

# FERNKÄLTE ALS ENERGIEEFFIZIENZMAßNAHME

Alexander WALLISCH<sup>1</sup>

## **Fernkälte in Wien spart Energie?**

Seit mittlerweile 2007 wird in Wien Fernkälte entwickelt. Zeit den Status der Entwicklung und das zukünftige Potential zu beleuchten. Hauptaugenmerk liegt aber auf der Frage ob Fernkälte als Energieeffizienzmaßnahme geeignet ist.

### ***Fernkälte Status***

In Wien sind derzeit 27,5 MW an Fernkälteanlagen installiert und Fernkälte wird über Fernkälteleitungen an Kunden geliefert. Mehr als die Hälfte der Kälte wird dabei in Absorptionskältemaschinen erzeugt. Seit 2007 vor allem aber seit der Inbetriebnahme der Fernkältezentrale Spittelau im Jahr 2009 wurden Erfahrungen gesammelt, die auch in einem von KLIEN geförderten Programm „Kälte der Zukunft“ zur Weiterentwicklung der optimalen Auslegung von Fernkältezentralen genutzt wurden.

### ***Energieeffizienz mit Fernkälte***

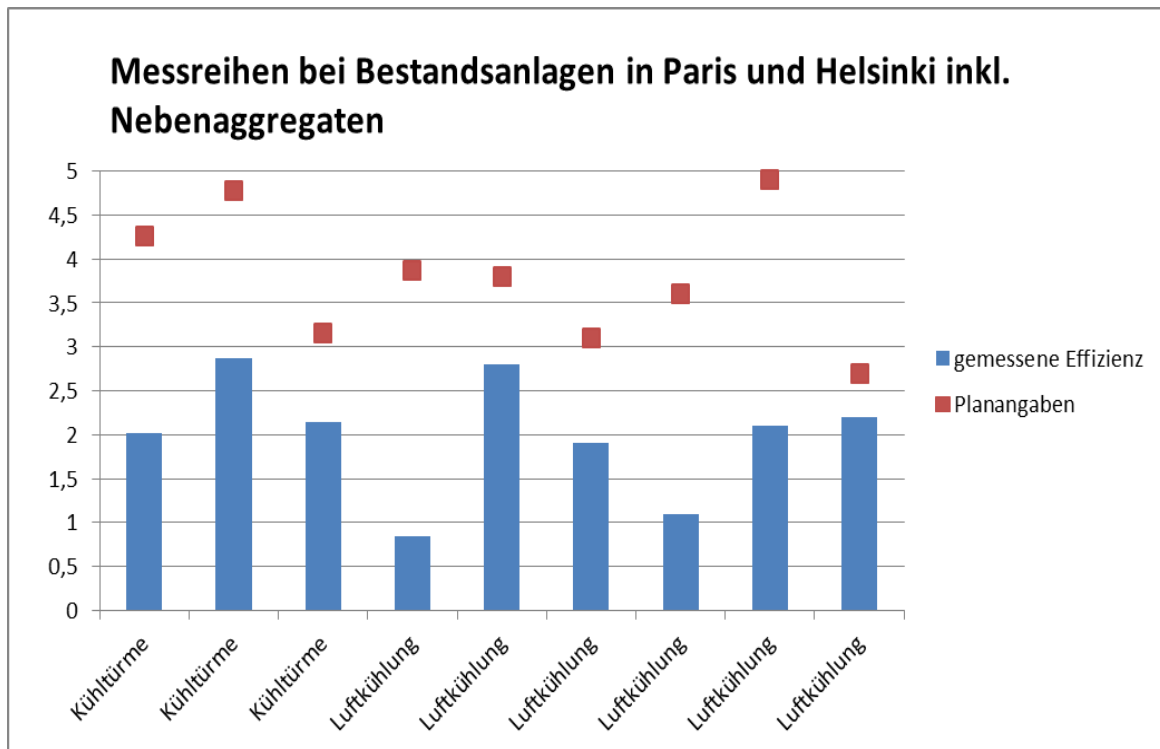
Fernkälte ersetzt dezentrale Kälteerzeugungen. Beim Vergleich der Effizienz von Fernkälte zu Kältezentralen stößt man auf zwei wesentliche Schwierigkeiten.

Die erste – es gibt zu Kälteanlagen wesentlich weniger Studien/Zahlen/Daten insbesondere Messdaten die zum Vergleich herangezogen werden können. Im Wesentlichen wird daher immer auf ESEER Datenbanken zurückgegriffen, die einerseits den Hilfsenergiebedarf ausblenden und andererseits auf Labormesswerten beruhen.

Die zweite – es gibt starke Indizien, dass gerade bei der Kälteerzeugung übers Jahr gesehen der Unterschied zwischen Planwerten und realen Messwerten sehr groß ist. In Helsinki und in Paris wurden Messungen realer Systeme durchgeführt und haben durchwegs zu dem Ergebnis geführt dass der Strombedarf mehr als doppelt so hoch ist als dies in der Planung ermittelt wurde. Die Messergebnisse sind aber in Österreich wissenschaftlich nicht verwertbar, da zu wenig über den Messaufbau, die Anlagenkonfiguration etc. bekannt ist. Ein Hinweis darauf, dass diese Aussage zutreffend ist stimmt allenfalls.

---

<sup>1</sup> Fernwärme Wien GesmbH, Spittelauer Lände 45, 1090 Wien, +43 (1) 31326/2342, alexander.wallisch@fernwaermewien.at, <http://www.wienenergie.at/we/ep/programView.do/channelId/22449/programId/12413/pageTypeld/11893>



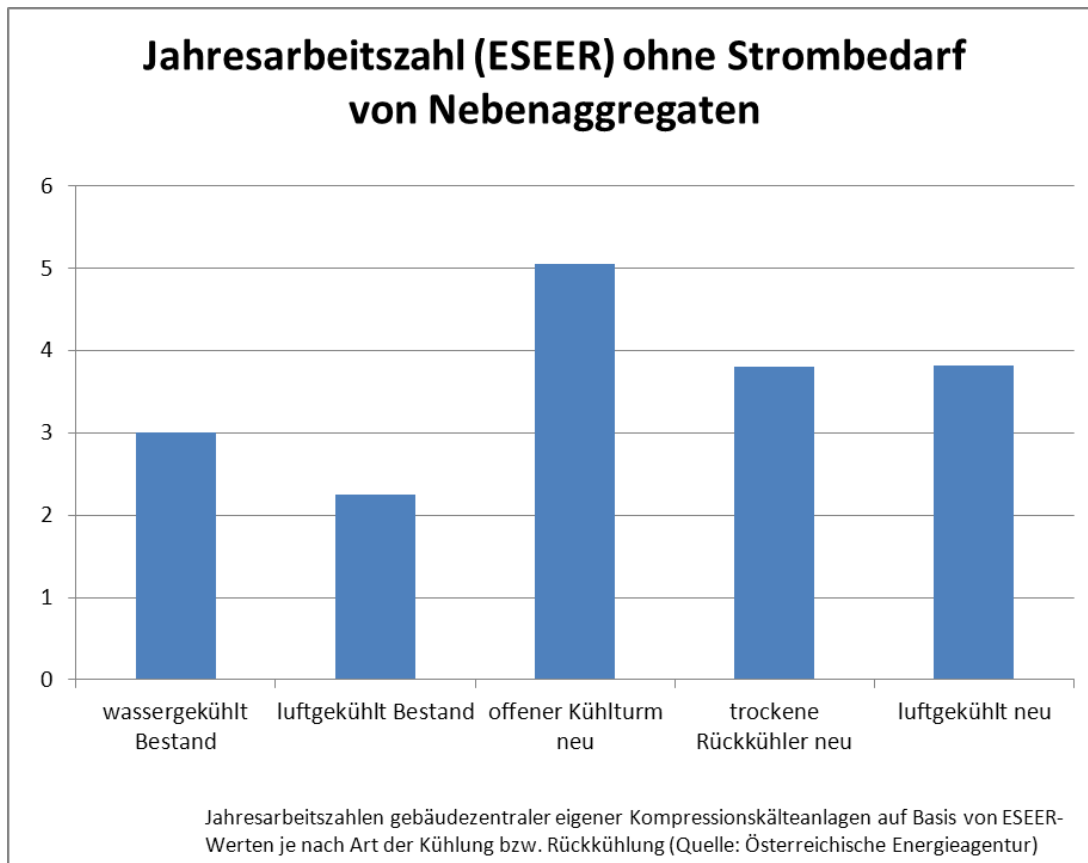
**Bild 1:** Messreihen von Bestandsanlagen; EuroHeat&Power English Edition, Vol. 7, 1/2010

Für den folgenden Effizienzvergleich wird auf die, im Jahr 2010 verfasste, Aufstellung der ESEER (European Seasonal Energy Efficiency Ratio) durch die Austrian Energy Agency zurückgegriffen.

Kompressionskältemaschinen zahlreicher Hersteller werden laufend nach der Eurovent-Klassifikation hinsichtlich Volllast- und Teillastverhalten gemessen. Der ESEER-Wert nach Eurovent berücksichtigt die realen Lastverhältnisse europäischer Klimaanlage, die aufgrund umfangreicher Auswertungen realer Lastprofile ermittelt

Die zu testenden Anlagen werden an vier verschiedenen Betriebspunkten gemessen: bei 25 %, 50 %, 75 % und 100 % Auslastung. Dabei werden verschiedene Umgebungslufttemperaturen einerseits sowie die Wassertemperatur andererseits eingestellt. In jedem Betriebspunkt wird die Effizienz gemessen. Die vier Ergebnisse werden entsprechend den in der rechten Spalte von **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** angeführten Faktoren gewichtet und ergeben so den ESEER-Wert, der die Effizienz der Kälteanlage im realen Betrieb möglichst gut abbilden soll.

Zur Berechnung der zu erwartenden Jahresarbeitszahlen wurden die ESEER-Werte aus der Kategorie „Kaltwassersätze“ herangezogen, davon jene Produkte, die nur zur Kühlung dienen (ohne Split-Geräte), jeweils im Leistungsbereich von 50 bis 120 kW. Aus den aktuellen Messdaten wurde das arithmetische Mittel gebildet, um den Markt möglichst gut abzubilden. Die meisten gebäudezentralen Kompressionskälteanlagen in Wien weisen keine offenen Kühltürme auf. Dies führt zu veränderten Betriebspunkten aufgrund eines schlechteren Wärmeübergangs in die Umgebung. Die ESEER-Betriebspunkte sind hier nicht erreichbar. Daher wurden basierend auf Herstellerangaben über derartige Systeme mittels Auslegungsprogrammen EERs (Energy Efficiency Ratios) berechnet.



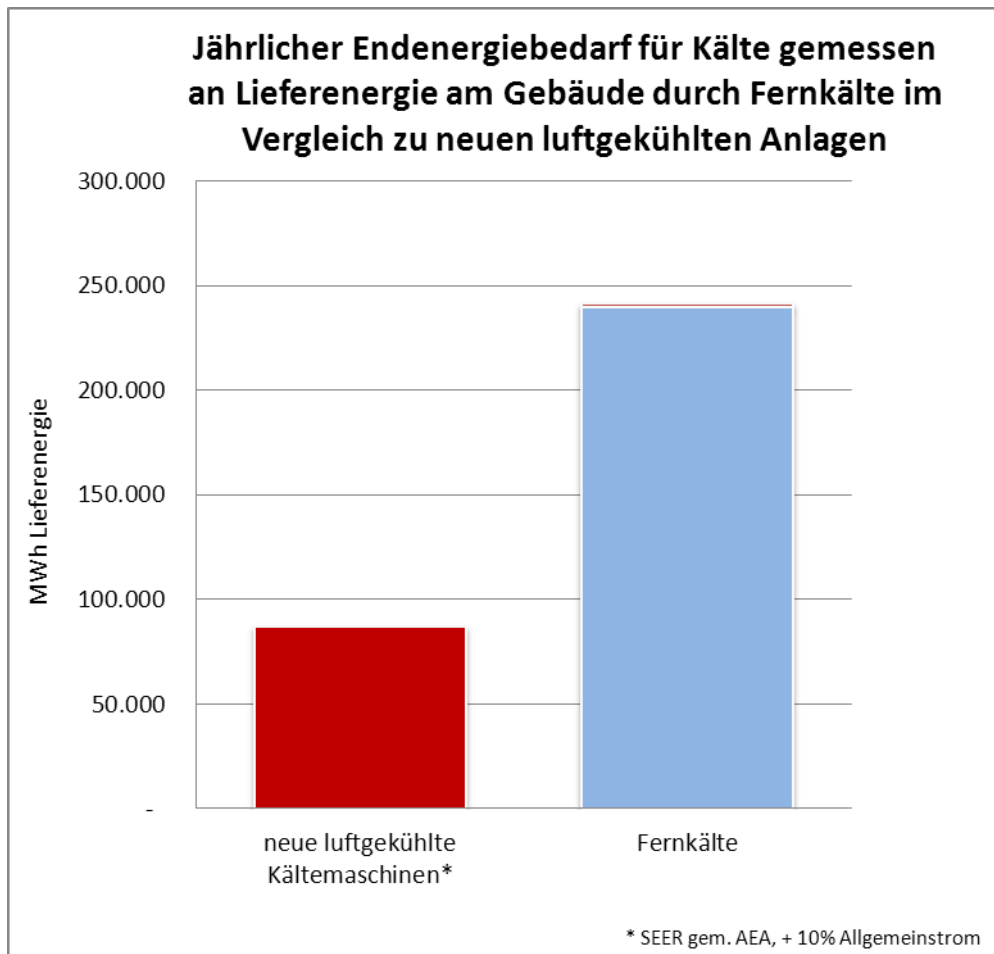
**Bild 2:** Angaben aus Eurovent Datenbank; Primärenergiefaktoren und Treibhausgasemissionen der Fernkälteerzeugung, Austrian Energy Agency, Dezember 2010

Als geeignete Referenz-Kompressionskältemaschine für den Vergleich mit Fernkälte ist, aufgrund der Erfahrung die wir im Zuge der Vertragsverhandlungen gewinnen konnten, eine neue luftgekühlte Anlage in der Stadt, die von der Austrian Energy Agency mit einem ESEER von 3,82 berechnet wurde.

Verglichen wird mit der realen Anlage in der Spittelau. Diese ist repräsentativ für Fernkälteanlagen wie sie von Wien Energie Fernwärme geplant und gebaut werden. Ebenso verfügt diese Anlage über ein entsprechendes Fernkältenetz. In Summe beziehen sich die Angaben auf die Kältemenge, welche das Ziel von Wien Energie Fernwärme – Ausbau auf 200 MW - repräsentieren. Da die Anlage seit 2009 in Betrieb ist können dem Vergleich reale Energieverbräuche zu Grunde gelegt werden. Damit werden aber, wie oben erwähnt, höchst wahrscheinlich überbewertete theoretische Werte für die dezentrale Anlage mit realen Messwerten verglichen.

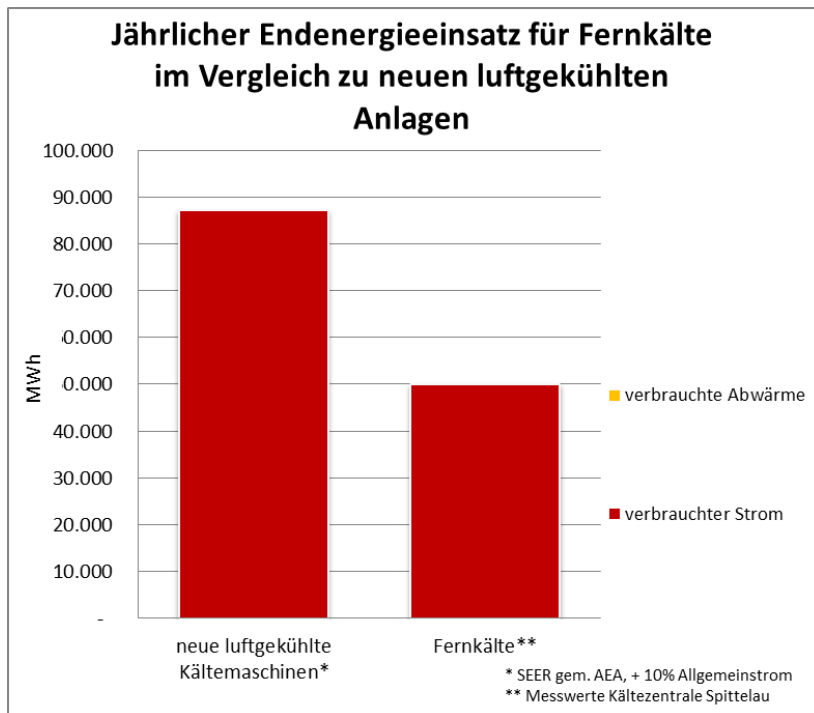
Der erste Endenergieeffizienzvergleich entspricht einer Betrachtung die häufig angestellt wird. Endenergieeffizienz wird oft auch als Vergleich von Lieferenergie verstanden. Lieferenergie ist jene Energie die einem Gebäude von außen zugeführt (geliefert) wird.

Klarerweise schneidet Fernkälte in diesem Vergleich ungünstig ab, da hier bereits umgewandeltes Klimakaltwasser mit Strom für die Kältemaschinen verglichen wird. Die Vorteile von Kältemaschinen Strom effizient umzusetzen um Kälte zu erzeugen, wie im Fall der hauseigenen Kältemaschine, kommt dem Haus zugute, im Fall der Fernkälte nicht, da diese (wesentlich effizientere) Umsetzung außerhalb des Hauses passiert. Ein Vergleich der klarerweise keinen Sinn macht, aber die Grundlage vieler Studien/Rechnungen ist. Die Wertigkeit (ökologisch wie ökonomisch) der Energien wird in diesen Darstellungen ausgeklammert.



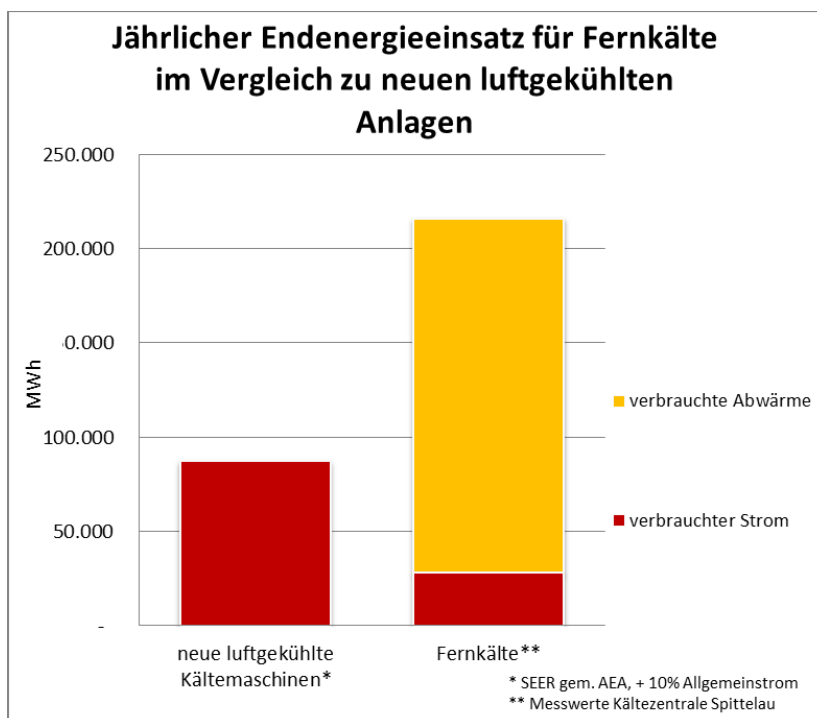
**Bild 3:** Lieferenergiebedarf, eigene Messung und Berechnung

Die zweite Möglichkeit Energieeffizienz zu vergleichen ist anhand der Angabe der jeweils der Kälteerzeugung zugeführten Energie. Es ist der Vergleich von Endenergieverbrauch der Kälteerzeugung. Die Wertigkeit der Energie wird zwar nach wie vor nicht berücksichtigt, wohl aber die Effizienz der Umwandlung in der jeweiligen Kälteanlage.



**Bild 4:** Endenergiebedarf, eigene Messung und Berechnung

Die obige Darstellung der Fernkälte entspricht der Effizienz einer reinen strombetriebenen Fernkältezentrale – die gesamte gelieferte Kälte wird also durch Kompressoren bereitgestellt. Diese deutlich höhere Energieeffizienz der Fernkälte ist das Ergebnis der wesentlich besseren SEERs der Kompressionskältemaschinen die in den großen Kältezentralen mit niedrigeren Rückkühltemperaturen für die Kältemaschinen erreicht werden. Die folgende Grafik zeigt den Endenergieeffizienzvergleich mit den tatsächlichen Energieeinsätzen der Fernkälte wie sie in Wien bereitgestellt wird.

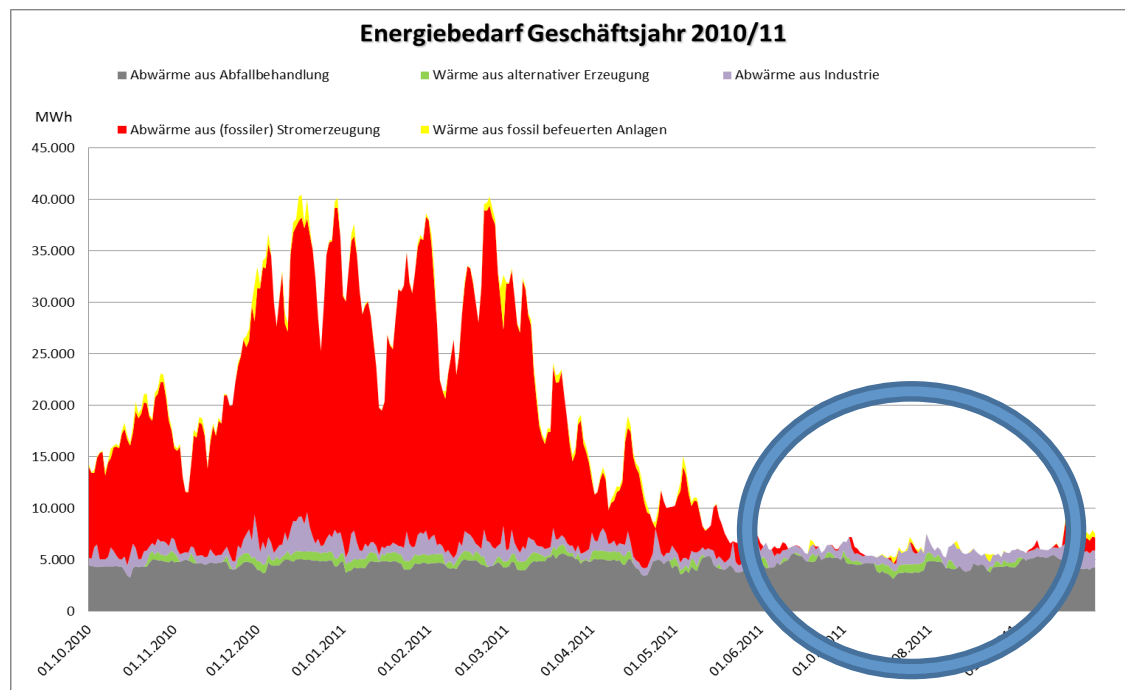


**Bild 5:** Endenergiebedarf, eigene Messung und Berechnung

Die Kältezentralen von Wien Energie Fernwärme setzen zur Kälteerzeugung eine Mischung aus Kompressions- und Absorptionskältemaschinen ein und nutzen im Winter Free-Cooling Möglichkeiten. Beim Einsatz von Absorbieren ist entscheidend zu wissen, dass diese gegenüber den Kompressoren die eingesetzte Energie nicht so effizient umsetzen können. Einstufige Absorber mit Lithium Bromid kommen in der Regel übers Jahr auf einen SEER von rund 0,7 – bei Kompressoren ist das wie ausgeführt zwischen 3 und 5.

Die Konsequenz daraus kann und muss sein, dass Absorptionskältemaschinen ökologisch nur dann eine Berechtigung haben, wenn die Wärme für ihren Antrieb aus Abwärme stammt – es also Energie ist die sowieso zur Verfügung steht. Aus diesem Grund ist bei Wien Energie Fernwärme der Haupteinsatz der Absorber von Mai bis September, da in dieser Zeit ausschließlich reine Abwärme vorhanden ist. Dies trifft umso mehr ab 2014 zu, da ab diesem Zeitraum zusätzliche Wärme aus der tiefen Geothermie zur Verfügung stehen wird.

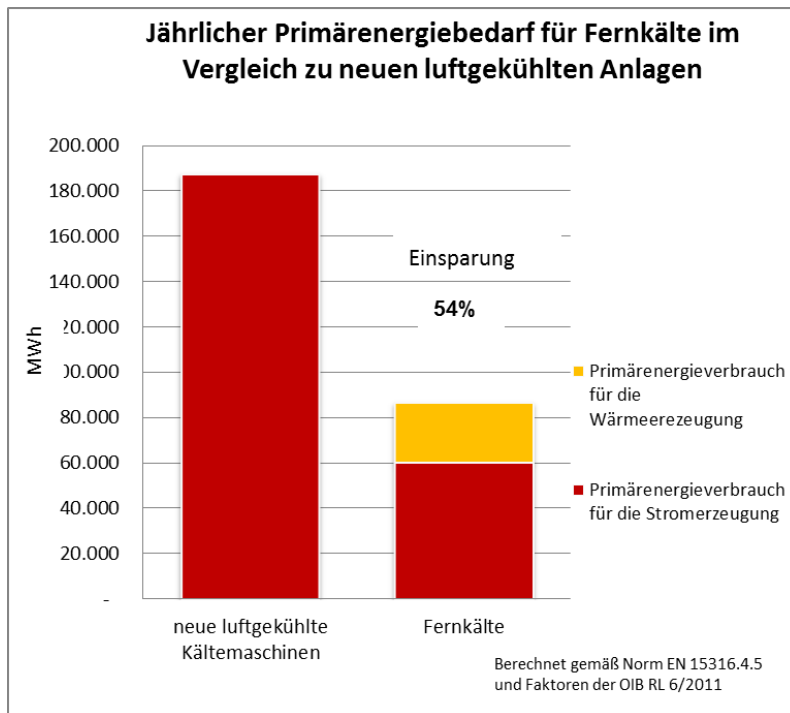
Das folgende Diagramm veranschaulicht die Herkunft der Wärme für Fernwärme in Wien im Jahr 2010/2011. Speziell im Sommer kommt die Wärme aus der Abfallbehandlung, alternativen Quellen und aus industrieller Abwärme – und diese steht zur Verfügung ob sie nun genutzt wird oder nicht.



**Bild 6:** Fernwärmeaufbringung Wien Energie Fernwärme

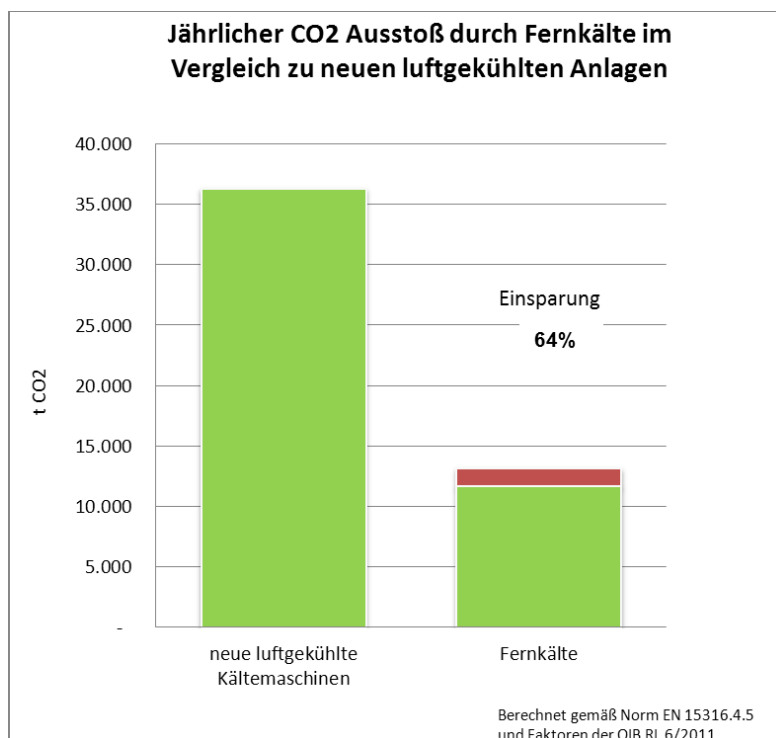
Um Effekte wie die Abwärme-Nutzung richtig darstellen zu können, wurde in der europäischen Normung die Berechnung der Energieeffizienz als Primärenergieeffizienz eingeführt. Dabei werden nicht mehr nur die Effizienz der Umwandlung in der Kältezentrale berücksichtigt, sondern insbesondere auch der Einsatz an Brennstoffen für die Bereitstellung der Energien die in diesen Zentralen eingesetzt werden. Es werden also die Gesamtsysteme inklusive ihrer Vorketten berücksichtigt.

Erst wenn die Vorketten der Energiegewinnung berücksichtigt werden, ist es möglich zwei Energiesysteme ganzheitlich zu beurteilen und deren Wertigkeit richtig einzuschätzen. Für die Umrechnung des Endenergieeinsatzes in Primärenergie wurden die 2011 veröffentlichten Primärenergiefaktoren der OIB Richtlinie 6 verwendet, die zukünftig auch die Grundlage der unterschiedlichen Bauordnungen in Österreich wird.



**Bild 7:** Primärenergiebedarf, eigene Messung und Berechnung

FAZIT: Fernkälte spart gegenüber herkömmlicher dezentraler Kälteversorgung Strom – einerseits durch eine wesentlich höhere Effizienz der Kältemaschinen und andererseits durch die Verwendung von Abwärme als Antriebsenergie. Diese Einsparung an Strom wirkt sich bei der Energieeffizienz durch eine Einsparung an Brennstoffen für die Erzeugung dieses Stroms aus. In Summe werden für die Fernkälteerzeugung rund 54% weniger Primärenergie eingesetzt als bei der dezentralen Erzeugung, was sich auch beim Vergleich der CO<sub>2</sub> Emissionen auswirkt.



**Bild 5:** Treibhausgasemissionen, eigene Messung und Berechnung

### **Fernkälte Potential in Wien**

Bereits anhand der in Bau befindlichen Projekte „Schottenring“ mit 15 MW Kälteleistung, „Hauptbahnhof“ mit 20 MW Kälteleistung und „MGC“ mit 3 MW Kälteleistung zeigt sich das große Potential für Fernkälte. Diese drei Anlagen repräsentieren auch sehr gut die großen Herausforderungen bei der Entwicklung von Fernkälteprojekten, und zeigen die unterschiedlichen Lösungsansätze auf.

#### **Fernkältezentrale Schottenring:**

Die Kältezentrale wird in der Zelinkagasse im ersten Wiener Gemeindebezirk situiert sein. Es wird in dieser Straße eine Garage eingegraben und um ein Bauwerk für die Kältezentrale erweitert. Um die Rückkühlung der Kältemaschinen bewerkstelligen zu können, musste ein Weg gefunden werden um mit der Rückkühlleitung DN600 von der Kältezentrale zum Donaukanal zu kommen – allerdings queren in diesem Bereich unterirdisch zwei U-Bahn Linien und oberirdisch gilt es mit dem Franz-Josef-Kai eine der stärkst befahrenen Straßen zu überwinden. Diese Situation stellt klarerweise eine in der Stadt häufiger vorkommende Schwierigkeit dar. Immerhin haben Kälteleitungen in der Regel eine Dimension DN300 bis DN500 und in der Innenstadt sind bereits viele Einbauten bestehend. In diesem Fall war die einzige Möglichkeit ein bestehender Überlaufkanal der benutzt werden kann. Ausgehend von der Kältezentrale wird ein Kältenetz in der Innenstadt errichtet werden.

#### **Fernkältezentrale Hauptbahnhof:**

Am gerade in Entstehung befindlichen Hauptbahnhof wird im Gleisbaukörper ein Bauwerk für die Kältezentrale errichtet. Dort werden Kältemaschinen mit rund 20 MW Leistung situiert werden und ab 2014 für Klimakälte sorgen. Da im Nahebereich keine Möglichkeit bestand die notwendigen Kühltürme aufzustellen, wird ein rund 600 Meter entfernte Standort über Rückkühlleitungen aufgeschlossen. Damit ist auch schon der Knackpunkt für die meisten Kälteprojekte – unabhängig von der Größe – angesprochen: die Rückkühlung. Wenn kein Fluss zur Verfügung steht müssen Kühltürme oder andere Rückkühler aufgestellt werden, die im freien stehen. Wenn sie am Dach situiert sind beanspruchen sie den wertvollsten Platz, verursachen einen gewissen Lärm, und verdunsten im Fall von Kühltürmen Wasser.

#### **Kältezentrale Rudolfstiftung**

Dieses Projekt stellt eine ganz andere Kategorie an Projekten dar. Hier entsteht eine dezentrale Kälteanlage für ein Objekt mit in Summe im Endausbau rund 7,8 MW Kälteleistung. Die Abwärme wird über die Fernwärme zur Verfügung gestellt. Die Besonderheit an diesem Projekt ist die Verschaltung mehrerer Kältezentralen. Die bestehenden Kältemaschinen in der Krankenanstalt werden soweit sinnvoll weiter genutzt und eingebunden. Zusätzlich kommt im zu errichtenden Rechenzentrum eine Kältezentrale hinzu, die über Kälteleitungen an die Kältezentrale der Rudolfstiftung angebunden wird. Dadurch wird es möglich die Absorber optimal auszunutzen und die notwendige Ausfallssicherheit zu gewährleisten. So weit wie möglich wird über die Kühltürme auch Free Cooling bewerkstelligt – was insbesondere für das Rechenzentrum durch die höheren Klimakaltwassertemperaturen über einen langen Zeitraum zu gewährleisten sein wird. Im Winter wird die Abwärme des Rechenzentrums über die Kältemaschinen als Wärmepumpe zur Niedertemperaturheizung verwendet.

Diese Beispiele sind nur ein Auszug der im Moment in Planung befindlichen Projekte – in Summe ist das erklärte Ziel bis 2020 200 MW an Kundenkälteleistung zu liefern.

Diese drei Projekte unterstreichen den hohen Projektierungsaufwand für Kälteerzeugungsanlagen und zeigen gleichzeitig die vielen Möglichkeiten auf die sich bieten. Es zeigt sich aber auch, dass Lösungen genauso unterschiedlich sein müssen wie die Gegebenheiten um mit Fernkälte ein jeweils angepasstes, marktfähiges Angebot bieten zu können. Denn einen ökologischen Benefit kann Fernkälte nur leisten, wenn sie dezentrale Kälteanlagen ersetzt – wenn sie also auch tatsächlich vom Markt akzeptiert und genutzt wird.