



**EUROPEAN COMMISSION**  
DIRECTORATE-GENERAL ENERGY AND TRANSPORT  
New Energies & Demand Management  
**Promotion of Renewable Energy Sources & Demand Management**

Brüssel, 1. November 2006

## **THE EUROPEAN PILOT MOTOR CHALLENGE PROGRAMME**

### **Aktive Systeme zur Kälteerzeugung**



#### **Inhaltsverzeichnis**

1. Einleitung zum Modul für aktive Systeme in der Kältetechnik .....	1
2. Aufstellung der Gefrierkomponenten und die Systemfunktion.....	1
A. Systembeschreibung.....	1
B. Dokumentation und Messung der Betriebsparameter .....	5
C. Globale Kennziffern der Systemleistung .....	5
3. Bewertung der Anwendbarkeit von Energiesparmaßnahmen .....	6
4. Aktionsplan.....	12
5. Jährlicher Bericht.....	13

## 1. Einleitung zum Modul aktive Systeme zur Kälteerzeugung

Dieses Dokument stellt eine Ergänzung zu den Partner Richtlinien des Motor Challenge Programms (MCP) da. Es hilft bei der Identifizierung und Umsetzung von Effizienzmaßnahmen im Bereich der Kälteerzeugung, und unterstützt Partner somit bei der Erstellung des Aktionsplanes, falls dieser Bereich durch den Partner im Rahmen seiner Teilnahme am MCP ausgewählt wird. Insbesondere erläutert das Dokument die einzelnen Schritte, die ein Partner bei der Teilnahme umsetzen sollte:

- **Erstellung** einer Liste der installierten Kältesysteme mit Ihren Komponenten, die zum Gefrieren und Kühlen eingesetzt werden.
- Eine **Einschätzung** welche der in diesem Modul genannten oder weiteren Maßnahmen Energiesparmaßnahmen ggf. umgesetzt werden können.
- Aufstellung eines **Aktionsplanes**, der der Kommission übermittelt wird und in dem die Maßnahmen erläutert werden, die der Partner umsetzen will um die Betriebskosten seiner Anlagen durch Steigerung der Energieeffizienz zu senken
- Übermittlung eines **jährlichen Berichtes** der über den Fortschritt bei der Umsetzung des Aktionsplanes berichtet.

Die Liste mit den installierten aktiven Kältesystemen und die Einschätzung der Effizienzpotentiale sind betriebsinterne Dokumente die vertraulich behandelt werden können, während der Aktionsplan und der jährliche Bericht der Kommission vorgelegt werden.

Das vorliegende Dokument beschäftigt sich schwerpunktmäßig mit **industriellen Kälteanlagen**. Eine Kälteanlage ist definiert als ein System, das Temperaturen unter 0°C erzeugt. Allerdings sind auch aktive **Kühlsysteme**, die im Temperaturbereich zwischen 0°C und der Umgebungstemperatur arbeiten, sehr verbreitet und basieren auf derselben Technologie. Aus diesem Grunde können die meisten der in diesem Dokument beschriebenen Maßnahmen für Kälteanlagen genauso für Kühlsysteme angewendet werden.

Nur Rückkühlanlagen, die bei Temperaturen oberhalb der Raumtemperatur arbeiten (z.B. Kühltürme), werden in diesem Modul nicht behandelt. In diesen Systemen dominieren zur Wärmeabfuhr andere Motorensysteme, insbesondere Pumpen und Ventilatoren, die in eigenständigen Modulen behandelt werden. In jedem Fall sollte beachtet werden, dass Kühltürme immer Systemen mit aktiver Kühlung vorgezogen sollten, da sie für die (Rück-)Kühlung deutlich weniger Energie verbrauchen.

## 2. Erstellung eines Inventars der Kälteanlagen und Betriebsweise

Als ersten Schritt zur Ermittlung möglicher Energiesparmaßnahmen sollte ein MCP Partner eine **Aufstellung** seiner Kälteanlagen vornehmen und die wichtigsten Betriebsparameter ermitteln. Dabei gliedert sich die Inventar Erstellung in drei Phasen:

A (Systembeschreibung), B (Dokumentation und Messung der Betriebsparameter) und C (Kennzahlen und Wirkungsgrade).

### A. Systembeschreibung

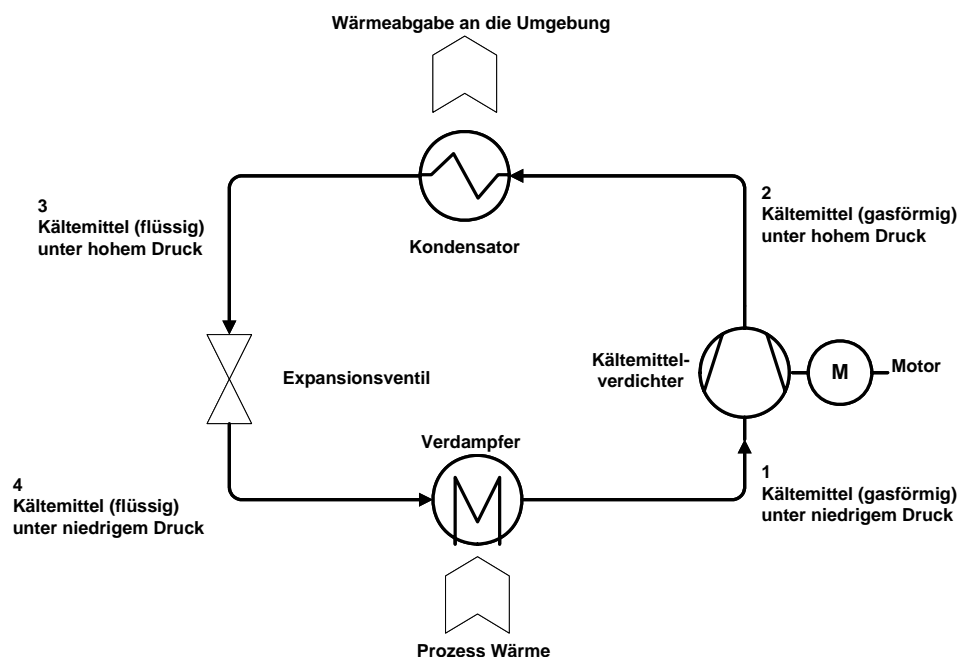
Diese Beschreibung kann auf Basis vorhandener Aufzeichnungen oder auf Basis einfacher Messungen erstellt werden. Im Rahmen dieser Arbeiten sollten die folgenden Informationen gesammelt werden.

1. Liste der Komponenten und deren Verschaltung mit Angabe der technischen Parameter (Elektrische Leistung, Kühlleistung, Technologie, Alter...),
2. Eingesetztes Kältemittel
3. Nutztemperatur (Anwendungsbereich, Minimum/Maximum)
4. Einsatzfelder für die Kälteerzeugung und Kühlung (Welche Art und Menge eines Produkts wird gefroren/gekühlt)
5. Wird Kälte auf verschiedenen Temperaturniveaus benötigt?
6. Anzahl der Betriebsstunden pro Jahr
7. Bedarfsprofil: Geschätzte Schwankung innerhalb eines Tages/einer Woche, Tag/Nacht und nach Jahreszeit
8. Wird das System abgeschaltet wenn kein Kältebedarf vorhanden ist?

In den meisten Firmen können alle oder die meisten dieser Daten durch eigenes Personal ermittelt und zusammengestellt werden.

## Kältesysteme

Kältesysteme werden heutzutage in vielen industriellen Anwendungen genutzt. Branchen mit einem großen Bedarf an Kälteanlagen sind die Lebensmittel-, Chemie- und Bauindustrie. Die meisten Systeme basieren auf dem Kaltdampfprozess, bei dem ein Kältemittel verwendet wird, das einen Wechsel vom flüssigen zum gasförmigen Aggregatzustand erfährt. Die Hauptkomponenten eines solchen Systems sind ein Verdichter, ein Kondensator und ein Verdampfer (siehe folgende Abbildung). Abhängig von der Anwendung kann ein System auch aus mehreren dieser Komponenten bestehen. Die Kälte kann direkt über einen Wärmetauscher oder durch einen sekundären Kältekreislauf transportiert werden, vor allem wenn die Gefahr einer Kontaminierung durch das Kältemittel hoch ist. Bei einer Kühltemperatur von mehr als 0°C wird dazu häufig kaltes Wasser eingesetzt.



- **Verdampfer:** Im Verdampfer wird das Kältemittel durch Wärmeaufnahme bei niedriger Temperatur verdampft. Die Wärmeabfuhr stellt den Nutzen des Prozesses da. Aufgrund des niedrigen Druckes des Kältemittels erfolgt die Verdampfung des Kältemittels bei einer sehr geringen Temperatur. Das Kaltgas wird durch den Verdichter aus dem Verdampfer abgezogen.
- **Verdichter:** Das Kaltgas aus dem Verdampfer wird durch den Verdichter angesaugt und auf einen höheren Druck gebracht. Durch die Kompression steigt die Siedetemperatur des Kältemittels an. Kälteverdichter befinden sich normalerweise in einem zentralen Maschinenraum. Drei Haupttypen werden überwiegend in der Praxis eingesetzt: Kolben-, Schrauben- oder Turboverdichter.
- **Kondensator:** Der typischerweise getrennt von der übrigen Anlage gelegene Wärmetauscher sorgt für die Wärmeabfuhr vom Kältemittel an die Umgebung. Das gasförmige Kältemittel bei hohem Druck wird bei einer hohen Temperatur im Kondensator verflüssigt. Das flüssige Kältemittel tritt aus dem Kondensator mit hohem Druck und mit mittlerer Temperatur aus.
- **Expansionsventil:** Im Expansionsventil wird das Kältemittel entspannt. Durch die Absenkung des Drucks des Kältemittels wird auch die Siedetemperatur herabgesetzt. Es kann dann bei einer niedrigen Temperatur erneut verdampft werden.

## Kältemittel

Kältemittel sollten möglichst eine Reihe von Eigenschaften aufweisen.

- Aus Effizienzgründen sollten sie eine hohe Verdampfungsenthalpie und einen Tau- und Siedepunkt besitzen, der technisch erreichbar ist.
- Aus Gründen der Anwendungsstabilität sollten sie über eine hohe chemische Stabilität verfügen
- Aus Sicherheitsgründen sollten sie nicht entflammbar, explosiv oder giftig sein
- Aus Umweltgründen sollten sie für die Ozonschicht ungefährlich sein und einen möglichst kleinen Beitrag zur globalen Erwärmung leisten.

Vor allem Ammoniak und Halogenkohlenwasserstoffe werden als Kältemittel eingesetzt, u.a. Fluorkohlenwasserstoffe (FCKW) wie R-12, Hydrogen-Fluor-Chlor-Kohlen-Wasserstoffe (HFCKW) wie R-22 und Fluor-Kohlen-Wasserstoffe (FKW) wie R-134a, R-404 oder R-507.

In der Vergangenheit wurden FCKW häufig als Kältemittel eingesetzt, dürfen aber aufgrund von internationalen Verträgen zum Schutz der Ozonschicht nicht mehr eingesetzt werden. Die Benutzung von HFCKW wie R-22 in neuen Anlagen ist seit Anfang 2000 verboten. Weitere Alternativen zu FCKW sind natürliche Kältemittel wie Kohlendioxid, Ammoniak oder Wasser.

Heute verbreitetet Kältemittel sind:

### **Ammoniak NH<sub>3</sub> (R-717)**

Ammoniak wird in großen Kälteanlagen eingesetzt. Es ist in flüssigem und gasförmigem Zustand farblos und hat einen extrem stechenden und unangenehmen Geruch. Ammoniak entzündet sich wenn es erhitzt wird und kann bei hohen

Temperaturen sogar explodieren. In der gasförmigen Phase ist es halb so schwer wie Luft. Der Hauptnachteil von Ammoniak sind die gegenüber anderen Kältemitteln höheren Sicherheitsanforderungen.

### R-134a

R134a ist ein Fluor-Kohlen-Wasserstoff oder FKW-Verbindung. Es enthält kein Chlor, greift die Ozonschicht an und trägt nur wenig zur Erderwärmung bei. Es wird im Automobilsektor, bei stationären Klimaanlageanlagen und zum Gefrieren bei mittleren Temperaturen eingesetzt.

### R407C

R407C ist eine Dreifachmischung aus HFKW-Verbindungen und enthält zu 23% R32, 25% R125 und 52% R134a. R407C wurde als Alternative für R22 eingeführt. Wenn aber ein System mit einer zeotropischen Mischung gefüllt wird, entstehen Probleme bei Temperaturänderungen im zwei-Phasen-Zustand und unterschiedliche Löslichkeit von Schmieröl.

### R123 Dichlorotrifluoroethane $\text{CHCl}_2\text{CF}_3$

ist eine synthetische, unbrennbare, flüchtige Flüssigkeit, die vor allem in Klimaanlageanlagen im kommerziellen Einsatz verwendet wird. R123 wird zur Zeit als Übergangersatz für FCKW und bromhaltige FCKW verwendet, nachdem diese durch das Montreal-Protokoll von 1978 über Substanzen, die die Ozonschicht schädigen, verboten wurden. Nach dem Zusatzprotokoll zu Montreal von 1992 in Kopenhagen muss auch die Benutzung von R123 und anderer HFCKWs bis 2020 eingestellt werden.

### R22 Chlorodifluoromethane $\text{CHClF}_2$

R22 ist ein HFCKW. Es enthält nur wenig Chlor, schädigt die Ozonschicht nur gering und trägt recht wenig zur Erderwärmung bei. R22 darf nicht mehr in neuen Anlagen verwendet und nur noch bis 2009 hergestellt werden. Anlagen, die R22 zum Betrieb benötigen, können es durch Recycling oder aus Lagerung noch bis 2014 in vorhandenen Anlagen einsetzen.

Es hat geringen Geruch, ist als Gas und Flüssigkeit farblos, ungiftig, nicht irritierend, nicht brennbar, nicht ätzend und chemisch stabil.

Anwendungen sind kompakte Klimaanlageanlagen, bei denen die Größe für die Wirtschaftlichkeit entscheidend ist, und außerdem zum Gefrieren bei niedrigen und mittleren Temperaturen.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die neben Ammoniak verwendeten Kältemittel.

Verdichter	Typische Leistung	Mögliche alternative Kältemittel
Kolben	1 bis 400 kW <sub>el</sub>	HFKW-407C
Schraube	100 bis 1000 kW <sub>el</sub>	HFKW-407C HFKW-134a
Scroll (Schnecke)	5 bis 100 kW <sub>el</sub>	HFKW-407C HFKW-134a
Zentrifugal	Über 300 kW <sub>el</sub>	HFKW-134a HFCKW-123

## B. Dokumentation und Messung der Betriebsparameter

Die Dokumentation oder Messung der Betriebsparameter ist für alle Systeme erstrebenswert und bei großen Systemen (mehr als 20 kW<sub>el</sub>) essentiell. Die Ermittlung dieser Daten kann durch qualifizierte Mitarbeiter oder eine Außenstehende Firma, z.B. einen MCP Unterstützer (Endorser) erfolgen.

1. Last- / Leerlaufzeiten
2. Typ und Funktionsweise der Anlagensteuerung und der einzelnen Kälteverbraucher.
3. Gesamtstromverbrauch (einschließlich Ventilatoren am Kondensator und Pumpen – z.B. für Kühlwasser in einem Sekundärkreislauf)
4. Bei großen Systemen sollte ein Datenlogger zum Erfassen der Daten verwendet werden (ggf. für die Zeit der Ist-Aufnahme zu installieren) mit dem Druck, Temperatur, Durchfluss, Leistungsaufnahme und relative Feuchtigkeit über einer repräsentativen Zeitraum gemessen werden.

## C. Kennzahlen und Wirkungsgrade

Auf der Basis der gesammelten Daten können die folgenden Kennzahlen berechnet werden, mit deren Hilfe eine Beurteilung der Systemleistung erfolgen kann.

I Jährliche Kapitalkosten [Euro/a]		A Jährliche Betriebsstunden [h/a]	
II Jährliche Wartungskosten [Euro/a]		B Elektrische Leistungsaufnahme der Kälteanlage [kW]	
III Energiekosten für die Kälteerzeugung [Euro/a]		C Leistungszahl $\varepsilon^{(1)}$ [-]	
IV Gesamtkosten (Summe von I-III) [Euro/a]		D Kälteleistung (B*C) [kW]	
V Produktmenge [kg; Liter;..]		E Strompreis [Euro/kWh <sub>el</sub> ]	
Spezifische Kältegesamtkosten (IV/D) [Euro/kW <sub>Kälte</sub> ]			
Spezifisches Verhältnis: (wenn möglich) kWh <sub>el</sub> /Produktmenge (A*B*E/V) Euro/Produktmenge (IV/V)			

(1) Wenn nicht bekannt kann eine gute Schätzung der Leistungsziffer mit Hilfe der Temperaturen im Kondensator und Verdampfer gemacht werden. (Beachten Sie, dass die Temperaturen in Kelvin angegeben werden müssen: 273.15 K = 0°C ).

$$\varepsilon = 0,5 \cdot \frac{T_{\text{Verdampfer}}}{T_{\text{Kondensator}} - T_{\text{Verdampfer}}}$$

Beachten Sie, dass bei vielen Systemen (vor allem Systemen unter 10 kW) die potentiellen Einsparungen solch komplexe und teure Maßnahmen zur Ermittlung

dieser Werte nicht rechtfertigen. In diesen Fällen kann die Bewertung mit Hilfe von Faustregeln erfolgen, z.B.:

- Die jährlichen Kapitalkosten können auf 10% der derzeitigen Kosten für den Austausch des gesamten Systems geschätzt werden.
- Die Wartungskosten entsprechen ca. 7% bis 9% der Anschaffungskosten.
- Stromkosten können aus der nominalen Leistung des Verdichterantriebsmotors und der Betriebsstundzahl abgeschätzt werden.

### 3. Bewertung der Anwendbarkeit von Energiesparmaßnahmen

Der Stromverbrauch von Kälteanlagen kann durch die folgenden **grundsätzlichen** Maßnahmen vermindert werden.

**Systemoptimierung** – Industrielle Kälteprozesse haben meist eine hohe Effizienz, aber auch einen hohen Stromverbrauch. Ein Hauptansatzpunkt für die Effizienzverbesserung ist die optimale Dimensionierung der Anlage und die Anpassung an die Anforderungen des Prozesses, insbesondere des Teillastbetriebes. Maßnahmen am System übersteigen typischerweise die Einsparmaßnahmen an einzelnen Komponenten, wie z.B. Motoren, bei weitem. Sie sollten auch die Steuerung des Gesamtsystems einschließen.

**Maßnahmen bei Betrieb und Wartung** – Auch Betriebs- und Wartungsprozesse können die Effizienz eines Kältesystems deutlich steigern. Säubern Sie die Wärmeübertragerflächen mehrmals pro Jahr und stellen Sie sicher, dass die Wärmeübertrager im Freien vor Sonne geschützt sind und über eine gute Luftzufuhr verfügen. Prüfen Sie, ob die Türen der zu kühlenden Räume dicht schließen und reparieren Sie defekte Türen. Das Einsparpotential durch regelmäßige Wartung liegt typischerweise zwischen 4 und 8%.

Die Verminderung des Energiebedarfs für die Kälteerzeugung kann durch folgende **detaillierte** Maßnahmen erreicht werden:

- **Verbesserte Antriebsmotoren (spart bis zu 7%)**
  - ❖ Einsatz von Motoren mit Effizienzklasse 1 (EFF1) zum Antrieb des Kältemittelverdichters
  - ❖ Einsatz von Motoren mit Effizienzklasse 1 (EFF1) zum Antrieb der Kältemittelpumpen
  - ❖ Einsatz von Motoren mit Effizienzklasse 1 (EFF1) zum Antrieb der Ventilatoren am Kondensators
- **Einsatz korrekt dimensionierter Verdichtern mit größtem Wirkungsgrad**
  - ❖ Ein Kältemittelverdichter hat einen Punkt in seinem Betriebsbereich mit höchster Effizienz. Der Wirkungsgrad nimmt durch Veränderung der Randbedingungen ab. Es kann daher effizienter sein, den Kompressor kurz mit maximaler Leistung laufen zu lassen und eine bestimmte Menge Kälte zu speichern, anstatt das System dauerhaft mit niedrigerer Last zu betreiben.

- ❖ Wählen Sie für ihre Anwendung Kälteanlagen mit größtmöglichem Wirkungsgrad
- **Benutzen Sie Antriebe mit variabler Geschwindigkeit für den Teillastbetrieb (Einsparpotential bis zu 50%)**
  - ❖ Einsatz von Antrieben mit Drehzahlregelung zum Antrieb des Kältemittelverdichters
  - ❖ Einsatz von Antrieben mit Drehzahlregelung zum Antrieb der Kühlmittelpumpen
  - ❖ Einsatz von Antrieben mit Drehzahlregelung zum Antrieb der Ventilatoren am Kondensator.
- **Nutzen Sie andere Möglichkeiten zur Anpassung an den Teillastbetrieb passend zu Ihrem System und Ihrer Kompressortechnologie:**
  - ❖ Kolbenverdichter:
    - Öffnen des Einlassventils an einem Zylinder
    - Variation des verdichteten (freien Volumens)?
  - ❖ Zentrifugalverdichter:
    - Einsatz von Einlass-Leitschaufeln
  - ❖ Schraubenverdichter:
    - Einspritzung von Kältemittel nach der Verdichtung
  - ❖ Alle Systeme:
    - Einsatz von Eisspeichersystemen ?
- **Wärmerückgewinnung** – Der Kältemittelverdichter produziert Abwärme. Diese kann zusammen mit der vom Kondensator produzierten Wärme für andere Zwecke dienen, wie dem Heizen von Räumen oder der Warmwassererzeugung. Das Angebot an Wärme hängt allerdings vom Betrieb des Systems ab und erzeugt außerdem mehr Wärme in den Sommermonaten.
- **Verdunstungskondensator** – Die meisten Kälteanlagen benutzen luftgekühlte Kondensatoren um Wärme an die Umgebung abzugeben. Verdunstungskondensatoren benutzen einen feuchten Filter um Umgebungsluft beim Eintritt in den Kondensator zusätzliche Kapazitäten zur Wärmeabfuhr zu geben. Das Kältesystem ist mit diesen Kondensatoren effizienter.
- **Platzierung des Kondensators** - Platzieren sie den Kondensator an einem schattigen Platz wo die Wärme gut abgeführt werden kann.
- **Vermeiden Sie unnötig niedrige Temperaturen** – Überprüfen Sie, welche Temperaturen in Ihrem Prozess notwendig sind. Versuchen Sie, die Temperatur der Kälte so hoch wie möglich zu halten. Wenn Sie die tiefe Temperatur wirklich benötigen, überprüfen Sie, ob ein mehrstufiger Verdichter nicht die bessere Wahl wäre.

- **Säubern der Wärmetauscher** – Säubern Sie die Wärmeübertrager auf der Außenseite regelmäßig. Saubere Oberflächen garantieren besseren Wärmeübergang. Wartung spielt bei wesentliche Rolle um die Effizienz der Kälteanlage zu erhalten.
- **Gleitender Kältemitteldruck** – Die Variation des Kältemitteldrucks hinter dem Verdichter erlaubt es, die Temperaturen im Kältekreislauf an die äußeren Bedingungen anzupassen und so den Energieverbrauch zu reduzieren. Gleichzeitig verringert sich der Verschleiß und die Lebensdauer der Anlage wird verlängert. Neue Kälteanlagen sind häufig mit gleitendem Kältemitteldruck ausgestattet, ältere Anlagen können ggf. nachgerüstet werden. Ein Anstieg der Temperatur im Verdampfer um 1 K führt zu einer Energieeinsparung von ca. 1%, ein Absinken der Kondensatortemperatur um 1 K führt zu einer Wirkungsgradverbesserung von 1 bis 1,5%.
- **Abtauststeuerung** – Energieeffiziente Abtausteuern verbessern den Abtauzyklus. Am effizientesten arbeiten Steuerungen die nur bei Notwendigkeit das Abtauen starten. Dies kann u.a. über das Messen der Temperatur oder der Druckverluste im Verdampfer erfolgen, ggf. auch über das Messen der Stärke des Eisansatzes oder der Feuchtigkeit im zu kühlenden Raum. All diese Methoden sind, wenn richtig eingesetzt, effektiver als eine einfache Zeituhr zur Einleitung des Abtauens nach festen Zeitintervallen. Die möglichen Einsparungen dieser Maßnahme reichen von 1 bis 6% des Energieverbrauchs der Kälteanlage.
- **Verdampfersteuerung** – Stellen Sie sicher, dass die Temperatur vor oder nach den Verdampfer nicht zu hoch ist: Sie sollten maximal zwischen 3 und 8K über der Verdampfungstemperatur liegen.
- **Kältemittelleckagen** – Die volle Kälteleistung wird nur erreicht, wenn eine minimale Kältemittelmenge im System vorhanden ist. Lecks und damit austretendes Kältemittel schadet nicht nur der Umwelt, ein zu geringer Füllstand vermindert auch die Effizienz der Anlage. Prüfen Sie daher den Füllstand des Kältemittels regelmäßig.  
**Vergessen Sie nicht, die Kältemittelleitungen nach der Wartung zu entlüften.**
- **Stärkere Wärmedämmung** – Verbesserungen an der Wärmedämmung helfen Wärmeverluste zu vermeiden und reduzieren somit den Kältebedarf. Eine ausreichende Wärmedämmung sollte sowohl an den zu kühlenden Geräten als auch an den Kältemittelleitungen vorgesehen werden.
- **Energieeffiziente Beleuchtung und energieeffiziente Geräte in den zu kühlenden Räumen** – Die von Geräten und der Beleuchtung produzierte Abwärme muss vom Kältesystem zusätzlich abgeführt werden. Je effizienter diese Geräte umso geringer die erzeugter Abwärme und umso geringer der Kühlbedarf. Wenn die Beleuchtung z.B. durch T-8 Lampen (auf Ausführung für niedrige Temperaturen achten) ersetzt wird, kann die Kühllast reduziert werden. Noch besser ist es, die Beleuchtung auszuschalten, wenn sie nicht benötigt wird. Prüfen Sie, ob Geräte, die eine größere Wärmeabgabe aufweisen nicht aus dem zu kühlenden Raum verlegt werden können.

- **Verkürzung der Kältemittelleitungen** – Versuchen Sie, die Entfernung zwischen den Kälteerzeugungsanlagen und der Kältenutzung zu minimieren. Lange Transportwege verursachen erhöhte Wärme- und Druckverluste. Ggf. sollte geprüft werden, ob eine Dezentralisierung der Kälteversorgung sinnvoll ist.
- **Eisspeicher** – Eisspeichersysteme können den Betrieb der Kälteanlagen durch gleichmäßigere Auslastung optimieren. Da aber die Kältezwischenspeicherung zusätzliche Verluste verursacht, sollte ihr Einsatz sorgfältig unter energetischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten geprüft werden.
- **Expansionsturbine** – Anstatt das Kältemittel in einer Drossel zu expandieren ist es möglich das Druckgefälle in einer kleinen Turbine zu nutzen und bei der Expansion mechanische Leistung zurück zu gewinnen. Aufgrund des technischen Aufwandes sind diese Systeme jedoch teuer und nur für große Kälteanlagen mit hoher Betriebsstundenzahl wirtschaftlich.
- **Absorptionskälteanlagen** – Mit der Hilfe der Abwärmenutzung zur Kälteerzeugung können Absorptionskälteanlagen die Gesamteffizienz steigern. Absorptionskälteanlagen setzen Wärme anstelle von Elektrizität für die Kälteerzeugung ein.

Die Anwendbarkeit bestimmter Maßnahmen und das mögliche Sparpotential hängt von der Größe und Art Ihrer Kälteanlage ab. Nur mit Hilfe einer Analyse des Systems und des Kältebedarfs können Sie in ihrem Unternehmen festlegen, welche Maßnahmen sowohl anwendbar als auch profitabel sind. Das kann von einem qualifizierten Dienstleister (z.B. einem MCP Endorser) oder von qualifizierten Mitarbeitern ihres Unternehmens durchgeführt werden.

Als Ergebnis dieser Analyse werden die möglichen Maßnahmen sowie eine Schätzung der Einsparungen, der erforderlichen Investitionen und die Amortisationsdauer bestimmt. Die Ergebnisse der Analyse können als vertrauliche Firmendaten behandelt werden und müssen nicht an die Kommission weitergegeben werden.

In der folgenden Tabelle sind die möglichen Energiesparmaßnahmen zusammengefasst, die ggf. bei ihrer Kälteanlage anwendbar sein könnten. Die Maßnahmen, die das größte Einsparpotential haben und am einfachsten anwendbar sind, werden zuerst genannt.

**Table 1: Maßnahmen zur Steigerung der Effizienz in Kältesystemen**

<b>Maßnahme</b>	<b>Einsparpotential</b>
<b>Verminderung des Kältebedarfs</b>	
Systemoptimierung	8 – 10 %
Betriebs- und Wartungsmaßnahmen	4 – 8 %
Stärkere Wärmedämmung	5 – 10 %
Wärmerückgewinnung	80 % (heat)
Effiziente Geräte/Beleuchtung in Kühlräumen	2%
<b>Benutzung von effizienten Geräten und Anlagen</b>	
Antriebe mit Drehzahlregelung für Verdichter, Ventilatoren und Pumpen	4 – 6 %
Hocheffizienzmotoren für den Ventilator am Verdampfer	2 - 5 %
Hocheffizienter Kältekompressor	2 - 5 %
Hocheffizienzmotoren für den Ventilator am Kondensator	2 - 5 %
Verdunstungskühler	
<b>Richtige Bedienung und Vermeidung unnötig niedriger Temperaturen</b>	
Reinigung der Wärmeübertragerflächen	3%
Steuerung des Verdichtungsendrucks am Kältekompressor	10 – 15 %
Abtasteuerung	5 %

Die Analyse der Kälteanlage sollte für jede der genannten Maßnahmen die Anwendbarkeit und Wirtschaftlichkeit bewerten. Dafür kann ein Formular ähnlich wie in folgender Tabelle verwendet werden.

<b>Maßnahmen zur Steigerung der Effizienz in Kälteanlagen</b>					
Energieeffizienzmaßnahme	Ergebnis der Analyse				
	Vorschlag für umzusetzende Maßnahme	Geschätzte jährliche Kosteneinsparung	Investitionen	Jährliche Betriebs- und Wartungskosten	Geschätzte Amortisationszeit (Monate)
Stärkere Wärmedämmung					
Wärmerückgewinnung					
Effiziente Geräte/Beleuchtung in Kühlräumen					
Antriebe mit Drehzahlregelung für Verdichter, Ventilatoren und Pumpen					
Hocheffizienzmotoren					
...					

## 4. Aktionsplan

Der Aktionsplan Ihres Unternehmens sollte Informationen zu

- den Maßnahmen, die Sie durchführen wollen,
- den Zeitrahmen ihrer Umsetzung und
- die Gründe für den Ausschluss anderer Maßnahmen

beinhalten und könnte wie in der folgenden Tabelle beschrieben aussehen. Der Plan wird der Kommission vorgelegt und nach der Genehmigung wird Ihre Organisation als MCP-Partner anerkannt.

Bitte für jede einzelne Kälteanlage ausfüllen

Energiesparmaßnahmen	Machbarkeit <sup>(1)</sup>	spezifische Aktionen <sup>(2)</sup>	% abgedeckt <sup>(3)</sup>	Zeitplan <sup>(4)</sup>	erwartete Einsparung <sup>(5)</sup> (MWh/Jahr)
Stärkere Wärmedämmung					
Wärmerückgewinnung					
Effiziente Geräte/Beleuchtung in Kühlräumen					
Drehzahlvariable Antriebe für Verdichter, Ventilatoren und Pumpen					
Hocheffizienzmotoren					
...					

Legende:

(1) **Machbarkeit.** Angabe von Hindernissen für die Anwendung mit einem oder mehreren der folgenden Abkürzungen:

- NA Nicht anwendbar aus technischen Gründen
- NP Nicht wirtschaftlich
- NC Nicht erwogen, da Analyse zu teuer

Wenn dieses Feld leer bleibt, wird die Maßnahme sowohl als anwendbar als auch als profitabel angesehen.

(2) **Spezifische Aktionen.** Mehrere spezifische Aktionen können aufgegriffen werden, um eine Energiesparmaßnahme umzusetzen. Zum Beispiel sind die automatische Abschaltung der Beleuchtung und die Installation einer besseren Wärmedämmung Maßnahmen zur Reduzierung des Kältebedarfs..

(3) **% abgedeckt.** Wenn die vorgeschlagene Verpflichtung des Partners mehrere Kälteanlagen abdeckt, sollte diese Spalte dazu benutzt werden anzugeben, für welchen Anteil der Systeme die spezifischen Aktionen durchgeführt werden sollen. Dies kann nach dem zweckmäßigsten Indikator beurteilt werden: Anzahl von Systemen, Leistung, Energieverbrauch. Geben Sie bitte den benutzten Indikator an, z. B. mit: "%"; "%kW", "%kWh"

(4) **Zeitplan.** Der Zeitrahmen, in dem die Aktion durchgeführt werden soll. Dies könnte ein bestimmter Zeitraum oder Zeitpunkt sein oder von einer anderen Aktion abhängen, zum Beispiel "Wenn die Beleuchtung erneuert wird".

(5) **Erwartete Einsparung** in MWh/Jahr. Dies wird oft ein Schätzwert sein, der auf allgemein anerkannter Praxis basiert.

## 5. Jahresbericht

Der Jahresbericht an die EU-Kommission dokumentiert die Fortschritte bei der Durchführung des Aktionsplans und enthält neue oder verbesserte Maßnahmen. Die folgende Berichtsform sollte verwendet und jährlich fortgeschrieben werden. Die beiden linken Spalten sind dabei aus dem Aktionsplan des Partners zu übernehmen, wie er von der EU-Kommission genehmigt wurde.

Maßnahmen zur Steigerung der Effizienz in Kältesystemen		
genehmigter Aktionsplan		Jahresbericht 20xx
beschlossene Aktionen zur Realisierung von Energiesparmaßnahmen	Vereinbarter Zeitplan	Aktionsfortschritt als erzielter Prozentsatz und gegebenenfalls Kommentare <sup>(1)</sup>
Aktion 1		
Aktion 2		

(1) Der erzielte Prozentsatz kann sich auf einen Indikator beziehen, wie beispielsweise den Anteil an Systemen im Rahmen des Aktionsplans, für die die spezifische Aktion abgeschlossen ist.

Partner können der Kommission freiwillig die nachstehende Zusammenfassung ihres Jahresberichts vorlegen, um die durch das Motor Challenge-Programm erzielten Energieeinsparungen zu dokumentieren. Eine Pflicht zur Vorlage besteht jedoch nicht.

<i>Zusammenfassung des Jahresberichts</i>		
	seit Verpflichtung	dieses Jahr
Prozentsatz der Aktionen im Aktionsplan abgeschlossen		
geschätzte Gesamtinvestition für Plan (Tsd. EUR) <sup>(1)</sup>		
geschätzte Änderung der nicht energetischen Betriebs- und Wartungskosten (Tsd. EUR) <sup>(1)</sup>		
geschätzte Energieeinsparung (MWh) <sup>(2)</sup>		

(1) Investitions- sowie Betriebs- und Wartungskosten als Kostenabweichung gegenüber dem, was ohne Partnerverpflichtung zum Challenge-Programm aufgewendet worden wäre. Dies kann beispielsweise eine zusätzliche Investition für hochwertigere Geräte oder eine Erhöhung/Verringerung der Wartungskosten sein.

(2) Energieeinsparungen sind im Allgemeinen schwer präzise zu messen. Sie werden üblicherweise anhand anteiliger Schätzungen auf Basis der Bewertungsergebnisse und mit Hilfe allgemein anerkannter technischer Kennzahlen ermittelt.