

Instationarität von industrieller Abwärme als limitierender Faktor bei der Nutzung und Integration in Wärmeverteil- und Wärmenutzungssystemen

11. Energieinnovations-Symposium "ALTE ZIELE - NEUE WEGE"
Graz, 11.2.2010

DI (FH) Michael Wanek (FH JOANNEUM GmbH, Studiengang Energie-, Verkehrs- und Umweltmanagement)



Inhalt

- **Überblick**
 - Einleitung
 - Ist-Stand
 - Ziele
- **Methoden**
- **Ausgewählte Ergebnisse**
 - Typen Industrieller Abwärme und deren Charakteristik
 - Beeinflussungsmöglichkeit Industrieller Abwärmequellen
 - Relevante Parameter Industrieller Abwärme und Kennzahlen
 - Integration von Abwärme in Wärmeverteilnetze
- **Zusammenfassung**

Überblick

■ Einleitung

- Anteil der Fernwärme am Endenergieeinsatz für Raumwärme und Warmwassererzeugung beträgt in Österreich ca. 12 [%].
- Nutzung von industrieller Abwärme kann Beitrag zum Kyoto-Protokoll und zur CO₂-Reduktion leisten.
- Der Primärenergiefaktor für industrielle Abwärme liegt bei 0,05 [-]. (fossile Brennstoffe mindestens 1,1 [-]).

■ Ist-Stand Abwärme

- Abwärme aus industriellen Prozessen wird zumeist nur direkt innerhalb der Produktion genutzt.
- Die Abwärmennutzung ist nicht auf einen konkreten Wärmebedarf ausgelegt.
- Das Produkt steht im Vordergrund, die Nutzung von Abwärme ordnet sich den Produktionsabläufen unter.
- Instationärer Charakter als Folge.

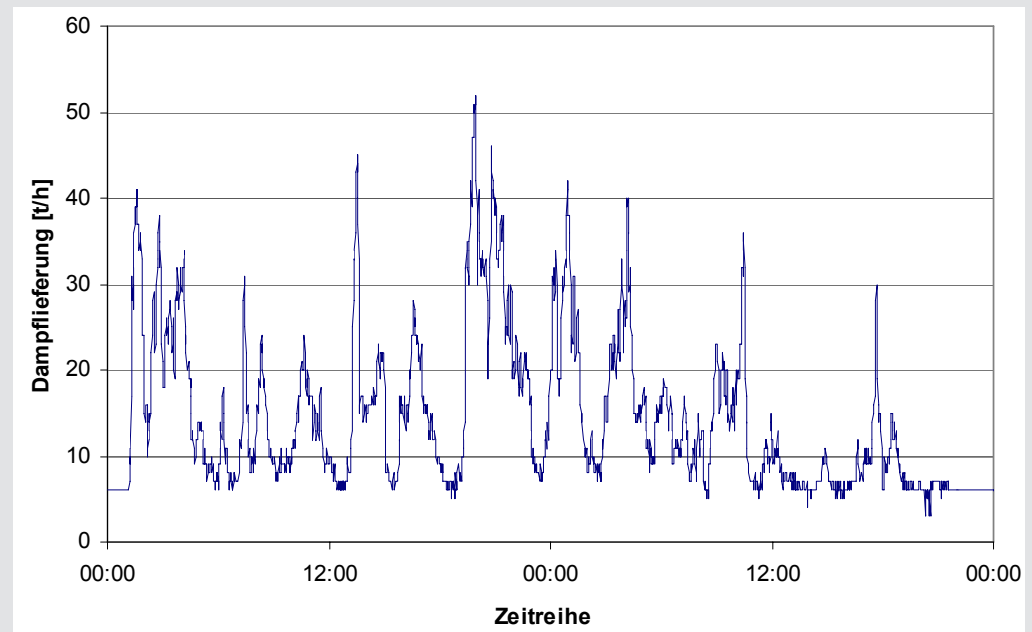


Abbildung 1: Beispiel für eine instationäre Dampferzeugung durch Abwärme
Literaturquelle: [Interne Daten]

■ Ist-Stand Fernwärme

- Instationäre Charakter von industrieller Abwärme lässt sich nur schwer mit dem Fernwärmebedarf vereinbaren.
- Unterschiedliches Druck- und Temperaturniveau.
- Derzeit kommt industrielle Abwärme in Fernwärmenetzen nur zur Abdeckung der Mindestleistung im Sommer zum Einsatz.

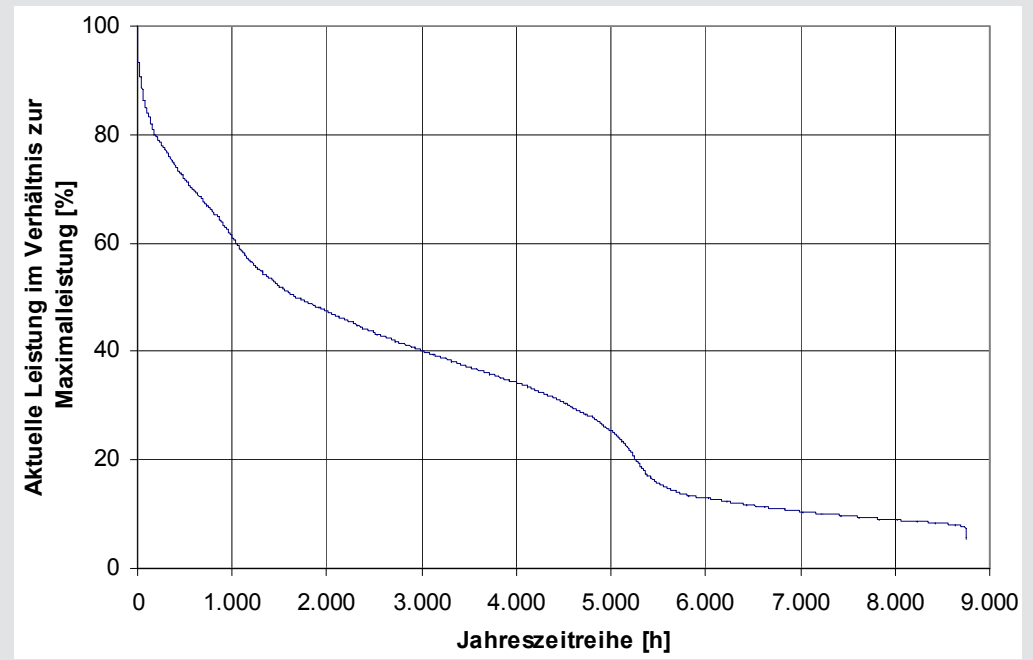


Abbildung 2: Typische spezifische Jahresdauerlinie der Fernwärmeleistung
Literaturquelle: [Smole 2005]

■ Probleme

- Methoden für eine technologische und wirtschaftliche Bewertungen von industrieller Abwärme sind nicht vorhanden.
- Daher ist auch der Anteil der Abwärme an der gesamt Fernwärmeleistung sehr gering.

■ Ziele

- Schaffen einer Datengrundlage zu Fernwärmenetzen und Abwärmequellen (Charakteristiken sind dargelegt).
- Ermitteln von Kennzahlen zur technischen und wirtschaftlichen Bewertung.
- Integrationsmöglichkeiten von Abwärme in Fernwärmenetze sind darlegen.

Methoden

Open Innovation Ansatz

Zusammenarbeit mit Zielgruppen – Großindustrie mit einem signifikanten Potential an industrieller Abwärme und Betreiber von Fernwärmenetzen in Österreich.

- **1. Datenerhebung**
 - Rahmenbedingungen
 - Abwärmequellen
 - Fernwärmenetze
- **2. Bewertungsmethoden**
 - Kennzahlen
 - Integration in Fernwärmenetze
- **3. Tests und Dokumentation**

Ergebnisse

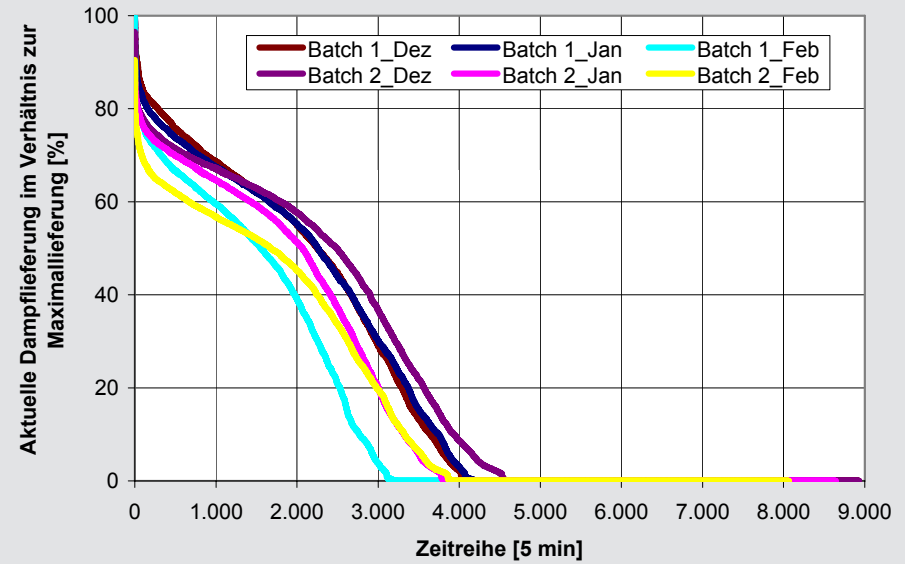
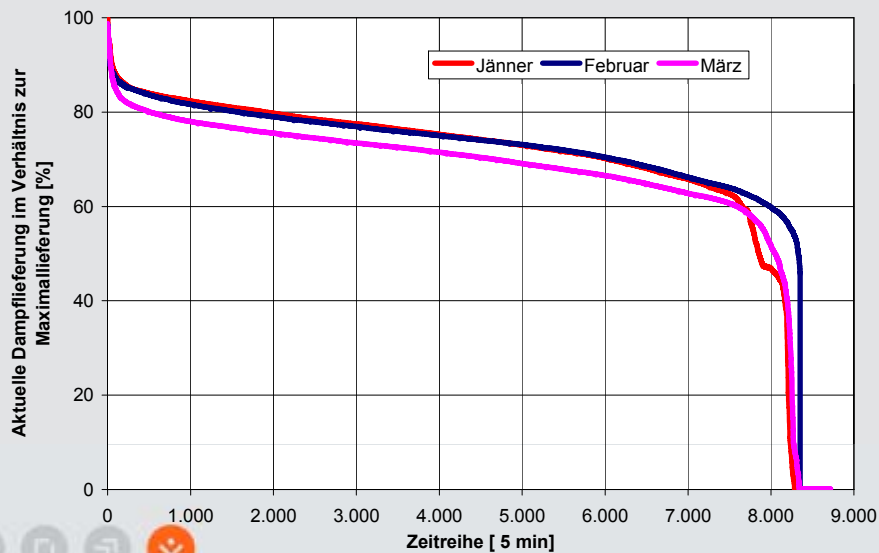
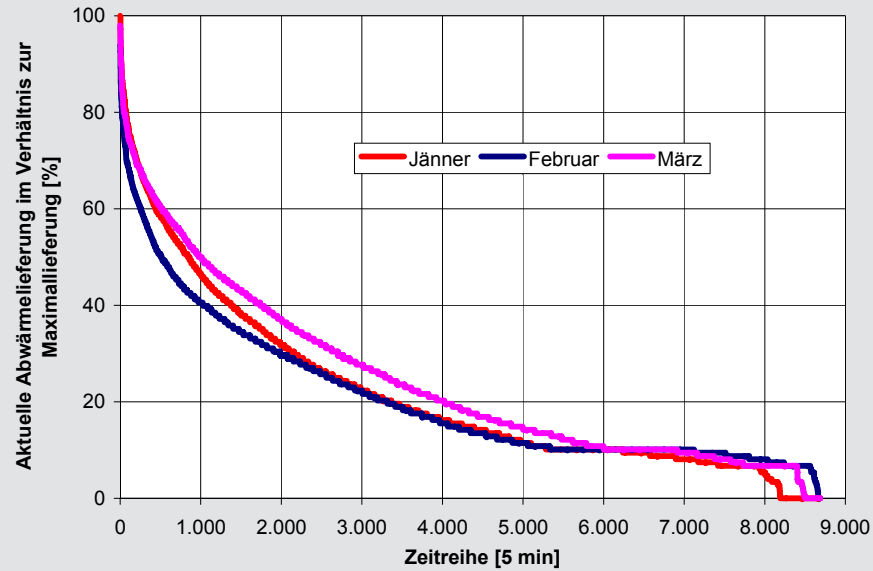
- **Fernwärmenetze – relevante Parameter**
 - Vor- und Rücklauftemperaturen (z. B. 130 [°C] im VL; 60 [°C] im RL)
 - Leistungsgradienten
 - Wärmeleistung (Lastgang, Dauerlinien)
 - Medienqualität
Korrosionsinhibitoren (z. B. Hydrazin)

Ergebnisse

■ Abwärmequellen

Drei Kategorien:

- Abwärme aus Rauchgasen
Wärmelieferung folgt direkt dem Prozessoutput
- Abwärme aus Strukturkühlung
Relativ konstante Lieferung
- Abwärme aus batch-Prozessen
Stark instationär



Gradienten der Abwärme

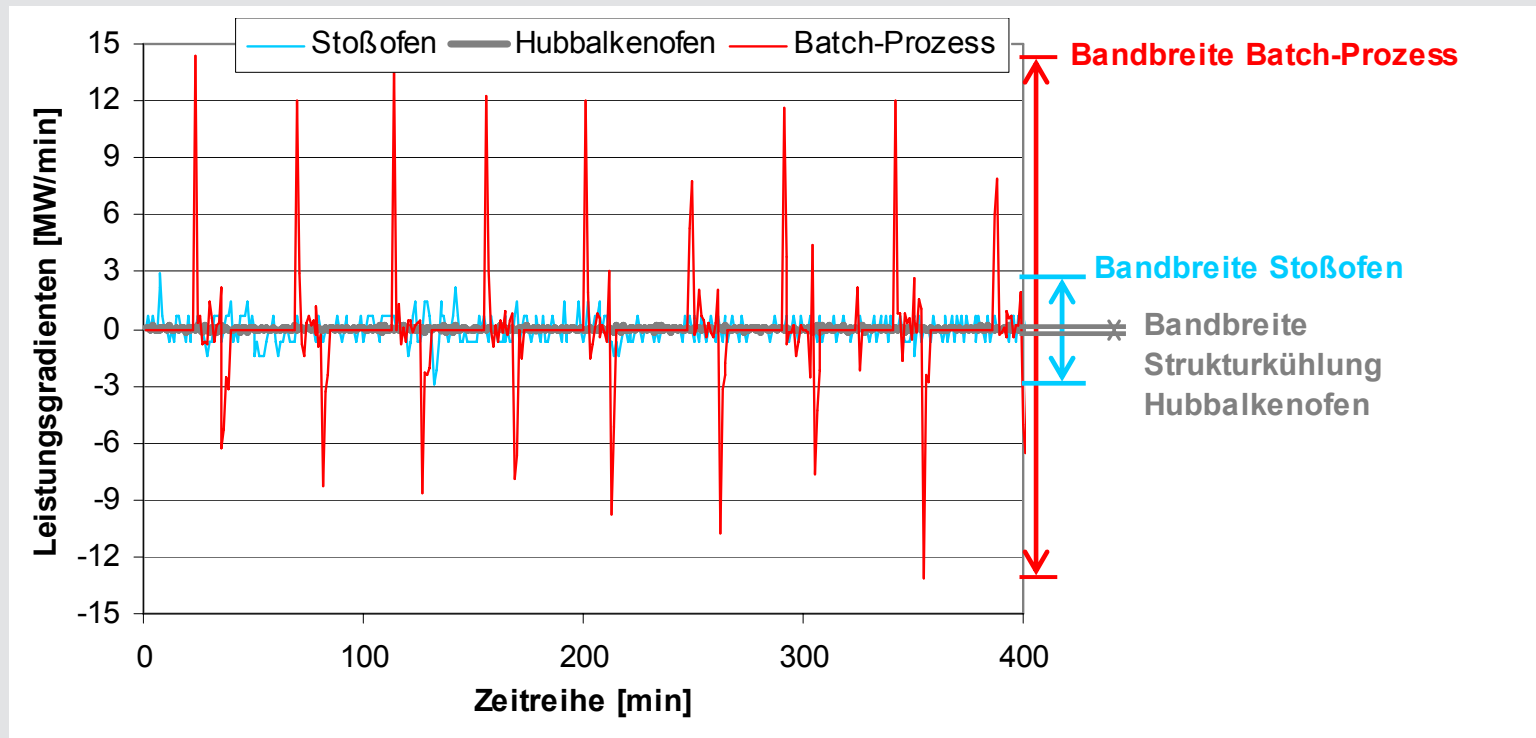


Abbildung 3: Leistungsgradienten unterschiedlicher Abwärmequellen
Literaturquelle: [Interne Daten]

■ Beeinflussungsmöglichkeiten industrieller Abwärme

■ Passive Beeinflussungsmöglichkeiten

- durch die Produktionsmenge
- durch Parallelschaltung mehrerer gleichartiger Abwärmequellen
- durch Komponentenschutz in Produktionsanlagen

■ Aktive Beeinflussungsmöglichkeiten

- durch Veränderung des Rauchgasstroms
- Wärmeauskopplung aus Kühlprozessen
- Verwendung des Netzes als Speicher
- Einsatz eines Speichers
- Parallelschaltung eines Heizkessels

Effekt der Produktionsmenge

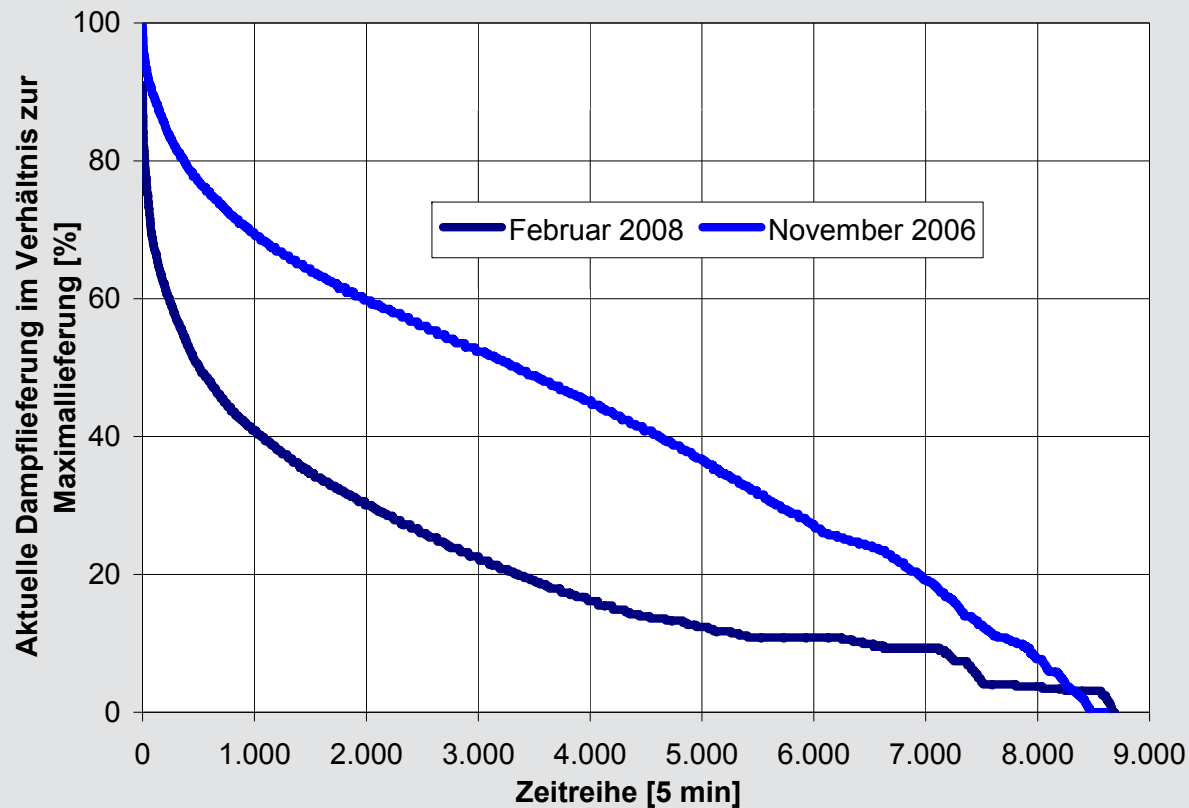


Abbildung 4: Dauerlinie der Dampflieferung eines Stoßofens ausgewählter Monate in der Stahlindustrie bei unterschiedlicher Produktionsauslastung Literaturquelle: [Interne Daten]

Effekt eines Speichers (Sattdampf)

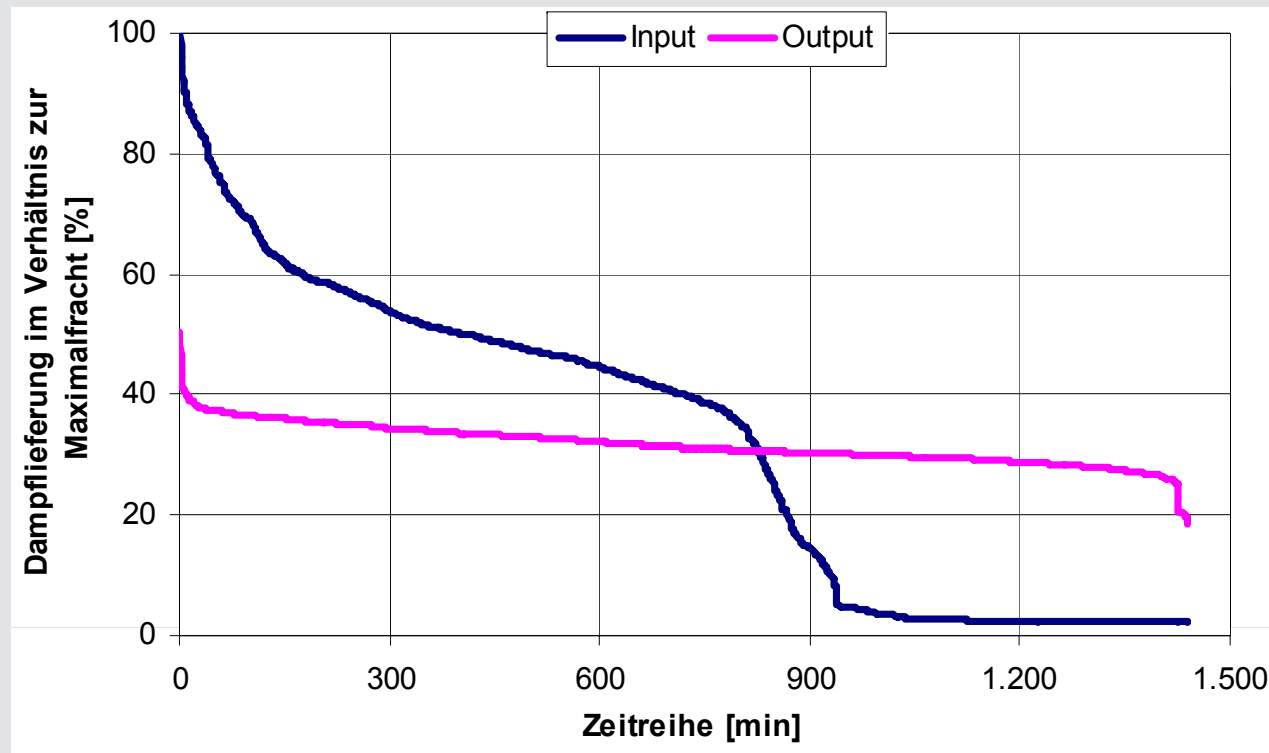


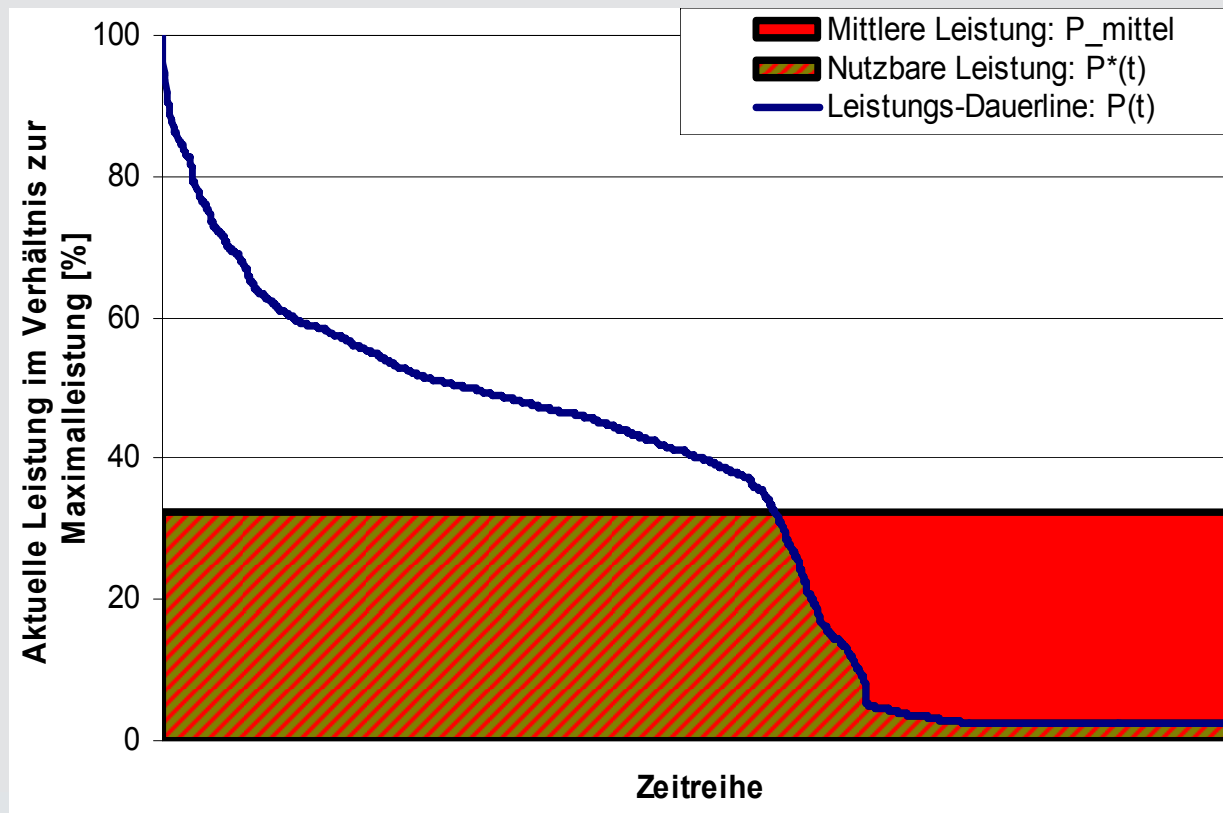
Abbildung 5: Dauerlinien des Inputs und des Outputs eines Sattdampfspeichers
Literaturquelle: [Interne Daten]

Technologie der Abwärmenutzung

- Dokumentation der Technologie und Sammlung spezifischer Kosten von typischen Komponenten in der Abwärmenutzung:
 - Wärmetauscher
 - Wärmespeicher

- **Relevante Parameter industrieller Abwärme**
 - Physikalische Parameter
 - Vor- Rücklauftemperatur
 - Spreizung
 - Druck
 - Durchflussmenge
 - Energetische und betriebliche Kennzahlen
 - Leistung
 - Konstanzfaktor
 - Gradienten
 - Regelbarkeit

Konstanzfaktor (KF):



$$KF = \frac{\int P^*(t) dt}{\int P_{\text{mittel}} dt}$$

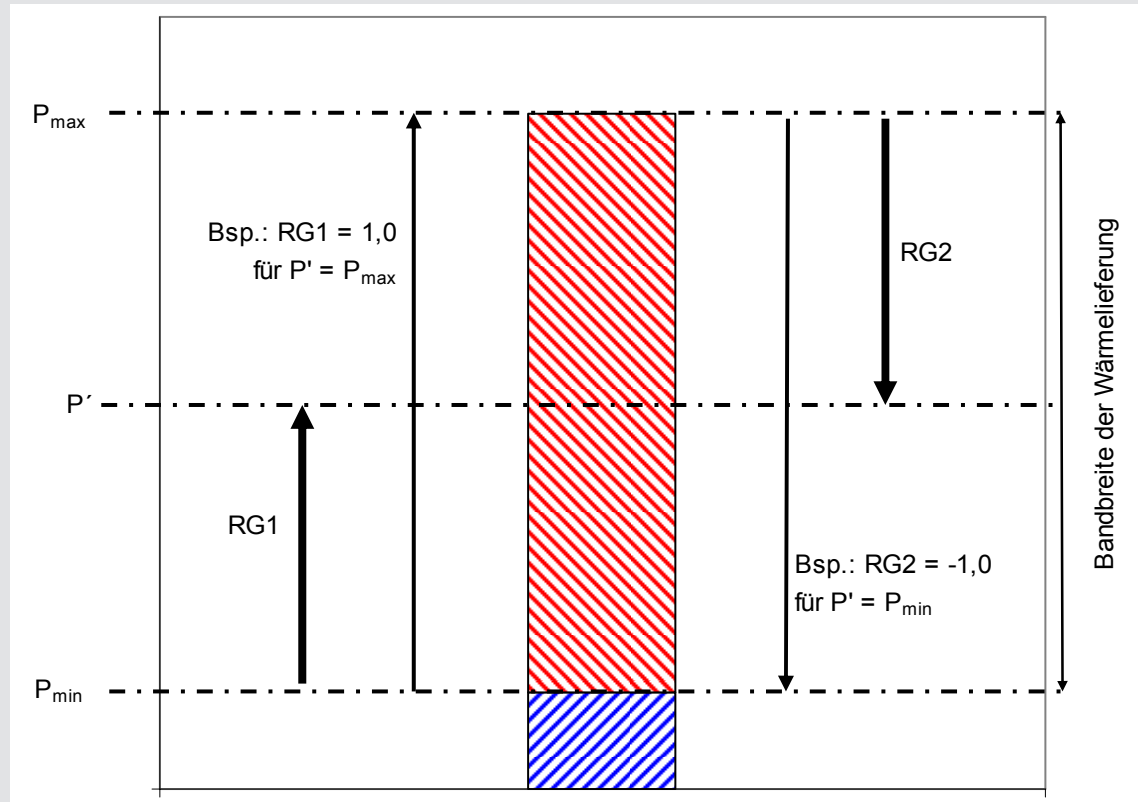
mit

$$P^*(t) = \begin{cases} P(t) & \text{für } P(t) < P_{\text{mittel}} \\ P_{\text{mittel}} & \text{für } P(t) \geq P_{\text{mittel}} \end{cases}$$

Abbildung 6: Dauerlinie und mittlere Leistung einer Wärmequelle



Regelgrad



$$RG1 = \frac{P' - P_{\min}}{P_{\max} - P_{\min}}$$

$$RG2 = \frac{P' - P_{\max}}{P_{\max} - P_{\min}}$$

mit:

P'... nach Reglereingriff
mögliche Leistung

Abbildung 7: Schematische Darstellung der Regelgrade

- **Integration von Abwärme in Fernwärmenetze**
 - Problembereich der Übereinstimmung des momentanen Fernwärmebedarfs und der momentanen Abwärmelieferung.
 - Problembereich der unterschiedlichen Gradienten von Fernwärmebedarf und Abwärmelieferung.

$$RG1 = 1$$
$$RG2 = -1$$

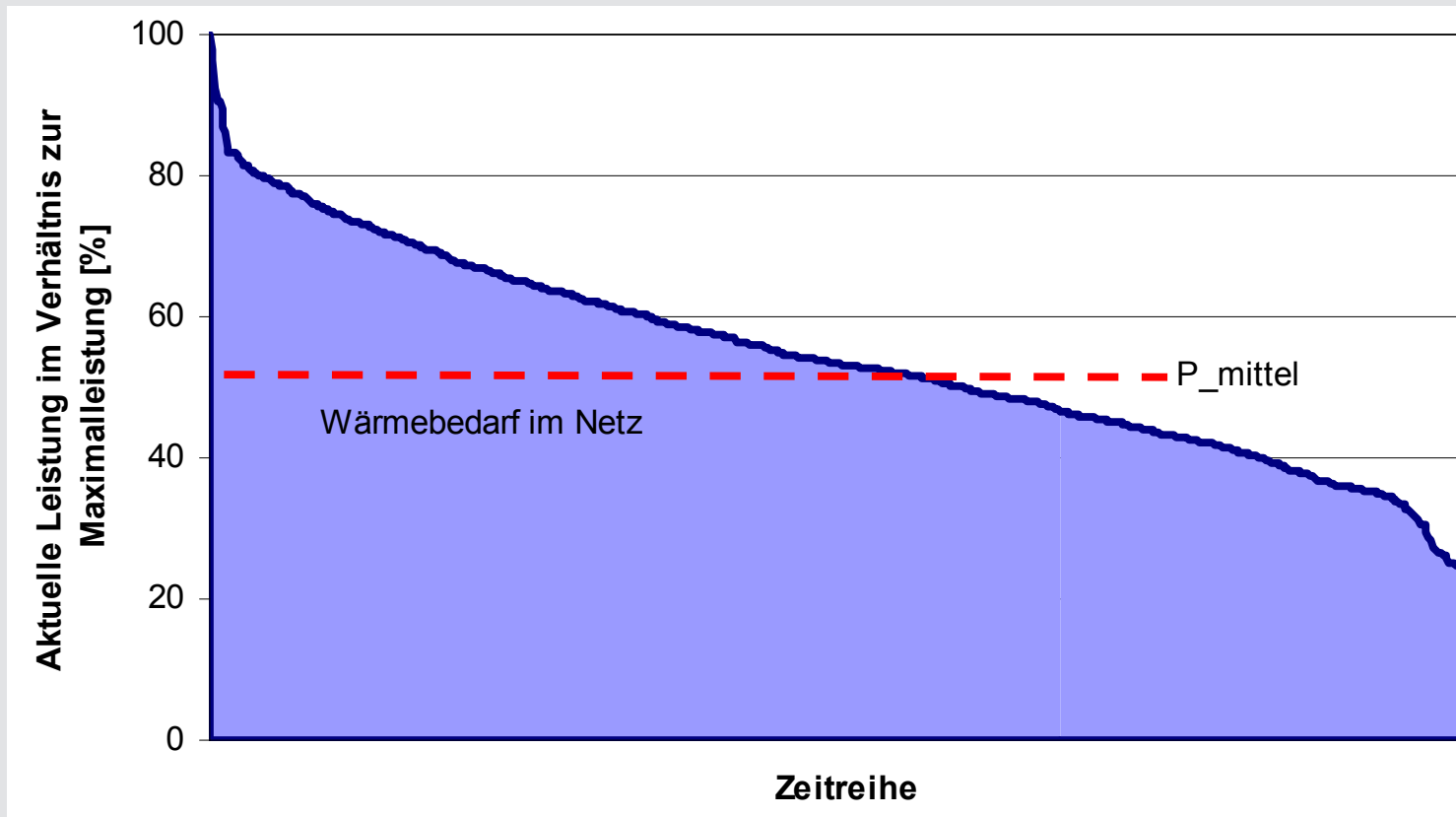


Abbildung 8: Spezifische Dauerlinie der Leistung und Wärmebedarf eines Wärmeverteilnetzes
Literaturquelle: [Interne Daten]

$$RG1 = 0$$

$$RG2 = 0$$

$$\Delta Q_{\text{Zusatz}} = Q_{\text{Netz}} - Q_{\text{Abwärme}}$$

$$P_{\text{Netz mittel}} > P_{\text{Abwärme mittel}}$$

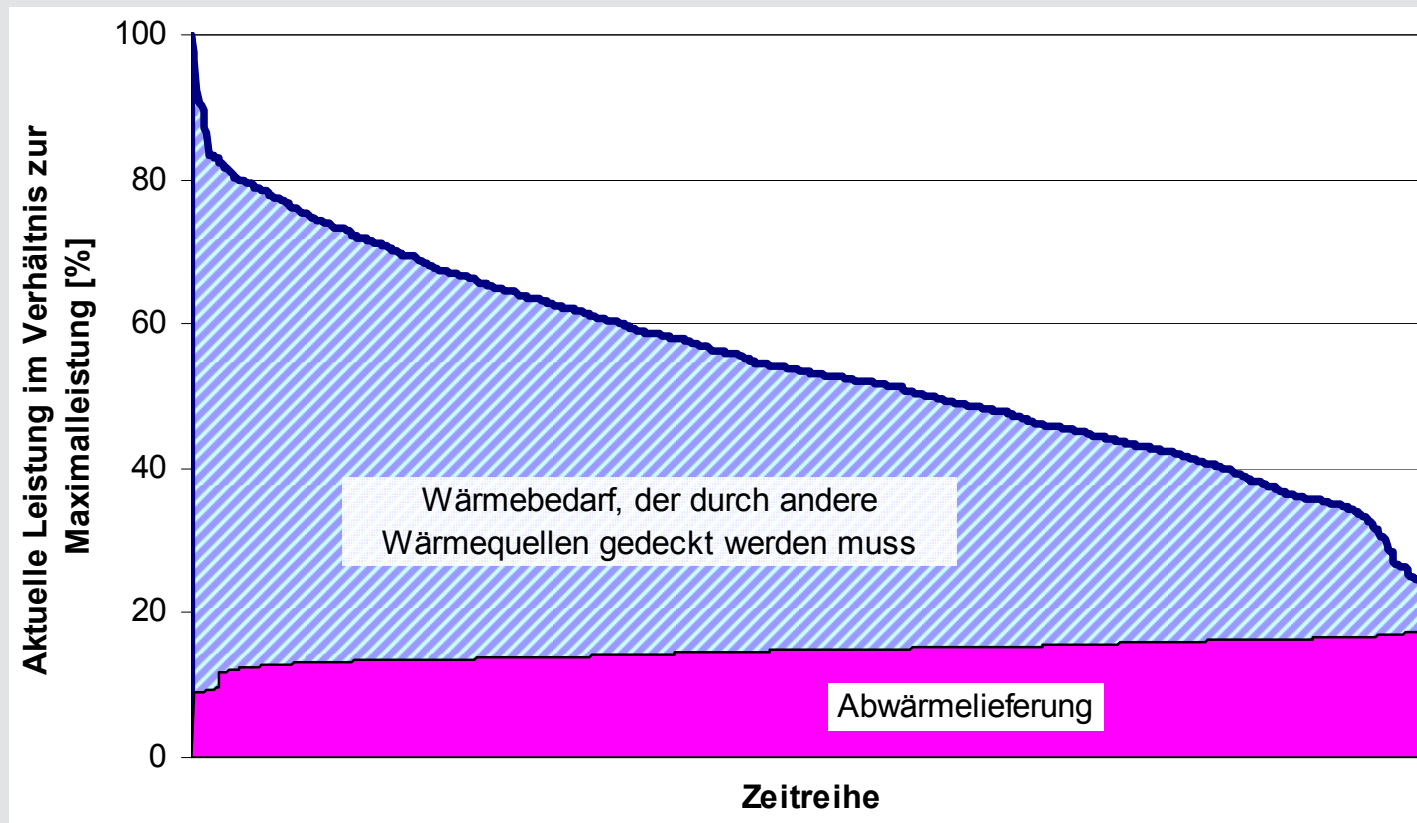


Abbildung 9: Vollständige Integration einer instationären, nicht regelbaren Abwärmequelle in ein Wärmenetz.
 Literaturquelle: [Interne Daten]

$$RG1 = 0$$

$$0 > RG2 \geq 0$$

$$\Delta Q_{\text{Zusatz}} = Q_{\text{Netz}} \cdot (2 - KF_{\text{Netz}} - KF_{\text{Abwärme}})$$

$$\Delta Q_{\text{kühl}} = \Delta Q_{\text{Zusatz}} \quad P_{\text{Netzmittel}} = P_{\text{Abwärme mittel}}$$

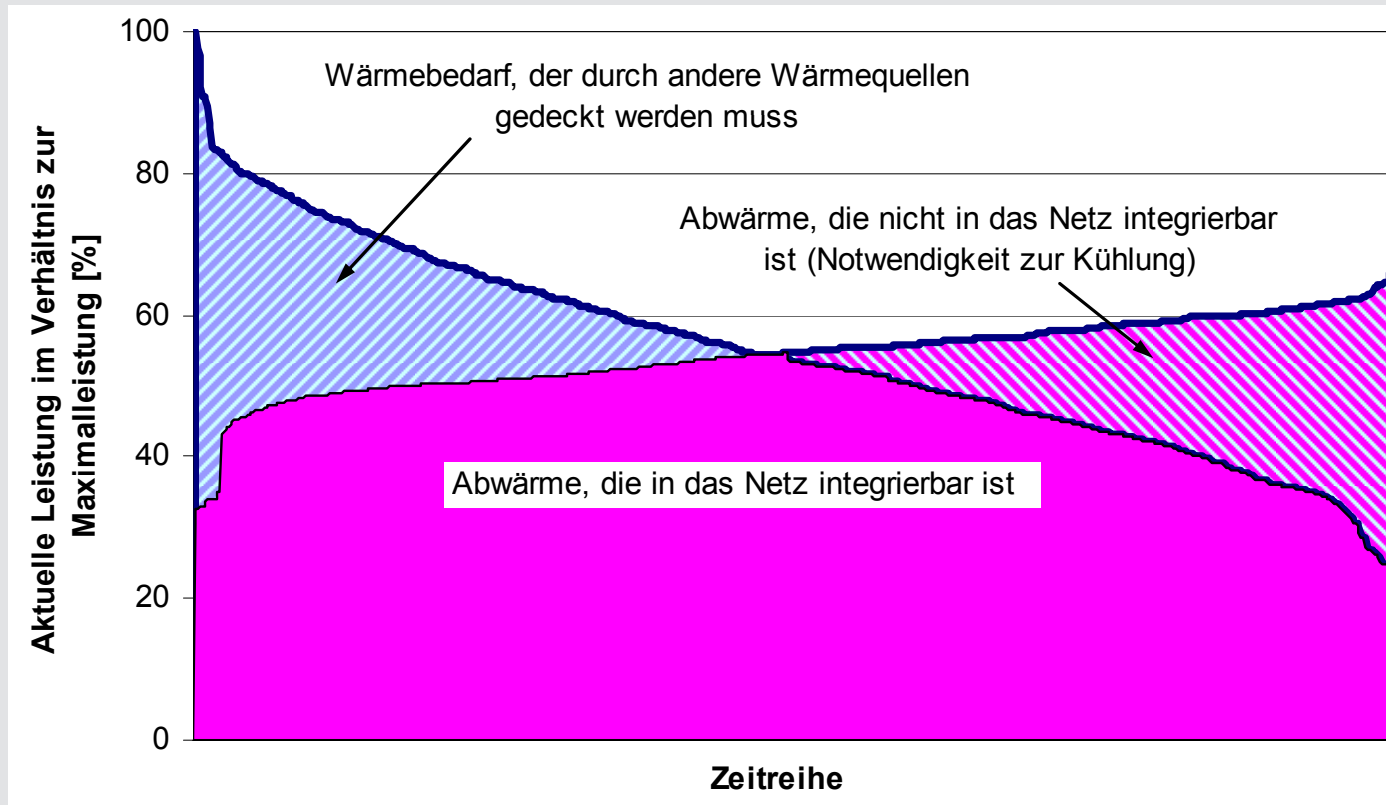


Abbildung 10: Integration einer instationären Abwärmequelle in ein Wärmenetz auf Basis gleicher mittlerer Leistungen.
 Literaturquelle: [Interne Daten]

Zusammenfassung

- Industrielle Abwärme lässt sich in verschiedenen Gruppen kategorisieren.
- Eigenschaften von Abwärme und Fernwärme werden mit Kennzahlen beschrieben, die eine technologische und wirtschaftliche Bewertung ermöglichen .
- Eine nennenswerte Integration von Abwärme in Fernwärmenetze bedingt eine zusätzliche Wärmebereitstellung im Netz bzw. Kühlkapazitäten.
- Es gibt eine bedingte Beeinflussungsmöglichkeit von Abwärme.
- Schon bei der Auslegung der Industrieanlage kann auf zukünftige Abwärmeauskopplung Rücksicht genommen werden.

Weiter Informationen

DI (FH) Michael Wanek

FH JOANNEUM GmbH

Studiengang Energie-, Verkehrs- und Umweltmanagement

Werk-VI-Strasse 46

A-8605 Kapfenberg

Tel.: (43 3862) 33600 83 66

mail to.: michael.wanek@fh-joanneum.at

