



*5. Netzwerktreffen,
18. November 2009, Hamburg*



**Netzwerk
Kälteeffizienz**
Hamburg

Energieeinsparung bei Kälteanlagen durch verbesserte Regelung und optimierte Betriebsführung

**Prof. Dr.-Ing. Martin Becker
Hochschule Biberach**

**Fachbereich Architektur&Gebäudeklimatik
Studienfeld Gebäudeklimatik und Energiesysteme
Institut für Gebäude- und Energiesysteme (IGE)
Fachgebiet MSR-Technik und Gebäudeautomation**

- Energieeffizienz allgemein und in der Gebäudetechnik
- Energieeffizienz in der Kälte- und Klimatechnik
- Stellenwert Automatisierung und optimierte Betriebsführung
- Beispiele

Zur Person

- ◆ Studium der Elektrotechnik, Universität Kaiserslautern
- ◆ Promotion auf dem Gebiet der Automatisierung kältetechnischer Anlagen
- ◆ bis 1999 Technischer Leiter bzw. Geschäftsführer der Transferstelle für Automatisierungs- und Informationssysteme in der Kältetechnik (TASK), Kaiserslautern
- ◆ Freier Berater mit eigenem Ingenieurbüro
- ◆ Sachverständiger für MSR-Technik und Gebäudeautomation
- ◆ Leitung und Durchführung von Seminaren und Schulungen
- ◆ seit 1999 Professur an der Hochschule Biberach,
Fakultät Architektur&Gebäudeklimatik, Studiengang Gebäudetechnik/Gebäudeklimatik
- ◆ Lehre: MSR-Technik und Gebäudeautomation,
Bus- und Kommunikationssysteme, Labor für Gebäudeautomation
- ◆ Projekte/Forschung: Gewerkeübergreifende Raum- und Gebäudeautomation,
Automatisierung in der Kältetechnik
Dezentrale und regenerative Energiesysteme (insb. Fotovoltaik)
Nachhaltige Energie- und Gebäudetechnik
Gebäude- und Energiemanagement, Informationsmanagement

Martin Becker

Schon immer müssen kältetechnische Anlagen gesteuert, geregelt und überwacht werden. Allerdings eröffnen sich bedingt durch den zunehmenden Einzug der Mikroelektronik und moderner Informationstechnik in die Kältetechnik ganz neue Möglichkeiten, kältetechnische Anlagen ständig den aktuellen

Automatisierung in der Kältetechnik – Notwendiges Übel oder Chance?

Automatisierung in der Kältetechnik - Notwendiges Übel oder Chance?

aus: Ki Luft- und Kältetechnik 8/1998

Dr.-Ing. Martin Becker

Transferstelle für Informations- und Automatisierungssysteme in der Kältetechnik,
Universität Kaiserslautern

Moderne Automatisierungskomponenten auf Basis mikroelektronischer Komponenten stehen in zunehmender Vielfalt für die Kältebranche zur Verfügung. Beispiele hierfür sind elektronische Kühlstellen- und Bedarfsabtauregler, elektronische Expansionsventilregler, elektronische Druckregler, integrierte Leitsysteme mit Überwachungs- und Diagnosemöglichkeit über Telefon und PC. Obwohl die Technik hierzu ausgereift ist und ihr Einsatz vielfältige Vorteile bietet, ist eine eher bescheidene Marktdurchdringung zu beobachten.

Wo liegen die Ursachen hierfür? Wie steht es um den Stellenwert der Automatisierung in der gewerblichen Kältetechnik? Wo lohnt sich der Einsatz moderner Automatisierungsgeräte auf Mikrocontrollerbasis? Was gilt es zu verbessern? Welche aktuellen Trends sind zu erkennen?

Diese und weitere Fragen werden in diesem Beitrag kritisch hinterfragt. Anhand einer konkreten Anwendung werden zudem die Vorteile von Automatisierungslösungen auf Basis von mikroelektronischen Komponenten aufgezeigt.

aus: DKV-Tagungsbericht 1997

Strategien zur Erhöhung der Energieproduktivität

Erhöhung der Energieproduktivität
durch Kombination und gegenseitige
Abstimmung der Maßnahmen:

1. Energieeinsparen
 - > Negawatt-Strategie, Suffizienz-Strategie
2. Energie gezielt und optimiert nutzen
 - > Energieeffektivität und Energieeffizienz-Strategie
3. Verstärkt erneuerbare Energien einsetzen
 - > Substitutions-Prinzip

„Energieeffizienz von Gebäuden und Anlagen“

Effizienz (nach Duden)

1. Wirksamkeit, Wirkkraft
2. = Efficiency

Effizient

1. Besonders wirtschaftlich, leistungsfähig
2. Wirksamkeit habend

Effektiv:

- a) tatsächlich, wirklich
- b) wirkungsvoll (im Verhältnis zu den aufgewendeten Mitteln)
- c) lohnend

„Energieeffizienz von Gebäuden und Anlagen“

*Effizient heißt ...
die Dinge richtig zu tun*



Anlagen möglichst
optimal betreiben

*Effektiv heißt ...
die richtigen Dinge zu tun*



Anlagen möglichst
optimal planen und
bauen

Fazit -> Erst auf Effektivität, dann auf Effizienz achten!

Stufen der Energieeffektivität und -effizienz

1. Stufe: Energieeinsparen

- Nutzerverhalten optimieren (gezielte Fensterlüftung, Licht aus, Türen schließen...)
- Anreizsysteme schaffen (z.B. für Hausmeister, Schüler, Personal)
- „aktives“ Energiemanagement (z.B. Schulung des Personals und der Nutzer)
- Negawatt-Strategie, Einsparkraftwerk, Least Cost Planning (LCP)
- ...

2. Stufe: Energieeffiziente Geräte, Komponenten und Anlagentechnik

- Energieeffiziente Pumpen, Ventilatoren, Motoren, Leuchten, ...
- Reduzierung von Stand By-Verlusten (Netztrennung, hochwertige Trafos, ...)
- Energieeffiziente Anlagen- und Gebäudetechnik (solare Kühlung, Geothermie, kontrollierte natürliche Lüftung, dezentrale Lüftung/Kühlung, aktive Fassaden, ...)
- ...

Stufen der Energieeffektivität und -effizienz

3. Stufe: Gezielter Einsatz von und Mehrwert durch Automatisierungstechnik

- Nutzungsprofile und Teillastverhalten von Anlagen berücksichtigen
- Ressourcenoptimierung durch Anlagenoptimierung
(Kälte, Wärme, Beleuchtung, Elektro, Wasser/Abwasser ...)
- Ganzheitliche Gesamtautomatisierung anlagen- und gewerkeübergreifend
- Optimierung bei Betriebsführung und durch Anlagenmanagement unter Einsatz zeitgemäßer Technologien
(Mess-, Steuer-, Regeltechnik, Gebäudesystemtechnik, Gebäudeautomation, Bussysteme, IuK-Technik, Intranet/Internet)
- Informationsmanagement (z.B. Automatische Darstellung und Auswertung von COP, Arbeitszahlen, Energiesignatur, Energiekenngrößen)

Energieeffizienz in der Gebäude- und Energietechnik

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

Ergebnisse der TEWI-Studie FKT 96/03

[Quelle: Aktuelle TEWI-Betrachtung von Kälteanlagen mit HFKW- und PFKW-Kältemitteln unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Rahmenbedingungen für verschiedene Anwendungsgebiete, Studie FKT 96/2003]

$$TEWI = GWP \cdot L \cdot n + GWP \cdot m \cdot (1 - \alpha_R) + n \cdot E_a \cdot \beta$$

mit

- GWP: Global Warming Potential
- L: Leckrate der Kälteanlage
- n: Betriebszeit der Anlage
- m: Kältemittelfüllmenge der Anlage
- α_R : Rückgewinnungsanteil bei der Anlagenentsorgung
- E_a : Jahresenergiebedarf
- β : CO₂-Emission je kWh Antriebsenergie (Konversionsfaktor)

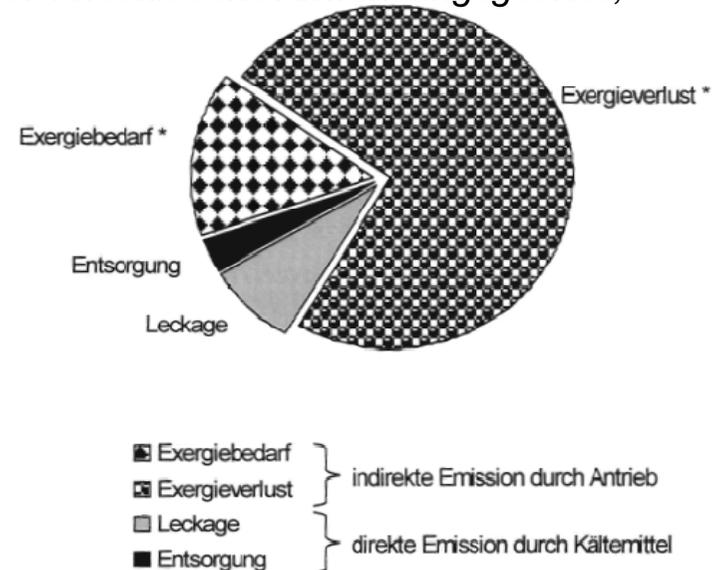


Bild 1-1: Jährliche TEWI-Werte der betrachteten Kälteanlagen

Verteilung:

- direkter Anteil (Kältemittel): 11%
- indirekter Anteil: 89 %

... Die Ergebnisse führen zu der Hauptaussage der Studie, wonach das **hauptsächliche Potenzial zur Entlastung der Umwelt** bei der technischen Erzeugung von Kälte **beim indirekten TEWI-Anteil** liegt.

Erschließen lässt sich dieser Anteil durch **bessere Anpassung der technisch umgesetzten Kälteprozesse an die theoretisch optimale Prozeßführung**, Reduzierung des Kältebedarfs, **Wahl möglichst hoher Nutzttemperaturen und verbesserte Wirkungsgrade bei der Energiebereitstellung**

Ergebnisse DKV-Statusbericht Nr. 22

Quelle: Energiebedarf bei der technischen Erzeugung von Kälte in der Bundesrepublik Deutschland, Statusbericht Nr.22 des Deutschen Kälte- und Klimatechnischen Vereins (DKV), Juni 2002

*... Der Forschungs- und Entwicklungsschwerpunkt ist nicht ausschließlich auf neuartige Systeme und Komponenten, sondern die **Verbesserung und Weiterentwicklung bisheriger Ausrüstungen** zu legen.*

*... Eine **gesamtheitliche energetische Betrachtung und Bewertung** der Kältemaschinen und der Arbeitsstoffe (Kältemittel) auf der einen Seite und andererseits **der Gesamtsysteme, bestehend aus Kälteerzeuger und Nutzsystem**, in deren **Optimierung ein wesentliches Energieeinsparpotenzial liegt**, sollte Grundlage der Auswahl dieser Schwerpunkte sein*

Stellenwert der Automatisierungstechnik für energieeffiziente Kälteanlagen

Verbesserung der Energieeffizienz

Verminderung von treibhausrelevanten Emissionen

Der Forschungsrat Kältetechnik sieht für die Kälte- und Klimatechnik ein mögliches Energieeinsparpotenzial von bis zu 40% (ca.-32.000 GWh/a).

Die ermittelten Einsparpotenziale basieren auf aktuellen Abschätzungen des FKT und auf der TEWI-Studie [11]:

- effiziente Regelung, Betrieb sowie Auslegungsrichtlinien für Kälteanlagen ca. 10%
- Reduzierung der treibenden Temperaturdifferenzen an Wärmetauschern ca. 12%
- Einsatz von hocheffizienten Antriebsmaschinen ca. 3%
- Einsparung des Kältebedarfs ca. 7%
- Anlagenoptimierung, Auslegung nach Jahrestemperaturverlauf, Wärmerückgewinnung und weitere Optimierungen ca. 8%

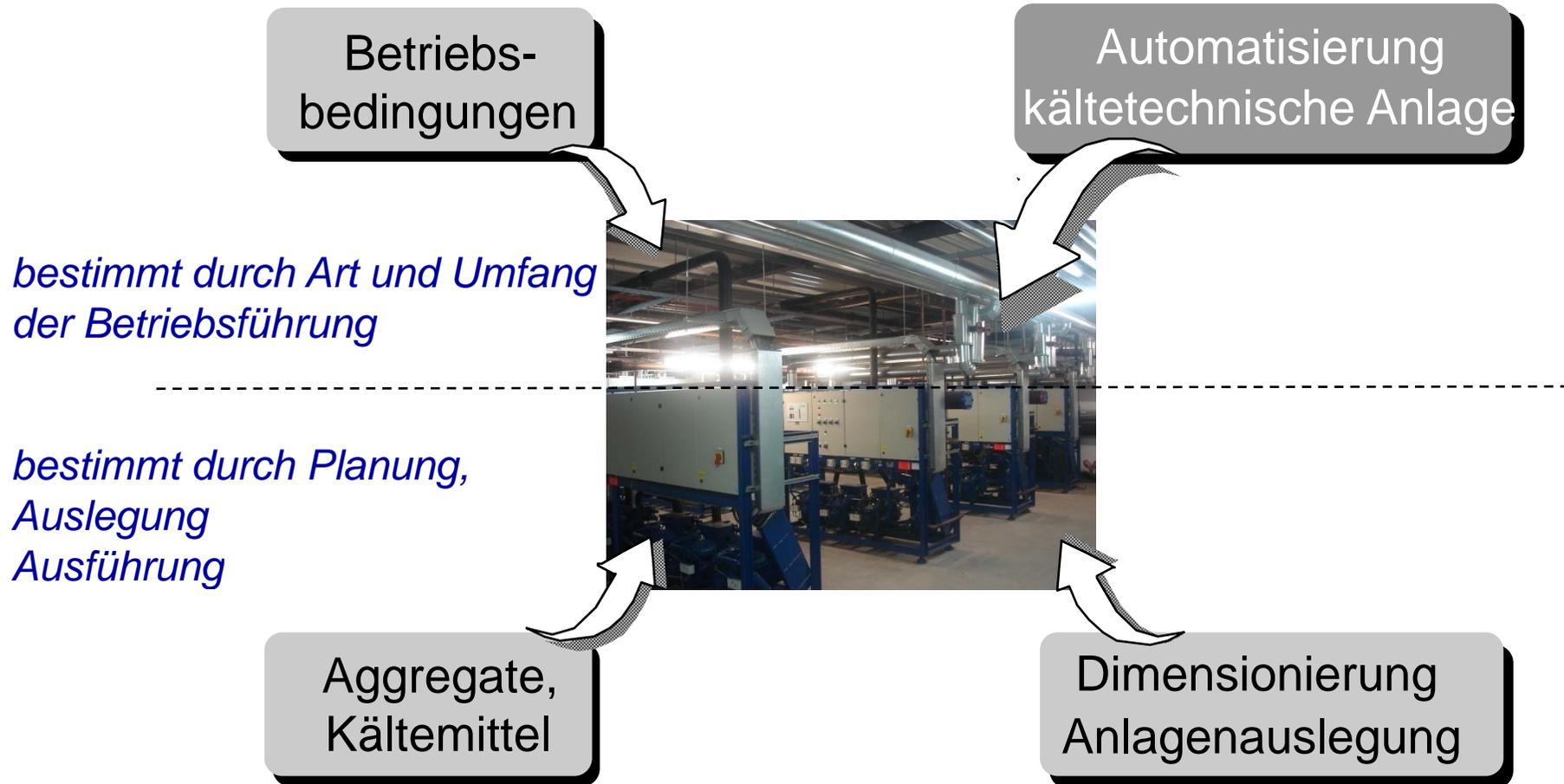
Weitere Schritte

Der Forschungsrat Kältetechnik arbeitet Empfehlungen aus, um das Einsparpotenzial von bis zu 40% zu erreichen.

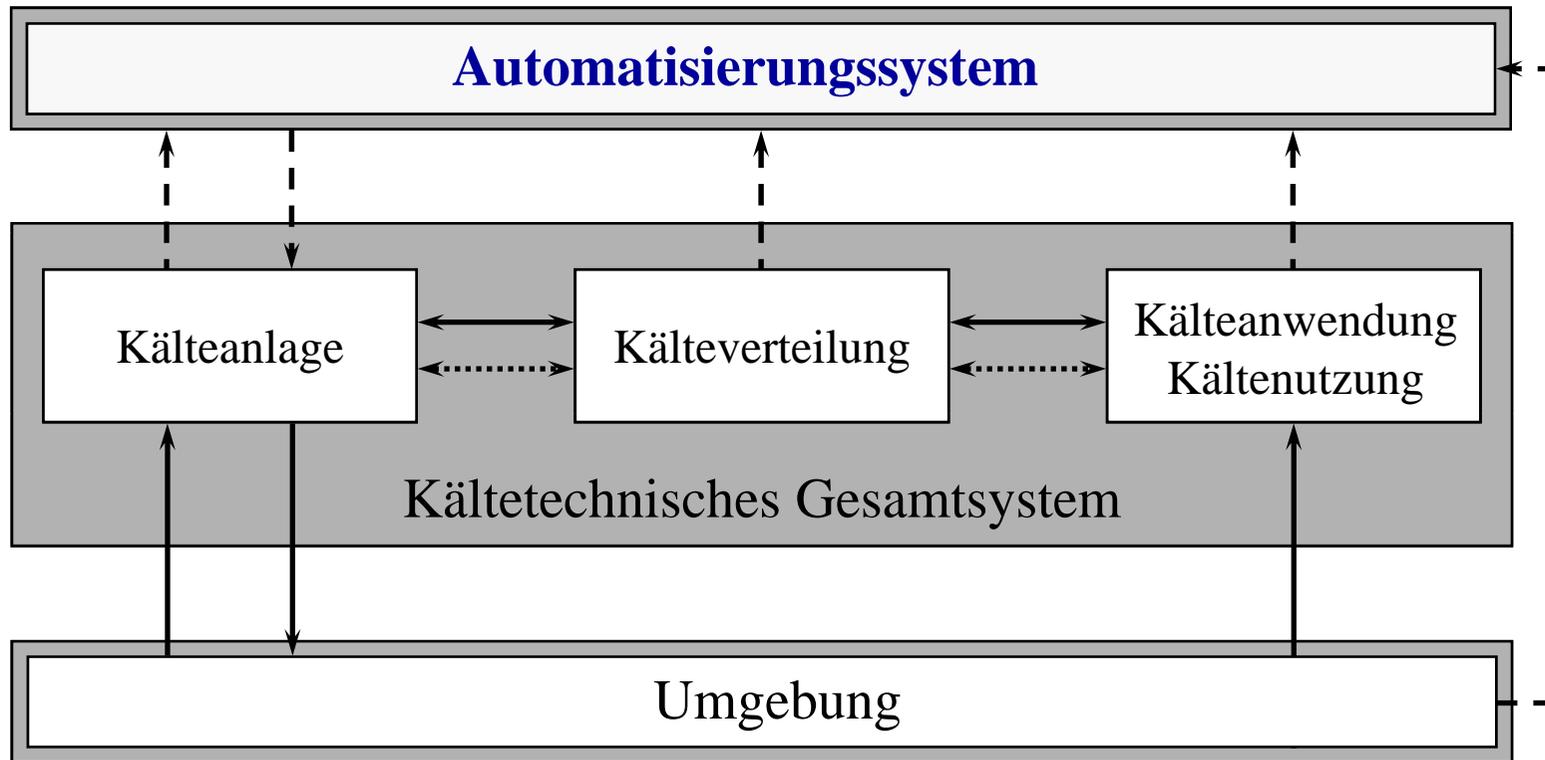
Erste Empfehlungen:

- Optimierung von Anlagenkonzepten, z.B. Kältemittelauswahl, Wahl des Temperaturniveaus
- Optimierung von Betriebskonzepten bestehender Anlagen
- Anwendung von Energiemanagementsystemen
- Einführung von Energieeffizienzkriterien
- Festlegen von Mindestanforderungen an Komponenten, z.B. Wirkungsgrad, Temperaturdifferenzen an Wärmetauschern
- Optimierung von Antrieben

Voraussetzung : Optimisiertes Zusammenspiel von Anlagentechnik und Betriebsführungsstrategien



Voraussetzung: Betrachtung des Kältetechnischen Gesamtsystems und passender Gesamtautomatisierung



aus: L. Litz, M. Becker, *Modellierung und dynamische Simulation kältetechnischer Anlagen*, VDI-Bericht 1282, VDI-Verlag, 1996, S. 183-194.

Energiestrom \longrightarrow
 Stoffstrom $\cdots\cdots\cdots\longrightarrow$
 Informationsstrom $- - - - \longrightarrow$

„Kälteerzeugung“ \longrightarrow „Kälteverteilung“ \longrightarrow „Kältenutzen“

Wozu Automatisierung?

-> Erreichen und Einhalten von Optimierungszielen im laufenden Betrieb

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

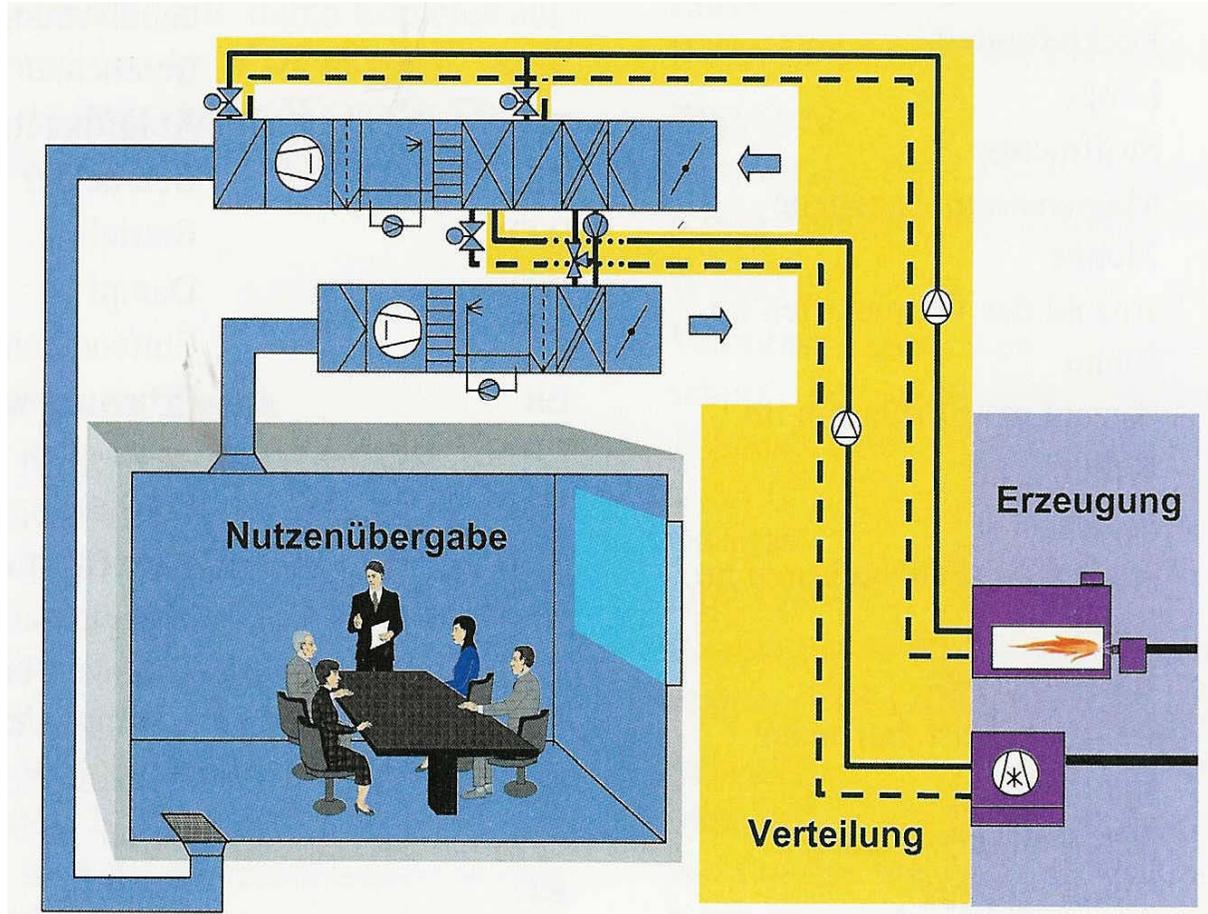
->Achtung: Ziele zum Teil gegenläufig -> Kompromiss erforderlich!

-> Basis:

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

Voraussetzung: Aus Nutzung heraus denken und planen

Ziel: Optimales Zusammenspiel von „Energiesenke“ (Nutzung), Energieverteilung und „Energieerzeugung“

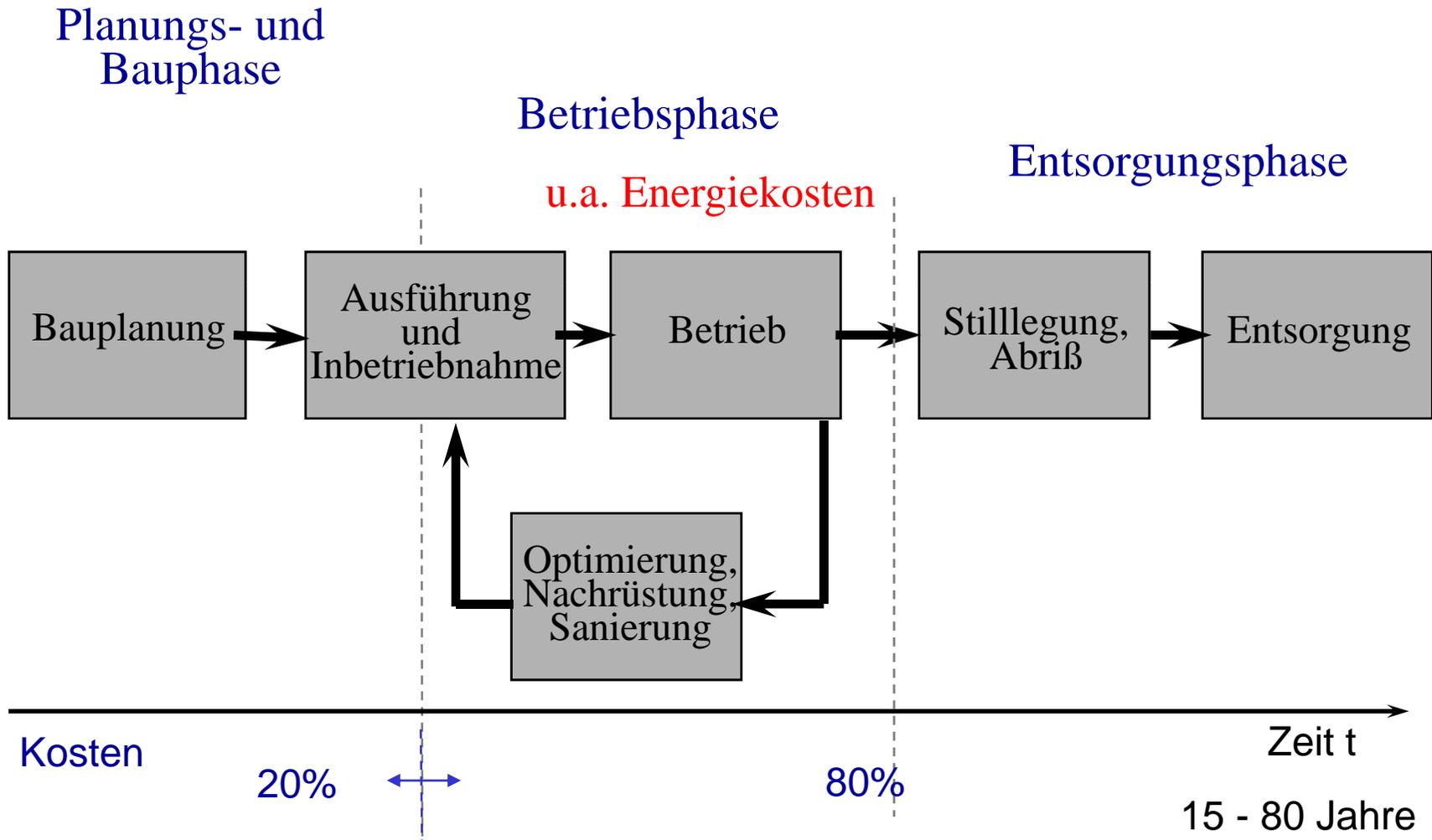


Fragen, die früh in der Planungsphase beantwortet müssen:
Wie optimales Zusammenspiel im Betrieb gewährleisten hinsichtlich:

- Zuverlässigkeit
- Nutzbarkeit
- Angebot/Nachfrage
- Verfügbarkeit
- **Energieeffizienz**
- Wirtschaftlichkeit
- Qualität

Quelle: VDI 2067, Blatt 21: Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen
Energieaufwand der Nutzenübergabe, Raumlufttechnik

Voraussetzung: Lebenszyklusbetrachtung etablieren



Beispiel: Anwendung Kältetechnik im Krankenhaus

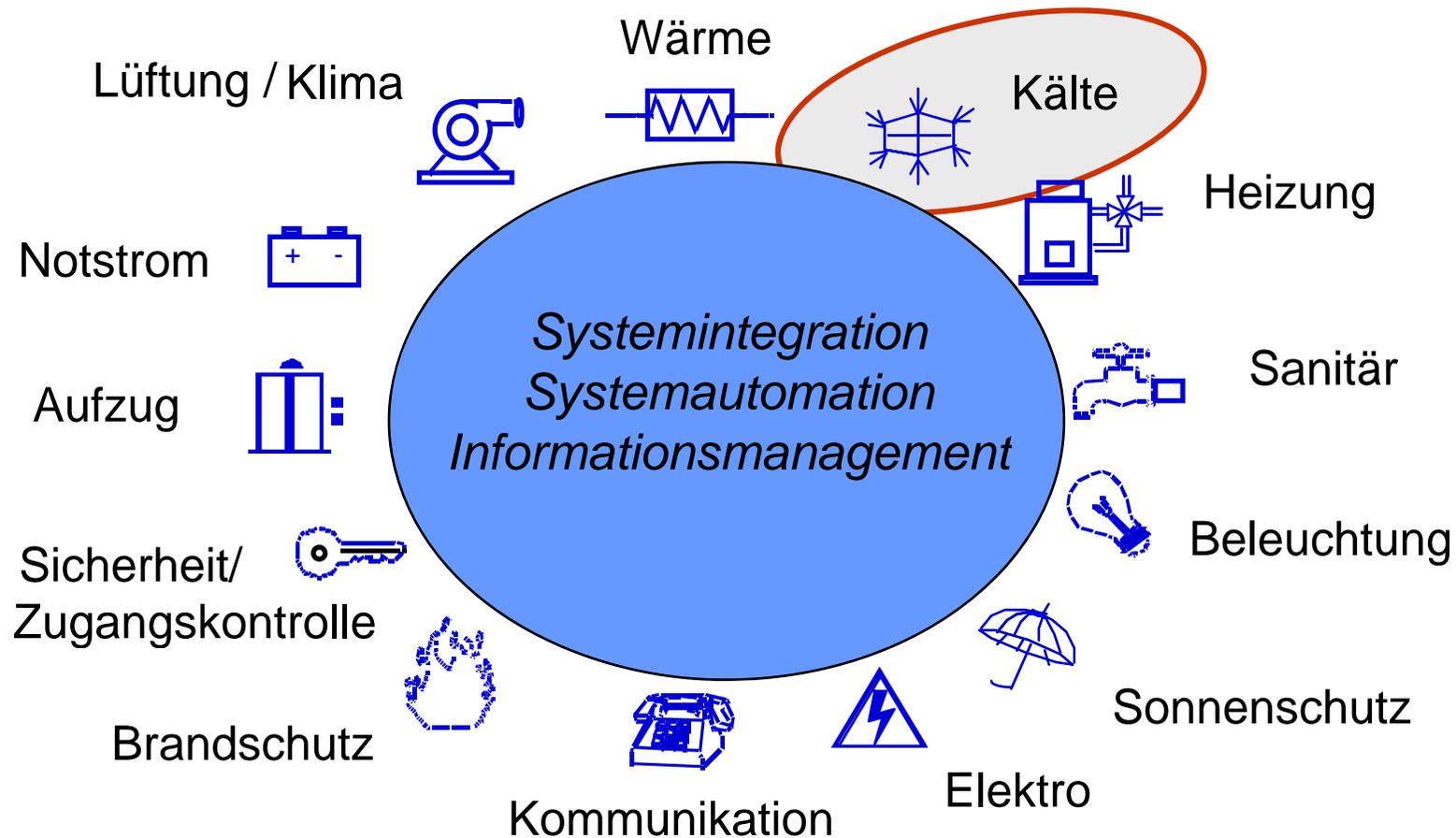
- Klimatisierung/Kühlung für allg. Gebäudetechnik
(Büroräume, Patientenräume, Cafeteria, Küchen, ...)
- Klimatisierung/Kühlung von OP-Räumen
- Klimatisierung/Kühlung von Rechnerräumen, EDV-Zentrum
- Kühlung von Lebensmitteln
(Gewerbekälte, Kühlräume (TK, NK), Kühlschränke, ...)
- Kühlung im Laborbereich
(Medizinische Geräte, Arzneimittel, Blutkonserven, Kryotechnik, ...)
- ...

-> Frage an Betreiber:

Wie hoch ist der Anteil des **Kälte**verbrauchs absolut bzw. bezogen auf gesamten Energieverbrauch in Ihrem Krankenhaus?

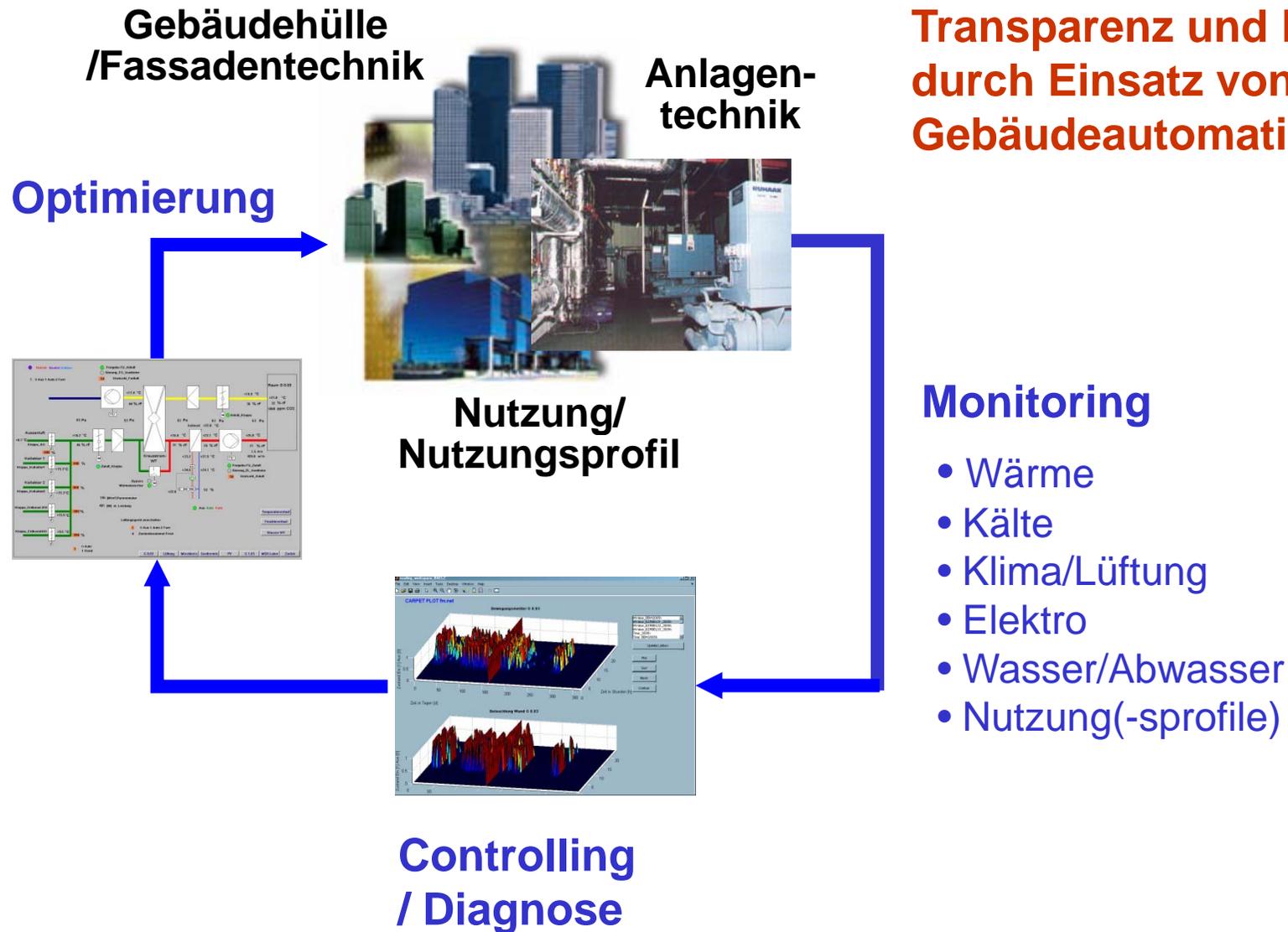
Wo liegen die Energieeinsparpotenziale und wie hoch schätzen Sie diese Potenziale in Ihrem Krankenhaus ein?

Voraussetzung : Einbindung der Anlagen in übergeordnete,
gewerkeübergreifende Gebäudeautomation für optimierte Betriebsführung

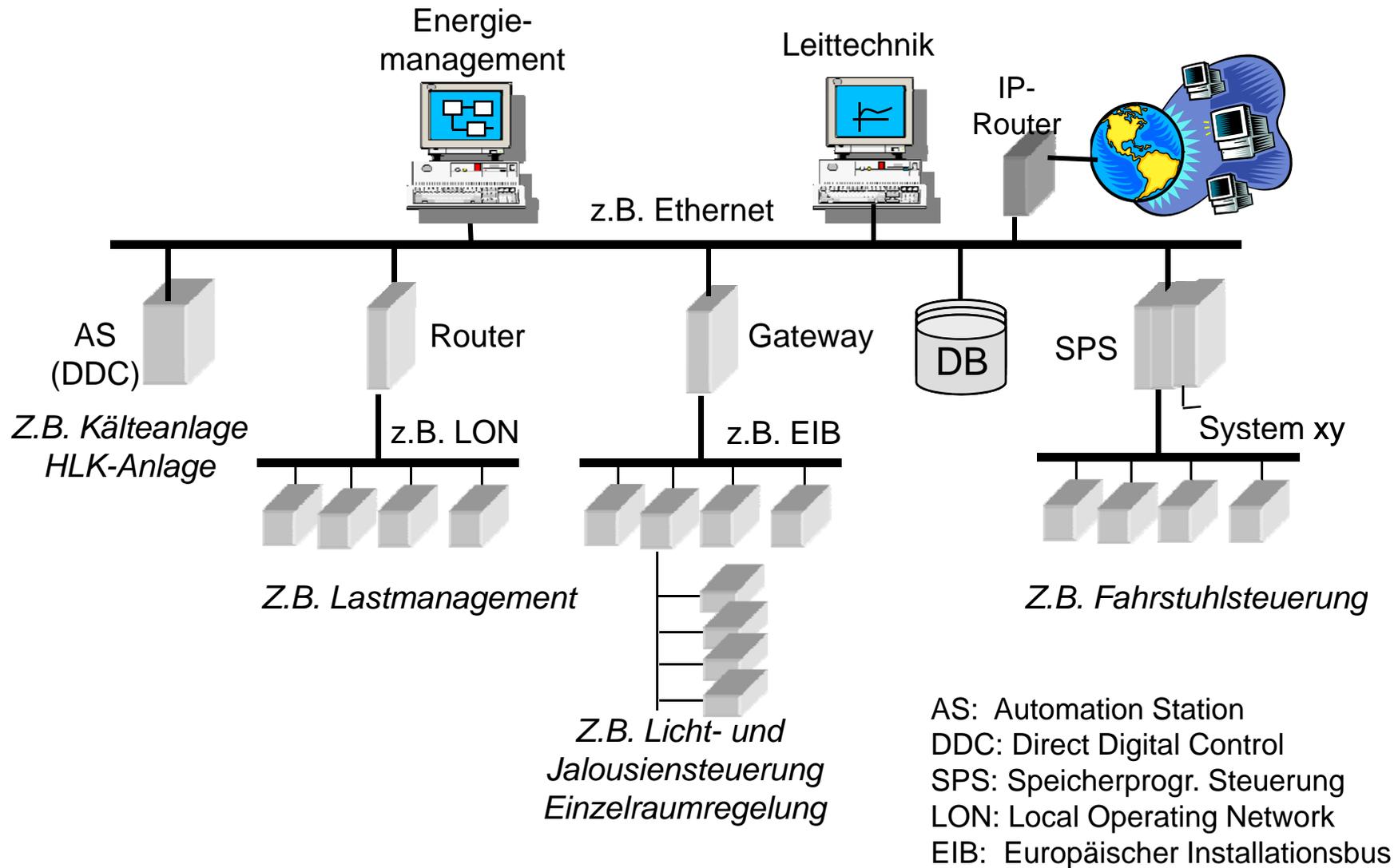


**-> Integration der Anlagentechniken zum Übertragen aller relevanten
Prozeßinformationen über offene Bus- und Kommunikationssysteme wie z.B.
EIB, DALI, LON, Modbus, BACnet, ...**

Der Regelkreis des nachhaltigen, energieeffizienten Gebäudebetriebs



Heterogene, offene Gebäudeautomatisierungsstruktur

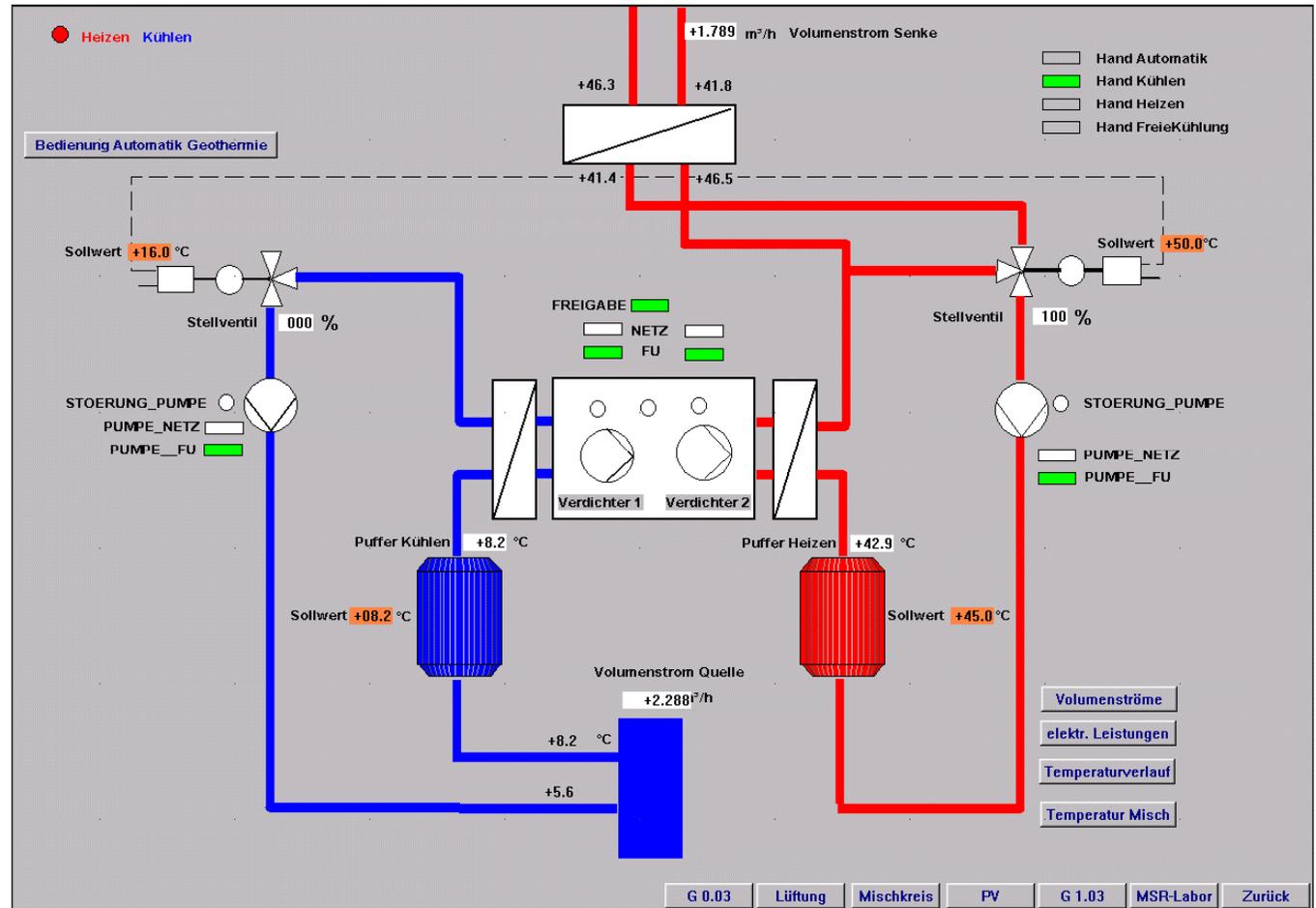


Mehrwert durch Einbindung in Gebäudeautomation

Beispiel:
Einbindung einer umschaltbaren Wärmepumpe/ Kältemaschine in die Gebäudeautomation als Basis für:

- Überwachung
- Optimierung
- Visualisierung
- Archivierung
- Historie
- Trends
- Störmanagement
- Wartungsmanagement
- ...

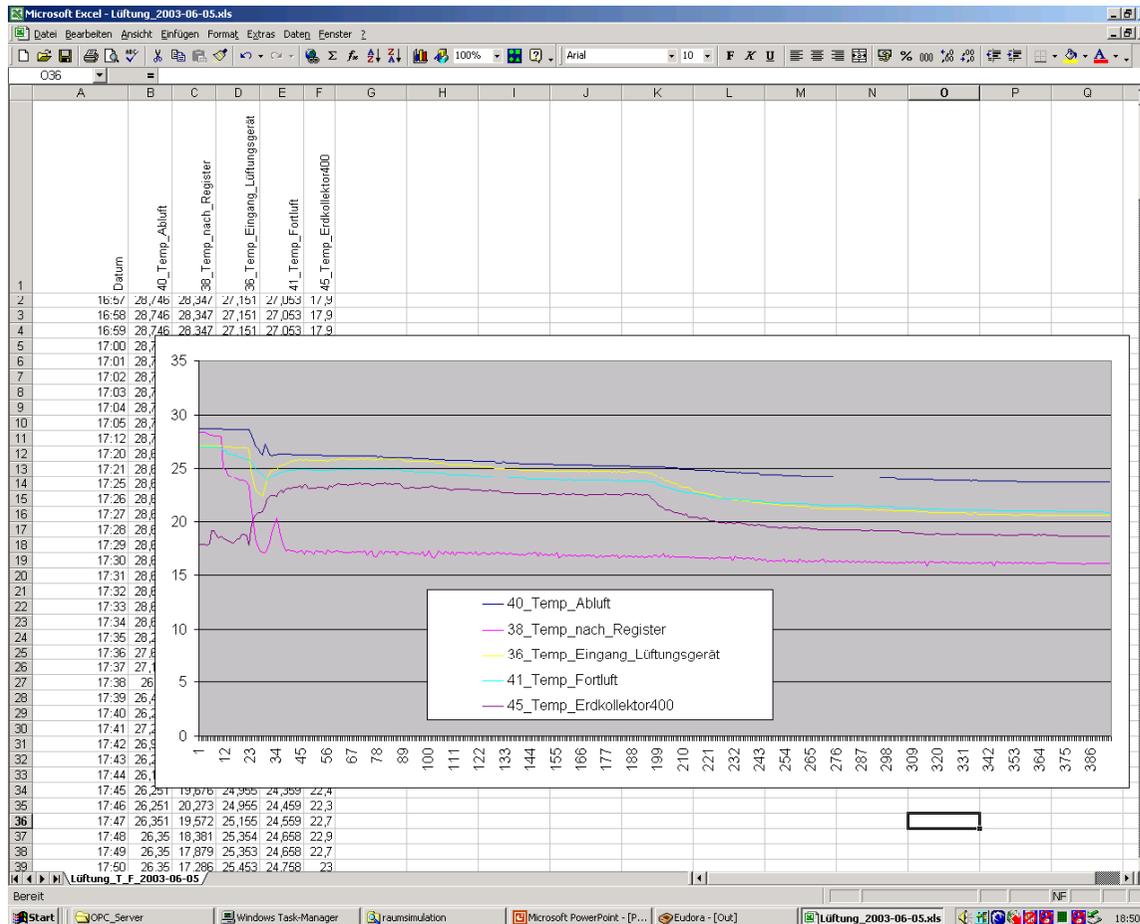
Fernzugriff über Web-Browser jederzeit und weltweit möglich



Quelle: Hochschule Biberach,
Labor für Gebäudeautomation

Mehrwert durch Einbindung in Gebäudeautomation

Auswertung, Darstellung und Detailbetrachtung von Messdaten ermöglichen dynamisches Energiemanagement und optimierten Anlagenbetrieb



Quelle: Hochschule Biberach,
Labor für Gebäudeautomation

Wie hoch ist das Einsparpotenzial durch Automatisierung?

Wie kann es erschlossen werden?

Energieeffizienz in der Gebäude- und Energietechnik

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

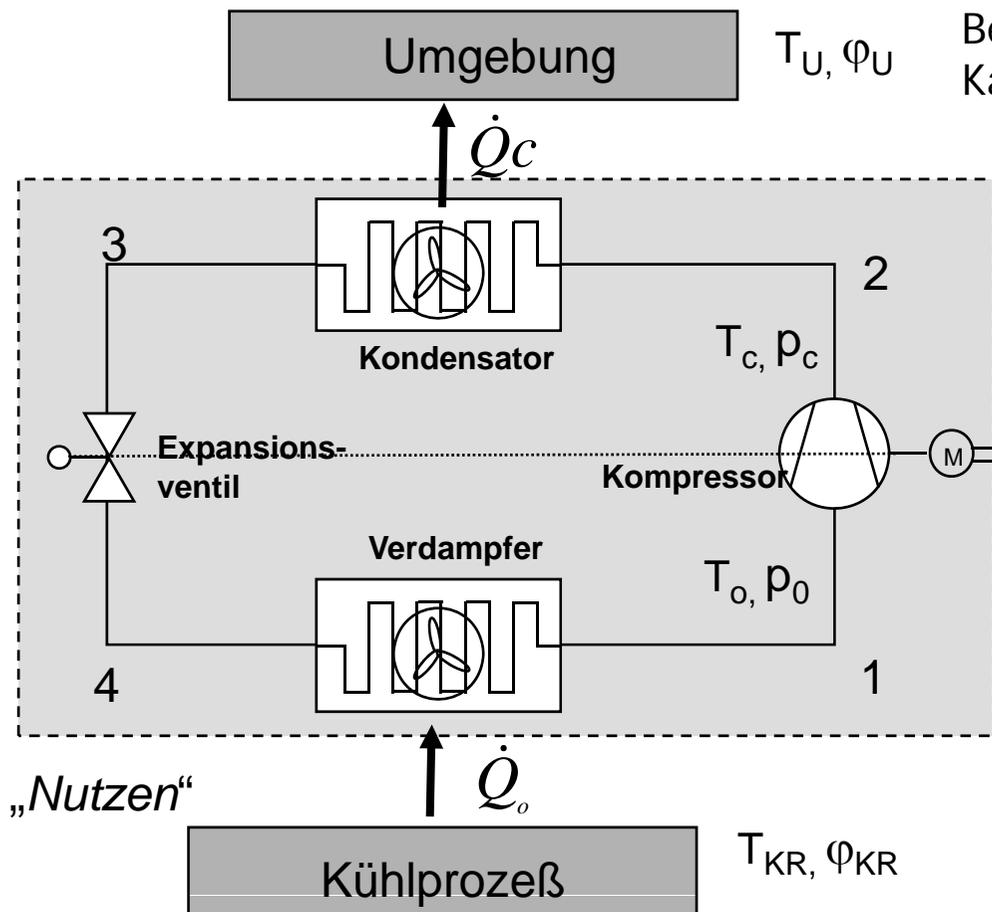
Wichtige Einflussgrößen auf Energieeffizienz von Kälteanlagen

- Anlagendichtheit gegen Kältemittelverlust
- Verschmutzung an Verflüssigern
- Zu hohe Verflüssigungstemperaturen
- Verschmutzung / Vereisung von Verdampfern
- Schlecht bzw. unvollständig abgetaute Verdampfer
- Zu tiefe Verdampfungstemperaturen
- Falsche Einstellung von Expansionsventilen
- Unter-/Überdimensionierung der Komponenten (Verdichter, Pumpen, Ventilatoren ..)
- Ineffiziente/veraltete Komponenten (Verdichter, Pumpen, Ventilatoren ..)
- Falsche Einstellung der Sollwerte
- Einfache bzw. veraltete Steuer-/Regelungskonzepte
- Optimierung für Teillastbetrieb (Bedarfsgeführt, Abschalten außerhalb Nutzungszeit)
- Kühlmöbel: Überfüllung, keine Abdeckung, Beleuchtung, ...
- Kühlraum/Kühlzelle: offene/undichte Türen, zu häufiges Öffnen,
- Keine Transparenz, da häufig keine Anbindung an Gebäudeautomation bzw. Gebäudemanagement

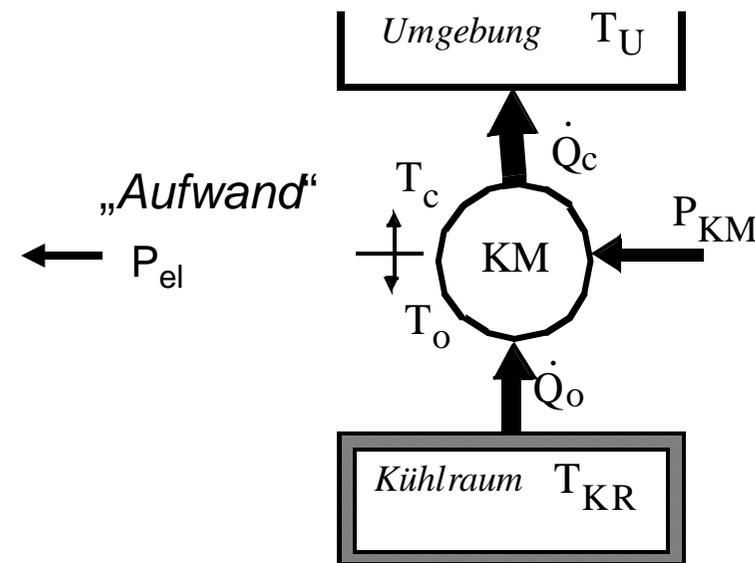
Wichtige Einflussgrößen auf Energieeffizienz von Kälteanlagen

- Anlagendichtheit gegen Kältemittelverlust
- Verschmutzung an Verflüssigern
- Zu hohe Verflüssigungstemperaturen
- Verschmutzung / Vereisung von Verdampfern
- Schlecht bzw. unvollständig abgetaute Verdampfer
- Zu tiefe Verdampfungstemperaturen
- Falsche Einstellung von Expansionsventilen
- Unter-/Überdimensionierung der Komponenten (Verdichter, Pumpen, Ventilatoren ..)
- Ineffiziente/veraltete Komponenten (Verdichter, Pumpen, Ventilatoren ..)
- Falsche Einstellung der Sollwerte
- Einfache bzw. veraltete Steuer-/Regelungskonzepte
- Optimierung für Teillastbetrieb (Bedarfsgeführt, Abschalten außerhalb Nutzungszeit)
- Kühlmöbel: Überfüllung, keine Abdeckung, Beleuchtung, ...
- Kühlraum/Kühlzelle: offene/undichte Türen, zu häufiges Öffnen,
- Keine Transparenz, da häufig keine Anbindung an Gebäudeautomation bzw. Gebäudemanagement

Wichtig: Dynamisches, gekoppeltes Systemverhalten berücksichtigen !



Beispiel: Einfacher Kaltdampf-Kompressions-Kältemaschinenprozess



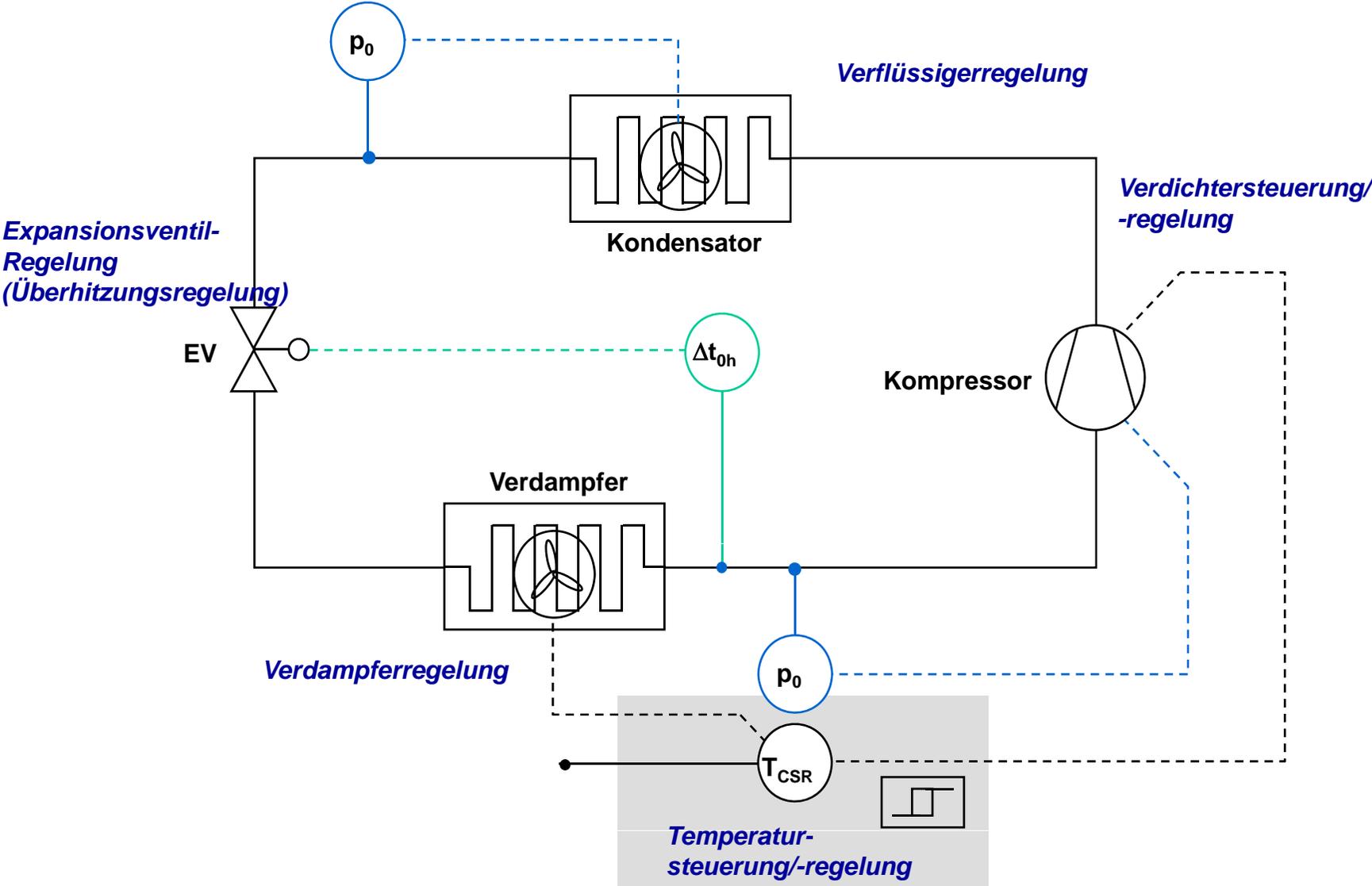
- Zustandsänderungen:
- 1->2: Verdichtung
 - 2->3: Abkühlung und Verflüssigung
 - 3->4: Drosselung (Expansion)
 - 4->1: Verdampfung und Überhitzung

Energetische Bewertung:

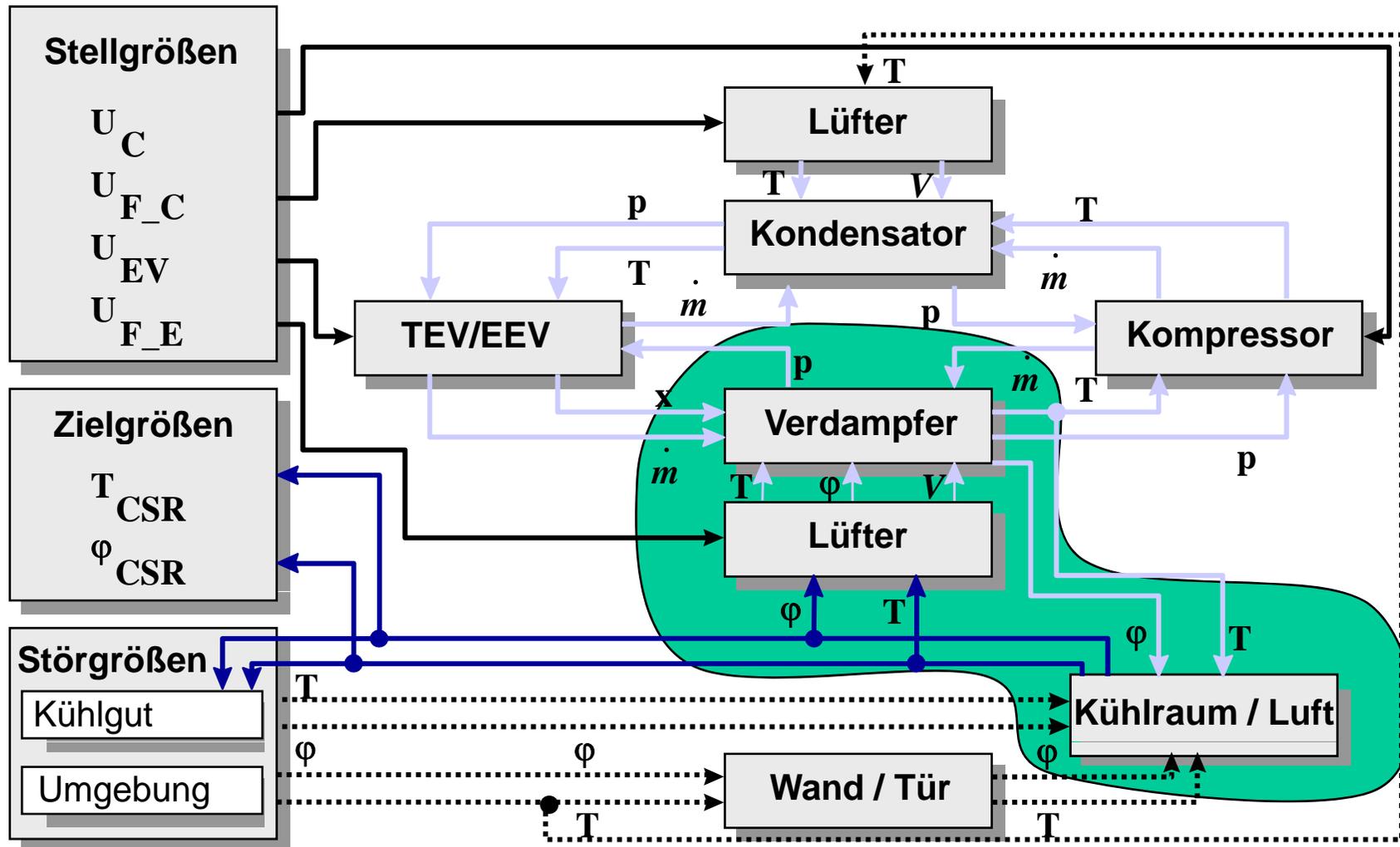
$$\text{COP} = \varepsilon_{\text{KM}} = \frac{\dot{Q}_0}{P_{\text{el}}} = \frac{T_0}{T_C - T_0}$$

(COP = Coefficient of Performance)

Beispiel: Gekoppelte Regelungskreise bei einfacher Kompakt-Kälteanlage



Feedback-Struktur einer einstufigen Kompressionskältemaschine



Aus: Diehl, A.; Becker, M.: Ein dezentrales modulares Konzept zur Automatisierung kälte-technischer Anlagen. VDI-Bericht 1397 zum GMA-Kongreß '98 Meß- und Automati-sierungstechnik, VDI-Verlag, Düsseldorf 1998, S. 395-402.

Beispiel: Energieeinsparpotenzial durch höherwertige Regelung

Selbstoptimierender Regler („Knowledge Inside“):

- Adaptives Regelungskonzept (keine Vorgabe von Reglerparametern erforderlich)
- Bedarfsabtauung zum energetisch sinnvollen Zeitpunkt
- Lüftermanagement (Reduzierung der Verdichterlaufzeit)
- Verbesserte Kühlgutqualität (verbesserter Temperatur-/Feuchte-Haushalt)
- Anlagendiagnose integriert
- Selektive Stör- und Alarmmeldungen

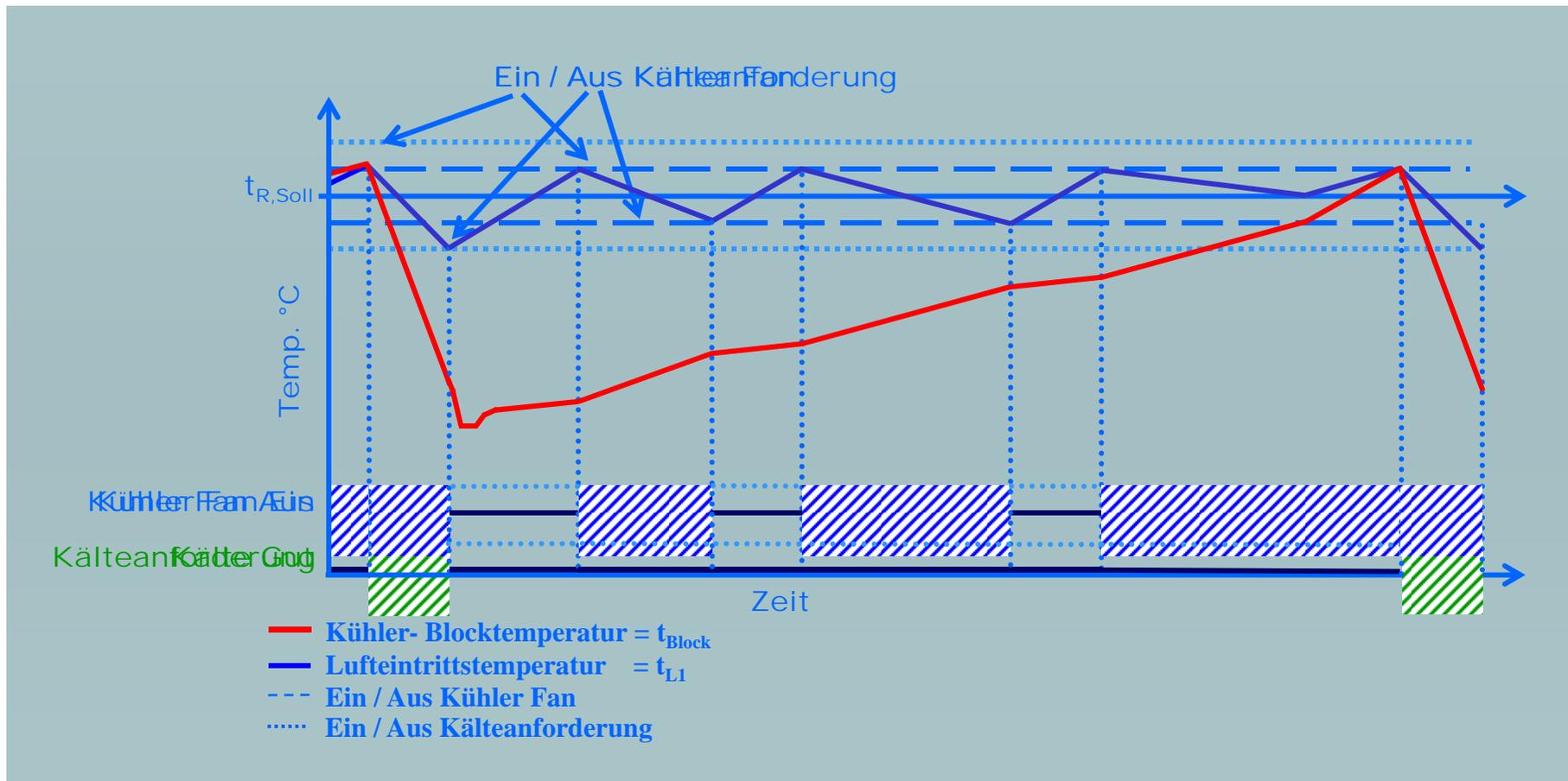
Ergebnis:

- Bessere Kühlgutqualität
- Energiekosteneinsparung
- Hohe Anlagenverfügbarkeit
- Transparenz des Kälteprozesses
- Integriertes Stör- und Alarmmanagement

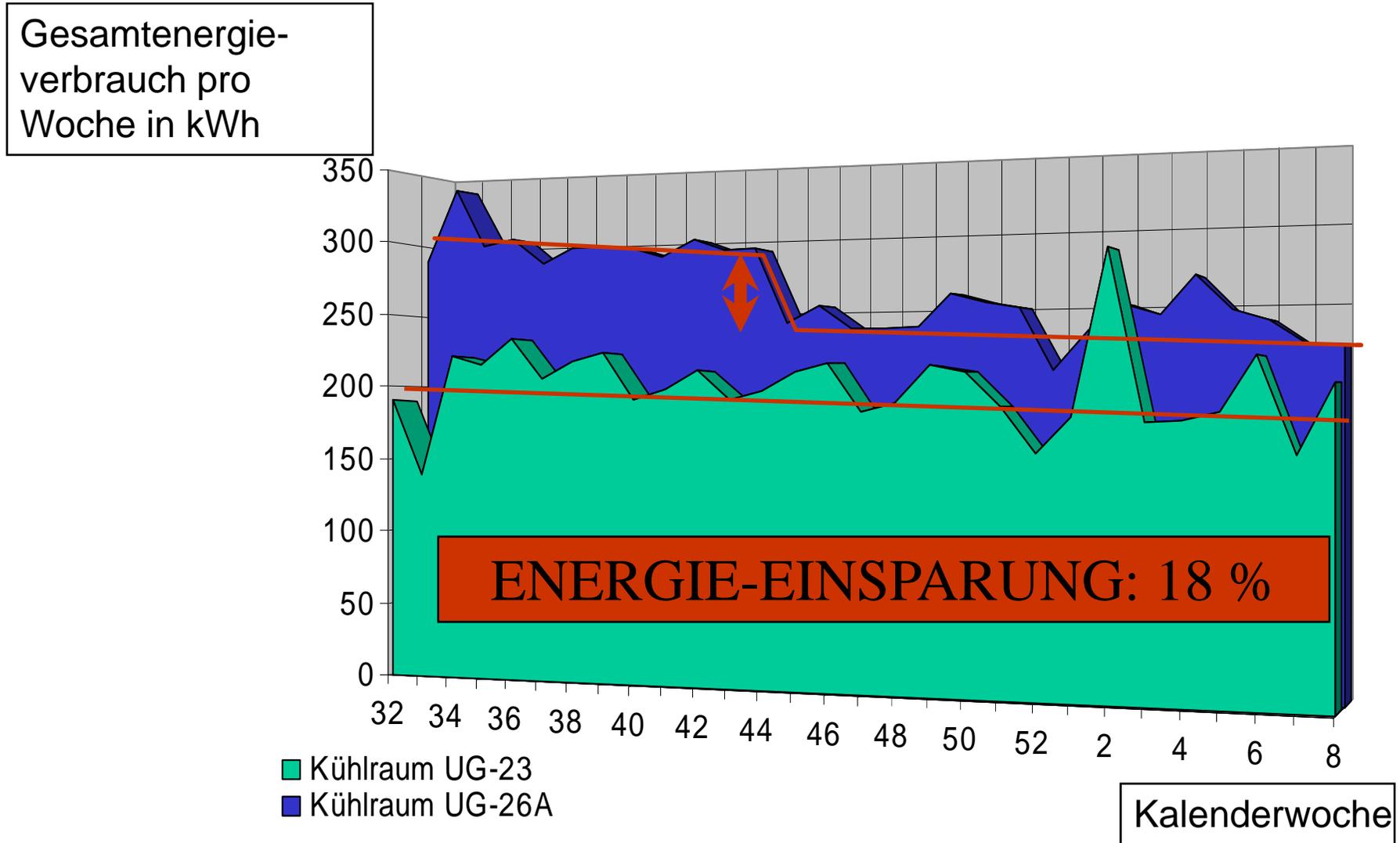


Foto: cool expert

Nutzen des Sublimations- Effektes Europapatent 0328152



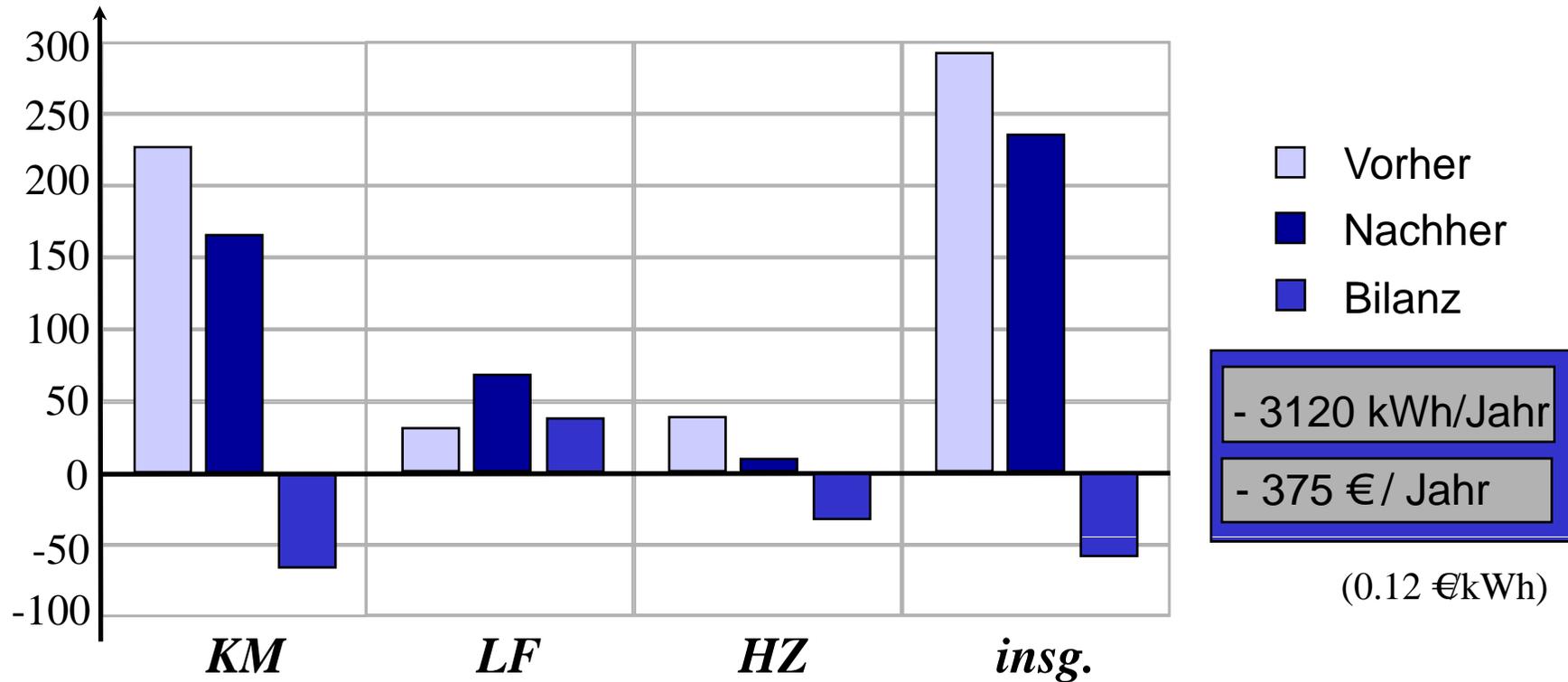
Anwendungsbeispiel "Energieeinsparung durch selbstoptimierenden Kühlstellenregler mit integriertem Abtauregler und Lüftermanagement"



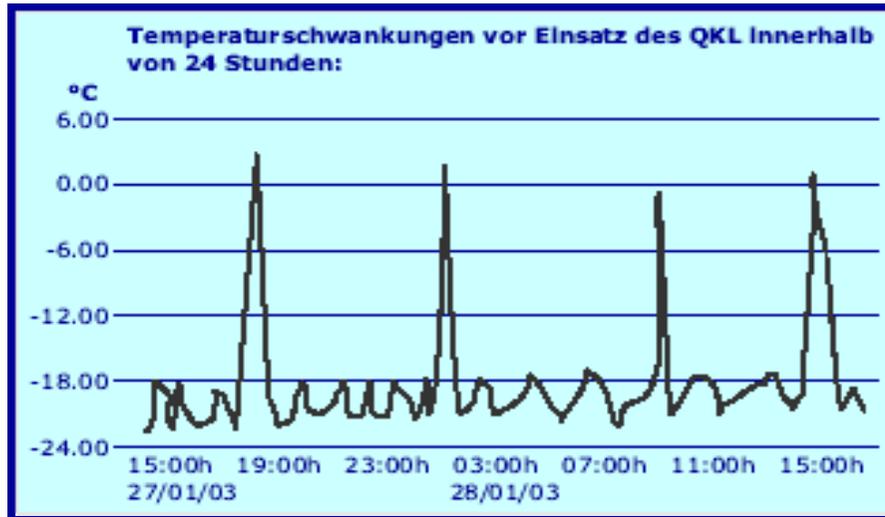
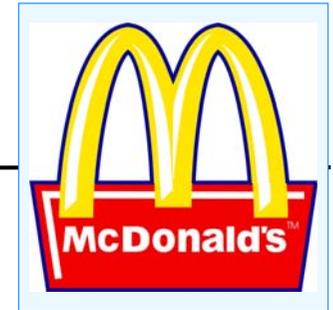
Studie: Transferstelle für Kältetechnik,
Universität Kaiserslautern, 1996

Anwendungsbeispiel "Energieeinsparung durch selbstoptimierenden Kühlstellenregler mit integriertem Abtauregler und Lüftermanagement"

kWh / Woche



Beispielanwendung



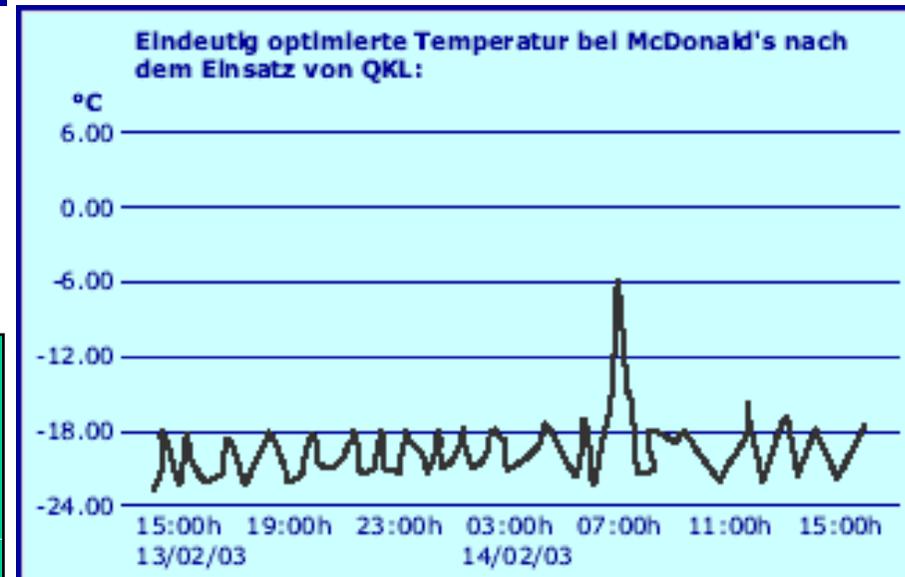
vorher:
Standardregler,
4 Abtauungen,
Hohe Temperaturschwankungen

Ergebnis:

- Bessere Kühlgutqualität
- 38 % Energieeinsparung



nachher:
Energiesparender Kühlstellen-Regler
(Fa. Cool Expert),
1 Abtauung,
geringere Temperaturschwankungen



Beispiel: Burger King - Feldmessungen



Auf Initiative der RWE Energiedienstleistungen GmbH Dortmund, stellte Herr Merker als Betreiber der Burger-King-Filiale – Rheine seine lokal betriebenen Kühlräume zum Zweck energiesparender Vergleichsmessungen zur Verfügung.

Durchführung:

Fa. Cool Expert Entwicklungs GmbH, Allendorf (Eder).

Wissenschaftliche Begleitung:

Prof. Dr. Martin Becker, Ingenieurbüro Dr. Becker



Burger King®
Restaurantfiliale
Kardinal-von-Galen-Ring 80
48431 Rheine
Deutschland

VORWEG GEHEN
-°cool expert

RWE Westfalen-Weser-Ems Aktiengesellschaft

Lageplan Tiefkühlraum + Normalkühlraum, Leistungsdaten



Tiefkühlraum

Kältetechnische Daten:

Einzelkälteaggregat

Fabr.: L'Unite/Tecumseh

Typ: TAG 2516 ZBR

Kältemittel: R404A

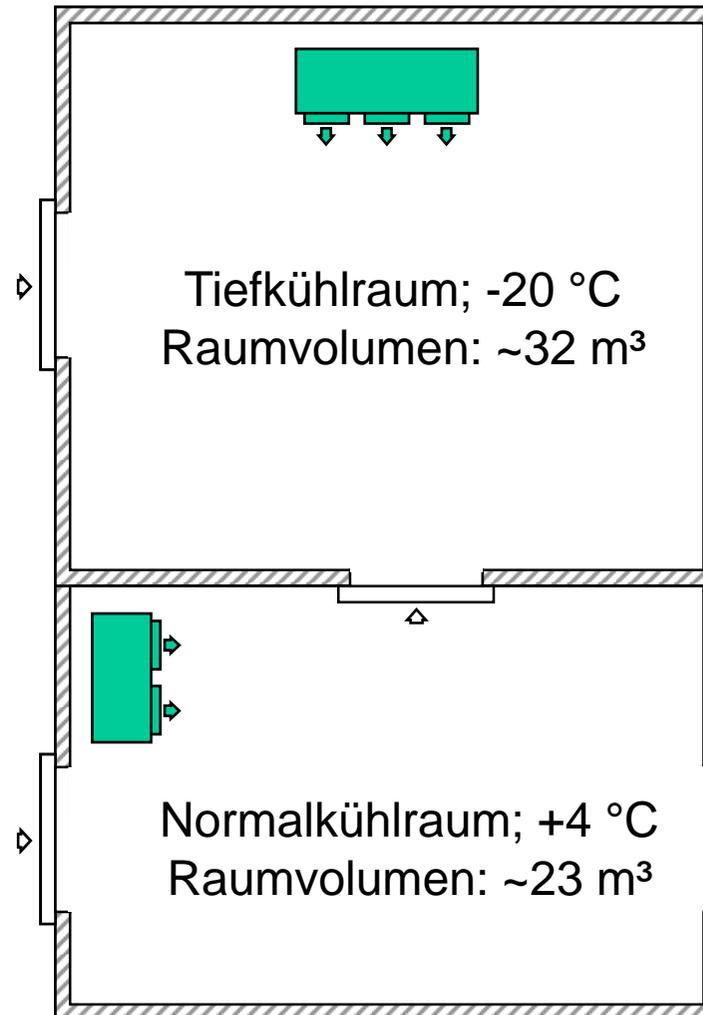
Nennleistung: $Q_o = 3,2 \text{ kW}$;
($t_o = -30^\circ\text{C}$; $t_c = 32^\circ\text{C}$)

Luftkühlverdampfer:

Fabr.: ECO

Typ: CTE 068L8 ED

Nennleistung: $Q_o = 4,3 \text{ kW}$
($TL1 = -20^\circ\text{C}$; $t_o = -30^\circ\text{C}$;
 $DT1 = 10 \text{ K}$)



Normalkühlraum

Kältetechnische Daten:

Einzelkälteaggregat;

Fabr.: L'Unite/Tecumseh

Typ: CAJ 4511 YHR

Kältemittel: R134a

Nennleistung: $Q_o = 1,8 \text{ kW}$;
($t_o = -5^\circ\text{C}$; $t_c = 32^\circ\text{C}$)

Luftkühlverdampfer:

Fabr.: ECO

Typ: CTE 041M6 ED

Nennleistung: $Q_o = 3 \text{ kW}$
($TL1 = 5^\circ\text{C}$; $t_o = -5^\circ\text{C}$; $DT1 = 10 \text{ K}$)

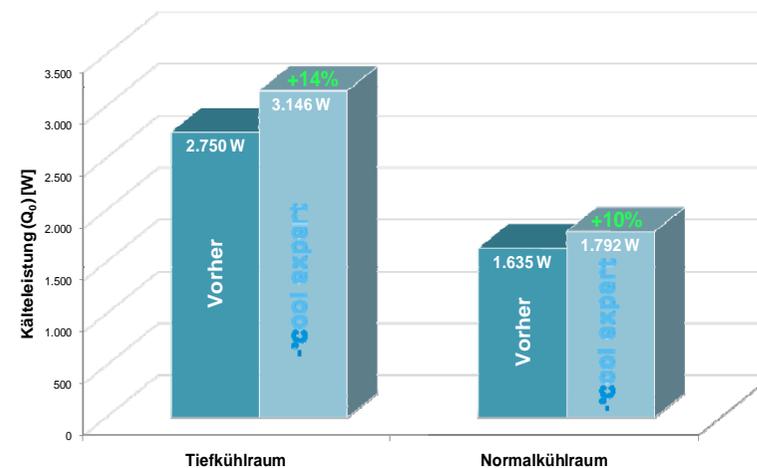


Burger King® Restaurantfiliale

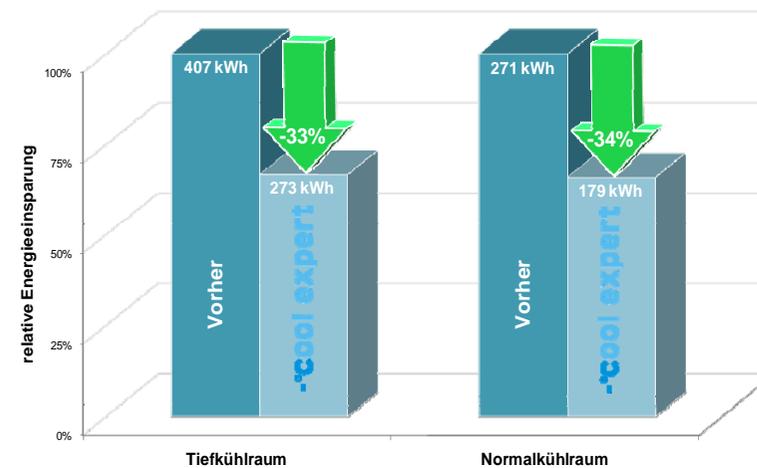
Kardinal-von-Galen-Ring 80
48431 Rheine
Deutschland



Gewinn an Kälteanlagenleistung im Tief- und Normalkühlraum durch ein optimales Abtaumangement der selbstoptimierenden Kühlstellenregler MIC QKL mini 2



Vergleich der erzielten Energieeinsparungen vom Gesamtenergieverbrauch der kältetechnischen Einrichtungen im Tief- und Normalkühlraum (Bezug: jeweils 29 Tage)



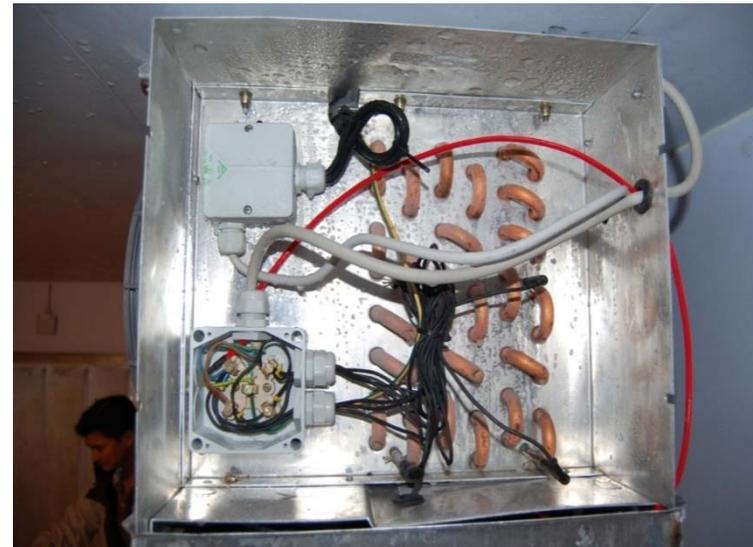
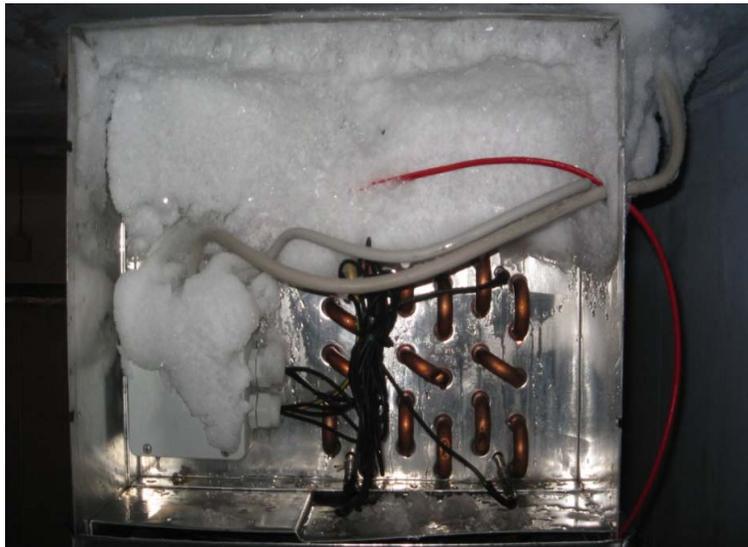
Ausgangslage – Tiefkühlraum (vorher und nachher)



Vorher



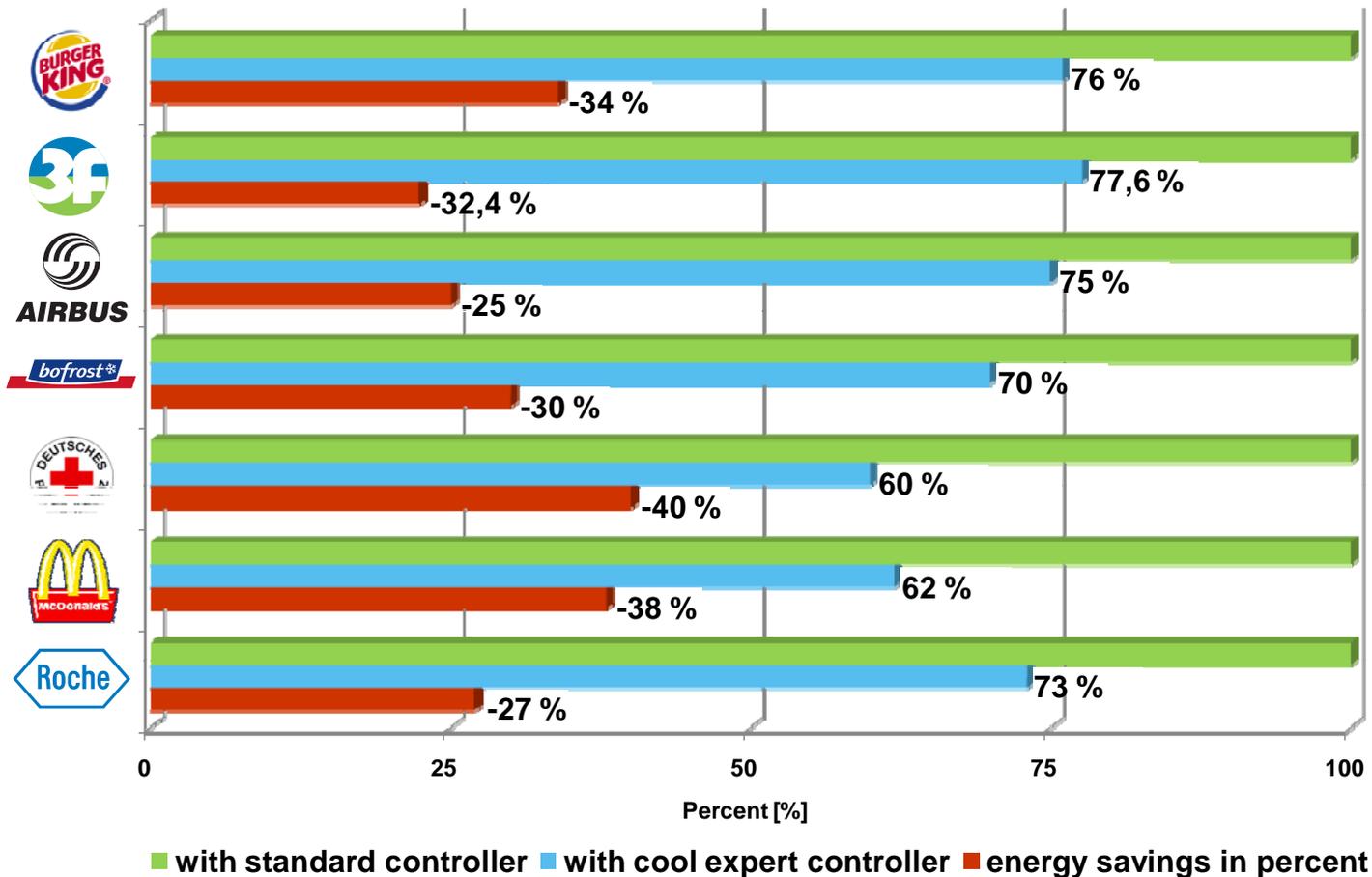
Nachher



Beispiele für Energieeinsparungen aus Feldmessungen

-°cool expert

Results of energy savings in field tests



Gebäude aus nachhaltiger, ganzheitlicher Sicht betrachten ...

... fordert: „Richtiges“ Zusammenspiel aus

Gebäudehülle

(Bauphysik,
Fassadentechnik, ...)



Anlagentechnik

(Heizung, Kühlung, Lüftung,
Beleuchtung, ...)

Gebäude-/Anlagenbetrieb
unter Einsatz von zeitgemäßer Automation
und optimiertem Betriebsführungsmanagement