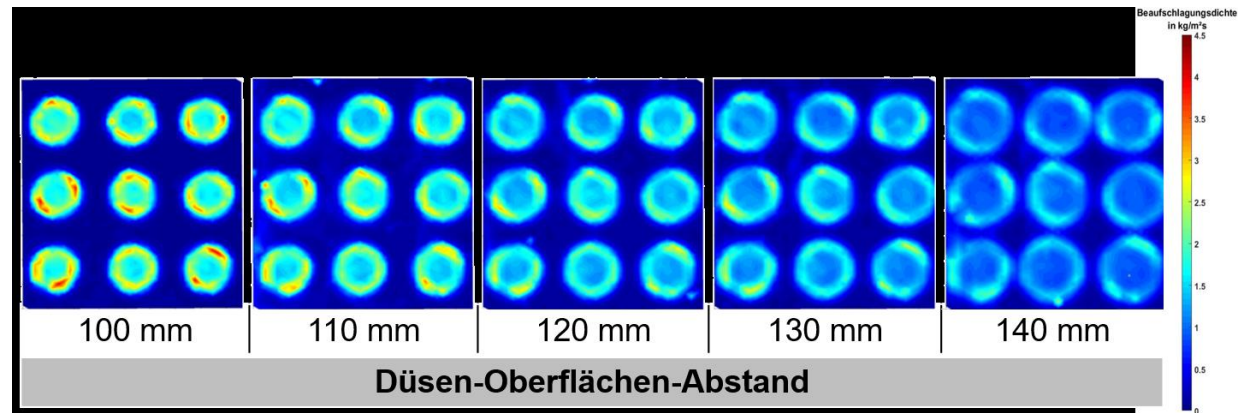
- Viele Einflussfaktoren auf die Strömungsbildung:
 - Düsenanordnung
 - Düsen-Düsen-Abstand
 - Düsen-Oberflächen-Abstand
 - Düsenvordruck
 - Bandgeschwindigkeit
 - Bandbreite
 - Düsenart
- Charakterisierung der Düsenströmungen durch:
 - Tropfendurchmesser
 - Tropfengeschwindigkeit
 - Auftreffimpuls
 - **(Wasser-)Beaufschlagungsdichte**
 - Wichtige Messgröße
 - Bestimmung über sog. Patternator
 - Vereint viele Einflussfaktoren
 - $\frac{\text{Wassermenge}}{\text{Fläche und Zeit}}$ bzw. $\frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \text{s}}$



Wasserbeaufschlagungsdichte - Patternator

- **Umbau Patternator**

- Neues Messprinzip
 - Ultraschall und 2D-Traversal
 - Messung des Abstand Sensor-Wasseroberfläche
- 1330 Messstellen (38 x 35 Reihen, 465 x 430 mm²)
- Automatische Auswertung der Messergebnisse
- Messdauer für gesamten Patternator aktuell ~ 35 min



Agglomerationslabor (Reststoffe der Metallurgie)



Stempelpresse

Vergangenheit – Infrastruktur am IOB (letzten 2 Jahre)

Neue Hardware/Infrastruktur am IOB

- **Anlagen/Infrastruktur**

- „Kellerlabor“ (2020)

- Strömungslabor (Institutsgebäude –)

- „Alte“ Halle (2005)**

- Glühsimulatoren (Simulation thermischer Zyklen in verschiedenen Maßstäben)
 - Spraydüsenprüfstand
 - Reststoff-Labor (Presse)

- „Neue Halle“ (2010)**

- Wasserstoffinfrastruktur (Halle, Container)
 - Versuchsstände (Planung SHR-Prüfstand)



Erdgas H

- Theoretische Leistung: 3 MW

Zentrale Luftversorgung

- Ansaugvolumenstrom: 1,66 m³/s
- Wellenleistung: 19,7 kW
- Motorleistung: max. 30 kW

Abgasabsaugung



Zentrale Medienversorgung am Projektstand Tailored Heating

Infrastruktur – Erweiterung der Medienversorgung

- Zentrales Gaslager – Überblick
- Anschluss für max. 10 Gasstränge
- Erste Ausbaustufe:
 - Sauerstoff O_2
 - Methan CH_4
 - Propan C_3H_8
 - Kohlenstoffmonoxid CO
 - Kohlenstoffdioxid CO_2
 - Ammoniak NH_3
 - Stickstoff N_2
 - Wasserstoff H_2

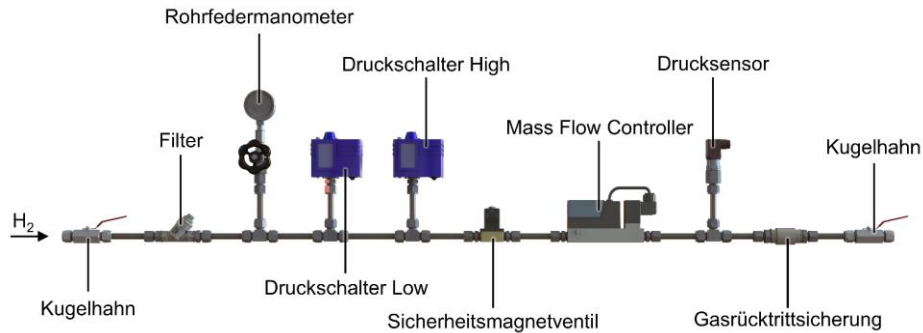
im Aufbau



Zentrales Gaslager IOB

Zentrales Gaslager – Anschluss an Prüfstände

im Aufbau



Projekt: TTgoesH2 – TP1: ULoBurn



Projekt: ReOrgAI



Projekt: ReOrgAI

Wasserstoff – Mobile H₂-Strecke

In Betrieb

- Druckregelstation
Automatische Umschaltung
zwischen max. zwei H₂-Bündeln
- Steuerung
Direkter Anschluss an BCU möglich
- Mass Flow Controller (MFCs)
(60 + 35) Nm³/h = 95 Nm³/h
- Gassicherheitsstrecke
Anlehnung an DIN EN 746-2



Mobile H₂-Strecke

Quantenkaskadenlaser-Gasanalysator

- Industrietaugliches Messsystem
- Hohe Messgenauigkeit bei sehr geringen Nachweisgrenzen
- Geringe Wartungsanforderungen
(keine wöchentliche Kalibrierung notwendig)

Gasspezies	Messbereich	LOD (Limit of Detection)
NO	0-150 ppm	0,2 ppm
NO ₂	0-50 ppm	0,1 ppm
N ₂ O	0-100 ppm	0,3 ppm
NH ₃	0-100 ppm	1,0 ppm
CO	0-200 ppm	0,5 ppm
H ₂ O	0-25 Vol.-%	0,25 Vol.-%



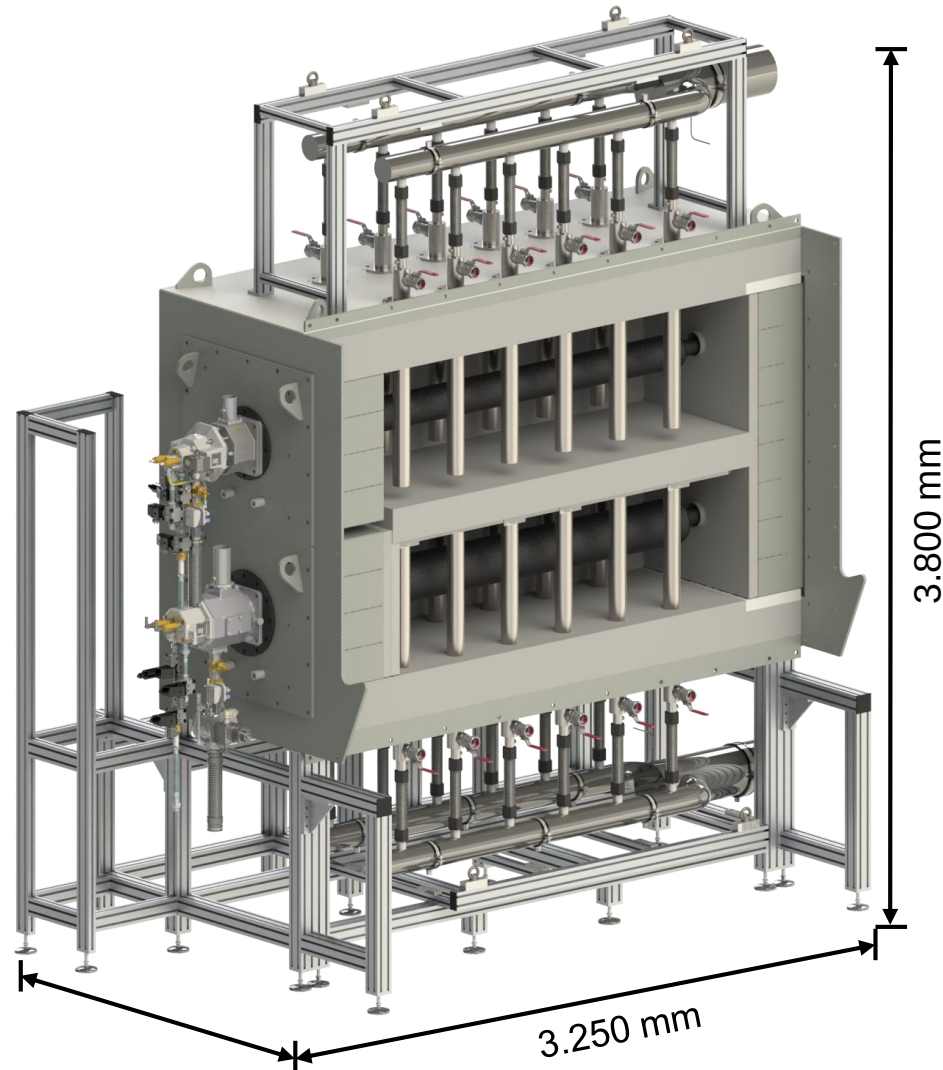
QCL-Gasanalysesystem

Strahlheizrohr-Prüfstand

- Modulares Ofendesign (2 Mantel-SHR / 1 P- bzw. PP-SHR)
- Flexibles Auflagerdesign
- Flexible indirekte Luftkühlung
- Inspektionsöffnungen in der Seitenwand

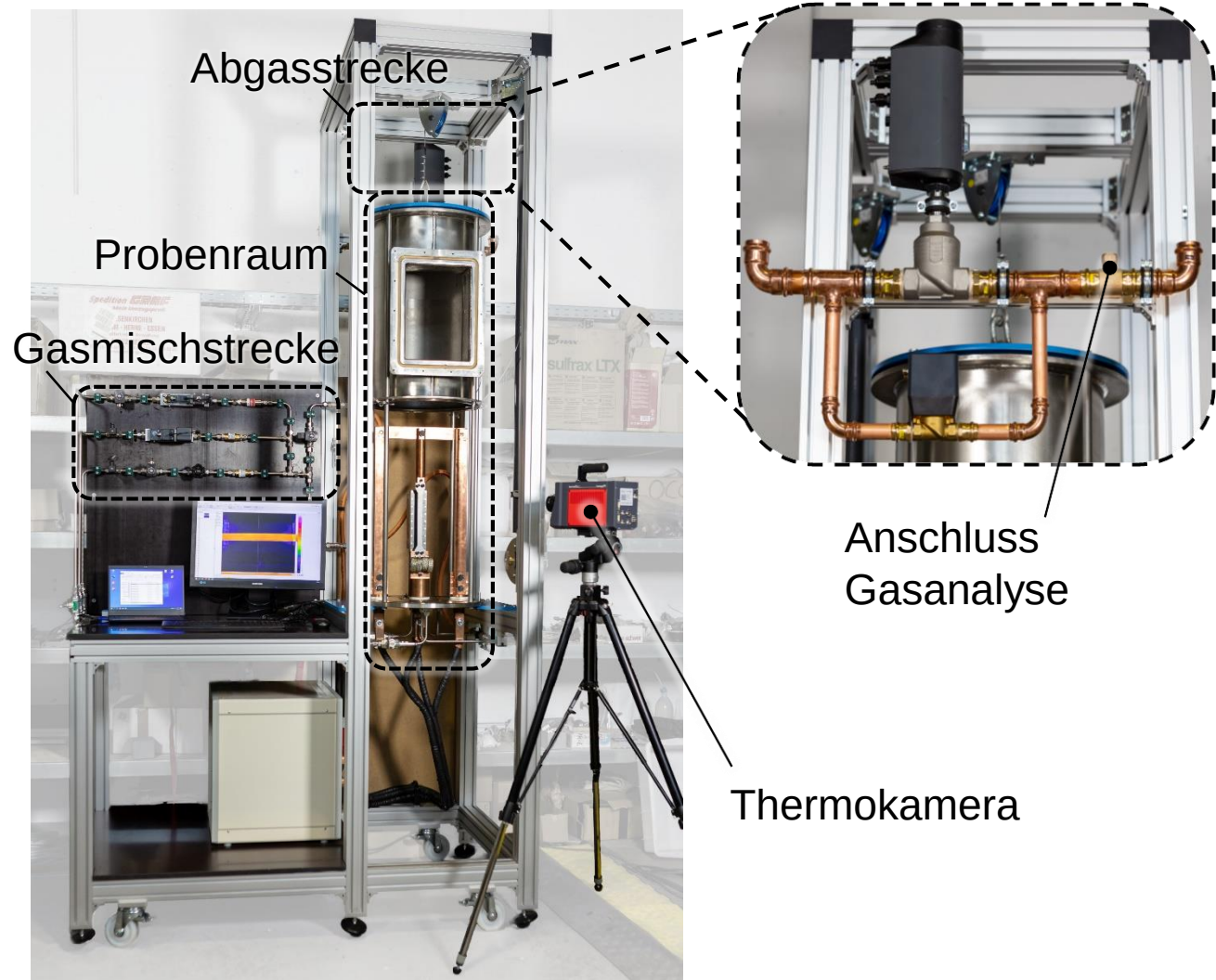
Ziele:

- Validierung numerischer Modelle
- Optimierung von Strahlrohrsystemen
- Messung von Temperatur, Gasspezies und Verformung



Gesamter Prüfstand

- Breite: 1800 mm
- Tiefe: 1500 mm
- Höhe: 3200 mm
- Eingeteilt in:
 - Gasmischstrecke
 - Abgasstrecke
 - Probenraum

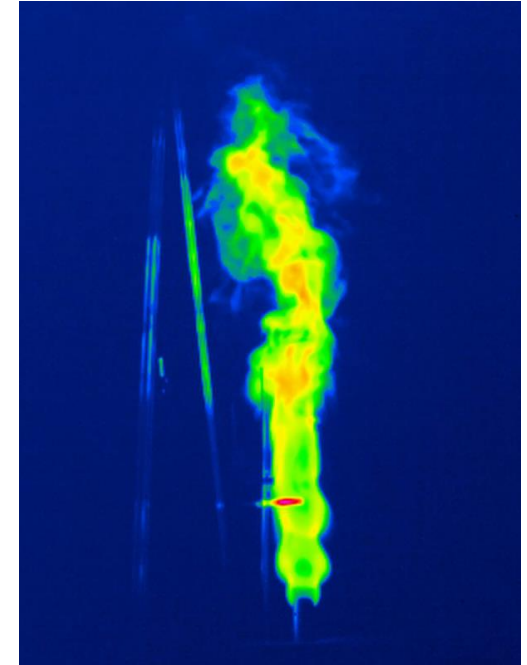
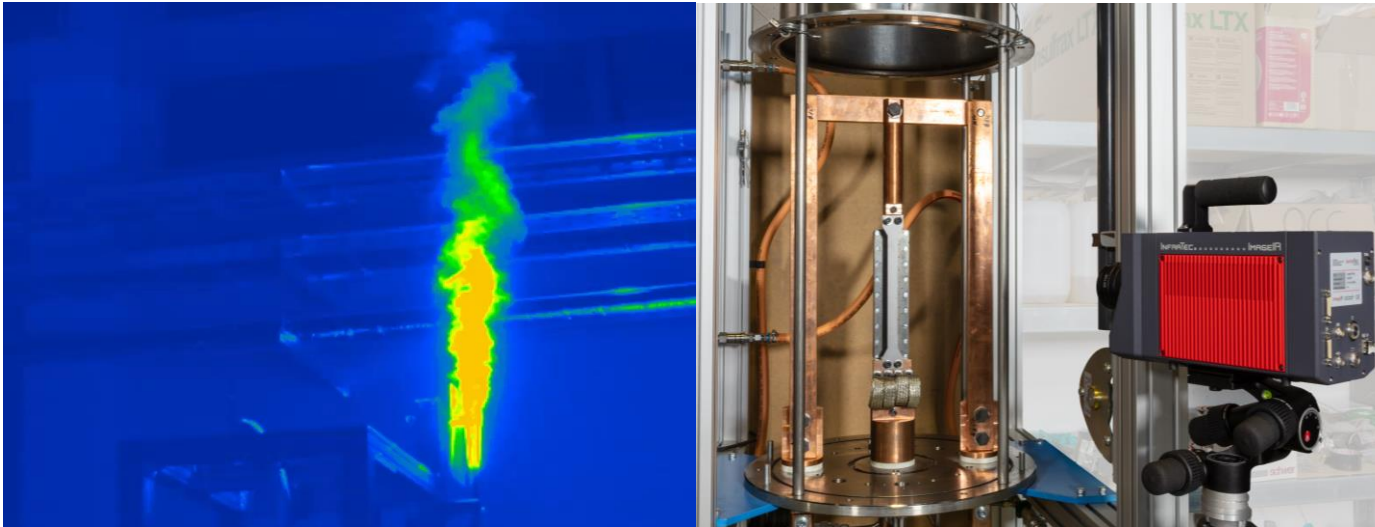


High Speed Infrarot-Thermokamera

- Direkte Messung der Abkühlraten an unterschiedlichen Düsensystemen bei Gas- und Wasserkühlung
 - Positionierung der Kamera ober- und unterhalb der Proben in der Anlage möglich
- Bestimmung von Wärmeübergangskoeffizienten über die Messung der Temperaturverteilung während der Abkühlung
- Hochleistungsinfrarotthermokamera
 - Auflösung von 640 x 512 Pixel
 - Wellenlängenbereich zwischen 2 – 5,5 μm
 - Bildwiederholungsrate bei Vollbild von 622 Hz (Viertelbild: 1615 Hz)
 - Einbau verschiedener Spektralfilter für unterschiedliche Anwendungen
 - Durchflamme
 - Aufflamme



Versuchsaufbau Glühsimulator 2

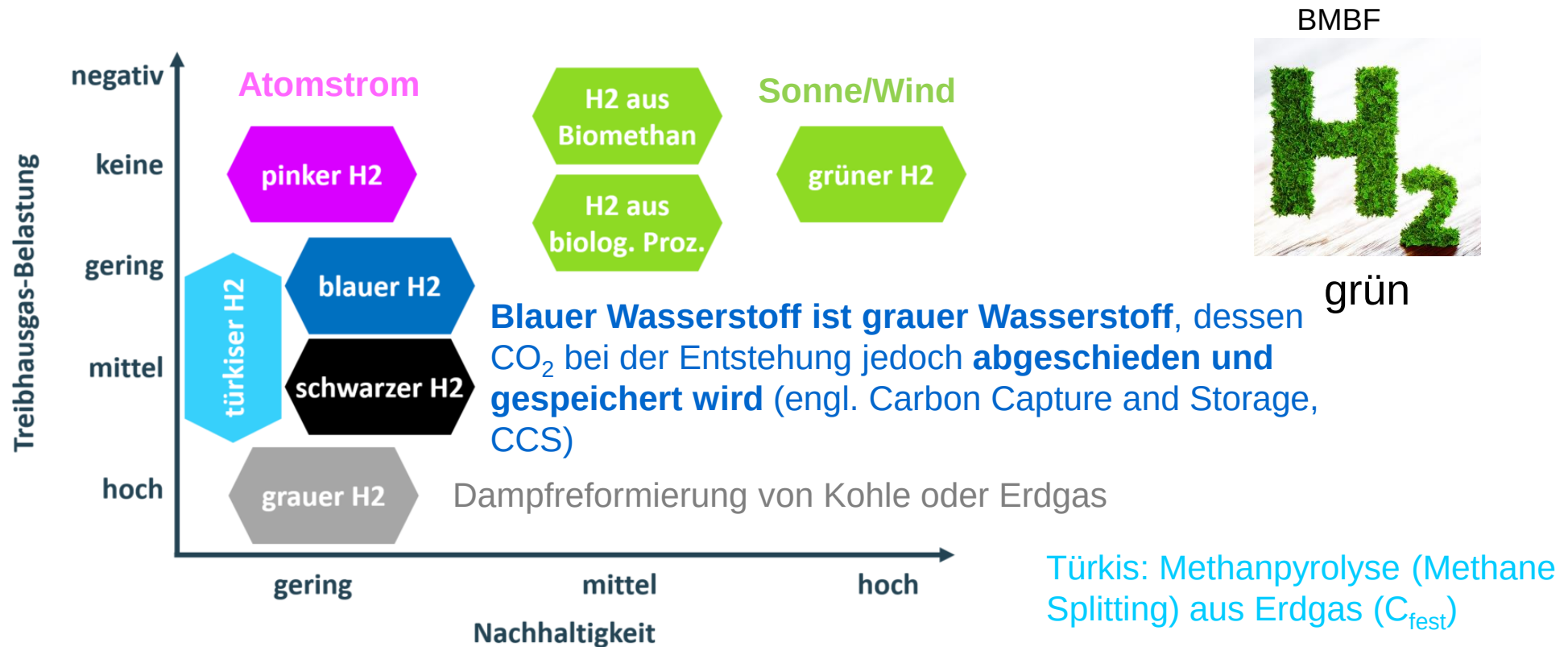


Was ist in den letzten Jahren gelaufen?

- **Drittmittel**
- **Infrastruktur**
- **Ausstattung**
- **Projekte**
 - Klassische Industrieofentechnik
 - Klimawandel
 - Energiewende
 - Energieeffizienz
 - Dekarbonisierung
 - Circular Economy
 - **Nachhaltige Thermoprozesstechnik - Wasserstoff**

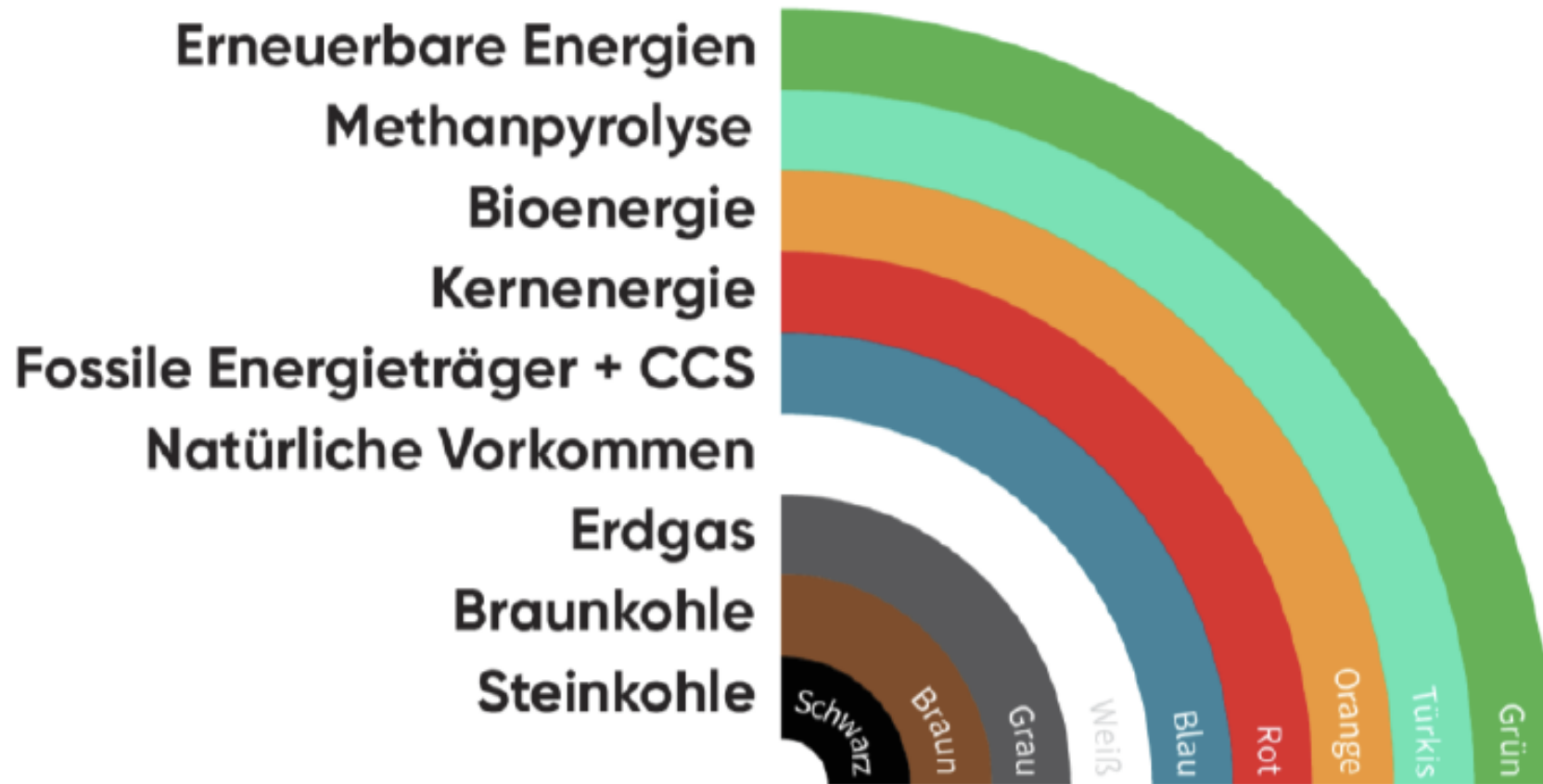
Hydrogen/Wasserstoff – Nichts für Farbenblinde

Unter Bedingungen, die normalerweise auf der Erde herrschen (siehe Normalbedingungen), liegt das gasförmige Element Wasserstoff nicht als *atomarer Wasserstoff* mit dem Symbol H vor, sondern als *molekularer Wasserstoff* mit dem Symbol H₂, als ein **farb-** und geruch**loses** Gas. (Quelle: Wikipedia)



Als weißen Wasserstoff bezeichnet man den **natürlich in geologischen Formationen** vorkommenden Wasserstoff.

Wasserstoff-“Regenbogen“



Quelle: IKEM – Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität e.V. , 2020



Der "Champagner" der Energiewirtschaft Wundermittel für den Wandel

Grüner Wasserstoff könnte ein Ausweg aus
der Klimakrise sein.



Ist die Thermoprozesstechnik „wasserstoff-ready“.

- Die Thermoprozesstechnik ist Wasserstoff erfahren
Haubenofen, Glühung hochlegierter Cr/Cr-Ni-Stähle,
Jet-Kühlung
- H₂-Brennertechnik

Containereinheiten in Bottrop



Betrieb bis 2018

Betankung von Erdgasfahrzeugen

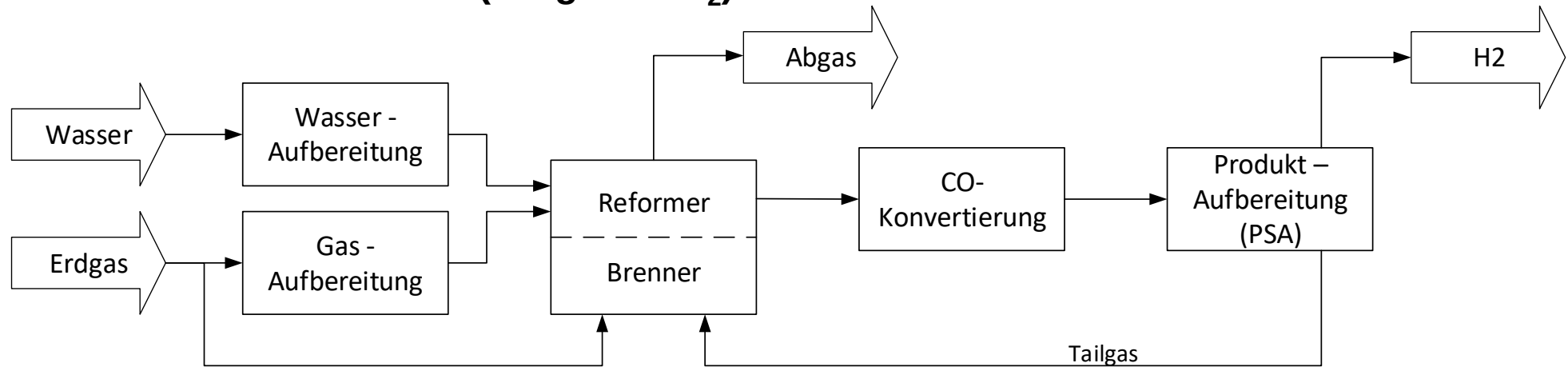
Beheizung einer Schule mit Wasserstoff-BHKW

Aktuell: Anlagen stillgelegt und Abbau geplant → **Übernahme RWTH in Kürze**

1. Faulgas → Erdgasqualität
(keine unmittelbare Verwendung)
 - Gasaufbereitung (Aktivkohle)
 - Kompressoren
 - PSA (Pressure-Swing-Adsorption)
 - 120 Nm³/h Faulgas → 72 Nm³/h Biomethan
2. Erdgas → Wasserstoff
 - Dampfreformer
 - PSA
 - Wasseraufbereitung
 - **Max. 100 Nm³/h Wasserstoff**
3. Steuerung und Auswertung
 - Verschiedene Messsysteme
 - u. a. CO-Messeinheit

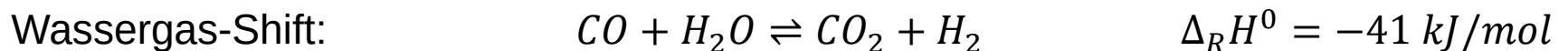
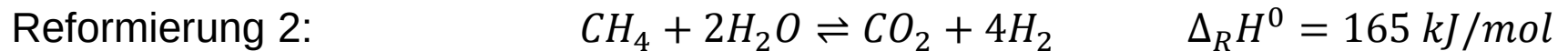
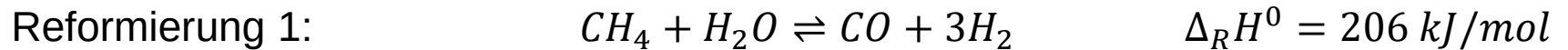
Wasserstoffherzeugung durch Dampfreformierung

Prozesskette Container 2 (Erdgas → H₂):



Kernprozess Reformierung

Umsetzung von Kohlenwasserstoffen mit Wasserdampf zu Synthesegas



Katalysatoren: Nickel auf keramischem Träger (Schüttung)

Betriebsparameter: T = 700 bis 900 °C; p = 1 bis 20 bar; S/C = 1,5 bis 3,5

- **Digitale Lehre (Studio, Moodle*,)**
- **Lehre WiSe 21/22 „Hybrid“**
- **Einfluss von Corona**
- **APT – Allgemeine Prozesstechnik**

*) Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment

Digitalisierung der Lehre – Vorlesungen digital in moodle

The screenshot shows a web browser window displaying a Moodle course page. The browser's address bar shows the URL: <https://moodle.rwth-aachen.de/course/view.php?id=14025§ion=2#tabs-tree-start>. The page title is "Berechnung und Auslegung von Industrieöfen (VU) [21ss-52.29555]". The course is part of the "Kurs: Berechnung und Auslegung von Industrieöfen". The page is organized into sections: "Allgemeines", "Vorlesung", "Übung", "Fragestunde", and "Praktikum". The "Vorlesung" section is selected, showing a list of chapters from "Kapitel 1" to "Kapitel 7". "Kapitel 1" is highlighted. Below the chapter list, there is a section for "Kapitel 1 - Einführung und Prozessüberblick". This section contains a video player with the title "BAI - Vorlesung 1 - Kapitel 1 (Kopie 1)" and the presenter "Herbert Pfeifer". The video was recorded on "April 22, 2020, 14:53". The video player has a large play button in the center. To the right of the video player, there is a "Kontakt" section with contact information for Daniel Brykarczyk, Nicolas Dinsing, and Christian Schubert. Below the contact section is a "Quickmail" section with links to "Kursnachricht verfassen", "Entwürfe ansehen", "Geplante anzeigen", "Gesendete Nachrichten anzeigen", and "Meine Signaturen". At the bottom of the page, there is a "Videostreaming (Opencast)" section with a list of videos and a "Video hinzufügen" button. The bottom of the browser window shows the Windows taskbar with various icons and the system clock showing 20:58.

File Bearbeiten Ansicht Chronik Lesezeichen Extras Hilfe

Kurs: Berechnung und Auslegung von Industrieöfen

https://moodle.rwth-aachen.de/course/view.php?id=14025§ion=2#tabs-tree-start

Neuer Tab moodle.rwth-aachen FIORI meine.deutsche-bank Sciebo APT

Deutsch (de) Pfeifer, Herbert

Berechnung und Auslegung von Industrieöfen (VU) [21ss-52.29555]

Dashboard / Meine Kurse / (VU) Berechnung und Auslegung von Industrieöfen / Kursinhalt / Kapitel 1

Allgemeines Vorlesung Übung Fragestunde Praktikum

Skript Kapitel 1 Kapitel 2 Kapitel 3 Kapitel 4 Kapitel 5 Kapitel 6 Kapitel 7

Eingeschränkt Verfügbar ab 19. April 2021

Unterlagen Kapitel 1

Als erledigt kennzeichnen

Hier finden Sie die Präsentation und ggf. in der Präsentation verwendete Videoclips oder Programme

Kapitel 1 - Einführung und Prozessüberblick

BAI - Vorlesung 1 - Kapitel 1 (Kopie 1)

Herbert Pfeifer

April 22, 2020, 14:53

Als erledigt kennzeichnen

Kontakt

Bei Fragen zur Veranstaltung wenden Sie sich bitte an folgende Kontaktpersonen:

Daniel Brykarczyk: brykarczyk@iob.rwth-aachen.de

Nicolas Dinsing: dinsing@iob.rwth-aachen.de

Christian Schubert: schubert@iob.rwth-aachen.de

Quickmail

[Kursnachricht verfassen](#)

[Entwürfe ansehen](#)

[Geplante anzeigen](#)

[Gesendete Nachrichten anzeigen](#)

[Meine Signaturen](#)

Videostreaming (Opencast)

[Video hinzufügen](#)

✓ Installation Ansys Student Edition

✓ BAI - Vorlesung 18 - Kapitel 5 - Teil 2 (Kopie 1)

✓ BAI - Vorlesung 17 - Kapitel 5 - Teil 1 (Kopie 1)

✓ BAI - Vorlesung 16 - Kapitel 7 - Teil 6 (Kopie 1)

[Weitere Videos...](#)

Neue Ankündigungen

[Neues Thema hinzufügen...](#)

[Zweite Klausurübung](#)

[Terminänderung](#)

[Chat Support](#)

Bachelor

- Transportprozesse 1 – Wärmeübertragung 3VÜ
- Transportprozesse 2 – Fluidodynamik 3VÜ
- Allgemeine Wärmetechnik (Einführung in die Thermodynamik) 4V/Ü
- Simulationstechnik 4VÜ (mit PLT und IBF)
- Prozesscharakterisierung (alle Prozessinstitute)
- Vorträge

Master

- Industrieofentechnik 7VÜP
- Berechnung und Auslegung von Industrieöfen 7VÜP
- Allgemeine Prozesstechnik (7 Institute) - neu -
- Allgemeine Systemtechnik (FVM)
- Vorträge

Prüfungen

- 100 % Digitale Fernprüfung
- Hybrid (Präsenz und digitale Fernprüfung)

WiSe 21/22

- Hybride Vorlesungen und Übungen
- Präsenzpraktikum

Digitale Fernprüfung oder Big Brother is Watching You

3.2.10 Einlassen der Studierenden in die Videokonferenzen



Tipp: Die Videokonferenz muss hierbei nicht notwendig auf dem PC der Studierenden laufen. Eine Übertragung durch ein Smartphone ist nicht nur möglich, sondern aus mehreren Gründen vorzuziehen. Sie vermindert die Systemlast auf dem PC, so dass eine elektronische Klausurbearbeitung unbeeinträchtigt ablaufen kann. Zudem ermöglicht die Nutzung des Smartphones als Videokonferenzgerät günstigere Aufnahmewinkel, die eine bessere Täuschungskontrolle gestatten, z.B. direkt von hinten oder seitlich von hinten.



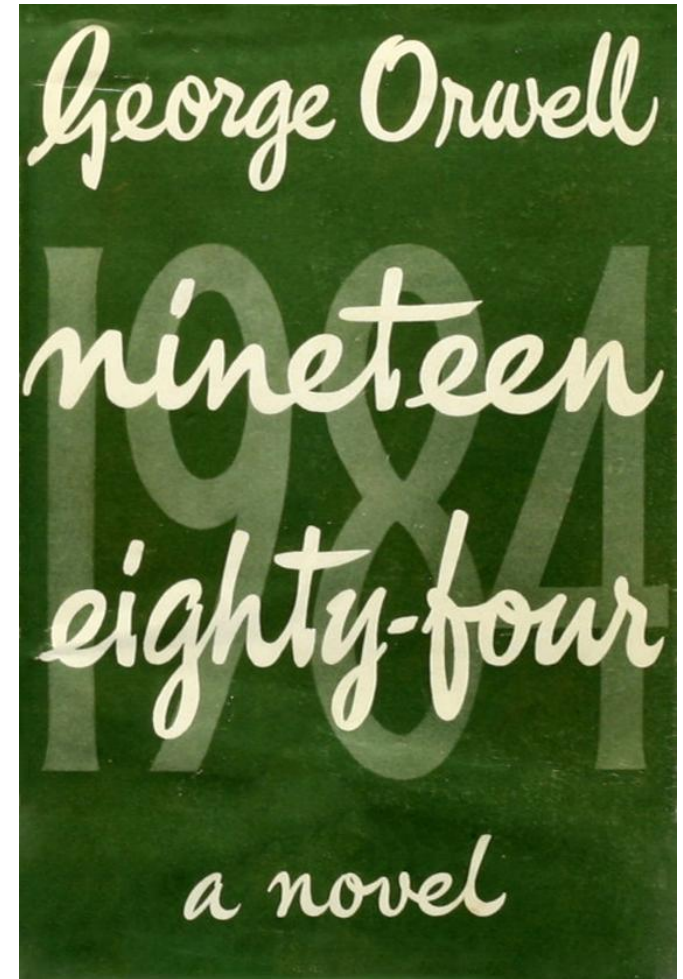
Fortsetzung des Tipps: Um das Smartphone als Videokonferenzgerät für die Prüfung zu nutzen, befestigen die Studierenden das Smartphone, auf dem an der Videokonferenz teilgenommen wird, mit einem Gummiband an einer gefüllten Wasserflasche.



Foto: © Bernhard Lill; dermedientyp.de/

Diese kann relativ flexibel im Raum platziert werden.

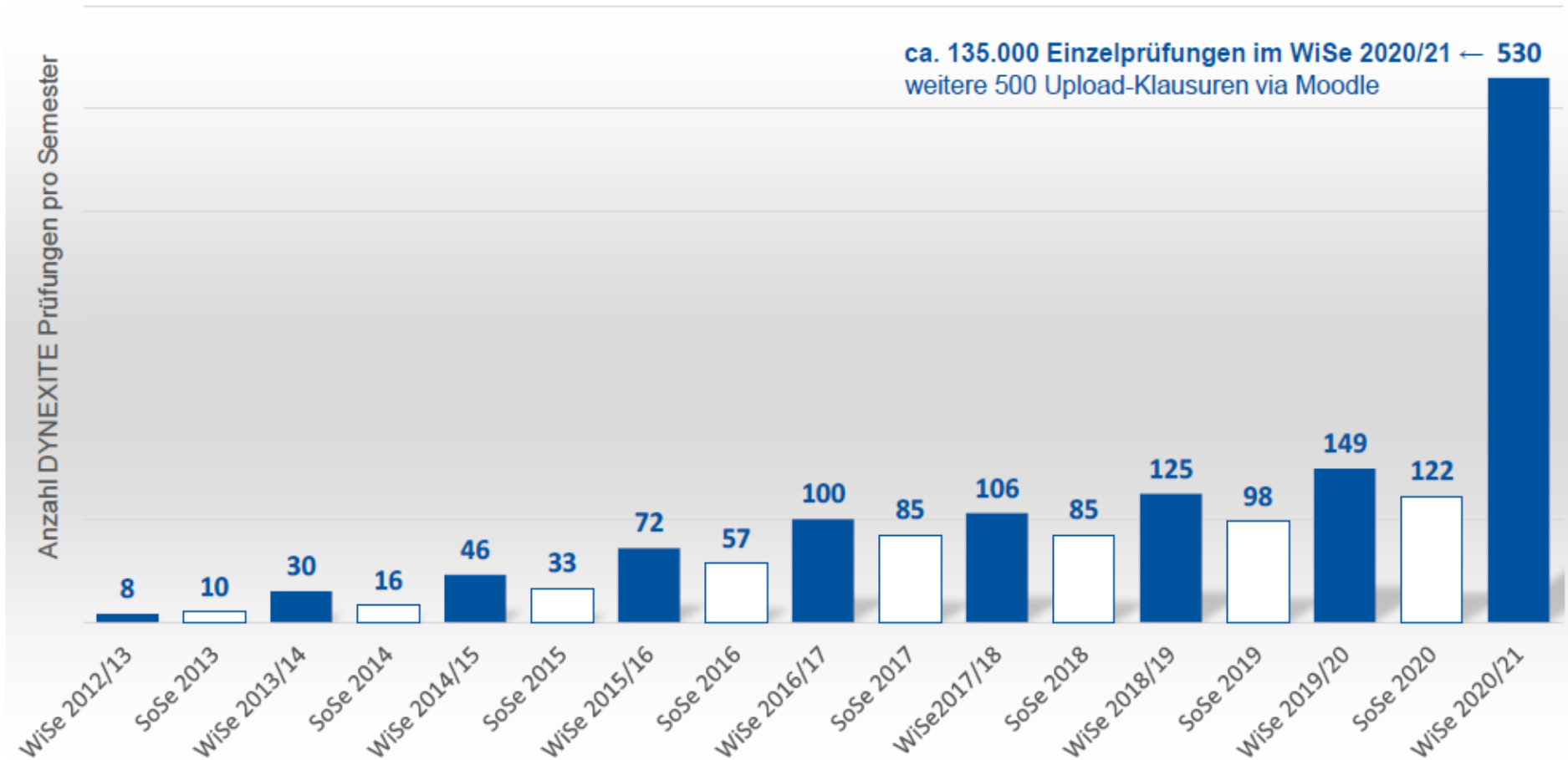
Die Studierenden können bei einem Täuschungsverdacht gebeten werden, den Blickwinkel der Aufnahme zu verändern. Die Kamera muss jedoch so platziert werden, dass die übrigen Studierenden nicht die Bearbeitungsinhalte auf Bildschirm oder Papier erkennen können.



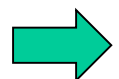
Erstausgabe im Schutzumschlag,
Secker & Warburg, London **1949**

Fernprüfung

Entwicklung der E-Prüfungen mit DYNEXITE



„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.“

 **Alle** Werkstoffe, **alle** thermischen Prozesse in Öfen (Metalle, Glas, Keramik, Rohstoffe, Elektrotechnik und Elektronik, Lebensmittel, ...)
Industrieöfen (Thermoprozessanlagen) sind wichtige Elemente der Prozess- und Fertigungskette

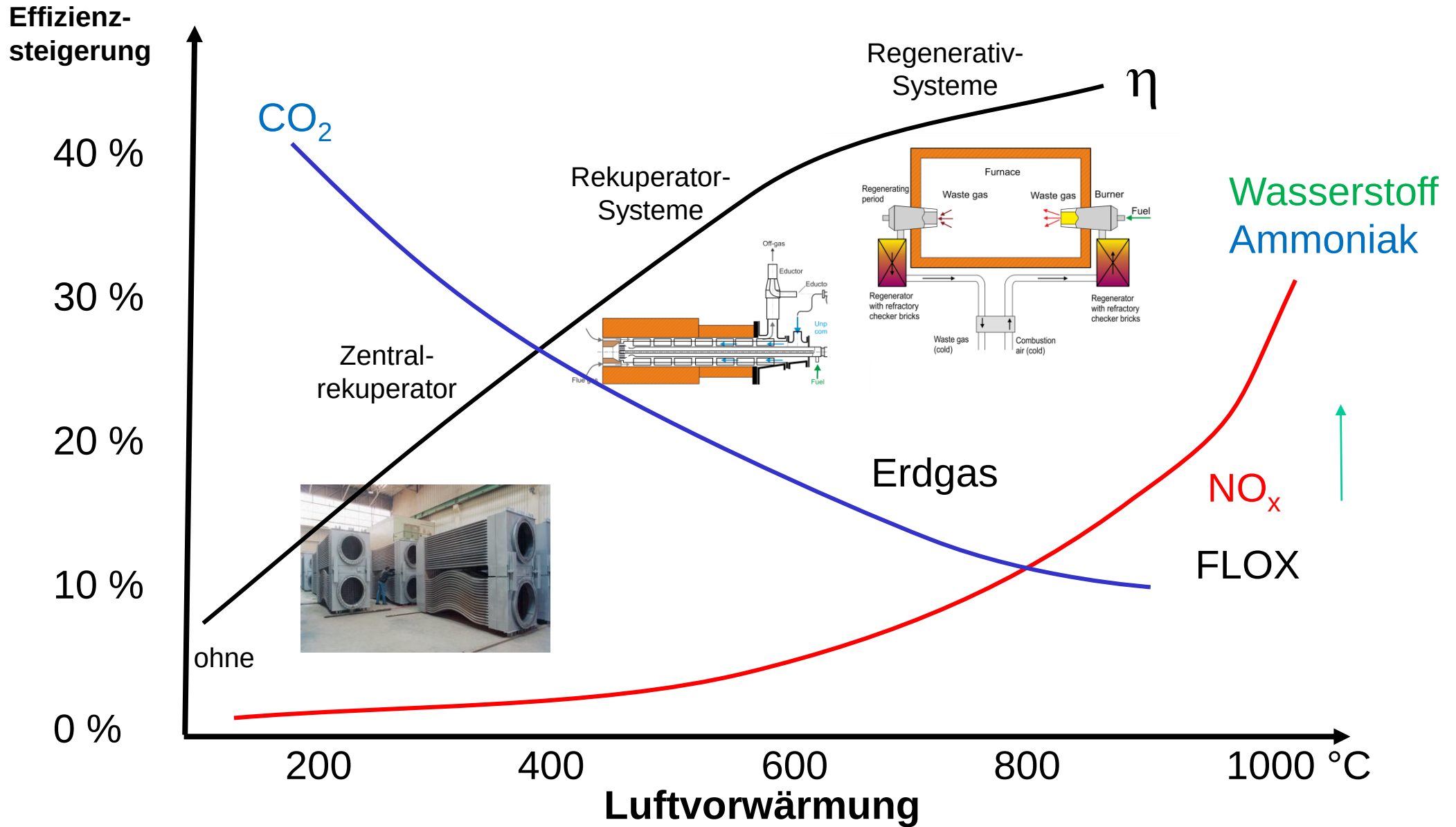
Beispielsweise geht eine UBA- Studie¹⁾ davon aus,

*„dass es in der Stahlindustrie keine Primärstahlerzeugung über die Hochofen-Oxygen-Stahl-Route mehr gibt. Dafür wird die Elektrostahlerzeugung mittels Schrott und Schwammeisen (DRI) massiv ausgebaut. Als Energieträger für die Direktreduktion dient dann ausschließlich **regenerativ erzeugtes Methangas** und für die Elektrolichtbogenöfen sowie die **Walzwerksöfen kommt ausschließlich regenerativer Strom zum Einsatz.**“*

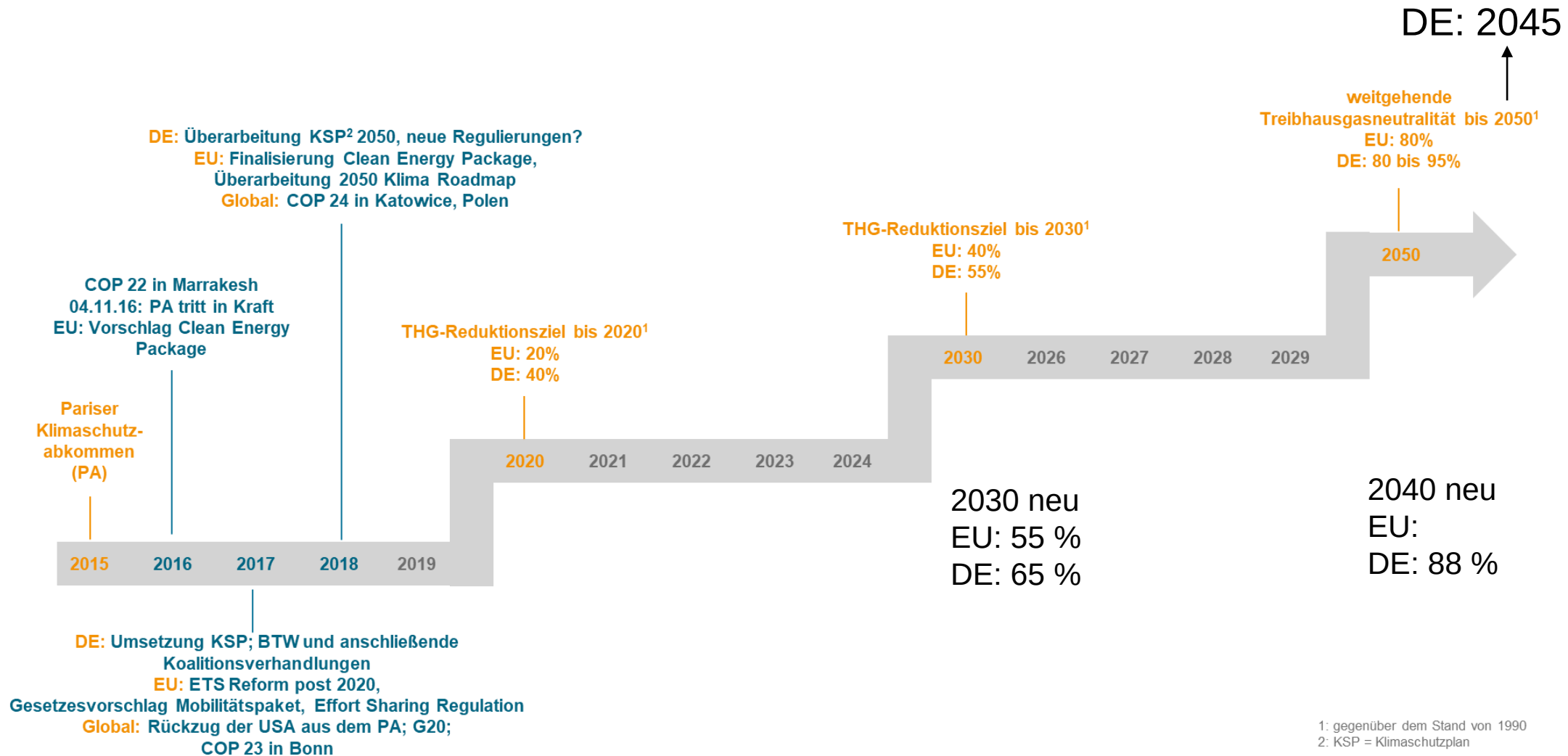
1) Treibhausgasneutrales Deutschland im Jahr 2050, Umweltbundesamt, Oktober 2013

<http://www.uba.de/publikationen/treibhausgasneutrales-deutschland-im-jahr-2050>

Effizienz und Emissionen von Industrieöfen

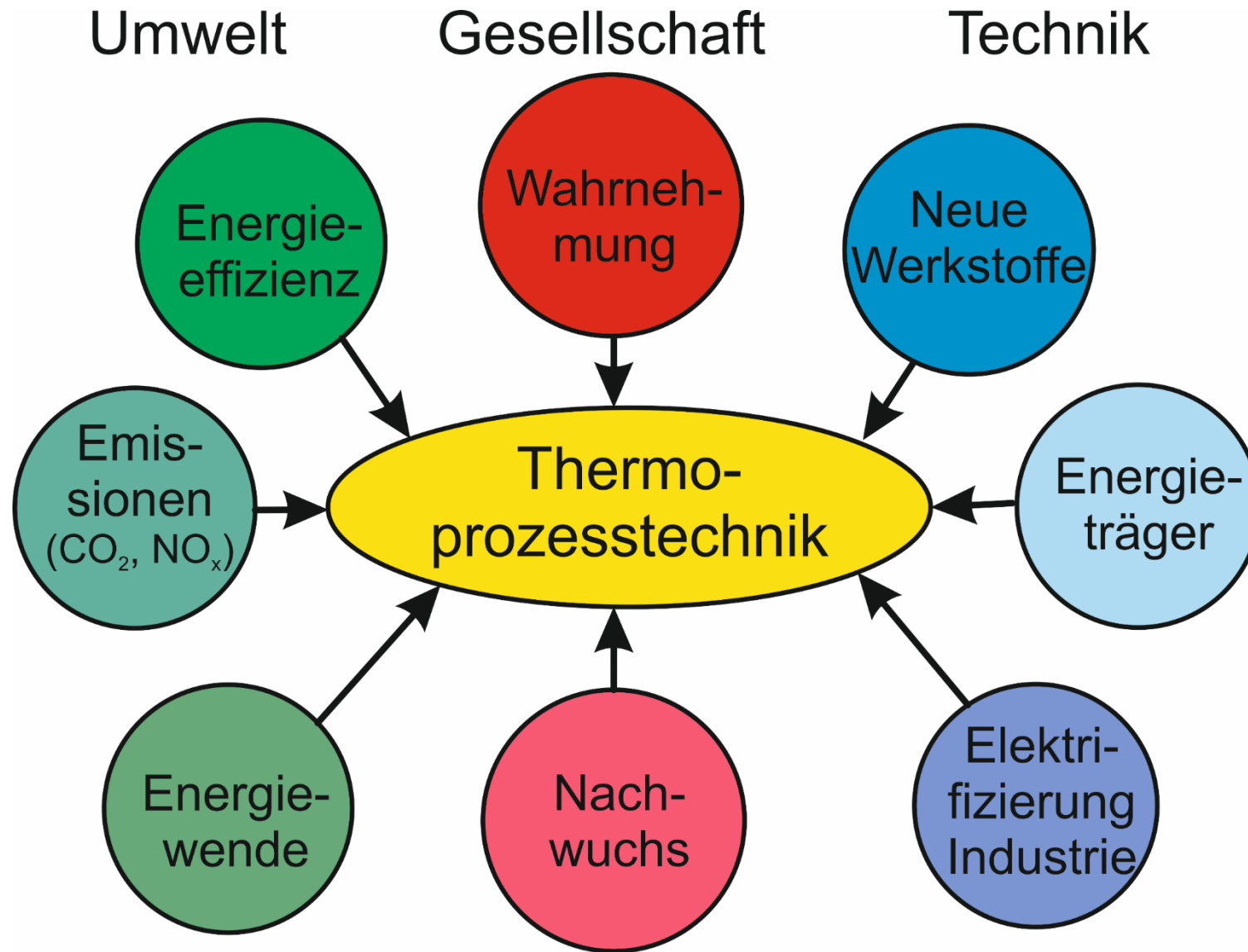


Roadmap Klimapolitik (AOTK 2019)



https://ec.europa.eu/clima/policies/innovation-fund_de

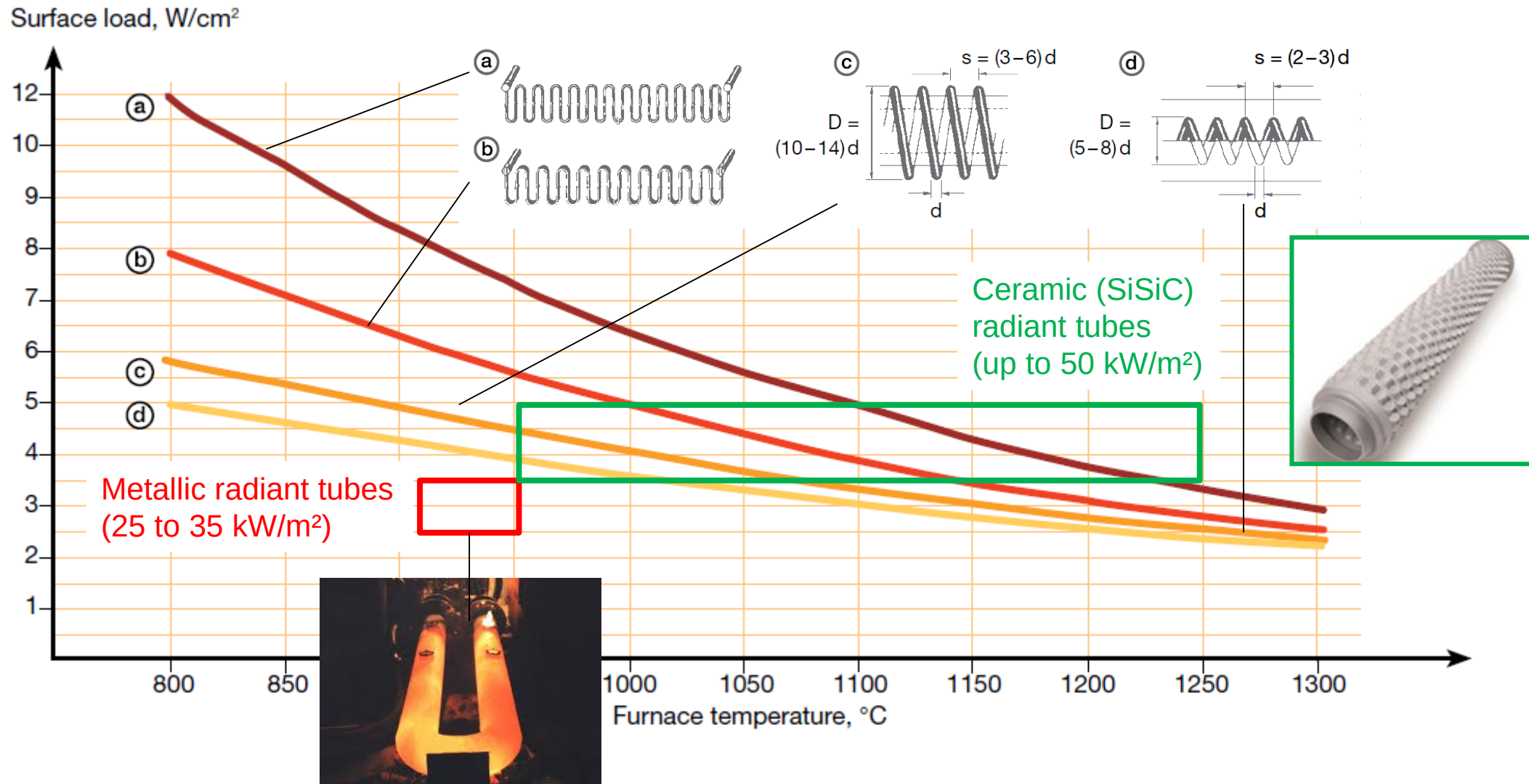
Spannungsfeld der Thermoprozesstechnik



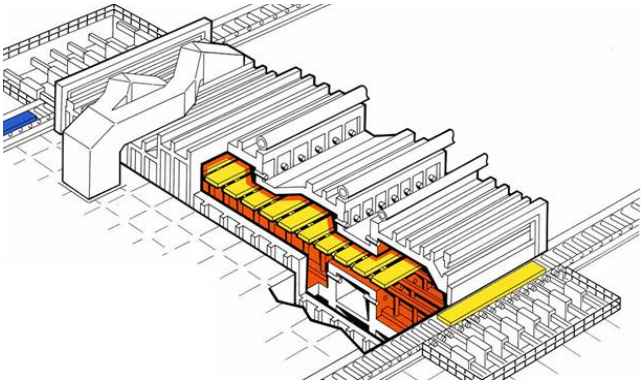
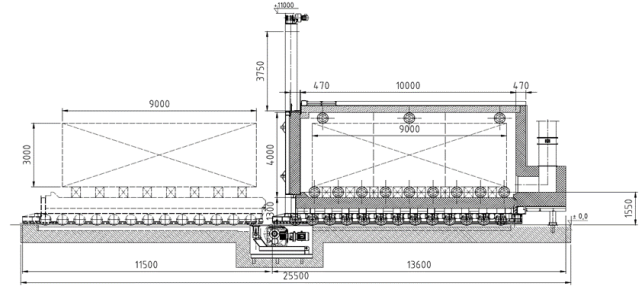
- Energieeffizienz
- Wegfall von Marktsegmenten (Wandel)
- Neue hochfeste Stahl- und Aluminium-Werkstoffe und C-Fasern
- Flexible, additive Fertigung
- Elektrifizierung der Industrie mit „grünem“ Strom (C-freie Energieversorgung), Biobrennstoffe, Wasserstoff, synthetisches Methan
- Wissenschaftlicher Nachwuchs und Zukunft der Institute für Industrieofentechnik bzw. angewandte Wärmetechnik
- Verbrennung: Brenngasbeschaffenheit und Emissionen

Grenzen elektrisch beheizter Industrieöfen

Zulässige oberflächenspezifische Leistungen für ferritische Heizleiterelemente



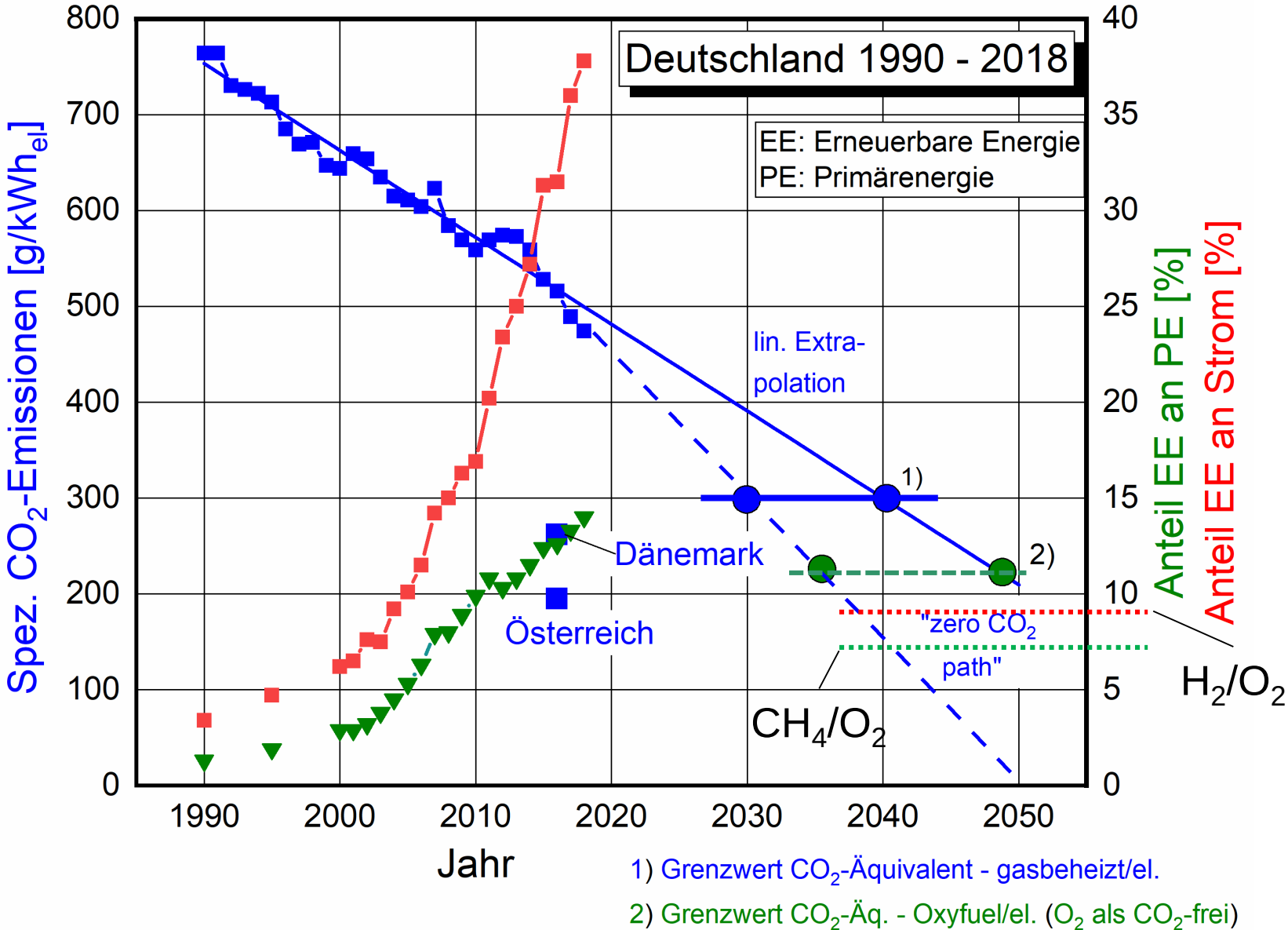
Grenzen elektrisch beheizter Industrieöfen

Ofentyp	Max. Temperatur	Typische Kenndaten
Hubbalkenofen, Stoßofen - Warmwalzen 	1250 °C	A: 100 bis 150 MW B: 400 m² C: 30 kW/m² D: 12 MW
Kammerofen - Schmieden 	1350 °C	A: 8 MW B: 60 m² C: 20 kW/m² D: 1,2 MW

Ofentyp	Max. Temperatur	Typische Kenndaten
Kammerofen - Wärmebehandlung 	750 °C	A: 1,5 MW B: 60 m² C: 50 kW/m² D: 3 MW

A: Installierte Leistung **B:** Vorhandene Fläche **C:** Spez. max. Leistung Heizleiter **D:** Installierbare Leistung

Spezifische CO₂-Emissionen des dt. Strommixes (■), Anteil des regenerativ erzeugten Stroms (■) und des Anteils regenerativen Stroms am Primärenergiebedarf (▼)



Anhaltswerte	Wasserstoff	el. Energie
Wasserstoff (aktuell)	55 TWh _{H2}	
<u>Grüner Strom (aktuell)</u>		<u>188 TWh_{el}</u>
Wiedererwärmung von Stahl in WW (40 Mio. t/a) mit Wasserstoff	15 TWh _{H2}	20 TWh _{el}
Kaltbandglühung mit H ₂ -Brennern	10-12 TWh _{H2}	17 TWh _{el}
DRI-Erzeugung (30 Mio. t)	50 TWh _{H2}	72 TWh _{el}
<u>EAF (30 Mio. t)</u>		<u>12 TWh_{el}</u>
Summe	77 TWh_{H2}	121 TWh_{el}

IOB 1 - Erdgas für DRI-Erzeugung

(7 Punkte)

1. Die im Bau befindliche Erdgas-Pipeline Nordstream 2 (Rohrdurchmesser $d_i = 1,153 \text{ m}$) soll jährlich $V = 55 \text{ Mrd. m}^3$ Erdgas ($h_u = 36\,000 \text{ kJ/m}^3$) transportieren.
- a) Welcher Energiestrom $\dot{H}$ in MW wird durchschnittlich transportiert? (3 P)
- b) In Deutschland werden derzeit ca. 27,5 Mio. t Roheisen pro Jahr erzeugt. Im Rahmen der Dekarbonisierung der Stahlindustrie wird die Roheisenproduktion bis zum Jahr 2050 wohl durch Direkt Reduziertes Eisen (Direct Reduced Iron - DRI) mit Wasserstoff als Reduktionsmittel ersetzt werden. Als Zwischenstufe ist der Einsatz von Erdgas anstatt von Wasserstoff möglich. Der spezifische Erdgasbedarf entspricht $v = 300 \text{ m}^3 \text{ Erdgas/t}_{\text{DRI}}$.
Setzen Sie voraus, dass die Menge an DRI der von Roheisen entspricht.
Welche Erdgasmenge pro Jahr wird dafür benötigt? (3 P)
- c) Wie hoch ist der Anteil an der Gasmenge von Nordstream 2? (1 P)

zu a) Energiestrom $\dot{H}$

$$\dot{H} = \dot{V} \cdot h_u$$

$$\dot{V} = 55 \cdot 10^9 \frac{\text{m}^3}{\text{a}} \frac{1\text{a}}{8760\text{h}} \frac{1\text{h}}{3600\text{s}} = 1744 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$\dot{H} = \dot{V} \cdot h_u = 1744 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} 36000 \frac{\text{kJ}}{\text{m}^3} \frac{1\text{MW}}{1000\text{kW}} = 62\,785 \text{ MW}$$

zu b) Erdgasmenge pro Jahr

$$V_{\text{EG}} = v_{\text{EG}} m_{\text{DRI}} = 300 \frac{\text{m}^3}{\text{t}_{\text{DRI}}} 27,5 \cdot 10^6 \frac{\text{t}_{\text{DRI}}}{\text{a}} = 8,250 \cdot 10^6 \frac{\text{m}^3_{\text{EG}}}{\text{a}}$$

zu c) Anteil an der Gasmenge von Nordstream 2

$$x = \frac{V_{\text{DRI}}}{V_{\text{Nordstream}}} = \frac{8,250 \cdot 10^9 \frac{\text{m}^3_{\text{EG}}}{\text{a}}}{55 \cdot 10^9 \frac{\text{m}^3_{\text{EG}}}{\text{a}}} = 0,15 \approx 15\%$$

Thank you for your attention

Contact: pfeifer@iob.rwth-aachen.de