

KARLSRUHER AKADEMISCHE REDEN
NEUE FOLGE/NR. 14

PROFESSOR DR.-ING. K. NESSELMANN

DIE KÄLTETECHNIK

IN PRAXIS, FORSCHUNG UND LEHRE

VORTRAG,
GEHALTEN BEI DER JAHRESFEIER
AM 12. JANUAR 1957



VERLAG C. F. MÜLLER KARLSRUHE

1957

Es ist ein alter akademischer Brauch, daß sich der jeweils neue Rektor mit der Behandlung eines Stoffes vorstellt, den er sich selbst nach den obwaltenden Umständen wählt, sei es, daß ihn gerade allgemein interessierende Gedanken beschäftigen, sei es, daß gewisse Hochschulprobleme gerade besonders aktuell sind, sei es schließlich, daß es ihm zweckmäßig erscheint, die Allgemeinheit mit gewissen Fragen seines Fachgebietes bekanntzumachen. So beabsichtige ich Ihnen einige Gedanken vorzutragen, die einen Teil meines Fachgebietes betreffen, die Kältetechnik, wie sie sich darstellt in Praxis, Forschung und Lehre, wobei insbesondere die beiden letzten Gesichtspunkte sehr maßgeblich die Belange der Technischen Hochschule berühren.

Will man sich an eine solche Untersuchung heranmachen, so hat man zunächst einmal festzustellen, was die Kältetechnik eigentlich umfaßt. Noch etwa bis zum Ende der zwanziger Jahre gehörte sie zu den unpopulären Techniken, das heißt die Öffentlichkeit wußte praktisch nichts über sie. Erst die Entwicklung des elektrischen Kühlschranks vom Luxus- zum Gebrauchsgegenstand machte die Kältetechnik populär, allerdings mit der Einschränkung, daß die Öffentlichkeit auch heute noch im wesentlichen mit dem Begriff „Kältetechnik“ die Technik des elektrischen Kühlschranks verbindet.

Der Umsatz an Kühlschränken in der Deutschen Bundesrepublik beträgt rund 200 Mill. DM im Jahr. Der Gesamtumsatz der Kältetechnik indessen liegt bei rund 440 Mill. DM. Was steckt hinter dieser Differenz von 240 Millionen?

Aufgabe der Kältetechnik ist die Erzeugung und die Ermöglichung der Anwendung von Temperaturen, die unterhalb der Umgebungstemperatur liegen. Da aber nach einem Grundsatz der Thermodynamik eine Temperatur von -273°C nicht unterschritten werden kann, so ist die Lage der Kältetechnik mit Rücksicht auf die Temperaturskala eindeutig durch zwei Grenzen definiert, durch die Umgebungstemperatur und die Temperatur von -273°C , den sogenannten absoluten Nullpunkt.

Es liegt teils an sehr tiefgründigen thermodynamischen, teils an technischen Gründen, daß die Schwierigkeiten bei der Erzeugung von tiefen Temperaturen um so stärker anwachsen, je mehr man sich dem absoluten Nullpunkt nähert. Daher ist naheliegend anzunehmen, daß sich der Fortschritt der Kältetechnik systematisch zu immer tieferen Temperaturen hin vollzogen hätte. Die Entwicklung der Kältetechnik

verlief jedoch unstetig. Als Carl v. Linde 1875 die Kältetechnik begründete — der Ton liegt dabei auf „Technik“, denn tiefe Temperaturen waren auch schon vor dieser Zeit erzeugt worden — fing er bei verhältnismäßig hohen Temperaturen an, die den Gefrierpunkt des Wassers nicht sehr wesentlich unterschritten. Nach Lösung dieser Aufgabe wandte er sich dann 1895 der Verflüssigung der Luft zu, die bei einer Temperatur erfolgt, die in der Größenordnung vor -200° C liegt. Mit Bezug auf die Temperaturskala machte die Kältetechnik daher einen Sprung von rund 200° und spaltete sich in eine eigentliche Kältetechnik am oberen Teil der Temperaturskala und eine ausgesprochene Tieftemperaturtechnik. Für das Gebiet zwischen diesen beiden Extremen war zunächst kein Bedarf vorhanden, so daß sich die beiden Teilgebiete man kann fast sagen völlig getrennt voneinander entwickelten. Erst in den letzten Jahren wird das Zwischengebiet auf der Temperaturskala ebenfalls mehr und mehr besetzt und so eine Brücke zwischen den beiden Extremen geschlagen.

Um den Umfang der Kältetechnik in ihrer ganzen großen Bedeutung zu erfassen, soll im folgenden einmal in großen Zügen festgestellt werden, wie ihre einzelnen Aufgaben auf der Temperaturskala verteilt sind.

Der Bereich der hohen Temperaturen, die nur wenig unterhalb der Umgebungstemperatur liegen, ist durch die Klimatechnik besetzt, deren Aufgabe es ist, innerhalb eines Raumes eine bestimmte Temperatur und einen bestimmten Feuchtigkeitsgehalt aufrecht zu erhalten. Die Klimatisierung von Wohn- oder Arbeitsräumen im großen Stil ist offenbar besonders in Ländern wichtig, deren klimatische Verhältnisse derartige Einrichtungen erfordern, z. B. in den Vereinigten Staaten, wo deshalb gerade dieser Zweig der Kältetechnik besonders gepflegt wurde. Aber auch in unserem Lande setzt sich die Klimatechnik mehr und mehr durch, teils um die Behaglichkeit in Versammlungsräumen zu erhöhen, teils aber auch, um bestimmte technisch-chemische Verfahren ausführen oder Feinmessungen vornehmen zu können, die an bestimmte konstante Bedingungen der äußeren Atmosphäre gebunden sind. Neuerdings fängt auch die Klimatisierung in Bergwerken an recht aktuell zu werden, da infolge der Temperaturzunahme beim Vorstoß zu größerer Abbautiefe nur durch Einsatz von Klimaanlage die Arbeitsbedingungen erträglich gestaltet werden können. Die Temperaturen, die hierzu erforderlich sind, liegen in der Regel noch oberhalb des Gefrierpunktes.

Hieran schließt sich bis etwa hinab zu -40° die Anwendung der Kältetechnik auf dem Gebiet der Erzeugung und Frischhaltung von Lebensmitteln, das weite Feld vom häuslichen Kühlschrank über die

gewerblichen Kühlmöbel, die gekühlten Fahrzeuge für Straße und Schiene bis zum Großkühlhaus. Es liegt in diesem Gebiet die künstliche Erzeugung des Eises für die verschiedensten Zwecke, zur Frischhaltung von Lebensmitteln, insbesondere in der Fischindustrie, oder auch in weitem Umfang zur Ausführung chemischer Verfahren.

Auf dem Gebiet der Chemie liegt zwischen -30° und -60° die wichtige Chlorverflüssigung, zwischen -50° und -60° die Gewinnung von aromatischen Mineralölextrakten und die Entparaffinierung von Schmierölen.

Nun schließt sich an dieses Gebiet die sogenannte Gefriertrocknung an, ein Konservierungsverfahren mit Hilfe eines Trockenprozesses, der im Vakuum bei tiefen Temperaturen vorgenommen wird und z. B. bei der Konservierung von Blut für medizinische Zwecke eine ausschlaggebende Rolle spielt.

Ziehen wir nun noch die Erzeugung und Anwendung der Kälte bei der Behandlung von Materialien in der Metallurgie und, in der Chemischen Industrie, die Polymerisationsverfahren in Betracht, so unterschreiten wir bereits -100° und gehen bis etwa -180° auf der Temperaturskala hinunter. Wir erreichen damit schon das Gebiet der Luftverflüssigung und der Gastrennung durch Kondensieren, Ausfrieren oder Rektifizieren bei sehr tiefen Temperaturen, die notwendig sind zur Erzeugung von Sauerstoff und Stickstoff aus der Luft, insbesondere im Zusammenhang mit der Stahlerzeugung und der Stickstoffchemie, und zur Zerlegung von Koksofengas in Wasserstoff und Kohlenwasserstoffe. Dabei handelt es sich zum Teil um Anlagen sehr großen Ausmaßes. Die deutsche Kälteindustrie hat in letzter Zeit in Südafrika Sauerstoffanlagen erstellt, die bis zu 50 000 Normalkubikmeter Sauerstoff je Stunde in sechs Einheiten erzeugen, wobei als Rohprodukt 270 000 Normalkubikmeter Luft verbraucht werden. Überlegt man sich, daß ein Gasbehälter, wie er z. B. im Osten unserer Stadt in der Gasanstalt aufgestellt ist, etwa 25 000 Kubikmeter enthält, so hat man einen Eindruck von der Größe der Produktion.

Aber die Kältetechnik stößt bereits zu noch tieferen Temperaturen vor. Die Erzeugung von schwerem Wasserstoff durch Rektifikation, der zu schwerem Wasser verbrannt in der Kernreaktortechnik eine wichtige Rolle spielt, geht bei etwa -250° vor sich.

Schließlich ist heute auch die Verflüssigung von Helium nicht mehr ein physikalisches Problem, sondern in technischem Maßstabe lösbar, womit dann bereits Temperaturen von -269° technisch erreicht sind.

Man kann sogar schon davon sprechen, daß selbst die dauernde maschinelle Aufrechterhaltung von Temperaturen unter -272° möglich ist. Das Wort „maschinell“ ist dabei allerdings noch in Anfüh-

rungsstriche zu setzen, denn die angewandten Mittel — adiabate Entmagnetisierung und Beeinflussung der Supraleitfähigkeit bzw. der Wärmeleitfähigkeit durch magnetische Felder — sind heute technisch zum mindesten noch ungewöhnlich. Damit ist die Kältetechnik dem absoluten Nullpunkt schon recht nahe gerückt und in ein Gebiet eingedrungen, das vor kurzem noch ausschließlich der Physik vorbehalten war.

Ich möchte mir eine trockene Aufzählung aller Einsatzmöglichkeiten und Einsatznotwendigkeiten der Kältetechnik ersparen und habe mich daher bewußt mit einigen Schlaglichtern begnügt, um Ihnen Umfang und Bedeutung der Kältetechnik einmal in großen Zügen aufzuzeigen.

Für alle diese Aufgaben muß die Kältetechnik die Kälteerzeugungsverfahren und die maschinelle-apparative Ausrüstung bereitstellen. Dies umfaßt eine Fülle von technischen, physikalischen und chemischen Problemen, die man am besten erkennt, wenn man sich den Forschungsaufgaben zuwendet, die in den Rahmen der Kältetechnik fallen.

Ehe Betrachtungen über die Forschung in der Kältetechnik als Einzeldarstellung angestellt werden, erscheint es zweckmäßig, sich zunächst einmal allgemein Gedanken zu machen über die Wandlungen, die in der technischen Forschung überhaupt vor sich gegangen sind.

Ich möchte glauben, daß es auch in der Technik eine Art klassische Zeit der Forschung gibt, die jetzt ihrem Ende zugeht oder bereits zugegangen ist. Sie ist gekennzeichnet durch die im wesentlichen mathematische Darstellung technischer Grundprobleme oder die Entwicklung von grundsätzlichen Vorstellungen über technisch-physikalische Erscheinungen. Die ersten Grundlagen wurden meist von Physikern erarbeitet und in Gleichungen gegossen, die etwas Grundsätzliches in sich bargen, zuweilen unter gewissen Abstraktionen. Diese zunächst noch weit in der Physik steckenden Ansätze wurden dann mehr und mehr von der wissenschaftlichen Technik aufgegriffen, gegebenenfalls unter Zuhilfenahme des Experiments auf bestimmte technische Probleme zugeschnitten und dann zu einer klassischen Theorie abgerundet, die das technische Problem grundsätzlich erfaßt. Diesen Lösungen haftet eine gewisse Eigenständigkeit an, d. h. sie sind auf einen bestimmten Problembereich beschränkt, z. B. auf die Strömungslehre oder Thermodynamik.

Dann beginnt die nachklassische Periode. Sie wiederum ist dadurch gekennzeichnet, daß die grundlegenden mathematischen Beziehungen oder Vorstellungen durch die bei den Problemen auftretenden Nebenerscheinungen erweitert werden, Nebenumstände, die oft geradezu entscheidend sind und ohne deren Berücksichtigung keine Voraussage

möglich ist mit einer Genauigkeit, wie sie die heutige Technik erfordert; oder es wird in das eigenständige Problem ein neuer Gedanke hineingetragen aus einer anderen Technik, was zu gänzlich neuen und fruchtbaren Erkenntnissen führt, wie z. B. bei der Vereinigung von Thermodynamik und Strömungslehre in der Gasdynamik. Es kommt dann zu technischen Forschungen und Entwicklungen auf Grenzgebieten. In dieser Bearbeitung der Grenzgebiete zweier Techniken liegt wohl auch letztlich die Wurzel für das teamwork, das heute um so notwendiger und umfassender wird, je mehr verschiedene Techniken sich überschneiden, oder je mehr sich die Technik mit anderen Wissenschaften wie Physik oder Chemie berührt; ja, man kann sagen, je mehr sich die Technik wieder mit der Physik oder Chemie durchsetzend vereint.

Es ist für mich als Thermodynamiker reizvoll, dies an einigen Entwicklungslinien der Thermodynamik zu erläutern, die auch für die Kältetechnik von Wichtigkeit sind.

Auf Grund der Ansätze von Navier-Stokes und Fourier bzw. auf Grund von Vorstellungen über die Bewegung und Impulsänderung von Teilchen haben Nusselt und Prandtl die Probleme der Wärmeübertragung soweit geklärt, daß für die Lösung technischer Probleme grundsätzlich die mathematischen Möglichkeiten vorhanden sind. Damit ist der Schlußpunkt hinter die klassische Periode dieses Forschungszweiges gesetzt. Es ist nun Aufgabe der nicht mehr klassischen Forschung, die Grundlagen zu ergänzen in bezug auf die störenden Nebenerscheinungen. Es sei hier an die Fülle der technisch-wissenschaftlichen Literatur erinnert, in der die Grundgedanken und Grundbeziehungen von Nusselt und Prandtl weiter ausgebaut wurden, um auch verzwickten Fällen des Wärme- und Stoffaustausches gerecht zu werden, z. T. mit einem mathematischen Aufwand, wie er früher nur in der theoretischen Physik üblich war. Hierher gehören beispielsweise die Probleme der Kondensation, der Verdampfung, der Reifbildung, des Wärmeüberganges bei nicht ausgebildeter Strömung und viele Probleme der nicht stationären Wärmeleitung.

Ein anderer Zweig der Thermodynamik, an dem sich die angedeutete Entwicklung der kältetechnischen Forschung zeigen läßt, sind die thermodynamischen Prozesse der Kälteerzeugung. Praktisch alle auch in der modernen Kältetechnik verwendeten Prozesse sind bereits in der klassischen Thermodynamik behandelt. Sie wurden dort zuweilen beiseite geschoben mit der Bemerkung, daß eine Umsetzung in die Praxis unwirtschaftlich sei. Hierzu gehört auch der Kaltgasprozeß, der schon in allen klassischen Lehrbüchern der Thermodynamik behandelt wurde, aber bis vor noch nicht allzu langer Zeit lediglich dazu diente,

das Arsenal an thermodynamischen Übungsaufgaben an den technischen Hochschulen in einer dem Dozenten willkommenen Weise zu vermehren. Heute spielt dieser Prozeß bei der Kälteerzeugung eine wichtige Rolle. Dabei sind allerdings neue Gedanken aus einem anderen Zweig der Thermodynamik hineingetragen worden, die das Berechnen eines solchen Prozesses mit den Ansätzen der klassischen Thermodynamik nicht mehr gestatten. Erst dadurch wurde der Prozeß ein technischer Erfolg.

Ähnlich ist es mit dem Peltier-Effekt, der als physikalisches Phänomen bereits 1834 entdeckt wurde. Was wäre eigentlich näherliegend gewesen, als diesen Effekt, der eine direkte Umsetzung elektrischer Energie in Kälteleistung unter Umgehung maschineller Hilfsmittel gestattet, zur Kälteerzeugung zu verwenden? Die klassische Forschung hat mit einer im Jahre 1912 erschienenen Arbeit von Edmund Altenkirch das Wesentliche erkannt. Aber erst vor wenigen Jahren gelang es im Zusammenhang mit der auf einem ganz anderen Gebiet liegenden Forschung über Halbleiter diesen Effekt technisch auszunutzen, weil erst auf diese Weise die Materialien mit passenden Eigenschaften aufgefunden wurden.

Wenn man — selten zwar, aber doch hier und dort — aus kältetechnischen Kreisen die Meinung äußern hört, die Kältetechnik sei bereits etwas abgeschlossenes Ganzes, und es könne bestenfalls nur noch in der Forschung Kleinarbeit von Epigonen geleistet werden, so ist diese Ansicht höchstens richtig, was den abgerundeten klassischen Teil kältetechnischer Forschung anbelangt. Aber der klassische Rahmen ist bereits gesprengt und eine große Anzahl neuer und lohnender Forschungsarbeiten harret der Bewältigung. Will man auch hier zu einer Analyse vordringen, so betrachtet man die anfallenden Aufgaben am besten unter gewissen generellen Gesichtspunkten.

Der erste ist der thermodynamische Gesichtspunkt, wobei ich bitte, das Wort „thermodynamisch“ nicht zu eng auslegen zu dürfen. Ich möchte darunter auch physikalische und chemische Probleme mit verstanden wissen, soweit sie im Rahmen der Kältetechnik irgendwie thermodynamisch infiziert sind.

Gewisse Probleme wie Wärme- und Stoffaustausch, Kaltgasmaschine und Peltier-Effekt habe ich bereits kurz gestreift. Sie sind jedoch nur Stichworte für ganz große Fragenkomplexe. Das klassische Kältemittel Ammoniak — das Kältemittel spielt in der Kältemaschine eine ähnliche Rolle wie der Wasserdampf in der Dampfmaschine — wird heute vielfach durch die von der Chemie dargebotenen chlorierten und fluorierten Kohlenwasserstoffe ersetzt. Dies verlangt eine umfassende

Grundlagenforschung, die sich von der experimentellen bzw. theoretischen Ermittlung der thermischen Eigenschaften dieser Stoffe bis in die Theorie der Mehrstoffgemische erstreckt, wenn man das für den Betrieb von Kältemaschinen sehr entscheidende Verhalten der Schmieröl-Kältemittelgemische studiert.

Die Umsetzung der aus der klassischen Zeit bekannten Prozesse zur Kälteerzeugung unter -100° bis zu Temperaturen der Luftverflüssigung hat eigentlich gerade erst begonnen, und die Kälteerzeugung bei ganz tiefen Temperaturen steckt noch völlig in den Anfängen. Die technische Anwendung tiefster Temperaturen beginnt sich mit neuen Forschungsaufgaben bereits abzuzeichnen.

Betrachtet man die kältetechnische Forschung vom maschinell-apparativen Gesichtspunkt, so bietet gerade der eben erwähnte Fragenkomplex der Erzeugung tiefster Temperaturen Anlaß, den Wirkungsgrad der Maschinen und Apparate zu verbessern, denn damit steht und fällt die Möglichkeit wirtschaftlicher Kälteerzeugung in diesem Temperaturgebiet. Es kommt hinzu die Ausgestaltung der Apparate, die die Kälte ihrem Verwendungszweck zuführen, und die Frage der Kälte Träger, d. h. der Stoffe, mit deren Hilfe die Kälte an den Verwendungsort transportiert werden kann. Die Fragen der Beanspruchung des Konstruktionsmaterials und der Arbeits- und Hilfsstoffe durch chemische Einwirkungen und durch die teils höheren, teils tiefen Temperaturen, denen diese Materialien ausgesetzt sind, bedürfen noch sorgfältiger Untersuchungen ebenso wie die Stoffe und Methoden zur Eindämmung der Kälteverluste.

Ohne Zweifel steht ein großer Teil der Kältetechnik im Dienst der Lebensmittelfrischhaltung und deshalb erhebt sich wohl mit Recht die Frage, ob und inwieweit dieses Gebiet der kältetechnischen Forschung zuzuordnen ist. Man wird verlangen müssen, daß die Kälteingenieure oder doch der Teil dieser Ingenieure, der Kälteanlagen für die Frischhaltung von Lebensmitteln bearbeitet, sich über die biologischen Fragen, die hier eine Rolle spielen, einmal orientiert hat. Der Forschungsträger sollte indessen hier die Lebensmitteltechnik sein. An sich ist das Gebiet der Lebensmitteltechnik sehr umfangreich und die Lebensmittelfrischhaltung wiederum nur ein Teil dieses Gesamtgebietes. Aber die Frischhaltung ist nicht nur durch Kälte, sondern auch durch andere nicht kältetechnische Methoden möglich, die wirtschaftlich ebenso wichtig sind wie die Kältekonservierung. Ich möchte daher glauben, daß die Frischhaltung der Lebensmittel durch Kälte als ein Zweig der Lebensmitteltechnik angesehen werden muß. Die Kältetechnik sollte hier die Rolle einer Dienerin übernehmen und die Forderung der Lebensmitteltechnik ihrerseits so gut wie möglich zu erfüllen trachten.

Ich möchte an dieser Stelle nochmals einen Gedanken aufgreifen, der eingangs schon kurz gestreift wurde. Es war bereits darauf hingewiesen, daß sich in bezug auf die Temperaturskala die Kältetechnik zwischen der Umgebungstemperatur und dem absoluten Nullpunkt abspielt, also etwa einen Bereich von 300° umfaßt. Nun ist aber die Temperaturskala, mit der wir normalerweise zu rechnen pflegen, etwas Willkürliches. Es ist eine Folge tiefgründiger Naturgesetze, daß sich dem Forscher bei der Annäherung an den absoluten Nullpunkt immer wachsende Schwierigkeiten in den Weg legen. Der Forscher, der die Erreichung des absoluten Nullpunktes erstrebt, ist einem Wanderer vergleichbar, der ein unendlich fernes Ziel zu erreichen sucht. Es gibt eine Temperaturskala, die dieser Tatsache Rechnung trägt und dem absoluten Nullpunkt die Temperatur „minus unendlich“ zuschreibt. Sie wird die logarithmische Temperaturskala genannt. Wenn also vorher gesagt wurde, daß sich die Kältetechnik in der üblichen Temperaturskala über einen Temperaturbereich von 300° erstreckt, dann werden wir nach dem vorher Gesagten nicht erwarten können, daß sich dabei lediglich Erscheinungen und Veränderungen der Materie zeigen, wie sie z. B. zwischen 0° und 300° eintreten. Denn dieser Bereich ist, gemessen an der thermodynamisch richtigeren logarithmischen Temperaturskala, nur ein Bruchteil des Temperaturbereiches, in dem sich die Kältetechnik abspielt. Man wird vielmehr mit viel tiefergehenden, überraschenderen und — ich möchte fast sagen — bestürzenderen physikalischen Erscheinungen rechnen müssen, die auf die Kältetechnik ausstrahlen und von ihrer Forschung bewältigt und verarbeitet werden müssen. Diese Erscheinungen werden sich häufen, je näher wir dem absoluten Nullpunkt kommen. Ich erinnere dabei z. B. an die elektrische Supraleitfähigkeit, die Supraflüssigkeit und den sogenannten Schall zweiter Art. Alle diese Erscheinungen gehören auch zur kältetechnischen Forschung, wenn auch hier, wie immer, die Physik erst einmal gründliche Vorarbeit leisten muß und bereits geleistet hat.

Die Analyse, die wir im Vorstehenden bezüglich des Umfanges der Kältetechnik und ihrer Forschungsaufgaben gegeben haben, hat gezeigt, daß die Kältetechnik ein sehr komplexes Gebiet ist. Die maschinentechnische und apparative Seite setzt eine gründliche Kenntnis fast aller Zweige des Maschinen- und Apparatebaues voraus. Die Berührungspunkte mit anderen technischen Gebieten macht die Kältetechnik z. T. zu einer Grenzgebiet-Technik, die eine gewisse Kenntnis der Nachbargebiete beim Kältetechniker ebenfalls voraussetzt. Der Umfang der notwendigen Forschung mit ihren mannigfaltigen Problemen, mit den physikalischen Erscheinungen, insbesondere im Tieftemperaturgebiet, erfordert auch auf kältetechnischem Gebiet qualifizierte In-

genieure mit den notwendigen physikalischen, chemischen und mathematischen Kenntnissen, um diese Dinge nicht nur zu verstehen, sondern um die Entwicklung auch voranzutreiben. Die Ausbildung gerade der vorwärtsstrebenden Ingenieurgruppe ist Aufgabe der Technischen Hochschule. Eine moderne kältetechnische Ausbildung wird von diesen Ingenieuren verlangen müssen, daß ihnen der gesamte Umfang der Kältetechnik geläufig ist und daß sie sich auf dem gesamten Gebiet zurechtfinden.

Hier hat die Kältetechnik dieselben Forderungen anzumelden, die immer wieder auch von anderen Techniken erhoben werden, daß nämlich die Technischen Hochschulen mehr noch als bisher von ihren Absolventen den Nachweis ausgedehnter mathematischer und physikalischer Kenntnisse verlangen. Denn diese Kenntnisse, die dem Ingenieur erst die Möglichkeiten eröffnen, die Entwicklung der Technik in ihrer heutigen komplizierten Form voranzutreiben, unterscheiden den Hochschul- vom Fachschulingenieur. Ich bitte mich nicht mißzuverstehen. In der Gegenüberstellung von Hochschule und Fachschule liegt kein Werturteil. Aus meiner langen industriellen Tätigkeit weiß ich die Stärken der Absolventen einer Fachschule wohl zu schätzen. Aber für Stellungen, die spekulatives Denken erfordern, ist doch der Hochschulingenieur der geeignete, und dafür sollte er vorgebildet sein. Es scheint mir fast bedenklich, daß man häufig Stellenangebote von Firmen liest, die für eine bestimmte Position einen Hochschul- oder Fachschulingenieur suchen. Ein Hochschulingenieur, der eine solche Stellung annimmt, muß sich doch fragen, ob der finanzielle und zeitliche Aufwand für sein Studium wirklich gerechtfertigt war. Von seiten der Industrie ist ein solches Inserat entweder ein Zeichen von Gedankenlosigkeit oder von Kritik an der Hochschulausbildung.

Man mag nun den Einwand machen, daß ein technisch interessierter Schüler auch nach bestandem Abitur noch nicht weiß, wie weit er schärferen Anforderungen des mathematischen Denkens gewachsen ist und ob er zur Ausbildung eine Fach- oder Hochschule bevorzugen soll. Das zeigt sich indessen auf der Hochschule schon nach verhältnismäßig kurzer Zeit, und man sollte schon so frühzeitig ein Sieb einschalten, daß der Übergang an eine Fachschule ohne Zeitverlust möglich ist. Auf diese Weise ergibt sich auch zwangsläufig eine Steuerung der Besucherzahl der Hochschulen, wenigstens in den höheren Semestern, wobei dann jedoch die Fachschulen erheblich weiter ausgebaut werden müßten.

Der große Umfang der Kältetechnik mit ihren mannigfaltigen Problemen könnte dazu verführen, ein Spezialstudium z. B. gleich nach dem Vorexamen einzuführen. Zergliedert man indessen alles, was zur

Lehre der Kältetechnik gehört, so findet man, daß das meiste in seinen Grundlagen schon im allgemeinen Unterricht der Hochschule vorhanden ist. Die klassischen Prozesse zur Kälteerzeugung einschließlich der Probleme des Wärme- und Stoffaustausches werden bereits in den für alle Maschinenbauer pflichtgemäß zu besuchenden Vorlesungen über Thermodynamik vermittelt. Für Verdichter und Entspannungsmaschinen, die in der Kältetechnik eine wesentliche Rolle spielen, bestehen Vorlesungen über Kolben- und Strömungsmaschinen. Die apparative Ausbildung von Wärmeaustauschern und Rektifizieranlagen, letztere von besonderer Bedeutung für die Tieftemperaturtechnik, wird in den Vorlesungen über Apparatebau behandelt, und biologische Grundkenntnisse im Zusammenhang mit der Lebensmittelfrischhaltung können in Vorlesungen über Lebensmitteltechnik erworben werden. So kann gewissermaßen gleich einem Mosaik alles an Grundkenntnissen aus allgemeinen Vorlesungen zusammengefügt werden, was für einen Kältetechniker wesentlich ist, und die eigentlichen kältetechnischen Vorlesungen werden gleichsam nur zu einer Klammer, die in einem über ein Jahr reichenden, etwa dreistündigen Vertiefungskursus — man sollte den Ausdruck Spezialvorlesung vermeiden — die bereits erworbenen Grundkenntnisse für die Belange der Kältetechnik und ihre Problematik zusammenfaßt. Dazu gehört ein wohlausgerüstetes Institut, um experimentelles Arbeiten zu ermöglichen.

Die Vertiefungsvorlesungen sollten überhaupt weniger die Aufgabe haben, Spezialisten auszubilden, als vielmehr dem Studierenden die Möglichkeit zu geben, die Problematik eines bestimmten Zweiges der Technik gründlich kennenzulernen und d a r a n, nicht so sehr d a r i n, wissenschaftliches Arbeiten zu üben. Auf diese Weise gibt man dem Studenten die Möglichkeit, flexibel zu bleiben, denn kein Studierender wird in der Regel bis zum Übertritt in die Praxis entscheiden können, auf welchem Gebiet der Technik er später arbeiten wird, und man bildet so der Industrie Ingenieure heran, die sich vermöge ihrer gründlichen Ausbildung in den fundamentalen Dingen schnell in alle Probleme einarbeiten können. Niemals wird es möglich sein, daß auch ein die Hochschule verlassender Spezialist sofort in der Industrie vollwertig eingesetzt werden kann. Die speziellen Kenntnisse muß die Industrie selbst vermitteln und sollte dies auch mit Sorgfalt tun.

Welche Vorlesungen sollen nun die Klammer bilden, die das Mosaik zusammenhält, aus dem sich die Kältetechnik formt? Sollen diese Vorlesungen mehr den Charakter der Verfahrenstechnik oder der Maschinentchnik aufweisen? Ohne Zweifel ist die Kältetechnik sehr maschinentechnisch durchsetzt, aber gerade die maschinentechnischen Dinge gehören zu den Grundlagefächern, die der Studierende des Ma-

schinenbaues ohnehin hört. Andererseits ist besonders in der chemischen Industrie und in der Tieftemperaturtechnik der kältetechnische Teil mit dem verfahrenstechnischen oft so verfilzt, daß die Behandlung des einen ohne Kenntnis des anderen kaum möglich ist. Schon das einfache Beispiel der Zerlegung der Luft in Sauerstoff und Stickstoff zeigt, daß hier das Ausgangsprodukt selbst als Kältemittel oder Kälte erzeugender Stoff dient, und die Rektifikation der Luft bei den hier notwendigen tiefen Temperaturen ist geradezu ein Musterbeispiel der Kombination kältetechnischer, thermodynamischer und verfahrenstechnischer Probleme.

Demgemäß sollten die Hörer einer kältetechnischen Vertiefungsvorlesung so weit in einer verfahrenstechnisch gefärbten, stark auf die Anwendung ausgerichteten Thermodynamik unterrichtet werden, daß sie die Verfahren der Kälteerzeugung in dem ganzen Bereich der kältetechnisch wichtigen Temperaturskala in ihren Berechnungsmethoden und in ihrem grundsätzlichen schematisch-apparativen Aufbau kennenlernen. Eine weitere Vorlesung kann dann das Betriebliche und Projektierende behandeln. So ist gerade die Kältetechnik ein Beispiel dafür, daß auch eine sehr umfangreiche und vielseitige Technik mit verhältnismäßig wenigen Vertiefungsvorlesungen auskommt und trotzdem dem Studierenden ein abgerundetes Bild gegeben werden kann. Es kommt dabei also weniger auf die Zahl der kältetechnischen Vorlesungen an als auf eine gute Auswahl und zweckmäßige Einordnung des Lehrstoffes in die technischen Grundvorlesungen. Versuchen wir es also, stets das Grundsätzliche zu betonen und dafür zu sorgen, daß es voll verstanden wird, dann ergeben sich die zusätzlichen Dinge von selber.

Man spricht heute immer wieder viel von der Universitas und versucht mit Recht, soweit es irgend möglich ist, sie auch an den Technischen Hochschulen aufrecht zu erhalten. Es gibt aber auch etwas, was ich paradox eine begrenzte Universitas nennen möchte, eine Universitas der Technik. Wer schon von Beginn seines Studiums ab allzusehr einem zu einseitigen Endziel zustrebt, wird dieser technischen Universitas nie teilhaftig werden und es fehlt ihm zum Führer das Wesentlichste, die Übersicht. Hermann Föttinger, der bekannte Strömungstechniker, ist ein Beispiel dafür, wie wenig maßgeblich eine Spezialisierung ist. Er, als ausgebildeter Elektrotechniker, hat Bahnbrechendes auf dem Gebiet der Strömungstechnik geleistet. Und ist denn das ein Wunder? Ob man sich als Elektrotechniker mit dem elektrischen und magnetischen Feld, als Strömungstechniker mit dem Strömungsfeld oder als Thermodynamiker mit dem Temperaturfeld befaßt — stets sind es doch die gleichen Vorstellungen und die gleichen mathemati-

schen Werkzeuge, die für die Bearbeitung dieser Fragen maßgebend sind. Bemühen wir uns also auf der Hochschule, unseren Studenten den notwendigen Überblick über die großen Zusammenhänge und das grundlegende wissenschaftliche Rüstzeug zu vermitteln, aber auch von ihnen eine gründliche technisch-wissenschaftliche Arbeit zu verlangen! Dann werden wir wirkliche Diplomingenieure ausbilden, die an sich selbst mit Befriedigung feststellen, daß ihre lange, mit schwerer Arbeit verbundene Studienzzeit ihnen eine höhere Schau vermittelt, die sich in jeder Hinsicht lohnt. Und auch die Industrie wird finden, daß diese Diplomingenieure auf selbständigem Posten nicht nur Routinearbeit leisten, sondern die technische Entwicklung vorwärtstreiben können, als reine Forscher oder auch als Leiter eines Betriebes. Die Industrie wird mit diesen Ingenieuren zufrieden sein, auch die Kälteindustrie.

B 9066, 0

