

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 70 (1952)  
**Heft:** 10

**Artikel:** Ausbildung in Apparatebau und Kältetechnik  
**Autor:** Grassmann, P.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-59569>

#### 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:** 14.01.2026

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

beckens und von bogenförmigen Mauern an beiden Ufern künstlich verstärkt. Das notwendige Quergefälle und die sich daraus ergebende Kolkwirkung vor der Einlaufschwelle des Vorbeckens als wesentliche Voraussetzung für eine geschiebefreie Fassung konnte durch eine starke Verengung des Durchflussquerschnittes des Flusslaufes vor dem Wehr (Abbiegung des oberen Endes der Leitmauer, Bilder 10 und 11) erreicht werden.

Wie bei den Anlagen an der Massa verhindert auch hier eine Tauchwand den Eintritt von Geschwemmsel in die Fassung. Das Geschwemmsel wird über eine besondere Schütze abgeleitet, unter der eine Grundablasshütze für die Spülung der Vorkammer angeordnet ist. Direkt hinter der Tauchwand liegen fünf Absetztrichter mit individueller Spülmöglichkeit, so dass allfällig mitgeführter Kies und grober Sand ausgeschieden werden, Bild 10.

Mit Rücksicht auf die beim Niedergang von Huáicos starke Konzentration von suspendiertem Sand und Schlamm im Wasser wurde auch das Problem der Entsandung modell-

mässig untersucht. Diesen Versuchen diente ein von Ingenieur Boner in Peru für die Andenflüsse entwickelter Sandfang als Grundlage. Er besteht aus mehreren aneinandergereihten Absetztrichtern mit Einzelspülmöglichkeit. Vor allem handelt es sich darum, die für die Spülung günstigste Form der Absetztrichter und die Vorgänge beim Ausspülen der mit Sinkstoffen gefüllten Trichter abzuklären. Unter normalen Betriebsbedingungen werden die Trichter intermittierend gespült. Nur bei grosser Konzentration von suspendiertem Material bleiben die Spülsschützen der ersten zwei bis drei Trichter, in denen der weitaus grösste Teil der Sinkstoffe anfällt, ständig leicht geöffnet.

Die Kontrollen, die während der Hochwasserperiode 1950/51 an der fertig erstellten Fassung durchgeführt wurden, haben die am Modell gemachten Beobachtungen in vollem Umfange bestätigt. Es zeigte sich auch in diesem Falle, dass auf Grund der Modellversuche ein Bauwerk geschaffen werden konnte, das in jeder Betriebslage einwandfrei funktioniert und die Erwartungen voll befriedigt.

## Ausbildung in Apparatebau und Kältetechnik

Von Prof. Dr. P. GRASSMANN. Antrittsvorlesung, gehalten am 27. Oktober 1951 an der ETH, Zürich

DK 378.962:621.56 (494)

Vor einem Jahr wurde an der Eidgenössischen Technischen Hochschule ein Lehrstuhl für kalorische Apparate und Kältetechnik errichtet. Ich möchte im Folgenden Inhalt und Ziel dieses neuen Ausbildungsgangs und meine persönlichen Ansichten über die Ingenieurbildung im allgemeinen darlegen.

Zunächst sei erwähnt, dass es sich bei der Kältetechnik nicht nur um das sehr vielfältige Gebiet der mässig tiefen Temperaturen handelt, wie sie besonders für die Konservierung von Lebensmitteln gebraucht werden, sondern dass sie darüber hinaus auch die Technik der Luft- und Gasverflüssigung sowie der Zerlegung dieser Stoffe umfasst, ein Gebiet, das gleichzeitig von der Physik und von der Technik her erschlossen wurde. Am gleichen Tag konnten nämlich der Physiker Cailletet und der Ingenieur Pictet der Pariser Akademie melden, dass ihnen die Verflüssigung des Sauerstoffs gelungen sei (1877). Seitdem hat die Technik der Gaszerlegung besonders durch die Arbeiten von C. v. Linde und George Claude grosse wirtschaftliche Bedeutung erlangt. Heute harrt wieder ein Gebiet der technischen Erschliessung, das allerdings die Physiker schon seit über 40 Jahren gut durchforscht haben. Es ist das Gebiet der tiefsten Temperaturen, die nur mit Hilfe des flüssigen Heliums zugänglich sind.

Neben der Kältetechnik sollen Theorie und Konstruktion der kalorischen Apparate behandelt werden. Darunter versteht man zunächst alle jene Apparate, in denen Wärme von einem Stoff auf einen anderen übertragen wird, also Wärmeaustauscher, Verdampfer, Kondensatoren und dgl., besonders dann, wenn diese Wärmeübertragung nicht zum Zwecke der Energieerzeugung, sondern z. B. zur Stofftrennung dient, wie das bei Destillations- und Rektifikationsprozessen der Fall ist. Solche Verfahren werden allgemein in der chemischen Industrie, im besonderen bei der Erdölverarbeitung, dann aber auch in der Salinenteknik, bei der Herstellung von Zucker und in anderen Zweigen der Nahrungsmittelindustrie angewendet. Man macht sich im allgemeinen keine zutreffende Vorstellung, welch hohe Bedeutung der industriellen Weiterverarbeitung der Lebensmittel zukommt. Sie nimmt z. B. unter den verarbeitenden Industrien in USA mit über 6,5 Mrd Dollar nach der Gruppe Stahl — Eisen — Rüstung die zweite Stelle ein und übertrifft damit sowohl die gesamte Maschinenindustrie (6,2 Mrd) wie auch die Automobilindustrie (4,9 Mrd). Soweit es sich bei dieser Lebensmittelverarbeitung nicht um chemische oder biologische Fragen handelt, oder wie bei der Verpackungsindustrie um Angelegenheiten des reinen Maschinenbaus, stehen Verfahren wie Verdampfung, Eindickung, Trocknung oder Extraktion im Vordergrund, also Verfahren, die uns in diesem Zusammenhang interessieren.

Neben den genannten Gebieten hat die Klimatechnik grosse Bedeutung erlangt. Es sind nicht nur hygienische Anforderungen oder steigender Komfort, die sich im Wunsch nach einem mit künstlichen Mitteln behaglich gemachten, stets gleichmässigen Klima ausdrücken; vielmehr hat sich gezeigt, dass hierdurch in vielen Fabrikationsbetrieben die Leistung sowie die Gleichmässigkeit und Qualität der Erzeugnisse beträchtlich gesteigert werden können.

In engem Zusammenhang mit den kalorischen Apparaten stehen die Maschinen zum Zerkleinern, Sieben, Sichten usw. Man spricht von Verfahrenstechnik und versteht darunter die Einrichtungen für alle oben erwähnten Prozesse. Die Werte und Energien, die hier umgesetzt werden, sind sehr gross. Besonders wichtig für den Ingenieur ist der Umstand, dass die Umsetzungen im ganzen Gebiet oft noch mit sehr grossen Verlusten an Verarbeitungsgütern und Energien verbunden sind. In Deutschland sollen nach Schätzungen allein an Fleischwaren 120 bis 200 Mio DM infolge ungeeigneter Lagerung zu Grunde gehen<sup>1)</sup>, und in anderen Ländern wird es im Durchschnitt kaum besser sein. Als anderes Beispiel sei angegeben, dass der energetische Wirkungsgrad bei allen Verfahren der Zerkleinerung häufig nur 1 %, in günstigen Fällen etwa 1 % beträgt.

Das Gebiet der Verfahrenstechnik ist sehr gross, vielseitig und noch wenig ingenieurmässig durchgearbeitet. Nur die Kälte- und Tieftemperaturtechnik wird in Spezialfirmen auf Grund wissenschaftlicher Forschung sorgfältig gepflegt und hat einen Stand erreicht, der mit demjenigen der Technik der Kraftmaschinen vergleichbar ist. Im Apparatebau behaftet man sich bis um die Jahrhundertwende mit vererbten Handwerkrezepten von Kupferschmieden und mechanischen Werkstätten; nur selten standen Erfahrungszahlen zur Verfügung. Die Apparate wurden entweder in den Schlosserwerkstätten der verarbeitenden Industrien nach Angaben der Chemiker oder der Betriebsfachleute hergestellt oder einer kleineren Firma zur Ausführung nach Muster oder Handskizzen übergeben. Nur ausnahmsweise konnte sich ein Ingenieur oder ein Chemiker eingehender mit den tatsächlich sich vollziehenden physikalischen Vorgängen befassen und die Konstruktionen dementsprechend durchbilden. Als aber mit dem Anwachsen der chemischen Industrie und der Industrie der Nahrungs- und Genussmittel auch die einzelnen Apparaturen immer grösser wurden, da verlangte ihre konstruktive Durchbildung gebieterisch das volle Können von auch in der Theorie bewanderten Ingenieuren. Denn mit der Grösse der Apparaturen wuchsen die Anforderungen an ihre Festigkeit, und der Übergang zu sehr hohen oder sehr tiefen Temperaturen, zu hohem Druck oder zu Vakuum liess sich nur durch wohlgedachte Konstruktionen ermöglichen.

Eine den Bedürfnissen entsprechende Förderung des Apparatebaus konnte aber erst eintreten, als auch von den Hochschulen aus die Schaffung eines entsprechenden Ausbildungsgangs anerkannt wurde. Dabei beschritt man in Deutschland und in Amerika, d. h. in den beiden vornehmlich an dieser Entwicklung interessierten Ländern, verschiedene Wege. In den USA war es nämlich vor allem die Erdölindustrie, die die Entwicklung vorantrieb. Die hier zu lösenden, rein chemischen Probleme waren verhältnismässig einfach. So schuf man das Berufsbild des «chemical engineer», der Chemiker und Konstrukteur in einer Person sein sollte. Sicher ist das ein schönes Ziel, das dem amerikanischen Bestreben, das Studium nur nach praktischen Gesichtspunkten auszurichten, weitgehend entgegenkam. In Deutschland entwickelten sich dagegen die Chemie der organischen Farb-

<sup>1)</sup> VDI Nachrichten vom 11. 8. 51. S. 5.

stoffe und Arzneimittel. Der in diesen Betrieben arbeitende Chemiker muss sein Fachgebiet voll beherrschen, um den schwierigen Problemen der organischen Chemie gerecht zu werden. Ihm blieb im allgemeinen nur wenig Zeit, sich nebenher mit Fragen des Maschinenbaus zu befassen. Hierfür wurde ihm ein Maschineningenieur zur Seite gestellt. So hat man z. B. in den Betrieben der früheren IG Farbenindustrie parallel zur Organisation der chemischen Abteilungen eine Organisation der technischen Abteilungen geschaffen, die in manchen Betrieben nahezu einen Drittel der gesamten Belegschaft umfassen.

In der Schweiz hat man, wie in Deutschland, diese Trennung zwischen dem Chemiker oder auch Chemieingenieur, bei dem aber der Schwerpunkt der Ausbildung auf dem Gebiet der Chemie bleibt, und dem Konstrukteur, der als Maschinenbauer ausgebildet ist, durchgeführt. Man erkannte, dass nur durch eine wirklich gründliche Ausbildung in dem jeweils gewählten Hauptfach die Grundlagen für eine Bewährung in der Praxis geschaffen werden können. Wenn es auch möglich wäre, durch Verlängerung des Studiums den Lehrstoff aus beiden Wissensgebieten zu vermitteln, so bliebe doch immer noch die Schwierigkeit, Menschen zu finden, die für diese beiden recht verschiedenartigen Gebiete begabt sind.

Gewiss, jeder Schnitt bringt seine Härten mit sich; die Natur um uns und auch die von der Technik gestaltete Natur bildet ein einheitliches Ganzes. Aber der Mensch muss sich Grenzen setzen, um ein überschaubares Feld vor sich zu haben. So scheint die Grenze sinnvoll gezogen, wenn auf der einen Seite der Apparatebauer steht, der die Apparatur konstruiert und sich über die Kräfte, die in ihren Konstruktions-teilen wirken, Rechenschaft gibt, auf der anderen Seite der Chemiker, der mit diesen Apparaten arbeitet und weiß, welche Reaktionen sich in ihrem Inneren abspielen. Auf der einen Seite steht der Konstrukteur, der die Kältemaschine baut, auf der anderen der Nahrungsmittelchemiker oder Biologe, der ihm sagt, welche Bedingungen für die Konservierung eingehalten werden müssen, auf der einen Seite der Ingenieur, der die Klimaanlage baut, auf der andern der Physiologe und Hygieniker, der die günstigsten Umweltbedingungen für den Menschen feststellt.

Aber auch nach dieser Trennung bleibt das Teilgebiet des Apparatebaus oder der Verfahrenstechnik noch unüberschaubar gross. Es gibt Tausende von Verfahren, die angewendet werden, um all die endlos vielen Produkte herzustellen, derer das moderne Leben bedarf, von den Eindampfprozessen zur Gewinnung von Zucker und Salz zur Destillation von Erdöl oder Alkohol, vom Trocknen der Milch bis zum Trocknen von Torf, vom Kühlen, Gefrieren, Destillieren und Sublimieren zur Zerlegung und Verflüssigung von Luft und Gasen. Unüberschaubar wäre die Mannigfaltigkeit, wollten wir jedem einzelnen dieser Erzeugnisse auf seinem Weg vom Naturprodukt zum Fertigprodukt nachgehen, unüberschaubar wie die Zahl der verschiedenenartigen Maschinen in unserem Maschinenzweitalter oder wie die Zahl der chemischen Verbindungen, und gross ist die Gefahr der Zersplitterung, besonders im Unterricht. Aber hier wie dort hilft der gleiche Kunstgriff, um diesen Sachbestand zu ordnen: Die Erkenntnis, dass diese Vielfalt sich zurückführen lässt auf wenige Elemente, aus denen alle Verfahren aufgebaut werden können. Es waren erstmals Lunge und Berl, die hier in Zürich von 1893 an systematisch diese Grundverfahren untersuchten, ein Gedanke, der dann insbesondere in den USA weiter gepflegt und zu der Lehre von den «unit operations» entwickelt wurde. Solche Grundverfahren sind z. B. das Zerkleinern, das Sieben und Sichten, ferner vor allem die Verfahren der thermischen Behandlung von Stoffen: Erwärmern, Verdampfen und Verflüssigen, Komprimieren von Gasen und die Verfahren der Stofftrennung, wie Destillieren und Rektifizieren. Aus diesen Grundverfahren heraus können nun Gebiete wie das der Kältetechnik, der Trockentechnik, der Klimatechnik entwickelt werden. Denn ein Kälteprozess ist ja nichts anderes als die Kombination eines Kompressions-, eines Verflüssigungs- und eines Verdampfungsvorganges, wozu bei den Absorptionsmaschinen noch Vorgänge der Stofftrennung und Stoffvereinigung treten. Natürlich bedient sich die Natur selbst vieler dieser Grundverfahren; so werden z. B. durch Sedimentation oder Kristallisation die Bestandteile der Erdkruste getrennt. Selbst der so komplexe Vorgang der Rektifikation könnte sich in Spalten und Klüften im Erdinnern abspielen, in denen heiße Dämpfe

nach oben steigen und sich an den kälteren Wänden kondensieren. Auf diese Weise lässt sich vielleicht die überraschend hohe Reinheit mancher Mineralien erklären.

Durch Einführung dieser Grundverfahren war eine übersichtliche Gliederung der Tatsachenfülle möglich. Es war wie der Schritt von der Vielzahl der Maschinen zu den Maschinen-elementen, wie der Schritt von der beschreibenden Tier- und Pflanzenkunde, die sich in der Vielfalt der Geschöpfe zu verlieren drohte, zur Biologie, die den einzelnen Lebensfunktionen nachgeht. Man hatte damit aber auch die Möglichkeit, neben die chemische, stoffgebundene Betrachtungsweise, die sich für die Wandlungen eines bestimmten Stoffes innerhalb der einzelnen Verfahrensschritte interessiert, die physikalische Betrachtungsweise zu stellen, die sich nicht für den Stoff, sondern für den Vorgang interessiert. Während also der Chemiker das Verfahren der Luftzerlegung in das Kapitel der technischen Gewinnung des Sauerstoffs einordnet, wird man es vom Standpunkt der physikalischen Grundverfahren aus aufgliedern in einen Kompressions-, einen Wärmeaustausch- und einen Zerlegungsvorgang (Rektifikationsvorgang). Jedes dieser Grundverfahren wird man aber nicht nur in seiner Anwendung auf die Luftzerlegung, sondern für einen beliebigen Stoff betrachten. Dieser Standpunkt entspricht dem des Ingenieurs, denn auch für ihn ist es zunächst gleichgültig, ob Luft oder ein anderes Gas komprimiert wird, ob eine Mischung von Sauerstoff und Stickstoff oder von Wasser und Alkohol getrennt werden soll. Auch in der industriellen Entwicklung trug man diesem Einteilungsprinzip weitgehend Rechnung. Während früher einzelne Werke etwa die Gesamtapparatur für eine Zuckerraffinerie oder eine Saline lieferten, spezialisieren sie sich in neuerer Zeit mehr auf einzelne Grundverfahren, also z. B. auf den Bau von Mischern oder Zentrifugen oder Destillationsanlagen, die aber dann jeweils für beliebige Verwendungszwecke geliefert werden.

So haben die Grundverfahren zwar die Uebersicht über das weite Tatsachenmaterial wesentlich erleichtert, aber dieses Material bleibt dennoch für den Unterricht zu gross. Unüberschaubar gross ist auch die in Lehrbüchern, Handbüchern, Zeitschriften, Patentschriften und Bulletins zerstreute Fachliteratur. Wird doch die Zahl der auf der Erde erscheinenden Fachzeitschriften auf 50 bis 60 000 beziffert<sup>2)</sup>! Und nur über das einfache Problem der Schraubensicherung gibt es über 800 deutsche Patentschriften und wohl kaum weniger in anderen Ländern. Wohl ist ein grosser Teil des in der Fachliteratur enthaltenen Stoffes nicht von allgemeinem Interesse, vieles davon ist nicht neu oder an mehreren Stellen vorhanden. Aber immer noch bleibt eine überaus reiche Stofffülle zu studieren, wenn Neues und Besseres geschaffen werden soll. Auch die Zusammenfassung des Wissensstoffes unter übergeordnete Gesetze kann hier nur zum Teil helfen. Freilich ist etwa die gesamte Elektrodynamik in den Maxwellschen Gleichungen in nuce enthalten; aber um sie anzuwenden, muss man doch immer wieder auf die gerade für den speziellen Fall gültigen Gesetze zurückgreifen.

Soll das Studium noch mehr unterteilt, noch mehr spezialisiert werden? Aber gerade der von der Hochschule kommende Ingenieur soll ein Ganzes schaffen, in dem die einzelnen sich oft widersprechenden Forderungen zu einem harmonischen Ausgleich gebracht sind. Wird aber jede dieser Forderungen von einem anderen Spezialisten vertreten, so tritt anstelle der stillen Ueberlegung die Sitzung eines «Teams». Freilich, man wird diesen Weg oft gehen müssen, und es ist gut, zur Arbeit in der Gemeinschaft zu erziehen, wie das in England z. B. in hohem Grade durch den Mannschaftssport erreicht wird.

Es wäre möglich, eine katalogartige verflachte Uebersicht über das gesamte Gebiet zu vermitteln. Dies wäre aber gerade in den höheren Semestern gefährlich. Es könnte leicht dazu verleiten, dass der fertige Diplomingenieur auch auf das schwierigste technische Problem eine ähnlich einfache Antwort bereithält, wie man sie in Zukunftsromanen lesen kann. Konstrukteur wird man nur, wenn man einige Aufgaben wirklich von den Grundlagen aus bis zur fertigen Konstruktion durchdenkt. Edison sagte einmal: «Erfindungen sind zu 1% Inspiration, zu 99% Transpiration.» Die gute Idee allein nützt noch nichts, es muss der Fleiss dazukommen, das Betrachten der unzähligen Kleinigkeiten. Jeder, der in der Praxis steht, weiß, dass es gerade die unzähligen Kleinigkeiten sind, die

<sup>2)</sup> VDI Nachrichten vom 20. 10. 51, S. 8.

etwa bei einer Inbetriebsetzung immer wieder Schwierigkeiten machen können, nicht die schon bei der Konstruktion genügend beachteten prinzipiellen Probleme. Man vergleicht das Konstruieren gelegentlich mit dem künstlerischen Gestalten. Dieser Vergleich trifft nur dann zu, wenn man an das Gestalten eines Meisters denkt, der auch jeder Kleinigkeit Beachtung schenkt. Er darf aber nicht dazu führen, dass man mit dem einen Prozent Inspiration das Werk vollenden will.

Um einen Weg für die Ausbildung zu finden, wollen wir an einen Ausspruch Grashoffs denken: «Die von der Schule gewährte wissenschaftliche Ausbildung soll nicht allein den Anfängen der Technik in ihrer augenblicklichen Entwicklungsphase, sondern möglichst bis zu dem Zeitpunkt genügen, in welchem der von ihr gebildete Techniker nach einem Menschenalter von der Bühne seiner Tätigkeit abtreten wird.» Diese Forderung scheint zunächst sehr schwer zu erfüllen. Wer weißt, was die Menschheit in diesem schon von so vielen Zukunftsromanen besungenen Jahr 2000 treiben wird? Werden wir bis dahin noch die Kohle in Dampfkraftwerken verbrennen, oder wird die bisher erst im Laboratoriumsmassstab mögliche unmittelbare Erzeugung elektrischer Energie im Brennstoffelement möglich sein? Werden wir bis dahin unmittelbar die Sonnenenergie nutzen können, die uns in günstigsten Fällen fast  $1 \text{ kW/m}^2$  bringen könnte, so dass die Wüste Sahara zu einem begehrten Wirtschaftsgut würde? Werden wir die Gezeitenkräfte nutzen können, womit man in Frankreich begonnen hat, oder die Erdwärme, wie im Kraftwerk Landarelo in der Toskana? Werden wir unsere Messinstrumente im flüssigen Helium baden und uns die Erscheinung der Supraleitung nutzbar machen? Oder werden wir Messinstrumente bauen, die in der Nähe des absoluten Nullpunktes arbeiten und so durch das thermische Rumoren der Materie nicht mehr gestört werden? Wer kann das wissen? Eines aber wissen wir: Dass auch dann noch die Naturgesetze gelten werden, dass wir auch dann noch die Natur nach den selben Grundsätzen für uns arbeiten lassen können, dass auch dann noch ähnliche Gedankengänge wie heute zu einer vernünftigen Konstruktion führen werden.

Hier haben wir also einen Schatz, den wir dem jungen Ingenieur mit auf den Weg geben können. Man kann zwar einwenden, dass die Naturgesetze wohl erhalten bleiben, aber dass sich die Kenntnis dieser Gesetze mit dem Fortschreiten der Forschung wandelt. Aber wenn auch die Forschung vorstösst ins unendlich Ferne — ins Weltall —, ins unendlich Kleine — die Welt der Atome und Atomkerne —, ins unendlich Komplizierte — jenes Grenzgebiet zwischen Biologie und Physik —, so wird doch die Technik in der wohtdurchforschten Mitte der menschlichen Größenordnungen bleiben, und selbst wer ein Atomkraftwerk konstruiert, wird dabei zu 95 % auf den schon lange bekannten Naturgesetzen aufbauen und nur an ganz wenigen, allerdings entscheidenden Punkten die Ergebnisse der modernsten Physik berücksichtigen müssen. Zu diesen aber wird er gerade dann den Zugang finden, wenn er die wesentlichsten der bisher bekannten Gesetze verstanden hat.

So werden also die uns heute bekannten Naturgesetze noch lange für den Ingenieur von Wert sein. Sie werden in Form von Gleichungen vom Erzeuger — dem Physiker — dem Verbraucher, dem Ingenieur übergeben. Mit ihrer Hilfe muss er die Welt nach seinem Willen gestalten, muss neben die wirkliche Welt von heute die mögliche Welt von morgen setzen. Er muss wissen, welche physikalischen Erkenntnisse diese Gleichungen enthalten, er muss überlegen, welche technischen Möglichkeiten er aus ihnen herausholen kann, unter welchen Voraussetzungen sie gelten und ob er nicht eine oder mehrere dieser Voraussetzungen umgehen kann. Er muss bei einer Konstruktion aber auch Unzulänglichkeiten von Material und Bedienungsmannschaft bedenken. All dieses Gestalten und Ueberlegen setzt aber eine plastische Anschauung der sich abspielenden Vorgänge voraus. So muss jede Gelegenheit benutzt werden, ins Innere der arbeitenden Maschine zu schauen, um immer wieder zu prüfen, ob die Vorstellungen, die man sich von den Vorgängen gemacht hat, auch tatsächlich der Wirklichkeit entsprechen. Auch die unanschaulichen Gesetze der Thermodynamik müssen durch immerwährende Uebung allmählich selbstverständlich werden. Dies ist allerdings gerade bei der Thermodynamik besonders schwierig, da etwa der Begriff der Entropie immer nur auf eine Vielzahl unabhängiger Teilchen bezogen werden kann und uns jedes

Einfühlungsvermögen in einen solchen Ameisenhaufen fehlt. Da aber die Notwendigkeit einer thermodynamischen Schulung ausser Frage steht, müssen ihre Gesetze durch immer neue Anwendungen erläutert werden, wobei sich dann immer wieder die technische Verwirklichung des betreffenden Gedankens anschliessen muss. Hierfür bietet gerade die Kältetechnik vielseitige und lohnende Möglichkeiten. Manche logische Ungenauigkeit, die bei der Behandlung von Wärmeproblemen nicht ans Tageslicht kommt, springt bei der Kältetechnik in die Augen, da hier die in Frage kommenden Größen anderes Vorzeichen haben.

Die Kältetechnik kann aber auch in anderer Hinsicht ein Vorbild sein. Besonders die Tieftemperaturtechnik, wie sie etwa bei der Gasverflüssigung und -zerlegung gebraucht wird, war von je gezwungen, eine bis auf die Spitze getriebene Wärmeökonomie zu treiben. Muss man doch, um 1000 Kalorien von  $-190^\circ \text{ C}$  auf normale Kühlwassertemperatur zu «heben», 5 bis 8 kWh aufwenden, während man die selbe Wärmemenge für Raumheizzwecke mit der Wärmepumpe schon mit  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{5}$  kWh aus der Umweltwärme herbeischaffen kann. Jede Konstruktion muss sorgfältig durchdacht werden, da zur Vermeidung langer Anfahrzeiten die Apparatur so leicht wie möglich gebaut werden muss. Bei der Kleinkälteindustrie ist auf vollständige Automatisierung und eine den technisch nicht gebildeten Laien ansprechende Konstruktion zu achten.

Schliesslich haben wir noch jenes technisch kaum erschlossene Gebiet der Temperaturen nahe dem absoluten Nullpunkt, in dem im Verlauf der letzten 20 Jahre so zahlreiche merkwürdige Erscheinungen entdeckt wurden, dass man mit Sicherheit seine technische Erschliessung voraussagen kann. Hier finden wir für viele Zwecke geradezu ideale Bedingungen vor. Der elektrische Widerstand zahlreicher Metalle ist auf Null abgesunken, Störerfeekte, die bei hohen Temperaturen jede empfindliche Messung vereiteln, sind auf  $\frac{1}{100}$  oder  $\frac{1}{1000}$  zurückgegangen. Ja, es wurde schon vor vielen Jahren die Vermutung ausgesprochen, dass in diesem Temperaturgebiet alles reversibel verlaufe, also dem Ideal der Thermodynamik entspreche<sup>3)</sup>.

Zusammenfassend möchte ich sagen, dass es nicht möglich sein wird, dem Studenten auch nur ein einigermassen vollständiges Wissen über dieses vielgestaltige Gebiet des Apparatebaues und der Kältetechnik zu vermitteln. Es können nur einzelne Teilgebiete herausgegriffen werden; in diesen muss aber dann der ganze Weg von den theoretischen Grundlagen her, also von Strömungslehre und Thermodynamik kommand, bis zu der ausgereiften Konstruktion gegangen werden. Rechnung und konstruktive Aufgaben werden so zum Beispiel, zur Schulung des Könness. Aber die Fähigkeit, Wissen zu erwerben, die Fähigkeit, konstruieren zu können, ist wertvoller als das Wissen selbst, wertvoller als die Kenntnis der besten heutigen Konstruktion. Lassen wir uns auch hier von der Natur leiten: Auch die Eiche vermag der Eichel nicht die Nährstoffe mitzugeben, die sie als Baum braucht, aber sie gibt ihr die Fähigkeit mit, aus den Nährstoffen des Bodens Neues aufzubauen.

<sup>3)</sup> Vergl. dazu P. Grassmann, «Kältetechnik» 2 (1950) S. 183/87 und 3 (1951) S. 308/311.

## Von der ersten Trans-Andenbahn DK 625.1 (82 u. 83)

Zwei Eisenbahlinien führen von Buenos-Aires über die Anden nach den chilenischen Städten Antofagasta bzw. Santiago. Von einer dritten zwischen Bahia und Valdivia ist die eigentliche Bergstrecke Zapala-Temuco über den nur etwa 1360 m hohen Icalma-Pass erst projektiert. Diese für Argentinien außerordentlich wichtigen Bahnen sind nicht nur direkte Verbindungen zwischen dem Atlantischen und dem Grossen Ozean, sie erschliessen zudem die gebirgigen Randzonen der Anden, wo die Flüsse längst nicht mehr schiffbar sind. Das argentinische Eisenbahnnetz mit einer Gesamtlänge von 42 000 km weist zu 57 % Breitspur von 1,676 m auf; nur 7 % sind normalspurig und 36 % besitzen Meterspur. Während die Nordtraversierung Salta-Antofagasta mit Scheitelhöhe 4475 m über Meer nach normaler Bauzeit im Jahre 1948 in Betrieb kam<sup>1)</sup>, hat die direkte, etwa 1000 km lange Bahnverbindung der beiden Landeshauptstädte Buenos-Aires und

<sup>1)</sup> SBZ 1948, Nr. 48, Seite 669.