

Adressen:

Herausgeber: Bundesamt für Konjunkturfragen (BfK)
Belpstrasse 53
3003 Bern
Tel.: 031/61 21 39
Fax: 031/61 20 57

Geschäftsstelle: RAVEL
c/o Amstein+Walthert AG
Leutschenbachstrasse 45
8050 Zürich
Tel.: 01/305 91 11
Fax: 01/305 92 14

Ressortleiter: Jürg Nipkow ARENA
Schaffhauserstrasse 34
8006 Zürich
Tel.: 0 1/362 91 83

Autor: Urs Kaufmann
Dr. Eicher + Pauli AG
Pfeffingerstrasse 41
4053 Basel
Tel.: 061/35 00 77
Fax: 061/35 04 76

Roland Ackermann
Enerplan
La Croix du Péage
1029 Villars-Sainte-Croix
Tel.: 021/635 45 25

Hans Pauli
Dr. Eicher + Pauli AG
Oristalstrasse 85
4410 Liestal
Tel.: 061/921 99 91

Diese Studie gehört zu einer Reihe von Untersuchungen, welche zu Handen des Impulsprogrammes RAVEL von Dritten erarbeitet wurde. Das Bundesamt für Konjunkturfragen und die von ihm eingesetzte Programmleitung geben die vorliegende Studie zur Veröffentlichung frei. Die inhaltliche Verantwortung liegt bei den Autoren und der zuständigen Ressortleitung.

Copyright Bundesamt für Konjunkturfragen 3003 Bern, August 1992
Auszugweiser Nachdruck unter Quellenangabe erlaubt. Zu beziehen bei der Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale, Bern (Best. Nr. 724.397.21.52 d)

Form. **724.397.21.52 d 8.92 500**

RAVEL - Materil zu RAVEL

Materialien zu RAVEL

Kühlmöbel im Lebensmittelhandel

Urs Kaufmann
Roland Ackermann
Hans Pauli



Impulsprogramm RAVEL
RAVEL - Materialien zu RAVEL
Bundesamt für Konjunkturfragen

Inhaltsverzeichnis

	Kurzfassung / Condensé	
	Zusammenfassung / Résumé	
1.	Einleitung, Auftrag, Vorgehen	1
2.	Kühlung und Tiefkühlung	3
2.1	Kühlkette und Verbrauch von Kühl- und Tiefkühlprodukten in der Schweiz	3
2.2	Temperaturanforderungen beim Lebensmittelverkauf	5
2.3	Kälteprozess	7
2.4	Elektrizitätsverbrauch der Kühlkette in der Schweiz	10
3.	Kühl- und Tiefkühlmöbel	11
3.1	Funktionsweise und Bestandteile	11
3.2	Klassifizierung und Bestand	14
3.3	Charakteristische Kühlmöbelgrössen	15
3.4	Kältebedarf und Einflussfaktoren	18
3.5	Temperatureinhaltung	23
3.6	Stromverbrauchsmessungen	24
3.7	Energetischer Vergleich verschiedener Fabrikate	26
3.8	Elektrizitätsverbrauch aller Kühlmöbel in der Schweiz	28
4.	Kälteerzeugung	29
4.1	Komponenten	29
4.2	Anlagentypen	31
4.3	Verdichterkennlinien	33
4.4	Elektrizitätsverbrauchsaufteilung	34
4.5	Kalt- resp. Heissgasabtauung	37
4.6	Kältemittlersatz und Auswirkungen	3
5.	Energiesparmassnahmen bei Neuanlagen	41
5.1	Optimale Kühlmöbelkonstruktion und -aufstellung	41
5.2	Bedarfsangepasste Kühlstellen-Regulierung	53
5.3	Optimierter Kälteanlagenbau und -betrieb	57
5.4	Beurteilung der Massnahmen bei Neuanlagen	63

6.	Messungen in 5 Läden/ Standard-Messkonzept	67
6.1	Einleitung und Ziele	67
6.2	Charakterisierung der Objekte	68
6.3	Zusammenstellung der Eigenschaften und Messergebnisse	69
6.4	Analyse der Messungen	71
6.5	Optimierungsschritte im Laden 3	74
6.6	Weitere Beobachtungen	74
6.7	Empfehlungen für eine Standard-Messeinrichtung für die gewerbliche Kälte	76
7.	Energiesparmassnahmen bei bestehenden Anlagen und im Betrieb	79
7.1	Einleitung	79
7.2	Prioritäten	79
7.3	Massnahmenliste für bestehende Anlagen	80
7.4	Wärmerückgewinnung	85
8.	Offene Fragen und Umsetzungsprojekte	87
8.1	Hemmnisse und offene Fragen	87
8.2	Massnahmen zur Umsetzung	89
	Anhänge	93
A. 1	Kühlmöbelklassifizierung	95
A.2	Kühlmöbelbestand Schweiz: Grundlagen	100
A.3	Infrarot- oder Wärmestrahlung bei Kühlmöbeln	102
A.4	Kühlmöbel-Normen und Verbrauchsangaben	105
A. 5	Installierte Leistungen bei Kühlmöbeln	109
A. 6	Kältebedarf in Abhängigkeit von der Raumenthalpie	112
A.7	Temperaturmessungen bei Kühlregalen	113
A.8	Messungen verschiedener Möbelfabrikate	115
A.9	Messungen in 5 Läden: Detaillierte Erhebungen und Auswertungen	118
	Literatur	120

Kurzfassung

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

Zwischen 35 und 55% des Stromverbrauchs von Verkaufskühlmöbeln lässt sich einsparen. Eine ganze Palette möglicher Massnahmen könnte helfen, dieses riesige Potential auszuschöpfen. Die wichtigsten Verbesserungsschritte sind:

- * Wahl energetisch vorteilhafter Möbelformen und -fabrikate
- * Abdeckungen von Öffnungen während der Nacht
- * Einsatz intelligenter Kühlstellenregler

konstruktive Verbesserungen am Möbel durch die Hersteller optimierter Bau und bessere Regelung der Kälteanlage.

Auch können betriebliche Massnahmen wie regelmässige Wartung und Möbelreinigung eine Einsparung erbringen. Im Detailhandel ist die Präsentation der Verkaufsgüter ein gewichtigeres Argument als Energiesparen. Erfolgreiche Sparmassnahmen müssen diesen Umstand berücksichtigen.

Condensé

En 1990, les meubles de vente pour denrées réfrigérées et surgelées ont consommé 380 Mio de kWh d'énergie électrique, soit 0,8% de la consommation suisse.

Un potentiell important de 35 à 55% de cette énergie peut être économisé grâce à une vaste palette de mesures d'économie:

- * choix avantageux de la forme et de la qualité des meubles
- * protection thermique adéquate des ouvertures de meuble en période nocturne
- * usage de régulateurs intelligents pour les points de refroidissement
- * installation et réglage optimaux des équipements frigorifiques.

De plus, des économies peuvent également être obtenues par une maintenance correcte des installations et des meubles. La vente de détail implique une présentation des denrées attractive. Pour assurer le succès de mesures d'économies d'énergie, il faut tenir compte de cet argument important.

Kurzfassung

Zusammenfassung

Kühlkost und Kühlkette

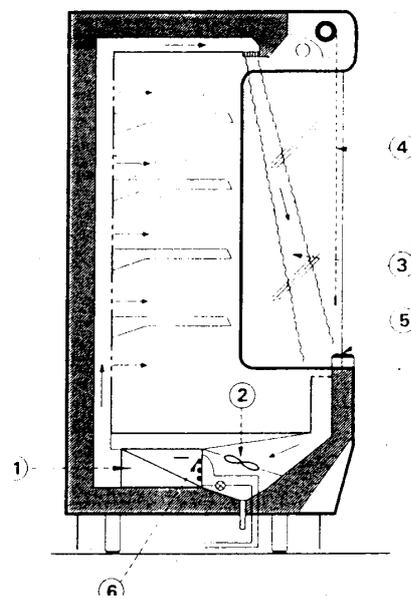
In den vergangenen 20 Jahren hat sich der Konsum von Kühlkost rund verdoppelt. Bis das Kühlgut beim Konsumenten ist, durchläuft es eine Reihe von Stationen, die sogenannte Kühlkette: Produktion und Verpackung, Lagerung, Transport, Zwischenlagerung, Transport zum Lebensmittelhändler, Lager und Präsentation beim Lebensmittelhändler sowie die Aufbewahrung beim Verbraucher. Der Stromverbrauch der Kühlkette ohne Produktion und Verpackung beträgt in der Schweiz mindestens 2200 Mio. kWh jährlich, d. h. 4,7 % des Landesverbrauchs. Gut ein Sechstel davon benötigen die Kühl- und Tiefkühlmöbel in Lebensmittelläden, über vier Sechstel die Kühlgeräte beim Verbraucher.

Kühl- und Tiefkühlmöbel

Das Kühl- oder Tiefkühlmöbel dient in erster Linie dem Verkauf der gekühlten bzw. tiefgekühlten Ware. Daher ist eine attraktive Präsentation besonders wichtig (z.B. kein Schwitzwasser). Zwei bis drei Ventilatoren (2, siehe nebenstehendes Bild) blasen Luft zur Abkühlung über den Verdampfer (1) und dann in den Bereich der gekühlten Ware. Ein Teil der Kaltluft dient als Luftvorhang (3) vor der Kühlzone und soll den Wärmeaustausch mit der Ladenumgebung reduzieren. Eine Nachtabdeckung (4) vermindert den Wärmeeintrag markant.

Kühlmöbel enthalten verschiedene wärmeerzeugende Komponenten: Beleuchtungskörper, Ventilatormotoren (2), Rahmen- (5) und Scheibenheizungen sowie die Abtauheizung (6) am Verdampfer. Für eine Kilowattstunde eingebrachter Wärme muss bei Tiefkühlmöbeln wieder gleichviel elektrische Energie beim Verdichter aufgewandt werden, um diese über den Kältekreislauf abzuführen.

Querschnitt durch ein Kühlregal

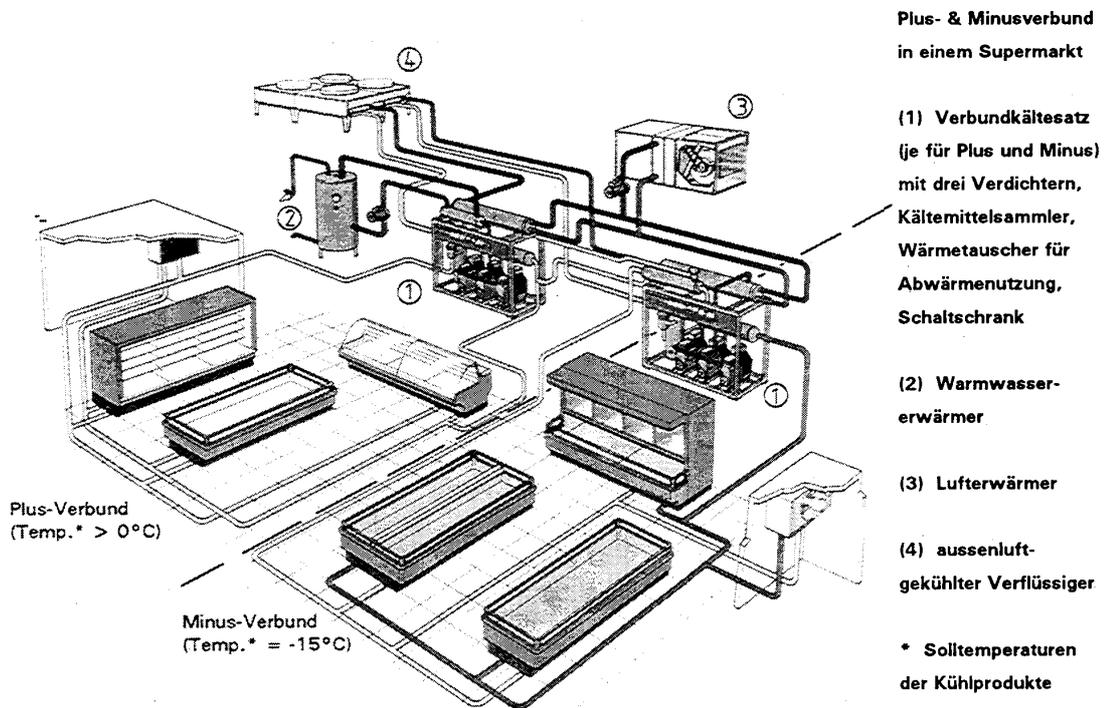


Kälteerzeugung

Neben dem im Kühlmöbel eingebauten, Verdampfer (inkl. Expansionsventil) werden mindestens ein Verdichter, ein Verflüssiger zur Wärmeabgabe sowie die verbindenden Kälteleitungen benötigt. Alle diese Komponenten sind bei einigen Möbeln eingebaut (steckerfertige Kühlmöbel). In vielen Lebensmittelläden verfügt jedes Kühlmöbel über einen eigenen Verdichter resp. Verflüssiger, welche in einem Maschinenraum aufgestellt sind (Einzelanlagen). Moderne Läden sind

Zusammenfassung

mit sogenannten Verbundanlagen ausgerüstet. In der sogenannten Plus-Verbundanlage sind alle Kühlmöbel mit 2 bis 100C Solltemperatur an ein gemeinsames Kältemittel-Leitungsnetz mit drei bis fünf parallelgeschalteten Verdichtern angeschlossen. Die Tiefkühlmöbel mit -180C Solltemperatur sind in der Minus-Verbundanlage zusammengeschlossen.



Stromverbraucher in der Kälteanlage sind die Kältemittelverdichter, Verflüssigerventilatoren, Carterheizungen usw.

Die dem Kühlgut entzogene Wärme wurde in älteren Anlagen häufig ungenutzt über Trinkwasser oder Luftkühler abgeführt. Vor allem bei Verbundanlagen kann die anfallende Abwärme zur Substitution von Heizöl u.a. eingesetzt werden. Sinnvollerweise sollte die Überhitzungswärme (aus dem Heissgas des Verdichters) für die Warmwasseraufbereitung (ca. 55°C) sowie die Verflüssigungswärme auf möglichst tiefem Temperaturniveau zur Niedertemperaturheizung verwendet werden.

Wärmerückgewinnung

Es müssen dringend Ersatzstoffe für die Ozonschicht-gefährdenden FCKW (Fluorchlorkohlenwasserstoffe) gefunden werden, da in verschiedenen europäischen Ländern ein Verbot für R12 ab 1995 sowie für R22 ab 2000 bereits verhängt wurde. Aus diesem Grund wird der Kälteanlagenbau in den nächsten Jahren dauernd im Umbruch sein.

Kältemittel

Der Stromverbrauch für die Verkaufskühlmöbel beträgt je nach Ladenart zwischen 20 bis 70% des Gesamtverbrauchs von Lebensmittelgeschäften. Entsprechend interessant sind mögliche Einsparungen für Ladenbesitzer.

Zusammenfassung

Stromsparmassnahmen

1 Massnahmen beim Kühlmöbel (inkl. Regelung)

20 bis 40% weniger Strom benötigen effiziente Kühl- und Tiefkühlmöbel im Vergleich zum heutigen Durchschnitt.

Wahl energetisch vorteilhafter Möbelformen (später auch -fabrikate)

Die Vielfalt an verschiedenen Kühl- und Tiefkühlmöbelformen ist gross. Diese unterscheiden sich in ihrem spezifischem Verbrauch (kWh pro Tag und M3 Nettoinhalt) bis zu 50%. Für Tiefkühlprodukte sind Schränke mit Glastüren zu bevorzugen.

Ein vorgeschriebenes energietechnisches Prüfverfahren für Verkaufskühlmöbel ist Voraussetzung für Ladenbesitzer und -planer, um verschiedene Fabrikate energetisch vergleichen zu können. Mit dem Energienutzungsbeschluss ist die gesetzliche Grundlage in der Schweiz seit 1 990 vorhanden.

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 -truhnen ermöglichen Energieeinsparungen bis 30%.

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.

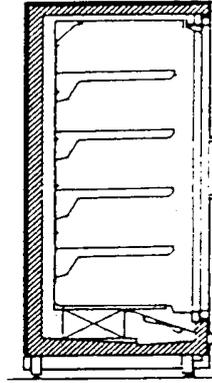
Optimale Möbelumgebung

Durch Möbelöffnungen wird Infrarotstrahlung zwischen den Kühlprodukten und der warmen Raumumgebung ausgetauscht. Durch das Anbringen von Infrarot-reflektierenden Schirmen und Baldachinen kann der Stromverbrauch bis um 15% vermindert werden.

Ladenluft-Zugserscheinungen sind in der Umgebung von Kühlmöbeln zu vermeiden. Eine gruppenweise Anordnung der Verkaufskühlmöbel in einer möglichst abgetrennten Ladenzone bewirkt eine kühlere Raumtemperatur und reduziert den Stromverbrauch.

Zusammenfassung

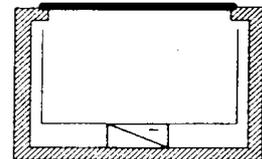
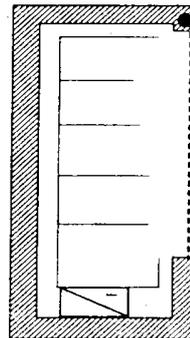
Tiefkühlschrank als energetisch beste Möbelform für Tiefkühlprodukte



Nachtabdeckungen

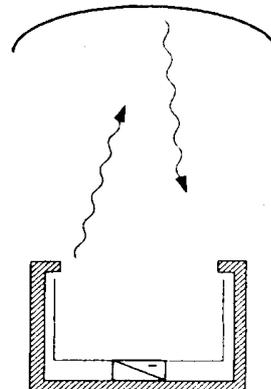
bei Kühlregalen

bei Tiefkühlinseln



d:\90\177\bild3.drw

Infrarot-reflektierende Schirme



Taupunktregelung der Rahmen- und Scheibenheizungen

Verglasungen, Handläufe und Ränder werden meist elektrisch beheizt, um die Bildung von Schwitzwasser und beschlagenen Glasflächen zu vermeiden. Vor allem das Beheizen der Glastüren von Tiefkühlschränken macht bei diesem Möbeltyp bis zu einem Drittel des Verbrauchs aus. Die Rahmen- und Scheibenheizungen sollten mit einer Taupunktregelung ausgerüstet werden, welche die Einschaltdauer bis zur Hälfte vermindern kann.

Angepasste Beleuchtung

Die Abwärme von Beleuchtungskörpern innerhalb der Kühlzone muss mit Energieaufwand "weggekühlt" werden. Die Beleuchtung mit Leuchtstofflampen ist ausserhalb des gekühlten Bereichs anzubringen.

Bedarf sabbtauung

Die Feuchtigkeit der Raumluft dringt ins Möbelinnere ein und führt zur Vereisung des Verdampfers. Dieser wird daher in der Regel mit elektrischen Heizelementen abgetaut. Mit modernen Reglern kann der Beginn und die Dauer der Abtauung dem effektiven Vereisungsgrad angepasst werden und bei Tiefkühlmöbeln rund 5% des Verbrauchs eingespart werden.

Einsatz intelligenter Kühlstellenregler

Neue Kühlstellenregler ermöglichen eine genauere Einhaltung der Möbelinnentemperatur, insbesondere beim Einsatz von Nachtabdeckungen. Zusammen mit elektronischen Expansionsventilen gewährleisten sie eine optimale Füllung des Verdampfers mit Kältemittel, auch bei Verflüssigungstemperaturen unter 150C. Intelligente Kühlstellenregler können weitere Regel- und Steueraufgaben sowie Alarm- und Überwachungsfunktionen übernehmen.

Konstruktive Verbesserungen bei Kühlmöbeln

Durch nachstehende Möbel-Verbesserungen könnten die Hersteller noch einen markanten Beitrag zum rationellen Stromverbrauch im Lebensmittelhandel beitragen.

* Glastüren mit Infrarot-reflektierenden Beschichtungen verringern die Strahlungsverluste und ermöglichen einen weitgehenden Verzicht auf Scheibenheizungen.

* In den letzten Jahren wurden die Kühlmöbel-Fronten resp. -Seitenwände zunehmend verglast statt mit nicht-transparenter Isolation ausgeführt. Diese Tendenz des "gläsernen Möbels" führt unvermeidbar zu einem höheren Verbrauch und sollte vermieden werden.

Zusammenfassung

* Ein Verbesserungspotential besteht auch bei der Luftführung innerhalb des Möbels. Optimierte Luftschleier zur Reduktion des Luftaustausches zwischen Kühlbereich und Laden, bessere Anströmung des Verdampfers und verminderte Druckverluste in den Umluftkanälen sind nur einige Stichworte dazu.

* Die Luftschleier vor Möbelöffnungen sollten möglichst kurz sein, damit die Verdampfungstemperatur angehoben und eine bessere Effizienz der Kälteerzeugung erreicht werden kann.

* Durch den Einsatz von Reflektoren kann bei Kühlregalen die früher übliche zweireihige Beleuchtung durch eine Leuchtstoffröhrenreihe ersetzt werden. Vorschaltgeräte sind ausserhalb des Kühlbereiches zu montieren.

* Der Einbau von Ventilatoren mit höherem Wirkungsgrad und eine wirksamere Möbelisolierung ermöglichen weitere Einsparungen.

2. Massnahmen bei der Kälteanlage

Durch Verbesserungen bei der Kälteanlage können gegenüber heute 15 bis 20% des Stromverbrauchs für Kühlmöbel eingespart werden.

Einsatz von Verbundanlagen 1 Platzierung 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 TrinkwasserVorerwärmung im Brauchwarmwasser-Erwärmer möglich.

Bedarf angepasste Saugdruckerhebung

Bei geringem Kältebedarf der Kühlstellen kann die Verdampfungstemperatur und folglich der Saugdruck am Verdichtereintritt angehoben werden. Mit einer speziellen Regelvorrichtung kann der Saug-

Zusammenfassung

druck immer auf dem höchst möglichen Niveau gehalten und so Strom gespart werden.

Einsatz effizienter Verdichter

Es sind Verdichter mit energetisch optimierten Arbeitsventilen und minimalem Schraumdraum zu wählen. So bald auf dem Markt erhältlich, können drehzahlgeregelte Verdichter weitere Einsparungen ermöglichen.

Verminderte Druckverluste in den Kälteleitungen

Werden druckverlustarme Armaturen, Rohrbogen statt Kniestücken sowie grössere Querschnitte bei den Kälteleitungen gewählt, so verringert sich der Druckverlust und die nötige Verdichterarbeit zu dessen Überwindung.

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 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.

Umsetzung

Für eine verstärkte Umsetzung des geschätzten Sparpotentials im Bereich von 35 bis 55% des Kühlmöbel-Stromverbrauchs muss das in diesem Bericht zusammengestellte Effizienz-Know-How weitervermittelt werden und zur Anwendung kommen.

Folgende Umsetzungsaktivitäten sind vorgesehen:

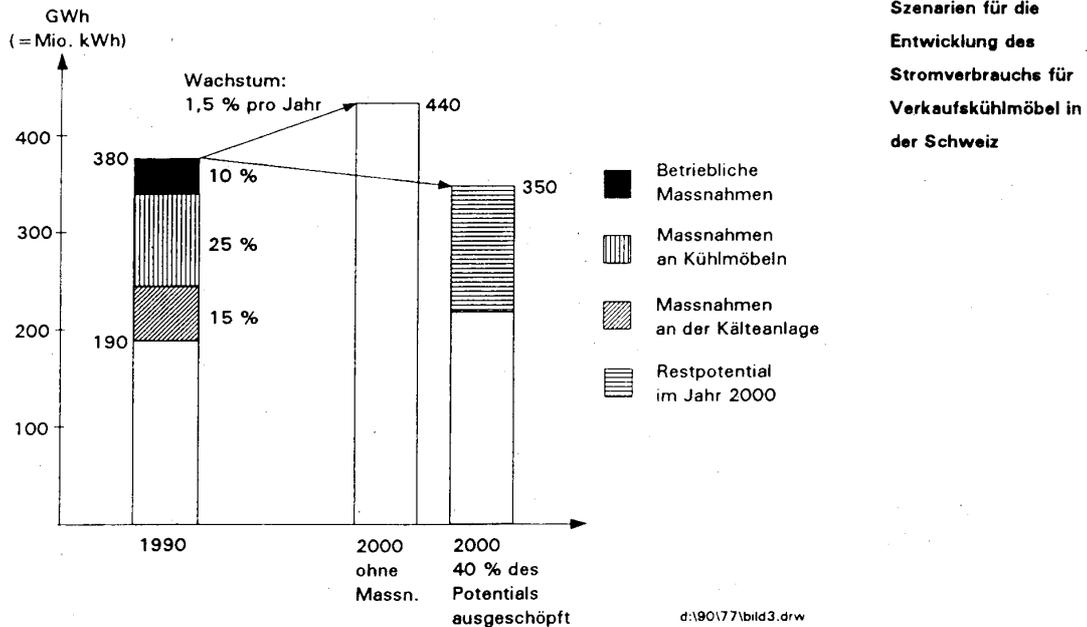
- * Publikationen in Fachzeitschriften
- * Workshops für verschiedene Gruppen von Kühlmöbel-Spezialisten
- * Fachtagung für Kühlmöbel- und Kältefachleute
- * Anwender-Broschüre für das Ladenpersonal usw.
- * Pilotprojekt für eine praxisorientierte Energiebuchhaltung in Lebensmittelgeschäften
- * Pilotprojekt mit beispielhaften Sanierungen und Neuanlagen

Zusammenfassung

Als wichtiges Hilfsmittel für die Wahl energiesparender Verkaufskühlmöbel ist in der Schweiz die Vorschrift für ein energetisches Prüfverfahren und zur Deklaration aussagekräftiger Stromverbrauchswerte zu erlassen. Die gesetzlichen Grundlagen dazu sind vorhanden.

Das nachstehende Bild zeigt Szenarien, wie sich der Elektrizitätsverbrauch für Verkaufskühlmöbel in der Schweiz bis zum Jahre 2000 entwickeln könnte. Dabei wurde zugrundegelegt, dass der Möbelbestand jährlich 1,5% zunehmen wird. Bei gleicher energetischer Qualität wie heute würde der Stromverbrauch auf 440 Mio. kWh zunehmen.

Gelingt es, durch zunehmende Umsetzung von Sparmassnahmen bis ins Jahr 2000



bereits 40% des Sparpotentials auszuschöpfen, so kann der Stromverbrauch trotz Zunahme des Möbelbestandes gegenüber heute um 8% auf 350 Mio. kWh gesenkt werden.

Zusammenfassung

Résumé

Denrées alimentaires et chaîne du froid

Au cours des 20 dernières années, la consommation de denrées congelées et réfrigérées a doublé. Avant d'atteindre le consommateur, ces dernières parcourent une série de points à température contrôlée appelée chaîne du froid: production et emballage, stockage, transport, entreposage, transport vers le distributeur, entreposage et présentation à la vente, conservation chez le consommateur. La consommation d'énergie électrique de la chaîne du froid, sans la production et l'emballage, s'élève en Suisse à au moins 2200 Mio de kWh par an, c.-à-d. à 4,7 % de la consommation du pays. Les meubles de réfrigération, congélation et surgélation des magasins alimentaires en utilisent un sixième; quatre sixièmes assurent le contrôle de la température chez le consommateur.

Meubles frigorifiques et de congélation

Le besoin de présenter à la vente les denrées réfrigérées et congelées de manière attractive implique l'usage, de meubles équipés comme suit (voir figure ci-contre): l'air propulsé par deux à trois ventilateurs (2) est refroidi au travers d'un évaporateur (1) et pénètre dans le volume contenant les denrées. Une partie de cet air sert de rideau d'air (3) limitant l'échange de chaleur entre le volume à refroidir et son environnement. Une protection nocturne (4) ferme le meuble, réduisant ainsi fortement l'échange de chaleur.

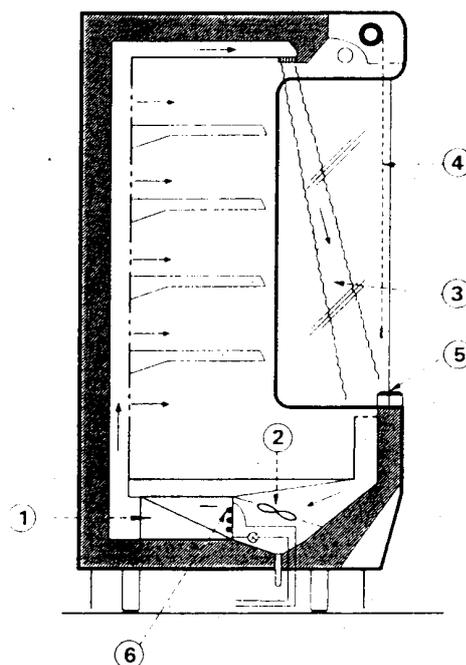
Les meubles frigorifiques comprennent plusieurs sources d'énergie thermique à refroidir : luminaires, moteurs de ventilation et chauffages de cadre, d'antibuée des vitres et de dégivrage de l'évaporateur. Pour évacuer 1 kWh de chaleur introduite dans un meuble de congélation, il faut fournir au compresseur frigorifique la même quantité d'électricité.

Production de froid

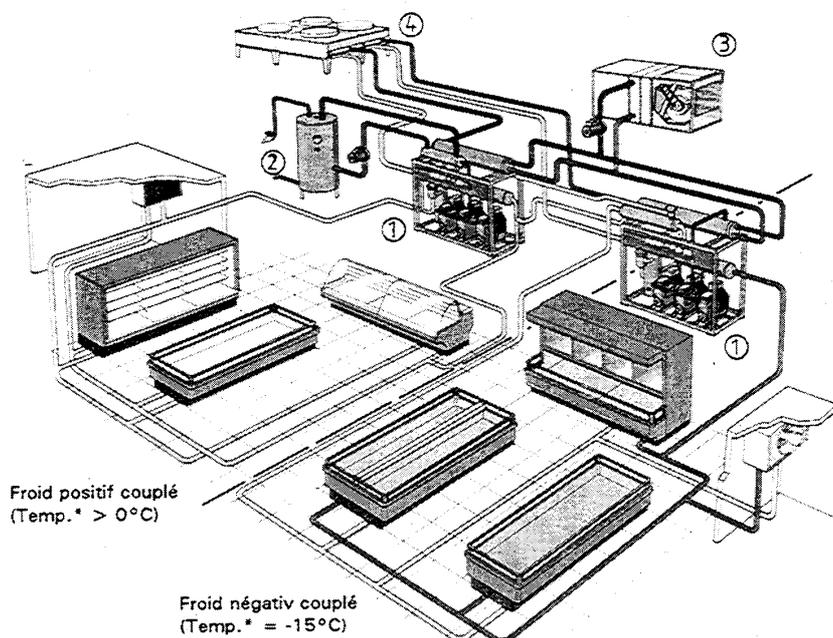
A part l'évaporateur et la vanne d'expansion du fluide frigorigène montés dans le meuble, l'installation frigorifique comprend au moins un compresseur, un condenseur évacuant la chaleur et les conduites de liaison. Les meubles à fiche se caractérisent par le fait que tous ces composants sont incorporés au meuble. Dans de nombreux magasins d'alimentation, chaque meuble dispose d'un compresseur resp. d'un condenseur individuel regroupés dans un local technique. Dans les magasins modernes, notamment dans les supermarchés,

Résumé

Coupe d'un meuble frigorifique



ces installations indépendantes sont-remplacées par des installations centralisées couplées produisant du froid. dans deux plages de température : froid positif couvrant des températures de meubles de + 2 à + 10 °C et froid négatif assurant une température de consigne de -18°C. Ces groupes comprennent chacun plusieurs compresseurs couplés en parallèle. Les consommateurs d'électricité de la production frigorifique sont le compresseur, les ventilateurs de condensation, les chauffages



Froid positif et négatif dans un supermarché

(1) unités centralisées (l'une positive et l'autre négative) avec 3 compresseurs, un réservoir de liquide, un échangeur de récupération de chaleur, un tableau électrique
(2) préchauffeur d'eau sanitaire
(3) aérochauffeur
(4) condenseur refroidi à air

* Température de consigne des denrées

de carter.

Dans les anciennes installations, la chaleur soutirée aux denrées était en général évacuée, sans récupération, au moyen d'eau perdue ou d'aérorefroidisseurs. Cette chaleur peut être récupérée pour se substituer à celle qui est produite par les énergies fossiles, particulièrement dans les installations couplées, mais également dans les installations indépendantes. Il importe que la production d'eau chaude sanitaire (env. 55°C) soit faite au moyen de la désurchauffe des gaz de sortie des compresseurs et que la chaleur de condensation soit utilisée pour un chauffage à une température aussi basse que possible.

Récupération de chaleur

Il est urgent de remplacer les fluides produisant la dissociation de la couche d'ozone (les dérivés chlorofluorés d'hydrocarbures). En effet, plusieurs pays européens interdisent l'usage de R12 dès 1995 et de R22 dès l'an 2000. Pour cette raison, la construction d'installations frigorifiques subira d'importantes mutations durant ces prochaines années.

Fluides frigorigènes

La consommation d'électricité pour les meubles frigorifiques de vente atteint en général 20 - 70% de la consommation totale des magasins d'alimentation. Ces chiffres montrent l'intérêt que leurs propriétaires doivent porter à l'économie d'énergie dans ce secteur.

Résumé

Pilotage au point de rosée des chauffages de cadre et d'anti-buée

Pour éviter la condensation d'eau et la buée sur des surfaces exposées, les vitres, les mains-courantes et certains points critiques sont généralement chauffés électriquement. Les chauffages antibuée des portes vitrées des meubles de surgélation peuvent à eux seuls atteindre le tiers de la consommation électrique. Il est possible de piloter ces divers chauffages par une régulation au point de rosée. Celle-ci peut réduire leur durée de fonctionnement de moitié.

Eclairage économique et adapté

La chaleur apportée par l'éclairage dans le meuble doit en être extraite avec de l'énergie supplémentaire. Par conséquent, les tubes fluorescents doivent être montés à l'extérieur du volume refroidi.

Dégivrage piloté selon la demande

L'humidité de l'air ambiant pénètre dans le meuble et se dépose sous forme de givre sur l'évaporateur. En général, celui-ci est équipé de corps de chauffe de dégivrage enclenchés cycliquement. Avec une régulation moderne, l'intervention et la durée de fonctionnement s'adapte à l'intensité de givrage. Dans les meubles de congélation, l'économie peut atteindre 5%.

Régulation intelligente des postes de refroidissement

Le marché offre de nouveaux appareils capables de mieux contrôler les températures des meubles et de s'adapter en particulier au régime de nuit. Avec l'adjonction de vannes d'expansion électroniques, ces appareils permettent l'alimentation optimale des évaporateurs en fluide frigorigène, même pour des températures de condensation inférieures à 15°C. En complément, ces régulations intelligentes peuvent s'acquitter d'autres fonctions de réglage et d'alarme.

Amélioration de la construction des meubles

En concrétisant les améliorations citées ci-après, les constructeurs de meubles peuvent apporter d'importantes contributions à la rationalisation de l'utilisation de l'électricité dans le commerce alimentaire

* Portes vitrées avec couche infrarouge réduisant les pertes par rayonnement et pouvant même éviter le chauffage anti-buée.

* Au cours des dernières années, les fermetures latérales et le front des meubles ont été exécutés en verre plutôt qu'en isolation nontransparente. Cette tendance vers la réalisation de "meubles transparents" conduit inévitablement à une élévation de la consommation et devrait être évitée.

Résumé

* Des gains sont aussi -réalisables au niveau des parcours de l'air refroidissant dans les meubles. L'optimisation des rideaux d'air pour la réduction de l'échange de chaleur meuble-environnement, un meilleur transfert de l'air au travers de l'évaporateur et la réduction des résistances des canaux d'air, ne sont que quelques exemples d'amélioration.

* Plus les rideaux d'air sont courts, plus la température d'évaporation peut être relevée. Il en résulte une amélioration de l'efficacité de la production de froid.

* En faisant usage de réflecteurs, l'éclairage à deux rangées de tubes peut être ramené à une rangée. Le ballast doit être monté à l'extérieur du volume refroidi.

* L'usage de ventilateurs à meilleur rendement et l'amélioration de l'isolation sont d'autres possibilités d'action.

2. Actions touchant la production de froid

Les améliorations au niveau de la production de froid permettent aujourd'hui une économie de 15 à 20% de l'électricité consacrée au secteur des meubles frigorifiques.

Usage d'installations couplées 1 emplacement des composants

Pour les surfaces de vente d'importance moyenne ou grande, le choix doit être porté sur des installations couplées plutôt que sur des installations indépendantes ou des meubles à fiche.

Pour de nouvelles constructions, il est important de maintenir les distances entre points de consommation, points de production de froid et lieu de condensation, aussi courtes que possible.

Récupération de chaleur / pression de condensation minimale

La chaleur de condensation doit être utilisée le mieux possible. Avec une conception adéquate des installations, il est possible de maintenir basse la pression de condensation, même en régime de récupération. Pour les périodes d'excès de chaleur, cette pression doit être ramenée à un niveau aussi bas que possible. Ainsi, le rendement de la production de froid n'est que peu réduit par le recours à la récupération.

Sous-refroidissement du fluide frigorigène

Après un passage dans le réservoir de liquide, le liquide frigorigène doit être refroidi au moyen d'un échangeur. L'alimentation d'eau sanitaire passant en préchauffage par cet échangeur. est un bon moyen de créer le sous-refroidissement.

Résumé

Adaptation de la pression d'aspiration

Pour les moments de faible demande de froid, la température d'évaporation, respectivement la pression d'aspiration à l'entrée du compresseur, peut être relevée. Avec une régulation adéquate, cette pression peut être ramenée régulièrement à la valeur optimale. Il en résulte une économie d'électricité.

Usage de compresseurs à bon rendement

Le choix doit être porté sur des compresseurs à soupapes énergétiquement optimisées et à volume de compression minimal. Dès leur apparition sur le marché, il sera utile de faire usage de compresseurs à vitesse réglable, modulation qui permettra des économies.

Faible niveau de résistance des conduites de fluide frigorigène

Les pertes de pression et ainsi le travail des compresseurs pour les vaincre sont sensiblement réduits par l'usage de conduites de section plutôt élevée, de longueur aussi courte que possible, et d'armatures et de coudes à faible résistance de passage.

3. Mesures d'exploitation

Les spécialistes de la branche estiment que par la charge correcte des meubles, leur nettoyage et leur entretien, 10 - 15% de la consommation des meubles frigorifiques peuvent être économisés.

Le remplissage des meubles ne doit pas dépasser les marques définies et les bouches de pulsion d'air ne doivent pas être recouvertes de marchandises.

Le nettoyage régulier est indispensable. Il implique l'évacuation des marchandises, le nettoyage de l'évaporateur et du système d'écoulement.

Les condenseurs doivent être nettoyés périodiquement par le personnel spécialisé, ceci afin de maintenir leur pouvoir d'échange.

Mise en application

La réalisation du potentiel d'économie estimé à 35 - 55% de la consommation du secteur meubles frigorifiques, implique la diffusion des connaissances réunies dans le présent rapport et une mise en oeuvre de projets de soutien.

Les activités suivantes sont prévues.

* Publications dans les revues spécialisées

* Séminaires pour divers groupes de spécialistes du meuble frigorifique

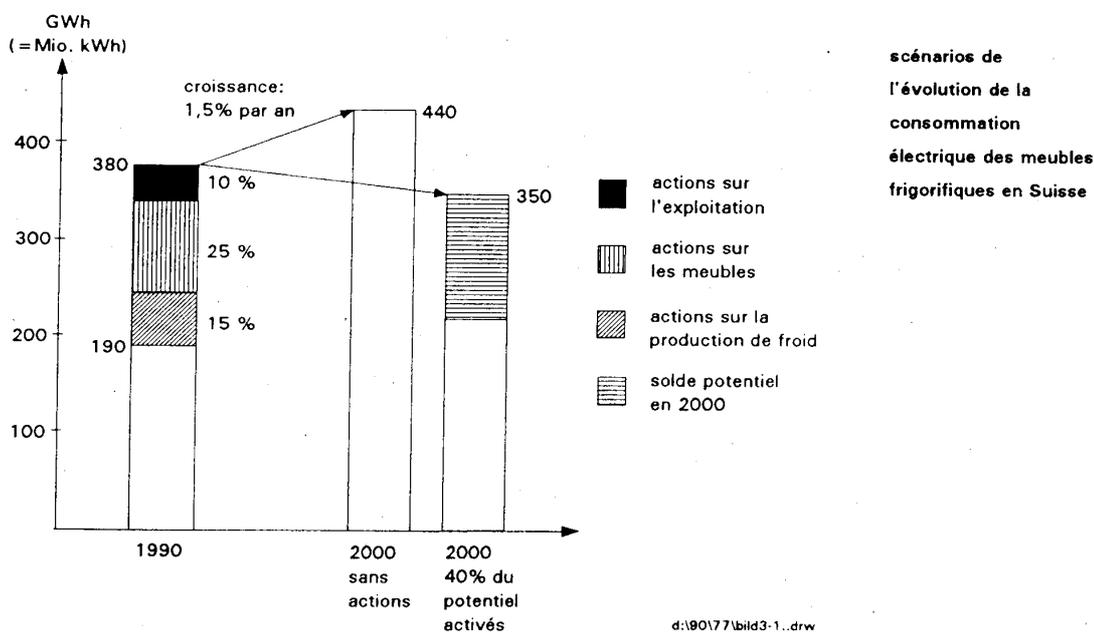
Résumé

- * Journées d'information pour spécialistes du meuble frigorifique et du froid
- * Brochures d'utilisation pour le personnel des magasins, etc.
- * Proje-t-pilote de comptabilité pratique de l'énergie dans les magasins d'alimentation
- * Proje-t-pilote avec des assainissements ou des installations nouvelles exemplaires.

Pour favoriser le choix de meubles de vente économes de l'énergie, il est nécessaire que soit acceptée et prescrite pour la Suisse une procédure de test et de déclaration valables pour la définition des indices de consommation d'électricité des meubles frigorifiques. Les bases légales nécessaires sont disponibles.

La figure ci-après présente pour la Suisse et jusqu'à l'an 2000, des scénarios de la consommation d'électricité des meubles frigorifiques des surfaces de vente. Il y est admis que l'accroissement annuel du parc de meubles sera de 1,5%. A qualité énergétique inchangée, la consommation d'électricité atteindrait 440 Mio de kWh par an.

En cas de succès des actions d'assainissement et de concrétisation d'un potentiel d'économie de 40 % d'ici à l'an 2000, une réduction de 8% par rapport à 1990, soit



une consommation de 350 Mio de kWh en l'an 2000, serait possible malgré l'accroissement du parc.

Résumé

1 Einleitung, Auftrag, Vorgehen

In der Regel wird etwa die Hälfte des Elektrizitätsverbrauchs von Lebensmittelgeschäften für den Betrieb der Kühlmöbel in den Verkaufsräumen sowie der Kühlräume benötigt. Die Verkaufskühlmöbel und die Kühlräume werden mit dem Begriff gewerbliche Kühlung zusammengefasst. Der Anteil der gewerblichen Kühlung in den Lebensmittelgeschäften am schweizerischen Elektrizitätsverbrauch beträgt rund 0,8%.

Meist mehr als 80% des Strombedarfs für gewerbliche Kühlung werden von den Verkaufskühlmöbeln verbraucht. Das Hauptgewicht für Sparanstrengungen muss folglich auf die Möbel und deren Kälteanlage gelegt werden.

Einige motivierte Grossverteiler haben bereits Untersuchungen über stromsparende Kühlmöbel durchgeführt. Auch Kälteanlagenspezialisten haben den rationellen Energieeinsatz bei der gewerblichen Kälte schon verschiedentlich in Fachzeitschriften zum Thema gemacht und in der Praxis Erfolge erzielt. Möbelhersteller mit grossen Entwicklungsabteilungen sind ebenfalls nicht untätig geblieben.

Dennoch wurde in der Schweiz unseres Wissens noch nie versucht, die verschiedenen Sparmöglichkeiten bei der gewerblichen Kälte im Lebensmittelhandel möglichst umfassend darzustellen. Daher wurde diese nicht unbedeutende Verbraucherkategorie im Rahmen des Impulsprogramms "Rationelle Verwendung von Elektrizität (RAVEL)" zum Thema gemacht.

Die Ziele der vorliegenden Untersuchung können wie folgt zusammengefasst werden:

- * Das bereits verfügbare Wissen über den rationellen Energieeinsatz bei Verkaufskühlmöbeln soll gesammelt werden.
- * Die nötigen Grundlagen für das Verständnis der Energiesparmassnahmen sollen vermittelt werden.
- * Alle möglichen Massnahmen beim Neubau oder bei der Sanierung von Anlagen werden dargestellt. Zusätzlich werden Sofortmassnahmen bei bestehenden Anlagen und Sparpotentiale durch einen optimalen Unterhalt beschrieben.
- * Zur Vertiefung der Kenntnisse sollen vergleichende Messungen in einigen typischen Läden vorgenommen werden.
- * Mögliche Probleme bei der Umsetzung der dargestellten Sparmöglichkeiten und sinnvolle frankierende Massnahmen für eine verstärkte Anwendung der Erkenntnisse sollen aufgezeigt werden.
- * Das Zielpublikum dieser Untersuchung liegt in erster Linie bei interessierten Fachleuten und Betreibern von Gewerbekälteanlagen.

bis 70% des Stromverbrauchs von Lebensmittelgeschäften benötigt die gewerbliche Kühlung

Energiesparanstrengungen wurden bereits unternommen

Eine aktuelle Grundlagenstudie über den rationellen Energieverbrauch bei der gewerblichen Kühlung fehlt im deutschen Sprachraum.

Die Untersuchung erfolgte durch die Arbeitsgemeinschaft der beiden Ingenieurbüros Dr. Eicher + Pauli AG und Enerplan S.A.. Die Zuständigkeiten wurden folgendermassen aufgeteilt:

Aufteilung der
Zuständigkeiten

Dr. Eicher + Pauli, Liestal: Projektleitung, Kapitel 1 bis 5 sowie 8 (U.Kaufmann, H.Pauli)

Enerplan, Villars-Sainte-Croix: Kapitel 6 und 7
(R. Ackermann)

Für den Inhalt der genannten Kapitel sind die zuständigen Firmen verantwortlich.

Um vom vorhandenen Wissen möglichst profitieren zu können und die laufenden Arbeiten einer konstruktiven Kritik zu unterstellen, wurde eine begleitende Arbeitsgruppe mit Fachleuten verschiedener betroffener Bereiche gebildet.

- * U. Berger, Zürich (Migros Genossenschaftsbund)
- * K. Gutzwiller, Basel (Coop Schweiz)
- * A. Kümin, Zürich (Schweizerisches Tiefkühlinstitut)
- * P. Moser, Winterthur (Gebr. Sulzer AG)
- * J. Nipkow, Zürich (Büro ARENA; RAVEL-Ressortleiter Kraft)
- * E. Plattner, Basel (Linde AG)
- * A. Walter, Bern (Schaller Uto AG)

Mitglieder der
begleitenden Arbeits-
gruppe

Wir möchten uns an dieser Stelle bei den genannten Personen für ihre tatkräftige Mithilfe zum Gelingen dieses Projektes bedanken.

Dank geht auch an die Migros Genossenschaften Bern (Herrn Burri), Vaud (Herrn Schnyder), Neuchatel (Herrn Fior) sowie das betroffene Ladenpersonal für die Unterstützung bei konkreten Messungen in ausgewählten Läden.

1 . Einleitung, Auftrag, Vorgehen

2

2. Kühlung und Tief kühlung

2.1 Kühltette und Verbrauch von Kühl- und Tief kühlprodukten in der Schweiz

In der Schweiz werden jährlich rund 800 Kilogramm Nahrungsmittel pro Person verbraucht. Ein Teil dieser Produkte wird gekühlt (bei Temperaturen grösser als ca. 0°C) oder tiefgekühlt (bei Temperaturen von -180C und tiefer). Dadurch kann einerseits die Qualität der Lebensmittel während der Verteilung, dem Verkauf und der Lagerung gewährleistet werden. Andererseits kann bei gleichbleibender Produktequalität die Aufbewahrungsdauer verlängert werden. Der Weg von der Produktion der gekühlten oder tiefgekühlten Nahrungsmittel bis zu deren Verbrauch wird als Kühl- resp. Tiefkühlkette bezeichnet (siehe Bild 2.1.1). Insbesondere bei der Tiefkühlkette ist die dauernde Einhaltung bestimmter Temperaturen unerlässlich, damit die Qualität der tiefgekühlten Lebensmittel nicht beeinträchtigt wird. Nicht alle Produkte durchlaufen die gesamte Kühl- oder Tiefkühlkette gemäss Bild 2.1.1 von A bis Z. Beispielsweise werden grössere Mengen Fleisch in Tiefkühlslagern aufbewahrt und gelangen aber aufgetaut als Kühlprodukte zu den Verbrauchern. Andere Kühl- oder Tiefkühlprodukte erreichen die Endverbraucher nicht über den Detailhandel.

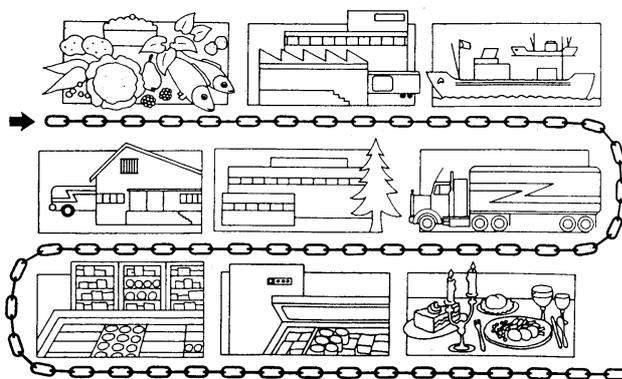


Bild 2.1.1 Kühl- oder Tiefkühlkette

2. 1.1 Kühlung und Tiefkühlung

Rund 20% der Nahrungsmittel werden in der Schweiz auf dem Weg von der Produktion bis zum Verbraucher teilweise oder dauernd gekühlt. Tiefgekühlte Lebensmittel machen einen Anteil von ungefähr 4% des gesamten Nahrungsmittelverbrauches aus. Je nach Produktgruppe variieren diese Anteile stark (siehe Tabelle 2.1.2).

Pro-Kopf-Verbrauch in der Schweiz: 29 kg/& Tiefkühlprod. 151 kg/a Kühlprod.

	Nahrungsmittelverbrauch in der Schweiz 1988		
	TOTAL pro Kopf kg/Person/Jahr	Anteil am Pro-Kopf-Verbrauch als	
		Kühlprodukte	Tiefkühlprod.
Fleisch	67	55%	11%
Fische, Schalentiere	8	17%	30%
Milch, Milchprodukte	168	60%	
Gemüse	95	5%	4%
Obst	114		1%
Kartoffeln	46		8%
Glace	8		100%
andere (Getränke, Zucker)	301	3%	1%
TOTAL	807	19%	4%

Tabelle 2.1.2 Verbrauch von Kühl- und Tiefkühlprodukten in der Schweiz

(gemäss Statistischem Jahrbuch der Schweiz 1991)

Nicht sämtliche Kühl- oder Tiefkühlprodukte gelangen in den Detailhandel und somit in Verkaufskühlmöbel. Bei den tiefgekühlten Lebensmitteln sind dies nur rund 45 - 50%. Der Rest gelangt direkt zu Grossverbrauchern wie Restaurationsbetriebe usw. (bei den Kühlprodukten muss mangels genauerer Daten von einem ähnlichen Anteil ausgegangen werden). Folglich werden in der Schweiz jährlich rund 60 bis 90 kg Kühlprodukte pro Kopf 13 bis 15 kg Tiefkühlprodukte pro Kopf in Kühlmöbeln von Lebensmittelgeschäften umgesetzt.

jährlicher Produkteumsatz über Kühlmöbel im Detailhandel

Der Konsum von Tiefkühlprodukten hat in der Schweiz seit Mitte der sechziger Jahre stark zugenommen. Der gesamte Pro-Kopf-Verbrauch hat sich seit 1965 rund vervierfacht (siehe Bild 2.1.3). Der Verbrauch scheint sich langsam zu stabilisieren.

2. Kühlung und Tiefkühlung

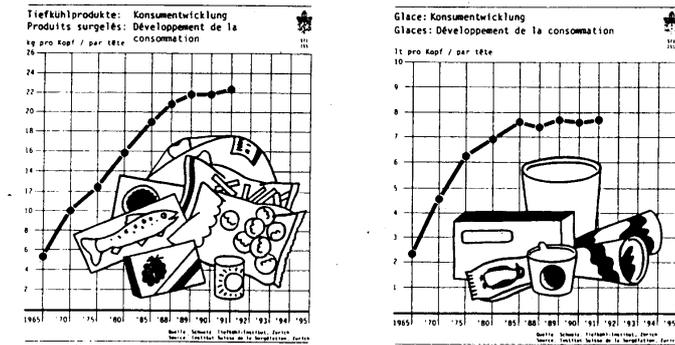


Bild 2.1.3 Verbrauchsentwicklung der Tiefkühlprodukte (exkl. Glace) und der Glaceprodukte in der Schweiz [STI, 1992]

2.2 Temperaturanforderungen beim Lebensmittelverkauf

Damit die Qualität der Kühl- und Tiefkühlprodukte bis zum Verzehr gewährleistet ist, müssen während der gesamten Kühlkette Temperatur- und teilweise auch Feuchtigkeitsanforderungen eingehalten werden. Aus technischen Gründen unterscheiden sich die Anforderungen für die Lagerung, den Transport und den Verkauf. Nachstehend wird speziell auf die Vorschriften im Bereich des Lebensmittelverkaufs in Kühlmöbeln eingegangen.

In Tabelle 2.2.1 sind die einzuhaltenden Produkttemperaturen von verschiedenen Kühl- und Tiefkühlprodukten in der Schweiz zusammengestellt. Im Rahmen der laufenden Revision der schweizerischen Lebensmittelverordnung werden die Temperaturanforderungen den EG-Vorschriften angepasst. Detailliertere Informationen zu entsprechenden Bestimmungen in der Schweiz und der EG finden sich im RAVEL-Bericht "Kühltemperaturen im Lebensmittelhandel" [STI-2, 1992].

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.

unterschiedliche Temperatur-Vorschriften für die Lagerung, den Transport und die Verkaufskühlmöbel

Temperaturvorschriften in der

Schweiz werden dem EG-Recht angepasst

2. Kühlung und Tiefkühlung

Produkte	Produkte-temperaturen in Verkaufskühlmöbeln	schweiz. Vorschriften (Abk. siehe unten)
Tiefkühlprodukte	-18°C	LMV
Frischfisch, Krustentiere	2°C	VVF
Fleisch, Fleischwaren, Hackfleisch	2°C	
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	
Pâtisserie	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

Tabelle 2.2.1 Schweizerische Produkttemperaturen für Kühl- und Tiefkühlprodukte in Verkaufskühlmöbeln (Stand Mitte 1992)

Bei Verkaufskühlmöbeln ist die Einhaltung der Produkttemperaturen gemäss Tabelle 2.2.1 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. 1 1) 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.

beim Abtauen darf die Temperatur der Tiefkühlprodukte von -18°C auf -15°C ansteigen

2. Kühlung und Tiefkühlung

2.3 Kälteprozess

Als Grundlage für das Verständnis der Funktionsweise von Kühlmöbeln wird an dieser Stelle eine kurze Einführung in die Kältetechnik gegeben. Eine Kälteanlage überführt Wärme von einem Ort, wo sie nicht erwünscht ist, zu einem Ort, wo sie genutzt oder an die Umgebung abgegeben werden kann. Man unterscheidet zwei Arten von Wärme:

* Sensible Wärme verändert die Temperatur eines Stoffes

* Latente Wärme verändert den Zustand eines Stoffes (fest-flüssig-gasförmig und umgekehrt).

An Zustandsänderungen sind vergleichsweise viel grössere Wärmemengen beteiligt als an Erwärmungs- oder Abkühlvorgängen innerhalb des Temperaturbereiches der Kältetechnik. Diese Tatsache macht sich die Kältetechnik zunutze. Durch Verdampfen eines Mediums kann der Umgebung viel Wärme entzogen werden und durch Verflüssigen wird diese Wärme wieder frei. Der Druck des Mediums bestimmt, bei welcher Temperatur die Verdampfung oder die Verflüssigung stattfindet.

Das in der Kältemaschine umlaufende Medium wird als Kältemittel bezeichnet. Die Anforderungen richten sich nach der Art des Kälteprozesses sowie nach dem Temperaturbereich, in welchem die Anlage arbeitet. Mögliche Kältemittel sind Ammoniak und Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW). In Kälteanlagen für Verkaufskühlmöbel werden FCKW eingesetzt. Sie sind praktisch geruchlos und werden als ungiftig bezeichnet. Allerdings sind sie hauptverantwortlich für den Abbau der sogenannten Ozonschicht der Erde. Daher werden in neuen Gewerbekälteanlagen heute in der Regel weniger ozongefährdende Kältemittel eingesetzt als in den vielen bestehenden Anlagen (siehe Tabelle 2.3.1).

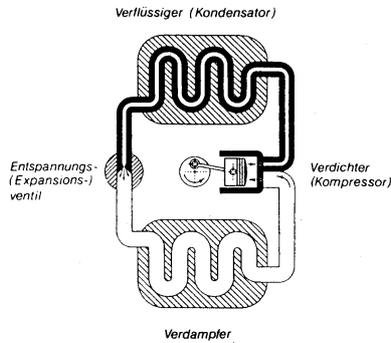
Verdampfen und
verflüssigen

eingesetzte Kältemittel

	Eingesetzte Kältemittel (in Klammer das sogenannte Ozonabbaupotential; 1 = hoch, 0 = kein Einfluss auf die Ozonschicht)	
	bestehende Anlagen	Neuanlagen
Pluskühlanlagen (Produkttemperaturen 0 bis 12°C)	R12 (0.86) R22 (0.05) R502 (0.23)	R22 (0.05)
Tiefkühlanlagen (Produkttemperaturen -18 bis -23°C)	R502 (0.23) R12 (0.86) R22 (0.05)	R22 (0.05)

Tabelle 2.3.1 Für Verkaufskühlmöbel eingesetzte Kältemittel

Im Bild 2.3.2 ist der normalerweise eingesetzte Kälteprozess dargestellt. Im Verdampfer-Wärmetauscher liegt die Kältemittel-Temperatur unter der Umgebungstemperatur. Aus der Umgebung fließt deshalb Wärme auf das unter Druck stehende Kältemittel über und bringt es zum Verdampfen. Der kalte Dampf wird vom Verdichter angesaugt ("Sauggas") und auf hohen Druck verdichtet. Dadurch steigt die Temperatur des Kältemitteldampfes. Der heiße Dampf ("Heissgas" oder "Druckgas") gibt im Verflüssiger Wärme an die Umgebung ab und kondensiert somit. Im Expan-



sionsventil wird das verflüssigte Kältemittel entspannt. Bei niedrigem Druck fließt es wieder zum Verdampfer zurück.

Bild 2.3.2 Kälteprozess mit den wichtigsten Komponenten [IP HT, 1986]

Die vom Kältemittel beim Kälteprozess durchlaufenen Zustände können im sogenannten log p/h-Diagramm dargestellt werden (-siehe vereinfachtes Beispiel im Bild 2.3.3). Auf der waagrechten Achse des Diagramms ist der Wärmeinhalt h (Enthalpie) und auf der senkrechten Achse der absolute Druck p (in logarithmischer Darstellung, darum log p) dargestellt.

log p/h-Diagramm

Die glockenähnliche Kurve ist der Ort aller Punkte, die einem bestimmten Sättigungszustand des Kältemittels entsprechen. Der Kurventeil A stellt die gesättigte Flüssigkeit dar. Links davon liegen alle Punkte, bei denen die Flüssigkeit unterkühlt ist. Unter der 'Glocke' liegen alle Punkte einer Mischung von Dampf und Flüssigkeit. Der Kurventeil B enthält alle Punkte gesättigten Dampfes. Rechts davon liegen die Punkte überhitzten Dampfes. Zwischen der Sättigungskurve der Flüssigkeit und derjenigen des Dampfes liegen die Linien C mit gleichem Anteil des Dampfes am Flüssigkeits-Dampf-Gemisch.

2. Kühlung und Tiefkühlung

Von den weiteren üblicherweise eingezeichneten Linien sollen hier noch die Linien gleicher Temperatur D erwähnt werden.

Ein anlagenspezifischer Kreisprozess wird nun im Diagramm des zu verwendenden Kältemittels eingezeichnet. Daraus lassen sich alle für die Bemessung der Anlage notwendigen Grunddaten gewinnen. Ein prinzipielles Beispiel zeigt das Bild 2.3.3 (rechts).

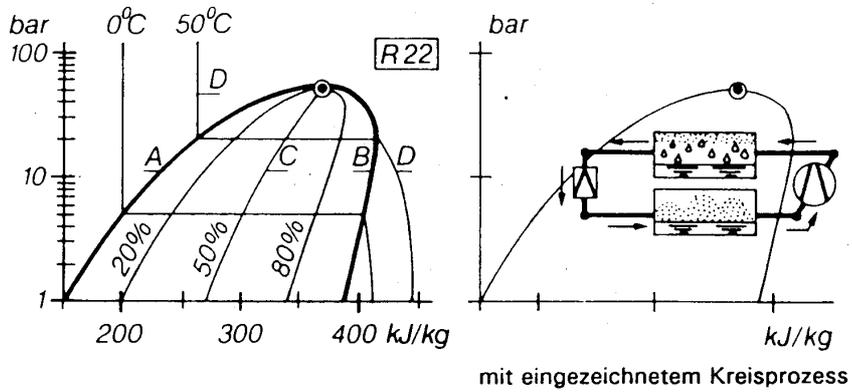


Bild 2.3.3 Vereinfachtes log p/h-Diagramm des Kältemittels R22 [IP HT, 1986]

2. Kühlung und Tiefkühlung

2.4 Elektrizitätsverbrauch der Kühlkette in der Schweiz

In diesem Abschnitt soll der Elektrizitätsverbrauch der Kühlmöbel im Detailhandel an anderen wichtigen Verbrauchern der Kühlkette gegenübergestellt werden. Mangels verlässlicher Angaben und zur klareren Abgrenzung wird dabei der Energieverbrauch für die Produktion und den ersten (Tief-)Kühlvorgang sowie den Transport der Produkte nicht in die Betrachtung einbezogen.

	Elektrizitätsverbrauch in GWh/a	
	Minus-Bereich	Plus-Bereich
Lagerhäuser	60 1)	? 4)
Lagerräume im Detailhandel	70 1)	? 4)
Verkaufskühlmöbel	200 2)	180 2)
Kühlgeräte in den Haushalten	750 3)	960 3)
TOTAL	1080	> 1140

- 1) gemäss [Reist, 1990]
- 2) gemäss Abschnitt 3.8
- 3) gemäss [VSE, 1990]
- 4) Es sind keine entsprechenden Zahlen bekannt.

Tabelle 2.4.1 Elektrizitätsverbrauch für die Lagerung von Kühl- und Tiefkühlprodukten in der Schweiz (Stand 1990/91)

Der Elektrizitätsverbrauch für die Lagerung von Kühl- und Tiefkühlprodukten in der Schweiz beträgt mindestens 2200 GWh/a (siehe Tabelle 2.4.1). Dies entspricht 4,7% des gesamten schweizerischen Stromverbrauchs. Die Verkaufskühlmöbel in den Lebensmittelgeschäften benötigen rund ein Sechstel des Elektrizitätsverbrauchs für die Lagerung von Kühl- und Tiefkühlprodukten.

Stromverbrauch der Kühl- und Tiefkühlkette in der Schweiz: 2200 Mio. kWh/Jahr (exkl. Produktion und Transport)

3. Kühl- und Tiefkühlmöbel

3.1 Funktionsweise und Bestandteile

In diesem Abschnitt werden die Funktionsweise sowie die Bestandteile von Kühlmöbeln, beschrieben. Die wichtigsten Konstruktionsunterschiede zwischen Kühl- und Tiefkühlmöbeln werden dargestellt.

Bild 3.1.1 zeigt den Querschnitt durch ein Kühlregal, wie es beispielsweise für den Verkauf von Milchprodukten häufig eingesetzt wird. Das wichtigste Element eines Kühlmöbels ist der Verdampfer (1 im Bild 3.1.1). Dieser besteht aus Kältemittelleitungen, Welche mit vielen metallischen Kühlrippen bestückt sind (mit einem Abstand zwischen den Rippen von 5 bis 12 mm). Das unter Druck stehende Kältemittel verdampft und entzieht der zwischen den Kühlrippen zirkulierenden Luft Wärme. Mit dem Expansionsventil (9) kann der Kältemittelfluss durch den Verdampfer geregelt werden und so die Wärmeaufnahme dem Bedarf angepasst werden.

Verdampfer und
Expansionsventil

Der Wärmeaustausch zwischen Verdampfer und Kühlprodukten kann auf verschiedene Arten erfolgen.

Eingesetzte
Kühlungsarten

* ventilierte Kühlung:

Am weitest häufigsten wird die ventilerte Kühlung eingesetzt. Mit einem Ventilator wird Luft aus dem Möbelsinnern über den Verdampfer geführt und wieder in den Kühlbereich eingeblasen. Das Kühlregal im Bild 3.1.1 verfügt über eine ventilerte Kühlung.

* stille Kühlung:

Auch bei der stillen Kühlung erfolgt die Wärmeübertragung über das Zwischenmedium Luft. Die Luftzirkulation wird nicht von einem Ventilator erzeugt, sondern erfolgt einzig aufgrund konvektiver Vorgänge. Die stille Kühlung wird bei einzelnen Inseln und Bedienungstheken eingesetzt (siehe Anhang A.1).

* Kontaktkühlung:

Liegen die Produkte direkt auf oder am Verdampfer, so erfolgt die Wärmeübertragung ohne Medium Luft direkt durch Wärmeleitung zwischen Verdampfer und Produkten. Dazu sind spezielle Plattenverdampfer nötig. Die Kontaktkühlung wird oft zusammen mit der stillen Kühlung bei Inseln und Bedienungstheken eingesetzt.

Bei der vorwiegend eingesetzten ventilerten Kühlung wird der Luftstrom entlang der Verdampfer-Rippen mit einem Ventilator (2) erzeugt. Die durch den Verdampfer abgekühlte Luft wird durch einen Kanal (3) zur Luftausblasöffnung (4) geführt. Diese muss so beschaffen sein, dass ein möglichst optimaler Luftvorhang (hier vertikal von oben nach unten) entsteht.- Optimal ist dieser, wenn er möglichst wenig warme Umgebungsluft aus dem Raum "mitreisst" und gleich-

Ausgestaltung den
Luftschleiers vor
Kühlmöbelöffnungen
ist von grosser Bedeu-
tung

3. Kühl- und Tiefkühlmöbel

warme Umgebung dringt. Der Kalt luftstrom überträgt die Kälte vom Verdampfer in das Kühlmöbelinnere, welche zum Ausgleich der Wärmezufuhr nötig ist. Der Kaltluft-Kanal (3) ist in der Regel perforiert, damit Kaltluft direkt entlang der Kühlprodukte ins Möbelinnere eindringen kann.

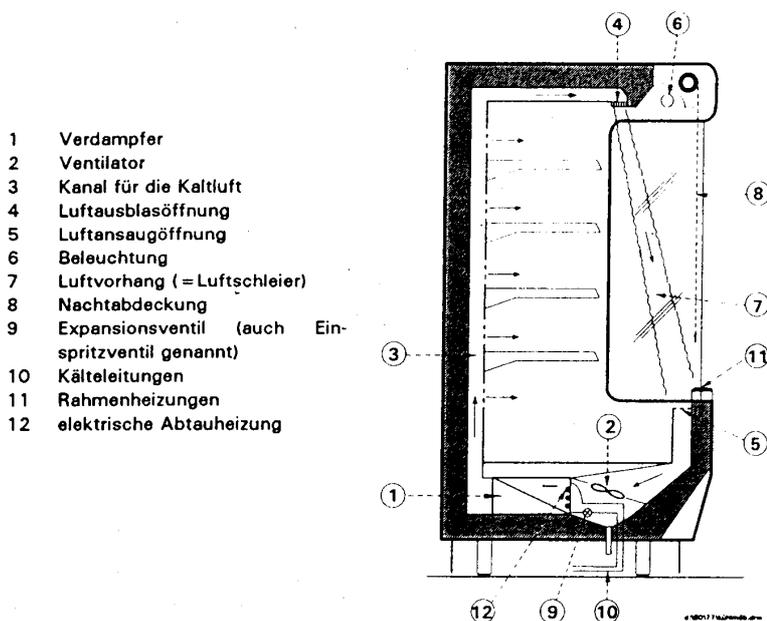


Bild 3.1.1 Bestandteile eines vertikalen Kühlmöbels [Rigot, 1990]Ü

ber die Kälteleitungen (10) wird dem Verdampfer das benötigte flüssige Kältemittel zugeführt. Die in einem kompletten Kältekreislauf nötigen Verdichter und Verflüssiger sind vorteilhaft separat aufgestellt. Bei steckerfertigen Kühlmöbeln sind sie aber direkt im Möbel integriert.

Eine Beleuchtung (6) der ausgestellten Kühlprodukte ist häufig im Kühlmöbel integriert. Es muss unterschieden werden, ob sie innerhalb oder ausserhalb (wie in Bild 3.1.1) des Luftschleiers angebracht ist.

Mit einer Nachtabdeckung (8) kann ausserhalb der Ladenöffnungszeit der Kälteverlust durch die Kühlmöbelöffnung stark reduziert werden.

Die Temperatursteuerung der Kühlmöbel erfolgt mit elektromechanischen oder elektronischen Thermostaten, welche die Kältemittelzufuhr unterbrechen oder freigeben.

An exponierten Stellen der Kühlmöbel, welche sich in der Grenzzone zwischen Kühlbereich und der Raumluft befinden, kann es zur Bildung von Kondenswasser kommen, wenn feuchte Raumluft kalte Kühlmöbelstellen bestreicht. Zur Vermeidung dieser unerwünschten

im Kühlmöbel integrierte Beleuchtung

Nachtabdeckungen

Rahmenheizungen zur Vermeidung von Kondensat

3. Kühl- und Tiefkühlmöbel

Kondensatbildung werden Glasscheiben, Handläufe, Türrahmen usw. häufig elektrisch beheizt (Rahmenheizungen (1 1»).

Die Verdampferoberflächen-Temperaturen auch bei Kühlmöbeln für Plusstemperaturen liegen in der Regel beträchtlich unter dem Gefrierpunkt (z.B. -10°C). Bei offenen Kühlmöbeln dringt dauernd feuchte Raumluft in die Kühlzone ein und gelangt durch die Luftumwälzung zum Verdampfer. Dort kondensiert diese Luftfeuchtigkeit und gefriert ein. Im Laufe der Zeit füllen sich die Abstände zwischen den Kühlrippen mit Eis. Damit die Luft weiterhin entlang der Verdampferrippen zirkulieren kann, muss der Verdampfer regelmässig abgetaut werden.

Bei Plusmöbeln mit Solltemperaturen über 2°C genügt eine Unterbrechnung der Kältemittelzufuhr bei aufrechterhaltener Luftumwälzung (Umluft-Abtauung). Die Temperatur der umgewälzten Luft steigt wegen des Wärmeeintrags durch die Kühlmöbelöffnung. Dadurch schmilzt das Eis am Verdampfer.

Bei Plusmöbeln mit Solltemperaturen um den Gefrierpunkt (z.B. Kühlregale für Frischfleisch) und bei Minusmöbeln muss im Verdampfer eine Wärmequelle eingebaut werden, um die Abtauung gewährleisten zu können. Üblicherweise werden dazu elektrische Heizstäbe (12 im Bild 3.1.1) im Verdampfer eingebaut. Diese elektrische Abtauung führt zu einem markanten Temperaturanstieg im Kühlmöbel. Zur Schonung der Kühlprodukte und aus energetischen Gründen muss die Häufigkeit und die Dauer der Abtauvorgänge begrenzt bleiben (siehe Abschnitt 5.2.3).

Bei Tiefkühlmöbeln liegen die Temperatur des Verdampfers (-35°C bis -40°C) und die Solltemperatur im Möbelinnern (-18 bis -25°C) beträchtlich tiefer als bei Plusmöbeln. Bild 3.1.2 zeigt den Querschnitt einer Tiefkühltruhe.

Die eingezeichnete Ladegrenze (1 im Bild 3.1.2) sollte bei jedem Gerät gut sichtbar markiert sein, damit das Bedienungspersonal die Kühlmöbel nicht zu stark mit Produkten füllt, weil sonst der schützende Luftvorhang beeinträchtigt wird. Dadurch kann ein wichtiger Beitrag zur Einhaltung der Solltemperaturen und einem sparsamen Energieverbrauch geleistet werden.

Wegen den tiefen Verdampfertemperaturen und der damit verbundenen verstärkten Vereisung weisen die Abtauheizungen der Minusmöbel höhere Wärmeleistungen auf.

Die Rahmenheizungen (7) weisen bei Tiefkühlmöbeln eine grössere Bedeutung auf als bei Plusmöbeln. Dies ist die Folge der grösseren Temperaturdifferenz zwischen Raumluft und Kühlzone. Vor allem bei verglasten Flächen (z.B. Glastüren von Tiefkühlschränken und verglaste Fronten von Wannen usw.) werden sehr starke Rahmenheizungen eingesetzt, um die Oberflächentemperaturen der Gläsflächen soweit anheben zu können, dass die Scheiben nicht beschlagen.

regelmässige Abtauung vereister Verdampfer

Umluft-Abtauung bei Plusmöbeln

Elektrische Abtauung bei Minusmöbeln und Plusmöbeln unter 2°C Solltemperatur

maximale Möbelbeladung bis zur Ladegrenze

hohe Abtau-Leistungen bei Minusmöbeln

- 1 Ladedegrenze
- 2 Luftausblasöffnung
- 3 Kanal für die "Wärmeluft"
- 4 Verdampfer mit Abtauheizung
- 5 Ventilator
- 6 Horizontaler Luftvorhang
- 7 Rahmenheizung

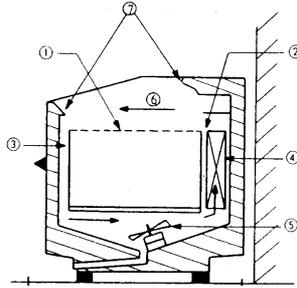


Bild 3.1.2 Bestandteile eines horizontalen Tiefkühlmöbels [Rigot, 1990] (Diese Möbelform wird auch als Plusmöbel eingesetzt. Der Einsatz als Tiefkühlwanne ist aber bedeutend häufiger.)

3.2 Klassifizierung und Bestand

Die Vielfalt der Kühlmöbel ist sehr gross. Im Rahmen des vorliegenden Projektes musste eine vereinfachte Systematik der im Detailhandel eingesetzten Möbel erarbeitet werden. Im Anhang A.1 sind die verschiedenen Typen beschrieben und abgebildet.

Abbildung der Möbeltypen im Anhang A.1

Möbeltyp Abk. Bezeichnung	Einsatzhäufigkeit im	
	Minus-Bereich	Plus-Bereich
In Insel	häufig	selten
Tr Truhe	häufig	selten
Ko Kombination	häufig	selten
Sc Schrank mit Glastüren	häufig	sehr selten
Re Regal	sehr selten	sehr häufig
Co Container-Regal	nie	häufig
Bt Bedienungstheke	nie	sehr häufig
St Selbstbedienungstheke	selten	selten

Tabelle 3.2.1 Kühlmöbeltypen und Einsatz im Plus- und Minus-Temperaturbereich (vgl. auch Anhang A.1)

Es gibt keine detaillierten Zahlen über den Bestand an Kühlmöbeln in der Schweiz. Eine Abschätzung basierend auf detaillierten Bestandeserhebungen in Holland sowie in einigen schweizerischen Geschäften ergab folgende Zahlen (nur Lebensmittelhandel): * Tiefkühlmöbel (Minus-Bereich) 33'000 Laufmeter * Kühlmöbel (Plus-Bereich) 77'000 Laufmeter

geschätzter Kühlmöbelbestand in der Schweiz

3. Kühl- und Tiefkühlmöbel

Tabelle 3.2.2 zeigt den Bestand der verschiedenen Möbeltypen aufgeschlüsselt nach den wichtigsten Geschäftstypen des Lebensmittelhandels. Rund 60% des Möbelbestandes steht in Supermärkten mit mehr als 400 M2 Verkaufsfläche.

	Geschätzter Bestand (in 1000 Laufmeter)									TOTAL	
	Minus-Möbel			Plus-Möbel					TOTAL		
	In/Tr	Ko	Sc	In/Tr	Re	Co	Bt	div.			
Bäckereien	0				4		1	1	6	5%	
Molkereien					1		1		2	2%	
Metzgereien	0			1	1		9	2	13	12%	
Lebensmittelgesch. <400m2	8			0	12		4	2	26	24%	
Supermarkt 400-1000m2	6	6	2	2	8	4	7	0	35	32%	
Supermarkt >1000m2	4	4	2	1	6	4	6	0	27	25%	
TOTAL	19	10	4	5	32	8	28	5	110		
Anteil am Kühlmöbelbestand	17%	9%	4%	4%	29%	7%	25%	5%			
	Minusmöbel			Plusmöbel							
	Total 33 km			Total 77 km							

BS D:\90\77\Külmöbel.xls

Tabelle 3.2.2 Geschätzter Kühlmöbelbestand 1991 (km-Angaben) im schweizerischen Lebensmittelhandel (vgl. auch Anhang A.2)

Kühlmöbel werden auch im Gastgewerbe, in Kiosken usw. eingesetzt. Diese Möbel unterscheiden sich aber teilweise stark von den im Detailhandel benutzten Typen. Ungefähre Zahlen über den Möbelbestand in den Einsatzbereichen ausserhalb von Lebensmittelgeschäften sind keine bekannt.

3.3 Charakteristische Kühlmöbelgrössen

Um beispielsweise Kühlmöbel verschiedener Fabrikanten energetisch vergleichen zu können, ist es unerlässlich, die unterschiedlichen Abmessungen zu berücksichtigen. Die Energieverbrauchswerte müssen auf eine repräsentative Grösse bezogen werden. Bei den Kühlgeräten für die Haushalte wird heute in der Regel der genormte Energieverbrauch pro 24 Stunden und bezogen auf 100 Liter Nutzinhalt angegeben. Dadurch kann der potentielle Käufer problemlos die energetische Qualität verschiedener Geräte vergleichen.

Es stellt sich die Frage, welche Grössen bei Verkaufskühlmöbeln als Referenzeinheiten geeignet sind. Im Bild 3.3.1 sind häufig gebrauchte Kühlmöbelgrössen dargestellt. Es drängt sich aus unserer Sicht auf, bei den meisten Möbeltypen das Nutzvolumen als Bezugsgrösse für energetische Vergleiche heranzuziehen.

Nutzvolumen als Bezugsgrösse für energetische Vergleiche

.Bei Regalen (Re) und den Bedienungstheken (Bt) wird von den Lieferanten meist nur die Auslagefläche angegeben. Vor allem bei Regalen eignet sich dieser Wert nur sehr bedingt als energetische

Referenzgrösse. Die Anzahl der im Kühlregal eingebauten Auslageetagen kann in gewissen Grenzen frei gewählt werden. Von Bedeutung ist eigentlich, weiches Warenvolumen im Möbel untergebracht werden kann.

Um die verschiedenen Kühlmöbelabmessungen vergleichen zu können, müssten sich die Hersteller an bestimmte einheitliche Vorschriften zur Bestimmung der Abmessungen halten. Im Entwurf der neuen europäischen Kühlmöbel-Norm sind rudimentäre Angaben enthalten (vgl. Anhang A.4).

einheitliche
Vorschriften zur
Bestimmung der
Abmessungen

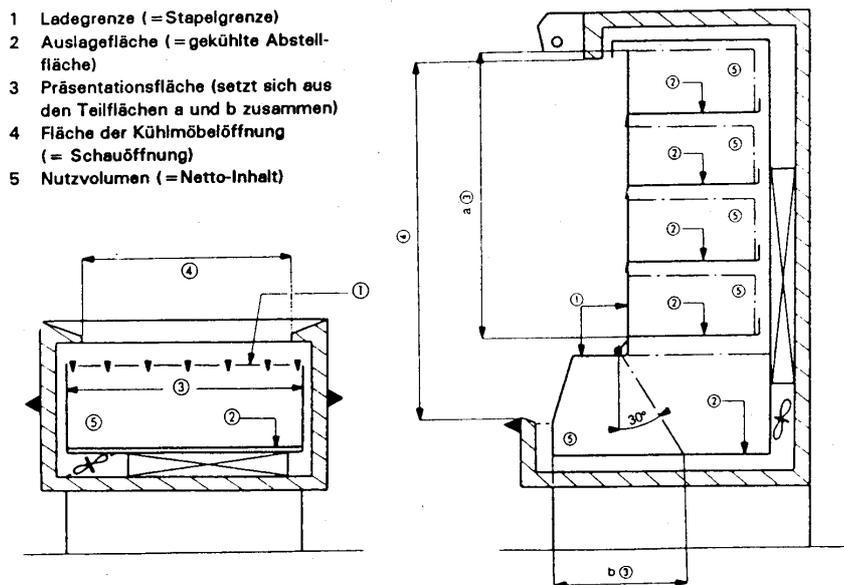


Bild 3.3.1 Typische Kühlmöbelgrößen [Rigot, 1990]
 (in Klammern die Bezeichnungen gemäss Entwurf der europäischen Kühlmöbelnorm)

Die wichtigsten Temperaturen, welche zur Charakterisierung eines Kühlmöbels von den Herstellern angegeben werden, sind

typische
Temperaturen

* die Kühlmöbelinnentemperatur (t_1 siehe Punkt i im Bild 3.3.2): Dabei handelt es sich um die Luft-Solltemperatur im Kühlbereich, für welche ein Möbel konzipiert wurde. Diese Temperatur kann bei den meisten Kühlmöbeln um einige Grad verändert werden (durch Veränderung der entsprechenden Sollwerte der Regelorgane).

* die Verdampfungstemperatur (t_0): Dies ist die kälteste Temperatur in einem Kühlmöbel und tritt im Verdampfer auf. Neben der Verflüssigungstemperatur ist sie eine der grundlegenden Grössen des Kälteprozesses.

3. Kühl- und Tiefkühlmöbel

Die Verdampfungstemperaturen liegen je nach Kühlmöbelinnen-Temperaturen in den folgenden Bereichen:

	t_1	t_0
Plusmöbel:	+6/+8°C	-3°C bis -5°C
	+4/+6°C	-4°C bis -10°C
	+2/+4°C	-6°C bis -12°C
	+0/+2°C	-8°C bis -14°C
Minusmöbel:	-18/-20°C	-30°C bis -35°C
	-23/-25°C	-35°C bis -40°C

Die Verdampfungstemperatur muss von der lokalen Temperatur auf der Verdampferoberfläche (t_{vo} , siehe Bild 3.3.2) unterschieden werden. Die letztere ist je nach Ort auf dem Verdampfer einige Grad höher als die Verdampfungstemperatur.

Weitere Lufttemperaturen, welche bei Kühlmöbeln benutzt werden, sind im Bild 3.3.2 dargestellt.

- a Umgebungstemperatur im Laden (t_a)
- 1 Lufteinblas-Temperatur (t_1)
- 2 Luftansaug-Temperatur (t_2)
- 0 Temperatur auf der Verdampfer-Oberfläche (t_{vo})
- 1' Lufttemperatur am Verdampferausgang ($t_{1'}$)
- 2' Lufttemperatur am Verdampfereingang ($t_{2'}$)
- i Kühlmöbelinnentemperatur (t_i)

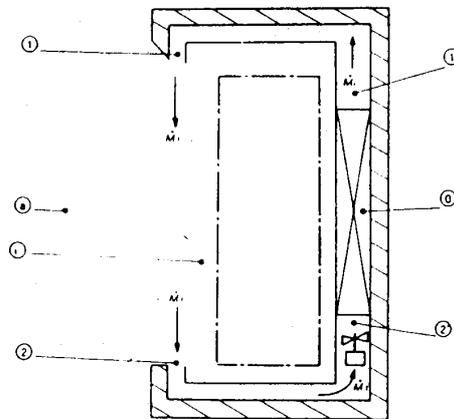
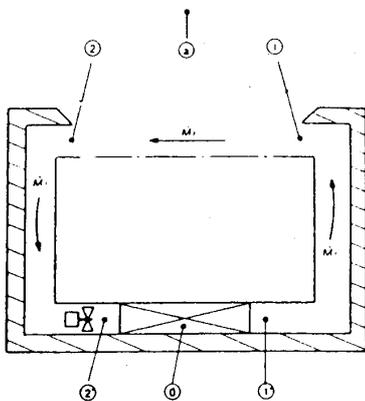


Bild 3.3.2 Verschiedene Temperaturen bei Kühlmöbeln [Rigot, 1990]

3.4 Kältebedarf und Einflussfaktoren

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 im Bild 3.4.1 dargestellt.

Der Kältebedarf Q_0 eines Kühlmöbels kann in folgende sieben Anteile zerlegt werden (siehe Bild 3.4.2):

sieben Kältebedarfsanteile

- 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)

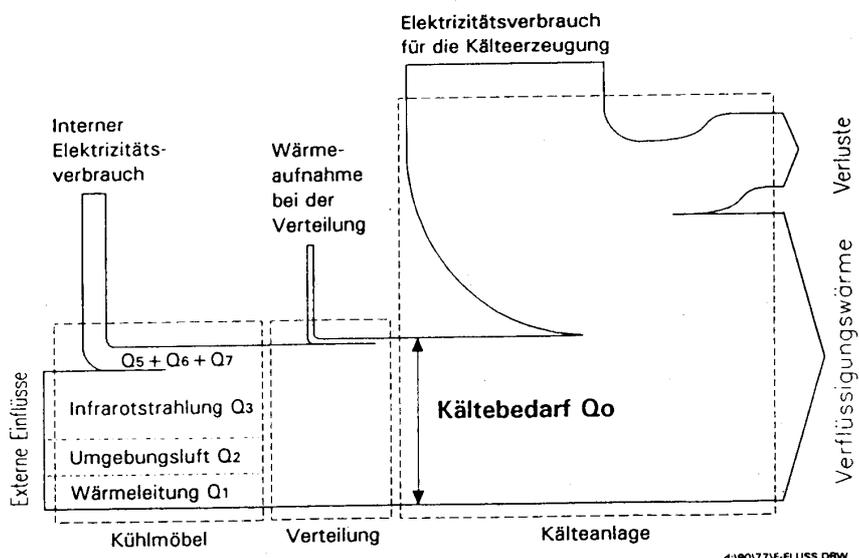


Bild 3.4.1 Energieflussdiagramm Kühlmöbel und Kälteanlage (am Beispiel einer Tiefkühlinsel)

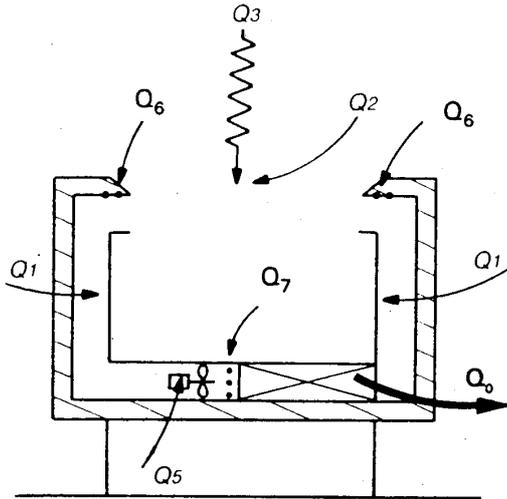


Bild 3.4.2 Wärmeabflüsse bei Kühlmöbeln

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:

Faktoren, welche den Kältebedarf beeinflussen

- * Faktoren, die von der Ladenumgebung und vom Betrieb/Unterhalt abhängen, z.B.:
 - * Ladenumgebungsenthalpie (charakterisiert durch Temperatur und relative Feuchtigkeit)
 - * Ladenumgebungsgeschwindigkeit vor Kühlmöbelöffnungen
 - * Emissionsgrad der Ladenumgebung vor oder über Kühlmöbelöffnungen
 - * Gebrauch von vorhandenen Nachtabschlüssen
 - * Reinigung der Verdampfer usw.
 - * Einstellung der Steuer- und Regeleinrichtungen
- * Faktoren, die hauptsächlich durch die Kühlmöbelkonstruktion vorgegeben sind, z.B.:
 - * Fläche der Möbelöffnung; Ausgestaltung des Luftschleiers und der Nachtabschlüsse vor der Öffnung
 - * Isolationsstärke
 - * Leistung und Steuerung der Rahmenheizungen, der Abtauung usw.
- * Faktoren, welche von den Kühlprodukten (und deren Verpackung) abhängen, z.B.:
 - * Kühlmöbelinnentemperatur
 - * Emissionsgrad der Kühlprodukte
 - * Temperatur der Produkte bei der Möbelbeschickung

Die Einflussgrößen des ersten Typs werden in der Regel dadurch standardisiert, indem die Kühlmöbel bei bestimmten Testbedingungen

Nominalbedingungen (25°C, 60% r.F.)

gen untersucht werden. In verschiedenen Normen werden sogenannte Nominalbedingungen festgelegt. Die darin definierte Lufttemperatur und -feuchtigkeit der Kühlmöbelumgebung betragen 25°C und 60% relative Feuchtigkeit (r.F.).

Kältebedarfszusammensetzung abhängig vom Möbeltyp

Der Kältebedarf setzt sich je nach Kühlmöbeltyp ganz unterschiedlich zusammen. Beispiele sind in Bild 3.4.3 dargestellt. Folgende Feststellungen können gemacht werden:

* Die Wärmeleitung durch das Kühlmöbel (Q#1) ist bei Plusmöbeln nur von untergeordneter Bedeutung (ausser bei Bedienungstheken). Dies gilt nur, wenn die Isolation keine Schwachstellen aufweist.

starker Wärmeeintrag aus der Umgebungsluft bei Regalen

* Der Wärmeeintrag aus der Umgebungsluft (Q#2) spielt bei offenen Kühlmöbeln eine grosse Rolle. Bei einem vertikalen Möbel (siehe Plus-Regal) ist dies besonders ausgeprägt (Tendenz des Herausfallens der kalten Luft). Mit einem gut konstruierten Luftvorhang sowie einer Abdeckung vor der Kühlmöbelöffnung kann dieser Wärmeeintrag reduziert werden. Auch bei geschlossenen Kühlmöbeln dringt bei der Beschickung oder Entnahme von Produkten Umgebungsluft ins Möbelinnere und muss abgekühlt und entfeuchtet werden.

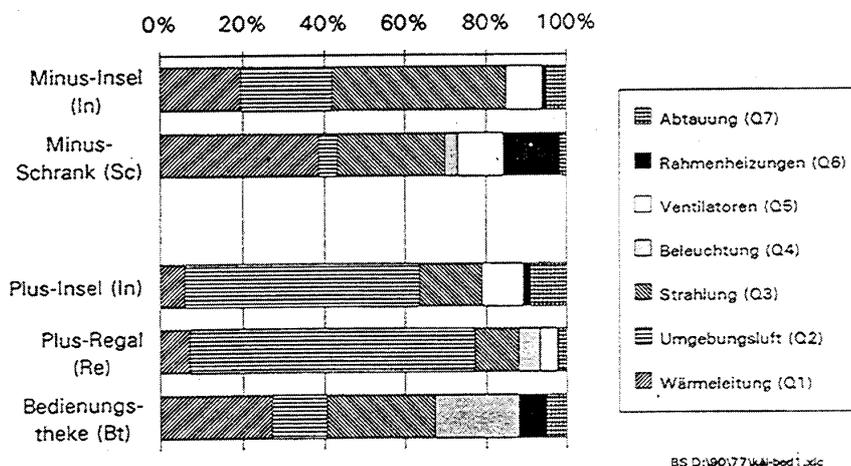


Bild 3.4.3 Aufteilung des Kältebedarfs verschiedener Möbeltypen bei 180C Ladenlufttemperatur und 60% r.F. [van der Sluis, 1991]

Der Wärmeeintrag durch Infrarot- (oder Wärme-)strahlung (Q#3) durch die transparenten Kühlmöbelflächen weist vor allem bei Minusmöbeln einen bedeutenden Anteil von teilweise über 40% am gesamten Kälteleistungsbedarf auf. Im Anhang A.3 werden zum besseren Verständnis der Infrarotstrahlung die nötigen physikalischen Grundlagen vermittelt.

grosser Einfluss der Infrarotstrahlung bei Minusmöbeln

Der direkte Stromverbrauch des Kühlmöbels für die Beleuchtung, die Ventilatoren, die Rahmenheizungen und die elektrische Abtauung haben über die damit verbundene Wärmeentwicklung (Q_4 , Q_5 , Q_6 und Q_7) einen Anteil am Kältebedarf von bis zu 35% zur Folge.

Einfluss der Raumluftenthalpie auf den Kälteleistungsbedarf

Die Temperatur und Feuchtigkeit der Kühlmöbel-Umgebungsluft gehören zu den wichtigsten Faktoren, die den Kälteleistungsbedarf beeinflussen. Die in der Regel angewandten Nominalbedingungen mit 25°C und 60% r.F. entsprechen eher sommerlichen Verhältnissen. Die Auswirkungen abweichender Umgebungsbedingungen werden nachstehend beschrieben.

Im Bild 3.4.4 ist der Kältebedarf eines Kühlregals bei verschiedenen Raumtemperaturen und -feuchtigkeiten dargestellt. Die verschiedenen Anteile des Kältebedarfs sind darin ersichtlich. Die grösste Veränderung ergibt sich beim Wärmeeintrag aus der Umgebungsluft (Q_2), welcher bei diesem Kühlmöbeltyp (Re) den grössten Anteil ausmacht.

Kälteleistungsbedarf in Abhängigkeit von der Raumtemperatur und -feuchtigkeit

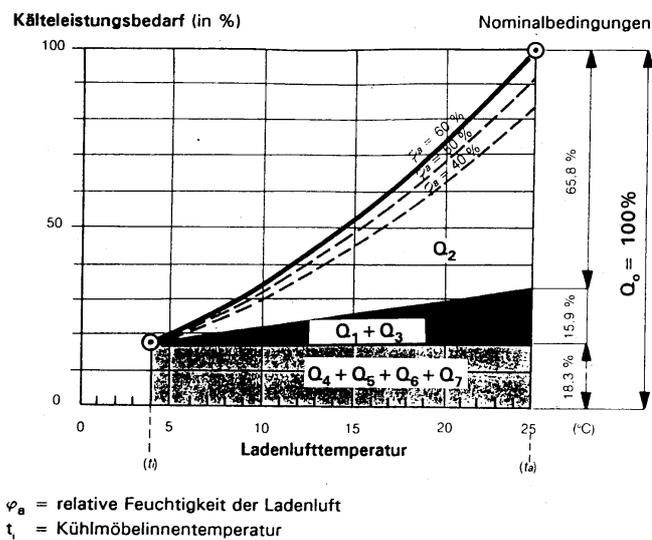


Bild 3.4.4 Einfluss der Umgebungsbedingungen auf die Kältebedarfsanteile eines Kühlregals (bei $t_i = +4/+6^\circ\text{C}$) [Rigot, 1990]

s Auch die Wärmeleitung durch das Kühlmöbel (Q_1) und die Infrarotstrahlung ins Kühlmöbel (Q_2) sind aus physikalischen Gründen abhängig von der Umgebungstemperatur. Bei Minusmöbeln ist ihr An-

teil bedeutender als beim dargestellten Plusmöbel. Der Wärmeeintrag durch den direkten Stromverbrauch des Kühlmöbels (Beleuchtung Q4 Ventilatoren Q5 Rahmenheizungen Q6 und Abtaug Q7) wurden als konstant angenommen. Dies dürfte bei den meisten heute im Einsatz stehenden Möbeln der Fall sein, da bis anhin noch selten Regelgeräte eingesetzt wurden, welche die Einschaltzeiten der Abtaug und der Rahmenheizungen sowie die Drehzahl der Ventilatoren dem Bedarf anpassen.

Im Anhang A.6 sind die Kältebedarfskurven verschiedener Kühlmöbeltypen abgebildet. Je tiefer die Möbelinnentemperatur ist, desto geringer ist der Einfluss von Veränderungen der Raumtemperatur und -feuchtigkeit.

Gesamter Kälteleistungsbedarf eines typischen Supermarktes

im Bild 3.4.5 ist der Kälteleistungsbedarf aller Kühlstellen eines grösseren Supermarktes als Summenhäufigkeitsdiagramm dargestellt. Es ist erkenntlich, dass der Plus-Kältebedarf bis zu 50% der Betriebszeit weniger als die Hälfte der maximal auftretenden Kälteleistung beträgt (Jahresmittel = 60% des Maximalwertes). Die Minus-Kühlstellen weisen kleinere Kältebedarfsschwankungen auf (geringerer Einfluss der Raumluftenthalpie!). Im Jahresmittel beträgt die Kälteleistung 85% des Maximalwertes.

Plus-Kältebedarf im Jahresmittel = 60% der maximal auftretenden Kälteleistung

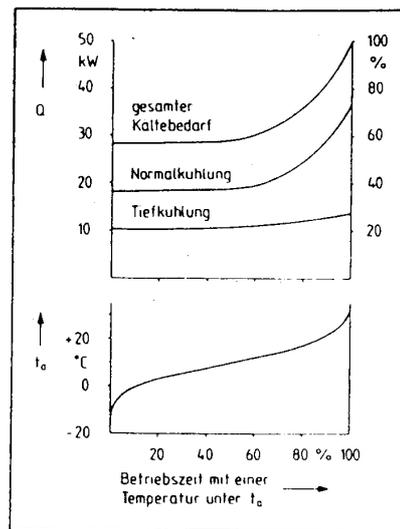


Bild 3.4.5 Summenhäufigkeit des Kältebedarfs aller Plus(Normal)- und aller Minus-Kühlstellen (Supermarkt mit 1000m² Verkaufsfläche) [Haaf, 1 985]
t#a = Aussenlufttemperatur

3.5 Temperatureinhaltung

Die Einhaltung der Temperaturanforderungen in den Kühlmöbeln ist eine wichtige Thematik.

Es gibt viele Gründe, weshalb die Solltemperaturen im Kühlmöbel-Alltag nicht eingehalten werden. Eine Auswahl davon ist nachstehend aufgeführt. Die angegebenen Zuständigkeiten wurden vereinfacht.

Gründe für die Nichteinhaltung der Solltemperaturen

* Gründe, welche in der Kühlmöbelumgebung und dessen Betrieb und Unterhalt zu suchen sind (Zuständigkeit: in der Regel der Ladenbesitzer und der Ladenbetreiber):

- * Lufttemperaturen und -feuchtigkeit über 25°C und 60% r.F.
- * übermäßige Kühlmöbel-externe Beleuchtung
- * Überbeladung der Kühlmöbel oder schlechte Stapelung der Produkte und damit verbunden z.B. eine Beeinträchtigung des Kaltluftvorhanges
- * verschmutzter Verdampfer

* Gründe, welche bei der Kühlmöbelkonstruktion und der Kälteinstallation zu suchen sind (Zuständigkeit: in der Regel der Kühlmöbellieferant/-hersteller, der Anlagenplaner und die Installationsfirma):

- * Ungenügende Kühlmöbelqualität
- * Schlechte Platzierung der Möbel
- * zu lange oder zu klein dimensionierte Kältemittelleitungen
- * Defekt im Kühlmöbel oder der Kälteanlage
- * Unangepasste Abtauvorgänge

* Gründe, welche bei den Kühlprodukten und deren Verpackung zu suchen sind (Zuständigkeit: in der Regel der Produkthersteller und -verteiler):

- * Ungeeignete Verpackungen
- * Zu hohe Temperaturen der Produkte beim Beschicken der Kühlmöbel (diese sind nicht dazu ausgelegt, Waren mit überhöhten Temperaturen auf den Sollwert abzukühlen)

Folgende Aspekte müssen im Zusammenhang mit der Temperatureinhaltung speziell erwähnt werden (siehe auch Anhang A.7):

* Die Temperaturen der Kühlprodukte hängen sehr stark vom Lagerort im Möbel ab. Jedes Kühlmöbel weist exportierte Stellen auf (z.B. die sich tbaren Produkte bei Inseln oder die Produkte in der Wanne von Regalen).

schlechtere Temperatureinhaltung bei exponierten Kühlmöbelstellen
verbesserte Temperatureinhaltung durch Nachtdeckungen

* Beim Einsatz von Nachtdeckungen können die Produkttemperaturen insbesondere bei den exponierten Stellen besser eingehalten werden, da der Wärmeeintrag durch Umgebungsluft und Infrarotstrahlung stark vermindert wird.

* Nur Kühlmöbel, welche die geforderten Solltemperaturen erreichen, dürfen energetisch verglichen werden.

Vor allem die Abtauung beeinflusst den Temperaturverlauf in einem Kühlmöbel sehr stark. Im Bild 3.5.1 sind die Luft- und Produkttemperaturen in einer Tiefkühlinsel während eines Zyklus' von Kälteabgabe und Abtauung dargestellt. Es ist erkennbar, dass das exponierte Messpaket 6 nie die Solltemperatur von -18°C erreicht, und dass die Temperatur wegen der Abtauung um rund 50°C ansteigt. Gemäss schweizerischer Lebensmittelverordnung dürfte die Temperatur während der Abtauung aber höchstens auf -15°C ansteigen. In verschiedenen EG-Ländern ist -12°C erlaubt, d.h., dort würde diese Tiefkühlinsel den Anforderungen genügen.

Einfluss der Abtauung auf die Produkttemperaturen

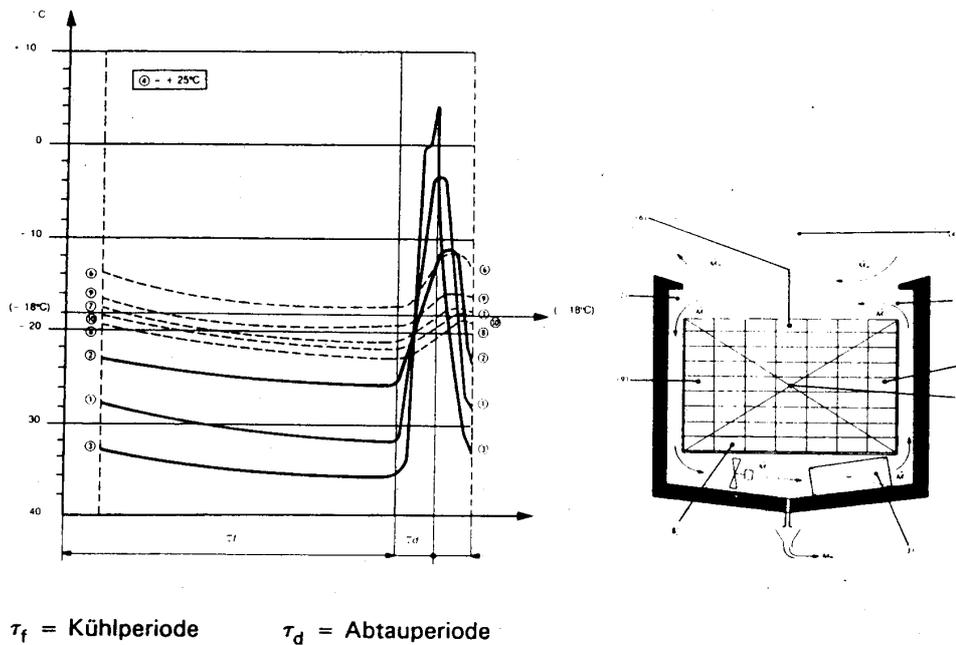


Bild 3.5.1 Temperaturverläufe in einer Tiefkühlinsel (t. $-18/-20^{\circ}\text{C}$) vor und während der Abtauung; bei Nominalbedingungen 25°C , 60% r.F. [Rigot, 1990]

3.6 Stromverbrauchsmessungen

Damit die Anteile der einzelnen Verbraucher am gesamten Strombedarf möglichst objektiv beurteilt werden können, sind Messungen des Elektrizitätsverbrauchs von Kühlmöbeln unerlässlich. In einer nicht-veröffentlichten Untersuchung [Migros, 1988] finden sich solche Messungen bei Nominalbedingungen (25°C und 60%r.F.) für vier verschiedene Kühlmöbeltypen und bis zu je sechs Fabrikaten (siehe auch Anhang A.8).

Verbrauchsmessungen bei vier Möbeltypen und je bis sechs Fabrikaten

In Bild 3.6.1 sind die gemessenen spezifischen Tagesdurchschnittsleistungen dargestellt (Die angegebenen Werte können mit 24 Std.

multipliziert werden, um den gemessenen Tagesverbrauch zu erhalten). Es handelt sich dabei um Mittelwerte derjenigen Fabrikate, welche bezüglich Temperatureinhaltung und -schwankungen einen minimalen Qualitätsstandard erreichen. Die Fabrikate, deren Messungen verfälscht sind (z.B. infolge Verdampfereingefrieren wegen unsorgfältiger Inbetriebnahme durch den Hersteller), wurden ebenfalls nicht bei der Mittelwertbildung berücksichtigt.

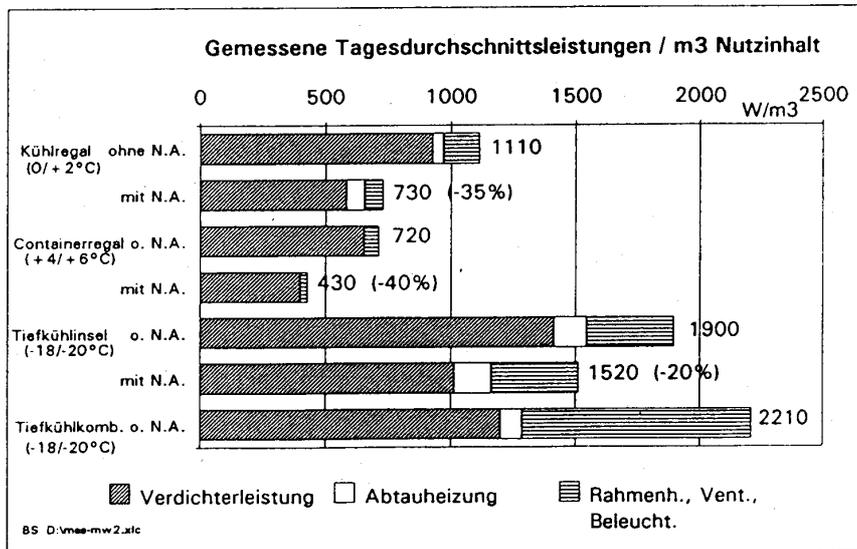


Bild 3.6.1 Gemessene Tagesdurchschnittsleistungen umgerechnet auf den m3 Nutzinhalt verschiedener Kühlmöbeltypen (bei Nominalbedingungen von 25°C und 60% r.F.) jeweils für einen Messzyklus 24 Std. ohne Nachtdeckung und einen Zyklus 12 Std mit resp. 12 Std. ohne Nachtdeckung [Migros, 1988]

Ohne Nachtdeckungen liegen die Durchschnittsleistungen zwischen 720 und 2210 W/m3 (was einem täglichen Stromverbrauch von 17 bis 53 kWh/(m3 24h) entspricht).

Die Tiefkühlmöbel weisen einen rund doppelt so hohen spezifischen Stromverbrauch auf wie die Plusmöbel. Der spezifische Verbrauch der Tiefkühlinsel liegt rund 15% tiefer als derjenige der Tiefkühlkombination.

Durch den Einsatz von Nachtdeckungen (während 12 Stunden pro Tag) kann der Tagesverbrauch resp. die Tagesdurchschnittsleistung um 20 bis 40% reduziert werden. Dies ist der Mittelwert der verglichenen Fabrikate und gilt bei genormten Umgebungsbedingungen.

Tiefkühlinseln (ohne verglaste Fronten) sind energetisch besser als Tiefkühlkombinationen

20 bis 40%
Einsparung durch
Nachtdeckungen

3.7 Energetischer Vergleich verschiedener Fabrikate

Die verschiedenen auf dem Markt erhältlichen Möbel-Fabrikate unterscheiden sich teilweise sehr stark in ihrer energetischen Qualität. Zu einer solchen Beurteilung sind einerseits vergleichbare Messungen nötig und andererseits müssen alle verglichenen Fabrikate die Solltemperaturen einhalten. Im Anhang A.8 sind die Messwerte aller Fabrikate dargestellt, deren Durchschnittswerte bereits im Abschnitt 3.6 betrachtet wurden.

In Tabelle 3.7.1 sind die spezifischen Stromverbrauchswerte von Bedienungstheken für unverpacktes Fleisch wiedergegeben. Es handelt sich um holländische Messungen [Vermeulen, 1989]. Der durchschnittliche Verbrauch beträgt 5,53 kWh/(24h m²) (mit einer Standardabweichung von 1,48 kWh/24h m²). Interessanterweise wurden auch Fabrikate verschiedenen Alters gemessen. Die jüngeren Möbel sind dabei aber nicht eindeutig energetisch besser geworden (Uebef allfällige Verbesserungen bezüglich Temperatureinhaltung wurde im zitierten Bericht nichts ausgesagt).

Hersteller	Baujahr	spezifischer Stromverbrauch (kWh/24h m ²)
A	1979	5.46
	1982	5.34
B	1976	9.12
C	1978	4.30
	1978	4.80
	1985	5.55
	1985	5.74
D	1978	3.74
	1981	5.39
E	1980	4.65
	1982	6.01
	1988	4.85
F	1978	3.80
G	1976	9.92
	1982	6.15
H	1982	4.73

Tabelle 3.7.1 Gemessener spezifischer Stromverbrauch pro m² Auslagefläche von verschiedenen Fleisch-Bedienungstheken (Solltemperatur von 0/+2°C; Messungen bei 25°C und 60% r.F.) [Vermeulen, 1989]

Holländische Stromverbrauchsmessungen (Vermeulen, 1989) von verschiedenen Tiefkühlinseln sind in Tabelle 3.7.2 dargestellt. Der Durchschnittsverbrauch der untersuchten Fabrikate beträgt bei einer Raumtemperatur von 18°C rund 25,7 kWh/(24h m³) (bei einer Standardabweichung von 5 kWh/24h m³). Der Bereich von 18,8 bis 38,8 kWh/(24h M³) zeigt die grossen energetischen Unterschiede

zwischen den verschiedenen Modellen. Beim Einsatz von Nachtabdeckungen (Messzyklus von 10 Stunden ohne und 14 mit Abdeckung, bei 18°C und 60% r.F.) konnte der Tagesstromverbrauch um 5 bis 20% reduziert werden.

Möbel Nr.	Durchschnittstemperatur aller sichtbaren Messpakete (°C)	spezifischer Stromverbrauch (kWh/24h m ³) korrigierte Werte *
1	-12.0	24.2
2	-14.5	28.1
3	-13.0	21.1
4	-13.5	25.9
5	-13.0	23.3
6	-16.0	21.1
7	-14.5	24.0
8	-14.5	27.1
9	-9.0	30.0
10	-14.0	25.8
11	-12.0	38.8
12	-14.0	18.8

Tabelle 3.7.2 Spezifischer Stromverbrauch pro m³ Nutzinhalt von Tiefkühlinseln verschiedener Hersteller (Messungen bei 18°C Raumtemperatur und 60% r.F. [Vermeulen, 1989] * Die Energieverbrauchs-Messwerte wurden soweit korrigiert, als dies für ein Erreichen einer Durchschnittstemperatur der sichtbaren Messpakete von - 15° C nötig sein dürfte.

3.8 Elektrizitätsverbrauch aller Kühlmöbel in der Schweiz

Der jährliche Elektrizitätsverbrauch aller Kühlmöbel in der Schweiz musste mangels anderer Quellen geschätzt werden.

Diese Abschätzung basiert auf dem Kühlmöbelbestand gemäss Abschnitt 3.2. Als weitere Grundlage mussten realistische Werte für den Stromverbrauch pro Laufmeter Kühlmöbel festgelegt werden. Diese finden sich in Tabelle 3.8.1. Sie basieren auf Angaben verschiedenster Quellen.

geschätzter Elektrizitätsverbrauch pro Laufmeter [kWh/(24h Laufmeter)]								
Minus-Möbel			Plus-Möbel					
In/Tr	Ko	Sc	In/Tr	Re	Co	Bt	div.	
10	28	20	6	9	12	3	2	

Quellen: [van der Sluis, 1991]; [Migros, 1988];
Angaben der Fa. Schaller, Bern

Abk. der Kühlmöbeltypen:
In/Tr Inseln und Truhen
Ko Kombinationen
Sc Schränke mit Glastüren
Re Regale
Co Container-Regale
Bt Bedienungstheken
div. verschiedene Spezialmöbel

Tabelle 3.8.1 Elektrizitätsverbrauch pro Laufmeter Kühlmöbel

Es resultieren die Verbrauchsschätzungen gemäss Tabelle 3.8.2. Danach liegt der gesamte Strombedarf aller Kühlmöbel im Detailhandel bei rund 380 GWh pro Jahr. Dies entspricht 0,8% des schweizerischen Elektrizitätsverbrauchs im Jahre 1990.

	geschätzter Elektrizitätsverbrauch in GWh/a									TOTAL
	Minus-Möbel			Plus-Möbel						
	In/Tr	Ko	Sc	In/Tr	Re	Co	Bt	div.		
Bäckereien	1				13		1	1	16	4%
Molkereien					4		1		5	1%
Metzgereien	1			1	3		8	1	15	4%
Lebensmittelgesch. < 400m2	29			1	39		4	1	75	20%
Supermarkt 400-1000m2	22	57	18	5	26	18	6	0	152	40%
Supermarkt > 1000m2	14	41	15	3	19	18	5	0	114	30%
TOTAL	68	98	32	10	104	35	25	4	376	
Anteil am Gesamtverbrauch	18%	26%	9%	3%	28%	9%	7%	1%		

Minusmöbel	Plusmöbel
Total 198	Total 178 GWh/a

BS D:\90177\kühlmöbel1.xls

Tabelle 3.8.2 Geschätzter Elektrizitätsverbrauch der Kühlmöbel in schweizerischen Lebensmittelgeschäften

4. Kälteerzeugung

In diesem Kapitel werden wichtige Grundlagen bezüglich Kälteerzeugung für Verkaufskühlmöbel vermittelt. Eine Diskussion aller in der Praxis eingesetzten Schaltungsvarianten und deren energetische Bewertung würde aber den Rahmen dieser Arbeit sprengen.

4.1 Komponenten

Im Bild 4.1.1 ist eine vereinfachte Verbundanlage mit den wichtigsten Komponenten dargestellt.

Der Verdichter (1, siehe Bild 4.1.1) komprimiert das gasförmige Kältemittel. Aus dem Verdichter mitgerissenes Öl wird im Ölabscheider (2) vom Kältemittel getrennt und in den Verdichter zurückgeführt.

Die Enthitzung des überhitzten Kältemittels erfolgt im Warmwassererwärmer (3). Wird bereits ein Teil des Kältemittels im Enthitzer verflüssigt, so verhindert der Hochdruckflüssigkeitsabscheider (4) eine unnötige Kondensat-Umwälzung über den in der Regel auf dem Dach aufgestellten Aussenluftverflüssiger (6). Kann die Abwärme zu Heizzwecken genutzt werden, so erfolgt die Verflüssigung im Plattenwärmetauscher (5), welcher mit dem Aussenluftverflüssiger (6) parallelgeschaltet werden kann. Diese Rückgewinnung der Verflüssigungswärme zur Substitution anderer Energieträger sollte heute als Selbstverständlichkeit betrachtet werden. Sie führt zwar zu einem Strommehrverbrauch der Verdichter. Durch optimale Dimensionierung und Regelung kann diese Verbrauchszunahme aber in vernünftigen Grenzen gehalten werden (siehe Abschnitt 5.3.4).

Die Hochdruckschwimmerregler (7) leiten das anfallende Kondensat in den Sammler (8) und verhindern, dass die beiden Verflüssiger sich gegenseitig beeinflussen.

Das flüssige Kältemittel wird bei der abgebildeten Anlage mit dem in den Warmwasserspeicher einströmenden Kaltwasser unterkühlt (9). Diese Lösung ist natürlich nur dort möglich, wo ein genügend grosser Warmwasserbedarf vorhanden ist und sichergestellt ist, dass die Wassertemperatur tiefer als die Kältemitteltemperatur ist.

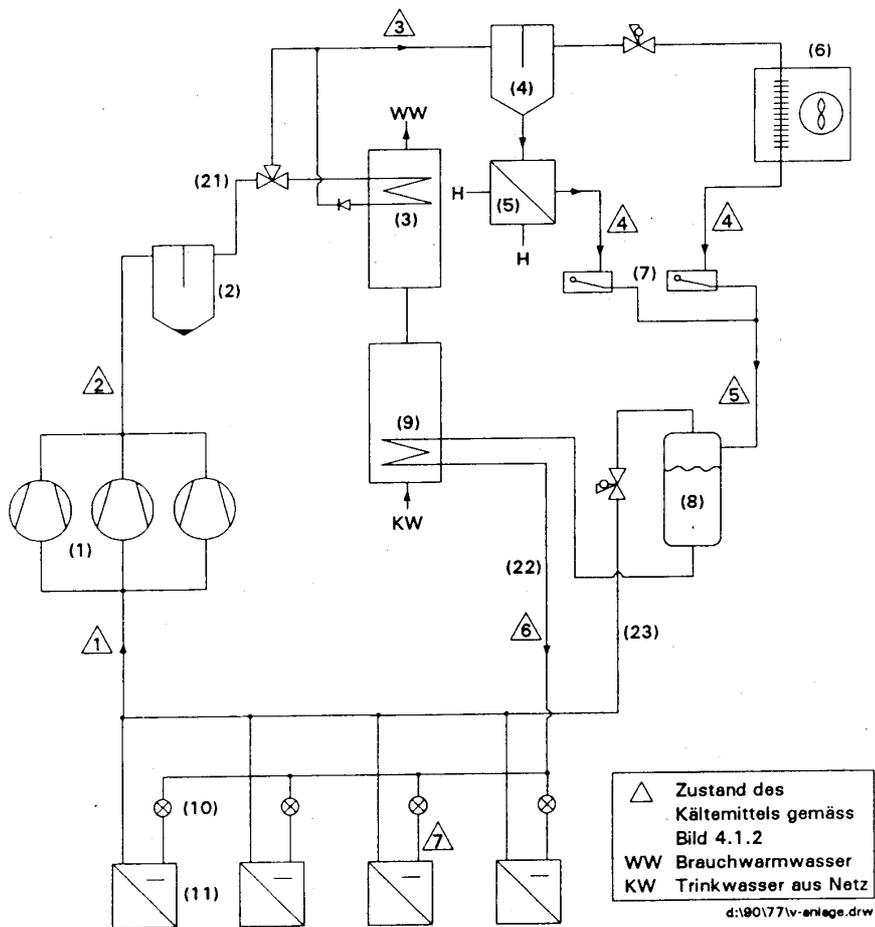
Im Bild 4.1.2 sind die Zustandsänderungen des Kältemittels der obigen Anlage dargestellt.

Enthitzung im
Warmwasserspeicher

bei Wärmebedarf
Rückgewinnung der
Verflüssigungswärme

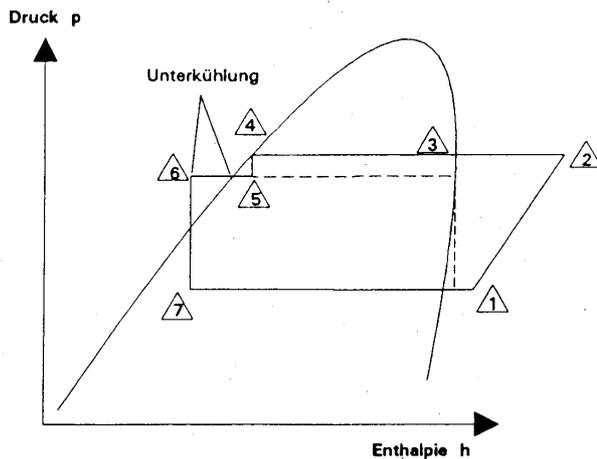
Kältemittelunterkühlung zur Vermeidung
der Flashgas-Bildung und als Energie-
sparmassnahme

4. Kälteerzeugung



- (1) Verdichter
- (2) Ölabscheider
- (3) Enthitzer/Verflüssiger (im Warmwassererwärmer)
- (4) Hochdruckflüssigkeitsabscheider
- (5) Wärmetauscher zur Verflüssigung mit Heizwarmwasser-Kreislauf (H)
- (6) Aussenluft-gekühlter Verflüssiger (mit Ventilatoren)
- (7) Hochdruckschwimmerregler
- (8) Sammler
- (9) Unterkühler (im untersten Teil des Warmwassererwärmers)
- (10) Einspritzventil (= Expansionsventil)
- (11) Verdampfer im Kühlmöbel oder in einem Kühlraum
- (20) Saugleitung
- (21) Druckleitung
- (22) Flüssigkeitsleitung
- (23) Flashgasabsaugung

Bild 4.1.1 Prinzipschema einer Verbundanlage (Beispiel)



Zustandsänderungen:

- 1 -> 2 Verdichtung
- 2 -> 3 Enthitzung
- 3 -> 4 Verflüssigung
- 4 -> 5 Druckabfall über dem Hochdruckschwimmerregler
- 5 -> 6 Unterkühlung
- 6 -> 7 Entspannung durch das Einspritzventil
- 7 -> 1 Verdampfung und Überhitzung
- 5 -> 1 Flashgasabsaugung

Bild 4.1.2 Vereinfachtes log p/h - Diagramm der Verbundanlage in Bild 4.1.1

4.2 Anlagentypen

Die von den Verkaufskühlmöbeln benötigte Kälte kann auf drei verschiedene Arten erzeugt werden (siehe Bild 4.2. 1).

Der Verdichter und der luftgekühlte Verflüssiger sind bei steckerfertigen Möbeln direkt im Gerät eingebaut. Sie benötigen keinen Installationsaufwand und sind dadurch sehr flexibel einsetzbar. Eine Wärmerückgewinnung und viele andere energiesparende Massnahmen sind bei steckerfertigen Möbeln nicht anwendbar. Aufgrund der vielen energetischen Nachteile sollten sie nach Möglichkeit überhaupt nicht für den Dauerbetrieb eingesetzt werden.

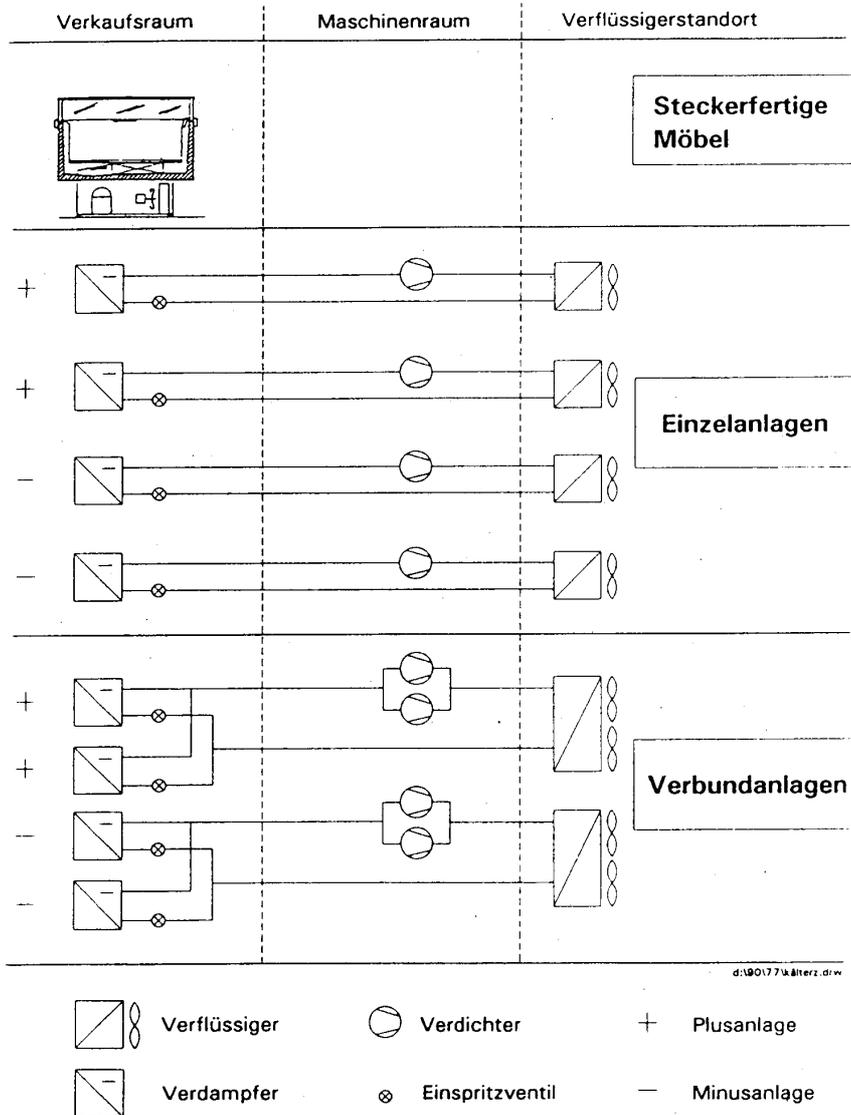
Verfügt jede Kühlstelle über einen eigenen, vom Möbel getrennt aufgestellten Verdichter, so handelt es sich um eine Einzelverdichteranlage. Diese werden meist mit luftgekühlten Verflüssigungssätzen oder mit zentralem, luftgekühltem Verflüssiger (Mehrkreislaufverflüssiger) ausgeführt. In bestehenden grösseren Lebensmittelgeschäften sind Einzelverdichter heute noch mit Abstand am häufigsten anzutreffen.

Arten der Kälteerzeugung (Anlagentypen): steckerfertige Möbel

Einzelverdichteranlagen

4. Kälteerzeugung

Beste Voraussetzungen für einen energiesparenden Betrieb bieten Verbundanlagen. Mehrere parallelgeschaltete Verdichter sorgen für die nötige Kältemittelverdichtung für alle Plus-Kühlstellen sowie in einer zweiten Verbundanlage für alle Minus-Kühlstellen. In neuen grösseren Lebensmittelgeschäften werden heute in der Regel Verbundanlagen installiert.



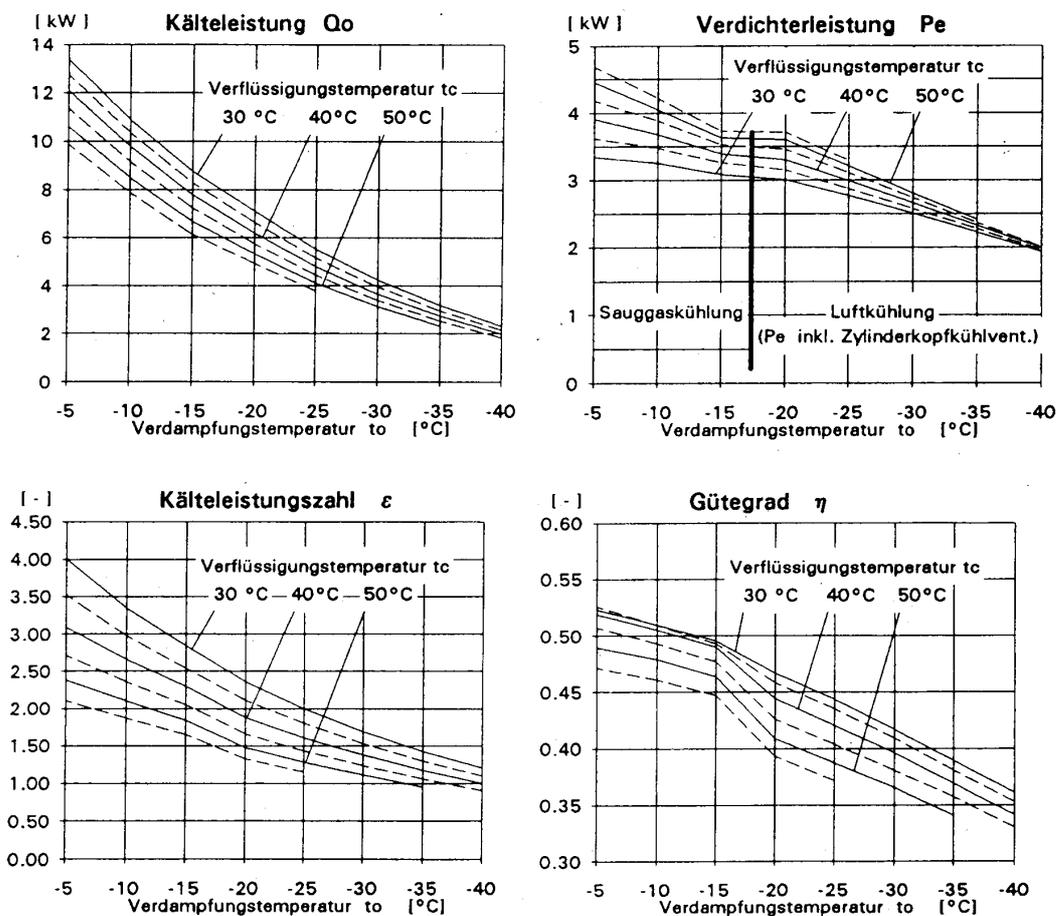
Verbundanlagen

Bild 4.2.1 Arten der Kälteerzeugung (Anlagentypen)

4.3 Verdichterkennlinien

Die Bauarten der eingesetzten Hubkolbenverdichter sind meist hermetisch bei kleineren und halbhermetisch bei grösseren Kälteleistungen. Offene Hubkolbenverdichter sowie andere Verdichterbauarten werden weniger häufiger eingesetzt.

Im Bild 4.3.1 sind die wichtigsten Kennlinien eines halbhermetischen Verdichters dargestellt. Die Parameter bei den abgebildeten Kennlinienfeldern sind die Verdampfungstemperatur t_o und die Verflüssigungstemperatur t_c . Die angegebenen Werte gelten bei einer Sauggastemperatur von 25°C und einem nicht unterkühlten Kältemittel.



Einsatz von hermetischen und halbhermetischen Hubkolbenverdichtern

Bild 4.3.1 Kennlinien eines halbhermetischen R22-Verdichters (Herstellerangaben; Sauggaskühlung bei $t_o > -20^\circ\text{C}$ und Luftkühlung bei $t_o \leq -20^\circ\text{C}$; Sauggastemperatur $= 25^\circ\text{C}$; Unterkühlung = 0 K)

Von speziellem Interesse aus energetischer Sicht sind die Kälteleistungszahl ϵ und der Gütegrad η des Verdichters. Diese sind wie folgt definiert:

Kälteleistungszahl $\epsilon = \frac{Q_0}{P_e}$

Q_0 Kälteleistung

P_e elektrische Leistung des Verdichters (inkl. Zylinderkopflüfter)

Gütegrad $\eta = \frac{\epsilon}{\epsilon_c}$

ϵ_c Carnot-Kälteleistungszahl mit $\epsilon_c = \frac{t_0}{t_c - t_0}$

t_0 Verdampfungstemperatur

t_c Verflüssigungstemperatur

Die Verdampfungstemperatur in einem Plusverbund wird häufig auf einen Wert von -10°C ausgelegt. Gemäss Kennlinien im Bild 4.3.1 liegt dann die Kälteleistungszahl je nach Verflüssigungstemperatur zwischen 1,8 (bei $t_c = 55^\circ\text{C}$) und 3,5 (bei $t_c = 30^\circ\text{C}$). Im Verhältnis zur maximal möglichen Kälteleistungszahl des Carnot-Prozesses liegen die effektiven Leistungszahlen des abgebildeten Verdichters nur im Bereich zwischen 0,46 bis 0,52 (siehe Gütegrad bei $t_0 = -10^\circ\text{C}$).

der Gütegrad von Verdichtern liegt zwischen 35 und 55%

Bei einem Minusverbund mit einer Verdampfungstemperatur von -35°C liegen die Kälteleistungszahlen zwischen 0,95 und 1,2. Erstaunlicherweise sinkt der Gütegrad des Verdichters sogar auf Werte um 0,35.

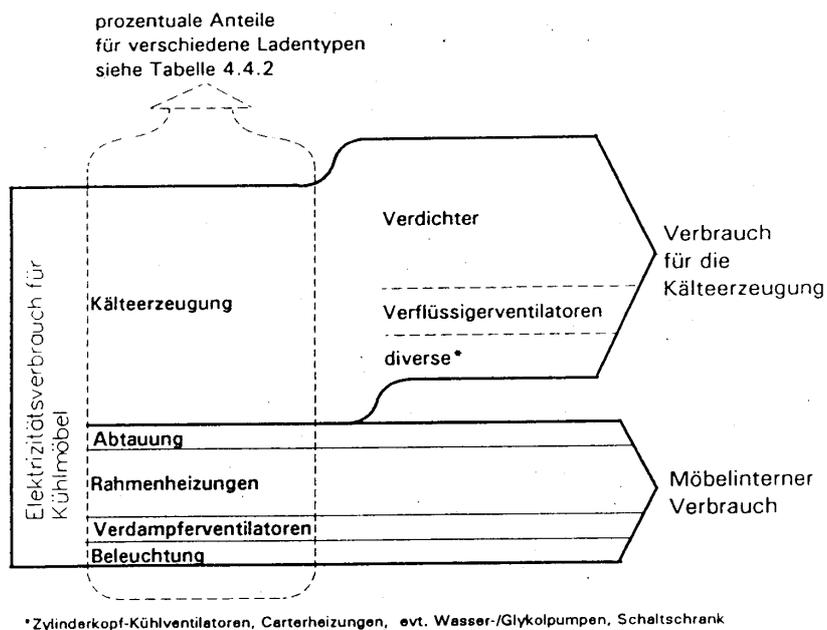
4.4 Elektrizitätsverbrauchsauf Teilung

Im Bild 4.4.1 ist dargestellt, wie sich in einem typischen Supermarkt der Elektrizitätsverbrauch für Kühlmöbel zusammensetzt.

4.4.1 Aufteilung des gesamten Elektrizitätsverbrauchs

Je nach Ladenart liegt der Anteil der Kälteerzeugung zwischen 60 und 80% am gesamten Stromverbrauch für Kühlmöbel (siehe Tabelle 4.4.2). Im Abschnitt 4.4.2 wird der Verbrauch für die Kälteerzeugung noch detaillierter aufgeschlüsselt.

Das Abtauen der Verdampfer benötigt zwischen 3 und 10% des gesamten Kühlmöbel-Verbrauchs. 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%.



d:\90\177\studie2.drw

Bild 4.4.1 Kühlmöbel-Stromverbrauch in einem typischen Supermarkt

	Anteile am Stromverbrauch für Kühlmöbel					
	Bäcker.	Molker.	Metzg.	Lebensmittelgeschäfte		
				<400m2	400-1000	1000m2
Kälteerzeugung	77%	75%	64%	73%	66%	66%
Abtauung	3%	3%	8%	6%	5%	5%
Rahmenheizungen	4%	3%	8%	8%	18%	17%
Verdampferventilatoren	7%	7%	6%	7%	6%	6%
Beleuchtung	9%	12%	13%	6%	6%	6%
Tages-Verbrauch pro Laden [kWh/(24h Laden)]	11	12	14	51	519	784
spezifischer Verbrauch [kWh/(24h m2 Verkaufsfläche)]	80	80	90	120	270	190

BS D:\90\177\Kühlmöbel.xls

Tabelle 4.4.2 Aufteilung des gesamten Stromverbrauchs für Kühlmöbel bei verschiedenen Ladentypen

4.4.2 Aufteilung des Stromverbrauchs für die Kälteerzeugung

Rund zwei Drittel des Kühlmöbel-Stromverbrauchs werden 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%

Ventilatoren zur Maschinenraumbelüftung und auf luftgekühlten Verflüssigern

*** 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 1 5

*** Zylinderkopf -Kühlventilatoren:**

Die Zylinderköpfe der Verdichter können mit Wasser, Sauggas und Umgebungsluft gekühlt werden. Bei der Lüftkühlung 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 %

Urnwälpumpen des Wasser-/Glykol-Zwischenkreislaufs für die Verflüssigerkühlung

*** evt. Wasser-/Glykolpumpen:**

Bei Distanzen ab 50 Meter zwischen Maschinenraum und möglichem Aufstellungs-ort des Verflüssiger wird in der Regel mit einem Wasser-/Glykol-Zwischenkreislauf die Verflüssigungswärme über einen Kühlturm an die Umgebung abgegeben. Dazu sind Umwälpumpen 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 %

4. Kälteerzeugung

4.5 Kalt- resp. Heissgasabtauung

Als energiesparende Alternative zur elektrischen Abtauung ist eine Verdampferenttauung auch mit Kalt- oder Heissgas möglich. Gasförmiges Kältemittel, welches eine Temperatur nahe bei der Verflüssigungstemperatur aufweist, wird als Kaltgas (2°C) bezeichnet. Es entsteht durch Enthitzung des Heissgases (90°C), welches mit hoher Temperatur aus dem Verdichter strömt. Das Kaltgas wird dem Gasraum des Sammlers entnommen.

Wird mit Kalt- statt Heissgas abgetaut, so sind die Bauteile (Armaturen, Verdampfer, Rohrleitungen) geringeren Temperaturwechselbeanspruchungen ausgesetzt. Gleichmässigeres Abtauen mit geringerer Gefahr des Ablösens grösserer Reifmassen von den Verdampferoberflächen ist ein weiterer Vorteil der Kaltgasabtauung.

Es gibt verschiedene anlagentechnische Lösungen der Kaltgasabtauung. Ein mögliches Beispiel ist im Bild 4.5.1 dargestellt. Sicherzustellen ist, dass zum Abtauzeitpunkt genügend Kaltgas zur Verfügung steht. Eine Anlage sollte zumindest aus einem Verdichter und drei Verdampfern bestehen. Im Falle der Abtauung sind zwei Verdampfer auf Kühlbetrieb und ein Verdampfer auf Abtaubetrieb geschaltet (z.B. mittels Dreiwegventil).

Im Vergleich zur traditionellen Abtauung mittels elektrischen Heizstäben in oder am Verdampfer weist die Kaltgasabtauung folgende Vorteile auf:

* Die Abtauzeit wird von ca. 30 Minuten auf 5 bis 15 Minuten verkürzt, da die Wärmezufuhr direkt durch die Verdampferrohre erfolgt. Bei der elektrischen Abtauung sind die Heizstäbe oft beim Lufteintritt in den Verdampfer angebracht. Die umgewälzte Luft wird zur Eisschmelzung erhitzt.

* Die Temperatur in den Kühlmöbeln steigt weniger stark an und reduziert die Gefahr negativer Auswirkungen auf die Produktequalität.

* Die Abkühlzeit nach dem Abtauende ist kürzer.

* Der Elektrizitätsverbrauch kann um einige Prozente vermindert werden, da der Energieaufwand zur Abtauung von einem Teil der Verflüssigungsleistung der Kälteanlage erbracht wird.

* Interessant ist unter Umständen die Kosteneinsparung durch die Reduktion der elektrischen Bezugsspitzen, da die elektrischen Abtauheizungen grosse Leistungswerte aufweisen.

Verdampferabtauung mit Kaltgas als Alternative zur elektrischen Abtauung

Vorteile der Kaltgasabtauung gegenüber der Heissgasabtauung

Verbundanlage als Voraussetzung für die Kaltgasabtauung

Vorteile der Kaltgasabtauung gegenüber der elektrischen Abtauung

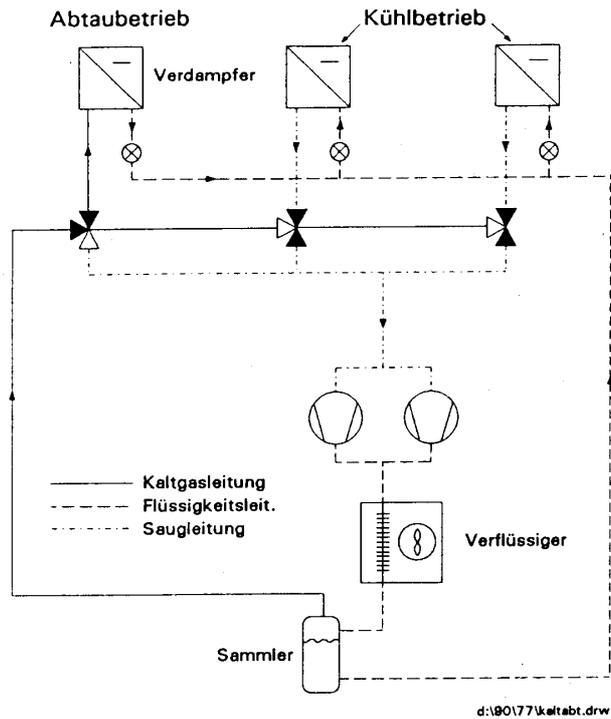


Bild 4.5.1 Anlagebeispiel für Kaltgasabtauung

Die Kaltgasabtauung weist aber auch gewisse Nachteile auf, welche berücksichtigt werden müssen:

* Die Kaltgasabtauung stellt grössere Ansprüche an den Anlagebauer, das Montage- und das Wartungspersonal. Insbesondere bei den oft sehr gedrängten Terminplänen bei Ladenumbauten führt eine komplexere Anlage zu zusätzlichen Anforderungen an das Montagepersonal.

mögliche Nachteile der Kaltgasabtauung

* Störungen im Abtausystem betreffen zwangsläufig auch das Kühlsystem. Undichte Ventile können unbemerkt zu einem Energiemehrverbrauch führen (z.B. durch Kaltgas-Bypass in die Saugleitung).

* Die Anwendung ist nur in Verbundanlagen möglich, da mindestens drei bis vier Verdampfer benötigt werden.

* Im Vergleich zur elektrischen Abtauung liegt der Investitionsbedarf höher. Diese Mehraufwendungen lassen sich aber in mittleren und grösseren Läden in wenigen Jahren amortisieren.

4. Kälteerzeugung

4.6 Kältemittlersatz und Auswirkungen

Verbot von R502 hat grosse Änderungen beim Bau von Tiefkühlanlagen zur Folge

Aufgrund der -schädlichen Auswirkungen auf die Ozonschicht und des Beitrags zu einem verstärkten Treibhauseffekt wird der Einsatz von einigen wichtigen Kältemitteln für gewerbliche Kühlanlagen nicht mehr möglich sein. Vor allem das Verbot von R502 im Bereich der Tiefkühlanlagen ist einschneidend. Als Übergangslösung wird in den nächsten Jahren R22 eingesetzt werden. Da auch dieses Kältemittel ökologisch nicht unbedenklich ist, müssen noch weitere Lösungswege gesucht werden.

Der Minusanlagen-Bau ist daher im Moment und in den kommenden Jahren stark im Fluss. Dies ist ein Grund, warum im Rahmen dieser Arbeit die verschiedenen schaltungstechnischen Varianten nicht detailliert betrachtet und aus energetischer Sicht beurteilt werden.

Die zum heutigen Zeitpunkt aufkommenden Möglichkeiten für R22Kälteanlagen im Tiefkühlbereich seien an dieser Stelle kurz genannt:

Zweistufige Verdichter: Die Verdichtung erfolgt zweistufig in ein und demselben Verdichter. Beim Mitteldruck muss das Kältemittel enthitzt werden, um überhöhte Verdichtungsendtemperaturen in der zweiten Stufe zu vermeiden.

Flüssigkeitseinspritzung: Die Verdichtung erfolgt einstufig. Mit einer speziellen Regelungseinheit wird zur Vermeidung überhöhter Verdichtungsendtemperaturen bei Bedarf flüssiges Kältemittel auf der Saugseite des Verdichters eingespritzt.

Booster-Verdichter: Die Verdichtung erfolgt zweistufig in zwei individuell aufeinander abzustimmenden Verdichtern. Beim Mitteldruck muss das Kältemittel enthitzt werden, um überhöhte Verdichtungsendtemperaturen in der zweiten Stufe zu vermeiden.'

Kaskadenkühlung: Die Verdichtung erfolgt zweistufig. Die Verflüssigungstemperatur des Minusverbundes wird mit + 1 °C speziell tief gewählt. Dazu wird die Minus-Verflüssigungswärme über einen Plattenwärmetauscher an die Plusverbundanlage abgegeben (Kaskade).

Offene Verdichter: Dabei handelt es sich um einstufige, halbhermetische, luft- oder wassergekühlte (d.h. nicht sauggasgekühlte) Verdichter. Bei kleineren Kälteleistungen haben sich die offenen Verdichter seit Jahrzehnten bewährt. Eine Umstellung auf R22 bereitet keine Schwierigkeiten.

4. Kälteerzeugung

40

5. Energiesparmassnahmen bei Neuanlagen

Alle Energiesparmassnahmen, welche bei der Neueinrichtung von Verkaufskühlmöbeln in Lebensmittelgeschäften von Bedeutung sind, werden in diesem Kapitel beschrieben. Eine tabellarische Übersicht über alle Massnahmen, deren Sparpotential sowie Angaben zur Wirtschaftlichkeit finden sich im Abschnitt 5.4.

Einsparmöglichkeiten durch optimale Wartung der Kühlmöbel und der technischen Einrichtungen sowie mögliche Sofortmassnahmen bei bestehenden Anlagen werden im Kapitel 7 erläutert.

5.1 Optimale Kühlmöbelkonstruktion und -Aufstellung

Die Sparpotentiale bei den Kühlmöbeln können auf der einen Seite beim Möbelhersteller durch konstruktive Massnahmen erreicht werden. Auf der anderen Seite müssen die Ladenbetreiber bereit sein, sparsame Modelle einzusetzen oder sogar bewusst verlangen. Möglichst vorteilhafte Warenpräsentation und rationeller Energieverbrauch können zu gewissen Zielkonflikten führen. Solche Hemmnisse beim Einsatz energiesparender Kühlmöbel werden im Kapitel 8 beschrieben.

5.1.1 Verbesserung des Luftschleiers und der Luftführung

Das Eindringen von warmer und feuchter Ladenumgebungsluft muss bei offenen Möbeln (Inseln, Truhen und Regale) mittels konstruktiver Massnahmen verringert werden. Ein effizienter Luftschleier zwischen Kühlzone und Laden ist insbesondere bei Regalen von grosser Bedeutung, da bis zu 70% des Kältebedarfs durch Luftaustausch mit der Umgebung entsteht (siehe Bild 3.4.3).

Auch die Luftumwälzung in den Luftkanälen und über den Verdampfer weist noch ein Verbesserungspotential auf.

Folgende konstruktive Massnahmen sind anzustreben (in Klammer die geschätzten Potentiale gemäss einer holländischen Untersuchung [van der Sluis, 1991]):

verbesserte Verdampferanströmung:

Durch eine verbesserte Verdampferanströmung kann die Temperaturdifferenz zwischen Verdampfer und umgewälzter Luft verkleinert werden. Bei den heutigen Möbeln ist meist nur gerade ein Axialventilator pro Meter Verdampferbreite zur Luftumwälzung installiert. Man kann davon ausgehen, dass damit die Verdampferanströmung noch nicht optimiert ist (geschätzte Verbesserung:

Inhalt Kap. 5:

Massnahmen bei neuen oder totalsanierten Verkaufskühlmöbeln und deren Kälteanlage

Massnahme MI

verbesserte Luftführung und Luftschleier

häufig nur ein Axialventilator pro Meter Verdampferbreite

10% geringere Temperaturdifferenz zwischen Verdampfer und umgewälzter Luft).

* verbesserte Luftschleier:

Die Gestaltung von Luftschleiern (siehe Bild 3.1.1), welche den Luftaustausch zwischen Kühlbereich und Laden möglichst gering halten, ist eine anspruchsvolle aerodynamische Aufgabe. Effiziente (z.B. wabenförmige) Luftauslässe bewirken einen laminaren Luftvorhang, welcher als schützende Schicht zwischen Kühlzone und Möbelumgebung den Luftaustausch verkleinert (geschätzte Verbesserung: 10% geringerer Kältebedarf durch geringeren Luftaustausch mit der Umgebung).

* verminderte Druckverluste:

Geringere Druckverluste (z.B. durch abgerundete Ecken) in den Umluftkanälen vermindern die nötige Ventilatorleistung. (geschätzte Verbesserung: 10% geringere Ventilatorleistung)

* bessere Anströmung der Produkte:

Werden die Produkte direkt mit Kaltluft angeströmt so verbessert sich der Wärmeübergangskoeffizient und folglich sinkt die Temperaturdifferenz zwischen Umluft und Kühlprodukten. (geschätzte Verbesserung: 25% geringere Temperaturdifferenz)

Je nach Möbeldtyp dürften die Sparpotentiale durch bessere Luftschleier und Luftführung zwischen 5 und 15% liegen (siehe Abschnitt 5.4).

5.1.2 Hohe Verdampfungstemperaturen bei Glacemöbeln und O°C-Plusmöbeln

Bei Verbundanlagen stellen Kühlstellen, die eine deutlich unter dem für die übrigen Kühlstellen erforderlichen to-Niveau liegende Verdampfungstemperatur erfordern, ein besonderes Problem dar. Typische Beispiele sind die Glacemöbel im Minusbereich und die O°C-Fleischmöbel bei Plusanlagen. Der übliche Weg, die Verdampfungstemperatur des Gesamtverbundes um ca. 5 Kelvin abzusenken, um auch diese Kühlstellen optimal versorgen zu können, führt zu vermeidbarem Energieaufwand [van Riesenbeck, 19831.

Bei diesen Möbeldtypen ist eine Optimierung mit dem Ziel höherer Verdampfungstemperaturen von besonderer Wichtigkeit. Zusätzlich zu den im Abschnitt 5.1.1 genannten Massnahmen sind folgende Verbesserungsschritte denkbar:

möglichst kurze Luftschleier:

Bei langen Luftschleiern vor grossen Kühlmöbelöffnungen muss die Luftausblastemperatur rund 10 K tiefer liegen als bei der Luftansaugöffnung. Bei kurzen Luftvorhängen kann diese Temperaturdifferenz um mehrere Kelvin verkleinert werden (siehe Bild 5.1.1). Die Temperatur t_2 bei der Luftansaugöffnung ist durch die erforderliche Produkttemperatur vorgegeben. Bei kleiner Temperaturdifferenz von Ausblas zu Absaug kann folglich die Verdampfungs-

Luftschleier vor Kühlmöbelöffnungen verringern den Luftaustausch mit der Umgebung

Massnahme M2
höhere Verdampfungstemperaturen

kurze Luftschleier ermöglichen höhere Verdampfungs-temperaturen

5. Energiesparmassnahmen bei Neuanlagen

temperatur höher liegen. Mögliche Verbesserungen stellen beispielsweise sogenannte Mittenausblas-Stellen dar (siehe bereits auf dem Markt erhältliche Inseln im Anhang A.1 und denkbarer Mittenausblas bei Regalen im Bild 5.1.1).

grössere Verdampferoberfläche:

Eine Vergrösserung der Verdampferoberfläche kann in gewissen Grenzen ebenfalls zu einer Anhebung der Verdampfungstemperatur beitragen. Ein wichtiges Verbesserungspotential liegt aber vor allem auch bei der bereits erwähnten Luftanströmung des Verdampfers.

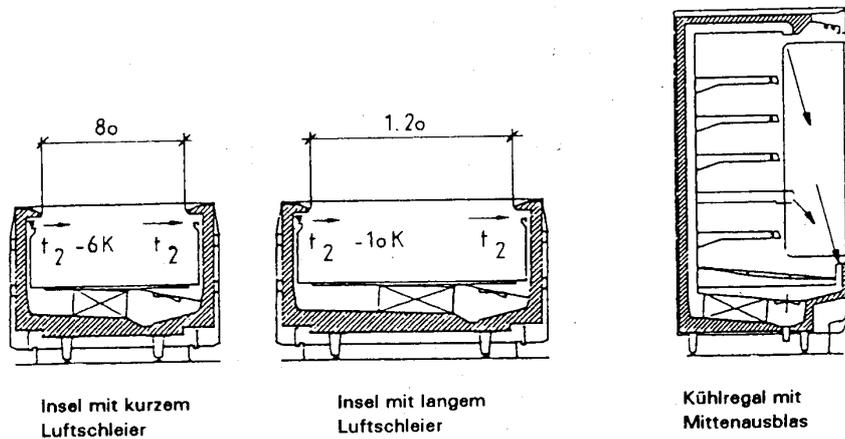


Bild 5.1.1 Vorteil von kurzen Luftschleiern (Bsp. Insel) und Kühlregal mit Mittenausblas

5.1.3 Verbesserte Glastüren

Bei Tiefkühlschränken hat die Konstruktion der Glastüre einen wichtigen Einfluss auf den Energieverbrauch. Auf der einen Seite weisen Schränke meist sehr grosse Rahmenheizungen auf, damit die Scheiben genügend hohe Oberflächentemperaturen aufweisen, um ein Beschlagen oder sogar eine Vereisung zu vermeiden. Rund ein Dritte des gesamten Stromverbrauchs von Minus-Schränken werden durch die Rahmenheizungen verschlungen. Eine Optimierung drängt sich daher auf.

Massnahme M3

verbesserte Glastüren

Zwischen warmer Ladenumgebung und Tiefkühlprodukten findet bei Glastüren (und anderen Verglasungen) eine Wärmeübertragung durch Infrarotstrahlung statt, welche ca. ein Drittel des Kälteleistungsbedarfs der Tiefkühlschränke verursacht (siehe Bild 3.4.3). Dieser Strahlungsaustausch findet nur indirekt statt, da Glasoberflächen 90% der einfallenden Infrarotstrahlung absorbieren aber auch wieder zu 90% emittieren, gemäss Kirchhoffschem Strahlungsgesetz.

5. Energiesparmassnahmen bei Neuanlagen

Durch Infrarot-reflektierende Glasbeschichtungen, wie sie bei heutigen Verglasungen von Wohnbauten bereits Standard sind (Wärmeschutzgläser), kann dieser Wärmeeintrag ins Möbelinnere und folglich der entsprechende Stromverbrauch für die Kälteerzeugung stark vermindert werden.

Reduktion des Wärmeeintrags durch Infrarotstrahlung und der Rahmenheizleistungen durch beschichtete Glastüren

Als positiver Nebeneffekt sinkt bei beschichteten Glastüren die ladenseitige Glasoberflächentemperatur auch ohne Rahmenheizung nicht unter 15°C. Dies ermöglicht nennenswerte Stromeinsparungen beim Tiefkühlschrank, welcher eigentlich bereits in der heute üblichen Ausführung ohne Glasbeschichtung die energetisch beste Möbelform für Tiefkühlprodukte darstellt (siehe Abschnitt 5.1.6).

Versuche eines Kühlmöbelherstellers haben gezeigt, dass mit beschichteten Zweifach-Verglasungen ein Verzicht auf Rahmenheizungen möglich ist, wenn der Ladenbesitzer ein kurzes Beschlagen der Scheiben nach dem Türenschiessen in Kauf nimmt. Durch weitere Entwicklungsanstrengungen kann vielleicht sogar diese leicht störende Eigenschaft vermieden werden.

Verzicht auf Rahmenheizungen bei Glastüren durch richtige Beschichtung

Durch eine Unterteilung der meist 1,6 Meter hohen Glastüren in zwei bis vier Teile würde die Kaltluftmenge, welche beim Öffnen der Tür aus dem Möbel herausfällt, natürlich stark vermindert. 5% Einsparungen könnten bei vier Teilen erwartet werden.

Unterteilung von Glastüren in mehrere Tolle

5.1.4 Reduktion der Verluste bei Kühlmöbelöffnungen

Bei Kühlmöbeln mit Öffnungen (Inseln, Truhen, Regale) werden 60 bis 80% des Kältebedarfs durch Luftaustausch mit der Umgebung und Infrarotstrahlung verursacht (Q2 und Q3 in Bild 3.4.3). Massnahmen zur Reduktion dieser Verluste durch die Möbelöffnungen haben folglich eine hohe Priorität.

Einsatz von Nachtdeckungen

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.

Massnahme M4
Nachtdeckungen

Folgende Arten von Abdeckungen werden zum Teil bereits heute eingesetzt oder sind erfolgsversprechend:

Rollos bei Kühlregalen, resp. Containerregalen:

Die Rollos sollten möglichst dichtschiessend sein. 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. Aktionsstände oder andere Einbauten, welche die Rollo-Bewe-

5. Energiesparmassnahmen bei Neuanlagen

gung stören könnten, müssen vermieden werden.

Vielen Ladenbesitzer bestellen neue Regale bereits standardmässig mit Rollos.

- isolierte leichte Abdeckplatten bei Inseln, Truhen und Kombinationen (siehe Bild 5.1.3):

Die Abdeckplatten müssen vom Ladenpersonal abends aufgelegt und morgens entfernt und ausserhalb der Verkaufsfläche gelagert werden. Dieser Arbeitsmehraufwand dürfte der Hauptgrund sein, warum diese Abdeckungsart hie und da wohl vorhanden ist, aber nicht eingesetzt wird. Bei neuen Möbeln werden heute erst bei knapp der Hälfte Abdeckungen mitgeliefert. Als Grund werden die Probleme mit der Aufbewahrung der Platten genannt.

Eine interessante Möglichkeit mit automatisch bedienbaren Abdeckungen ist im Bild 5.1.6 dargestellt.

- Rollos bei horizontalen Möbelöffnungen von Inseln, Truhen und Kombinationen (siehe Bild 5.1.2):

Mit Rollos kann der Aufwand für das Abdecken verringert und der Platzbedarf für Abdeckplatten im Lager vermieden werden. Frühere Versuche mit horizontalen Rollos hatten verschiedentlich Schwitzwasserprobleme gezeigt. Mit neuen Rollo-Materialien konnte diese Problematik gelöst werden. Bereits auf dem Markt erhältlich ist ein Handrollo, deren Kassette auf dem Mittenausblas von Inseln oder auf dem wandseitigen Rand von Truhen montiert werden kann.

Weitergehende Lösungen mit im Möbel integrierten Rollos, welche auch automatisch geschlossen werden können, sind zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht auf dem Markt erhältlich.

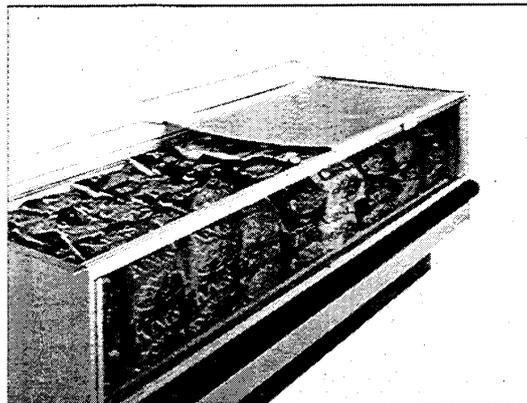
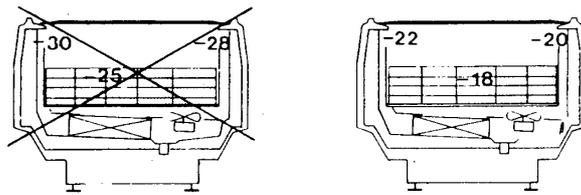


Bild 5.1.2 Rollo für horizontale Kühlmöbelöffnungen (am Beispiel einer Tiefkühltruhe)



ohne Anpassung

mit Anpassung der Temp.regelung

Bild 5.1.3 Nachtdeckung bei einer Tiefkühlinsel (mit und ohne Anpassung der Temperaturregelung während des Nachtbetriebs)

Wichtig bei Einsatz von Nachtdeckungen ist eine dem reduzierten Kältebedarf angepasste Temperaturregelung (siehe Abschnitt 5.2). Andernfalls wurde häufig ein starkes Absinken der Möbelinnentemperatur beobachtet. Die damit verbundenen Folgen wie Vereisen der Produkte, vermehrte Schwitzwasserbildung usw. wurden dann als Argumente gegen den Einsatz von Nachtdeckungen ins Feld geführt.

angepasste
Temperaturregelung
bei montierten
Nachtdeckungen

Auf die bedeutenden Energieeinsparungen durch Nachtdeckungen wurde bereits im Abschnitt 3.6 hingewiesen.

Einsatz transparenter Abdeckungen

Vor allem bei Kühlregalen sollte der Austausch von Ladenluft und kalter Luft aus dem Möbel auch während der Ladenöffnungszeiten möglichst vermindert werden. Entsprechende Massnahmen sollten die Sicht auf die Produkte möglichst wenig behindern und den Zugriff zu den Produkten nicht erschweren.

Massnahme M5
transparente
Abdeckungen

Folgende transparente Abdeckungen bei Möbeln mit vertikalen Öffnungen sind denkbar:

mögliche transparente
Abdeckungen bei
Kühlregalen

* Glastüren bei Regalen für den Plusbereich:

Ein Einsatz von Glastüren bei Kühlregalen drängt sich auf. Die Möbelhersteller müssen an die Plusverhältnisse angepasste Regale mit Glastüren anbieten.

* Plastikstreifen-Vorhänge o.ä.:

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

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

Zweiter Luftschleier als zusätzlicher Schutz

Durch den Einsatz eines weiteren, gleichlaufenden Luftvorhangs vor den Kaltluftschleier könnte insbesondere bei Regalen der Energieverbrauch auch während der Ladenöffnungszeit um rund 10% vermindert werden.

Der Fassungsort der Luft für den zweiten Schleier, die Luftführung im Möbel, der eventuelle Einsatz eines zweiten Ventilators u.a. müssten durch Versuche bei Möbelherstellern optimiert werden.

Seit kurzem ist auf dem Markt ein Möbel mit einem doppelten Luftschleier erhältlich, welches nur mit einem Ventilator arbeitet. Ein stark vereinfachter Querschnitt findet sich im Bild 5.1.4. Die Luft des zweiten Schleiers unterscheidet sich nur darin, dass sie nicht über den Verdampfer geführt wird und folglich rund 5 bis 10 Kelvin wärmer vor dem inneren Kaltluftschleier ausgeblasen wird. Mangels Messungen kann die energetische Qualität dieses Möbels nicht beurteilt werden.

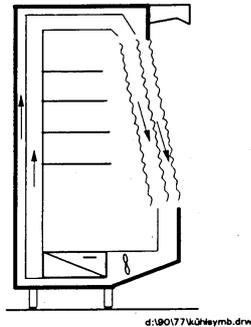


Bild 5.1.4 Vereinfachte Darstellung eines seit kurzem auf dem Markt erhältlichen Kühlregals mit doppeltem Luftschleier

Anbringen von reflektierenden Schirmen/Baldachinen

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 (siehe Anhang A.3). Im Bild 5.1.5 sind mögliche Formen von Baldachinen dargestellt. Besonders interessant ist die Tiefkühlinsel im Bild 5.1.6 bei der die reflektierende Baldachine ausserhalb der Ladenöffnungszeit heruntergelassen werden können und so als automatisierbare Nachtdeckung wirken.

Massnahme M6
zweiter Luftschleier
vor Öffnungen

Massnahme M7a
reflektierende
Schirme/Baldachine

5. Energiesparmassnahmen bei Neuenlagen

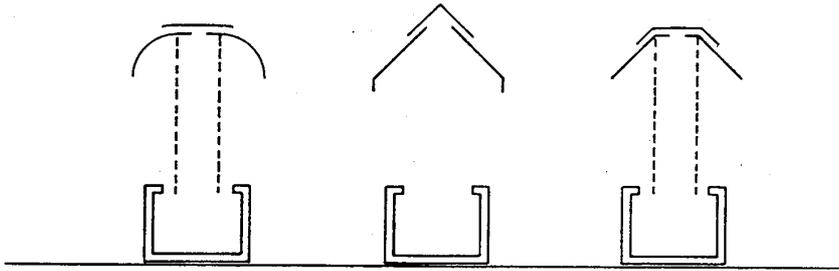


Bild 5.1.5 Mögliche Formen von Infrarot-reflektierenden Schirmen über Inseln [Gac, Gautherin, 1987]

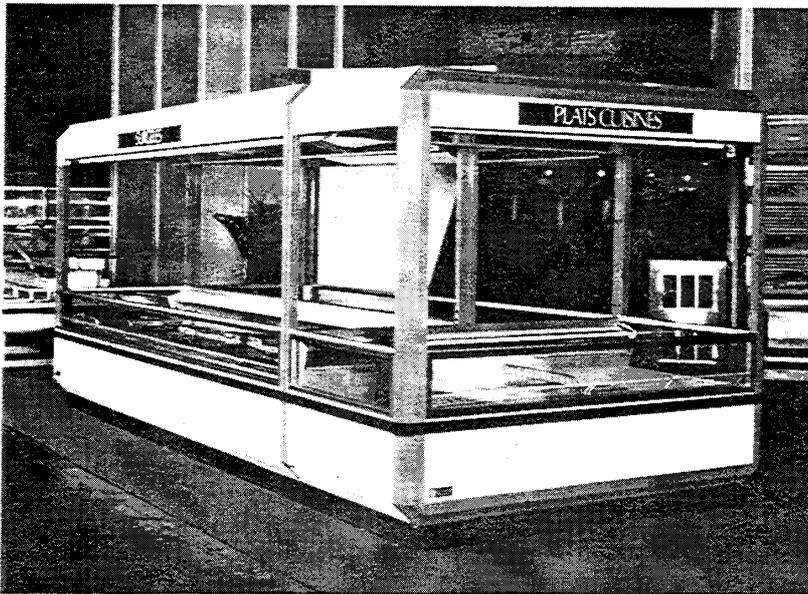


Bild 5.1.6 Tiefkühlinsel mit Infrarot-reflektierenden Schirmen, welche als Nachtabdeckung heruntergelassen werden können [Gac, Gautherin, 1987]

Verwendung von reflektierenden Verpackungsmaterialien

Eine Verminderung des Infrarot-Wärmeaustausches ist besonders dann effizient, wenn neben der Möbelumgebung auch die Kühlprodukte-Verpackungen möglichst Infrarot-reflektierend gestaltet sind (siehe Anhang A.3). Aluminiumfilme oder vergoldete Verpackungen (Typ Margarine) erfüllen die genannte Forderung. Der Einfluss von Aufdrucken auf die Infrarot-reflektierende Eigenschaft sowie die Ökobilanz solcher Verpackungen müssten aber genauer untersucht werden.

Massnahme M7b
reflektierende Ver-
packungsmaterialien

Vor allem Grossverteiler hätten die Möglichkeit, entsprechende Verpackungen zu prüfen und anzuwenden.

5. Energiesparmassnahmen bei Neuanlagen

5.1.5 Verschiedene konstruktive Verbesserungen

Verbesserter Ventilatorwirkungsgrad

Die Axialventilatoren für die Luftumwälzung weisen noch Verbesserungspotentiale auf. Der Einsatz von Ventilatoren mit höheren Wirkungsgraden vermindert sowohl den möbelinternen Stromverbrauch als auch denjenigen für die Kälteerzeugung.

Massnahme M8
verbesserter
Ventilator-
wirkungsgrad

Wirksamere Isolation

In erster Linie bei Tiefkühlschränken ist der Anteil am Kältebedarf durch Wärmeleitung von grösserer Bedeutung (siehe Bild 3.4.3). Durch eine verbesserte Isolation könnten diese Verluste reduziert werden.

Massnahme M9
wirksamere Isolation

Optimierte Beleuchtung

Eine, genügende Beleuchtung der Waren erfolgt bei einigen Möbeltypen durch Lichtquellen, welche direkt am oder im Möbel montiert sind sowie durch Beleuchtungskörper des Verkaufsraums. Eine aus energetischer Sicht optimierte Beleuchtung sollte folgenden Grundsätzen genügen:

Massnahme M10
optimierte
Beleuchtung

* 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 Platzierung 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 Leuchtstoffröhren im Kühlbereich nicht verzichtet werden kann, so sollten wenigstens die Vorschaltgeräte ausserhalb des gekühlten Bereichs platziert werden. Die Verlustleistung der Vorschaltgeräte beträgt je nach Bauart zwischen 8 und 30% der Lampenleistung.

5.1.6 Wahl energetisch vorteilhafter Möbeltypen und -fabrikate

Wird ein Laden mit neuen Kühlmöbeln ausgestattet, so ist es aus energetischer Sicht natürlich wünschenswert, wenn solche gewählt werden, welche einen möglichst tiefen Energieverbrauch pro Nutzinhalt (oder teilweise, pro Auslagefläche) aufweisen. Solche spezifischen Verbrauchswerte ermittelt mit einem genormten Verfahren sind heute aber noch nicht verfügbar (vgl. Anhang A.4).

Wahl der besten Möbeltypen

Bestimmte Möbeltypen weisen gegenüber anderen Formen einen tieferen spezifischen Energieverbrauch auf. Solange noch keine genormten Verbrauchsangaben für jedes einzelne Möbel bekannt sind, ist die Wahl von energetisch vorteilhaften Möbeltypen ein erster pragmatischer Schritt von energiebewussten Ladenbesitzern.

Massnahme M 11
Wahl der besten
Möbeltypen

Aufgrund verschiedener Grundlagen (z.B. Messungen gemäss Bild 3.6.1, Auswertungen von Herstellerangaben im Anhang A.5 usw.) wurde eine energetische Beurteilung wichtiger Möbeltypen im Tiefkühl- und Kühlbereich vorgenommen.

Diese Rangfolge in Tabelle 5.1.7 basiert auf Durchschnittswerten verschiedener Fabrikate. Es ist daher in Ausnahmefällen möglich, dass z.B. ein energetisch schlechter Tiefkühlschrank höhere spezifische Verbrauchswerte aufweist als eine energetisch optimierte Tiefkühlinsel.

Energetische Rangfolge verschiedener Möbelformen		
	Minusmöbel	Plusmöbel
1.	Tiefkühlschränke mit Glastüren	Kühlregale mit Glastüren (noch nicht erhältlich)
2.	Tiefkühlinseln/-truhen ohne Verglasungen	Kühlinseln/-truhen (möglichst ohne Verglasungen)
3.	Tiefkühlkombinationen und Tiefkühlinseln/-truhen mit Verglasungen	offene Kühlregale

Tabelle 5.1.7 Energetisch vorteilhafte Möbeltypen (Rangfolge nach Energieverbrauch pro Nutzinhalt)

Wahl des energetisch besten Fabrikats

Wie bereits verschiedentlich erwähnt, schwankt der spezifische Energieverbrauch zwischen den verschiedenen Möbelfabrikaten sehr stark. Die Angabe eines genormten Verbrauchs ist von grosser Bedeutung, um die energetische Qualität beurteilen zu können. Viele der genannten Massnahmen bei Kühlmöbeln müssen durch die Hersteller realisiert werden. Der umweltbewusste Ladenbesitzer benötigt dann aber vergleichbare Verbrauchsangaben, um entsprechend optimierte Möbel auswählen zu können.

Massnahme M 12
Wahl des energetisch
besten Möbelfabrikats

5. Energiesparmassnahmen bei Neuenlagen

Eine wichtige Umsetzungsmassnahme stellt die Verpflichtung der Möbelhersteller zur Spezifikation der für einen energetischen Vergleich benötigten Angaben dar (siehe Kapitel 8).

5.1.7 Vermeiden von ungünstigem Möbelzubehör

Verschiedenes durch den Ladenbesitzer wählbares Möbelzubehör kann den Energieverbrauch negativ beeinflussen. Nachstehend sind zwei Beispiele aufgezählt:

Beleuchtung im gekühlten Bereich:

Häufig kann bei Kühlregalen jede Ausstell-Etage mit zusätzlichen Leuchtstoffröhren-Reihen separat beleuchtet werden. Auf diese möbelinterne Beleuchtung sollte verzichtet werden (vgl. Abschnitt

Verzicht auf (Dampf-)Befeuchtung:

Bedienungstheken für den Verkauf von offenem Fleisch und Käse werden zunehmend mit Befeuchtungsanlagen ausgerüstet, um ein Austrocknen der Produkte zu vermeiden. Dies ist energetisch besonders schlecht, da die Befeuchtungsanlage viel Energie verschlingt, der Kältebedarf zunimmt und vermehrt abgetaut werden muss.

Insbesondere bei Fleischtheken sollte eine Befeuchtung vermieden werden (ein Austrocknen der Ware lässt einen zu geringen Warenumsatz vermuten!). Durch Ausräumen über Nacht oder sorgfältiges Abdecken der Ware ist ein Verzicht auch bei Käsetheken möglich.

5.1.8 Vermeiden ungünstiger Umgebungsbedingungen

Mit verschiedenen Massnahmen können der Ladenbauer und der Haustechnikplaner die Möbelumgebung so gestalten, dass ein unnötiger Mehrverbrauch vermieden wird.

* Möglichst geringer Luftzug vor Kühlmöbelöffnungen:

Luftbewegungen vor Kühlmöbelöffnungen vergrössern den Austausch von Luft zwischen Kühl- und Ladenbereich. Daher sollte Zugluft in der Möbelumgebung vermieden werden. Insbesondere Luftauslässe der Lüftungsanlage sind entsprechend zu plazieren.

* Gruppenweise Anordnung von Kühlmöbeln:

Durch die gruppenweise Anordnung von Kühlmöbeln können kühlere Ladenzonen geschaffen werden. Dadurch sinkt der Kältebedarf der Möbel (siehe Abschnitt 3.4).

* Gegenüberliegende Anordnung von Kühlregalen:

Mit einer im Bild 5.1.8 dargestellten Anordnung von Kühlregalen können die Infrarotstrahlungsverluste reduziert werden.

Massnahme M13

Vermeiden von ungünstigem Möbelzubehör

Befeuchtung in

Bedienungstheken ist vermeidbar

Massnahme M14

Vermeiden ungünstiger Umgebungsbedingungen

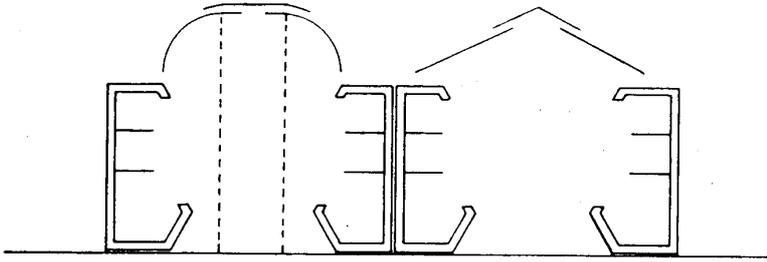


Bild 5.1.8 Gegenüberliegende Anordnung von Kühlregalen (mit zusätzlichen Infrarotreflektierenden Schirmen)
[Gac, Gautherin, 1987]

5.1.9 Verzicht auf unnötige Kühlung

Die Ausstellregale für offenes Gemüse und Früchte sind noch in den meisten Geschäften ungekühlt (abgesehen von einem kleinen Kühlregal für geschnittenes Gemüse u.a.). Es ist aber eine zunehmende Tendenz feststellbar, Kühlregale einzusetzen. Eine solche Entwicklung sollte rechtzeitig kritisch hinterfragt werden.

Massnahme M15
Verzicht auf unnötige Kühlung

5.2 Bedarfsangepasste Kühlstellen-Regulierung

Mit optimalen Kühlmöbel-Regelrichtungen kann der Elektrizitätsverbrauch wesentlich reduziert werden. In diesem Abschnitt werden die anzustrebenden Regelprinzipien dargestellt. Bei neuen Verbundanlagen werden diese inzwischen zum Teil eingesetzt.

Es muss berücksichtigt werden, dass Kühlmöbel für mittlere und grosse Läden oft mit Regelrichtungen gemäss Anforderungen des Anlageplaners ausgestattet werden. Andererseits sind steckerfertige Möbel in der Regel mit standardisierten und möglichst kostengünstigen Steuer- und Regelgeräten ausgerüstet.

Als Kühlstellenregler werden im Rahmen dieser Arbeit Geräte bezeichnet, welche

- * sämtliche Regel- und Steueraufgaben zum Betrieb einer Kühlstelle übernehmen (Temperatur-Regelung, Steuerung der Abtauung, der Rahmenheizungen und der Ventilatoren,)

- * Alarm- und Überwachungsfunktionen erledigen und

- * die Verbindung mit anderen Regelungseinrichtungen (Saug- und Verflüssigungsdruck-Regelungen) und einem übergeordneten Überwachungs- und Datenerfassungssystem ermöglichen.

Kühlstellenregler ersetzen die herkömmlichen Steuer-, Abtau- und Alarmthermostate sowie Verzögerungs- und Hilfsrelais.

Definition Kühlstellenregler

5.2.1 Temperatur-Regelung

Zur Gewährleistung einer gewünschten Umluft-Temperatur im Kühlmöbel wird heute mittels Zwei-Punkt-Regelung die Kältemittelzufuhr zum Verdampfer mit einem Magnetventil ein- und ausgeschaltet. Dabei handelt es sich um eine nicht-kontinuierliche Regelung, da der Verdampfer entweder mit hoher Leistung oder gar nicht kühlt. Unerwünschte Schwankungen der Temperatur und des Kältemittelstroms sind die Folge. Eine möglichst kontinuierliche Temperatur-Regelung ist daher anzustreben. Die bereits heute verfügbaren Kühlstellenregler sind noch nicht entsprechend konzipiert. Als Schritt in diese Richtung kann die Aufrechterhaltung einer Minimalkühlung statt die Unterbrechung der Kältemittelzufuhr gewertet werden. Der minimale Kältemittelstrom wird dabei vom Kühlstellenregler dauernd so angepasst, dass die Lufttemperatur möglichst konstant gehalten wird.

Anstreben einer kontinuierlichen Temperatur-Regelung

Bei den heute üblichen Regelungen der Umlufttemperatur passiert es häufig, dass beim Einsatz von Nachtdeckungen die Temperatur unter das gewünschte Niveau absinkt. Dies kann zu vermehrtem Auftreten von "Schwitzwasser" führen. Andererseits wird dadurch auch nicht das gesamte durch Nachtdeckungen erzielbare Sparpotential erreicht. Moderne Kühlstellenregler vermeiden auch bei unterschiedlichen Betriebsbedingungen unerwünschte Schwankungen der Produkte-Temperatur. Dies wird erreicht durch geschickte Berücksichtigung der auftretenden Temperaturen vor und nach dem

Massnahme R1
Vermeiden von Temperaturschwankungen

Kühlmöbel-Verdampfer und beispielsweise durch Anpassung der Sollwerte während des Nachtbetriebs.

5.2.2 Optimale Verdampferfüllung

Dem Verdampfer muss soviel flüssiges Kältemittel zugeführt werden, wie bei dem gerade vorliegenden Betriebszustand (Kältelast) darin verdampfen kann. Wird dem Verdampfer mehr Kältemittel zugeführt, als in diesem verdampfen kann, gelangt ein Teil des flüssigen Kältemittels zurück in den Verdichter. Dieser kann dadurch stark beschädigt werden. Durch eine Überhitzung des Kältemittels am Verdampferende können solche "Flüssigkeitsschläge" vermieden werden.

Überhitzung des
Kältemittels als
Verdichterschutz-

Die Regelung der Kältemittelzufuhr zum Verdampfer erfolgt auch heute noch weitgehend mit thermostatischen Einspritzventilen. Insbesondere bei stark schwankenden Betriebsbedingungen weisen aber elektronische Einspritzventile eindeutige Vorteile auf. Im Unterschied zu den thermostatischen ermöglichen die elektronischen Einspritzventile

Massnahme R2
Einsatz von elektronischen Einspritzventilen

* grössere Schwankungen des Saug- und Verflüssigungsdruckes (vor allem die tiefere verfahrenstechnische Untergrenze des Verflüssigungsdruckes ist bei Anlagen mit häufigem Abwärmeüberschuss von Interesse)

* die Einstellung variabler Überhitzungs-Sollwerte (statt festeingestellter Überhitzung beim thermostatischen Einspritzventil)

* einen Verzicht auf ein zusätzliches Magnetventil.

Aus Kostengründen ist der Einsatz von elektronischen Einspritzventilen nicht in jedem Fall empfehlenswert. Kann bei Aussentemperaturen unter 15°C oft die Abwärme nicht genutzt werden, so ist die Voraussetzung zu einer Senkung der Verflüssigungstemperatur ungünstig.

Die minimale, vom Einspritzventil anzustrebende Oberhitzung ist abhängig vom Betriebszustand. Moderne Kühlstellenregler ermitteln laufend den minimal zulässigen Wert. Wird dem Verdampfer hingegen weniger Kältemittel zugeführt als in diesem verdampfen kann, so steigt die Oberhitzung am Verdampferende. Eine grössere Temperaturdifferenz zwischen Lufteintritts- und Verdampfungstemperatur sowie ein unwirtschaftlicher Betrieb der Kälteanlage sind die Folge.

Massnahme R3

adaptive Festlegung
der kleinsten
zulässigen
Überhitzung (MSS)

5.2.3 Optimierte Steuerung der Abtauung

Das dauernde Eindringen von Feuchtigkeit in die Kühlmöbel führt zur Wasserausscheidung an den Verdampfern, welche tiefe Minustemperaturen aufweisen. Die damit verbundene Vereisung der Verdampfer muss regelmässig zum Verschwinden gebracht werden. Sonst wird die Kälteübertragung vom Verdampfer zur umgewälzten Luft laufend stärker behindert.

Die verschiedenen Möglichkeiten zur Verdampfer-Enteisung wurden bereits beschrieben (elektrische Abtauung und Umluftabtauung im Abschnitt 3.1 sowie die Kaltgasabtauung im Abschnitt 4.5). Jedes Abtau-Verfahren führt zum-Ansteigen der Temperatur im Möbelineinnern und folglich der Waren. Um die Qualität der Produkte nicht zu beeinflussen, sollte möglichst selten und nur bis zum Verschwinden der Vereisung abgetaut werden.

Temperaturanstieg durch Abtauung möglichst gering halten

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 wieder Herunterkühlen eingespart werden.

doppelter energetischer Vorteil durch Bedarfsabtauung

Bei heutigen Kühlmöbeln 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 resp. der Umluft (bedarfsgerechtes Abschalten).

Massnahme R4 bedarfsgerechte Beendigung der Abtauung

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

Kühlstellenregler können feststellen, ob eine Abtauung eingeleitet werden muss oder ob sie unterdrückt werden kann. Dazu gibt es verschiedenste Verfahren. Beispielsweise kann die Dauer der letzten Abtauung als Mass der aktuellen Lüftfeuchtigkeit resp. des auftretenden Eisansatzes betrachtet werden. Ist die letzte gemessene Abtauzeit klein, so können mehrere der folgenden Abtauzyklen übersprungen werden. Dabei handelt es sich um ein indirektes Verfahren zur Bestimmung der optimalen Abtaudauer.

Massnahme R5a bedarfsgerechte Einleitung der Abtauung durch Kühlstellenregler

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

Als vereinfachte Variante ist allenfalls eine auf Erfahrungswerten beruhende Festlegung der Abtau Häufigkeit denkbar. Bei Minusmöbeln mit eingesetzter Nachtabdeckung wird von Montag bis Samstag einmal täglich abgetaut (statt zweimal ohne Nachtabdeckung). Am Sonntag wird nicht abgetaut.

Massnahme R5b empirisch angepasste Festlegung der Abtau Häufigkeit beim Einsatz von Nachtabdeckungen und am Sonntag

5.2.4 Optimierte Steuerung der Rahmenheizungen

Rahmen-, Fenster- und Handlaufheizungen von Kühlmöbeln werden meist dauernd betrieben. Ihre Leistungen sind aber auf den Fall hoher Raumtemperatur und -feuchtigkeit ausgelegt. Bei 25°C und 60% r.F. müssen z.B. alle Kühlmöbelteile, welche in Kontakt mit der Raumluft stehen, Oberflächentemperaturen von mindestens 17°C aufweisen, um ein Beschlagen von Glasuren und eine unerwünschte "Schwitzwasser"-Bildung zu vermeiden. Bei Raumkonditionen von 18°C und 50% r.F. genügt 8°C als minimale Oberflächentemperatur

heute meist unnötiger Dauerbetrieb der Rahmenheizungen

(Bei Handläufen muss neben der Schwitzwasser-Vermeidung auch noch eine kundenfreundliche Minimal-Temperatur eingehalten werden).

Mit einer sogenannten Taupunktregelung ist es möglich, immer gerade die minimal nötige Oberflächentemperatur zu erreichen. Der Taupunktregler schaltet dazu die Rahmenheizungen bedarfsgerecht ein und aus. Dadurch kann einerseits der Elektrizitätsverbrauch für die Rahmenheizungen reduziert werden. Andererseits kann auch der Kältebedarf vermindert werden, da ein Teil der Wärme für die Oberflächenbeheizung auch ins Kühlmöbelinnere dringt.

Massnahme R6
bedarfsangepasstes
Ein- und Ausschalten
der Rahmenheizungen
durch
Taupunktregelung

5.2.5 Angepasste Ventilatorsteuerung

Insbesondere dann, wenn bei offenen Kühlmöbeln Nachtdeckungen installiert sind, reduziert sich der Kühlbedarf gegenüber den Auslegungsbedingungen beträchtlich. Eine reduzierte Umwälzung der Luft im Möbelinnern genügt in diesem Fall zur Gewährleistung der gewünschten Aufbewahrungskonditionen. Dies wird am besten durch eine Reduktion der Ventilator Drehzahl erreicht. Ein geringerer Stromverbrauch des Ventilators und ein verminderter Eintrag von Ventilatorabwärme in das Kühlmöbel sind die erwünschten Resultate.

Massnahme R7
Reduktion der
Ventilator Drehzahl bei
installierten
Nachtdeckungen

Eine geringere Luftumwälzung kann auch durch Ein- und Ausschalten des Ventilators erreicht werden. Ob dies bezüglich Energieeinsparung und Ventilator-Lebensdauer eine gute Lösung darstellt, ist umstritten.

5.3 Optimierter Kälteanlagenbau und -betrieb

5.3.1 Optimale Platzierung der Anlagekomponenten

Kurze Distanzen zwischen den Kühlstellen, dem Maschinenraum und dem aussen-aufgestellten Verflüssiger sind bei Neubauten und grösseren Umbauten mit hoher Priorität anzustreben. Dadurch ergeben sich eindeutige Vorteile bezüglich Energieverbrauch, Kältemittelfüllung und Investitionskosten.

Massnahme KI
optimale Platzierung
der Anlage-
komponenten

Die Platzierung der Kühlstellen ist häufig durch den Ladenplaner vorgegeben. Hingegen kann durch rechtzeitige Koordination zwischen Architekt und Kälteanlagenplaner eine möglichst nahe Maschinenraumplatzierung erreicht werden.

5.3.2 Verbundanlagen statt Einzelverdichter

Massnahme K2

Bei mittleren und grossen Anlagen ermöglicht die Realisation eines Verbundsystems

- * weitergehende Verbesserungen im Bereich der Anlagensteuerung und der Leistungsoptimierung, welche bei Einzelverdichteranlagen nicht möglich sind,
- * eine wirtschaftliche Abwärmenutzung,
- * eine bessere Sicherheit bei Ausfall eines einzelnen Verdichters.

Verbundanlagen statt
Einzelverdichter oder
steckerfertige Möbel

Die Nachteile von Verbundanlagen sind:

Die Kühlstellen mit der tiefsten Soll-Verdampfungsstemperatur (z.B. die 0°C-Fleischregale im Plusverbund oder die -23°C-Glace-Möbel im Minusverbund) geben das nötige Saugdruckniveau des Verbundes vor.

Bei Leckagen können grosse Kältemittelmengen entweichen.

5.3.3 Verdichterleistung der Kühllast anpassen

bei Einzelverdichteranlagen

Die Leistung von Einzelverdichteranlagen wird meist mittels Aussetzbetrieb (Einschalten durch Kühlmöbel-Thermostat, Ausschalten durch Saugdruck-Pressostat) dem Kühlbedarf angepasst. Ungünstig sind dabei die auftretenden Anfahrverluste sowie die Tatsache, dass solche Anlagen nur unter Vollast oder eben nicht betrieben werden (kein Teillast-Betrieb, bei dem z.B. die Druckverluste quadratisch mit der Leistung abnehmen).

Bei Einzelanlagen pendelt sich der Saugdruck als Gleichgewichtszustand von Verdampfer- und Verdichter-Betriebsverhalten ein. Je grösser die Differenz zwischen Kältebedarf der Kühlstellen und momentaner Kälteleistung des Verdichters (z.B. durch Absinken der Verflüssigungstemperatur) desto mehr wird der Verdampfungsdruck vom Optimum entfernt sein.

die Verdampfungsstemperatur (resp. der Saugdruck) von Einzelanlagen kann nicht regeltechnisch beeinflusst werden

Sobald auf dem Markt erhältlich, sollten drehzahlregulierte Verdichter eingesetzt werden. Auch bei Verbundanlagen würden solche Verdichter weitere Einsparungen ermöglichen.

Massnahme K3
Einsatz von
drehzahlregulierten
Verdichtern

bei Verbundanlagen

Bei Verbundsystemen erfolgt die Steuerung der Verdichter in der Regel mittels Saugdruck-Regelung (durch Drucktransmitter mit elektronischem Schrittschaltwerk). Dabei wird ein bestimmter Saugdruck vorgegeben, welcher durch Zu- und Wegschalten der Verdichter erreicht werden soll. Der Saugdruck entspricht abgesehen vom Druckabfall in der Saugleitung dem Verdampfungsdruck der Kühlstellen und ist auf den Fall maximaler Kältebedarfsleistung ausgelegt. Sinkt der Kältebedarf der Kühlmöbel (bei Nachtbetrieb oder tiefer Ladenluftenthalpie), so ist dieser tiefe Auslegungsverdampfungsdruck nicht mehr nötig. Er könnte soweit angehoben werden, wie für die am stärksten belastete Kühlstelle noch zulässig ist.

Regelung eines
konstanten
Saugdrucks ist
energetisch ungünstig

Eine Verdampfungs- oder eben Saugdruckanhebung ergibt einerseits energetische Vorteile durch die resultierende Verbesserung der Kälteleistungszahl (siehe Bild 4.3.1). Andererseits führen höhere Verdampfungstemperaturen zu geringerer Wasserausscheidung am Verdampfer und zu einer höheren Luftfeuchtigkeit im Kühlmöbel. Dadurch erfolgt eine geringere Austrocknung von unverpacktem Kühlgut wie Fleisch, Wurst, Käse usw. (oder wird der Befeuchtungsbedarf bei entsprechend ausgerüsteten Bedienungstheken reduziert). Die geringere Wasserausscheidung führt zu einem verminderten Abtau-Bedarf.

Massnahme K4
bedarfsgerechte
Saugdruckanhebung

Es stellt sich natürlich die Frage, nach welcher Führungsgrösse der Saugdruck-Sollwert bestimmt werden soll. Diese Grösse sollte möglichst zuverlässig den aktuellen Kälteleistungsbedarf der am stärksten belasteten Kühlstelle repräsentieren. Folgende Prinzipien stehen im Vordergrund und werden teilweise schon heute eingesetzt:

* Messung der Raumluftenthalpie:

Der grosse Einfluss der Raumluftenthalpie auf den Kälteleistungsbedarf wurde bereits im Abschnitt 3.4 behandelt (siehe Bild 3.4.4).

.Vereinzelt wird heute bereits die Laden-Lufttemperatur als Führungsgrösse zur Bestimmung des Saugdruck-Sollwertes beigezogen. Dies ist nicht optimal, da damit nicht die Enthalpie gemessen wird. Vermutlich ist der höhere Preis der RaumenthalpieFühler ausschlaggebend, dass die schlechtere Variante der Temperaturmessung eingesetzt wird.

Raumenthalpie-
Messung zur
Bestimmung des
Saugdruck-Sollwertes

* Berücksichtigung des momentanen Kältebedarfs der Kühlstellen: Die Raumenthalpie ist aber nur einer der Faktoren, welche den momentanen Kältebedarf der Kühlstellen beeinflussen. Dieser sinkt ebenfalls stark, wenn Nachtdeckungen angebracht werden. Folglich ist es eindeutig besser, wenn direkt der aktuelle

Berücksichtigung des
aktuellen Kältebedarfs
der Kühlstellen zur
Bestimmung des
Saugdruck-Sollwertes

5. Energiesparmassnahmen bei Neuanlagen

Kühlleistungsbedarf jeder einzelnen Kühlstelle berücksichtigt wird. Dazu wird ein entsprechender Wert vom Kühlstellenregler benötigt. Der Saugdruck-Sollwert soll so hoch angesetzt werden, dass bei der am stärksten belasteten Kühlstelle der Kältebedarf gerade noch gedeckt werden kann.

Wie im Abschnitt 5.2.1 beschrieben, wird die Kühlmöbel-Temperatur durch Ein- und Ausschalten der Kältemittelzufuhr zum Verdampfer geregelt (nicht-kontinuierliche Regelung!). Weist eine Verbundanlage nicht sehr viele Kühlstellen auf, kommt es bei reduziertem Kältebedarf zu markanten und schnellen Änderungen des Kältemittelstroms aller Kühlmöbel zusammen. Als Folge ist auch eine sprunghafte Änderung des Saugdruckes zu beobachten. Dies wäre nur durch sehr schnelles Zu- und Wegschalten der Verdichter zu vermeiden, was aber bezüglich Lebensdauer und energetischem Verhalten unerwünscht ist.

Es wurde bereits darauf hingewiesen, dass mit einer kontinuierlichen Temperatur-Regelung diese schnellen Saugdruckschwankungen vermieden werden könnten. Entsprechende Kühlstellenregler sind aber noch nicht verfügbar. Als Übergangslösung wurde ein neues Regelverfahren entwickelt, - welches zusammen mit angepassten Kühlstellenreglern auch bei nicht-kontinuierlicher Temperatur-Regelung ausgeglichene Saugdruckverhältnisse bewirkt. Die Ein- und Ausschaltzeitpunkte des Kältemittelstroms jeder einzelnen Kühlstelle können so optimiert werden, dass der Gesamtstrom nur geringe Schwankungen aufweist.

5.3.4 Anstreben des minimal möglichen Verflüssigungsdruckes

Rückgewinnung der Verflüssigungswärme

Eine Wärmeabgabe auf möglichst tiefem Temperaturniveau (Niedertemperaturheizung!) ist energetisch von Vorteil, dennoch wird in der Regel eine Anhebung des Verflüssigungsdruckes zur Wärmerückgewinnung unumgänglich sein. Solange das Verhältnis von zurückgewonnener Wärme zu Elektrizitätsmehrverbrauch mehr als 3 beträgt, handelt es sich bei der Wärmerückgewinnung bezüglich CO₂-Einsparung und Luftreinhaltung um ein effizientes Energienutzungsverfahren. Ein Verhältnis im Bereich von 4 bis 5 ist in der Praxis erreichbar [Migros, 1991].

Abgabe der Verflüssigungswärme an die Aussenluft

Sobald die Verflüssigungswärme nicht mehr genutzt werden kann, muss der Verflüssigungsdruck soweit als möglich abgesenkt werden. Da die Rückkühlung mit Trinkwasser heute nicht mehr eingesetzt werden sollte und anderes Wasser (Flusswasser, Seewasser usw.) nur selten vorhanden ist, steht die Kühlung mittels Aussenluft im Vordergrund.

sprunghafte Saugdruckschwankungen wegen nicht-kontinuierlicher Temperatur-Regelung bei den Kühlstellen

Massnahme K5
Vermeiden von sprunghaften Saugdruckänderungen

Massnahme K6
minimal möglicher Verflüssigungsdruck anstreben

Die Aussenluft-Verflüssigung erfolgt vorwiegend im Sommer. Aufgrund der dann herrschenden hohen Aussentemperaturen ist eine Auslegung des Verflüssigers anzustreben, bei der die maximale Temperaturdifferenz von rund 10 K zwischen Lufteintrittstemperatur und Verflüssigungstemperatur erreicht wird. Die heute noch übliche Auslegung auf 15 K führt bei einer Aussentemperatur von 32°C zur einer unnötig hohen Verflüssigungstemperatur von 47°C.

Auslegung des Aussenluft-Verflüssigers, auf ein Delta T von 10 K

Generell sollte bei fehlendem Wärmebedarf der Verflüssigungsdruck auf das mögliche Minimum abgesenkt werden. Dabei gilt es, die nachstehenden Punkte zu beachten:

kontinuierliche Anpassung des minimal möglichen Verflüssigungsdruckes bei Aussenluft-Verflüssigung

* Die Einspritzventile benötigen eine minimale Druckdifferenz. Bei thermostatischen Einspritzventilen liegt die minimale Verflüssigungstemperatur bei rund 20°C (bei maximalem Kälteleistungsbedarf). Elektronische Einspritzventile erlauben auch tiefere Verflüssigungstemperaturen und sind insbesondere weniger anfällig bezüglich laufender Verflüssigungsdruckänderung.

* Bei reduziertem Kältebedarf der Kühlstellen kann der Verflüssigungsdruck gegenüber den Auslegungsbedingungen gesenkt werden. Es gibt Kühlstellenregler, welche die Möglichkeit zur Druckverminderung signalisieren können.

* Auch bei Aussenluft-Verflüssigung kann die Überhitzungswärme (z.B. für die Warmwasseraufbereitung) zurückgewonnen werden.

* Der Verflüssigungsdruck sollte kontinuierlich auf das minimal mögliche Niveau gesenkt werden. Die Umschaltung zwischen Rückgewinnungsbetrieb und Aussenluftverflüssigung sollte automatisch erfolgen.

5.3.5 Maximale Unterkühlung des flüssigen Kältemittels anstreben

Unterkühltes Kältemittel kann den Kühlstellen mehr Wärme entziehen als nicht-unterkühltes. Je nach Art der Unterkühlung kann die Kälteleistungszahl der Anlage wesentlich verbessert werden.

Massnahme K7
maximale Kältemittel-
Unterkühlung

Mit Unterkühlung tiefer verdampfender Kältekreise durch höher verdampfende dürfen die erreichbaren Verbesserungen der Gesamtleistungsziffer real in der Grössenordnung von 3 bis 5% liegen, bei etwa neutralen Investitionskosten [van Riesenbeck, 1988].

Die zur Unterkühlung notwendige Leistung wird bei einstufigen Verdichtern für den Minus-Bereich durch die Plus-Verbundanlage bei zweistufigen Verdichtern für Tiefkühlung durch deren Hochdruckstufe erbracht.

Eine leichte Unterkühlung kann auch mittels Wärmetauscher zwischen Saugleitung und Flüssigkeitsleitung erreicht werden. Diesem Verfahren sind Grenzen gesetzt, da diese zusätzliche Sauggasüberhitzung zu entsprechend höheren Verdichtungs- endtemperaturen führt.

* Eine begrenzte Unterkühlung ist durch Vorerwärmung von Frischwasser für die Brauchwarmwasserversorgung. Dies bedingt aber einen minimalen Warmwasserbedarf und einen speziellen Wärmetauscher zur Unterkühlung, welcher nach dem Sammler angeordnet ist (siehe Bild 4.1.1).

* Eine Unterkühlung im Aussenluft-Verflüssiger ist möglich. Das Hauptproblem besteht aber darin, dass die erzielte Unterkühlung nicht im Sammler 'vernichtet' wird. Es gibt Verfahren, mit denen versucht wird, die Unterkühlungsvernichtung im Sammler zu vermeiden. Gemäss Erfahrungen aus der Praxis gibt es dabei aber noch Probleme, dass ab und zu wegen mangelnder Verflüssigung Blasen in der Flüssigkeitsleitung auftauchen. Dies beeinträchtigt aber die Regelfähigkeit der Einspritzventile. Andererseits wurde auch festgestellt, dass die erzielte Unterkühlung durch die Heissgas-Zufuhr über den Sammler-Druckregler wieder weitgehend zunichte gemacht wird.

Eine Unterkühlung im Aussenluft-Verflüssiger auch bei voller Rückgewinnung der Verflüssigungswärme wäre natürlich energetisch äusserst interessant. Dazu ist aber noch ein entsprechender Entwicklungsbedarf vorhanden.

* Mit einer Unterkühlung in einem separaten Aussenluft-Unterkühler, welcher dem Sammler nachgeschaltet ist, könnten die obigen Probleme vermieden werden. Die oft grosse Distanz vom Maschinenraum zum möglichen Unterkühlerstandort und die zusätzlichen Investitionen haben wohl bewirkt, dass der separate Aussenluft-Unterkühler in der Praxis keine grössere Verbreitung gefunden hat.

5.3.6 Optimale Dimensionierung der Anlagekomponenten

Druckverluste vermindern

Der Einfluss von Druckverlusten an Gewerbekälteanlagen lässt sich vergrößernd wie folgt quantifizieren [van Riesenbeck, 1986]:

1 Kelvin "Sauggasverlust" * = 3% mehr Leistungsbedarf

1 Kelvin "Druckgasverlust" * = 2% mehr Leistungsbedarf

[Druckverlust in der Saug- oder Druckleitung, welcher einer Änderung der Verdampfungs- resp. der Verflüssigungstemperatur von 1 K entspricht.]

Mit folgenden Massnahmen können die Druckverluste vermindert, werden:

* Einsatz von druckverlustarmen Armaturen (Kugelventile statt normale Absperrventile)

* Einsatz von Rohrbogen statt Kniestücken

* Minimierung der Sauggas-, Druckgas- und Flüssigkeitsgeschwindigkeiten durch Wahl grösserer Leitungsquerschnitte. In Saugleitungen darf aber bei Teillastbetrieb eine für die Ölrückführung minimale Sauggasgeschwindigkeit nicht unterschritten

Massnahme K8
Verminderung der
Druckverluste

werden. Diese liegen etwa bei 3 m/s für horizontale und 5 m/s (Plusanlage) oder 10 m/s (Minusanlage) für steigende Leitungen.

Der Verdichtereintritt der Saugleitung sollte möglichst tiefer als die Verdampfer platziert werden mit leicht fallendem Verlauf der Saugleitung. (Liegt der Verdichter höher als die Kühlstelle, so sind zusätzliche Druckverluste bis zu 0,1 Klm im Vo Ilastbetrieb praktisch unvermeidbar.)

unerwünschter Wärmeaustausch vermeiden

* Vermeidung der Wärmeaufnahme in der Sauggasleitung durch eine entsprechende Isolation

Isolation der Druckleitung mit temperaturbeständigem Isolationsmaterial (wie bei Heizungsverteilungen)

optimale Auswahl des Verdichters

Einsatz von Verdichtern modernster Bauart in ein- und zweistufiger Ausführung mit energetisch optimierten Arbeitsventilen und minimalem Schadraum

Massnahme K9
unerwünschter
Wärmeaustausch
vermeiden

Massnahme K10
optimale Auswahl der,
Verdichters

5.3.7 Ölabscheider nach Verdichter einsetzen

Mit dem Einsatz von Ölabscheidern nach dem Verdichter wird erreicht, dass möglichst wenig aus dem Verdichter mitgerissenes Öl in den Verflüssiger resp. Verdampfer gelangt. Dadurch kann die Verdichterarbeit für die unnötige Ölumlagerung im Kältekreislauf eingespart und eine durch den Ölfilm verursachte Verschlechterung des Wärmeübergangs im Verdampfer resp. Verflüssiger vermieden werden.

Massnahme K11
Ölabscheider
einsetzen

5.3.8 Kaltgasabtauung

Das Prinzip der Kaltgasabtauung und die Vor- und Nachteile wurden bereits im Abschnitt 4.5 beschrieben. Die Kaltgasabtauung ermöglicht bei mittleren und grösseren Anlagen eine Stromeinsparung von einigen Prozenten. Um allfällige spätere Störungen zu vermeiden, muss den möglichen Nachteilen Rechnung getragen werden.

Massnahme K12
Kaltgasabtauung statt
elektrische Abtauung

5.4 Beurteilung der Massnahmen bei Neuanlagen

Eine grobe Quantifizierung der Sparpotentiale aller in diesem Kapitel beschriebenen Energiesparmassnahmen bei neuen und totalsanierten Anlagen findet sich in den Tabellen 5.4.1 und 5.4.2. Zusätzlich wurden die für die Realisierung zuständigen Personen angegeben.

Ein qualitative Beurteilung der Wirtschaftlichkeit der Einzelmassnahmen und eine ungefähre Abschätzung der Realisierungschancen in den kommenden Jahren erfolgte in Zusammenarbeit mit den Fachleuten der begleitenden Arbeitsgruppe.

Werden alle aufgezählten Massnahmen bei neuen und totalsanierten Gewerbekälteanlagen angewendet, so dürften folgende Einsparungen gegenüber den heutigen Durchschnittsanlagen erzielbar sein:

* Einsparungen durch sparsame Kühlmöbel	15 - 30%
* Einsparungen durch intelligente Kühlstellenregler	5 - 10%
* Einsparungen durch verbesserte Kälteanlagen	15 - 20%
* Einsparungen durch bessere Pflege/Wartung (Kap. 7)	10 - 15%
* Potentielle Einsparungen TOTAL bei neuen Anlagen	35 - 55%

(Die Teilpotentiale dürfen aufgrund der Überschneidungen nicht nur addiert werden!)

Mit den im Kapitel 8 beschriebenen Umsetzungsprojekten sollen praxisorientierte Verbrauchsdaten von bestehenden Anlagen erhoben und beispielhafte gewerbliche Kälteanlagen verwirklicht und ausgemessen werden. Darauf basierend können dann bessere Aussagen über realisierbare Sparpotentiale bei neuen Anlagen gemacht werden.

Massnahmen (Numerierung gemäss Randbemerkungen Kap. 5) (Kommentare zur Tabelle siehe Seite 66)	Sparpotential bei Kühl-/Tiefkühlmöbeltyp						
	In/Tr Minus	Ko Minus	Sc Minus	In/Tr Plus	Re Plus	Co Plus	Bt Plus
Optimale Möbelkonstruktion und -aufstellung							
M1 verbesserte Luftschleier + Luftführung	(•••)	(•••)	(••)	(•••)	(•••)	(•••)	?
M2 höhere Verdampfungstemperaturen							
M3 verbess. Glastüren (Beschichtungen u.a)	–	–	(•••••)	–	–	–	–
M4 Nachtabdeckungen	••••	•••	?	••••	•••••	•••••	?
M5 transparente Abdeckungen	–	–	–	–	•••	–	–
M6 zweiter Luftschleier vor Öffnungen	•	–	–	•	••	–	–
M7a reflektierende Schirme/Baldachine	•••	•	–	•	–	–	–
M7b reflektierende Verpackungsmat.	••	•	•	•	•	•	–
M8 verbesserte Ventilatormotoren	(•)	(•)	(•)	(••)	(•)	(•)	(•)
M9 wirksamere Isolation	–	–	(••)	–	–	–	–
M10 optimierte Beleuchtung	–	•	•	–	••	•	•
M11 Wahl der besten Möbeltypen	••	•••	–	–	(•••)	–	–
M12 Wahl des energetisch besten Fabrikats	(•••)	(•••)	(•••)	(•••)	(•••)	(•••)	(•••)
M13 Vermeiden von ungünstigem Zubehör	–	•	•	–	••	•	•••
M14 Vermeiden ungünstiger Umgebungsbed.	••	•	–	•	••	••	•
M15 Verzicht auf unnötige Kühlung					100%		
Bedarfsangepasste Kühlstellen-Regulierung							
R1 Kontinuierliche Temperaturregelung							
R2 Einsatz von elektron. Einspritzventilen							
R3 adaptive Anpass. der minim. Überhitzung							
R4,5 Bedarfsabtauung	••	•	•	–	–	–	–
R6 Taupunktregelung der Rahmenheizung	••	•••	••••	–	–	–	–
R7 reduz. Ventilatorzahl bei Nachtabd.	•	•	–	•	•	•	–
Optimaler Bau und Regelung der Kälteanlage							
K1 optimale Platzierung des Maschinenraums							
K2 Verbundanlagen statt Einzelverdichter							
K3 Einsatz drehzahlregulierter Verdichter							
K4 bedarfsgerechte Saugdruckanhebung							
K5 Massn. gg. sprunghafte Saugdruckänder.							
K6 tiefst mögl. Verflüssigungsdruck anstreben							
K7 maximale Kältemittel-Unterkühlung							
K8 Verminderung der Druckverluste							
K9 Isolation der Saug- und Druckleitung							
K10 optimale Auswahl der Verdichter							
K11 Ölabscheider einsetzen							
K12 Kaltgasabtauung	••	•	•	–	–	–	–

• = Sparpotential zwischen 0 und 5% bezogen auf den gesamten Stromverbrauch des Möbels

Tabelle 5.4.1 Beurteilung der Massnahmen bei Neuanlagen (1. Teil)

Massnahme	Sparpotential bei Anlagentyp			Zuständigkeit für die Umsetzung				Wirtschaftlichkeit der Massnahme	zukünftige Umsetzung in der Praxis
	steckerfertig	Einzelanlage	Verbundanlage	Hersteller	Ladenplaner	Anlageplaner	Ladenbesitzer		
Optimale Möbelkonstruktion und -aufstellung									
M1				X				gut	häufig
M2	-	-	(•)	X		X		gut	häufig
M3				X				gut	häufig
M4					X		X	sehr gut	sehr häufig
M5				X	X		X	gut	häufig/selten
M6				X			X	gut	häufig/selten
M7a				X	X		X	gut	selten
M7b							X	sehr gut	
M8				X				gut/kritisch	selten
M9				X				gut/kritisch	häufig/selten
M10				X	X			gut	häufig
M11					X		X	sehr gut	selten
M12					X		X	gut	selten
M13					X	X	X	gut	selten
M14					X			gut/kritisch	häufig/selten
M15					X		X	sehr gut	
Bedarfsangepasste Kühlstellen-Regulierung									
R1	(•)	(•)	(•)	X		X		gut/kritisch	häufig
R2	-	•	•			X	X	kritisch	häufig/selten
R3	-	-	•			X	X	gut/kritisch	häufig
R4,5						X	X	sehr gut	häufig
R6						X	X	gut	häufig
R7				X		X	X	gut/kritisch	häufig/selten
Optimaler Bau und Regelung der Kälteanlage									
K1	-	•	•		X	X		gut	häufig
K2	-	-	•		X	X	X	gut	sehr häufig
K3	(••)	(••)	(•)	X		X		gut/kritisch	selten
K4	-	-	•	X		X	X	gut/kritisch	häufig/selten
K5	-	-	•	X		X	X	gut	häufig
K6	-	•	••			X	X	sehr gut	häufig
K7	-	-	••			X	X	gut	häufig
K8	-	•	•			X		sehr gut	häufig
K9	-	•	•			X		gut	häufig
K10	-	•	•			X		gut	häufig
K11	-	•	•			X		gut	häufig
K12	-	-	•			X	X	gut	häufig

• = Sparpotential zwischen 0 und 5% bezogen auf den gesamten Stromverbrauch der Anlage

Tabelle 5.4.2 Beurteilung der Massnahmen bei Neuanlagen (2.Teil)

5. Energiesparmassnahmen bei Neuanlagen

Abkürzungen der Möbeltypen (siehe auch Anhang A. 1)

In/Tr	Inseln und Truhen
Ko	Kombinationen
Sc	Schränke
Re	Regale
Co	Containerregale
Bt	Bedienungstheken

Sparpotentiale (bezogen auf den gesamten Elektrizitätsverbrauch der entsprechenden Möbel- oder Anlagentypen)

- weniger als 5%
- 5 bis 10%
- 10 bis 15%
- 15 bis 20%
- mehr als 20%
- () Massnahme ist noch nicht verfügbar (Stand 1992)
- Massnahme nur beschränkt anwendbar oder ohne eindeutigen Spareffekt
- ? Anwendung der Massnahme noch unklar

Die angegebenen Sparpotentiale basieren auf vielen Einzelangaben der Literatur und von Fachleuten. Es handelt sich um grobe Quantifizierungen.

Zuständigkeit für die Umsetzung

- x Massnahme muss durch die betroffenen Personen beachtet und realisiert werden

Wirtschaftlichkeit

Die Mehrinvestitionen für die Realisierung energiesparender Massnahmen müssen innerhalb einer vernünftigen Zeit mit den erzielten Einsparungen amortisierbar sein, sonst ist eine grössere Verbreitung in der Praxis kaum zu erwarten.

Die Wirtschaftlichkeit der einzelnen Massnahmen ist qualitativ beurteilt. Dabei wird von einer Anlagelebensdauer von zehn Jahren ausgegangen.

- sehr gut Amortisation in weniger als einem Jahr
- gut Amortisation sicher innerhalb der Lebensdauer
- kritisch Amortisation innerhalb der Lebensdauer möglich (abhängig von den anlage spezifischen Rahmenbedingungen)
- schlecht Amortisation innerhalb der Lebensdauer kaum möglich

zukünftige Umsetzung in der Praxis

Die Umsetzung der Massnahme bei Neuanlagen wurde ebenfalls qualitativ beurteilt. Die Abschätzung erfolgte für einen Zeitpunkt in 3 bis 5 Jahren. Eine Motivationskampagne bei Ladenbesitzern und schweizerische Vorschriften für die Spezifikation von Verbrauchswerten wurden vorausgesetzt.

5. Energiesparmassnahmen bei Neuanlagen

6. Messungen in 5 Läden / StandardMesskonzept

6.1 Einleitung und Ziele

Kontakte mit Grossverteilern, die Grossabnehmer von Kühlmöbeln sind, haben gezeigt, dass trotz vorhandenen Energieverbrauchsmessungen der Fabrikanten und Installationsfirmen noch viel Zweifel über die effektive Effizienz von neueren Technologien, Konstruktions- und Betriebsverbesserungen herrschen. Sogar Planungsbüros für gewerbliche Kälte sind sich nicht einig.

Zudem verfügen die Betreiber seitens über Dauermessungen des Gesamtverbrauches, weil die Ausrüstung mit Energiezählern nicht üblich ist, d.h., dass die Messung des Elektroenergieverbrauchs der gewerblichen Kälte noch nicht im Messkonzept eines Verkaufsladens integriert ist. Somit verfügt man über keine Vergleichszahlen zwischen ähnlichen Anlagen.

Letztendlich fehlen Energiekennzahlen wie kWh pro Laufmeter oder m³ Nutzinhalt der Kühlmöbel sowie verfeinerte Messungen getrennt für Plus- und Minusanlagen.

Die elektronische Einheit der Steuerung und Ueberwachung der zentralen Kälteanlagen wird von den Herstellern oder Anlagenbauern bereits mit einigen Betriebsstundenzähler ausgerüstet. Das Messkonzept ist noch ungenügend auf, die statistische Auswertung ausgelegt.

Der Anteil der gewerblichen Kälte am GesamtElektroenergieverbrauch kann 20 bis 60 % betragen. Um in Zukunft Anlagen mit sparsamem Energieverbrauch betreiben und überwachen zu können, wird es unabdingbar, klare Mess- und Zählkonzepte im Anlagenbau zu integrieren.

Ausgehend von den genannten Feststellungen wurde versucht, folgende Erkenntnisse für mehrere Läden zu erarbeiten :

- Energieverbrauch pro Möbel-Laufmeter bei verschiedenen Ausstemperaturen.
- Vergleich des Energieverbrauchs in den Betriebsarten Nacht- und Kaufbetrieb.
- Wenn möglich Energieanteil Plus-bzw. Minusanlagen am Gesamtverbrauch.
- Energieanteile der Möbel-u. Maschinenkomponenten.
- Weitere interessante Beobachtungen.
- Massnahmenkatalog für die Verbesserung der Energiebilanz von bestehenden Anlagen (siehe Kapitel 7)
- Empfehlungen für ein Standard-Messkonzept bei Umbau/Neubau von Kühlanlagen.

6. Messungen in 5 Läden / Standard-Messkonzept

6.2 Charakterisierung der Objekte

Gemeinsame Punkte aller Läden

- Rollos von Kühlregalen werden automatisch oder von Hand herauf und heruntergelassen.
- Ausser bei einzelnen Möbeln werden die meistens vorhandenen Abdeckplatten bei Inseln und Truhen nicht benützt. - Alle Verdichter sind mit Betriebsstundenzählern ausgerüstet. - Zum Teil ist die Betriebsstundenmessung der Ventilatoren der Verflüssiger provisorisch nachgerüstet worden. - Die Läden verfügen im Vergleich zu ihrer Grösse über unterschiedliche Volumen von Kühlräumen. Da diese Räume in der Gesamt-Elektroenergiemessung enthalten sind bzw. von den zentralen Plus- oder Minusanlagen -versorgt werden, können sie nicht ohne grossen Aufwand separat quantifiziert werden. Auch eine einfachere Abschätzung des entsprechenden Verbrauches ist schwierig, denn der Betrieb dieser Räume ist sehr unterschiedlich und die Handhabung für eine saubere Einhaltung der Temperaturen ist oft ungenügend (Türen unnötig offen).

Die ausgewählten Läden und deren gewerbliche Kälteanlagen werden nachstehend kurz beschrieben :

- Laden 1 : Dieser Laden ist mit Einzelanlagen ausgerüstet. Man verfügt über eine Gesamt-Elektroenergiemessung mit bereits vorhandenen Wochenablesungen. Er weist folgende spezielle Eigenschaften auf :

Verflüssigung durch Netzwasser, d. h., relativ konstante und tiefe Verflüssigungstemperaturen (30°C) keine Raumkühlung.

Dieser Laden erlaubt zu zeigen, wieviel der Energieverbrauch mit der Aussentemperatur (oder Enthalpie) gegenüber der kältesten Woche abweicht. Detailsigenschaften dieses Ladens sind nur teilweise erfasst worden.

- Laden 2 : Dieser Laden ist mit Einzelanlagen ausgerüstet. Man verfügt über eine Gesamt-Elektroenergiemessung, wofür wöchentliche Ablesungen eingeführt werden. Im Gegensatz zum Laden 1 ist eine Raumkühlung vorhanden; Luftverflüssigung mittels Dachaggregat.

- Laden 3 bzw. 3' : Die Einzelanlagen mit Netzwasser-Verflüssigung und die Möbel wurden nach einem Monat Messungen durch Verbundanlagen und neue Möbel ersetzt. Die Grösse und Anzahl der Kühl- und Tiefkühlräume bleibt unverändert. Da keine Gesamt-Elektroenergiemessung vorhanden war, wurde sie im Fall der alten Anlage provisorisch eingebaut. Verbrauchssplit Plus/Minusanlage unmöglich. Raumkühlung.

Bei der neuen Anlage wurde eine getrennte Plus/Minusmessung empfohlen, die aber erst Ende 1991 eingebaut wurde. Somit sind leider nur ab dieser Periode Messungen verfügbar, die mit den anderen Läden vergleichbar sind.

6. Messungen in 5 Läden / Standard-Messkonzept

Der Umbau (Laden 3') weist folgende Eigenschaften auf

-je 1 Verbundanlage Plus/Minus

Ausschliesslicher Gebrauch von R22, 2-stufig bei der Minusanlage Verflüssigung mit Luft (Dachaggregat)

Bei Tiefkühlvitrinen, Taupunkt-regulierte Rahmenheizungen

Anhebung der Verdampfungstemperatur in der Nachtzeit

Verdampfungstemperatur nach Raumtemperatur reguliert

Neueste Möbel des Lieferanten

Elektronische Feinüberwachung der einzelnen Kühlobjekte Flüssigkeits-Siphon (keine Flüssigkeit in den Luftkondensern)

- Laden 4 : Dieser neuere Laden ist der einzige, der mit einer Kaltgasabtauung der Minus-Kühlobjekte ausgerüstet ist. Als neuer Laden soll er sowohl baulich als auch anlagentechnisch einem modernen Konzept entsprechen. Seit der Inbetriebnahme sind jedoch bereits neue Fortschritte im Anlagenbau gemacht worden (z.B. einreihige Beleuchtung statt 2). Zentralanlagen mit Luftverflüssigung mittels Dachaggregat. Die 2 getrennten Stromeinspeisungen der Plus/Minusanlagen sind je mit einem provisorischen Doppeltarif-Stromzähler ausgerüstet. Von allen Läden ist dieser der einzige, der eine kontinuierliche Betriebsstundenmessung der Abtaudauer hat, aber nur der MinusKühlobjekte (Gasabtauung).

- Laden 5 Es handelt sich um einen 1989 umgebauten Laden (kälteseitig)

Gebrauch der Kühlmittel R22 und R502 je 1 Verbundanlage für Plus u. Minus

Verflüssigung mit Luft (Dachaggregat)

Anhebung der Verdampfungstemperaturen der Plus-Kühlobjektewährend des Nachtbetriebs

Verdampfungstemperatur nach Raumtemperatur gesteuert

Taupunktregulierung der Rahmenheizungen der Tiefkühlvitrinen

6.3 Zusammenstellung der Eigenschaften und Messungen

Kommentare zur Tabelle (siehe nächste Seite)

Verkaufssektor Alle Läden verkaufen sowohl Nahrungsmittel als auch Haushaltswaren.

Verkaufsfläche Obwohl die Verkaufsfläche der Läden sehr unterschiedlich ist, gibt es keinen Anhaltspunkt zu sagen, dass die Ladengrösse einen Einfluss auf den Wirkungsgrad der Anlage hat.

Lüftungsart Die Raumluft des Ladens 1 ist ungekühlt; beim Laden 5 ist nur die Fleischzone gekühlt. Die restlichen Läden sind gekühlt.

Die Analyse der Messresultate folgt im Abschnitt 6.4.

6. Messungen in 5 Läden / Standard-Messkonzept 69

EIGENSCHAFTEN U. MESSUNGEN		VERKAUFLADEN										höchster zu tiefster Wert
		Laden 1	Laden 2	Laden 3	Laden 3'	Laden 4	Laden 5					
Legende : * unbekannt; ** schwer messbar												
Eigenschaften												
Baujahr	1981	1981	1981	1989	1991	1989	1989	1989	1989	1989	1989	1989
Verkaufsfläche	706	4000	1603	1603	1603	2677	757					
Lüftungsart	Lüftung	Lüftung / Kühlung	Lüftung / Kühlung	Lüftung / Kühlung	Lüftung / Kühlung	Lüftung / Kühlung	Lüftung / Kühlung	Lüftung / Kühlung	Lüftung / Kühlung	Lüftung / Kühlung	Lüftung / Kühlung	Lüftung / Kühlung
Norm. Mittl. Jahrestemperatur	9.5	8.9	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	7.7
Art der Plus- u. Minusanlagen (Anz. Kompr.)	Einzelanl. 7+ / 3.	Einzelanl. 13+ / 8.	Einzelanl. 11+ / 5.	je 1 Verbundanl. 3+ / 3.	je 1 Verbundanl. 3+ / 4.	je 1 Verbundanl. 3+ / 4.	je 1 Verbundanl. 3+ / 3.					
Verflüssigung	Wasser	Luft (Dachhagreg.)	Wasser	Luft (Dachhagreg.)	Luft (Dachhagreg.)	Luft (Dachhagreg.)	Luft (Dachhagreg.)					
Wärmerückgewinnung	Warmw. u. Lüftung	Lüftung	Warmwasser	Warmw. + Heizung	Warmw. + Heizung	Warmw. + Heizung					
Art der Kältemittel	R12/R502	R12/R502	R12/R502	R22 (Minus : 2-stufig)	R22/R502	R22/R502	R22/R502					
Abtauungsart	elektrisch	elektrisch	elektrisch	elektrisch	Plus : elek. - Minus : Gas/elektrisch	Plus : elek. - Minus : Gas/elektrisch						
m³ Kühlraum pro Laufmeter K/TK-Möbel	3.2	4.2	3.7	3.7	4.2	3.0	140%					
Laufmeter Möbel ohne Steckerfertige	43.2	146.3	84.6	84.4	71.2	39.8	368%					
Anteil Möbel TK zu Total	23	38	35	24	26	30	165%					
Anteil Möbel Steckerfertig zu Total	8	17	9	7	17	6	290%					
Messungen 1991												
Elektroverbrauch gew. Kälte zu Total Laden	52 Wo 11.2°C	24 Wo 13.4°C	18	1 Wo 22.4°C	50	1 Wo -1.6°C	40	24 Wo 11.9°C	19	19 Wo 12.7°C	62	
Elektroverbrauch Total pro Woche												
und Meter Möbel ohne Beleuchtung												
- wärmste Woche	22.5°C	103.5	23°C	108.6	22.4°C	104.6		22.5°C	111.1	20.4°C	99.3	112%
- kälteste Woche	-1.3°C	86.2	-2.1°C	76.2	-1.6°C	81.9	-0.6°C	83.8	2.4°C	77.2	77.2	113%
- Sonderwoche	14.7°C	93.6	14.3°C	96.1	14.9°C	98.6		13.3°C	97.5	11.9°C	87.3	113%
- Mittel	52 Wo 11.2°C	91.9	24 Wo 13.4°C	97.6				24 Wo 11.9°C	99.4	19 Wo 12.7°C	89.8	111%
- Verhältnis wärmste zu kälteste Woche		120		143					133		129	119%
- Reduktion Nachtzeit zu Kaufzeit		1 Wo 14.8°C		11	5 Wo 18.1°C	7	3 Wo	14	24 Wo	27	3 Wo	18
- Anteil Minusmöbel zu Total				**	**	**	3 Wo	59	24 Wo	55	**	
Leistung Möbelbeleuchtung	29.9	40.3	50.3	87.5	111.7	75.1	374%					
Aufteilung Elektroverbr. inkl. Beleuchtung	52 Wo	24 Wo	5 Wo	3 Wo	24 Wo	19 Wo						
- Kompressoren		54	59.5	50.9	63.7	54.3	118%					
- Luftkondensier		7.8	0.3	0.3	2.2	1	780%					
- Rahmen + Antischwitzeheizung		11.5	16.5	18.5	15.6	18.2	161%					
- Verdampferventilatoren		12.1	5.3	7.2	5.7	5.6	228%					
- Beleuchtung	2.2	2.4	3.4	6.6	7.7	5	350%					
- Saldo Abtauung		12.2	15.3	16.5	5.1	15.9	324%					

6. Messungen in 5 Läden / Standard-Messkonzept

6.4 Analyse der Messungen

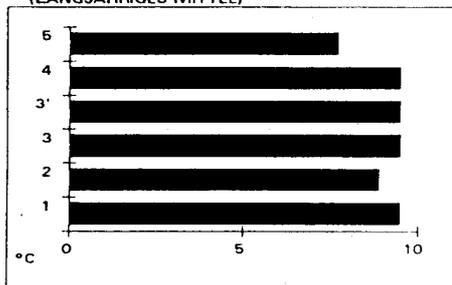
Es konnten nur wenige systematische Ladentemperatur-Messungen gemacht werden. Bei den gekühlten Läden sowie bei den nicht gekühlten weichen die Bedingungen nur um etwa 2 Grade voneinander ab. Als Referenz sind die Ortschaftstemperaturen benützt worden. Sie spielen eine Rolle auf den Kälteverbrauch und auf den Wirkungsgrad der Kälteproduktion.

Die Trennung der Kühlstellen nach Möbel und Kühlräumen (Plus und Minus) ist ohne grossen Aufwand nicht möglich. Dazu sind die Betriebsbedingungen dieser Räume sehr unterschiedlich. Damit doch eine gewisse Übersicht vorliegt, ist das Verhältnis m³ Räume zu Laufmeter Möbel dargestellt worden. In den Läden 2 und 4 ist der Anteil der Kühlräume besonders gross.

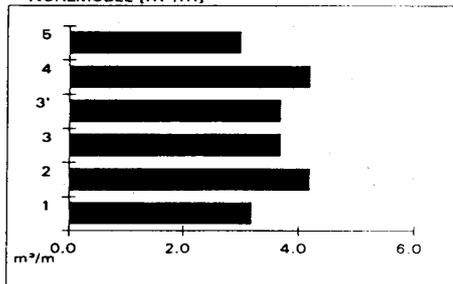
Die getrennte Messung des Elektro-Energieverbrauchs der Tiefkühl- u. Kühlmöbel bzw. -Räume war nicht ohne grossen Aufwand möglich. Als Vergleichsmerkmal wurde der Anteil Meter Tiefkühlmöbel in % der gesamten Möbellänge ausgedrückt. Der Laden 2 weist besonders viele Minus-Möbel auf, was den Gesamtverbrauch tendenziell ansteigen lässt. Hingegen soll eine potentielle Verbesserung beim Laden 3' auch an der vorteilhaften Reduktion der Tiefkühlmöbel liegen.

Die umsatzkräftigen steckerfertigen Aktionsmöbel, die zum grössten Teil sowohl im Minus- als auch im Plusbereich eingesetzt werden können, stellen auch in neuen Läden einen nicht vernachlässigbaren Anteil dar. Der Energieverbrauch der steckerfertigen Möbel ist nicht in der Gesamtmessung enthalten. Die gemachten Beobachtungen haben gezeigt, dass im Minusbereich der Anteil der steckerfertigen Möbeln etwa 60 % beträgt. Im neuen Laden 4 sind von 12 steckerfertigen Möbeln 9 mit verglasten Fronten versehen (4 Plus, 5 Minus).

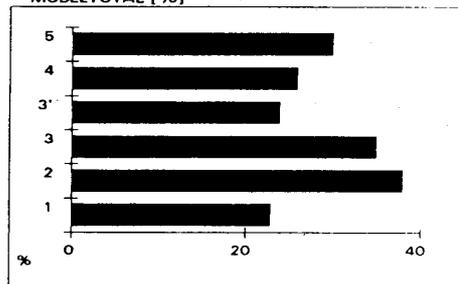
1. ORTSCHAFTSTEMPERATUR [°C]
(LANGJÄHRIGES MITTEL)



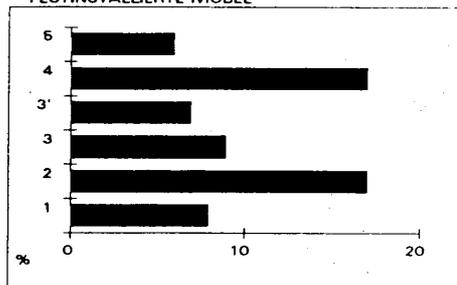
2. VERHÄLTNIS GEKÜHLTE RÄUME /
KÜHLMÖBEL [m³/m]



3. ANTEIL TIEFKÜHL.MÖBEL ZU
MOBELTOTAL [%]



4. ANTEIL STECKERFERTIGE ZU
FESTINSTALLIERTE MÖBEL



Die gesamte Elektro-Energiemessung konnte für alle Läden in der wärmsten Woche des Jahres erfolgen. Die Abweichung zwischen schlechtestem und bestem Resultat liegt bei 12 %. Der direkte Vergleich zwischen Laden 3 (vor dem Umbau) und 3' (nach dem Umbau) wird erst im nächsten Sommer möglich sein.

Mittelwert : 105 kWh/(m Woche) (100 %)

Umgekehrt liegen Messungen für den umgebauten Laden 3' für die kälteste Woche vor. Auch hier weicht das Resultat zwischen allen Läden nur um 13 % ab. Es ist interessant zu sehen, dass der alte Laden 2 mit seiner Luftverflüssigung in der kältesten Woche das beste Resultat aufweist. Dies kann an der Auslegung der Einzelanlagen bzw. an der Qualität der Verflüssigung in diesem Fall liegen. (Last / Lastabfuhr)

Mittelwert : 81 kWh/(m Woche) (76 %)

In einer bezüglich Aussentemperatur zwischen der wärmsten und kältesten liegenden Sonderwoche bleibt die Abweichung ziemlich ähnlich.

Mittelwert : 94 kWh/(m Woche) (89 %)

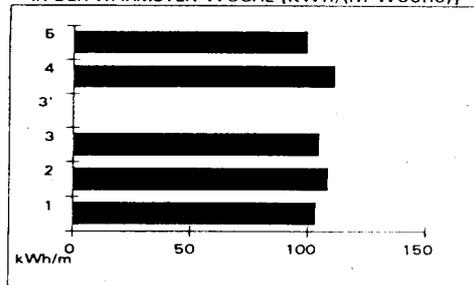
Die Abweichung zwischen den 4 erfassbaren Mittel ist ähnlich und sogar zwischen schlechtestem und bestem Resultat leicht tiefer. Gründe zum höheren Wert des Ladens 4 :

- hohe Beleuchtungsleistung (mehr Strom, mehr Kälte)
- Rahmenheizungsautomatik ausser Betrieb gesetzt
- Verflüssigungsbedingungen Dachaggregat ungünstig
- Der Einfluss der Wärmerückgewinnungen der Läden auf den Elektroenergie-Verbrauch kann im Rahmen dieser Untersuchung nicht beurteilt werden.

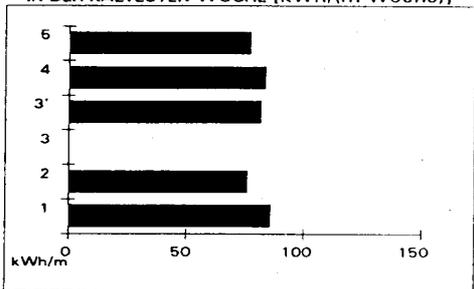
Mittelwert : 94 kWh/(m Woche) (89 %)

6. Messungen in 5 Läden / Standard-Messkonzept

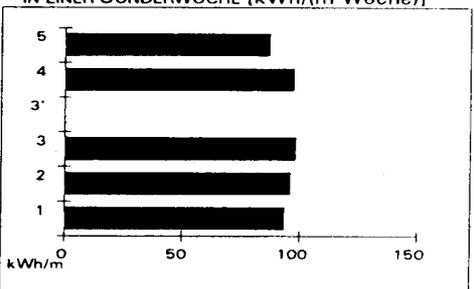
5. ELEKTRO-ENERGIEVERBRAUCH PRO METER MÖBEL IN DER WÄRMSTEN WOCHEN [kWh/(m Woche)]



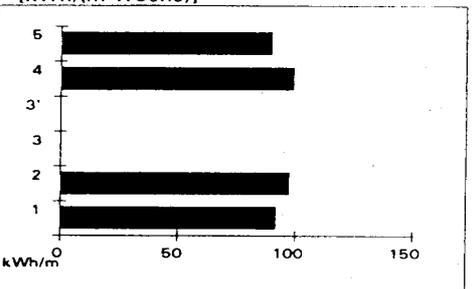
6. ELEKTRO-ENERGIEVERBRAUCH PRO METER MÖBEL IN DER KÄLTTESTEN WOCHEN [kWh/(m Woche)]



7. ELEKTRO-ENERGIEVERBRAUCH PRO METER MÖBEL IN EINER SONDERWOCHEN [kWh/(m Woche)]



8. ELEKTRO-ENERGIEVERBRAUCH PRO METER MÖBEL ÜBER EINE LANGE PERIODE (BIS CA 6 MONATE) [kWh/(m Woche)]

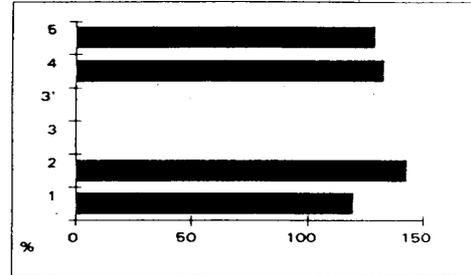


Der einzige Laden (Nr. 1), der nicht gekühlt ist, weist das tiefste Verhältnis auf. Es gibt eine Erklärung : die Verflüssigungstemperatur der Kältemittel mittels Netz-wasser ist über das ganze Jahr konstant und auf tiefem Ni-veau (ca 300C).
Diese Messungen zeigen, dass ein grosses Verbesse-rungspotential 'In der gewerblichen Kälte bei der Qualität der Verflüssigung liegt.

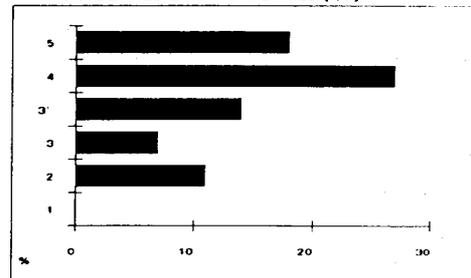
Der Laden 4, bei dem die Abtauung der Minusanlage mit Kaltgas erfolgt, zeigt natürlich das beste Resultat. Die zweitgrösste Einsparung liegt beim Laden 5. Nach Abspra-che mit dem Lieferanten konnte jedoch festgestellt werden, dass die Optimierung der Verdampfungs- und Verflüssi-gungstemperaturen nicht abgeschlossen war. Diese Opti-mierungen sind inzwischen erfolgt und bewertet worden. (siehe Kapitel 6.5)

Als eindeutige Tendenz in den neueren Läden ist eine Er-höhung der Leistung der Beleuchtung zu beobachten. Die-se Zunahme mindert die anderen Verbesserungen durch die zusätzlich nötige Kühlung und den grösseren Elektro-Energieverbrauch der Beleuchtung selbst.

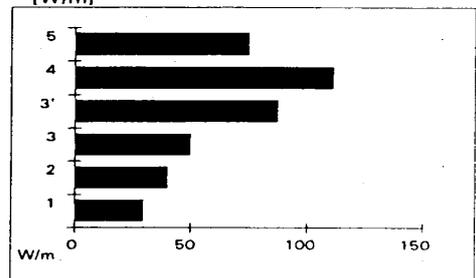
9. VERHÄLTNIS ELEKTRO-ENERGIEVERBRAUCH WÄRMSTE ZU KÄLTESTE WOCHE [%]



10. MINDERUNG ELEKTRO-ENERGIEVERBRAUCH NACHTBETRIEB ZU KAUFBETRIEB [%]



11. ERFASSTE LEISTUNG DER MÖBELBELEUCHTUNG [W/m]



6.5 Optimierungsschritte im Laden 3'

Der Laden 3' ist ein gutes Beispiel wie mit Elektrozählerauswertungen kontrollierte Optimierungen möglich sind.

Die Prüfung Massnahme-Ergebnis wurde regelmässig dem Anlagelieferanten bekannt gegeben, der neue Schritte unternahm.

Ergebnisse nach ermeldeten Massnahmen.

Massnahme	Verbesserung	
	Gesamtzeit	Nachtzeit
1 Inbetriebnahme der Saugdruck-Sollwert-Schiebung nach Raumtemperatur und Anheben der Verdampfungstemperatur bei Nachtbetrieb. Gleichzeitige Verzögerung der Freigabe der Verdichtern auf Plusanlage	ca 0% *	
2 Feststellung eines Fehlers bei der Nachttemperatur-Anhebung, Korrektur		-8 %
3 Feststellung, dass mit tieferen Verflüssigungstemperaturen gearbeitet werden kann. Korrektur.	-2 %	

* Unsicherheit in der Messung, Versuch mit wiederholter Messung nötig.

6.6 Weitere Beobachtungen

6.6.1 Heissgasabtauung Laden 4

Eine Auswertung der wöchentlichen Betriebsstunden der Heissgasabtauung im Laden 4 ergibt folgende Resultate :

	wärmste Woche	mittelwarme Woche	kälteste Woche
· Aussentemperatur [°C]	22.5	13.3	-0.6
· Aussenenthalpie [kJ/kg Trockenluft]	52.1	13	-1.6
· Summe Stunden Abtauung Tiefkühlmöbel (6 Stücke) [h/Woche]	11.3	11.4	13.3
· Abtauung Tiefkühlräume (3 Stücke) [h/Woche]	5.9	9.9	11.3

Die Erklärung der längeren Abtaudauer im Winter liegt in der Enthalpie des Kältemittels des Abtaugases, die im Winter wegen der tieferen Aussentemperatur sinkt.

6.6.2 Taupunkt - Regulierung der Rahmenheizungen

Im Laden 4 ist diese Regulierung kurz nach der Inbetriebnahme vor 2 Jahren ausser Betrieb gesetzt worden. Der vom technischen Dienst angegebene Grund ist, dass oft Scheibenvereisungen festgestellt wurden. In den Läden 3' und 5 konnte nach kleinen Anfangsschwierigkeiten die Regulierung zufriedenstellend in Betrieb gehalten werden. Laut Möbellieferant kann mit einer gelegentlichen einfachen Reinigung der Taupunktfühler das gleiche Resultat in jedem Laden erreicht werden.

6.6.3 Schwankung der Verdampfungstemperaturen / Niveau der Verflüssigungstemperaturen

Bei den modernen Verbundanlagen wird die Temperatur bzw. der Gasdruck der Verdampfung resp. Verflüssigung angezeigt.

VERDAMPFUNG [°C]	LADEN 3'	LADEN 4	LADEN 5
Plusanlage	+ 2 bis -18	-7 bis -16	-1.5 bis -19.5
Minusanlage	-36 bis -39	-33' -37	-31 bis -37
Verflüssigung (kalte Aussentemperatur) [°C]			
Plusanlage	+ 29 bis + 37	+ 26 bis + 34	+ 29 bis + 32
Minusanlage	+ 25 bis + 36	+ 27 bis + 32	+ 29 bis + 32

Bei den 3 Verbundanlagen konnten folgende Temperaturen beobachtet werden :

Verdampfungstemperaturen

Diese Ablesungen zeigen bei der Plusanlage sprunghafte Schwankungen, die mit dem momentanen Kältemittelbedarf verbunden sind. Weil sich trotz der Schwankungen eine mittlere Verdampfungstemperatur um den Sollwert ergibt, wird der Wirkungsgrad gegenüber einem stabilen Prozess nicht wesentlich verschlechtert.

Die einregulierte Solltemperatur der Plusanlage des Ladens 5 ist auf -170C statt ursprünglich auf -12°C einreguliert. Das Ist-Mittel liegt aber bestimmt etwa bei -12 °C.

Im Fall vom Laden 3' hat die verzögerte Wiedereinschaltung der Kompressoren die Temperatur auf stabileres Niveau gebracht.

Verflüssigungstemperaturen

Die Aussentemperatur wird üblicherweise beim Luftansaug der Verflüssiger gemessen. Im Fall vom Laden 3' ist diese Temperatur 5 bis 8°C höher als die der Aussenluft. Diese Abweichung ist auf die schlechte Abführung der Verflüssigerabluft zurückzuführen.

Dieses Problem der "Warmluft -Kurzschlüsse" entsteht öfter und bewirkt eine wesentliche Verschlechterung des Anlagewirkungsgrades.

Zum Beispiel konnte in einem Laden durch den einfachen Einbau von Schikanen und eine neue Einregulierung der Einschaltpunkte der Hauptluftventilatoren, welche die warme Verflüssigungsluft der Einzelanlagen abführen, 26 % der Elektroenergie der Verdichter eingespart werden. Diese Messung konnte auf mehrere Wochen bestätigt werden.

Es ist meistens einfacher und billiger, bei gleicher Einsparung die Verflüssigungstemp- statt die Verdampfungstemperatur zu beeinflussen.

6.6.4 Unterdrückung der Anzahl Abtauungen

Beim Laden 2 sowie in 3 anderen mit Einzelanlagen ausgerüsteten Läden hat die Unterdrückung einer Abtauung unter vergleichbaren Temperaturverhältnissen in den Möbeln eine nachweisbare Reduktion von 6 bis 8 % des Elektroverbrauches erbracht (Temperaturkontrollen mit Digitalregistriergerät).

6.7 Empfehlungen für eine StandardMesseinrichtung für die gewerbliche Kälte

Die energetische Untersuchung einer grossen Anzahl Läden im Lebensmittelsektor hat gezeigt, dass nur selten Messungen der ElektroEnergieverbraucher vorhanden sind.

Um die Energieoptimierung einer mit allen technologischen Verbesserungen ausgerüsteten Anlage zu erreichen, genügt auch eine Anzeige des Gesamt-Elektroenergieverbrauches nicht. Die Zweckmässigkeit der Massnahmen muss geprüft werden können. Die Messvorrichtungen müssen auf die statistische Auswertung ausgerichtet werden.

6.7.1 Messkonzept des Anlagenbauers

Der Schritt zur systematischen Ergänzung der heute schon weit entwickelten elektronischen Kühlstellen- und Anlageregeleinrichtungen in Richtung einer besseren statistischen Ueberwachung der Anlagen ist klein.

Empfohlene Ausrüstung :

Betriebsstunden	kontinuierliche Zählung heute	kontinuierliche Zählung ergänzen
- Verdichter	x	
- Verflüssiger-Ventilatoren		x
- Abtauzeit aller Abtaustellen		x
- Laufzeit der Antischwitz- u. Rahmenheizungen		x
- Nachtanhebung der Verdampfungstemperaturen		x
- Betriebsdauer der Rückgewinnungsanlagen		x

Im Sinne einer vollständigen Anlagenautomation bei grösseren Anlagen wäre auch noch die automatische Protokollführung der Betriebsstunden z.B. wöchentlich, monatlich, bis zur grafischen Darstellung eine sehr hilfreiche Grundlage zur Energieoptimierung.

6.7.2 Messkonzept des Bauherrn

Soweit die obengennanten Betriebsstunden-Erfassungen nicht von den Anlagenlieferanten vorgesehen wurden, ist es sehr nützlich und auch kostengünstig, die ungenügend ausgerüsteten Anlagen zu ergänzen.

Die Elektro-Energiezählung ist bei Neuanlagen aber auch oft im Nacheinbau eine relativ billige Investition. Das Konzept sollte als Minimallösung folgendermassen aussehen :

- Elektrozähler getrennt und gruppiert nach Plus/Minusanlagen - sogenannte Doppeltarifzähler für die getrennte Zählung
Nachtbetrieb
Kaufbetrieb
- Schaltuhr für die Umschaltung der Zählwerke auf Nachtbetrieb/Kaufbetrieb

6.7.3 Auswertung durch Betreiber

Der Betreiber kann mit der Ablesung und Auswertung der Zählstellen selber viel über die Zweckmässigkeit der verschiedenen Möglichkeiten des Anlagenbaus lernen und zwar : - Grundlagen für die energetische Optimierung der bestehenden Anlagen

- Erfahrungen für den Bau von Neuanlagen

Er wird also kontinuierlich Ablesungen und Auswertungen organisieren und ist somit im Rahmen eines Mehrfilialengeschäftes in der Lage Vergleiche zu ziehen.

Datenerhebung / Periodische Ablesungen der Zähler

Für die Erhebung der Objektdaten der Kühlmöbel und der Kühlräume müssen effektive Istwerte (oft entsprechen das Schild oder die technischen Datenblätter der Objekte nicht dem Istwert) für jedes Möbel und jeden Kühlraum erfasst werden. Der Zusammenschluss der Objektdaten und der periodischen Ablesungen der Zähler ergibt die nachstehende Auswertungstabelle.

Zur Prüfung und Quantifizierung von Optimierungsschritten kann anhand solcher Auswertungen mit entsprechenden Ablesungen der Verbrauch vorher / nachher erstellt werden. Die Genauigkeit kann durch die Messung der einzelnen unsicheren oder variierbaren Komponentenleistungen der Anlagen (z.B. Verdichter) als Ersatz für die Schildwerte verbessert werden.

Beispiel für die Erhebung der technischen Daten der Kälteanlagen und Auswertung der Messungen (N : Nachtzeit, K : Kaufzeit,

Objekt Nr :	Ortschaft :	Datum :	Anlage :	Temperaturbereich :

Erhebungen / Ablesungen	Messparameter	Zählung	Auswertung	Kennwert	Bezug zu Aussen-temperatur / Enthalpie
Laufmeter Kühlmöbel	m				
Nutzinhalt Kühlmöbel	m ³				
Volumen Kühlräume	m ³			m ³ /m od. m ³ /m ³	
Verdichter	kW	h	kWh	% von Ges'wert	(x)
Verflüssigerventilatoren	kW	h	kWh	% von Ges'wert	(x)
Verdampferventilatoren	kW	h	kWh	% von Ges'wert	
Abtauheizung Möbel *	kW	h	kWh	% von Ges'wert	(x)
Abtauheizung Kühlräume *	kW	h	kWh	% von Ges'wert	(x)
Rahmenheizungen Möbel	kW	h	kWh	% von Ges'wert	(x)
Beleuchtung Möbel	kW	h	kWh	% von Ges'wert	
Elektroenergie Gesamt					
Kaufbetrieb	kWh	kWh	kWh	kWh/m	x
Nachtbetrieb	kWh	kWh	kWh	od. m ³	x
N.- zu K.-				kWh/m	
				od m ³	
				%	

*Für elektrische Abtauung.

(x) : nach Wunsch)

Diese einfache Energiebuchhaltung erlaubt jeden Verbesserungsschritt zu quantifizieren. Eventuelle "scheinbare Sparmassnahmen", die durch Nebeneffekte schliesslich zu einem Mehrverbrauch führen könnten, sind leicht zu prüfen (Beispiel : Mehrverbrauch durch vereiste Verdampfer wegen zu starker Verkürzung der Abtauzeiten).

7. Energiesparmassnahmen bei bestehenden Anlagen uncl im Betrieb

7.1 Einleitung

Auch wenn der Rhythmus der Modernisierung in der Zukunft sich beschleunigen kann, müssen infolge dem heutigen Zwang möglichst rasche Elektro-Sparmassnahmen zu erreichen auch Verbesserungsmassnahmen bei alten Anlagen erfolgen. Solche Massnahmen sind in den Tabellen des Abschnittes 7.3 aufgelistet.

Ein grosser Teil davon kann ohne grossen Aufwand realisiert werden. Es ist wünschenswert, dass der Betreiber/Bauherr sich auch für Massnahmen entscheidet, die eine grössere Investition verlangen, aber während der verbleibenden Lebensdauer der Möbel / Anlagen amortisierbar sind.

7.2 Prioritäten

Massnahme	ältere Läden (Einzelanlagen)	neuere Läden (Verbundanlagen)
1 Reduktion der Anzahl Beleuchtungsrohren	+	++
2 Verbesserung der Verflüssigungsbedingungen	++	+
3 Verbesserung der Nachtdeckung	+	++
4 Verbesserung der Verdampfungsbedingungen	+	+
5 Verbesserung der Möbel-Umgebungsbedingungen (Luft)	+	+
6 Verbesserung der Möbeldisposition	++	++

Im Rahmen bestehender Anlagen hat sich aus den gemachten Messungen und Beobachtungen eine zu bevorzugende Reihenfolge der Massnahmen herauskristallisiert. Diese Beurteilung beruht auf der Akzeptanz, der technischen Machbarkeit und der Wirtschaftlichkeit.

7.3 Massnahmenliste für bestehende Anlagen

Anlagenteil	Beobachtungen	Massnahmen	Versuche oder zu empfehlende Massnahmen für die Läden 1,2,3,4,5	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	1	Wasser, bis 20 pro Zapfstelle	x			Leichte Leistungsziffermind. Grenze abhängig vom Wasserpreis (Tendenz höher) / Schutz Maschine	
	Thermostat. Ventil bei Stand bleibt offen	Reparieren	1	Wasser, bis über 50 pro Zapfstelle	x				
	Oft x.-Tausende m ² /a Netzwasser	Kühlung über feuchtem Kühlturm im Winter/Halbsaison ev. Klima Kühlturm (bei grösserer Anzahl Verdichter)	1	Wasser, bis 60	x			Wasser brauchbar z.B. für Speisung Kühlturm Klima Potential ist bei grösserer Verflüssiger-Überdimensionierung höher	
Luftgekühlter Verflüssiger Einzelanlagen (geschlossen. Raum)	Frischlufzufuhr zu den einzelnen Masch. schlecht (gestört, vorgemischt, Kurzschluss)	Raumschikanen, Einzelspeisungen, Abdichtung um den Einzelluftverflüssiger		Strom 2-15	x	ev x		Besserer Einhalt der Kühlleistung im Sommer	
	Temperatur der Luftvormischung für die Verflüssigung bei geschloss. Raum zu hoch	Herabsetzung Verflüss' temp. um einige °C		Strom 2-8	x				

7. Energiesparmassnahmen bei bestehenden Anlagen und im Betrieb

Anlageteil	Beobachtungen	Massnahmen	Versuche oder zu empfehlende Massnahmen für die Läden 1,2,3,4,5	Geschätztes Sparpotential in % der ges. Elektroenergie (nicht kumulierbar)	Geschätzte Rückzahlzeit in Jahren (allgemein)			Sonstige Vorteile, Anmerkungen	Nachteile, Anmerkungen
					0-2	2-5	5-15		
Luftgekühlter Verflüssiger (Verbundanl.)	· Verschmutzung Lufttaucher	· Regelmässige Reinigung		Strom 2-15	x			Kühlleistung im Sommer höher	
	· Verschmutzung Lufttaucher	· Regelmässige Reinigung		Strom 2-15	x			Kühlleistung im Sommer höher	
	· Mischung Luft Ein-Aus	· Trennung mittels Wände oder Kanäle	3'	Strom 2-8	x	ev. x			
	· Kühle Raumabluft zur Verfügung	· wenn in Nähe, Einblasung auf Luftverflüssiger (Sommer) · Einschaltgrenze der Ventilatoren optimieren		Strom 5-12		x	ev. x		evt. grössere Investition
Kompressoren Verbund u. Einzel	· Schlechte Abführung der Maschinenraumluft (Zylinderkopfüberwärmung) · Grosse Schwankungen der Ein/Ausschaltungen	· Abluftverteilung einbauen oder verbessern	3',4,5	Strom 2-5	x				
		· Freigabeautomatik der einzelnen Komp. verbessern · Kältemittelmenge vergrössern · Verdampfung besser einregulieren · Bei Komp. schaden Ersatz durch neuere Komp.	3',4,5 alle	Strom 2-5	x			Regelmässiger Verdampfungstemp.	
				Strom 5-10			x		Suche gezielter Ersatz bis Restwertreichung, evt. zu teuer

7. Energiesparmassnahmen bei bestehenden Anlagen und im Betrieb

Anlagenteil	Beobachtungen	Massnahmen	Versuche oder zu empfehlende Massnahmen für die Läden 1, 2, 3, 4, 5	Geschätztes Sparpotential in % der ges. Elektroenergie (nicht kumulierbar)	Geschätzte Rückzahlzeit in Jahren (allgemein)			Sonstige Vorteile, Anmerkungen	Nachteile, Anmerkungen
					0-2	2-5	5-15		
Kühlmöbel · Verdampfer	· Verschmutzungen (z.B. Etiketten, Staub)	Regelmässige Reinigung		Strom pro Möbel 2-10				Einhaltung der Warentemp.	
Thermostat. Ventile	· Schwankung Verdampfungstemp. · zu tiefe Verdampfungstemp.	Siehe unter Kompressoren · Sorgfältige Einregulierung · Ersatz durch elektronische Systeme		Strom 3-10				Einhaltung der Warentemp. Einhaltung der Warentemp. (kleinere Schwankungen)	Meistens teuer (Abhängig von Abschreibzeit)
Abtauung	· nicht angepasste Abtauungsanzahl	· Differenzierte Anzahl einführen, mit gleichzeitiger Messung vorher/nachher (auch saisonal) im Warenraum (Einspar. 1 bis mehrere Abtauungen) · nachträglicher Umbau Heiss/Warmgas	1, 2, 3, 4	Strom 2-5		x		Kürzere Abweichung der Warentemp.	Nacheinbau fraglich
Rahmenheizungen	kontinuierlich in Betrieb	Intermittierend mittels Schaltuhr/Relais (ev. mit Taupunktregulierung) ergänzen	1, 2, 4	Strom 5-13				Kürzere Abweichung der Warentemp.	Nacheinbau fraglich
				Strom 3-6		x			

7. - Energiesparmassnahmen bei bestehenden Anlagen und im Betrieb

Anlageteil	Beobachtungen	Massnahmen	Versuche oder zu empfehlende Massnahmen für die Läden 1, 2, 3, 4, 5	Geschätztes Sparpotential in % der ges. Elektroenergie (nicht kumulierbar)	Geschätzte Rückzahlzeit in Jahren (allgemein)			Sonstige Vorteile, Anmerkungen	Nachteile, Anmerkungen
					0-2	2-5	5-15		
Möbelumwelt	keine Trennung Kühlzonen/Warmzonen	Bauliche Verbesserungen, Trennwände, Raumentrennung	1	Strom 5-10		x	bessere Einhaltung der Temp. Teilweise bei Laden 5 erreicht		
	Möbel statt nebeneinander gegenüber plazieren	wenn möglich, versetzen		Strom 5-8		x	tieferer gegenseitiger Strahlungsverluste	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. möglichst. Tiefere Vereisung	Evt. teure Anpassung	
Bedienung der Möbel Personal	Überfüllung der Möbel	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	
	Kunden	Wie bereits bei neuen Möbeln: Empfehlung an Kunden (Kleber)		Strom 2-5		x	Einhaltung der Warentemp., Vermeidung Luftschleierausfluss	Einhaltung der Warentemp.	

7. Energiesparmassnahmen bei bestehenden Anlagen und im Betrieb

7.4 Wärmerückgewinnung

In allen 5 untersuchten Läden wird einen Teil der Verflüssigungswärme einzel oder kombiniert für die Warmwasserproduktion, die allgemeine Heizung und die Lüftungsheizung benützt.

Weil das Niveau der Verflüssigungstemperatur den Wirkungsgrad der Kälteproduktion stark beeinflusst, werden nachstehend wichtige Bemerkungen erwähnt.

Die Verflüssigungsabwärme der Gewerbe-Kälteanlagen kann meistens nur bei Temperaturen von 35 - 50°C genutzt werden. Dies heisst, dass in den Perioden des Einsatzes der Rückgewinnung die Verflüssigungstemperatur "künstlich" erhöht wird und rückgewonnene Wärme mit mehr Elektroenergie verbunden ist. Bei gutem Verhältnis von Einsparung fossiler Energie zu elektrischem Mehrverbrauch ist eine möglichst weitgehende Wärmerückgewinnung unbedingt anzustreben (vgl. Abschnitt 5.3.4).

Aus diesem Grund muss eine besonders gute Aufmerksamkeit der Projektabwicklung der Anlageneinregulierung, der Pannemeldung der Steuer- und Regelsysteme gewidmet werden. Im Rahmen der Projektabwicklung müssen folgende Punkte beachtet werden

- Nutzung der Abwärme beim tiefstmöglichen Niveau.

Beispiele : - nur Vorheizung des Brauchwarmwassers, wenn der Warmwasserbedarf so gross ist, dass trotz totaler Rückgewinnung der Wärme die Verflüssigungstemperatur tief bleibt.

- Nutzung für die Lüftungsheizung, die eine begrenzte Zeit in Betrieb ist.

- Ueberall wo möglich, Nutzung der Verflüssigungswärme ohne Anhebung der Temperaturen

- Korrektes Konzept der Speicher (Wärmetauscher unten, Zirkulationsleitung oben im Warmwasserspeicher)

- Temperaturregulierung der Heizungs-Komfortverbraucher nach Aussentemperatur gleitend

- Bestmögliche Nachtabstaltung der Heizungsverbraucher, damit keine Verluste mit ungünstig produzierter Wärme gedeckt werden müssen.

Im Rahmen der Wirtschaftlichkeit von Rückgewinnungsanlagen muss auch der tatsächliche Bedarf von Abwärme richtig bestimmt werden.

Mögliche Verbesserungen in den 5 Läden

Obwohl die Wärmerückgewinnung einen wichtigen Einfluss auf den Elektroenergieverbrauch hat und somit im Vergleich der Läden berücksichtigt werden müsste, konnte sie aus zeitlichen Gründen nicht untersucht werden. Es werden jedoch einige Beobachtungen erwähnt

7. Energiesparmassnahmen bei bestehenden Anlagen und im Betrieb 85

Laden 1 : Der grosse Warmwasserbedarf (Wohnhaus um den Laden) führt zeitweise nicht nur zu einer Enthitzung sondern auch zu einer Verflüssigung auf tiefem Temperaturniveau, was vorteilhaft ist.

Eine Panne auf dem Zuluftregler der Lüftungsanlage hat dazu geführt, dass die erhöhte Zulufttemperatur mehr Wärmebedarf aber auch mehr Elektroenergie (+ 15 %) wegen erhöhter Verflüssigungstemperatur zur Folge hatte.

Laden 2 : Der Wärmeüberschuss dieses Ladens, der nicht über eine Warmwasser-Wärmerückgewinnung verfügt, ist gross. Der nachträgliche Einbau dieser Rückgewinnung auf Einzelanlagen wäre bis zum Umbau in 5 bis 10 Jahren zu teuer.

Mit einer Abschreibungszeit der Investition von 1 bis 2 Jahren wurde die Verflüssigungsluft im Winter nach Bedarf in die Hinterräume des Ladens geführt (Wirkung auch über Nachtzeiten).

Laden 3 Keine Wärmerückgewinnung im alten Laden.

Laden 3' Dieser Laden ist mit einer Rückgewinnung zur Warmwasseraufbereitung neu bestückt worden. Bisher keine Analyse des Betriebes.

Laden 4Keine Beobachtungen.

Laden 5 Der Warmwasserbedarf wird nicht gemessen, aber der mittlere Bedarf von weniger als 1 m³ Gesamt-Netzwasser pro Tag, d. h. bei Annahme 50 % sei Warmwasser = 150 M³ / Jahr lässt vermuten, dass in diesem Fall die rückgewonnene Wärme keinesfalls die erstellte Anlage innerhalb ihrer Lebenszeit abschreiben lässt.

Oft wird der Warmwasserbedarf bei Kleinläden mangels Messungen überschätzt, unwirtschaftliche Projekte durchgeführt und somit das entsprechende Geld nicht für zweckmässigere Ziele benützt.

8. Offene Fragen und Umsetzungsprojekte

8.1 Hemmnisse und offene Fragen

Es gibt viele Gründe, warum das mögliche Energiesparpotential bei Kühlmöbeln und Gewerbekälteanlagen noch nicht besser ausgeschöpft wurde und wird. Einige Hemmnisse seien an dieser Stelle genannt:

* Marketingvorstellungen, welche eine Verbrauchszunahme bewirken. Einige auffällige heutige Tendenzen beim Ladenbau und der Möbelauswahl können wie folgt zusammengefasst werden:

* Die Kühlmöbel sollten möglichst grosse Öffnungen oder verglaste Flächen aufweisen. Die gute Sicht soll die Kunden zu spontanen Käufen veranlassen. Die von den Herstellern angebotenen Möbel haben sich bereits stark dieser Nachfrage angepasst.

* Die Erhebungen bei den fünf ausgemessenen Läden haben deutlich gezeigt, dass die Möbelbeleuchtung bei den neuen Geschäften stark zugenommen hat.

* fehlende Energieverbrauchswerte von Kühlmöbeln:
Da die Hersteller selten repräsentative und vergleichbare Verbrauchswerte angeben, ist eine Möbelwahl nach energetischem Gesichtspunkt unmöglich.

* mangelnde Verbreitung des Energiespar-Know-How:
Das Wissen über die rationelle Verwendung elektrischer Energie bei gewerblichen Kälteanlagen ist bei Ladenplanern, Betreibern und selbst Anlagenbauern noch zu wenig verbreitet. Es gibt teilweise auch recht unterschiedliche Ansichten über den Nutzen von gewissen Massnahmen (z.B. Abdeckungen).

* mangelnde Bereitschaft sparsame Kühlmöbel und Kälteanlagen einzusetzen:
Es gibt viele Gründe, warum sich Ladenbesitzer bewusst für energetisch schlechtere Ausführungen entscheiden. Angst vor geringeren Umsätzen (z.B. durch geringere Waren-Sichtfläche), höhere Investitionen (welche aber oft in wenigen Jahren amortisierbar wären), Skepsis gegenüber neuen Entwicklungen sind nur einige Aspekte. Bekannt ist die Anekdote, nach der energiebewusste Angestellte einer schweizerischen Lebensmittelkette zusammen mit einem Möbelhersteller ein neues sparsames Kühlregal entwickelt haben. Als eine neue Filiale damit ausgerüstet werden sollte, haben sich die Ladenbauer des selben Betriebs dagegen entschieden und konventionelle Kühlregale eingebaut.

* keine nennenswerte Kühlmöbel-Produktion in der Schweiz:

Da die Möbel aus dem gesamten europäischen Raum stammen, ist eine Beeinflussung der energetischen Qualität durch schweizerische Sparanstrengungen entsprechend schwieriger.

* schlechte Rahmenbedingungen beim Ladenbau resp. Umbau:

kurze Umbauzeiten: Bei der Totalsanierung von Lebensmittelgeschäften können meist nur sehr kurze Umbauzeiten in Kauf genommen werden. Die gedrängten Terminpläne führen leider häufig dazu, dass die Montage und Inbetriebnahme nicht mit der nötigen Sorgfalt erfolgen.

* schlechte Komponentenplatzierung: Einer optimalen Platzierung der verschiedenen Anlageteile wird oft zu wenig Beachtung geschenkt (häufige Beispiele: ungünstiger Einbau des Verflüssigers oder zu grosse Distanz zwischen Kälteproduktion und Kühlstellen).

* mangelnde Koordination: Eine Aufteilung der Projekte für die gewerbliche Kälte auf mehrere Partner (Planer, Installateur, Lieferant) führt häufig zu mangelnder Koordination und vernachlässigter Anlage-Optimierung.

* zu häufiger Einsatz steckerfertiger Möbel:

Steckerfertige Möbel werden für Aktionen eingesetzt. Auch fehlender Platz in den Möbeln mit getrennter Kälteerzeugung führt zum Gebrauch von steckerfertigen Möbeln.

* fehlende Messeinrichtungen und Energiebuchhaltungen:

Spezielle auf den Gewerbekälteverbrauch ausgerichtete Messkonzepte werden nur sehr selten realisiert. Dadurch ist es mit grossem Aufwand verbunden, die energetische Qualität einer konkreten Anlage beurteilen und Massnahmen vorschlagen zu können. Auch gewisse Störungen bleiben so längere Zeit verborgen und haben einen unnötigen Mehrverbrauch zur Folge.

* wenig gut dokumentierte und von neutraler Seite ausgemessene Energiesparprojekte (Sofortmassnahmen bei bestehenden Läden, Totalsanierungen, Neubauten):

Die Realisation von Energiesparprojekten mit Vorbildcharakter könnte andere Ladenbesitzer motivieren, ebenfalls mehr Gewicht auf die sparsame Energienutzung zu setzen. Allfälligen noch vorhandenen Vorurteilen könnte durch gut dokumentierte Beispiele entgegengewirkt werden.

8.2 Massnahmen zur Umsetzung

Die vorgeschlagenen Umsetzungsmassnahmen sollen auf der einen Seite dazu dienen, bekanntes Wissen laufend auszutauschen und weiterzugeben. Auf der anderen Seite bestehen noch Wissenslücken, welche mit praxisorientierten Projekten geschlossen werden sollen. Als wichtige Rahmenbedingung sollte in der Schweiz eine Pflicht zur Deklaration der Verbrauchswerte von Kühlmöbeln angestrebt werden.

8.2.1 Wissensaustausch und -vermittlung

Die Verbreitung des aktuellen Wissensstandes sowie der Erfahrungsaustausch mit betroffenen Personen aus der Praxis muss während mehrerer Jahre stattfinden und entsprechend gefördert werden. Folgende Massnahmen zur Know-How-Verbreitung sind denkbar (und zum Teil im Rahmen eines RAVEL-Umsetzungsprojekts durchzuführen):

- * Diskussion und Workshop über die vorliegende Grundlagenstudie:
- * Verbreitung des vorliegenden Schlussberichts in Fachkreisen (bei Energiebeauftragten/Ladenbauern von Grossverteilern, bei auf Gewerbekälteanlagen spezialisierten Ingenieurbüros, bei Kühlmöbellieferanten usw.): Ziel ist die Verbreitung des Berichtsinhalts bei Personen mit guten Kenntnissen in Teilgebieten. Ein praxisorientiertes Feed-Back dieser Fachleute ist unbedingt wünschenswert und könnte im Rahmen der weiteren Umsetzung berücksichtigt werden.
- * Workshop für interessierte Fachleute:
 - Kurzvorträge durch Verfasser der Grundlagenstudie
 - Kurzvorträge zu ausgewählten Themen (weiche sich aus dem Feed-Back aus Fachkreisen herauskristallisieren)
 - ausführliche Diskussion insbesondere der weiteren Umsetzungsprojekte (evt. in Gruppen)
- * Publikation des aktuellen Wissensstandes (Artikel in Fachzeitschriften)
- * Fachtagung (evt. d/f simultan):
Mit einer Tagung für Kühlmöbel- und Kältefachleute soll das Wissen über energiesparende Kühlmöbel und Kälteanlagen einem grösseren Fachpublikum zugänglich gemacht werden.
- * Anwender-Broschüre:
Mit einer Hersteller-unabhängigen Broschüre sollen dem Ladenpersonal die nötigen Kenntnisse über das richtige Beladen der Möbel, die nötige Reinigung und Wartung vermittelt werden.
- * Direkt-Information von Ladenbetreibern über die möglichen Energiesparmassnahmen und die laufenden Untersuchungen sowie Angabe von Kontaktadressen
- * Aufrechterhaltung der Kontakte mit anderen Ländern (insbesondere NL und F)

8.2.2 Pilotprojekt für beispielhafte Datenerhebung (Messkonzepte)

Ziel: A. Definition eines praxisorientierten Messkonzeptes zur energetischen Beurteilung und Überwachung von gewerblichen Kälteanlagen im Detailhandel; B. Anwendung an ausgewählten Objekten, Bereinigung des Messkonzeptes, Sammlung von Vergleichswerten ("Energiekennzahlen" für Kühlmöbel); C. Handbuch und Workshop über Datenerhebungen bei Gewerbekälteanlagen

Beteiligte- Ingenieurbüros (Projektleitung, Messungen Handbuch);
motivierte Grossverteiler (praxisorientierte Mitarbeit,
Auswahl geeigneter Objekte, Installation der Messgeräte, Umsetzung der Erhebung)

Finanzierung: Bundesamt für Energiewirtschaft u.a.

Zeitraum: Herbst 1 992 bis Ende 1993

8.2.3 Pilotprojekt für beispielhafte Sanierungen und Neuanlagen

Ziel: A. Realisation von beispielhaften Sanierungen und Neuanlagen (basierend auf dem Massnahmenpaket der vorliegenden Untersuchung)
B. energetische und technische Erfolgskontrolle (Messungen vorher/nachher; Probleme beim Betrieb energiesparender Anlageteile)
C. Dokumentation der Ergebnisse

Beteiligte: Ingenieurbüros (Projektleitung, Ausführungsbegleitung, Messungen Dokumentation);
motivierte Grossverteiler (praxisorientierte Mitarbeit, Auswahl geeigneter Objekte, Realisation der Sanierungen und Neuanlagen);
motivierte Kälteanlagenbauer

Finanzierung: Bundesamt für Energiewirtschaft u.a.

Zeitraum: anfangs 1993 bis Ende 1994

8.2.4 Energietechnisches Prüfverfahren für Kühlmöbel

Der Energienutzungsbeschluss vom 14. Dezember 1990 gibt dem schweizerischen Bundesrat die rechtliche Grundlage, für seriemässig hergestellte Anlagen und Geräte ein energietechnisches Prüfverfahren vorzuschreiben. Warmwassererzeuger und Haushaltskühlgeräte werden als erste mit entsprechenden Auflagen versehen.

Das Bundesamt für Energiewirtschaft (BEW) wird in den nächsten Monaten prüfen, ob auch für Verkaufskühlmöbel ein energietechnisches Prüfverfahren vorgeschrieben wird.

Mindestens folgende Werte müssten aus Sicht der Verfasser der vorliegenden Studie mit dem festzulegenden Prüfverfahren ermittelt und den potentiellen Käufern bekannt gegeben werden:

- * Abmessungen (insbesondere Nutzinhalt, Auslagefläche und Möbellänge)
- * Angabe nachstehender Verbrauchswerte bei drei Betriebsbedingungen (25°C, 60% r.F., ohne Nachtdeckung; 18°C, 50% r.F., ohne Nachtdeckung; 18°C, 50% r.F., mit Nachtdeckung)
- * möbelinterner Elektrizitätsverbrauch [kWh/24h und kWh/(24h m³)] aufgeteilt nach Rahmenheizungen, Beleuchtung, Abtauung, Ventilatoren
- * Kältebedarf [kWh/24h und kWh/(24h M³)] bei Möbeln mit separat aufgestelltem Verdichter (bei steckerfertigen Möbeln: Elektrizitätsverbrauch für die Kälteerzeugung)
- * wichtige Rahmenbedingungen zu den obigen Messungen:
- * gemessene Durchschnittstemperatur der sichtbaren Produkte sowie die Solltemperatur
- * bei Möbeln mit separat aufgestelltem Verdichter: eingesetztes Kältemittel, effektiver Betriebsdruck und -temperatur am Möbelein- und -austritt
- * Regelprinzipien der Rahmenheizungen, Abtauung (andere?)

8. Offene Fragen und Umsetzungsprojekte

92

Anhänge

A.1 Kühlmöbelklassifizierung

Die Vielfalt der angebotenen Ausführungen von Verkaufskühlmöbeln ist sehr gross. Die nachstehende Klassifizierung beinhaltet die wichtigsten Möbelformen, welche im Lebensmittelhandel eingesetzt werden.

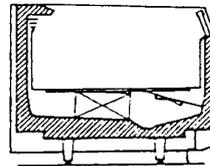
Es ist leider keine Systematik bekannt, welche in der Praxis grössere Verbreitung gefunden hätte. Darum mussten insbesondere die Bezeichnungen selber festgelegt werden. Wichtig im Rahmen dieser Untersuchung war eine Unterscheidung der Formen, welche bezüglich Energieverbrauch und möglicher Sparmassnahmen nennenswerte Unterschiede aufweisen.

Truhe (Tr)

Bezeichnung: **Kühl- oder Tiefkühltruhe**

Einsatzgebiet: häufig für Tiefkühlprodukte

- Truhen werden im Gegensatz zu den Inseln an der Wand aufgestellt

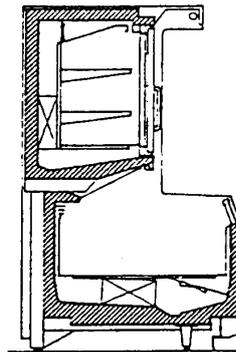


Kombination (Ko)

Bezeichnung: **Tiefkühlkombination, Kombi-Tiefkühlvitrine, Tiefkühlset**

Einsatzgebiet: fast ausschliesslich für Tiefkühlprodukte

- Tiefkühlkombinationen werden besonders in der Schweiz eingesetzt. Es werden in der Regel für das verglaste Schrankoberteil und für den Truhenunterteil separate Verdampfer eingesetzt. Einzelne neue Fabrikate weisen nur noch einen Verdampfer auf.

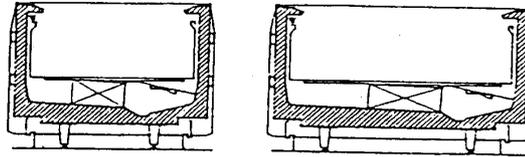


Insel (In)

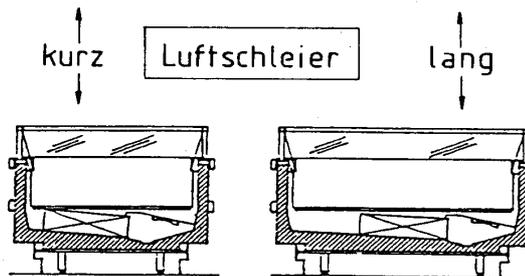
Bezeichnung: **Kühl- oder Tiefkühlinsel, Kühl- oder Tiefkühlgondel**

Einsatzgebiet: häufig für Tiefkühlprodukte

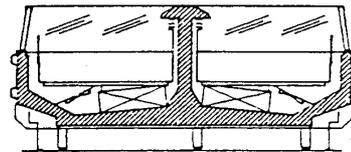
- Insel ohne verglaste Fronten



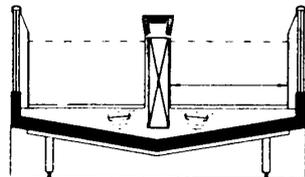
- Insel mit teilweise verglasten Fronten



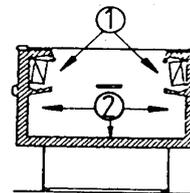
- breite Insel mit Mittenausblas und zwei Verdampfern



- breite Insel mit Mittenausblas und einem Verdampfer (mit vollständiger frontseitiger Verglasung)



- Insel mit stiller Kühlung (1) und Kontaktkühlung (2). Diese Möbelform weist Verdampfer bei der Öffnung (1 = Top-Froster) und direkt um den Warenraum angeordnete Plattenverdampfer (2) auf.

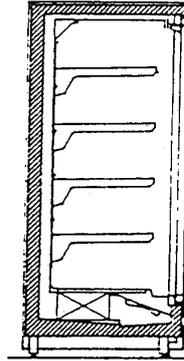


Schrank (Sc)

Bezeichnung: **Kühl- oder Tiefkühlschrank**

Einsatzgebiet: häufig für Tiefkühlprodukte, zunehmend auch für Kühlprodukte

- Dank der verglasten Schranktür ist der Eintrag an Umgebungswärme in die Kühlzone gering und nur von der Häufigkeit der Türöffnungen abhängig.

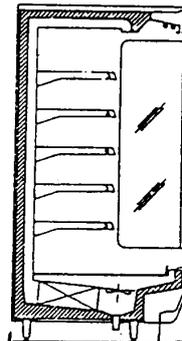


Regal (Re)

Bezeichnung: **Kühlregal, Stufenkühlvitrine**

Einsatzgebiet: fast ausschliesslich für Kühlprodukte

- Kühlregale für Fleisch, Molkereiprodukte usw. gehören zu den häufigsten Kühlmöbeln. Regale sollten unbedingt mit einem Nachtvorhang (Rollo) ausgestattet sein.

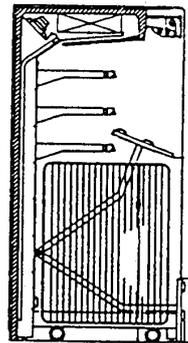


Container-Regal (Co)

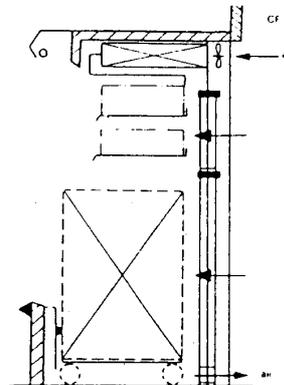
Bezeichnung: **Container-Regal, Roll-in-Vitrine**

Einsatzgebiet: **fast ausschliesslich für Kühlprodukte, welche auf Containern angeliefert werden (z. B. Milchprodukte)**

- von vorne beschicktes Container-Regal
Die Luftzirkulation unter den Containern (von vorne nach hinten) sollte möglichst wenig behindert werden!



- von hinten beschicktes Container-Regal (hinter dem Regal liegt der Kühlraum, in dem die Waren zwischengelagert werden und aus dem Luft angesogen sowie wieder eingeblasen wird)

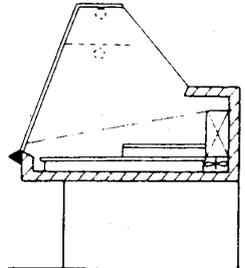


Bedienungstheke (Bt)

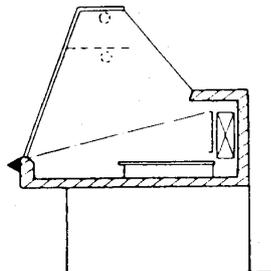
Bezeichnung: **Bedienungstheke**, Bedienungskorpus

Einsatzgebiet: für den Verkauf von Frischfleisch, Käse, Backwaren, Delikatessen usw.

- Bedienungstheke mit ventilierter Kühlung



- Bedienungstheke mit stiller Kühlung, d.h., ohne Ventilator für die Luftumwälzung (oft noch mit Kontaktkühlung am Thekenboden)

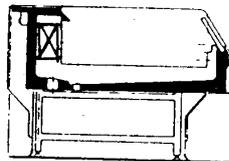


Selbstbedienungstheke (St)

Bezeichnung: **Selbstbedienungstheke**

Einsatzgebiet: für Kühlprodukte

- Selbstbedienungstheken weisen ähnliche Konstruktionsmerkmale auf wie Bedienungstheken und Truhen



A.2 Kühlmöbelbestand Schweiz: Grundlagen

Eine Erhebung des Kühlmöbelbestandes in der Schweiz ist leider nicht bekannt. Das Schweizerische Tiefkühl-Institut führt alljährlich eine Umfrage über die verkauften Kühlgeräte in der Schweiz durch. Die darin enthaltenen Zahlen über die Kühlmöbel im Detailhandel sind einerseits zu wenig detailliert. Andererseits ist auch die Vollständigkeit der Erhebung ungenügend.

Eine eigene Abschätzung des Möbelbestandes war daher unumgänglich. Diese basiert auf folgenden Grundlagen:

* detaillierte Erhebung des Möbelbestandes in einer holländischen Stadt [Vermeulen, 1991)

* Erhebung der Möbel-Laufmeter in typischen Filialen eines schweizerischen Grossverteilers

* Anzahl Geschäfte gemäss Betriebszählung 1985

In Tabelle A.2.1 sind die angenommenen Anzahl Laufmeter der verschiedenen Kühlmöbeltypen angegeben.

	angenommene Anzahl Laufmeter Kühlmöbel pro Geschäft									
	Minus-Möbel			Plus-Möbel					TOTAL	
	In/Tr	Ko	Sc	In/Tr	Re	Co	Bt	div.		
Bäckereien	0.1				1.0		0.2	0.2	1.5	
Molkereien					1.0		1.0		2.0	
Metzgereien	0.1			0.2	0.3		3.0	0.6	4.2	
Lebensmittelgesch. <400m ²	2.0			0.1	3.0		1.0	0.5	6.6	
Supermarkt 400-1000m ²	7.4	7.0	3.0	2.8	10.0	5.0	8.5	0.4	44.1	
Supermarkt >1000m ²	9.7	10.0	5.0	3.4	14.3	10.0	14.7	0.5	67.6	

BS D:\90\177\Külmöbel.xls

Tabelle A.2.1 Anzahl Laufmeter Kühlmöbel pro Geschäft
(die fett gedruckten Werte sind eigene Schätzungen, die anderen Werte wurden (Vermeulen, 1991) entnommen)

Für die Hochrechnung wurde noch die Anzahl der Geschäfte festgelegt. Diese sind in Tabelle A.2.2 angegeben

	Anzahl Geschäfte	
	gemäss Betriebszählung 1985	als Basis für die Bestandes-Schätzung
Bäckereien	4103	4000
Molkereien	1104	1100
Metzgereien	3085	3000
Lebensmittelgesch. < 400m2	6766	4000 *
Supermarkt 400-1000m2	761	800
Supermarkt > 1000m2	388	400
TOTAL	16207	13300

BS D:\90\77\kühlmöbel.xls

* unter Berücksichtigung des Ladensterbens und der Läden ohne Möbel

Tabelle A.2.2 Anzahl Geschäfte in der Schweiz

A.2 Kühlmöbelbestand Schweiz: Grundlagen

A.3 Infrarot- oder Wärmestrahlung bei Kühlmöbeln

Die Oberflächen warmer Körper emittieren elektromagnetische Strahlungen. Für Oberflächentemperaturen bei Zimmertemperaturen liegt diese Strahlung im ultraroten Spektralbereich mit Wellenlängen von 1 - 50 Mikrometer. Nachstehend sprechen wir vereinfachend von Infrarotstrahlung.

Diese wird von den umgebenden Decken, Wänden und Regalen ausgestrahlt und dringt durch die Kühlmöbelöffnungen auf die von aussen sichtbaren Kühlprodukte.

Basierend auf dem Stefan-Boltzmann-Gesetz kann der Kältebedarf durch Infrarotstrahlung durch folgende Gleichung ermittelt werden [Rigot, 1990]:

$$Q_3 = \sigma_0 * F_{KM} * (t_{WD}^4 - t_i^4) * \psi_1 * \psi_2 * 24$$

- mit F_{KM} Fläche der Kühlmöbelöffnung (siehe Nr. 4 in Bild 3.3.1)
 t_{WD} Temperatur der Wände, Decken und Regale, welche Infrarotstrahlung ins Kühlmöbelinnere emittieren (in Kelvin!)
 t_i Oberflächentemperatur der sichtbaren Kühlprodukte (in Kelvin)
 σ_0 Emissionskonstante des schwarzen Körpers ($5,76 * 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$)
 ψ_1 gegenseitiger Emissionsfaktor zwischen zwei parallelen Flächen
 ψ_2 Korrekturfaktor für nicht parallele Flächen, in [Rigot, 1990] wird vereinfachend angenommen:
 $\psi_2 = 1$ bei Kühlmöbeln mit horizontalen Öffnungen
 $\psi_2 = 0,65$ bei Kühlmöbeln mit vertikalen Öffnungen

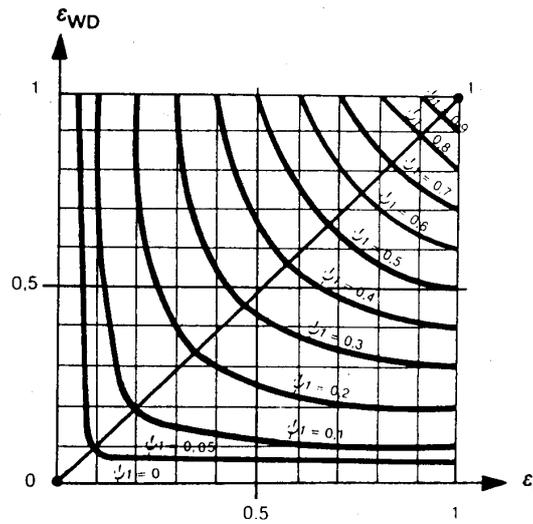
Der gegenseitige Emissionsfaktor ψ_1 zwischen zwei parallelen Flächen kann mit folgender vereinfachter Formel ermittelt werden [Rigot, 1990]:

$$\psi_1 = \frac{1}{1/\epsilon_{WD} + 1/\epsilon_i - 1}$$

- mit ϵ_{WD} Emissionsgrad der Ladenflächen, welche ins Kühlmöbelinnere strahlen (bei der Temperatur t_{WD})
 ϵ_i Emissionsgrad der sichtbaren Kühlprodukte (bei der Temperatur t_i)

A.3 Infrarot- oder Wärmestrahlung bei Kühlmöbeln

Mit der nachstehenden Abbildung kann der Emissionsfaktor ψ_1 problemlos ermittelt werden:



Wenn die Ladenumgebung oder die Kühlprodukte tiefe Emissionsgrade aufweisen, ergibt sich ein kleiner Faktor ψ_1 . Dadurch kann der Kältebedarf durch Infrarotstrahlung stark vermindert werden.

In der folgenden Tabelle sind die gemessenen Emissionsgrade ϵ (bezüglich Infrarotstrahlung) verschiedener Verpackungsmaterialien zusammengestellt [Gac, Gautherin, 1987]. Die Emissionsgrade für Decken- und Wandmaterialien können daraus abgeleitet werden.

	Emissionsgrad ϵ
* Paraffinierter weisser Karton	0,84 - 0,87
* Schwarzes Papier	0,97
* Weisses Papier	0,89
* Verpackung aus Kraft-Papier	0,96
* Aluminium-Film	0,10
* Aluminium-Lackierung	0,26
* Polyethylen mit Aluminium beschichtet (70 Mikrometer); auf der PE-Seite	0,27
* Vergoldete Verpackung (Typ Margarine)	0,33

Die Infrarotstrahlung kann durch optimierte Emissionsgrade bei der Ladeneinrichtung (z.B. parabolförmiger verspiegelter Baldachin über einer Tiefkühlwanne) und den eingesetzten Verpackungsmaterialien stark reduziert werden (vgl. Abschnitt 5.1.4).

Die grosse Bedeutung des Wärmeeintrags durch Infrarotstrahlung kann mit den in Bild A.3.1 dargestellten Temperaturverläufen veranschaulicht werden. Es handelt sich um Temperaturen von exponierten Messpaketen einer Tiefkühlinsel. Durch eine reflektierende Decke kann die Infraroteinstrahlung bereits nennenswert reduziert werden, was ein Absinken der Produkttemperaturen um einige Grad zur Folge hat. Wird zusätzlich auch die Verpackung mit einer Infrarot-reflektierenden Schicht überzogen, so resultiert eine wesentliche Verbesserung der Temperaturverhältnisse.

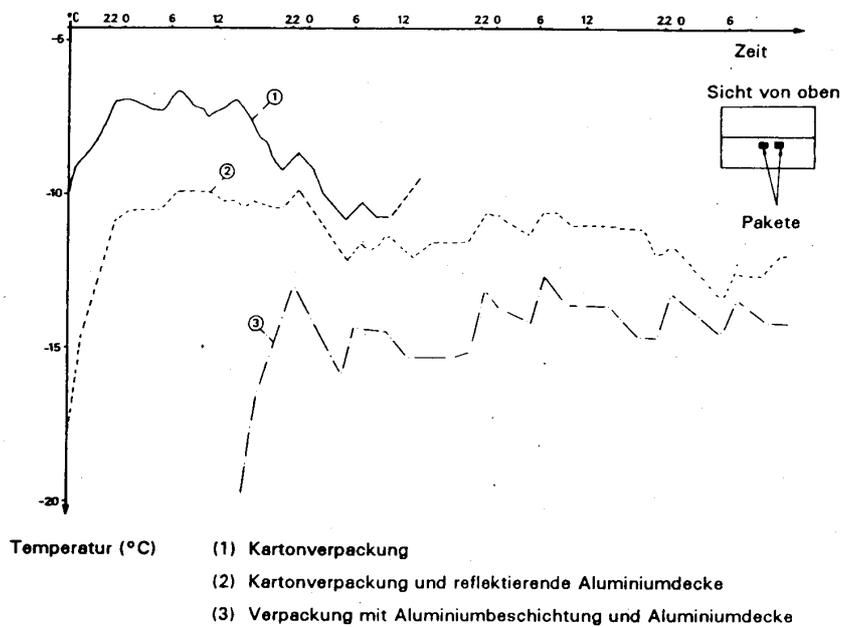


Bild A.3.1 Temperaturverlauf von exponierten Messpaketen in einer Tiefkühlinsel ($t = -18/-20^{\circ}\text{C}$) bei unterschiedlichen Infraroteinstrahlungen [Gac, Gautherin, 1987]

A.4 Kühlmöbel-Normen und Verbrauchsangaben

Es gibt eine Vielzahl von internationalen und nationalen Kühlmöbelnormen. Ohne Anspruch auf Vollständigkeit sind nachstehend einige Normen aufgelistet:

* ISO-Normen:

ISO 1992: Commercial refrigerated cabinets - Methods of test (bestehend aus 7 Teilen, welche vorwiegend in den Jahren 1973 bis 1978 in Kraft gesetzt wurden)

ISO 51 60: Commercial refrigerated cabinets - Technical specifications (bestehend aus 2 Teilen)

* DIN-Normen:

DIN 8954: Offene Verkaufskühlmöbel (bestehend aus 6 erhältlichen Teilen; gewisse Teile wurden weitgehend aus den ISONormen übernommen)

* ASHRAE-Normen (amerikanische Normen):

ASHRAE 72.83: Open refrigerator for food store - Method of testing

* Europäische Normen:

EN 441: Gewerbliche Kühlmöbel (erst als Entwurf vorliegend) Diese Norm besteht aus folgenden 11 Teilen:

Teil	1	Begriffe und Spezifikationen (prEN 441-1)
Teil	2	Allgemeine mechanische und physikalische Anforderungen (prEN 441-2)
Teil	3	Berechnung der Abmessungen, Flächen und Inhalte (prEN 441-3)
Teil	4	Allgemeine für die Leistungsprüfung (prEN 441-4)
Teil	5	Temperaturprüfung (prEN 441-5)
Teil	6	Klassifizierung der Möbel (prEN 441-6)
Teil	7	Abtauprüfung (prEN 441-7)
Teil	8	Prüfung der Wasserdampfkondensation (prEN 441-8)
Teil	9	Prüfung der elektrischen Energieverbraucher (prEN 441-9)
Teil	10	Geruchs- und Geschmacksprüfung (prEN 441-10)
Teil	11	Richtlinien für den Benutzer (prEN 441 -1 1)

Das Technische Komitee TC 44 des Europäischen Komitee für Normung (CEN) hat im November 1991 den Entwurf einer europäischen Kühlmöbelnorm vorgelegt. Bis im Mai 1992 haben die Komitee-Mitglieder Zeit, den Normen entweder zuzustimmen oder Einwände zu formulieren. Eine schweizerische Beteiligung bei der Erarbeitung dieser europäischen Norm gibt es gemäss Auskunft der Schweizerischen Normenvereinigung nicht .

Nachfolgend werden einige wichtige Punkte des Entwurfs zusammengefasst:

* Möbelabmessungen:

Die Bestimmung der wichtigen Möbelabmessungen wie gekühlte Abstellfläche, Schauöffnung und Netto-Inhalt ist im Teil 1 definiert. Es ist aber zu befürchten, dass die Anwendung dieser Definitionen bei der Vielfalt an verschiedenen Möbelformen nicht ge-

nügend klar festgelegt wurde (Bsp.: Wie wird der Netto-Inhalt einer Bedienungstheke bestimmt, damit die Angaben der verschiedenen Hersteller verglichen werden können?).

* Temperaturklassen:

Im Teil 6 werden die Kühlmöbel in die folgenden Temperaturklassen eingeteilt:

Temperaturklasse	Temperatur des wärmsten N-Pakets	Temperatur des kältesten N-Pakets	Temperatur des wärmsten N-Pakets während der Abtauperioden oder Verkaufszeiten nach EN 441-5
L1	4 - 10	-	- 15
L2	4 - 10	-	- 12
M1	4 + 5	3 - 1	-
M2	4 + 7	3 - 1	-
M	4 + 10	3 + 1	-
S	je nach Lebensmittel unterschiedlich		

* Prüfraum-Standardklimat:

Die Kühlmöbelprüfungen müssen bei einer der folgenden Klimat durchgeföhrt werden:

Klimaklasse des Prüfraums	Trockenkugelttemperatur C	Relative Feuchte %	Taupunkt °C
1	16	60	12
2	22	65	15
3	25	60	17
4	30	55	20
5	40	40	24

Anforderungen an die Kühlmöbel:

Die geforderten technischen Daten und Grenzwerte sind im Teil 2 angegeben. Diese müssen gemäss den Prüfverfahren in den anderen Normenteilen (Teile 3 -5 und 7 - 1 0) ermittelt werden. Folgende wichtige Anforderungen sind u.a. enthalten:

Die gekühlte Abstel lfläche, die Schauöffnung, der Netto-Inhalt, die Möbelhöhe, -länge und -tiefe müssen vom Hersteller ange-

geben werden. Die Zeiten fehlender Angaben (vor allem des Netto-Inhalts) sind hoffentlich bald Vergangenheit.

* Die Temperaturenanforderungen gemäss deklarierter Temperaturklasse (siehe oben) müssen eingehalten werden.

* Energieverbrauchswerte müssen nicht zwingend angegeben werden.

* Für Kühlmöbel mit getrennt aufgestelltem Verflüssigungssatz (d.h. nicht steckerfertige Möbel) muss der Hersteller folgende kältetechnische Angaben machen: internationale Nummer des Kältemittels; tatsächlicher Betriebsdruck in der Saugleitung und die Temperatur am Austritt aus dem Kühlmöbel; tatsächliche Betriebstemperatur in der Flüssigkeitsleitung am Eintritt in das Kühlmöbel; erforderlicher Wärmestrom (gemäss Messverfahren in ISO/R 916) Typprüfung und Serienfertigungsprüfung:

* Die Typprüfungen entsprechen den in den Normen angegebenen Prüfverfahren, welche alle an ein und demselben Kühlmöbel durchgeführt werden müssen (prEN 441-2).

* Alle Serien-Kühlmöbel müssen ausreichenden Prüfungen unterzogen werden, um nachzuweisen, dass jedes einzelne Kühlmöbel gleich dem Möbel ist, das den Typprüfungen unterzogen worden ist.

Prüfung der elektrischen Energieverbraucher (Teil 9):

Bei steckerfertigen Kühlmöbeln werden der elektrische Gesamtverbrauch des Möbels und die relative Laufzeit (Verhältnis der Laufzeit zur Gesamtzeit einer Regelperiode) gemessen.

Bei Möbeln mit separat aufgestelltem Verdichter wird nur der elektrische Energieverbrauch des Möbels allein gemessen (d.h. mit allen für den üblichen Betrieb erforderlichen, ständig energieaufnehmenden Teilen).

Im Prüfbericht müssen für jede Prüfung folgende Angaben enthalten sein:

* Klimaklasse des Prüfraums

* Prüfung mit oder ohne Nachtabdeckung

* der gesamte elektrische Energieverbrauch des Kühlmöbels während der Prüfung in kWh über eine Zeitspanne von 24h

* die relative Laufzeit

Hölländische Kühlmöbelzertifikate

In [Kok, van Laar, 1986] wurde ein holländisches Modell mit sogenannten "Kühlmöbelzertifikaten" beschrieben. Dazu hat der niederländische "Detailistenverband" eine Stiftung gegründet, welche diese Zertifikate unter bestimmten Bedingungen vergibt. Damit soll einerseits gewährleistet werden, dass die angebotenen Kühlmöbel die gewünschten Solltemperaturen einhalten können, und andererseits der Kunde detaillierte Informationen über den Energieverbrauch des entsprechenden Kühlmöbels erhält. In Tabelle A.4.1 sind die im "Kühlmöbelzertifikat" enthaltenen Daten wiedergegeben.

Folgende Punkte sind von besonderem Interesse:

* Die angegebenen Verbrauchswerte beziehen sich auf ein ganzes Jahr. Die Messung muss bei realistischeren Umgebungsbedingungen (18°C, 60% r.F.) ermittelt werden als bei den häufig angewandten Nominalbedingungen (25°C, 60% r.F.; diese Messbedingungen sind wichtig bei der Kontrolle der Temperatureinhaltung.)

* Es wird unterschieden zwischen direktem Stromverbrauch des Kühlmöbels und demjenigen für die Kälteerzeugung. (Eine feinere Unterteilung des direkten Stromverbrauches wäre wünschenswert.)

* Die Energieverbrauchsangaben werden alle auf die Auslagefläche und das Nettovolumen umgerechnet (und sogar graphisch dargestellt). Dadurch ist ein Direktver-

maker/typenumber	TYPE OF CABINET	SECTION LENGTH: ... meters
.....	display area : ... m ² /m section length
		support surface : ... m ² /m
		net volume : ... m ³ /m
Preservation conditions:		
product temp. : ... °C/... °C		
rel. humidity : higher than ... %		
MIN. REQUIRED REFRIGERATING CAPACITY: ... Watts per meter section length		
(at ... °C evaporation temperature, - 25 °C ambient temperature and refrigerant R ...)		
STANDARDIZED ENERGY CONSUMPTION (at 18 °C ambient temp. and ... night cover):		
of built-in consumers : ... kWh/year per meter section length		
for refrigeration purposes : ... kWh/year per meter section length		
TOTAL : ... kWh/year per meter section length		
or ... kWh/year per m ² display area		
or ... kWh/year per m ³ net volume		
<hr/>		
1000	2000	3000 4000 5000
kWh per year per m ² display area		
<hr/>		
2000	4000	6000 8000 10.000
kWh per year per m ³ net volume		

gleich verschiedener Kühlmöbeltypen und -fabrikate ohne Aufwand möglich.

Tabelle A.4.1 Holländisches "Kühlmöbelzertifikat" [Kok, van Laar, 1986]

A.5 Installierte Leistungen bei Kühl- möbeln

Im Anhang A.5 wurden die installierten Kälteleistungen und möbelinternen elektrischen Leistungen verschiedener Möbeltypen zusammengestellt. Dazu wurden Herstellerangaben von je fünf bis 20 verschiedenen Fabrikaten ausgewertet.

In Tabelle A.5.1 sind die spezifischen Kälteleistungen angegeben. Die fett hervorgehobenen Kälteleistungen gelten für durchschnittliche heutige Kühlmöbel (Stand 1991).

Die meisten Kühlmöbelhersteller spezifizieren bei den Plusmöbeln das gekühlte Nutzvolumen nicht. Daher konnte der Kälteleistungsbedarf in einem ersten Schritt nur auf die Auslagefläche bezogen werden und musste dann mit einem durchschnittlichen Verhältnis von Auslagefläche zu Nutzvolumen umgerechnet werden. U.a.

MINUSMOEBEL	Installierte Kälteleistung	
	bei $t_i = -22/-24^\circ\text{C}$ W/m ³	
Tiefkühlinsel/-truhe (In/Tr) ohne verglaste Fronten	1300 - 1720 1400	
Tiefkühlinsel/-truhe (In/Tr) mit verglasten Fronten	1540 - 2220 1900	
Tiefkühlschrank (Sc)	700 - 1360 900	
Tiefkühlkombination (Ko)	1190 - 2660 1500	
PLUSMOEBEL	bei $t_i = 0/+2^\circ\text{C}$ W/m ²	bei $t_i = +2/+4^\circ\text{C}$ W/m ²
Kühlregal (Re)	445 - 830 600	430 - 610 500
	W/m ³ * 1900 - 3500 2500	W/m ³ * 1800 - 2600 2100

* Umrechnungsfaktor Auslagefläche/Nutzvolumen = 4.2 m²/m³

BS D:\90177\mapaz-ii.xls

auch aus diesem Grund wird nur ein Plusmöbeltyp betrachtet.

Tabelle A.5.1 Spezifische installierte Kälteleistungen bei Nominalbedin-

gungen (basierend auf Herstellerangaben von je 5 bis 20 verschiedenen Möbeln)

In der Tabelle A.5.2 sind spezifische Werte der in Kühlmöbeln installierten elektrischen Leistungen für Abtau- und Rahmenheizungen, Ventilatoren und möbelinterne Beleuchtung zusammengestellt.

Die Abtauheizungen von offenen Tiefkühlmöbeln (Inseln, Truhen und Kombinationen) weisen im Vergleich zum geschlossenen Tiefkühlschrank eindeutig höhere spezifische Leistungen auf. Dies erklärt sich durch das dauernde Eindringen von feuchter Umgebungsluft bei offenen Möbeln und entsprechend stärkerer Vereisung der Verdampfer. Der Elektrizitätsverbrauch zum Abtauen ist folglich beim Tiefkühlschrank markant tiefer.

hohe installierte Abtauleistungen bei offenen Minus-Möbeln

Nur die Plusmöbel, welche für Solltemperaturen von 0/+2°C ausgelegt sind, weisen elektrische Abtauheizungen auf (sonst Umluft-Abtauung).

Die Minusmöbel mit Glastüren (Schränke und Kombinationen) haben bedeutend höhere installierte Leistungen bei den Rahmenheizungen (resp. Scheibenheizungen usw.) als die Tiefkühlinseln/-truhen. Es ist aber auffällig, dass je nach Fabrikat Unterschiede bis zu einem Faktor 6 auftreten können. Eine gewisse Oberdimensionierung kann durch optimale Einschaltsteuerung ausgeglichen werden (vgl. Abschnitt 5.2). Bei so grossen Unterschieden lassen sich aber energetische Nachteile nicht vermeiden.

grosse Rahmenheizleistungen bei Minusmöbeln mit Verglasungen

Nicht unerwartet ist die Feststellung, dass Tiefkühlinseln/-truhen mit verglasten Fronten markant höhere spezifische Rahmenheizungen als diejenigen ohne Verglasungen aufweisen.

	Direkt im Kühlmöbel installierte elektr. Leistungen			
	Abtauheiz.	Rahmenheiz.	Ventilatoren	Beleuchtung
MINUSMOEBEL				
	W/m3	W/m3	W/m3	W/m3
Tiefkühlinsel/-truhe (In/Tr) ohne verglaste Fronten	2290 - 5080 4000	90 - 370 200	51 - 200 90	0 0
Tiefkühlinsel/-truhe (In/Tr) mit verglasten Fronten	3500 - 5580 4800	190 - 540 320	60 - 110 90	0 0
Tiefkühlschrank (Sc)	770 - 2000 1200	195 - 1240 450	30 - 70 55	75 - 190 110
Tiefkühlkombination (Ko)	2050 - 4400 3500	390 - 1900 500	75 - 195 100	110 - 255 200
PLUSMOEBEL				
	W/m2	W/m2	W/m2	W/m2
Kühlregal (Re) (Abtauheiz. nur bei 0/+2°C)	135 - 560 230	0 - 27 10	10 - 25 15	11 - 71 30
	W/m3 *	W/m3 *	W/m3 *	W/m3 *
	570 - 2350 970	0 - 110 40	40 - 110 60	50 - 300 130

* Umrechnungsfaktor Auslagefläche/Nutzvolumen = 4.2 m2/m3

BS D:\90177\spaz-rl.xls

Tabelle A.5.2 Direkt im Kühlmöbel installierte elektrische Leistungen

(basierend auf Herstellerangaben von je 5 bis 20 verschiedenen Möbeln)

Bei der möbelinternen Beleuchtung handelt es sich oft um optionale Zusatzausrüstungen, welche von den Kundenwünschen abhängen. Daher können die Werte sehr stark variieren.

Um einen ersten energetischen Vergleich der verschiedenen Möbeltypen vornehmen zu können" wurden die obigen Leistungen zu einer möglichst repräsentativen Totalleistung addiert.

Die resultierenden elektrischen Gesamtleistungen sind in Tabelle A.5.3 wiedergegeben. Aufgrund dieser Werte kann gefolgert werden, dass der Tiefkühlschrank energetisch die beste Verkaufsform im Minusbereich darstellt (im Vergleich mit den anderen Minusmöbeln). Tiefkühlinseln/-truhen ohne halbverglaste Fronten sind im Mittel energetisch besser als Tiefkühlkombinationen.

Tiefkühlschrank ist der energetisch beste Möbeltyp im Minusbereich

Gewichtete elektr. Gesamtleistung		
MINUSMOEBEL	bei $t_i = -22/-24^\circ\text{C}$ W/m ³	
Tiefkühlinsel/-truhe (In/Tr) ohne verglaste Fronten	1400 - 2300 1700	
Tiefkühlinsel/-truhe (In/Tr) mit verglasten Fronten	1800 - 2900 2300	
Tiefkühlschrank (Sc)	1000 - 2800 1500	
Tiefkühlkombination (Ko)	1700 - 5000 2300	
PLUSMOEBEL	bei $t_i = 0/+2^\circ\text{C}$ W/m ²	bei $t_i = +2/+4^\circ\text{C}$ W/m ²
Kühlregal (Re)	200 - 480 300	190 - 370 260
	W/m ³ * 800 - 2000 1300	W/m ³ * 800 - 1600 1100

* Umrechnungsfaktor Auslagefläche/Nutzvolumen = 4.2 m²/m³ BS D:\90\77\apez-ii.xls

Tabelle A.5.3 Summe der installierten elektrische Leistungen

Die Kälteleistung wurde durch eine angenommene mittlere Leistungszahl (=Kälteleistung/Verdichterleistung) von 1,1 (Minusmöbel) resp. 2,5 (Plusmöbel) dividiert. Die Abtauheizungs-Leistungen wurden mit einem Faktor 1/24 gewichtet, um die üblicherweise kurzen Abtauzeiten von rund einer Stunde pro Tag zu berücksichtigen.

Die Kühlregale für 0/+2°C weisen eine auf den Nutzinhalt bezogene spezifische Leistung, auf, welche erstaunlich wenig vom Wert des Tiefkühlschranks abweichen. Die Bedeutung von geschlossenen vertikalen Kühlmöbelöffnungen wird damit deutlich unterstrichen.

hoher spezifischer Verbrauch von Kühlregalen

A.6 Kältebedarf in Abhängigkeit von der Raumenthalpie

Im Bild A.6.1 sind die Kältebedarfskurven verschiedener Kühlmöbeltypen abgebildet. Je tiefer die Möbelinnentemperatur ist, desto geringer ist der Einfluss von Veränderungen der Raumtemperatur und feuchtigkeit.

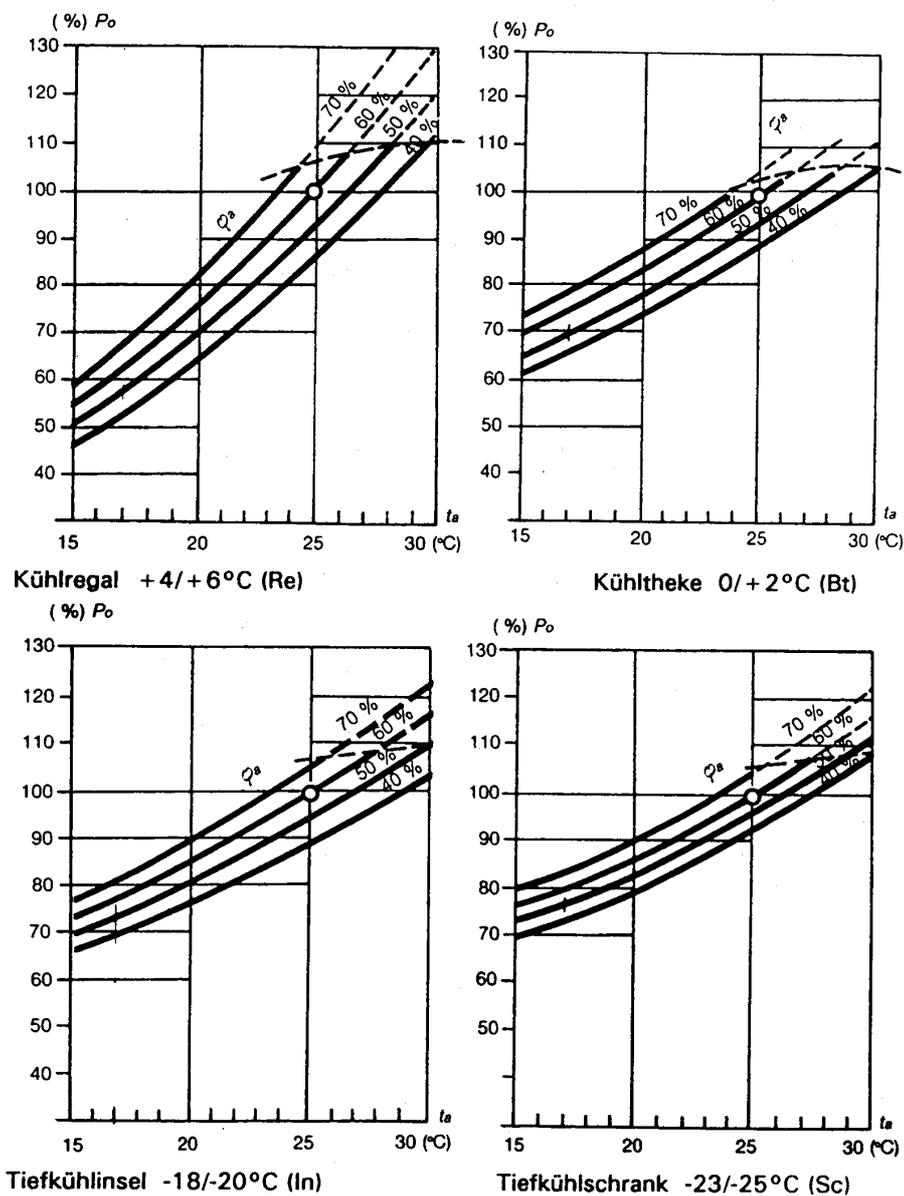


Bild A.6.1 Einfluss der Umgebungsbedingungen auf den Kältebedarf verschiedener Kühlmöbeltypen [Rigot, 1990]

A.7 Temperaturmessungen bei Kühlregalen

Im Bild A.7.1 sind die Resultate von Temperaturmessungen von zwei verschiedenen Kühlregal-Fabrikaten wiedergegeben. Die Positionen der untersuchten Messpakete sind schematisch dargestellt. Es können folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

Die Qualität bezüglich Temperaturverhalten verschiedener Fabrikate unterscheidet sich teilweise recht stark. Die Tagesdurchschnittstemperaturen (im Bild A.7.1 mit * gekennzeichnet) des ersten Fabrikats liegen bei allen Messpaketen ausserhalb des Bereichs von 0 - 20°C. Die täglichen Temperaturschwankungen sind fast durchwegs sehr gross. Fabrikat 2 erfüllt die Anforderungen im grossen und ganzen. Bei einem energetischen Vergleich von Kühlmöbeln verschiedener Hersteller muss die Qualität bezüglich Temperaturverhalten berücksichtigt werden. Der Energieverbrauch der beiden Fabrikate darf nur unter dem Vorbehalt verglichen werden, dass Nr. 1 völlig ungenügend funktioniert und Nr. 2 die Temperaturanforderungen bis auf exponierte Stellen einhält.

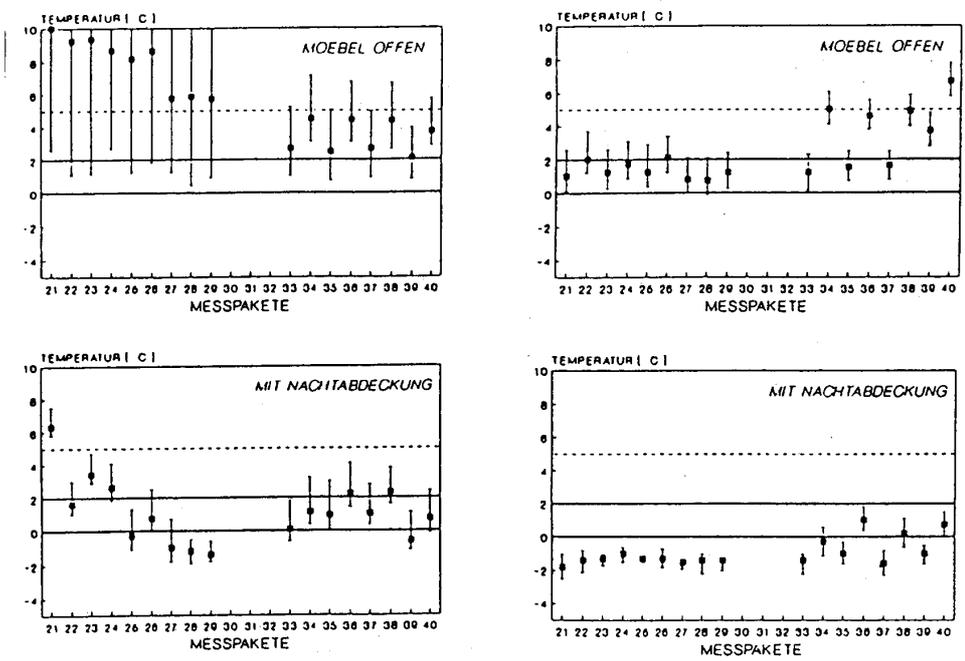
* Jedes Kühlmöbel weist exponierte Stellen auf, wo die Solltemperaturen nur knapp oder nicht eingehalten werden. Beim dargestellten Kühlregal liegen die heiklen Stellen offensichtlich vorne in der Wanne (Messpakete 34, 36, 38, 40).

* Beim Einsatz von Nachtdeckungen ist die Einhaltung der Temperaturvorschriften besser gewährleistet, da wichtige Kältebedarfsanteile stark vermindert werden. Nachtdeckungen ermöglichen also nicht nur Energieeinsparungen, sondern führen auch zu Verbesserungen bezüglich Produkttemperaturen. Es fällt aber auf, dass beim Fabrikat 2 die Temperaturen mehrheitlich eindeutig unter den Sollbereich fallen (was in diesem Fall sogar zu einem Einfrieren der Ware führen kann). Durch entsprechende regeltechnische Massnahmen kann dies vermieden werden (vgl. Abschnitt 5.2). Dadurch könnte auch die Energieeinsparung durch die Nachtdeckung vergrössert werden.

nur Kühlmöbel, welche die Solltemperaturen erreichen dürfen energetisch verglichen werden

exponierte Kühlmöbelstellen

bessere Temperatureinhaltung durch Nachtdeckungen



Fabrikat 1

Fabrikat 2

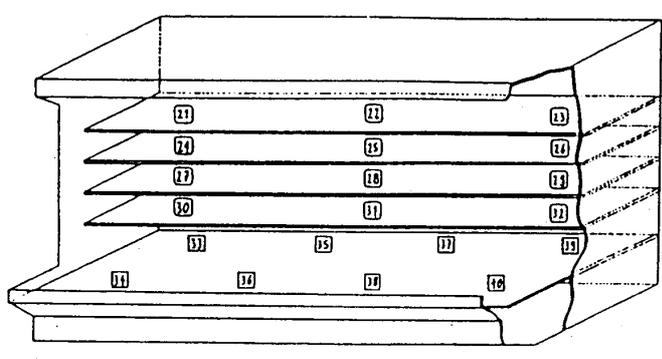


Bild A.7.1 Temperaturmessungen bei Nominalbedingungen (25 OC, 60 % r.F.) bei zwei Kühlregal-Fabrikaten (Solltemperatur: 0/ + 2° C) mit und ohne Nachtdeckung [Migros, 1988]

A.8 Messungen verschiedener Möbelfabrikate

In diesem Anhang sind die spezifischen Messwerte von vier verschiedenen Möbeltypen und je bis sechs Fabrikaten verschiedener Hersteller dargestellt. Es handelt sich um Daten aus einer nichtveröffentlichten Untersuchung [Migros, 1988].

Im Bild A.8.1 sind Messwerte verschiedener Minusmöbel-Fabrikate dargestellt. Es ist unschwer zu erkennen, dass je nach Hersteller grosse Verbrauchsunterschiede bestehen. Andererseits wurde in der zugrundeliegenden Studie festgestellt, dass verschiedene Möbel bezüglich Temperatureinhaltung und -schwankungen bedeutend schlechter sind (mit Temp.! gekennzeichnet). Bei der Bildung des dargestellten Mittelwertes 2 wurden nur bezüglich Temperaturanforderungen und Messverlauf vergleichbare Fabrikate berücksichtigt (mit X gekennzeichnet).

Die Tiefkühlinsel des Herstellers 3 weist den tiefsten spezifischen Stromverbrauch der vergleichbaren Fabrikate auf (siehe Bild A.8.1). Der Stromverbrauch zur Kälteerzeugung und der Kältebedarf dieses Möbels sind aber eindeutig höher als beim Fabrikat 5. Dieses weist hingegen einen höheren Verbrauch zum Abtauen und für die Rahmenheizung usw. auf.

Die Tiefkühlkombination des Herstellers 5 benötigt trotz des sehr hohen Kältebedarfs die mit Abstand tiefste Gesamtenergiemenge. Die Effizienz der Kälteerzeugung scheint wesentlich höher zu sein als bei den anderen Fabrikaten.

groese Verbrauchsunterschiede zwischen verschiedenen Möbelfabrikaten

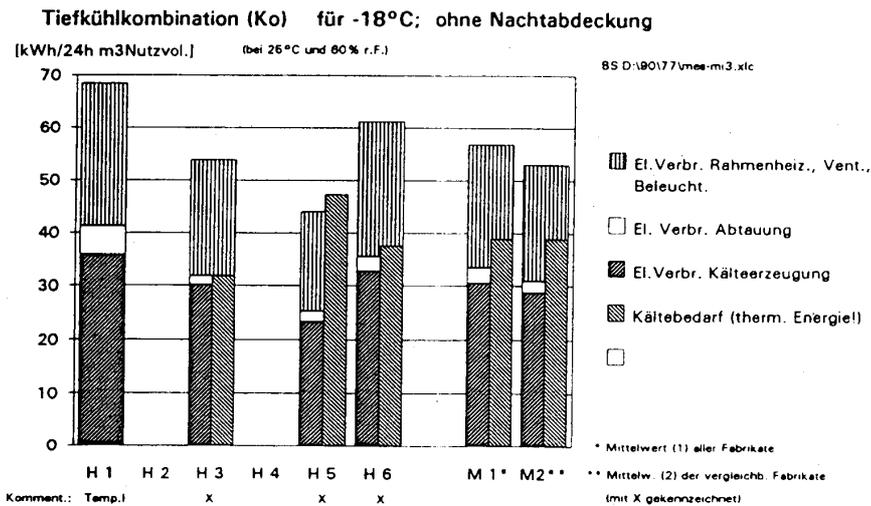
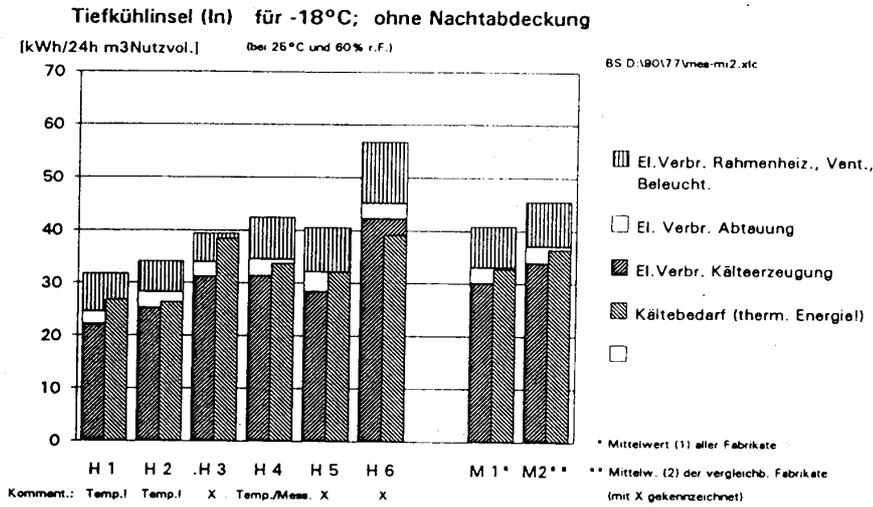


Bild A.8.1 Gemessener spezifischer Stromverbrauch und Kältebedarf von verschiedenen Minusmöbel-Fabrikaten (bei Nominalbed. von 25°C und 60% r.F.) [Migros, 1988] Für die Bildung des Mittelwertes 2 wurden nur die mit X markierten Fabrikate berücksichtigt, welche Mindestanforderungen bezüglich Temperatureinhaltung und -schwankungen erfüllen und deren Messungen nicht verfälscht sind.

Die spezifischen Verbrauchswerte verschiedener, Plusmöbel-Fabrikate sind im Bild A.8.2 dargestellt.

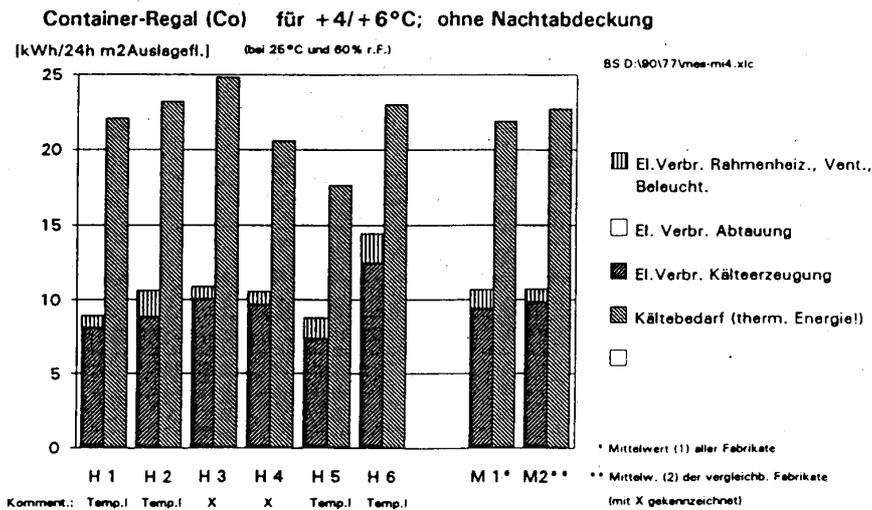
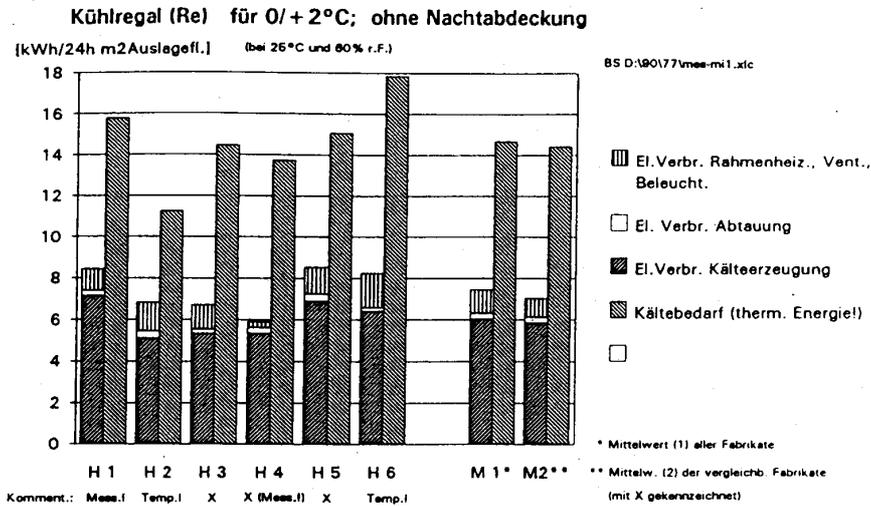


Bild A.8.2 Gemessener spezifischer Stromverbrauch und Kältebedarf verschiedener Plusmöbel-Fabrikate (bei Nominalbed. von 25°C und 60% r.F.) [Migros, 1988] Für die Bildung des Mittelwertes 2 wurden nur die mit X markierten Fabrikate berücksichtigt, welche Mindestanforderungen bezüglich Temperatureinhaltung und -schwankungen erfüllen und deren Messungen nicht verfälscht sind.

A.9 Messungen in 5 Läden : Detaillierte Erhebungen und Auswertungen

Messparameter

Alle vorhandenen bzw. provisorisch nachgerüsteten Zähler für kumulierende Werte sind abgelesen worden ohne, dass alle erhobenen Werte ausgewertet wurden.

Legende:

*	gemessen
o	keine vorhanden
-	nicht gemessen
+	nach Dokumente
x	Erhebung

	Laden 1	Laden 2	Laden 3	Laden 3	Laden 4	Laden 5
Messparameter Zählung						
Gesamt-Elektroenergie Laden	*	*	*	*	*	*
Gesamt-Elektroenergie gewerbliche Kälte	*	*	*	*	*	*
Getrennte Messung Elektro Plus / Minus	-	-	-	*	*	-
Messart dito Nachtbetrieb / Kaufbetrieb						
- automatisch				*	*	*
- hand		*	*			
		1 Wo Sommer				
Betriebstunden (Hand)						
- wöchentlich	*	*	*	*	*	*
- Abgrenzung Nachtbetrieb (Nacht / Wochenende)	-	-	*	*	*	*
Messparameter Leistung						
Leistung Komponenten						
- Kompressoren	-	*	*	*	*	*
- Ventil. Verflüssiger	o	*	o	*	*	*
- Rahmen / Antischwitzheiz.	-	*	*	+	x	x
- Verdampferventilatoren	+	+	+	+	+	+
- Beleuchtung	x	x	+	x	x	x
- Entfrostsung u. Kühlräume	-	+	*	+	+	+

A.9 Messungen in 5 Läden : Detaillierte Erhebungen und Auswertungen

Messprotokolle

Verschiedene Ablesungen konnten nicht oder nur nach Bereinigung benützt werden
- Ablesezeiten falls vom Betreiber gemacht nicht auf Begrenzung Nachtzeit/Kaufzeit gesichert
- Verschiedene Zwischenfälle

Die dadurch nötigen Extrapolierungen führen zu kleinen Ungenauigkeiten.

Technische Daten

Unkomplette oder gegenüber den effektiven Werten abweichende Daten (vor allem bei der Leistungsangabe für die Beleuchtung) führen dazu, dass alles systematisch überprüft werden muss. Oft weichen Typ-Spezifikationen / Tabelleninformationen der Lieferanten / Möbelschild / Ortserhebungen voneinander ab.

Konstellation der gewerblichen Kälte der einzelnen Läden

Keiner der 6 praktischen Fälle entspricht genau oder ziemlich genau dem Anderen. Es ist nicht Ziel dieser Messreihe gewesen eine Quantifizierung der einzelnen verbesserungsversprechenden Eigenschaften im Vergleich alte/neue Läden zu zeigen; dies wird labormässig von den Herstellern gemacht. Es wurde versucht gesamthaft zu zeigen wie und ob die spezifischen Werte sich beim neueren Anlagenbau gegenüber den Alten (Aelteren) verbessern. Es sollen auch gewisse Verbesserungsvorschläge für zukünftige Neuanlagen daraus resultieren.

Vergleichsmöglichkeiten mittels der vorhandenen Auswertungen

Der Vergleich der spezifischen Werte, vor allem der kWh/Laufmeter, sollte für ähnliche atmosphärische Bedingungen erfolgen können - Winterperiode (tiefste Temperaturen oder Enthalpie) - eventuelle Zwischenperiode
- Mittel eines etwa halben oder eines ganzen Jahres Diese Bedingungen sind vorhanden gewesen mit Ausnahme vom Laden 3, dessen im Hochsommer vor dem Umbau gemachte Messungen nicht direkt mit Messungen im Winter nach dem Umbau verglichen werden können.

Literatur

[A&W/INTEP] Amstein und Walthert, INTEP: vier Elektrizitäts-Feinanalysen von Lebensmittelgeschäften; Zürich, 1990; unveröffentlichte Berichte

[Brunner, 1987] Brunner C.U. u.a.: Banken und Detailhandel; NFP 44, Zürich, Februar 1987

[Gac, Gautherin, 1987] Gac A., Gautherin W.: Le froid dans les magasins de vente de denrées périssables; pyc édition, Paris, 1 987

[Gollnow, 1988] Gollnow K.: Die Hochdruckseite der Kälteanlage (1-V1); in "Die Kälte und Klimatechnik" 2/1988 bis 10/1989

[Haaf, 1985] Haaf S.: Entwicklungstendenzen bei Kälteanlagen für Supermärkte; in "Die Kälte und Klimatechnik" 4/1985

[IP HT, 1986] Impulsprogramm Haustechnik: Haustechnik heute Gemeinsames Wissen für Installateure, Haustechnikplaner und Architekten; Bundesamt für Konjunkturfüragen, Bern, 1986, EDMZ 724.601 d

[Kok, van Laar, 1986] Kok H.J.G., van Laar G.: Performance testing of refrigerated cabinets; Department of Heat and Refrigeration Technology of the Netherlands, Apeldoorn NL, Dezember 1986

[Migros, 1985] Migros-Genossenschaftsbund, Direktions-

bereich Technik: Fabrikatvergleich KuehITK-Möbel, Bericht MGB/TA 932.0; Zürich, Dezember 1985

[Migros, 1988] Migros-Genossenschaftsbund, Direktions-

bereich Technik (C.Richers): Messungen Kühl- und Tiefkühlmöbel; Zürich, März 1988; unveröffentlicht, nur für den Migrosinternen Gebrauch

[Migros, 1991] Migros-Genossenschaftsbund (Bieri M.),

Direktionsbereich Technik: Auswertungen der Messungen gewerbliche Kälteanlagen MM-Kloten; Zürich, Januar 1991

[Reist, 1 990] Reist B.: Tiefkühlager mit niedrigem Energieverbrauch; BEW-Bericht EF-PROC (88)14; Zürich; 1990

[Rigot, 1990] Rigot G.: Meubles & Vitrines Frigorifiques, technologie, utilisation, critères de choix; pyc édition, Paris, 1 990

[Schwarz, 1983] Schwarz P.: Energiekostenvergleiche verschiedener Kälteanlagen-systeme für einen Supermarkt mit 1000 M2 Verkaufsfläche; in "Berichte aus Technik und Wissenschaft" 53/1983

[SIA 380/4, B-14,1991] Arbeitsgemeinschaft Weinmann-Energies & Elektrowatt AG: Elektrischer Energiebedarf in Handelsbetrieben, Forschungsprojekt SIA 380/4 Elektrische Energie im Hochbau, Bericht B-14; Echallens, 1991

[STI, 1992] Schweizerisches Tiefkühl-Institut, Kümin A.: Die schweizerische Tiefkühl-Wirtschaft 1991; Zürich, März 1992

[STI-2, 1992] Schweizerisches Tiefkühl-Institut, Kümin

A.: Kühltemperaturen im Lebensmittelhandel (Entwurf), RAVEL-Untersuchung; Zürich, April 1992

[van der Sluis, 1 991] Van der Sluis S.M.: Sparmassnahmen bei

Kühl- und Tiefkühlmöbeln (Besparingsopties koel- en vriesmeubelen); TNO-IMET Bericht 91-153; Apeldoorn NL; April 1991

[van Riesenbeck, 1983] Van Riesenbeck G.: Energietechnische Opti-

mierung von Gewerbekälteanlagen (I-III); in "Die Kälte und Klimatechnik" 9/1986, 12/1983 und 9/1984

[van Riesenbeck, 1986] Van Riesenbeck G.: Druckverluste an

Gewerbekälteanlagen; in "Die Kälte und Klimatechnik" 5/1986

[van Riesenbeck, 1988] Van Riesenbeck G.: Stand und Entwick-

lungstendenzen bei Gewerbekälteanlagen in Warenhäusern und Supermärkten; in "Die Kälte und Klimatechnik" 2/1 988

[van Riesenbeck, 1991] Van Riesenbeck G.: Ausstieg aus der

FCKW-Nutzüng - Folgen und Möglichkeiten für Tiefkühlanlagen in Warenhäusern und Supermärkten; in "Die Kälte und Klimatechnik" 1/1991

[Vermeulen, 1 989] Vermeulen P.E.J.: Energieverbrauch von

Kühlmöbeln (Energieverbruik van koel- en vriesverkoopmeubelen); in Koude&Klimaat 82, September 1989

[Vermeulen, 1991] Vermeulen P.E.J., van Laar G.: Modellübersicht und Bestand an Kühl- und Tiefkühlmöbel in den Niederlanden (Overzicht modellen en voorraden koel- en vriesmeubelen in Nederland); TNO-MT Bericht 91-009; Apeldoorn NL; Januar 1 991

[VSE, 1990] Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
VSE: Statistik über Elektro-Haushaltgeräte 1 990, Zürich

Literatur

122