



AUSTRIAN ENERGY AGENCY

Klimatisierung, Kühlung und Klimaschutz: Technologien, Wirtschaftlichkeit und CO₂- Reduktionspotenziale

Kurzfassung

Stand der Technologie, Wirtschaftlichkeit, Potenziale, Emissionen und Fallstudien

Verfasser:

DI Dr. Günter R. Simader

Wien, 31.03.2005

Impressum

Herausgeberin: Österreichische Energieagentur - Austrian Energy Agency,
Otto-Bauer-Gasse 6, A-1060 Wien; Tel. +43 (1) 586 15 24, Fax +43 (1) 586 15 24 - 40;
E-Mail: guenter.simader@energyagency.at, Internet: <http://www.energyagency.at>

Für den Inhalt verantwortlich: Dr. Fritz Unterpertinger

Gesamtleitung: Dr. Christian Rakos (bis 31. Juli 2004), Dr. Günter R. Simader (ab 1. September 2004)

Lektorat: Dr. Margaretha Bannert

Layout: Mag. Reinhard Jellinek

Herstellerin: Österreichische Energieagentur

Verlagsort und Herstellungsort: Wien

Kurzfassung

Die Umsetzung von wärmebetriebenen Kältemaschinen kann grundsätzlich als technisch machbar eingestuft werden vorausgesetzt, dass bestimmte Voraussetzungen, wie z.B. entsprechende Temperaturniveaus der Antriebswärme oder ausreichend hoher Bedarf an Kälte, gegeben sind. Am betrachteten Markt sind derzeit folgende Kühltechnologien verfügbar:

- Lithiumbromid/Wasser-Absorptionsanlagen
- Wasser/Ammoniak-Absorptionsanlagen
- Silicagel/Wasser-Adsorptionsanlagen
- DEC-Anlagen

Bei den DEC-Anlagen ist anzumerken, dass die Regelungstechnik technisch noch nicht gänzlich ausgereift ist. Die notwendigen technologischen Weiterentwicklungen werden mittels Demonstrationsprojekten derzeit vorangetrieben.

Die Antriebswärme kann einerseits durch fossile Energieträger abgedeckt werden, andererseits auch durch erneuerbare Energieträger (Solarenergie, Biomasse, u.U. Biogas) oder Abwärme aus Industrieprozessen bzw. Wärme aus Fernwärme- und Müllverbrennungsanlagen. Optimale Antriebsbedingungen für wärmebetriebene Kühltechnologien werden bei der Anbindung an eine Gasturbine mit direkter Nutzung der Abgaswärme bzw. über eine Dampfauskopplung erzielt. In Verbindung mit Motor-BHKW werden insbesondere heißgekühlte BHKW Anlagen eingesetzt. Bei diesen Anlagen können Vorlauftemperaturen von 120 °C für die Kühltechnologien eingesetzt werden.

Bei der Verwendung von Solarkollektoren müssen neben allgemeinen Bedingungen noch andere Faktoren, wie passende klimatische Bedingungen, Übereinstimmung des Tageskühllastprofils mit dem Solarertragsprofil oder genug vorhandene Aufstellungsfläche erfüllt sein. Der Bedarf an Auslegungsregeln und Planungsverfahren sowie entsprechende Handbücher für Anwender werden schwerpunktmäßig in den verschiedenen FTE Aktivitäten – zum Teil auch internationalen FTE Kooperationen wie beispielsweise im Task 25 „Solar Heating and Cooling“ der Internationalen Energieagentur IEA – erarbeitet. Bis dato wurden vorwiegend Demonstrationsanlagen errichtet, die die Grundlasten von Objekten gedeckt haben. Die Mittel- und Spitzenlasten wurden entweder mit anderen Wärmequellen (z.B. Abwärme, Back-up Kesselsysteme, Fernwärme, Nahwärme aus Biomasse-Anlagen, etc.) oder in Kombination mit konventionellen Kühlsystemen (z.B. Kompressionskältemaschinen) gedeckt. Die durchschnittlichen Solarstrahlungen reichen weiters nicht aus, um Kälte zu generieren (beispielsweise für gewerbliche Anwendungen).

Für die Weiterentwicklung der Systemtechnik kommt es insbesondere darauf an, hydraulisch einfache, robuste Verschaltungen einzusetzen, die regelungstechnisch gut beherrscht werden. Zugleich sind beim „Solar Cooling“ regelungstechnische Verfahren zu entwickeln, die zu jedem Zeitpunkt eine optimale Ausnutzung der verfügbaren Solarenergie sicherstellen und damit eine Minimierung des Primärenergieeinsatzes bewirken.

Mit der Fernwärme-Kälte können – insbesondere im Sommer – Lasttäler von Fern- und Nahwärmenetzen aufgefüllt werden. Damit erhöhen sich auch die Betriebsstunden bzw. erhöht sich der Brennstoffnutzungsgrad des KWK-Systems bzw. des Kraftwerkparks. Der

Einsatz von Fernwärme in Fernkältenetzen ist vorwiegend in räumlich begrenzten Regionen mit konzentriertem Kältebedarf von Interesse. Einzelanlagen können üblicherweise mit konventionellen Anlagen aus wirtschaftlichen Gründen nicht konkurrieren.

Insgesamt wurden vier Fallbeispiele im Rahmen dieses Projekts untersucht:

- 1) DEC-Anlage im Ökopark Hartberg
- 2) Fernwärmebetriebene Komfortklimaanlage
- 3) Einkaufszentrum Salzburg
- 4) zentral mittels Fernwärme gekühlter Bürokomplex in Wien.

Die für die ersten beiden Fallbeispiele (DEC Anlagen im Ökopark Hartberg bzw. fernwärmebetriebene Komfortanlage) durchgeführten Wirtschaftlichkeitsberechnungen zeigen, dass Dessicant (DEC) – Technologien (Desiccative and Evaporative Cooling bzw. reine Desiccant-Entfeuchtung) eine wirtschaftliche Alternative zu herkömmlichen Klimatisierungsanlagen darstellen können.

Abhängig von den vorliegenden Strom- und Wärmepreisen können die Anlagen gleich teuer oder sogar etwas billiger sein als zentrale Lüftungsgeräte mit einer Kompressionskühlung.

Vergleicht man die Wirtschaftlichkeitsberechnungen dieser beiden Fallbeispiele miteinander, fällt auf, dass die fernwärmegetriebene Komfortklimaanlage (Fallbeispiel 2) eine bessere Wirtschaftlichkeit aufweist als die DEC-Anlage (Fallbeispiel 1). Das ergibt sich aus folgenden Gründen: bei der DEC-Anlage stammt ein Teil der Wärmeversorgung aus teuren Vakuumkollektoren, der Dessicant-Entfeuchter der fernwärmegetriebenen Komfortklimaanlage wird idF nur zur Entfeuchtung eingesetzt. Es fehlt der Zuluftbefeuchter und die damit verbundenen Kosten. Ausschlaggebend ist jedoch, dass die gewählte Vergleichsanlage in Fallbeispiel 2 durch die getrennte Kühlung und Entfeuchtung sehr teuer ist und dadurch, die fernwärmegetriebene Komfortklimaanlage im Vergleich dazu kostengünstiger ist.

Das 3. Fallbeispiel untersucht ein Einkaufszentrum in der Stadt Salzburg, welches mit Fernwärme versorgt wird. Für dieses Fallbeispiel wurden drei Varianten betrachtet:

- Variante 1: Referenzanlage; Kompressionskälteanlage + Klimaanlage
- Variante 2: Adsorptionskälteanlage + Klimaanlage + Speicher
- Variante 3: POPcool- Anlage (DEC Anlage)

Basierend auf den technischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen konnte gezeigt werden, dass eine wirtschaftliche Klimakälteversorgung des Einkaufszentrums mit einem POPcool-System gegenüber der installierten Kompressionsanlage mit niedrigeren spezifischen Kältekosten gegeben ist (nicht jedoch mit einer Adsorptionsanlage). Die Auslegung des POPcool-Systems erfolgte bei einem Temperaturniveau von 80 °C. Die momentane Vorlauftemperatur beträgt 70 °C; somit konnten zwar grundsätzlich die Vorteile der DEC Anlage gegenüber der Adsorptionsanlage erarbeitet werden, ein direkter Vergleich mit der Adsorptionsanlage (Auslegung bei 70 °C) kann/konnte allerdings nicht gemacht werden.

Das Fazit dieses dritten Fallbeispiels ist weiters, dass, um eindeutige Aussagen über die Wirtschaftlichkeit zu treffen, weitere technische und wirtschaftliche Detailanalysen Objektes erforderlich sind, die die detaillierte Erfassung der einzelnen Kostengruppen inkludiert. Das kann durch eine detaillierte Gebäude- und Anlagensimulation erbracht werden.

Beim 4. Fallbeispiel handelt es sich um eine „feasibility study“ für einen zentral gekühlten Bürokomplex in Wien. Die Planungen beruhen einerseits auf einem bereits realisierten Projekt in einem Krankenhaus, andererseits wurden die Daten auf die derzeit bekannten Erfordernisse dieses Bürokomplexes adaptiert.

In diesem Fallbeispiel werden 2 Varianten gegenübergestellt:

- Variante 1: Zentrale Niedertemperatur-Absorptionskälteanlage (bestehend aus 2 Absorptionskältemaschinen und einer Kompressionskältemaschine zur Spitzenlastabdeckung) und
- Variante 2: konventionelle Kompressionskälte für rund 15 Objekte mit dezentralen Kompressionskälteanlagen.

Die Analyse zeigt, dass sich eine zentrale Kälteversorgung auf Basis von Niedertemperatur-Absorptionskälteanlagen in Verbindung mit einer Kompressionskälteanlage zur Spitzenabdeckung durch Versorgungssicherheit und Wirtschaftlichkeit auszeichnet.

Die Vorteile gegenüber dezentralen Versorgungssystemen auf Basis Kompressionskälteanlagen sind:

- geringere Investitions- und Betriebskosten
- Platzersparnis
- Konzentration der Schallquellen auf einen Punkt
- einfachere Bedienung und Wartung durch professionelle Energiedienstleister
- geringere gesetzliche Überprüfungs-kosten
- Möglichkeit des „free-coolings“ für Prozesskälte im Winter
- Sicherheit für den Kältekunden im Zusammenhang mit Änderungen im Bereich der Kältemittelverordnung (beim Absorber: Kältemittel Wasser)
- Reduzierung der Leckagen bei Kälteanlagen (1 Kompressor statt 15/30 Kompressoren)

Als Nachteil zentraler Kälteversorgungsanlagen muss angeführt werden, dass bei stufenweisem Ausbau von urbanen Entwicklungsgebieten, Teile der Infrastruktur für den geplanten Endausbau vorgehalten und vorfinanziert werden müssen.

Der Vergleich von Fallbeispiel 3 (Einkaufszentrum) und Fallbeispiel 4 (Bürokomplex) zeigt, dass Einzelanlagen üblicherweise mit konventionellen Anlagen aus wirtschaftlichen Gründen nicht konkurrieren können. Beim Einsatz von Fernwärme in Fernkältenetzen in räumlich begrenzten Regionen mit konzentriertem Kältebedarf z. B. in Dienstleistungszentren, Bürokomplexen, etc., ändert sich die Situation zu Gunsten der Fernkälte.

Hinsichtlich der weiteren Forcierung von Fernkälte müssen potentielle Investoren bzw. Kältekunden preiswerte und sichere Lösungen für ihre Kälteversorgung angeboten werden, die mit einem Kälte-dienstleister oder mit der eigenen Anlage technisch-wirtschaftlich optimal realisiert wird. Positiv kann die Fernkälte durch Contracting- oder Nutzenergiekonzepte und die systematische Erschließung des Kältemarktes über kommunale oder lokale Kälteversorgungs-konzepte beeinflusst werden (beispielsweise durch Vorranggebiete für Kältenetze).

Die Umweltverträglichkeit basierend auf CO₂ Emissionsanalysen zeigt bei allen 4 Fallbeispielen deutliche Reduktionspotenziale, insbesondere wenn der österreichische thermische Kraftwerkspark oder der UCTE Kraftwerkspark als Referenzszenario herangezogen wird.

Hinsichtlich der Potenzialanalysen wurden die Chancen und Hemmnisse bzw. Entscheidungskriterien für den Einsatz von wärmebetriebenen Kälteanlagen für die verschiedenen Sektoren bzw. Gebäudekategorien in Österreich untersucht. Potenziale existieren insbesondere für die Raumklimatisierung in folgenden Sektoren bzw. Gebäudekategorien:

- Großvolumige Bürogebäude,
- Hotels (vorwiegend 3 bis 5 Sterne Hotels),
- Einkaufszentren und große Lebensmittelgeschäfte,
- Industrie insbesondere Lebensmittelindustrie und Halbleiterindustrie)

Zusammenfassend kann in Österreich von Stromeinsparungen zwischen 170 und 267 GWh bis zum Jahr 2008 in den verschiedenen Szenarien für die angeführten Sektoren bzw. Gebäudekategorien ausgegangen werden. Exkludiert man die industriellen Branchen, die ein sehr geringes wirtschaftliches Potenzial aufweisen bzw. die bis dato zu keinen Demonstrationenanlagen geführt haben, so verringert sich dieses Potenzial auf 80 bzw. 177 GWh.

Hinsichtlich des Reduktionspotenzials der CO₂-Äquivalent Emissionen kann von einem max. Reduktionspotenzial bis zum Jahr 2008 von 33.000 bzw. 200.000 t CO₂-Äquivalent Emissionen (Referenzszenario österreichischer Kraftwerkspark bzw. österreichischer thermischer Kraftwerkspark) ausgegangen werden. Werden wiederum die industriellen Applikationen exkludiert, die nur geringes wirtschaftliches Potenzial aufweisen, so reduziert sich dieses Potenzial auf 22.000 bis 135.000 CO₂-Äquivalent Emissionen (Referenzszenario österreichischer Kraftwerkspark bzw. österreichischer thermischer Kraftwerkspark) angegeben werden.

Hinsichtlich der regionalen Verteilung können aufgrund der vorliegenden Datenbasis nur grobe Abschätzungen durchgeführt werden. Die größten Kältepotenziale finden sich in den Ballungszentren, wobei Wien an die 40 % hiervon abdeckt (siehe hierzu nachfolgende Abbildung).

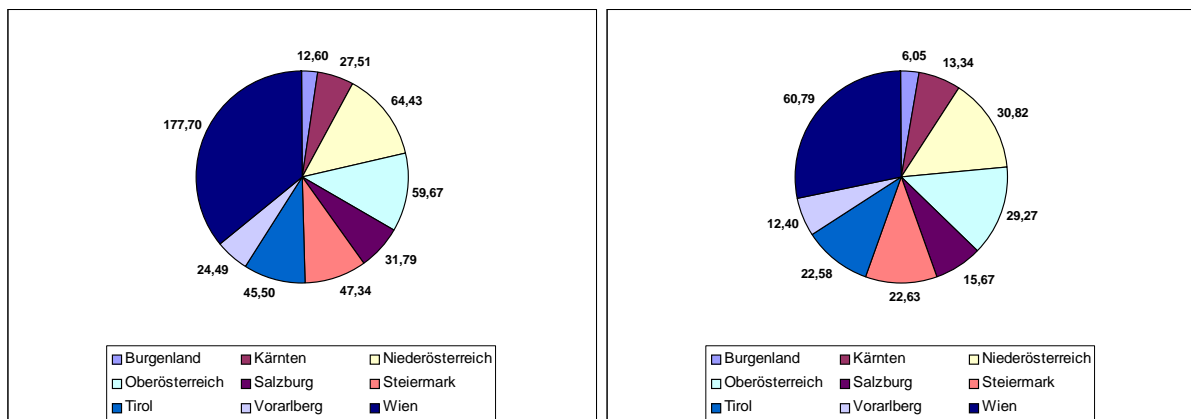


Abbildung 1: Regionale Verteilung der installierbaren Kälteleistungen für thermische Kühlanlagen in MW

Erläuterung: Die linke Grafik stellt das max. Potenzial dar mit insgesamt 491 MW; die rechte Grafik stellt das min. Potenzial dar mit insgesamt 214 MW

Die Realisierung dieser Potenziale erfordert einen Kraftwerkspark, der von Bundesland zu Bundesland stark variiert. In Wien werden beispielsweise durch neue Anlagen zusätzliche Wärmeleistungen im Kraftwerkspark in den Sommermonaten (von rund 100 MW) aufgebaut, welche für Kühlungs- und Klimatisierungsanwendungen herangezogen werden können.

nen. In anderen Bundesländern gibt es hierzu kaum bestehendes Fernwärmepotenzial bzw. liegen hierzu tw. keine detaillierten Ausbaupläne vor. Der Kraftwerkspark bzw. Wärmepark, der für den Betrieb der Kühlanlagen zur Verfügung steht, ist weiters entscheidend für die Realisierung der angeführten CO₂ Äquivalenteinsparungen.

Für die Realisierung dieser Potenziale wurden in einem Kapitel die Rahmenbedingungen bzw. Instrumente und FTE Förderungen skizziert. Insbesondere durch die Umsetzung der Gebäude und KWK RL in nationales Recht wird erwartet, dass die identifizierten Substitutionsraten tatsächlich auch erzielt werden können.

Auf nationaler Ebene konnten bis Ende letzten Jahres Förderansuchen im Rahmen der inländischen Umweltförderung (Förderschiene: „Kälteanlagen“) eingebracht werden. Damit sollte ein möglichst frühzeitiger Umstieg auf Kälteanlagen mit alternativen Kältemitteln bzw. mit deutlich verringerten Mengen an Kältemitteln forciert werden. (Stichwort: Umsetzung der Kältemittelverordnung). Nach Auskunft des verantwortlichen Sachbearbeiters können zwar keine Projekte in dieser Förderschiene mehr eingebracht werden, handelt es sich allerdings um besonders innovative Projekte, so können diese über andere Förderschwerpunkte (B. Effiziente Energienutzung, erneuerbare Energieträger, etc.) eingereicht bzw. zur Förderung vorgeschlagen werden. Hinsichtlich FTE Aktivitäten im Bereich Kühlen/Klimatisieren kann auf europäische Förderungen (6. FTE RP, EIE) und nationale Förderschienen (EdZ, regionale Technologiefördermaßnahmen) verwiesen werden.

Der Mangel an derzeit durchgeführten Demonstrationsanlagen, die detaillierte Informationen und Resultate über den Einsatz und den Betrieb der thermischen Kühltechnologien in den verschiedenen Gebäudekategorien und Sektoren bringen, kann als eines der Haupthemmnisse für die weitere Forcierung identifiziert werden.

Hinsichtlich weiterer Projekte von thermischen Kälteanlagen kann auf die Realisierung von Demonstrationsprojekten in den angeführten Gebäudekategorien bzw. Sektoren verwiesen werden, die hohe Substitutionsraten bzw. hohe Stromeinsparungen und CO₂-Äquivalenteinsparungen mit sich bringen. Diese sind:

- (i) Absorptionskälteanlagen in großvolumigen Bürokomplexen bzw. Gebäuden mit konzentriertem Kältebedarf (Raumklimatisierung) basierend auf Fernwärme,
- (ii) Basierend auf den Ergebnissen der Fallbeispiele wird die Realisierung von wärmebetriebenen Kälteanlagen (vorwiegend DEC Anlagen) in folgenden Gebäudekategorien bzw. Sektoren empfohlen:
 - Einkaufszentren bzw. großen Verbrauchermärkten,
 - größere Hotelanlagen (vorwiegend 4 und 5 Sterne Hotels), und
 - Bürogebäuden.
- (iii) Weitere Analysen hinsichtlich Prozesskühlanlagen in der Lebensmittelindustrie bzw. ggf. bei Vorliegen von positiven Resultaten dieser Analysen, die Umsetzung von Pilotprojekten in diesem Sektor,
- (iv) Weitere Analysen bzw. techno-ökonomische, -ökologische Studien, welche das Potenzial in den verschiedenen industriellen Branchen mit Bedarf an Prozesskühlung inkludiert und ggf. bei Vorliegen von positiven Resultaten die Umsetzung von Pilotprojekten forciert.

Grundsätzlich ist anzumerken, dass die sektorale Replizierbarkeit dieser Pilotanlagen im Vordergrund stehen sollte, um die Erschließung dieser Potenziale voranzutreiben. Dies ist

aufgrund des derzeitigen Entwicklungsstands oft nicht möglich, da die Anlagen zum Teil mit Spezialanfertigungen ausgestattet sind und damit allgemein gültige Aussagen und Schlussfolgerungen oft nicht möglich sind. Aus diesem Grund kann der Fall eintreten, dass die Realisierung von mehreren Demonstrationsprojekten für jeweils die selbe bzw. ähnliche Gebäudekategorie bzw. Sektor erforderlich ist.

Weiters sollten vor der Realisierung von Demonstrationsprojekten technische und wirtschaftliche Detailanalysen in Form von Gebäude- und Anlagensimulationen durchgeführt werden, um das technische und kaufmännische Risiko zu begrenzen. Insbesondere beim Einsatz von erneuerbaren Energieträgern (B. Solarenergie) sind die Auslegungsregeln und Planungsverfahren nach wie vor Teil der laufenden FTE Aktivitäten.

Hinsichtlich der Erschließung von Klimatisierungspotenzialen basierend auf Fernwärme bzw. Fernkältenetzen muss als Nachteil angeführt werden, dass der stufenweise Ausbau dieser Infrastruktur vorgehalten bzw. vorfinanziert werden muss. Dieser Barriere können kommunale oder lokale Kältversorgungskonzepte bzw. Strategien (Vorranggebiete für Fernkältenetze, Infrastrukturförderungen für Betriebsansiedlungen, etc.) entgegenwirken.