

Öffentliche Sitzung

der

K. Akademie der Wissenschaften.



Zu Ehren Seiner Königlichen Hoheit des Prinzregenten, ihres hohen Protektors,

wird die K. Akademie der Wissenschaften Samstag den 16. November vormittags 11 Uhr eine öffentliche Sitzung halten.

Nach einleitendem Vortrag des Präsidenten der Akademie, Geheimen Rates Dr. von Heigel, und nach Verkündigung der neuen akademischen Wahlen wird das ordentliche Mitglied der mathematisch-physikalischen Klasse, Geheimer Rat, Professor Dr. Carl v. Linde, die Festrede halten über

„Physik und Technik auf dem Wege zum absoluten Nullpunkte der Temperatur“.

Der Zutritt zu dieser öffentlichen Sitzung steht jedermann frei.

München, 10. November 1912.

K. B. Akademie der Wissenschaften.

431

Öffentliche Sitzung

zu Ehren Seiner Königlichen Hoheit
des Prinz-Regenten

am 16. November 1912.

Aussprache v. Heigels

[enthalten im Jahrbuch 1912, S. 103 ff.,

01/A 450-1912/13]

Öffentliche Sitzung
zu Ehren Seiner Königlichen Hoheit des
Prinz-Regenten

am 16. November 1912.

Der Präsident der Akademie, Herr K. Th. von Heigel, eröffnete die Festsitzung mit folgender Ansprache:

Wir stehen noch heute unter dem schmerzlichen Eindruck, den das Ableben Ihrer Königlichen Hoheit, Frau Prinzessin Ruprecht, im ganzen Bayerland hervorgerufen hat. Edelste Abstammung, Jugend, Schönheit, Geist und sittliche Größe vermochten nicht abzuwenden, daß ihren Tagen ein jähes Ende gesetzt wurde. Es steht mir nicht zu, dem tiefgebeugten Gatten, unsrem allverehrten Ehrenmitglied, Trost zu spenden; ich möchte ihn nur ehrerbietig an das schöne Wort erinnern, womit in Goethes Natürlicher Tochter der Sekretär den verzweifelnden Fürsten aufzurichten sucht:

„O möchte doch das Viele, das dir bleibt
Nach dem Verlust, als Etwas dir erscheinen!“ —

Die außerordentliche Sitzung, zu welcher wir uns heute vereinigt haben, gilt der Huldigung für unsren ehrwürdigen Landesherrn. Mit innigen Wünschen für sein Wohlergehen verbinden wir den Dank für die Fürsorge, die er allen gemeinnützigen Einrichtungen des Landes zuwendet. Dank dieser Förderung durch die Staatsregierung, die, unsre Unternehmungen als ihre eigenen betrachtend, tatkräftige Hilfe spendet, ohne in die Selbständigkeit und Freiheit der wissenschaftlichen Unternehmungen störend einzugreifen, nahmen die Arbeiten in unsren Sammlungen und Instituten, soweit es bei dem fast

überall peinlich fühlbaren Raummangel möglich war, rüstigen Fortgang.

Vom neuen botanischen Garten sind wichtige Teile bereits dem Unterricht dienstbar gemacht. Die binnen Jahresfrist zu erwartende Vollendung wird einen ehrenvollen Sieg der scientia amabilis bedeuten. Umstellungs- und Neuordnungsarbeiten in großem Stil werden zur Zeit in den naturwissenschaftlichen Sammlungen im Wilhelminum durchgeführt. In der mineralogischen Sammlung wird die sogen. Lagerstätten- und Gesteinskollektion aufgestellt. In der paläontologischen Sammlung sind besonders große Veränderungen vorgenommen worden. Die Säugerskelette sind in neuen Räumen untergebracht, wobei man die Erfahrung gemacht hat, daß gerade die großen Schaustücke in beschränkteren Räumen weit stärker wirken, als in großen Hallen, z. B. die Skelette der neuerworbenen Höhlenbärenfamilie aus der von Professor Schlosser beschriebenen Tischofenhöhle im Kaisertal, des Urkameels aus Nebraska, des mächtigen Nashorns mit zwei Hörnern ebenfalls aus Nordamerika und anderer. Von nicht minder hohem wissenschaftlichen Wert sind die unscheinbaren, von Baron Stromer und Markgraf aus der libyschen Wüste ausgegrabenen Urwalreste. Es wäre dringend zu wünschen, daß den beiden Forschern die Fortsetzung ihrer mühevollen, aber lohnenden Arbeit ermöglicht würde. Auch die Fische, Amphibien und Reptilien, darunter die zahlreichen von Professor Broili aus Texas mitgebrachten Originale, wirken in ihrer übersichtlicheren und systematischeren Ordnung wie neuer Besitz. Besonders ein Ophthalmosaurus wird allgemeines Interesse erregen. Ich brauche nicht erst zu erwähnen, daß in allen Sammlungen neben den Bemühungen für Vermehrung und bessere Nutzbarmachung der Bestände die eigentliche Forschungsarbeit zur Förderung der Naturerkenntnis nicht vernachlässigt wird.

Die neue allgemeine geologische Sammlung wird zur Zeit von Professor Rothpletz in dem früheren alpinen Saal aufgestellt. Sie bildet gewissermaßen eine Einleitung zur Geologie, zeigt u. a. die Entstehung der Gesteine durch Anhäufung von

Tierresten, die verschiedenen Arten der Versteinerung usw. In einem ehemals dem Münzkabinett als Flur dienenden Raum ist die bayerische außeralpine Sammlung bereits untergebracht; in den Sälen des früheren Münzkabinetts wird die Geologie der Alpen zur Anschauung gebracht werden.

In der anthropologisch-prähistorischen Sammlung ist die somatisch-anthropologische Abteilung zur Aufstellung gebracht und für den Besuch des Publikums eröffnet worden. Sie umfaßt ein großartiges, von keiner andern Sammlung übertroffenes Material an Schädeln und Skeletten, soweit es für die Beurteilung der Rassen von Belang ist, und außerdem Ausgrabungsfunde, die nicht bloß für das vorgeschichtliche Bayern, sondern für die paläolithischen Kulturen im allgemeinen charakteristisch sind.

Auf dem Gebiet der Geisteswissenschaften hat die Akademie — die erste Anregung ist von unserem verehrten Kollegen Kuhn ausgegangen! — ein wissenschaftlich wie vaterländisch bedeutsames Unternehmen in Angriff genommen. Sie ist mit der Wiener Akademie in engste Verbindung getreten zu gemeinsamer Schöpfung eines Bayerischen Wörterbuches in größtem Stil.

Die bayerische Mundart ist ja im wesentlichen in allen Gruppen des bajuwarischen Stammes lebendig geblieben. Auch feine Dialektnuancen sind, wie der Österreicher Nagl versichert, jenseits des Inns und im Alpenland verständlich, und die bayerischen Sprüche, Volksliedchen und Schwänke bringen auch dem Österreicher „durchaus anheimelnde Bilder aus der eigenen Erfahrung vor Augen“. Die Schwesterinstitute werden sich in die Aufgabe in der Weise teilen, daß in Wien und München je eine aus den Akademikern gewählte Kommission den Wortschatz der einzelnen Stammesstämme und Landschaften sammelt und bearbeitet nach einem gemeinsamen Plan, dessen Grundsätze von einer aus österreichischen und bayerischen Gelehrten gebildeten Doppelkommission bereits festgesetzt sind und noch des weiteren ergänzt oder nötigenfalls berichtigt werden sollen.

Von der bayerischen Kommission werden gleichzeitig auch

die übrigen im Königreich gesprochenen Mundarten bearbeitet, mithin auch ein fränkisches und ein rheinpfälzisches Idiotikon geschaffen werden, wobei durch zweckmäßige Organisation zu erreichen sein wird, daß die Mitarbeiter der einzelnen Abteilungen sich in geeigneter Weise wechselseitig unterstützen.

Mit der Sammlung des Wortschatzes sollen auch folkloristische Ermittlungen Hand in Hand gehen; es sollen die Sitten und Bräuche, Trachten, Sagen, Sprichwörter, Bauernregeln usw. in den Kreis der Forschung hereingezogen werden. Auch ein Sprachatlas und ein mundartliches, zur Feststellung der lautphysiologischen Gesetze trefflich zu verwendendes Phonogrammarchiv sind geplant. Da uns die K. Staatsregierung und die Volksvertretung mit ausreichenden Mitteln ausgestattet haben, — auch von dieser Stelle aus möchte ich für diesen Beweis weitsichtiger Munifizienz wärmsten Dank aussprechen! — können wir uns der Hoffnung hingeben, daß mit dem geplanten Werk, wie ein verständnisvoller Gönner des Unternehmens in der zweiten Kammer gesagt hat, „etwas Großes und für Bayern Ehrenvolles geschaffen wird“.

Ich fühle mich außerstande, auf Wesen und Wachstum der Mundarten näher einzugehen. Ich müßte mich ja dazu auf das schwierigste aller Probleme einlassen, auf den Ursprung der Sprache, ob *θέσει* oder *φύσει*, — der ganze Gegensatz der Geistes- und Naturwissenschaften ist in diesen beiden Schlagworten ausgesprochen! Den für mich allzu glatten metaphysischen Boden will ich also meiden, ich will nur in Kürze eine geschichtliche Übersicht über die Entwicklung der mundartlichen Forschung in unsrer Heimat zu bieten versuchen.

Umfassende Unternehmungen zur Förderung des Sprachstudiums gehörten von jeher recht eigentlich zu den Aufgaben der Akademien. Die ältesten italienischen Akademien waren ja im wesentlichen Sprachgesellschaften, die sich mit Untersuchung der Sprachgesetze und mit Anlage von Wörterbüchern zu beschäftigen hatten. Die nämliche Aufgabe wurde von Richelieu der französischen Akademie angewiesen. Im Geschäftskreis der Berliner Sozietät erscheint von Anfang an

neben den *res physico-mathematicae* und der *historia sacra et profana* auch die *lingua germanica*. Doch die Pflege der deutschen Sprache und Literatur konnte nur geringe Fortschritte machen, solange die Gelehrten sich fast ausschließlich der Sprachen des Altertums bedienten, und es wurde damit nicht besser, daß im achtzehnten Jahrhundert den lateinisch dozierenden Magister die *Académiciens* ablösten. Erst nach dem Tode Friedrichs des Großen wies der Kurator der Berliner Akademie, Graf Hertzberg, darauf hin, die Gelehrten möchten sich der ihnen vom Stifter übertragenen Obliegenheit wieder bewußt werden; habe doch die deutsche Sprache, während sie an den Hochsitzen der Wissenschaft noch immer als Aschenbrödel am Herd kauere, durch schöpferische Geister jetzt schon einen Grad von Reichtum, Reinheit und Kraft erlangt, der ihr vom großen Friedrich wohl gewünscht, aber nicht zugetraut worden sei. Allmählig nahmen sich denn auch die Gelehrten der deutschen Sprache eifriger an. Die grammatikalischen und lexikalischen Arbeiten der Adelung, Frisch, Schmidlin -- Lessings mannigfaltige Beiträge zur Wortforschung nicht zu vergessen! -- kamen aber nur der Schriftsprache zugute. Die Mundarten sollten nicht bloß, wie es sich -- im nationalen Interesse muß man sagen: glücklicherweise! -- schon herausgebildet hatte, für literarische Arbeit nicht mehr in Betracht kommen, sondern auch aus der Umgangssprache ausgemerzt werden. Ein Dekret der kurbairischen Regierung von 1765 zu Gunsten der „Excolier- und Auszierung der deutschen Muttersprache“ mahnt, daß auch in Bayern nur noch nach dem korrekten Vorbild und Beispiel andrer deutscher Staaten gesprochen und geschrieben werden möge. Der Berliner Akademiker Gedicke erklärte, die verschiedenen Dialekte seien, wie die Vielheit der Sprachen überhaupt, nur als ein notwendiges Übel anzusehen, und nur der Sprachforscher habe sich noch, wie man ja auch die altitalischen Dialekte nicht außer acht lasse, um das Patois des Pöbels zu bekümmern.

Doch zwanzig Jahre später, als auf den Grundlagen der bahnbrechenden Arbeit von Bopp, Jakob Grimm und Wilhelm

von Humboldt eine neue Sprachwissenschaft sich aufbaute, bahnte sich auch für die Mundarten ein wissenschaftliches Verständnis an.

Die Bedeutung mundartlicher Studien war schon weit früher zuerst von jenem deutschen Gelehrten erkannt worden, der nicht bloß alle Kenntnisse und Kräfte seines Zeitalters in sich vereinigte, sondern fast auf allen wissenschaftlichen Gebieten für die kommenden Jahrhunderte neue Pfade wies, von Leibniz. In den „Unvorgreiflichen Gedanken, betreffend die Ausübung und Verbesserung der deutschen Sprache“ gibt er dem Wunsche Ausdruck, es möge „ein eigen Buch vor alte und Landworte, ein Glossarium oder Sprachquell“ abgefaßt werden, und in einem Briefe an Fabricius rühmt er, daß ein Regensburger Gelehrter, Bürgermeister Prasch, mit einem bayerischen Glossar ein löbliches Beispiel gegeben habe, das hoffentlich bald in Schwaben und Franken Nachahmung finden werde.

Es ist gewiß kein Zufall, daß gerade in Bayern den Mundarten mehr Teilnahme zugewendet wurde, als anderswo. Es erklärt sich schon aus geschichtlichen Gründen. Von allen Stämmen, auf deren Vereinigung einst das Deutsche Reich gegründet worden war, gab allein noch der bayerische auf dem nämlichen Boden, wo er in grauer Vorzeit zuerst festen Boden gefaßt hatte, einem lebenskräftigen Staat den Namen. Unter dem Schutz eines festgefügtten Gemeinwesens blieben natürlich auch die Eigentümlichkeiten des Stammes, vor allem seine Sprache, lebensfähiger, als in andren Teilen des Reiches. Zwölf Jahrhunderte reichen seine bedeutsamen Sprachdenkmäler zurück. Diese Erscheinung mußte auch die Aufmerksamkeit der Forscher auf sich ziehen, und so fanden sich immer wieder Einzelne, die auf die Töne der Heimat lauschten und ihre Eigenart untersuchten. Auch der vielgeschmähte Berliner Nicolai erwarb sich ein Verdienst dadurch, daß er auf den Nutzen von Sammlungen der Provinzialismen nachdrücklich aufmerksam machte. Ebenso wurde von Heumann, Zaupser, Hübner, Westenrieder, Docen, Dellling u. a. die vaterländische Sprachkunde auf mancherlei Weise gefördert. Es fehlte aber ihrer

Forschung noch völlig die feste, historische Grundlage. Delling z. B. glaubte noch besonders rechtfertigen zu müssen, daß er in sein bayerisches Idiotikon auch Wörter aufnahm, die in Österreich und Tirol üblich seien.

Zu einer Wissenschaft wurde die Dialektkunde erst erhoben durch einen Mann, bei dessen Nennung jedem guten Bayern das Herz aufgehen muß, durch Johann Andreas Schmeller. Mein Lob entspringt nicht einer lokalpatriotischen Aufwallung. Der größte Sprachforscher der Deutschen, Jakob Grimm, sagt in einer für die Historische Kommission bestimmten Denkschrift, es berühre ihn, wenn er in München an so manchen Denkmälern vorübergehe, immer wieder schmerzlich, daß dem größten bayerischen Gelehrten, Schmeller, kein äußeres Zeichen der Dankbarkeit gestiftet worden sei. Freilich, Alexander von Humboldt — da taucht jener Gegensatz zwischen *θέσει* und *φύσει* vor uns auf! — fand es wunderlich, daß Grimm den Antrag stellte, einem Bibliothekar „wegen seiner vier Bände eines vortrefflichen bayerischen Wörterbuches“ den Orden *pour le mérite* zu verleihen!

Johann Andreas Schmeller war der Sohn eines armen Kürbenzäuners, eines Korbflechters, aus Tirschenreut an der Waldnaab. Schon den Knaben beschäftigte das Problem des Gegensatzes von Schrift- und Volkssprache. Es wurde ihm immer klarer, daß eine rechte und richtige Kenntnis der deutschen Sprache nicht möglich sei ohne gründliche Kenntnis der im Munde des Volkes fortlebenden „gemeinen“ Sprechweise. Schmeller wurde nacheinander Theologe, Mediziner, Pädagoge, Soldat, zuerst in Spanien, dann in Bayern, doch in allen diesen Stellungen setzte er sein Lieblingsstudium fort. 1815 rückte er als Oberleutnant im freiwilligen Jägerkorps ins Feld. „Ein denkwürdiges Bild!“ sagt Schröder, „dieser Jägerleutnant mit der Brille, der seinen Tacitus und Homer im Tornister mit sich führt, deutsche und französische Dialekte mit aufmerksamem Ohr studiert und bei allem patriotischen Eifer bereits ein geheimes Sehnen nach den Schätzen der Münchner Bibliothek niederkämpfen muß.“ Nach seiner Rückkehr leistete er diesem

Drang Folge. Mit dem ganzen Einsatz seines Wissens und Könnens und mit eiserner Beharrlichkeit arbeitete er sich, indem er die einschlägigen Fragen in ihrem gesamten Umfang sorgfältig untersuchte, zur vollen Klarheit durch. Man weiß nicht, ob man bei dieser Tätigkeit mehr den Fleiß bewundern soll oder den Scharfblick, womit er das organische Wesen der Sprache zu ergründen wußte. Das Glück wollte, daß auch Kronprinz Ludwig, der damals so recht den Mittelpunkt des geistigen Lebens in Bayern bildete, an Volkstum und Volkssprache lebhaftes Interesse nahm. 1816 gab er der Münchner Akademie den Wunsch zu erkennen, es möge ihm jemand empfohlen werden, der die in Bayern gesprochenen Mundarten zum Gegenstand grammatikalischer und lexikalischer Erforschung zu machen imstande wäre. Auf Vorschlag des Bibliothekars Scherer wurde nun auf Schmeller hingewiesen, und der Kronprinz setzte dem gelehrten Offizier aus seiner Privatkasse einen bescheidenen Gehalt aus, damit er die nötigen Reisen bestreiten konnte. Die Frucht der Wanderungen durch Bayern und der Ausbeutung zahlloser gedruckter und ungedruckter Quellen war das 1821 veröffentlichte Werk über die bayerischen Mundarten, „der erste Versuch einer historisch-geographisch-grammatischen Darstellung der deutschen Sprache, wie sie in einem beträchtlichen Teil Süddeutschlands noch lebendig ist“. 1827 folgte das Bayerische Wörterbuch, gewidmet Ludwig I., „dem großsinnigen Veranlasser dieses Werkes über Sprache, Art und Sitte seines Volkes“. Es waren damit zugleich ein großartig angelegtes Idiotikon über die in Stadt und Land gesprochenen Dialekte und ein Glossar über die in den älteren Schriften und Urkunden sich findenden Ausdrücke geboten. „Was ist, soll in dem, was war, und dieses in jenem seine natürliche Erklärung finden.“ Die Lösung der Aufgabe wurde von Jakob Grimm in heller Bewunderung gefeiert: „Schmellers Wörterbuch ist das beste, das von irgend einem deutschen Dialekt besteht, ein Meisterwerk, ausgezeichnet durch philologischen Scharfsinn, wie durch reiche, nach allen Seiten hin strömende Sacherläuterung, ein Muster für solche Arbeiten, von dem un-

wandelbaren Trieb seines emsigen, strebenden Geistes durchdrungen und belebt!“

Da drängt sich unwillkürlich die Frage auf: Ja, wenn Bayern ein so ausgezeichnetes Werk, zugleich Schatzkammer der Volkssprache und Bildersaal des mannigfaltigen Volkslebens, schon besitzt, — ist es da notwendig, ist es da schicklich, ein neues in Angriff zu nehmen? Verbietaet es nicht die Pietät gegen Schmeller, die Arbeit seines Lebens durch ein anderes Unternehmen ersetzen zu wollen?

Der Zweifel könnte um so berechtigter erscheinen, da in den jüngsten Tagen ein Wiederabdruck der zweiten, von Frommann besorgten, aber seit langem vergriffenen Auflage des Schmellerschen Wörterbuches erschienen und damit einem schmerzlich empfundenen Bedürfnis abgeholfen ist.

Trotzdem dürfte der neue Plan nicht als überflüssig oder pietätlos zu betrachten sein.

In der Wissenschaft gibt es keinen Stillstand, und kein Name, auch nicht der ehrwürdigste, darf als Grenzstein angesehen werden. Es handelt sich ja nicht darum, Schmellers Lebenswerk zu verdrängen, sondern es in würdiger Weise fortzuführen. Schmeller selbst wäre der Erste, der eine Fortsetzung und Vervollständigung gutheißen würde. „Sammlungen solcher Art“, sagt er im Vorwort seines Werkes, „wird man wohl nie als abgeschlossen ansehen dürfen; viel ist schon gewonnen, wenn sie nur einmal angelegt sind, alles Mögliche, wenn sie nicht ganz aufgegeben werden.“ Und auch König Ludwig sagte — wie ich der Biographie Schmellers von Oberstudienrat Nicklas entnehme — bei der Überreichung des Werkes: „Ja, so was wird nie fertig!“

Die Sprachforschung ist seit Grimm und Schmeller noch ein gutes Stück fortgeschritten. Zahlreiche Sprachdenkmäler der älteren Zeit sind seither in vervollkommenen Ausgaben erschienen, nicht wenige sind erst in neuerer Zeit ans Tageslicht gekommen. Auch unsre jüngste Dialektdichtung hat, wenn sie auch nicht an Hebel, Claus Groth und Fritz Reuter heran-

reicht, originelle und liebenswürdige Leistungen aufzuweisen, die für die Dialektforschung von Interesse sind.

Die mundartliche Forschung genießt heute überhaupt ein ganz anderes Ansehen, als zu Schmellers Zeit. Schmeller sah noch für geboten an, sich förmlich zu rechtfertigen, daß er einer provinziellen Sprache so viel Aufmerksamkeit widme. Freilich gebe es Kritiker, sagt er, die in diesem Punkt ein für allemal nicht zu bekehren sind, „die nun einmal gewohnt sind, das Wort und das geistige Leben von neun Zehnteilen eines Volkes neben dem eines zehnten Zehntels als gleichgültiges Nichts zu betrachten“.

Heute denkt der Fachmann, wie der gebildete Laie von den Mundarten richtiger und höher. Die Mundart ist ja recht eigentlich die Muttersprache. Gibt es denn ein köstlicheres, wertvolleres Gut?

Leider bin ich nicht imstande, plattdeutsche Verse zu sprechen; ich kann also nur erinnern an den herrlichen Lob-spruch auf „sin Moderspråk“, womit Claus Groth seinen Quick-born einleitet. Als frischen Born lebendigen Volkstums feiert Friedrich Theodor Vischer in den Lyrischen Gängen seine heimische Mundart:

„Wohl mir, daß ich im Land' aufwuchs, wo die Sprache
der Deutschen

Noch mit lebendigem Leib im Dialekte sich regt,
Milch der Mutter noch trinkt, noch quellendes Wasser am
Borne,

Vom Schulmeister noch nicht rektifiziertes Getränk.“

„Kennst du es ganz, das Gut, wenn in Einer Sprache sich
finden,

Sich empfinden, versteh'n sämtliche Stämme des Volks?
Kennst du des Gutes Wert? Er ist unendlich. Die Mundart,
Traulichem Lampenschein gleicht sie im wohnlichen Haus,
Aber die Sprache, sie gleicht der Königlichen, der Sonne,
Wie sie ins Offne hinaus Meere des Lichtes ergießt.“

Vischer rühmt sein Schwäbisch. Wir haben uns der bayerischen Mundart — ich spreche zunächst nur vom bayerischen Wörterbuch, weil sich die akademische Kommission mit ihm wohl zuerst zu beschäftigen haben wird — nicht zu schämen. Buffon hat gesagt: „Der Stil ist der Mensch!“ Man kann auch sagen: „Die Mundart ist der Stamm!“ Sie ist der zuverlässigste Zeuge der natürlichen Veranlagung, des Bildungsgrades, des Temperaments, des Charakters eines Stammes.

„Das baierische Volk“ schreibt Aventin, „ist etwas unfreuntlicher und ainmuetiger (einfacher, weniger gewandt, weniger umgänglich), also die (indem sie) nit vil außkommen, gern anhaims eralten, wenig Hantierung treiben“ usw. Ainmutig, derb, rauh ist auch die bayerische Mundart, aber kräftig und frisch wie Quellwasser in den Bergen. Der Berliner Gedicke verglich sie vor hundert Jahren mit dem dunklen, hochtönenden dorischen Dialekt. Ihr Wortschatz ist ebenso reich wie mannigfaltig. In überraschender Fülle bietet sie Ausdrücke der Liebe, der Zärtlichkeit, des Zornes, der Bewunderung, der Verwünschung, — so recht eine Sprache des Herzens und der Leidenschaft! Mögen auch die Wortbildungen und Redewendungen nicht immer aus der kastalischen Quelle geschöpft sein, so übertreffen sie doch an plastischer Anschaulichkeit häufig das hochdeutsche Analogon. Man schlage nur Aventins bayerische Chronik, Hundts Stammenbuch, Buchers Satiren und Schwänke auf! Statt des hochdeutschen „betrügen“ sagen Buchers Bauern „beluchsen“, statt „schmeicheln“ „fuchsschwänzeln“, statt „blitzen“ „himmelizen“ etc. In den Vergleichen sind sie meist glücklich: „hainbuchen“, „schmalzgut“, „bockbeinig“ etc., ebenso in den Bildern: „alle fünfe g'rad sein lassen“ statt „untätig sein“, „Bettelmanns Umkehr“ statt „schlechte Herberge“, „dichten, wie der Karpf im Vogelhäusl“ etc. In vielen Fällen hat der provinzielle Ausdruck, wie er sich im Mund des gemeines Mannes seit Jahrhunderten nur durch Überlieferung erhalten hat, vor dem Hochdeutschen den Vorzug des Wohllautes, fast immer den der Richtigkeit. Das Mundartliche steht neben dem Hochdeutschen, sagt Schmeller,

wie eine reiche Erzgrube neben einem Vorrat schon gewonnenen und gereinigten Metalles oder wie der noch ungelichtete Teil eines tausendjährigen Waldes neben einer Partie, die zum Nutzgehölz durchforstet ist. Die mundartlichen Sprachdenkmäler erfüllen den Einen, wie der Anblick von Bauresten aus grauer Vorzeit, mit Hochgefühl, während Andere sie freilich nur betrachten, wie die Bauern Italiens oder Griechenlands ihre Ruinen, d. h. mit dem Wunsche, sie aus dem Wege zu räumen.

Gerade in unsren Tagen haben Dichter, wie Gerhard Hauptmann, Frensen u. a. damit begonnen, häufiger als bisher aus der Fundgrube der Dialekte ausdrucksvolle Worte in die Schriftsprache herüberzunehmen. Man hat sogar schon die Befürchtung ausgesprochen, es könnte bei zunehmendem Streben der Mundarten nach schriftdeutschem Bürgerrecht die Ausbildung des Hochdeutschen Schaden leiden. Gewiß mit Unrecht. Haben doch die Griechen ihre Mundarten sogar in der Schriftsprache beibehalten! Diese Mannigfaltigkeit in der Einheit bildet gerade den Reiz in der Literatur der Griechen, d. h. jenes Vereins von Stämmen, von denen jeder zunächst seine eigentümliche geistige Kraft ausbildete, und dadurch mittelbar den Gesamtgeist.

Auf den Widerlagen Schmellers, aber immerhin nach neuem Grundriß soll der von uns geplante Neubau aufgerichtet werden. Auf zwei Wegen ist das Material zu beschaffen, durch unmittelbares Abhören vom Munde der Eingebornen und durch möglichst erschöpfende Heranziehung der Schriftquellen. Auf beiden Wegen wollen wir gleichzeitig vorwärts schreiten. Um aber die Mundart, wie sie in den verschiedenen Gauen auf der Gasse und bei der Feldarbeit, in der Spinnstube und in der Schenke zu hören ist, lauttreu festzuhalten und zugleich eine Auslese von Eigentümlichem und Volkstümlichem in Feldbau und Hantierung, bei Festen und Spielen, von Namensagen, Liedern, Legenden, Sprichwörtern usw. zu bieten, müssen wir unsre Landsleute selbst zu eifriger und treuer Mitarbeiterschaft gewinnen. Auch aus den entlegensten Ecken können nützliche Bausteine herbeigeschafft werden, und auch Kleinigkeiten ge-

winnen im Zusammenhang mit verwandten Erscheinungen Bedeutung.

Unser erster Appell hatte sich eines glänzenden Erfolges zu erfreuen. Nur auf eine Anzeige in den Tageszeitungen hin meldeten sich nahezu 400 Sammler, unter ihnen treffliche Schriftsteller und Künstler, aber auch Bauern und Knechte. Viele bekundeten ihren Eifer sogleich durch Mitteilung von volkstümlichen Redensarten und Versen; sogar ein umfangreiches, gut verwendbares Vokabular lief ein, das Oberpostmeister Karl von Gumpenberg in dreißigjähriger Arbeit für sich angelegt hatte.

Doch damit ist die Sache noch nicht getan. Wir müssen das ganze Land haben. Insbesondere die Geistlichen, die Ärzte, die Lehrer, die in lebendigem Verkehr mit dem ausschließlich die Sprache seiner Heimat redenden Dörpser stehen, können uns Bundesgenossen werden, um so wertvollere, je nachdem sie feines Gehör, natürliche Auffassungsgabe und nützliche Vorkenntnisse besitzen. Wir wenden uns an Alle mit dem Worte des Johannes Agricola, der schon im Jahre 1534 zu einem ähnlichen Unternehmen, zu einer Sammlung Teutscher Sprichwörter die allgemeine Hilfe seiner Zeit- und Landesgenossen erbat. „Dieweil es aber schwer ist, wil ich gebeten haben yedermeniglich, man wolte mir zu gute halten, ob ichs unterweilen nicht schnurgleich treffen wurde. Ja, ich will yedermeniglich bitten umb aller deutschen ehr und trew willen, es wolle zu disem wercke helffen, wer da könne, denn wir alle-sampt werden zu schaffen genug haben, auf daß wir Deutsche Sprach auffbringen.“

Es ist Gefahr auf Verzug, denn die echten, volkstümlichen Formen der Volkssprache werden von Jahr zu Jahr mehr abgeschliffen und verdorben. Seit der Gründung des Deutschen Reiches und der Einführung gesetzlicher Freizügigkeit hat ja die Mischung der deutschen Landsleute eine ungeahnte Ausdehnung gewonnen, und ebenso hat sich die Berührung der ländlichen Bevölkerung mit der städtischen vervielfacht. Es ist hohe Zeit, daß die Sprachforscher nach dem Beispiel der

Botaniker alles Nötige sammeln und prüfen und ordnen. Auch unser Wörterbuch hat alle diejenigen Aufgaben zu erfüllen, die Voltaire vom Dictionnaire der Pariser Akademie erfüllt sehen wollte. Voltaire verlangte, wie Condorcet mitteilt, daß „die Geschichte eines jeden Wortes vom Augenblick seines ersten Erscheinens bis zur Gegenwart verfolgt, daß alle im Lauf der Jahrhunderte wechselnden Bedeutungen, alle Auslegungen und Erklärungen geprüft und richtiggestellt werden. Als Zeugnisse des Wechsels und Wandels sollen immer vollgültige Beispiele geboten werden, nicht willkürlich herausgerissene Sätze, sondern ausreichende Stellen aus den Werken der wichtigsten Schriftsteller. Nur auf solche Weise wird man den literarischen und grammatikalischen Anforderungen Genüge leisten und die Ausländer, wie die Einheimischen mit den Feinheiten der Sprache bekannt machen“.

Dies alles gilt auch für uns. Eine schwere, aber nicht unlösliche Aufgabe. Vollständigkeit ist nicht erreichbar, muß aber angestrebt werden. Daß die Forschung bei uns auf den rechten Weg gewiesen wird, braucht nicht bezweifelt zu werden, da die ausführende Kommission Führer besitzt, die schon bisher erfolgreich bestrebt waren, die Wortforschung auf der Höhe einer wirklichen Wissenschaft zu erhalten.

So gehen wir denn rüstig ans Werk. Nur Liebe zum Vaterland und Liebe zur Wissenschaft gaben uns den Antrieb, — da dürfen wir wohl hoffen, daß dem großen Gedanken Schmellers von neuem eine fröhliche Urständ beschieden sein wird.

432

Physik und Technik auf dem Wege zum absoluten Nullpunkte der Temperatur.

Festrede

gehalten in der

öffentlichen Sitzung der K. Akademie der Wissenschaften

am 16. November 1912

von

Dr. Carl v. Linde

o. Mitglied der mathematisch-physikalischen Klasse.

München 1912.

Verlag der K. B. Akademie der Wissenschaften
in Kommission des G. Franz'schen Verlags (J. Roth).

Zu unseren deutlichsten und wirksamsten Sinneseindrücken gehören die Empfindungen von Wärme und Kälte. So verbinden wir mit dem Begriffe Temperatur sehr bestimmte Vorstellungen und sind gewöhnt, denselben innerhalb der uns zugänglichen Grenzen eine ziffermäßige Bezeichnung zu geben durch das von unseren Thermometern gegebene Maß. Als im 16., 17. und 18. Jahrhundert diese Meßinstrumente erfunden, ihre Skalen aufgestellt und deren Nullpunkte festgelegt wurden, mußten die Urheber derselben von willkürlichen Annahmen ausgehen und erst das 19. Jahrhundert hat die Vorstellung von einem absoluten Nullpunkte der Temperatur entwickelt.

Unsere Nerven beurteilen die Temperatur der Körper darnach, ob und in welchem Maße dieselben an der Berührungsstelle Wärme entziehen oder zuführen. Nach unserer Tastempfindung wäre als natürlicher Nullpunkt der Temperatur diejenige Temperatur aufzufassen, bei welcher an der Berührungsstelle Wärme von dem berührenden Körper weder aufgenommen noch an ihn abgegeben wird. Die physiologische Unsicherheit dieser Temperatur hätte dieselbe jedoch nicht als festen Ausgangspunkt geeignet erscheinen lassen können. Vielmehr mußten solche Temperaturzustände aufgesucht werden, welche mit voller Präzision festgelegt werden konnten und leicht realisierbar waren, wie der Gefrierpunkt des Wassers. Der so gewählte Nullpunkt scheidet nun die allgemeine Temperaturskala willkürlich in positive und in negative Wärmegrade.

Das organische Leben ist in der Tat in eine Temperaturzone gestellt, bei welcher nach der einen Seite Einwirkungen der Kälte,

nach der anderen solche der Wärme relativ enge Grenzen setzen, so daß die Scheidung der Wärmeerscheinungen in „kalt“ und „heiß“ von jeher für die Menschen ein Gegenstand drastischer Erfahrung war und zur Bekämpfung schädigender Einwirkungen herausforderte, wo die erträglichen Grenzen überschritten wurden. Vom Schutz gegen Kälte durch Kleidung und Wohnung ging der Mensch über zur künstlichen Beeinflussung der Temperatur durch das Feuer, dessen Überlieferung durch den Titanen Prometheus ja geradezu als Rettung des Menschengeschlechtes vom Untergang gepriesen war. Die Herrschaft, welche damit über ein weites Temperaturgebiet nach oben erlangt war, wurde die Grundlage unserer materiellen Kultur. Noch dehnt diese Herrschaft sich unablässig aus und erobert in unseren Tagen durch die Elektrotechnik und Thermochemie immer neue Gebiete.

Nicht in gleichem Maße wie gegen die Kälte machten es die Wärmeerscheinungen an unserer Erdoberfläche zur Notwendigkeit, Mittel zur künstlichen Beeinflussung der Temperatur nach unten hin zu schaffen. Aber nicht bloß der Zwang zu solcher Herabminderung der Temperatur fehlte, sondern auch die Einsicht in die naturgesetzlichen Erfordernisse hiezu und die Herrschaft über die zu ihrer Verwirklichung dienenden Vorgänge und Werkzeuge. Diese Einsicht und diese Herrschaft sind wesentlich erst im letzten Jahrhundert erlangt worden und erst dadurch ist der Zugang zu dem Gebiete der tiefen Temperaturen erschlossen und die Begründung einer Kältetechnik möglich geworden.

Nun mußte auch die Frage in den Vordergrund treten: Hat die Temperaturerniedrigung eine naturgesetzliche Grenze, gibt es einen absoluten Nullpunkt der Temperatur und wo liegt er?

Als vor sieben Jahrzehnten das naturwissenschaftliche Firmament erhellt wurde durch die Erkenntnis von der Erhaltung der Energie in ihren verschiedenen Gestaltungen und von dem Wesen der Wärme als einer dieser Energieformen, da ergaben sich deutliche Vorstellungen von den inneren Vorgängen, welche den Änderungen der Temperatur zu Grunde liegen und von der unteren Grenze solcher

Temperaturänderungen. Da Wärme und mechanische Arbeit in stets äquivalenten Mengen ineinander umgewandelt werden können, so war die Wärme als eine besondere Art mechanischer Energie anzusprechen und der in der Materie enthaltene und mit der Temperatur veränderliche Wärmeverrat nicht anders zu erklären als dahin, daß kleinste Teile der Materie sich in Bewegungen befinden, welche für unser Auge selbst mit den schärfsten optischen Waffen unfaßbar sind. Wohl mußte dieser Erklärung der Charakter der Hypothese verbleiben und es ist die große Geschwindigkeit für unser Fassungsvermögen befremdend, welche aus den entsprechenden Energiemengen sich errechnet. Allein schon haben wir durch die Radiologie molekulare Geschwindigkeiten kennen gelernt, welche von einer noch viel höheren Größenordnung sind, wobei auch zum ersten Male das Dasein jener unsichtbaren kleinsten Teile in der Wirkung einzelner ihrer Individuen sichtbar gemacht werden konnte. Auch vermögen wir bei der Materie in der Gasform jene Geschwindigkeiten meßbar und in voller Übereinstimmung mit jener Rechnung zu verwirklichen, wenn wir dieselbe aus einem Raume mit endlichem Drucke in einen evakuierten Raum ausströmen lassen. So begründet die Physik aus der Summe aller Beobachtungen und Überlegungen den Satz, daß die Temperatur eine Erscheinung und ein Maß der Bewegungen kleinster materieller Teile ist. Je höher die Temperatur, desto intensiver diese Bewegungen und umgekehrt. Daraus aber ergab sich die Folgerung: Der absolute Nullpunkt der Temperatur muß da liegen, wo die Bewegung der kleinsten Teile aufhört, wo dieselben in den Zustand vollständiger Erstarrung übergehen.

Wie tief dieser absolute Nullpunkt unter dem Gefrierpunkte des Wassers zu suchen sei, das war schon vor der eben dargelegten Erklärung aus den insbesondere von den französischen Physikern am Ende des 18. Jahrhunderts aufgestellten Gasgesetzen abgeleitet worden.

Wird ein vollkommenes Gas ohne Änderung des Volumens um 1°C abgekühlt, so nimmt sein Druck um $1/273$ des Druckes ab,

welchen es bei 0°C besitzt. Demnach mußte bei fortdauernder Abnahme der Temperatur und bei Fortdauer solcher Veränderlichkeit der Druck den Wert Null bei -273°C erreichen. Da der Druck eines Gases auf seine Wandungen als die Summe der Stoßkräfte anzusehen ist, welche die bewegten kleinsten Teile ausüben, so muß ja in der Tat gleichzeitig mit dem Aufhören der Bewegungen auch der Druck verschwinden.

Auf die Lage des absoluten Nullpunktes bei -273°C weist auch die Gesetzmäßigkeit vieler anderer Vorgänge, und es gibt dieser Festlegung die Gesamtheit aller damit zusammenhängenden Erfahrungen auf physikalischem und technischem Gebiete die Stellung eines Axioms, auf welches die ganze Thermodynamik sich stützt. Eine unmittelbare experimentelle Beglaubigung erscheint für immer ausgeschlossen, da alle Erwägungen zu dem Satze führen, daß die völlige Erreichung des absoluten Nullpunktes eine Unmöglichkeit ist, so daß nur von einer Annäherung an denselben gesprochen werden kann.

Die Darstellung derjenigen Schritte, welche Physik und Technik auf dem Wege zu solcher Annäherung getan haben, bildet nun den eigentlichen Gegenstand meiner heutigen Mitteilung.

Drei Stufen und Perioden lassen sich unterscheiden, in welchen das Gebiet der niedrigen Temperaturen von der Physik erschlossen und sodann von der Technik wirtschaftlich fruchtbar gemacht worden ist.

Erstmals konnte die Lösung der Aufgabe in Angriff genommen werden, als die Beziehungen zwischen Temperatur, Druck und Volumen der tropfbar und gasförmig flüssigen Körper erkannt und die mechanischen Mittel zu willkürlicher Veränderung von Druck und Volumen gefunden waren.

Wollen wir einem Körper Wärme entziehen, um ihn unter die Temperatur der umgebenden Körper abzukühlen, so ist nach unserer jetzigen Kenntnis der abzukühlende oder ein vermittelnder Körper zu einer Arbeitsleistung zu bringen, welche dem Energievorrat seiner kleinsten Teile entnommen wird und dieser Entnahme äquivalent ist.

Entweder muß bei der hiezu stets vorzunehmenden Volumenvergrößerung die innere Arbeit aufgewendet werden, welche zur Überwindung der die kleinsten Teile gegenseitig anziehenden Kräfte erforderlich ist — wie dies bei dem Übergang einer tropfbaren Flüssigkeit in die Dampfform geschieht, — oder es muß mechanische Arbeit nach außen hin abgegeben werden, wenn beispielsweise komprimierte Luft in einem Arbeitszylinder expandiert, oder wie in gewaltigem Maßstabe der Vorgang in unserer Atmosphäre fortwährend sich abspielt.

Begleiten wir eine Luftwelle, welche infolge eines Temperaturimpulses vom Boden aufsteigt. Die innerhalb eines Kubikmillimeters millionenfach aneinander anprallenden und mit vollkommener Elastizität sich abstoßenden Moleküle machen sich bei dem nach oben hin abnehmenden Luftdrucke Platz, die umgebenden Schichten verdrängend und zwar auf Kosten der ihnen innewohnenden, durch die Temperatur meßbaren Energie, welche etwa auf die Hälfte herabgesetzt ist, wenn der atmosphärische Druck auf $1/10$ gesunken ist. So erreicht schon der Luftschiffer bei dem Aufsteigen in das Luftmeer relativ tiefe Temperaturen. Könnten wir aber eine Luftwelle nach oben hin bis an den Rand der Atmosphäre begleiten, so müßten wir bei der Annäherung an unendlich kleinen Atmosphärendruck auch die Annäherung an den absoluten Nullpunkt finden. Die molekulare Energie ist dann durch Verdrängen benachbarter Luftteile völlig verausgabt und schließlich wird das nahezu energielose Molekül in labilem Gleichgewichte zwischen der Anziehungskraft der Erde und der vereinzelt schwachen Anstöße durch Nachbarmoleküle am Ufer des Weltraumes schweben.

Die erste Kältemaschine war vorhanden, als unter der Glasglocke der Guerikeschen Luftpumpe bei abnehmendem Drucke Wasser zur Verdampfung gebracht und seine Temperatur dadurch bis zum Gefrierpunkte erniedrigt wurde. Eine wirtschaftliche Verwertung dieses Arbeitsvorganges war wegen der bei so minimalem Drucke unmäßig großen Volumina des Wasserdampfes ausgeschlossen, bis später in

der Schwefelsäure ein Mittel zu ihrer Wegschaffung durch Absorption gefunden war und bis zunächst flüchtigere Flüssigkeiten an die Stelle des Wassers gesetzt wurden.

Von entscheidender Bedeutung war die Erfahrung geworden, daß die Temperatur, bei welcher eine Flüssigkeit verdampft, von dem Drucke abhängt, unter welchem sie steht. Für die Physik verknüpfte sich fortan das Problem der künstlichen Temperaturerniedrigung mit der Aufgabe, diejenigen Stoffe zu verflüssigen, welche bei gewöhnlicher Temperatur nur in der Gasform bekannt waren. Unter Faradays Führung gelang es in der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts, diese Gase durch Kompression bei erreichbarer Abkühlung in den flüssigen Zustand überzuführen mit Ausnahme der wenigen, welche jedem Drucke widerstrebend vorläufig den Charakter der Permanenz sich wahrten.

Die Technik wußte aus diesen Ergebnissen Nutzen zu ziehen, indem sie solche unter Druck verflüssigte Gase in Apparate einschloß und daselbst bei vermindertem Drucke und dadurch erniedrigter Temperatur unter Wärmeaufnahme vom abzukühlenden Körper verdampfen ließ, die entwickelten Dämpfe aber zu fortgesetztem Kreislaufe durch Kompressoren wieder verdichtete. So entstanden die ersten in England für industrielle Zwecke gebauten Äthyläthermaschinen, denen bald die Kaltluftmaschinen und in Frankreich die Ammoniakabsorptionsmaschinen folgten.

In dieser ersten — fast ganz ohne Beteiligung Deutschlands — bis etwa 1870 andauernden Periode waren somit bereits die drei Wege beschritten, auf welchen die Kältetechnik sich entwickeln sollte. Noch waren es schüchterne Anfänge und zögernd hatte sich der Maschinenbau an die Aufgabe gewagt, flüchtige Körper mit beweglichen Abdichtungsorganen einzuschließen.

Da setzte die zweite Periode mit einem neuen von der Thermodynamik gegebenen Impulse ein, dem frischen Zweige der Physik, der aus der Lehre von der Erhaltung der Energie herausgewachsen war. Bis dahin hatte es an jedem Maßstabe gefehlt für die Fest-

setzung des Erreichbaren in der technisch und wirtschaftlich entscheidenden Frage nach dem Verhältnis zwischen Leistung und Verbrauch der Kältemaschinen. In helles Licht war nunmehr diese Frage durch die einfachen Sätze der neuen Wärmelehre gestellt: 1. Die dem abzukühlenden Körper zu entziehende Wärmeenergie kann nicht vernichtet, sondern muß unter Aufwand von mechanischer Arbeit auf solche Temperaturhöhe gehoben werden, daß sie durch Leitung oder Strahlung an die Umgebung abgeladen werden kann, und 2. die hiezu erforderliche mechanische Arbeit ist gleich dem Produkte aus der zu hebenden Wärmemenge bzw. ihrer Entropie und aus der Differenz der Temperaturen, bei welchen die Wärme unten aufgenommen und oben abgegeben wird.

Nun war es nicht bloß möglich, die vorhandenen Kältemaschinen an diesem naturgesetzlichen Maßstabe zu prüfen, sondern auch alle Teile ihrer Arbeitsvorgänge der möglichen Annäherung an das Erreichbare anzupassen. Der in jener Zeit zu voller Entfaltung seiner Kräfte gelangte Maschinenbau war imstande, die daraus sich ergebenden Forderungen in vollkommener Weise zu verkörpern, insbesondere Kompressoren zu bauen, in welchen Kälte-träger wie Ammoniak- und Kohlensäure bei Dampfspannungen bis zu 75 Atmosphären ohne nennenswerte Verluste verdichtet werden können. Und nun wurde im letzten Viertel des vorigen Jahrhunderts die technische und wirtschaftliche Verwendung künstlicher Kälte in einer geradezu stürmischen Entwicklung und Ausbreitung von den kältebedürftigen Gewerben und Industriezweigen, besonders in den germanischen Ländergebieten, aufgenommen. Da die hiebei geforderten Temperaturen im allgemeinen nicht sehr weit unter den Gefrierpunkt des Wassers reichen — nur die chemische Großindustrie stellt weitergehende Ansprüche — und da jene Kältemaschinen das Gebiet bis zu -50°C mit der wohl überhaupt erzielbaren Annäherung an die erreichbaren Leistungen beherrschen, so stellt die eben angedeutete Entwicklung eine in sich abgeschlossene Phase in der Geschichte des Kältewesens dar.

Die Führung war hiebei an Deutschland übergegangen — ein Paradigma für die bekannte Tatsache, daß Deutschland auf der Grundlage unserer allgemeinen technisch-wissenschaftlichen Schulung durch das Zusammenwirken der Herrschaft über die erforschten Naturgesetze mit technischem Können sich eine Überlegenheit auf dem Weltmarkte in mancherlei Gebieten erworben hat.

So fruchtbar diese Periode für die Entwicklung des technischen Kältewesens gewesen ist, so hat dieselbe doch für die weitere Annäherung an den absoluten Nullpunkt der Temperatur nicht viel beigetragen. Man war in die Breite gegangen und hatte sich in dem eroberten Gebiete häuslich eingerichtet. Noch lag der Zustand der Wärmelosigkeit für uns auf dem Boden eines unzugänglichen Abgrundes in einer Tiefe von rund 200° C.

Jetzt aber erneuerte die Physik ihre Angriffe auf jene vorläufig in renitenter Permanenz gebliebenen Gase. Zwei englische Forschungsarbeiten gaben hiezu Anstoß und Hilfe. Andrews hatte im Jahre 1869 festgestellt, daß es für alle Stoffe je eine Temperatur gibt, oberhalb welcher dieselben nur in der homogenen elastischen Gasform bestehen können. So war die Erklärung dafür gefunden, daß die Steigerung des Druckes bis zu Tausenden von Atmosphären (Natterer war bis nahezu 3000 Atmosphären gegangen) bei Sauerstoff, Stickstoff, Kohlenoxyd und Wasserstoff erfolglos geblieben war. Man war eben — so nahm man nun mit Recht an — bei der Kompression dieser Stoffe nicht bis zu jenen kritischen Temperaturen hinuntergestiegen, welche unterschritten werden müssen, um eine Abscheidung in tropfbar flüssiger Form zu erhalten. Jetzt galt es, diese kritischen Temperaturen aufzusuchen.

Den ersten Erfolg hatte Cailletet 1877, als er Sauerstoff unter hohem Drucke in ein Glasrohr einschloß, denselben so weit abkühlte, als es die ihm zur Verfügung stehenden Mittel erlaubten, und dann durch Öffnen eines Abschlußorgans eine rasche Entspannung eintreten ließ. Die lebendige Kraft, mit welcher der Strahl vom expandierenden

Sauerstoff aus dem Glasrohr ausgetrieben wurde, war als Wärmeenergie dem zurückbleibenden Teil entzogen worden, welcher dadurch eine so weitgehende Temperaturerniedrigung erfuhr, daß ein Nebelschleier von kondensiertem Sauerstoff beobachtet werden konnte. Die große prinzipielle Bedeutung dieses einfachen Experimentes war eingeschränkt durch die Tatsache, daß nur eine schnell vorübergehende Erscheinung, nicht aber ein stabiler Temperaturzustand und nicht ein einziger Flüssigkeitstropfen gewonnen war. Diesen stabilen Zustand erreichten dann aber — allerdings mit viel komplizierteren Mitteln — die österreichischen Forscher Wroblewski und Olszewski, indem sie stufenweise Flüssigkeiten von immer zunehmender Flüchtigkeit unter hohem Drucke in einem Temperaturbade kondensierten, welches durch Verdampfung der je vorausgehenden Flüssigkeit bei niedrigerem Drucke gebildet war. Auf diesem — inzwischen auch von Cailletet, sodann von Dewar und von Kammerlingh-Onnes beschrittenen — Wege wurden Sauerstoff, Kohlenoxyd und Stickstoff in die tropfbare Form gezwungen, so daß die wesentlichen physikalischen Eigenschaften dieser Flüssigkeiten festgestellt und durch deren Verdampfung bis zu stabilen Temperaturen von rund -200°C herabgestiegen, also dem absoluten Nullpunkte bis zu rund 70°C nahegerückt werden konnte.

Der Wasserstoff widerstand diesem Verfahren und es mußte Olszewski sich zunächst damit begnügen, den Cailletetschen Nebelschleier aus ihm zu gewinnen, wobei er die kritische Temperatur des Wasserstoffes zu -234° angeben konnte.

Inzwischen hatte die Kältetechnik begonnen, auf Grundlage dieser Forschungsergebnisse in das neu erschlossene Temperaturgebiet einzutreten und seit dem Jahre 1895 ist eine neue Technik der tiefen Temperaturen begründet worden, welche heute schon zu der Entwicklung einer qualitativ wie quantitativ bedeutsamen Industrie geführt hat und als dritte Periode in der Geschichte der Kältetechnik zu bezeichnen ist.

Für die technischen Bedürfnisse erschien nun aber weder die Cailletetsche Nebelschleier-Methode noch die allzu komplizierte Kaskaden-Methode mit stufenweise aneinander gereihten Verdampfungs-maschinen brauchbar. Da bot die zweite der vorhin erwähnten englischen Forschungsarbeiten ein geeignetes Hilfsmittel.

Schon vor einem halben Jahrhundert untersuchten Thomson und Joule die Veränderungen der Temperatur, welche verschiedene Gase beim Übergange von höherem zu niedrigerem Drucke ohne Leistung mechanischer Arbeit dauernd erfahren. Bei atmosphärischer Luft fanden sie eine Abkühlung von ungefähr $1/4^{\circ}\text{C}$ für jede Atmosphäre der Druckabnahme. Dieses scheinbar unbedeutende und deshalb bis dahin wenig beachtete Versuchsergebnis ließ sich nun aber unter Anwendung sehr hoher Drücke, unter rationeller Gestaltung des Arbeitsvorganges und unter Akkumulierung der einzelnen Ausströmungseffekte nach der von William Siemens schon angegebenen Gegenstrom-Methode so wirksam benutzen, daß mit einem einfachen Apparate in einem Zuge die Verflüssigung der Luft erzielt werden konnte. Den ersten Gebrauch von diesen Apparaten machten die physikalischen und chemischen Laboratorien und überall begann nun das Experimentieren in dem Temperaturgebiete bis -200°C .

Die Technik aber ging von diesen Versuchsapparaten über zum Bau immer größerer Maschinen, um bei solchen Temperaturen Arbeitsprozesse mit wirtschaftlichen Endzielen durchzuführen. Wenn vor zwei Jahrzehnten nur in wenigen ausländischen Laboratorien einzelne Kubikzentimeter von flüssiger Luft als kostbares Experimentiergut und als Kuriosum produziert werden konnten, so fließen heute in den meisten Kulturländern Ströme von flüssiger Luft bis zu Tausenden von Litern per Stunde durch diese Apparate zu solchen Zwecken. Deren wichtigster ist die Zerlegung von Gasgemischen in ihre Bestandteile. Wie wir längst gewöhnt waren, die Verschiedenheit der Siedepunkte bei Bestandteilen von Flüssigkeitsgemischen zu ihrer Trennung verwendet zu sehen — ich erinnere an die Trennung

von Wasser und Alkohol —, so bietet die Verschiedenheit der Siedepunkte der ehemals permanenten Gase nunmehr die Möglichkeit, Gemische derselben zu zerlegen, entweder dadurch, daß das ganze Gasgemisch verflüssigt und bei der Wiederverdampfung ähnlich behandelt wird wie der Alkohol, oder dadurch, daß die weniger flüchtigen Bestandteile eines Gasgemisches durch partielle Kondensation von den in Gasform verbleibenden flüchtigeren Bestandteilen sich abscheiden. Die erstere Methode dient insbesondere zur Zerlegung der atmosphärischen Luft in Sauerstoff und Stickstoff, die letztere Methode insbesondere zur Abscheidung von Wasserstoff aus Gasgemischen wie Wassergas.

Dem bei so tiefen Temperaturen gewonnenen Sauerstoffe fällt hauptsächlich die Aufgabe zu, so hohe Verbrennungstemperaturen zu erzielen, wie sie mit atmosphärischer Luft wegen des großen Stickstoffballastes nicht erreichbar sind. Tausende von starkwandigen Stahlflaschen wandern täglich von den Sauerstoffwerken unter hohem Drucke mit Sauerstoff gefüllt an die Arbeitsstellen, wo der Sauerstoffstrahl für die Bearbeitung von Eisen und Stahl ein neues Werkzeug geworden ist, das Kesselbleche zusammenschweißt und Panzerplatten zerschneidet. Stickstoff und Wasserstoff aber sind vor allem in den Dienst eines der großen wirtschaftlichen Probleme getreten, um deren Lösung Wissenschaft und Technik in unserer Zeit bemüht sind, nämlich der Bindung des atmosphärischen Stickstoffes, insbesondere für die Zwecke der Landwirtschaft. Von vier Seiten her ist dieses Problem in Angriff genommen. Aus der Energie norwegischer Wasserkräfte werden mächtige elektrische Flammenbogen gespeist, welche den atmosphärischen Stickstoff zur Bildung von Salpetersäure oxydieren. Das gleiche wird auf thermischem Wege durch Verbrennung billiger Brennstoffe, z. B. der Siebenbürger Erdgase, in sauerstoffreicher Luft angestrebt. Andere große Energiequellen — so unsere erste oberbayerische Groß-Wasserkraft in Trostberg — stellen Calcium-Carbid her, dem in erhitzten Retorten reiner Stickstoff zugeleitet wird zur Bildung von Kalkstickstoff und neuerdings tritt die syn-

thetische Vereinigung von Stickstoff und Wasserstoff zu Ammoniak auf den Plan.

So ist die junge Technik der tiefen Temperaturen, kaum den Kinderschuhen entwachsen, zur Mitwirkung bei Aufgaben von weittragender Bedeutung berufen.

Die physikalische Forschung haben wir auf dem Wege zum absoluten Nullpunkte da Halt machen sehen, wo dem Wasserstoff der Nebelschleier abgerungen war, während die zur stabilen Verflüssigung von Sauerstoff, Kohlenoxyd und Stickstoff verwendete Kaskaden-Methode deshalb versagte, weil zwischen den Verdampfungstemperaturen der genannten Stoffe und der kritischen Temperatur des Wasserstoffes eine Kluft besteht, zu deren Überwindung es einer Zwischenstufe, eines Zwischenstoffes, bedurft hätte. Einen solchen aber kennen wir nicht.

Da griff Dewar zu dem Arbeitsvorgange unserer technischen Apparate. Zwar konnte dieser Arbeitsvorgang nicht ohne weiteres für Wasserstoff angewendet werden, denn Thomson und Joule hatten gefunden, daß letzterer bei der Entspannung unter gewöhnlichen Temperaturverhältnissen keine Abkühlung zeige. Es war aber inzwischen festgestellt worden, daß für alle Stoffe je eine Inversionsgrenze der Temperatur besteht, oberhalb welcher solche Entspannungsabkühlung nicht existiert, während sie abwärts von der Inversionstemperatur nach unten hin stetig zunimmt. Diese Erscheinung erklärte sich daraus, daß die Abkühlung eine Wirkung der inneren Arbeitsleistung ist, welche bei der Volumenvergrößerung zur Überwindung der inneren anziehenden Kräfte zwischen den kleinsten Teilen verbraucht wird und daß diese inneren anziehenden Kräfte um so größer sind, je tiefer die Temperatur, je näher das Gas seinem Verflüssigungspunkte ist. Die Inversionstemperatur des Wasserstoffes ist bei -80°C gefunden worden. Indem Dewar nun Wasserstoff unter hohem Drucke mittels flüssiger Luft auf eine Temperatur von ungefähr -200°C abkühlte und alsdann zur Entspannung brachte,

erzielte er die weitere und durch den Gegenstrom-Apparat so akkumulierte Abkühlung, daß die kritische Temperatur unterschritten und der Wasserstoff zur stabilen Verflüssigung gebracht wurde. Bei -253°C verdampfte die Flüssigkeit unter atmosphärischem Drucke und durch Verminderung des Verdampfungsdruckes konnte die Temperatur noch weiter gesenkt und der Abstand bis zum absoluten Nullpunkt bis zu 14° vermindert werden. Damit schien zunächst das letzte Mittel zur Annäherung an den Zustand der Wärmelosigkeit erschöpft zu sein.

An die Kette der bisherigen Ergebnisse war aber durch die Forschungsarbeiten bei den Temperaturen der flüssigen Luft unter der Führung von Ramsay ein neues Glied angeschlossen worden in der Auffindung einer Reihe von Gasen, deren Existenz bis dahin nur das Farbenspektrum hatte verraten können. Die Mehrzahl dieser Edelgase (Xenon, Krypton, Argon und Neon) können mit der atmosphärischen Luft verflüssigt und durch fraktionierte Destillation daraus abgeschieden werden. Eines aber, das Helium, widerstand der Verflüssigung nicht nur bei den Temperaturen der flüssigen Luft, sondern nunmehr auch bei denen des flüssigen Wasserstoffes und behauptete eine Zeitlang auf das neue die Stellung eines permanenten Gases, bis es dem um die Erforschung des Gebietes der tiefen Temperaturen besonders verdienten Physiker Kammerlingh-Onnes in seinem ganz dieser Forschung gewidmeten „Kryogenen“-Laboratorium in Leyden gelang, auch diesen letzten Widerstand zu brechen, indem er dem Dewarschen Verfahren der stufenweisen Verflüssigung von Luft und Wasserstoff eine dritte Stufe hinzufügte, bei welcher Helium unter hohem Drucke auf die Temperatur des flüssigen Wasserstoffes abgekühlt und dann der Thomson-Jouleschen Entspannung unterworfen wurde. Bei der kritischen Temperatur von -268°C gab das Helium seinen Widerstand auf und durch Verdampfung des verflüssigten Heliums konnte Kammerlingh-Onnes auf $-271\frac{1}{2}^{\circ}\text{C}$ herabsteigen, so daß nur noch $1,5^{\circ}\text{C}$ ihn vom absoluten Nullpunkt trennten.

Mit diesem Experimente erscheinen nunmehr die Mittel erschöpft, welche zur Annäherung an den Zustand völliger Erstarrung der Materie dienen können.

Die Kältetechnik ist in das Gebiet dieser tiefsten Temperaturen (unter -200°) noch nicht eingetreten, weil technische und wirtschaftliche Verwendungen derselben nicht in Aussicht stehen. Sollte es zu solcher Verwendung kommen, so würde der von Dewar und Kammerlingh-Onnes benutzten stufenweisen Anordnung ihrer Apparate in großem Maßstabe nichts im Wege stehen.

Die von der Experimentalphysik gewonnenen Mittel zur stabilen Herstellung tiefster Temperaturen erschlossen ihr die Möglichkeit der Erforschung des Verhaltens der Materie in diesen Temperaturregionen, welches für die gesetzmäßige Deutung zahlreicher Erscheinungen und für die Beglaubigung einer Reihe von Theorien ausschlaggebend ist. So vor allem die Untersuchungen über die spezifische Wärme, welche insbesondere Nernst bis zu den Temperaturen des flüssigen Wasserstoffes systematisch im Hinblick auf die Folgerungen durchgeführt hat, welche daraus sowohl für das von ihm aufgestellte — für die physikalische Chemie überaus fruchtbare — Wärmetheorem als auch für die von Plank und Einstein herührenden, als Quantentheorie bezeichneten, Auffassungen über die energetischen Vorgänge in der Materie zu ziehen sind. Hiernach umfaßt die pulsierende Bewegung der kleinsten Teile in den festen Körpern nicht in homogener Weise alle Massengruppen, sondern ein Teil derselben befindet sich in absoluter Ruhe, während der andere, mit der Temperatur fortdauernd sich vermindernde Teil in Schwingungen begriffen ist. Bei Temperaturänderungen erfolgt die Aufnahme oder Abgabe von Wärme nicht in stetiger Weise, sondern es nehmen die Atome nur in bestimmten Beträgen Bewegungsenergie auf, in Quanten, deren Größe von der Schwingungszahl abhängt, so zwar, daß die Atomwärme bei tiefen Temperaturen rasch sinken und mit dem Werte Null zum absoluten Nullpunkte konvergieren

muß. In der Tat ist der hieraus zu folgernde Abfall der spezifischen Wärme durch das Experiment vollständig bestätigt und daraus eine neue Grundlage für den weiteren Ausbau der Thermodynamik und der Thermochemie gewonnen worden.

Werfen wir zum Schlusse einen Rückblick auf die Entwicklung des Kältewesens, so erscheint die Kältetechnik als eine Tochter der physikalischen Forschung, die das von der Mutter aufgedeckte Land bearbeitet und fruchtbar macht mit Werkzeugen, welche sie aus anderer Schule empfangen hat. In immer neue, noch dunkle Gebiete aber wird die Fackel getragen von der hohen Mutter mit der Devise: „Rerum cognoscere causas.“

433

Sonderabdruck
aus dem
Jahrbuch der K. Bayer. Akademie
der Wissenschaften

1913

März

Nachruf auf Ebert
(v. Sommerfeld)

Enthalten in 01/A 450-1912/13]

sonders von den Engländern ausgebildet und dem englischen Bedürfnis nach anschaulicher Erfassung angepaßt, bei der Entwicklung der modernen Elektrodynamik eine wichtige Rolle gespielt haben. Schon aus didaktischen Gründen war Ebert diese Methode willkommen: er hat sie in seinem Buche „Magnetische Kraftfelder“ 1897 weitgehend kultiviert mit der lebhaften persönlichen Färbung, die sein gesprochenes Wort auszeichnete. Schon früher hatte er die cyklischen Systeme von Helmholtz in ihrer Anwendung auf den Elektromagnetismus studiert.

Auf experimentellem Gebiet hat er an den Problemen der Glimmentladung, der Kathodenstrahlen, der elektrischen Schwingungen mitgearbeitet; besonders interessant sind ihrer Fragestellung nach seine älteren optischen Arbeiten über Spektrallinien, über die Interferenzen bei hohen Gangunterschieden, über das Dopplersche Prinzip in seiner Anwendung auf leuchtende Gase, über eine vermutete Abhängigkeit der Lichtgeschwindigkeit von der Intensität des Lichtes, Fragen, die in der Zwischenzeit von verschiedenen Seiten, am erfolgreichsten von Michelson, gefördert worden sind.

Sehr charakteristisch für die wissenschaftliche Persönlichkeit Eberts ist sein starkes Interesse für astrophysikalische Fragen, welches in seiner Leipziger Lehrzeit beginnend ihn sein ganzes Leben lang begleitet hat. Es gibt wenige Fragen der Astrophysik und Geophysik, denen er nicht näher getreten ist. Die Physik der Sonne in ihrem Zusammenhang mit den Tatsachen der anomalen Dispersion, der Zustand der Mondoberfläche, erläutert durch Laboratoriumsmodelle und kontrolliert durch Laboratoriumsversuche, das Polarlicht, die Gezeiten der oberbairischen Seen (sog. Seiches), die Variationen des Erdmagnetismus, die durch radioaktive Substanzen verursachte Bodenströmung, der elektrische Zustand der Atmosphäre, alle diese Probleme hat Ebert teils selbst gefördert, teils durch seine Mitarbeiter behandeln lassen. Dem letztgenannten Gebiete der Luftelektrizität galt seine Energie in ganz besonderem Maße. Hier hat er seine glänzende Begabung für den Bau

von Meßapparaten, hier hat er auch — in den Arbeiten der akademischen luftelektrischen Kommission — sein Organisations-talent voll entfaltet. Auf diesem Gebiete wird die Lücke ganz besonders schmerzlich empfunden werden, die sein Tod in die Reihen der Akademie gerissen hat.

Wie dem tatkräftigen, hilfsbereiten, für die Allgemeinheit sich einsetzenden Menschen so ist dem vielseitigen, für wissenschaftliche Schönheit begeisterungsfähigen Forscher ein treues Andenken gesichert.

Sommerfeld.