



ZBT GmbH
Carl-Benz-Straße 201
47057 Duisburg
Germany

Telefon: +49-203-7598 0
Telefax: +49-203-7598 2222
www.zbt-duisburg.de
info@zbt-duisburg.de

- Kurzvorstellung ZBT und Abteilung Gasprozesstechnik
- Reformersysteme in Brennstoffzellenanwendungen
- Entwicklungsmethodik von Reformersystemen
- CHP-Reformersystem auf Erdgas-Basis
- APU-Reformersystem auf Flüssiggas-Basis
- Aktuelle Entwicklungsschwerpunkte

Förderphase 2001 – 2006

- Bewilligungsbescheid: 5,2 Mio. € für den Neubau und 11,1 Mio. € für Investition und Betrieb
- Einzug und Einrichtung des Neubaus ab Oktober 2003
- Aufbau der Abteilungen Gasprozesstechnik und Brennstoffzellen- und Systemtechnik
- Aufbau der Abteilung Elektrochemie und Schichttechnik ab 2005

Förderphase 2007 – 2008

- Bewilligungsbescheid 10,6 Mio. € für Investitionen und Neubau und 5 Mio. € für Betrieb
- Aufbau der neuen Abteilungen Wasserstofftechnik und Mikrosysteme
- Neubau des TAZ-Gebäudes mit den Abteilungen Fertigung, Assemblierung und Automatisierung und Test und Qualifizierung



Project supported by the European Funds for
Regional Development and the Region of North
Rhine-Westphalia, Germany



Eckdaten

- 14 wissenschaftliche Mitarbeiter
- 4 technische Mitarbeiter
- 5-10 Studenten
- 20 automatisierte Teststände
- Analytiklabor
- professionelle Softwaretools



T. Kalk

Stationäre Reformersysteme

- Reformersystem-Entwicklung
- Bauteil-Entwicklung



C. Spitta

Mobile Reformersysteme

- Reformersystem-Entwicklung
- Bauteil-Entwicklung
- Gesamtsystem-Entwicklung



R. Witzany

Analytik

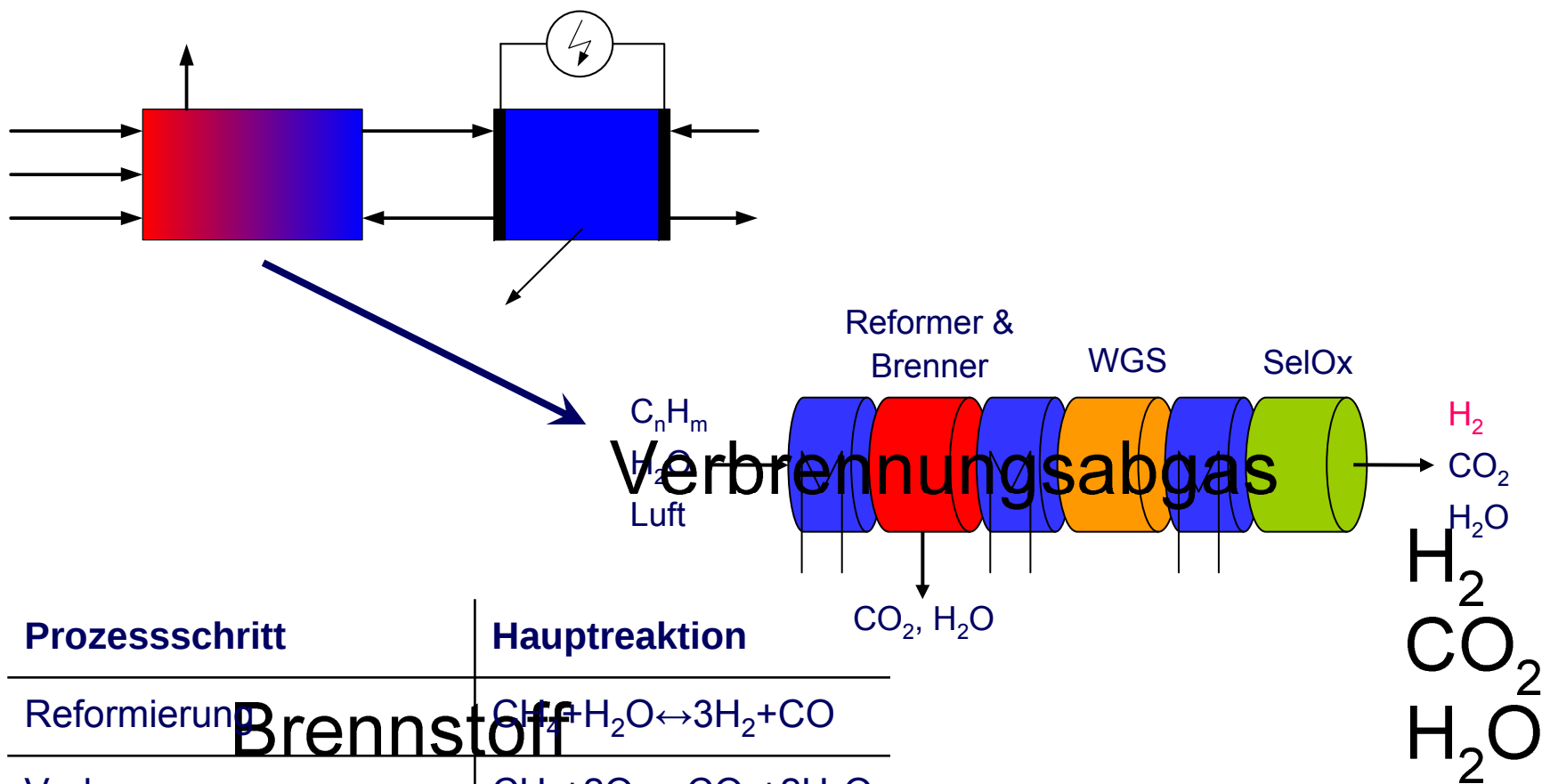
- Aufgaben der Gas- und Flüssiganalyse
- Entschwefelung von Erdgas und Flüssiggas
- Katalysatorqualifizierung mit Sondergasen



M. Steffen

Katalysatoren

- Screenings zur Qualifizierung und Benchmarking
- Kinetikuntersuchungen
- Stabilitätsuntersuchungen



Prozessschritt	Hauptreaktion
Reformierung	$CH_4 + H_2O \leftrightarrow 3H_2 + CO$
Verbrennung	$CH_4 + 2O_2 \leftrightarrow CO_2 + 2H_2O$
CO-Konvertierung (WGS)	$CO + H_2O \leftrightarrow H_2 + CO_2$
CO-Feinreinigung (PrOx)	$CO + 1/2O \leftrightarrow CO_2$

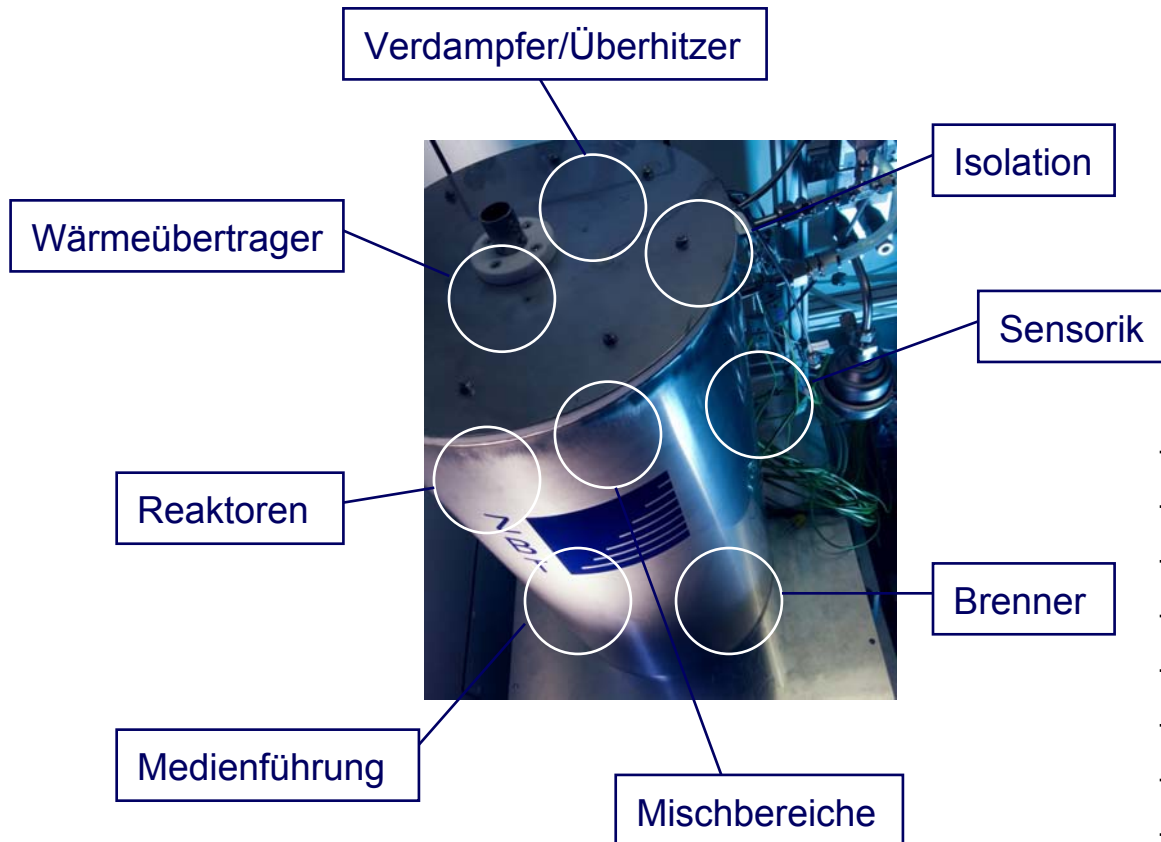
Brennstoff

Luft

H_2O

erzeugung

Bauteile eines Reformersystems

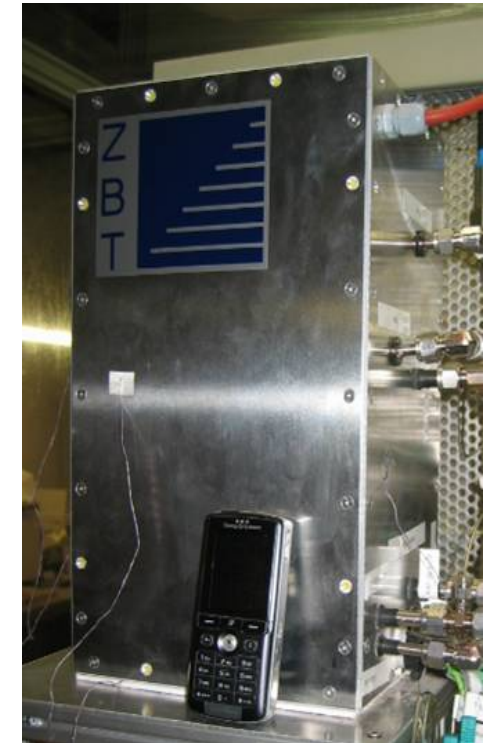
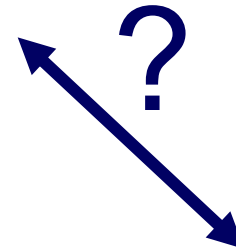


Anforderungen an Reformersysteme

Hoher Wirkungsgrad
Kurze Kaltstartzeit
Hohe Dynamik und Lastspreizung
Geringe Komplexität
Geringe Baugröße und Gewicht
Hohe Zuverlässigkeit und Sicherheit
Hohe Lebensdauer
Geringe Kosten

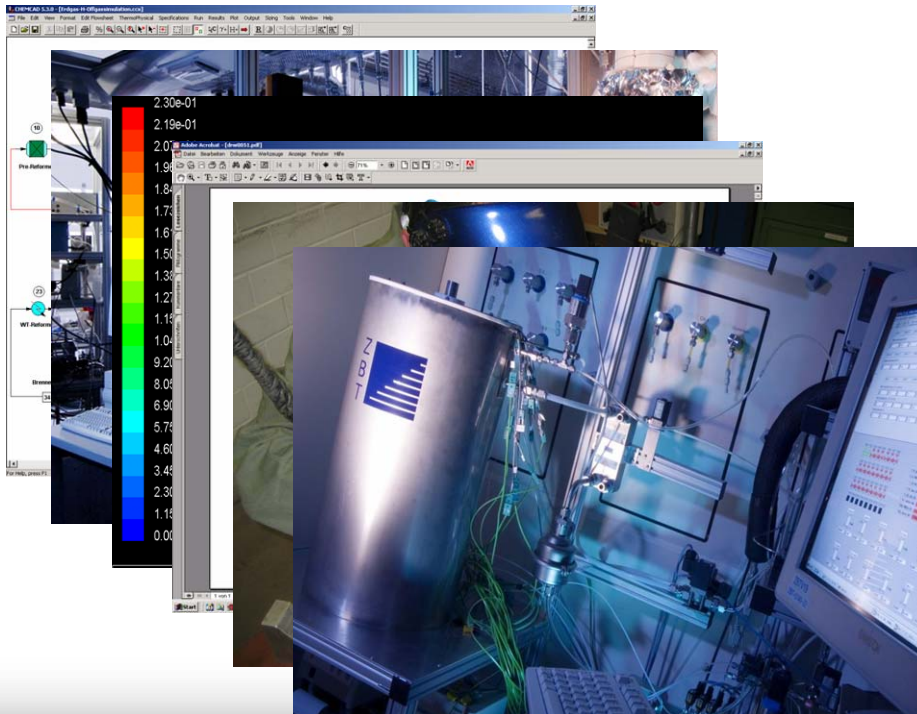


Europas größter einzügiger Dampfreformer der Raffinerie der Firma Neste Oil Oy in Porvoo, Finnland, mit einer Kapazität von 153.500 Nm³/h (Quelle: Uhde GmbH)



Kompaktes, hoch-integriertes Reformersystem mit einer Wasserstoffproduktion von 0,4 Nm³/h (Quelle: ZBT GmbH)

- Basic Engineering (u.a. Aspen Plus®)
- Qualifizierung von Katalysatoren (Katalysator-Teststände und Analytiklabor)
- Detail Engineering (u.a. Fluent®, MATLAB®/Simulink®)
- 3D-CAD-Modellierung und -Konstruktion (u.a. Pro/ENGINEER®)
- Fertigung und Zusammenbau (Mechanische Werkstatt / Abt. Fertigungstechnik)
- Test und Qualifizierung (Reaktor-, System- und Prototyp-Teststände)





Brennstoff	Erdgas
Reformierungsart / S/C	Dampfreformierung / 3,0-3,5
CO-Konvertierung	1-stufig, temperiert
CO-Feinreinigung / O/CO	SelOx 1-stufig / 3,5
Brennerart / Multigas	Flambrenner / ja
Integration	ohne SelOx
Katalysatoren / -träger (SR/WGS)	Nichtedelmetall / Formkörper
Katalysatoren / -träger (SelOx)	Edelmetall / Formkörper
Nennleistung (H2 thermisch)	2,5 ... 15 kW
Lastspreizung	1:4
Kaltstartzeit / Medium	< 45 Minuten / Varianten
Volumen / Gewicht	40 l / 25 kg (3 kW-System)

1. Parameter-Screening (Methanbetrieb von Reformer und Brenner)

- ✓ S/C-Variation (Steam to Carbon)
- ✓ R/B-Variation (Reformerleistung/Brennerleistung)
- ✓ Lastvariation
- ⇒ Systembewertung und erste Festlegung der Betriebsparameter anhand von Wirkungsgrad und Wasserstoffleistung sowie restriktiven Randbedingungen, wie z.B. Bauteiltemperaturen, CO-Austrittskonzentration und Druckverlust

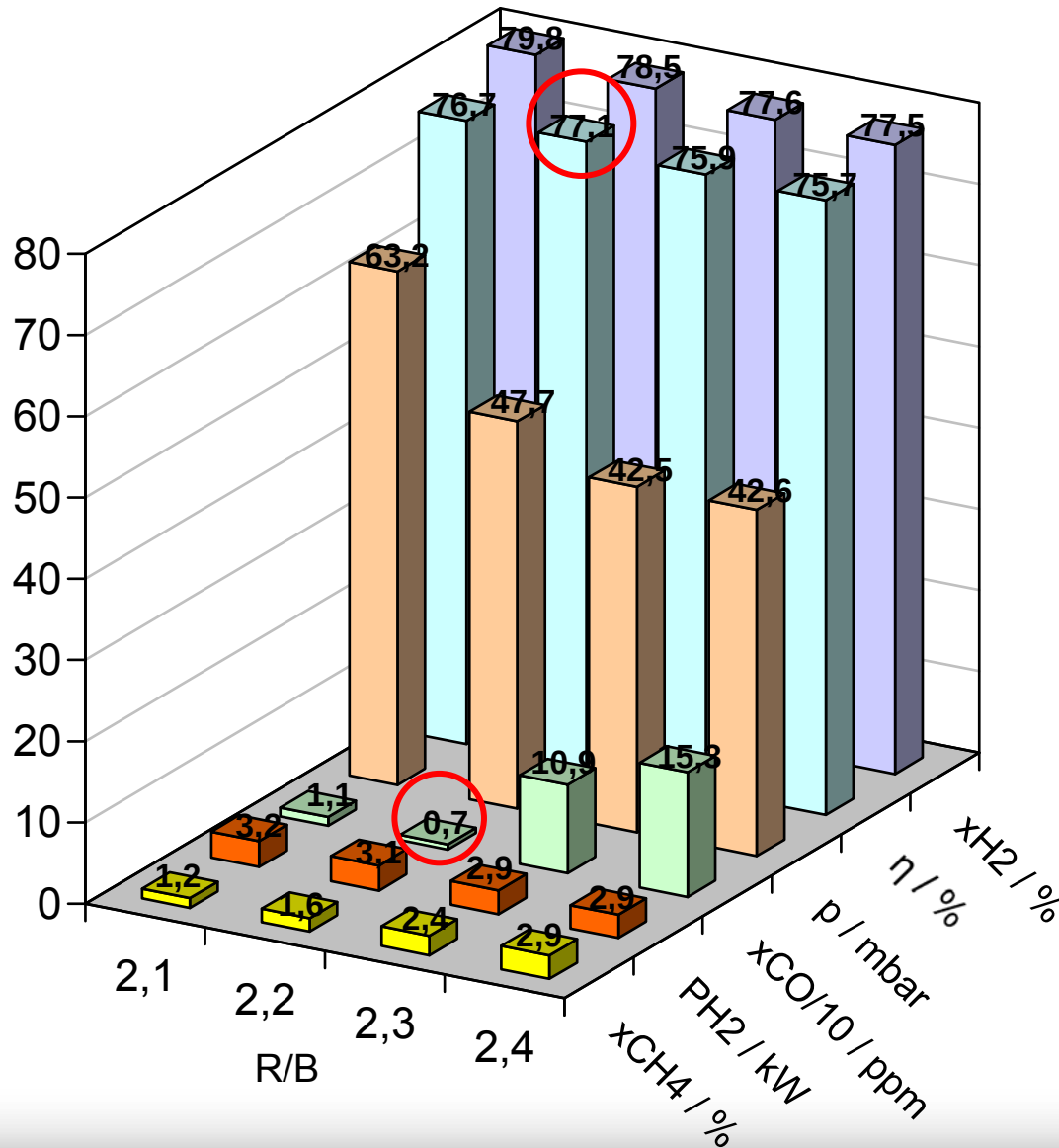
2. Betriebsoptimierung (Erdgasbetrieb von Reformer und Brenner)

- ✓ Betrieb mit festgelegten Parametern aus 1.
- ✓ Variation in geringer Bandbreite um Betriebsparameter aus 1.
- ⇒ Festlegung der optimalen Betriebsparameter

3. Betriebsoptimierung (Erdgasbetrieb von Reformer und Brennerbetrieb mit synthetischem AOG und Erdgas)

- ✓ Betrieb mit festgelegten Parametern aus 2.
- ✓ Variation in geringer Bandbreite um Betriebsparameter aus 2.
- ⇒ Festlegung der optimalen Betriebsparameter

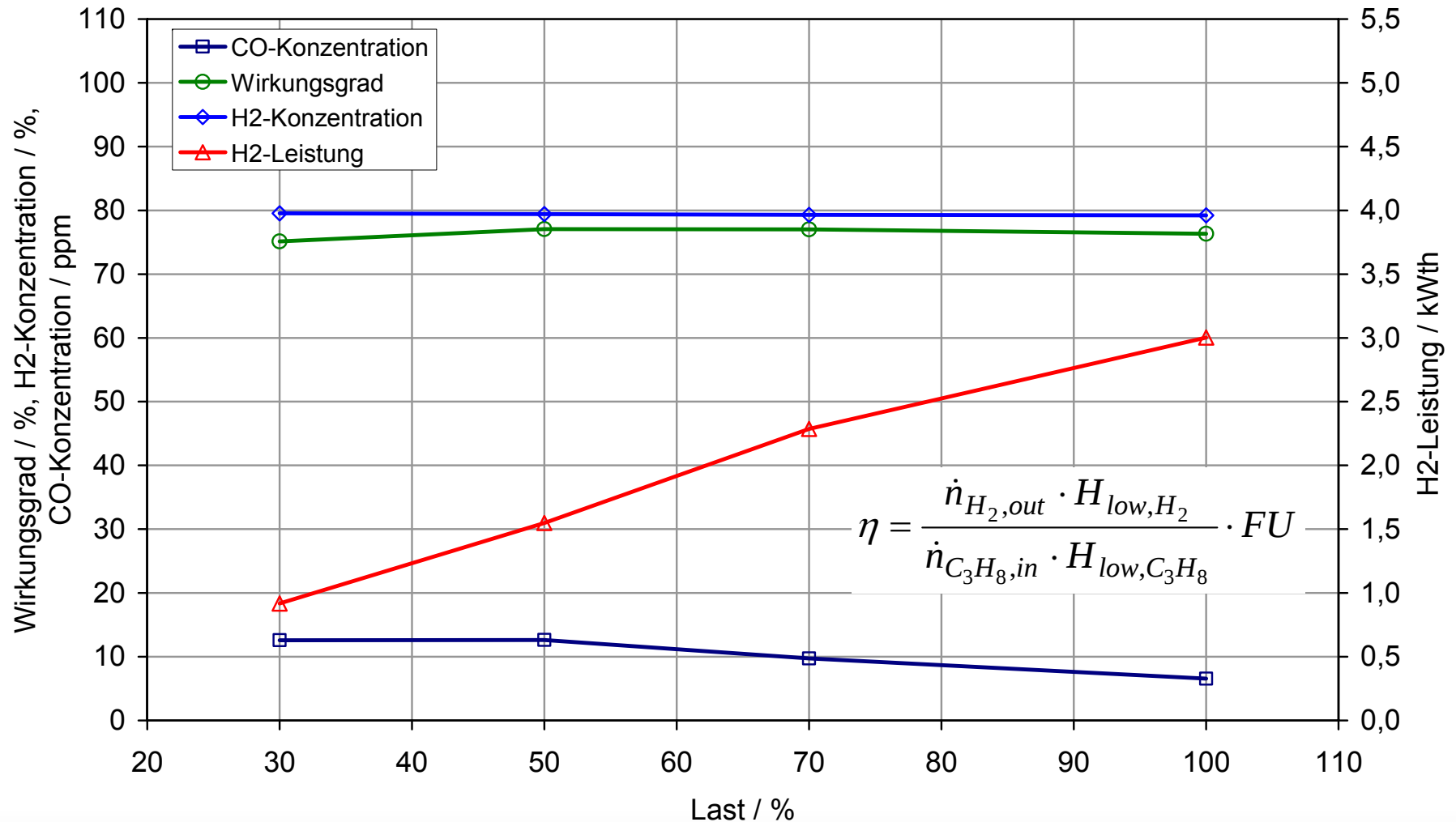
CHP-Reformersystem: Beispiel R/B-Variation bei Nennleistung



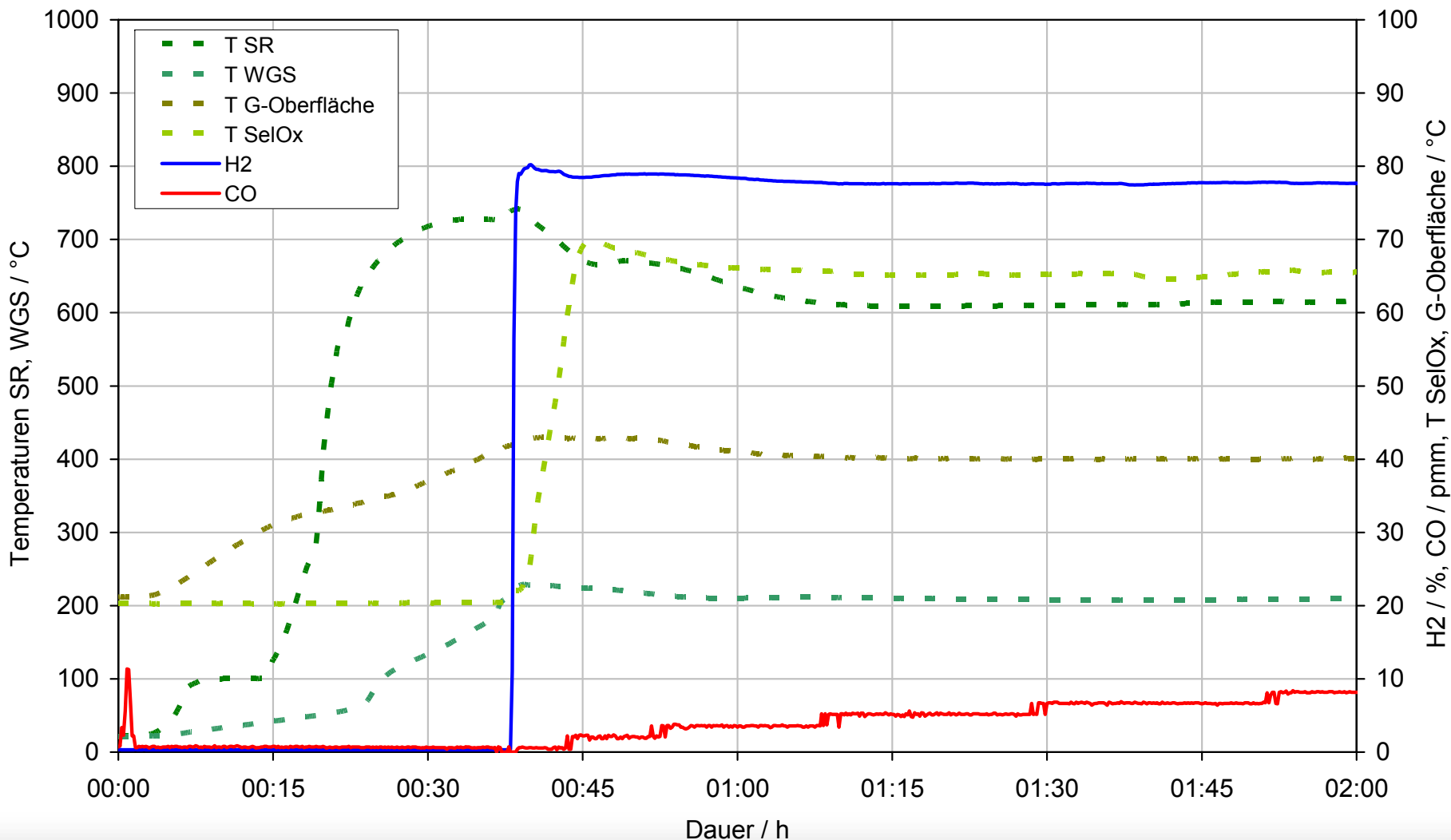
Konstante Parameter

- Nennleistung
- Methan-Betrieb von Reformer und Brenner
- konstanter Methan-Massenstrom Reformer
- $S/C = 3,25$
- $\Lambda_{\text{Brenner}} = 1,1$
- $\Lambda_{\text{SeIOx}} = 3,5$

Reformersystem mit 3 kW_{th}-Nennleistung, Methan-Betrieb, S/C=3,5



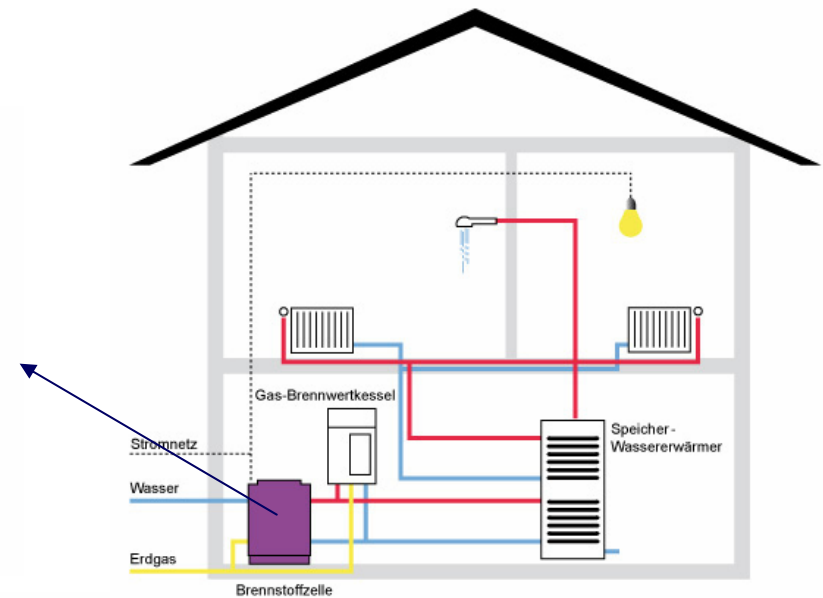
Reformersystem mit 3 kW_{th}-Nennleistung, Methan-Betrieb, S/C=3,5



Einsatzbedingungen	stationärer Einsatz Indoor/Outdoor
Anwendungsgebiete	Brennstoffzellenheizgeräte für Hausenergieversorgung, stationäre Wasserstofferzeugung, ...
Brennstoff	Erdgas
Versorgung	Leitungsnetz
Elektrische Nennleistung	1 - 5 kW
Strom- / Wärmenutzung	ja / ja
Elektrische Anbindung	Netzeinspeisung



Quelle: Vaillant

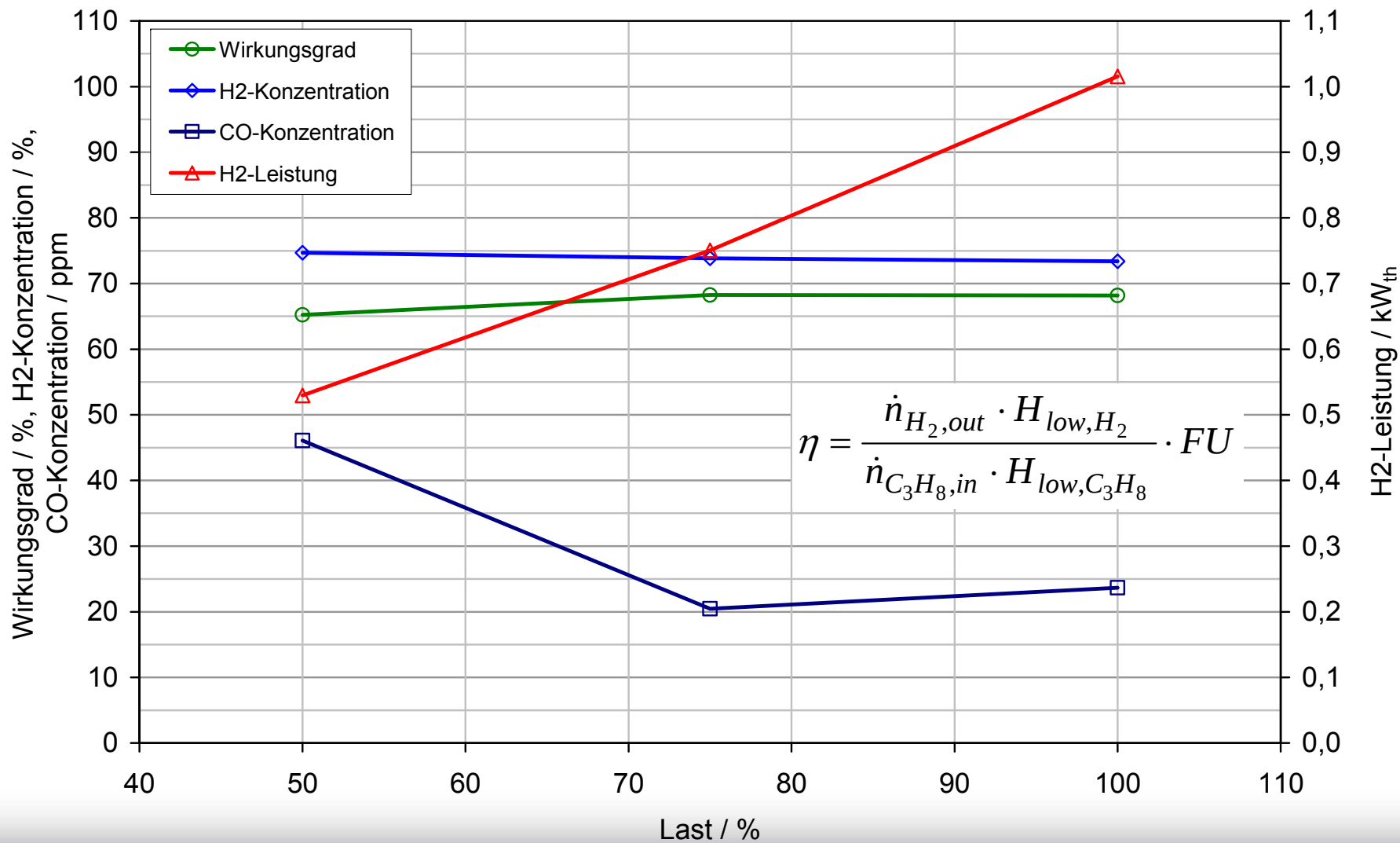


Quelle: Initiative Brennstoffzelle IBZ

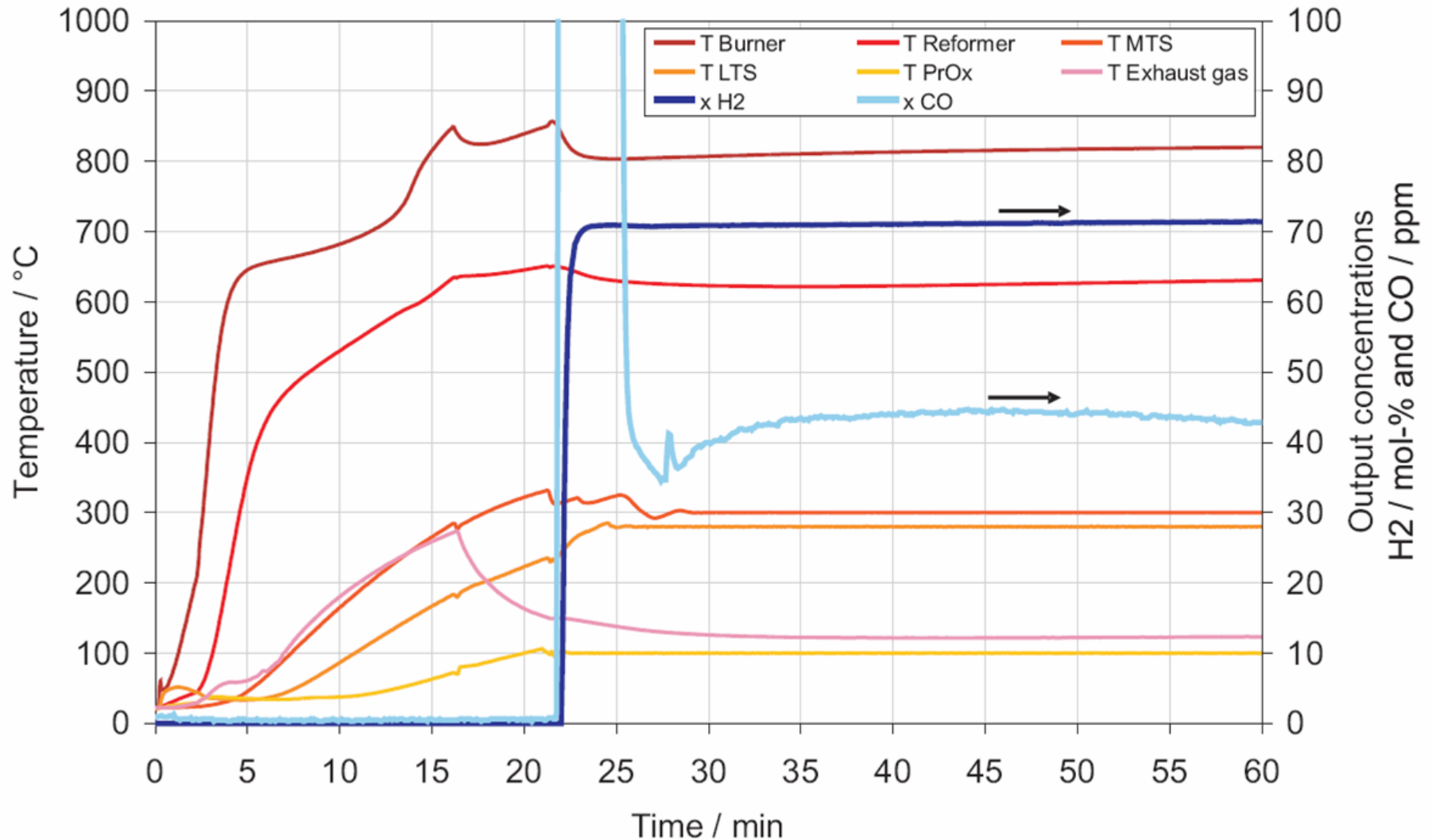


Brennstoff	Flüssiggas
Reformierungsart / S/C	Dampfreformierung / 3,0-3,5
CO-Konvertierung	2-stufig, adiabat
CO-Feinreinigung / Lambda	SelOx 1-stufig / 2,5
Brennerart / Multigas	katalytisch / ja
Integration	vollständig
Katalysatoren / -träger	Edelmetall / Monolith
Nennleistung (H2 thermisch)	1 kW
Lastspreizung	1:2
Kaltstartzeit / Medium	30 Minuten / Luft/Wasser
Volumen / Gewicht	8 l / 7 kg

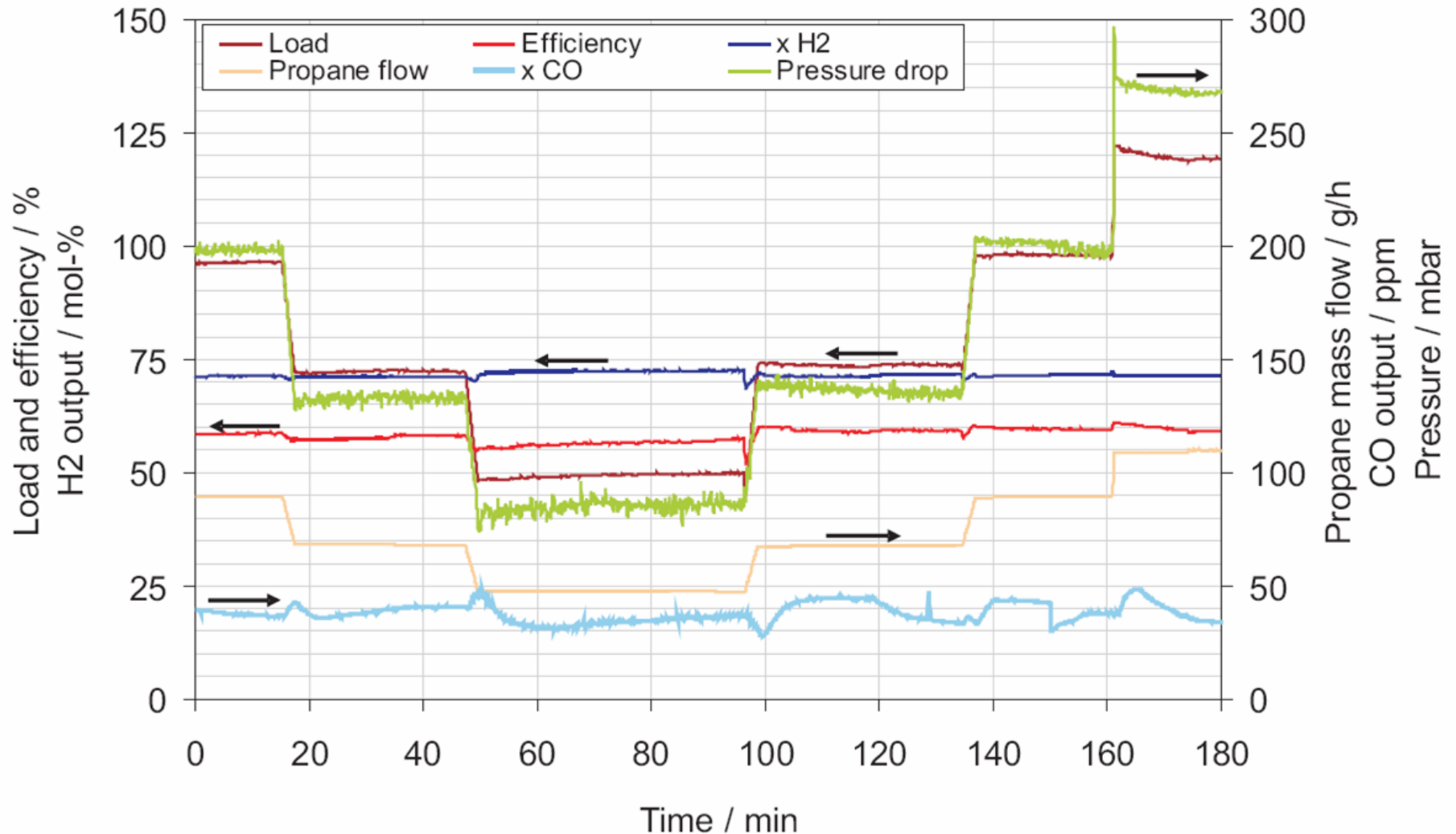
Reformersystem mit 1 kW_{th}-Nennleistung, Propan-Betrieb, S/C=3,3



Reformersystem mit 1 kW_{th}-Nennleistung, Propan-Betrieb, S/C=3,3



Reformersystem mit 1 kW_{th}-Nennleistung, Propan-Betrieb, S/C=3,3



Einsatzbedingungen	mobiler/portabler Einsatz
Anwendungsgebiete	APU für Freizeitanwendungen, Verkehrstechnik, Offgrid-Anwendungen, ...
Brennstoff	Flüssiggas
Versorgung	Flasche / Tank
Elektrische Nennleistung	0,3 - 1 kW
Strom- / Wärmenutzung	ja / nein
Elektrische Anbindung	Akkumulator



Welche Entwicklungen am Reformersystem sind zeitnah erforderlich?

Übergeordnete Ziele für kommerzielle Anwendung

- Erhöhung der Zuverlässigkeit
- Erhöhung der Lebensdauer
- Reduktion der Systemkomplexität
- Kostenreduktion

Konkrete FuE-Themen zur Optimierung von Reformersystemen

- Optimierung von Werkstoff, Fügeverfahren und Konstruktion
- System- und betriebspezifische Qualifizierung der Katalysator-Langzeitstabilität
- Optimierung des Reformersystems für Einsatz der HT-PEM-Brennstoffzelle (HT-PEFC)
- Analyse und Reduzierung der Nebenproduktbildung der Katalysatoren, z.B. Ammoniak-Bildung



**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!**

ZBT GmbH
Carl-Benz-Straße 201
47057 Duisburg
Germany

Telefon: +49-203-7598 0
Telefax: +49-203-7598 2222
www.zbt-duisburg.de
info@zbt-duisburg.de