

Fernkälte als Möglichkeit zur Effizienzsteigerung bei Abfallverbrennungsanlagen

Dipl.-Ing. Dr. mont. Bernd Hollauf,
Dipl.-Ing. (FH) Christine Faustmann

VERBUND Umwelttechnik GmbH, Lakeside B06b, 9020 Klagenfurt, www.verbund.com
+43664\8286858, Bernd.Hollauf@verbund.com
+43664\8285766, Christine.Faustmann@verbund.com

Kurzfassung: Vor dem Hintergrund der „20-20-20“-Zielsetzungen werden auf europäischer und auf nationaler Ebene erhebliche Anstrengungen in Richtung einer Erhöhung der Energieeffizienz und Reduktion des Primärenergieverbrauchs unternommen. Unter den verschiedenen, vorgesehenen Maßnahmen wird u.a. der Fernwärme- sowie Fernkälteversorgung ein erhebliches Potenzial für die Einsparung von Primärenergie zugeschrieben. Abfallverbrennungsanlagen werden explizit als mögliche Wärme- bzw. Kälteversorgungspunkte angeführt. Die thermisch angetriebene Kälteerzeugung bietet für ganzjährig betriebene Abfallverbrennungsanlagen die Möglichkeit eines Ausgleichs saisonaler Schwankungen in der Wärmeabnahme und der Erreichung höherer Gesamtwirkungsgrade. Der primärenergetische Nutzen von Fernkältesystemen kann mit Hilfe von verschiedenen Bewertungsansätzen ermittelt werden. In Europa und Österreich zeigen bereits einige Beispiele die erfolgreiche Umsetzung einer Kältebereitstellung in Zusammenhang mit Abfallverbrennungsanlagen.

Der gegenständliche Beitrag stellt einen Auszug aus einer vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft beauftragten Studie der VERBUND Umwelttechnik GmbH dar.

Keywords: Abfallverbrennung, Effizienzsteigerung, Fernkälte, Bewertungsmethoden

1 Rahmenbedingungen für die Fernkältenutzung

Die Nutzung und der weitere Ausbau von Fernkälte werden auf europäischer Ebene von verschiedenen Seiten forciert.

Neben Festlegungen in der **Richtlinie 2009/28/EG** vom April 2009 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen, die als einen Themenbereich die Förderung von Fernwärme/-kälte aus Energie aus erneuerbaren Quellen beinhaltet, und der **Richtlinie 2010/31/EU** über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden, die ebenfalls auf einen Ausbau von Fernkälteinfrastrukturen Bezug nimmt, ist vor allem die **Richtlinie 2012/27/EU** zu nennen. Ziel dieser Richtlinie ist die Schaffung eines gemeinsamen Rahmens für Maßnahmen zur Förderung von Energieeffizienz in der EU zur Erreichung des übergeordneten Ziels einer Einsparung beim Primärenergieverbrauch von 20 % gemessen an den Prognosen für das Jahr 2020 sowie zur Vorbereitung weiterer Energieeffizienzverbesserungen für die Zeit danach. Ein erhebliches, aber noch weitgehend ungenutztes Potenzial für die Einsparung von Primärenergie wird der hocheffizienten Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) und Fernwärme- so-

wie Fernkälteversorgung zuerkannt. Abfallverbrennungsanlagen werden in diesem Zusammenhang ausdrücklich als mögliche Wärme- und Kälteversorgungspunkte genannt.

Darüber hinaus wird der Einsatz von Fernkälte bei Abfallverbrennungsanlagen auch in Zusammenhang mit der Thematik der „besten verfügbaren Techniken“ (BVT) diskutiert. Für den Bereich der Abfallverbrennung existiert ein **BVT-Merkblatt** aus August 2006 (Reference Document on the Best Available Techniques for Waste Incineration; BREF Waste Incineration). Dieses soll im Rahmen des Sevilla-Prozesses einer Überarbeitung unterzogen werden. Einen Schwerpunkt bei der geplanten Revision des BVT-Merkblattes soll die Kälteerzeugung als mögliche Maßnahme zur Steigerung der Energieeffizienz von Abfallverbrennungsanlagen bilden.

In **Österreich** findet die Thematik der Fernkältenutzung sowohl in Rahmendokumenten wie der Energiestrategie Österreich als auch auf gesetzlicher Ebene (v.a. Wärme- und Kälteleitungsausbaugesetz, BGBl. I Nr. 113/2008) oder in Bezug auf die betriebliche Umweltförderung im Inland Berücksichtigung.

Bedarfsseitig ist der erforderliche Energieeinsatz für Kühlzwecke v.a. im Bereich der Gebäudeklimatisierung durch mehrere Tendenzen im Steigen begriffen. Infolge des zunehmenden Anteils transparenter Bauteile bei der architektonischen Gebäudegestaltung kommt es einerseits zu einer Zunahme der äußeren Lasten. Andererseits werden durch die technische Ausrüstung in den Räumen die inneren Lasten erhöht. Insgesamt wird das theoretische jährliche Potenzial für Gebäudekühlung in Europa mit 1.370 TWh beziffert, wobei 560 TWh auf öffentlich und gewerblich genutzte Gebäude (u.a. medizinische Einrichtungen, Ausbildungsstätten, Verwaltungsgebäude, Verkaufsflächen, Büros, Hotels, Freizeiteinrichtungen) sowie 810 TWh auf Wohngebäude (öffentlich und privat; u.a. Häuser, Wohnungen, Studentenunterkünfte) entfallen. Bei einer als realistisch erachteten Sättigungsrate von 60 % bei öffentlich/gewerblich genutzten Gebäuden und 40 % im Bereich Wohngebäude ergibt sich in Europa bis 2020 ein antizipierter jährlicher Kältebedarf von 660 TWh (vgl. Abbildung 1). [1] [2]

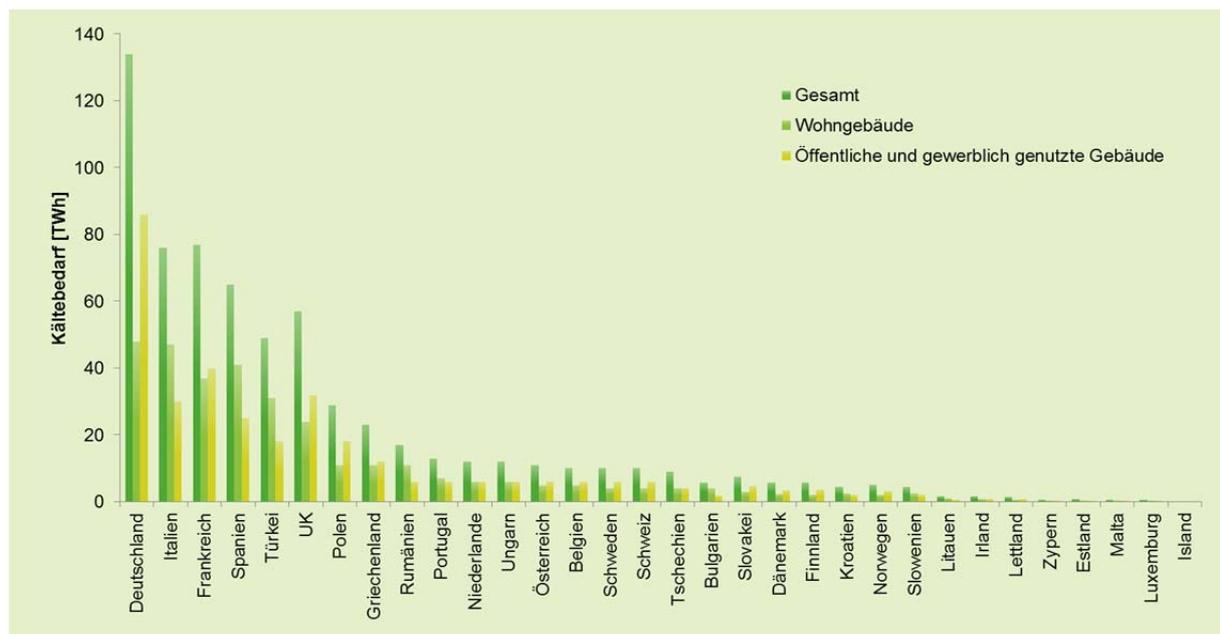


Abbildung 1: Jährlicher Kältebedarf in Europa nach Ländern [2]

2 Kältetechnik allgemein

Als **Kälte** wird in der Technik ein Zustand mit einer Temperatur unterhalb der Umgebungstemperatur definiert. Kältetechnik bezeichnet demnach die Technik, für einen begrenzten Bereich eine im Vergleich zur Umgebung tiefere Temperatur zu erzeugen, aufrecht zu erhalten und auszunutzen. Die Kühlung erfolgt dabei durch Wärmeentzug aus dem begrenzten Bereich.

Im Allgemeinen werden Einrichtungen zur Kälteerzeugung mit Hilfe eines Arbeitsstoffs in einem Kreisprozess realisiert, wobei dieser Arbeitsstoff eine geschlossene Folge von Zustandsänderungen durchläuft. Der Prozess kann mit mechanischer (i.d.R. Elektromotor) oder mit thermischer Energie angetrieben werden. Dementsprechend können Kältemaschinen nach ihrem Antrieb unterschieden werden (vgl. Abbildung 2). Der Vorteil **thermisch angetriebener Verfahren** im Vergleich zu **elektrisch betriebenen Kompressionskältemaschinen** besteht darin, dass diese weniger hochwertige Energie nutzen (u.a. Dampf, Heißwasser, Gas, solare Wärme). Damit ist bei diesen Anlagen auch der Einsatz von Niedertemperaturwärme aus Verbrennungsprozessen oder anderen Wärmequellen möglich. [3] [4]

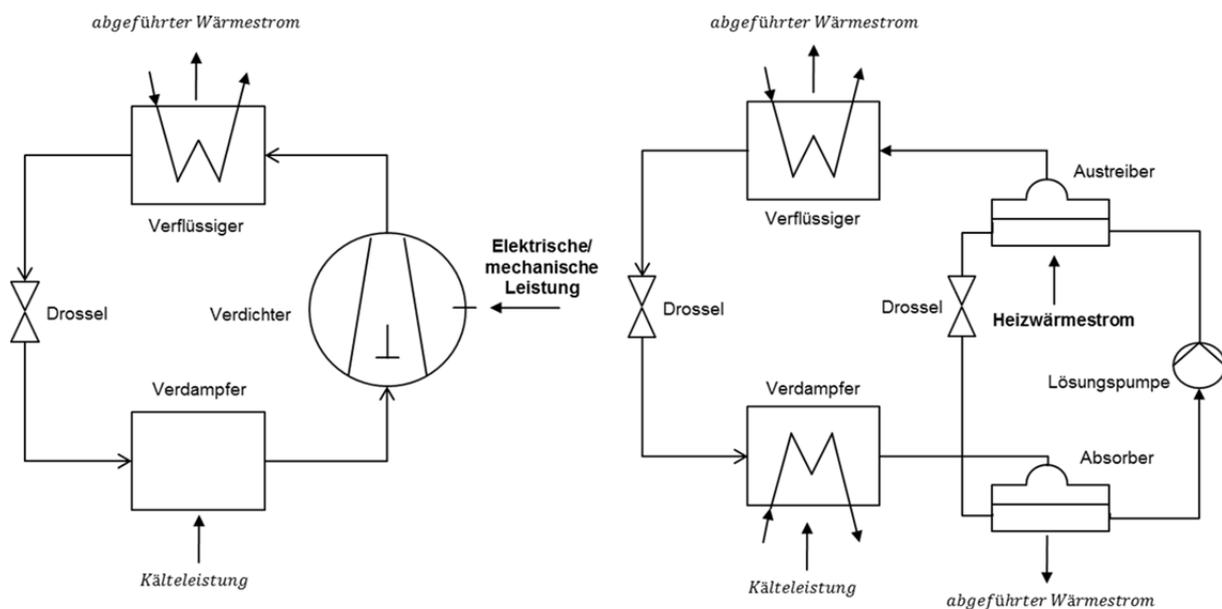


Abbildung 2: Schematischer Aufbau einer Kompressionskältemaschine (li.) und einer thermisch angetriebenen Absorptionskältemaschine (re.) [5]

Eine weitere, im Betrieb preiswerte Möglichkeit der Kältebereitstellung stellt der freie Kühlbetrieb (**Free Cooling**) dar. Bei dieser Art der Kühlung werden anstelle einer Kälteerzeugung über Kältemaschinen natürliche Kältequellen (z.B. Außenluft, Gewässer) genutzt. Voraussetzung für den freien Kühlbetrieb ist, dass die Temperatur der Kältequelle unter der Solltemperatur des Kühlmediums liegt.

Eine wichtige Funktion in Zusammenhang mit der Kältebereitstellung kommt **Kältespeichern** zu. Diese haben die Aufgabe, die Kälteerzeugung zeitlich vom Kälteverbrauch zu entkop-

pein. In Zeiten geringer Nachfrage kann Kälte mit Hilfe der Speicher akkumuliert und in Zeiten hoher Nachfrage wieder bereitgestellt werden. Einerseits kann auf diese Weise eine Verlagerung des Betriebes von Kältemaschinen in Niedertarifzeiten zur Realisierung einer wirtschaftlich sinnvollen Betriebsweise ermöglicht werden. Darüber hinaus können Spitzenlasten abgefedert werden, wodurch eine kleinere Dimensionierung der Kältemaschinen ermöglicht wird. Die Kältemaschinen können dadurch gleichmäßig am Auslegungspunkt mit besseren Wirkungs- und Nutzungsgraden betrieben werden. Für Systeme mit Kältespeichern sind die Investitionskosten oftmals geringer als für Systeme, mit auf Spitzenlast ausgelegten, größeren und teureren Kältemaschinen. [6] [7]

In Zusammenhang mit der Kälteerzeugung aus thermischen Anlagen wie bspw. Abfallverbrennungsanlagen sind sowohl **Wärmenetze** für die Wärmeversorgung thermisch betriebener Kältemaschinen als auch Kältenetze für die Verteilung der erzeugten Kälte von Bedeutung. Die erforderliche Länge der Wärme- bzw. Kälteverteilungsleitungen ergibt sich aus dem Abstand der Kälteerzeugungsanlagen zum Kraftwerk bzw. zu den Kälteabnehmern. Kältenetze wie Wärmenetze lassen sich je nach der Ausdehnung des Verteilnetzes in **Nah- und Fernsysteme** unterscheiden. Während bei Fernkälte die Kühlenergieversorgung von z.B. Stadtgebieten über größere Strecken erfolgt, werden bei Nahkältelösungen Verbraucher (z.B. Industriebetriebe) in unmittelbarer Umgebung versorgt. In diesem Zusammenhang wird in der Literatur auch zwischen **zentraler und dezentraler Kältebereitstellung** unterschieden. Während unter zentraler Kältebereitstellung die Erzeugung in großen zentralen Kälteanlagen und die anschließende Kälteverteilung (Fernkältesystem) über ein relativ großes Netz verstanden wird, sind dezentrale Kälteanlagen vergleichsweise kleiner und im Nahbereich des Verbrauchers situiert (Nahkältesystem). Einen Sonderfall stellt die Situierung von Kälteerzeugungsanlagen in unmittelbarer Nähe zu einer thermischen Erzeugungsanlage dar, sodass die Anlagen direkt mit Strom und Wärme aus dem Kraftwerk versorgt werden können. [1] [6]

3 Bewertung von Systemen zur Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung

Die Nutzung von thermisch angetriebenen Kältemaschinen anstelle von elektrisch betriebenen Kompressionskältemaschinen ist nicht automatisch ökologisch vorteilhaft. Vielmehr müssen für die Bewertung die meist komplexen Kältesysteme im Vergleich zu definierten Vergleichssystemen genau betrachtet werden. Eine wesentliche Rolle spielt die Herkunft der Wärme und die Umweltauswirkungen bei deren Erzeugung. Pauschale Aussagen sind kaum möglich, da standortspezifische Randbedingungen in die Bewertung einfließen müssen.

Die Energieeffizienz von Kältesystemen wird üblicherweise anhand des Primärenergiebedarfes bewertet. Der Primärenergiefaktor (PEF) definiert sich über das Verhältnis von eingesetzter Primärenergie zu abgegebener Endenergie.

$$\text{Primärenergiefaktor (PEF)} = \frac{\text{Primärenergie}}{\text{Endenergie}}$$

Bei einer ungekoppelten Erzeugung von Strom bzw. Wärme lässt sich der gesamte Primärenergiebedarf eindeutig zuordnen. Im Falle einer Kraft-Wärme-Kopplung ist hingegen eine

geeignete Allokation der Primärenergie zu den beiden Energieformen erforderlich. In der Literatur werden dafür unterschiedliche Allokationsmethoden beschrieben. Die ÖNORM EN 15316-4-5 schreibt die so genannte **Gutschriftenmethode** vor, über die die Gesamteffizienz von Fernwärme- und Fernkältesystemen berechnet werden kann. [9] [10] [11] [12]

Die Methode wird an einem konkreten Beispiel erläutert. In einer KWK-Anlage werden aus 100 Einheiten Umwandlungseinsatz 30 Einheiten in Strom und 50 Einheiten in Wärme umgewandelt. Sowohl für den Nutzungsgrad (80 %) wie auch für die Stromkennziffer (0,6; Verhältnis von elektrischer Leistung zu genutzter Abwärmeleistung) wurden damit typische Werte für KWK-Anlagen verwendet. Wird Wärme als Hauptprodukt und Strom als Nebenprodukt angenommen, kann argumentiert werden, dass der eingespeiste Strom an anderer Stelle erzeugten Strom ersetzt. Mit Hilfe des Primärenergiefaktors des verdrängten Strommixes (Referenzsystem z.B. ENTSO-E-Strommix) kann der Primärenergiebedarf für die eingespeiste Strommenge berechnet werden. Im angeführten Beispiel wurde ein Primärenergiefaktor für den Strommix von 2,7 angenommen. Der eingespeiste Strom entspricht somit 81 Einheiten Primärenergie. Der Wärme wird die verbleibende Primärenergiemenge von 29 Einheiten zugeordnet. Daraus errechnet sich ein Primärenergiefaktor für die Wärme von 0,58 (vgl. Abbildung 3).

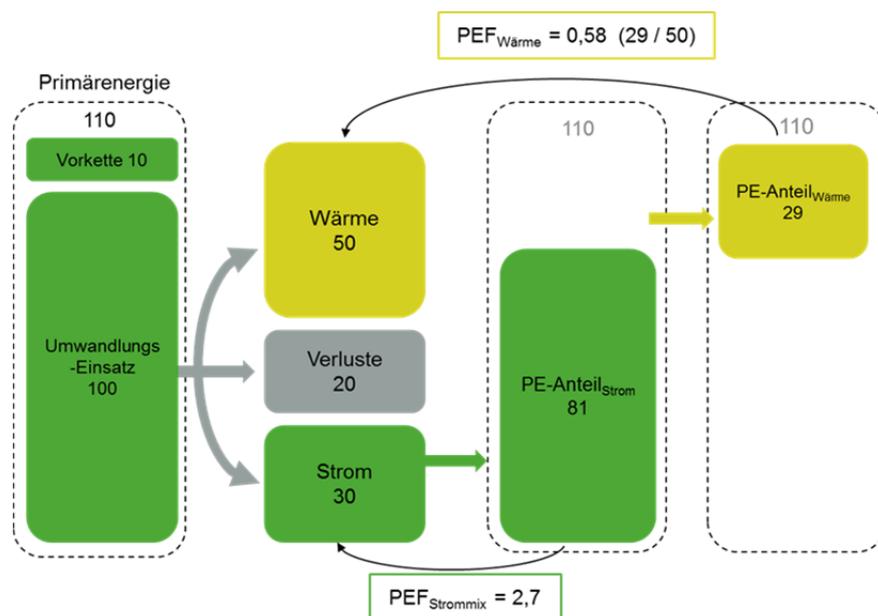


Abbildung 3: Primärenergiefaktor bei der gekoppelten Stromerzeugung (Stromgutschriftenmethode) [8]

Ein Nachteil dieser Zuordnungsmethode ist, dass die Festlegung des Referenzsystems das Ergebnis wesentlich beeinflusst. Ein hoher Primärenergiefaktor des Referenzsystems kann für Fernwärmesysteme zu Primärenergiefaktoren kleiner Null führen. Aus Plausibilitätsgründen sind negative Werte gleich Null zu setzen.

Basierend auf dem Einsatz von Primärenergiefaktoren wird in der ÖNORM EN 15316-4-5 ein Verfahren zur Bewertung der Gesamtenergieeffizienz von **Fernwärme- und Fernkältesystemen** beschrieben. Das Ergebnis des Berechnungsverfahrens ist der Primärenergiefaktor für das jeweilige System (PEF_{dh}). [12]

$$PEF_{dh} = \frac{\sum_i E_{F,i} * PEF_{F,i} - E_{el, chp} * PEF_{el}}{\sum_j Q_{del,j}} \quad [12]$$

$E_{F,i}$	Brennstoffzufuhr (Endenergie) zu den Wärmeerzeugungsanlagen und den KWK-Anlagen im betreffenden System innerhalb des betrachteten Zeitraumes
$PEF_{F,i}$	Primärenergiefaktoren der zugeführten Brennstoffe
$E_{el, chp}$	Nettostromerzeugung der KWK-Anlagen des betreffenden Systems im betrachteten Zeitraum
PEF_{el}	Primärenergiefaktor der ersetzten elektrischen Leistung (Stromgutschriftmethode)
$Q_{del,j}$	Summe des im betrachteten Zeitraum an der Primärseite der Hausstationen der versorgten Gebäude gemessenen Wärmeenergieverbrauches

Durch diese Definition des Primärenergiefaktors werden sowohl die Wärmeverluste des Heiznetzes wie auch die gesamte für die Wärmeerzeugung aufgewendete Energie für Gewinnung, Aufbereitung, Raffinierung, Verarbeitung und Transport der Brennstoffe berücksichtigt.

Gemäß der ÖNORM 15316-4-5 sind Fernkältesysteme nach den gleichen Bilanzierungsregeln zu berechnen wie Fernwärmesysteme. In der Norm wird jedoch nicht auf kältespezifische Besonderheiten eingegangen. Bilanzierungsgrundsätze und Hilfestellungen für die Berechnung komplexer Kraft-Wärme-Kälte-Koppelungs-Systeme (KWKK) finden sich im AGFW Merkblatt FW 311 des Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V. Ein mögliches Fernkältesystem wird in Abbildung 4 dargestellt. Neben einer elektrisch angetriebenen Kompressionskältemaschine wird über ein Fernwärmesystem auch eine thermisch angetriebene Kältemaschine betrieben. Bei KWKK-Systemen besteht eine Verbindung zwischen der Wärme- und der Kälteerzeugung und somit auch zwischen Fernwärme- und Fernkältenetz. Innerhalb der Bilanzgrenze werden die gesamte Energiezufuhr und die gesamte Energieabgabe berücksichtigt.

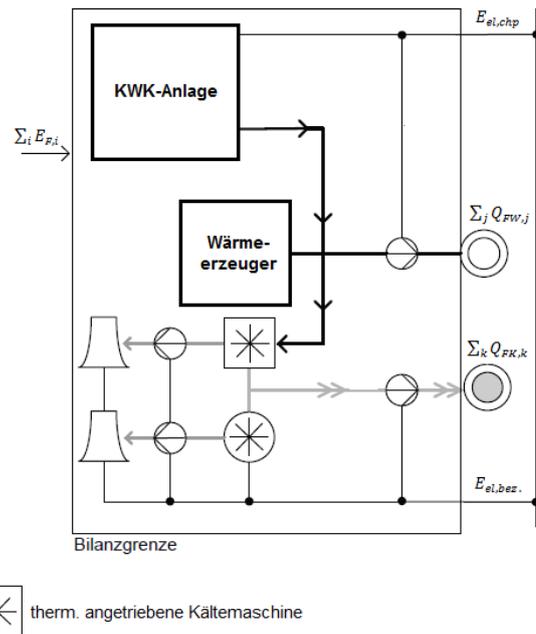


Abbildung 4: KWKK-System mit Kompressionskältemaschine und thermisch angetriebener Kältemaschine nach [13]

Der Primärenergiefaktor kann über folgende Gleichung berechnet werden und gilt gleichermaßen für die Fernwärme und die Fernkälte:

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

$E_{F,i}$	Brennstoffzufuhr (Endenergie) zu den Wärmeerzeugungsanlagen und den KWK-Anlagen im betreffenden System innerhalb des betrachteten Zeitraumes
$PEF_{F,i}$	Primärenergiefaktoren der zugeführten Brennstoffe
$E_{el,bez.}$	Strombezug für den Betrieb der Kompressionskältemaschine einschließlich der zur Kälteerzeugung erforderlichen Anlagen (Pumpen, Ventilatoren, sonstige Peripheriegeräte) und des Fernkältenetzes
$E_{el,chp}$	Nettostromerzeugung der KWK-Anlagen des betreffenden Systems im betrachteten Zeitraum
$PEF_{el,verdr.}$	Primärenergiefaktor des Verdrängungsmix
$Q_{FW,j}$	Auf der Primärseite der Hausstation der jeweils versorgten Gebäude gemessener Wärmeenergieverbrauch
$Q_{FK,k}$	Auf der Primärseite der Hausstation der jeweils versorgten Gebäude gemessener Kälteenergieverbrauch

4 Kälteerzeugung aus Abfallverbrennungsanlagen

Abfallverbrennungsanlagen haben primär den Zweck, Abfälle gesichert und umweltgerecht zu behandeln. Vor dem Hintergrund der Verknappung fossiler Energieträger und der Diskussion rund um den Klimawandel wird auch der Energiegewinnung aus Abfall immer mehr Bedeutung beigemessen, da durch die thermische Verwertung des Abfalles fossile Energieträger substituiert werden. Rund die Hälfte des Abfalles stammt zudem aus nachwachsenden Rohstoffen und ist somit klimaneutral. Neben der Inertisierung des Abfalls ist daher auch eine möglichst effiziente Nutzung der bei der Verbrennung frei werdenden Energie anzustreben (**Waste to Energy-Anlagen**). Die Energieeffizienz kann zwar durch prozesstechnische Optimierungsmaßnahmen erhöht werden, das größte Potenzial liegt jedoch in der Steigerung der externen Wärmeabgabe, am besten in Form von Niedertemperaturwärme. Für die Erreichung hoher Effizienzwerte ist die Nähe zu Siedlungsräumen bzw. Industriebetrieben mit **ganzjährigem Wärmebedarf** entscheidend. Thermisch angetriebene Kältemaschinen bieten in diesem Zusammenhang für die in der Regel ganzjährig betriebenen Abfallverbrennungsanlagen eine Möglichkeit, Wärme auch in Zeiten niedriger Netzauslastung (üblicherweise im Sommer) für die Kälteerzeugung zu nutzen und damit die Energieeffizienz der Anlagen zu steigern.

Tabelle 1 zeigt beispielhaft den Vergleich der Energiebilanz einer fernwärmegetriebenen Absorptionskältemaschine mit einer elektrisch betriebenen Kompressionskältemaschine. Dem zugrunde liegt eine Abfallverbrennungsanlage mit Kraft-Wärme-Kopplung und angeschlossenem Fernwärmenetz, das im Sommer schlecht ausgelastet ist. Wird in diesem Fall für die Kälteerzeugung Wärme ausgekoppelt (KWKK), führt die Wärmeabgabe zu einem Verlust bei der Stromerzeugung in der Abfallverbrennungsanlage (Stromverlustziffer). Der Strom muss an anderer Stelle erzeugt werden und wird daher der Absorptionskältemaschine angelastet. Der Wärmebedarf muss jedoch beim Vergleich nicht angerechnet werden, da keine weiteren Wärmeabnehmer angenommen wurden. Der Vergleich kann in diesem Fall überschlüssig über die Bilanz der elektrischen Energien geführt werden. Unter den angenommenen Bedingungen zeigt sich ein Vorteil für die thermisch angetriebene Kälteerzeugung. Gegenüber der Kompressionskältemaschine weist die Absorptionskältemaschine eine Einsparung an elektrischer Energie von 0,05 MWh je MWh erzeugter Kälte auf. Inwieweit fernwärmegetriebene Sorptionskältemaschinen im Vergleich zu Kompressionskältemaschinen aus energetischer Sicht günstiger sind, hängt demgemäß in erster Linie vom Bedarf an elektrischer Hilfsenergie sowie der Stromverlustziffer ab.

Tabelle 1: Gegenüberstellung des Energiebedarfs einer Kompressions- und einer Absorptionskältemaschine [14]

	Kompressionskältemaschine	Absorptionskältemaschine 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 Wärmeabnahmeangenommen wurde, wird die thermische Energie nicht angerechnet ⁵ ... Hilfsenergie: 2,5 % der Antriebsleistung			

Zur Wirtschaftlichkeit von KWKK-Anlagen sind aufgrund von standortspezifischen Gegebenheiten keine allgemeinen Aussagen möglich. Die Kältegestehungskosten werden durch die Investitionskosten, die Abschreibungsdauer, die Betriebsstunden, die Energiekosten für die eingesetzte Wärme und die Stromkosten beeinflusst. Absorptionskältemaschinen weisen gegenüber Kompressionskältemaschinen höhere Investitionskosten auf, sind jedoch i.d.R. hinsichtlich der Kosten für die Antriebsenergie begünstigt.

5 Umsetzungsbeispiele in Europa

In Europa und Österreich sind bereits zahlreiche Umsetzungsbeispiele für Kälteanwendungen in Verbindung mit Abfallverbrennungsanlagen vorhanden.

Eine Vielzahl von Projekten und Projektideen in Österreich bestehen von Seiten der **Wien Energie GmbH**. Das Unternehmen ist seit dem Jahr 2006 im Geschäftsfeld Fernkälte tätig. Die Fernkälte bietet eine Möglichkeit die im Sommer überschüssige Wärme, welche hauptsächlich aus der Abfallverbrennung stammt, zu nutzen und damit die Energieeffizienz der Anlagen im Kraftwerkspark zu steigern. Die Wien Energie GmbH hat bisher sowohl zentrale Großkältestationen mit ausgedehntem angeschlossenem Fernkältenetz (Kältezentralen Schottenring und Spittelau) als auch dezentrale Kälteanlagen (z.B. Rudolfstiftung) errichtet, wobei sowohl Absorptions- wie Kompressionskältemaschinen eingesetzt werden (vgl. Abbildung 5). Die derzeit installierte Leistung von rund 80 MW wird sich mittelfristig durch die in Bau befindlichen Anlagen um etwa 40 MW erhöhen. [15] [16]

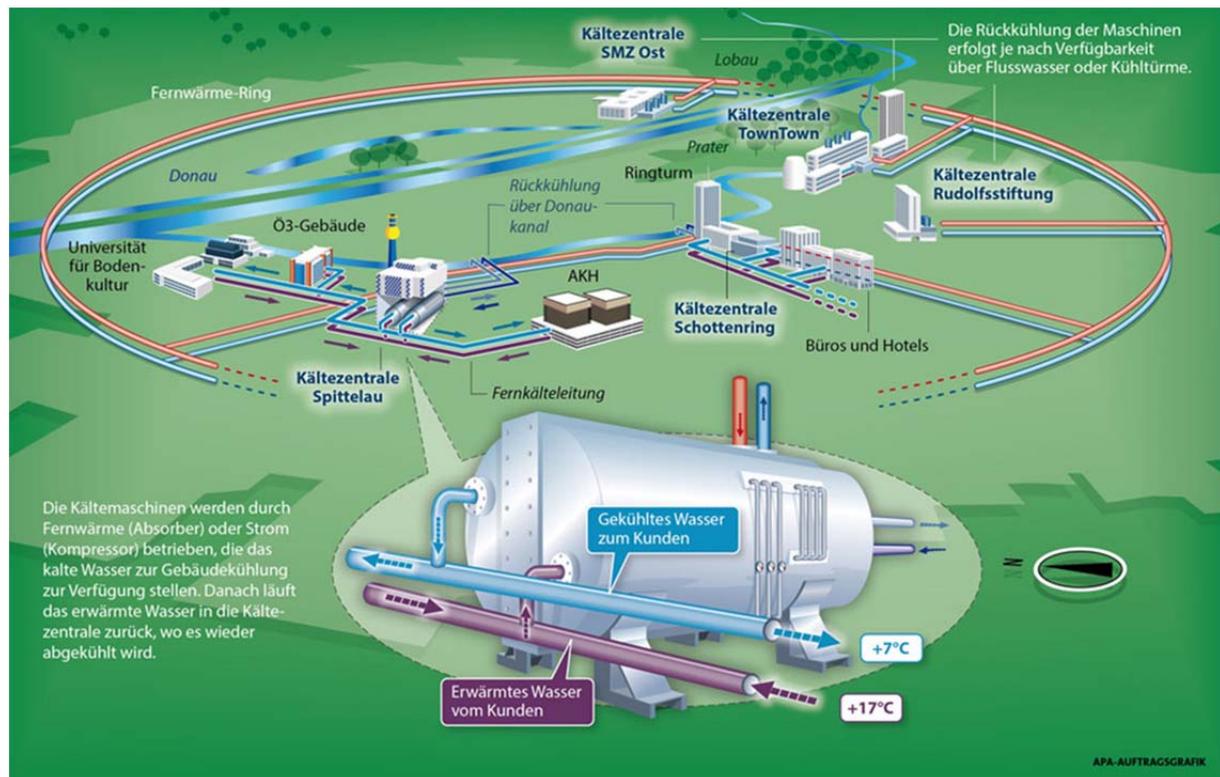


Abbildung 5: Übersicht Fernwärmering und Fernkältezentralen der Wien Energie GmbH [15]

Ein weiteres österreichisches Fernkältebeispiel mit Bezug zur Abfallverbrennung befindet sich in **St. Pölten**. Die Kältezentrale wird dort über eine rd. 30 km lange Fernwärmehleitung, in die die Abfallverwertungsanlage Zwentendorf/Dürnrohr Wärme einspeist, mit Antriebsenergie versorgt, um Kälte für das Landeskrankenhaus St. Pölten bereitzustellen. [17]

Als weitere Umsetzungsbeispiele in Europa können u.a. die Fernwärme-/kältezentralen der Districlima S.A. (Barcelona), der Industriellen Werke Basel (IWB), des dänischen Stadtwerkeunternehmens HOFOR oder der Umeå Energi AB (Umeå/Schweden) genannt werden, bei denen in unterschiedlichen Konzeptionen die Abwärme aus Abfallverbrennungsanlagen zur Kälteerzeugung beiträgt.

In der Erzeugungszentrale Forum der **Districlima S.A.** wird bspw. zum überwiegenden Teil Dampf aus der nahegelegenen Müllverbrennungsanlage Sant Adrià de Besòs zur Wärme- bzw. Kältebereitstellung genutzt. Über den Prozessdampf werden vier Dampf/Wasser-Wärmetauscher zur Wärmebereitstellung und zwei indirekt mit Meerwasser gekühlte Absorptionskältemaschinen zur Kälteerzeugung betrieben. Die restliche benötigte Kälteleistung wird über insgesamt vier zum Teil direkt zum Teil indirekt mit Meerwasser gekühlte Kompressionskälteanlagen bereitgestellt. Als Puffermöglichkeit umfasst das System weiters einen 5.000 m³ Kaltwasserspeicher. Die Ausfallsreserve für den Dampf aus der Müllverbrennung bildet ein Gaskessel (vgl. Abbildung 6). [18]

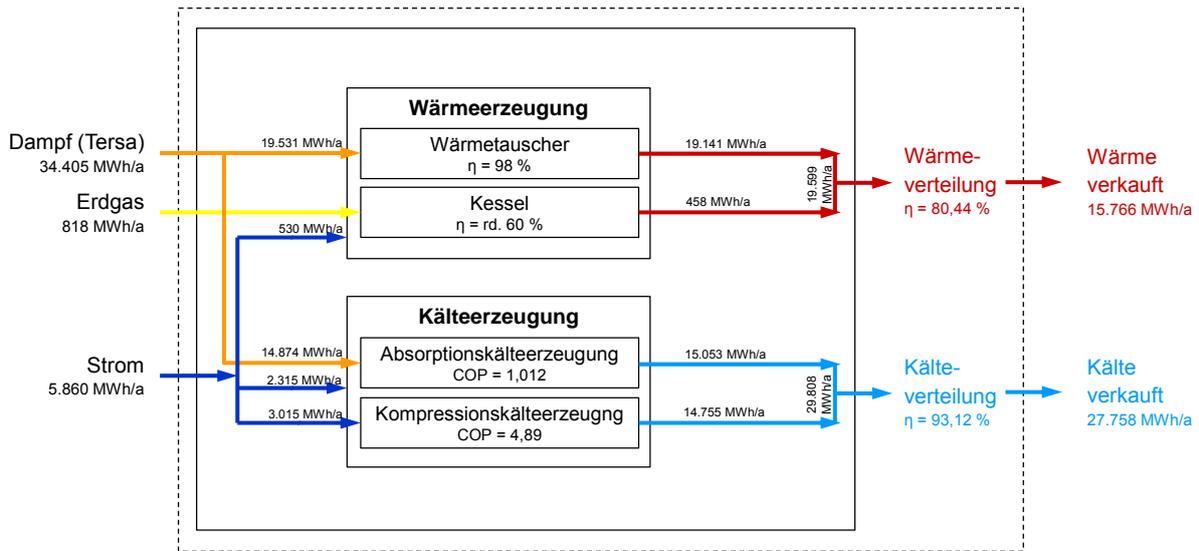


Abbildung 6: Wärme- und Kälteerzeugung der Districlima S.A. (Zentrale Forum, Stand 2010) [18]

Die Fernkälteerzeugung der **Umeå Energi AB** im schwedischen Umeå zeigt gut die Möglichkeiten für eine an die spezifischen, örtlichen Gegebenheiten angepasste Wärme-/Kältebereitstellung auf. Insgesamt werden in Umeå rd. 70 % der Gebäudeflächen über Fernwärme beheizt. Fernwärme bzw. Fernkälte werden primär über Biomassekraftwerke und eine Abfallverbrennungsanlage erzeugt. Zu kleineren Teilen werden auch Torf und Öl sowie Abwärme der Papierfabrik SCA Packaging Obbola (über Wärmepumpen) für die Fernwärme-/kälteerzeugung eingesetzt. Die Erzeugung von Fernkälte erfolgt durch eine Kombination von Absorptionskältemaschinen, Kompressionskältemaschinen, Free Cooling (über den Fluss Ume älv) sowie Wärmepumpen (siehe Abbildung 7). Die Absorptionskältemaschinen werden mit der vom Unternehmen erzeugten Fernwärme angetrieben.

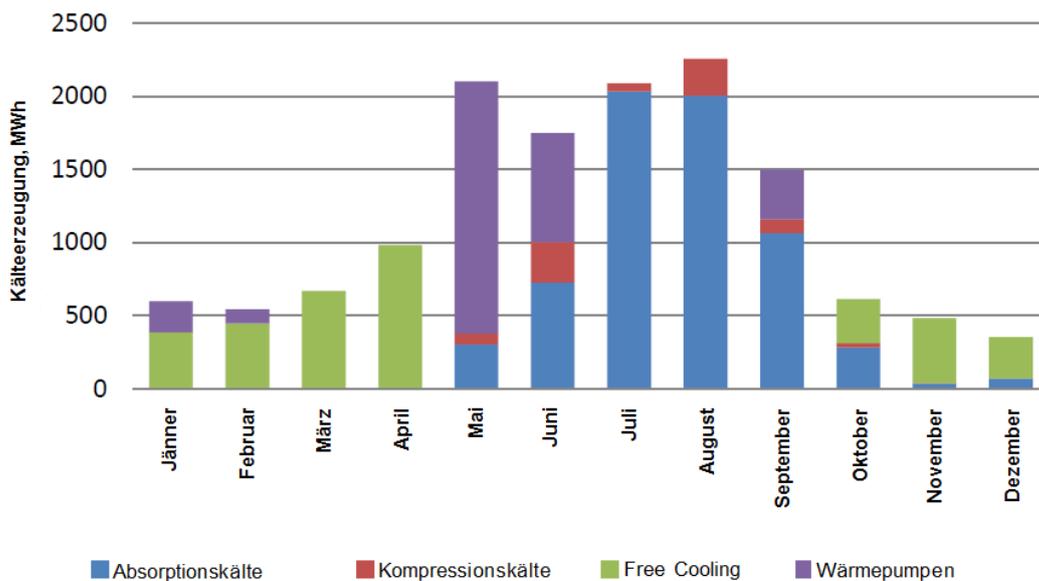


Abbildung 7: Fernkälteerzeugung in Umeå 2009 nach Kälteerzeugungstechnologie [19]

6 Fazit

Fernkältesysteme als Möglichkeit zur Effizienzsteigerung bei thermischen Erzeugungsanlagen und speziell auch bei Abfallverbrennungsanlagen müssen immer einzelfallbezogen beurteilt und auf die jeweiligen Randbedingungen maßgeschneidert werden. Grundlegenden Einflussfaktor stellen der lokale Kältebedarf und dessen Charakteristik dar. Ebenfalls abhängig von den lokalen Gegebenheiten wird in der konkreten Umsetzung üblicherweise auf eine Mischung unterschiedlicher Kälteerzeugungstechnologien gesetzt und kommen zentrale oder dezentrale Konzepte zum Einsatz. Neben Absorptions- und Kompressionsanlagen werden teilweise auch natürliche Kältequellen (Free Cooling) eingesetzt.

In Europa belegen bereits einige Beispiele, dass die Kälteerzeugung aus der Abwärme von Abfallverbrennungsanlagen in Abhängigkeit des spezifischen Kontextes positiv darstellbar ist. Vor allem in Hinblick auf den Primärenergiebedarf und die Treibhausgasemissionen können Kältesysteme in Kombination mit thermischen betriebenen Kälteanlagen Vorteile aufweisen.

7 Literatur (Auswahl)

- [1] Henning, H.-M; Urbaneck, T. (2009): Kühlen und Klimatisieren mit Wärme. BINE-Fachbuch 2009 (unveränderter Nachdruck 2012), Springer- Fraunhofer IRB Verlag, Karlsruhe.
- [2] Euroheat & Power (2005/2006): The European Cold Market. Final report of ECOHEATCOOL Work package 2.
- [3] Simader, G. R.; Rakos, C. (2005): Klimatisierung, Kühlung und Klimaschutz – Technologien, Wirtschaftlichkeit und CO₂-Reduktionspotenziale. Österreichische Energieagentur, Wien 2005.
- [4] Von Cube, H. L. et al. (1997): Lehrbuch der Kältetechnik, Band 1, 4. Auflage, C.F. Müller Verlag Heidelberg 1997.
- [5] Grote, K.-H.; Feldhusen, J. (Hrsg.) (2011): Dubbel – Taschenbuch für den Maschinenbau, 23. Auflage, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2011.
- [6] Urbaneck, T. (2012): Kältespeicher – Grundlagen, Technik, Anwendung. Oldenbourg Wissenschafts-verlag GmbH 2012.
- [7] Urbaneck, T. et al. (2007): Review zur Kältespeichertechnik, KI Kälte Luft Klimatechnik Januar/Februar 2007.
- [8] Pfeifroth P., Beer, M. (2009): Primärenergetische Bewertung von Fernwärme aus KWK, Endbericht FfE, Auftraggeber AGFW e.V., Juni 2009.
- [9] ÖNORM EN 15603, Ausgabe: 2008-07-01: Energieeffizienz von Gebäuden – Gesamtenergieverbrauch und Festlegung der Energiekennwerte.
- [10] Mauch, W. et al. (2010): Allokationsmethoden für spezifische CO₂-Emissionen von Strom und Wärme aus KWK-Anlagen, Energiewirtschaftliche Tagesfragen 66, Heft 9, 2010.
- [11] Kalt, G. (2013): Primärenergiefaktoren von fossilen und erneuerbaren Energieträgern, Strom und Fernwärme im Zeitraum 2000 bis 2011, Österreichische Energieagentur, Auftraggeber BMWFJ, Wien Juni 2013.

- [12] ÖNORM EN 15316-4-5, Ausgabe: 2007-10-01: Heizungsanlagen in Gebäuden – Verfahren zur Berechnung der Energieanforderungen und Nutzungsgrade der Anlagen, Teil 4-5: Wärmeerzeugungssysteme, Leistungsfähigkeit und Effizienz von Fernwärme- und großvolumigen Systemen.
- [13] AGFW-Merkblatt FW 311, Energetische Bewertung von Fernkälte, Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V., Juni 2011.
- [14] Hartleitner, B. et al. (2009): Steigerung der Energieeffizienz bayrischer MVA durch Fernkältenutzung. Augsburg: bifa Umweltinstitut, 2009. Nr. 43.
- [15] Wien Energie, <http://www.wienenergie.at>, aufgerufen am 25.11.2013.
- [16] Ebner, T.; Wallisch, A. (2013): Fernkälte – Kältelieferung: Wirtschaftlich sinnvolle, umweltverträgliche und sichere Lösungen, Erster Österreichischer Klima-Kälte-Tag, Wien 17.10.2013.
- [17] EVN, Pressemeldung, Zukunftsorientierte Technologie für St. Pölten – Fernkälteversorgung für das Landeskrankenhaus, 04.09.2013, <https://www.evn.at>, aufgerufen am 25.11.2013.
- [18] Vortrag "District Heating and Cooling in Barcelona – Waste to Energy". Juli 2010.
- [19] Sjöström, Katarina (2011): Environmental impact from district cooling: an assessment of district cooling in Umeå with focus on the use of primary energy and emissions of climate gases. Universität Umeå.
- [20] Umeå Energi AB (2009): State of the art district heating and cooling – City of Umeå in Sweden. Application documents for the Global District Energy Climate Award.