

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Band: 79 (1961)
Heft: 9

Artikel: Der ölfreie Sulzer-Kältekompressor
Autor: Ostertag, A.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-65473>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 13.10.2024

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

Zum 75. Geburtstag von Rudolf Plank

Prof. *Rudolf Plank*, Dr.-Ing., Dr. phil. nat. h. c., Dr. sc. agr. h. c., wurde am 6. März 1886 in Kiew geboren. So mag er schon in seiner Jugend mit offenem Auge und lauschendem Ohr jene Entwicklung verfolgt haben, die schliesslich zum Ausbruch der russischen Revolution führte. Er begann mit dem Studium der Mathematik an der Universität Kiew, ging von dort nach Petersburg — jetzt Leningrad — wandte sich dann aber dem Studium des Maschinenbaues in Dresden und Danzig zu. In Dresden entzündete *Richard Mollier* seine Liebe zur Thermodynamik, die dann Zeit seines Lebens der Mittelpunkt seiner vielseitigen Tätigkeit bleiben sollte. Schon mit 27 Jahren folgte er dem Ruf als Ordinarius für Thermodynamik an die Technische Hochschule Danzig. 1925 nahm er einen Ruf an die Technische Hochschule Karlsruhe an und schuf hier das Kältetechnische Institut, das für alle, die mit Kälte etwas zu tun haben, zu einem Begriff geworden ist.

Wenn damit auch Karlsruhe seine zweite Heimat geworden war, so umfasst sein Tätigkeitsfeld doch die gesamte Welt der zivilisierten Menschheit. Ausser den beiden für die künstliche Kälteerzeugung vergleichsweise uninteressanten Polkappen hat er alle Kontinente — man darf wohl sagen, alle grösseren Länder der Erde — bereist, ja nicht nur bereist, sondern sich dort als Gastprofessor oder Experte betätigt. Zu nennen ist seine Tätigkeit in Südafrika als Experte der Britischen Regierung, ferner in Argentinien, Uruguay, Brasilien; Gastprofessuren in China, seine Reise durch die Mandschurei, Vortragsreisen nach Japan, Australien usw. Dabei hat ihm seine seltene Sprachbegabung und Aufgeschlossenheit immer wieder dazu verholfen, rasch mit den Menschen Kontakt zu finden. Und immer wieder hat er dabei versucht, eine Verständigung herbeizuführen und dort, wo eine Verständigung der Staaten aus politischen Gründen nicht möglich ist, doch wenigstens das gegenseitige Verständnis der Menschen zu wecken.

Der ölfreie Sulzer-Kältekompressor

Von **A. Ostertag**, dipl. Ing., Zürich

[Bem. der Red. Um Prof. Dr. R. Plank unsere besondere Verbundenheit zu bezeugen, haben wir nachstehend ein Thema aus seinem engeren Fachgebiet zur Darstellung gebracht.]

Mitte der dreissiger Jahre hatten Gebrüder Sulzer einen ölfreien Kolbenkompressor zur Förderung von Luft und Gasen entwickelt, über den hier eingehend berichtet worden ist¹⁾. Die Abdichtung des Kolbens gegenüber dem Zylinder sowie die der Kolbenstange erfolgt durch Labyrinth. Es findet also keine Berührung der beweglichen, vom zu fördernden Gas bespülten Teile statt, so dass auf jegliche Schmierung verzichtet werden kann. Nun ist in den letzten Jahren dieser Verdichtertyp, der in der Verfahrenstechnik weite Verbreitung gefunden hat, auch als Kältekompressor für mittlere und grössere Leistungen ausgebildet worden, womit eine Reihe wesentlicher Vorteile erzielt werden, die hier näher betrachtet werden sollen.

Zunächst ist zu bedenken, dass die Zylinderschmierung von Kälteverdichtern bisher üblicher Bauweise sehr hohe Ansprüche an das zu verwendende Schmieröl stellt: Bei tiefen Verdampfungstemperaturen ist eine verhältnismässig geringe

¹⁾ *F. O. Walti*: Der ölfreie Kolben-Kompressor. SBZ 1952, Nr. 16, S. 222.

Weitausgreifend wie seine Tätigkeit im physischen Raum, ist sie aber auch auf dem Gebiet des Geistes. Seine zahlreichen Veröffentlichungen erstrecken sich von den Grundlagen der Thermodynamik bis zur Geschmacksprüfung der Lebensmittel, also zu Fragen der Degustation. Sie reichen aber auch von jenem leidigen Problem der Dichtungen von Kältemaschinen bis ins Gebiet der lyrischen Dichtung. Auch hier war und ist er der Wanderer, der dem Spezialisten immer wieder zurief: Auch jenseits der Grenzen deines Fachgebietes leben, streben und hoffen intelligente Menschen!

Krönung und Vollendung seiner literarischen Tätigkeit auf dem Gebiet der Kälteerzeugung und Anwendung ist die Herausgabe und teilweise auch die Abfassung des zwölfbändigen Werkes über Kältetechnik, von dem bisher acht Bände erschienen sind. Daneben mag aber auch das Bändchen «Die Blätter fallen» Erwähnung finden, in dem russische und französische Lyrik ins Deutsche übertragen ist (1952 beim Verlag C. F. Müller, Karlsruhe).

Seiner Zeit weit vorausschauend, setzte er sich mit der ihm eigenen Ueberzeugungskraft immer da ein, wo es galt, neue Gebiete für das Ingenieurstudium fruchtbar zu machen. Zu nennen sind die Gründung des Instituts für Apparatebau und Verfahrenstechnik, der Bundesforschungsanstalt für Lebensmittelfrischhaltung, und sein Wirken für das «studium generale».

Es versteht sich von selbst, dass dieses Lebenswerk zahlreiche Anerkennungen fand, so drei Ehrendoktorate, die Mitgliedschaft von mehreren deutschen und ausländischen Akademien und die Verleihung vieler Medaillen und Auszeichnungen.

Wir freuen uns, dass Rudolf Plank seinen 75. Geburtstag in voller Schaffenskraft im Kreise vieler Schüler und Freunde verleben kann, und wünschen ihm auch weiter fruchtbare Arbeit, aber auch Zeit der Musse nach einem erfüllten Lebenswerk!

P. Grassmann

Viskosität erforderlich, um gute Schmiereigenschaften im Zylinder zu erhalten. Da aber bei den heute allgemein üblichen Plungerkolbenmaschinen das selbe Öl auch für die Schmierung des Triebwerks verwendet werden muss, und in den Schubstangen- und Wellenlagern wesentlich höhere Temperaturen herrschen, hat das Öl auch unter diesen Bedingungen eine noch genügende Viskosität aufzuweisen.

Erschwerend ist der Umstand, dass sich die Schmiereigenschaften der Öle durch die Berührung mit dem Kältemittel verändern. Dies trifft ganz besonders bei den Freonen zu. Hier ist es oft schwer, die richtige Ölqualität zu finden, weil das Mischungsverhältnis von Öl und Kältemittel von einer Reihe nicht vorausbestimmbarer Faktoren abhängt. Eine Gefährdung der Schmierung besteht namentlich dort, wo sich das Öl, das Kältemittel in gelöstem Zustand enthält, an der Schmierstelle entspannt und dabei Kältemittel in Form von kleinen Dampfbläschen ausgeschieden wird. Statt Öl befindet sich ein Gemisch von Öl und Dampfbläschen zwischen den Gleitflächen, wodurch sich die Schmierwirkung wesentlich verschlechtert. Eine ähnliche Veränderung stellt sich beim Ansaugen von feuchtem Kältemitteldampf ein, insbesondere bei Verdichtern, bei denen die Flüssigkeitströpfchen ins Schmieröl gelangen und dieses zum Aufschäumen bringen. Dies kann z. B. bei den üblichen

Plungerkolbenmaschinen vorkommen, bei denen das Triebwerk unter Saugdruck steht.

Neben dem Verdichter bieten auch die übrigen Teile des Kältekreislaufs einige Oelprobleme, da es trotz Oelabscheider nicht zu vermeiden ist, dass eine nicht unbeträchtliche Oelmenge mit dem Kältemittel in den Kreislauf gelangt. Bei Anlagen mit trockener Verdampfung ist es in der Regel möglich, das Kältemittel so zu führen, dass das Oel in stark schäumendem Zustand mit dem Kältemitteldampf abgesogen und zum Kompressor zurückgeführt wird, dass sich also im Oelumlauf ein Beharrungszustand einstellt. Das setzt allerdings eine entsprechende konstruktive Durchbildung der Verdampferapparate und eine geeignete Führung der Saugleitung voraus, Forderungen, die sich, insbesondere bei weitverzweigten Netzen, nicht immer leicht erfüllen lassen. Man findet daher an solchen Verdampfern oft Vorrichtungen zum Ablassen des Oeles. Wichtig ist, dass sich der Oelumlauf nach Betriebspausen immer wieder richtig einstellt und dass sich namentlich beim Abtauen von Luftkühlern oder Systemen für stille Kühlung mit Druckgas keine Füllungsverlagerungen einstellen, die den Oelumlauf in unzulässiger Weise stören könnten. Derartige Verlagerungen haben erfahrungsgemäss schon verschiedentlich zu ernststen Betriebsunfällen geführt.

Wo mit überfluteten Verdampfern oder mit Umwälzung der Kältemittelflüssigkeit gearbeitet wird, sammelt sich bei Ammoniakanlagen das spezifisch schwerere Oel an den tiefsten Stellen des Kreislaufs und ist dort von Zeit zu Zeit abzulassen. Das abgelassene Oel kann nach Filtrieren wieder verwendet werden. Die Manipulation lässt sich dadurch vereinfachen, dass an das Oelablassventil eine Leitung angeschlossen wird, die nach dem Kurbelgehäuse des Kompressors führt und dass durch Drosseln an der Saugabschliessung vor dem Kompressor ein Druckgefälle geschaffen wird, durch welches das Oel zurückfliesst. Dieses Rückführen erfordert Sorgfalt, um ein Eindringen von flüssigem Kältemittel in den Verdichter zu vermeiden. Es setzt weiter voraus, dass das Oel im betreffenden Verdampfer noch genügend flüssig ist, was bei tiefen Temperaturen oft erst nach längerem Stillstand der Anlage zu erreichen ist, dass also unter Umständen der Kältebetrieb während mehrerer Stunden zu unterbrechen ist.

Wird diese Operation nicht regelmässig durchgeführt, so sammelt sich Oel im Verdampfer an, so dass sich die wirksame Oberfläche verkleinert, die Verdampfungstemperatur sinkt und die Kälteleistung zurückgeht. Bei der oft angewendeten Kältemittelzuteilung durch ein Hochdruckschwimmerventil besteht ausserdem die Gefahr, dass das Oel die Ammoniakfüllung nach oben verdrängt und vom Kompressor nasser Dampf angesogen wird, wodurch die Betriebssicherheit in Frage gestellt ist.

Schwieriger ist das Behandeln von überfluteten Verdampfern bei Freonanlagen. Es wird nur selten möglich sein, die Absaugstellen an den Flüssigkeitsabscheidern so anzuordnen, dass bei allen Betriebszuständen der Oelschaum in dem Masse abgesogen werden kann, wie Oel in den Ver-

dampfer eintritt. Meist ist mit einer Zunahme der in der Freonflüssigkeit aufgelösten Oelmenge zu rechnen. Dadurch nimmt einerseits der Oelvorrat im Kompressor ab, so dass er periodisch zu ergänzen ist, und andererseits bewirkt die Oelanreicherung eine Senkung des Siededruckes gegenüber dem Druck, welcher der geforderten Verdampfungstemperatur entspricht, was einer Verringerung der Kälteleistung gleichkommt. Um diese nachteiligen Wirkungen wieder rückgängig zu machen, ist der Verdampfer in angemessenen Zeitabständen durch Verdampfen und Speichern des Freons im Hochdruckteil zu entleeren, worauf dann das zurückbleibende Oel abgezogen werden kann. Man kann allerdings auch diese einigermassen umständliche Operation, die einen gewissen Betriebsunterbruch bedingt, dadurch umgehen, dass man in angemessenen Zeitabständen einen Teil der mit Oel angereicherten Kältemittelflüssigkeit in ein Ausdampfgefäss abfliessen lässt und dann durch Ausdampfen des Kältemittels das Oel zurückgewinnt. Dieses kann dann wieder über einen Filter dem Verdichter zugeführt werden. Die ganze Operation, die längere Zeit dauert, lässt sich ohne Betriebsunterbruch durchführen. Es sind auch kontinuierlich arbeitende Vorrichtungen bekannt, bei denen dauernd ein Teil der ölhaltigen Flüssigkeit durch einen Einrohrverdampfer geleitet wird, der so gebaut ist, dass das Oel mit dem Kältemitteldampf als Schaum abzieht und durch die Saugleitung dem Kompressor zufliesst.

Der Einfluss des Oelfilms auf die Wärmeübergangszahl von Verflüssigern und Verdampfern darf wegen der kleinen Wärmeleitzahl des Maschinenöls von nur 0,11 bis 0,14 kcal/m²°Ch nicht unterschätzt werden. Die Verringerung, welche die Durchgangszahl k_0 ohne Oel infolge eines Oelfilms von der Stärke s und der Wärmeleitzahl λ erfährt, ergibt sich aus der Gleichung

$$(1) \quad \frac{1}{k} = \frac{1}{k_0} + \frac{s}{\lambda}$$

Nun interessiert weniger die Veränderung der Wärmedurchgangszahl als die Vergrösserung der wirksamen Oberfläche O , die nötig ist, um die selbe Wärmemenge mit der selben mittleren Temperaturdifferenz übertragen zu können. Diese Bedingung wird erfüllt, wenn

$$O = O_0 \frac{k_0}{k}$$

wobei sich der Index 0 auf ölfreies Kältemittel bezieht. Setzt man $1/k$ aus Gl. (1) ein, so ergibt sich

$$(2) \quad O = O_0 \left(1 + \frac{k_0 s}{\lambda} \right)$$

Die verhältnismässige Oberflächenvergrösserung ist somit durch den Ausdruck $k_0 s/\lambda$ gegeben; sie wächst linear mit k_0 und s . Bild 1 zeigt den Zusammenhang für verschiedene Filmstärken s und $\lambda = 0,12$ kcal/m²°Ch. Für die Beurteilung der Oelfilmwirkung sind die bei Verflüssigern und Verdampfern tatsächlich vorkommenden Zahlenwerte für den Wärmedurchgang und die Filmstärke massgebend. Vorerst seien die Durchgangszahlen betrachtet.

Bei Bündelkondensatoren für Ammoniak und reinem Wasser können die k -Werte 1000 kcal/m²°Ch und mehr betragen. Dies ist z. B. bei Wärmepumpen für Raumheizung oder bei Klimaanlage der Fall, wo stets das selbe Wasser umgewälzt wird. Wie ersichtlich müsste die wirksame Oberfläche bei einer Filmdicke von z. B. 0,015 mm um 12,5 vergrössert werden, sollen gleiche mittlere Temperaturgefälle wie bei ölfreiem Betrieb erzeugt werden. Bei Grund- oder Bachwasser treten erfahrungsgemäss Ablagerungen auf, die den Wärmedurchgang stark behindern. So bewirkt beispielsweise eine Kalkschicht ($\lambda = 0,6$ kcal/m²°Ch) von nur 0,3 mm eine Verringerung der Durchgangszahl von ursprünglich 1000 auf 667 kcal/m²°Ch. Dementsprechend nimmt auch der Einfluss des Oelfilms ab. Die erforderliche Vergrösserung ist jetzt nur noch 8,3 %.

Bei Ammoniak-Verdampfern für Flüssigkeitskühlung (Sole, Wasser, Fruchtsäfte, Getränke) liegen die Durchgangszahlen je nach der Strömungsgeschwindigkeit der

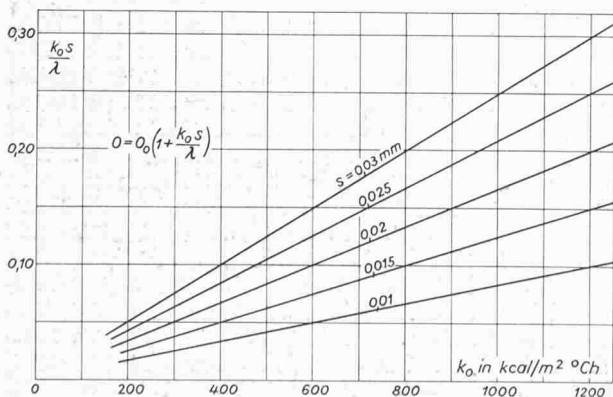


Bild 1. Wegen Oelfilm nötige Vergrösserung der wirksamen Oberfläche von Wärmeaustauschern

Flüssigkeit im Bereiche von 300 bis 600 kcal/m²°Ch. Eine Oelschichtdicke von 0,02 mm Dicke würde eine Vergrößerung der wirksamen Oberfläche von 5 % bzw. 10 % erfordern, um gleiche Verhältnisse zu erzielen.

Bei Freon-Kondensatoren sind die Wärmeübergangszahlen etwa viermal kleiner als bei Ammoniak, weshalb häufig Spezialrohre verwendet werden, die kältemittelseitig berippt sind. Man kann alsdann bei genügender Wassergeschwindigkeit (etwa 2 m/s) Durchgangszahlen von der selben Grössenordnung wie bei Ammoniakkondensatoren erreichen, so dass sich ein Oelfilm ähnlich wie dort auswirkt. Auch hier ist im allgemeinen mit wasserseitiger Verschmutzung zu rechnen. Bei glatten Rohren sind die Wärmedurchgangszahlen etwa halb so gross wie bei Ammoniak und dementsprechend macht auch die Oberflächenvergrößerung zum Ausgleich der Oelfilmwirkung nur etwa die Hälfte aus. In Rohrbündelverdampfern, bei denen das F 12 an der Aussenfläche horizontaler Rohre verdampft, ist bei gleichen Flächenbelastungen mit Uebergangszahlen zu rechnen, die nur etwa 35 bis 40% derjenigen bei Ammoniak ausmachen (vgl. die Messungen von *Schwind* und die Angaben im Refrigerating Data Book im «Handbuch der Kältetechnik»²⁾, Bd. III., S. 428, Abb. 331 und 332). Man kommt dann z. B. bei Solekühlern auf Durchgangszahlen, die bei gleichen Solegeschwindigkeiten 55 bis 60% derjenigen von Ammoniak betragen, was auch mit den Angaben der Tabelle 19 auf S. 443 übereinstimmt.

Was nun die Stärke der Oelschicht betrifft, so ist diese offenbar vom Oelgehalt des Kältemittels, von der Viskosität des Oeles, also von der Filmtemperatur, weiter vom Kältemittel und von der Bauweise des Wärmeaustauschers abhängig. Es darf wohl angenommen werden, dass sich an den wirksamen Oberflächen bald nach Inbetriebnahme ein Beharrungszustand einstellt, nachdem sich eine bestimmte Film-

stärke ausgebildet hat. Beispielsweise wird in einem Rohrbündelverflüssiger die Oelmenge, die sich aus dem Kältemittel ausscheidet und die Kühlrohre benetzt, bei einer bestimmten Filmstärke gleich jener sein, die das Kondensat wegspült. Ähnliches trifft für Verdampfer zu, wo der Oelfilm, der an der wärmeübertragenden Oberfläche haftet, durch die aufsteigenden Dampfblasen auf einer bestimmten Stärke gehalten wird.

Messergebnisse, aus denen sich die Filmstärke bestimmen liesse, sind selten und nicht eindeutig. Im dritten Band des Handbuches der Kältetechnik wird auf S. 403/404 auf Versuche von *Masükewitsch* hingewiesen, die an Rohrbündelkondensatoren für Ammoniak vorgenommen wurden. Aus den Messpunkten für rostiges Rohr und rostiges und öliges Rohr (nach Abb. 306) ergibt sich eine Stärke des Oelfilms von 0,013 bis 0,014 mm. Aus den an gleicher Stelle mitgeteilten Messungen von *Kratz* und Mitarbeitern ist lediglich zu schliessen, dass der Einfluss des Oelfilms auf den Wärmedurchgang in Ammoniakverflüssigern gering ist. Für F 12-Kondensatoren werden wohl interessante Zahlen für den Wärmeübergang an der äusseren, berippten Oberfläche von Kupfer-Rohrbündeln sowie für den Wärmedurchgang bekanntgegeben, jedoch fehlen Angaben über den Einfluss des Oelfilms. Es darf wohl angenommen werden, dass er eher kleiner ist als bei Ammoniak, weil die Durchgangszahlen kleiner sind und auch mit kleineren Filmstärken zu rechnen ist, da das Oel vom Kondensat aufgelöst wird.

Bei Verdampfern für Flüssigkeitskühlung kann nach Angaben am bereits zitierten Ort, S. 441... 443, bei Ammoniak mit einer Oelschicht von etwa 0,02 mm Dicke gerechnet werden. Bei F 12 und 1 % Oelgehalt ist bei kleinen Flächenbelastungen von etwa 1000 kcal/m²h nach Untersuchungen von *Witzig* kein Einfluss festzustellen. Bei höheren Flächenbelastungen von etwa 10 000 kcal/m²h bewirkt der selbe Oelgehalt ein Absinken der Wärmeübergangszahl auf

²⁾ Herausgegeben von Prof. Dr. Rudolf Plank, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1959, Springer-Verlag.

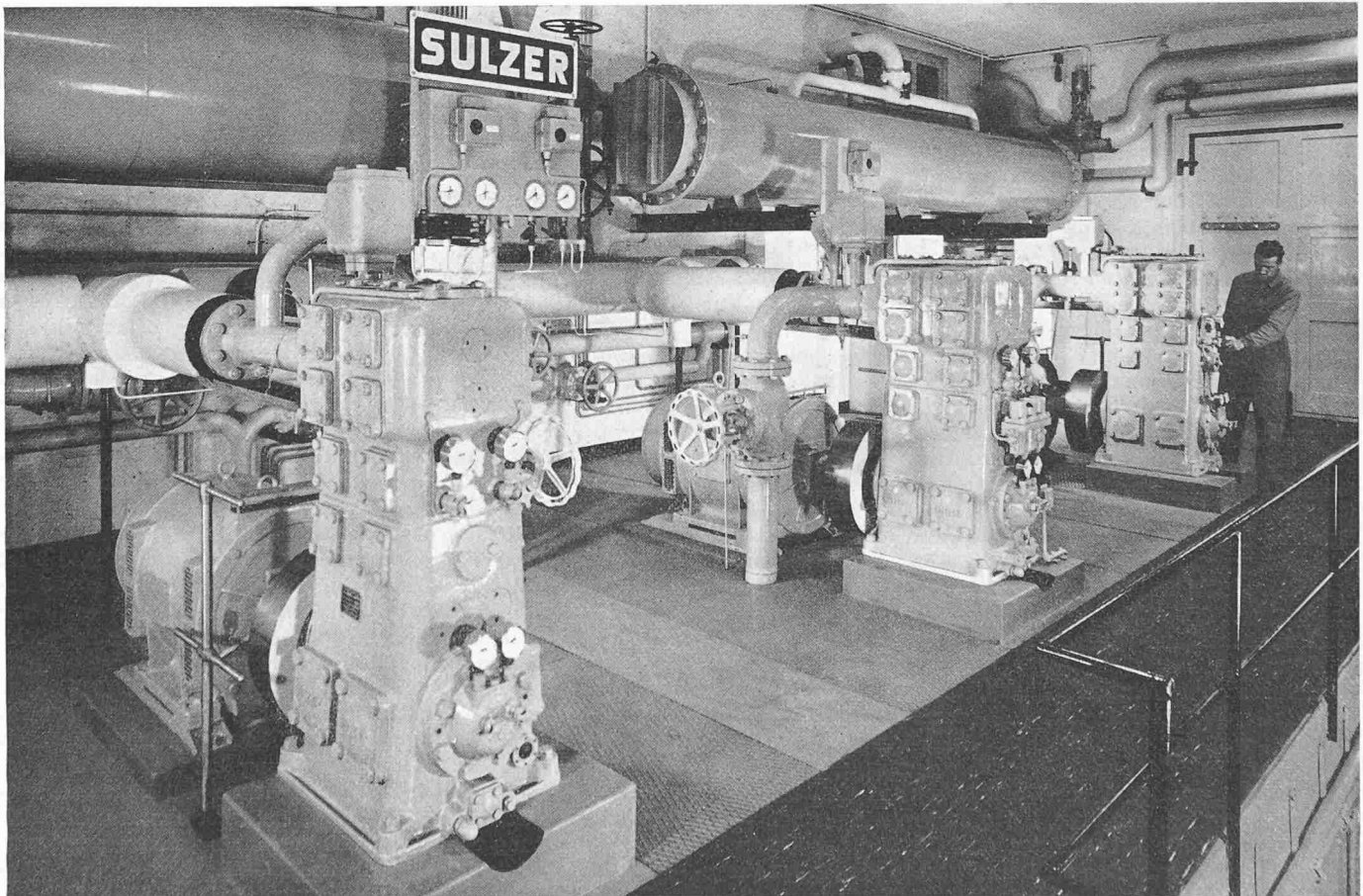


Bild 2. Kälteerzeugungsanlage mit drei ölfreien Sulzer-Kolbenkompressoren mit einer Normalkälteleistung (—10/+25° C) von insgesamt 800 000 kcal/h

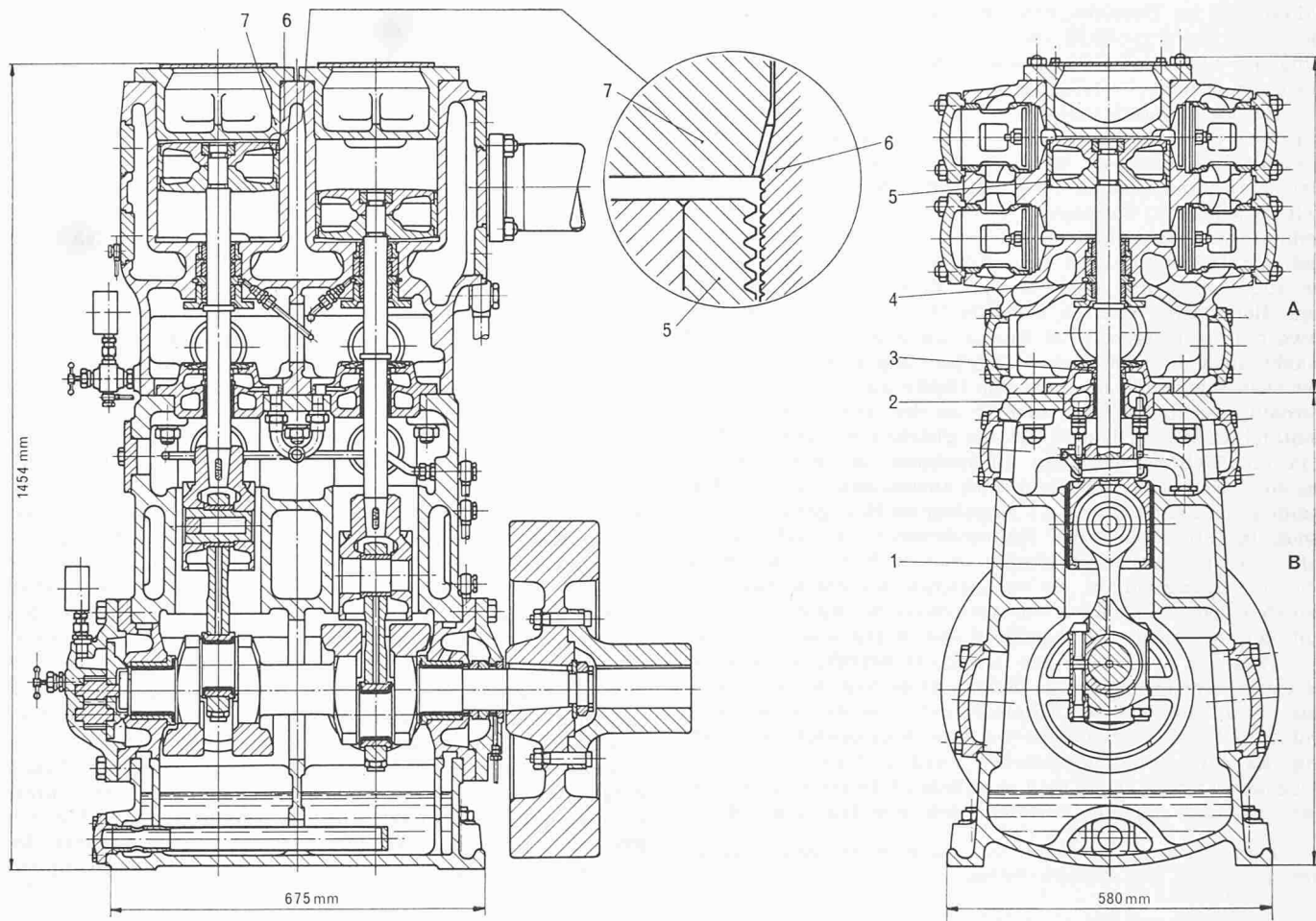


Bild 3. Schnitt durch einen einstufigen ölfreien Sulzer-Kältekompressor für verschiedene Kältemittel (Ammoniak, Freon, Aethylen, Aethan usw.)

- | | | | |
|-----------------|-----------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| 1 Kreuzkopf | 3 Oelabstreifer | 5 Kolben mit Labyrinthrihren | 7 Wassergekühlter Zylinderdeckel |
| 2 Führungslager | 4 ölfreie Stopfbüchse | 6 Zylinder mit Labyrinthrihren | Der Teil A ist ölfrei, der Teil B wird mit Oel geschmiert |

92 % des bei ölfreiem F 12 festgestellten Wertes. Hieraus ergibt sich bei einer Uebergangszahl von $1000 \text{ kcal/m}^2 \text{ }^\circ\text{Ch}$ eine Oelschicht von nur rd. 0,01 mm Dicke und bei einer Durchgangszahl von $500 \text{ kcal/m}^2 \text{ }^\circ\text{Ch}$ eine Vergrößerung der wirksamen Oberfläche um rd. 4 %.

Bei allen Apparaten für Luft- und Gaskühlung sind die Flächenbelastungen auf der Kältemittelseite auch bei Verwendung von Rippenrohren oder Lamellen so niedrig, dass die isolierende Wirkung des Oelfilms nicht mehr spürbar ist.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die Verringerung des Wärmedurchganges infolge der isolierenden Wirkung des Oelfilms bei zweckmässiger Bauweise der Apparate und sachgemässer Betriebsführung durch verhältnismässig geringfügige Vergrößerungen der wirksamen Oberflächen ausgeglichen werden kann. Die Vorteile des ölfreien Betriebs liegen vor allem in einer Vereinfachung der Betriebsführung infolge Wegfall der Entölungsoperationen, die bei weitverzweigten Netzen und bei überfluteten Freon-Verdampfern beträchtlich ist, weiter in einer Erhöhung der Betriebssicherheit, weil keine Einflüsse von Seiten des Kältemittelkreislaufs (Oelverlagerungen) die Wirkungsweise der Kompressoren gefährden können, und in der Möglichkeit einer freieren Gestaltung der Verdampfer und der Leitungsführung, weil auf die sonst bestehende Forderung, das Oel nach dem Verdichter zurückführen zu müssen, nicht Rücksicht zu nehmen ist. Diese Vorteile wirken sich bei tiefen Verdampfungstemperaturen, bei grossen Anlagen mit vielen Kühlstellen, sowie bei Anlagen mit überfluteten Freon-Verdampfern stark aus. Das sind aber gerade die Anwendungsgebiete, die den allgemein in der Kältetechnik zu beobachtenden Entwicklungstendenzen entsprechen, so dass die Einführung des ölfreien Kolben-Kompressors in die Kältetechnik

als ein begrüssenswerter Fortschritt bezeichnet werden darf.

Der Kompressor, der in Bild 2 in Ansicht und in Bild 3 im Schnitt dargestellt ist, wird zweizylindrig gebaut, wobei beide Zylinder doppelwirkend sind und den gleichen Hub aufweisen. Es ergibt sich so eine vorzügliche Auslastung des Triebwerks und ein guter Massenausgleich. Bei kleineren Druckverhältnissen sind beide Zylinder von gleicher Bohrung und arbeiten parallel; die Verdichtung erfolgt also einstufig. Bei grösseren Druckverhältnissen erhält der eine der beiden Zylinder eine kleinere Bohrung und wirkt dann als zweite Stufe. Der Zylinderblock ist wassergekühlt. Bei der zweistufigen Ausführung ist der Zwischenkühler in die Wasserkammer der Zylinder eingebaut, wodurch sich eine einfache und kompakte Bauweise ergibt.

Die Abdichtung zwischen Kolben und Zylinderwand erfolgt, wie bereits erwähnt, durch Labyrinth. Auf Bild 3 ist die Ausbildung der Rillen an Kolben und Zylinder in grösserem Masstab dargestellt. Wie ersichtlich, bleibt zwischen diesen Teilen ein kleiner Spielraum frei. Damit sind jegliche Reibung und Abnützung ausgeschlossen. Allerdings muss eine gewisse Undichtheit in Kauf genommen werden. Diese liegt dank der hohen Drehzahl in durchaus tragbarem Rahmen. Die entsprechende Einbusse an Wirkungsgrad wird durch das Wegfallen der Kolbenringreibung bei Maschinen grösserer Leistung weitgehend ausgeglichen, bei kleineren Leistungen wirkt sich die Undichtheit stärker aus, weshalb eine Normalleistung von rd. $100\,000 \text{ kcal/h}$ als untere Grenze gilt.

Die Kolbenstange wird im Kreuzkopf und in einem Führungslager gehalten. Der ganze übrige Teil der Stange wie auch der Kolben tauchen frei schwebend in den Zylinder ein, ohne diesen an irgend einer Stelle zu berühren. Auch

die Kolbenstangen-Stopfbüchse wirkt nach dem Labyrinthprinzip, wobei das Leckgas nach der Saugleitung abgeführt wird. Ueber dem Führungslager befindet sich eine Oelabstreifvorrichtung. Die Höhe der Laterne zwischen dieser und der Labyrinth-Stopfbüchse ist etwas grösser als der Hub, so dass der ölbenetzte Teil der Stange nicht in die Stopfbüchse eindringen kann. Ueberdies verhindert ein an der Stange angebrachter Bund eine unerwünschte Bewegung von Oel längs dieser nach oben.

Das Kurbelgehäuse und die Laterne stehen unter Saugdruck. Die Abdichtung nach aussen besorgt eine Sealing-Metallichtung an der Kurbelwelle, die unter Oel arbeitet. Es sind Massnahmen getroffen, dass sich das Kältemittelgas im Kurbelgehäuse nicht mit dem in der Laterne vermischt und so kein Oel mit dem Gas in diese eindringen kann.

Die Schmierung des Triebwerks wird durch eine vom stirnseitigen Kurbelwellenende angetriebene Zahnradölpumpe sichergestellt, die das Oel aus dem untern Teil des Kurbelgehäuses durch einen grossen Filter ansaugt und den Lagern zuführt. Die Oelfüllung braucht je nach der Beanspruchung der Anlage ein bis mehrere Jahre lang nicht ersetzt zu werden.

Saug- und Druckventile sind wie aus dem Querschnitt, Bild 3, ersichtlich, seitlich eingesetzt. Diese Bauart ermög-

licht die Anwendung einer Leistungsregelung, sei es einer stufenweisen Regelung durch Offenhalten der Saugventile, sei es einer kontinuierlichen Regelung durch die Beeinflussung der Ventilbewegung³⁾. Bei einstufiger Verdichtung kann zur Verwirklichung der stufenweisen Leistungsregelung jede der vier Zylinderseiten für sich ein- oder ausgeschaltet werden, so dass sich folgende Stufen ergeben: 0, 25, 50, 75, 100 %. Bei zweistufigen Maschinen lässt sich die Leistung auf 0, 50 oder 100 % einstellen.

Dank der hohen Drehzahl ergibt sich ein verhältnismässig geringer Raumbedarf. Die direkte Kupplung mit dem Elektromotor bietet gegenüber Keilriemenantrieb weitere wesentliche Vorteile, namentlich auch betrieblicher Art. Da verhältnismässig hochoberige Motoren anwendbar sind, die hohe Wirkungsgrade aufweisen, lassen sich beim Antrieb gewisse Einsparungen gegenüber langsamer laufenden Verdichtern erzielen, durch welche die durch die Kolbenundichtheiten bedingten Verluste weniger stark ins Gewicht fallen.

Die bisher gesammelten Betriebserfahrungen entsprechen den Erwartungen. Es ist vor allem das Bedienungspersonal, das den ölfreien Betrieb schätzt, da ihm dieser die Wartung beträchtlich vereinfacht.

³⁾ Die kontinuierlich wirkende Saugdrosselregelung, System Sulzer, wurde beschrieben in SBZ 1949, Nr. 31, S. 427.

Probleme der Fahrplanbildung bei den schweizerischen Eisenbahnen

Von **Otto Wichser**, dipl. Ing., Generaldirektor SBB, Bern

DK 656.22

Der Fahrplan ist ein wesentlicher Bestandteil des Angebotes der Eisenbahn an ihre Benutzer und gleichzeitig ihr Leistungsprogramm, vergleichbar dem Fabrikationsprogramm einer industriellen Unternehmung. Von seiner Bewertung durch die möglichen Kunden hängt der Erfolg im Wettbewerb mit anderen Verkehrsmitteln weitgehend ab, und das Mass des dafür erforderlichen Aufwandes ist entscheidend für den wirtschaftlichen Erfolg der Eisenbahn überhaupt. Die Fahrplanpolitik, als Werbe- und Kostenfaktor, wird damit zu einem bedeutungsvollen Instrument der Unternehmungspolitik und verdient die besondere Aufmerksamkeit der obersten Leitung.

In der Diskussion um industrielle Führungsaufgaben wird etwa vom «Urproblem» der Koordination von Produktion und Verkauf gesprochen, also von den Schwierigkeiten, die Absichten und Ziele dieser Hauptressorts einer Unternehmung in Einklang zu bringen. Solche absolut sachlich begründeten Schwierigkeiten bestehen selbstverständlich auch bei den öffentlichen Dienstleistungsbetrieben. Hier kommt jedoch hinzu, dass auch die Kunden im gesetzlich geregelten Verfahren ihre Ansichten, Wünsche und Begehren direkt anmelden. Es geht deshalb bei den Bahnen nicht nur um eine interne Koordination zwischen Betrieb und kommerziellem Dienst, sondern auch um eine öffentliche Aussprache zwischen Unternehmung und Kundschaft.

Damit diese Auseinandersetzung fruchtbar werde, damit nichts Unmögliches verlangt, aber auch nichts Berechtigtes vorenthalten werde, ist es notwendig, dass man sich versteht, dass die Bahnen die Bedürfnisse sorgfältig erforschen und dass sich die Kundschaft der betrieblichen und betriebswirtschaftlichen Gegebenheiten bewusst ist.

Die Tatsache, dass jedes Jahr im sogenannten Fahrplanverfahren den öffentlichen Transportunternehmungen Hunderte von Begehren unterbreitet und oft mit Vehemenz vertreten werden, mag einerseits als erfreuliches Zeichen für die Wertschätzung gelten, welche die Bahnen auch heute, im Zeitalter des Automobils, noch immer geniessen. Da jedoch aus zwingenden Gründen so viele dieser Wünsche unerfüllt bleiben müssen, scheint es angezeigt, einige wichtige Probleme, welche unsere Fahrplanpolitik massgebend beeinflussen, etwas ausführlicher darzulegen. Wir tun dies um so lieber, als im offiziellen Fahrplanverfahren recht kurze Termine unumgänglich sind, um den Fahrplan am jeweils international vereinbarten Datum in Kraft setzen zu können. Es entsteht dadurch immer wieder eine gewisse

Zeitnot und damit ein Zwang zu kurzen und knappen Erklärungen.

Dabei ist zu bedenken, dass der jeweilige neue Fahrplan nicht nur aus den Graphikblättern und dem Kursbuch besteht, sondern es müssen in kurzer Zeit weitere Befehle geschaffen werden: der Zugbildungsplan, welcher jede Komposition mit Samstags- und Sonntagsverstärkungen usw. festlegt; die Umlaufpläne für die Triebfahrzeuge und Wagen, für die Lokomotivführer und das Zugpersonal; der Dienstfahrplan, nach dem der Lokomotivführer fährt; der Wagenreinigungsplan und endlich die Plakatfahrpläne sowie unzählige Ankunfts- und Abfahrtstabellen für die zusätzliche Orientierung der Reisenden in den Bahnhöfen.

Der Sinn des sogenannten Fahrplanverfahrens

Die heute gültige Verordnung über die Aufstellung der Fahrpläne vom 29. November 1946, kurz als Fahrplanverordnung bezeichnet, fusst noch auf dem alten Eisenbahngesetz von 1872. Wie schon ihre erste Vorgängerin aus dem Jahre 1878 räumt sie der Öffentlichkeit die Möglichkeit ein, jeweils bei der Vorbereitung des neuen Fahrplanes Begehren und Wünsche anzumelden und allenfalls einen Entscheid der Aufsichtsbehörden zu verlangen.

Mögen etwa die ältesten Fahrplanverordnungen vor allem den Zweck gehabt haben, die Benutzer vor der Willkür der «Monopolbahnen» zu schützen, so haben sich seither die Verhältnisse grundlegend geändert. Im harten Konkurrenzkampf stehend, haben die Eisenbahnen das grösste Interesse, die Bedürfnisse der Kundschaft zu kennen. Bei diesem Bestreben leistet ihnen das offizielle Fahrplanverfahren als Instrument der Marktforschung wertvolle Dienste. Wohl müssen zwar die Bahnen immer wieder zahlreiche Wünsche aus technischen und wirtschaftlichen Gründen ablehnen. Sie würden es aber ausserordentlich bedauern, wenn daraus der Schluss gezogen würde, das Fahrplanverfahren sei nur noch eine formelle Angelegenheit, für die zu interessieren sich nicht mehr lohne. Natürlich ist es praktisch ausgeschlossen, dass sich die Bahnen mit jedem einzelnen ihrer Kunden auseinandersetzen. Aber die lokalen und regionalen Fahrplankonferenzen sind berufen, die Fahrplangebühren zu sammeln und zu sichten, widersprechende Wünsche abzuwägen und nur jene Anträge weiterzuleiten, deren Verwirklichung im allgemeinen Interesse liegt. Das heisst aber nichts anderes, als dass nicht nur die Bahnen, sondern alle am Fahrplan interessierten Instanzen Fahrplanpolitik betreiben müssen.