
SIMULATIONEN ZUR EFFIZIENTEN WÄRMENUTZUNG

Abwärmennutzung aus industriellen Produktionsprozessen

Dipl.-Ing. Carsten Keichel

Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb
und -automatisierung IFF

Magdeburg, 22. Januar 2015

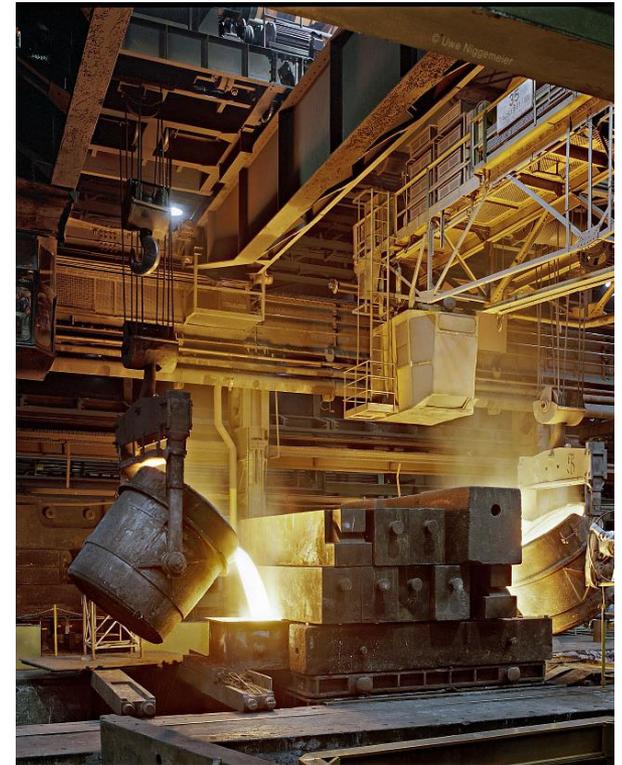
INHALT

1. Was ist Abwärme und wo fällt sie an?
 - Beispiele und Temperaturbereiche
2. Mit System zur effizienten Abwärmenutzung
 - Die Herangehensweise entscheidet
 - Das FÜR und WIEDER
3. Simulationen zur effizienten Wärmenutzung
 - Beispiel: Integration der Abwärme
 - Beispiel: Energiewandlung
 - Simulation als Entscheidungsunterstützer

Was ist Abwärme und wo fällt sie an?

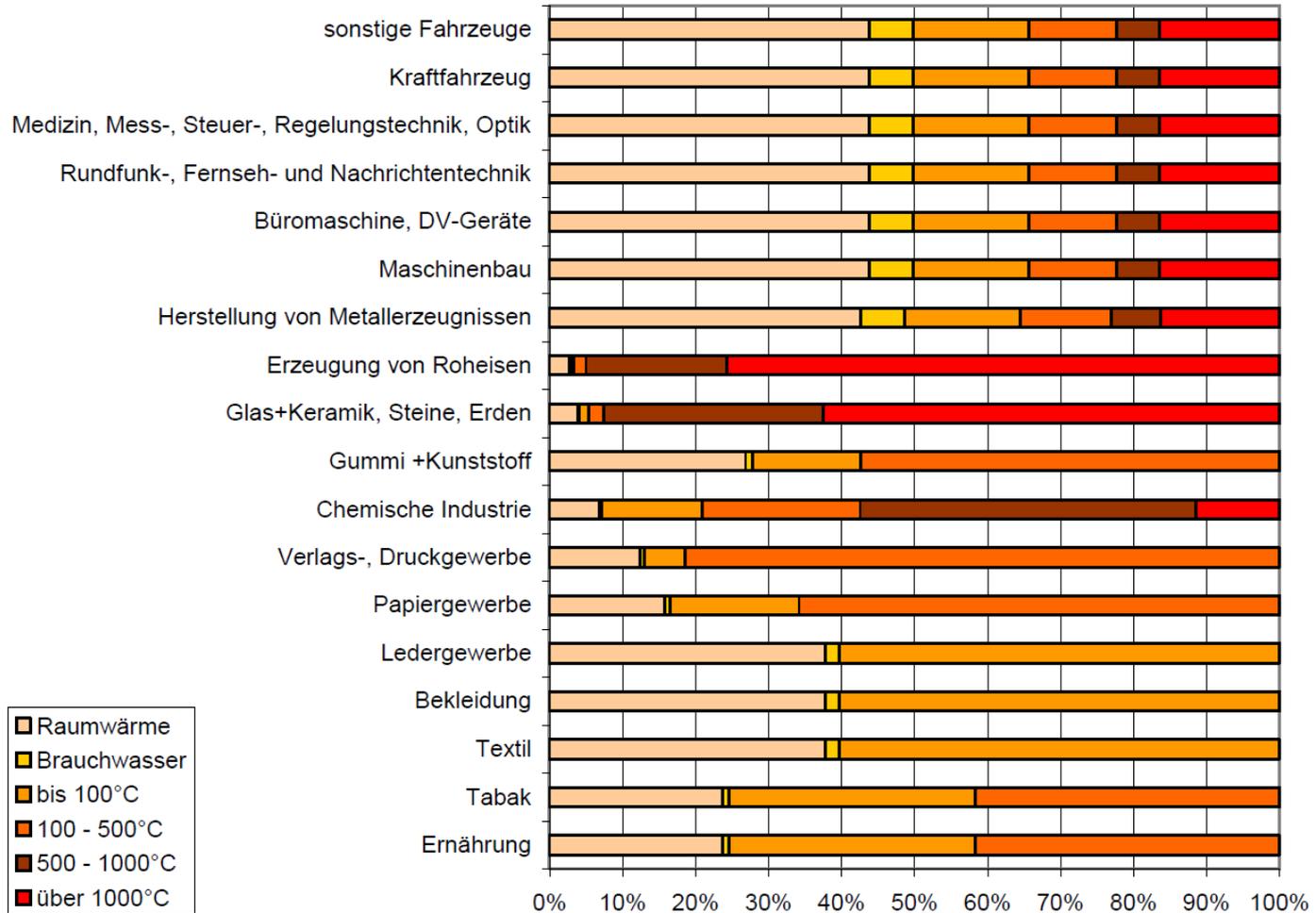
Beispielgebiete

- **Hochtemperatur:**
 - Roheisenindustrie
 - Glas-, Keramik, Stein- und Erdenindustrie
- **Mitteltemperatur:**
 - Verlags- und Druckgewerbe, Papierindustrie
 - Gummi- und Kunststoffindustrie
 - Ledergewerbe, Bekleidungs- und Textilindustrie
 - Tabak- und Ernährungsindustrie
- **Niedertemperatur**
 - In praktisch allen Bereichen, wo Energie gewandelt wird



Was ist Abwärme und wo fällt sie an?

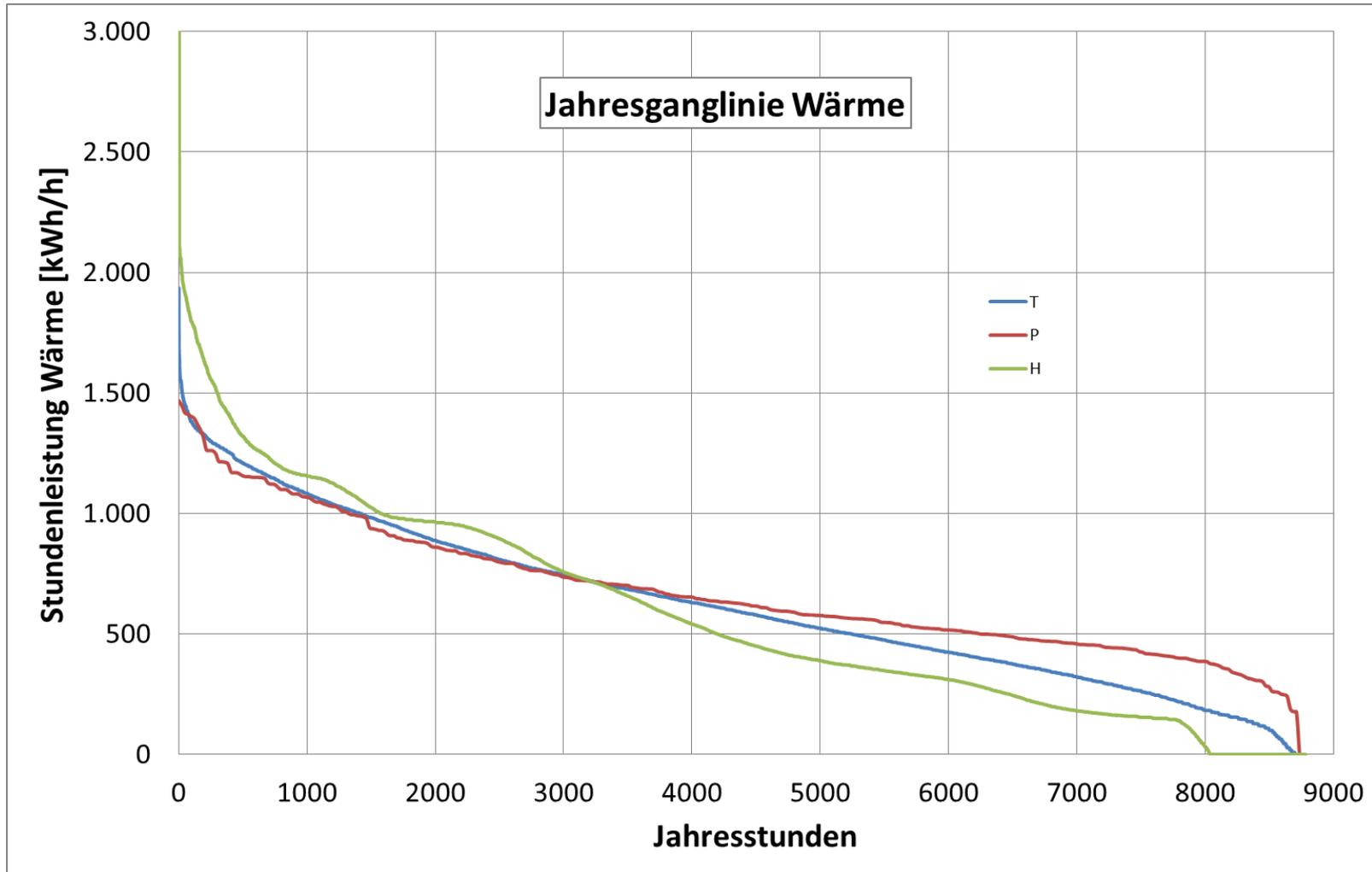
Temperaturbereiche



[1]

Was ist Abwärme und wo fällt sie an?

Jahres Ganglinien



INHALT

1. Was ist Abwärme und wo fällt sie an?
 - Beispiele und Temperaturbereiche
2. Mit System zur effizienten Abwärmenutzung
 - Die Herangehensweise entscheidet
 - Das FÜR und WIEDER
3. Simulationen zur effizienten Wärmenutzung
 - Beispiel: Integration der Abwärme
 - Beispiel: Energiewandlung
 - Simulation als Entscheidungsunterstützer

Mit System zur effizienten Abwärmenutzung

Bestandsaufnahme

- Ist Abwärme vermeidbar?
 - Dimensionierung, Steuerung, Temperaturniveau, Dämmung, Wartung,

- Identifizieren nicht vermeidbarer Abwärme
 - Temperaturniveau, verfügbare Mengen, Abwärmeträgermedium, zeitliche Verfügbarkeiten, Leistung, Position

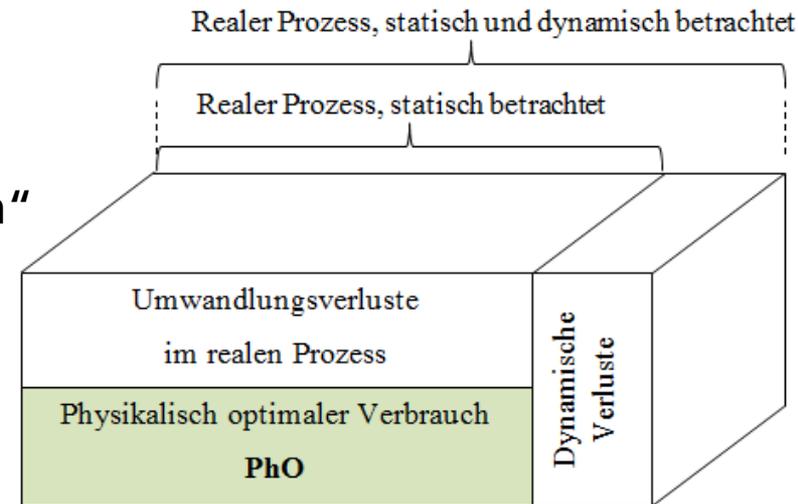
- Identifizieren von Abwärmesenken
 - Temperaturniveau, Energiemengen, Wärmeträgermedium, zeitlicher Bedarf, Leistung, Position

- Aus welchen Komponenten besteht das System?

Mit System zur effizienten Abwärmenutzung

Analyse und Planung

- Die Methode des „Physikalischen Optimum“
 - Das Optimum kennen
 - Das System bewerten
- Integration der Abwärme
 - In Prozesse und Anlagen oder in andere Betriebsprozesse
 - Wärmespeicher
- Weitergabe der Abwärme an Dritte
- Umwandlung der Abwärme in andere Nutzenergieformen
 - Kälteerzeugung oder Stromerzeugung



[2]

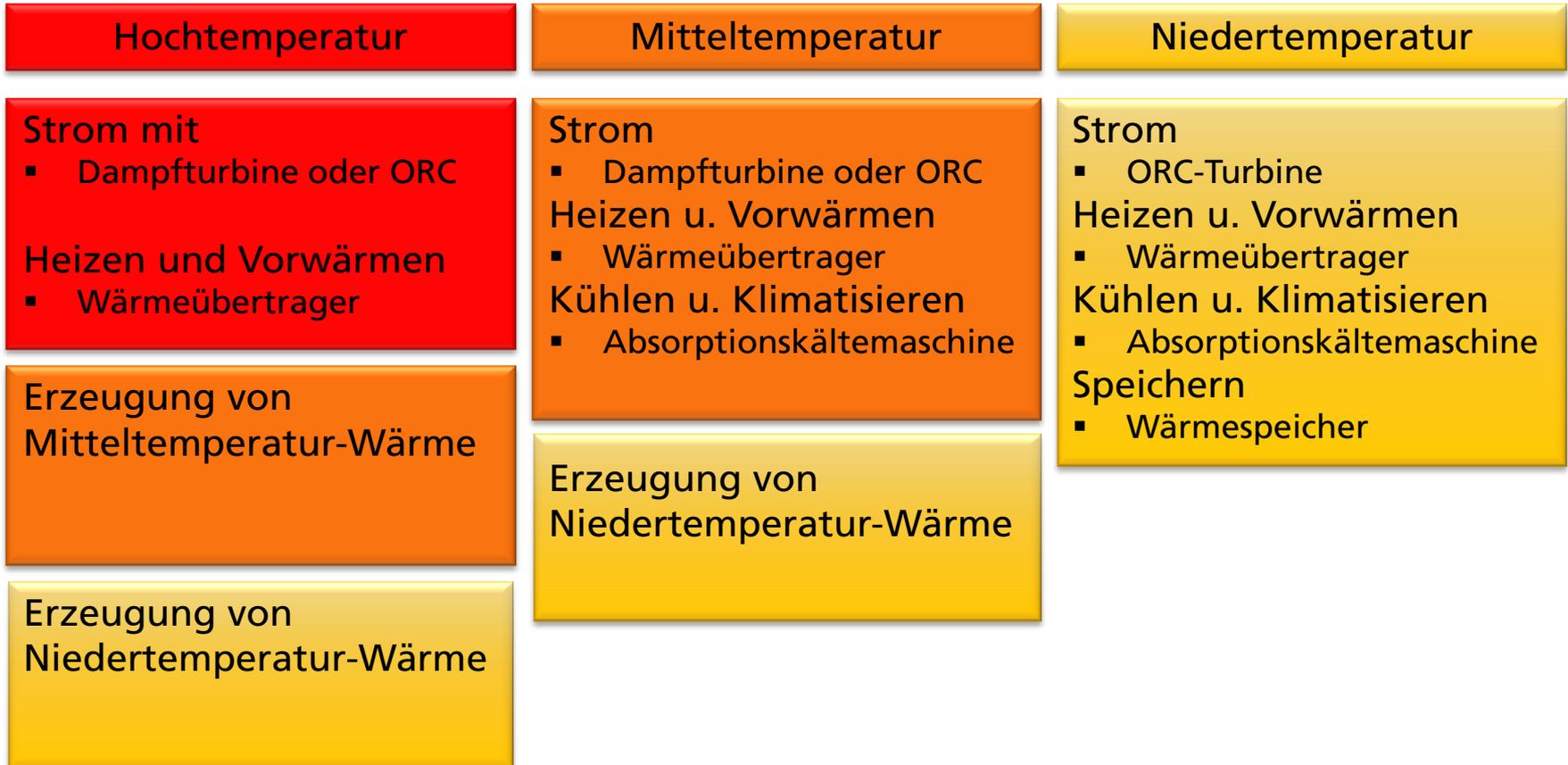
Mit System zur effizienten Abwärmenutzung

Technische und wirtschaftliche Auswahlfaktoren für Abwärmenutzungstechnologien

- Die verfügbare Energiemenge
- Das Temperaturniveau der Abwärme
- Eine lange Betriebsdauer
- Kontinuität
- Gleichzeitiges Auftreten von Wärmebereitstellung und –bedarf
- Medienart für die Abwärmenutzung

Mit System zur effizienten Abwärmenutzung

Technische Nutzungspfade



Mit System zur effizienten Abwärmennutzung

Das FÜR und WIEDER

Phase	pro	contra
Sensibilisierung	Kosten, Motivation,...	Keine Abwärme
Bestandsaufnahme	Quellen und Senken vorhanden	Keine Ressourcen
Analyse	Abwärmemenge kann beziffert werden	Keine Ressourcen
Planung	Konzepte vorhanden oder möglich	Abwärme ist vermeidbar
Technische Prüfung	Realisierung denkbar	Abwärme ist nicht nutzbar
Wirtschaftliche Prüfung	Investition, ROI,...	Konzepte nicht wirtschaftlich
Realisierung		Kein Budget

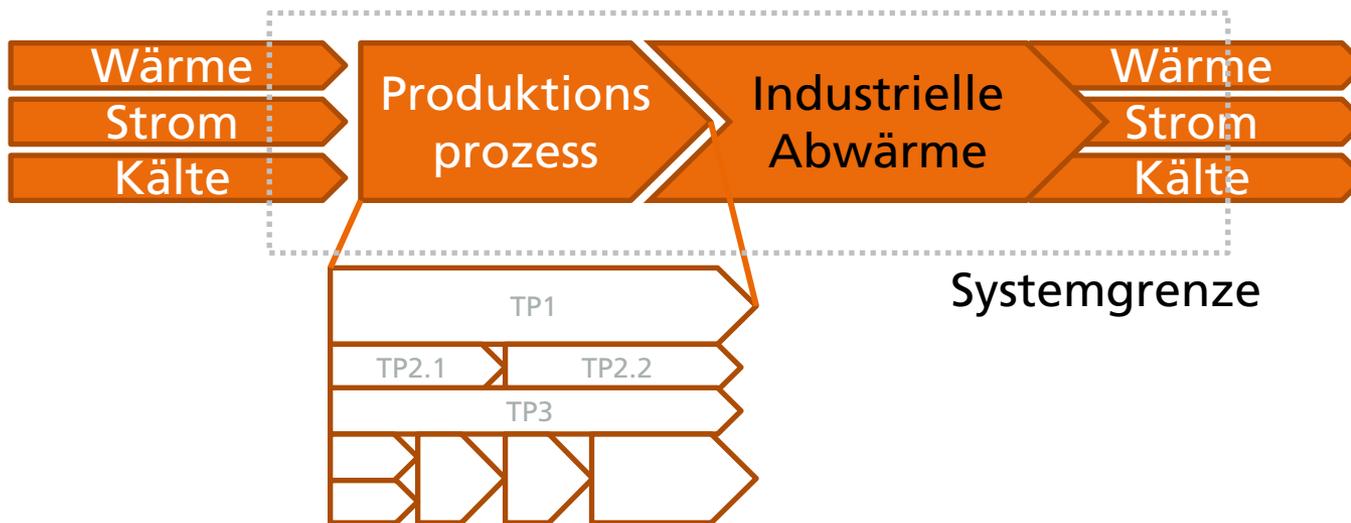
INHALT

1. Was ist Abwärme und wo fällt sie an?
 - Beispiele und Temperaturbereiche
2. Mit System zur effizienten Abwärmenutzung
 - Die Herangehensweise entscheidet
 - Das FÜR und WIEDER
3. Simulationen zur effizienten Wärmenutzung
 - Beispiel: Integration der Abwärme
 - Beispiel: Energiewandlung
 - Simulation als Entscheidungsunterstützer

Simulationen zur effizienten Wärmenutzung

Abbild der Realität

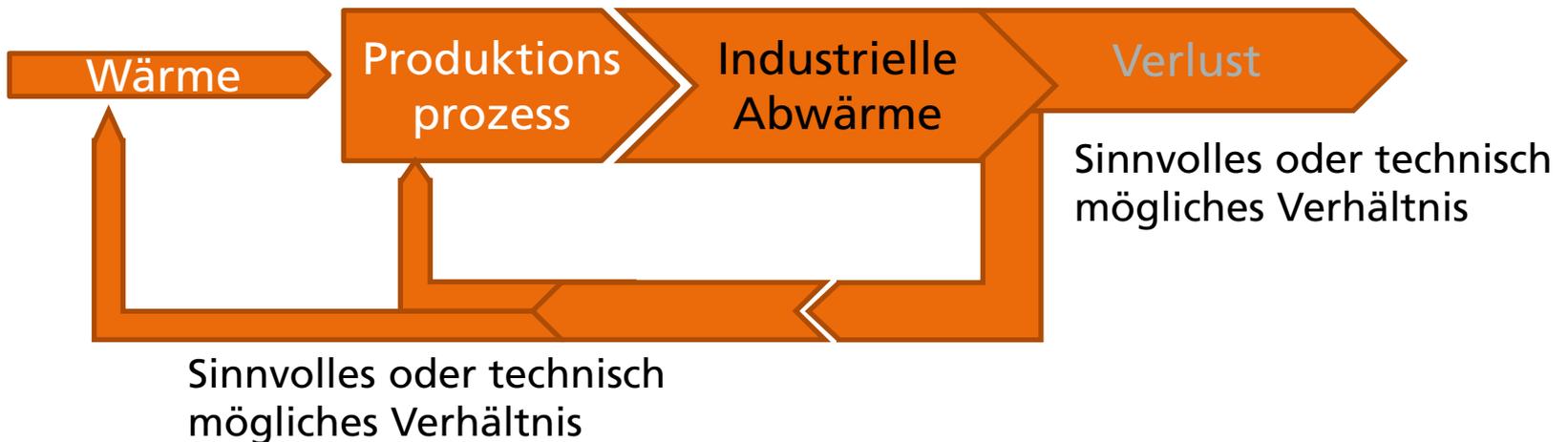
- Systemgrenzen definieren
- Apparate und Komponenten integrieren
 - Definierter Input / Output
- Die Wärmeträgermedien
 - Stellt die Verbindung zwischen den Komponenten her



Simulationen zur effizienten Wärmenutzung

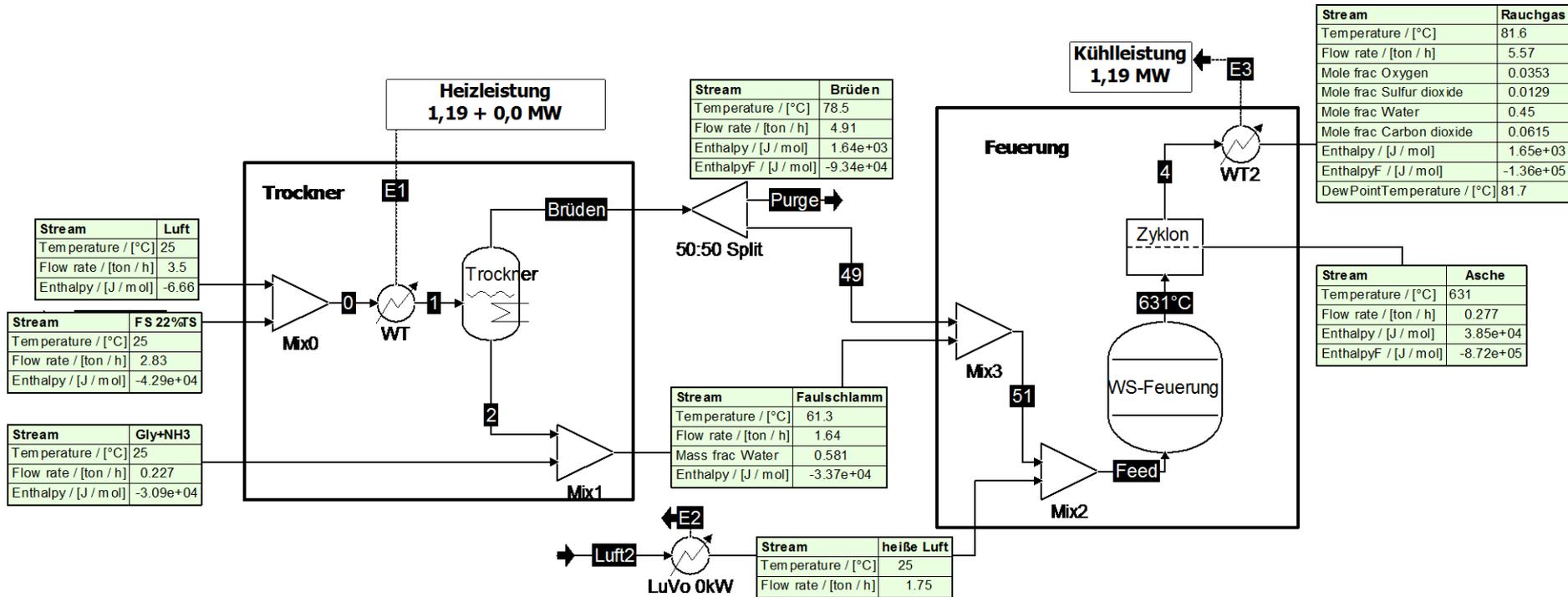
Prozessanalyse – Integration der Abwärme

- Direkte Integration der Abwärme in Prozesse und Anlagen
 - Nutzbare Wärme
 - Sinnvollen Einsatzzweck berücksichtigen
 - Stabilität des Systems beachten
 - Effekt auf Gesamtsystem prüfen



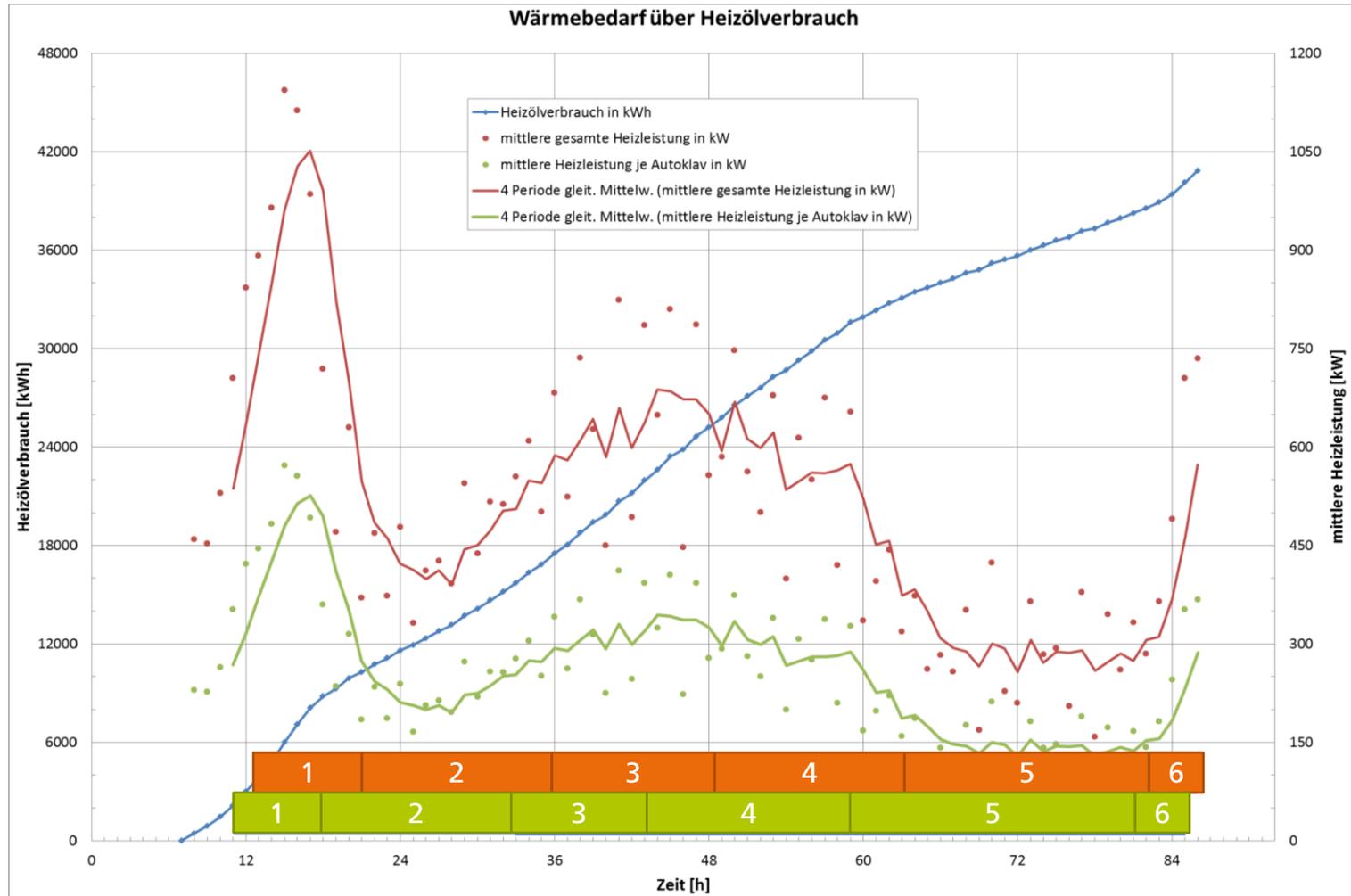
Simulationen zur effizienten Wärmenutzung

Beispiel – Integration der Abwärme



Simulationen zur effizienten Wärmenutzung

Prozessanalyse - Energiewandlung

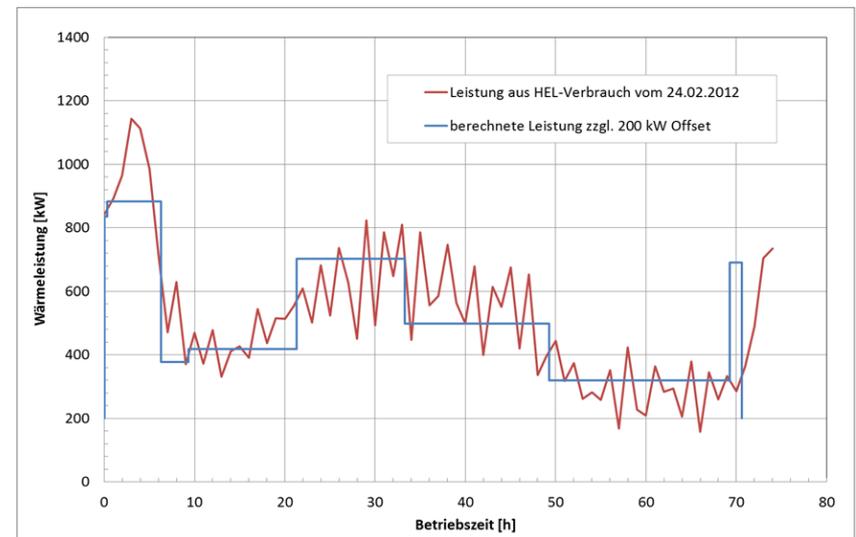
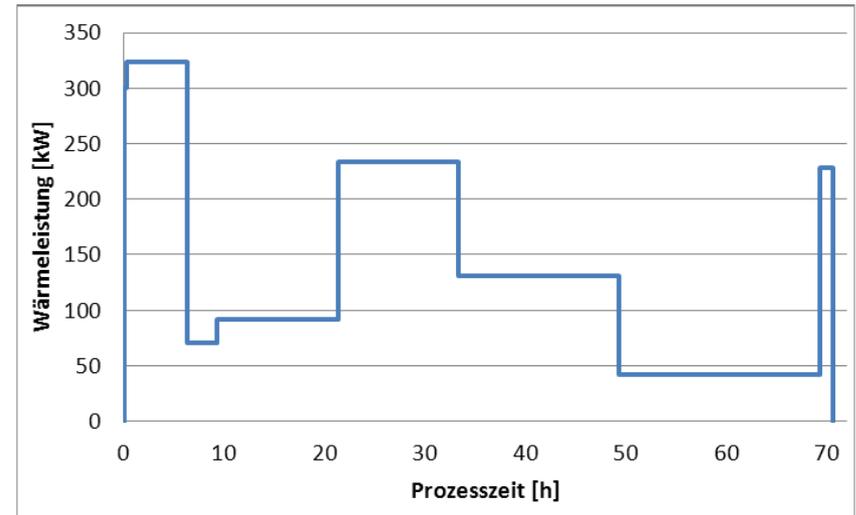


Simulationen zur effizienten Wärmenutzung

Modellprozess

- Nachbildung des Abwärmeverlaufs
 - 1 Produktionslinie
 - 6 Prozessschritte
 - Ca. 330 kW Spitzenleistung

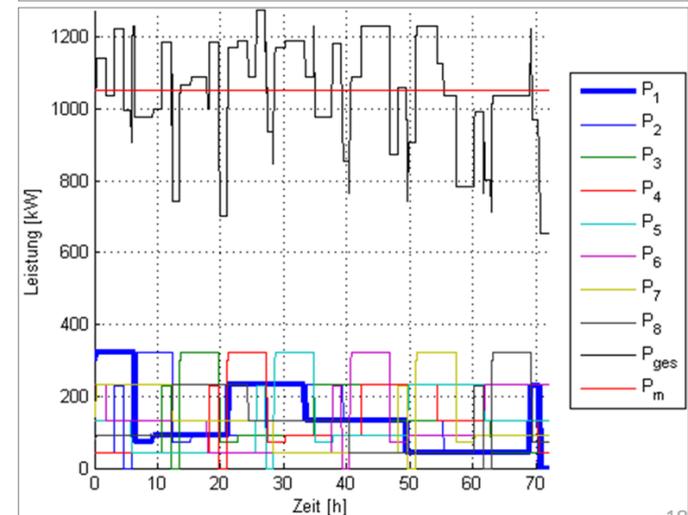
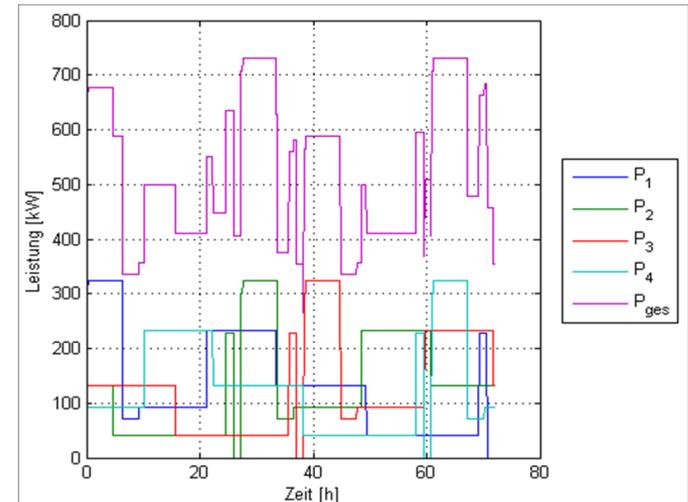
- Vergleich Modell-Messung
 - 2 Produktionslinien
 - Offset von 200 kW
 - leichte zeitliche Abweichung
 - Begrenzte Kesselleistung



Simulationen zur effizienten Wärmenutzung

Optimierung – Vergleichmäßigung

- 4 Produktionslinien
 - Zeitlich versetzte Prozessstarts
 - Senkung der Spitzenleistung
 - Max. 731 kW (527 kW im Mittel)
 - Schwankung um ca. 400 kW
- 8 Produktionslinien
 - Im Volllastbetrieb
 - Max. 1.274 kW (1.053 kW im Mittel)
- Reduzierung der Dynamik
- Kalkulierbare Abwärmemenge für nachgeschaltete Wandlungstechnologien



Simulationen zur effizienten Wärmenutzung

Simulation als Entscheidungsunterstützer

- Simulation ist kein Hexenwerk
 - Der gewünschte Detaillierungsgrad entscheidet
 - Excel --> Open Source --> spezielle Software
- Zu Beachten:
 - Simulation immer nur ein Abbild der Realität?
 - Zielgerichtete Analyse ist die Grundvoraussetzung
- Vorteile:
 - Prüfung individueller Anwendungsfälle möglich
 - Identifikation der primären Einflüsse
 - Berücksichtigung von Teillastverhalten und Dynamik möglich

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Kontakt

www.mehr-wert-produzieren.de



Fraunhofer
IFF



Carsten Keichel
Dipl.-Ing.

Projektleiter
Prozess- und Anlagentechnik
Fraunhofer-Institut für
Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF

Sandtorstraße 22 | 39106 Magdeburg
Telefon +49 391 4090-368 | Fax +49 391 4090-93-368
carsten.keichel@iff.fraunhofer.de

Quellen:

- [1] Wagner, H. J. et al.: Validierung und kommunale Disaggregation des Expertensystems HERAKLES, Abschlussbericht, Bochum 2002
- [2] VOLTA, D. / CARLOWITZ, O. / SANKOL, B.: Entwicklung und von Systematiken in Hinblick auf die energetische und stoffliche optimale Nutzung von Ressourcen, Anlagenbau der Zukunft, Fraunhofer IFF, 06.03.2014, Magdeburg

Wagner, H. J. et al.: Validierung und kommunale Disaggregation des Expertensystems HERAKLES, Abschlussbericht, Bochum 2002