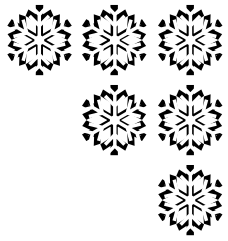
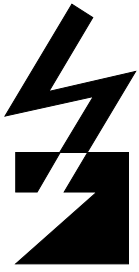
Kühlmöbel und Kälteanlagen in Lebensmittelgeschäften



Energie und Kosten sparen



Impulsprogramm RAVEL
Bundesamt für Konjunkturfragen

Impressum

Projektleitung:

Hans Pauli
Dr. EICHER+PAULI AG
Kasernenstrasse 21
4410 Liestal
Tel. 061 921 99 91

Autoren:

Urs Kaufmann — Kapitel 1, 2, 3, 7
Dr. EICHER+PAULI AG
Kasernenstrasse 21
4410 Liestal
Tel. 061 921 99 91

Alfred Walter — Kapitel 4, 5
Schaller UTO AG
Stauffacherstrasse 60
3001 Bern
Tel. 031 332 71 11

Roland Ackermann — Kapitel 6
Enerplan S.A.
La Croix du Péage
1029 Villars-Sainte-Croix
Tel. 021 635 45 25

Ressortleiter:

J. Nipkow, Zürich (ARENA); RAVEL Ressort Kraft

Gestaltung:

Education Design Sepp Steibli
Bolligenstrasse 46c
3006 Bern

Copyright Bundesamt für Konjunkturfragen
3003 Bern, November 1994.
Auszugsweiser Nachdruck mit Quellenangabe erlaubt. Zu beziehen bei der Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale (Best.-Nr. 724.350 d)

Form. 724.350 d 11.94 2000 U22565

Vorwort

Das Aktionsprogramm «Bau und Energie» ist auf sechs Jahre befristet (1990 - 1995) und setzt sich aus den drei Impulsprogrammen (IP) zusammen:

- IP BAU – Erhaltung und Erneuerung
- RAVEL – Rationelle Verwendung von Elektrizität
- PACER – Erneuerbare Energien.

Mit den Impulsprogrammen, die in enger Kooperation von Wirtschaft, Schulen und Bund durchgeführt werden, soll der qualitative Wertschöpfungsprozess unterstützt werden. Dieser ist gekennzeichnet durch geringen Aufwand an nicht erneuerbaren Rohstoffen und Energie sowie abnehmende Umweltbelastung, dafür gesteigerten Einsatz von Fähigkeitskapital.

Im Zentrum der Aktivität von RAVEL steht die Verbesserung der fachlichen Kompetenz, Strom rationell zu verwenden. Neben den bisher im Vordergrund stehenden Produktions- und Sicherheitsaspekten soll verstärkt die wirkungsgradorientierte Sicht treten. Aufgrund einer Verbrauchsmatrix hat RAVEL die zu behandelnden Themen breit abgesteckt. Neben den Stromanwendungen in Gebäuden kommen auch Prozesse in der Industrie, im Gewerbe und im Dienstleistungsbereich zum Zuge. Entsprechend vielfältig sind die angesprochenen Zielgruppen: Sie umfassen Fachleute auf allen Ausbildungsstufen wie auch die Entscheidungsträger, die über stromrelevante Abläufe und Investitionen zu befinden haben.

Kurse, Veranstaltungen, Publikationen, Videos, etc.
Umgesetzt werden sollen die Ziele von RAVEL durch Untersuchungsprojekte zur Verbreiterung der Wissensbasis und – darauf aufbauend – Aus- und Weiterbildung sowie Informationen. Die Wissensvermittlung ist auf die Verwendung in der täglichen Praxis ausgerichtet. Sie baut hauptsächlich auf Publikationen, Kursen und Veranstaltungen auf. Es ist vorgesehen, jährlich eine RAVEL-Tagung durchzuführen, an der jeweils – zu einem Leitthema – umfassend über neue Ergebnisse, Entwicklungen und Tendenzen in der jungen, faszinierenden Disziplin der rationellen Verwendung von Elektrizität informiert und diskutiert wird. InteressentInnen können sich über das breitgefächerte, zielgruppenorientierte Weiterbildungsangebot in der Zeitschrift IMPULS informieren. Sie erscheint viermal jährlich und ist (im Abonnement) beim Bundesamt für Konjunkturfragen, 3003 Bern, gratis erhältlich.

Jedem/r Kurs- oder VeranstaltungsteilnehmerIn wird jeweils eine Dokumentation abgegeben. Diese besteht zur Hauptsache auf der für den entsprechenden Anlass erarbeiteten Fachpublikation. Die Publikationen können auch unabhängig von Kursbesuchen bei der Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale (EDMZ), 3000 Bern, bezogen werden.

Zuständigkeiten
Um das ambitiöse Bildungsprogramm bewältigen zu können, wurde ein Organisations- und Bearbeitungskonzept gewählt, das neben der kompetenten Bearbeitung durch SpezialistInnen auch die Beachtung der Schnittstellen im Bereich der Stromanwendung sowie die erforderliche Abstützung bei Verbänden und Schulen der beteiligten Branchen sicherstellt. Eine aus Vertretern der interessierten Verbände, Schulen und Organisationen bestehende Kommission legt die Inhalte des Programmes fest und stellt die Koordination mit den übrigen Aktivitäten, die den rationellen Einsatz der Elektrizität anstreben, sicher. Branchenorganisationen über-

nehmen die Durchführung der Weiterbildungs- und Informationsangebote. Für deren Vorbereitung ist das Programmleitungsteam (Dr. Roland Walthert, Werner Böhi, Dr. Eric Bush, Jean-Marc Chuard, Hans-Ruedi Gabathuler, Jürg Nipkow, Ruedi Spalinger, Dr. Daniel Spreng, Felix Walter, Dr. Charles Weinmann sowie Eric Mosimann, BfK) verantwortlich. Die Sachbearbeitung wird im Rahmen von Ressorts durch Projektgruppen erbracht, die inhaltlich, zeitlich und kostenmässig definierte Einzelaufgaben (Untersuchungs- und Umsetzungsprojekte) zu lösen haben.

Dokumentation
Die vorliegende Dokumentation behandelt die wichtigsten Aspekte, welche bei der Planung, im Betrieb und beim Unterhalt von gewerblichen Kälteanlagen (Verkaufskühlmöbel und Kälteanlagen in Lebensmittelgeschäften) zu beachten sind, um die einzuhaltenden Produktetemperaturen mit möglichst geringem Energieaufwand erreichen zu können.

Die Dokumentation baut auf dem Untersuchungsbericht «Kühlmöbel im Detailhandel» auf, welcher in der Reihe Materialien zu RAVEL veröffentlicht wurde. Besonderen Wert wurde auf die Vermittlung der neusten Erkenntnisse und Entwicklungen gelegt. Zu erwähnen sind z.B. die neue europäische Kühlmöbel-Norm EN 441, die möglichen Kältemittelalternativen bei der gewerblichen Kühlung sowie neue Anlagenkonzepte.

Nach einer Vernehmlassung und dem Anwendungstest in einer Pilotveranstaltung ist die vorliegende Dokumentation sorgfältig überarbeitet worden. Dennoch hatten die AutorInnen freie Hand, unterschiedliche Ansichten über einzelne Fragen nach eigenem Ermessen zu beurteilen und zu berücksichtigen. Sie tragen denn auch die Verantwortung für die Texte. Unzulänglichkeiten, die sich bei der praktischen Anwendung ergeben, können bei einer allfälligen Überarbeitung behoben werden. Anregungen nehmen das Bundesamt für Konjunkturfragen oder der verantwortliche Projektleiter (vgl. S. 2) entgegen.

Für die wertvolle Mitarbeit zum Gelingen der vorliegenden Publikation sei an dieser Stelle allen Beteiligten bestens gedankt.

Oktober 1994 Bundesamt für Konjukturfragen
Dr. B. Hotz-Hart
Vizedirektor für Technologie

Inhaltsverzeichnis

Impressum		**2**
Vorwort		**3**
Inhaltsverzeichnis		**5**
1	**Einleitung und Zusammenfassung**	**7**
1.1	RAVEL-Projekte für den Lebensmittel-Detailhandel	8
1.2	Zusammenfassung	9
2	**Grundlagen**	**11**
2.1	Temperaturanforderungen beim Lebensmittelverkauf	11
2.2	Kältebedarf und Einflussfaktoren	12
2.3	Elektrizitätsverbrauchsaufteilung	14
2.4	Kühlmöbelbestand in der Schweiz	16
2.5	Elektrizitätsverbrauch aller Kühlmöbel in der Schweiz	17
2.6	Wirtschaftlichkeitsberechnung	18
3	**Möbelauswahl und -aufstellung**	**19**
3.1	Energetischer Vergleich von Verkaufskühlmöbeln	19
3.2	Zu beachten bei der Möbelauswahl	26
3.3	Möbelausrüstung	28
3.4	Möbelaufstellung	31
4	**Energiesparen beim Kälteanlagenbau**	**33**
4.1	Bedarfsgerechte Regulierung der Kälteleistung	33
4.2	Optimierung des Verflüssigungsdruckes	35
4.3	Möglichkeiten zur Kältemittelunterkühlung	37
4.4	Plazierung und Auslegung von Anlagenkomponenten	38
4.5	Fortschrittliche Kühlstellenregulierung	39
5	**Neue Kältemittel und Anlagenkonzepte**	**47**
5.1	Kältemittelproblematik	47
5.2	Neue Anlagenkonzepte	54

6	**Massnahmen bei bestehenden Anlagen**	**57**
6.1	Erfolgsnachweis	57
6.2	Prioritäten	58
6.3	Beispiele	59
6.4	Massnahmenliste für bestehende Anlagen	62
7	**Betriebliche Massnahmen**	**67**
7.1	Tiefkühlkette: Nur einwandfreie Ware entgegennehmen und sofort weiterbearbeiten	67
7.2	Korrekte Beschickung für eine optimale Luftzirkulation	67
7.3	Temperaturkontrolle	68
7.4	Reinigung und Pflege zahlen sich doppelt und dreifach aus	68
7.5	Nachtabdeckung	68
7.6	Zubehör und Plazierung	68
7.7	Die fünf wichtigsten Merkpunkte	69
8	**Literaturverzeichnis**	**71**
Publikationen des Impulsprogrammes RAVEL		**73**

1 Einleitung und Zusammenfassung

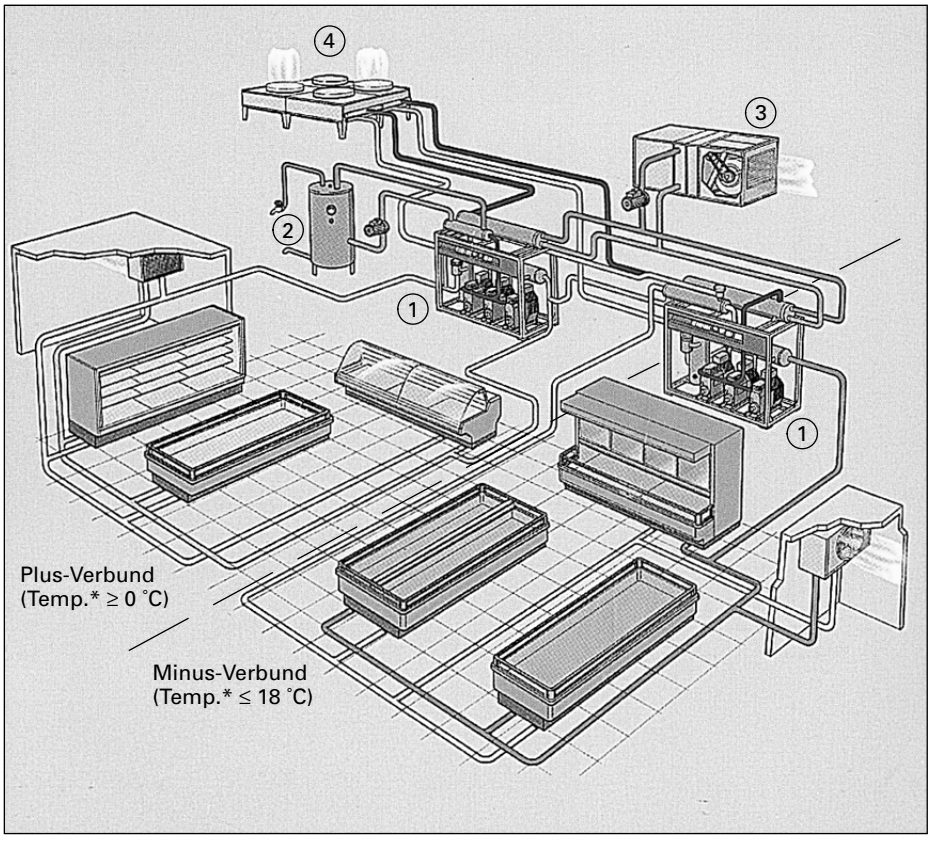
Der Lebensmitteldetailhandel in der Schweiz umfasst ca. 15'000 Verkaufsstellen mit insgesamt 2,7 Mio. m^2 Verkaufsfläche, 32'000 Mio. Franken Umsatz und 120'000 Beschäftigten.

Kühl- und Tiefkühlmöbel für den Verkauf von Lebensmittel im Detailhandel verbrauchten 1990 ca. 380 Mio. kWh elektrische Energie. Dies entspricht 0,8% des schweizerischen Elektrizitätsverbrauchs.

Ein beachtlicher Teil des Stromverbrauchs von Verkaufskühlmöbeln lässt sich einsparen. Eine ganze Palette möglicher Massnahmen kann dazu beitragen, dieses grosse Potential auszuschöpfen. Die wichtigsten Verbesserungsschritte sind:

- Wahl energetisch vorteilhafter Möbelformen und -fabrikate
- Abdeckungen von Öffnungen während der Nacht
- Einsatz intellligenter Kühlstellenregler
- Optimierter Bau und bessere Regelung der Kälteanlage.

Auch betriebliche Massnahmen wie richtiges Beladen der Möbel, regelmässige Wartung und Möbelreinigung sind wichtig für einen sparsamen Energieverbrauch.



Plus- und Minusverbund in einem Supermarkt

(1) Verbundkältesatz (je für Plus und Minus) mit drei Verdichtern, Kältemittelsammler, Wärmetauscher für Abwärmenutzung, Schaltschrank

(2) Warmwassererwärmer

(3) Lufterwärmer

(4) Aussenluftgekühlter Verflüssiger

* Solltemperaturen der Kühlprodukte

1.1 RAVEL-Projekte für den Lebensmitteldetailhandel

1.1.1 Kühlmöbel und Kälteanlagen

Es sind verschiedene Gründe, warum Ladenbesitzer interessiert sind an einem energetisch optimierten Betrieb der Verkaufskühlmöbel. Einerseits verursachen sie meist zwischen 40 und 60% des gesamten Stromverbrauchs von Lebensmittelgeschäften. Andererseits tragen energiesparende Massnahmen dazu bei, dass die nötigen Temperaturen in den Möbeln eingehalten werden. Zur Gewährleistung einer erstklassigen Qualität der verkauften Produkte ist dies unerlässlich.

Im Rahmen des Impulsprogramms RAVEL wurde in einer ersten Phase ein Untersuchungsprojekt zum Thema Energiesparen bei Kühl- und Tiefkühlmöbeln sowie Kälteanlagen in Lebensmittelgeschäften durchgeführt. Die Erkenntnisse wurden in der Serie «Materialien zu RAVEL» unter dem Namen «Kühlmöbel im Lebensmittelhandel» im August 1992 publiziert [1]. Dieser Bericht enthält viele Grundlagen, welche in der vorliegenden Dokumentation nicht mehr erläutert wurden.

In einer zweiten Phase wurde ein RAVEL-Umsetzungsprojekt gestartet. Damit soll das Energiespar-Know-how dem Zielpublikum vermittelt werden. Die vorliegende Dokumentation sowie der zugehörige RAVEL-Kurs sind ein Teil des genannten Umsetzungsprojektes.

1.1.2 Bauprojekte in Lebensmittelläden

Der Lebensmittelhandel bietet ein breites Aktionsfeld für wirtschaftliche Energiesparmassnahmen. Bei Neubauten und Sanierungen lassen sich auch durch kleine Investitionen bedeutende Energie- und Betriebskosten-Einsparungen erzielen. Die Schlüssel dazu sind präzise, überprüfbare Vorgaben von Seiten der Bauherrschaft an die Planer und zielgerichtetes Vorgehen auf allen Stufen – von der Studien- und Projektierungsphase über die Realisierung bis hin zur Betriebsoptimierung.

Die RAVEL-Dokumentation «Energiegerechter Bau, Betrieb und Unterhalt – ein Leitfaden für Bauverantwortliche und Betreiber von Lebensmittelläden» [6] zeigt das Vorgehen, um bei Neubau- und Sanierungsprojekten energieeffiziente Lösungen zu erreichen.

1.1.3 Andere RAVEL-Projekte

Nachstehend werden weitere RAVEL-Themen aufgelistet, welche für Betreiber und Planer von Lebensmittelläden interessant sind:

- Effiziente Beleuchtung von Verkaufsflächen [7]
- Energie-effiziente lüftungstechnische Anlagen
- Praktischer Leitfaden für Wirtschaftlichkeitsberechnungen [8]

Interessenten können sich über das breitgefächerte, zielgruppenorientierte Weiterbildungs- und Publikationsangebot in der Zeitschrift IMPULS informieren. Sie erscheint viermal jährlich und ist (im Abonnement) beim Bundesamt für Konjunkturfragen, 3003 Bern (Tel. 031 322 21 29) gratis erhältlich.

1.2 Zusammenfassung

1.2.1 Massnahmen bei den Möbeln

Wahl energetisch vorteilhafter Möbel
Die Vielfalt an verschiedenen Kühl- und Tiefkühlmöbelformen ist gross. Diese unterscheiden sich in ihrem spezifischem Verbrauch (kWh pro Tag und m^3 Nettoinhalt) bis zu 50%.

Ein einheitliches **Prüfverfahren für Verkaufskühlmöbel** ist Voraussetzung für Ladenbesitzer und -planer, um verschiedene Möbelformen und Fabrikate energetisch vergleichen zu können (siehe Bild 1.1). Leider sind vergleichbare Zahlen zur Zeit von den Lieferanten noch nicht erhältlich. Ein erster Schritt zu besseren Möbelvergleichen stellt die neue europäische Kühlmöbelnorm EN 441 dar. Neben Angaben zum Energieverbauch wird auch die Überprüfung der Temperatureinhaltung geregelt.

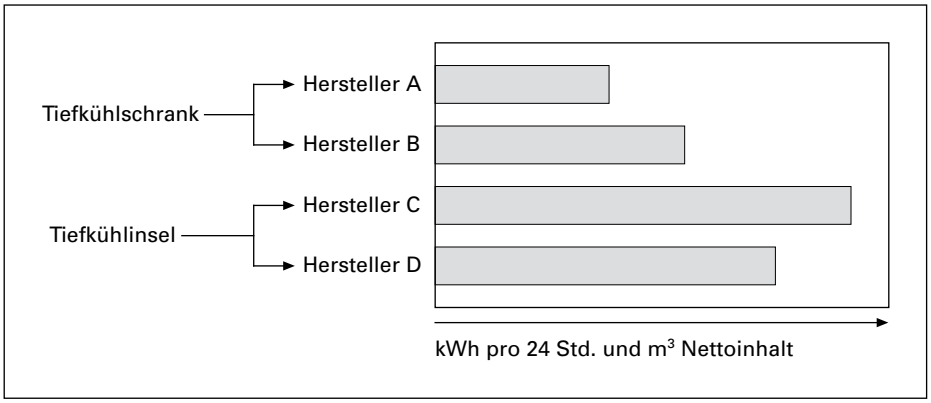


Bild 1.1
Energetischer Vergleich von Verkaufskühlmöbeln mit spezifischen Stromverbrauchswerten

Abdeckungen bei Möbelöffnungen
Möbel mit Öffnungen, welche für die Warenentnahme durch Kunden dauernd offen sind, müssen mindestens während der Nacht mit Abdeckungen versehen werden. **Rollos bei Kühlregalen** und **isolierende Abdeckplatten bei Tiefkühlinseln und -truhen** ermöglichen Energieeinsparungen bis 40%.

Auch während der Ladenöffnungszeit ist der Wärmeaustausch bei Möbelöffnungen zu minimieren. **Transparente Abdeckungen** (Plastikstreifen-Vorhänge, Glastüren bei Kühlregalen) sowie **doppelte Luftschleier** bei der neusten Kühlregal-Generation reduzieren die Verluste bei offenen Möbeln.

Einsatz intelligenter Kühlstellenregler
Neue Kühlstellenregler ermöglichen eine genauere Einhaltung der Möbelinnentemperatur, insbesondere beim Einsatz von Nachtabdeckungen. Sie können weitere energetisch wichtige Regel- und Steueraufgaben übernehmen (u.a. Abtauung nach Bedarf). Intelligente Kühlstellenregler ermöglichen auch Alarm- und Überwachungsfunktionen.

1.2.2 Massnahmen bei der Kälteanlage

Energieeinsparungen können nicht nur mit Massnahmen bei den Verbrauchern – d.h. den Kühlmöbeln – erzielt werden. Von grosser Bedeutung ist auch eine optimierte Kälteerzeugung.

Einsatz von Verbundanlagen / Plazierung der Anlagekomponenten
Verbundanlagen sind in mittleren und grösseren Geschäften Einzelverdichteranlagen oder steckerfertigen Kühlmöbeln aufgrund ihrer energetischen Vorteile vorzuziehen. Kurze Distanzen zwischen den Kühlstellen, dem Maschinenraum und dem Verflüssigerstandort sind bei der Planung von Neu- und Umbauten anzustreben.

Wärmerückgewinnung / minimaler Verflüssigungsdruck
Die am Verflüssiger anfallende Wärme sollte soweit als möglich genutzt werden. Durch geschickte Anlage-Konzeption kann auch bei Abwärmenutzung der Verflüssigungsdruck tief gehalten werden. In Zeiten mit Wärmeüberschuss ist der Verflüssigungsdruck möglichst abzusenken. Dadurch ist eine starke Effizienzsteigerung der Kälteerzeugung erzielbar.

Maximale Kältemittel-Unterkühlung
Das flüssige Kältemittel ist nach dem Sammler in einem Wärmetauscher zu unterkühlen. Dies ist beispielsweise durch Trinkwasser-Vorerwärmung im Brauchwarmwasser-Erwärmer möglich.
Andere Massnahmen bei der Kälteanlage sind die bedarfsangepasste Saugdruckanhebung, der Einsatz effizienter Verdichter sowie eine druckverlustarme Auslegung der Kälteleitungen und Armaturen.

Kältemittelproblematik
Wegen der drohenden Zerstörung der schützenden Ozonschicht, müssen in Zukunft chlorfreie Kältemittel eingesetzt werden. Dadurch hat in den letzten Jahren eine fundamentale Veränderung des Kälteanlagenbaus eingesetzt. Eine grosse Zahl von Kältemittel stehen als kurz-, mittel- und langfristige Alternativen zur Diskussion. Neue Anlagekonzepte (z.B. mit einem Sekundär-Kälteträgerkreislauf) werden bereits als Pilotanlagen realisiert.

1.2.3 Betriebliche Massnahmen

Fachleute schätzen, dass durch bessere Möbelbeladung, Pflege und Wartung rund 10 bis 15% des Verbrauchs von Verkaufskühlmöbeln eingespart werden könnte.
Die Möbel dürfen nicht überfüllt werden. Es gilt die Stapelmarken einzuhalten. Die Luftauslässe und -ansaugöffnungen sollten nicht mit Kühlprodukten oder Preisschildern verdeckt werden.
Eine regelmässige Reinigung der Möbel ist unerlässlich. Dazu gehört das Ausräumen des Möbels, die Reinigung des Verdampfers und des Ablaufsystems.
Die Verflüssiger sind periodisch durch Fachpersonal zu reinigen, um Verschlechterungen beim Wärmeübergang zu vermeiden.
Für die Umsetzung dieser betrieblichen Massnahmen ist einerseits der Filialleiter oder sein technischer Stellvertreter und das Verkaufspersonal zu sensibilisieren. An diesem Punkt setzt das zweite Element des Umsetzungsprojektes an. Mit einem Video soll diese Zielgruppe angesprochen werden.

2 Grundlagen

In diesem Kapitel werden einige Grundlagen zusammengefasst. Ausführlichere Grundlagen – u.a. auch zur Funktionsweise von Verkaufskühlmöbeln – finden sich im Untersuchungsbericht [1].

2.1 Temperaturanforderungen beim Lebensmittelverkauf

Die Temperaturvorschriften in der Schweiz werden dem EG-Recht angepasst.

In Bild 2.1 sind die einzuhaltenden **Produktetemperaturen** von verschiedenen Kühl- und Tiefkühlprodukten in der Schweiz zusammengestellt. Im Rahmen der laufenden Revision der schweizerischen Lebensmittelverordnung werden die Temperaturanforderungen den EG-Vorschriften angepasst [9]. Detailliertere Informationen zu entsprechenden Bestimmungen in der Schweiz und der EU finden sich im RAVEL-Bericht «Kühltemperaturen im Lebensmittelhandel» [4]. Bei der Festlegung dieser Solltemperaturen müssen folgende gegenläufigen Aspekte beachtet werden:

- Tiefe Solltemperaturen bewirken tendenziell, dass die Produktequalität während längerer Zeit den minimalen Anforderungen entsprechen.
- Höhere Solltemperaturen vermindern den Energieverbrauch (vor allem bei offenen Kühlmöbeln im Verkaufsbereich), da die Temperaturdifferenz zwischen Verkaufsraum und Kühlmöbelinnern kleiner wird. Folglich vermindert sich der Kältebedarf.

Beim Abtauen darf die Temperatur der Tiefkühlprodukte höchstens von –18 °C auf –15 °C ansteigen.

Bei Verkaufskühlmöbeln ist die Einhaltung der Produktetemperaturen gemäss Bild 2.1 nicht jederzeit und an allen Orten im Gerät möglich, ohne unverhältnismässigen technologischen und energetischen Aufwand. Daher wurden produktespezifische **maximale Abweichungen von den genannten Solltemperaturen** definiert. In der schweizerischen Lebensmittelverordnung (LMV, Art. 11) ist beispielsweise festgehalten, dass die Temperatur der Tiefkühlprodukte während des Transportes und beim Abtauen der Tiefkühlmöbel im Detailhandel kurzfristig von –18 °C auf –15 °C ansteigen darf.

Produkte	**Produkte-Temperaturen** in Verkaufskühlmöbeln	**schweiz. Vorschriften**
Tiefkühlprodukte	–18 °C	LMV
Frischfisch, Krustentiere	2 °C	
Fleisch, Fleischwaren, Hackfleisch	2 °C	VVF
Gekochte Fleischwaren (z.B. Bratwürste)	5 °C	LMV
Charcuterie	5 °C	
Div. Fleischwaren (Dauerwurst, Saucisson usw.)	12 bis 18 °C	
Pastmilch, Rahm	3 bis 5 °C	LMV
Joghurt, Butter	5 °C	LMV
Molkereiprodukte allgemein	3 bis 5 °C	
Käse	4 bis 10 °C	
Patisserie	4 bis 6 °C	
Confiserie (Praliné)	10 bis 12 °C	

LMV
Lebensmittelverordnung, Stand 1.10.87

VVF
Verordnung über die Verkaufsfristen für Fleisch und Fleischwaren, Stand 28.6.89

Bild 2.1
Schweizerische Produktetemperaturen für Kühl- und Tiefkühlprodukte in Verkaufskühlmöbeln (Stand Mitte 1992)

2.2 Kältebedarf und Einflussfaktoren

Verschiedene möbelinterne und -externe Faktoren beeinflussen den Kältebedarf der Kühlmöbel.

Der Elektrizitätsverbrauch von Kühlmöbeln lässt sich grob unterteilen in den Verbrauch zur Kälteerzeugung (inklusive dazu benötigte Hilfsaggregate) und den direkten Strombedarf der Möbel für die Abtauung, Ventilatoren, Rahmenheizungen und die Beleuchtung. Der Elektrizitätsverbrauch zur Kälteerzeugung ist in erster Linie abhängig vom **Kältebedarf** eines Kühlmöbels. Dieser wiederum wird neben externen Einflüssen auch beeinflusst durch den direkten Stromverbrauch des Möbels. Die geschilderten Zusammenhänge sind in Bild 2.2 dargestellt.

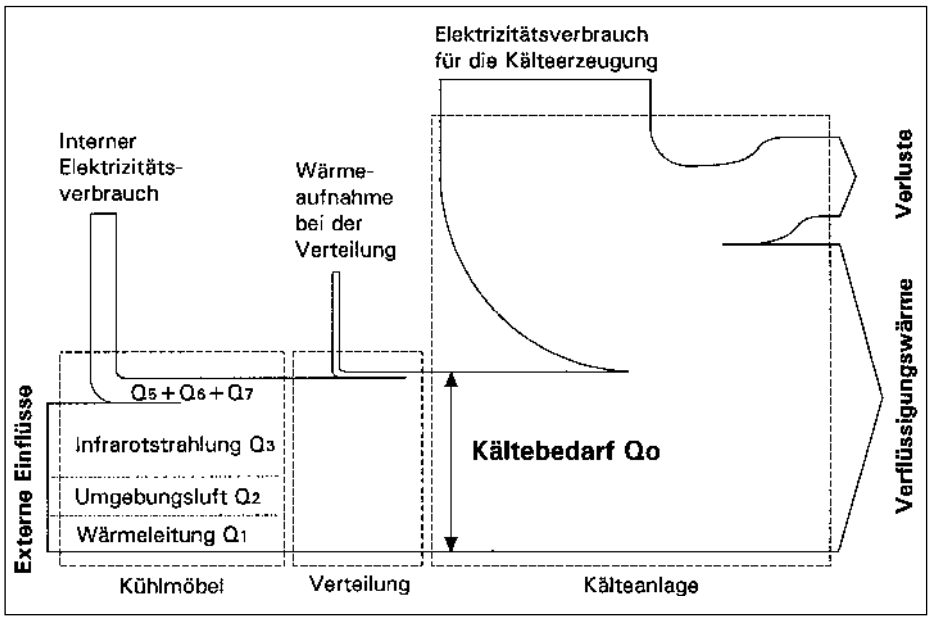


Bild 2.2
Energieflussdiagramm Kühlmöbel und Kälteanlage

Der Kältebedarf Q_0 eines Kühlmöbels kann in folgende sieben Anteile zerlegt werden (siehe Bild 2.3):

- Wärmeleitung durch das Kühlmöbel (Q_1)
- Wärmeeintrag aus der Umgebungsluft (Q_2)
- Wärme- (Infrarot-)strahlung durch Öffnungen und transparente Flächen (Q_3)
- Beleuchtungsabwärme (Q_4)
- Ventilatorenabwärme (Q_5)
- Wärmeeintrag von Rahmenheizungen (Q_6)
- Wärmeeintrag durch die Abtauung (Q_7)

RAVEL

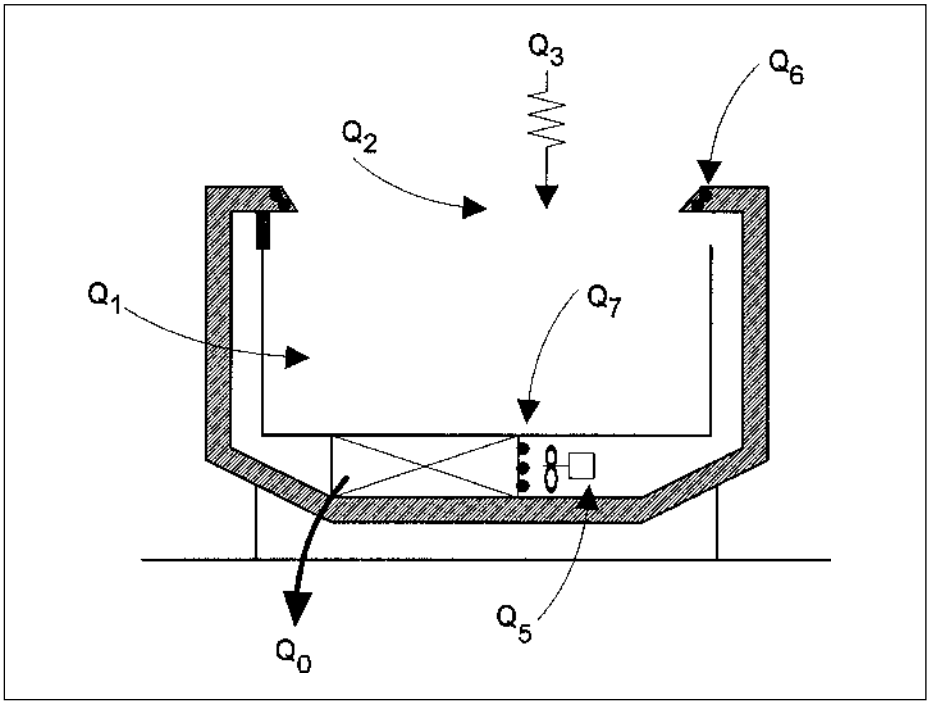


Bild 2.3
Wärmeflüsse bei Kühlmöbeln (am Beispiel einer Minusinsel)

Es gibt eine grosse Anzahl von Faktoren, welche einen Einfluss auf einen oder mehrere der aufgelisteten Kältebedarfsanteile aufweisen. Dabei kann vereinfachend zwischen drei Gruppen von Einflussfaktoren unterschieden werden:

A Faktoren, die von der **Ladenumgebung** und vom **Betrieb/Unterhalt** abhängen, z.B.:
- Ladenluftenthalpie (charakterisiert durch Temperatur und relative Feuchtigkeit
- Ladenluftgeschwindigkeit vor Kühlmöbelöffnungen
- Emissionsgrad der Ladenausstattung vor oder über Kühlmöbelöffnungen
- Gebrauch von vorhandenen Nachtabdeckungen
- Reinigung der Verdampfer usw.
- Einstellung der Steuer- und Regeleinrichtungen

B Faktoren, die hauptsächlich durch die **Kühlmöbelkonstruktion** vorgegeben sind, z.B.:
- Fläche der Möbelöffnung; Ausgestaltung des Luftschleiers und der Nachtabdeckung vor der Öffnung
- Isolationsstärke
- Leistung und Steuerung der Rahmenheizungen, der Abtauung usw.

C Faktoren, welche von den **Kühlprodukten** (und deren Verpackung) abhängen, z.B.:
- Kühlmöbelinnentemperatur
- Emissionsgrad der Kühlprodukte
- Temperatur der Produkte bei der Möbelbeschickung

2.3 Elektrizitätsverbrauchsaufteilung

Im Bild 2.4 ist dargestellt, wie sich in einem typischen Supermarkt der Elektrizitätsverbrauch für Kühlmöbel zusammensetzt.

2.3.1 Aufteilung des gesamten Elektrizitätsverbrauchs

Je nach Ladenart liegt der Anteil der **Kälteerzeugung** zwischen 60 und 80% am gesamten Stromverbrauch für die Gewerbekälte. Im Abschnitt 2.3.2 wird der Verbrauch für die Kälteerzeugung noch detaillierter aufgeschlüsselt.

Das **Abtauen** der Verdampfer benötigt zwischen 3 und 10% des gesamten Verbrauchs der Möbel und Kälteanlage. Die **Rahmenheizungen** weisen in Geschäften mit vielen Tiefkühlschränken und -kombinationen einen Anteil bis gegen 20% auf. Die **Verdampferventilatoren** und die möbelinterne **Beleuchtung** beanspruchen zwischen 12 und 20%.

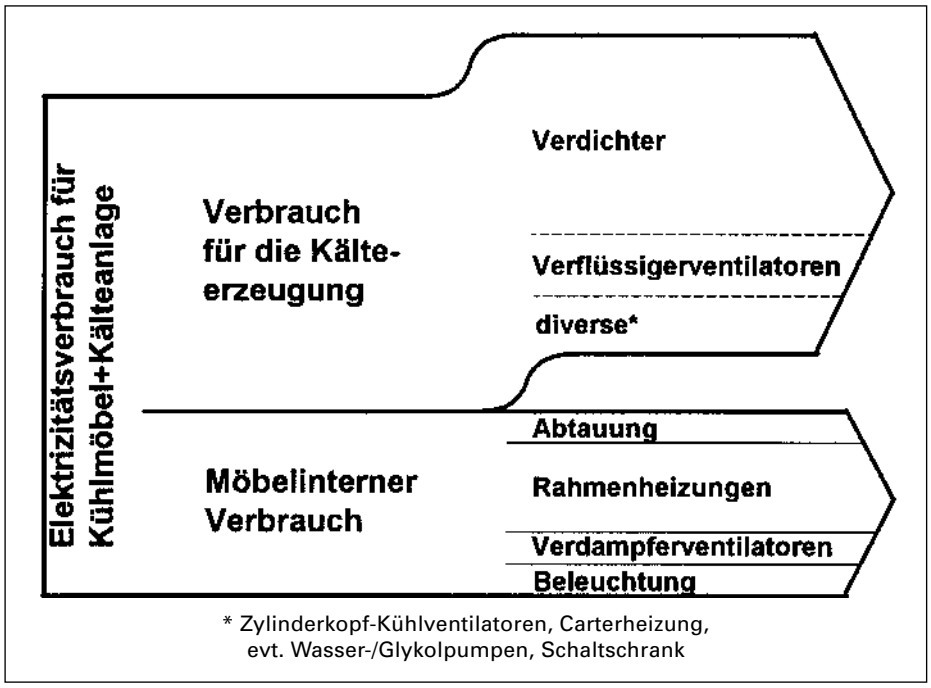


Bild 2.4
Stromverbrauch der Kälteanlage und der Verkaufskühlmöbel in einem typischen Supermarkt

2.3.2 Aufteilung des Stromverbrauchs für die Kälteerzeugung

Rund zwei Drittel des Stromverbrauchs der Gewerbekälte in Läden wird für die Kälteerzeugung benötigt. Die Verdichter sind zwar die gewichtigsten Elektroverbraucher. Die Kälteanlage weist aber noch andere stromkonsumierende Komponenten auf, welche nachstehend charakterisiert werden (* = Komponente in der betreffenden Anlage nicht eingesetzt).

Verdichter:
Anteil am Verbrauch für die Kälteerzeugung: 75 bis 95%

Verflüssigerventilatoren:
Bei luftgekühlten Verflüssigern werden Ventilatoren zur Luftförderung benötigt. Sind luftgekühlte Verflüssigungssätze in einem Maschinenraum aufgestellt, so dienen Ventilatoren zur Maschinenraumbelüftung. Die meisten luftgekühlten Verflüssiger sind direkt mit Axialventilatoren bestückt.
Anteil am Verbrauch für die Kälteerzeugung: 0* bis 15%

Zylinderkopf-Kühlventilatoren:
Die Zylinderköpfe der Verdichter können mit Wasser, Sauggas und Umgebungsluft gekühlt werden. Bei der Luftkühlung werden dazu auf den Verdichtern spezielle Zylinderkopfventilatoren angebracht. Deren Ein-/Ausschaltung ist direkt mit der Verdichtersteuerung gekoppelt.
Anteil am Verbrauch für die Kälteerzeugung: 0* bis 3%

Carterheizungen (auch Ölsumpfheizung genannt):
Bei manchen Verdichtern muss das Kurbelwellengehäuse beim Stillstand beheizt werden, damit das im Öl enthaltene Kältemittel ausgetrieben wird, um ein Ölaufschäumen beim Verdichteranlauf zu vermeiden. Die Ölsumpfheizung ist nur bei stillstehendem Verdichter in Betrieb.
Anteil am Verbrauch für die Kälteerzeugung: max. 1%

evtl. **Wasser-/Glykolpumpen:**
Bei Distanzen ab 50 Meter zwischen Maschinenraum und möglichem Aufstellungsort des Verflüssiger wird in der Regel mit einem Wasser-/Glykol-Zwischenkreislauf die Verflüssigungswärme über einen Kühlturm an die Umgebung abgegeben. Dazu sind Umwälzpumpen nötig, welche einen markanten Anteil am Stromverbrauch für die Kälteerzeugung aufweisen können.
Anteil am Verbrauch für die Kälteerzeugung: 0* bis 15%

Schaltschrank (Steuer- und Regeleinrichtungen):
Messungen des Stromverbrauchs aller Schützen, Relais usw. der Kälteanlagen sind nicht bekannt.
Anteil am Verbrauch für die Kälteerzeugung: max. 1%

2.4 Kühlmöbelbestand in der Schweiz

Es gibt keine detaillierten Zahlen über den Bestand an Kühlmöbel in der Schweiz. Eine Abschätzung basierend auf detaillierten Bestandeserhebungen in Holland sowie in einigen schweizerischen Geschäften ergab folgende Zahlen (nur Lebensmittelhandel) [1]:

- Tiefkühlmöbel (Minus-Bereich) 33'000 Laufmeter
- Kühlmöbel (Plus-Bereich) 77'000 Laufmeter

2.5 Elektrizitätsverbrauch aller Kühlmöbel in der Schweiz

Der jährliche Elektrizitätsverbrauch aller Kühlmöbel in der Schweiz wurde ausgehend von der erwähnten Kühlmöbelbestandesabschätzung hochgerechnet [1]. Als weitere Grundlage mussten realistische Werte für den Stromverbrauch pro Laufmeter Kühlmöbel festgelegt werden. Die angenommenen Werte finden sich in Bild 2.5. Sie basieren auf Angaben verschiedenster Quellen. Ausgehend von diesen Zahlen kann abgeschätzt werden, dass die jährlichen Energiekosten pro Laufmeter Möbel zwischen Fr. 200.– (Bedienungstheken), 600.– (Plusregale), 1300.– (Minus-Glastürschränke) und 1900.– (Minus-Kombinationen) liegen können.

Der gesamte **Strombedarf aller Kühlmöbel im Detailhandel liegt bei rund 380 Mio. kWh pro Jahr**. Dies entspricht 0,8% des schweizerischen Elektrizitätsverbrauchs im Jahre 1990. Etwa 200 Mio. kWh beträgt der Verbrauch der Minusmöbel. Die Plusmöbel benötigen ca. 180 Mio. kWh.

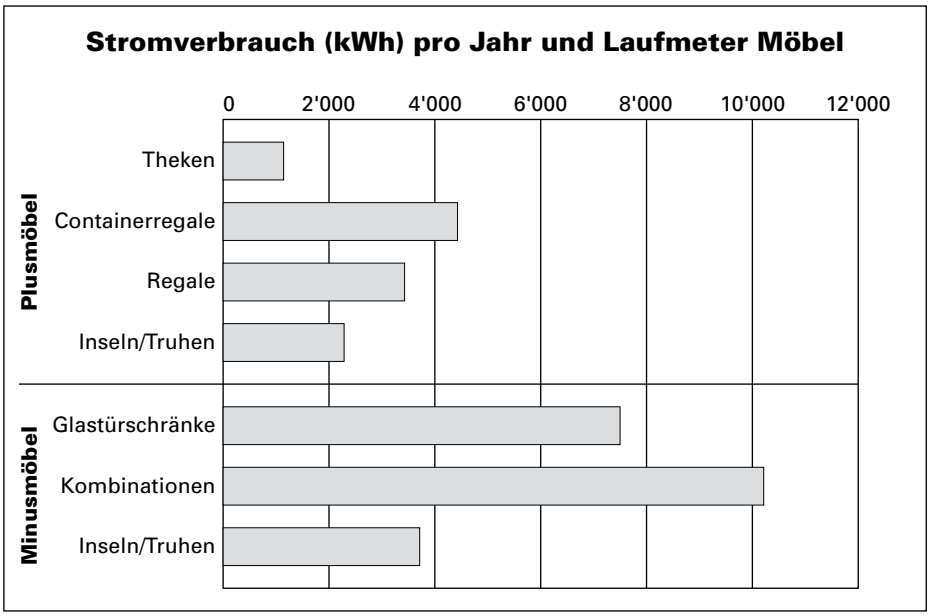


Bild 2.5
Jährlicher Elektrizitätsverbrauch pro Laufmeter Kühlmöbel (typische Verbrauchswerte verschiedener Möbeltypen; zu beachten: die Verbrauchswerte pro Laufmeter sind kein Mass für die energetische Qualität, da die Möbeltypen grosse Unterschiede beim gekühlten Nettoinhalt pro Laufmeter aufweisen)

2.6 Wirtschaftlichkeitsberechnung

Zahlreiche Stromsparmassnahmen sind rentabel, wenn die Wirtschaftlichkeit richtig berechnet wird.

Bei Sanierungen und Neubauten von Gewerbekälteanlagen und Verkaufskühlmöbeln sind die Kosten bei der Auswahl des Unternehmers und beim Entscheid zur allfälligen Ausführung energiesparender Varianten ein wichtiges Argument. Leider werden heute oft nur die Investitionen verglichen. Dies ist aber nur ein Teil der Kostenwahrheit.

Wird die gesamte Nutzungsdauer einer Anlage betrachtet, so sind die **Energiekosten** bei Gewerbekälteanlagen höher als die **Kapitalkosten** (Verzinsung und Amortisation der Investitionskosten). Auch die je nach Anlage unterschiedlichen **Betriebskosten** sind beim Jahreskostenvergleich zu berücksichtigen. Diese umfassen die Personal- und Materialkosten für Wartung und Unterhalt (inkl. Bedienung, Reinigung, Überwachung).

Die in der Wirtschaftlichkeitsberechnung eingesetzte **Nutzungsdauer** sollte in etwa der mittleren Lebensdauer vergleichbarer Läden entsprechen. Diese beträgt in der Regel etwa 15 Jahre.

Bei der Ermittlung der Jahreskosten ist die Energie- und Betriebskostenteuerung zu berücksichtigen. Die Publikation «RAVEL zahlt sich aus» [8] zeigt anschaulich und praxisgerecht wie die Jahreskosten berechnet werden (dynamische Annuitätenrechnung).

Im Bild 2.6 wird mit einem (fiktiven) Beispiel die Bedeutung einer korrekten Wirtschaftlichkeitsberechnung dargestellt. Die Variante B weist zwar höhere Investitionen auf. Die sparsameren Kühlmöbel, die intelligenten Regeleinrichtungen und die Fernüberwachung der Variante B führen während der Nutzungsdauer der Anlage aber zu kleineren Energie- und Betriebskosten. Trotz höherer Kapitalkosten weist die Variante B gesamthaft tiefere Jahreskosten auf. Aus wirtschaftlicher Sicht ist folglich die Variante B zu wählen. Werden bei diesem Beispiel nur die Investitionen betrachtet, so fällt der Entscheid zugunsten der unwirtschaftlicheren Variante A.

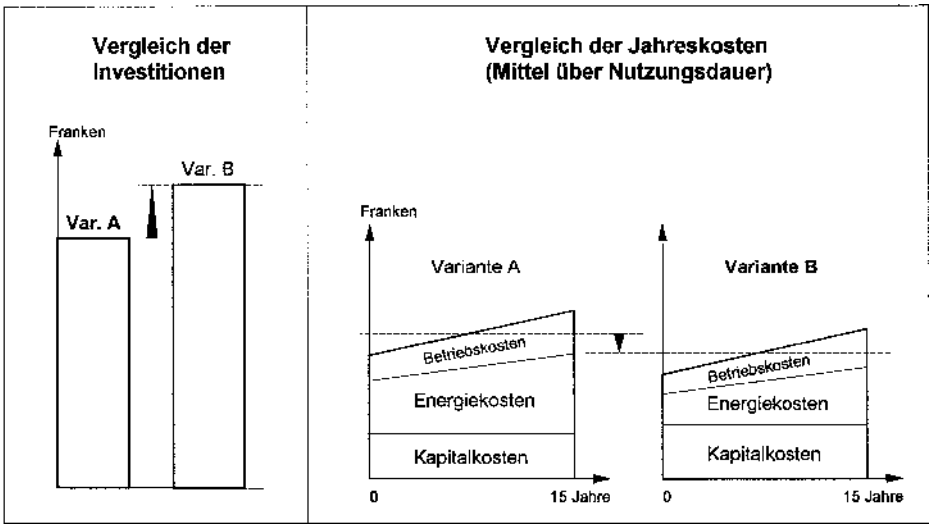


Bild 2.6
Wirtschaftlichkeit richtig gerechnet.
Es ist die Variante mit den geringsten Jahreskosten zu wählen (d.h. im gezeigten Beispiel die energiesparende Variante B, welche bei einem reinen Vergleich der Investitionen nicht gewählt würde).

3 Möbelauswahl und -aufstellung

Energiekosten während 15 Jahren sind höher als die Investitionen für Möbel und Kälteanlage.

Ein energetischer Vergleich von Verkaufskühlmöbeln ist bei der Planung von neuen Gewerbekälteanlagen zur Zeit kaum durchführbar. Einerseits fehlen dazu von den Herstellern vergleichbare Angaben bezüglich Energieverbrauch. Andererseits ist das Auswahlverfahren in der Regel klar durch die Vorstellungen der Verkaufsverantwortlichen geprägt. Möglichst offene Möbel sind erwünscht, um den Umsatz zu steigern. Es gilt aber zu beachten, dass die Energiekosten während 15 Betriebsjahren einiges höher sind als die gesamten Investitionen für Möbel und Kälteanlage.

Welche Aspekte gilt es bei der Wahl, der Ausrüstung und der Plazierung von Verkaufskühlmöbeln zu berücksichtigen, damit im Betrieb möglichst geringe Kosten auftreten? Diese Frage soll in diesem Kapitel näher beleuchtet werden.

3.1 Energetischer Vergleich von Verkaufskühlmöbeln

Bei einem energetischen Möbelvergleich müssen die Herstellerangaben vergleichbar sein und die Solltemperaturen erreicht werden.

Wird ein Laden mit neuen Kühlmöbeln ausgestattet, so ist bei der Möbelauswahl auch ein energetischer Vergleich vorzunehmen. Welche Voraussetzungen sind dabei zu beachten:

- Die Herstellerangaben, welche verglichen werden, müssen gemäss einheitlichen Prüfverfahren ermittelt werden. Hier bietet die neue europäische Verbrauchskühlmöbel-Norm (EN 441) die Chance, dass in Zukunft vergleichbare Werte vorliegen.
- Um unterschiedliche Möbelabmessungen berücksichtigen zu können, müssen die Energieverbrauchswerte oder die installierten Leistungen auf eine repräsentative Abmessung bezogen werden. In der Regel wird dies der Nettoinhalt sein. Bei Theken drängt sich ein Vergleich bezogen auf die gekühlte Abstellfläche auf.
- Die verglichenen Möbel müssen die geforderten Temperaturen einhalten. Dank Temperaturprüfungen gemäss EN 441-5 wird auch dieser Aspekt in Zukunft besser überprüfbar.

3.1.1 Verkaufskühlmöbel-Norm EN 441

Wenn bei Ausschreibungen Herstellerangaben gemäss der neuen Verkaufskühlmöbel-Norm EN 441 verlangt werden, so sind in Zukunft die Möbel u. a. betreffend Temperatureinhaltung und Energieverbrauch besser vergleichbar.

Das Europäische Komitee für Normung (CEN) hat im November 1993 den Schlussentwurf der Verkaufskühlmöbel-Norm EN 441 vorgelegt. Dieser besteht aus folgenden Teilen:

Teil 1	Begriffe und Definitionen
Teil 2	Allgemeine mechanische und physikalische Anforderungen
Teil 3	Abmessungen, Flächen und Inhalte
Teil 4	Allgemeine Prüfbedingungen
Teil 5	Temperaturprüfung
Teil 6	Temperaturklassen
Teil 7	Abtauprüfung
Teil 8	Prüfung der Wasserdampf-Kondensation
Teil 9	Prüfung der elektrischen Energieaufnahme
Teil 10	Geruchs- und Geschmacksprüfung
Teil 11	Aufstellung, Wartung und Richtlinien für den Betreiber
	(Weitere Teile von EN 441 sind in Bearbeitung)

Die formelle Abstimmung wurde im August 1994 abgeschlossen. Es wurden nur noch wenige Änderungen vorgenommen. Ca. Ende 1994 wird die Norm EN 441 publiziert und dann von den CEN-Mitgliedern als nationale Normen festgelegt (z.B. DIN 441, SN 441). Einzig der Teil 5 zur Temperaturprüfung wurde in der formellen Abstimmung abgelehnt, da noch Uneinigkeit betreffend Anordnung der Messpakete für die Temperaturprüfung besteht. Eine alternative Fassung befindet sich seit Juni 1994 in der formellen Abstimmung (unter der Bezeichnung prENV 1524). Der Inhalt des Berichts zur Temperaturprüfung unterscheidet sich aber kaum vom nachstehend beschriebenen.

Folgende Prüfungen sind in diesem elfteiligen Normenwerk enthalten:

Prüfungen und Überprüfungen	Prüfverfahren
Physikalische Abmessungen	EN 441-3
Temperaturanforderungen	EN 441-4, EN 441-5
Abtauung	EN 441-4, EN 441-7
Wasserdampfkondensation	EN 441-4, EN 441-8
Elektrische Energieaufnahme	EN 441-4, EN 441-9
Geruch und Geschmack	EN 441-10

Diese Europäische Norm ermöglicht dem qualitäts- und energiebewussten Bauherrn und Planer in Zukunft vergleichbare Angaben zu den Verkaufskühlmöbeln zu erhalten.

Die wichtige Frage, welche Produktetemperaturen mit dem gewünschten Möbel erreicht werden, wird folgendermassen dokumentiert (Prüfbericht gemäss EN 441-5):

- Temperaturverlauf des wärmsten Messpaketes (siehe Bild 3.1)
- Temperaturverlauf des kältesten Messpaketes (siehe Bild 3.1)
- durchschnittlicher Temperaturverlauf aller Messpakete, bei denen mindestens eine Oberfläche durch und angrenzend an die Schauöffnung sichtbar ist

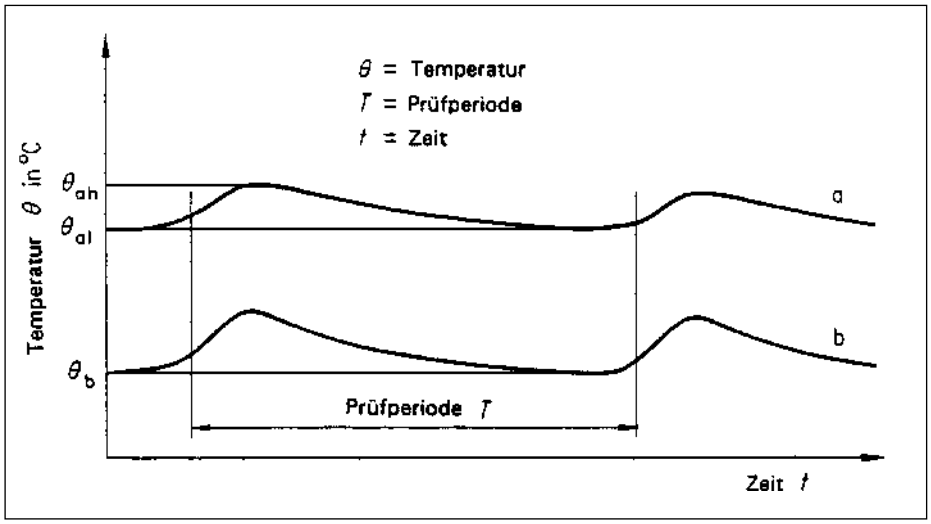


Bild 3.1 Temperaturverläufe des wärmsten (Kurve a) und kältesten (Kurve b) Messpaketes gemäss EN 441-5

RAVEL

Inhalt des Berichts zur Temperaturprüfung gemäss EN 441-5

Der Bericht zur **Temperaturprüfung gemäss EN 441-5** muss folgende Angaben enthalten:

a) den Namen oder das Warenzeichen des Herstellers, oder beides;
b) das Modell und die Seriennummer des Möbels sowie eine Beschreibung seiner Innenausstattung
c) die Klimaklasse (z.B. 25 °C u. 60% r.F.) des Prüfraumes in der die Prüfung durchgeführt worden ist
d) das Verfahren für Temperaturregelung, Abtauvorgang, Abtaubeendigung, Einstellparameter und Fühleranordnung
e) ob die Prüfung mit oder ohne Nachtabdeckung erfolgt ist
f,g) die genannten Temperaturverläufe (siehe oben)
h) bei getrennt aufgestelltem Verflüssigungssatz, der tatsächliche Wärmestrom (= mittlere Kälteleistung) bei angegebenen Betriebsbedingungen sowie die Mess- und Berechnungsverfahren dieses Stromes

Allgemeine Angaben zu den Prüfverfahren bei Möbeln mit separatem Verdichter

Gemäss allgemeinen Prüfbedingungen sind bei Möbeln mit getrennt aufgestelltem Verflüssigungssatz folgende weiteren Angaben zu machen (gemäss EN 441-4):

- die internationale Nummer des Kältemittels (siehe ISO 817)
- den tatsächlichen Betriebssaugdruck und die Temperatur am Austritt aus dem Möbel
- die tatsächliche Betriebsflüssigkeitstemperatur und der Druck am Eintritt in das Möbel
- die erforderliche Kälteleistung
  (Ein Teil 14 von EN 441 steht zur Diskussion, in welchem das Verfahren zur Messung der erforderlichen Kälteleistung festgelegt wird.)

Die genannten Informationen gelten für Kompressionskälteanlagen. Die nötigen Angaben für indirekte Kälteanlagen sind ebenfalls in EN 441-4 vorgegeben.

Messung des Möbelstromverbrauchs gemäss EN 441-9

In EN 441-9 wird das **Verfahren zur Prüfung der elektrischen Energieaufnahme von Verkaufskühlmöbeln** festgelegt. Dabei wird bei steckerfertigen Möbeln die gesamte elektrische Energieaufnahme und die relative Laufzeit (Verhältnis der Verdichterlaufzeit zu einem Gesamtprüfzyklus) gemessen. Bei Möbeln mit getrennt aufgestelltem Verflüssigungssatz wird nur der Elektrizitätsverbrauch des Möbels gemessen (d.h. Ventilatoren, Beleuchtung, Rahmen- und Scheibenheizungen sowie Abtauheizung). Im Prüfbericht müssen die auch bei der Temperaturprüfung genannten Punkte a) bis e) spezifiziert werden. Der Elektrizitätsverbrauch wird in kWh pro 24 h angegeben. Gemäss EN 414-9 kann die Stromverbrauchsprüfung gleichzeitig mit der oben beschriebenen Temperaturprüfung durchgeführt werden.

Definition und Ermittlung der repräsentativen Möbelflächen und -inhalte (EN 441-1 und EN 441-3)

EN 441-3 legt die **Ermittlung der Abmessungen, Flächen und Inhalte** fest. Die Definitionen der wichtigsten Möbelkenngrössen wurden folgendermassen festgelegt (gemäss EN 441-1, vorbehältlich allfälliger Änderungen im Rahmen der Schlussabstimmung):

- gekühlte Abstellfläche:
  Abstellfläche, bei der der senkrechte Abstand über einer Regalauslage oder der Bodenauslage, gemessen senkrecht über der Ebene der Regalauslage oder der Bodenauslage und innerhalb der Stapelgrenze, 100 mm oder mehr beträgt.

- Bruttoinhalt:
  Rauminhalt innerhalb der Innenwände des Möbels oder eines Faches ohne Innenausstattung, eventuell vorhandene Türen oder Deckel sind geschlossen. Die Stapelgrenze wird berücksichtigt, wenn das Möbel keine Tür oder keinen Deckel hat.

- **Nettoinhalt:**
  Rauminhalt der Stapelgrenze, der Lebensmittelerzeugnisse enthält. Die für den ordnungsgemässen Betrieb des Möbels erforderlichen Teile, einschliesslich Regalauslagen, die bei der Berechnung der gekühlten Abstellfläche einbezogen werden, sind, wie vorgesehen, eingebaut; ihr Rauminhalt ist bei der Bestimmung des Nettoinhalts vom Bruttoinhalt abzuziehen.

Möbel, welche die geforderten Temperaturen einhalten, werden betreffend Energieverbrauch verglichen. Ausgehend von den EN 441-Messwerten wird die mittlere elektrische Leistung pro m³ Nettoinhalt bestimmt (aufgeteilt auf Verdichter und möbelinterne Leistung).

Die genannten Herstellerangaben gemäss EN 441 ermöglichen nun die Berechnung **spezifischer Verbrauchswerte**:

- Watt Verdichterleistung pro m^3 Nettoinhalt*
- Watt Möbelstromverbrauch pro m^3 Nettoinhalt*

* Der Nettoinhalt ist aus Sicht des Autoren die meist repräsentativste Möbelkenngrösse. Bei Theken ist die gekühlte Abstellfläche zu bevorzugen.

In Bild 3.2 ist dargestellt wie die spezifischen Verbrauchswerte ermittelt werden. Bei der Umrechnung der mittleren Kälteleistung gemäss Temperaturprüfung in eine durchschnittliche elektrische Leistung werden Kennlinien typischer Verdichter benötigt (Kälteleistungszahl ε in Abhängigkeit von den Verdampfungs- und Verflüssigungstemperaturen; siehe Bild 3.2). Die resultierenden spezifischen Durchschnittsleistungen der verschiedenen Möbeltypen und -fabrikate sind zu vergleichen. Selbstverständlich sind zusätzlich die Resultate der Temperaturprüfungen zu beachten. Möbel, welche die geforderten Temperaturen nicht erreichen, sollten nicht in die nähere Auswahl einbezogen werden.

Wichtig für die künftige Durchsetzung dieser Prüfverfahren ist, dass die Grossverteiler die entsprechenden Angaben bei Ausschreibungen verlangen. Werden für ein Kühlmöbeltyp sämtliche sechs Prüfverfahren gemäss EN 441 durchgeführt, so wäre die Informationsmenge in den verschiedenen Prüfberichten sehr unübersichtlich. Es ist erstrebenswert, wenn die Grossverteiler sich auf ein aussagekräftiges Datenblatt einigen könnten, welches im Rahmen von Ausschreibungen von den Herstellern verlangt wird.

Die zunehmende Verfügbarkeit von Prüfwerten gemäss EN 441 wird es ermöglichen, für verschiedene Möbeltypen und Temperaturbereiche die spezifischen Verbrauchswerte zusammenzutragen (Tiefstwert, Durchschnittswert, Höchstwert). Dadurch kann die energetische Qualität einzelner Möbel beurteilt werden.

An dieser Stelle müssen zwei Begriffe zur **Klassifizierung der Verkaufskühlmöbel** erläutert werden (gemäss Schluss-Entwurf EN 441-6). Die Möbel werden durch eine Kombination der Klimaklasse des Prüfraumes und der Temperaturklasse des Möbels eingestuft.

In EN 441-4 sind **sechs Klimaklassen des Prüfraumes** definiert. Die häufig angewandte Klimaklasse 3 schreibt beispielsweise eine Temperatur von 25 °C und eine relative Feuchtigkeit von 60% im Prüfraum während der Durchführung der Prüfverfahren vor. Die Klimaklasse repräsentiert folglich die maximal zulässige Ladenluftkondition, bei welcher die in den Prüfberichten genannten Messwerte wie Temperaturen, erforderliche Kälteleistung usw. eingehalten werden. **Bei Möbelvergleichen dürfen nur Werte verglichen werden, welche bei gleicher Klimaklasse gemessen wurden!**

EN 441-6 definiert **sechs Temperaturklassen der Verkaufskühlmöbel** (siehe Bild 3.3). Bei jedem Kühlmöbel muss angegeben werden, für welche Temperaturklasse das Möbel konzipiert wurde. Beispielsweise beträgt bei einem Plusmöbel der Temperaturklasse M1 die höchste Temperatur des wärmsten Messpaketes +5 °C und die tiefste Temperatur des kältesten Messpaketes –1 °C. Die Temperaturprüfung gemäss EN 441-5 zeigt, ob diese Sollwerte eingehalten werden.

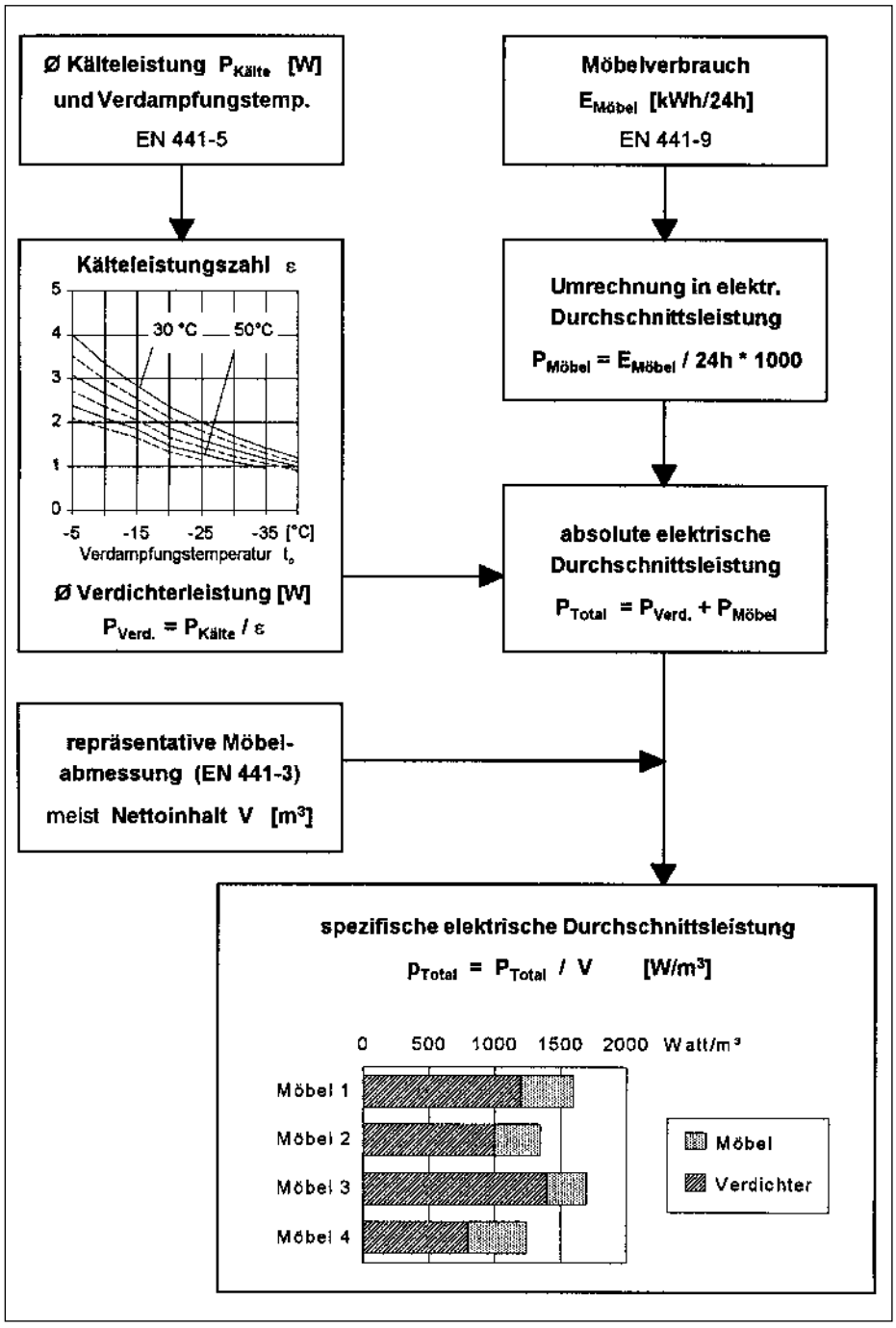


Bild 3.2
Energetischer Vergleich von Verkaufskühlmöbeln mit Prüfdaten gemäss EN 441 (Als Voraussetzung gilt, dass die verglichenen Möbel die geforderten Temperaturen im Rahmen des Prüfverfahrens EN 441-5 einhalten.)

Temperaturklasse	Höchste Temperatur des wärmsten Messpaketes gleich oder niedriger als:	Tiefste Temperatur des kältesten Messpaketes gleich oder höher als:	Tiefste Temperatur des wärmsten Messpaketes gleich oder niedriger als:
L1	– 15 °C	—	– 18 °C
L2	– 12 °C	—	– 18 °C
M1	+ 5 °C	– 1 °C	—
M2	+ 7 °C	– 1 °C	—
H	+ 10 °C	+ 1 °C	—
S	Sonderklasse		

Bild 3.3 Temperaturklassen der Verkaufskühlmöbel (gemäss Schluss-Entwurf EN 441-6)

3.1.2 Vergleich verschiedener Möbeltypen

Eine generelle Aussage über den besten Möbeltyp ist nicht möglich.

Da zur Zeit mangels verlässlicher Daten ein energetischer Vergleich von Einzelmöbeln kaum möglich ist, wurde versucht, charakteristische Werte verschiedener Möbeltypen herzuleiten [1]. Es stellt sich auch die Frage nach dem besten Möbeltyp. Werden beispielsweise im Tiefkühlbereich Messresultate und Herstellerangaben (siehe Bild 3.4) ausgewertet, so müsste aufgrund dieser Durchschnittszahlen folgende energetische Rangfolge aufgestellt werden:

1. Tiefkühlschränke mit Glastüren
2. Tiefkühlinseln und -truhen ohne Verglasungen
3. Tiefkühlkombinationen sowie Tiefkühlinseln und -truhen mit Verglasungen
4. Offene Tiefkühlregale (trotz dreifachem Luftschleier handelt es sich um den denkbar schlechtesten Minusmöbeltyp)

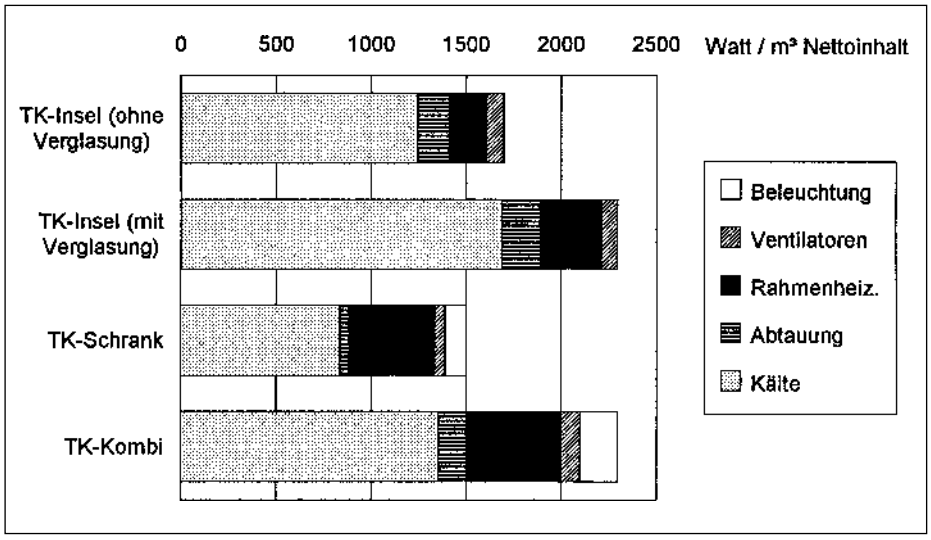


Bild 3.4 Elektrische Durchschnittsleistungen pro Qubikmeter Nettoinhalt verschiedener Tiefkühl (TK)-Möbeltypen Auswertung von Herstellerangaben ([1], S.109ff)

Wie unter Punkt 3.1.3 gezeigt wird, sind die Unterschiede verschiedener Fabrikate sehr gross. Es ist daher durchaus möglich, dass eine gute Minusinsel den tieferen Stromverbrauch aufweist als ein schlechter Glastürschrank. Eindeutige Aussagen über die zu bevorzugende Möbelform sind folglich nicht möglich.

Die im Bild 3.4 dargestellten Auswertungen zeigen aber interessante Tendenzen. Es ist z.B. deutlich, dass die zunehmenden Verglasungen einen hohen Verbrauch für Rahmen- und Scheibenheizungen zur Folge haben. Mittels Taupunktregulierung kann dieser Verbrauch aber halbiert werden. Untersuchungen von Herstellern zeigen weiter, dass mit geschickten Beschichtungen die Scheibenheizungen bei Schränken bis gegen null reduziert werden könnten.

3.1.3 Vergleich verschiedener Fabrikate

Die in Bild 3.5 dargestellten Messresultate dokumentieren eindrücklich die möglichen energetischen Unterschiede verschiedener Möbelfabrikate. Mit ☹ sind diejenigen Fabrikate gekennzeichnet, bei denen die spezifizierten Temperaturen nicht erreicht wurden. Dies unterstreicht die Bedeutung eines zukünftigen Vergleichs mittels Herstellerangaben entsprechend der Verkaufskühlmöbelnorm EN 441.

Verschiedene Möbelfabrikate können grosse Unterschiede beim spezifischen Energieverbauch aufweisen. Die Einhaltung der geforderten Temperaturen ist zu beachten.

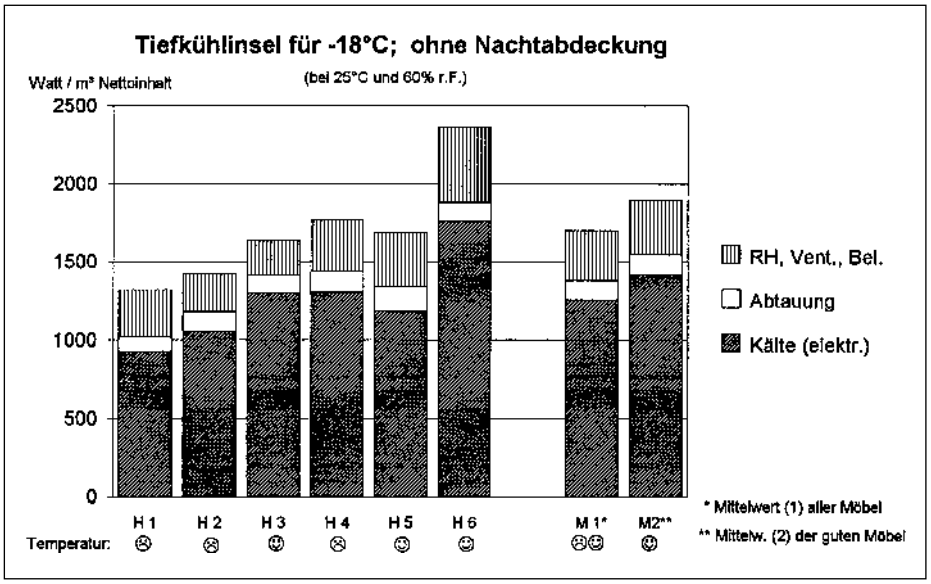


Bild 3.5
Elektrische Durchschnittsleistungen pro Kubikmeter Nettoinhalt verschiedener Tiefkühlinsel-Fabrikate Messungen bei Normbedingungen ([1], S.115ff)

3.2 Zu beachten bei der Möbelauswahl

In diesem Teil werden einzelne energetische Aspekte näher betrachtet, die bei der Möbelauswahl zu beachten sind.

3.2.1 Möglichst hohe Verdampfungstemperatur

Die Wahl der Verdampfungstemperatur ist gerade bei Verbundanlagen von grosser Bedeutung. Je mehr Verkaufskühlmöbel mit tiefen Verdampfungstemperaturen eingesetzt werden, desto tiefer liegt der Verdampfungsdruck des Verbundes.

Werden z.B. Tiefkühlmöbel ausgewählt, die eine Verdampfungstemperatur von –40 °C statt –35 °C benötigen, so hat dies eine Abnahme der Kälteleistungszahl um ca. 15% zur Folge. Dies äussert sich in einer entsprechend höheren Stromrechnung.

Dabei könnten die Kühlmöbelhersteller mit einer Optimierung der Verdampfer ein unnötiges Absenken der Verdampfungstemperatur vermeiden.

3.2.2 Spannungsfeld Energie – Verkauf

Grosse Möbelöffnungen und viele verglaste Möbelfronten sollen den Umsatz vergrössern. Sie erhöhen aber auch den Energieverbrauch beachtlich.

Die Wahl von Kühlmöbeln erfolgt in der Regel durch die Verantwortlichen für den Verkauf resp. das Marketing. Um den angestrebten hohen Umsatz erreichen zu können, wird ein möglichst uneingeschränkter Blickkontakt des Kunden auf die in den Möbeln enthaltenen Produkte angestrebt (Stichwort «gläsernes Möbel»).

Durch die nachstehenden konstruktiven Elemente versuchen die Möbelhersteller diesen Anforderungen gerecht zu werden:

- **Verglasungen** bei früher nicht transparenten Möbelteilen:
  Die Fronten von Inseln und Kombimöbeln sind bei den heutigen Möbelgenerationen mindestens teilweise verglast. Dies bietet zwar aus grösserer Distanz dem Kunden bereits einen Blick auf die Produkte. Andererseits werden dadurch eindeutig energetische Nachteile in Kauf genommen (siehe Bild 3.4, Inseln mit und ohne Verglasungen). Einerseits wird die Qualität des Luftschleiers durch die nötige Transparenz bei der Luftansaugöffnung beeinträchtigt. Andererseits werden die Verglasungen zur Kondensatvermeidung mit Scheibenheizungen ausgerüstet. Es erstaunt daher nicht, wenn Tiefkühlinseln mit Verglasungen 35% höhere spezifische Kälteleistungen (Watt pro m^3 Nettoinhalt) und 60% höhere Rahmen- und Scheibenheizleistungen aufweisen.

- **Hohe Öffnungen bei Regalen:**
  Indem die Fronten vor den Regalwannen laufend verkürzt wurden, weisen neuere Kühlregale teilweise bereits über 1,7 m hohe Öffnungen auf. Bei solch grossen Distanzen fällt sicher mehr kalte Luft aus dem Kühlmöbel in den Verkaufsraum als dies bei den früher üblichen Öffnungen von rund 1,3 m Höhe der Fall war. Bei neueren Kühlregalen liegt das Luftansauggitter oft auf fast gleicher Höhe wie der Wannenboden. Dies führt dazu, dass das Luftansauggitter tendenziell häufiger mit Waren belegt ist. Dadurch ist die Wirksamkeit des Luftschleiers empfindlich gestört, verbunden mit einer markanten Stromverbrauchszunahme.

Auch das Möbeldesign oder selbstverständlich der Preis sind wichtige Auswahlkriterien, welche energetischen Vergleichen vorgezogen werden. Gewisse Gegensätze zwischen Marketing und haushälterischem Umgang

mit Energie werden kaum je überwunden werden können. Nichtsdestotrotz ist ein energetischer Vergleich vor dem Entscheid unerlässlich. Gerade bei Preisvergleichen sind die Investitionen nur ein Teil der Wahrheit. Wenn die Betriebs- und Unterhaltskosten nicht berücksichtigt werden, so ist kein richtiger Wirtschaftlichkeitsvergleich möglich. Weiter ist zu berücksichtigen, dass bei Möbeln mit immer grösseren Öffnungen und Verglasungen die Temperatureinhaltung entsprechend heikler wird.

3.2.3 Zu beachtende Details bei Kühlregalen

Folgende konstruktive Elemente sind bei der Auswahl von Plusregalen zu beachten (siehe Bild 3.6):

- **Doppelter Luftschleier bei Plusregalen:**
  Bei neuen Möbeln wird ein Teil der kalten Rückluft als zweiter Luftschleier vor den normalen Kaltluftschleier gelegt. Dadurch kann das Temperaturverhalten und der Energieverbrauch verbessert werden.

- Regalgeometrie, die den Einsatz von automatischen Nachtabdeckungen ermöglicht: Die Stelle, wo ein Nachtrollo befestigt wird, muss vor dem Luftansauggitter liegen. Nur so ist es möglich, dass motorisierte Rollos eingesetzt werden können.

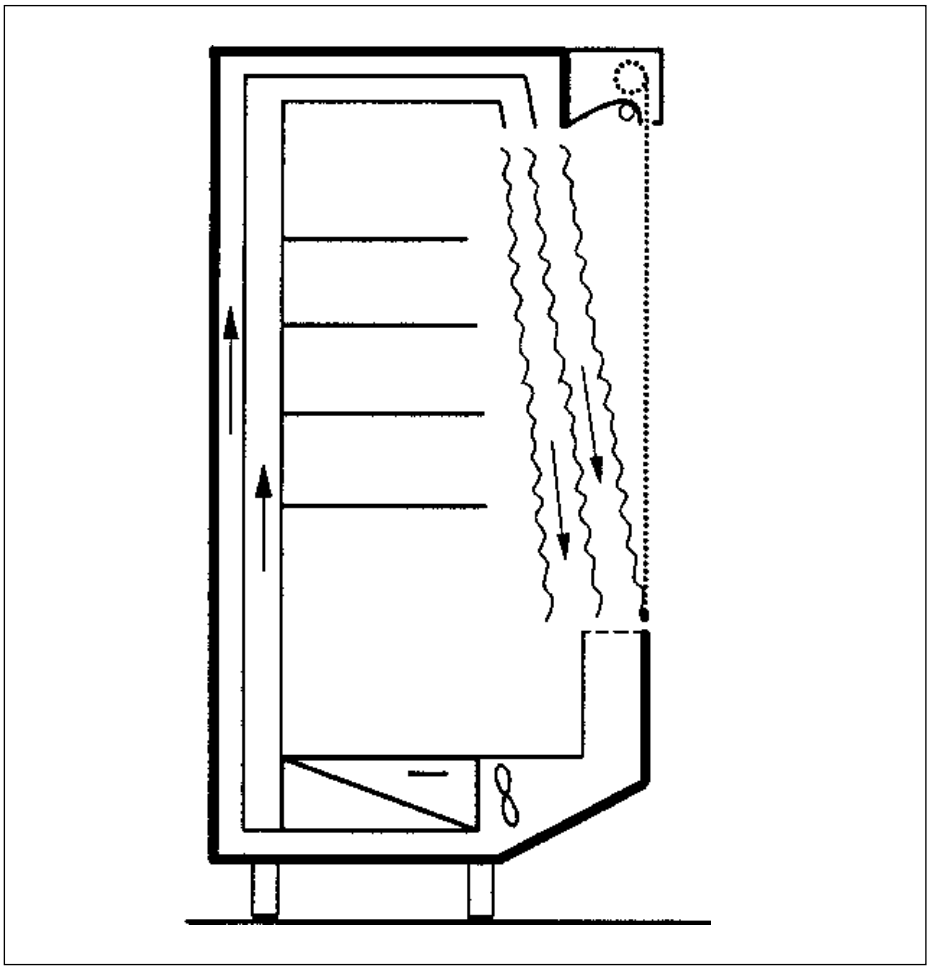


Bild 3.6
Kühlregal mit doppeltem Luftschleier

3.3 Möbelausrüstung

3.3.1 Nachtabdeckungen

Das Anbringen von Nachtabdeckungen ausserhalb von Ladenöffnungszeiten reduziert den Energieverbauch bis zu 40%.

Nur während rund 40% der 8760 Stunden eines Jahres müssen die Kühlmöbelöffnungen in Lebensmittelgeschäften für Produkteentnahme durch Kunden oder Beschickung durch das Personal offen sein. In der restlichen Zeit sollten Abdeckungen die Verluste durch die Öffnungen stark verkleinern.

Durch den **Einsatz von Nachtabdeckungen** (während 12 Stunden pro Tag) kann der **Tagesverbrauch** um **15 bis 40% reduziert** werden (siehe Beispiele in Bild 3.7).

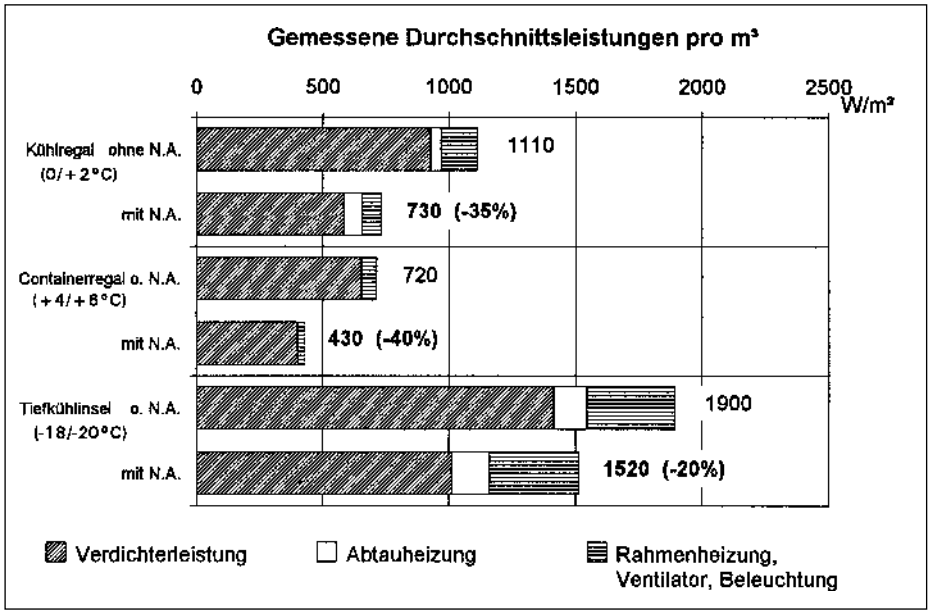


Bild 3.7 Gemessene Tagesdurchschnittsleistungen pro m³ Nettoinhalt (bei Nominalbedingungen von 25 °C und 60% r.F.) jeweils für einen Messzyklus 24 Std. ohne Nachtabdeckung (N.A.) und einen Zyklus 12 Std mit resp. 12 Std. ohne Nachtabdeckung

Nachstehend sind die wichtigsten Arten von Abdeckungen beschrieben:

- **Rollos bei Kühlregalen, resp. Containerregale**
  Die Rollos sollten möglichst dichtschliessend sein (siehe Bild 3.6). Es gibt leider Kühlregale, welche wegen mangelnder Seitenscheiben einen starken seitlichen Luftaustausch zulassen. Dies gilt es zu vermeiden. Bei mittleren und grösseren Läden sollten die Rollos automatisch herauf- und heruntergelassen werden (mit einem kleinen Elektromotor). Dies kann in Kopplung mit der Ladenbeleuchtung erfolgen. Aktionsständer oder andere Einbauten, welche die Rollo-Bewegung stören könnten, müssen vermieden werden.
  Viele Ladenbesitzer bestellen neue Regale bereits standardmässig mit Rollos.

- **Isolierte leichte Abdeckplatten bei Inseln, Truhen und Kombinationen:**
  Die Abdeckplatten müssen vom Ladenpersonal abends aufgelegt und morgens entfernt und meist ausserhalb der Verkaufsfläche gelagert werden. Dieser Arbeitsmehraufwand dürfte der Hauptgrund sein, warum diese Abdeckungsart hie und da wohl vorhanden ist, aber nicht eingesetzt wird. Wichtige Voraussetzungen für den regelmässigen Einsatz der Abdeckplatten sind ein klar festgelegter Lagerplatz für die Platten (tagsüber), für das Abdecken verantwortliche Mitarbeiter sowie eine Filialleitung, die Wert auf eine Abdeckung der Kühlmöbel legt.

- **Rollos bei horizontalen Möbelöffnungen von Inseln, Truhen und Kombinationen:**
  Mit Rollos kann der Aufwand für das Abdecken verringert und der Platzbedarf für Abdeckplatten im Lager vermieden werden. Auf dem Markt erhältlich ist ein Handrollo, dessen Kassette auf dem Mittenausblas von Inseln oder auf dem wandseitigen Rand von Truhen montiert werden kann.
  Für den automatischen Betrieb gibt es neu Abdeckungen nach dem Prinzip der Knickarmstoren.

Wichtig bei Einsatz von Nachtabdeckungen ist eine dem reduzierten Kältebedarf **angepasste Temperaturregelung**. Andernfalls wurde häufig ein starkes Absinken der Möbelinnentemperatur beobachtet. Die damit verbundenen Folgen wie Vereisen der Produkte, vermehrte Schwitzwasserbildung usw. werden hie und da noch heute als Argumente gegen den Einsatz von Nachtabdeckungen ins Felde geführt.

3.3.2 Streifenvorhang bei Plusregalen

Plastikstreifenvorhänge ermöglichen noch grössere Einsparungen als Nachtabdeckungen.

Vorhänge aus möglichst transparenten Materialien, die den Luftaustausch vermindern aber dennoch ein ungehindertes Durchgreifen erlauben, haben in anderen Ländern eine gewisse Verbreitung gefunden.

Eine neuere holländische Untersuchung [5] zeigt, dass bei Regalen für Molkereiprodukte mit Streifenvorhängen folgende Einsparungen bezogen auf den gesamten Energieverbrauch möglich sind:

- bei Ø 16 °C Ladenlufttemperatur (Messung in Laden): 39%
- bei Ø 25 °C Ladenlufttemperatur (Messung in Labor): 49%

Die ermittelte elektrische Einsparung beträgt ca. 750 kWh pro m^2 Möbelöffnung und Jahr.

Gerade bei dieser Massnahme ist die Bereitschaft des Ladenbetreibers von grosser Bedeutung, mit heute verbreiteten Marketingvorstellungen brechen zu können.

In der genannten holländischen Studie wurde der **Einfluss des Streifenvorhangs auf den Produkteumsatz** gemessen. Beim Impulsverkauf (Hering und Salat) wurde in der ersten Woche nach Anbringen des Streifenvorhangs ein Umsatzrückgang auf 82% des früheren Niveaus festgestellt. Ab der vierten Woche war das frühere Niveau wieder erreicht. Bei Margarine und Butter sank der Umsatz auf 92% und war bereits ab der zweiten Woche wieder auf dem Stand ohne Streifenvorhang.

3.3.3 Beleuchtung

Mit einer effizienten Beleuchtung kann der Kälteleistungsbedarf der Kühlmöbel reduziert und gleichzeitig auch der Stromverbrauch der Beleuchtung reduziert werden.

Eine aus energetischer Sicht optimierte Beleuchtung sollte folgenden Grundsätzen genügen:

- **Leuchtstofflampenlicht** ist dem verlustreichen Glühlampenlicht vorzuziehen, welches auch mit dem grösseren Infrarotstrahlungsanteil den Kältebedarf erhöht.

- Die Beleuchtungskörper sollten möglichst **weit von der Kühlzone** der Möbel **entfernt** sein, damit die anfallende Abwärme nicht zu einer Erhöhung des Kältebedarfs beiträgt.

- **Beleuchtungskörper in der gekühlten Zone sollten möglichst vermieden werden.** Sie sind heute noch oft bei Schränken, Kombinationen, Regalen und Bedienungstheken anzutreffen. Durch geschickte Plazierung externer Leuchtstofflampen dürfte ein Ersatz von Lampen im Kühlbereich häufig möglich sein.

- Ein Ersatz früherer Leuchtstoffröhren-Generationen mit 38 mm Durchmesser durch **effizientere Röhren mit 26 mm Durchmesser** senkt den Stromverbrauch.

- Durch die **Verwendung von Reflektoren** reicht bei modernen Kühlregalen eine Leuchtstoffröhren-Reihe an Stelle der früher häufig eingesetzten zwei Reihen.

- Wenn auf eine Anordnung von Leuchstoffröhren im Kühlbereich nicht verzichtet werden kann, so sollten wenigstens die **Vorschaltgeräte ausserhalb des gekühlten Bereichs** plaziert werden. Die Verlustleistung der Vorschaltgeräte beträgt je nach Bauart zwischen 8 und 30% der Lampenleistung.

- Bei der Ausschreibung der Kühlmöbel (und auch der Ladenbeleuchtung) sind elektronische oder verlustarme Vorschaltgeräte vorzusehen. Dadurch werden die Verluste gegenüber konventionellen Vorschaltgeräten um 30 bis 60% reduziert.
  Es gilt zu beachten, dass der cos φ von verlustarmen und konventionellen Vorschaltgeräten relativ tief ist (typischer Wert: 0,5). Diese induktive Last muss allenfalls kompensiert werden, damit der Blindstrombezug den vom Elektrizitätswerk vorgegebenen Grenzwert nicht übersteigt (was mit Kosten verbunden ist). Elektronische Vorschaltgeräte weisen einen optimalen cos φ von annähernd 1 auf.

Die effiziente Beleuchtung von Verkaufsflächen ist Thema der Fachbuch-Reihe «RAVEL in der Beleuchtung» [7].

Beleuchtung in Kühlmöbeln führt zum Treibhauseffekt in Klarsichtpackungen. Die Kontrollorgane sind in solchen Situationen gezwungen, an Ort zu verfügen, die Leuchten aus den Möbeln zu entfernen, bis korrekte Produktetemperaturen sichergestellt werden können [10].

Klare Sichtfolien lassen, analog Glas, Plexi etc., die direkte und indirekte Strahlung im Wellenbereich von 300–2800 nm durch. Diese Strahlung trifft auf das Lebensmittel, das Fleisch, die Frischteigwaren, die Fertig-Saucen usw., wobei die Lichtenergie die festen Gegenstände erwärmt. Aus dem Licht entsteht somit Wärmeenergie, d.h. Wärmestrahlung mit einem Wellenlängebereich um 7000 nm.

Die Klarsichtfolien usw. lassen die viel langwelligere Wärmestrahlung nicht mehr nach aussen, sodass sich nun das Innere der Packung laufend aufwärmt **(Treibhauseffekt).** Dabei können Temperaturen resultieren, die das Wachstum von Mikroorganismen und sogar von pathogenen Keimen ermöglichen.

Problematisch wird dieser Effekt vorwiegend bei Beleuchtungskörpern in Kühlregalen und in Bedienungstheken, in deren Nähe Klarsichtpackungen präsentiert werden. Mögliche Lösungen sind entweder der Verzicht auf die Beleuchtung in Kühl- und Tiefkühlmöbeln oder der Einsatz von lichtundurchlässigen Verpackungsfolien.

Beispiele aus der Praxis:

1. **Schaffleisch** in Schale mit Saranfolie abgedeckt (in einer Bedienungstheke mit interner Fluoreszenzleuchte) wies nach 3 Stunden bereits 13 °C auf. Ohne Folienabdeckung wies das Fleisch in der gleichen Theke korrekte 1,5 °C auf.

2. Dem Licht exponierte **Spätzli** in einem Sichtplastiksack waren auf 11 °C erwärmt. Die dritte beschattete Packung direkt dahinter wies korrekte 4,7 °C auf.

3. Eine **Erdbeertorte** (mit Vanillecrème) in Kartonpackung mit Sichtfenster wies wegen der hellen Vitrinenbeleuchtung 12 °C auf und es war bereits Kondenswasser in der Packung vorhanden. Die danebenliegenden Produkte ohne Sichtfenster wiesen die korrekte Temperatur von 5 °C auf.

3.4 Möbelaufstellung

3.4.1 Geringer Luftzug vor Kühlmöbelöffnungen

Die Möbel sind so aufzustellen, dass Zugluft vermieden oder auf ein Minimum reduziert wird. Möbel sollten nicht in der Nähe von Türen oder in Bereichen plaziert werden, wo sie einer beachtlichen Luftbewegung ausgesetzt sind, wie z.B. Austrittsöffnungen von Klima-, Lüftungs- und Heizungsanlagen.

Bei der Auslegung der lüftungstechnischen Anlagen sollte die Luftgeschwindigkeit über den Möbeln berücksichtigt werden. Besondere Beachtung sollte auf Austrittsöffnungen von Warmluftheizungen gelegt werden.

3.4.2 Gruppenweise Anordnung von Kühlmöbeln

Durch die gruppenweise Anordnung von Kühlmöbeln können kühlere Ladenzonen geschaffen werden. Dadurch sinkt der Kältebedarf der Möbel.

3.4.3 Reflektierende Schirme/Baldachine

Bei Tiefkühlinseln und -truhen wird rund die Hälfte des Kälteleistungsbedarfs des Möbels durch den Wärmeaustausch mittels Infrarotstrahlung zwischen den Tiefkühlprodukten und der warmen Ladendecke verursacht. Durch das **Anbringen von infrarot-reflektierenden Schirmen über Inseln und Truhen** sind nennenswerte Einsparungen möglich.

3.4.4 Kurze Distanzen zur Kältezentrale

Kurze Distanzen zwischen den Kühlstellen und dem Maschinenraum sind durch rechtzeitige Koordination zwischen Architekt, Ladenplaner und Kälteanlagenplaner anzustreben.

4 Energiesparen beim Kälteanlagenbau

4.1 Bedarfsgerechte Regulierung der Kälteleistung

Die Saugdruckoptimierung verbessert die Kälteleistungszahl.

Kältezentralen mit mehreren parallel geschalteten Verdichtern – sog. Verbundanlagen – werden saugdruckabhängig gesteuert. Dabei werden die Verdichter in Funktion eines vorbestimmten Saugdruckes zu- und abgeschaltet oder Frequenzumformer passen die Verdichterleistungen durch Drehzahlveränderung an. Bei sinkendem Kältebedarf zufolge Nachtbetrieb oder tiefer Ladenluftenthalpie greift die Saugdruckoptimierung ein und erhöht den vorgegebenen Saugdruck, wobei die Druckanhebung derart sein soll, dass die am stärksten belastete Kühlstelle noch ausreichend versorgt wird. Die Vorteile der Saugdruck-Optimierung sind die folgenden:

- Verbesserung der Kälteleistungszahl
- Reduzierter Abtaubedarf
- Geringere Austrocknung des offenen Kühlgutes

Als Führungsgrösse zur Saugdruck-Bestimmung dient die Raumluftenthalpie am Aufstellungsort der Kühlmöbel. Die ausschliessliche Verwendung der Lufttemperatur als Führungsgrösse ist nicht zweckmässig, da die Luftfeuchtigkeit ebenfalls einen Einfluss auf den Kältebedarf hat. Moderne Systeme mit Mikroprozessoren besitzen Fühlereingänge für Temperaturen und Feuchte und berechnen die Raumenthalpie auf digitalem Wege. Bild 4.1 zeigt das Kennlinienfeld eines solchen Reglers.

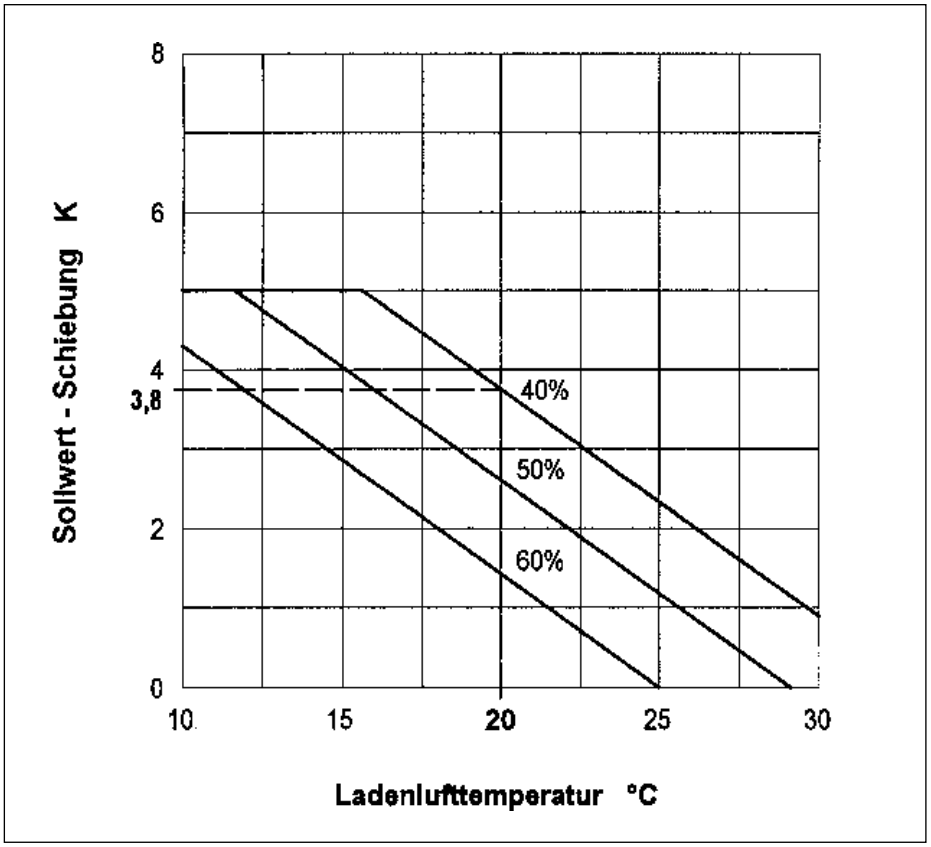


Bild 4.1
Sollwert-Schiebung der Verdampfungstemperatur

Nebst der Abhängigkeit des Kältebedarfes von der Raumluftenthalpie spielt auch ein allfälliger Nachtbetrieb eine Rolle, d.h., korrekt auf den Kühlmöbeln aufgebrachte Nachtabdeckungen verringern den Kältebedarf beträchtlich.

Aus den eben gemachten Aussagen geht hervor, dass bei der Saugdruck-Bestimmung vorteilhaft der aktuelle Kälteleistungsbedarf jeder einzelnen Kühlstelle berücksichtigt wird. Voraussetzung hierfür sind entsprechende Informationen der Kühlstellenregler. Als Resultat soll der Saugdruck-Sollwert so hoch angesetzt werden, dass die am stärksten belastete Kühlstelle gerade noch ausreichend versorgt wird.

Traditionellerweise erfolgt die Regelung der Kühlstellentemperatur meist durch Ein- und Ausschalten der Kältemittelzufuhr zum Verdampfer mittels Magnetventil. Insbesondere bei Verbundanlagen mit wenig Kühlstellenreglern kommt es bei herabgesetztem Kältebedarf zu drastischen und schnellen Änderungen des Kältemittelstromes aller Kühlstellen zusammen. Dies wiederum führt zu sprunghaften Änderungen des Saugdruckes. Nur ein schnelles Zu- und Abschalten der Verdichter könnte einen einigermassen ausgeglichenen Saugdruck gewährleisten. Dies ist aber wenig sinnvoll, da dadurch die Lebensdauer der Verdichter herabgesetzt würde. Hinzu kämen eine nicht erwünschte Netzbelastung sowie ein höherer Energiebedarf.

Im später folgenden Abschnitt «Koordination der Kühlstellen» wird ein Regelverfahren beschrieben, das zusammen mit entsprechend angepassten Kühlstellenreglern auch bei nicht-kontinuierlicher Temperaturregelung ausgeglichenere Saugdruckverhältnisse bewirkt. Die Ein- und Ausschaltzeitpunkte des Kältemittelstroms jeder einzelnen Kühlstelle können so optimiert werden, dass der Gesamtstrom nur geringe Schwankungen aufweist.

4.2 Optimierung des Verflüssigungsdruckes

Die Optimierung des Verflüssigungsdruckes hilft Energie sparen und schont die Verdichtertriebwerke.

Als Grundsatz gilt, dass die Abfuhr der Verflüssigungswärme auf möglichst tiefem Temperaturniveau erfolgen soll. Dies zum einen aus energetischen Gründen und zum anderen zur Schonung der Verdichtertriebwerke. Sobald aber Wärmerückgewinnung ins Spiel kommt – und Wärmerückgewinnung ist heute in vielen gesetzlichen Energievorschriften zwingend vorgeschrieben – wird eine Anhebung des Verflüssigungsdruckes meistens unumgänglich.

Stehen mehrere Möglichkeiten der Wärmerückgewinnung zur Wahl, ist nebst der Kosten/Nutzen-Rechnung die thermische und mechanische Beanspruchung der Verbundanlage zu beachten, deren Primäraufgabe die Sicherstellung der Kühlstellen-Versorgung ist und nicht die Wärmeabgabe auf möglichst hohem Niveau mit allen daraus resultierenden (negativen) Konsequenzen.

Bei grösseren Anlagen bietet bereits die Überhitzungswärme ein beträchtliches Potential zur Abdeckung bestimmter Wünsche. Die häufigst anzutreffende Art der Wärmerückgewinnung ist die Brauchwasser-Erwärmung. Reicht die Überhitzungswärme nicht aus, das Wasser auf die gewünschte Temperatur zu erwärmen (z.B. 60 °C), so ist der Beizug von Fremdwärme einem weiteren Anheben des Verflüssigungsdruckes vorzuziehen.

Sobald die Verflüssigungswärme nicht mehr zur Wärmerückgewinnung genutzt wird, ist der Verflüssigungsdruck so weit als möglich abzusenken. Variante A (siehe Bild 4.2) ermöglicht auch nach erfolgter Druckabsenkung die Nutzung der Überhitzungswärme. Diese Lösung wird oft in Fällen gewählt, wo keine Nacherwärmung vorgesehen ist, kann aber zu Verkalkungsproblemen führen. Bei Variante B (siehe Bild 4.2) ist dies nicht möglich, da das Wärmerückgewinnungsgerät nach erfolgter Ladung umgangen wird.

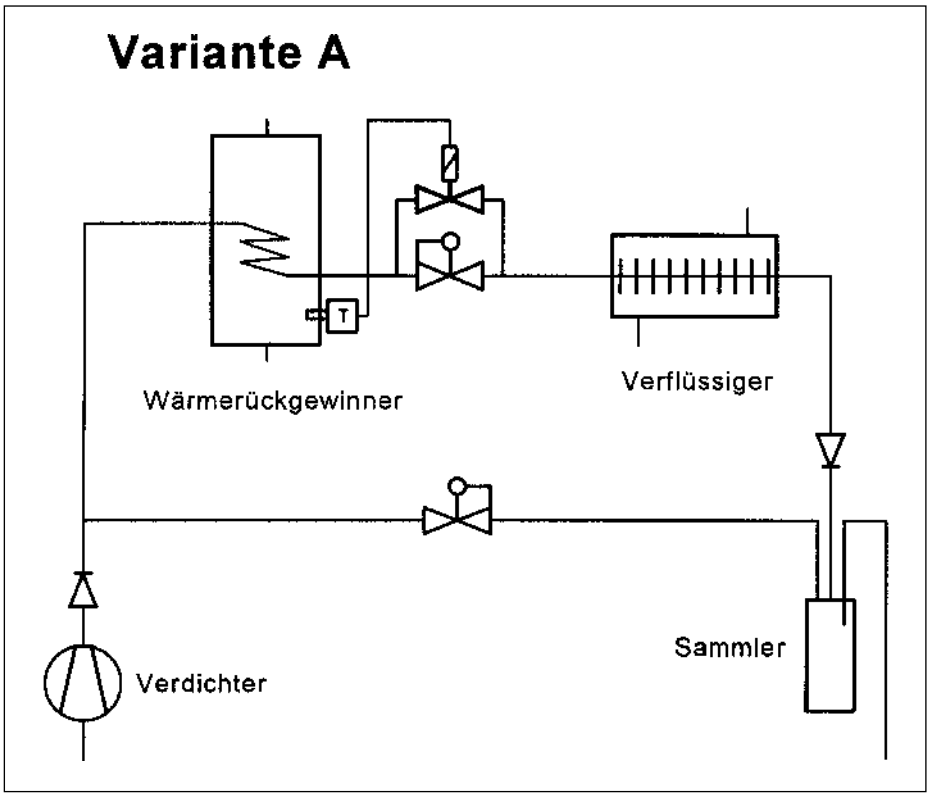


Bild 4.2 Variante A Verflüssigungsdruckabsenkung bei fehlendem Wärmebedarf

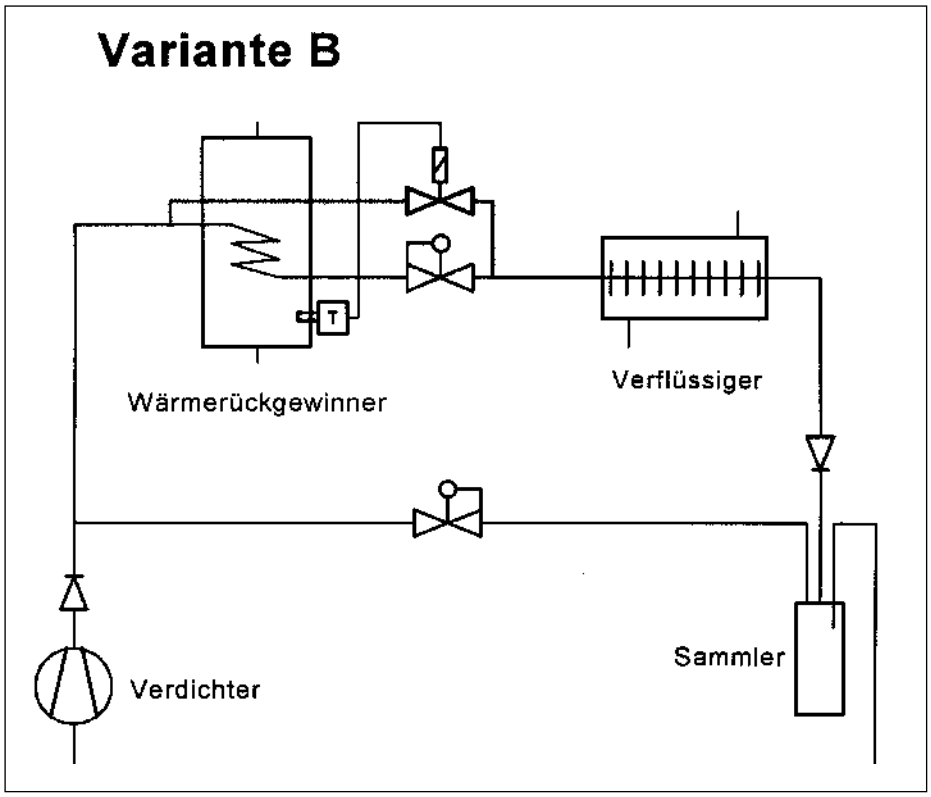


Bild 4.2, Variante B Verflüssigungsdruck-absenkung bei fehlendem Wärmebedarf

Moderne Regelgeräte erfassen den Verflüssigungsdruck mit einem Drucktransmitter und regeln den Druck in Abhängigkeit der Steuereingänge (Wärmerückgewinnung resp. Normalbetrieb).

Eine Abfuhr der Verflüssigungswärme ans Netzwasser (Trinkwasser) ist heute nur noch bei kleineren Leistungen erlaubt und schon aus Kostengründen immer weniger interessant. Durchgesetzt haben sich der Aussenluft-Verflüssiger und der Trockenluftkühler. Bei letzterem erfolgt die Kältemittelverflüssigung unmittelbar bei der Verbundanlage, und die Wärmeabfuhr erfolgt über einen Glykolkreislauf durch den Trockenluftkühler. Vorteil: Reduktion der Kältemittelfüllmenge und vermindertes Leckage-Risiko zufolge geringerem Systemdruck.

Die Geräte zur Wärmeabfuhr sind auf die im Hochsommer vorhandenen Konditionen abzustimmen, nämlich hoher Kältebedarf der Kühlstellen bei gleichzeitig hoher Umgebungstemperatur am Standort des Verflüssigers resp. Kühlers. Bei der Auslegung werden in der Schweiz maximale Aussentemperaturen von +32 °C angenommen (bei Dachaufstellung Zuschlag von 3 K). Als Temperaturspreizung zwischen der maximalen Aussenlufttemperatur und der Verflüssigungstemperatur bei Vollast sind 10 bis 12 K üblich.
Generell soll bei fehlendem Wärmebedarf der Verflüssigungsdruck auf das mögliche Minimum abgesenkt werden. Dabei sind folgende Punkte zu beachten:

- Der Verflüssigungsdruck soll kontinuierlich abgesenkt werden.
- Thermostatische Einspritzventile benötigen eine minimale Druckdifferenz – die minimale Verflüssigungstemperatur liegt erfahrungsgemäss bei ca. 25 °C (elektronische Einspritzventile erlauben tiefere Verflüssigungstemperaturen und sind weniger anfällig bezüglich laufender Verflüssigungsdruckänderungen).
- Der Verflüssigungsdruck kann auch in Abhängigkeit des reduzierten Kältebedarfs der Kühlstellen abgesenkt werden.

4.3 Möglichkeiten zur Kältemittelunterkühlung

Eine minimale Kältemittelunterkühlung ist Voraussetzung für einen ordentlichen Betrieb der Kälteanlage.

Eine minimale Unterkühlung des verflüssigten Kältemittels ist für den störungsfreien Betrieb einer Kälteanlage von ausschlaggebender Bedeutung. Es besteht immer die Möglichkeit, dass das flüssige Kältemittel infolge Druckdifferenzen in der Flüssigkeitsleitung wieder teilweise verdampfen kann (dynamischer Druckabfall im Leitungssystem, statischer Druckabfall zufolge Überhöhung der Kühlstellen). Konsequenz: Unbefriedigendes Arbeiten des Einspritzventils und entsprechende Leistungsminderung am Verdampfer. Im übrigen ergibt die Unterkühlung eine gewisse Leistungssteigerung.

Zur Kältemittelunterkühlung bieten sich die folgenden Möglichkeiten:

- Wärmeaustauscher zwischen Sauggas und Flüssigkeit (sog. innerer Wärmeaustausch)
  Achtung: Verdichtungsendtemperatur beachten!
- Unterkühler am Sammleraustritt (separater Aussenluft-Unterkühler)
- Unterkühler am Verflüssigeraustritt (setzt entsprechenden apparativen Aufwand sowie Isolation der Kondensatleitung und des Sammlers voraus).
- Mechanische Unterkühlung (erforderliche Leistung wird bei einstufigen Verdichtern für den Minusbereich durch die Plusanlage, bei zweistufigen Verdichtern und Booster-Anlagen für Tiefkühlung durch deren Hochdruckstufe erbracht).

Hinweis: Eine Vergrösserung der Austauschfläche beispielweise eines Aussenluftverflüssigers ohne zusätzliche apparative Massnahmen ergibt lediglich eine tiefere Verflüssigungstemperatur aber keine zusätzliche Unterkühlung!

4.4 Plazierung und Auslegung von Anlagenkomponenten

Durch sinnvolle Standortwahl lässt sich die Kältemittelmenge minimieren.

Als Grundsatz gilt: möglichst kurze Kälteleitungen und damit kleinstmögliche Kältemittelfüllmenge. Durch frühzeitige Absprache zwischen Architekt, Ladenbauer und Kälteanlagenplaner sind optimale Standorte für Maschinenraum und Verflüssiger festzulegen. Nebst der Erfüllung von Umweltschutzanliegen werden dadurch Kosten für Investition und Energie tief gehalten.

Von entscheidender Bedeutung für einen wirtschaflichen Betrieb sind möglichst geringe Druckverluste im Leitungssystem. Folgende Massnahmen führen u.a. zum gewünschten Ziel:

- Reichlich dimensionierte Leitungsquerschnitte (minimale Gasgeschwindigkeit bei Teillastbetrieb für Öltransport beachten!)
- Einsatz von Rohrbogen statt Kniestücken.
- Verwendung von druckverlustarmen Armaturen
- Einsatz von Kugelventilen anstelle tradioneller Absperrventile.

Der Einfluss von Druckverlusten beträgt in etwa:

- 1 K Druckverlust Saugleitung = 3% Mehrbedarf Antriebsenergie
- 1 K Druckverlust Druckleitung = 2% Mehrbedarf Antriebsenergie

Als Richtwert für einen akzeptablen Druckverlust in der Saugleitung gelten heute 2 K.

Auch der Einbau von Ölabscheidern, namentlich bei tiefen Verdampfungstemperaturen, ist vorteilhaft, denn Öl an den Verdampferwandungen verschlechtert den Wärmeübergang.

Als energiesparende Alternative zur Elektroabtauung bietet sich Gasabtauung an. Durch unsachgemässe Komponentenwahl und -dimensionierung kann jedoch die mögliche Energieeinsparung leicht zunichte gemacht werden.

4.5 Fortschrittliche Kühlstellenregulierung

Mikroprozessoren sind Voraussetzung für eine intelligente Regelung.

Moderne Kühlstellenregler arbeiten auf Mikroprozessorbasis und übernehmen sämtliche Regel-, Steuer- und Überwachungsfunktionen zum Betrieb einer Kühlstelle. Sie kommunizieren mit anderen Regeleinrichtungen (Verbundsteuerungen u.a.) und lassen sich in ein übergeordnetes Überwachungs- und Datenerfassungssystem einbinden.

4.5.1 Traditionelle Temperaturregelung

Zur Erreichung einer gewünschten Lufttemperatur im Kühlmöbel wird die Kältemittelzufuhr zum Kühlelement mittels Zweipunkt-Regelung mit einem Magnetventil ein- und ausgeschaltet. Diese ON/OFF-Regelung hat unerwünschte Schwankungen der Luft- und letzlich auch der Kühlguttemperatur zur Folge (Bild 4.3).

Bei Einsatz von Nachtabdeckungen ist zudem häufig ein Absinken der Kühlmöbeltemperatur zu beobachten. Dies kann zu vermehrtem Auftreten von Schwitzwasser auf den Abdeckungen führen und zu einer merklichen Reduktion des effektiv erzielbaren Sparpotentials.

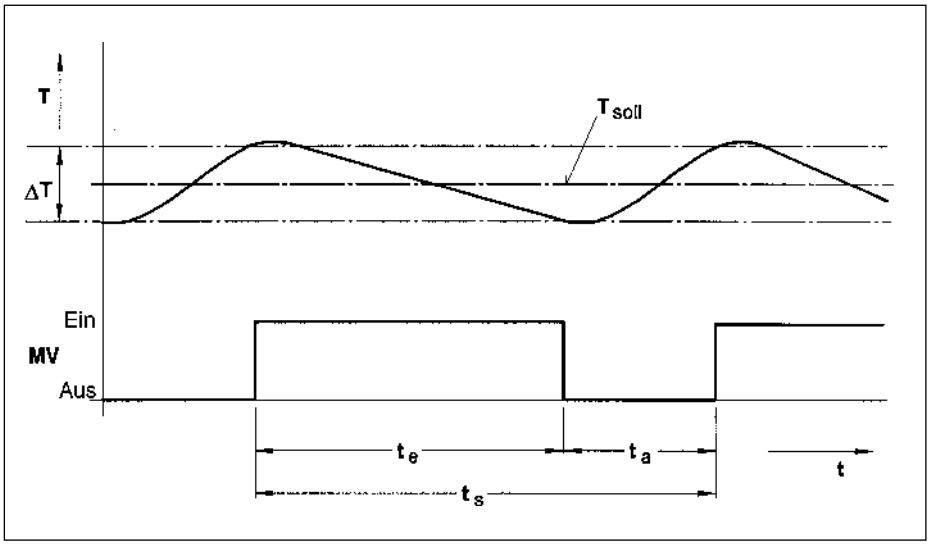


Bild 4.3
Thermostatische Regelung

4.5.2 Optimierte Temperaturregelung

Optimierte Kühlstellenregler ermöglichen eine Sollwertanpassung.

Optimierte Kühlstellenregler vermeiden auch bei unterschiedlichen Betriebsbedingungen unerwünschte Schwankungen der Produktetemperatur. Bei einer offenen Tiefkühlinsel beträgt die Temperaturdifferenz zwischen Lufteintritt und Luftaustritt ca. 8 bis 10 K. Wird die Tiefkühlinsel abgedeckt, reduziert sich die Differenz auf ca. 2 K. Ferner wird durch die Abdeckung auch die Strahlungswärme abgeschattet.

Durch geschickte Berücksichtigung der auftretenden Temperaturen vor und nach dem Kühlmöbel-Verdampfer und durch Anpassung der Sollwerte während des Nachtbetriebs wird erreicht, dass die Produktetemperatur unter diesen Lastwechsel-Bedingungen konstant bleibt.

Um das ungünstige Verhalten der Zweipunkt-Regelung zu überwinden, sind Kühlstellenregler entwickelt worden, die verschiedene Verfahren anwenden und entsprechend unterschiedliche Kosten verursachen (siehe Abschnitte 4.5.3 bis 4.5.5).

4.5.3 Stetige Regelung durch Drosselventil am Verdampferausgang

Saugdrosseln gestatten eine individuelle Verdampfungstemperatur.

Statt des Magnetventils am Verdampfereingang wird ein elektrisch betätigtes Drosselorgan am Ausgang des Verdampfers montiert. Das zugehörige Regelgerät stellt die individuelle Verdampfungstemperatur der Kühlstelle dann so ein, dass die Umlufttemperatur den gewünschten Wert einnimmt. Der Kältemittelmassenstrom ist nach dem Einreguliervorgang weitgehend konstant.

4.5.4 Stetige Regelung durch elektronisches Einspritzventil

Elektronische Einspritzventile ermöglichen eine stetige Anpassung des Kältemittelstromes.

Einige Systeme realisieren die Aufrechterhaltung einer Minimalkühlung (statt Unterbrechung der Kältemittelzufuhr) durch elektronisch geregelte Einspritzventile: Der minimale Kältemittelstrom wird dabei vom Kühlstellenregler dauernd so angepasst, dass die Lufttemperatur möglichst konstant gehalten wird.

4.5.5 Koordination der Kühlstellen

Eine fehlende Koordination ergibt grosse Schwankungen im Kältemittelmassenstrom.

Das unkoordinierte Schalten der oben beschriebenen Zweipunktregler führt zu grossen Schwankungen im Kältemittelmassenstrom. Die Verbundanlage kann diesen Schwankungen nur unbefriedigend nachgeführt werden.

Beim Einschalten des Thermostats einer Kühlstelle entsteht ein zusatzlicher Kältemittelmassenstrom. Die Saugdruckregelung der Verbundanlage reagiert darauf verzögert; möglicherweise schaltet der nächste Verdichter erst dann zu, wenn eine andere Kühlstelle gerade ausschaltet und damit den Massenstrom wieder verringert. Das in Bild 4.4 dargestellte Beispiel veranschaulicht die erheblichen Änderungen des Massenstroms bei thermostatischer Regelung von Kühlstellen unterschiedlicher Leistung.

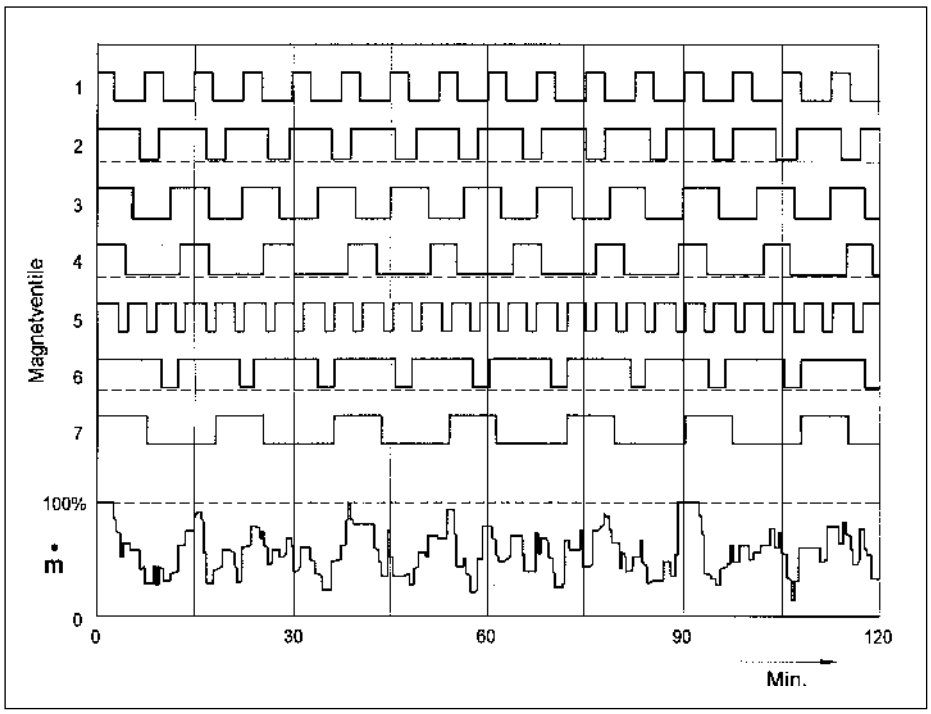


Bild 4.4
Nicht-koordiniertes Regelverhalten

RAVEL

Dieses Verfahren bleibt aus zwei Gründen unbefriedigend:

a) Die Thermostate der einzelnen Kühlstellen schalten unkoordiniert. Obwohl die Belastung der meisten Kühlstellen gleichmässig ist, ergeben sich scheinbar zufällig extreme Anlagenzustände (alle Kühlstellen ein/alle Kühlstellen aus).

b) Die Schalthäufigkeit der Verdichter muss so begrenzt werden, dass eine schnelle Ausregelung des Massenstroms nicht möglich ist.

Vernetzte Regelsysteme mit entsprechender Kommunikation ergeben eine nur noch geringfügige Schwankung des Kältemittelmassenstroms.

Ein neues Verfahren für Verbundanlagen nutzt die Kommunikationsfähigkeit moderner Regelsysteme, um das Anlagenverhalten entscheidend zu verbessern und den Energiebedarf zu vermindern. Zusätzliche Investitionskosten durch elektronisch geregelte Ventile können bei diesem Verfahren vermieden werden.

Zur Lösung des Problems wird von der Tatsache ausgegangen, dass das Ein- und Ausschalten des Magnetventils einer Kühlstelle zeitlich im Bereich weniger Minuten verschoben werden darf, ohne dass sich nennenswerte Änderungen der Produktetemperatur ergeben, wenn nur die prozentuale Einschaltdauer dabei unverändert bleibt. Die Verschiebung des Magnetventil-Schaltspiels kann nun für jede Kühlstelle individuell so berechnet werden, dass sich der Kältemittelmassenstrom nur noch geringfügig ändert (Bild 4.5).

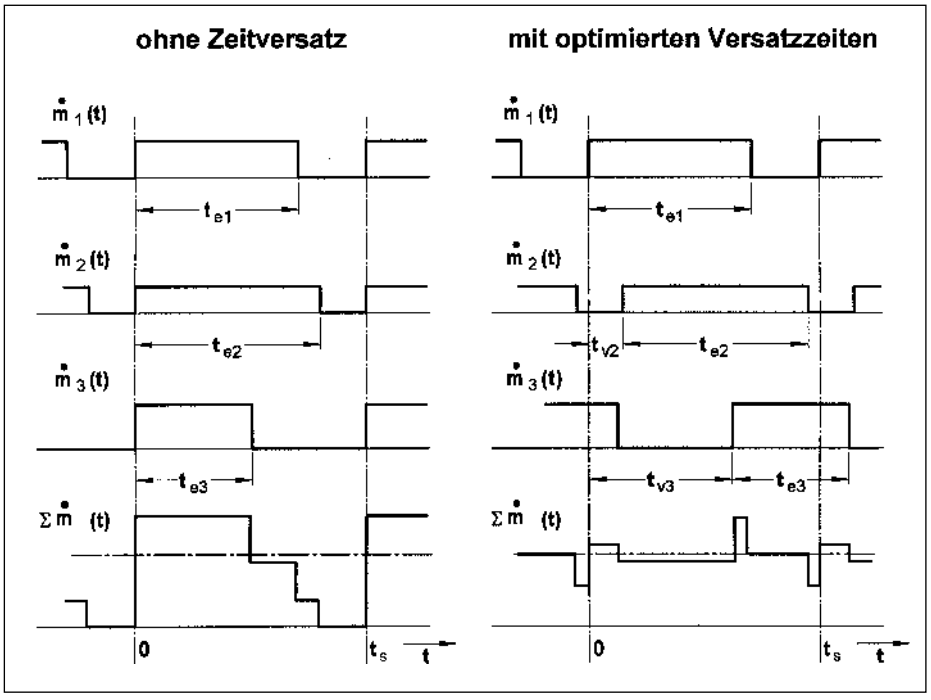


Bild 4.5
Massenströme

Zur Realisierung des Verfahrens sind Kühlstellenregler erforderlich, die den aktuellen Kühlleistungsbedarf als Aussteuergrad a (Verhältnis t_e/t_s) ermitteln und an einen zentralen Optimierungsrechner übertragen. Der Optimierungsrechner kennt durch entsprechende Installation ausserdem die maximale Kälteleistung jeder einzelnen Kühlstelle und berechnet daraus die individuellen Synchronisations- und Verschiebedaten.

Durch das erheblich verbesserte Regelverfahren ergeben sich überraschend gleichmässige Temperaturverläufe. Gleichzeitig wird die Schalthäufigkeit der Verbundanlage reduziert, da die Anlage meist nur zwischen zwei Leistungsstufen wechselt (Bild 4.6).

Darüber hinaus kann der Optimierungsrechner den Saugdrucksollwert der Verbundanlagenregelung so führen, dass die Kühlstellen jeweils mit möglichst hohem Aussteuergrad betrieben werden. Damit wird die Verdampfungstemperatur auf den höchstmöglichen Wert eingestellt und der Energieverbrauch kann deutlich reduziert werden.

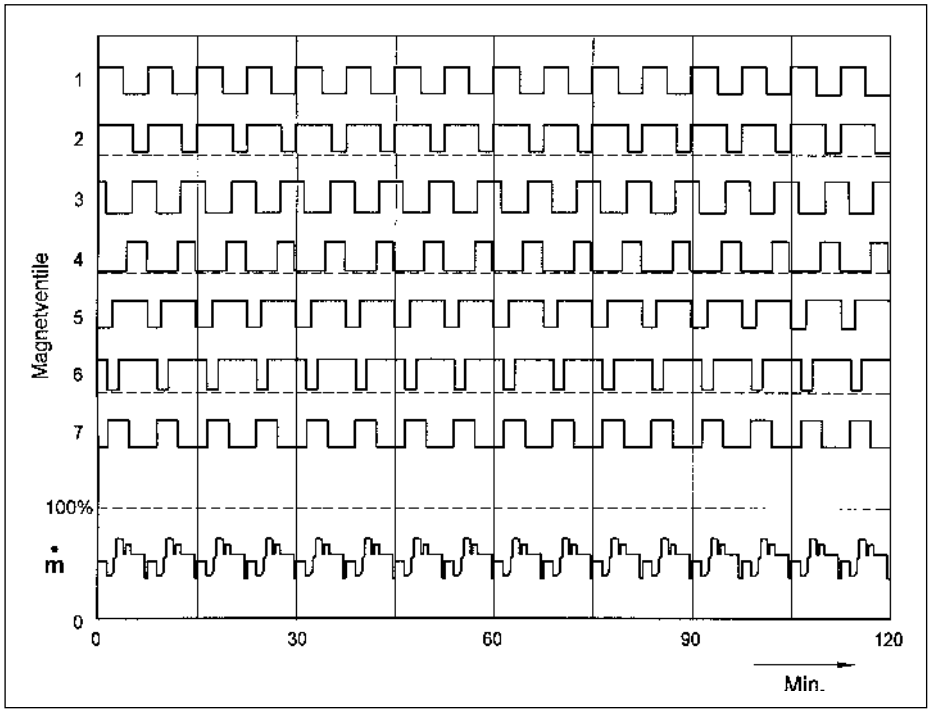


Bild 4.6
Regelverfahren mit optimiertem Zeitversatz

4.5.6 Optimierte Abtausteuerung

Die optimierte Abtausteuerung schont das Kühlgut und hilft Energie sparen.

Durch die offene Bauart der Kühlmöbel ergibt sich ein dauerndes Eindringen von feuchter Ladenluft in das Kühlmöbel und damit verbunden eine Wasserabscheidung am Verdampfer (Vereisung). Zur Sicherstellung der Kälteübertragung auf die umgewälzte Luft muss der Verdampfer in zweckmässigen Intervallen eisfrei gemacht werden.

Jedes Abtauverfahren führt zum Ansteigen der Temperatur im Möbelinnern und folglich der Waren. Um die Qualität der Produkte nicht zu beeinflussen, sollte möglichst selten und nur bis zum Verschwinden der Vereisung abgetaut werden.

Bei der elektrischen und der Kaltgasabtauung wird zusätzliche Fremdwärme ins Kühlmöbel eingebracht, welche durch vermehrte Kühlung wieder kompensiert werden muss. Durch bedarfsangepasstes Abtauen kann neben der Abtauenergie auch noch die Energie zum erneuten Abkühlen nach Abtauende eingespart werden.

Bei traditionellen Kühlstellenregelungen leitet eine Zeitschaltuhr die Abtauphase ein, unabhängig davon, ob eine Abtauung wirklich nötig ist. Bei den meisten Kühlmöbeln mit elektrischer Abtauung ist ein Abtaubegrenzungsthermostat eingebaut. Dieser beendet die Abtauung nach Erreichen einer eingestellten Temperatur des Verdampfers respektive der Umluft (bedarfsgerechtes Abschalten).

Bei den Möbeln mit Umluft-Abtauung ist in der Regel die Abtaudauer fest eingestellt. Eine Abtaubeendigung nach Bedarf könnte hier zu einer verbesserten Temperatureinhaltung beitragen.

Moderne Kühlstellenregler können feststellen, ob eine Abtauung eingeleitet werden muss oder ob sie unterdrückt werden kann. Da statt eines Begrenzungsthermostaten ein Temperaturfühler im Verdampferpaket eingebaut ist, kann der Kühlstellenregler den Temperaturverlauf während des Abtauens messen und speichern (Bild 4.7). Anschliessend berechnet er die Schmelzzeit des Verdampfereises als Mass der aktuellen Luftfeuchtigkeit und damit des auftretenden Eisansatzes.

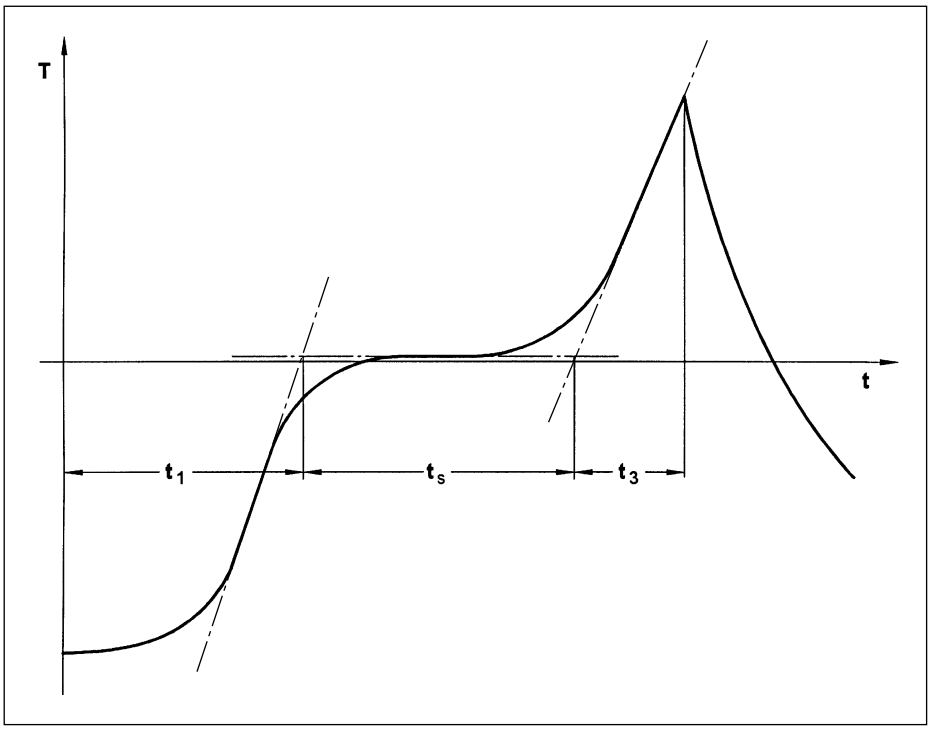


Bild 4.7
Temperaturverlauf während des Abtauens

Ist die letzte gemessene Schmelzzeit klein, so können mehrere der folgenden Abtauzyklen übersprungen werden. Dabei handelt es sich um ein indirektes Verfahren zur Bestimmung der optimalen Abtaudauer. Durch ständige Auswertung der vom Kühlstellenregler angeforderten Kälteleistung kann eine unerwartete Vereisung bemerkt werden, so dass dann eine Abtauung zum nächstmöglichen Zeitpunkt eingeschoben wird. Dadurch ist das Verfahren inzwischen so verbessert worden, dass es zuverlässig funktioniert.

Die Messung des Eisansatzes auf direktem Weg ist bisher nicht befriedigend gelöst worden, da entsprechende Sensoren nicht wirtschaftlich einzusetzen sind.

Eine praxiserprobte Alternative besteht in einer auf der Basis von Erfahrungswerten festgelegten Einschränkung der Abtauintervalle. So wird bei Tiefkühlinseln mit Nachtabdeckungen werktags nur noch einmal täglich abgetaut (anstatt zweimal ohne Nachtabdeckung) und an Feiertagen wird auf eine Abtauung gänzlich verzichtet.

4.5.7 Optimierte Steuerung der Rahmenheizungen

Die Taupunktregelung ermöglicht eine Anpassung der Leistung von Rahmen- und Scheibenheizungen an die aktuelle Raumkondition.

Rahmen-, Scheiben- und Handlaufheizungen von Kühlmöbeln sind derart ausgelegt, dass sie in Fällen hoher Raumtemperaturen und Raumfeuchte (üblicherweise 25 °C / 60% r.F.) ein Unterschreiten der Taupunkttemperatur verhindern und somit eine unerwünschte Schwitzwasserbildung resp. ein Beschlagen der Scheiben unterbinden.

Liegt der Taupunkt bei den obgenannten Raumkonditionen bei 17 °C, so beträgt er lediglich noch 8 °C bei 19 °C / 50% r.F. mit der Folgerung, dass die Heizleistung reduziert werden kann.

Sogenannte Taupunktregelungen ermöglichen die Anpassung und die Aufrechterhaltung der jeweils minimal erforderlichen Oberflächentemperatur. Die fraglichen Heizungen werden dann durch den Temperaturregler bedarfsgerecht getaktet. Dies bedeutet einerseits eine Energieeinsparung durch reduzierten Heizungsbetrieb (beträchtlich bei Glastürschränken) und andererseits eine Verminderung des Kältebedarfs, da ja ein Teil der Heizungswärme auch ins Kühlmöbel gelangt.

4.5.8 Angepasste Ventilatorsteuerung

Nachtabdeckungen gestatten eine reduzierte Luftumwälzung.

Insbesondere der Betrieb mit aufgelegten Nachtabdeckungen führt zu einer drastischen Reduktion des Kältebedarfes im Vergleich zum Normalbetrieb. So genügt bereits eine reduzierte Luftumwälzung im Möbelinnern zur Aufrechterhaltung der gewünschten Produktetemperatur. Die häufig angewendete Drehzahlreduktion bei den Verdampferventilatoren ergibt einen verminderten Eintrag von Ventilatorabwärme in das Kühlmöbelinnere verbunden mit einer Reduktion des Stromverbrauches. Leider reduzieren die aus Kostengründen eingesetzten Phasenanschnittsteuerungen (Dimmer) das Antriebsdrehmoment der Verdampferlüfter so sehr, dass sie vielfach nach mehreren Betriebsjahren durch grössere Lagerhemmungen nicht mehr drehen.

Die Energieeinsparung durch Ventilatorsteuerung ist gering und nicht unproblematisch.

Eine weitere Möglichkeit besteht in der Ein- und Ausschaltung der Verdampferlüfter (Takten). Sowohl hinsichtlich Energieeinsparung als auch Lebensdauer der Lüfter ist diese Alternative umstritten.

4.5.9 Automatische Energiekontrolle durch Mikroelektronik

Rechtzeitige Trendmeldungen mit Hilfe von Expertensystemen helfen Energie sparen und Warenverderb verhüten.

Da moderne Kühlstellen- und Anlagenregulierungen kommunikationsfähig sind, wird zunehmend die Datenkommunikation genutzt, um Störmeldungen per Modem an Kälteanlagen-Bauer oder -Betreiber zu übermitteln und alle Anlagenzustände von fern beobachten und beurteilen zu können.

Bei einer grossen Zahl von Objekten wird man diese Möglichkeiten jedoch aus Zeitgründen nur während und kurz nach der Inbetriebnahme nutzen. Läuft das Objekt störungsfrei, wird erfahrungsgemäss keine umfangreiche Kontrolle mehr durchgeführt.

Hier setzt nun ein neues Softwarepaket eines Herstellers an, welches die ständige Kontrolle der Objekte wiederum automatisiert und geringfügige Abweichungen vom Trend (und damit vom Energieverbrauch) signalisiert. Das Programm läuft in drei Phasen ab:

Phase 1:
Der zentrale PC ruft nachts alle angeschlossenen Märkte über Telefonmodem ab und speichert den«Fingerabdruck» jedes Objektes auf der Festplatte, das heisst Temperaturverläufe und Energiebedarf der Kühlstellen und Verdichter.

Vorteile: a) Für jeden Markt können die Temperaturen in den Verkaufsmöbeln nachgewiesen werden (EU-Richtlinie).

b) Fehlerhafte Beschickung (Überstapeln) kann nachgewiesen werden.

Phase 2:
Nachdem alle Daten aller Märkte des vergangenen Tages gespeichert sind, prüft der PC diese Daten. Das Kernstück des Programms ist ein Expertensystem, das die Erfahrung eines hochqualifizierten Kältemonteurs enthält.

Phase 3:
Aus dem Vergleich typischer Werte mit den aktuellen Werten unter Bezug auf die Aussentemperatur schliesst das System mit hoher Treffsicherheit auf mögliche Fehler und druckt diese im Klartext aus.

Vorteile: a) Durch den Vergleich mehrerer Werte an verschiedenen Tagen und unter Bezug auf die Aussentemperatur (Anlagenbelastung) können ungünstige Tendenzen relativ früh erkannt werden. Dadurch lassen sich Schäden und überhöhter Energieverbrauch vermeiden. Konventionelle Alarmsysteme können nicht so empfindlich eingestellt werden, da sie sonst häufig Fehlalarme auslösen. Nur durch die intelligente Bewertung verschiedener Daten im Verlauf einiger Tage unter Berücksichtigung der typischen jahreszeitlichen Belastung kann die geforderte Treffsicherheit erreicht werden.

b) Überhöhter Energieverbrauch, der Kosten von einigen tausend Franken pro Jahr hervorrufen kann, wird zuverlässig erkannt. Konventionelle Alarmsysteme warnen dies überhaupt nicht! Nach einer Betriebsdauer von einigen Jahren treten mit hoher Wahrscheinlichkeit Defekte auf, die zu erhöhtem Verbrauch führen (z.B. Nachtrollos defekt). Allein das Aufspüren dieser Verluste rechtfertigt den Einsatz des Systems.

Wenn man die Meldung genauer analysieren möchte, nutzt man das zum Programm gehörige Grafikpaket und kann damit die betroffene Position anwählen und sich die Gründe für die Warnmeldung ansehen.

5 Neue Kältemittel und Anlagenkonzepte

5.1 Kältemittelproblematik

5.1.1 Einführung

Die Verfügbarkeit der sog. FCKW's ist zeitlich beschränkt und durch die «Stoffverordnung» geregelt.

Seit der Markteinführung des Kältemittels R 502 anfangs der Sechzigerjahre verfügt die Kältebranche für die häufigst vorkommenden Temperaturbereiche über eine Palette problemloser Stoffe. Dabei handelt es sich um chlorierte Fluorkohlenwasserstoffe (F**C**KW), die weder brennbar noch toxisch sind. Leider stehen nun diese sogenannten Sicherheitskältemittel aus Umweltschutzgründen (Ozonschichtzerstörung) nicht mehr lange zur Verfügung.

Auf der Basis von Beschlüssen (Montrealer Protokoll und Kopenhagener Konferenz) wurden internationale und nationale Ausstiegsfahrpläne festgelegt, mit dem Ziel, Einsatzbeschränkungen und Produktionseinstellung der F**C**KW zu definieren. In der Schweiz regelt die sogenannte «Stoffverordung» die Verwendung der chlorierten Kältemittel gemäss Bild 5.1.

Kategorie	R	Neuanlagen	Bestehende Anlagen
FCKW	11 12 115 (502)	seit 1.1.94 verboten	keine Einschränkungen
HFCKW	22	keine Einschränkungen (evtl. Verbot ab 1.1.2000)	keine Einschränkungen

Bild 5.1
Einsatzbeschränkung für Kältemittel gemäss «Stoffverordnung»

Man unterscheidet heute zwischen Übergangskältemitteln sowie mittel- und langfristigen Stoffen. Der wesentlichste Unterschied dieser zwei Kategorien besteht darin, dass die Übergangskältemittel chlorhaltig sind und demzufolge noch über ein, wenn auch geringes, Ozonabbaupotential verfügen. Mittel- und langfristige Kältemittel hingegen sind chlorfrei und haben ein Ozonabbaupotential von Null. Eine Übersicht zeigt Bild 5.2.

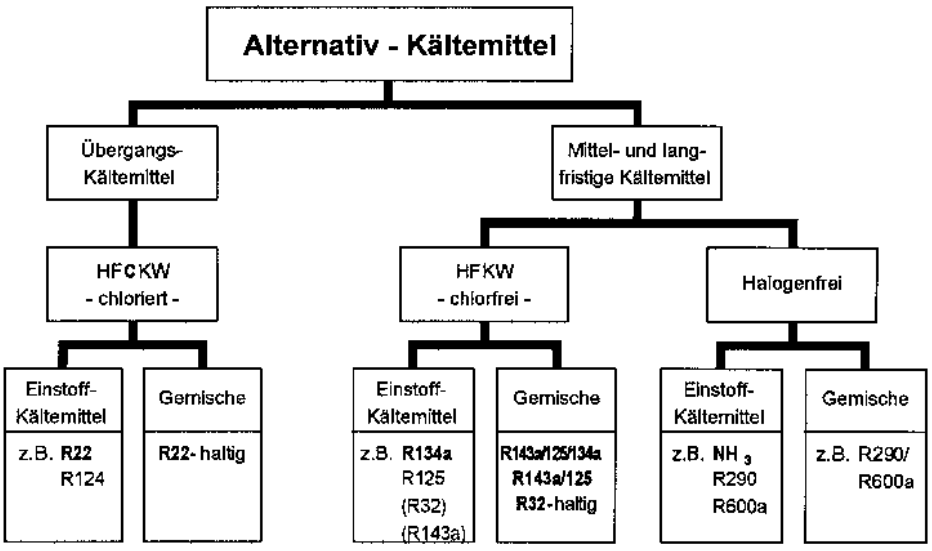


Bild 5.2
Strukturelle Einteilung der Alternativ-Kältemittel (Quelle: Bitzer)

Abhängig vom jeweiligen Einsatzgebiet werden sowohl für kurzfristige als auch für langfristige Lösungen zahlreiche Stoffe angeboten. Bei den meisten handelt es sich um Kompromisse in der einen oder anderen Art (Gemische, Treibhauspotential). Zudem steht fest, dass die Handhabung der chlorfreien Kältemittel anspruchsvoller ist als jene der traditionellen Kältemittel.

Mögliche Alternativen für F**C**KW- und HF**C**KW-Kältemittel zeigt Bild 5.3. Die darin enthaltene Auflistung ist keineswegs abschliessend, da laufend neue Stoffe hinzukommen. Namentlich bei den Ersatzstoffen für R 22 und R 502 ist das Spektrum der Alternativen kaum mehr zu überblicken. Die sich daraus ergebenden Logistikprobleme für Kältefirmen und Anlagenbetreiber sind nicht unerheblich.

Bisherige Kältemittel	Übergangs-Kältemittel			Mittel- und langfristige (chlorfreie) Alternativen			
	HFCKW Einstoff-Kältem.	HFCKW (Drop-In) Gemische		HFKW Einstoff-Kältem.	HFKW Gemische		Halogen-freie Stoffe
		Typ	Zusammensetzung		Typ	Zusammensetzung	
R12	R22	**R401A** (MP39) **R401B** (MP66) FX56 FX57	**R22/152a/124** R22/142b/124	**R134a** R152a	—	R134a/152a	R290 600a
R502	**R22**	**R402A** (HP80) **R402B** (HP81) **R403A** ? (69L) **R403B** ? (69S) **FX10**	**R22/125/290** **R22/218/290** **R22/143a**	R32 **R125** R143a	**R404A** (HP62) (FX70) **R507** (AZ50) FX40 RX4 **R407A** (KLEA60) **R407B** (KLEA61)	**R143a/125/134a** **R143a/125** R143a/125/32 R143a/125/32/134a **R32/125/134a**	R290 NH_3
R22	**R22**		—	R134a R32	**AC9000** **KLEA66** AZ20 FX220	**R32/125/134a** **R32/125/134a** R32/125 R32/.../....	NH_3 R290

Bild 5.3
Alternativen für FCKW- und HFCKW-Kältemittel (Quelle: Bitzer)

5.1.2 Übergangskältemittel

Übergangskältemittel sollten nur in bestehenden Anlagen verwendet werden.

Hierbei handelt es sich um Gemische, die ausnahmslos einen beachtlichen Anteil an R 22 enthalten. Sie sind im Hinblick auf eine Verknappung von R 12 und R 502 als Ersatzkältemittel für bestehende Anlagen vorgesehen und werden auch mit «Drop-In»-Kältemittel bezeichnet.

Aufgrund ihrer Zusammensetzung sollen Übergangskältemittel nach Möglichkeit nur zu Servicezwecken in bestehenden Anlagen und Geräten verwendet werden. In Neuanlagen sind, sofern technisch machbar, ausschliesslich chlorfreie Kältemittel einzusetzen. Merkmale im Vergleich zu R 12 und R 502 gehen aus Bild 5.4 hervor.

Alternative	Kältemittel-Typ	Anwendungs-bereich ①	Siede-temperatur [°C]	Temperatur-gleit [K] ②	Verfl. Temp. bei 26 bar (abs.) [°C]	Kälte-leistung [%] ③	Druckgas-temperatur [K] ③	Schmierstoff ⑤
zu R12	R12	H M L	-30	0	86	100	0	M MA A (E)
	R401A (MP39) R401B (MP66) FX56 FX57	H M L M L	-33 -35 -34 -35	< 4,5 (M) < 4 (L) < 6 (M) < 5 (L)	80 77 75 73	107 (M) 108 (L) N/A N/A	+ 13 (M) + 18 (L) N/A N/A	MA A (E)
zu R502	R502	M L	-46	0	60	100	0	M MA A (E)
	R22	M (L)	-41	0	63	80 ④	+ 35 (L)	M MA A (E)
	R402A (HP80) R402B (HP81) R403A ↔ (69L) R403B ↔ (69S) FX10	(M) L M L (M) L M L M L	-49 -47 -51 -50 -45	< 1,5 (L) < 1,5 (L) < 1 (L) < 1,5 (L) < 0,5 (L)	53 56 54 57 58	109 (L) 99 (L) 112 (L) 105 (L) 97 (L)	~ 0 + 16 ~ 0 + 17 + 10	MA A (E) ⑥

① H Klima
M Normalkühlung
L Tiefkühlung

② ca. - Wert im Verdampfer bei:
(M) -10/40°C
(L) -35/40°C

③ bezogen auf:
(M) -10/40°C
(L) -35/40°C

④ einstufiger Betrieb

⑤ M Mineralöl
MA Teilsynthetik - Öl
A Alkylbenzol
E Esteröl

⑥ Je nach Kältemittelgemisch und Systemausführung kann die Löslichkeit mit MA- und A-Ölen ungenügend sein. In solchen Fällen ist Esteröl (min. 50%) erforderlich.

N/A nicht verfügbar

Bild 5.4
Übergangskältemittel im Vergleich zu R 12 / R 502 (Quelle: Bitzer)

5.1.3 Mittel- und langfristige Kältemittel (chlorfrei)

Das chlorfreie Kältemittel R 134 a wird bereits in grossen Mengen eingesetzt.

Bekanntlich wurde als Ersatz für R 12 das Einstoffkältemittel R 134a gefunden, das inzwischen bereits in grösseren Mengen eingesetzt wird. Nebst einem Ozonabbaupotential von Null hat R 134a ein nur bescheidenes Treibhauspotential. Zudem hat es keinen «Temperaturgleit», entspricht also in dieser Beziehung den bisher üblichen Kältemitteln.

Die Ersatzstoffe für R 22 und R 502 sind nicht ohne Probleme.

Problembehafteter hingegen sind die Ersatzstoffe für R 22 und R 502. Nebst Ammoniak (R 717) und Propan (R 290), deren Anwendung spezifischen Kriterien unterliegt (brennbar, giftig), stehen zur Zeit lediglich die Kältemittel R 32, R 125 und R 143a zur Verfügung. Aufgrund ihrer besonderen Eigenschaften sind sie nicht als Reinstoffe verwendbar. Erwähnenswert in diesem Zusammenhang sind Brennbarkeit, thermodynamische Eigenschaften und Treibhauseffekt. Als Bestandteil von Gemischen hingegen, bei denen die jeweiligen Eigenschaften im Sinne des Mischungsverhältnisses angepasst werden können, sind sie sehr wohl anwendbar. Solche Gemische sind auf dem Markt verfügbar und werden in Neuanlagen eingesetzt. Leider haben sie entweder ein vergleichsweises hohes Treibhauspotential oder aber einen beachtlichen Temperaturgleit. Während R 134a als R 12-Ersatz unbestritten und bereits Stand der Technik ist, ist eine Prognose bei den chlorfreien Gemischen eher schwierig. Politiker und Umweltschützer werden wohl zu gegebener Zeit für eine «Flurbereinigung» sorgen.

Hinweis: Mehrstoffgemische in der Kältetechnik sind nichts Neues. Man unterscheidet zwischen sogenannten «Azeotropen», wie beispielweise R 502, mit einem thermodynamischen Verhalten ähnlich der Einstoffkältemittel und «Zeotropen» mit gleitender Phasenänderung.

Als problematisch im Zusammenhang mit chlorfreien Kältemitteln hat sich die Frage des Schmierstoffes herausgestellt. Die traditionellen Öle auf Mineral- und Synthetikbasis können nicht verwendet werden, da sie mit chlorfreien Kältemitteln nicht mischbar (löslich) sind und deshalb im Kältekreislauf nur bedingt transportierbar sind. Solche Öle bleiben im Verdampfer liegen und verunmöglichen einen ordungsgemässen Betrieb der Kälteanlage.

Chlorfreie Kältemittel bedingen spezielle Schmieröle.

Schmierstoffe auf der Basis von Polyol-Ester – kurz Esteröle genannt – wurden entwickelt und gelangen zusammen mit chlorfreien Kältemitteln zum Einsatz. Leider ist die Wasseraufnahmefähigkeit dieser Öle beträchtlich im Vergleich zu den bisher eingesetzten Mineral- und Synthetikölen. Dies bedingt besondere Sorgfalt bei der Systemevakuierung (Trocknung!) sowie beim Umgang mit diesen Ölen. Als Faustregel gilt ein Vakuumieren auf mindestens 400 Micron und ein stehendes Vakuum von 1000 Micron während 3 Stunden. Grosse Trocknerkapazität sowie Eignung für chlorfreie Kältemittel (geringere Molekülgrösse) werden vorausgesetzt.

Esteröle sind stark hygroskopisch und nur beschränkt lagerbar.

Esteröle sind maximal 12 Monate nach Werksabfüllung zu verbrauchen, und es sind ausschliesslich originalverschraubte Gebinde zu verwenden. Bild 5.5 zeigt die Wasseraufnahme eines Esteröles.

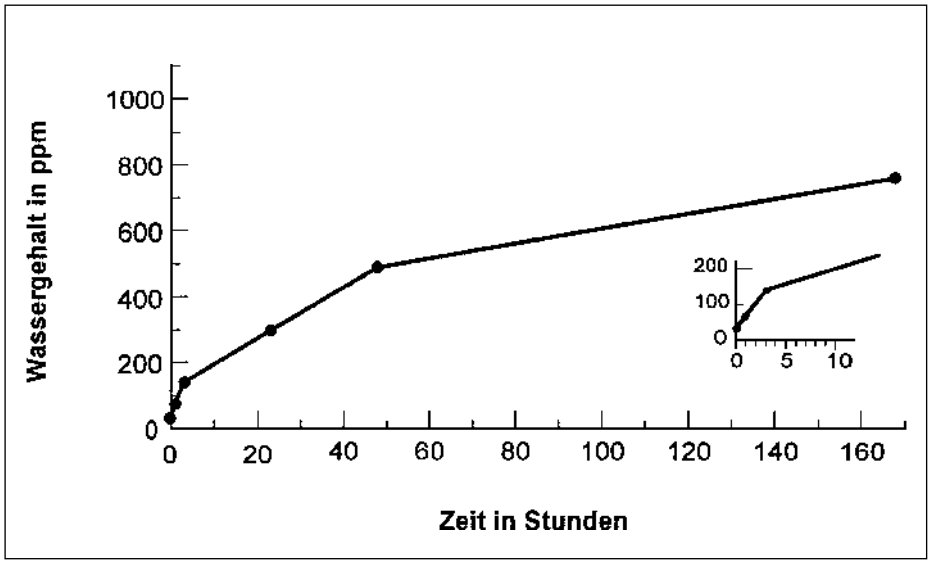


Bild 5.5
Wasseraufnahme von Triton SEZ 32 (Quelle: Bitzer)

5.1.4 Temperaturgleit

Zeotrope Gemische haben einen Temperaturanstieg beim Verdampfungsvorgang und einen Temperaturabfall während der Verflüssigung.

Zeotrope Gemische bestehen aus Verbindungen mit unterschiedlichen Siedepunkten, so dass die Phasenänderung gleitend über ein gewisses Temperaturband erfolgt. Dies im Gegensatz zu azeotropen Gemischen wie R 502, die sich wie Einstoffkältemittel verhalten (konstante Temperatur bei der Phasenänderung).

Die mit «Temperaturgleit» bezeichnete Temperaturänderung ist mehr oder weniger stark ausgeprägt und ist abhängig von den Siedepunkten der einzelnen Gemischkomponenten sowie deren prozentualer Anteil.
In der Praxis bedeutet dies einen Temperaturanstieg beim Verdampfungsvorgang und einen Temperaturabfall während der Verflüssigung. Mit anderen Worten: bei einem definierten, konstanten Druck sind die Sättigungstemperaturen in der Flüssigkeits- und Dampfphase unterschiedlich (Bild 5.6).

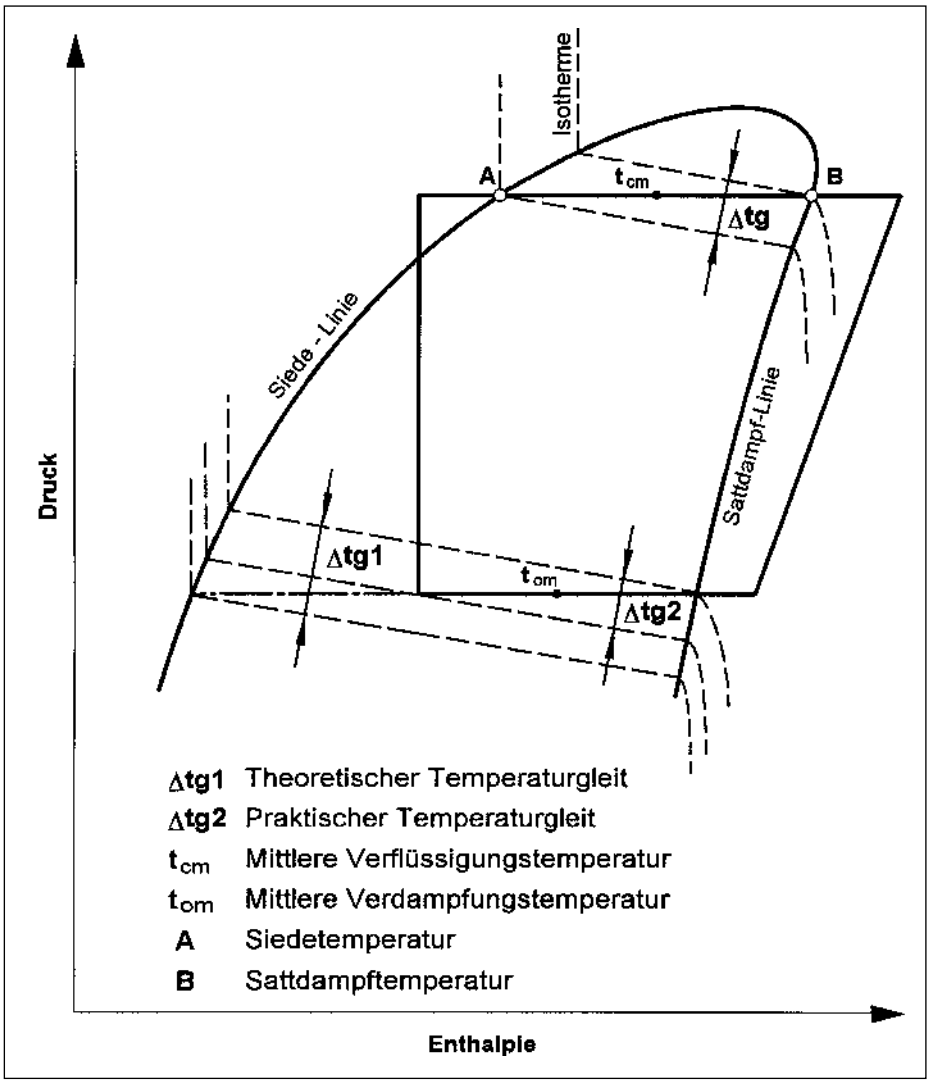


Bild 5.6
Temperaturgleit von zeotropen Gemischen

Im Hinblick auf eine Vergleichbarkeit mit Einstoffkältemitteln werden sowohl Verdampfungs- als auch Verflüssigungstemperatur als Mittelwerte definiert. Für den Praktiker von Bedeutung sind aber konkrete Temperaturwerte in der Dampf- und Flüssigkeitsphase, da ohne diese Werte eine Beurteilung der effektiven Sauggasüberhitzung resp. Flüssigkeitsunterkühlung nicht möglich ist.

Deshalb dient zur Beurteilung der Sauggasüberhitzung die Dampfdrucktabelle (Sattdampftemperatur an der rechten Grenzkurve) resp. zur Beurteilung der Flüssigkeitsunterkühlung die Flüssigkeitsdrucktabelle (Siedetemperatur an der linken Grenzkurve). Das Manometer dient in diesen Fällen ausschliesslich zur Druckbestimmung.

Zur Beurteilung der Sauggasüberhitzung resp. der Flüssigkeitsunterkühlung ist die Konsultation der Dampfdrucktabelle erforderlich.

Hinweis: Je grösser der Temperaturgleit eines zeotropen Gemischs, desto erheblicher ist eine Konzentrationsverschiebung bei Leckagen im Bereich der Zweiphasen-Strömung. Demgegenüber ist ein Kältemittelaustritt in der Gas- oder Flüssigkeitsphase weitgehend unkritisch. Die Anlagenbefüllung bei zeotropen Gemischen hat flüssig zu erfolgen, da auch hier die Gefahr einer Konzentrationsverschiebung besteht.

5.1.5 TEWI-Kennwert

Der TEWI-Kennwert dient zur ganzheitlichen Beurteilung der Auswirkungen auf die Treibhausbelastung.

Es hat sich herausgestellt, dass der GWP-Wert (Treibhauspotential) ein unzureichendes Mass für den Einfluss eines Kältemittels auf das Klima ist, da damit ausschliesslich die direkten Emissionen in die Atmosphäre erfasst werden. Das heisst, der GWP-Wert berücksichtigt nicht die Treibhausbelastung durch den Energiebedarf einer Kälteanlage während ihrer Betriebszeit. Um den effektiven Einfluss auf das Klima zu beurteilen, ist die gesamte vergleichbare Treibhausbelastung durch das Kältemittel **und** durch den Betrieb der Anlage zu erfassen und aus der Summe die Umweltbelastung zu bewerten. Man bezeichnet diesen gesamten vergleichbaren Einfluss als TEWI (Total Equivalent Warming Impact).

Der TEWI setzt sich wie folgt zusammen:

- Emission des Kältemittels durch Leckagen zufolge Undichtigkeiten sowie Verluste anlässlich der Entsorgung (= direkte Treibhausbelastung)
- Energiebedarf der Kälteanlage währen der gesamten Betriebszeit (= indirekte Treibhausbelastung)

Entscheidenden Einfluss auf die Treibhausbelastung haben die nachstehenden vier Faktoren:

- Treibhauspotential des Kältemittels
- Füllmenge der Anlage
- Kältemittelemissionen
- Energiebedarf der Anlage

Bei kleinen Füllmengen und geringen Kältemittelemissionen hat das Treibhauspotential des Kältemittels nur noch einen kleinen Einfluss auf die Treibhausbelastung. Von ausschlaggebender Bedeutung ist der wirtschaftliche Betrieb der Anlage!

Für die rechnerische Ermittlung des TEWI-Kennwertes kann die folgende Formel eingesetzt werden (Quelle: Ki Luft- und Kältetechnik 1/1994):

$$TEWI = GWP \times L \times n + GWP \times m \times (1 - a_r) + n \times E \times b \quad (kg\ CO_2)$$

GWP	bezogen auf CO_2, Zeithorizont 100 Jahre	
L	Leckageverluste der Anlage in kg/Jahr	18 kg/Jahr*
n	Betriebszeit der Anlage in Jahren	15 Jahre*
m	Kältemittelfüllmenge der Anlage in kg	180 kg*
a_r	Rückgewinnungsfaktor bei der Anlagenentsorgung	0.5*
E	Energieverbrauch in kWh/Jahr	150'000 kWh/Jahr*
b	CO_2-Emission in kg /kWh	0.3 kg/Jahr*

* Werte des Beispiels in Bild 5.7

Man erkennt leicht, dass bei kleinen Füllmengen und geringen Kältemittelemissionen das Treibhauspotential des Kältemittels praktisch keinen Einfluss auf die Treibhausbelastung hat (siehe auch Bild 5.7). Es kommt dann nur noch darauf an, die Kälteanlage so wirtschaftlich als möglich zu betreiben. Anlagen mit grossen Füllmengen und hohem Leckagerisiko hingegen stellen eine grosse Klimabelastung dar.

	R12	R22	R502	R134a	R404A	R717
GWP kg CO_2/kg	7'100	1'500	4'300	1'200	3'520	0
Emissionen (kg CO_2)						
Energieverbrauch	675'000	675'000	675'000	675'000	675'000	675'000
Verluste durch Leckage	1'917'000	405'000	1'161'000	324'000	950'400	0
Verluste bei Entsorgung	639'000	135'000	387'000	108'000	316'800	0
Gesamtbelastung (TEWI)	3'231'000	1'215'000	2'223'000	1'107'000	1'942'200	675'000
Wertung %	**100**	**38**	**69**	**34**	**60**	**21**

Bild 5.7
Beispiel TEWI-Kennwert

5.1.6 Bestehende Anlagen und Geräte mit FCKW

«Drop-In»-Kältemittel sind eine vertretbare Alternative im Servicefall.

Kältemittel, die zum Umrüsten einer Anlage eingesetzt werden, bezeichnet man generell mit «Retrofit»-Kältemittel. Es kann sich dabei sowohl um HF**C**KW als auch um HFKW handeln.

Mit «Drop-In»-Kältemittel bezeichnet man R 22-haltige Gemische (sogenannte Übergangskältemittel), deren Einsatz mit einem nur minimalen Arbeitsaufwand verbunden ist.

Bei ausschliesslicher Beachtung der Umweltschutzanliegen müssten Anlagen und Geräte im Servicefall konsequent auf chlorfreie Kältemittel umgestellt werden. Der damit verbundene Arbeitsaufwand mit entsprechenden Kosten sowie teilweise noch fehlende Feld-Erfahrungen sind jedoch Gründe, weshalb vorerst der Einsatz von «Drop-In»-Kältemitteln vorgezogen wird. Viele Anlagenbetreiber hoffen, dass sie auf diese Weise ihre Anlagen und Geräte «über die Runden bringen».

Weiterhin wird in der Entscheidungsphase mitbestimmend sein, ob es sich um einen präventiven Umbau handelt oder um einen Serviceeinsatz mit entsprechendem Zeitdruck.

Es wird wohl zu keinem Zeitpunkt ein generell gültiges Rezept geben. Gesetzliche Auflagen sowie die Marktsituation (Verfügbarkeit und Preis der diversen Alternativen) werden die Marschrichtung bestimmen.
Vereinfacht dargestellt ergeben sich folgende Optionen:

A: R 22	als Ersatz für	R 12/R 502
B: R 22-haltige Gemische (Drop-In)	als Ersatz für	R 12/R 502
C: R 134a	als Ersatz für	R 12
D: Chlorfreie Gemische	als Ersatz für	R 502

- Bemerkungen zu A:
  Der Umbau ist meistens mit erheblichem Aufwand verbunden und das Kältemittel im Endergebnis immer noch chlorhaltig. Anwendung deshalb nur bei Verdichterdefekt und nur solange Optionen C und D nicht Stand der Technik sind.

- Bemerkungen zu B:
  Die Umstellung ist mit minimalem Aufwand möglich und solange sinnvoll, als R 22-haltige Gemische am Markt erhältlich sind. Es können die traditionellen Schmierstoffe eingesetzt werden.

- Bemerkungen zu C und D:
  Diese Optionen sind nur angezeigt bei neueren Anlagen in guten Zustand. Die Umbauarbeiten sind, namentlich bei weit verzweigten Leitungssystemen, anspruchsvoll und benötigen einen beträchtlichen Zeitaufwand. Der Einsatz von Esteröl ist zwingend.

Hersteller von Kältemitteln und Anlagenkomponenten haben praxisnahe Retrofit-Richtlinien erarbeitet, die laufend den neuesten Erkenntnissen angepasst werden.

5.2 Neue Anlagenkonzepte

5.2.1 Allgemeines

Bei der Planung neuer Anlagen sind den Aspekten Wirtschaftlichkeit, Ökologie und Energie vermehrt Beachtung zu schenken. Dieser oft nicht einfach zu befolgenden Forderung müssen sich Bauherr, Planer und Anlagenbauer gleichermassen stellen und sich ihr verpflichtet fühlen.

Im folgenden in Kurzform einige wesentliche Grundsätze:

Systeme müssen dicht und trocken sein!

- Die Dichtigkeit von Kältekreisläufen ist zu verbessern und damit die Kältemittelverluste auf ein akzeptables Mass zu reduzieren. Massnahmen in diesem Zusammenhang sind:
  - Hermetisierung der Anlagen durch ausschliessliche Verwendung von Komponenten in Lötausführung (Ausnahme: hermetische Kältemitteltrockner)
  - Tadellose Ausführung der Lötarbeiten (Schutzgas!) inklusive Dichtigkeitsprüfung und korrekte Kälteleitungsführung (Verhindern von Rohrleitungsbrüchen zufolge von Vibrationen)
  - Einbau von aktiven Kältemittelstands-Überwachungsgeräten
  - Einbau von Kältemitteldetektoren (zumindest im Maschinenraum) mit Alarmweitermeldung
  - Seriöse und regelmässige Anlageninspektionen durch Fachleute

Die Kältemittelfüllmengen sind klein zu halten.

- Die Kältemittelfüllmengen der Anlagen sind zu reduzieren (beispielweise durch Einsatz von sog. Kälteträgersystemen)

Es sind chlorfreie Kältemittel zu verwenden!

- Die marktgängigen chlorfreien Kältemittel sind konsequent einzusetzen.

Der Einsatz von Ammoniak ist zu prüfen!

- Der Einsatz von Ammoniak in Verbindung mit einem Kälteträgersystem ist zu prüfen (ODP **und** GWP = Null).

Alle möglichen Massnahmen zur Reduktion des Energieverbrauches sind zu realisieren.

- Der Energieverbrauch ist zu minimieren durch folgende Massnahmen:
  - Einsatz von Kühlmöbeln mit höchstmöglichen Verdampfungstemperaturen (Kühlvitrine für Frischfleisch mit Verdampfer für –10/–11 °C Verdampfungstemperatur)
  - Optimale Abstimmung Kältezentrale/Kühlobjekte in allen vorkommenden Lastsituationen (intelligente Verbundregelung)
  - Saugdruckoptimierung und gleitender Verflüssigungsdruck
  - Moderne Kühlstellenregler mit Energiesparpaket und Schnittstelle für Datenfernübertragung
  - Gasabtauung
  - Wärmerückgewinnung
  - Fernüberwachung zur sofortigen Erfassung von Fehlfunktionen

System		kg		%
Pluskühlung Minuskühlung Abwärme	Direktverdampfung Direktverdampfung Direktverflüssigung / WRG	115 75 125	315	100
Pluskühlung Minuskühlung Abwärme	Kälteträger Direktverdampfung Kühlturm (Glycoler) / WRG	25 75 30	130	41
Pluskühlung Minuskühlung Abwärme	Kälteträger Kälteträger Kühlturm (Glycoler) / WRG	25 15 30	70	22

Bild 5.8 Kältemittelmengen bei verschiedenen Kälteerzeugungssystemen (Beispiel)

5.2.2 Sekundär-Kälteträgerkreislauf (Solekreislauf)

Direktexpansion bei den Kühlobjekten bedingt grosse Kältemittelmengen.

Die traditionelle Art der Kälteversorgung von Kühlobjekten mittlerer und grösserer Dimensionen besteht in der zentralen Kälteerzeugung und der Verbindung der Kühlobjekte durch kältemittelführende Rohrsysteme (Direktexpansion). Dies bedingt verhältnismässig grosse Kältemittelfüllungen mit entsprechenden Risiken bei Undichtigkeiten. Bei dem gegenwärtigen Trend, die Kältemittelfüllmengen zu minimieren, hat dieses traditionelle Konzept grosse Nachteile.

Die wohl naheliegendste und einfachste Lösung wäre der Transfer des Kälteerzeugers ins Kühlobjekt, so wie dies von steckerfertigen Geräten her bekannt ist. Lärmpegel und Wärmeentwicklung sind aber unzumutbar, weshalb sich diese Lösung auf kleine Geräte beschränkt.

Kälteträgersysteme sind in Schweden seit Jahren Stand der Technik.

Die Problemlösung, seit einigen Jahren in Schweden mit Erfolg realisiert, heisst Sekundär-Kälteträgerkreislauf. Die Kälteerzeugung erfolgt zentral, die Kälte wird mittels eines Wärmetauschers auf den Kälteträger (Sole) übertragen und dieser wiederum übernimmt den Weitertransport über Umwälzpumpen und Rohrleitungen zu den Kühlobjekten (siehe Prinzipschema im Bild 5.9).

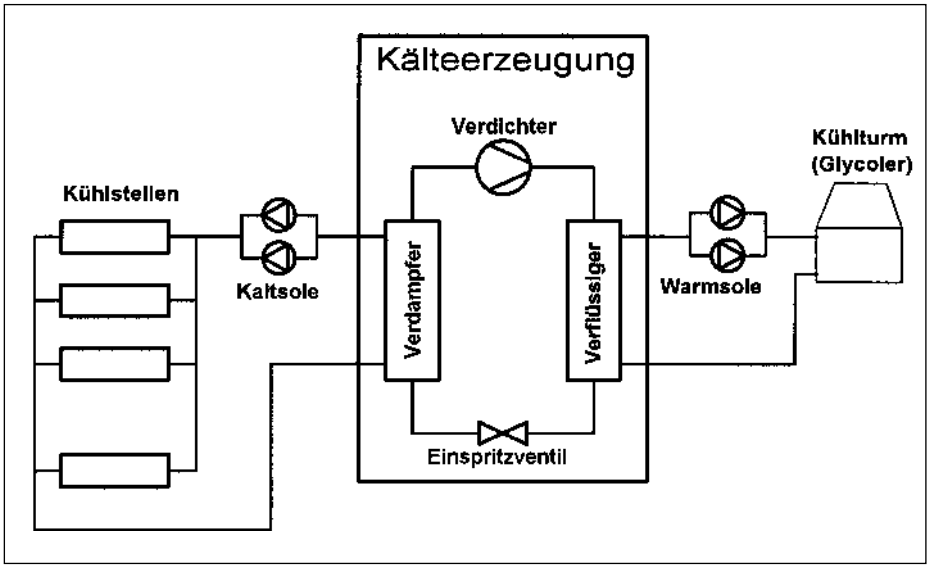


Bild 5.9
Prinzipschema einer Gewerbekälteanlage mit Kälteträgerkreislauf

Anfänglich wurden zur Kälteerzeugung handelsübliche Kaltwassersätze verwendet und als Kälteträger ein Wasser/Glykolgemisch oder Alkohol eingesetzt. Mittlerweile werden im Sinne einer optimalen Abstimmung Kälteerzeugung/Kältebedarf extra auf diese Systeme abgestimmte Kältezentralen gebaut. Auch wurden speziell für diesen Anwendungszweck ungiftige, nicht brennbare und biologisch abbaubare Kaltsolen entwickelt.

Wurden anfänglich nur Kühlvitrinen und Kühlräume mit dem Kälteträger versorgt, verfolgte man die einmal eingeschlagene Richtung konsequent weiter. So werden zusätzlich auch Tiefkühlvitrinen und Tiefkühlräume an den Kälteträger angeschlossen, der in diesem Fall die Abwärme der eingebauten vollhermetischen Kälteaggregate abführt. Dies führt zu einer weiteren markanten Reduktion der Kältemittelfüllmenge.

Eine weitere Etappe, nämlich die direkte Versorgung auch der Tiefkühlobjekte mittels Kälteträger ist möglich geworden durch die Entwicklung von speziellen Kaltsolen mit einem Einsatzbereich bis –50 °C.

Geht man davon aus, dass die Verflüssigerwärme an einen Trockenluftkühler abgeführt wird – wie dies bei uns häufig zutrifft – so ergibt sich eine nochmalige deutliche Reduktion der Kältemittelfüllmenge. Sie beträgt schliesslich noch rund 10 bis 15% derjenigen eines traditionellen Systems mit Direktverdampfung.

Die Verwendung von Kälteträgersystemen ermöglichen die Abtauung mit Warmsole.

Eine Möglichkeit zur Energieeinsparung ergibt sich durch die Verwendung eines einheitlichen Kälte- resp. Wärmeträgers. Dadurch wird nämlich die Abtauung der Tiefkühlobjekte mittels Warmsole ermöglicht.

Die Zukunft liegt bei pumpfähigen Gemischen von Eiskristallen und Kühlsolen!

In Einführung sind derzeit Systeme für Supermärkte mit sogenanntem «Binär-Eis». Es handelt sich dabei um ein pumpfähiges Gemisch von Eiskristallen mit einer Kühlsole. «Binär-Eis» hat aufgrund der gespeicherten Latentenergie eine grosse Energiedichte und kann selbst in kleinen Rohren grosse Leistungen transportieren. Zufolge der geringen Temperaturdifferenz dieses Kälteträgers zwischen Vor- und Rücklauf, besteht die Möglichkeit, Anlagen mit Einrohr-System zu realisieren. Diese Technik hat mit Sicherheit Zukunft.

5.2.3 Kälteerzeugung mittels Ammoniak

Ammoniak hat kein Ozonabbaupotential und keinen direkten Treibhauseffekt.

In Industrie- und Grosskälteanlagen wird Ammoniak seit Jahrzehnten mit Erfolg eingesetzt. Ammoniak hat ein Ozonabbaupotential von Null und keinen direkten Treibhauseffekt. Die Wirtschaftlichkeit entspricht derjenigen von R 22, womit auch der Beitrag zum indirekten Treibhauseffekt bescheiden ist.

Die Entwicklung von Systemen für Gewerbekälte-Anwendungen befindet sich noch in der Startphase! Viele technische Probleme sind noch zu lösen.

Wesentliche Einsatzbeschränkungen von Ammoniak im Publikumsbereich (Brennbarkeit, Toxizität) werden nun aber durch den Einsatz von Kälteträgersystemen relativiert, denn dadurch beschränkt sich das Ammoniak ausschliesslich auf den Maschinenraum. Lösungen für anstehende technische Probleme (hohe Druckgastemperatur bei einstufiger Verdichtung, Schmierstoffe für Trockenexpansion u.ä.) werden zurzeit erarbeitet. Weltweit werden enorme Anstrengungen unternommen mit dem Ziel, einfachere Ammoniaksysteme für Gewerbekälte-Anwendung anbieten zu können.

Hinweis: Im Herbst 1993 wurde in Hildesheim/Deutschland der erste Supermarkt auf Ammoniak/ Kälteträger-Basis eröffnet. Es wurde dabei gänzlich auf die in solchen Anlagen üblichen Kältemittel verzichtet.

6 Massnahmen bei bestehenden Anlagen

Im Rahmen der Impulsprogramme des Bundesamtes für Konjunkturfragen und des Aktionsprogramms Energie 2000 soll der Energieverbrauch bis zum Jahr 2000 stabilisiert und dann sogar reduziert werden.

Die Realisierung kostengünstiger Massnahmen bei bestehenden Anlagen senkt die Kosten der Ladenbesitzer.

Mit den Umbau-, Ausbau-, Neubauprojekten im Bereich der Lebensmittelläden wird bis zum Jahr 2000 nur ein bescheidener Teil des Sparpotentials verwirklicht werden können. Es drängt sich also auf, bei den bestehenden Anlagen der gewerblichen Kälte folgende Sofortmassnahmen zu verwirklichen:

- Massnahmen ohne oder mit bescheidenen Investitionen (organisatorische Massnahmen zur Vermeidung von Energieverschwendungen)
- Massnahmen die sich während der Restzeit der Lebensdauer der Anlagen amortisieren lassen

6.1 Erfolgsnachweis

Elektro-, Betriebsstunden- und evtl. Wasserzähler bei den wichtigsten Verbrauchern sind wichtig für den Erfolgsnachweis von durchgeführten Massnahmen.

Die Betreiber von bestehenden Anlagen verfügen meistens über wenig Mittel um den Erfolg eingeführter Sparmassnahmen prüfen zu können. Kontraproduktive Sparmassnahmen, d.h. Massnahmen mit entgegengesetzter Wirkung können auftreten. Deswegen empfiehlt es sich, ein kostengünstiges Messkonzept zu installieren:

- Wenn ohne grossen Aufwand möglich, ist die Montage eines Elektrizitätszählers für die Kälteanlage und möglichst auch die Kühlmöbel vorzunehmen. Der Zähler kann auch nach Umbauten wieder verwendet werden.

- Fehlende Betriebsstundenzähler für die Messung der Laufzeit der Kompressoren (Einzel- oder Verbundanlagen) aber auch der Ventilatoren bei luftgekühlten Verflüssigern sind einzubauen.

- Nach Bedarf ist die Messung der effektiven Leistungsaufnahme einzelner Verbraucher (bei Motoren mit dem Wattmeter, nicht mit dem Amperemeter) durchzuführen.

- Bei wassergekühlten Kälteanlagen empfiehlt es sich, einen Wasserzähler für das Kühlwasser zu installieren.

Wöchentliche Zählerablesungen (zur selben Tageszeit!) mit grafischer Auswertung erlauben, die Auswirkungen von Sparmassnahmen grob zu prüfen. Zum Beispiel kann der Verbrauch oder die Funktionsdauer der Anlagen bei Wochen mit gleichen Klimabedingungen verglichen werden.

6.2 Prioritäten

Bei bestehenden Anlagen können nicht alle für Neuanlagen empfohlene Massnahmen realisiert werden. Dennoch ist die Liste der zu prüfenden Massnahmen beachtlich.

Die Erfahrung zeigt, dass sich mit den folgenden Massnahmen gute Sparerfolge erzielen lassen:

- Verbesserungen der Verflüssigung
- Unterdrückung von Abtauungen (vorallem am Wochenende und beim Einsatz von Nachtabdeckungen)
- Intermittierende Rahmenheizungs-Steuerungen
- Einfache Lösung der Lagerung der Nachtabdeckungen von Inseln und Truhen (damit sie wirklich benutzt werden)
- Versetzung von Luftauslässen von Lüftungs- und Klimaanlagen, die die Luftschleier der Kühlmöbel durch einen Luftstrahl zerstören

Einzelne Sparmassnahmen sind bei bestehenden Anlagekomponenten kaum oder nur eingeschränkt möglich:

- Die Marketing-Anforderungen gehen zum Beispiel immer wieder in die Richtung zusätzlicher Beleuchtung der Kühlmöbel.
- Nachrüstungen mit besseren Steuerungen sind oft zu teuer und erreichen nur einen Teil des Sparpotentials
- Die bedarfsgerechte Regelung der Kühlstellen und Kältekompressoren war bei Verbundanlagen bisher nicht vorhanden. Das damit verbundene, zu häufige Ein-/Ausschalten kann in der Regel erst beim Anlagenersatz optimiert werden.
- Eine bessere Einregulierung der Verdampfungstemperatur ist oft schwer zu erreichen. Die Grossverteiler haben Schulungsprogramme für ihre Kältemonteure; zu grosse Abweichungen werden somit meistens vermieden.
- Die Disziplin bei der Möbelfüllung, Möbelabdeckung etc. wird aus organisatorischen oder personellen Gründen oft vernachlässigt, obwohl die nachteiligen Auswirkungen bekannt sind (siehe Kapitel 7).

Bei der Optimierung der Verdampfungstemperatur ist zu beachten, dass dies ohne Reinigung der Verdampferoberflächen (Abdeckbleche, Verengungen) kaum erfolgreich ist. Der Möbelreinigung muss vermehrt Beachtung geschenkt werden.

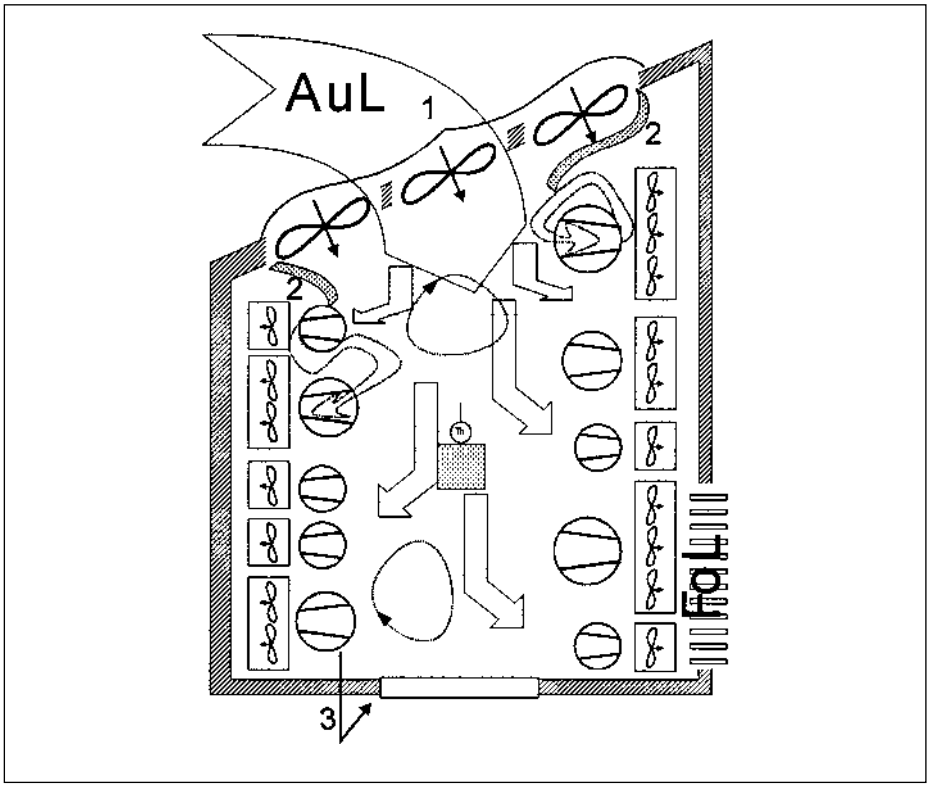
Die Ausrüstung der Kühlregale mit Abdeckungen wird sowohl in Kleinläden als auch bei Grossverteilern immer häufiger Standard. Für die erfolgreiche Benutzung von Abdeckplatten ist eine gute Lösung der Lagerung (tagsüber) Voraussetzung.

Die Liste unter Punkt 6.4 zeigt eine ganze Reihe von möglichen Sparmassnahmen. Dabei sind eine ganze Reihe kostenloser Massnahmen und auch Aktionen, die über die Restnutzungsdauer der Anlagen noch amortisiert werden können.

Aus dieser Liste werden drei Beispiele gezeigt, wie die Kältemittel-Verflüssigung bei bestehenden Anlagen verbessert werden kann.

6.3 Beispiele

Beispiel 1
Die Luftführung zu den Verflüssigerventilatoren erfolgt ungeordnet: statt Luft mit möglichst optimaler Eintrittstemperatur zu den Luftkondensatoren zu führen, ergeben sich Vermischungen mit Luft hoher Temperatur. Wegen des höheren Temperaturniveaus sinkt der Wirkungsgrad der Kälteproduktion.



Massnahmen:

Bei der vorliegenden chaotischen Anlagedisposition kann keine optimale Luftführung mehr erzielt werden. Die Verbesserungen können nur durch Experimentieren erreicht werden:

1. Veränderung der Einschaltreihenfolge der Aussenluft-Ventilatoren

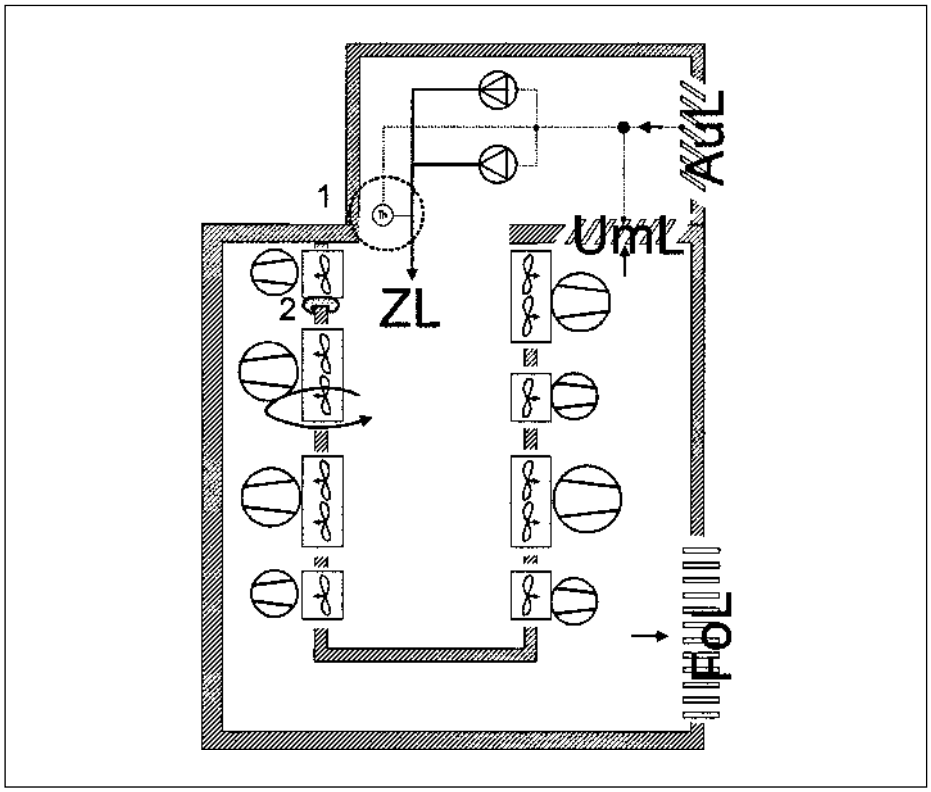
2. Einbau von Luftführungswänden

3. Durch einen neuen Mauerdurchbruch wird die Verflüssiger-Abluft im Winter zur kalten Anlieferungsrampe geführt. Dadurch können die starken Turbulenzen vermindert werden.

Resultat: Der Vergleich des Elektroenergieverbrauchs der Kälteanlage bei ähnlichen Aussentemperaturen ergab eine Einsparung von 20 bis 25%.

Aufwand: Zeitaufwand des Personals und ca Fr. 2'000.– Material für die verbesserte Luftführung; Mauerdurchbruch zur Rampe.

Beispiel 2
Auch in dieser Anlage kann die Luftführung zu den Verflüssigern verbessert sowie die Vermischung mit warmer Luft reduziert werden.



Massnahmen:

Mit bescheidenen Mitteln konnte zwar keine optimale Verflüssigung, aber doch eine wesentliche Verbesserung erzielt werden. Die durchgeführten Verbesserungsschritte sind:

1. Herabsetzung der Vormischtemperatur von 25 °C auf 19 °C. Dadurch sank die Betriebszeit eines der Ventilatoren in der Zwischensaison und im Winter um 60%.

2. Die Abdichtung mit Schaumstoff zwischen Öffnungen und Gehäuse der Verflüssiger vermied zusätzliche negative Vormischungen der Luft.

Die dritte vorgeschlagene Massnahme, nämlich der Einbau von Rückschlagklappen beim Stillstand der Verflüssiger-Ventilatoren, wurde nicht realisiert.

Resultat: **Der Vergleich des Elektroenergieverbrauchs der Kälteanlage bei ähnlichen Aussentemperaturen ergab eine Einsparung von 11%.**

Aufwand: Zeitaufwand des Personals sowie eine halbe Palette Schaumstoffresten

Beispiel 3
Bei diesem Beispiel wurde eine gründliche Reinigung der Luftverflüssiger (hier Zentralregister) vorgenommen.

Massnahmen:

1. Gründliche Reinigung des Registers (Es gilt zu beachten, dass auch der zum Teil hartnäckige Schmutz in den Lamellenecken zu entfernen ist. Wenn möglich ist die Reinigung mittels Hochdruckreiniger vorzunehmen.)

2. Die Temperaturfühler der Drehzahlstufen-Umschalter der Verflüssigerventilatoren wurden von der Aussenluft in die Abluft versetzt.

Resultat: **Dank den vorgenommenen Verbesserungen kommt die Stufe 2 der Ventilatoren sogar an den wärmsten Tagen nicht zum Einsatz (Einsparung : 650 kWh/Woche).**
Da keine Messung des früheren Elektroenergieverbrauchs vorlag, ist ein direkter Vergleich vorher - nachher nicht möglich. Dennoch kann davon ausgegangen werden, dass dank der Registerreinigung die Verflüssigungstemperatur tiefer gehalten werden kann und dadurch zusätzliche Energie gespart wird.

Schlussfolgerung
Diese Beispiele zeigen gut, dass eine Energieoptimierung bei bestehenden Anlagen am einfachsten im Bereich der Verflüssigung erzielt werden kann. Hier ist ein pragmatisches Vorgehen angezeigt. Weitere mögliche Sparmassnahmen sind in der nachfolgenden Liste zusammengestellt.

6.4 Massnahmenliste für bestehende Anlagen

Anlageteil	Beobachtungen	Massnahmen	Geschätztes Sparpotential in % der ges. Elektroenergie (nicht kumulierbar)	Geschätzte Rückzahlzeit in Jahren (allgemein)			Sonstige Vorteile, Anmerkungen	Nachteile, Anmerkungen
				0-2	2-5	5-15		
Maschinen • Netzwasserkühlung Verflüssiger (Einzelanlagen)	• zu tiefe Wasserausgangstemp. einreguliert	Temperaturanpassung	Wasser, bis 20 pro Zapfstelle	x				Leichte Leistungsziffernminderung, Grenze abhängig vom Wasserpreis (Tendenz: höher)/ Schutz Maschine
	• Thermostat. Ventil bei Stand bleibt offen	Reparieren	Wasser, bis über 50 pro Zapfstelle	x				
	• Oft x- Tausende m^3/a Netzwasser	Kühlung über feuchtem Kühlturm im Winter Halbsaison evtl. Klima Kühlturm (bei grösserer Anzahl Verdichter)	Wasser, bis 60	x			Wasser brauchbar z.B. für Speisung Kühlturm Klima	Potential ist bei grösserer Verflüssiger- Überdimensionierung höher
• Luftgekühlter Verflüssiger Einzelanlagen (geschloss. Raum)	• Frischluftzufuhr zu den einzelnen Masch. schlecht (gestört, vorgemischt, Kurzschlüsse)	• Raumschikanen, Einzelspeisungen, Abdichtung um den Einzelluftverflüssiger	Strom 2–15	x	evtl. x		Besserer Einhalt der Kühlleistung im Sommer	
	• Temperatur der Luftvormischung für die Verflüssigung bei geschloss. Raum zu hoch	• Herabsetzung Verflüssigungstemp. um einige °C	Strom 2–8	x				
	• Verschmutzung Lufttauscher	• Regelmässige Reinigung	Strom 2–15	x			Kühlleistung im Sommer höher	
• Luftgekühlter Verflüssiger (Verbundanl.)	• Verschmutzung Lufttauscher	• Regelmässige Reinigung	Strom 2–15	x			Kühlleistung im Sommer höher	Investition
	• Mischung Luft Ein-Aus	• Trennung mittels Wänden oder Kanäle	Strom 2–8	x	evtl. x			
	• Kühle Raumabluft zur Verfügung	• wenn in Nähe, Einblasung auf Luftverflüssiger (Sommer)	Strom 5–12		x	evtl. x		
		• Einschaltgrenze der Ventilatoren optimieren	Strom 2–5	x				

RAVEL

Anlageteil	Beobachtungen	Massnahmen	Geschätztes Sparpotential in % der ges. Elektroenergie (nicht kumulierbar)	Geschätzte Rückzahlzeit in Jahren (allgemein)			Sonstige Vorteile, Anmerkungen	Nachteile, Anmerkungen
				0-2	2-5	5-15		
• Kompressoren Verbund und Einzel	• Schlechte Abführung der Maschinenraumluft (Zylinderkopfüberwärmung)	• Abluftverteilung einbauen oder verbessern	Strom 2–5		x			Optimum Ventilation-Wirkungsgradsverbesserung suchen
	• Grosse Schwankungen der Ein-/Ausschaltung	• Freigabeautomatik der einzelnen Komp. verbessern	Strom 2–5	x			Regelmässigere Verdampfungstemp.	
		• Kältemittelmenge vergrössern		x				
		• Verdampfung besser einregulieren						
		• Bei Kompressorschaden Ersatz durch neuere Kompressoren	Strom 5–10			x		Suche gezielter Ersatz bis Restwerterreichung, evtl. zu teuer
Kühlmöbel								
• Verdampfer	• Verschmutzung (z.B. Etiquetten, Staub)	Regelmässige Reinigung	Strom pro Möbel 2–10				Einhaltung der Warentemp.	
• Thermostat. Ventile	• Schwankung Verdampfungstemp.	Siehe unter Kompressoren	Strom 3–10					
	• zu tiefe Verdampfungstemp.	• Sorgfältige Einregulierung					Einhaltung der Warentemp.	Meistens teuer (Abhängig von Abschreibungszeit)
		• Ersatz durch elektonische Systeme	Strom 2–5			x	Einhaltung der Warentemp. (kleinere Schwankungen)	

Anlageteil	Beobachtungen	Massnahmen	Geschätztes Sparpotential in % der ges. Elektroenergie (nicht kumulierbar)	Geschätzte Rückzahlzeit in Jahren (allgemein)			Sonstige Vorteile, Anmerkungen	Nachteile, Anmerkungen
				0-2	2-5	5-15		
• Abtauung	• nicht angepasste Abtauungsanzahl	• Differenzierte Anzahl einführen, mit gleichzeitiger Messung vorher/ nachher (auch saisonal) im Warenraum (Einsparung ein bis mehrere Abtauungen)		x		evtl. x		
		• nachträglicher Umbau Heiss/Warmgas	Strom 5–13			x	Kürzere Abweichung der Warentemp.	Nacheinbau fraglich
• Rahmenheizungen	kontinuierlich in Betrieb	Intermittierend mittels Schaltuhr/Relais (evtl. mit Taupunktregulierung) ergänzen	Strom 3–6		x			
• Anhebung der Möbeltemperatur bei Nachtabdeckung	Beschränkte Minderung des Strombedarfes bei Nachtabdekkung (wegen Herabsetzung der Warentemperatur)	Ausrüstung als 2-Punktregulierung oder Regulierung nach Ladenraumenthalpie	Strom 10–20			x		Bei knapp dimens. Möbel. Temperaturerhöhung bei Verkaufszeit (Verzicht auf Speichereffekt Nacht)
• Abdeckstoren, Abdeckplatten	Bei nicht ausgerüsteten Möbeln	• Nachrüstung mit autom. Storen möglichst in geeigneter Form, ideal mit Seitenverglasung. Voller Nutzen nur mit Anpassung der Temperaturregul.	Strom 25–35		x		Geringere - Abkühlung der Räume mit Winter	
		• Abdeckplatten (geeignete) auf Kühlinsel setzten	Strom 2–4	x			bessere Einhaltung der Warentemp.	Problem der Lagerung der Platten

Anlageteil	Beobachtungen	Massnahmen	Geschätztes Sparpotential in % der ges. Elektroenergie (nicht kumulierbar)	Geschätzte Rückzahlzeit in Jahren (allgemein)			Sonstige Vorteile, Anmerkungen	Nachteile, Anmerkungen
				0-2	2-5	5-15		
• Möbelbeleuchtung	Wärme grösstenteils in der Kältebilanz enthalten	• Reduktion der Anzahl FL-Röhren (Grenze vom Verkauf bestimmt)	Strom 2–8	x			• bessere Temp.-Einhaltung im Möbel • oft Minderung der Blendung	Evtl. leicht - reduzierter Verkaufseffekt
		• Bei Eignung, Beleuchtung ausserhalb Möbel montieren (nachträglich als Ersatz	Strom 2–4		x		• tiefere Alterung der Beleuchtungsgeräte	• nur gut wenn Qualitätshandwerk
Möbelumwelt	• keine Trennung Kühlzonen/ Warmzonen	• Bauliche Verbesserungen, Trennwände, Raumtrennung	Strom 5–10			x	bessere Einhaltung der Temp.	
	• Möbel einander - gegenüber statt nebeneinander plazieren	• wenn möglich, versetzen	Strom 5–8			x	tiefere gegenseitige Strahlunsverluste	Komfortstufe für den Kunden von Zone zu Zone
	• Auslässe von Lüftungsanlagen über die Möbel	• Versetzung absolut nötig	Strom pro Möbel bis 40		x		Einhaltung der Warentemp. möglich. Tiefere Vereisung	Evtl. teure Anpassung
		• Montage eines Baldachins mit reflektierender Oberfläche (Alu) über Kühlinsel	Strom pro Möbel bis 20			x	Bessere Verteilung der Warentemp.	Nur möglich wenn Dekoration es erlaubt
Bedienung der Möbel Personal	Überfüllung der Möbel	Regelmässige Instruktion des Personals	Strom pro Möbel bis 20	x			Einhaltung der Warentemp. Vermeidung Luftschleierausfluss	
Kunden	Unnötige, lange Öffnungszeiten der Möbeltüren	Wie bereits bei neuen Möbeln: Empfehlung an Kunden (Kleber)	Strom 2–5	x			Einhaltung der Warentemp.	

7 Betriebliche Massnahmen

Fachleute schätzen das Sparpotential durch betriebliche Massnahmen wie richtige Möbelbeschickung, regelmässige Reinigung usw. auf 10 bis 15% des Stromverbrauchs von Gewerbekälteanlagen. Es sind in erster Linie die Personen an der Verkaufsfront gefordert (Ladenbesitzer, Filialleiter, Ladenpersonal). In diesem Kapitel werden die betrieblichen Massnahmen beschrieben.

Wer sich um den effizienten Betrieb seiner Verkaufskühlmöbel kümmert, steigert die Qualität und Präsentation seiner Produkte erheblich.

7.1 Tiefkühlkette: Nur einwandfreie Ware entgegennehmen und sofort weiterbearbeiten

Immer wieder wird die Tiefkühlkette aus verschiedenen Gründen unterbrochen. Aber nur die optimale Einhaltung der Tiefkühlkette gewährleistet eine einwandfreie Produktequalität.

Wenn die Tiefkühlkette nicht beachtet wird, macht sich das sowohl bei der Produktequalität als auch beim Energieverbrauch bemerkbar.

Zu oft wird der Tiefkühlumschlag von der Fabrik in den LKW, vom LKW ins Zwischenlager oder direkt in den Verkaufsraum, in einer oder gar mehreren Stationen verzögert. Dabei nehmen die Produkte Wärme auf, die ihnen später im Regal oder in der Theke wieder entzogen werden muss. Zusätzliche Energie wird zwangsläufig aufgewendet. Anstatt die mitgelieferte Kälte optimal für sich einzusetzen, wird sie also zweifach «verpulvert»:

- Das Produkt gibt seine Kälte unter Umständen an eine Umgebung ab, die geheizt wird.
- Die verlorengegangene Kälte muss unter weiterem Energieeinsatz wieder zugeführt werden.

7.2 Korrekte Beschickung für eine optimale Luftzirkulation

Die Beschickung der Kühlmöbel ist das «A und O» einer gelungenen Verkaufspräsentation und einer einwandfreien Warenlagerung. Produkte müssen geordnet, gleichmässig und vor allem nur innerhalb der gekennzeichneten Bereiche angeordnet sein. Produkte, die über Stapelmarken hinaus aufgepackt oder etwa auf den Rändern und Gittern der Kühlmöbel plaziert werden, sind nicht nur «Störfaktoren» für die Kunden, sie unterbrechen auch die äusserst wichtige Zirkulation der Kaltluft.

Überladene Kühlmöbel entsprechen nicht einer anzustrebenden Warenpräsentation und führen zu einer starken Energieverbrauchszunahme.

Jedes Produkt stört den Kühlkreislauf da, wo es entweder durch ungeschicktes Beladen oder durch unaufmerksame Kunden ausserhalb der vorgesehenen Flächen im Kühlmöbel plaziert wird. Turbulenzen werden erzeugt und zwingen somit die Maschine, mehr Kälte als nötig zu produzieren. Ferner wird unnötig Kälte an die Ladenumgebung verloren. Ausserdem fördert eine gestörte Luftzirkulation die Eisbildung am Verdampfer, was längere Maschinenlaufzeiten zur Folge hat und zudem später mehr Abtauenergie benötigt.

Waren, die zu hoch, zu unregelmässig oder gar auf den Luftansaug- oder -austrittsgittern gelagert werden, kosten daher unnötig Geld.

7.3 Temperaturkontrolle

Wer die Temperatur kontrolliert, bürgt für Produktequalität und niedrige Stromrechnung.

Ohne gleichbleibende Temperaturen ist die optimale Qualität der Lebensmittel nicht gewährleistet.

Die Kühlgerätebauer erleichtern eine Temperaturkontrolle, indem sie in der Regel gut sichtbar die Thermometer plazieren. Im Normalfall steuert sich die Anlage selbst, sie arbeitet wirtschaftlich und sorgt für gleichbleibende Qualität der Waren. Deshalb müssen Thermometer immer gut sichtbar bleiben, um eine stete Kontrolle über die Waren und eine einwandfreie Funktion der Apparatur zu gewährleisten. Mit regelmässigen Temperaturkontrollen können sowohl Qualitätsverluste bei den Kühlprodukten als auch der Energieverbrauch vermindert werden.

7.4 Reinigung und Pflege zahlen sich doppelt und dreifach aus

Ungepflegte Kühlmöbel sind abstossend und «Energiefresser».

Kühlmöbel, Tiefkühltheken und -regale sind technisch anspruchsvolle Geräte. Sie bedürfen der laufenden Pflege sowie der Wartung in regelmässigen Intervallen. Ihre fachgerechte Pflege zahlt sich doppelt und dreifach aus. Verschmutzungen stossen nicht nur die Kunden ab, sie behindern auch den energieeffizienten Einsatz der Geräte.

Bei ungepflegten Kühlmöbeln ist die Gefahr gross, dass beispielsweise Luftansauggitter oder Tauwasserrinnen etwa durch Etiketten verstopft werden. Durch nicht völlig freigehaltene Ansauggitter wird die Kaltluftzirkulation unterbrochen, verstopfte Tauwasserrinnen begünstigen die Eisbildung am Verdampfer. Der Stromverbrauch der gesamten Anlage wächst überproportional, damit erhöht sich auch der Verschleiss, die Kühlmöbel müssen rascher ersetzt werden.

7.5 Nachtabdeckung

Mit klaren Verantwortlichkeiten sind Massnahmen zuverlässig durchsetzbar.

Nachtabdeckungen sorgen dafür, dass Energieeinsparungen bis zu 40 Prozent erzielt werden können. Rollos bei Kühlregalen und isolierende Abdeckplatten bei Tiefkühlinseln und -truhen werden in der Regel von den Geräteherstellern mitgeliefert. Leider werden diese häufig nicht eingesetzt, etwa weil keine klare Zuständigkeit oder keine gute Lösung für die Lagerung von Abdeckplatten (tagsüber) besteht.

Zu oft ist ungeklärt, wer für die Kühlmöbel verantwortlich ist, deshalb werden oft kostenmindernde Massnahmen nicht beachtet.

7.6 Zubehör und Plazierung

Aktionsständer und Preisschilder müssen so aufgestellt werden, dass sie den Kaltluftkreislauf nicht stören. Das heisst, die Luftansauggitter sind unter allen Umständen frei zu halten, auch wenn sie sich als «Ablagefläche» anbieten. Ferner ist dafür zu sorgen, dass die Nachtrollos problemlos heruntergelassen werden können. Deshalb dürfen Aktionskörbe nicht vorstehen.

Für den optimalen Einsatz von Kühlmöbeln ist erheblich, wo und in welchem Zusammenhang sie plaziert werden. Das Ladenpersonal kann bei der häufig wechselnden Aufstellung von Aktionstruhen einen Energiespar-Beitrag leisten. Wenn diese in einer möglichst kühlen Ladenzone, am besten bei den anderen Kühl- und Tiefkühlgeräten, aufgestellt werden, wird der Stromverbrauch reduziert. Es gilt auch zu vermeiden, dass direkte Sonneneinstrahlung oder ein starker Luftzug die Kälteerzeugung stärker als nötig beansprucht.

7.7 Die fünf wichtigsten Merkpunkte

In diesem Abschnitt werden die fünf wichtigsten Merkpunkte zusammengefasst. Auffällig ist die Gleichzeitigkeit von Stromspareffekt (rechte Spalte) und guter Präsentation von einwandfreien Produkten (linke Spalte). Diese gekoppelten Effekte gilt es zu nutzen.

1 Eine reibungslos funktionierende Tiefkühlkette	
Sie garantiert lebensmitteltechnisch einwandfreie und optisch gut präsentierbare Ware.	Sie garantiert eine immer gleichbleibende Temperatur und verhindert einen energieintensiven Missbrauch der Kühlmöbel zum «Herunterkühlen» der Ware.
2 Optimale Lagerung der Ware und Beschickung der Kühlmöbel	
Sie trägt zu einer ansprechenden Präsentation der Waren bei und erhöht so den Umsatz.	Sie ermöglicht ein optimales und reibungsloses Funktionieren der Kaltluftzirkulation im Möbel und vermeidet so einen unnötigen Energieverbrauch.
3 Laufende Temperaturkontrolle der Kühlmöbel	
Sie garantiert die Qualität der Lebensmittel.	Sie garantiert eine gleichbleibende Temperatur und gibt Hinweise auf allfällige (energiefressende) Störungen.
4 Regelmässige Reinigung der Kühlmöbel	
Sie trägt zu einem ansprechenden Marktbild bei. Einwandfreie hygienische Verhältnisse erhöhen das Vertrauen der Kunden zu Ware und Geschäft.	Sie garantiert ein einwandfreies Zirkulieren des Kaltluftstroms, ein ungehindertes Abfliessen des Tauwassers sowie einen optimalen Betrieb des Verdampfers ohne Eisbildung.
5 (Nacht-)Abdeckung der Kühlmöbel	
Sie garantiert eine gleichbleibende Kühlung und optimale Lagerung der Lebensmittel und vermindert den Warenausschuss.	Sie ermöglicht die Kälteverluste an die Ladenumgebung und somit die Energiekosten ausserhalb der Öffnungszeiten stark zu reduzieren.

8 Literaturverzeichnis

[1] U.Kaufmann, R.Ackermann, H.Pauli:
«Kühlmöbel im Lebensmittelhandel»
Materialien zu RAVEL, August 1992, Bern
Bezug: Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale, 3000 Bern
(Best. Nr. 724.397.21.52 d)

[2] G.Rigot:
«Verkaufskühlmöbel; Präsentation und Verkaufshilfe durch Kühleinrichtungen»
Technik – Anwendung; Auswahlkriterien – Wirtschaftlichkeit
1993, Verlag C.F. Müller, Karlsruhe (ISBN 3-7880-7432-9)

[3] Europäische Norm prEN 441:
«Verkaufskühlmöbel, Teil 1 bis 11»
Schluss-Entwurf zur formellen Abstimmung, November 1993

[4] A.Kümin:
«Kühltemperaturen im Lebensmittelhandel»
Materialien zu RAVEL, 1992, Bern
Bezug: Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale, 3000 Bern
(Best. Nr. 724.397.41.52d)

[5] S. M. van der Sluis:
«Energiebesparing door toepassing van een strokengordijn»
Energieeinsparung durch Anwendung von Streifenvorhängen
Ref. 92-121, März 1992, TNO-Milieu en Energie, Apeldoorn NL

[6] **«Energiegerechter Bau, Betrieb und Unterhalt»**
Ein Leitfaden für Bauverantwortliche und Betreiber von Lebensmittelläden, RAVEL-Dokumentation, 1994, Bern
Bezug: Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale, 3000 Bern
(Best. Nr. 724.323 d)

[7] C.H.Herbst, M.Rechsteiner, C.Vogt:
«Effiziente Beleuchtung von Verkaufsflächen»
RAVEL-Dokumentation, 1994, Bern
Bezug: Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale, 3000 Bern
(Best. Nr. 724.329.4 d)

[8] A.Müller, F.Walter:
«RAVEL zahlt sich aus» Praktischer Leitfaden für Wirtschaftlichkeitsberechnungen, Materialien zu RAVEL, Dezember 1992, Bern
Bezug: Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale, 3000 Bern
(Best. Nr. 724.397.42.01 d)

[9] G.Hunyady:
«Rechtliche Grundlagen der Kühlung von Lebensmitteln»,
Schriftenreihe Nr. 16 des Schweizerischen Vereins für Kältetechnik, 1994, Zürich
Bezug: Schweiz. Verein für Kältetechnik, ETH-Zentrum, 8092 Zürich
(Tel. 01 632 24 86)

[10] A.Mathys:
«Grundlagen der Mikrobiologie und die Bedeutung der Kühlung bei der Herstellung und der Zubereitung von Lebensmitteln» Schriftenreihe Nr. 16 des Schweizerischen Vereins für Kältetechnik, 1994, Zürich
Bezug: Schweiz. Verein für Kältetechnik, ETH-Zentrum, 8092 Zürich
(Tel. 01 632 24 86)

Publikationen des Impulsprogrammes RAVEL

* Ab 1995 verstehen sich die Preisangaben zuzüglich Mehrwertsteuer: Bücher + 2%; Videos und Disketten +6,5% (wird auf Rechnung ausgewiesen).

Das RAVEL-Handbuch:
Strom rationell nutzen

Das RAVEL-Handbuch ist die zur Zeit aktuellste und umfassendste Zusammenfassung des verfügbaren Wissens über den intelligenten Einsatz von Strom in praktisch allen Anwendungsbereichen. Über 40 Autoren zeigen in diesem Nachschlagewerk auf, wo und wie Strom intelligent genutzt werden kann. Die Erkenntnisse, Anregungen und Empfehlungen sind übersichtlich nach den einzelnen Anwendungsbereichen geordnet. Wer Strom rationell einsetzen will, findet klare Antworten auf Fragen wie: Was ist zu berücksichtigen bei der Planung oder Nutzung eines Gebäudes, einer Maschine oder Installation usw.? Wo liegen die Stromsparpotentiale? Welche Lösungen gibt es bereits? Das RAVEL-Handbuch enthält eine Fülle von Checklisten, mit denen neue stromsparende Lösungen einfacher und sicherer geplant oder bestehende Lösungen auf ihre Stromverbrauchs-Intelligenz beurteilt werden können. Seine Vielseitigkeit erleichtert eine vernetzte Zusammenarbeit der einzelnen Berufsdisziplinen in den Bereichen Gestaltung, Planung, Entwicklung, Konstruktion, Fertigung, Nutzung, Investitionsbeurteilung und Energieberatung.

320 Seiten
vdf Verlag der Fachvereine ETH Zürich
Fr. 76.–*

1. RAVEL-Tagung:
Start zu einer neuen fachlichen Kompetenz

Neue Spielräume schaffen mit dem heute und in Zukunft verfügbaren Strom, ist das Ziel des Impulsprogrammes «Rationelle Verwendung von Elektritzität, RAVEL». Erreicht werden soll dieses Ziel mit einer neuen fachlichen Kompetenz aller, welche beruflich im Bereich Produktion, Verbreitung und Einsatz von Elektrizität aktiv sind. Der eigentliche Start zu dieser neuen fachlichen Kompetenz bildete die erste RAVEL-Tagung vom 23. Mai 1991 in Bern. Referenten aus der Forschung, dem Elektro-Ingenieur-Bereich, der Politik, der Stromproduktion, der Energiesparberatung, der Ausbildung, der Architektur und der Strom-Grossbezüger gaben einen Überblick über den Stand des aktuellen Wissens, zeigten auf, was bereits in Richtung intelligenterer Einsatz von Strom unternommen wird, und wo die Bremsen und Chancen liegen. Der Tagungsband mit allen Referaten gibt einen umfassenden Überblick über den materiellen und gesellschaftlichen Stand des rationellen Einsatzes von Elektrizität anfangs 1991. Er gibt auch einen guten Überblick darüber, mit welchen Massnahmen das Impulsprogramm RAVEL auf das Ziel hinarbeitet, und gehört zur Basisliteratur für alle, welche sich fundiert mit dem sinnvolleren Einsatz der uns zur Verfügung stehenden Energiequellen auseinandersetzen wollen.
(Résumés et deux conférences en français)

1991
181 Seiten
Bestell-Nr. 724.300.1 d/f
Fr. 25.–*

2. RAVEL-Tagung:
Mehr Büro mit weniger Strom

In den meisten Verwaltungsgebäuden liesse sich der Stromverbrauch ohne Komfort-Einbusse um 20 bis 50 Prozent senken. Wie, das war Thema der 2. RAVEL-Tagung. Der dazu erschienene Tagungsband liefert Zahlen und Fakten, die die Entwicklung der Haus- und Bürotechnik massgeblich beeinflussen werden und die auf Seiten der Benützer die Entscheide bei der Auswahl der Bürotechnik wesentlich verändern dürften. Wie kann die Stromverbrauchsspirale in Bürogebäuden zurückgedreht werden? Durch welche neuen architektonischen Ansätze lässt sich der Energieverbrauch im Verwaltungsgebäude senken? Was können Management, Planer und Bauleiter tun, um bei Verwaltungsneubauten zu energetisch besseren Lösungen zu gelangen? Wie lässt sich die Kooperation zwischen den verschiedenen Berufsgruppen verbessern? Worauf ist bei der Gerätebeschaffung zu achten? Und wie lässt sich verhaltensbedingte Stromverschwendung im Bürobereich stoppen? Der Band zur 2. RAVEL-Tagung nimmt zu diesen Fragen Stellung. Architekten, Generalunternehmer, Büroorganisatoren, Planer, Ingenieure aus dem Haustechnik- und Elektrobereich, Energieberater und Energiebeauftragte sowie Bürotechnik-Einkäufer grosser Dienstleistungsunternehmen erhalten mit den Fakten aus dem 2. RAVEL-Tagungsband das Wissen, um ihre Entscheide und ihr Handeln auf die neusten Erkenntnisse gestützt anzugehen.

1992
118 Seiten
Bestell-Nr. 724.300.2
Fr. 30.–*

3. RAVEL Tagung:
Energie-Fitness in der Industrie

Energie-Fitness eröffnet Schweizer Industrie-Unternehmen bessere Chancen am internationalen Markt. Wie Energie-Fitness ein Teil der Unternehmensstrategie wird, wie Führungskräfte die Energie besser in Entscheidungs-Prozesse einbeziehen können und welche wegweisende Management-Konzepte heute erfolgreich eingesetzt werden, zeigt der Tagungsband zur 3. RAVEL-Tagung. Spitzenvertreter von Unternehmen aus verschiedenen Wirtschaftszweigen geben darin ihre erfolgreichsten Konzepte preis. Dabei sind international erfolgreiche Firmen vertreten: Angefangen bei Ciba-Geigy über Alusuisse-Lonza, Kuhn Rikon und Electrolux bis hin zu Viscosuisse. Der Tagungsband beantwortet

dem Leser Fragen wie: Auf welchen Entscheidungsstufen muss die Frage nach dem Energie-Verbrauch gestellt werden? Wie lässt sich Energie-Effizienz in die Unternehmenskultur integrieren? Wie lässt sich der Faktor Energie in die Beurteilung von Investitions-Vorhaben einbeziehen? Und durch welche Strategien im Technologie-Management, in der Betriebs-Organisation und in der Produkte-Entwicklung erarbeiten sich Vorreiter-Unternehmen bereits heute Wettbewerbsvorteile am Markt? Der Tagungsband macht an handfesten Zahlen aus verschiedenen Unternehmen deutlich, welche ökonomischen Chancen in einer effizienten Energienutzung stecken. Für Führungskräfte, die eine bessere Energie-Fitness zur Zukunftssicherung ihres Unternehmen nutzen wollen, ist der 3. RAVEL-Tagungsband nützlicher Wegweiser, wertvolle Informationsquelle und nicht zuletzt spannende Lektüre.

1993
97 Seiten
Bestell-Nr. 724.300.3 d/f
Fr. 25.–*

4. RAVEL-Tagung RAVEL zahlt sich aus!

Welche volkswirtschaftliche Bedeutung hat RAVEL bereits heute und welche Zukunftschancen stellt RAVEL für den Wirtschaftsstandort Schweiz dar? Wie wird RAVEL im Unternehmen zum strategischen Erfolgsfaktor und in der Industrie zu einem wirkungsvollen Schlüssel zur Kostensenkung und zu besseren Wettbewerbsaussichten? Welche neuen Wettbewerbsvorteile bietet RAVEL-Wissen innovativen Planern und Baufachleuten? Und wie helfen RAVEL-Erkenntnisse dem Investor sein Kapital gewinnbringender einzusetzen und ein Maximum an Wirtschaftlichkeit zu erzielen? Im Tagungsband zur 4. RAVEL-Tagung nehmen Vordenkerinnen und Vordenker aus Wirtschaft, Forschung, Industrie und Politik zu diesen Fragen Stellung. Der Tagungsband zeigt neue Wege, wie Ausgaben für eine rationellere Verwendung von Elektrizität auch unter strengen marktwirtschaftlichen Bewertungsmassstäben zur lohnenden Investition werden – und dies, trotz den heutigen tiefen Energiepreisen. Der vorliegende Band zur 4. RAVEL-Tagung liefert Leserinnen und Lesern konkrete Handlungsanleitungen aber auch visionäre Ideen, mit denen aus RAVEL-Wissenvorsprüngen volkswirtschaftliche, unternehmens-strategische und betriebswirtschaftliche Wettbewerbsvorsprünge werden.

1994
112 Seiten
Bestell-Nr. 724.300.4 d/f
Fr. 25.–*

Wärmekraftkopplung, Wärmepumpen, Wärmerückgewinnung und Abwärmenutzung

Um hundert Einheiten Wärme zu produzieren, werden heute zwischen 38 und 333 Einheiten Primärenergie eingesetzt. Nur 38 Einheiten sind es, wenn eine Wärmepumpe mit Strom aus einem Wasserkraftwerk betrieben wird. 333 Einheiten sind es, wenn Elektrizität thermisch produziert und damit eine elektrische Widerstandsheizung aufgeheizt wird. Beide Extreme kommen heute vor. Ziel muss es sein, mit möglichst wenig Primärenergie möglichst viel Wärme zu produzieren. Wie dies möglich wird, beschreibt dieses Buch auf leicht verständliche Art. Im Mittelpunkt stehen dabei die Wärmekraftkopplung, der Einsatz von Wärmepumpen sowie die Wärmerückgewinnung und Abwärmenutzung. Das Autorenteam zeigt auf, warum und wie diese Techniken wesentlich zu einem rationelleren Einsatz unserer Primärenergien beitragen können. Investoren, Energieverantwortliche sowie Haustechnik- und Verfahrensingenieure erhalten Antworten auf Fragen wie: Wo sind diese Techniken sinnvoll? Wie weit sind diese Techniken heute entwickelt? Welchen Einfluss haben sie auf Energieverbrauch und Umweltbelastung? Wie geht man bei der Planung richtig vor? Wie beurteilt man eine Offerte? Welche Nutzungsgrade dürfen erwartet und verlangt werden? Wirtschaftlichkeits-Berechnungen von Beispielen aus der Praxis geben Anregungen über den Einsatz dieser Techniken, und ein Glossar erklärt die technischen Begriffe.

1991
33 Seiten
Bestell-Nr. 724.354 d
Fr. 8.–*

Die Fachbuch-Reihe «RAVEL im Wärmesektor»

Heft 1: Elektrizität und Wärme – Grundlagen und Zusammenhänge
Heft 2: Wärmerückgewinnung und Abwärmenutzung
Heft 3: Wärmepumpen
Heft 4: Wärmekraftkopplung
Heft 5: Standardschaltungen

Schriftenreihe «RAVEL im Wärmesektor» Heft 1: Elektrizität und Wärme

Hochwertigen Strom verheizen – ist das noch zeitgemäss? Wenn man dabei an Elektrowiderstandsheizungen denkt, die den eingesetzten Strom sehr schlecht nutzen, sicherlich nicht. Trotzdem erhält Strom bei der Wärmeerzeugung einen völlig neuen Stellenwert. Denn neue, energieeffizientere Technologien zur Wärmeerzeugung brauchen Strom: Strom dient zum Beispiel in Wärmerückgewinnungs- und Abwärmenutzungsanlagen als Hilfsenergie. Und Strom treibt Wärmepumpen an. Dagegen ist nichts einzuwenden. Denn im Vergleich zu konventionellen Heiztechniken erzeugen die neuen Technologien aus derselben Menge Energie ein Mehrfaches an Heizwärme. Der Trend zu einem energiebewussteren Handeln lässt die Nachfrage nach den neuen Technologien wachsen. Besonders im Bereich Wärmepumpen, Wärmerückgewinnung und Abwärmenutzung ist eine rasante Zunahme zu beobachten. Aber auch die Wärmekraftkopplung liegt im Trend – in Kombination mit Wärmepumpen sind Wärmekraftkopplungsanlagen eine ökonomisch und ökologisch interessante Alternative. Planerinnen und Planer sind gefordert. Denn im Vergleich zu konventionellen Anlagen zur Wärmeerzeugung stellen

die neuen Technologien weit grössere Anforderungen an das Fachwissen des Planungsteams. Bereits kleine Fehler wirken sich gravierend auf die Energieeffizienz und damit auf einen ökonomischen und ökologischen Betrieb aus. Nur durch fundierte Fachkompetenz lassen sich solche Fehler vermeiden. Das vorliegende Heft 1 aus der fünfteiligen Fachbuch-Reihe «RAVEL im Wärmesektor» bildet den Grundstein zu dieser Fachkompetenz. Das Grundlagenheft gibt einen Überblick über die neuen Techniken «Wärmepumpen», «Wärmerückgewinnung und Abwärmenutzung» sowie «Wärmekraftkopplung». Es liefert Planerinnen und Planern Wissensgrundlagen und zeigt die Zusammenhänge zwischen den drei Technologien auf. Welche Vorteile hinsichtlich rationeller Energienutzung bieten die neuen Techniken? Wie funktionieren sie? Welche Bauarten existieren? Und wo sind mögliche Einsatzgebiete? Der Autor gibt Antwort auf diese Fragen und geht darüber hinaus auf Planungsgrundlagen ein. Das Buch liefert Auslegungsrichtlinien, wie Planerinnen und Planer eine gute Hydraulik sicherstellen und damit eine einwandfreie Einbindung ins Gesamtsystem garantieren. Je ein ganzes Kapitel ist den Themen «Schaltungstechnik», «Qualitätssicherung im Planungsablauf» und «Wirtschaftlichkeitsbewertung» gewidmet. Mit seinen Vorgehensleitfäden und zahlreichen Tips für die praktische Arbeit ist das Werk auch für gestandene Planerinnen und Planer ein unverzichtbares Fundament, auf dem sich die Fachkompetenz zur Planung und Realisierung von Wärmepumpen-, Wärmekraftkopplungs-, Wärmerückgewinnungs- und Abwärmenutzungsanlagen aufbauen lässt.

1993
64 Seiten
Bestell-Nr. 724.357 d
Fr. 16.–*

Schriftenreihe «RAVEL im Wärmesektor» Heft 2:

Wärmerückgewinnung und Abwärmenutzung – Planung, Bau und Betrieb von Wärmerückgewinnungs- und Abwärmenutzungsanlagen

Wärmerückgewinnung und Abwärmenutzung nützt den Strom sieben- bis zehnmal besser als eine Elektroheizung und rund dreimal besser als eine Wärmepumpe. Es ist daher nicht verwunderlich, dass bislang ungenutzt weggeführte Abwärme aus industriellen Prozessen heute als wertvolle Energiequelle mehr und mehr Bedeutung gewinnt. Die Nutzung der Abwärme ist nicht nur ökologisch und energetisch sinnvoll, sie ist in vielen Fällen – oft auch bei kleineren Anlagen – wirtschaftlich. Mehr noch als bei grossen Anlagen, hängt die Rentabilität im kleineren Rahmen von einer sorgfältigen Planung ab. Wirtschaftlichkeit kann nur dort gewährleistet werden, wo – abgestimmt auf die herrschende Situation – die optimale technische Lösung mit dem bestmöglichen Wirkungsgrad eruiert wird. Angesichts der Komplexität der Anlagen und der grossen Zahl technisch unterschiedlicher Möglichkeiten, ist die Auswahl des am besten geeigneten Systems allerdings eine anspruchsvolle Aufgabe. Blättert man heute in den Lehrbüchern, sucht man jedoch meist vergeblich nach detailliertem, auf die Praxis ausgerichteten Stoff zum Thema der Wärmerückgewinnung und Abwärmenutzung. Die vorliegende RAVEL-Dokumentation soll diese Wissenslücken schliessen. In einer Übersicht über die bewährtesten System-Typen und Komponenten, legen die Autoren den aktuellen Stand der Technik dar. Sie zeigen Funktionsprinzip sowie Vor- und Nachteile der Systeme auf und erläutern, für welche Einsatzbereiche sich die einzelnen Anlage-Typen eignen. In einem zweiten Teil beantwortet die Dokumentation Planern die wichtigsten Fragen rund um die Planung und Realisierung eigener Lösungen. Fragen wie: Wo lohnt sich der Einbau einer Wärmerückgewinnungs- oder Abwärmenutzungs-Anlage? Wie muss bei der Lösungsfindung vorgegangen werden? Wie sehen die einzelnen Planungs-Phasen aus? Wie lässt sich die Wirtschaftlichkeit der Anlage abschätzen und der Wirkungsgrad berechnen? Und welche gesetzlichen Normen und Richtlinien müssen eingehalten werden? Anhand der wichtigsten Berechnungsformeln und realisierten Fallbeispielen werden die theoretischen Grundlagen vertieft. Daneben bietet die Dokumentation dem Leser ganz konkrete Instrumente und Planungshilfen für den täglichen Gebrauch – angefangen bei Kennzahlen, über Vorgehens-Schemata, bis hin zu Checklisten, welche die Lösungsfindung erleichtern.

1993
59 Seiten
Bestell-Nr. 724.355 d
Fr. 15.–*

Schriftenreihe «RAVEL im Wärmesektor» Heft 3:

Wärmepumpen – Planung, Bau und Betrieb von Elektrowärmepumpenanlagen

In der Schweiz soll die Zahl der Wärmepumpen bis ins Jahr 2000 auf 100 000 Anlagen wachsen, was eine Vervierfachung der jährlichen Verkaufszahlen nötig macht. Erreicht werden soll dieses Ziel mit Unterstützung des Bundesamtes für Energiewirtschaft, das den Bau von Wärmepumpenanlagen entsprechend intensiv fördern will. Das Problem dabei: Fachleute, die in der Lage sind funktionstüchtige Anlagen zu bauen, gelten heute noch als Mangelware. Funktionstüchtig ist eine Elektrowärmepumpe erst dann, wenn sie aus dem zugeführten Strom eine bestimmte Menge Wärme produziert. Der Zielwert (Jahresarbeitszahl) liegt, je nach Betriebsart und Wärmequelle, zwischen 2,5 und 3,5 Einheiten produzierter Wärme je Einheit eingesetzter Elektrizität. Wie die Planung einer Wärmepumpenanlage angegangen werden muss, damit das Erreichen der erforderlichen Jahresarbeitszahl dem Kunden auch vertraglich garantiert werden kann, zeigt die vorliegende Dokumentation. Die Dokumentation bietet einen umfassenden Überblick über die Wärmepumpentechnik: Es werden die unterschiedlichen Wirkprinzipien und Bauarten erläutert, Nutzungsmöglichkeiten und Eigenschaften der Wärmequellen beschrieben und die neuesten Entwicklungs-Tendenzen bei Anlagekomponenten beleuchtet. Der Leser erhält einen Leitfaden, der ihm aufzeigt, welche Entscheidungsfaktoren in die Anlagenplanung einbezogen werden müssen und wie die Wirtschaftlichkeit der

Anlage zu ermitteln ist. Ein ganzes Kapitel widmen die Autoren dem Thema «Betriebsoptimierung und Erfolgskontrolle». Dabei werden Fragen beantwortet wie: Welche Messinstrumente gehören zu einer funktionstüchtigen Anlage? Wie lässt sich ein einwandfreier Betrieb auch nach Inbetriebsetzung und Abnahme der Anlage sicherstellen? Und wie werden die Messstellen bestimmt und die Messresultate ausgewertet? Ein Fallbeispiel beschreibt die einzelnen Planungs- und Berechnungsschritte detailliert und praxisnah. In übersichtlichen Tabellen ist aufgegliedert, wo die häufigsten Ursachen für eine unzureichende Funktionstüchtigkeit liegen, welche Auswirkungen sie haben und wie sich die Fehler beheben lassen. Darüber hinaus haben die Autoren die heute oft unzweckmässigen Normen und Richtlinien unter die Lupe genommen und verlässliche, praxisgerechte Berechnungsmethoden und Kennzahlen definiert. Fachleuten, die in den Wachstumsmarkt «Wärmepumpen» aufbrechen wollen, liefert RAVEL auf den folgenden Seiten und in seinen Kursen das notwendige Wissensrüstzeug dazu.

1993
64 Seiten
Bestell-Nr. 724.356 d
Fr. 16.–*

Schriftenreihe «RAVEL im Wärmesektor» Heft 4: Wärmekraftkopplung

In Kombination mit Wärmepumpen ist die Wärmekraftkopplung (WKK) eine ökologisch sinnvolle und für den Betreiber auch eine ökonomisch lohnende Alternative zur herkömmlichen Wärmeerzeugung. Voraussetzung ist, dass die Anlagen sorgfältig geplant und dort gebaut werden, wo auch tatsächlich günstige Bedingungen vorliegen. Wo diese Bedingungen erfüllt sind und wie Planerinnen und Planer bei der Projektierung, Dimensionierung und Realisierung von WKK-Anlagen vorgehen müssen, um ihren Kunden ein Optimum an Wirtschaftlichkeit und Umweltverträglichkeit zu garantieren, zeigt diese Dokumentation. Im ersten Kapitel geben die Autoren eine Übersicht über die verschiedenen WKK-Bauarten, ihre Funktionsprinzipien sowie die Zukunftstendenzen. Im zweiten Kapitel werden Fragen rund um die Einsatzmöglichkeiten der WKK-Technologie beantwortet – etwa: Wo im Wohn-, Dienstleistungs- oder Industriebereich kann eine WKK-Anlage eine sinnvolle Alternative sein? Welche Rahmenbedingungen müssen erfüllt sein? Oder welche gesetzlichen Normen gilt es zu beachten? Im Hauptteil der Dokumentation liefern die Experten die Wissensgrundlagen, Faustformeln und nötigen Berechnungsmethoden für eine fachgerechte Auslegung, Planung und Realisierung von eigenen WKK-Projekten. Ein anschauliches Berechnungsbeispiel aus der Praxis zieht sich wie ein roter Faden durch alle Phasen im Planungsablauf. Dieses Fallbeispiel macht es Leserinnen und Lesern einfach, gleich selber zu kontrollieren, ob sie die Methoden zur Grobauslegung, zur Ermittlung der energietechnischen Daten und zur Berechnung der Wirtschaftlichkeit richtig verstanden haben. Der Schlussteil der Dokumentation gibt nützliche Praxisempfehlungen für einen reibungslosen Betrieb, eine fachgerechte Wartung, Betriebsüberwachung, Betriebsoptimierung und Erfolgskontrolle. Fachleute, die sich in die Thematik der Wärmekraftkopplung einarbeiten möchten – aber auch Planerinnen und Planer, die bereits Erfahrungen bei eigenen WKK-Projekten sammeln konnten –, erhalten mit dieser Dokumentation einen nützlichen Leitfaden für ihre Planungs-Praxis.

1994
68 Seiten
Bestell-Nr. 724.358 d
Fr. 17.–*

Elektroheizungen – Sanierung und Ersatz in Wohnbauten

Elektroheizungen verbrauchen rund 8 Prozent des Stromes in der Schweiz. Ein Grossteil dieser Heizungen werden den heutigen Forderungen nach rationeller Verwendung von Energie nicht mehr gerecht – sie sind dringend sanierungsbedürftig oder sollten vollständig ersetzt werden.
Fragen rund um die Analyse bestehender Elektroheizungen stehen im Zentrum des ersten Teils dieser Broschüre. Neben Vorgehens-Empfehlungen findet der Leser Richtwerte und Checklisten zur Anlagen-Beurteilung. Bei der Beurteilung mitberücksichtigt wird immer auch der Gebäudezustand. Aufgrund dieser Analysen kann entschieden werden, ob sich eine Sanierung lohnt, oder ob eine vollständige Ersetzung sinnvoll ist. Wie soll bei der Sanierung am besten vorgegangen werden? Welche Massnahmen sind zu ergreifen? Reichen Sofortmassnahmen vor Ort, wie eine saubere, bedarfsabgestimmte Neu-Regulierung der Lade-Steuerung aus? Oder sind Begleitmassnahmen, wie der Einbau einer Ergänzungsheizung gefordert? Diese Fragen zur Sanierung werden im zweiten Teil der Broschüre behandelt. Die Palette vorgestellter Ergänzungsheizungen reicht vom Cheminée über Holzherde bis zum Holzheizungs-System mit kontrolliertem Luftwechsel.
Den dritten Teil der Broschüre widmen die Autoren ganz dem Ersatz unrentabler Alt-Anlagen. Bei der Wahl der Ersatz-Heizung stehen Wirtschaftlichkeit, Umweltfreundlichkeit und Komfort im Vordergrund. In Tabellen sind Vor- und Nachteile der zur Wahl stehenden Wärmequellen und Wärme-Verteil-Systeme übersichtlich dargestellt. Und es wird aufgezeigt, unter welchen Bedingungen die verschiedenen Systeme eingesetzt werden können. Speziell eingegangen wird hier auf den Ersatz durch Wärmepumpen, die im Vergleich zu Elektroheizungen bis zu dreimal weniger Strom verbrauchen.
Vorgehens-Merkblätter, ausführliche Planungs-Checklisten, Richtwert-Tabellen zur Anlagen-Analyse und anschauliche Fallbeispiele machen dieses Werk zu einem neuen, unverzichtbaren Arbeitsinstrument für den täglichen Gebrauch.

1992
116 Seiten
Bestell-Nr. 724.346 d
Fr. 28.–*

Umwälzpumpen Auslegung und Betriebsoptimierung

Untersuchungen haben gezeigt, dass rund 40 Prozent des Stromes, den alle Umwälzpumpen zusammen in der Schweiz brauchen, eingespart werden könnten. Das sind

immerhin 1,5 bis 2 Prozent des gesamtschweizerischen Stromverbrauchs. Voraussetzungen für diese Energieeinsparung ist eine sorgfältige Abstimmung der Umwälzpumpen mit dem hydraulischen System. Wie dieses Ziel erreicht werden kann, zeigt dieses Planungs-Handbuch. Das Autorenteam widmet je ein ganzes Kapitel der Planung von Heizungs-Anlagen ohne Verteiler, Anlagen mit Verteilern, Grossanlagen wie Nahwärmeversorgungen und Spezialanlagen für Kaltwasser oder Kühlwasser und der Wärmepumpen. Speziell eingegangen wird auch auf Inbetriebnahme, Wartung und Unterhalt. Der Leser erhält Antworten auf Fragen wie: Worauf kommt es bei der Abstimmung von Leitungssystem und Pumpe an? Bei welchen Stromverbrauchswerten lohnt sich die Sanierung? Welche Anforderungen stellt ein Förderstrom, der durch Thermostat- und Durchgangsventile laufend verändert wird? Die theoretischen Grundlagen werden ausführlich behandelt. Eine Übersicht über die Pumpen-Arten erleichtert die richtige Wahl. Kennzahlen und Berechnungshilfen vereinfachen die Planung und erlauben die Beurteilung bestehender Pumpen sowie die Vorausberechnung des Stromverbrauchs und die Qualitätsbeurteilung neu projektierter Anlagen.

1991
143 Seiten
Bestell-Nr. 724.330 d
Fr. 33.–*

Elektrische Wassererwärmung

Haushalte in zeitgemäss isolierten Wohngebäuden mit Elektro-Wassererwärmern verbrauchen rund ein Drittel bis die Hälfte ihres Strombezuges für Warmwasser. Neue Erkenntnisse aus zahlreichen Untersuchungen zeigen: Das Benutzerverhalten ist nur zum Teil dafür verantwortlich, ob die Stromrechnung grösser oder kleiner wird. bei der Planung und Auslegung wird nämlich ein bedeutender Teil der Stromrechnung bereits vorbestimmt. Ein Team ausgewiesener Haustechnik-Fachleute hat die Warmwasser-Versorgung systematisch auf Energieverschwendungs-Potentiale analysiert. Die vorliegende Dokumentation «Elektrische Wassererwärmung» zeigt auf, wo und wie der Stromverbrauch durch Haustechnik-Planer und Installateure beeinflusst werden kann. Unter dem Gesichtspunkt «Mehr Warmwasserkomfort mit weniger Strom» werden Fragen beantwortet wie: Auf welche Wassermenge sind die Systeme auszurichten? Welche Entscheide des Bauherrn beeinflussen den Energieverbrauch? Welche Wassererwärmer eignen sich für welchen Zweck am besten? Wo eignen sich dezentralisierte Kleinspeicher-Wassererwärmer? Wo lohnen sich Zirkulationsleitungen und wie werden diese energetisch optimiert? Welche Wassertemperatur ist richtig? Welche Möglichkeiten stecken in der Steuerung und Regelung? Was ist beim Einsatz von Wärmepumpen zu beachten? Wie wirkt sich eine bessere Planung auf die Kosten aus? Wie kann die Effizienz eines Warmwasser-Versorgungs-Systems kontrolliert werden? Die Daten und Empfehlungen berücksichtigen die neusten Untersuchungen über das Verbraucherverhalten, die neusten Entwicklungen bei den Geräten zur Wassererwärmung und viele Praxiserfahrungen. Fallbeispiele aus der Praxis, Wirtschaftlichkeitsrechnungen, Planungshilfen, Verbrauchskennzahlen, Empfehlungen und Leitsätze machen dieses Werk zu einem unverzichtbaren Arbeitsinstrument für den täglichen Gebrauch und zu einem neuen Standardwerk der Haustechnikbranche.

1993
152 Seiten
Bestell-Nr. 724.349 d
Fr. 36.–*

Gebäudeautomation
Inbetriebsetzung und Abnahme

Haustechnische Anlagen fördern den Komfort. Sie brauchen dafür Energie, z.B. 25 Prozent des Stromes, der in der Schweiz verbraucht wird. RAVEL-Untersuchungen zeigen: Dieser Energie- und damit auch der Stromverbrauch könnten ohne Komforteinbusse durch ein konsequentes Energiemanagement deutlich gesenkt werden, wenn die Anlagen besser gesteuert und überwacht würden. Die integrale Gebäudeautomation (IGA), also die zentrale Steuerung und konsequente Überwachung aller haustechnischen Anlagen, kann dazu einen bedeutenden Beitrag leisten, vorausgesetzt, die IGA funktioniert. Das entscheidet sich zu einem wesentlichen Teil während der Inbetriebsetzung und Abnahme. Die meist grosse Zahl der am Bau der Haustechnikanlagen Beteiligten erfordert eine integrale Zusammenarbeit. Die Inbetriebsetzung und Abnahme der Gebäudeautomation wird dadurch zu einer anspruchsvollen Management-Aufgabe. Dabei gilt es, Bauablauf und Verantwortlichkeiten genau zu definieren und die Abnahme der einzelnen Anlagenteile und der Gesamtanlage klar zu regeln. Die RAVEL-Dokumentation Gebäudeautomation – Inbetriebsetzung und Abnahme – zeigt wie: Welche Teilschritte und Teilkontrollen sind sinnvoll? Wer soll für was die Verantwortung übernehmen? Welche Bedingungen gehören in die Werkverträge? Wie soll auf Mängel reagiert werden? Wie ist bei der Betriebsoptimierung vorzugehen? Ausführliche Checklisten, Fallbeispiele, Anregungen für die Energieüberwachung und Wirtschaftlichkeitsrechnungen machen die vorliegende Dokumentation zu einem Arbeitshilfsmittel, welches für die Branche normativen Charakter erhalten dürfte.

1992
97 Seiten
Bestell-Nr. 724.363 d
Fr. 24.–*

Elektrische Antriebe
energie-optimal auslegen und betreiben

Im Industriesektor wird heute 60 Prozent der verfügbaren elektrischen Energie durch elektrische Antriebe verbraucht. In der Praxis sind die Antriebe meist massiv überdimensioniert. Die Folgen sind ein unnötig hoher Stromverbrauch sowie zu hohe Anlagen- und Betriebskosten. Dies muss nicht sein: Wo Antriebe und Arbeitsprozess exakt aufeinander abgestimmt projektiert und im optimalen Arbeitspunkt betrieben werden, lässt sich eine deutlich bessere Ausnutzung der Antriebe erzielen. Im Endeffekt heisst dies: kleinere Strom- und Anlagekosten bei gleichzeitig verbesserter Betriebssicherheit und Lebens-

dauer. In manchen Fällen sind so Verbrauchseinsparungen bis zu 75 Prozent erreichbar. Wie muss bei der energie-optimalen Auslegung von Antrieben vorgegangen werden? Welche neuen Technologien helfen, energetisch verbesserte und damit konkurrenzfähigere Antriebe zu entwickeln? Welche Faktoren sind bei einer präzisen Anforderungs-Analyse, ohne die eine energie-optimale Auslegung nicht möglich ist, zu beachten? Und wie lässt sich bei neuen oder bestehenden Anlagen schon mit kleinsten Investitionen massiv Strom einsparen? Antwort gibt die vorliegende Kursdokumentation. Sie liefert Grundlagen zu Wirkprinzipien der Motoren, bietet eine Übersicht über die neusten Entwicklungen und wirft einen Blick in die Zukunft. Darüber hinaus werden die Möglichkeiten der High-Efficiency-Motoren aufgezeigt. Und es wird das Vorgehen bei der Analyse des Arbeitsprozesses und die darauf abgestimmte Auslegung des Antriebes Stufe um Stufe erläutert. Für Fachleute, die sich mit der Planung, Herstellung und Anschaffung von elektrischen Antrieben und deren Anpassung an Maschinen und Anlagen beschäftigen, sowie für Wartungsspezialisten und Hersteller, ist die Dokumentation wertvolle Grundlage für die tägliche Arbeit.

1993
138 Seiten
Bestell-Nr. 724.331 d
Fr. 33.–*

Elektroantriebe

Die Industrie verbraucht rund ein Drittel des gesamten Stroms in der Schweiz. Insgesamt beläuft sich die jährliche Stromrechnung der Industrie auf rund 1,5 Milliarden Franken. Zwei Drittel des eingesetzten Stroms fliessen in industrielle Antriebe. Neue Technologien und neue Erkenntnisse zur Entwicklung energetisch besserer Lösungen eröffnen der Industrie in allen Bereichen – vor allem aber bei elektrischen Antrieben – die Chancen zu einem wirtschaftlicheren Energieeinsatz. Dies belegen umfangreiche RAVEL-Untersuchungen in vielen industriellen Branchen. Wo liesse sich mit den heutigen Möglichkeiten der Strom rationeller einsetzen? Wie lassen sich mögliche Einsparpotentiale orten? Durch welche Lösungsmöglichkeiten und konkrete Massnahmen können die Potentiale nutzbar gemacht werden? Und welche moderne Anwendungstechniken können helfen, die Energie effizienter zu nutzen? Die Broschüre «Elektroantriebe» verfolgt den Weg der Energie von der Zählerstation über den Elektromotor bis hin zur Kraftanwendung und zeigt Ursache und Bedeutung von Verlusten. Geeignete Massnahmen zur Nutzung des Potentials sind, nach Funktionen geordnet, aufgelistet. Ein weiterer Abschnitt zeigt die Aufgaben und Möglichkeiten des Energiemanagements. Das Thema Wirtschaftlichkeit stellt die wichtigsten Zusammenhänge kurz dar und zeigt das Kosten-Nutzen-Verhältnis einer typischen Verbesserung bei einem Antriebssystem. Ergänzt ist die Dokumentation mit zehn Praxis-Beispielen. Die zehn Beispiele stammen aus unterschiedlichen industriellen Branchen – Werkzeugmaschinen, Textildruckmaschinen, Zementherstellung, Chemie – und behandeln auch unterschiedliche Energieanwendungen wie Druckluft, Lüftung Kühlung, Pumpen, Abwasserreinigung, Rauchgasreinigung und innerbetrieblicher Transport. Die in der Dokumentation enthaltenen Informationen, Checklisten, Vorschläge, Grafiken und Beispiele sind branchenunabhängig in jedem Industriebetrieb anwendbar.

1993
50 Seiten
Bestell-Nr. 724.332 d
Fr. 9.–*

Haushaltgeräte
Leitfaden zur Gerätewahl

Neben der Belastung der Umwelt können durch elektrische Haushaltgeräte auch unnötig hohe Energie- und Wasserkosten verursacht werden. Diese Kosten können – summiert über die Nutzungsdauer der einzelnen Geräte – weit höher sein als die ursprünglichen Anschaffungskosten. Bei den einzelnen Geräten besteht heute jedoch ein grosser Spielraum im Ressourcenverbrauch. So benötigen die effizientesten in der Schweiz erhältlichen Geräte häufig nur ein Drittel Strom und Wasser wie die ungünstigsten Geräte, welche angeboten werden. Das vorliegende Handbuch zeigt, wie für den jeweiligen Anwendungsfall der richtige Gerätetyp bestimmt wird und aus den angebotenen Geräten ein modernes, mit den günstigsten Gesamtkosten, gefunden werden kann. Auch bei den Fragen, ob sich die Reparatur eines defekten Gerätes lohnt, oder gar die frühzeitige Ausserbetriebnahme eines älteren Gerätes angebracht ist, gibt es Antworten, bei denen auch ökologische Gesichtspunkte mit einbezogen sind. Für jedes der heute gängigen grösseren Haushaltgeräte wird erläutert, wozu wieviel Energie benötigt wird, worin sich sparsame Geräte auszeichnen und wie diese erkannt werden können. Insgesamt ist das Buch eine wichtige Hilfe, sei es bei der Neu- oder der Ersatzbeschaffung von Kühl- und Gefriergeräten, von Kochherden, Backöfen, Geschirrspülern, Waschmaschinen oder Wäschetrocknern.

1993
100 Seiten
Bestell-Nr. 724.347 d
Fr. 22.–*

Energie-effiziente lüftungstechnische Anlagen

RAVEL-Studien belegen, dass energetisch sehr gute Lüftungen im Vergleich zu verbrauchsintensiven Anlagen bis zu achtmal tiefere Stromkosten verursachen. Hinzu kommt: Energieschlanke Anlagen führen nicht nur zu spürbar tieferen Ausgaben für Energie, Betrieb und Unterhalt, sondern häufig auch zu deutlich kleineren Investitionskosten. Nach welchen Planungsschritten muss vorgegangen werden, um solche energetisch bessere Anlagen zu realisieren? Welche Anforderungen stellen die neuen Empfehlungen SIA V382/1–3 an energetisch sehr gute Anlagen? Durch welche Massnahmen lassen sich Anlagen strömungstechnisch sauberer auslegen und damit die Energie-Effizienz massgeblich verbessern? Wie lassen sich Überdimensionierung bei Motoren und Ventilatoren vermeiden? Und welche neuartigen Kühl- und Lüftungssysteme – zum Beispiel Betonkern-Kühlungen, Lufterd-Register und Erdsonden – helfen, den Stromverbrauch weiter zu minimieren? Antworten auf diese und weitere Fragen rund um die

Lüftungstechnik liefert die Kursdokumentation «Energie-effiziente lüftungstechnische Anlagen». Die Dokumentation gibt Lüftungsplanern konkrete Empfehlungen, worauf bei der Planung besserer Lüftungsanlagen und Anlagenkomponenten zu achten ist. Sie gibt Architekten und Bauherren Hinweise, in welcher Bauphase der Lüftungsplaner beigezogen werden muss und wie durch richtige Planung des Gebäudes das Raumklima und der Energieverbrauch massgeblich beeinflusst werden kann. Darüber hinaus liefert die Dokumentation Betreibern wertvolle Tips, wie sich der Energieverbrauch durch kostengünstige betriebliche Massnahmen in der Betriebsphase senken lässt. Checklisten zu den Themen «Planung des Gebäudes», «Planung der lüftungstechnischen Anlage», «Planung einzelner Komponenten» und «Betriebsphase» ergänzen die Dokumentation und machen sie für den Einsatz bei der täglichen Arbeit zum hilfreichen Werkzeug.

1993
138 Seiten
Bestell-Nr. 724.307 d
Fr. 32.–*

Analyse des Energieverbrauchs – Erfassen, Bewerten, Darstellen, Handeln

Wieviel Energie braucht ein Unternehmen zur Herstellung eines Produktes? Wieviel Energie wird in den einzelnen Produktionsschritten benötigt? Welche Produktionsmaschine ist die beste? Anhand zahlreicher praktischer Beispiele wird in der vorliegenden Anleitung gezeigt, wie der Energieverbrauch selbst von komplizierten Produktionsprozessen mit wenig Aufwand analysiert werden kann. Das empfohlene systematische Vorgehen wird dem Leser im Beispiel und in der Theorie leicht verständlich und gut nachvollziehbar dargestellt. Die Verschiedenheit der Beispiele macht deutlich, dass die Methode in jeder Branche einsetzbar ist und als Werkzeug die Suche nach neuen Möglichkeiten der rationellen Energieverwendung erleichtert.

1993
99 Seiten
Bestell-Nr. 724.318 d
Fr. 31.–*

Küche und Strom

Restaurantküchen bieten ein ergiebiges Feld für Energiesparmassnahmen – und ein finanziell lohnendes noch dazu. RAVEL-Studien belegen: Bereits durch einfachste Massnahmen und ohne grössere Investitionen lässt sich der Stromverbrauch in Gewerbeküchen um nahezu ein Fünftel senken. Dies bedeutet für einen Gasthof mit 90 Sitzplätzen rund 5000 Franken weniger Stromkosten pro Jahr. Und wo bei Um- und Ausbauten ein rationeller Energieeinsatz zuoberst auf der Prioritätenliste steht, fallen die Stromkosten nochmals deutlich tiefer aus. Schöner Nebeneffekt: In Küchen, in denen weniger Energie verbraucht wird, entsteht auch weniger Hitze und somit ein angenehmeres Klima für das Personal. Diese Dokumentation zeigt Wirten, Chefköchen, Energieberatern, Hotel- und Restaurantbesitzern, wie in Gewerbeküchen ein effizienteres Energiemanagement angepackt und durchgesetzt wird. Der erste Teil der Dokumentation setzt sich mit der Ermittlung der Verbrauchsdaten auseinander. Denn ein wirkungsvolles Energiemanagement ist nur möglich, wenn Klarheit darüber herrscht, wo und wann wieviel Strom verloren geht. Im zweiten Teil geben die Autoren konkrete Empfehlungen zum rationellen Stromeinsatz: Durch welche organisatorischen Sofortmassnahmen lassen sich von heute auf morgen die Stromkosten für Kochen, Kühlen, Geschirrspülen, Lüftung und Beleuchtung spürbar senken und dabei die Arbeitsabläufe noch rationalisieren? Wie kann der Stromverbrauch durch Zubereitungsart, Gerätewahl und Gartemperatur beeinflusst werden, ohne die Qualität der Speisen zu gefährden? Welches sind für die verschiedensten Kochmethoden die sparsamsten Technologien? Und wie lassen sich mittels Einbau eines Lastmanagementsystems die Energiekosten bis zu 35% senken? Neben Antworten auf diese Fragen, findet der Leser im Schlussteil der Dokumentation eine praktische Checkliste mit Sofortmassnahmen zur energie- und arbeits-effizienteren Organisation der täglichen Arbeiten in der Restaurantküche.

1993
44 Seiten (zweisprachig),
Bestell-Nr. 724.322d/f
Fr. 11.–*

Einsatz der integralen Gebäudeautomation – Optimierung und Betrieb

Wo die Möglichkeiten der integralen Gebäudeautomation (IGA) voll ausgeschöpft werden, garantiert IGA ein optimales Energie- und Betriebsmanagement und damit tiefere Energie- und Betriebskosten. Um wieviel tiefer diese Kosten sein können wird in der vorliegenden Dokumentation am konkreten Beispiel eines Rechnungszentrums einer Schweizerischen Versicherungsgesellschaft aufgezeigt. Im untersuchten Praxisfall wurden durch den Einsatz von IGA Energie- und Betriebs-Kosteneinsparungen von nahezu einer Viertelmillion Franken erreicht. Stellt man diesen Einsparungen die Kapitalkosten für die Investition und Betriebsaufwand gegenüber, ergeben sich summa summarum reale Kosteneinsparungen von rund 50 000 Franken pro Jahr.
Durch welche Massnahmen wurden diese Einsparungen im vorgestellten Praxisfall erreicht? Wie lässt sich intergrale Gebäudeautomation als wirkungsvolles Werkzeug zur Betriebsoptimierung und zur Reduzierung des Energieverbrauches einsetzen? Wo liegen die interessantesten Ansatzpunkte für eine Betriebsoptimierung? Und wie werden diese Ansatzpunkte aufgespürt? Wie geht man bei der Optimierung einer Anlage am besten vor? Wie lassen sich dank IGA und ausreichender Sensorik Fehlfunktionen der technischen Anlagen erkennen und analysieren? Und wie wird die Wirtschaftlichkeit einer einzelnen Optimierungsmassnahme oder einer ganzen IGA-Anlage errechnet?
In der Dokumentation «Einsatz der integralen Gebäudeautomation - Optimierung und Betrieb» geht ein fünfköpfiges Expertenteam diesen Fragen nach. Die Dokumentation zeigt welche, neuen Chancen zur Verbesserung der Energie-Effizienz und welche Möglichkeiten zur Senkung der Betriebskosten im Einsatz der modernen IGA-Technologie stecken. Ergänzt werden die fachlichen Wissensgrundlagen durch konkrete Beispiele aus

der Praxis. Der Erfahrungsbericht eines Betreibers gibt dem Praktiker aufschlussreiche Hinweise, auf was er bei eigenen Betriebsoptimierungs-Projekten achten muss. Betriebsleiter, Fachspezialisten für Betrieb und Unterhalt aber auch Planer und Unternehmer halten mit dieser Dokumentation ein nützliches Instrumentarium für die tägliche Arbeit in der Hand. Ein Arbeitsinstrument, das ihnen wertvolle Hilfestellung beim energie- und kostensparenden Betrieb von komplexen haustechnischen Anlagen und bei der Realisierung von eigenen IGA-Massnahmen zur Betriebsoptimierung leistet.

1994
102 Seiten
Bestell-Nr. 724.362 d
Fr. 24.–*

Grundlagen der Beleuchtung

Wie wohl wir uns fühlen, hängt stark davon ab, in welchem Licht unsere Umgebung erscheint: «Gutes Licht» am Arbeitsplatz erhöht die Leistungsbereitschaft. «Gutes Licht» in Verkaufsräumen erhöht die Behaglichkeit des Kunden und steigert den Verkaufserfolg. Und «gutes Licht» bei kniffligen Sehaufgaben wie bei Feinmechanikarbeiten, lässt das Auge weniger ermüden und hilft Fehler zu vermeiden. Darüber hinaus machen es moderne Beleuchtungstechnologien heute möglich, die Lichtqualität spürbar zu steigern und gleichzeitig die Energie- und Unterhaltskosten merklich zu senken. Bei einer sorgfältig geplanten Beleuchtung zahlen die deutlich tieferen Strom- und Unterhaltskosten das investierte Geld oft schon nach wenigen Jahren zurück.
Was aber ist bei der Planung einer Innenraumbeleuchtung zu beachten? Durch welche Massnahmen lässt sich Energie einsparen und gleichzeitig die Lichtqualität verbessern? Nach welchen Kriterien muss die Qualität des Lichts beurteilt werden? Welche Leuchtensysteme bietet der Markt heute? Durch welche Massnahmen lässt sich das natürliche Tageslicht besser nutzen und was muss dabei bedacht werden? Antwort darauf finden Entscheidungsträger auf Bauherren- und Bauplaner-Seite in dieser Dokumentation. Die Dokumentation ist das Basisheft aus der vierteiligen Fachbuch-Reihe «RAVEL in der Beleuchtung». Wer sich einen Überblick über die neusten Erkenntnisse im Sektor Belechtungsplanung verschaffen möchte und wer die Wissensgrundlagen und Zusammenhänge in der Beleuchtungsplanung besser verstehen will, ist mit dieser Dokumentation gut beraten. In leicht verständlicher Sprache bietet sie eine interessante Fachlektüre – auch für Leser, die sich nicht täglich mit Lichtplanung auseinandersetzen.

1994
120 Seiten
Bestell-Nr. 724.329.1 d
Fr. 22.–*

Die Fachbuch-Reihe «RAVEL in der Beleuchtung»
Grundlagen der Beleuchtung
EDMZ Bestell-Nr. 724.329.1 d
Zeitgemässe Beleuchtung von Bürobauten
EDMZ Bestell-Nr. 724.329.2 d
Zeitgemässe Beleuchtung von Industriebauten
EDMZ Bestell-Nr. 724.329.3 d
Effiziente Beleuchtung von Verkaufsflächen
EDMZ Bestell-Nr. 724.329.4 d

Zeitgemässe Beleuchtung von Bürobauten

Durch eine sorgfältig geplante Beleuchtungsanlage lässt sich das Wohlbefinden am Büroarbeitsplatz und damit die Leistungsbereitschaft der Mitarbeiter spürbar steigern. Doch nicht nur das: wo die Beleuchtung nach neusten Erkenntnissen realisiert wird, sinken die Betriebskosten - RAVEL-Studien belegen, dass die Kostenreduktionen für Unterhalt und Strom mehr als 50 Prozent betragen kann. Allein durch die tieferen Strom- und Unterhaltskosten macht sich die Investition für eine Beleuchtungssanierung meist schon nach wenigen Jahren bezahlt.

Wie lässt sich in Dienstleistungsgebäuden ein maximaler Lichtkomfort bei minimalem Energieaufwand erreichen? Worauf muss der Planer achten, um sein Beleuchtungskonzept exakt auf die spezifischen Anforderungen der verschiedenen Büroarbeitsplätze abzustimmen? Welche besonderen Anforderungen stellen Bildschirmarbeitsplätze, Grossraum- und Einzelbüros? Welches sind die energie-effizientesten Beleuchtungstechnologien, die der Markt heute bietet? Wie lässt sich das natürliche Tageslicht als kostenlose Lichtquelle besser nutzen? Und wie werden dabei störende Spiegelungen und Schattenbilder auf dem PC-Monitor und der Arbeitsfläche vermieden? In der Dokumentation «Zeitgemässe Beleuchtung von Bürobauten» geben Experten Antwort auf diese Fragen. Die Dokumentation zeigt Architekten, Ingenieuren, Arbeitsplatz-, Licht- und Elektroplanern, wie sie im Bürobereich bessere und energie-effizientere Beleuchtungskonzepte realisieren. Mittels Praxisbeispielen erhält der Leser Anregungen, die er bereits in sein nächstes Projekt einfliessen lassen kann. Als zusätzliches Werkzeug für die Praxis, enthält die Dokumentation eine Checkliste, mit der sich die Planung energetisch besserer Beleuchtungskonzepte wesentlich erleichtern lässt.

1994
128 Seiten
Bestell-Nr. 724.329.2 d
Fr. 25.–*

Die Fachbuch-Reihe «RAVEL in der Beleuchtung»
Grundlagen der Beleuchtung
EDMZ Bestell-Nr. 724.329.1 d
Zeitgemässe Beleuchtung von Bürobauten
EDMZ Bestell-Nr. 724.329.2 d
Zeitgemässe Beleuchtung von Industriebauten
EDMZ Bestell-Nr. 724.329.3 d
Effiziente Beleuchtung von Verkaufsflächen
EDMZ Bestell-Nr. 724.329.4 d

Zeitgemässe Beleuchtung von Industriebauten

In Industriebauten steigert eine gute Beleuchtung die Produktivität der Mitarbeiter. Dies belegt eine mehrmonatige Praxisstudie: Allein durch die Verbesserung der Lichtqualität konnte in der Studie die Produktivität um 7 Prozent gesteigert werden. Ein weiterer Vorteil, der deutlich macht, wie wichtig eine sorgfältig geplante Beleuchtung ist, sind messbar tiefere Ausschussquoten. Diese Dokumentation zeigt, wie in Industriebauten der Lichtkomfort und damit die Produktivität gesteigert werden kann und wie sich gleichzeitig die Energie- und Unterhaltskosten deutlich senken lassen. Erarbeitet wurde die Dokumentation von einem Team versierter Lichtplaner in Zusammenarbeit mit der Universität Genf. Im ersten Teil haben die Autoren interessante Praxisbeispiele aus unterschiedlichen Industriesektoren zusammengetragen. Es werden die Ausgangssituationen analysiert, die gewählte Lösung detailliert beschrieben und die Ergebnisse – etwa erreichte Einsparungen oder Produktivitätssteigerungen – an handfesten Zahlen offen gelegt. Im zweiten Teil der Dokumentation wird für die Praxis aufgearbeitetes neues Wissen vermittelt. Hier gehen die Autoren auf Fragen ein wie: Welche modernen Leuchtensysteme stellen in typischen Industrieräumen wie Shedbauten oder hohen Fabrikationshallen eine gute Energieeffizienz sicher? Wie lassen sich Industriearbeitsplätze besser und energieeffizienter ausleuchten? Wie wird eine aussagekräftige Nutzwertanalyse erstellt, mit der sich die beste und wirtschaftlichste Beleuchtungslösung zeitsparend ermitteln lässt? Welche Systeme zur Tageslichtnutzung garantieren die grösste Lichtausbeute? Und wie lassen sich die Unterhaltskosten massiv reduzieren? Beleuchtungsverantwortliche in Industriebetrieben, Elektroplaner, Architekten, Arbeitsplatzgestalter und Energieberater finden in dieser Dokumentation neben konkreten Empfehlungen und wertvollen Lösungsansätzen für die eigene Arbeit auch praktische Arbeitsinstrumente - etwa eine Checkliste, mit der sich mit minimalem Arbeitsaufwand Verbesserungsmöglichkeiten aufspüren lassen.

1994
88 Seiten
Bestell-Nr. 724.329.3 d
Fr. 21.–*

Die Fachbuch-Reihe «RAVEL in der Beleuchtung»
Grundlagen der Beleuchtung
EDMZ Bestell-Nr. 724.329.1 d
Zeitgemässe Beleuchtung von Bürobauten
EDMZ Bestell-Nr. 724.329.2 d
Zeitgemässe Beleuchtung von Industriebauten
EDMZ Bestell-Nr. 724.329.3 d
Effiziente Beleuchtung von Verkaufsflächen
EDMZ Bestell-Nr. 724.329.4 d

Effiziente Beleuchtung von Verkaufsflächen

Wer Produkte ins rechte Licht stellt, steigert die Kauflust des Kunden, was sich messbar in höheren Verkaufszahlen niederschlägt. Hinzu kommt: Wird eine Beleuchtung nach neusten Erkenntnissen geplant und realisiert, lassen sich jährlich Tausende von Franken an Energie- und Unterhaltskosten einsparen. Wie sich in Warenhäusern, Shopping-Centern, Lebensmittelgeschäften, Boutiquen - kurz in Verkaufsräumen aller Art, durch intelligentere Lichtplanung die Stromrechnung senken und die Verkaufszahlen steigern lassen, zeigt diese Dokumentation. Licht- und Elektroplaner, Raumgestalter, Architekten und Dekorateure erhalten darin Tips und konkrete Ratschläge für ihre tägliche Arbeit: Wie lässt sich der Verkaufserfolg durch besseres Licht steigern? Wie lassen sich in Schaufenstern mit weniger Energie verkaufswirksamere Effekte erzielen? Welche energetisch besseren Beleuchtungs-Technologien für den Verkaufsbereich existieren heute? Welche Eigenschaften, Vor- und Nachteile haben die verschiedenen Lampentypen? Wo liegen ihre Einsatzmöglichkeiten? Wie lässt sich anhand der Nutzwertanalyse die komfortabelste und energiesparendste Lösung mit minimalem Zeitaufwand ermitteln? Neben Antworten auf diese Fragen bietet die Dokumentation dem Leser wertvolle Detailinformationen über einige der erfolgreichsten Beleuchtungskonzepte aus unterschiedlichen Verkaufsbereichen – vom Lebensmittelgeschäft bis zum Möbelmarkt. Bei allen vorgestellten Projekten wurde die Beleuchtungsqualität deutlich gesteigert und die Energiekosten um mehr als die Hälfte reduziert. Sofort einsetzbares neues Wissen, ergänzt mit wegweisenden Beispielen aus der Praxis - mit dieser Mischung bietet die Dokumentation dem Leser ein erstklassiges Instrument, das ihm bereits in seinem nächsten Projekt wertvolle Dienste leistet. Eine Checkliste, mit der sich bestehende Beleuchtungen innert kürzester Zeit auf Verbesserungsmöglichkeiten überprüfen lassen, ergänzt die Dokumentation.

1994
90 Seiten
Bestell-Nr. 724.329.4 d
Fr. 21.–*

Die Fachbuch-Reihe «RAVEL in der Beleuchtung»
Grundlagen der Beleuchtung
EDMZ Bestell-Nr. 724.329.1 d
Zeitgemässe Beleuchtung von Bürobauten
EDMZ Bestell-Nr. 724.329.2 d
Zeitgemässe Beleuchtung von Industriebauten
EDMZ Bestell-Nr. 724.329.3 d
Effiziente Beleuchtung von Verkaufsflächen
EDMZ Bestell-Nr. 724.329.4 d

Kompetent antworten auf Energiefragen

Da stellt ein Laie eine auf den ersten Blick simple Frage - und der Fachmann hat grösste Mühe, sein Wissen so zu vermitteln, dass die Antwort für den Nicht-Fachmann verständlich bleibt und trotzdem fachlich korrekt ist: Wer hat diese Situation, in der Praxis nicht

auch schon angetroffen? Genau mit solchen Fragen und Antworten rund um den rationellen Einsatz von Energie befasst sich dieses Nachschlagewerk. Ein sechsköpfiges Team von Fachleuten hat Fragen, mit denen sie in der Praxis häufig konfrontiert werden, zusammengetragen. Fragen wie: Weshalb sollten Energiesparlampen nicht zu häufig in kurzen Intervallen ein- und ausgeschaltet werden? Wann sollte man sie brennen lassen und ab wann lohnt es sich sie abzuknipsen? Wie funktioniert eine Solaranlage? Und mit welchen Kosten muss ein Investor rechnen? Wie lässt sich der Energieverbrauch von Haushaltgeräten ermitteln und in den Kaufentscheid mit einbeziehen? Dem Autoren-Team ist es gelungen, diese und eine Vielzahl weitere Fragen zur Energie und zum Energiesparen fachmännisch zu beantworten und dabei trotzdem ganz auf Fachchinesisch zu verzichten. Neben Antworten auf Fragen aus den Fachgebieten «Beleuchtung», «Haushaltgeräte», «Photovoltaik» sowie «Heizung und Warmwasser» findet der Leser eine Anleitung zur Analyse des eigenen Energieverbrauches. Darüber hinaus bietet das Nachschlagewerk praktische Bewertungstabellen mit denen sich innert Minuten bestimmen lässt, ob ein ermittelter Strom- oder Wärmeverbrauch im Vergleich zu ähnlichen Wohnungen oder Häusern als tief, als durchschnittlich oder als zu hoch bewertet werden muss. Ergänzt ist der Ordner mit einem nach Regionen gegliederten Verzeichnis der Schweizerischen Energieberatungs- und Subventionsstellen mit Adressen, Telefonnummern und sogar namentlich erwähnten Kontaktpersonen.

1994
Ordner 194 Seiten
Bestell-Nr. 724.386 d
Fr. 50.–*

Was man schon immer über Energie und deren rationellen Einsatz wissen wollte: dieser Ordner gibt auf über 100 Seiten Antworten auf brennende Fragen. Damit ist das Werk nicht nur ein interessanter Lesestoff für Nicht-Fachleute. Es ist vor allem ein praktisches Nachschlagewerk und Hilfsmittel für alle, die bei ihrer täglichen Arbeit nach einfach verständlichen Antworten auf nicht immer ganz einfache Laienfragen suchen.

11 Praxislehrstücke, wie Ausgaben für einen rationellen Stromeinsatz zur lohnenden Investition werden.

Keine wirtschaftliche Tätigkeit ohne Elektrizität. Diese kurze Formel ist Ausdruck der vielfältigen Anwendung von Strom. Und überall dort, wo Strom eingesetzt wird, bestehen auch Einsparmöglichkeiten. Die Realisierung dieser Sparpotentiale ist ganz wesentlich von der Wirtschaftlichkeit der auslösenden Massnahme abhängig.

Die elf Beiträge dieses Heftes zeigen exemplarisch, wie und wo Strom eingespart werden kann und mit welchen Resultaten zu rechnen ist. Die Beispiele stammen aus Industrie und Gewerbe, aus Handel und Verwaltung, aus Wohnsiedlungen und öffentlichen Gebäuden.

1994
48 Seiten
Bestell-Nr. 724.387 d
Gratis

Die Angaben zur Wirtschaftlichkeit sind nach einem einheitlichen Raster lückenlos dokumentiert: Investitions- und Betriebskosten, Annuität und Rückzahlfristen. Die beteiligten Führungskräfte stehen dazu und die Zahlen belegen es: Verbesserte Stromnutzung zahlt sich aus.

Automation und RAVEL – Industrielle Automation: Projekte rationell planen und realisieren

Hauptziel der Automatisierung ist die Rationalisierung einzelner Prozess-Schritte oder ganzer Prozesse. Bisher wurde bei Automatisierungsprojekten dem effizienten Energie-Einsatz nur wenig Beachtung geschenkt. RAVEL-Untersuchungen belegen jedoch: energie-effizientere Automationslösungen sind meist produktiver. Denn wo der Faktor «Energie» in den Planungs- und Entscheidungsablauf miteinbezogen wird, entstehen oft neue, interessante Ideen für Verbesserungen. Wie sich die Möglichkeiten der modernen Elektronik und Prozessleittechnik besser ausschöpfen lassen, zeigt diese Dokumentation. Erarbeitet wurde das Lehrbuch von erfahrenen Spezialisten der Automationsbranche in Zusammenarbeit mit dem Institut für Automatik der ETH Zürich. Die Dokumentation gibt dem Leser einen Leitfaden, wie sich bei eigenen Automationsprojekten durch ganzheitliche Planung ein energetisch schlankeres, wirtschaftlicheres und leistungsfähigeres Resultat garantieren lässt. Wie muss dabei vorgegangen werden? Wie ermittelt man durch eine Energieanalyse die für die Planung notwendigen Entscheidungsgrundlagen? Was ist bei der Ausarbeitung des Automationskonzeptes zu beachten? Wo liegen die aussichtsreichsten Ansatzpunkte für Massnahmen zur Verbesserung der Energie- und Produktionseffizienz? Und welche technologisch wegweisenden Lösungen werden heute bereits mit Erfolg eingesetzt? Die Autoren liefern dazu fundierte Wissensgrundlagen, gesammelte Praxiserkenntnisse und geben konkrete Tips. Sie zeigen auf, wo bei der Projektierung und Realisierung in der Praxis Probleme lauern. Und Sie geben Empfehlungen, wie sich diese am wirkungsvollsten aus dem Weg räumen lassen. Ein in der Dokumentation integriertes Begriffslexikon schafft Klarheit über die heute oft falsch verstandenen Fachbegriffe. Das Lexikon gibt Empfehlungen zum richtigen Einsatz von Automationselementen wie Vorort-Elektronik, Regler, Numeric Control, Speicherprogrammierbare Steuerung, Leitsysteme oder Schnittstellen zur Anlage. Und das Lexikon vermittelt einen Überblick über die Möglichkeiten verschiedener Produktionstechniken wie Flexible Fertigung, Just in Time, Lean Production oder CIM. Ebenso erläutern die Autoren die Grundbegriffe der Qualitätssicherung in der technischen Softwareentwicklung. Im Schlussteil der Dokumentation finden Projektleiter und Automationsspezialisten einen detaillierten Phasenplan, der den korrekten Ablauf des Automationsprojektes – gegliedert in Hauptphasen, Teilphasen, Tätigkeiten und Etappenzielen – auf einen Blick übersichtlich aufzeigt. Damit wird die Dokumentation zu einem hilfreichen Instrument bei der Strukturierung, Planung und Leitung eigener Automationsprojekte.

1994
96 Seiten
Bestell-Nr. 724.335 d
Fr. 23.–*

Organisation und Energiemanagement

Betriebe die bezüglich Energieproduktivität zu den besten ihrer Branche zählen, gehören meist auch zu den konkurrenzfähigsten im Markt. Die moderen Managementmethoden und Arbeitsorganisationen, nach denen diese Unternehmen arbeiten, unterstützen einerseits ihren Wettbewerbserfolg und bilden gleichzeitig eine günstige Basis für ein erfolgreiches Energiemanagement. Diese Tatsache zeigt: Modernes Energiemanagement ist weit mehr als nur eine punktuelle Optimierungsaufgabe der Unternehmensführung. Vielmehr hat das Energiemanagement dann Erfolg, wenn es das gesamte Unternehmen von der Führungsetage bis zur Basis erfasst und das Energiemanagement als ein Stück Unternehmenskultur verstanden wird. Wie das Energiemanagement erfolgreich in die Unternehmensphilosophie, ins Management und in die unternehmerischen Organisationsabläufe eingebunden wird, zeigt diese Dokumentation.
Welche traditionellen und neuen Organisationsmittel stehen dem Management dabei zur Verfügung? Welche neue Aufgaben und Anforderungen stellt ein modernes Energiemanagement an die Unternehmensführung und die verschiedenen Bereiche im Unternehmen? Wie werden in der Praxis Aufgaben, Kompetenzen und Verantwortlichkeiten verteilt und fixiert? Und durch welche Managementinstrumente können Mitarbeiter auf allen Hierarchiestufen für einen intelligenten Energieeinsatz sensibilisiert und zu deren Durchsetzung im eigenen Kompetenzbereich motiviert werden? Antworten auf diese Fragen liefert ein Fachautorenteam aus Management und Unternehmensberatung. Die Autoren gehen in ihrem Leitfaden auf Themen ein wie: Leitbild, Organigramm, Energieaudit, Energiezirkel, Pflichtenheft für den Energiebeauftragten oder Energie-Management-Profil. Dabei stützen sie sich auf eine breite Palette neuer Untersuchungen und Erfahrungen aus Wissenschaft und Praxis. Der Leser findet in der Dokumentation einfach anwendbare Hilfsmittel und Vorgehensmuster für eine effiziente Energieorganisation. Jenen Unternehmen, die noch wenig Energiemanagement-Erfahrungen sammeln konnten, zeigt die Dokumentation Schritt für Schritt, wie die Organisation und Integration angegangen wird. Und Betriebe, die das Energiemanagement bereits erfolgreich praktizieren erhalten darin eine Fülle von Empfehlungen, wie sich die bestehende Energieorganisation weiter optimieren lässt.

1994
96 Seiten
Bestell-Nr. 724.374 d
Fr. 23.–*

Messen von Leistungen und Energien

Aufgrund systematischer Verbrauchserfassungen können durch gezielte Sofortmassnahmen die Energiekosten oft ohne grosse Investitionen spürbar gesenkt werden. Die Daten aus Messuntersuchungen machen eine effiziente, schlanke Planung und Dimensionierung des Anlagen- und Maschinenparks möglich. Und eine systematische Kontrolle der betrieblichen Daten deckt Mängel oder Schwachstellen im Betrieb auf – meist lange bevor Veränderungen oder Schäden am System sichtbar werden. So lassen sich teure Reparaturen vermeiden und eine reibungslose Produktionsabwicklung im Betrieb sicherstellen. Dies sind nur einige Gründe, weshalb die sorgfältige Analyse des Energieverbrauchs heute aus einem modern geführten Industrieunternehmen nicht mehr weg zu denken ist. Wie man durch systematisches Vorgehen bei der Messanalyse mit weniger Aufwand zu aussagekräftigeren Daten gelangt, zeigt dieses Handbuch. Nach welcher Methode wird die Analyse einzelner Verbraucher am effizientesten angegangen? Wie werden die Messaufgaben definiert und die Ziele festgelegt? Wie werden die Messungen vorbereitet und angepackt? Und wie lässt sich abgestimmt auf die Messaufgabe das beste Messverfahren bestimmen? Neben Antworten auf solche Fragen rund um die Durchführung von Einzelmessungen, zeigt der Autor auf, wie Betriebsleiter, Betriebsingenieure und Messverantwortliche gesamtbetriebliche Messkonzepte planen und in der Praxis erfolgreich durchsetzen. Daneben erhält der Leser einen Überblick über die verschiedenen Mess- und Berechnungsmethoden für die unterschiedlichen Energieformen im Betrieb – angefangen bei Elektrizität über Wärme und Fernwärme bis hin zu Dampf, Gas und Heizöl. Die leicht verständlichen Praxisbeispiele und konkreten Handlungsanleitungen, machen das vorliegende Handbuch einerseits zu einem wertvollen Hilfsmittel in Betrieben, wo die systematische Energieverbrauchserfassung noch gar nicht oder nur ungenügend praktiziert wird. Und mit seinen detaillierten Messvorschlägen, Prinzip-, Energiefluss- und Signalfluss-Schemen, zeigt die Dokumentation andererseits erfahrenen Fachleuten, wie sie bei ihre Messungen mit weniger Aufwand zu wirkungsvolleren Resultaten gelangen.

1994
136 Seiten
Bestell-Nr. 724.377 d
Fr. 32.–*