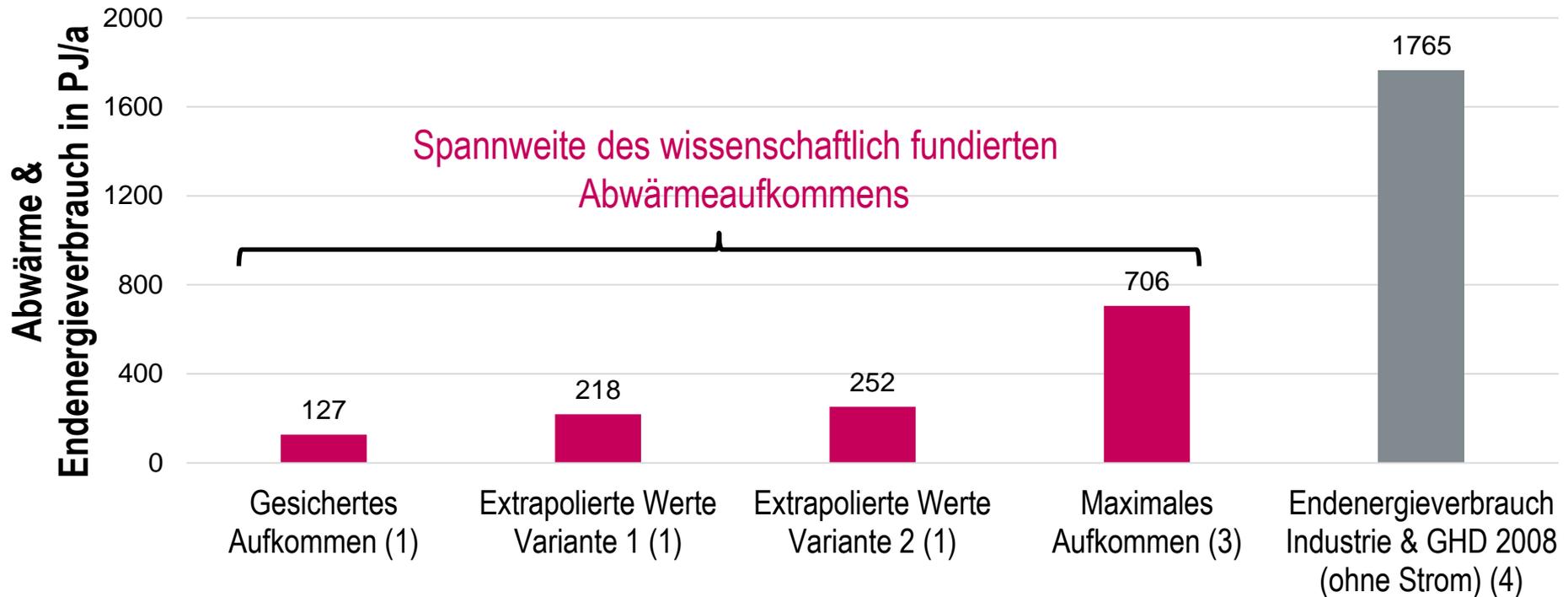


ABWÄRMENUTZUNG IN DER INDUSTRIE

Prof. Dr.-Ing. Jens Hesselbach



Abwärmeaufkommen der deutschen Industrie



(1) Brückner 2016:

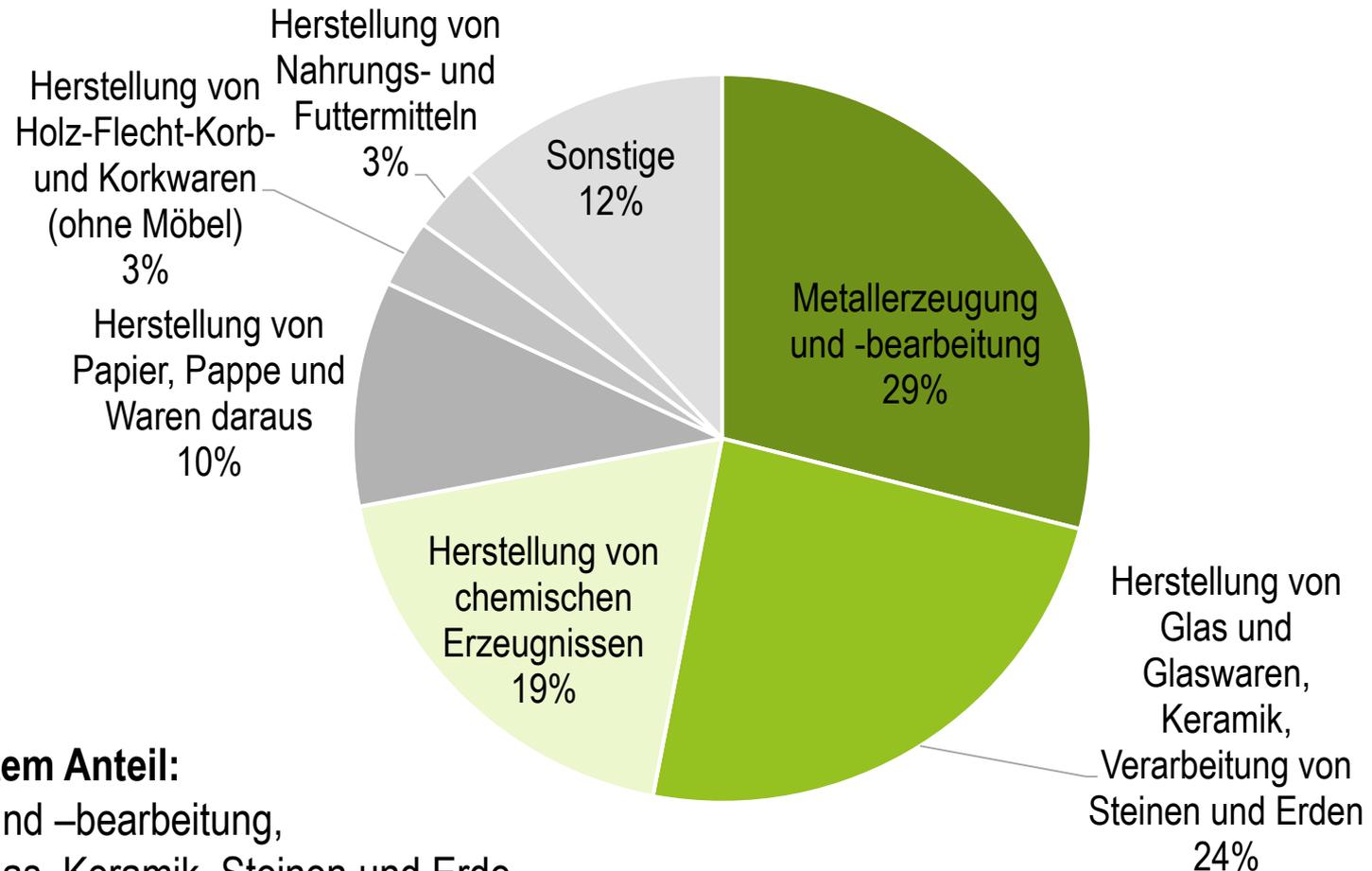
- gesichertes Aufkommen auf Basis ausgewerteter Emissionsdaten aus 15 Bundesländern,
- extrapolierte Werte durch Übertragung der Ergebnisse auf zuvor nicht erfassten Industrieteil

(3) Utlu 2015:

- Wert berechnet mit höchstem Abwärmefaktor (40%) in der Literatur und nach (1) sinnvolle Obergrenze

(4) AG Energiebilanzen 2014

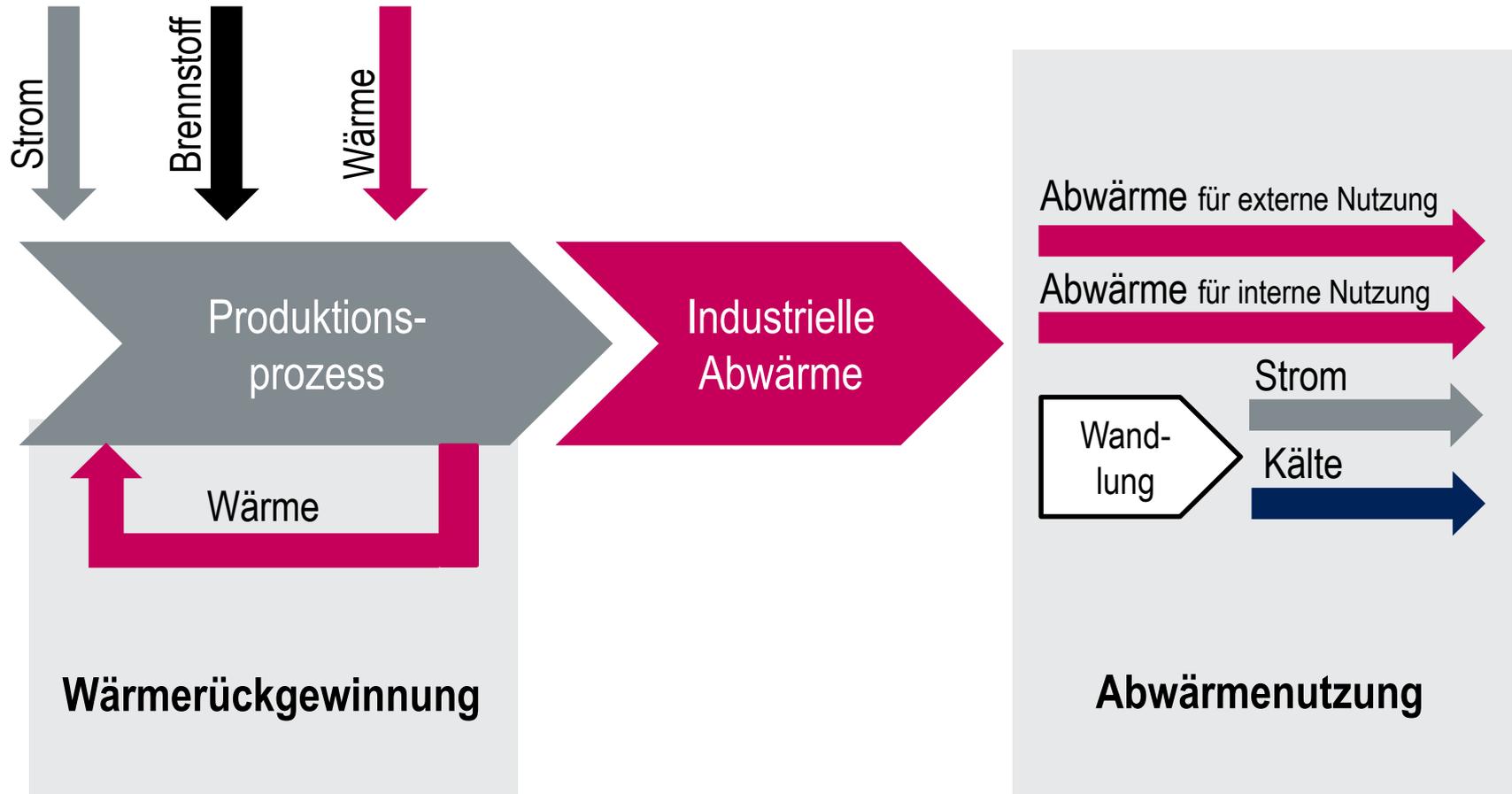
Abwärmeaufkommen nach Sektoren



3 Sektoren mit größtem Anteil:

- Metallerzeugung und -bearbeitung,
- Herstellung von Glas, Keramik, Steinen und Erde
- Herstellung von chemischen Erzeugnissen

Wärmerückgewinnung und Abwärmenutzung



Grundprinzipien der Abwärmenutzung

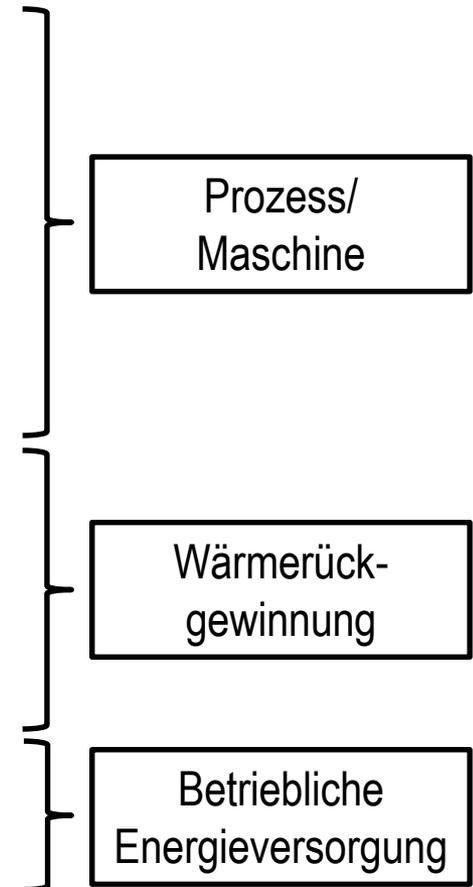
1. Abwärmevermeidung bzw. -minimierung

- Dimensionierung
- Prozesssteuerung (z.B. Auslastung, kein Standby-Modus)
- Temperaturniveau
- Anlagenisolierung
- Instandhaltungsmaßnahmen

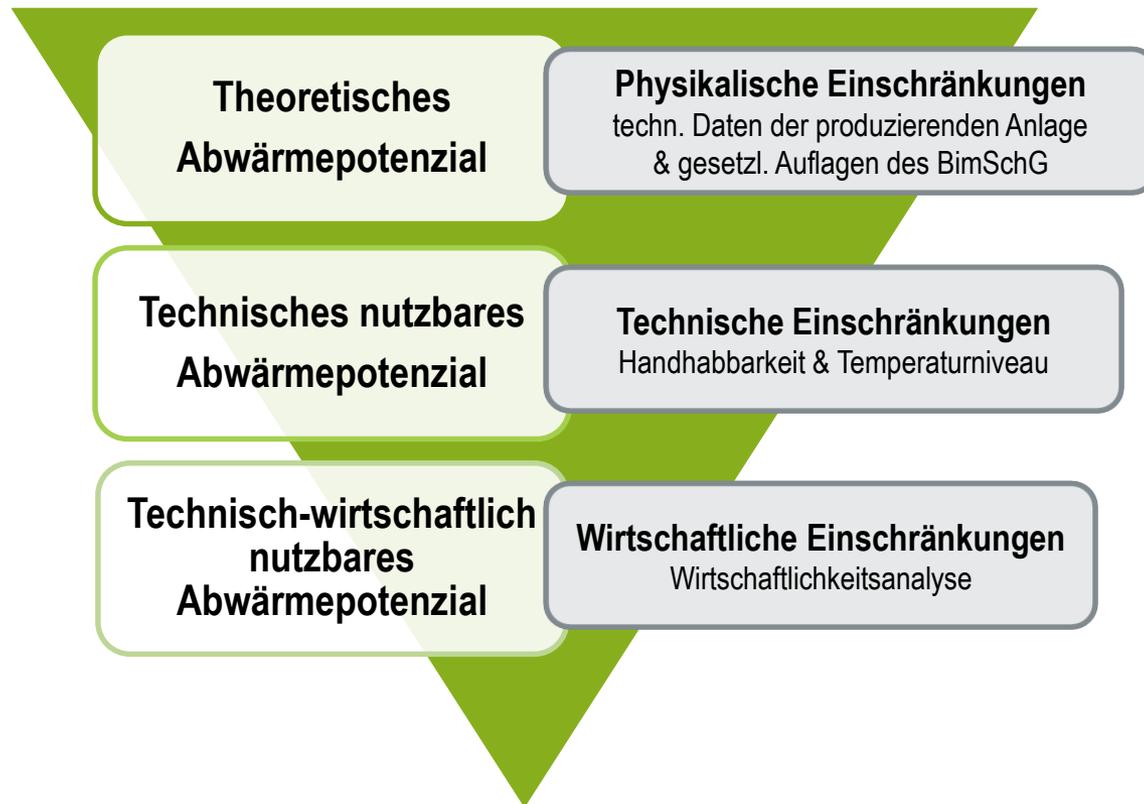
2. Prozessrückführung auf gleichem Temperaturniveau

3. Prozessrückführung auf niedrigerem Temperaturniveau

4. Abwärmenutzung



Definition Abwärmepotenzial



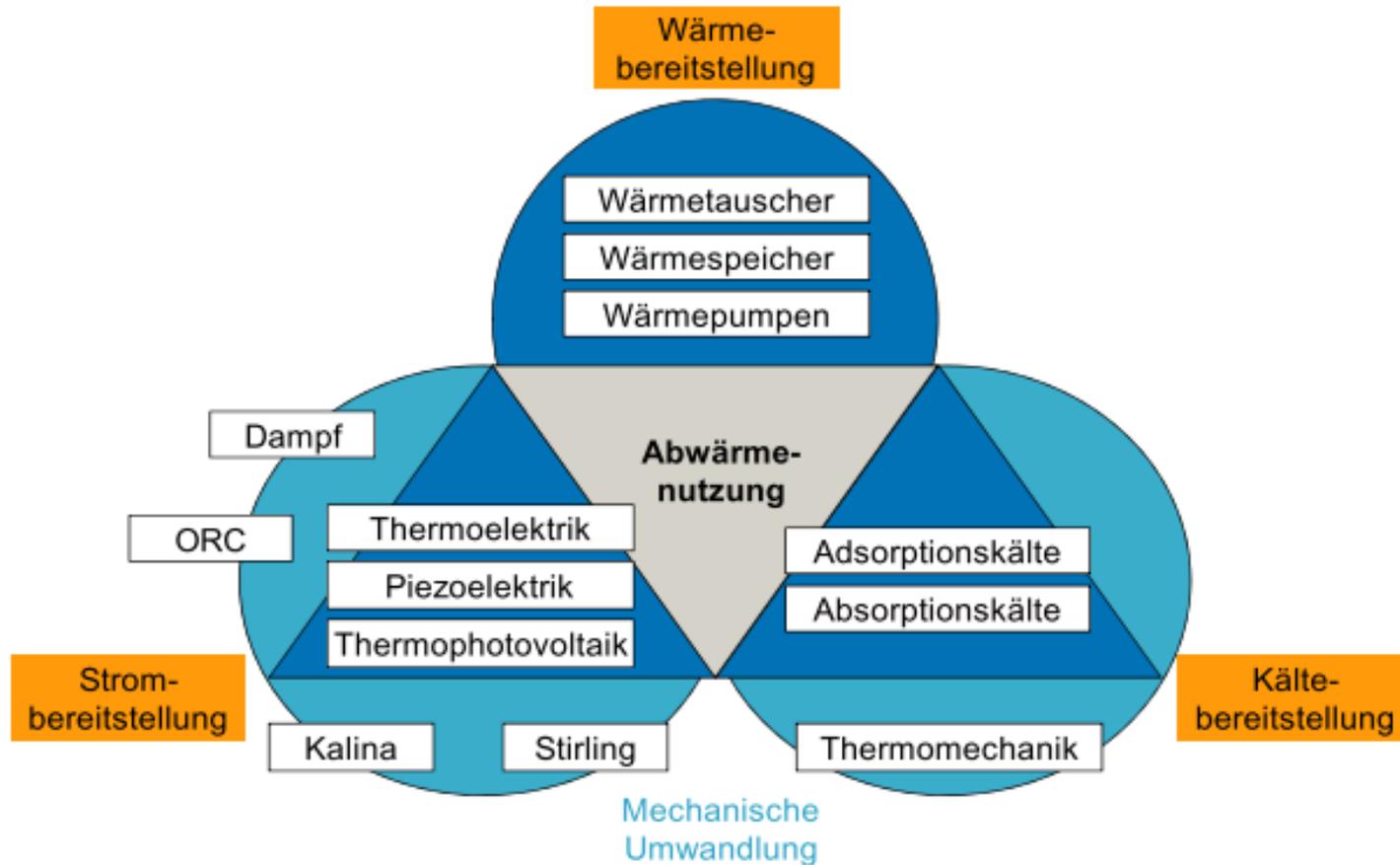
Kriterien von Abwärmequellen und -senken

Was ist zur Bestimmung des Abwärmepotenzials eines Unternehmens nach der bottom-up-Methode notwendig?

Erfassung von:

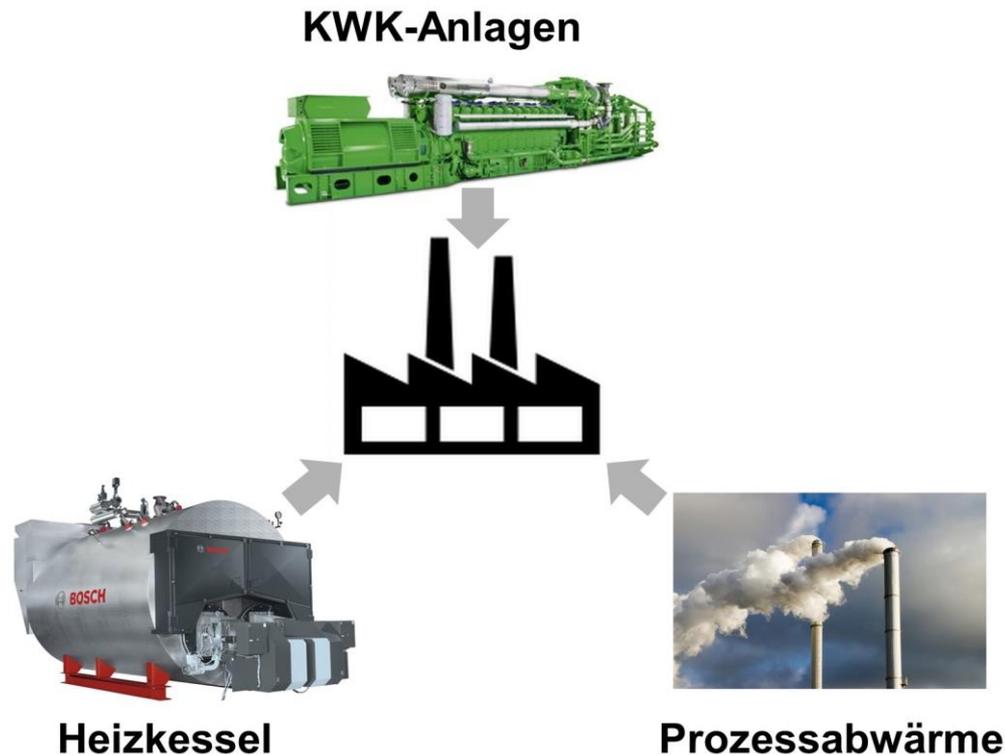
- Temperaturniveau
 - Leistung
 - Medium (gasförmig, flüssig, Verunreinigungen)
 - Zeitliche Verfügbarkeiten bzw. Bedarfe (kontinuierlich oder schwankend, saisonal, Anzahl der Volllaststunden pro Jahr)
 - Verfügbare bzw. benötigte Energiemenge
 - Lage (Distanzen zwischen Quelle und Senke)
- Abwärmequellen & Abwärmesenken sowie Abwärmennutzungstechnologien anhand der Kriterien verknüpfen

Übersicht zu Technologien der Abwärmenutzung



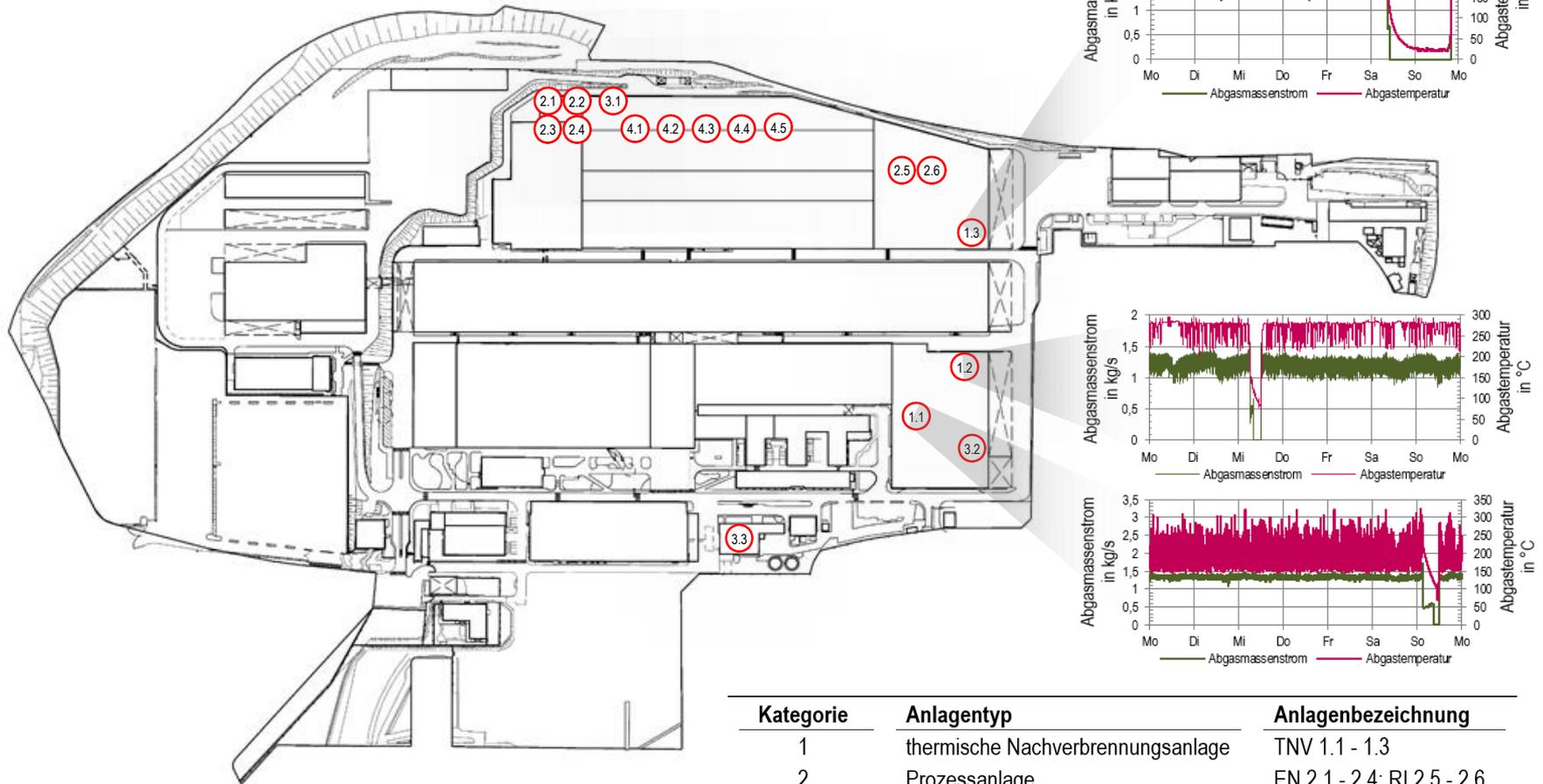
Spannungsfeld „Energieversorgung und Abwärmeintegration“ am Beispiel Komponentenwerk Automobil

Bei permanenter und un geregelter Einspeisung von Prozessabwärme in die Wärmeversorgung tritt diese in Konkurrenz zu der von den KWK-Anlagen erzeugten Wärme und es kommt zu Verdrängungseffekten



Abwärmeanalyse

Identifizierung und Kategorisierung von Abwärmequellen

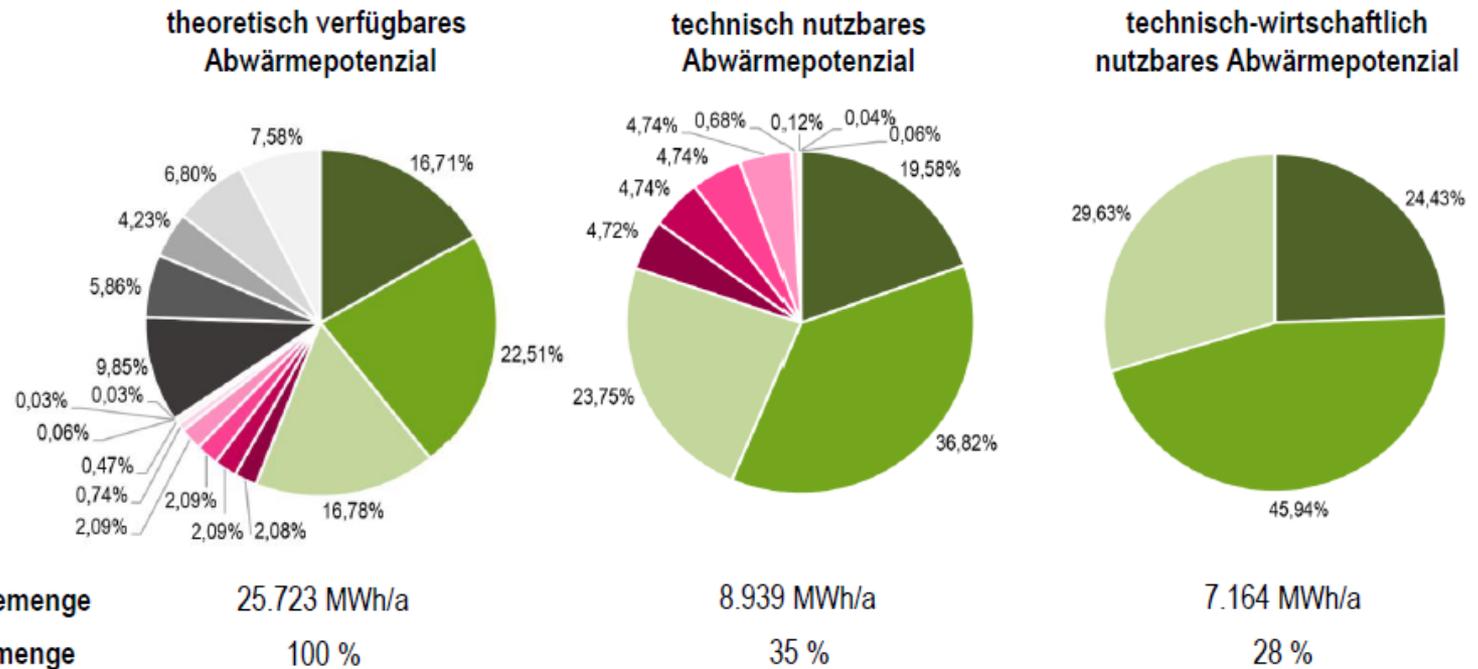


Kategorie	Anlagentyp	Anlagenbezeichnung
1	thermische Nachverbrennungsanlage	TNV 1.1 - 1.3
2	Prozessanlage	EN 2.1 - 2.4; RI 2.5 - 2.6
3	Notstromaggregat	NA 3.1 - 3.3
4	Härteofen	HO 4.1 - 4.5

Quelle: Bornemann

Abwärmeanalyse

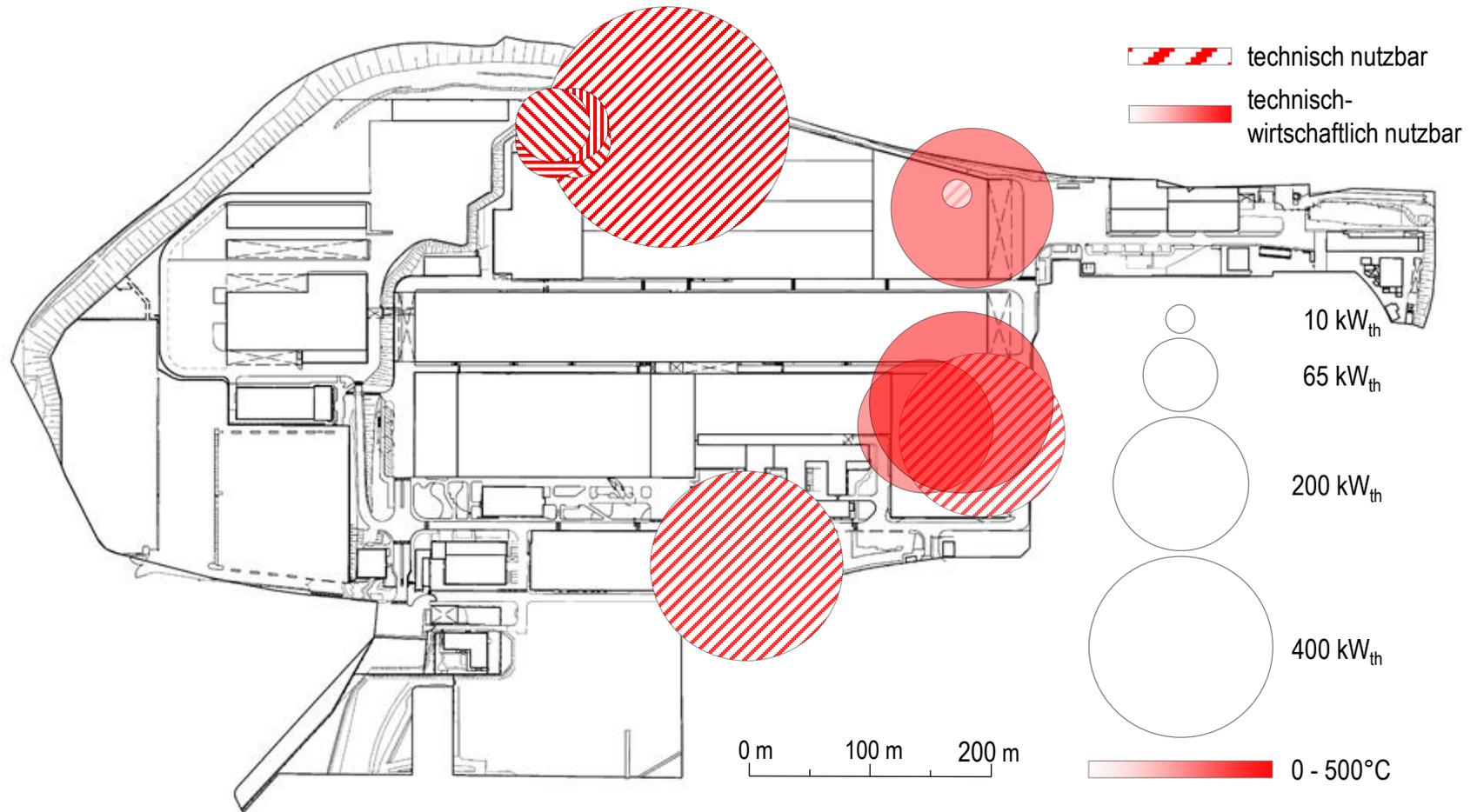
Evaluation definierter Abwärmepotenziale



Kategorie	Farbtöne	Anlagentyp	Anlagenbezeichnung
1		thermische Nachverbrennungsanlage	TNV 1.1 - 1.3
2		Prozessanlage	EN 2.1 - 2.4; RI 2.5 - 2.6
3		Notstromaggregat	NA 3.1 - 3.3
4		Härteofen	HO 4.1 - 4.5

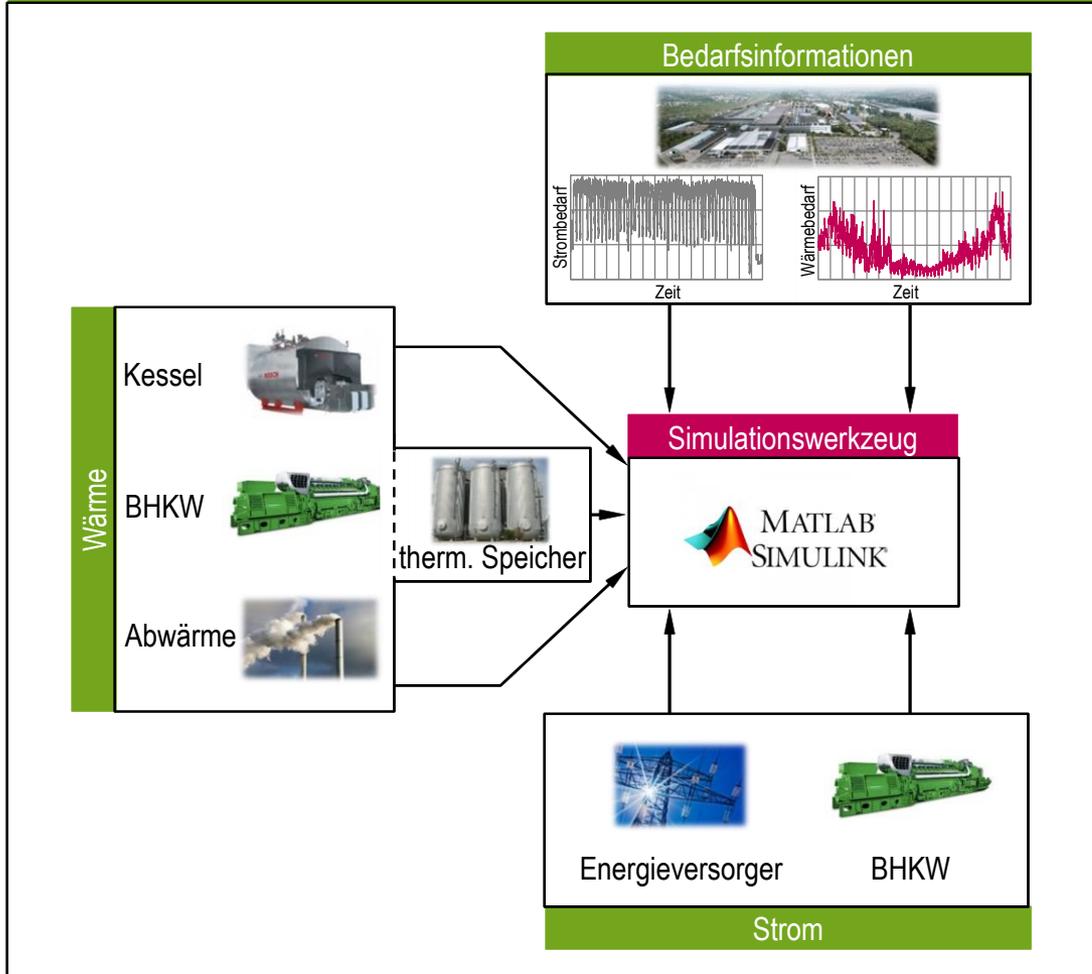
Abwärmeanalyse

Visualisierung identifizierter Abwärmepotenziale

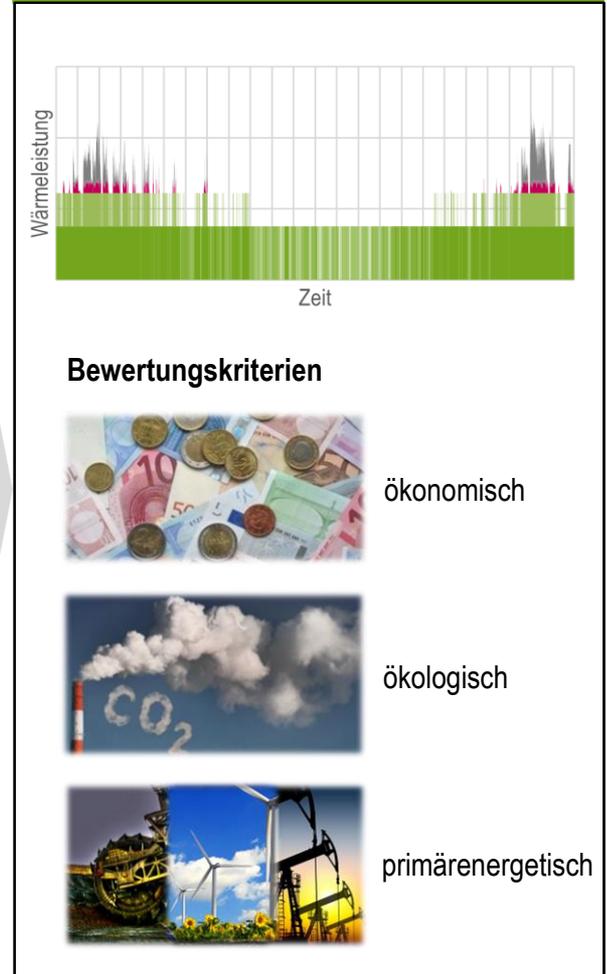


Studie zur Abwärmeintegration

Technisches Simulationsmodell

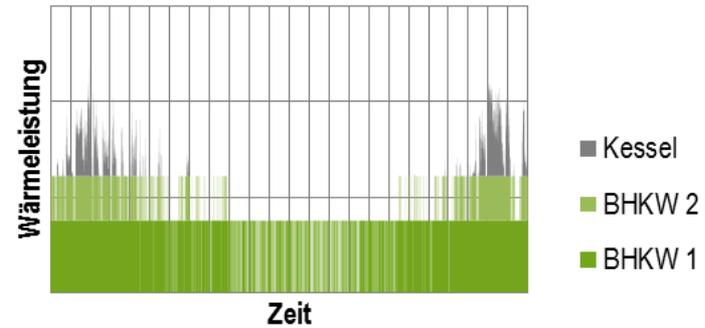


Evaluationsmodul

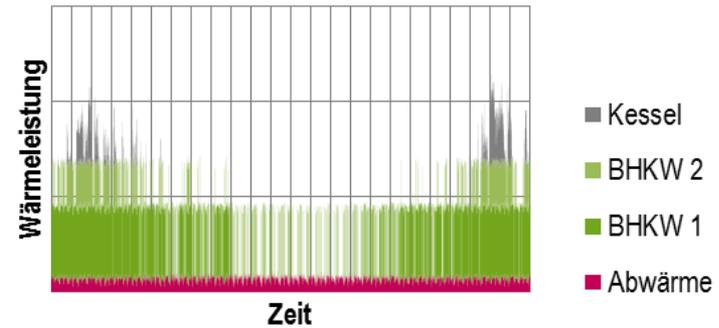


Möglichkeiten der Abwärmeintegration

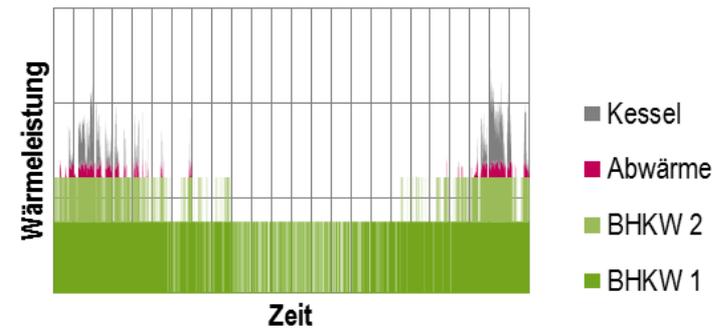
keine Abwärmeeinspeisung (K)



ungeregelte Abwärmeeinspeisung (U)

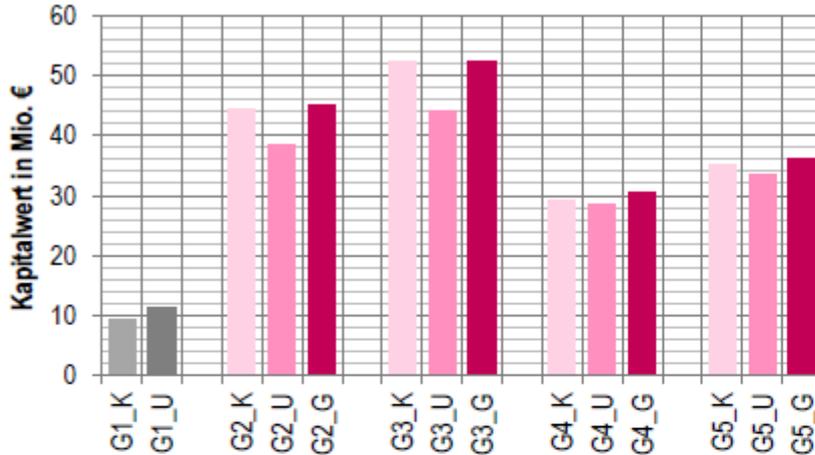


geregelt Abwärmeeinspeisung (G)

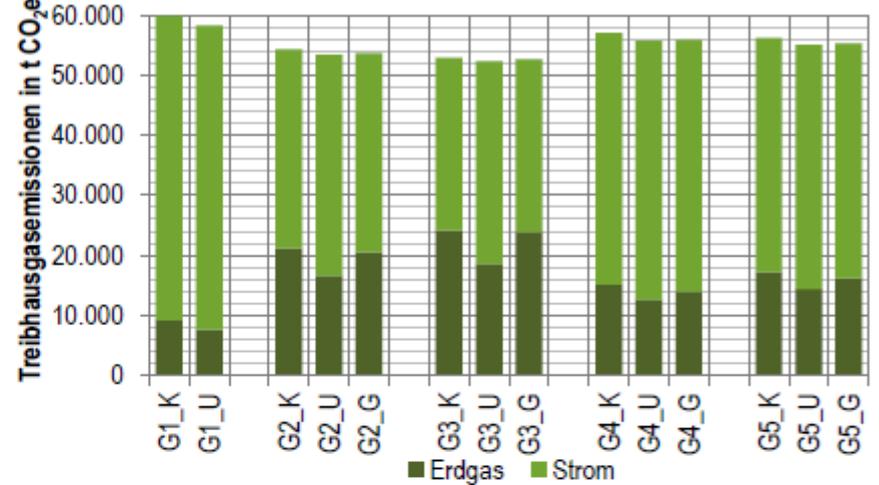


Abwärmepotenzialanalyse

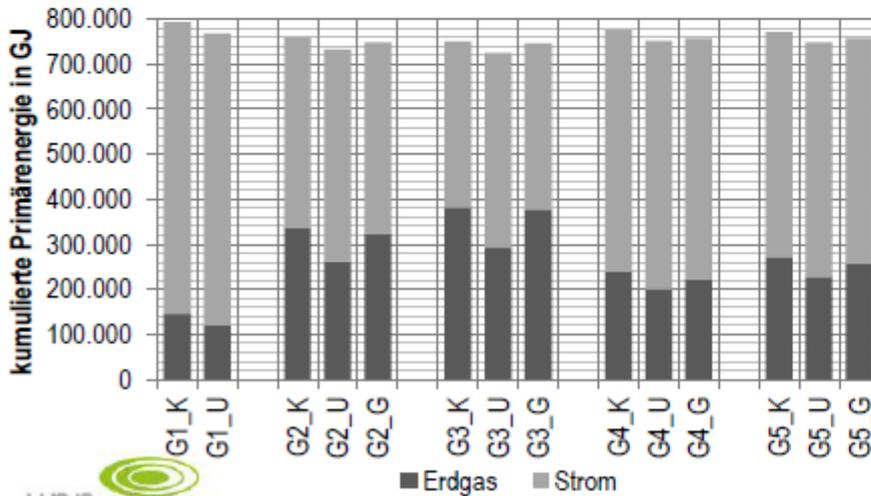
ÖKONOMISCHE ANALYSE



ÖKOLOGISCHE ANALYSE



PRIMÄRENERGETISCHE ANALYSE



$$f_{GWP_{Erdgas}} = 250 \text{ g}_{CO_2e}/\text{kWh}$$

$$f_{GWP_{Strom}} = 535 \text{ g}_{CO_2e}/\text{kWh}$$

$$f_{PE_{Erdgas}} = 1,1 \text{ kWh}_{PE}/\text{kWh}$$

$$f_{PE_{Strom}} = 1,9 \text{ kWh}_{PE}/\text{kWh}$$

Fazit der Simulationsstudie

- **Geregelte Abwärmeeinspeisung** ist bei dezentralen Energieversorgungssystemen von Produktionsstandorten der Automobilindustrie grundsätzlich zu bevorzugen
 - Innerhalb des konstituierten Analysehorizonts ist diese ökonomisch am vorteilhaftesten
 - Zusätzliche Verminderung der Treibhausgasemissionen bzw. des Primärenergiebedarfs, bezogen auf Systemzustand ohne Abwärmenutzung
- **Ungeregelte Abwärmeintegration** ist nur dann am attraktivsten, wenn die Reduktion von Umweltauswirkungen im Fokus steht
 - auf Grund von Verdrängungseffekten der KWK-Anlage resultiert eine wirtschaftliche Verschlechterung, bezogen auf Ausgangssituation ohne Abwärmenutzung
 - durch vollständige Ausnutzung der verfügbaren Abwärmemenge ist diese jedoch ökologisch und primärenergetisch am vorteilhaftesten

Nachverstromung Komponentenwerk Automobil

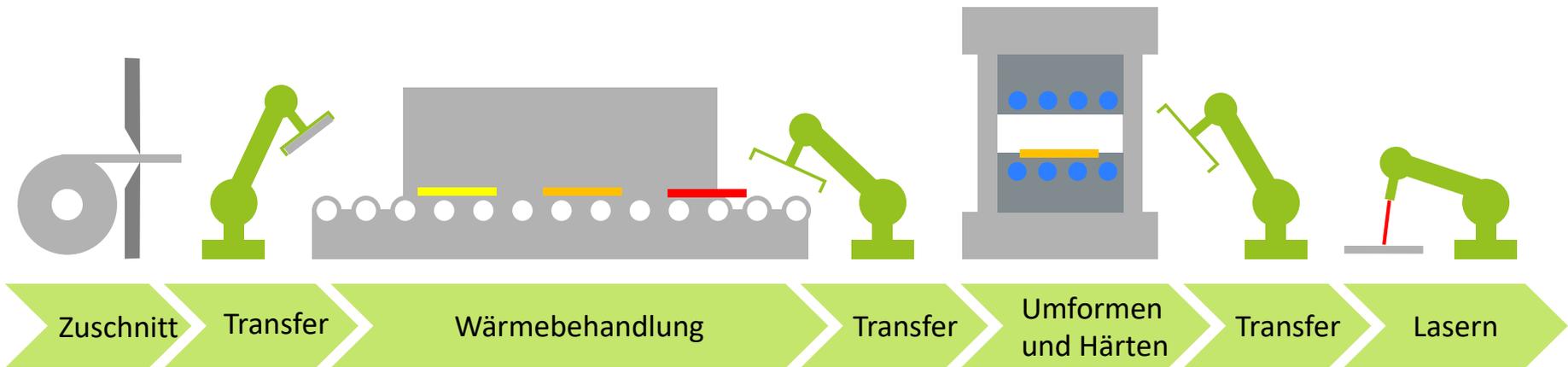


„Investition in Ihre Zukunft“

Investitionen dieses Unternehmens wurden von der Europäischen Union aus dem Europäischen Fonds für regionale Entwicklung und vom Land Hessen kofinanziert.



Abwärmequelle „Industrieofen“

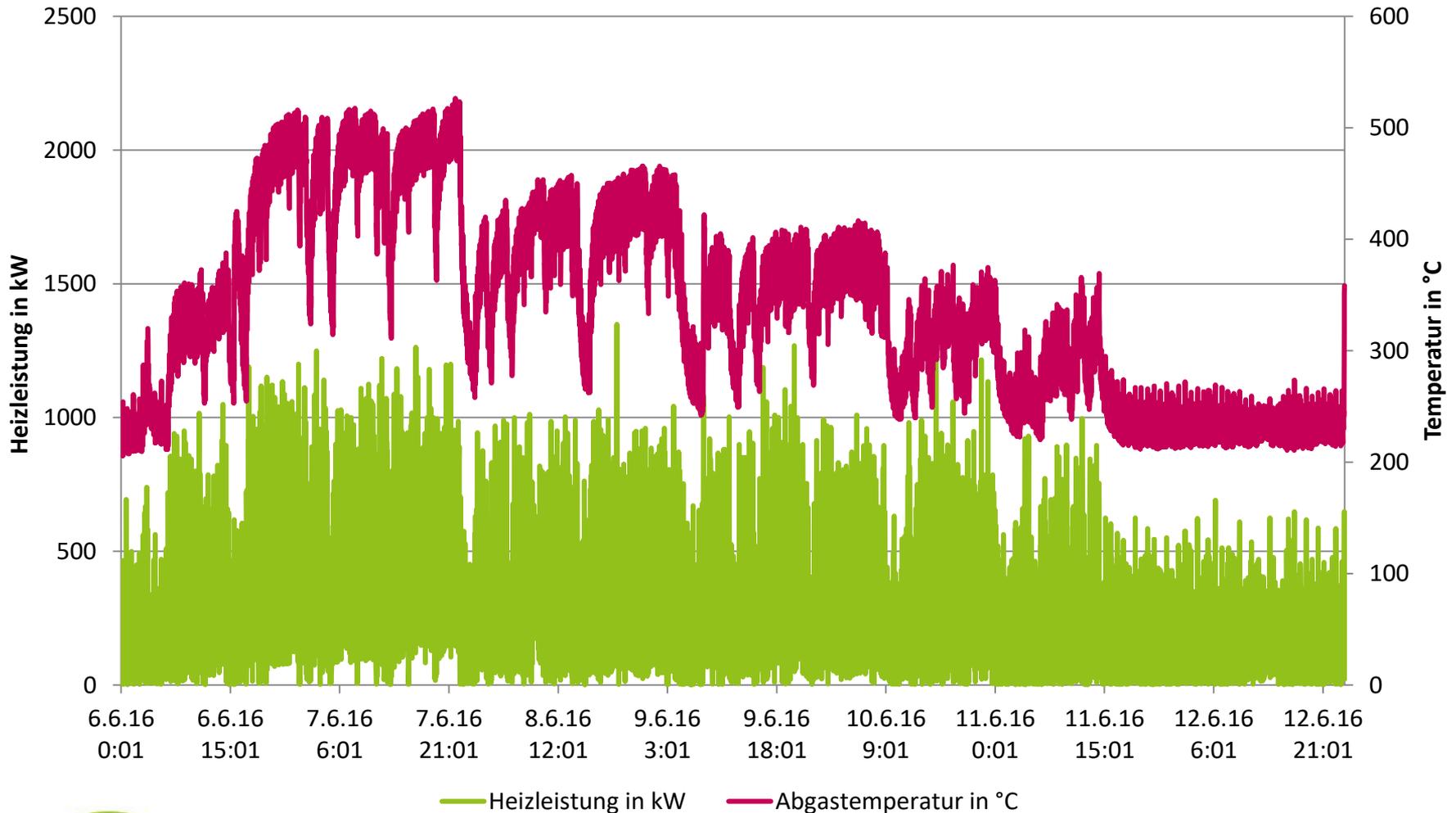


eigene Darstellung, angelehnt an (Alsmann, Barden et al., 2015, S.11)

- Direktes Presshärten – wärmebehandelte Platine wird in der Presse verformt und dabei abgekühlt
- Kontinuierlich betriebener Ofen

Forschungsprojekt zur Nachverstromung

Heizleistung und Abgastemperatur eines Rollenherdofens



Forschungsprojekt zur Nachverstromung

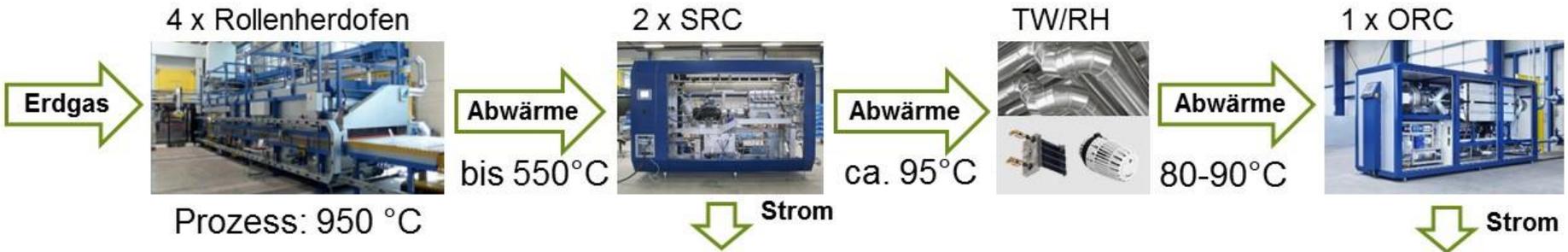


„Investition in Ihre Zukunft“

Investitionen dieses Unternehmens wurden von der Europäischen Union aus dem Europäischen Fonds für regionale Entwicklung und vom Land Hessen kofinanziert.



Konzept



- Bau eines geschlossenen & isolierten **Abgasrohrsystems**
→ Erhöhung der Abgastemperaturen
- Einbau von **Frequenzumrichtern** in Abgasventilatoren
→ Senkung des Strombedarfs & Erhöhung der Abgastemperaturen
- **Energiedatenerfassung** mit Energiemonitoringsystem zur Bewertung

Kosteneinsparungen

230.000 €/a*

Investition

768.000 €/a

Interne Verzinsung

30 %/a

*angenommener Strompreis 0,15 €/kWh, Gaspreis 0,04 €/kWh

Investitionskosten Nachverstromungsanlagen

Unterschiedlicher Aufwand bei nichtindustrieller und industrieller Einbindung

NT ORC – Anlage 23 kW



HT SRC – Anlage 31 – 60 kW

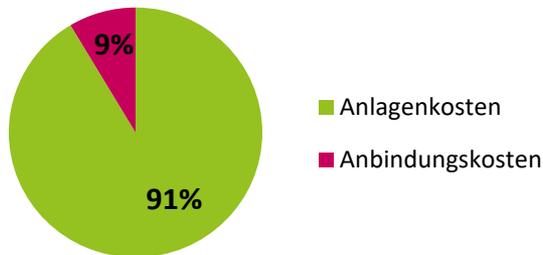


Mehraufwand bei der industriellen Einbindung einer ORC-/SRC-Anlage zur Nutzung von Prozessabwärme

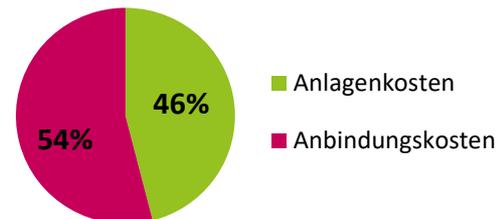
➔ Kein „Grüne-Wiese-Projekt“

- Umbaumaßnahmen im Prozess bzw. an der Anlage (z.B. Abgasführung bei Öfen)
- Integration der Kondensatorabwärme in das oder die bestehende/n Wärmenetz/e (Wärmeübertrager mit Regelungseinheiten)
- Festlegung der Stromeinspeisung und zusätzliche elektrische Versorgung

Nachverstromung Biogasanlagen
1 x ORC



Industrielle Nachverstromung
2 x SRC zur Nutzung von
Ofenabwärme



Die bestehende Infrastruktur bedarf einer individuellen Anbindung der Anlagen. Die Folgen sind hohe Kosten, die ein Investitionshemmnis darstellen.

Zwiebelschalenmodell

Energieeinsparung von innen nach außen denken, also vom Prozess über die TGA bis zur Versorgung. Andernfalls sind später geplante Effizienzmaßnahmen oft nicht wirtschaftlich darstellbar.

