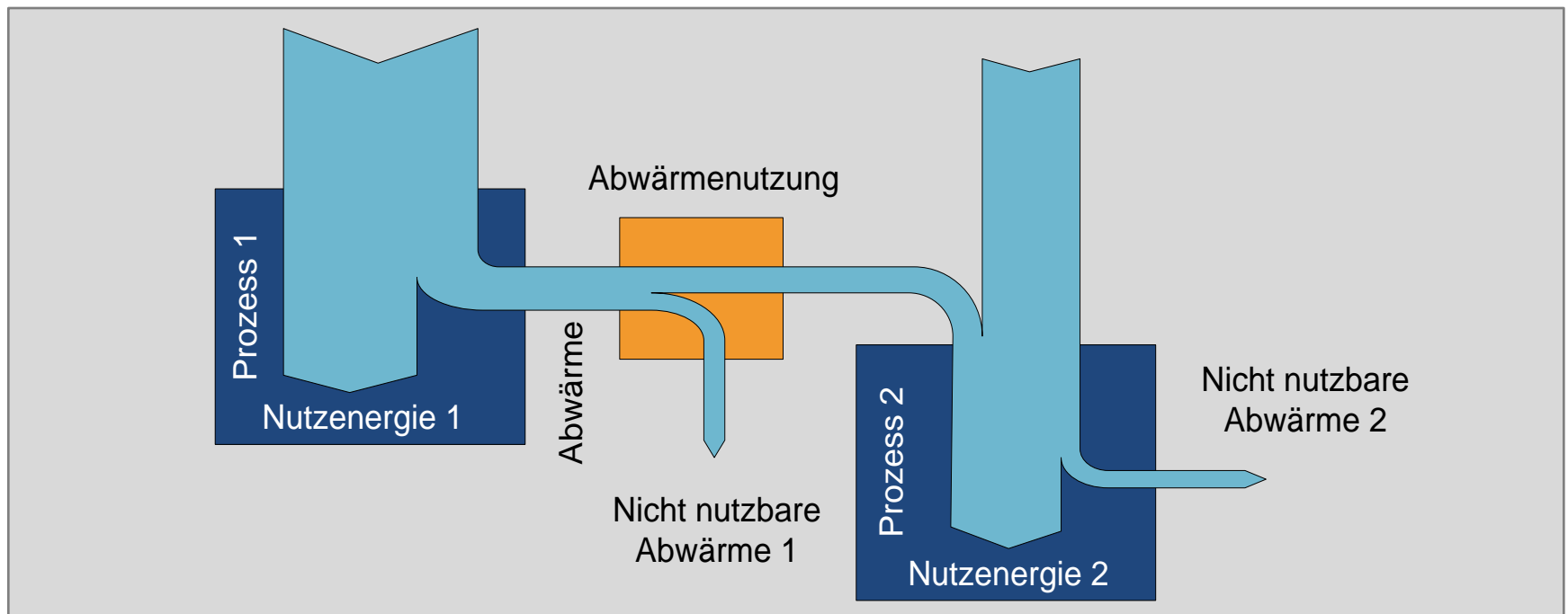


PERSPEKTIVEN INDUSTRIELLER ABWÄRMENUTZUNG

BMUB-Fachtagung "Klimaschutz durch Abwärmennutzung"

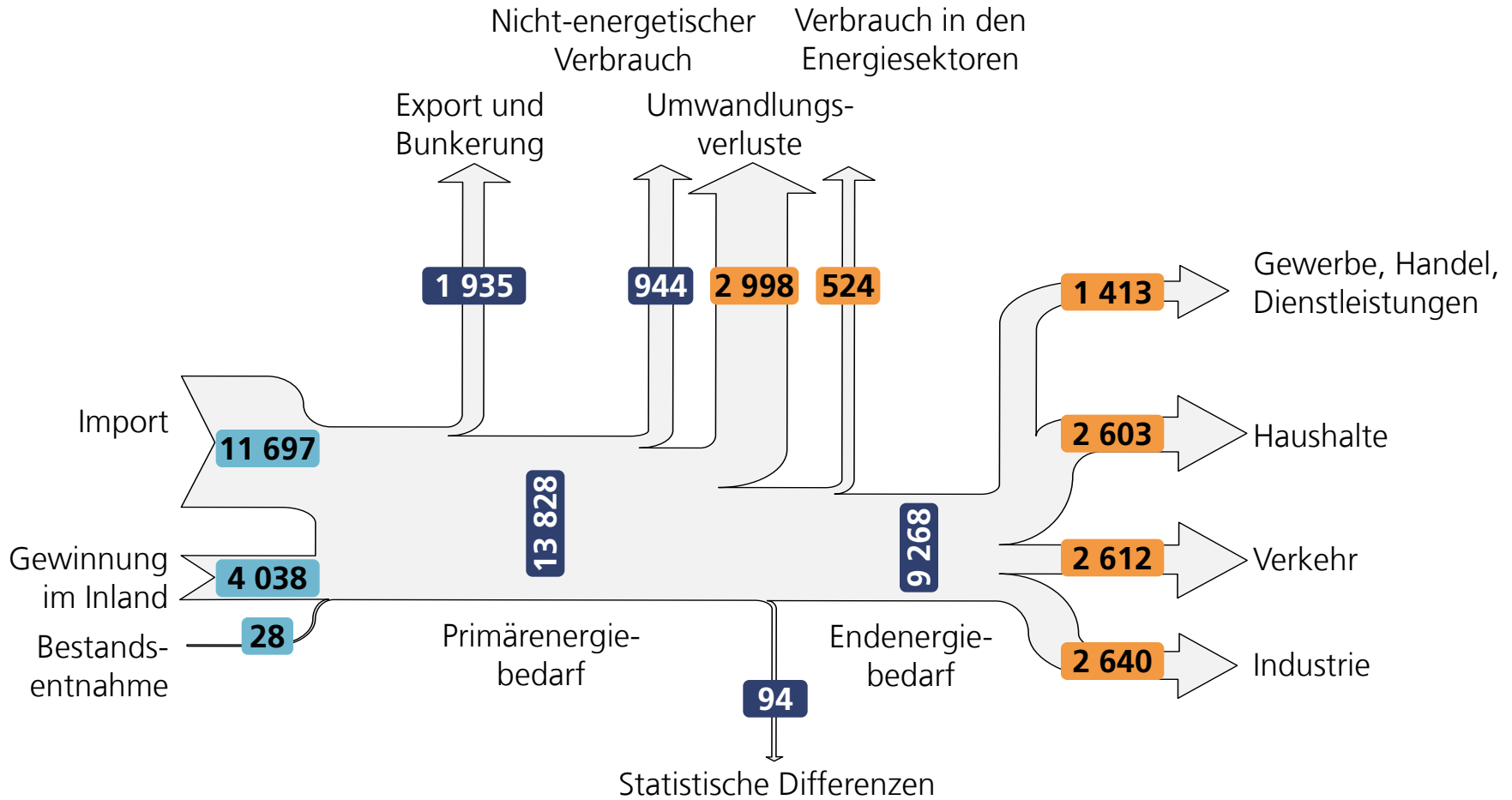
Dr. Simon Hirzel – Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung
Berlin, 4. März 2015



Leitfragen des Vortrags

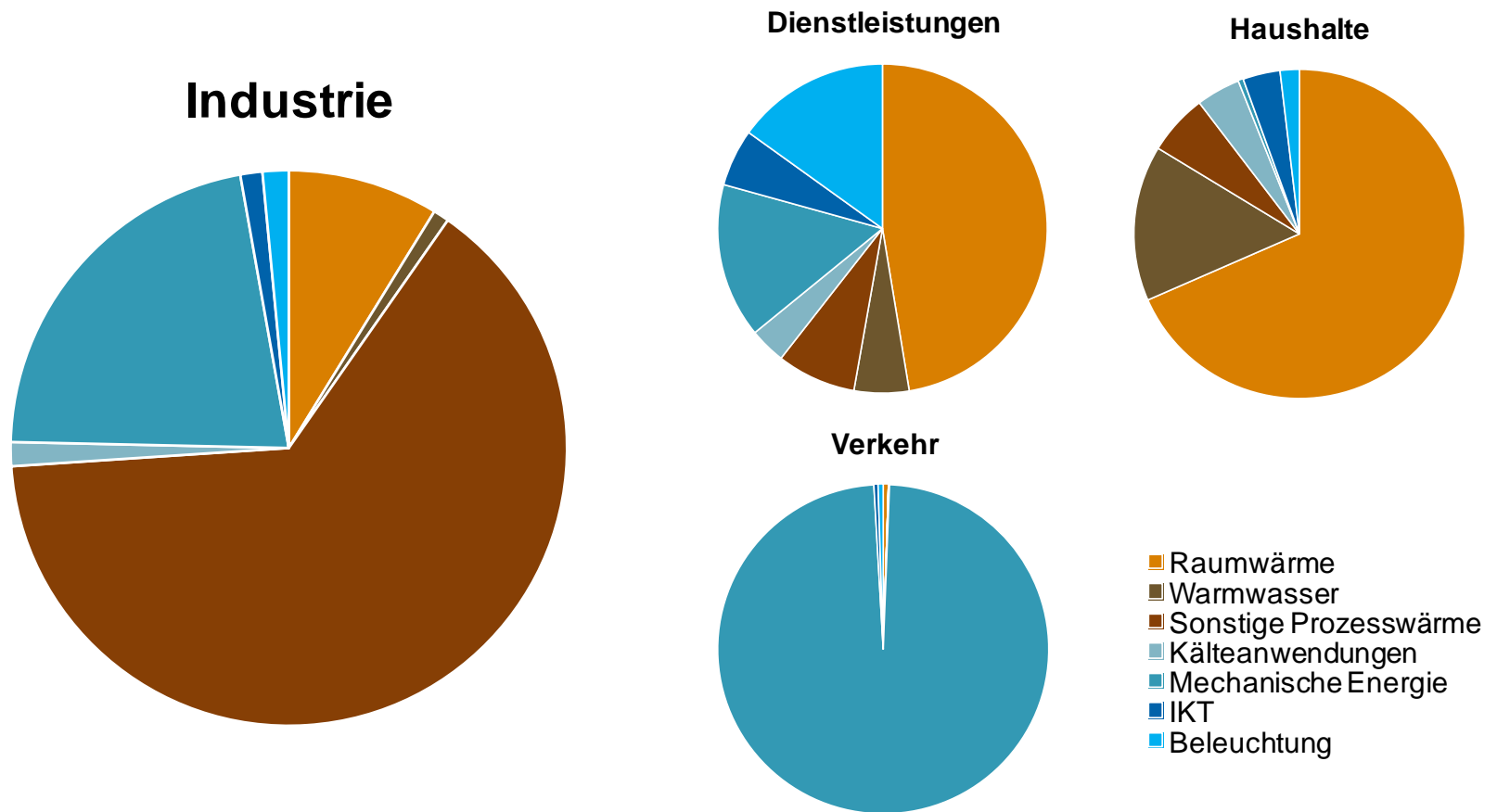
1. Warum überhaupt das Thema Abwärmenutzung in der Industrie?
2. Wo liegen Unterschiede zwischen Industrieunternehmen hinsichtlich des Themas?
3. Welche Potenziale für Energieeinsparungen gibt durch die Abwärmenutzung?
4. Was sind Beispiele für die industrielle Abwärmenutzung?
5. Welche Vor- und Nachteile hat die Abwärmenutzung und was ist zu beachten?
6. Welche Themen sind beim Voranbringen des Themas zu berücksichtigen?

Energieflüsse in Deutschland 2013



Quelle: AGEb (2014); Einheit: PJ; vorläufige Zahlen.

Endenergieverbrauch nach Sektoren in Deutschland 2012

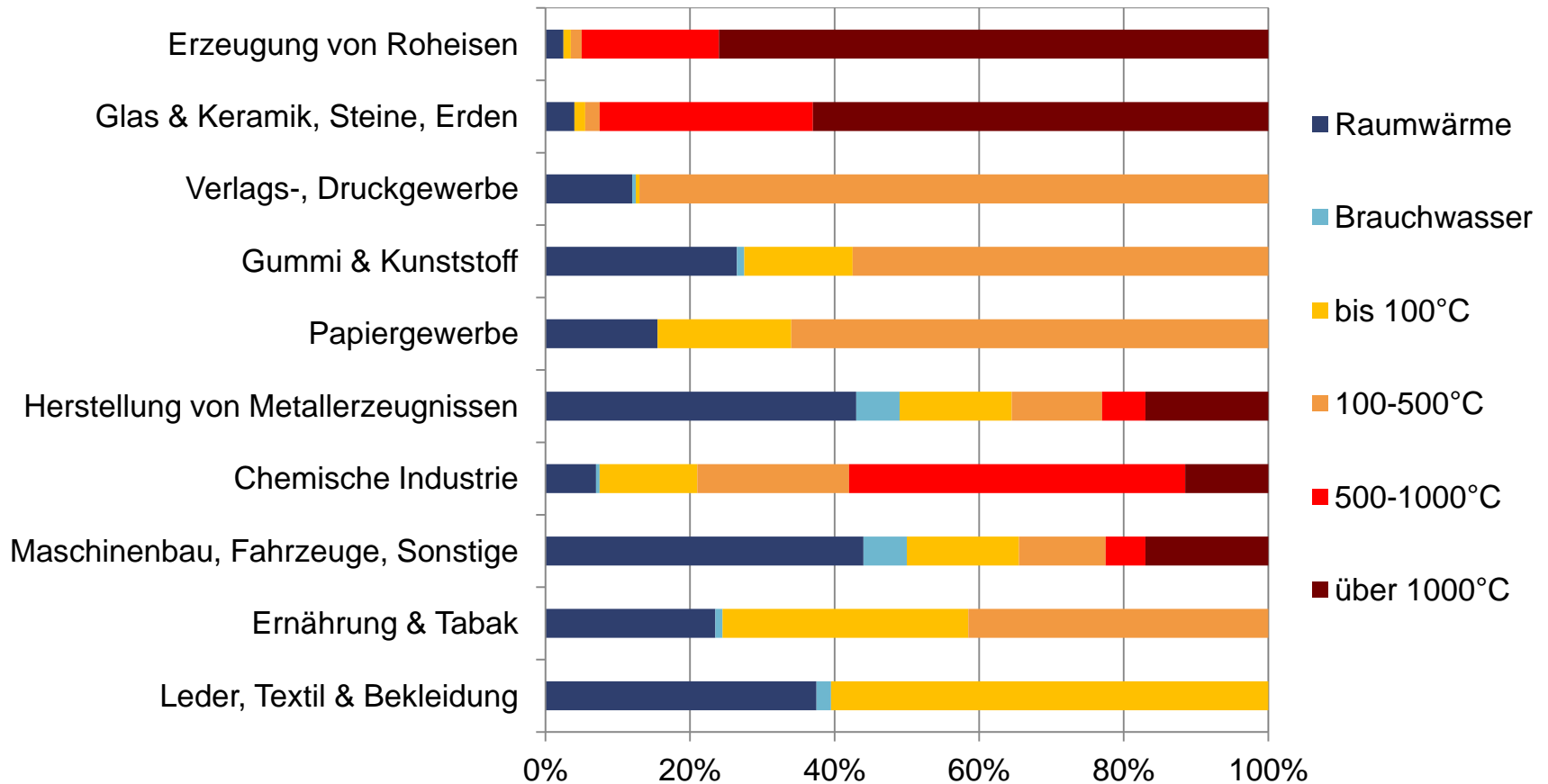


Quelle: AGEB (2013).

Leitfragen des Vortrags

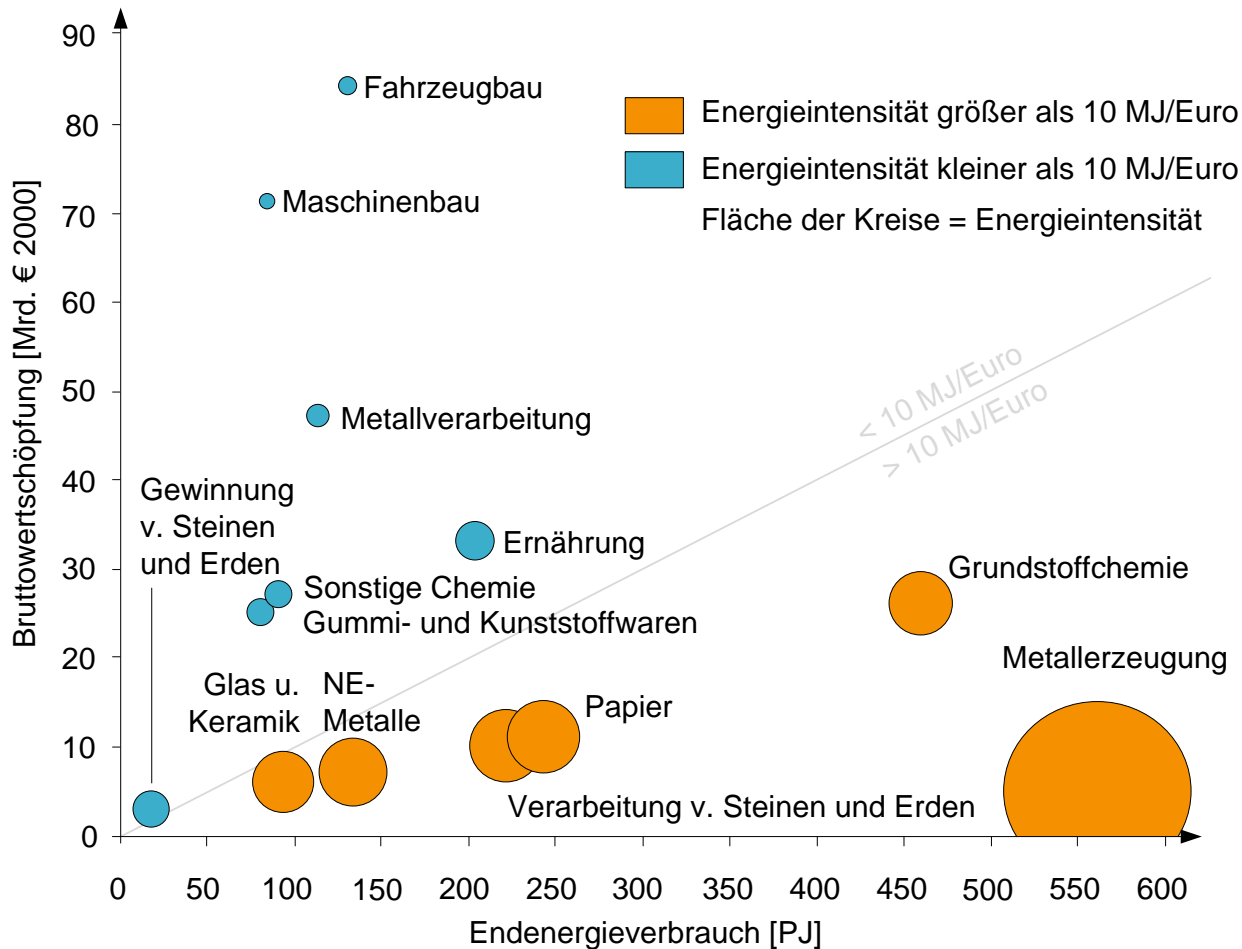
1. Warum überhaupt das Thema Abwärmenutzung in der Industrie?
2. Wo liegen Unterschiede zwischen Industrieunternehmen hinsichtlich des Themas?
3. Welche Potenziale für Energieeinsparungen gibt durch die Abwärmenutzung?
4. Was sind Beispiele für die industrielle Abwärmenutzung?
5. Welche Vor- und Nachteile hat die Abwärmenutzung und was ist zu beachten?
6. Welche Themen sind beim Voranbringen des Themas zu berücksichtigen?

Wärmebedarf nach Temperaturniveaus und Industriebranchen



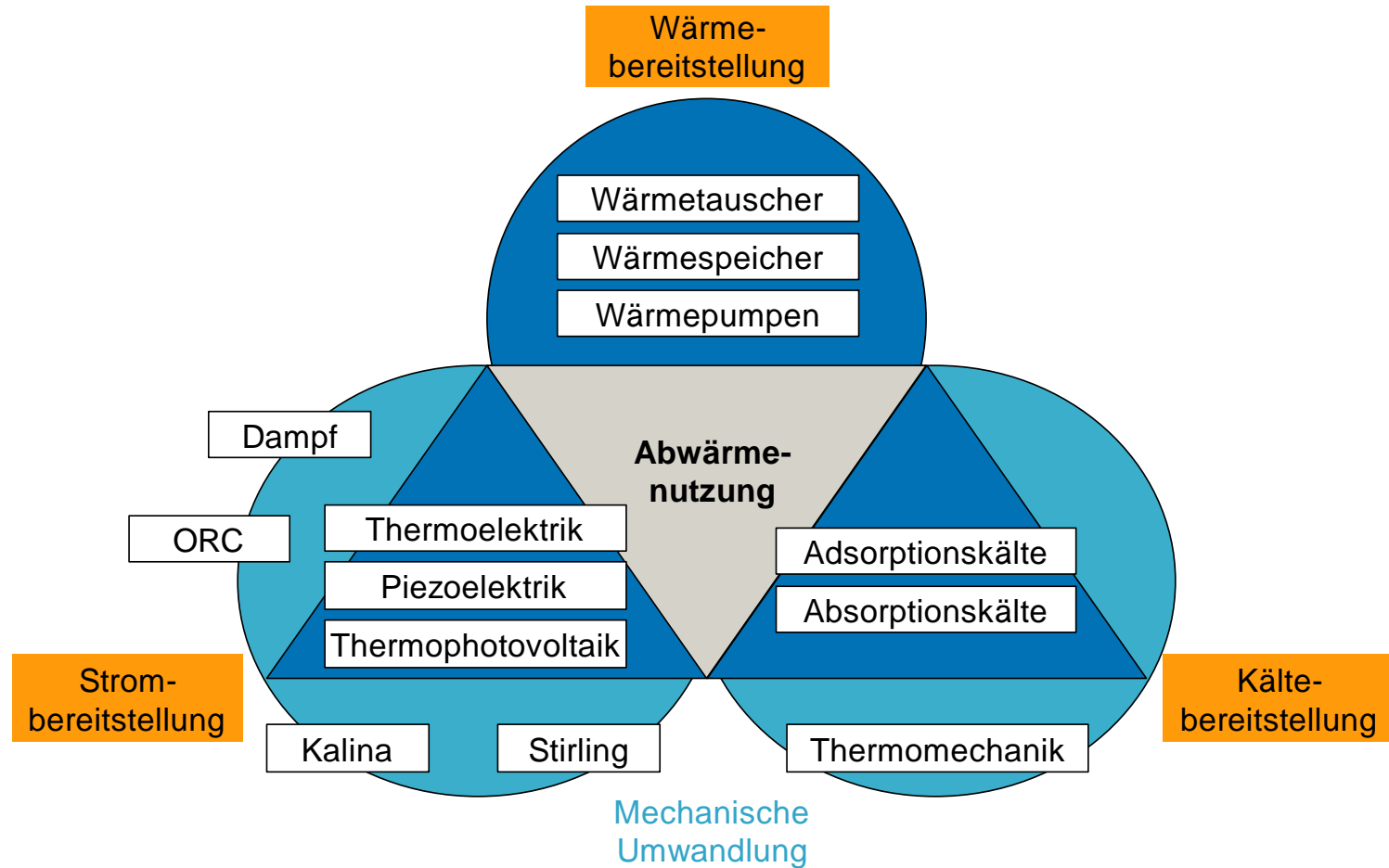
Quelle: Angaben für Deutschland (2001) zitiert nach Pehnt et al. (2010).

Verschiedenartigkeit der Branchen mit Blick auf den Energiebedarf



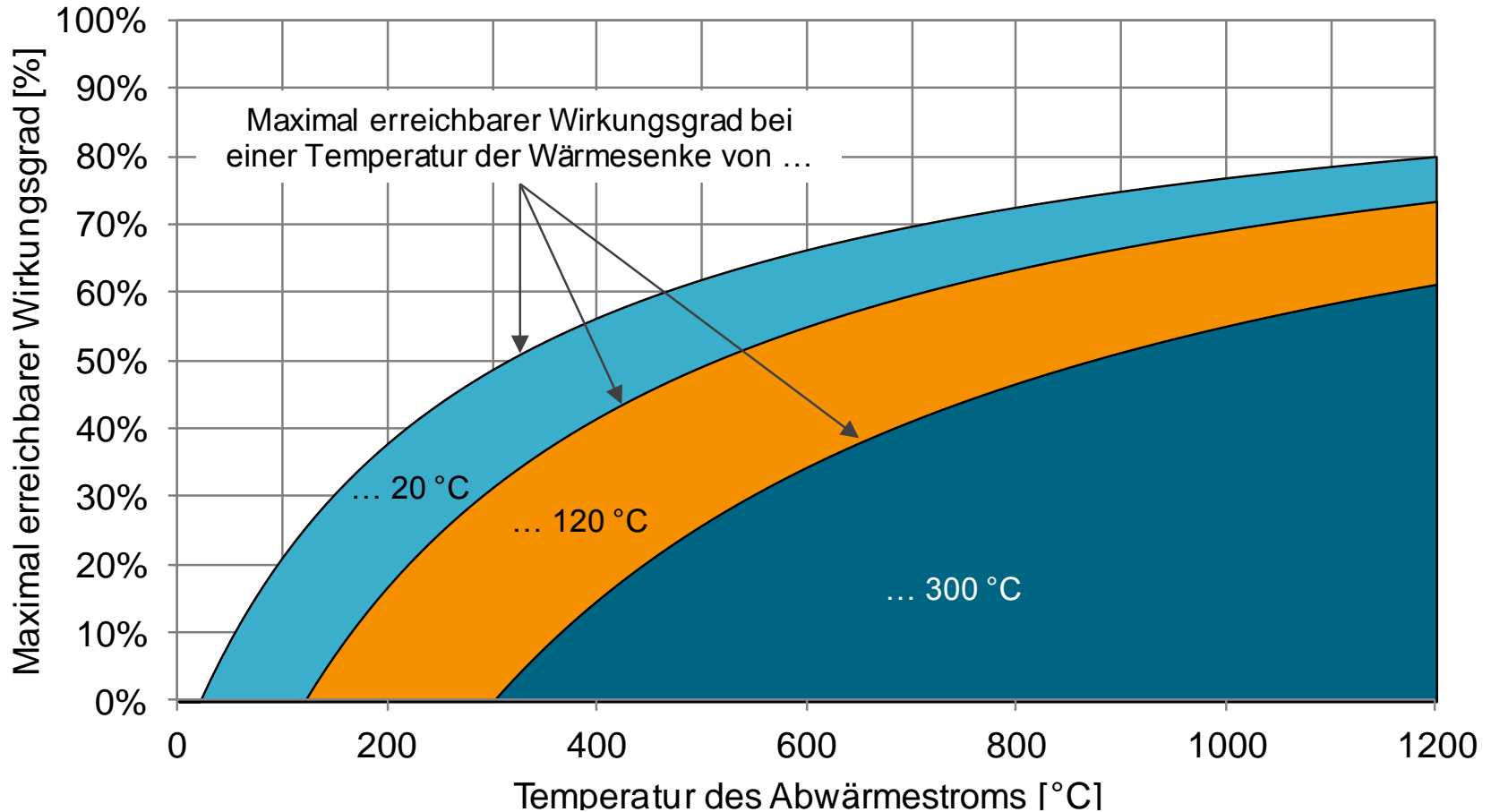
Quelle: Fleiter et al. (2013).

Technologische Verwertungsmöglichkeiten für Abwärme



Quelle: Hirzel et al. (2013).

Verstromung von Abwärme: Thermodynamische Grenzen



Quelle: Hirzel et al. (2013).

Leitfragen des Vortrags

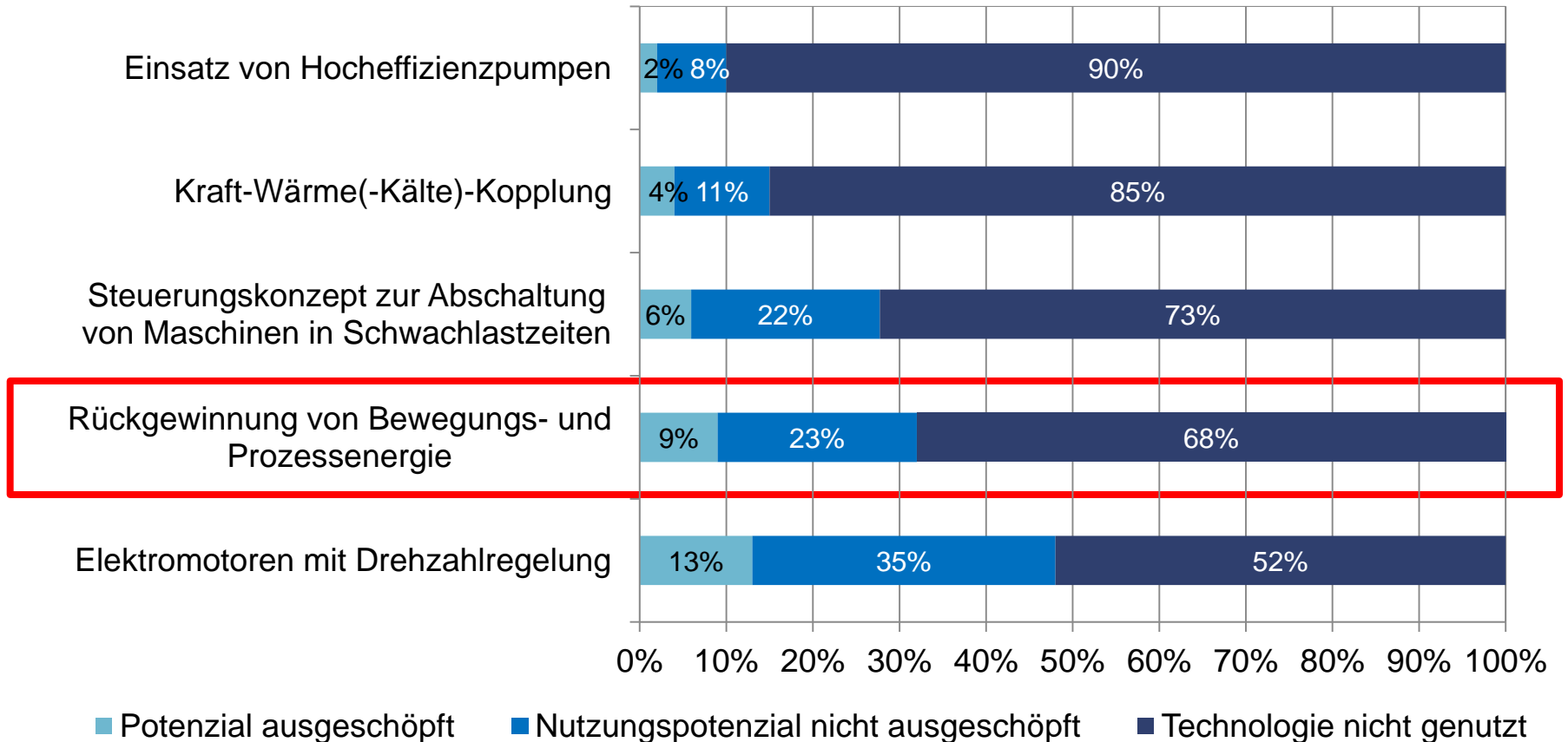
1. Warum überhaupt das Thema Abwärmenutzung in der Industrie?
2. Wo liegen Unterschiede zwischen Industrieunternehmen hinsichtlich des Themas?
3. Welche Potenziale für Energieeinsparungen gibt durch die Abwärmenutzung?
4. Was sind Beispiele für die industrielle Abwärmenutzung?
5. Welche Vor- und Nachteile hat die Abwärmenutzung und was ist zu beachten?
6. Welche Themen sind beim Voranbringen des Themas zu berücksichtigen?

Abwärmepotenzial Industrie für Deutschland

Branche	Energiebedarf [TJ]	Anteil Abwärme über 140 °C	Abwärmemenge über 140 °C [TJ]
Metallerzeugung	561.846	30 %	168.554
Grundstoffchemie	460.104	8 %	36.808
Papiergewerbe	242.634		
Verarbeitung v. Steine u. Erden	221.802	40 %	88.721
Ernährung und Tabak	204.328		
Sonstige Wirtschaftszweige	215.970		
Glas u. Keramik	92.501	3 %	2.775
Metallbearbeitung	114.476	3 %	3.434
NE-Metalle, -gießereien	133.674	3 %	4.010
Fahrzeugbau	131.117	3 %	3.993
Sonstige chemische Industrie	91.138	3 %	2.734
Maschinenbau	84.435	3 %	2.533
Gummi- u. Kunststoffwaren	81.298	3 %	2.439
Gewinnung St. u. E., s. Bergbau	17.777		
	2.653.101		316.001

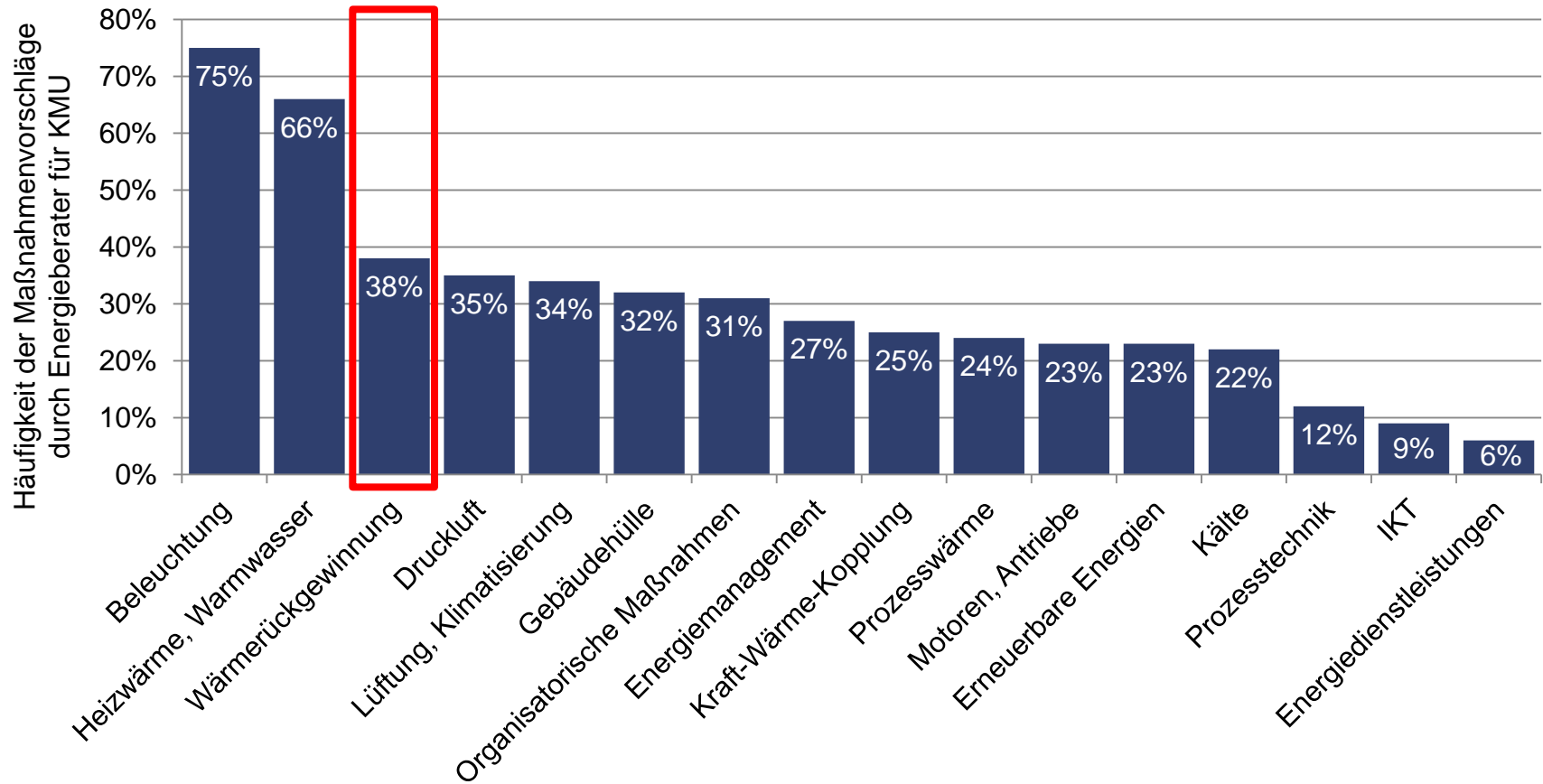
Quelle: Angaben für Deutschland zitiert nach Pehnt et al. (2010).

Potenziale verschiedener Energieeffizienztechnologien



Quelle: Schröter et al. (2009).

Maßnahmenvorschläge durch Energieberater in Programm „Energieberatung Mittelstand“



Quelle: Mai et al. (2014).

Leitfragen des Vortrags

1. Warum überhaupt das Thema Abwärmenutzung in der Industrie?
2. Wo liegen Unterschiede zwischen Industrieunternehmen hinsichtlich des Themas?
3. Welche Potenziale für Energieeinsparungen gibt durch die Abwärmenutzung?
4. Was sind Beispiele für die industrielle Abwärmenutzung?
5. Welche Vor- und Nachteile hat die Abwärmenutzung und was ist zu beachten?
6. Welche Themen sind beim Voranbringen des Themas zu berücksichtigen?

Ansatzpunkt: Prozesstechnologien der Eisen- und Stahlindustrie



Abwärmestrom	Medium	Temperaturniveau
Kokereigas	Gas	650 – 980 °C
Abgase des Kokereigasverbrennung	Abgas	200 °C
Abgase der Sinteranlage	Abgas	200 – 300 °C
Abgase der Winderhitzer ohne Wärmerückgewinnung	Abgas	250 °C
Abgase der Winderhitzer bei Wärmerückgewinnung	Abgas	130 °C
Gichtgas	Gas	200 °C
Konvertergas	Gas	1.700 °C
Abgase des Elektrolichtbogenofens ohne Schrottvorwärmung	Abgas	1.200 °C
Abgase des Elektrolichtbogenofens mit Schrottvorwärmung	Abgas	200 °C

Abwärmestrom	Sensible Wärme	Maximaltemperatur
Warmer Koks	0,24 GJ/t warmer Walzstahl	1100 °C
Hochofenschlacke	0,39 GJ/t warmer Walzstahl	1300 °C
Konverterschlacke	0,02 GJ/t warmer Walzstahl	1500 °C
Stahlguss	1,39 GJ/t warmer Walzstahl	1600 °C
Warmer Walzstahl	1,04 GJ/t warmer Walzstahl	900 °C

Quellen: Beer et al. (1998); U.S. DOE (2008); Fleiter et al. (2013).

Ansatzpunkt: Querschnittstechnologie Druckluft



- **Verbrennungsanlagen**
(Heißwasserkessel, Schmelzöfen, Brennöfen oder Dampferzeugern)
- **Trocknungsanlagen**
(Trocknung von Milchpulver, Papier oder Lösungsmitteln)
- **Druckluftkompressoren**
- **Kälteanlagen**
- **Raumlufttechnische Anlagen**
- **Abwasser**

Quelle: Ruppelt (2003).

Leitfragen des Vortrags

1. Warum überhaupt das Thema Abwärmenutzung in der Industrie?
2. Wo liegen Unterschiede zwischen Industrieunternehmen hinsichtlich des Themas?
3. Welche Potenziale für Energieeinsparungen gibt durch die Abwärmenutzung?
4. Was sind Beispiele für die industrielle Abwärmenutzung?
5. Welche Vor- und Nachteile hat die Abwärmenutzung und was ist zu beachten?
6. Welche Themen sind beim Voranbringen des Themas zu berücksichtigen?

Pro und Kontra der industriellen Abwärmennutzung

Vorteile

- Reduzierung von Energiebedarf bzw. -kosten (Produktivitätssteigerung)
- Verringerte Umweltbelastung
- Geringere Abhängigkeit von externer Energieversorgung
- Geringere Aufwendungen für Heiz- und Rückkühlsysteme, (bei dauerhafter und zuverlässiger Nutzung von Abwärme)

Nachteile

- Zusätzliche Aufwendungen und Kompetenzen für Beschaffung, Wartung und Betrieb
- Gegenseitige Abhängigkeiten von Anlagen und Prozessen
- Reserveinfrastruktur falls Ausfall von Teilen des Abwärmeverbunds
- Bauraum für zusätzliche Anlagentechnik
- Etwaige Genehmigungen und Überprüfungen

Quelle: Hirzel et al. (2013).

Sonderrolle der Abwärmenutzung als Energieeffizienzmaßnahme

Verwertung von Abwärme

z. B.: Stromerzeugung per Dampfturbine
Einsatz thermische Adsorptionskältemaschine ...

Minderung von Verlusten

z. B.: Verbesserung Isolation
Absenkung des Temperaturniveaus ...

Änderung Einzelprozesse

z. B.: Anpassung der Dimensionierung
Optimierte Prozessplanung ...

Änderung Prozesskette

z. B.: Endabmessungsnahes Gießen
Einsatz additive Fertigungsverfahren ...

Änderung Produkt

z. B.: Materialsubstitution
Leichtbau ...

Änderung Energiedienstleistung

z. B.: Car sharing
Dienstleistungsbasierte Geschäftsmodelle ...

Sonderrolle der Abwärmenutzung als Energieeffizienzmaßnahme

Abwärmenutzung erst nach Prüfung der Ursachen für den Anfall von Abwärme!

- **Dimensionierung:** Ist der zugrunde liegende Prozess richtig dimensioniert oder sind unnötige Überkapazitäten vorhanden?
- **Steuerung:** Wird die Anlage oder der Prozess richtig gesteuert? Sind ineffiziente Betriebspunkte oder Leerläufe vorhanden und vermeidbar?
- **Temperaturniveau:** Ist das derzeit gewählte Temperatur- bzw. Intensitätsniveau tatsächlich erforderlich?
- **Isolation:** Kann eine bessere Isolation helfen, die Abwärmemengen zu reduzieren?
- **Alternativen:** Sind energetisch vorteilhaftere Alternativprozesse einsetzbar, um das gleiche Resultat zu erzielen?

Leitfragen des Vortrags

1. Warum überhaupt das Thema Abwärmenutzung in der Industrie?
2. Wo liegen Unterschiede zwischen Industrieunternehmen hinsichtlich des Themas?
3. Welche Potenziale für Energieeinsparungen gibt durch die Abwärmenutzung?
4. Was sind Beispiele für die industrielle Abwärmenutzung?
5. Welche Vor- und Nachteile hat die Abwärmenutzung und was ist zu beachten?
6. Welche Themen sind beim Voranbringen des Themas zu berücksichtigen?

Themen: Technologieentwicklung

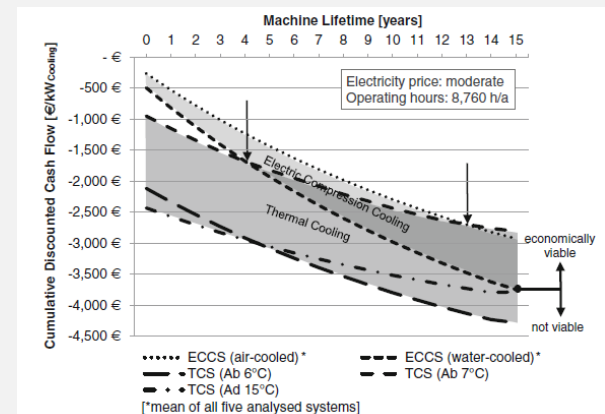
Wie können Technologien zur Nutzung von Abwärme verbessert und ihre Kosten durch technologische Entwicklungen gesenkt werden?



Technologieentwicklung

Themenbereiche

- Ausweitung von Effizienz und Anwendungsbereichen bestehender Technologien
- Verwertung Wärme aus Haupt- und Nebenerzeugnissen
- Abwärme aus Abwasser und Abluft im Gebäudebereich
- Nutzung vorhandener Infrastrukturen
- Sensorik und Simulationstechnik
- Reduzierung der Technologiekosten ...



Quelle: Mit Änderungen nach Hirzel et al. (2014); Schall et al. (2012).

Themen: Potenzialermittlung

Welche Minderungen bei Energiebedarf und Treibhausgas-Emissionen sind durch eine stärkere Nutzung von Abwärme realisierbar?



Technologieentwicklung



Potenzialermittlung

Themenbereiche

- Empirische Untersuchung und Charakterisierung von Wärmebedarf und Abwärmefall in unterschiedlichen Prozessen
- Abschätzungen gesamtwirtschaftlicher Einsparpotenziale
- Kosten-Potenzial-Analysen der inner- und überbetrieblichen Wärmeintegration
- Analysen und Szenarien zur Verbreitung bestimmter Technologien der Abwärmennutzung
- Modellierung von Potenzialen für bestimmte Unternehmensgruppen (u. a. KMU, Branchen)
- ...

Quelle: Mit Änderungen nach Hirzel et al. (2014).

Themen: Hemmnisforschung

Welche Einflussfaktoren behindern und welche Faktoren begünstigen die Nutzung von Abwärme?



Technologieentwicklung



Potenzialermittlung



Hemmnisforschung

Themenbereiche

- Erfolgsfaktoren für die Nutzung von Abwärme
- Bedeutung von Vor- und Nachteilen der Abwärmenutzung für Nutzer
- Relevanz von Risiken für Anwender und Anbieter
- Voraussetzungen für die Verwertung von Abwärme über Betriebsgrenzen hinweg
- Einfluss rechtlicher Rahmenbedingungen
- Rolle von Ausbildungsinhalte für die Abwärmenutzung
- ...



Quelle: Mit Änderungen nach Hirzel et al. (2014).

Themen: Instrumentengestaltung

Welche Instrumente können für eine Verbreitung der Abwärmenutzung wie sinnvoll eingesetzt und ausgestaltet werden?



Technologieentwicklung



Potenzialermittlung



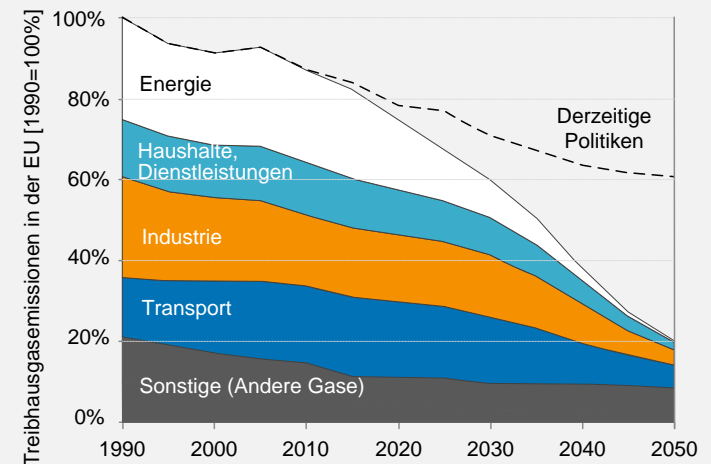
Hemmnisforschung



Instrumentengestaltung

Themenbereiche

- Ausgestaltung von Förder-, Verpflichtungs-, Informationsprogrammen/-vorhaben
- Hilfsmittel zur Vertragsgestaltung für Unternehmen
- Auswahlhilfen und Bewertungsinstrumente für Berater und Anlagenplaner
- Sensibilisierung und Fortbildung von Anwendern und Anlagenbauern
- ...



Quelle: Mit Änderungen nach Hirzel et al. (2014).

Zusammenfassung

- Abwärme in vielen Bereichen und Anwendungen der Industrie
- Vielfältige Möglichkeiten zur Verwertung von Abwärme (Wärme, Kälte, Strom)
- Nutzung der Potenziale (etwa 3-10 % des Energiebedarfs) wichtiges Thema
- Abwärmennutzung muss im jeweiligen Kontext betrachtet werden
- Abwärmennutzung ist eine vielschichtige Thematik
(Zusammenspiel Technologie, Organisation, Mensch und Politik)



Dr. Simon Hirzel

Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung

Breslauer Straße 48

76139 Karlsruhe

simon.hirzel@isi.fraunhofer.de

0721/6809-405

Quellen

- **AGEB (2014):** Energieflussbild 2013 für die Bundesrepublik Deutschland in Petajoule. Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen.
- **AGEB (2013):** Anwendungsbilanzen für die Endenergiesektoren in Deutschland in den Jahren 2011 und 2012 mit Zeitreihen von 2008 bis 2012. Studie beauftragt vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie. Projektnummer: 23/11.
- **Beer, J. de; Worrell, E.; Blok, K. (1998):** Future Technologies For Energy-Efficient Iron and Steel Making. Annual Review of Energy and the Environment, 23, S. 123–205.
- **Fleiter, T.; Schlomann, B.; Eichhammer, W. (Hrsg.) (2013):** Energieverbrauch und CO₂-Emissionen industrieller Prozesstechnologien - Einsparpotenziale, Hemmnisse und Instrumente. Stuttgart: Fraunhofer.
- **Hirzel, S.; Sontag, B.; Rohde, C. (2013):** Industrielle Abwärmenutzung. Kurzstudie. Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung ISI, Karlsruhe.
- **Hirzel, S.; Aydemir, A. (2014):** Forschung zur Abwärmenutzung. Poster im Rahmen der Veranstaltung „Ressource 2.0. Intelligente Abwärmenutzung und Gebäudetechnik. Innovative Effizienz- und Geschäftsstrategien.“ 24. Oktober 2014, Forum Gebäudetechnik, VDMA Frankfurt.
- **Mai, M.; Gruber, E.; Holländer, E. et al. (2014):** Evaluation des Förderprogramms „Energieberatung im Mittelstand“. Schlussbericht im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie. Projekt-Nr. 56/13.
- **Pehnt, M.; Bödeker, J.; Arens, M.; Jochem, E.; Idrissova, F. (2010):** Die Nutzung industrieller Abwärme – technisch-wirtschaftliche Potenziale und energiepolitische Umsetzung. Bericht im Rahmen des Vorhabens „Wissenschaftliche Begleitforschung zu übergreifenden technischen, ökologischen, ökonomischen und strategischen Aspekten des nationalen Teils der Klimaschutzinitiative“. Heidelberg: Institut für Energie- und Umweltforschung (ifeu).
- **Ruppelt, E. (2003):** Bewertung der Wirtschaftlichkeit einer Druckluftherzeugung. In: Ruppelt, E. (Hrsg.): Druckluft-Handbuch. Essen: Vulkan, S. 477-500.
- **Schall, D.; Hirzel, S. (2012):** Thermal cooling using low-temperature waste heat: a cost-effective way for industrial companies to improve energy efficiency? Energy Efficiency, 5, S. 547-569.
- **Schröter, M.; Weißfloch, U.; Buschak, D. (2009):** Energieeffizienz in der Produktion: Wunsch oder Wirklichkeit? Energieeinsparpotenziale und Verbreitungsgrad energieeffizienter Techniken. Mitteilung aus der ISI-Erhebung Modernisierung der Produktion 51. Fraunhofer ISI.
- **U.S. Department of Energy (U.S. DOE) (Hrsg.) (2008):** Waste Heat Recovery: Technology and Opportunities in the U.S. Industry.