Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 76 (1958)
Heft: 26

Artikel: Zur Frage der Wirtschaftlichkeit bei der Kaltlagerung von Lebensmitteln
Autor: Ostertag, A.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-63999

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 16.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

ORGAN DES SCHWEIZERISCHEN INGENIEUR- UND ARCHITEKTEN-VEREINS S.I.A. UND DER GESELLSCHAFT EHEMALIGER STUDIERENDER DER EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE G.E.P.

Zur Frage der Wirtschaftlichkeit bei der Kaltlagerung von Lebensmitteln

Von **A. Ostertag**, dipl. Ing., Zürich [1])

DK 621.565.003.1

Jede technische Aufgabe hat eine wirtschaftliche Seite. Diese wird von den technischen Fachleuten oft als zweitrangig angesehen und vielfach unzutreffend beurteilt. Der Ingenieur bemüht sich, das ihm gestellte Problem sachlich richtig, dem gegenwärtigen Stand der Technik gemäss und mit konkurrenzfähigem apparativem Aufwand zu lösen. Das mag häufig ausreichen. Es gibt aber immer wieder Fälle, da nach der Wirtschaftlichkeit einer vorgeschlagenen Lösung gefragt und vom Fachmann eine zutreffende Antwort erwartet wird. Um diese geben zu können, müssen gewisse grundsätzliche Sachverhalte bekannt sein. Mit diesen befasst sich der vorliegende Aufsatz.

I. Der Begriff der Wirtschaftlichkeit

a) Die grundsätzliche Bedeutung

Das Wort bezieht sich auf die Arbeits- oder Dienstleistung einer technischen Einrichtung. Wer nach der Wirtschaftlichkeit frägt, will wissen, in welchem Verhältnis diese Leistung zum Aufwand steht, um beurteilen zu können, ob und inwiefern sich der Aufwand lohnt. Rein kaufmännisch ausgedrückt ist die Wirtschaftlichkeit das Verhältnis des Aufwandes zum Ertrag, beides in Geldeinheiten gemessen. Wie sich diese Grössen ermitteln lassen, soll an einigen Beispielen aus dem Gebiet der Kaltlagerung von Lebensmitteln gezeigt werden. Wir wollen dabei im Auge behalten, dass die so gewonnenen Ergebnisse nicht endgültig sind, sondern im Lichte eines erweiterten menschlicheren Verständnisses des Wirtschaftlichkeitsbegriffes beurteilt werden müssen. Die Gesichtspunkte, die hierfür massgebend sind, sollen in einer späteren Betrachtung erörtert werden.

b) Zur Frage der Wirtschaftlichkeit der Herstellung

Wer sich um die Lieferung technischer Anlagen bewirbt, konkurriert gegen andere Bewerber. Er muss sich klar sein, dass die Entscheidung über sein Angebot beim Bauherrn liegt, und dass sie davon abhängt, wie dieser den für ihn massgebenden Nutzwert der angebotenen Lösungen im Verhältnis zu deren Kosten beurteilt. Diese Beurteilung ist oft einseitig, voreingenommen und wenig sachlich. Vielfach beherrschen sie höchst irrationale Beweggründe. Es ist die vornehme Aufgabe der technischen Beratung, den Bauherrn umfassend aufzuklären, alles Sachfremde sorgfältig aus seinem Denken auszuscheiden und ihm dafür jene Kriterien in die Hand zu geben, die ihm eine seinen wahren Interessen dienende Entscheidung ermöglichen. Diese Arbeit ist vor allem den Verkaufsingenieuren aufgegeben. Sofern sie gewissenhaft und ehrlich durchgeführt wird, ist sie echter, menschlicher Dienst, schafft Vertrauen, hebt auch das Ansehen unseres Berufsstandes und macht sich auf die Dauer bezahlt.

Unter den Kosten, zu denen der Bauherr den Nutzwert des ihm Angebotenen ins Verhältnis setzen muss, stellt der Kapitaldienst einen wesentlichen Anteil dar. Der Offertpreis muss daher möglichst niedrig sein. Der Hersteller soll sich zum voraus klar sein, wie weit er dabei gehen will.

Um bestehen zu können, muss für ihn das einzelne Geschäft wirtschaftlich, das heisst das Verhältnis der Gestehungskosten zum Verkaufspreis muss grösser als eins sein. Um dieses feststellen zu können, bedarf es eines einfachen und übersichtlichen Verfahrens zum raschen und zutreffenden Bestimmen der tatsächlichen Gestehungskosten, das sich elastisch den sich ändernden Verhältnissen anpassen lässt.

Diese Kosten umfassen neben den Beträgen für Baustoffe, Halb- und Fertigteile, Löhne und Fabrikationsregien auch angemessene Rückstellungen für den Ausbau der Fabrikationsanlagen, für Verwaltung, Entwicklungsstudien, Versuche, Verkauf, Werbung, soziale Leistungen und Risikodeckung. Die letztgenannten dürfen nicht zum Ausgleich von Verlustgeschäften infolge zu niedrig angesetzter Preise angezehrt werden, sondern dienen zunächst zum Decken jener unvorhersehbaren Mehrkosten infolge Nichterfüllen der Garantien oder anderer Schwierigkeiten. Solche können auch bei sorgfältigster Planung, bester Konstruktion und Ausführung trotz aller Kontrollen immer wieder auftreten.

Der Hauptzweck der Risikodeckung ist das Ueberbrücken von Krisen. Der gute Geschäftsgang der letzten 15 Jahre hat vielerorts die Notwendigkeit solcher Rückstellungen allzusehr vergessen lassen. Wer die Krisen anfangs der zwanziger und dreissiger Jahre miterlebt hat, wer gesehen hat, wie manche Firma damals verschwunden ist, weiss um die Notwendigkeit einer angemessenen Risikodeckung.

Oft will mir scheinen, die Preise kältetechnischer Anlagen werden heute im allgemeinen zu niedrig angesetzt, man lasse sich im Streben nach grossen Umsätzen und unter dem Druck der Konkurrenz verleiten, die Rückstellungen für echte Risikodeckung ungenügend zu bemessen, und ich fürchte, dieses Vorgehen werde sich einmal bitter rächen.

Man kann mit Kampfpreisen einen wichtig erscheinenden Auftrag hereinbringen. Man kann auf diese Weise aber auch einen bösen Kunden oder eine schlechte Referenz gewinnen. Es gibt gerade im Kältegebiet zahlreiche Bauherren, die aufs Markten ausgehen, ohne den eigentlichen Wert des Angebotenen zu berücksichtigen. Wer seine Geschäftspolitik auf solche Kunden abstimmt, wird auf die Dauer wirtschaftlich selten Erfolg haben. Vor allem aber dient er nicht der ihm gestellten Aufgabe und verdient daher kein Vertrauen.

Dass der Hersteller wirtschaftlich arbeite, entspricht nicht nur seinem Selbsterhaltungstrieb, sondern ist auch eine grundlegend wichtige volkswirtschaftliche Forderung. Wer eine Firma leitet, ist für eine gesunde Führung auch gegenüber der Gesamtheit verantwortlich. Er kann und darf nicht tun, was er will, sondern hat dem grösseren Ganzen, dem er angehört, zu dienen. Wenn er diesen Dienst nicht tut, schädigt er die Gesamtheit und leistet jenen Tendenzen Vorschub, die solchen Schaden durch Verstaatlichung der Wirtschaft ausmerzen wollen. Die Nachteile, die sich hieraus ergeben, sind genügend bekannt; auch der unverantwortliche Geschäftsmann, der sie mitverursacht hat, wird von ihnen getroffen.

c) Gesichtspunkte für den Gebraucher

Wir beschränken unsere weitern Betrachtungen auf die Kaltlagerung von Lebensmitteln. Hier bezweckt die künstliche Kühlung den Schutz vor Verderb, den Ausgleich von Nachfrage und Angebot sowie das Ueberbrücken saisonbedingter Preisschwankungen. Wer diesen volkswirtschaftlich wichtigen Dienst leistet, will zum voraus wissen, was er dabei verdient und ob dieser Verdienst ausreicht, die Kosten und Risiken seines Unternehmens zu decken. Denn er konkurriert gegen andere, die Gleiches tun. Wirtschaftlich ist ein solcher Betrieb, wenn die Summe aller Aufwendungen grösser ist als der Unterschied zwischen Verkaufserlös und Einkaufskosten des Kühlgutes. In diesen Unterschied sind der Gewichtsschwund, der Abgang durch Verderb sowie die Verluste auf jene Restbestände einzurechnen, die zu herabgesetzten Preisen abgestossen werden müssen.

Unter den Aufwendungen bilden die *Jahreskosten der Kaltlagerung* den Hauptposten; sie sind für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit in erster Linie massgebend. Sie umfassen die Beträge für Verzinsung und Amortisation des investierten Kapitals sowie für die Betriebsmittel, den Unterhalt und das Personal.

[1]) Nach einem Vortrag, gehalten im Schweizerischen Verein für Kältetechnik am 30. April 1958 an der ETH in Zürich

Die sichere Kenntnis der Jahreskosten ist für die Inhaber und Mieter von Kühl-, Gefrier- und Stapelräumen sowie von Gemeinschafts-Tiefkühlanlagen die unerlässliche Grundlage für die Führung ihres Unternehmens. Meist sind sie selber nicht in der Lage, diese Kosten auf Grund der ihnen von den Lieferfirmen mitgeteilten technischen Daten voraus zu berechnen. Wenn es diese Firmen selber tun, leisten sie ihren Kunden einen wertvollen Dienst, der verpflichtet. Zugleich gewinnen Hersteller und Gebraucher Einblick in das Betriebsverhalten der projektierten Anlage, erkennen Verbesserungsmöglichkeiten sowohl konstruktiver als auch betriebstechnischer Art und vermeiden unliebsame Ueberraschungen im praktischen Betrieb.

Die Vorausberechnung der Jahreskosten dient weiteren Zwecken. Davon sei auf einige hingewiesen:

1. Liegen verschiedene Angebote vor, so lässt eine auf vergleichbarer Grundlage aufgebaute Jahreskostenberechnung den wirtschaftlichsten Vorschlag erkennen.

2. Oft werden Verbesserungen angepriesen, die eine Verringerung des Betriebsmittelverbrauchs bezwecken, aber zusätzliche Anlagekosten erfordern. Hier erlaubt eine Jahreskostenberechnung mit und ohne solche Zutaten deren wirtschaftliche Berechtigung einwandfrei zu beurteilen.

3. Eine besondere Aufgabe stellt sich, wenn ein landwirtschaftliches Erzeugnis durch Kälte frischgehalten werden soll, das bisher für eine solche Behandlung als ungeeignet oder wirtschaftlich nicht interessant erschien. Das ist z. B. bei Kartoffeln der Fall, für die in städtischen Verhältnissen immer weniger günstige Lagerkeller verfügbar sind. Hier konkurrieren künstlich gekühlte gegen natürliche Keller, wobei wiederum die Jahreskosten, die sich bei diesen beiden Möglichkeiten ergeben, miteinander zu vergleichen sind. Diese bestehen beim natürlichen Keller lediglich in der Kellermiete, im Ausfall infolge Abgang durch Fäulnis oder Krankheiten sowie infolge schwer verkäuflichen Restbeständen, ferner in Gewichtsverlusten und in Qualitätseinbussen, während bei künstlicher Kühlung zu diesen Kostenelementen, die nun allerdings sehr viel kleiner sind, noch der Kapitaldienst, die Betriebsmittelkosten sowie die Kosten für den Unterhalt der Kühlanlage hinzukommen. In vielen Fällen zeigt sich, dass sich der künstlich gekühlte Keller bei sachgemässer Ausführung für Kartoffeln, Sellerie, Rüben, Randen usw. gegenüber dem natürlichen als wirtschaftlich erweist.

4. Aehnliche Verhältnisse liegen in Gemüsegärtnereien vor, wo der Anfall stark witterungsbedingt ist und sich ein Bedürfnis sowohl für kurzzeitige wie für saisonmässige Lagerung einstellt. Für die kurzzeitige Lagerung im Sommer genügen einfache Kühlräume, z. B. solche, die für das Ueberwintern von Obst oder Kartoffeln oder für andere Zwecke verwendet werden. Zum Frischhalten bis in die Wintermonate hinein wird das Gemüse nach geeigneter Vorbehandlung gefroren und dann bei —18/—20° C gestapelt. Die dazu nötigen, verhältnismässig umfangreichen und kostspieligen Anlagen sind nur dann wirtschaftlich, wenn sie gut ausgenützt werden, wenn also genügend grosse Produktionsbetriebe und ein gesicherter Absatz vorhanden sind. Auch hier zeigt eine Jahreskostenberechnung, wieviel die Kaltlagerung kostet, ob diese Kosten tragbar sind und, sofern mehrere Varianten mit verschiedenen Raumgrössen durchgerechnet werden, welche unter den gegebenen Verhältnissen die zweckmässigste ist.

Die Wirtschaftlichkeit der Kaltlagerung wird massgeblich durch die Qualität des Lagergutes beeinflusst. Dies hat sich z. B. beim Schweizer Obst sehr deutlich gezeigt. Anfänglich mussten die verschiedenen Sorten in den Qualitäten eingelagert werden, in denen sie angeliefert wurden, was naturgemäss grössere Abgänge ergab. Unter solchen Bedingungen waren nur die aller einfachsten Einrichtungen gegenüber ungekühlten Lagerhallen konkurrenzfähig. Sehr bald aber verstanden die Obsterzeuger, die Qualitäten vor allem durch sachgemässe Baumpflege bedeutend zu verbessern, und heute gelangt ein Tafelobst in die Kühlhäuser, das sich mit den besten Sorten des Weltmarktes messen kann. Für dessen Lagerung rechtfertigen sich nun auch hochwertige Anlagen, teilweise sogar die Anwendung von Sonderverfahren [2]).

Was auf dem Gebiete der Obstlagerung vorgekommen ist, lässt sich sinngemäss auch auf andere Gebiete der Lebensmittel-Frischhaltung anwenden. Es dürften beim Anbau von Beeren, Gemüsen und Früchten noch interessante Entwicklungen sowie eine weitere Ausdehnung kältetechnischer Konservierungsverfahren zu erwarten sein. Das setzt allerdings eine verständnisvolle Zusammenarbeit von Erzeugern landwirtschaftlicher Produkte, Inhabern von Kühllagern und von Kältefachleuten voraus, wofür heute gewisse Vorbedingungen bereits erfüllt sind.

[2]) Hierüber berichtete Prof. Dr. *J. Kuprianoff* in SBZ 1956, Nr. 19 u. 20, S. 275 u. 305

II. Die Jahreskosten

a) Vorbemerkung

Das allgemein übliche Vorgehen der Bauherren beim Projektieren neuer Anlagen sowie beim Erneuern oder Erweitern bestehender Einrichtungen besteht darin, dass man bei den in Frage kommenden Firmen Angebote einzieht, Leistungen und Lieferungsumfänge ausgleicht, die derart berichtigten Preise einander gegenüberstellt und dem Bewerber mit dem niedrigsten Preis den Auftrag erteilt. Diese Praxis mag sich in vielen Fällen rechtfertigen. Sie kann aber auch zu Enttäuschungen und Fehlinvestitionen führen. Denn sie frägt weder nach der Zweckmässigkeit der Betriebsführung noch nach dem Betriebsmittelverbrauch, noch nach der Qualität der Lagerbedingungen, noch nach der Beanspruchung des Personals. Bei grösseren Bauvorhaben oder bei der Anwendung neuartiger Verfahren oder technischer Neuerungen empfiehlt sich eine eingehende Untersuchung des Betriebsverhaltens über die ganze jährliche Benützungsdauer mit Ermittlung des Betriebsmittelverbrauchs sowie der entsprechenden Kosten. Es kann dann in voller Kenntnis der zu erwartenden Jahreskosten entschieden, und es können so Enttäuschungen vermieden werden.

Allerdings stehen einem solchen Vorgehen erhebliche Schwierigkeiten im Wege. So erfordert das Ermitteln der einzelnen Kostenelemente umfassende Kenntnisse und Erfahrungen sowie einen gewissen Aufwand an Rechnungsarbeit. Dazu fehlen ausser Zeit und Kräften oft auch genügend Unterlagen über die zu erwartenden Betriebsverhältnisse. Weiter setzt das Umrechnen der Offertangaben auf vergleichbare Basis verbindliche «Regeln» voraus, die heute noch weitgehend fehlen. Und schliesslich verschieben sich erfahrungsgemäss Vor- und Nachteile der verschiedenen Lösungen sowie die sich daraus ergebenden Jahreskosten mit den Annahmen über die Betriebsführung. Diese müssen daher den tatsächlichen Verhältnissen möglichst genau entsprechen, was oft schwer vorauszusehen ist. Im Hinblick auf alle diese Momente, deren Einfluss zum grossen Teil abgeschätzt werden muss, ist ein zutreffendes Ermitteln der Jahreskosten für verschiedene vergleichbare Varianten nur dem erfahrenen Fachmann möglich.

b) Der Kapitaldienst

Als Amortisationsdauer werden für die maschinellen Einrichtungen bei mittleren und grösseren Leistungen im allgemeinen 25 Jahre, für Gebäude 40 Jahre angenommen. Für Isolierungen, Kühlraumtüren, Luftkanäle u. dgl. dürften 25 Jahre die obere Grenze bilden [3]). Bei kleineren Anlagen wird man insbesondere für die kältetechnischen Einrichtungen kürzere Zeiten annehmen, nicht weil das Material rascher verschleisst, sondern infolge der technischen Entwicklungen schneller veraltet. Dies kann aber auch bei grösseren Anlagen der Fall sein, die zwar einem sich abzeichnenden Bedürfnis entsprechen, deren Auslastung auf längere Sicht jedoch noch ungewiss ist. Als Anlagekosten, auf die sich die Annuitäten [4]) beziehen, sind sämtliche Aufwendungen für die Erstellung der Einrichtungen bis zum betriebsfertigen Zustand zu verstehen. Dazu gehört auch all das, was im Angebotspreis nicht eingeschlossen ist, dort aber eindeutig umschrieben sein soll. Bei Umbauten wird man weiter montagebedingte Ausfälle berücksichtigen müssen, weshalb bei diesen das entsprechende Zeitprogramm zum voraus abzuklären ist.

c) Die Betriebsmittelkosten bei Raumkühlanlagen

Man berechnet zunächst den Wärmeanfall Q_T am heissesten Tag, wählt die Betriebsstundenzahl z (zu 14 bis 18 h) und erhält die Kälteleistung $Q_o = Q_T/z$ in kcal/h, die für die Grösse des Kompressors und der Apparate massgebend ist.

[3]) Vgl. *Emblik E.*: «Ueber die Isolierung in der Kältetechnik» SBZ 1958 Nr. 3, S. 29*

[4]) Vgl. *Ziemba, W.*: «Wirtschaftlichkeit von Gebäudeisolierungen». SBZ 1954, Nr. 8, S. 95*

Weiter wählt man das Wärmegefälle ΔI der Luft im Luftkühler und erhält das umzuwälzende Luftgewicht $G_l = Q_o/\Delta I$ in kg/h, worauf die Konstruktion des Kühlers sowie die Grösse des Ventilators und der Luftkanäle festgelegt werden.

Diese allgemein übliche Berechnungsweise ist nun zu erweitern. Zunächst muss Q_T für alle vorkommenden Aussentemperaturen etwa von —16 bis +32° C, (z. B. in Stufen von je 4° C) durchgeführt werden, wobei die an Innenräume oder an den Erdboden anstossenden Raumteile besonders zu behandeln sind. Weiter ist sie durch eine möglichst genaue Ermittlung des täglichen Wasseranfalls W_T aus dem Lagergut, der Frischluft und allfällig anderen Quellen zu ergänzen. Mit dem gewählten Wärmegefälle ΔI ergibt sich aus dem Ix-Diagramm (Bild 1) der zugehörige Wert Δx und mit ihm die stündliche Wasserausscheidung $W_o = G_o \cdot \Delta x$ kg/h.

Jetzt erst lässt sich für jeden der gewählten Tage die Betriebsdauer endgültig ermitteln; sie beträgt
entweder $z_Q = Q_T/Q_o$ oder $z_w = W_T/W_o$.
Massgebend ist immer der grössere Wert, im Sommer wird es eher z_Q, im Winter eher z_w sein.

Hier sei eine Zwischenbemerkung über die Wahl der Umluftmenge G_l (bzw. von ΔI) eingeschaltet. Es stellt sich nämlich die Frage, ob sich diese Grössen nicht so wählen lassen, dass man für den meist in Frage kommenden Betriebsbereich ohne Heizung und ohne Befeuchtung auskommt. Dann müsste sein:

$$z_Q = z_w \text{ oder } \frac{Q_T}{Q_o} = \frac{W_T}{W_o} \text{ oder } \frac{W_T}{Q_T} = \frac{W_o}{Q_o} = \frac{\Delta x}{\Delta I}$$

Es frägt sich, wie $\Delta x/\Delta I$ von ΔI oder, was auf das selbe hinauskommt, von der Abkühlung Δt im Luftkühler abhängt. Um diesen Einfluss abzuklären, wurde er für einige Raumtemperaturen und verschiedene relative Feuchtigkeiten berechnet; Bild 2 zeigt die Ergebnisse.

Wie ersichtlich, fallen die Werte $\Delta x/\Delta I$ nur bei mässigen Raumfeuchtigkeiten (80 % und weniger) und kleinen Temperaturabsenkungen Δt stärker ab; nur in diesem Bereich lässt sich somit die Wasserausscheidung bei gegebener Kälteleistung Q_o durch Verändern der Luftmenge beeinflussen. Das ist z. B. bei Fleischräumen der Fall, die auf etwa +1°, 82 % gehalten werden sollen. Weil hier viel Wasser auszuscheiden ist, wird man eine starke Abkühlung (etwa um 6° C) wählen. Geht der Wasseranfall infolge Verringerung der Belegung zurück, so könnte man sich dieser Veränderung bis zu einem gewissen Grad durch Erhöhen der Luftmenge, also Verkleinern von Δt anpassen. Bei automatisch gesteuerten Anlagen wird man aber im allgemeinen eine Feuchtigkeitsregelung durch Heizen und, wo nötig, durch Befeuchten bei fest eingestellter Luftmenge vorziehen, weil man mit einer Luftmengenregelung allein nicht auskommt.

Ganz anders liegen die Verhältnisse in *Obstkühlräumen* mit etwa +4° C, 92 %. Hier bringt eine Veränderung der Luftmenge keine ins Gewicht fallende Verschiebung des Verhältnisses $\Delta x/\Delta I$; eine Anpassung an wechselnde Verhältnisse ist also im Rahmen der für gute Lagerung nötigen Luftmengen nicht möglich. Bei *Gefrierstapelräumen* strebt man geringe Wasserausscheidung an, was eine kleine Abkühlung Δt, also grosse Luftmengen bedingt. Die Beeinflussung der Werte $\Delta x/\Delta I$ ist auch hier, wie ersichtlich, bei höheren Raumfeuchtigkeiten nur gering.

Damit kehren wir wieder zur Berechnung des Betriebsmittelverbrauchs zurück. Wir haben gesehen, dass im Sommer in der Regel der Einfluss des *Wärmeanfalls* den des Wasseranfalls übertrifft und die Betriebszeit bestimmt. Wird Wert auf genaue Feuchtigkeitsregelung gelegt, so muss alsdann die beim Kühlbetrieb zuviel ausgeschiedene Wassermenge durch künstliche Befeuchtung ersetzt werden. Die entsprechende Wassermenge ist

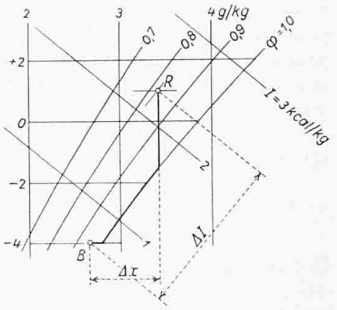

Bild 1. Zustandsänderung der Luft im Luftkühler
R Zustand im Raum;
B Zustand nach dem Kühler

$$W_{TZ} = z_Q \cdot W_o - W_T \text{ in kg/Tag.}$$

Bei hohen Raumfeuchtigkeiten und niedrigen Temperaturen wird das Wasser mit Vorteil in Dampfform in den Raum eingeblasen. Die zur Dampferzeugung nötige Elektrizitätsmenge beträgt dabei

$$E_d = \frac{W_{TZ}\,(i'' - i')}{860\,\eta} \text{ in kWh}$$

Hierin sind i'' der Wärmeinhalt des Sattdampfes, i' der Wärmeinhalt des Speisewassers und η der Wirkungsgrad des Kessels einschl. Leitungverluste.

In vielen Fällen bestimmt der *Wasseranfall* die tägliche Betriebszeit. Es wird dann zuviel Wärme abgeführt, die durch Heizen zu ersetzen ist. Der entsprechende Tagesbedarf an Heizwärme beträgt

$$Q_{TZ} = z_w \cdot Q_o - Q_T \text{ in kcal/Tag}$$

Bei kleineren Anlagen heizt man meist elektrisch; bei mittleren und grossen werden die Kosten sehr gross. So beträgt der Paritätspreis gegenüber einer Wärmeerzeugung mit leichtem Heizöl, das heute 22 Rp./kg kostet und effektiv etwa 7500 kcal/kg liefert, nur 2,5 Rp./kWh, während für Wärmestrom der vorliegenden Qualität 6 bis 9 Rp. bezahlt werden müssen. Man wird daher die im Winter recht beträchtlichen Heizwärmen wo möglich von einer brennstoffgefeuerten Kesselanlage beziehen, es sei denn, man heize mit verdichteten Kältemitteldämpfen.

Unsere bisherigen Berechnungen ergeben für die betrachteten Tage (mit mittleren Aussentemperaturen von —16, —12 ... +28, +32° C) den Wärmeanfall Q_T, den Wasseranfall W_T, die von der Kältemaschine abzuführende Wärme $Q_{TK} = z_W \cdot Q_o$ bzw. $z_Q \cdot Q_o$, die Heizwärme Q_{TZ} und die Befeuchtungswassermenge W_{TZ} bzw. den zu ihrer Verdampfung nötigen Energiebedarf E_d. Jedem dieser Tage entspricht nun im langjährigen Mittel eine bestimmte Zeitspanne, während welcher die Aussentemperatur gleich oder niedriger ist als die betreffende mittlere Tagestemperatur. So gibt es z. B. in Zürich rd. 2 Tage mit —10° C und weniger, rd. 50 Tage mit 0° und weniger usw. Wir tragen nun die 365 Tage des Jahres als Abszisse auf, errichten an den Tagen, die den ausgewählten

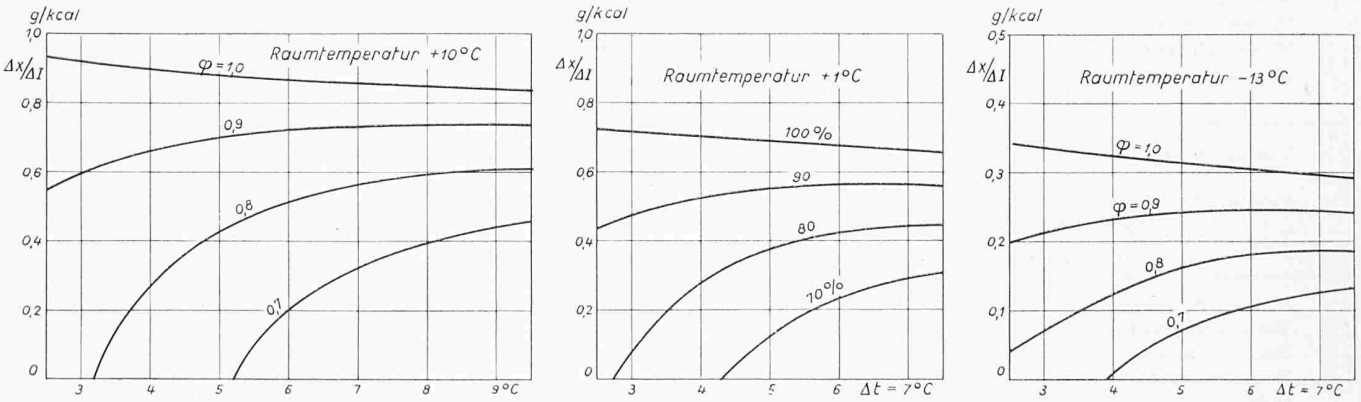

Bild 2. Verhältniswerte $\Delta x/\Delta I$ in Abhängigkeit der Luftabkühlung im Kühler für drei verschiedene Raumtemperaturen und verschiedene relative Raumfeuchtigkeiten φ

Temperaturen entsprechen, Ordinaten, tragen auf diesen die berechneten Wärmeumsätze auf und verbinden die Endpunkte durch Kurven. Die Flächen zwischen der Abszisse und den Kurven stellen die entsprechenden Jahresumsätze dar, die sich durch Planimetrieren leicht bestimmen lassen. Daraus ergibt sich in einfacher Weise der jährliche Verbrauch an Elektrizität, Kühlwasser, Heizwärme usw.

d) Die Nebenkosten

Die übrigen Kostenelemente für Unterhalt, Wartung und Bedienung sind nach bekannten Sätzen zu ermitteln. Dank weitgehender Automatisierung beschränkt sich die Bedienung meist auf periodische Kontrollen der Anzeigeinstrumente, die zusammen mit denen des Lagergutes ausgeführt werden. Den Unterhalt besorgen zweckmässigerweise die Fachleute der Lieferfirmen, mit denen entsprechende Abonnemente vereinbart werden können.

III. Beispiele

Wir beschränken uns hier auf drei typische Fälle von Raumkühlung, um darzutun, wie der Einfluss des Aussenklimas zu berücksichtigen ist. Dazu wählen wir:

A) eine Gemeinschafts-Tiefkühlanlage, bei der Fleischwaren, Gemüse und andere Lebensmittel bei Umgebungstemperatur eingeführt, gefroren und bei etwa —20° C beliebig lange gelagert werden;

B) einen Fleischlagerraum, in dem Fleisch von im Mittel +15° C eingeführt und bei +1° C, 82 % während zwei bis drei Wochen gelagert wird;

C) einen Obstlagerraum, der im Herbst mit frisch gepflückten Aepfeln innerhalb 14 Tagen aufgefüllt und mit diesen zusammen gleichzeitig auf +4° C abgekühlt wird, um anschliessend während sechs Monaten (vom 1. Nov. bis 30. April) in diesem Zustand zu verbleiben. Hier werden drei Fälle mit verschiedenen Raumfeuchtigkeiten und Wasserabgaben des Kühlgutes betrachtet [5]). Die Hauptdaten dieser drei Anlagen sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

a) Bemerkungen zu Tabelle 1

1. Beispiel. Bei Gemeinschafts-Tiefkühlanlagen strebt man wie bei den meisten Gefrier-Stapelräumen hohe Feuchtigkeit an, um geringen Wasserentzug zu erzielen. Die Feuchtigkeit muss aber nicht konstant gehalten werden. Es werden daher weder Heiz- noch Befeuchtungseinrichtungen eingebaut. Es handelt sich also um reine Raumkühlung; die Kältemaschine hat lediglich die anfallenden Wärmemengen wegzuschaffen. Die Raumfeuchtigkeit stellt sich so ein, dass der Wasseranfall aus dem Lagergut und aus der Frischluft stets gleich der durch den Kühlbetrieb bedingten Wasserausscheidung am

[5]) Dieses Beispiel ist ausführlich in SBZ 1957, Nr. 31, S. 489 behandelt worden.

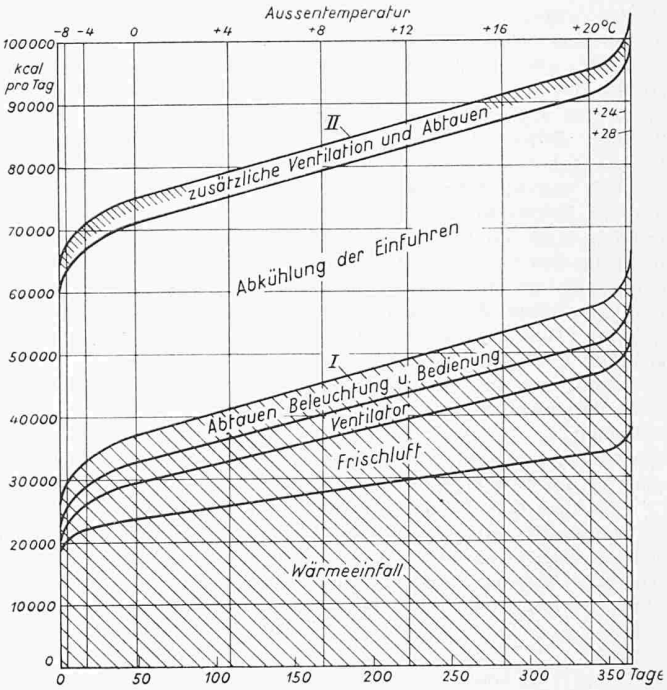

Bild 3. Täglicher Kältebedarf in einer Gemeinschaftstiefkühlanlage bei einer Raumtemperatur von — 20° C ohne (Kurve I) und mit Einfuhren (Kurve II) in Abhängigkeit der verschieden warmen Tage des Jahres

Luftkühler ist. Einfachheitshalber wurde bei der Berechnung eine konstante Raumfeuchtigkeit von 84 % angenommen.

Eingeführt werden an 120 Tagen je 0,5 t Fleisch von +15° C oder eine äquivalente Menge anderer Waren. Um alle Zellen gut und gleichmässig durchspülen und das Gut rasch durchfrieren zu können, ist die Luftumwälzung sehr reichlich. Das ergibt eine geringe Abkühlung im Luftkühler von nur 4° C und damit eine geringe Wasserausscheidung.

2. Beispiel. Beim Fleischkühlraum müssen sowohl die Temperatur als auch die Feuchtigkeit genau eingehalten werden. Es sind also hier entsprechende Organe zum Beherrschen und automatischen Regeln dieser beiden Grössen erforderlich. Bei der angenommenen mittleren Belegung von 28 t ergibt sich bei 0,3 % Wasserabgabe pro Tag ein Wasseranfall von 84 kg/Tag, was sehr viel ist und, wie wir noch sehen werden, eine Heizung auch im Hochsommer erfordert.

Geschlachtet werde zweimal pro Woche. Die Einfuhren erfolgen somit an 104 Tagen und sollen im Mittel 5 t be-

Tabelle 1. Hauptdaten der untersuchten Kühlanlagen

	Anlage		A	B	C_1	C_2	C_3
	Grundfläche	m²	6 × 10 = 60	8 × 15 = 120		16 × 25 = 400	
	lichte Höhe	m	2,5	2,5	3,5	3,5	3,5
	Temperatur	° C	—20	+1	+4	+4	+4
	rel. Feuchtigkeit	%	84	82	90	92	95
	Belegung	t	—	28	200	200	200
	Wärmeabgabe	kcal/Tag	—	—	7000	7000	7000
	Wasserabgabe	kg/Tag	—	84	75	55	36
	Einfuhr [1]) Menge	t	120 × 0,5	104 × 5		1 × 200	
	Temperatur	° C	+15	+15		+16	
	Umluftmenge	m³/h	5000	4550		10 000	
		kg/h	6730	5680		12 000	
	Frischluftmenge	kg/Tag	900	1500		500 kg/h	
	Ventilator Energiebedarf	kW	0,7	0,58		1,1	
	Ventilator Wärmeentwicklung	kcal/h	600	500		1000	
Kälte-maschine	Kälteleistung	kcal/h	7000	12 000		15 000	
	Verd.-Temperatur	° C	—27,5	—12,5		—5	
	Energiebedarf	kW	4,6	4,6		5,0	
	Wasserbedarf	m³/h	0,8	1,05		1,2	
	Hubvolumen	m³/h	32,2	24,0		21,2	

[1]) Bei A bzw. B an 120 Tagen je 0,5 t bzw. an 104 Tagen je 5 t, bei C während 14 Tagen, dh. vom 16. bis 31. Oktober, insgesamt 200 t.

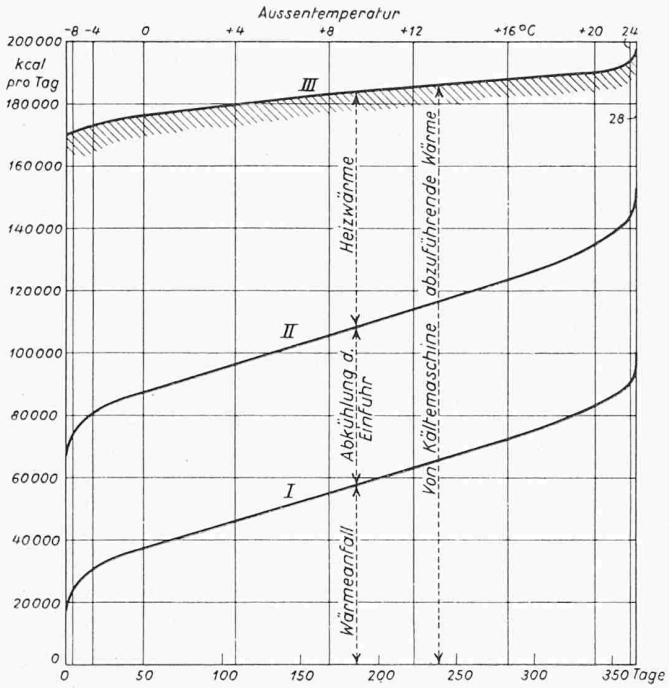

Bild 4. Tägliche Wärmeumsätze in einem Fleischlagerraum von + 1° C, 82 % in Abhängigkeit der verschieden warmen Tage des Jahres

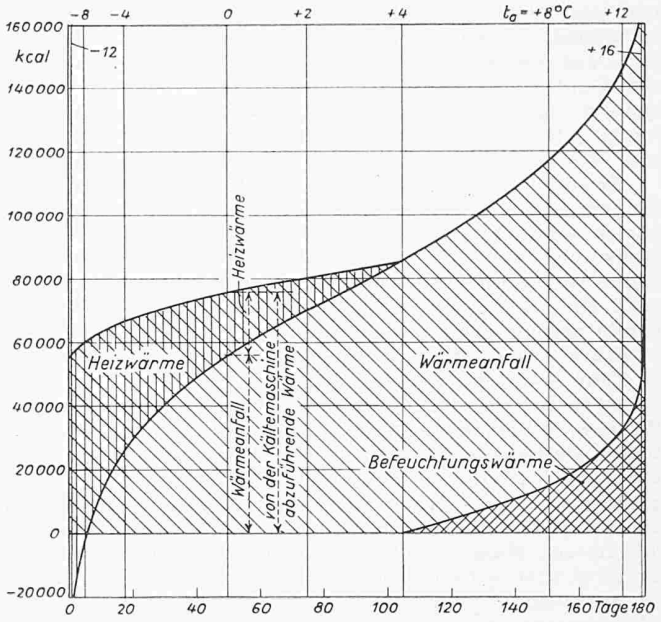

Bild 5. Tägliche Wärmeumsätze in einem Obstlagerraum von + 4° C, 92 % in Abhängigkeit der verschieden kalten Tage während der Lagerzeit (1. November bis 30. April)

tragen. Da viel Feuchtigkeit wegzuschaffen ist, werde eine verhältnismässig starke Abkühlung im Luftkühler, nämlich von +1 auf —5° C, also eine mässige Luftmenge angenommen. Das setzt eine gute Luftverteilung im Raum voraus.

3. Beispiel. Das Kühlgut bleibe während der ganzen Lagerdauer von sechs Monaten unverändert im Obstlagerraum eingeschlossen; es sollen also in dieser Zeit weder Einfuhren noch Ausfuhren stattfinden. Die Wasserabgabe ist erfahrungsgemäss von der relativen Raumfeuchtigkeit stark abhängig, was die Betriebsweise wesentlich beeinflusst. Die Gärwärme ist mit 7000 kcal pro Tag beträchtlich und muss berücksichtigt werden.

Die Kälteleistung wird so gewählt, dass sie während der Einfuhrzeit gerade genügt, die noch warme Ware sowie den Raum abzukühlen und die Raumtemperatur auf +4° C zu halten. In der Lagerzeit ist sie reichlich. Die Abkühlung der Luft im Luftkühler soll klein sein — rd. 3,5° C —, um genügend Umluft zu bekommen und wenig Feuchtigkeit zu entziehen. Man wird auch hier auf eine sehr gute Luftverteilung achten müssen. Es zeigt sich, dass im Sommer befeuchtet und im Winter geheizt werden muss, dass es sich also hier um eine volle Klimatisierung des Raumes handelt.

Wie aus dem untersten Teil der Tabelle 1 ersichtlich, sind die Kälteleistung, der Energie- und Wasserbedarf sowie das Hubvolumen der Kältekompressoren bei allen drei Anlagen von derselben Grössenordnung, trotz der sehr grossen Unterschiede in den Raumgrössen, den Belegungen und den Einfuhren.

b) Die Jahresdiagramme der Wärmeumsätze

1. Beispiel. Das Diagramm für den Gemeinschafts-Tiefkühlraum (Bild 3) zeigt den Verlauf des Wärmeanfalls wäh-

Tabelle 2. Betriebsmittelverbrauch, Betriebsmittelkosten und Jahreskosten bei den untersuchten Anlagen

	Anlage		A	B	C_1	C_2	C_3
	Kühlwärme	Mio kcal	21,5	67,0	27,58	21,30	19,05
	Heizwärme	Mio kcal	—	40,8	8,57	2,45	0,32
	Befeuchtungsdampf	kg	—	—	2195	3400	6860
Betriebsmittelverbauch	jährliche Betriebsstunden	h	3070	5580	4600	3517	3178
	Kältemaschine	kWh	14 100	25 700	9198	7034	6356
	Ventilator	kWh	2140	3190	2738	2737	2736
	Befeuchter	kWh	—	—	2632	4255	8030
	Kühlwasser	m^3	2460	5870	2209	1688	1527
Betriebsmittelkosten	Kältemaschine	Fr.	2115	3855	1379	1055	953
	Ventilator	Fr.	107	478	410	410	410
	Befeuchter	Fr.	—	—	237	383	723
	Kühlwasser	Fr.	492	1174	442	338	305
	Heizwärme	Fr.	—	1840	386	110	15
	Total	Fr.	2714	7347	2854	2296	2406
Anlagekosten	Kältetechnische Anlage	Fr.	30 000	30 000	32 000	32 000	32 000
	Isolierung	Fr.	12 500	11 000	38 000	38 000	38 000
	Inneneinrichtung	Fr.	5500	6000	—	—	—
	Total	Fr.	48 000	47 000	70 000	70 000	70 000
	Kapitaldienst	Fr.	3240	3170	4720	4720	4720
	Unterhalt	Fr.	500	500	1050	1050	1050
	Jahreskosten	Fr.	6454	11 017	8624	8066	8176
	jährlicher Umsatz	t	60	520	200	200	200
	Jahreskosten pro kg	Rp./kg	10,8	2,12	4,31	4,03	4,09

rend des Jahres, der sich aus dem Einfall durch die Raumumhüllung, aus den Beträgen zum Abkühlen der Frischluft sowie aus dem Anfall durch Beleuchtung, Bedienung, Abtauen und Ventilatorbetrieb zusammensetzt. Die Summen dieser Mengen ergeben die Kurve I, die für 365 Tage ohne Einfuhren gilt. Durch Ausmessen der unter ihr liegenden Fläche erhält man einen Wärmeanfall pro Jahr von 17 Mio kcal.

Darüber sind die zusätzlich abzuführenden Wärmemengen aufgetragen, die vom Abkühlen, Gefrieren und Unterkühlen der Einfuhren sowie vom längeren Betrieb des Ventilators und von den grösseren Abtauwärmen herrühren, Kurve II. Die Integration der gesamten Fläche ergibt 31 Mio kcal. Die pro Jahr von der Kälteanlage zu leistende Wärmeabfuhr beträgt somit an 120 Tagen mit Einfuhren 31 · 120/365 = 10,2 Mio kcal; an 245 Tagen ohne Einfuhren 17 · 245/365 = 11,4 Mio kcal, total also 21,6 Mio kcal.

2. Beispiel, Bild 4. Hier stellt wiederum Kurve I den Wärmeanfall durch Einströmung von aussen, Frischluft, Ventilator, Beleuchtung, Bedienung und Abtauen an Tagen ohne Einfuhren dar, Kurve II dasselbe mit Einfuhren. Sehr viel grösser als diese Wärmen sind nun aber jene, die unter den angenommenen Betriebsbedingungen zum Auskondensieren des grossen Wasseranfalles aus Lagergut und Frischluft abzuführen sind und durch Kurve III dargestellt werden. Nicht der Wärmeanfall, sondern die am Luftkühler auszuscheidende Wassermenge bestimmt hier Grösse und Betriebsdauer der kältetechnischen Einrichtungen. Und das gilt selbst an Schlachttagen im Hochsommer! Hier zeigt sich also, dass die übliche Berechnungsart von Kühlanlagen nicht ausreicht, sondern durch eine solche zu ergänzen ist, die das Auskondensieren des *Wasseranfalls* berücksichtigt. Nur *sie* ermöglicht eine richtige Festlegung der Apparateleistungen, insbesondere auch jene für die Heizung.

Der sehr beträchtliche Heizwärmebedarf legt es nahe, ihn durch die heissen Kältemitteldämpfe zu decken, das Heizelement also als zusätzlichen Kondensator wirken zu lassen.

Durch Ausmessen der Wärmeflächen erhält man die von der Kälteanlage abzuführende Wärme zu 67 Mio kcal. Die Heizwärmefläche beträgt an 261 Tagen ohne Einfuhren 46 · 261/365 = 33,0 Mio kcal und an 104 Schlachttagen 27,4 · 104/365 = 7,8 Mio kcal. Damit erhält man die gesamte Heizwärme pro Jahr zu 40,8 Mio kcal.

Beispiel 3. Aus der früheren Veröffentlichung (Fussnote 4) sei hier lediglich das Bild 5 übernommen, das sich auf den Fall C_2 mit 92 % Raumfeuchtigkeit und einem Wasseranfall von 55 kg/Tag bezieht. Wie ersichtlich, muss von den 181 Tagen Lagerdauer an 104 Tagen geheizt und an den restlichen 77 Tagen befeuchtet werden.

c) Ergebnisse

In Tabelle 2 sind die Zahlen zusammengestellt für die von den Kältemaschinen wegzuführenden Wärmemengen (Kühlwärme), für den Bedarf an Heizwärme und Befeuchtungsdampf, ferner die jährlichen Betriebsstunden sowie den Verbrauch an elektrischer Energie und Kühlwasser. Bei der Berechnung der Betriebsmittelkosten sind als Einheitspreise für elektrische Energie 15 Rp./kWh (Motorenstrom) bzw. 9 Rp/kWh (Heizstrom für Befeuchtungsdampf), für Heizwärme 45 Fr./Mio kcal und für Kühlwasser 20 Rp./m³ angenommen worden. Das sind die heute gültigen Werte, wobei im Wärmepreis angemessene Beträge für Verzinsung, Amortisation, Unterhalt und Bedienung der Kesselanlage sowie für eine gewisse Preissteigerung auf Brennstoffe eingeschlossen sind. Eigentlich müsste man für die Betriebsmittel die Mittelwerte während der Amortisationsdauer einsetzen. Da sie sich bei den immer wieder vorkommenden Störungen auf den Brennstoffmärkten nicht voraussehen lassen, wird man sich bei den Heizkosten mit vorsichtig geschätzten Zahlen begnügen müssen.

Im untern Teil der Tabelle 2 sind die roh geschätzten Anlagekosten angegeben. Für die Berechnung des Kapitaldienstes ist eine Annuität von 6,74 %, entsprechend einer Verzinsung zu 4½ % und einer Amortisation innerhalb 25 Jahren angenommen worden. — Die Summe aller Kostenelemente ergibt die gesuchten Jahreskosten.

Aus der Tabelle 2 lassen sich einige bemerkenswerte Schlüsse ziehen:

1. Beim Obstlagerraum macht der Kapitaldienst gut das Doppelte der Betriebsmittelkosten aus. Man wird also die Anlagekosten tunlichst niedrig halten und zusätzliche Einrichtungen, die den Wirkungsgrad verbessern sollen, etwa zweistufige Verdichtung, Flüssigkeitsnachkühler u. dgl. vermeiden. Man wird auch den Luftkühler eher knapp bemessen.

2. Bei der Fleischkühlanlage ist gerade das Gegenteil zu tun. Hier wirkt sich eine Senkung der Betriebsmittelkosten durch Verbesserungen des Kreisprozesses auch dann günstig auf die Jahreskosten aus, wenn dafür grössere Anlagekosten auflaufen. Wenn z. B. durch geeignete Massnahmen die Betriebsmittelkosten um 5 % = 367 Fr. pro Jahr gesenkt werden können, so rechtfertigt sich ein Mehraufwand, so lange er kleiner ist, als rd. 4400 Fr. oder 9,5 % der Anlagekosten.

3. Schon oben wurde auf die Zweckmässigkeit des Wärmepumpverfahrens bei Fleischlagerräumen hingewiesen. Im Beispiel 2 könnten die vollen Heizkosten im Betrag von 1840 Fr. sowie jene für 3580 m³ Kühlwasser = 716 Fr., also insgesamt 2556 Fr. pro Jahr gespart werden, denen der Kapitaldienst für Mehrkosten von nur wenigen 1000 Fr. für den Ersatz des Lufterhitzers durch einen solchen für Kältemittelheizung gegenübersteht. Die angenommene Verflüssigungstemperatur von +30° C könnte ohne weiteres beibehalten bleiben; es ergäbe sich also kein Mehrverbrauch an elektrischer Energie für den Kompressorantrieb. Tatsächlich sind schon vor 20 Jahren Trocknungsanlagen für Dauerwürste, wo ähnliche Verhältnisse vorliegen, nach dem Wärmepumpprinzip gebaut worden.

Neubauten in der Altstadt

Hierzu Tafeln 35/38 DK 711.524:7.013

Kein Grundsatz der Altstadtpflege ist überall anwendbar oder auch nur richtig. Darin liegt die grosse Schwierigkeit für viele «Altstadt-Kommissionen», die sich vorwiegend aus Altertumsfreunden zusammensetzen, denen die ästhetischen Fragen eher ferner liegen, so dass sie sich gerne an bestimmte Regeln und Rezepte halten, die grundsätzlich richtig sein mögen, aber oft nicht auf den gerade vorliegenden Fall passen. Vor allem lässt man gern «Erhaltung» und «Neubau» auf eine diffuse Weise ineinanderfliessen, während es darauf ankäme, beides so sauber wie möglich auseinanderzuhalten. Selbstverständlich hat das Neue auf das Alte Rücksicht zu nehmen, aber von seinem Standort aus, als das Andere, nicht durch Preisgabe seines eigenen Wesens. Das Ergebnis ist sonst ein Zwittergebilde, das weder alt, noch eindeutig neu ist — aber auch das ist eine Regel, die nicht ohne Ausnahme gilt. Nicht jeder Kompromiss ist verächtlich.

Wo die Erhaltung und Pflege der Altstadt zur Diskussion steht, ist zuerst zu fragen, aus welchen Gründen die Altstadt überhaupt geschützt werden soll und wie sich ihre Pflege, die immer eine Beschränkung der Ausnutzbarkeit der Liegenschaften einschliesst, rechtfertigen lässt. Handelt es sich hier um blosse Sentimentalität, die sich ungern vom Altgewohnten trennt, und vielleicht noch um die Rücksicht auf die in den immerhin noch vermietbaren Wohnungen und Läden investierten Werte? Oder steht Ernstlicheres dahinter? Diese Fragen könnten weit in eine allgemeine Kulturgeschichte und Kulturkritik führen; wir begnügen uns hier mit einigen Hinweisen, die, für jedermann nachprüfbar, an der Oberfläche liegen.

Ortsbilder von persönlichem, unverwechselbarem Charakter kommen heute in neuen Stadtteilen oder auch in selbständigen Siedlungen nicht mehr zustande. Es ergeben sich nirgends architektonische Situationen, die das Einzelne in einen Gesamteindruck, ein «Milieu» einbinden, auch da nicht, oder gerade da nicht, wo einheitlich geplant wird, und wo die einzelnen Bauten, für sich allein betrachtet, gut sind. Daran ist nicht ein Versagen der Architekten schuld, sondern dies ist der Preis, um den die Fortschritte der Hygiene und des Verkehrs erkauft werden, er ist eine zwangsläufige Folge der Entwicklung. Nur schon die Bedeutung, die man heute der Orientierung der Wohnräume beimisst, und die damit zusammenhängende Vorliebe für den Zeilenbau und für Ein- und