

# Energieeffiziente Kältetechnik

## Stellenwert der Automatisierungstechnik für einen energieeffizienten Betrieb sowie optimierte Betriebsführung von Kälteanlagen

Prof. Dr.-Ing. Martin Becker, FH Biberach

Vor dem Hintergrund der politischen und gesetzlichen Rahmenbedingungen wie der EU-Richtlinie zur Endenergieeffizienz und zu Energiedienstleistungen oder der ab 2006 gültigen EU-Richtlinie für die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden nimmt das Thema Energieeffizienz auch in der Kältetechnik einen immer höheren Stellenwert ein. Die Kälte- und Klimabranche kann und muss durch energieeffiziente Kälte- und Klimaanlage einen signifikanten Beitrag zur Energieeinsparung leisten. Wo die Potenziale liegen und wie sie insbesondere durch den adäquaten Einsatz von Automatisierungstechnik erschlossen und genutzt werden können, diskutiert dieser Beitrag.

### 1. EINFÜHRUNG

Der Energieeffizienz in der Kältetechnik kommt eine immer höhere Bedeutung zu. Wichtige Triebfedern in diese Richtung sind neben den stark gestiegenen Energiekosten auch politische und gesetzliche Rahmenbedingungen wie z.B. das mittlerweile von der Europäischen Kommission verabschiedete Grünbuch

werden können. Als konkrete Maßnahmen wurden mittlerweile verschiedenste EU-Richtlinien verabschiedet wie z.B. die EU-Richtlinie zur Endenergieeffizienz und zu Energiedienstleistungen [2] oder der EU-Richtlinie für die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden [3]. Vor diesem Hintergrund kann und muss

tigen ‚Key Faktor‘ dar, worauf in diesem Beitrag als Schwerpunkt eingegangen wird. Adäquater Einsatz meint hierbei, dass neben den elementaren Mess-, Steuer- und Regelungsaufgaben in der Anlage auch eine ständige Überwachung, Diagnose und Optimierung der Anlagen im laufenden Betrieb ermöglicht wird. Insbesondere kältetechnische Anlagen sind durch eine hochdynamische Betriebsweise gekennzeichnet, die für ein effizientes Energie- und Anlagenmanagement berücksichtigt werden muss. Hierbei darf die Anlagentechnik der Kälteanlage nicht isoliert betrachtet werden. Vielmehr ist für das Ziel eines energieeffizienten und wirtschaftlichen Betriebes eine Gesamtbetrachtung aus Anlagentechnik, Energieverteilung und Nutzenübergabe inklusive der entsprechenden Automatisierungstechnik über den gesamten Lebenszyklus einer Anlage erforderlich.

### 2. POTENZIALE DER ENERGIEEFFIZIENZ BEI KÄLTEANLAGEN

Der Einsatz von Kältetechnik ist mittlerweile so allgegenwärtig und selbstverständlich, dass wir nur selten bewusst wahrnehmen, wo und zu welchem Anteil die Kältetechnik inklusive deren Hilfssenergien zum gesamten Energieverbrauch beiträgt. In [4] wird – bezogen auf den gesamten Endenergieverbrauch in Deutschland – der Anteil der Kältetechnik am elektrischen Energiebedarf mit 14,0 % (Stand 1999) beziffert. Hierbei nimmt der Bereich Nahrungsmittel (Erzeugung, Transport, Lagerung, Verkauf, Haushalt) mit 67,0 % deutlich den größten Anteil ein, gefolgt von der Klimatisierung mit 21,7 % und der Industriekälte mit 9,1 %.

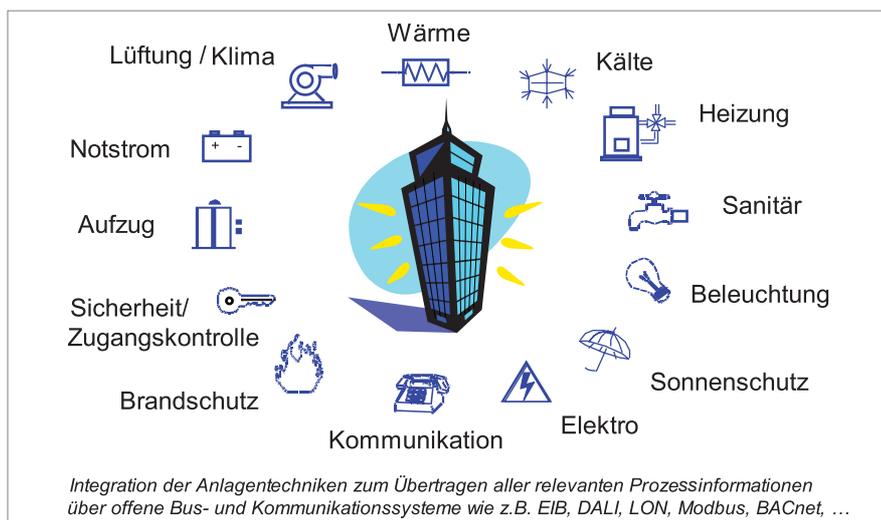


Abb.1 Einbindung der Anlagentechnik in ein übergeordnetes Energie- und Gebäudemanagement

zur Energieeffizienz [1]. Es werden Optionen vorgestellt, wie bis 2020 20 % des Energieverbrauchs in Europa durch geändertes Verbraucherverhalten, gezielte Energieeffizienzmaßnahmen und energieeffiziente Technologien eingespart

auch die Kälte- und Klimabranche einen signifikanten Beitrag durch energieeffiziente Kälte- und Klimaanlage leisten.

Der adäquate Einsatz von Automatisierungstechnik stellt hierbei einen wich-



**IKK 2006  
Nürnberg**

Besuchen Sie uns auf der IKK  
vom 18. bis 20. Oktober 2006

**MITSUBISHI Heavy Ind.**  
Halle 7, Stand 316

**CAREL** Halle 9, Stand 203

**HAIER** Halle 7, Stand 318

**STULZ** Halle 7, Stand 316



Weitere Informationen unter:  
Hotline 040/55 85-252  
hotline@stulz.de  
[www.stulz.de](http://www.stulz.de)

**Komfort und Effizienz  
für Mensch und Technik**

Untersuchungen in einer Großmetzgerei zeigten, dass der Anteil der Kälte- und Klimatechnik ca. 50 % des gesamten Energieverbrauches ausmacht. Im Bereich der Supermarktkühlung beträgt z.B. der Anteil der Kältetechnik üblicherweise zwischen 40-60%. Gerade in solchen Anwendungsfeldern, in denen die Kälteversorgung einen hohen Anteil am Gesamtverbrauch einnimmt, macht es Sinn, darüber nachzudenken und Maßnahmen zu ergreifen, die Energie – und hier eben insbesondere die erforderliche Kälteenergie – möglichst effizient einzusetzen.

Neben der konstruktiven Verbesserung von einzelnen Anlagenkomponenten wie Verdichter, Wärmeübertrager, Expansionsventil usw. ist hierfür auch die Verbesserung hinsichtlich einer optimierten Prozessführung der Gesamtanlage von entscheidender Bedeutung. Die Entwicklung von verbesserten Automatisierungsstrategien sowie deren Umsetzung und Einbindung in zugschnittene Automatisierungssysteme für kältetechnische Anlagen stellen einen wichtigen Schritt dar, um diese Anlagen effizient und kostengünstig zu betreiben. In [4] wird u.a. darauf hingewiesen, dass für das Ziel einer gesamtheitlichen energetischen Betrachtung neben der Betrachtung und Bewertung von Kältemaschinen und deren Arbeitsstoffen insbesondere eine Gesamtsystembetrachtung aus Kälteerzeuger und NutzsysteM erfolgen sollte, in deren Optimierung wesentliches Energieeinsparpotenzial gesehen wird. Da wir es in der Kälte- und Klimatechnik mit vielen

unterschiedlichen prozesstechnischen Anwendungen und damit vielfältigen Anforderungen zu tun haben, lässt sich nur schwer eine pauschale Aussage über die Frage des *Wie* bezogen auf ökologische und ökonomische Kriterien treffen. Dies hängt u.a. von den unterschiedlichsten Randbedingungen ab, wie z.B. von gesetzlichen und normativen Rahmenbedingungen, Nutzungsanforderungen, Anforderungen an die Anlagenverfügbarkeit usw. Generell lässt sich aber Energieeffizienz immer in mehreren Schritten umsetzen. Hierauf wird im Folgenden näher eingegangen.

► **1. Schritt**  
**Energieeffizienz durch Energieeinsparung und angepasstes Nutzerverhalten**

Diese Form der Energieeffizienz wird auch als sog. „Negawatt“ bezeichnet, [5]. Hiermit ist gemeint, dass die Energie, die durch Energiesparen vermieden wird, erst gar nicht bereitgestellt werden muss. Was sich allerdings einfach anhört, ist in der Praxis leider nicht immer so einfach umzusetzen. So ist häufig nicht transparent, wie und wo es sich lohnt Energie einzusparen. Zudem zeigen viele Beispiele aus dem Bereich des kommunalen und industriellen Energiemanagements, dass zwar zu Beginn durch eine Energiesparkampagne die Einsparungen signifikant sein können, aber ohne eine kontinuierliche Weiterverfolgung dieser Maßnahmen nach einer gewissen Zeit ein Rückfall in die alten Gewohnheiten zu beobachten ist und der Energieverbrauch wieder ansteigt. Daraus ist abzuleiten, dass

Energiesparen immer ein kontinuierlicher Optimierungsprozess sein muss, der zudem für alle Beteiligten (inkl. der Nutzer) transparent sein muss, um eine ständige Rückkopplung über die positiven wie negativen Einflüsse des Nutzerverhaltens zu gewährleisten.

Unterstützt werden kann dieser Prozess durch ein „aktives“ Energiemanagement, durch das die signifikanten energetischen Größen und die Art des Nutzerverhaltens transparent gemacht und aktiv genutzt werden. Aufgabe der Automatisierungstechnik ist es hierbei, die geeigneten Daten zu erfassen und zu aussagekräftigen Informationen (z.B. Energiekenngröße, Energiesignatur) aufzubereiten.

► **2. Schritt**  
**Energieeffizienz durch optimierte Anlagentechnik und energieeffiziente Komponenten**

Voraussetzung für das Ausschöpfen der Energieeinsparpotenziale ist eine optimale Auslegung und Betriebsführung der Anlagentechnik, die nicht nur die bei der Planung festgelegten „worst case“-Randbedingungen als Auslegungskriterium berücksichtigt. Vielmehr sollte bei der Planung auch bedacht werden, wie sich die Anlage dynamisch an die i.d.R. sehr unterschiedlichen Betriebsbedingungen ständig möglichst optimal anpassen kann. Voraussetzungen hierfür sind hochwertige Komponenten (energieeffiziente Motoren, hochwertige Wärmetauscher etc.) sowie stetige Stellglieder wie z.B. stetige Stellantriebe für Ventilatoren, Kompressoren und Expansionsventile, die es ermöglichen, ständig die aktuell erforderliche Kälteleistung an die vom Verbraucher geforderte Kälteleistung (Lastprofil) anzupassen. Praktische Erfahrungen zeigen hier ein Einsparpotenzial im Bereich von 10 bis 60 % bei Amortisationszeiten von 2 bis 10 Jahren, Abb.2.

Im Rahmen einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ist im konkreten Fall zu prüfen, ob und wann sich höhere Investitionskosten, die i.d.R. durch eine hochwertige Komponenten- bzw. Anlagentechnik entstehen, im laufenden

| Bereich           | Mögliche Maßnahmen  | Einsparpotential in % | Amortisation in Jahren |
|-------------------|---|-----------------------|------------------------|
| Laufender Betrieb | Nutzerverhalten, Energiesparen „aktives Energiemanagement“                            | 5-20                  | 0-5                    |
| Anlagentechnik    | HLK, Kälte, Beleuchtung<br>Regelung, Motoren, Antriebe,<br>Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung | 10-60                 | 2-10                   |
| Gebäudehülle      | Dämmung, Fenster,<br>Wärmebrücken, Bauphysik  | > 50                  | 10 - 60                |

Abb.2 Energieeinsparpotenziale und Amortisationszeiten durch unterschiedliche Maßnahmen am Beispiel der Gebäudetechnik

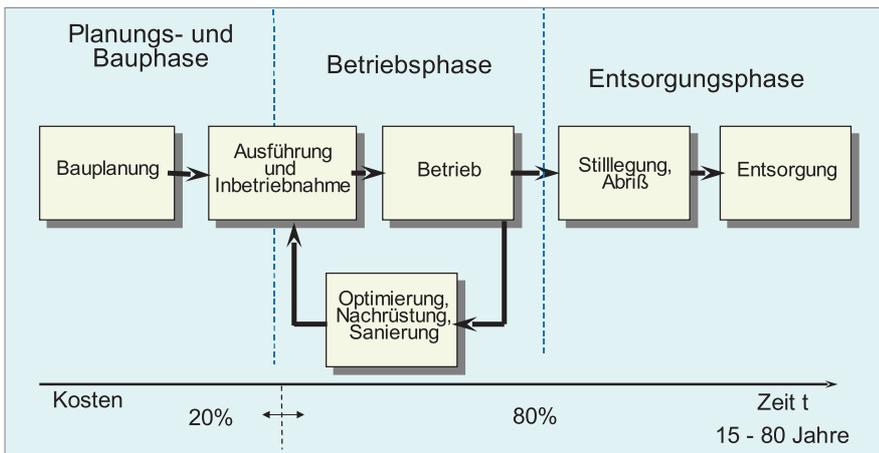


Abb.3 Lebenszyklusbetrachtung und Lebenszykluskosten (Life Cycle Cost, LCC)

Betrieb durch die niedrigeren Betriebskosten amortisieren. Eine Betrachtung nach Lebenszykluskosten ist hier hilfreich, da sie diesen Zusammenhang transparent macht, siehe Kapitel 3.

► 3. Schritt

**Energieeffizienz durch zeitgemäße Automatisierungstechnik**

Zu einer gut ausgelegten Anlage gehört eine auf die Anlage zugeschnittene Automatisierungstechnik. Erst diese erlaubt das Ausschöpfen der physikalisch und technisch möglichen Optimierungspotenziale. Weiter unten in diesem Beitrag wird auf den Stellenwert und die Möglichkeiten der Automatisierungstechnik detailliert eingegangen. Hierbei darf allerdings die Automatisierungstechnik nicht isoliert betrachtet werden, sondern Umfang und Art der Automatisierung sollten immer mit den zuvor genannten Möglichkeiten kombiniert und abgestimmt werden.

**3. LEBENSZYKLUSBETRACHTUNG**

Häufig werden bei Investitionsentscheidungen leider nur die Kosten der Investition selbst betrachtet. Dagegen werden in einem frühen Planungsstadium die später im laufenden Betrieb anfallenden Betriebskosten für Energie, Wartung, Reparatur usw. für eine 10, 15 oder gar 20-jährige Betriebszeit selten berücksichtigt.

In der Gebäudetechnik kennt man – bezogen auf die Lebenszyklusbetrachtung – die sog. 80/20 %-Regel. Bezogen auf

die gesamten Lebenszykluskosten fallen nur 20% während der Planungs- und Bauphase an, 80% der Kosten entfallen dagegen auf die späteren Kosten für Betrieb, Bewirtschaftung, Wartung, Sanierung sowie die Entsorgung, Abb.3.

Anders ausgedrückt: Schon bereits nach 5-8 Jahren übersteigen bei Zweck- und Bürogebäuden die laufenden Betriebskosten die einmal getätigten Investitionskosten. In technisch hochwertig oder speziell ausgestatteten Gebäuden (z.B. Krankenhaus, Flughafen) kann diese Zeit sogar wesentlich kürzer sein. Hier bieten Gebäudeautomations- und Gebäudemanagementsysteme die Möglichkeit, die von Zeit zu Zeit sich ändernden Betriebs- und Nutzungsanforderungen im Rahmen des technisch

und wirtschaftlich Machbaren und im Hinblick auf eine effiziente Gebäudenutzung kontinuierlich anzupassen und zu optimieren.

Zunehmend verlangen Investoren von den Fachplanern eine Kostenberechnung nicht nur der reinen Investitionskosten, sondern eine Darstellung der Gesamtkosten über einen Zeitraum von z.B. 10 Jahren Betriebszeit; und dies mit einer Gegenüberstellung verschiedener technischer Varianten. Damit lassen sich energieeffiziente Technologien transparent und wirtschaftlich begründbar machen. Zur Nachahmung empfohlen!

**4. STATISCHE UND DYNAMISCHE BETRACHTUNG DES BETRIEBS VON KÄLTEANLAGEN**

Die Auslegung einer Kälteanlage hängt von sehr vielen Kriterien (baulich, prozesstechnisch, wirtschaftlich, energetisch usw.) ab, die für einen effizienten Betrieb frühzeitig in der Planung berücksichtigt werden müssen. Entscheidend für den späteren Betrieb ist es – wie in Abb.4 dargestellt – ein optimales Zusammenspiel von Nutzenübergabe, Kälteverteilung und Kälteerzeugung zu erzielen.

Auslegungsgröße für die Dimensionierung einer Kälteanlage bzw. für die benötigte Kälteleistung sind üblicherweise nur die auf die maximal angenommenen Kühllastbedingungen („worst case“) bezogenen Parameter wie sie z.B. übli-

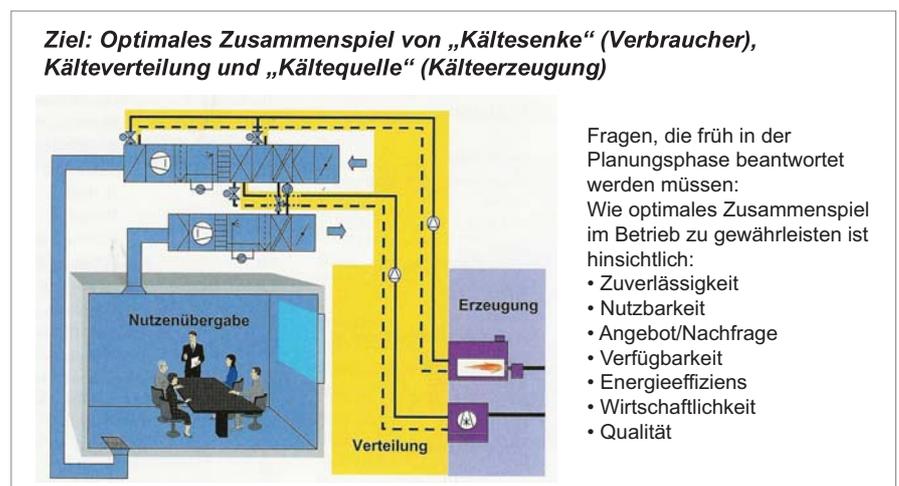


Abb.4 Gesamtbetrachtung von Nutzenübergabe, Kälteverteilung und Kälteerzeugung (gemäß VDI 2067, Blatt 21, [6])

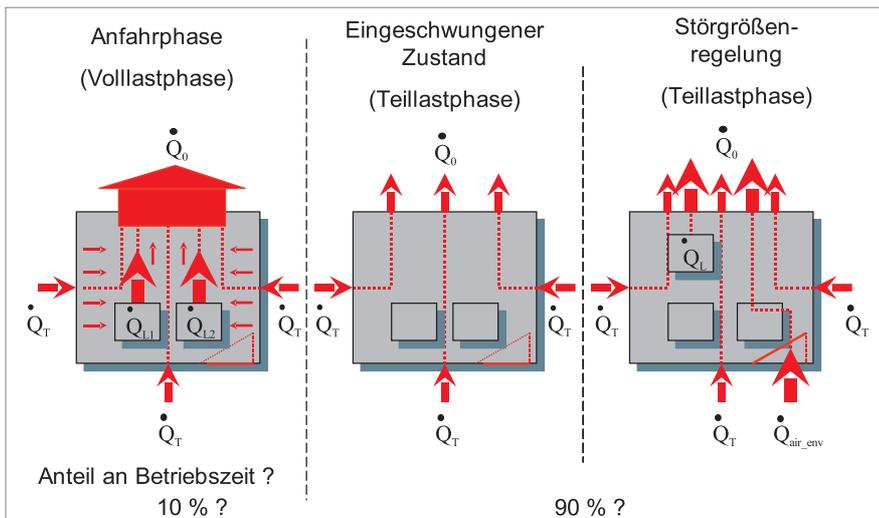


Abb.5 Kälteleistungsprofil – Vom statischen zum dynamischen Bedarf

cherweise nach den VDI-Kühllastregeln, VDI 2078 ermittelt werden, [7]. Der reale Betrieb von Anlagen sieht allerdings in der Regel anders aus. Die maximale aufzubringende Kälteleistung wird häufig nur zu ca. 10-20% der gesamten Betriebszeit benötigt, dagegen liegt zu 80% der Betriebszeit Teillastbetrieb vor. Abb.5 zeigt dies exemplarisch für die typischen Phasen bei der Einlagerung von Kühlgut bei gewerblichen Kälteanlagen.

Diesem Aspekt sollte bei der Auslegung einer Anlage auch Rechnung getragen werden. Wird eine Kältemaschine lediglich im einfachen Zweipunktbetrieb gefahren, führt dies bei eingelagertem

und bereits auf den Sollwert abgekühlten Kühlgut zu sehr kurzen Laufzeiten der Kältemaschine, da lediglich die Transmissionswärme abgeführt werden muss. Kurze Laufzeiten bedeuten aber grundsätzlich eine ineffizientere Betriebsweise. Besser ist in diesem Fall z.B. der Einsatz einer Verbundanlage, die das Zu- und Abschalten von Kompressoren entsprechend der aktuell erforderlichen Kälteermöglicht. Die energetisch beste Lösung ist der Einsatz eines leistungsgesteuerten Kompressors, womit eine ständige dynamische Anpassung der Kälteleistung an den aktuell erforderlichen Kältebedarf ermöglicht wird. Damit lässt sich ein Kälteleistungsprofil dynamisch mit der Käl-

teanlage nachfahren. Es wird nur soviel Kälteleistung „erzeugt“ wie gerade für die Kälteanforderung benötigt wird. Gleichzeitig muss aber auch mit Blick auf die Energieeffizienz dafür gesorgt werden, dass die Kälteanlage bezogen auf den internen Kältekreislauf mit möglichst hoher Verdampfungstemperatur und möglichst niedriger Verflüssigungstemperatur betrieben wird. Dies erfordert z.B. zusätzlich drehzahlgesteuerte Ventilatoren und elektronische Expansionsventile, mit denen auf alle thermodynamischen Größen im Kältekreislauf gezielt eingewirkt werden kann, [9,10].

Aus regelungstechnischer Sicht ist dies allerdings nicht einfach, da es sich hier um ein stark nichtlineares System mit vielen Systemrückkopplungen handelt, [8,9,10]. Zum einen ist durch den geschlossenen Kältekreislauf eine ständige Rückkopplung zwischen den Komponenten innerhalb des Kältekreislaufes vorhanden, so dass die Änderung einer Systemgröße wie z.B. des Verdampfungsdrucks eine Rückwirkung auf alle anderen Systemgrößen im Kältekreislauf hat. Hinzu kommen die Kopplungen zur Umgebung auf der Verdampfer- bzw. Verflüssigerseite aufgrund der jeweiligen Wärmeübergänge zur Aufnahme der Kälteleistung bzw. Abführung der Verflüssigerleistung.

Für einen energieeffizienten Betrieb ist es somit von entscheidender Bedeutung, im laufenden Betrieb einer Kälteanlage zum richtigen Zeitpunkt an den richtigen „Stellschrauben“ zu drehen, um eine ständige Anpassung des optimalen Arbeitspunktes hinsichtlich eines energieeffizienten Betriebs zu ermöglichen. Dies ist eine elementare Aufgabe der Automatisierungstechnik, auf die im folgenden Abschnitt näher eingegangen wird.

### 5. ROLLE DER AUTOMATISIERUNGSTECHNIK

Automation richtig verstanden heißt in der heutigen Zeit neben den primären Mess-, Steuerungs- und Regelungsaufgaben auch die vielfältigen Optimierungspotenziale für ein übergeordnetes Energie- und Gebäudemanagement zu

### Wozu Automatisierung?

► Erreichen und Einhalten von Optimierungszielen im laufenden Betrieb wie z.B.

- Bereitstellung einer guten (Raum-)Luftqualität (z.B. Einhaltung bestimmter Temperatur- und Feuchtebereiche)
- Minimaler Energieeinsatz
- Hohe Anlagenverfügbarkeit
- Hohe Anlagensicherheit
- Geringe Service- und Wartungskosten
- Reduzierung der Umweltbelastung
- Erhöhung der Nutzungs-Flexibilität
- Entlastung des Menschen von Routinearbeit
- ...

► Nur möglich durch

**technisch optimal (technisch/wirtschaftlich) ausgelegte Anlagentechnik sowie auf Nutzung optimal angepasste Systemtechnik (Anlage + Automation) !**

Abb.6 Vielfältige und zum Teil gegenläufige Anforderungen an die Automatisierung

best in technical performance

## Energien beherrschen, um Energien zu sichern!



Imtech ist Deutschlands führender Gebäudeausrüster mit technischer Kernkompetenz und einem umfassenden Spektrum nachhaltiger Dienstleistungen.

Mit diesem einzigartigen Angebotspaket ist Imtech der erstrangige Partner in allen Lebenszyklen von Industrieanlagen und -liegenschaften.

Anfangen von Projektentwicklung, Planung und Finanzierung über die Realisierung neuer, zukunftsweisender technischer Lösungen im eigenen F&E-Labor bis hin zur Errichtung von komplexen Kraftwerks- und Industrieanlagen sowie für deren Management, Betrieb, Service und Revitalisierung bietet Imtech das einzigartige Nutzerkonzept aus einer und erster Hand.

Informieren Sie sich jetzt über die neue Generation im zukunftsweisenden Industrieanlagenbau, -management und -betrieb – erleben Sie »best in technical performance«.

**Imtech**

Imtech DEUTSCHLAND GmbH & Co. KG  
Hammer Str. 32 | Imtech Haus | 22041 Hamburg  
Tel.: 0 40 / 69 49-0 | [www.imtech.de](http://www.imtech.de)

### Imtech-Energie-Spezialitäten:

- Kraftwerks- & Energietechnik
- Contracting
- Technisches Anlagen- und Gebäude-management
- Industrielle Lufttechnik
- Forschung & Entwicklung

**Automatisierungsstufen**

1. Stufe: Automatisierung der Kälteanlage intern:  
Bsp.: Verdichterregelung, Expansionsventilregelung, Verflüssigerregelung, Verdampferregelung, Abtausteuern, Hochdruck-/Niederdrucküberwachung
2. Stufe: Automatisierung eines RLT-Gerätes unter Einbindung der Kälte  
Bsp.: Temperatur-/Feuchteregelung, Frostschutzüberwachung
3. Stufe: Automatisierung eines Energieverbundes unter Einbindung einer RLT-Anlage  
Bsp.: Anforderung RLT-Anlage, Last-/Energiemanagement, Optimierung Gesamtsystem

Hierbei wichtig:

Kommunikationsfähigkeit zum Austausch aller relevanten Daten für die Anlagen- und Systemoptimierung

- ▶ Offene Bus- und Kommunikationssysteme wie z.B. EIB, LON, Modbus, BACnet, ...

Abb.7 Unterschiedliche Automatisierungsstufen

nutzen. Je nach Anwendung sind die Optimierungsziele jedoch sehr vielfältig und zum Teil gegenläufig, Abb.6.

Generell sollten folgende Leitlinien für das adäquate Zusammenspiel von Automatisierungstechnik und Anlagentechnik beachtet werden:

- ▶ Automatisierungstechnik ist nur so gut wie die Anlagentechnik und umgekehrt. Oder anders ausgedrückt: Ein optimierter Einsatz von Automatisierungstechnik fordert eine technisch optimal ausgelegte Anlage, so dass durch die Automation auch das Potenzial für einen optimierten Betrieb ausgeschöpft werden kann.
- ▶ Automatisierungstechnik selbst ist als notwendiges Hilfsmittel für einen optimierten Anlagenbetrieb zu sehen.

Nicht: „So viel Automation wie möglich“, sondern: „So viel Automation wie im konkreten Anwendungsfall notwendig“. Und dies sollte auch richtig um- und eingesetzt werden, so dass die durch Einsatz von Automatisierungstechnik entstehenden Potenziale auch genutzt werden – z.B. für das Energiemanagement.

- ▶ Umgekehrt gilt aber auch: Ohne Automation keine Information über den Prozess. Ohne Information über den Prozess kein Wissen. Ohne Wissen über den Prozess keine Optimierung möglich!

Automatisierung kann auf unterschiedlichen Stufen erfolgen, wie dies in Abb.7 an einem Beispiel dargestellt ist.

Bezogen auf kältetechnische Systeme besteht die 1. Stufe aus der Automatisierung der eigentlichen Kälteanlage. Es

geht hierbei z.B. um die Erfüllung der vielfältigen Steuerungs- und Regelungsaufgaben sowie elementaren Überwachungsaufgaben im geschlossenen Kältekreislauf. Bereits in einer einfachen Kalt Dampf-Kompressionsanlage finden sich mehrere elementare Regelkreise, die sich zudem gegenseitig beeinflussen, Abb.8.

So lassen sich z.B. im Bereich der Gewerbekälte durch höherwertige Automatisierungsstrategien (z.B. Fuzzy Control) und Abstimmung aller Einzelregelungen (z.B. Bedarfsabtauung, Lüftermanagement am Verdampfer) gegenüber Standardverfahren (z.B. zeitgesteuerte Abtauung, Zweipunktregler) bereits Energieeinsparungen in der Größenordnung von 13-18% realisieren, wobei dies im konkreten Fall sehr stark von den jeweiligen Nutzungsbedingungen (Häufigkeit der Kühlguteinlagerung, Begehung, Feuchtelasten usw.) abhängt, [9].

Die nächste Automatisierungsstufe beschäftigt sich mit der Automatisierung des Zusammenspiels aller Komponenten in einem Kältekreislauf, also der Gesamtautomatisierung einer Kälteanlage im Zusammenspiel mit dem zu kühlenden Prozess. Das optimierte Zusammenspiel aller Komponenten ist hierbei abhängig von den aktuell vorliegenden Randbedingungen (Umgebungsbedingungen usw.) und dem zu kühlenden Prozess. Wird die Kälteanlage z.B. als

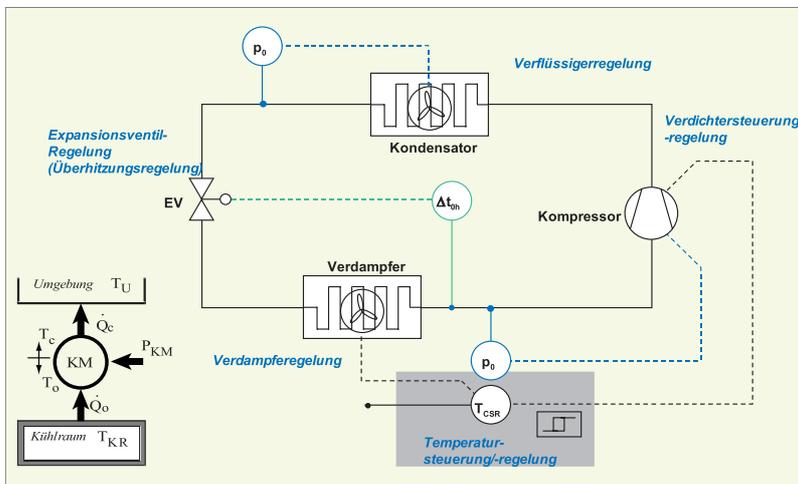


Abb.8 Beispiel für verschiedene Steuer- und Regelungsaufgaben im Kältekreislauf

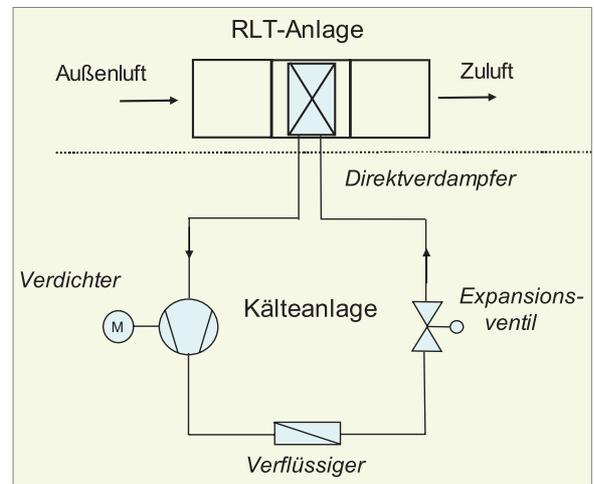


Abb.9 Kälteanlage als Direktverdampfersystem integriert als Teilsystem in eine raumlufttechnische Anlage (RLT-Anlage)

Direktverdampfersystem in eine raumlufttechnische Anlage (RLT-Anlage) integriert, so ist die Kälteanlage – neben Teilsystemen wie Befeuchter, Erhitzer usw. – als eine Teilkomponente dieser RLT-Anlage zu betrachten, wie dies in Abb.9 grob skizziert ist.

Bei der dritten Automatisierungsstufe geht es funktional darum, die RLT-Anlage inklusive der Kälteanlage adäquat in ein Last- und Energiemanagement oder eine Gesamtoptimierung aller Anlagentechniken einzubinden. Hierbei gilt es z.B. Nutzerprofile und aktuelle Wetterdaten, evtl. auch prognostizierte Wetterdaten (Wettervorhersage), zur Optimierung heranzuziehen. Nur unter Einsatz zeitgemäßer Gebäudeautomation und moderner Bus- und Kommunikationssysteme ist ein solches ganzheitliches Automationskonzept umzusetzen.

Lösungen zu Gesamtkonzepten für die Automatisierung kältetechnischer Anlagen sind in der Praxis noch kaum realisiert. Ein Grund ist sicher darin zu sehen, dass aus regelungstechnischer Sicht kältetechnische Prozesse als

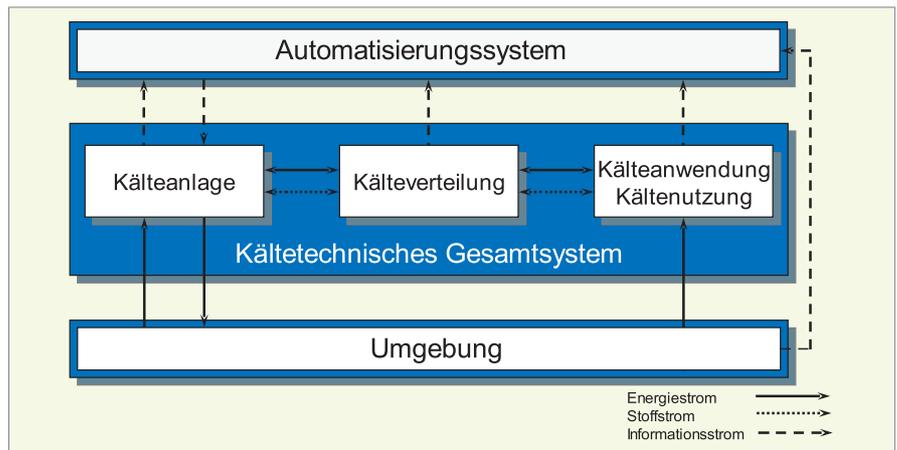


Abb. 10 Betrachtung als kältetechnisches Gesamtsystem

stark nichtlinear mit einer Vielzahl von inneren Kopplungen zwischen den einzelnen Prozess- und Zustandsgrößen zu charakterisieren sind. Zudem werden kältetechnische Prozesse im laufenden Betrieb durch vielfältige äußere Störgrößen (z.B. wechselnde Umgebungsbedingungen) und innere Störgrößen (z.B. Interne Kühllasten, Türöffnungen) beeinflusst. Schließlich finden sich in der Praxis sehr unterschiedliche Anlagenvarianten sowohl hinsichtlich der eingesetzten Anlagenkomponenten als auch der Kälteanwendung selbst. Diese

Faktoren erschweren den Entwurf von verbesserten Automatisierungskonzepten. Nicht zuletzt aus diesem Grund finden sich in der Kältetechnik zurzeit vergleichsweise einfache Steuerungs- und Regelungskomponenten. Da diese Komponenten üblicherweise unkoordiniert nebeneinander arbeiten, können sie die zukünftigen Anforderungen hinsichtlich Flexibilität und Kommunikationsfähigkeit nicht erfüllen. Durch den Einsatz leistungsfähiger Mikroelektronik in Verbindung mit den modernen Informationstechnologien las-

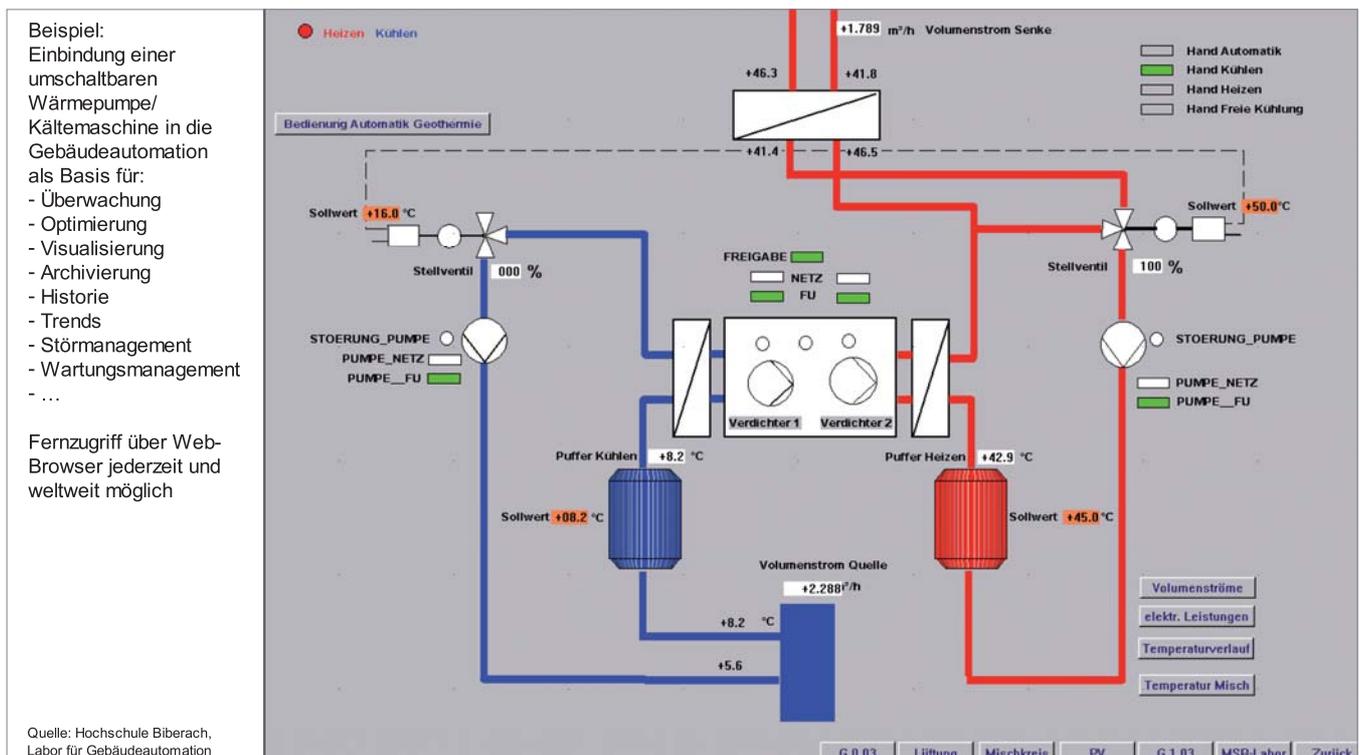


Abb. 11 Beispiel für die Anbindung einer umschaltbaren Wärmepumpe/Kältemaschine an eine übergeordnete Gebäudeautomation

sen sich heutzutage allerdings bereits flexible, kostengünstige und intelligente Automatisierungskonzepte realisieren. Wichtig hierbei ist eine systemische Betrachtungsweise, die nicht nur die Kälteanlage alleine betrachtet, sondern die gesamte Kette aus Erzeugung, Verteilung und Nutzenübergabe als kältetechnisches Gesamtsystem mit einbezieht, wie dies in Abb.10 dargestellt ist.

## 6. EINBINDUNG IN ENERGIE- UND GEBÄUDEMANAGEMENT

Für einen energieeffizienten Betrieb von einzelnen Anlagen ist es entscheidend, dass alle hierfür erforderlichen Informationen erfasst, an eine geeignete Stelle übertragen, archiviert und visualisiert werden. Um diese Informationen wirtschaftlich bereitstellen zu können, bedarf es eines unternehmensweiten Informationsmanagements basierend auf offenen Bus- und Kommunikationssystemen wie dies zunehmend in größeren Gebäuden und Liegenschaften der Fall ist.

Damit sind nicht nur Überwachungs- und Optimierungsfunktion realisierbar, sondern dies ist zugleich die Basis für die Anbindung an nichtoperative Aufgaben wie z.B. übergeordnetes Energie-, Wartungs- und Gebäudemanagement sowie Material- und Personaleinsatzplanung.

Diese Vorgehensweise ermöglicht es u.a. auch, wichtige Prozessgrößen wie z.B. Temperatur- und Druckverläufe genauso wie Energieverbrauchs- und Energiekennwerte zu archivieren und zu einem beliebigen späteren Zeitpunkt auswerten zu können. Dazu werden die relevanten Daten aus den verschiedensten Anlagen i.d.R. auf eine übergeordnete Gebäudeautomation zusammengeführt. Diese Vorgehensweise wird auch als gewerkeübergreifende Gebäudeautomation bezeichnet, Abb.1 (siehe Artikelanfang).

Wichtig hierbei ist, dass schon bei der Planung von Kälteanlagen offene Kommunikationsschnittstellen vorgesehen werden, damit diese Anlagen neben allen anderen betriebstechnischen Anlagen in ein solches gewerkeübergreifendes Gebäudeautomations- und

-managementkonzept eingebunden werden können. Erst dadurch lassen sich die Potenziale für eine energieeffiziente Betriebsführung im laufenden Betrieb der Kälteanlage voll ausschöpfen.

Die Visualisierung von Anlagen und die Anzeige aktueller Prozessdaten auf dynamischen Anlagenbildern ist eine hervorragende Basis, um den korrekten Betrieb einer Anlage überwachen zu können, wie dies am Beispiel einer umschaltbaren Kältemaschine/Wärmepumpe in Abb.11 dargestellt ist.

## 7. FAZIT UND AUSBLICK

In diesem Beitrag wurde die Energieeffizienz von Kälteanlagen diskutiert, insbesondere vor dem Hintergrund des Stellenwertes moderner und zeitgemäßer Automatisierungstechnik. Es wurde versucht, Antworten auf folgende Fragen zu geben: Wie lässt sich ein energieeffizienter Betrieb von Kälteanlagen umsetzen? Welchen Beitrag kann die Anlagentechnik, welchen die Automatisierungstechnik liefern? Was rechnet sich wirtschaftlich? Wo stehen wir heute? Wo liegen die Potenziale? Welche Vorteile bietet die Einbindung der Anlagentechnik auf ein übergeordnetes Energie- und Gebäudemanagement? Sicherlich kann dies im Rahmen eines solchen Beitrages nicht vollständig beantwortet werden, es sollte vielmehr der Stellenwert für einen zielgerichteten Einsatz von Automatisierung in der Kälte- und Klimatechnik aufgezeigt werden. Da das Thema Energieeffizienz immer mehr an Bedeutung gewinnt, ist in Zukunft verstärkt mit einem Einsatz von automations- und simulationsgestützten Werkzeugen für einen wirtschaftlichen Anlagenbetrieb zu rechnen.

*Autor*  
 Prof. Dr.-Ing. Martin Becker  
 FH Biberach,  
 Studiengang Gebäudetechnik /  
 Gebäudeklimatik  
 Fachgebiet MSR-Technik  
 und Gebäudeautomation  
 Grafiken: Prof. Dr.-Ing. Becker  
[www.fh-biberach.de](http://www.fh-biberach.de)

## Literatur

- [1] Green paper on energy efficiency or doing more with less, Directorate-General for Energy and Transport, European Commission [http://europa.eu.int/comm/energy/efficiency/index\\_en.htm](http://europa.eu.int/comm/energy/efficiency/index_en.htm)
- [2] EU-Richtlinie 2006/32/EG des Europäischen Parlaments und des Rates zur Endenergieeffizienz und zu Energiedienstleistungen vom 5.04.2006, Amtsblatt der Europäischen Union L 114/64-85.
- [3] EU-Richtlinie 2002/91/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2002 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (EPBD), Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft, 04.01.2003, S. L 1/65-1/71.
- [4] Energiebedarf bei der technischen Erzeugung von Kälte in der Bundesrepublik Deutschland, Statusbericht Nr.22 des Deutschen Kälte- und Klimatechnischen Vereins (DKV), Juni 2002.
- [5] Morris, C.: Zukunftsentwürfe – Die Wende zum nachhaltigen Energiesystem, Kapitel 13: Effizienz – Von Negawatt und Einsparkraftwerken, Heise Verlag, 2005.
- [6] VDI 2067: Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen – Energieaufwand der Nutzenübergabe Raumlufttechnik, Blatt 21, Beuth-Verlag, Mai 2003.
- [7] VDI 2078: Berechnung der Kühllast klimatisierter Gebäude, Beuth-Verlag, Februar 2003.
- [8] Diehl, A.; Becker, M.: Ein dezentrales modulares Konzept zur Automatisierung kältetechnischer Anlagen. VDI-Bericht 1397 zum GMA-Kongress '98 Mess- und Automatisierungstechnik, VDI-Verlag, Düsseldorf 1998, S. 395-402.
- [9] Becker, M.: Automatisierung kältetechnischer Anlagen auf Basis der mathematischen Modellierung des Gesamtsystems. Dissertation, Universität Kaiserslautern, Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 19, Nr. 86, VDI-Verlag, Düsseldorf 1996.
- [10] Diehl, A.: Ein modulares Konzept zur ganzheitlichen Automatisierung leistungsregelbarer Kompressionskälteanlagen. Shaker-Verlag, 2003.

**■ Ausschreibung**  
**■ Vergabe**  
**■ Abrechnung**

**Kostenlose Testversion**

**ORCA**  
SOFTWARE GMBH

Tel. 08031-40688-0  
 Fax 08031-40688-11

e-mail: [info@orca-software.com](mailto:info@orca-software.com)  
[www.orca-software.com](http://www.orca-software.com)

# Mit Sicherheit TROX



Brandschutzklappe FK-K90-LD

## Brandschutzklappe FK-K90

Die Brandschutzklappe FK-K90 ist seit Jahrzehnten ein bewährtes und sicheres Produkt aus dem Hause TROX.

Neue Ausführungsvarianten und zusätzliche Anwendungen bieten folgende Vorteile:

- **Deutlich geringerer Druckverlust**
- **Reduktion des Schalleistungspegels**
- **Anschluss an brennbare Lüftungsleitungen**
- **Sicherheit durch ATEX-Zertifikat**
- **Auch in allen Zwischengrößen lieferbar**

**TROX<sup>®</sup> TECHNIK**  
The art of handling air

TROX GmbH  
Heinrich-Trox-Platz  
D-47504 Neukirchen-Vluyn

Telefon +49(0)28 45 / 2 02-0  
Telefax +49(0)28 45 / 2 02-2 65  
E-Mail [trox@trox.de](mailto:trox@trox.de)  
[www.trox.de](http://www.trox.de)

# Die Welt ist keine Scheibe - Ihre Anzeigen auch nicht [...]

Anmeldung  
Service-Box



**innovatools**

*Werkzeuge für den Erfolg*

Fach.**Journal**

*Fachzeitschrift für Erneuerbare Energien & Technische Gebäudeausrüstung*

[Hier mehr erfahren](#)



**innovapress**

*Innovationen publik machen  
schnell, gezielt und weltweit*

Filmproduktion | Film & Platzierung | Interaktive Anzeige | Flankierende PR | Microsites/Landingpages | SEO/SEM | Flashbühne