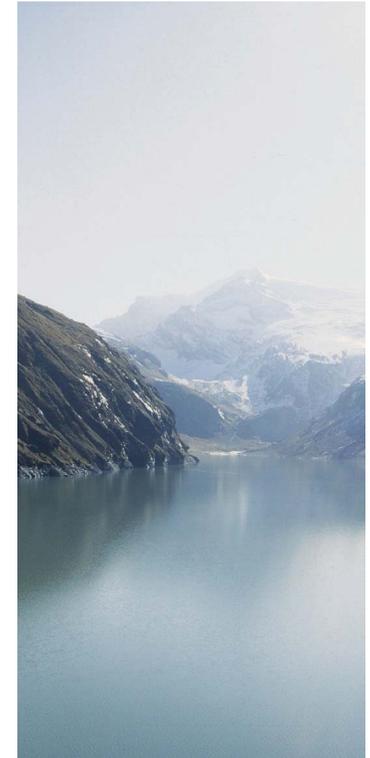


13. Symposium Energieinnovation

Fernkälte als Möglichkeit zur Effizienzsteigerung bei Abfallverbrennungsanlagen

DI (FH) Christine Faustmann
DI Dr. Bernd Hollauf

Graz, 14.2.2014



Inhalt

- Rahmenbedingungen für die Fernkältenutzung
- Kältetechnik allgemein
- Bewertung von Systemen zur Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung
- Kälteerzeugung aus Abfallverbrennungsanlagen
- Umsetzungsbeispiele in Europa
- Fazit

Rahmenbedingungen für die Fernkältenutzung

Rechtliche Grundlagen

Europa

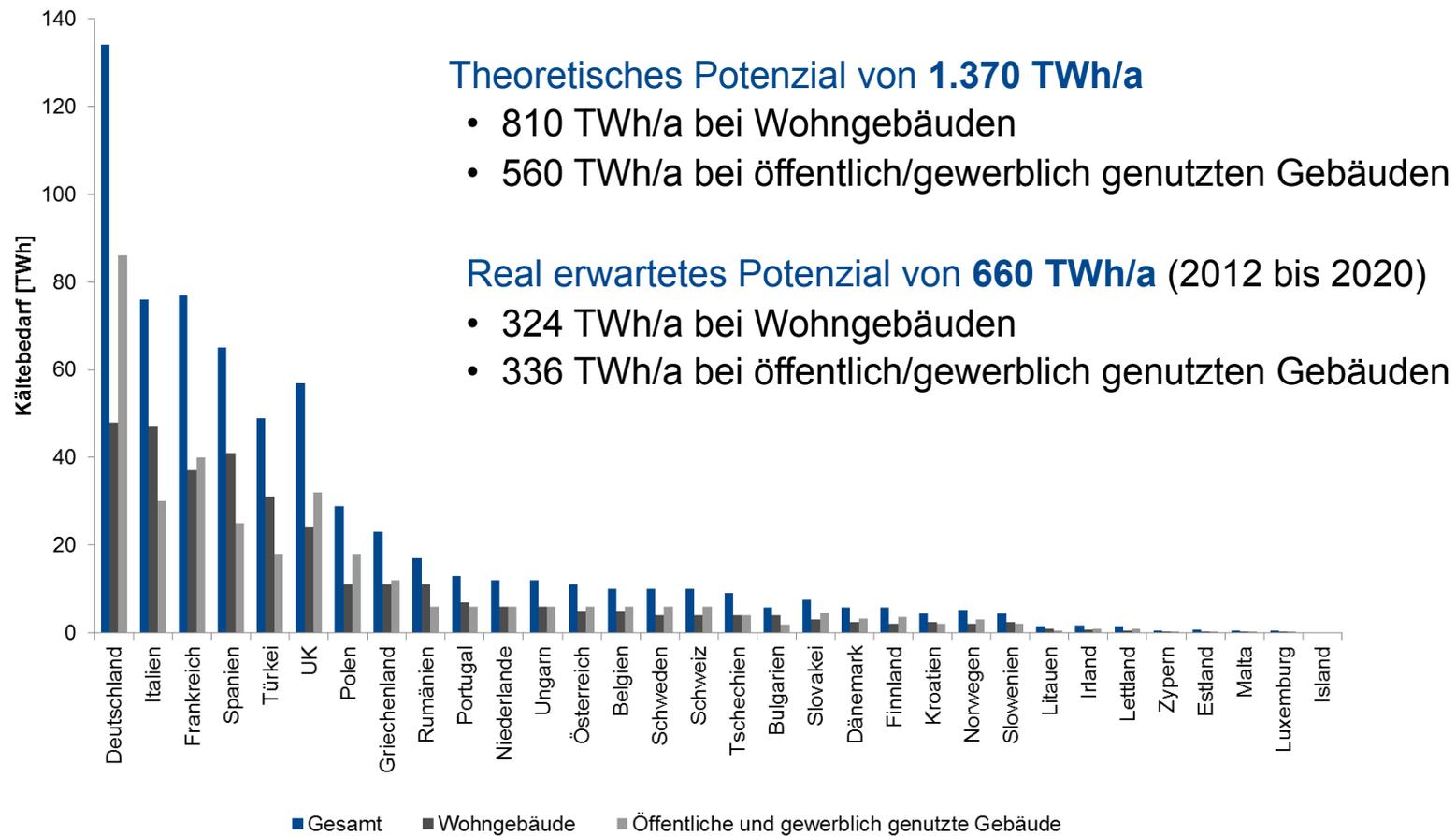
- [Richtlinie 2012/27/EU](#) (Energieeffizienz-Richtlinie)
 - Erhebliches, aber noch weitgehend ungenutztes Potenzial für die Einsparung von Primärenergie durch hocheffiziente Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) und Fernwärme- sowie Fernkälteversorgung
 - Verpflichtung zur Durchführung umfassender Potenzialbewertungen und Kosten-Nutzen-Analysen auf nationaler Ebene bis Ende 2015
 - Verpflichtung zur Durchführung spezifischer Kosten-Nutzen-Analysen in Zusammenhang mit bestimmten Projektvorhaben ab Juni 2014
 - Abfallverbrennungsanlagen explizit als potenzielle Wärme- und Kälteversorgungspunkte
- [Richtlinie 2010/31/EU](#) (Gebäude-Richtlinie)
- [Richtlinie 2009/28/EG](#) (Erneuerbare Energien-Richtlinie)



Österreich

- Energiestrategie Österreich
- Wärme- und Kälteleitungsausbaugesetz (BGBl. I Nr. 113/2008)
- Betriebliche Umweltförderung im Inland

Rahmenbedingungen für die Fernkältenutzung Kältebedarf in Europa

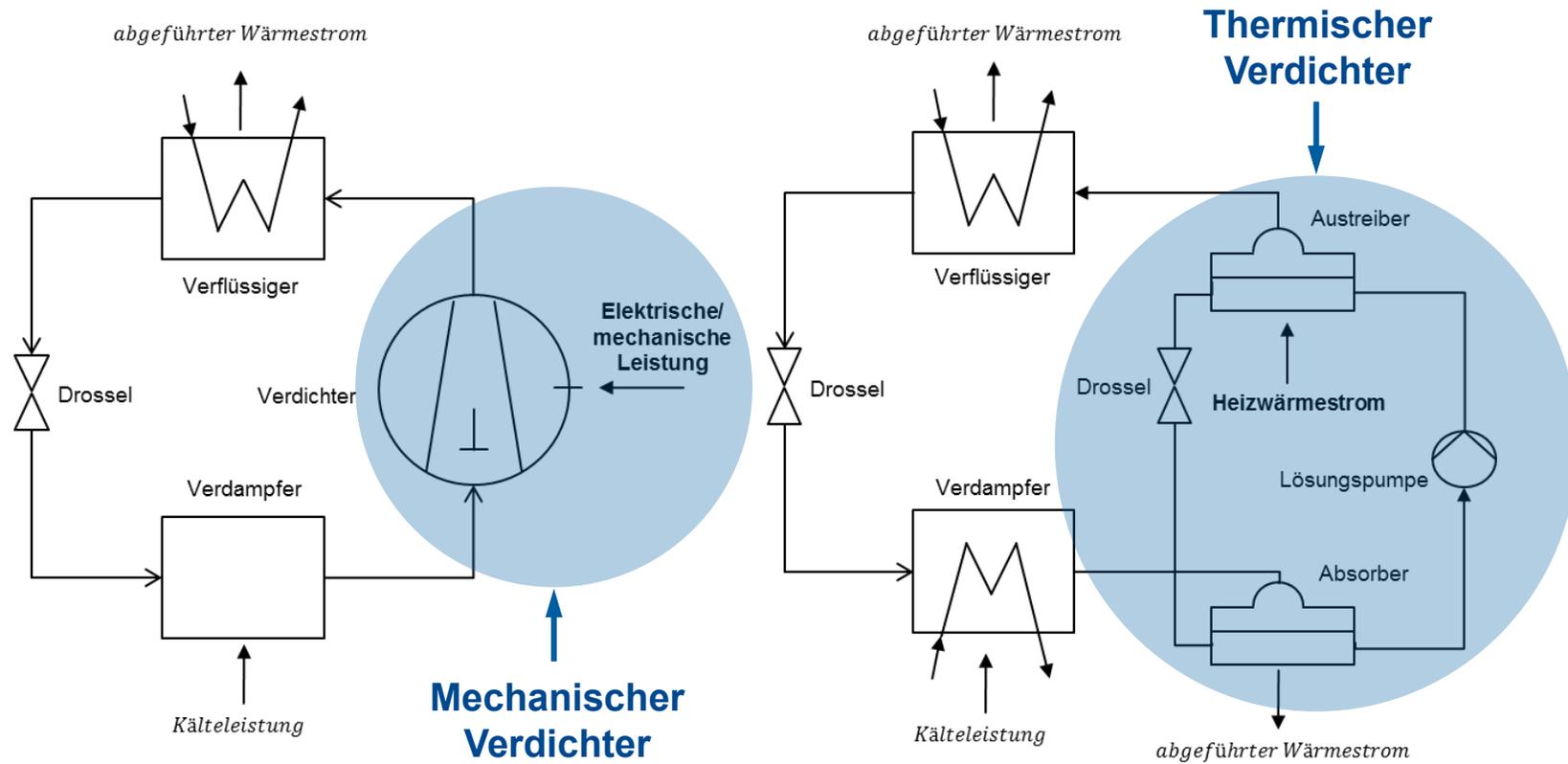


Euroheat & Power (2005/2006)

Verbund

Kältetechnik allgemein

Gegenüberstellung Kompressions- und Absorptionskältemaschine



Nach: Grote, K.-H. et al. (2011)

Kältetechnik allgemein

Free Cooling (Freier Kühlbetrieb)

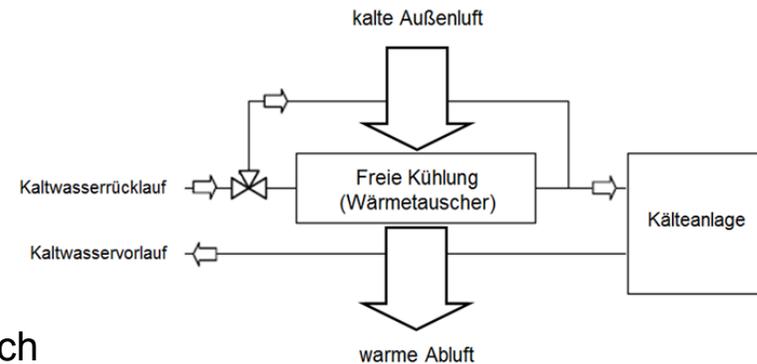
- Nutzung natürlicher Kältequellen anstelle einer Kälteerzeugung über Kältemaschinen
- Bsp.: Außenluft, Gewässer

Kältespeicher

- Zeitliche Entkoppelung von Kälteerzeugung/-verbrauch
- Verlagerung des Anlagenbetriebs in Niedertarifzeiten
- Kleinere Dimensionierung von Kältemaschinen

Wärme-, Kältenetze

- Wärmenetze zur Versorgung thermisch betriebener Kältemaschinen
- Kältenetze zur Verteilung erzeugter Kälte
- Unterscheidung von
 - Nah- und Fernsysteme
 - Zentrale und dezentrale Kältebereitstellung

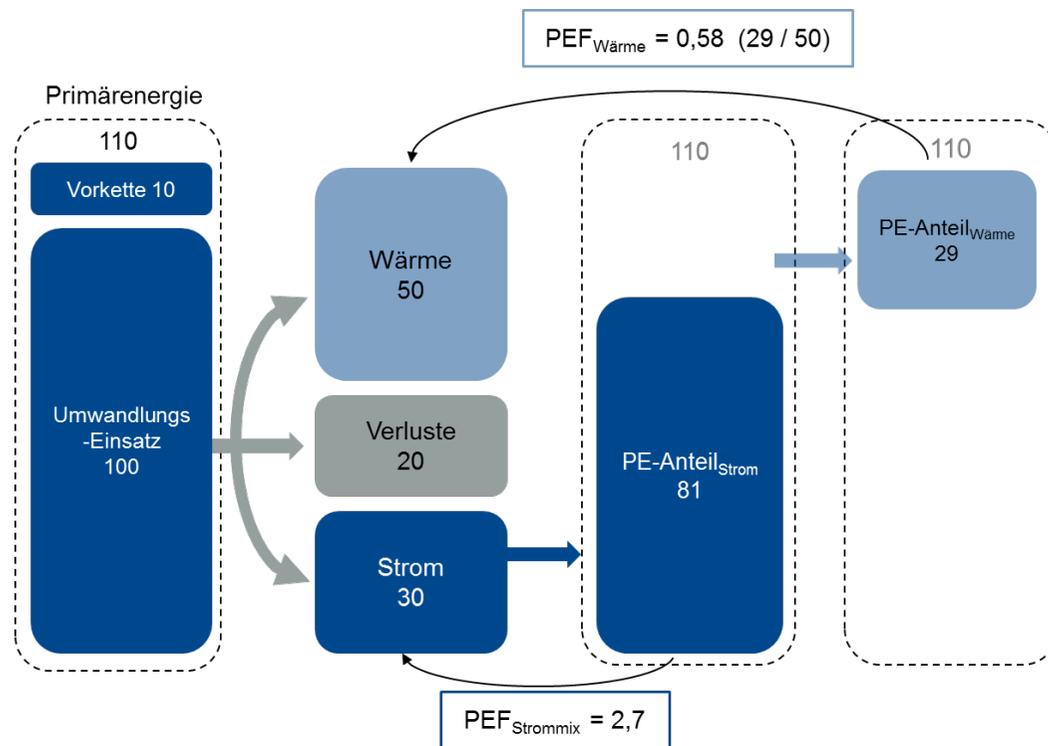


Urbanek, T. (2010), BREF Energy Efficiency (2009)

Bewertung von Systemen zur Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung

Primärenergiefaktor der gekoppelten Stromerzeugung

- Allokation der Primärenergie zu den beiden Energieformen (Wärme, Strom) erforderlich
- Gutschriftenmethode der ÖNORM EN 15316-4-5
- Wärme als Hauptprodukt
- Nebenprodukt Strom ersetzt an anderer Stelle erzeugten Strom
- Ermittlung des Primärenergiebedarfs für die eingespeiste Strommenge
- Zuordnung der verbleibenden Primärenergie zur Wärme

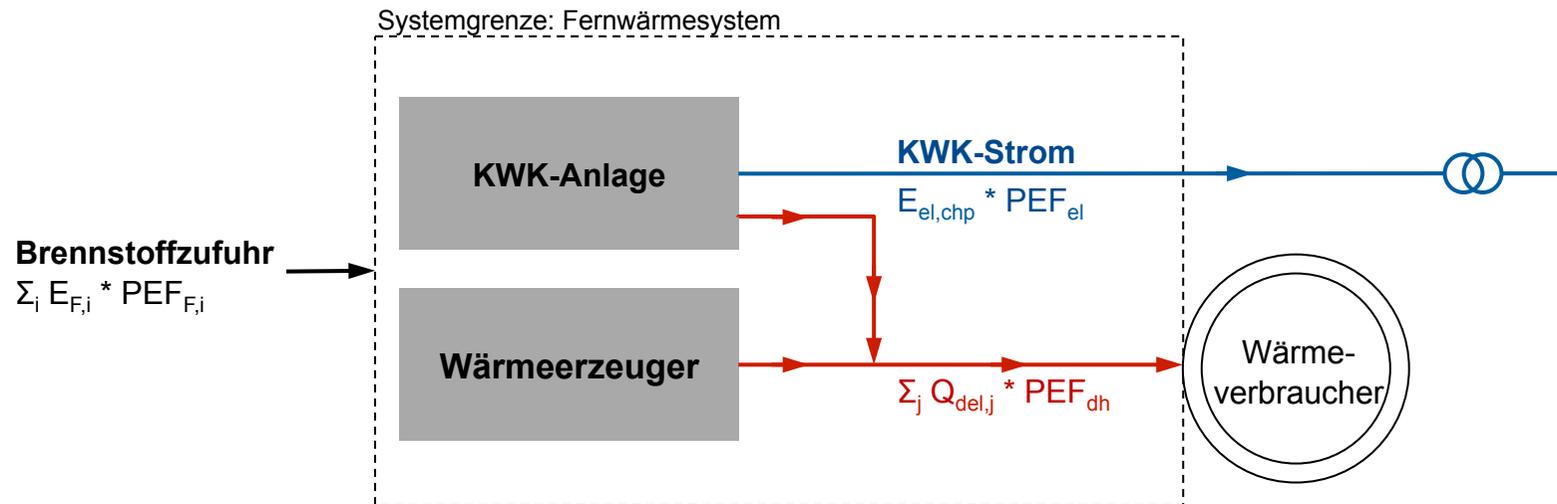


Verbund

Bewertung von Systemen zur Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung

Gesamtenergieeffizienz von Fernwärme- und Fernkältesystemen (ÖNORM EN 15316-4-5)

$$PEF_{dh} = \frac{\sum_i \uparrow E_{F,i} * PEF_{F,i} - E_{el,chp} * PEF_{el}}{\sum_j \uparrow Q_{del,j}}$$



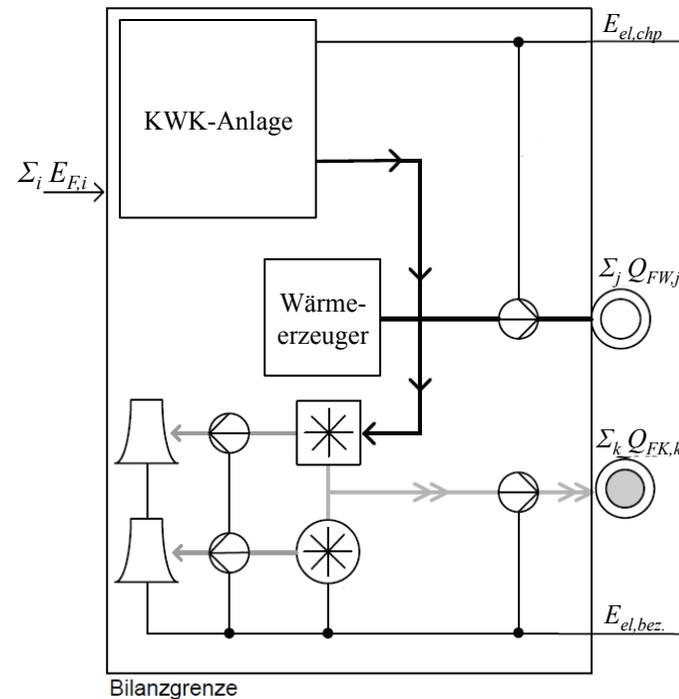
Nach: ÖNORM EN 15316-4-5

Verbund

Bewertung von Systemen zur Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung

Energetische Bewertung von Fernkälte (AGFW-Merkblatt FW 311)

$$PEF_{FW,FK} = \sum_i \uparrow E_{F,i} * PEF_{F,i} + (E_{el,bez.} - E_{el,chp}) * PEF_{el,verdr.} / \sum_j \uparrow Q_{FW,j} + \sum_k \uparrow Q_{FK,k}$$

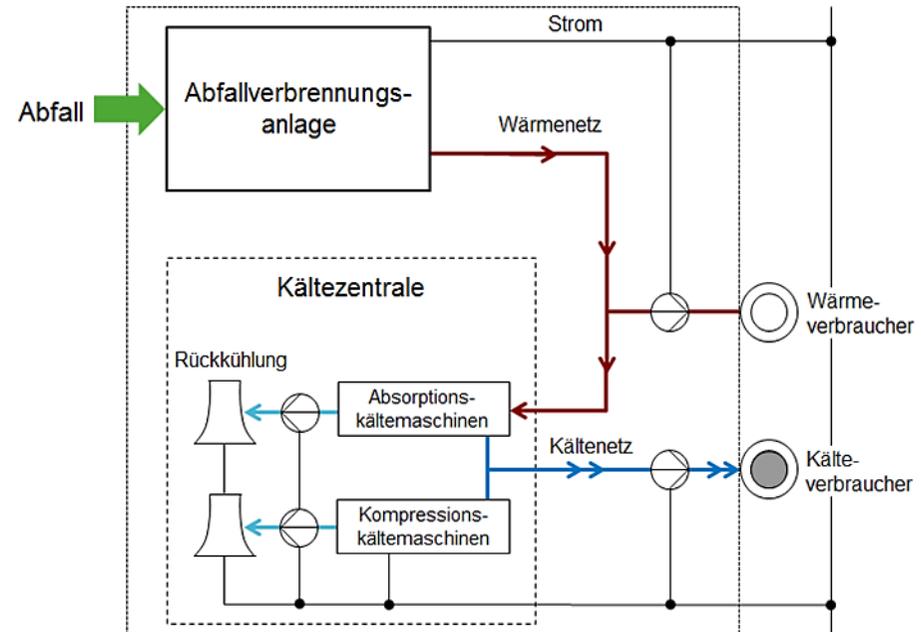


Nach: AGFW-Merkblatt FW 311

Verbund

Kälteerzeugung aus Abfallverbrennungsanlagen

- Primärzweck von Abfallverbrennungsanlagen ist die gesicherte und umweltgerechte **Behandlung von Abfällen**
- Energiegewinnung aus Abfall kommt eine immer größere Bedeutung zu (**Waste-to-Energy**)
 - Substitution **fossiler Energieträger**
 - Rund die Hälfte der Abfälle stammt aus **nachwachsenden Rohstoffen** (klimaneutral)
- **Effizienzsteigerung** durch Steigerung der externen Wärmeabgabe als großes Potenzial
- Nähe zu Siedlungsräumen bzw. Industriebetrieben mit **ganzjährigem Wärmebedarf** entscheidend



Nach: AGFW-Merkblatt FW 311

Kälteerzeugung aus Abfallverbrennungsanlagen

Energiebedarf einer Kompressions- und einer Absorptionskältemaschine

	Kompressions- kältemaschine	Absorptions- kältemaschine ²	Einheit
COP ¹	4	0,75	(-)
Elektrische Energie für 1 MWh Kälte	0,25		MWh
Bedarf thermische Energie		1,33	MWh
Anrechenbare thermische Energie für 1 MWh Kälte		0 ⁴	MWh
Verlust an elektrischer Energie ³	(-)	0,17	MWh (Strom)
Hilfsenergie ⁵	(-)	0,03	MWh (Strom)
Gesamt	0,25	0,20	

¹ ... Coefficient of Performance

² ... einstufige Absorptionskältemaschine, 10°C Kaltwassertemperatur, 90°C Vorlauftemperatur

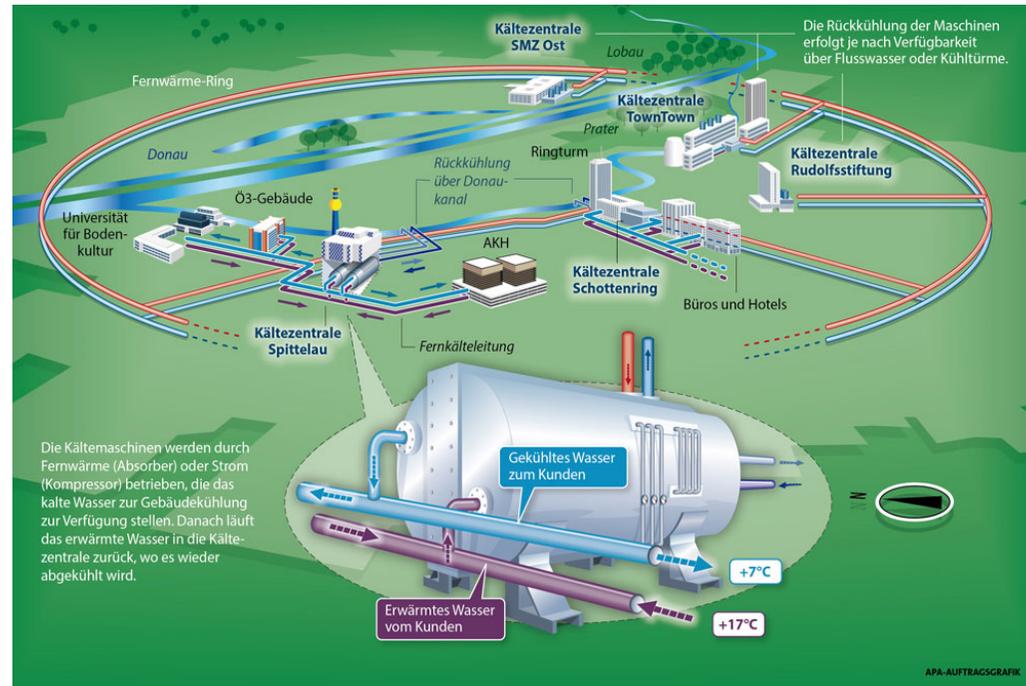
³ ... Stromverlustziffer 0,13

⁴ ... Da keine konkurrierende Wärmeabnahme angenommen wurde, wird die thermische Energie nicht angerechnet.

⁵ ... Hilfsenergie: 2,5 % der Antriebsleistung

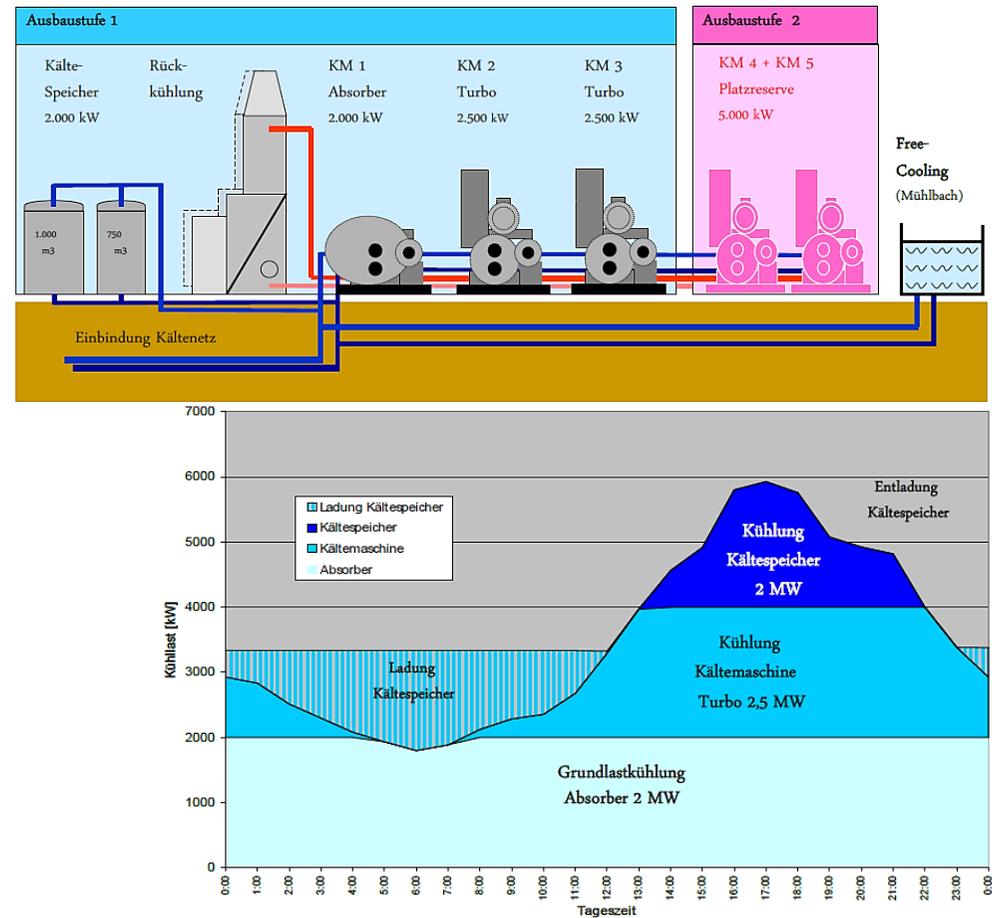
Umsetzungsbeispiele in Europa Wien Energie GmbH

- Tätigkeit im Bereich Fernkälte seit 2006
- 80 MW installierte Kälteleistung (Stand 2013)
- Ausbauziel von 200 MW bis 2020
- Nutzung überschüssiger Wärme aus den Abfallverbrennungsanlagen in den Sommermonaten
- Zentrale Großkältestationen mit ausgedehntem Fernkältenetz (z.B. Schottenring, Spittelau)
- Dezentrale Kälteanlagen (z.B. Rudolfstiftung)
- Einsatz von Absorptions- und Kompressionskältemaschinen sowie Free Cooling



Umsetzungsbeispiele in Europa St. Pölten

- Zwei Kältezentralen am Areal des Fernheizkraftwerks Nord
- Kombination von
 - Absorptionskältemaschine
 - Turbokältemaschinen
 - Free Cooling (Mühlbach)
 - Klimakaltwasserspeicher
- Abschluss 2. Ausbaustufe für 2015 vorgesehen
- Kälteerzeugung überwiegend mittels Abwärme aus dem Kraftwerksverbund Dürnröhr
- Rd. 31 km lange Fernwärmeleitung von Dürnröhr nach St. Pölten



Rohrhofer, W. (2012)

Verbund

Umsetzungsbeispiele in Europa Districlima S.A. (Barcelona)

- Entwicklung des städtischen Fernwärme-/kältenetzes in den Stadtteilen Forum und 22@ seit 2004
- Zwei Kältezentralen mit
 - Absorptionskältemaschinen
 - Kompressionskältemaschinen
 - Kaltwasserspeicher
- Besonderheiten
 - Einsatz direkter und indirekter Meerwasserkühlung
 - Z.T. Einsatz eines Wasser-Glykol-Gemisches zur Fernkältebereitstellung



Districlima S.A. (2013)

Verbund

Umsetzungsbeispiele in Europa Basel

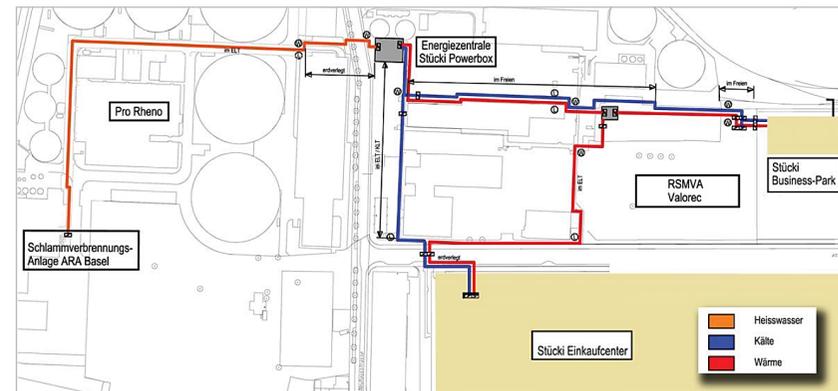
Hotel Ibis

- Absorptionskältemaschine zur Kälteversorgung
- Einsatz der Überschusswärme der Kehrrichtverwertungsanlage Basel
- Gleitender Betrieb des Absorbers im Leistungsbereich von 30 bis 100 % durch Regelungssystem möglich
- COP von 0,7 bis 0,78



Abwärme- und Energieverbund Kleinhüningen

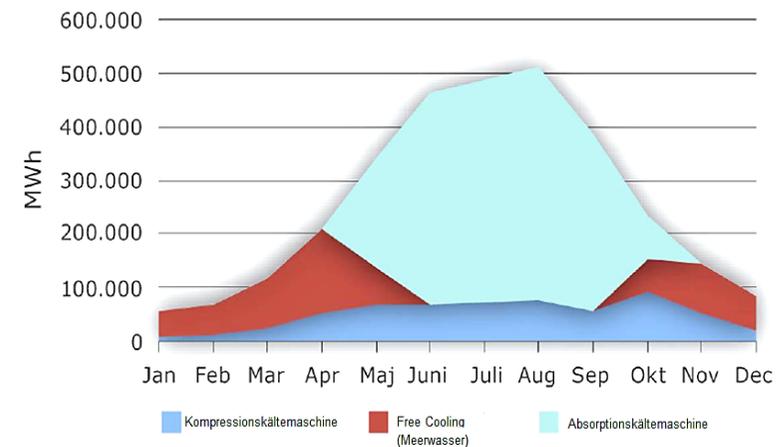
- Zwei Einrichtungen mit erheblichem Wärme- und Kältebedarf im Umfeld von thermischen Abfallverbrennungsanlagen
- 2-stufige Absorptionskältemaschine und Kompressionskältemaschine
- Free Cooling (Außenluft)



u.a. Dr. Eicher+Pauli AG

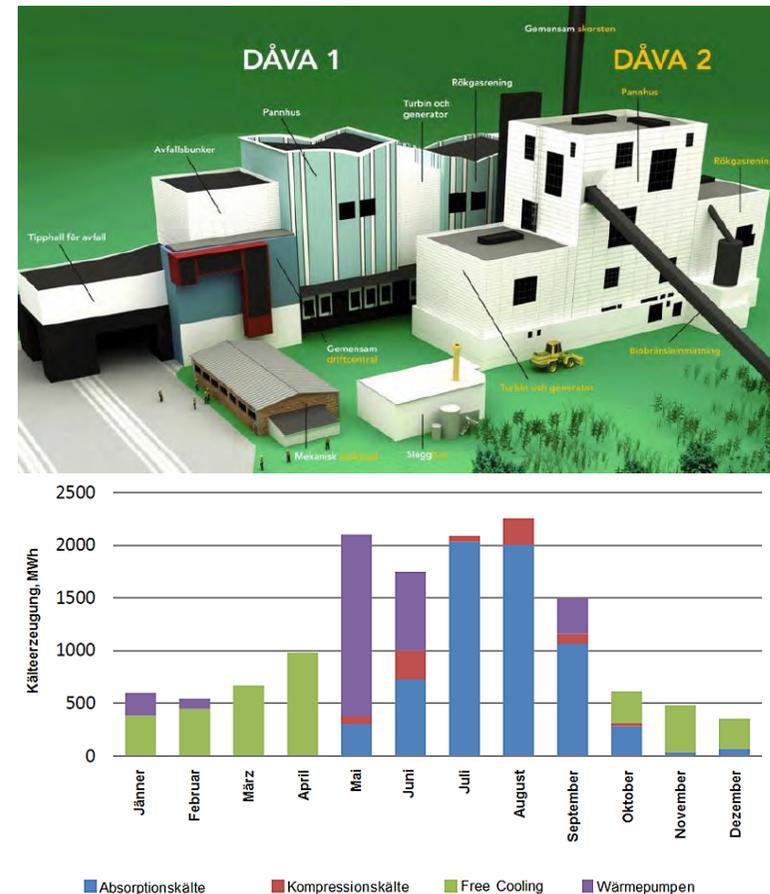
Umsetzungsbeispiele in Europa HOFOR (Kopenhagen)

- Fernkältesystem in Ergänzung zum Fernwärmesystem in Kopenhagen
- Zwei miteinander vernetzte Fernkältezentralen
 - Projekt Kongens Nytorv
 - Projekt Rathausplatz
- Zielgruppe sind Kälteabnehmer mit einem Kühlbedarf > 150 kW (keine Einzelhaushalte)
- Kombination von drei technologischen Konzepten zur Kältebereitstellung
 - Free Cooling
 - Kombinationsbetrieb
 - Kältemaschinenbetrieb
- Nutzung von Meerwasser für Free Cooling sowie für Rückkühlung



Umsetzungsbeispiele in Europa Umeå Energi AB (Umeå/Schweden)

- Einsatz verschiedener Brennstoffe zur Erzeugung von Fernwärme/-kälte
 - Biomassekraftwerke
 - Abfallverbrennungsanlage
 - Torf, Öl
 - Abwärme aus einer Papierfabrik
- Kombination verschiedener Kälteerzeugungstechnologien
- Im Sommer vorwiegender Einsatz von Absorptionskältemaschinen
- Optimierung der Wärmenutzung aus der Abfallverbrennungsanlage Dåva 1
- Primärenergiefaktor für Fernkälte in Umeå von 0,94
- Spezifische CO₂-Emissionen pro kWh gelieferter Kühlenergie von 63 g CO₂/kWh



Umeå Energi AB (2009), Sjöström, K. (2013)

Fazit

- Fernkältesysteme stellen eine **Möglichkeit zur Effizienzsteigerung** bei thermischen Erzeugungsanlagen wie Abfallverbrennungsanlagen dar.
- Die Zweckmäßigkeit ist **einzelfallbezogen** zu beurteilen und das System ist immer auf die **jeweiligen Randbedingungen** maßzuschneidern.
- Ein grundlegender Einflussfaktor ist der lokale Kältebedarf und dessen Charakteristik.
- In Abhängigkeit der lokalen Gegebenheiten wird in der Regel auf eine **Kombination unterschiedlicher Kälteerzeugungstechnologien** gesetzt und kommen zentrale und dezentrale Konzepte zum Einsatz.
- Neben Absorptions- und Kompressionskälteanlagen ist auch der Einsatz natürlicher Kältequellen (Free Cooling) verbreitet.
- In Europa bestehen bereits einige Umsetzungsbeispiele für die Kälteerzeugung aus Abwärme, speziell auch aus Abfallverbrennungsanlagen.
- Vor allem in Hinblick auf den **Primärenergiebedarf** und die **Treibhausgasemissionen** können Kältesysteme in Kombination mit thermisch betriebenen Kälteanlagen Vorteile aufweisen.
- Im Rahmen der für 2014 vorgesehenen Überarbeitung des **BVT-Merkblatts** („beste verfügbare Techniken“) für den Bereich **Abfallverbrennung** stellt die Kälteerzeugung als Möglichkeit zur Effizienzsteigerung einen Diskussionsschwerpunkt dar.
- Im Bereich der **Gebäudekühlung** wird der jährliche Kältebedarf in Europa bis 2020 mit **660 TWh/a** abgeschätzt.

13. Symposium Energieinnovation

Fernkälte als Möglichkeit zur Effizienzsteigerung bei Abfallverbrennungsanlagen

DI (FH) Christine Faustmann
DI Dr. Bernd Hollauf

Graz, 14.2.2014

