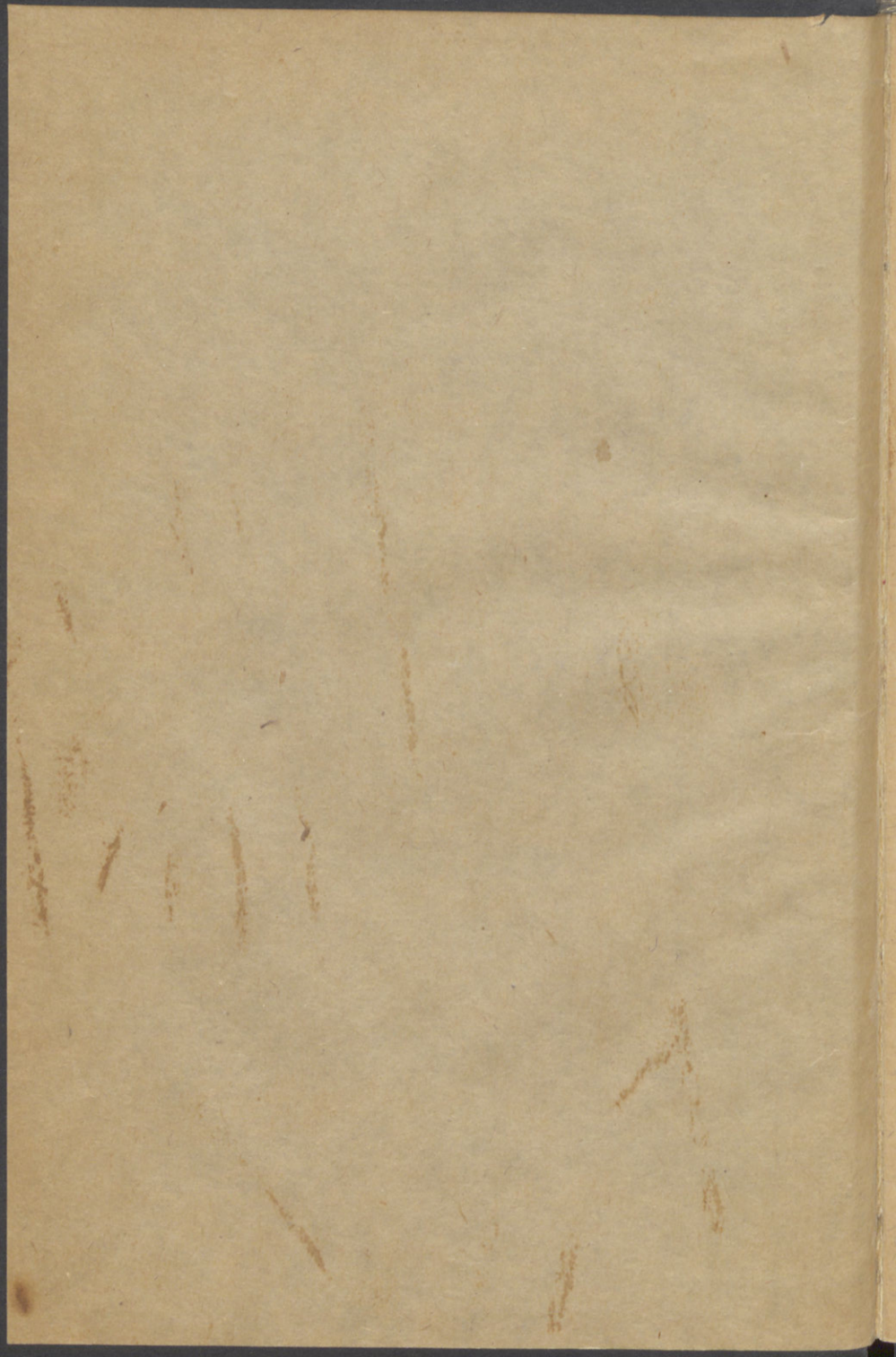


Debreceni Egyetem
Egyetemi és Nemzeti Könyvtár



000017347198

20



S a m m l u n g
gemeinverständlicher
wissenschaftlicher Vorträge.

XX. Serie. 457-2, 460-1, 464-5,
467-70, 476-8.

1450

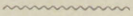
0173

DEBRECENI EGYETEMI KÖNYVTÁR
GYARAPODÁSI 1939. 11581 NAPLÓSZÁM

470

Das Thermometer.

0721



Von

E. Gerland.



Berlin SW., 1885.

Verlag von Carl Habel.

(C. G. Lüderitz'sche Verlagsbuchhandlung.)

33. Wilhelmstraße 33.

1450/490

Das Recht der Uebersetzung in fremde Sprachen wird vorbehalten.



Der verbreitetste unter allen physikalischen Apparaten ist unstreitig das Thermometer. Wer in jetziger Zeit auch nur halbwegs auf Bildung Anspruch macht, besitzt nicht nur das Instrumentchen, sondern er beobachtet auch damit, beides wird durch die Einfachheit seiner Herstellung, welche nur wenig Kosten verursacht und durch die Einfachheit seiner Behandlung, welche keinerlei Uebung im Beobachten erfordert, wesentlich erleichtert. Wissenschaftliche Institute, in welchen experimentelle Arbeiten ausgeführt werden sollen, können das Thermometer vollends nicht entbehren. Muß es doch bei allen solchen Untersuchungen, mögen sie nun in das Gebiet der Physik oder Chemie, der Meteorologie oder der Geographie, der Botanik, der Zoologie oder der medicinischen Disciplinen fallen, in erster Linie gefragt werden und kann dabei, wenn man es nicht zu richtigen Antworten zwingt, die mühsam erlangten Resultate langwieriger Arbeiten gänzlich unbrauchbar machen. Hätte die moderne experimentelle Naturwissenschaft nicht für die Zuverlässigkeit jener Antworten gesorgt, als sie ihre Arbeiten begann, so hätte sie ihre jetzige Höhe nie erreicht, und dadurch ist das Thermometer unter allen Meßapparaten der Physik wohl derjenige geworden, welcher am genauesten untersucht und in seinem Wesen erkannt worden ist.

Es hat ein eigenthümliches Interesse, zu verfolgen, wie es von den ersten rohen Anfängen allmählich zu seiner jetzigen Vollendung gebracht worden ist. Es muß aber auch jedem, der sich jemals die Mühe nahm, das Instrumentchen und seine Wirkung eingehender zu betrachten, die Frage aufgestiegen sein,

wie es doch möglich ist, mit ihm Wärme zu messen, da es ja nur die Ausdehnung eines Körpers beobachten läßt. Die Lehrbücher der Physik pflegen diese Frage nicht aufzuwerfen, geschweige denn zu beantworten, ebensowenig gehen sie auf die Geschichte des Thermometers ein. Auch ein dritter Punkt von vorwiegend praktischer Bedeutung, die Möglichkeit der Prüfung der Thermometer, wird selten dort berührt und doch ließe sich durch Berücksichtigung desselben eine Fülle von Beobachtungen speciell für die Meteorologie verwendbar machen, welche jetzt ganz verloren gehen, weil sie nicht zu passenden Stunden und namentlich nicht mit richtigen Thermometern, d. h. mit solchen deren Resultate mit denen anderer übereinstimmen, angestellt werden. Nun ist es nicht gar schwer ein Thermometer in entsprechender Weise zu berichtigen; man muß eben nur darauf aufmerksam gemacht worden sein, daß dies nöthig und die Anleitung erhalten haben, wie es zu machen sei.

Diese drei Fragen sollen im Folgenden ausführlich behandelt werden. Am zwanglosesten und einfachsten gelangen wir zu ihrer Beantwortung, wenn wir die Geschichte der Entwicklung des Thermometers von seiner Erfindung an beginnend bis auf die neueste Zeit vortführen und an passender Stelle das Erforderliche hinzufügen.

Nichts beweist so schlagend, wie sehr den Naturwissenschaften geschichtlicher Sinn noch immer mangelt, als daß trotz der abschließenden Arbeiten von Wohlwill¹⁾ und Burdhardt²⁾ man immer noch nicht einsehen will, daß nicht der Holländer Drebbel, sondern daß Galilei das Thermometer erfunden hat.³⁾ Betrachten wir zunächst die hierfür sprechenden Zeugnisse! Als solche treten uns in erster Linie die Briefe entgegen, welche ein Galilei befreundeter venetianischer Edelmann, Namens Sagredo, mit ihm wechselte. Am 9. Mai 1613 schreibt Sagredo an den Freund: „Das Instrument zur Messung der Wärme, welches von Ihnen erfunden ist“ u. s. w.⁴⁾ und unter dem Datum des 15. März

noch präciser: „Da, wie Sie mir schreiben, und ich auch zuversichtlich glaube, Sie der erste Verfertiger und Erfinder (des Instrumentes zur Temperaturbestimmung) gewesen sind, so glaube ich, daß die Instrumente, welche von Ihnen und Ihren vortrefflichen Künstlern gemacht worden sind, weit die meinen übertreffen“ u. s. w.⁵⁾ Von den Antworten auf diese Briefe ist wohl keine erhalten, wenn nicht ein in Galilei's Werken, welche 1744 in Padua erschienen, befindliches Fragment das Concept eines solchen ist. Das ist aber nicht unwahrscheinlich, da in demselben der Hergang im Thermometer zu erklären versucht wird.⁶⁾ Wenn nun auch diese Briefe noch nicht ausreichen, die Priorität Galilei's gegenüber Drebbel aufrecht zu erhalten, so wahren sie ihm dieselbe doch vor einem anderen Freunde Sagredo's, dem man die Erfindung des Thermometers auch zugeschrieben hat, vor dem damaligen Professor der Anatomie in Padua, Sanctorius. Dieser hat übrigens, obwohl er das Thermometer, zuerst zu wissenschaftlichen Zwecken, so z. B. zur Bestimmung der Körpertemperatur von Fieberkranken verwendete, selbst niemals Anspruch auf seine Erfindung gemacht, erst spätere Zeiten sind für ihn eingetreten. Das Jahr, in welchem der große Florentiner das Thermometer zuerst herstellte, ist aus diesem Briefwechsel nicht zu bestimmen, wohl aber ergibt es sich aus Viviani's Biographie Galilei's. Der Lieblings-schüler des Entdeckers der Pendelgesetze nennt dafür das Jahr 1593 und damit stimmt auch die Bemerkung, welche der Pater Castelli in einem an den Cardinal Cesarini gerichteten Schreiben macht, überein, daß bereits im Jahre 1603 Galilei den thermometrischen Versuch seinen Zuhörern vorgeführt habe. Die Beschreibung der hierzu angewendeten Apparate paßt genau auf diejenigen, welche als von Galilei herrührend noch im Museo di Galilei in Florenz aufbewahrt werden.⁷⁾ Ein Glasgefäß von der Größe eines Hühnereies mit einem ungefähr zwei Spannen langem Rohr von der Weite eines Strohhalmes, wird das

Rohr nach unten in ein Gefäß mit Wasser getaucht, nachdem die Luft in ihm durch Erwärmen mit den Händen verdünnt worden ist. Die beim Abkühlen erfolgende Zusammenziehung der Luft, läßt Wasser in das Rohr steigen, welches dann durch abwechselndes Steigen und Fallen ein Erwärmen oder Erkalten der Luft im Gefäße zu erkennen giebt.

Wenn man nun auch, wie es auch wirklich geschehen, an der Zuverlässigkeit des von Viviani abgestatteten Berichtes zweifeln wollte, so ist doch die Thatsache, daß Castelli bereits 1603 den thermometrischen Versuch gesehen hat, vollständig genügend, um die Ansprüche, welche für Drebbel erhoben werden, zurückzuweisen. Um diesen hat sich ein eigenthümliches Gewebe von Sagen gebildet, welche man in unbegreiflicher Weise immer wiederholen hört. Dazu wollen wir nicht die sonderbare Behauptung rechnen, welche Valencé⁸⁾ in die Wissenschaft eingebürgert hat, daß Drebbel ein Bauer aus Alkmaar gewesen sei. Sonderbar in hohem Grade! Denn dieser Bauer kannte seinen Aristoteles so gut, wie der geschulteste Gelehrte, war Erzieher der Söhne Kaiser Ferdinand II. und verbrachte den Abend seines Lebens am Hofe des Königs Jakob II. von England und wenn er seine Bücher in holländischer Sprache schrieb, so folgt daraus noch nicht, daß er des Lateinischen nicht mächtig war. Wohl aber sind in das Gebiet der Sage die Werke zu verweisen, welche Drebbel hinterlassen haben soll und welche in seiner an den Dr. Kiefler⁹⁾ in London verheiratheten Tochter eine begeisterte Verkündigerin fanden. Erzählte dieselbe doch Leibniz, daß ihr Vater in einem Taucherschiffe große Strecken unter dem Wasser der Themse zurückgelegt und die dabei zum Athmen nöthige Luft mittelst einer von ihm erfundenen Quintessenz hervorgebracht habe, verbrennenden Alkohol, wie Leibniz nach dem Stande der Chemie seiner Zeit vermuthete. Ebenso sollte der Wundermann das Mikroskop, das Thermometer und so manches Andere erfunden haben.

Da nun aber das Buch, in welchem der betreffende Apparat zuerst beschrieben ist, 1604 erschien,¹⁰⁾ so setzt das Datum des obenerwähnten Briefes von Castelli die Priorität Galileis außer Zweifel. Hinzu kommt noch, daß Drebbel gar nicht einmal ein Thermometer hat konstruiren wollen, als er den Hals einer mit Luft gefüllten Retorte unter Wasser tauchte, die Luft durch Erwärmen in Blasen zum Theil daraus entweichen ließ und nun beobachtete, daß nach dem Erkalten das Wasser in die Retorte stieg. Dieser Versuch sollte nur zeigen, daß die Luft durch die Wärme ausgedehnt wird, der Gedanken aber, diese Ausdehnung, wie es Porta bereits 1603 versucht hatte, zu messen oder gar zur Beurtheilung von Temperaturen zu benutzen, wird nicht ausgesprochen. Eher ist es möglich, daß Drebbel in seinem Apparate, der das Wasser fortwährend bald einschlürfte, bald wieder herausgab, ein Perpetuum mobile gesehen hat.

Um volle Aufklärung zu geben, hat Wohlwill¹¹⁾ zum Ueberfluß in seiner bereits erwähnten Arbeit gezeigt, wie die Sage, daß Drebbel das Thermometer erfunden habe, in die Literatur gekommen ist. Im Jahre 1624 hatte ein französischer Physiker, der Pater Leurechon, unter dem Titel *Recréations mathématiques* ein Buch herausgegeben, welches dem Wissensbedürfniß seiner Zeit entgegenkam, indem es die Errungenschaften der Physik und Mathematik in Form von Aufgaben und deren Auflösung brachte. Das Buch fand denn auch solchen Anklang, daß es sehr bald in das Holländische, Deutsche, Englische und Lateinische übersezt wurde. Die deutsche Uebersetzung, welche 1636 Schwenter unter dem Titel: *Mathematische Erquickstunden* herausgab, ebenso wohl wie die englische und holländische schließen sich dem Original auch in den das Thermometer behandelnden Abschnitten eng an, die lateinische dagegen thut dies nicht. Nicht etwa, daß ihr Urheber der „lutherische Theologus und Erz-Priester zu Lorich“ Kaspar Ens, ein Mann, der sich vielfach compilerisch mit Bücherschreiben beschäftigte, dem

französischen Original, zu dessen Benutzung er sich freilich nirgends bekennt, neue Gedanken oder Versuche zugefügt hätte, er übersetzt aber die Ueberschrift eines Abschnittes in Leurechons Buch: „Du thermomètre ou instrument pour mesurer les degrez de chaleur ou de froidure qui sont en l'air“ so, daß sie in deutscher Uebersetzung lauten: „Von dem Thermometer oder dem Drebbel'schen Instrumente, mit dessen Hülfe die Grade der Wärme und der Kälte, welche in der Luft sind, erforscht werden.“ So tritt in diesem Buche zum ersten Male Drebbel als Erfinder des Thermometers auf und es läßt sich nachweisen, daß aus ihm die irrthümliche Behauptung zunächst in Dalencé's erwähnte Schrift überging, von da aber immer weiter verbreitet worden ist.

Leider ist es, wie wir bereits sahen, noch nicht gelungen, richtige Anschauungen über die Erfindung des Thermometers zur allgemeinen Anerkennung zu bringen und namentlich scheint es noch lange dauern zu sollen, bis Drebbel's Ansprüche endgültig beseitigt sind. Völlig zurückgewiesen wurden dagegen die Ansprüche zweier anderen Physiker, die freilich auf ganz unsicherer Basis ruhten, die Ansprüche des Engländers Robert Fludd und des Deutschen Otto von Guericke. Da wohl jetzt niemand mehr sie für Erfinder des Thermometers hält, so ist es nicht nöthig auf ihre Ansprüche näher einzugehen und wir dürfen Wohlwill's und Burdhardt's Resultat zu dem unsrigen machen, daß Galilei und nur Galilei das Thermometer erfunden hat.

Hiermit stimmt denn auch überein, daß alle Thermometer der späteren Zeit auf das Galilei'sche zurückgeführt werden müssen, sogar dasjenige, welches jetzt noch unter dem Namen des belgischen oder Drebbel'schen Thermometers bekannt ist. Dasjenige was Schwenter¹²⁾ nach Leurechon mittheilt, zeigte allerdings insofern eine Abweichung von Galilei's Apparat, als das strohhalmdicke unter der Kugel befindliche Rohr herum-

gebogen und zu einer kleineren Kugel aufgeblasen war, welche zur Aufnahme der Sperrflüssigkeit diente. Diese Anordnung gewährte den Vortheil, daß das Instrumentchen vor einem mit einer Skala versehenen Brett befestigt und auf diesen der Stand der Flüssigkeit abgelesen werden konnte. „Schon vor 1636 verstand man,“ wie uns Schwenter¹³⁾ mittheilt, „die Kugel und Röhre dergestalt zusammen zu passen, daß die flüssige Materie vom Sommer zum Winter die ganze Röhre durchlief.“ Daß man es hier trotz dieser Abänderung und der Zufügung der Skala mit dem Galilei'schen Thermometer zu thun hat, beweisen aber die Aufgaben, die Schwenter nach Leurechon dem Thermometer zuweist. „So man nun,“ sagt er,¹⁴⁾ „diese verenderung durch zahl vnd grad abtheilet, zum Exempel in 8 theil mit den Philosophis, oder in 4 mit den Medicis, solcher theil jeden wider in 8 theil, bekommet man 64 grad, vnd durch diß Mittel können sie nit allein vnterscheiden, in welchen grad das Wasser Morgens, Abends vnd zu Mittag, ja zu jeder stund, auff oder absteigt, sondern auch vmb wieviel grad ein Tag kälter oder wärmer als der ander: Man kan vergleichen die größte Hitz vnd Kälte eines Jahrs mit dem andern. Man kan wissen vmb wieviel Grad eine Kammer oder ander Gemach wärmer als das ander. Dadurch kan man ein Gemach, in einerley Kälte oder Wärme erhalten und geschiehet, wann das Wasser alleweil in einem grad bleibet. Man kan leylich vrtheilen von vnterschiedlicher Hitz der Fieber vnd andern Kranckheiten.“ Wenn wir hieraus zunächst zu entnehmen haben, daß man wegen der anzubringenden Skala schon damals in Meinungsverschiedenheiten gerathen war, so erinnern diese Vorschriften so sehr an Sanctorius Bestrebungen, daß man beide wohl in Verbindung bringen und so das Instrument der Erquickstunden auf Galilei zurückführen darf. Uebrigens hörte dies belgische Thermometer auch sehr bald auf, als Wärmemesser verwendet zu werden. Vielmehr benutzte man es später — und benutzt es auch wohl noch

— als Barometer, was ganz gut geht, wenn man es in einem Raume, dessen Temperatur immer gleichmäßig bleibt aufhängt.

Diese doppelte Verwendbarkeit des Apparates that aber seiner Brauchbarkeit als Thermometer nur zu sehr Abbruch. Ging doch die Ausdehnung der abgesperrten Luft keineswegs allein von der Temperatur, sondern ebenso von der Abnahme des Barometerstandes ab und umgekehrt. Ein Steigen der Flüssigkeit in dem engen Rohre konnte demnach ebenso Abkühlung, wie steigendes Barometer bedeuten. Diesem Uebelstande mußte also vor allen Dingen abgeholfen werden, wenn der Apparat wirklich den Zweck erfüllen sollte, den man von ihm verlangte. Das gelang dem französischen Arzte Jean Rey¹⁵⁾ einfach dadurch, daß er den Galilei'schen Apparat umkehrte und anstatt durch die Ausdehnung der Luft die Aenderungen der Temperaturen angeben zu lassen, er hierzu nunmehr die Ausdehnung des Wassers benutzte, welches die Kugel füllend noch in die Röhre reichte. Er machte also das Wasser zur thermometrischen Substanz. Am 1. Januar 1632 theilte er seinen Vorschlag an den eifrigen Vermittler der wissenschaftlichen Correspondenz, welche damals die Zeitschriften ersetzte, an den Vater Merisenne mit und Rey verdankt man demnach die Form des Thermometers, welches später den Namen des Florentiner Thermometers erhielt.

Einstweilen freilich fehlte demselben noch die für die Beobachtungen nothwendige Zuverlässigkeit. Da Rey das Rohr oben nicht schließen wollte, so mußte mit der Zeit die Flüssigkeit verdampfen und ihr Stand dadurch immer niedriger werden. Hereinfallender Staub aber mußte die Oberfläche beschmutzen und die Ablefung unsicher machen. Die Idee, beiden Unzuträglichkeiten dadurch abzuhelpen, daß man das Rohr oben unter Ausschluß der Luft schloß, wurde erst viel später im Schooße der berühmten Accademia del Cimento gefaßt, zu welchen für das Jahrzehnt 1657—1667¹⁶⁾ unter dem Schutze des Prinzen

Leopold von Medici die Schüler Galilei's behufs Ausführung experimenteller Arbeiten zusammengetreten waren, und zwar gehörte jene Idee, wie die Akademiker nicht anders wußten, dem Bruder Leopolds, dem regierenden Großherzog Ferdinand II. von Toskana, welchem die Wissenschaft noch manche andere schöne Erfindung verdankt. Ferdinand erreichte den luftleeren Verschuß des Apparates einfach dadurch, daß er die in ihm befindliche Flüssigkeit so lange sieden ließ, bis ihr Dampf alle über ihr vorhanden gewesene Luft mitgerissen hatte und dann das Rohr mit der Löthrohrflamme zuschmolz. Eine zugefügte Skala aber machte das Instrument für die Beobachtungen brauchbar.

Die Aufgabe, eine solche Skala zu erhalten, beschäftigte in nächster Zeit alle, welche sich mit der Vervollkommnung des Thermometers abgaben. Obwohl man sie in ähnlicher Weise, wie bei Maaß und Gewicht, durch Anfertigung eines Urthermometers, eines mit zweckmäßiger Theilung selbständig versehenen Instrumentes, mit dem man alle andern verglich, hätte erhalten können, so schlug man doch, wie wir aus Leurechon gesehen haben, von vornherein den rationelleren Weg ein, zwei unter allen Umständen unveränderliche Temperaturen aufzusuchen, beide auf dem Thermometerrohre zu verzeichnen und den Raum zwischen beiden in eine bestimmte Anzahl gleicher Theile zu theilen. Die Mitglieder der Accademia del Cimento folgten zunächst dem Beispiel der Philosophen und der Mediciner, indem sie ebenfalls die Winterkälte und Sommerwärme als feste Punkte annahmen und den Raum zwischen beiden in $8 \times 10 = 80$ oder $4 \times 10 = 40$ Theile theilten, im ersten Falle aber noch etwa 20, im zweiten etwa 10 dieser Theile unter den als Winterkälte bezeichneten Punkt trugen. Dabei entging es ihnen nicht, wie sehr der Werth dieser Eintheilung von der präcisen Bestimmung der Temperatur, welche als Winterkälte oder Sommerwärme gelten sollte, abhing. Sie suchten die frühere Definition

zu verbessern, indem sie jene als Temperatur des Schnees oder Eises bei stärkstem Froste, diese als diejenige festsetzten, welche man im Körper von Kühen und Hirschen beobachtet. Daß der Schmelzpunkt des Eises stets dieselbe Temperatur hatte, fanden sie ebenfalls und bestimmten ihn auf $13\frac{1}{2}$ Grad¹⁷⁾ der von den Medicinern übernommenen Skala. Endlich benutzten sie eine dritte Skala, welche bei der Sommerwärme die Zahl 400, im frierenden Wasser 140 zeigte. Bedenken wir nun aber, wie wenig constant die zu Grunde liegenden Temperaturen waren, so wird man sich der Ansicht kaum erwehren können, daß die Thermometer der Florentiner Akademie einen Vergleich mit den unsrigen nicht aushalten dürften und dafür sprechen auch die bitteren Klagen, welche der Haller Professor Christian Wolff über einige Thermometer führte, die er aus Florenz erhalten hatte.

Ein glücklicher Zufall hat uns indessen in den Stand gesetzt, die Wärmemesser der Accademia del Cimento auf ihre Güte zu prüfen. 1829 fand Antinori unter alten Glasjachen in einem Magazine in Florenz eine Anzahl derselben wieder auf und übergab sie Libri zur Prüfung. Das Resultat war ein für die Akademiker überraschend günstiges. Der Schmelzpunkt des Eises lag in der That auf $13\frac{1}{2}$ und als die von ihnen aus sechszehnjährigen Beobachtungen ermittelte mittlere Jahrestemperatur von Florenz durch Vergleichung der alten und neuen Thermometer nach Graden der letzteren ausgedrückt wurden, ergab sich der nämliche Werth, wie der aus den Beobachtungen im Observatorium der frommen Schule in Florenz während der Jahre 1820—30 abgeleitete. Die Uebereinstimmung war so groß, daß Libri daraus schließen zu dürfen glaubte, daß in den letzten zweihundert Jahren das Klima von Florenz sich nicht geändert habe¹⁸⁾. Da es unmöglich ist, so gut stimmende Thermometer mittelst der oben angegebenen viel zu wenig constanten Temperaturen zu erhalten, so müssen die Akademiker beim Auftragen

ihrer Skalen sich nothwendig noch eines andern Hülfsmittels bedient haben und dies kann kein anderes gewesen sein, als die Vergleichung ihrer Thermometer mit einem einzigen Originalapparat. Wolff's Klagen aber meint Lambert¹⁹⁾ so erklären zu müssen, daß damals, wie auch noch lange nachher, es hauptsächlich Italiener waren, welche sich mit der Verfertigung von Thermometern und Barometern abgaben und diese von Stadt zu Stadt zum Verkauf ausboten. Solche und nicht von der Akademie verfertigte werde Wolff erhalten haben; diese seien natürlich entfernt nicht mit der Sorgfalt und dem Zeitaufwand, welche eine genaue Vergleichung erfordert, hergestellt gewesen, wie es die Thermometer der Akademie ohne Zweifel waren.

Wenn nun auch die Mitglieder der Accademia del Cimento die Temperatur des Schmelzpunktes des Eises bestimmt haben, so haben sie doch noch keinen Unterschied zwischen der Unveränderlichkeit seiner Temperatur und ihrer Sonnenwärme und Winterkälte gemacht, an eine constante Temperatur stellten sie also noch keine hohen Forderungen und doch machte erst die Benützung solcher die Herstellung übereinstimmender Thermometer an verschiedenen Orten möglich.

Daß man dies bald genug richtig erkannte, beweist das Suchen nach einer solchen, wovon wir die Folgezeit erfüllt sehen. 1688 glaubte sie Valencé gefunden zu haben²⁰⁾ in der Kälte der Luft, wenn es anfängt zu frieren und in der Wärme der Butter beim Beginne des Schmelzens. Den Raum zwischen beiden wollte er in 20 Theile theilen und von dem mittleren Punkte der gemäßigten Wärme 10 Grad nach oben und ebenso viele nach unten zählen. Aber auch Valencé war mit seinen Anforderungen an eine constante Temperatur leicht zufriedengestellt, denn sonst hätte er nicht anheim geben können, an Stelle der oberen Temperatur auch die tiefer, verschlossener Keller, an Stelle der untern die einer Mischung von Kochsalz und gestoßenem Eise zu nehmen.

Um dieselbe Zeit begann man die constante Temperatur

des siedenden Wassers zu vermuthen. Es ist Newton immer hoch angerechnet worden, daß er dieselbe bereits 1686 ausgesprochen, während Halley erst 1692, Renalдини 1694 und Amontons gar erst 1702 zu derselben Ansicht gekommen seien. Es will mir scheinen, als gebühre der Ruhm, den Siedepunkt als festen Punkt der Thermometerskala erkannt zu haben, keinen der genannten Forscher; da es ja keinem derselben auffiel, daß die Temperatur des Siedepunktes mit dem Barometerstand sich nicht unbeträchtlich ändert, so konnten sie auch den wahren Werth ihres Ausspruches nicht beurtheilen. Nicht sie, sondern der Forscher, welcher zuerst die Abhängigkeit des Siedepunktes vom Barometerstand gezeigt hat, hat demnach als der erste die Constanz des Siedepunktes gefunden und es hat sich gefügt, daß dies auch zugleich der Künstler war, welcher zuerst gut übereinstimmende Thermometer unter Zugrundelegung zweier fester Punkte lieferte. Es war der Amsterdamer Thermometerverfertiger Fahrenheit, welcher im Jahre 1686 in Danzig das Licht der Welt erblickt hatte.

Hauptsächlich durch jene Entdeckung ist Fahrenheit²¹⁾ der große Reformator in der Kunst, Thermometer zu verfertigen, geworden. Seit dem Jahre 1714 hat er über zwei wirklich unveränderliche Temperaturen als Stützpunkte seiner Skala zu verfügen gehabt. Er hatte seine Kunst bis zum Jahre 1724 geheim gehalten, da aber schien ihm der Zeitpunkt gekommen, sein Verfahren in den Schriften der Königl. Gesellschaft in London auseinander zu setzen. Er durfte es ruhig wagen, denn Instrumente von so vortrefflicher Arbeit, wie die beiden noch im physikalischen Kabinet der Universität Leiden vorhandenen, ursprünglich für 's Gravesande verfertigten, welche seinen Namen tragen, machte ihm in damaliger Zeit sicher Niemand nach. Von ihm gelieferte Thermometer befriedigten denn auch den oben erwähnten Wolff in hohem Grade und wenn auch Fahrenheit selbst bekennt, daß er durch Amontons' Arbeit auf die Con-

stanz des Siedepunktes aufmerksam gemacht worden sei, so gebührt ihm deshalb nicht minder das große Verdienst, zuerst eine zufriedenstellende Definition eines festen Punktes gegeben zu haben.

Daß er nach und nach durch das praktische Bedürfniß darauf geführt ward, beweisen seine Arbeiten ganz klar. Bei seinen ersten Thermometern ging er von zwei festen Punkten aus, der Temperatur einer Mischung von gestoßenem Eis, Wasser und Salmiak und derjenigen des gesunden menschlichen Körpers, welche letztere er dadurch erhielt, daß er das Thermometer einem solchen lange genug in den Mund oder die Achselhöhle steckte. Den Zwischenraum zwischen beiden Punkten theilte er in 180 gleiche Theile, setzte aber in die Mitte 0, so daß er 90 Grade bis zum oberen und ebensoviele bis zum unteren festen Punkt erhielt. Später, wohl seit 1714 theilte er diesen Zwischenraum in 24 gleiche Theile, zählte diese aber nun von der Temperatur der Kältemischung aus, die demnach die Bezeichnung 0 erhielt. Weil jedoch diese Grade etwas groß ausfielen, so theilte er einen jeden nochmals in vier Theile, welche Unterabtheilungen er nun mit ganzen Zahlen bezeichnete und so eine Skala zwischen den festen Punkten von 0 bis 96 reichend erhielt. Lambert spricht die Ansicht aus, diese Bezeichnung habe Fahrenheit auf Boerhave's Anrathen angenommen, während Boerhave den Astronomen Römer als Erfinder der von 0 bis 24 gehenden Skala bezeichnet. Des letzteren Mittheilung wird die glaubwürdigere sein, da Fahrenheit in der That Römer in Kopenhagen besucht hat. Wir aber können uns nur wundern, wie man in damaliger Zeit derartige untergeordnete Einrichtungen zu großen Erfindungen aufbauen mochte, und ersehen daraus, wie wenig die damalige Zeit noch wußte, worauf es eigentlich bei der Verrichtung der Thermometer ankommt. Der gleichmäßige Gang, welchen Fahrenheit's Thermometer zeigten, bewies vor Allem seine tiefere Einsicht. Er hat wahrscheinlich schon früh denselben

dadurch erreicht, daß er den Schmelzpunkt des Eises bei 32° als Controle bei Alkoholthermometern benutzte, bei den später von ihm angefertigten Quecksilberthermometern aber auch den Siedepunkt, der auf seiner Skala die Bezeichnung 212° trug.

Obwohl nun nach Fahrenheit noch eine Menge Vorschläge zur Herstellung anderer Skalen gemacht wurden, so haben sich doch nur noch zwei behaupten können, die Skala von Réaumur und von Celsius. Das Thermometer, welches jetzt Réaumur's Namen trägt, hat den Schmelzpunkt des Eises mit 0, den Siedepunkt des Wassers mit 80 bezeichnet, dasjenige, was nach Celsius genannt wird, bei gleicher Bezeichnung des Schmelzpunktes den Siedepunkt mit 100. Beide Instrumente werden aber mit Unrecht nach Réaumur und Celsius genannt, genau genommen müßten diese Namen durch diejenigen Deluc's und Strömer's ersetzt werden.

Ob wir dies eingehender nachweisen, sei nur kurz erwähnt, daß beide Skalen neben der Fahrenheit'schen in Geltung sind. Während England und Amerika Fahrenheit treu blieben, sind die Franzosen zu Celsius, die Deutschen zu Réaumur übergegangen. In wissenschaftlichen Schriften aber wendet man meist der Bequemlichkeit der Centesimal-Rechnung wegen das hunderttheilige Thermometer an. Wenn nun Maxwell²²⁾ mit Recht bemerkt, daß irgendwelche Vortheile, welche die nach Réaumur genannte Skala vor der hunderttheiligen biete, nicht vorhanden sind, so gilt dasselbe auch von der Fahrenheit'schen. Aus der Nichteinführung der hunderttheiligen Skala erwächst uns Deutschen deshalb kein größerer Vorwurf, wie den Engländern. Doch sind wir berechtigt, darauf aufmerksam zu machen, daß in wissenschaftlichen Arbeiten, welche in Deutschland verfaßt werden, stets die hunderttheilige Skala angewendet wird, in England dagegen — und Maxwell's Buch ist ein Beweis dafür — nicht. Es wäre ja schön, wenn man zu Gunsten der hunderttheiligen die anderen Skalen verbieten könnte. Dazu

könnte doch nur die Gesetzgebung helfen, für diese aber fehlt jeder Anlaß einzugreifen. Die beiden anderen Skalen werden also neben der hunderttheiligen gewiß noch lange in Anwendung bleiben, um so mehr muß aber die Wissenschaft auf ausschließliche Anwendung dieser dringen.

Sie ist eingeführt worden, als das Quecksilberthermometer das Alkoholthermometer so ziemlich verdrängt hatte. Das war im Jahre 1742, in welchem Celsius den Vorschlag, das Röhrenstück zwischen dem Schmelzpunkt des Eises und Siedepunkt des Wassers in 100 gleiche Theile zu theilen, machte, geschehen. Celsius wollte indessen den Schmelzpunkt mit 100 und den Siedepunkt mit 0 bezeichnen. Die jetzt angewandte Benennung beider ist erst acht Jahre später von Strömer vorgeschlagen, dessen Skala mithin, nicht aber die Celsius'sche noch im Gebrauch ist.²³⁾

Die thermometrischen Arbeiten Réaumur's bezogen sich nur auf das Alkoholthermometer, nicht auf das mit Quecksilber gefüllte.²⁴⁾ Um sie zum richtigen Verständniß zu bringen, ist es daher nöthig, zunächst eingehender zu betrachten, wie es kam, daß der Alkohol durch das Quecksilber als thermometrische Substanz ersetzt wurde.

Nachdem Halley²⁵⁾ 1688 sich als der erste, wenn auch in bedingter Weise für das Füllen der Thermometer mit Quecksilber ausgesprochen hatte, so war es wieder Fahrenheit, welcher es zuerst in die Praxis einführte; seine beiden oben erwähnten, noch vorhandenen Thermometer sind Quecksilberthermometer. Nach Musschenbroek wandte er zuerst 1709, nach van Swinden um 1720 das Quecksilber als thermometrische Substanz an, vielleicht von Boerhave dazu aufgefordert²⁶⁾. Fahrenheit's eigene Publikationen scheinen in der Zeitbestimmung van Swinden Recht zu geben. 1714, erzählt er uns, habe er Amontons' Experimente über die Constanz des Siedepunktes kennen gelernt; da er nun aber, wie wir aus anderweitigen Quellen wissen, von

1710 bis 1714 auf Reisen war und damals noch Alkoholthermometer verfertigte, dann durch andere Geschäfte sehr in Anspruch genommen, erst nach geraumer Zeit dazu kam, diese Entdeckung zu verfolgen, indem er die Idee faßte, den Alkohol durch Quecksilber zu ersetzen, so kann das Quecksilberthermometer wohl kaum lange vor 1720 construirt worden sein.

Eine beträchtliche Schwierigkeit stand der Einführung des Quecksilbers in dem Mangel bequemer Reinigungsmethoden entgegen. Man war fast allein auf die mühsame Destillation angewiesen und wenn auch schon Raymund Lull ein bequemeres Verfahren angegeben hatte, nämlich das Quecksilber mit Essig und Salz zu waschen und durch Leder zu drücken, so muß dies doch nur wenig bekannt und angewendet worden sein.²⁷⁾ Wenigstens scheiterten Versuche zur Herstellung luftfreier Barometer, welche Papin 1684 in London ausführen wollte, an der zu geringen Reinheit des von der Royal Society dazu gelieferten Quecksilbers, ohne daß der große Experimentator, der sich doch sonst so leicht nicht abschrecken ließ, sich dazu angeschickt hätte, es zu reinigen.²⁸⁾

Diese Schwierigkeiten hatte Fahrenheit überwunden, das Quecksilber der beiden von ihm herrührenden Thermometer ist auch jetzt noch völlig rein. Man wird annehmen müssen, daß er es destillirt hat. Ebenjowenig war für ihn die geringere Ausdehnung des Quecksilbers im Vergleich zu der des Alkohols ein Hinderniß. Er gab dem Thermometer ein verhältnißmäßig großes Gefäß, welches das Quecksilber enthielt, so daß auch bei geringer Ausdehnung recht viel Quecksilber in das ziemlich enge Rohr getrieben wurde und erreichte durch Anbringen einer wunderschön getheilten Skala, daß die Ablejung an seinen Thermometern nichts zu wünschen übrig ließ.

Den Vortheil der größeren Ausdehnung des Alkohols glaubte nun der berühmte Zoologe Alphonse de Réaumur und nach ihm der durch seine für größeres Publikum bestimmten Schriften be-

kannte Abt Nollet zu hoch achten zu müssen, als daß sie den höheren Siedepunkt des Quecksilbers dafür hätten eintauschen mögen. Réaumur unternahm deshalb eine eingehende Untersuchung, deren Resultate er 1730 in den Memoiren der Akademie der Wissenschaften in Paris veröffentlichte. Zunächst suchte er die Ausdehnung des Alkohols zu bestimmen und da er fand, daß ein Volumen von 1000 Einheiten bei der Temperatur des Schmelzpunktes des Eises sich durch Erwärmen bis zum Siedepunkt des Wassers auf 1080 ausdehnte, so glaubte er den Abstand zwischen beiden Temperaturen auf dem Thermometerrohr in 80 gleiche Theile theilen zu müssen. Die Schwierigkeit, daß der Siedepunkt des Weingeistes so viel niedriger liegt, wie der des Wassers, hatte er dadurch umgangen, daß er nicht reinen Weingeist, sondern mit $\frac{1}{4}$ Wasser verdünnten verwendet hatte. Den Eispunkt bestimmte er alsdann, indem er das Thermometer in ein Gefäß mit Wasser tauchte, welches mit einer Kältemischung umgeben war und den Stand des Apparates im Momente des Friehens bezeichnete, den Siedepunkt aber durch Eintauchen in ein Gefäß mit siedendem Wasser und Bezeichnung des Punktes, bis zu welchem der Alkohol gestiegen war.²⁹⁾ Réaumur's auf anderem Gebiete mit Recht hochgefeierter Namen ist gewiß zum großen Theil daran Schuld gewesen, daß diese völlig unzureichenden Bestimmungen viel mehr Eingang fanden, wie die Resultate der sorgfältig durchdachten Arbeiten Fahrenheit's. Vielleicht trug dazu auch eine gewisse Ermüdung bei, welche sich nach dem gewaltigen Fortschreiten der Naturwissenschaften im 17. Jahrhundert nun der Gemüther bemächtigt hatte. Die Temperatur des von Réaumur angenommenen Eispunktes kann unter Umständen bis auf -10° heruntergehen und als man später nach Réaumur's Angabe den Siedepunkt bestimmte, fand man ihn auf dem 64,3. Grade einer Skala, auf welcher der wirkliche Siedepunkt mit 80 bezeichnet war. Es half nicht viel, daß Ducrest 1757 den Siedepunkt zu bestimmen suchte, indem

er vorher das Thermometer mit erweitertem Ende des Rohres luftdicht abschloß, aber Luft darin ließ. Der Druck der Luft erhöhte dann freilich den Siedepunkt des Alkohols und ließ den des Wassers genauer finden.³⁰⁾ Aber befriedigen konnten auch diese Resultate nicht, solche verdankte man erst der Wiedereinführung des Quecksilbers.

Dieselbe auf's Neue durchgesetzt zu haben, wird stets das große Verdienst Deluc's bleiben. Seine Gründe wirkten so überzeugend, daß ein Liebhaber der Physik, dem er sie auseinandergesetzt hatte, begeistert ausrief³¹⁾: „Es ist gewiß, dieses Mineral hat uns die Natur zur Verfertigung der Thermometer gegeben!“ Die Ueberlegungen Deluc's aber sind die folgenden: Soll mit einem Thermometer die Temperatur eines Körpers bestimmt werden, so muß dasselbe auf diese Temperatur gebracht werden, wozu der Körper Wärme hergeben muß. Es muß also abführend auf ihn wirken und in um so höheren Grade, je mehr Wärme die thermometrische Substanz zu einer bestimmten Temperaturerhöhung braucht. Würde man zwei Thermometer anwenden, welche gleiche Raummengen Alkohol und Quecksilber enthielten, so würde hierzu der Alkohol anderthalb mal so viel Wärme nöthig haben, wie das Quecksilber.³²⁾ Dieses würde also unter sonst gleichen Umständen genauere Resultate geben können, wie jenes. Bleibt die Temperatur, welche beobachtet werden soll, nicht lange constant, so wird die Substanz vorzuziehen sein, welche der Wärme erlaubt, sich möglichst rasch in ihr auszubreiten, sie am besten leitet. Dieses ist wieder das Quecksilber. Solchen wichtigen Vortheilen gegenüber sind die Nachtheile, um derentwillen Réaumur es nicht wählte, entweder völlig gehoben oder nicht mehr in's Gewicht fallend. Es ist jetzt viel leichter, gleichmäßig reines Quecksilber, wie luft- und wasserfreien Alkohol herzustellen. Die Vervollkommnung des Milchglases, auf welche man heut zu Tage meist die Skala aufträgt, erlaubt den Stand des undurchsichtigen Quecksilbers im

durchfallenden wie im auffallenden Licht viel schärfer zu beobachten wie den des Alkohols, auch wenn man ihn, wie es gewöhnlich geschah, mit Grünspahn färbte. Die geringere Ausdehnung aber hat sowohl dadurch, als durch Anwendung von Röhren, welche im Verhältniß zu der Größe des Gefäßes sehr eng wird, aufgehört ein Nachtheil zu sein.

Eine weitere große Bequemlichkeit, die das Quecksilberthermometer im Gegensatz zum Alkoholthermometer hat, lernte man erst später kennen, als man es unternahm, auf das letztere die Vortheile des ersteren zu übertragen. Um dies zu erreichen, müsse man versuchen, meint der Oberkaplan Johann Friedrich Lutz³³⁾ in Gunzenhausen, der sich vielfach mit der Verfertigung von Thermometern abgab, die Angaben des Alkoholthermometers durch möglichst genaues Vergleichen mit dem Quecksilberthermometer auf die an diesem gemachten Ableesungen zurückzuführen und giebt genau an, wie dies zu bewerkstelligen sei. Es ist nun richtig, daß man auf diese Weise auch die Alkoholthermometer vollkommen brauchbar machen kann. Wäre dies nicht der Fall, so hätte Libri nicht die Uebereinstimmung der Apparate der Accademia del Cimento mit modernen nachweisen können, so hätte nicht Müncke³⁴⁾ 1783 ein von Brander verfertigtes Thermometer noch im Jahre 1839 brauchbar finden können und wenn sich derselbe Forscher ein 1766 von dem nämlichen Künstler verfertigtes Alkoholthermometer als zu träge zeigte, so dürfte der Grund dafür nicht in der Unbrauchbarkeit des Alkohols zu suchen sein, wie man sich, da beide Apparate im physikalischen Kabinet der Universität Heidelberg noch vorhanden sind, leicht überzeugen kann.³⁵⁾ Die Vergleichung beider Thermometer ergab nun aber, daß auf das Alkoholthermometer, um mit einem in gleich große Grade getheilten Quecksilberthermometer gleichen Schritt halten zu sollen, ungleiche Grade aufgetragen werden müssen und diese Unbequemlichkeit mußte

über kurz oder lang zur Folge haben, daß man eine Anwendung, wo dieselbe nicht durch bestimmte Zwecke gefordert wurde, aufgab.

Wenn man aber die Skala des Alkoholthermometers nicht in gleiche Theile theilen darf, dann drängt sich sofort die Frage auf, ob denn dies hinsichtlich des Quecksilberthermometers erlaubt sei. Deluc bejahte dieselbe, indem er behauptete, daß die Aenderungen des Volumens des Quecksilbers die richtigsten Ideen von den Aenderungen der Wärme geben. Ehe wir die Gründe für seine Ansicht auseinandersetzen können, müssen wir uns zunächst mit den Mitteln bekannt machen, von welchen man glaubte, daß sie die Wärme selbst und nicht nur die Ausdehnung der thermometrischen Substanz messen ließen.

Soll Etwas meßbar sein, so muß es sich in gleiche Theile zerlegen und aus solchen zusammensetzen lassen und das scheint mit der Wärme möglich. Wenn sie auch für unsere Sinne und Instrumente nur durch Vermittlung von Körpern wahrnehmbar wird, so kann man Wärme offenbar dadurch halbiren, daß man den Körper, welcher davon eine gewisse Menge enthält, mit einem ihm gleichen zusammenbringt, welcher weniger besitzt. Alsdann wird von dem wärmeren auf den kälteren soviel Wärme übergehen, bis beide gleich viel enthalten, was man daran erkennt, daß ihre Temperaturen gleich geworden sind. Erwärmt man z. B. 1 kg Wasser von 10° auf 40° und mischt es dann mit 1 kg Wasser von 10° , so wird die Hälfte der Wärme, welche nöthig war, um die Temperatur des ersten Kilogramm um 30° zu erhöhen, dazu verwendet werden, die Temperatur des zweiten auf 25° zu bringen, wobei die des ersten um 15° sinkt. Anstatt des Wassers könnte man zu derartigen Versuchen einen beliebigen anderen, der nothwendigen Mischung wegen freilich zunächst nur flüssigen Körper nehmen und wenn man weiter anstatt gleicher, verschiedene Gewichtsmengen mischte, so könnte man eine Theilung einer beliebigen Wärmemenge nach dem Verhältniß erhalten, umgekehrt aber durch Zufügung von

Flüssigkeit von höherer Temperatur einer gegebenen Flüssigkeitsmenge eine bestimmte Menge Wärme zuführen. Dazu bedarf es nur der Festsetzung der Wärmeeinheit oder Calorie. Man hat zur Herstellung derselben, weil immer rein und im flüssigen Zustand zu haben, Wasser benutzt und diejenige Wärmemenge als Einheit festgesetzt, welche nöthig ist, um 1 kg reinen Wassers von der Temperatur von 0° auf die von 1° der hunderttheiligen Skala zu bringen. Behalten wir die obige Weise zu schließen bei, so würde z. B. dieselbe Anzahl Calorien nöthig sein, um 1 kg Wasser von 0° auf 2° zu erwärmen, als man bedarf, um die Temperatur von 2 kg Wasser um 1° zu erhöhen.

Sind diese Schlüsse richtig, dann sind wir ja leicht im Stande, uns zu überzeugen, ob die Ausdehnung unserer Thermometerflüssigkeiten so erfolgt, daß sie ein Maß der zugeführten Wärmemenge ist und demnach zu prüfen, ob wir berechtigt sind, den Raum zwischen dem Eispunkt und dem Siedepunkt, wie es beim Quecksilberthermometer geschieht, in gleiche Theile zu theilen. Man hat eben nur nöthig, zwei bekannte Gewichtsmengen Wasser von gemessenen Temperaturen zu vermischen und aus der Temperatur der Mischung die bei der Eintheilung in gleiche Theile nöthige Correction zu bestimmen.

Den ersten derartigen Vorschlag machte der bereits erwähnte Renaldini im Jahre 1694.³⁶⁾ Er wollte auf einem Weingeistthermometer in der Weise die Eintheilung anbringen, daß er dasselbe der Reihe nach in 12 Gefäße tauchte, von denen das erste 11 Theile kalten auf 1 Theil kochenden Wassers enthielt, das zweite 10 Theile kalten auf 2 Theile kochenden Wassers u. s. w. Freilich beabsichtigte der italienische Physiker weniger die Fehler wegzuschaffen, die von der ungleichmäßigen Ausdehnung des Weingeistes herrühren, als vielmehr den Einfluß der Luft schadlos zu machen, welche er beim Schließen seines Thermometerrohres immer noch in seinem Apparate behielt. Diese übe, wie er meinte, einen Widerstand gegen die sich ausdehnende Flüssig-

keit aus und hindere sie, sich richtig zu stellen. Seinen Vorschlag nahmen später Le Sage, Boerhave, Krafft und Richmann auf und namentlich des letzteren Arbeiten galten lange als maßgebend, um so mehr, als sie durch Versuche von Nollet bestätigt wurden. Wenn nun der Umstand, daß Richmann mit dem Quecksilber-, Nollet mit dem Weingeistthermometer gearbeitet hatte, für das erhaltene Resultat zu sprechen schien, so war es gerade der nämliche Umstand, welcher Deluc gegen diese Resultate mißtrauisch machte. War ihm doch aus vielfachen eigenen Experimenten bekannt, daß der Gang eines Weingeistthermometers mit dem des Quecksilberthermometers nicht übereinstimmt, wie hätte nun der Gang beider mit dem der Wärme übereinstimmen können!

In der That war auch die Uebereinstimmung nicht so groß, als behauptet worden war, denn Richmann's Thermometer hatte immer tiefer gestanden, als es die aus seinen Beobachtungen abgeleitete Regel³⁷⁾ erforderte, was er freilich durch die Wärmeverluste, welche durch die Wärmeabgabe an die Luft und an das Gefäß während des Versuches hervorgerufen wurden, erklären zu können glaubte. Bei Nollet's Experimenten aber waren die Temperaturunterschiede nicht groß genug, als daß eine merkliche Abweichung der Angabe des Thermometers von der wirklichen Wärme hätte statt finden können. Angeregt durch Le Sage's Ueberlegungen stellte nun Deluc ebenfalls Versuche an mit Thermometern, in welchen sich verschiedene Flüssigkeiten befanden. Er brachte in ein mit warmem Wasser gefülltes kupfernes Gefäß kaltes Wasser, berechnete die Temperatur der Mischung nach Richmann's Vorgang und verglich damit die Angaben seiner Thermometer. Dieselben stimmten nicht überein, sondern das Quecksilber stand stets ein klein wenig zu niedrig. Dies schrieb Deluc der Abkühlung in Folge des Verlustes der an das Gefäß abgegebenen Wärme zu. Als er nun den Einfluß derselben so genau wie möglich durch einen anderen Versuch bestimmte und die Angaben des Quecksilberthermometers danach corrigirte,

stimmten sie mit den von ihm berechneten Temperaturen überein. Die oben erwähnte, aus diesen Versuchen gezogene Folgerung Deluc's, daß das Quecksilberthermometer den Gang der Wärme angebe, setzen nun wie alle die Arbeiten, auf welche sie sich gründet, voraus, daß immer die nämliche Wärmemenge nöthig ist, um eine bestimmte Menge Wasser um ein und dieselbe Anzahl Grade zu erhitzen, wie hoch die Anfangstemperatur des Wassers auch gewesen sein mag, so daß also beispielsweise, wenn man als Calorie diejenige Wärmemenge nimmt, welche die Temperatur eines Kilogrammes Wasser von 0° auf 1° der hunderttheiligen Skala erhöht, dieselbe Wärmemenge die Temperatur eines Kilogrammes Wasser von 20° auf 21° oder von 70° auf 71° oder von 99° auf 100° bringen würde. Als aber Regnault die Prüfung der Richtigkeit dieser Annahme zum Gegenstand einer experimentellen Untersuchung machte, fand er sie keineswegs bestätigt. Er fand vielmehr, daß die Wärmemenge, welche die Temperatur von 1 kg Wasser um 1° erhöht, bei verschiedenen Temperaturen eine verschiedene ist. Betrug sie bei 0° 1 Calorie, so ergab sie sich bei 99° zu 1,013 Calorien. Um also 1 kg Wasser von 0° auf eine Temperatur von 50° zu bringen, ist eine geringere Wärmemenge nöthig, als es von da auf 100° zu erhitzen und es ist somit die Mischungstemperatur von 1 kg Wasser von 0° und von einem anderen von 100° nicht 50° , sondern etwas weniger. Die Arbeiten Deluc's hatten also nur ein scheinbar richtiges Maß der Wärme geschaffen, welches deshalb gute Resultate gab, weil der Unterschied der Wärmemengen, welche die Temperatur des Wassers um 1° erhöhen, in dem Intervall von $0-100^{\circ}$ doch nur gering und weil die Ausdehnung des Quecksilbers der zugeführten Wärmemenge nahezu proportional ist. Aber genau ist dies nicht der Fall und wollte man mit aller wissenschaftlichen Schärfe vorgehen, so mußte man nach anderen Mitteln, die die Wärmemengen genau zu messen gestatteten, suchen.

Ein solches war zu Deluc's Zeiten längst gefunden. Am 28. Juni 1702 hatte Amontons der Akademie der Wissenschaften in Paris den Vorschlag zu einem neuen Thermometer gemacht, welches bestimmt war, die Unvollkommenheiten des Weingeistthermometers corrigiren zu lassen.³⁸⁾ Obgleich sein Vorschlag an das Galilei'sche Instrument anknüpfte, so hatte er doch einen Apparat zum Gegenstande, welcher weitaus zweckentsprechender war, wie der von Sagredo und Sanctorius benutzte. Die Luft befand sich in einer etwa $3\frac{1}{4}$ Zoll weiten Kugel, aus welcher unten eine sich bald in senkrechter Richtung nach oben krümmende Röhre von $\frac{1}{2}$ Linie im Durchmesser trat. Von dem unteren Ende der Kugel bis zum oberen Ende der Röhre hatte dieselbe eine Länge von 46, bis zur unteren Krümmung von 48 Zoll. Die Kugel war mit Luft, die Röhre mit Quecksilber gefüllt und die verschiedenen Höhenunterschiede des Quecksilberniveaus, vermehrt um den jedesmaligen Barometerstand, gaben den Druck und das Volumen der Luft und da der Versuch damit begann, dies Volumen bei der Temperatur des siedenden Wassers zu beobachten, so würde es leicht sein, wie Amontons sagt, „mit Hülfe dieser Thermometer die Temperatur aller Klimate der Erde zu bestimmen und für jedes Klima Weingeistthermometer zu construiren, welche mit diesen neuen Luftthermometern verglichen werden konnten.“ Amontons bedauert, daß er seinen Apparat noch nicht angegeben hatte, als der Minister Colbert eine große Menge Thermometer herstellen lassen und diese nach verschiedenen Theilen der Erde schicken wollte, um dort zu Beobachtungen zu dienen. Dann wäre die Ausführung dieses Planes, meint er, wohl nicht unterblieben, wie es wirklich geschah, da man eine genügende Uebereinstimmung der vorhandenen Thermometer zu erreichen nicht hoffen durfte.

Amontons' Erfindung fand zunächst freilich wenig Anklang. Er konnte es nicht erreichen, daß der damalige Astronom der Akademie, La Hire, das von ihm lange gebrauchte Thermometer

mit dem neuen verglich. „Zwar wurde“, um Lambert's³⁹⁾ gerechten Zorn nicht ungehört verklingen zu lassen, „ein Amontons'sches (Thermometer) auf die Pariser Sternwarte gestellt, man hängte es aber so gleich in einem andern Saale auf, gerade, als wenn alle Vergleichung sorgfältig vermieden werden sollte. Diese Vergleichung ging erst einige Jahre nach Amontons' Tode vor, und zwar so nachlässig als es immer seyn konnte. Nämlich Amontons' Thermometer führte eine verständliche Sprache. Und das war eben, was La Hire dem feinigen nicht geben wollte, oder schon deswegen für überflüssig hielt, weil er an demselben glaubte zween feste Punkte, nemlich den von der Temperatur im Keller der Sternwarte, und den von der Kälte der Luft in dem offenen Saale der Sternwarte zur Zeit, wenn es auf dem Felde frieret, bemerkt zu haben. Eine Bemerkung, die er alle Jahre aufs Neue der Akademie vorlas, wenn er von seinen Wetterbeobachtungen Bericht erstatte(te). Das war nun eben nicht das Mittel, die Wissenschaften mit vereinigten Kräften zu erweitern.“

So war denn auch Lambert der erste, welcher Amontons' Ideen Gerechtigkeit widerfahren ließ, indem er in seiner nach seinem am 25. September 1777 erfolgten Tode erschienenen Pyrometrie sich rückhaltslos für Amontons' Thermometer aussprach und nur die Skala desselben in zweckmäßiger Weise verbesserte. Zwar konnte auch er bei den Thermometerverfertiguern und dem von ihnen kaufenden Publikum zunächst noch nicht durchdringen. Wie diese dachten, ersehen wir aus der folgenden, Luz entnommenen Stelle: „Gegenwärtige Einwendungen“, sagt er⁴⁰⁾, „die ich wider des seel. Hr. Baurath Lamberts Luftthermometer gemacht, hätte ich gerne unterdrückt, indem ich die Asche dieses Gelehrten von erstem Range verehere, wenn ich nicht der Wahrheit mehr schuldig zu seyn, geglaubt hätte. Ich reiße nicht gerne ein, wenn ich nicht etwas besseres dagegen aufbauen kann. — Und doch mußte ich dieses gegenwärtig thun. Noch

weniger begehre ich auf den Ruinen eines andern, und am wenigsten eines solchen Mannes, dessen Ruhm unerschüttert bleibt, wenn er gleich, wie es allen Sterblichen begegnet, in Kleinigkeiten fehlt, Trophäen zu erbauen.“ Diese Trophäen waren auf De Luc's Arbeiten gegründet, deren geringere Zuverlässigkeit wir bereits auseinandergesetzt haben. Sie liegen längst in Trümmern, während Amonton's und Lambert's Ideen noch jetzt fruchtbar sind. Hat sie doch erst vor Kurzem Maxwell⁴¹⁾ wieder zur Aufstellung des wichtigen Begriffes des absoluten Nullpunkts benutzt, mit dem wir uns nunmehr kurz zu beschäftigen haben.

Bereits Amontons hatte der Pariser Akademie den folgenden Gedankengang vorgelegt. Eine jede Luftmenge muß, wenn sie vor Zerstreung bewahrt werden soll, einem bestimmten Drucke ausgesetzt sein, welchem sie vermöge ihrer Elasticität Widerstand leistet. Wächst der Druck von Außen, während sonst alles gleich bleibt, so muß der Raum, den die Luftmenge einnimmt, sich verringern, nimmt dagegen der Druck von Innen zu, so muß er den äußeren zurücktreiben, diesen Raum vergrößern. Diese Zunahme des Druckes von Innen mit erfolglicher Ausdehnung kann nun nur durch Zuführung von Wärme hervorgerufen werden und es wird die Ausdehnung der Luft bei gleichem Drucke ein Maas der Wärme sein, vorausgesetzt, daß ihre Dichtigkeit die nämliche bleibt. Läßt man nun den Druck, welchem eine Luftmenge ausgesetzt ist, ungeändert, und läßt den Grad der Wärme bis auf Nichts, also bis zum Eintreten von absoluter Kälte abnehmen, so wird der von der Luft eingenommene Raum auch zu Null werden, oder wenn er nicht ganz zu Null wird, so kann er doch dafür angesehen werden, weil er jedenfalls so klein wird, daß er gegen den anfangs eingenommenen Raum vernachlässigt werden kann. „In der absoluten Kälte fällt also die Luft so dicht zusammen, bis sich ihre Theilchen durchaus berühren, oder bis sie, so zu reden, wasserdicht wird.“⁴²⁾

Von diesen Ideen Amontons' ausgehend, suchte nun Lam-

bert eine Thermometerskala zu construiren, deren Nullpunkt mit der absoluten Kälte zusammenfällt, er suchte, wie dies die heutige mechanische Wärmetheorie durchgeführt hat, die absoluten Temperaturen anstatt der conventionellen einzuführen. Er fand, daß sich die Raumeinheit der Luft beim Erwärmen um 1° um 0,370 ausdehnt, so daß, wenn man den Raum, den die Luft einnimmt, wenn sie von der absoluten Kälte oder vom absoluten Nullpunkt, um den jetzt gebräuchlichen Ausdruck anzuwenden, bis zum Schmelzpunkt des Eises erwärmt wird, in 1000 gleiche Theile theilt, diese Luft bei weiterer Erwärmung bis zum Siedepunkt 1370 Raumtheile einnimmt. Heute nimmt man statt der Zahl 0,370 die genauere 0,3667. Diese Theile sind nun die Grade des Luftthermometers, was somit dienen kann, um die Wärme zu messen, und berechnet man die Temperatur des absoluten Nullpunkts, indem man von dem Nullpunkt der 100theiligen Skala abwärts geht, so findet man $-\frac{3}{4}\frac{7}{10} \cdot 1000 = -270,3^\circ$, wofür jetzt $-273,3^\circ$ angenommen wird.

Auf diese Erfindung könne sich Amontons', meint Lambert, viel zu Gute halten, doch habe sie vielleicht deswegen, weil sie so schön und sehr wahr ist, nur Angläubige vor sich gefunden. Jetzt ist das nicht mehr der Fall, um so mehr aber ist es auch an der Zeit, den Urheber dieser so wichtigen Ueberlegung aus dem unverdienten Dunkel hervorzuziehen.

Die neuere Gastheorie setzt nun voraus, daß die Gas-theilchen nicht mehr den Cohäsionskräften, sondern lediglich den von der Wärme bedingten Antrieben unterliegen. Ist das der Fall, so hatte Gay Lussac ganz recht, wenn er die Folgerung Lambert's aufrecht erhielt, daß die Angaben des Luftthermometers der zugeführten Wärmemenge proportional seien und daß demnach die Skala der wirklichen Wärme die des Luftthermometers sei. Dann müßten aber auch alle Gasthermometer, sie möchten nun mit einem Gase gefüllt sein, mit welchem sie wollten, in dieselben Temperaturverhältnisse gebracht, denselben Gang zeigen.

Als aber Regnault in solcher Weise Thermometer, welche mit Luft, mit Wasserstoff und Kohlenfäure gefüllt waren, den nämlichen Temperaturen aussetzte, so fand er nicht genau dieselben Resultate und mußte daraus den Schluß ziehen, daß auch bei den Gasen die zwischen den Molekülen vorhandenen Cohäsionskräfte nicht völlig gleich Null sein können. Es ist nun aber nicht schwer, die Angaben des einen Gasthermometers auf ein anderes zu übertragen und so sind die Luftthermometer doch diejenigen, welche am besten unter sich stimmen. In Fällen, in denen es nicht auf die äußerste Genauigkeit ankommt, darf man die Ablesungen des Luftthermometers den zugeführten Wärmemengen proportional setzen.

Von diesem Gesichtspunkt aus hat die Rechnung von Lorenz^{4 3)} in Kopenhagen Werth, welche die Wärmemenge bestimmt, die nöthig ist, um so viele Atome einer permanenten Luftart zu erwärmen, als in einem Milligramm Wasserstoff enthalten sind. Doch wollen wir bereits hier darauf aufmerksam machen, daß bei solchen Versuchen, bei denen die höchste Genauigkeit erreicht werden soll, auch der Einfluß der Ausdehnung des Glases berücksichtigt werden muß.

Hat man nun bei der Vergleichung der Luftthermometer doch noch auf die mangelnde Proportionalität der zugeführten Wärmemenge und der Ausdehnung Rücksicht zu nehmen, dann liegen ja für dasselbe die Sachen gar nicht viel anders, wie für das Quecksilberthermometer auch. Die Abweichungen des Quecksilbers von dem Gesetze, daß die zugeführte Wärmemenge der Ausdehnung proportional ist, sind allerdings wohl größer wie die der Luft, aber dadurch wird die Anbringung der Correcturen durchaus nicht erschwert. Und die Sache vereinfacht sich noch ganz beträchtlich, wenn man bedenkt, daß nur einmal eine genaue Vergleichung des Quecksilbers mit dem Luftthermometer vorzunehmen ist, daß aber dann eine dabei ermittelte Tabelle für alle Quecksilberthermometer gleichmäßig gilt. Eine solche

Tabelle verdanken wir z. B. Rechnagel⁴⁴⁾ und es ergibt dieselbe, daß die größte Abweichung, die bei 50° erfolgen muß, da die Punkte 0 und 100 bei beiden Thermometern übereinstimmen müssen, nicht die Größe von 0,2° C. überschreitet. Es ist dies von großer Bedeutung, da das Quecksilberthermometer, welches an Bequemlichkeit von keinem andern übertroffen wird, bei den gewöhnlichen Temperaturen mit dem Luftthermometer hinreichend genau übereinstimmt.

Die mechanische Wärmetheorie giebt nun aber Mittel an die Hand, auf theoretischem Wege die wirklichen Wärmemengen zu bestimmen, welche den Angaben eines Luftthermometers entsprechen. Sir William Thomson⁴⁵⁾ war der erste, welcher darauf hinwies, daß man eine „absolute Thermometerskala“ erhalten könne, wenn man die Grade so wählte, daß die Wärmemengen, welche die Temperatur des Apparates um 1° erhöhten, immer die nämliche wäre. Bei dem Luftthermometer werden die Grade bei höheren Temperaturen kleiner werden, allgemein aber würde, da bekanntlich eine jede Wärmeeinheit eine bestimmte mechanische Wirkung ausüben kann, „eine Wärmeeinheit bei ihrem Uebergang von einem Körper A bei der Temperatur T° dieser Skala auf einen Körper B von der Temperatur $(T-1)^{\circ}$ den nämlichen mechanischen Effect geben, welches auch der Werth von T ist.“⁴⁶⁾ Für die Berechnung einer solchen Skala haben nun Fochmann und Weinstein⁴⁷⁾ Formeln aufgestellt. Der letztere Forscher hat für das Luftthermometer berechnet, um wieviel die Angabe desselben von der absoluten Skala zwischen 0° und 100° abweicht. Diese Abweichung erreicht ihren höchsten Werth bei 50°, nämlich 0,015 der hunderttheiligen Skala. Dieselben Rechnungen für ein mit Kohlenäure gefülltes Thermometer ergaben als größte Abweichung 0,053. Leider besitzen die experimentellen Daten, auf denen diese Rechnung aufgebaut ist, noch nicht die wünschenswerthe Genauigkeit, so daß die Zu-

verläßigkeit der Rechnung $0,01^\circ$ des hunderttheiligen Thermometers noch nicht übersteigt.

Immerhin wird man bis zu Ableisungen von $0,01^\circ$ da zu gehen haben, wo die größte Genauigkeit wünschenswerth ist und es liegt somit das Bedürfniß vor, Thermometer zu construiren, welche Hundertstelgrade abzulesen gestatten. Dazu muß, wie wir bereits sahen, das Rohr möglichst eng bei möglichst geräumigem Gefäße sein, dann aber dafür gesorgt werden, daß man den feinen Quecksilberfaden gut sehen kann. Dies wird in Deutschland in sehr vollkommener Weise dadurch erreicht, daß man die Skala auf einem Beinglasstreifen anbringt, welcher hinter dem Thermometerrohr angebracht und mit ihm in ein weiteres Rohr eingeschlossen wird. Bei weniger feinen Thermometern wird anstatt des Beinglasstreifens eine Papierrolle hinter das Thermometerrohr in die Umhüllungsrohre geschoben, bei den ganz billigen ist sie auf ein Brettchen, auf welchem das Thermometerrohr, durch Klammern festgehalten und durch seine umgebogene in das Holz des Brettchens hineinragende Spitze vor dem Verschieben bewahrt wird, angebracht. Nicht ganz so gut lesen sich die Thermometer ab, deren Skala auf das Rohr selbst eingeritzt ist, wie man es bei den feinen französischen Thermometern findet. Wenn auch die Striche mittelst eingeriebenen Graphitpulvers geschwärzt werden und durch eingeschmolzenes Email ein heller Hintergrund hergestellt wird, so erscheinen die Striche meist gekrümmt und ihre Bezeichnung zu klein, alles Dinge, die dem Ungeübten hinderlich sind, während der Forscher daraus gewisse Vortheile ziehen kann. Um bei großer Empfindlichkeit das Ablesen zu erleichtern, giebt man auch wohl dem Rohre einen bandförmigen Querschnitt und bringt dann die Skala vor oder hinter der breiten Seite des Fadens an. Neuerdings hat man dadurch, daß man die vordere Seite des Umhüllungsrohres prismatisch gestaltete oder die Linsenwirkung einer in dasselbe gebrachten Flüssigkeit benutzte, die

Skala in der auf die Ase des Rohres senkrechten Richtung vergrößert und so ihr Ablesen erleichtert.^{4 8)}

Wer indessen jemals Gelegenheit hatte, ein empfindliches Geißler'sches Thermometer zu betrachten, der wird zugeben, daß eine schärfere Ablesung, wenn überhaupt möglich, dann nicht Bedürfnis ist. Der Uebelstand, den die große Empfindlichkeit mit sich bringt, daß das Rohr unverhältnißmäßig lang wird, ist freilich nicht zu vermeiden; man kann deshalb nur für geringe Temperaturdifferenzen ein solches Thermometer herstellen. Bei einem solchen Thermometer von Geißler ist z. B. die Länge eines der Grade 22 mm, jeder Grad aber in $10 \times 5 = 50$ Theile getheilt, so daß man bequem $0,01^\circ$ ablesen kann, je nachdem das Quecksilber auf einem oder zwischen zwei Theilstrichen steht. Bei Medicinalthermometern, die $0,1^\circ$ beobachten lassen müssen, würde das besonders unbequem sein, da es nun aber gerade bei diesen wünschenswerth ist, nach Bedürfnis die Richtigkeit des Nullpunktes und Siedepunktes bestimmen zu können, so hat man das Thermometerrohr in dem Umhüllungs-cylinder mehrmals hin- und hergewunden, oder man hat in demselben zwei Erweiterungen zwischen dem Nullpunkt und den Graden der Blutwärme und zwischen diesen und dem Siedepunkt angebracht, welche das Quecksilber erst anfüllen muß, ehe es in dem engen Theil des Rohres weiter steigen kann, und dadurch die direkte Prüfung des Eis- und Siedepunktes des Thermometers möglich gemacht.^{4 9)}

Daß nun bei so empfindlichen Thermometern geringe Ungenauigkeiten der Skala oder im Kaliber der Röhre die Richtigkeit der Ablesungen in nicht zu vernachlässigender Weise beeinflussen werden, liegt auf der Hand. Es sind deshalb sowohl beim Verfertigen, als auch beim Benutzen der Apparate eine Anzahl Vorsichtsmaßregeln zu beobachten, welche kurz anzuführen wir nicht unterlassen wollen.

Schon die Auswahl des Rohres erfordert große Sorgfalt.

Nur solche Röhre sind brauchbar, welche auf ihrer ganzen Länge genau dieselbe Weite behalten. Daß dies der Fall ist, davon muß man sich vorher dadurch überzeugen, daß man einen kurzen Quecksilberfaden in das Rohr bringt, seine Länge genau mißt, ihn dann nach und nach durch das Rohr hindurchbewegt und immer wieder mißt. Ist er an allen Stellen gleich lang, so ist das Rohr cylindrisch, andernfalls nicht und muß also verworfen werden. Um ihn hindurch gehen zu lassen, hat man nur das Rohr ein wenig zu neigen; man kann aber auch an das eine Ende einen kleinen Kautschukballon befestigen, mit seiner Hülfe Luft hinter dem Faden in das Rohr treiben und ihn so fortschieben. Hat sich das Rohr nun als cylindrisch bewährt, so wird auf der einen Seite ein cylindrisches weiteres Röhrenstück als Gefäß angemolzen, welches einseitig geschlossen ist, auf der andern ein weites Gefäß, welches als Trichter zum Einbringen des Quecksilbers dienen soll. In dieses wird sorgfältig gereinigtes und getrocknetes Quecksilber gegossen und darauf mittelst einer Lampe das cylindrische Gefäß erhitzt. Die sich ausdehnende Luft steigt dann in Bläschen durch das Quecksilber empor, im Gefäß wird somit die Luft verdünnt und bei der nun folgenden Abkühlung preßt der Luftdruck das Quecksilber durch das enge Rohr in das Gefäß hinein. Ist dieses genügend gefüllt, so wird der Trichter abgebrochen, das cylindrische Gefäß dagegen so lange erhitzt, bis das Quecksilber in's Kochen geräth und nunmehr mit einer Lötrohrflamme das Rohr zugeschmolzen. Der Raum oberhalb des Quecksilbers war dann nur mit Quecksilberdampf angefüllt. Bei der Abkühlung auf die gewöhnliche Temperatur schlägt sich derselbe fast vollständig nieder und läßt über dem Quecksilber einen leeren Raum zurück.

Sehr oft kommt man nun aber in die Lage, das Kaliber eines fertigen Thermometers untersuchen zu müssen und wenn es sich als nicht ganz gleichmäßig zeigt, mit Hülfe einer Correctionstabelle auf ein gleichmäßiges Kaliber zu reduciren. Die

genaueste Methode, diese Kalibrirung durchzuführen, rührt wohl von Bessel her. N. v. Dettingen hat sie dann verbessert und freilich mittelst ziemlich weitläufiger Rechnungen zu einem hohen Grad von Vollkommenheit gebracht.⁵⁰⁾

War das Quecksilber gut gereinigt und getrocknet, so setzt es niemals an der Röhrenwand Schmutzränder an, seine Oberfläche bleibt unter allen Umständen blank. Es ist jetzt durchaus nicht schwer, reines und trockenes Quecksilber zu erhalten. Verunreinigungen durch Staub &c. entfernt man sehr leicht, wenn man es durch einen aus Papier zusammengedrehten tütenartigen Trichter laufen läßt und da sonstige Verunreinigungen nur in anderen Metallen, Kupfer, Zink &c. bestehen können, so hat man das Quecksilber nur mit einer Säure in Berührung zu bringen, welcher jene Metalle eher als Quecksilber auflöst. Dazu schüttelt man es am besten mit verdünnter Salpetersäure so lange, bis es gänzlich in kleine Tröpfchen zerschlagen wird, wäscht es dann mit viel Wasser aus und trocknet es endlich. An der Luft darf man es aber nicht zu stark erhitzen, weil es sonst oxydirt, das Oxyd aber sich im Quecksilber als Verunreinigung auflöst. Man bringt es deshalb am Besten mit concentrirter Schwefelsäure, welche das Wasser auch aus der Luft begierig aufsaugt, unter die Glocke der Luftpumpe, pumpt aus und läßt es längere Zeit darunter stehen. Auch kann man es, und namentlich ist das zweckmäßig, wenn man vorübergehend reines Quecksilber braucht, wie bei so vielen Arbeiten im chemischen Laboratorium, in eine Flasche, in welcher sich unten ein gläserner Hahn befindet, unter Schwefelsäure bringen und kann dann unten aus derselben stets reines Quecksilber abzapsen, während man das gebrauchte oben wieder hineingießt. Die Legirungen des Quecksilbers mit anderen Metallen begeben sich nämlich, da sie leichter sind, in den oberen Theil des flüssigen Metalles, verbinden sich dort nach und nach mit der Schwefelsäure und lösen sich in derselben auf.

Ist nun in der vorhin auseinandergesetzten Weise das Quecksilber in das Thermometer gebracht und dieses zugeschmolzen, so bleibt es am besten ein paar Monate ruhig liegen, ehe es mit einer Skala versehen wird. Sollen Beinglas und Papierfalten angewendet werden, so wird an das Gefäß noch das weitere Rohr angeschmolzen, welches das Thermometerrohr mantelartig umgiebt, in dies die Skala hineingesteckt und das weite Rohr dann oben mit einer Messingfassung verkittet oder direkt zugeblasen. Ein im Rohr angebrachtes Knie giebt der Skala einen festen Stützpunkt, so daß dieselbe nicht mehr verschoben werden kann.

Um die Skala anzubringen, muß man zunächst bestimmen, wie weit das Quecksilber beim Schmelzpunkt des Eises und dem Siedepunkt des Wassers die Röhre erfüllt. Der zwischen beiden Punkten befindliche Raum muß dann in achtzig, hundert oder hundertundachtzig Theile getheilt werden, je nachdem man beabsichtigt, ein Thermometer nach Réaumur, nach Celsius oder nach Fahrenheit herzustellen. Es geschieht das jetzt, wie sich von selbst versteht, mit der Theilmaschine. Die Feststellung der Punkte aber muß unter Einhaltung gewisser Vorsichtsmaßregeln geschehen. Sind sie dann bezeichnet, so müssen sie von Zeit zu Zeit controlirt werden und daß dies hinsichtlich des Eispunktes so vielfach versäumt wird, das ist eben der Grund, weshalb die Thermometer, mit denen so viele ihre Wetterbeobachtungen anstellen, meist so schlecht miteinander gehen. Bestimmt man aber den Nullpunkt und zieht die Anzahl Grade, oder, was häufiger der Fall sein wird, den Bruchtheil des Grades, um welchen derselbe zu hoch liegt, von der beobachteten Temperatur ab, zählt sie dagegen hinzu, wenn der Eispunkt unter dem Nullpunkt des Thermometers liegt, so werden nunmehr die Beobachtungen, wenn nicht wirkliche Verschiedenheiten vorlagen, vortrefflich stimmen. Nichts ist aber leichter, als die Bestimmung des Eispunktes eines gewöhnlichen Thermometers und man sollte in der

Thut die geringe Mühe, welche sie macht, im Hinblick auf den Nutzen, den sie gewährt, nicht scheuen. Hat man doch nur bei einer Kälte von einigen Graden einen Eimer Schnee oder gestoßenes Eis in ein Zimmer zu stellen, dessen Temperatur einige Grade über dem Eispunkte liegt, das Thermometer in das Eis zu stecken und zu warten, bis es die Temperatur des Eises angenommen hat, um dann diese sich als Schmelzpunkt zu merken. Ob die gewünschte Temperatur erreicht sei, erkennt man daran, daß der Stand des Thermometers längere Zeit hindurch ungeändert bleibt. Um dies zu erreichen, thut man gut, einen hölzernen Eimer zu wählen, weil in einem gut leitenden Blecheimer das Eis zu rasch schmilzt.

Für genauere Bestimmungen benutzt man einen doppelwandigen, aus Zinnblech gefertigten Apparat, dessen innerer cylindrischer Raum nach unten kegelförmig zuläuft und hier mit einem Hahne abgeschlossen ist. Der äußere Raum wird mit Watte lose vollgepfropft, in den inneren gestoßenes Eis gestampft, welches auf dem siebförmig durchlöchertem Boden des cylindrischen Raumes aufliegt. Durch dies Sieb fließt das Schmelzwasser ab und kann mittelst des Hahnes von Zeit zu Zeit abgelassen werden. Es ist dies nöthig, weil der Eispunkt zu hoch kommen würde, wenn das Gefäß des Thermometers mit dem Schmelzwasser in Berührung käme; denselben Effect würde es aber haben, wenn der Hahn nicht geschlossen gehalten würde, weil alsdann durch die eindringende wärmere Luft sich sehr bald Schmelzkanäle bis zum Thermometer bilden und seine Temperatur erhöhen würden. Auch zur Bestimmung des Siedepunktes bedarf es eines besonderen Apparates, der, von Cavendish angegeben, zuerst von der Kommission, welche die Königliche Gesellschaft der Wissenschaften in London zur Untersuchung der festen Punkte der Thermometer gegen 1780 eingesetzt hatte und zu welcher auch De Luc gehörte, zu zahlreicheren Versuchen gebraucht wurde.⁵¹⁾ Es besteht dies Gefäß aus einem Cylinder

von Blech, welches mit einem genau passenden mittelst Leinwand noch gedichteten Deckel bedeckt wird und zur Aufnahme des Wassers bestimmt ist. Zwei Handhaben lassen es leicht an's Feuer setzen und davon wieder wegnehmen. Der Deckel hat zwei Durchbohrungen, in welche Blechröhrchen eingelötet sind. In das weitere wird mittelst eines durchbohrten und dann durchschnittenen Korkes das Thermometer gesteckt. Das engere wird mit einem ganz dünnen Zinkplättchen belegt, welches den Dampf bei dem geringsten Ueberdrucke entweichen läßt. Ein solcher darf ja unter keinen Umständen eintreten, da er sofort eine Erhöhung der Temperatur bewirken würde. Bei den neueren zu demselben Zwecke dienenden Apparaten hat man deshalb diesen Punkt dadurch verbessert, daß man den cylindrischen Raum, in dem das Wasser in das Sieden gebracht wird, sehr abgekürzt, auf ihn ein viel engeres Rohr zur Aufnahme des Thermometers aufgesetzt, dieses aber dann wieder mit einem weiten Mantel umgeben hat, dessen Durchmesser gleich dem des Siedegefäßes ist, so daß der in diesem weiteren äußerem Rohre enthaltene Dampf den im engeren inneren befindlichen wie ein wärmedichter Mantel einschließt und seine Abkühlung hindert. Beide sind aber mit einem fest schließenden gemeinschaftlichen Deckel bedeckt, in welchen das Thermometer nach Cavendish's Vorgang hineingesteckt wird. Aus dem inneren Rohr gelangt der Dampf aus einer Reihe von Löchern, welche unter dem Deckel angebracht sind, in das umgebende Gefäß und entweicht durch ein kurzes, oberhalb des Siedegefäßes angebrachtes Rohr in das Freie. Um sicher zu sein, daß in den Gefäßen kein höherer Druck, wie der der Atmosphäre statt findet, ist dem Ausströmungsröhre gegenüber, aber in derselben Höhe, ein Manometer angefügt, ein U förmig gebogenes Glasrohr, dessen eines Ende offen, sein anderes mittelst eines horizontalen Stückes in den umgebenden Mantel eingekittet ist. Ein wenig in dies Rohr gebrachtes Wasser läßt dann dadurch, daß es in beiden Schenkeln nicht gleich hoch

steht, beobachten, wenn Ueberdruck vorhanden ist. Dabei ist ferner darauf zu achten, daß das Gefäß des Thermometers sich nicht im Wasser befindet, weil dort ja immer Ueberdruck, also zu hohe Temperatur herrschen muß. Denn ohne einen solchen könnte der Dampf nicht außer dem Luftdruck auch dem Druck des auf ihm lastenden Wassers widerstehen und um aufzusteigen, die Theilchen desselben von einander oder vom Gefäße trennen. Daraus folgt auch sofort, daß man das Kochgefäß nicht aus Glas, sondern aus Metall, am besten aus Kupfer nimmt, da die Kraft, mit der das Wasser an der Gefäßwand haftet, von deren Reinheit abhängt, wenn sie aus Glas besteht, während sie bei Metallen unter allen Umständen dieselbe bleibt. Ebenso muß das angewandte Wasser ganz rein sein.

Hat man ein Thermometer durch genaue Prüfung seines Siedepunktes und Eispunktes berichtigt, so kann man nunmehr mit seiner Hülfe die an anderen Thermometern anzubringende Correction finden, auch wenn ihre Skala nicht bis zum Siedepunkt oder Eispunkt reicht, wenn man beide Thermometer in ein großes Gefäß mit Wasser setzt, das durch einen Rührer in Bewegung und so seiner ganzen Ausdehnung nach auf derselben Temperatur gehalten werden kann und die Temperatur des Wassers im Gefäße durch Zusetzen von heißem Wasser nach und nach die verschiedensten Werthe annehmen läßt. Die gleichzeitigen Stände beider Thermometer entsprechen dann denselben Temperaturen.

Es ergeben sich nun aber etwas abweichende Resultate, je nachdem man das Thermometer, mit dessen Hülfe man z. B. die Temperatur von erwärmtem Wasser bestimmen will, bis genau unter den Punkt, auf welchem es sich einstellt, einsenkt oder einen Theil des Fadens herausragen läßt. Will man also mit der größten Genauigkeit beobachten, so muß man entweder das Thermometer soweit einsenken, daß man es noch gerade beobachten kann, oder man muß durch eine kleine Rechnung den Fehler

corrigiren.⁵²⁾ Die Möglichkeit dieser Correctur beruht auf der Beobachtung, daß die verschiedene Ausdehnung des Glases, aus welchem das Thermometerrohr besteht, die veränderte Stellung bei hervorragendem und eingetauchtem Rohre bewirkt. Diese Ausdehnung muß also bekannt sein.

Viel bedeutender ist der Einfluß der Ausdehnung des Glases auf die Lage der festen Punkte. Es scheint in Folge davon, als ob wir gar nicht berechtigt wären, jene Punkte fest zu nennen. Denn nach jeder beträchtlichen Erwärmung haben sie ihre Lage geändert und gehen nur langsam wieder in dieselbe zurück. Deshalb muß man, wie wir sahen, ein neu verfertigtes Thermometer Monate lang liegen lassen, ehe man den Eispunkt und Siedepunkt bestimmen darf. Namentlich der erste geht während dieser Zeit nicht unbedeutend in die Höhe, ja dies Steigen desselben hört eigentlich nie auf, wird aber so langsam, daß man es nach jener Zeit füglich vernachlässigen kann. Hierüber hat schon 1827 Egen Beobachtungen angestellt, später hat der berühmte englische Forscher Foule⁵³⁾ zwanzig Jahre lang die Aenderungen des Eispunktes beobachtet. Wie er am 16. April 1867 der literarischen und philosophischen Gesellschaft zu Manchester mittheilte, hat er seit April 1844 alljährlich den Eispunkt zweier Thermometer genau bestimmt, welche im Winter von 1843 auf 1844 von Dancer verfertigt waren. Daß eine derselben war so empfindlich, daß dreizehn seiner Theilstriche einem Grade Fahrenheit entsprachen. In diesen 24 Jahren war der Eispunkt um 0,91° Fahrenheit gestiegen, anfangs rascher, dann immer langsamer und schien nun endlich eine feste Lage angenommen zu haben. Ginge nun diese Erhöhung des Eispunktes stetig fort, so brauchte man nur von Zeit zu Zeit eine Bestimmung desselben zu machen, um immer genauer Ablesungen sicher zu sein. Eine stärkere Erwärmung, z. B. bei einer Bestimmung des Siedepunktes, drückt aber den Eispunkt immer wieder herab, ja Desprez hat bereits 1837 gefunden, daß die

Temperaturänderungen des Sommers und Winters genügen, um eine Verschiebung des Eispunktes um $0,04^\circ$ der hunderttheiligen Skala zu bewirken.⁵⁴⁾ Dieser unangenehmen Thatsache gegenüber werden wir vor allen Dingen zu untersuchen haben, worin der Grund dieser Veränderlichkeit liegt, um uns alsdann nach Mitteln umzusehen, welche den Eispunkt und Siedepunkt zu wirklich festen Punkten zu machen geeignet sind.

De la Rive und Marcet⁵⁵⁾ waren wohl die ersten, welche am Ende der zwanziger Jahre unseres Jahrhunderts in der Erhöhung des Eispunktes eine Wirkung des Luftdruckes sahen. Die damit vorausgesetzte Elasticität des Glases wies Rudberg⁵⁶⁾ in der That nach, indem er durch den Druck des Fingers auf das durch einen schlechten Wärmeleiter geschützte Gefäß das Quecksilber steigen und fallen machte. Mit dieser Beobachtung stimmte denn auch die weitere überein, daß luftleere Thermometer die Erhöhung des Eispunktes in auffallenderer Weise zeigen, als solche, welche noch Luft enthalten. Wenn es hiernach den Anschein hatte, als werde die Erhöhung des Eispunktes durch Vermehrung des äußeren Druckes bewirkt, so ließ sich mit dieser Ansicht nicht die oben bereits erwähnte von Egen⁵⁷⁾ und Desprez gefundene Thatsache vereinigen, daß der Eispunkt bei jeder Erwärmung sinkt und später wieder in seine frühere Lage zurückkehrt. Vielmehr forderte diese die Annahme, daß eine elastische Nachwirkung der Moleküle des Glases, aus welchem das Gefäß besteht, Ursache der Schwankungen des Eispunktes ist. Jetzt ist man wohl allgemein der Ansicht⁵⁸⁾, daß beide Wirkungen stattfinden in solcher Weise, daß bei neuen luftleeren Thermometern der Luftdruck ein langsames Steigen des Nullpunktes bewirkt, jede Erwärmung aber das Gefäß rasch wieder ausdehnt und dieses bei alsdann folgender Abkühlung langsam wieder auf sein früheres Volumen zurückgeht.

Die weitere Frage, welche Nullpunktsbestimmung man als die richtige annehmen und seinen Beobachtungen zu Grunde legen

soll, hat Vernet⁵⁹⁾ dahin entschieden, daß man den Nullpunkt als den richtigen annehmen muß, welchen man sogleich nach Erwärmung des Thermometers auf 100° C. erhält. Um mittelst Quecksilberthermometer, ohne sie einzeln mit dem Luftthermometer zu vergleichen, übereinstimmende Resultate zu erhalten, braucht man dann nur den jedesmaligen Nullpunkt zu bestimmen und kann nun nach einer einfachen Formel die gesuchte Temperatur berechnen. Für Beobachtungen der Lufttemperaturen hat man indessen solche eingehende Untersuchungen nicht nöthig, für sie genügt es, vielleicht einmal im Jahre in der Weise wie oben angegeben wurde, den Eispunkt zu bestimmen und die abgelesenen Temperaturen jedesmal auf seinen Stand zu reduciren.

Da die Schwankungen der festen Punkte vom Glase abhängen, so erscheint es nicht unmöglich, Glasarten herzustellen, bei denen sie entweder gar nicht vorhanden oder doch von so geringem Betrage sind, daß man sie nicht zu berücksichtigen braucht. In der That konnte Regnault⁶⁰⁾ Thermometer aus Krystallglas herstellen, bei denen nach Erwärmung auf 100° der Eispunkt nur um ein Geringes herabgedrückt wurde, wenn er Gefäße, die bedeutendere Verminderungen zeigte, durch neue ersetzte. Seitens der Normal-Michungs-Kommission in Berlin ist man deshalb eifrig bemüht gewesen⁶¹⁾ mit Unterstützung des glastechnischen Laboratoriums in Jena, welches unter der Leitung von Abbe und Schott steht, Glasarten ausfindig zu machen, die mit Sicherheit das von Regnault nur durch Probieren erhaltene Resultat ergeben. Es hat sich dabei gezeigt, daß die Nachwirkungserscheinungen von dem Gehalte an Kali und Natron im Glase abhängen, so zwar, daß ein Glas, welches beide in gleichen Mengen enthielt, sehr starke Depressionen des Eispunktes zeigte, daß dagegen Gläser, welche neben Kieselsäure und Kalk Natron allein oder Kali allein enthielten, nur ganz geringe Depressionen erkennen ließen. Diese Untersuchungen

haben somit den Weg gezeigt, der eingeschlagen werden muß, um Thermometer zu erhalten, die die genauesten Resultate ergeben, ohne jener fortgesetzten, mühsamen und zeitraubenden Controllversuche zu bedürfen.

So haben wir den langen Weg durchlaufen, auf welchem das Thermometer von dem rohen Apparate Galilei's zu dem feinen Meßwerkzeuge geworden ist, welches mit der größten Genauigkeit die Wärme wirklich zu messen gestattet. Wenn dabei im Gegensatz zu fast allen andern Apparaten die fortschreitende Bervollkommnung seine Gestalt und Einrichtung wenig änderte, so ist gerade dadurch das Thermometer ein einziges Beispiel dafür geworden, wie durch systematisches und eingehendes Studium aller die Angaben eines Instrumentes beeinflussenden Erscheinungen eine Zuverlässigkeit erreicht werden kann, nach der man bei so vielen anderen noch vergeblich sucht.

Anmerkungen.

1) G. Wohlwill. Zur Geschichte der Erfindung und Verbreitung des Thermometers. Poggendorffs Annalen CXXIV. S. 163.

2) Fr. Burckhardt. Die Erfindung des Thermometers und seine Gestaltung im 17. Jahrhundert. Basel 1867.

3) So von Freeden in Scott's Meteorologie. Internationale wissenschaftliche Bibliothek. Bd. LXI. S. 16 und Krebs in Grundriß der Physik für höhere realistische Lehranstalten. Leipzig 1882. S. 446. Letzterer mildert allerdings seine Behauptung durch ein „soll“, während der erstere Drebbel das Thermometer um 1700 erfinden läßt, welcher doch bereits 1634 starb.

4) Burckhardt. a. a. D. S. 14.

5) Ebdaselbst. S. 16.

6) Ebdaselbst. S. 19. Poggendorff in Geschichte der Physik, Leipzig 1879, S. 255, irrt demnach, wenn er sagt: „In Galilei's Werken, so wie sie durch den Druck auf uns gekommen sind, ist freilich nicht vom Thermometer die Rede“ und ebenso Heller, Geschichte der Physik, Stuttgart 1882, I. Bd., S. 382, wo er die nämliche Behauptung vertritt, während S. 389 das im Texte erwähnte Manuscript anführt. Auch Rosenberger, Geschichte der Physik, 2. Theil, Braunschweig 1884, S. 18 hat den nämlichen Irrthum.

7) Siehe meine Arbeit im Bericht über die wissenschaftlichen Apparate auf der Londoner internationalen Ausstellung im Jahre 1876, herausgegeben von A. W. Hoffmann. Braunschweig 1878. I. Theil. S. 70.

8) D. Traitez des thermomètres. Amsterdam 1688, vergl. Wohlwill a. a. D., S. 163. Musschenbroek nennt ihn (Introductio in philosophiam naturalem, II, p. 625) einen „civis Alcmariensis“.

9) So schreibt Leibnitz; Monconys nennt ihn in Voyages, Suite de la II. partie, p. 75 Reiffer. Siehe den von mir herausgegebenen Briefwechsel Leibnizens und Huygens' mit Papier. Berlin 1881. S. 204.

10) Siehe Burckhardt in Poggendorffs Annalen CXXXIII, S. 631, wo die irthümliche Annahme der oben citirten Schrift des Verfassers, Drebbel habe die Schrift De Elementis nicht früher, wie 1606 veröffentlicht und sei vielleicht von Porta beeinflusst gewesen, corrigirt wird. Nach Heller, Geschichte der Physik, I., S. 390 ist Drebbel des Lateinischen nicht mächtig gewesen und hat keine gelehrte, wohl aber eine ungewöhnliche naturwissenschaftliche Bildung besessen, als ob Beides im 16. Jahrhundert jemals getrennt gewesen wäre.

11) Siehe Wohlwill a. a. D., S. 171 ff.

12) Deliciae physico-mathematicae oder Mathematische und Philosophische Erquickstunden, durch M. Danielem Schwenterum, Nürnberg 1636. S. 455.

13) Siehe Lambert, Pyrometrie oder vom Maaße des Feuers und der Wärme. Berlin 1779. S. 16. Da sich Schwenter in dem Abschnitte über die Thermometer insbesondere auf Leurechon beruft, so darf man die Zeitbestimmung 1636 bis zum Jahre 1624 hinausrücken.

14) Schwenter a. a. D., S. 456.

15) Burckhardt a. a. D., S. 37.

16) Nach Burckhardts von Gallazzi und Antinori entnommener Darstellung (a. a. D., S. 22) scheint es durchaus unwahrscheinlich, daß die Akademie „gleichsam an Rom verkauft sei, weil dieses darauf bestand,

nur unter Bedingung der Auflösung der Akademie dem Fürsten Leopold den begehrten Kardinalshut verleihen zu wollen," wie wir bei Poggendorff, Geschichte der Physik, S. 351 und ähnlich bei Rosenberger, Geschichte der Physik, II., S. 162 lesen. Vielmehr blieb auch der Cardinal Medici der erklärte Beschützer ausgezeichnete Talente, machte in Rom den Verfolgungen der Anhänger Galilei's ein Ende, führte seine literarische Correspondenz fort, unter andern auch die mit dem protestantischen Christiaan Huygens, während Galilei mit den Generalstaaten begonnene Unterhandlungen fortzusetzen nicht gewagt hatte. Vergl. meine Geschichte der Pendeluhr in Wiedemanns Annalen IV, S. 604. Die Akademie ging wahrscheinlich an den Streitigkeiten, welche zwischen ihren Mitgliedern ausgebrochen waren, zu Grunde.

17) Saggi di nat. esp. 1841, p. 168, Tentam. II. 129. Schcitire noch Burckhardt, S. 41.

18) Libri in Poggendorffs Annalen XXI. S. 325 aus Annales de Chemie et de Physique. T. XLV. p. 354. Gegen Libri's Beweis traten übrigens Schouw (s. Mahlmann in Doves Repertorium IX. S. 639) und Arago (Annuaire du Bureau de Longitudes 1834) mit der Behauptung auf, daß in Toscana seit der Mitte des 17. Jahrhunderts die Sommer kühler und die Winter wärmer geworden seien, ohne jedoch aus Libri's Zahlen den vollständigen Gegenbeweis liefern zu können.

19) Lambert, Pyrometrie S. 19.

20) Ebendasselbst S. 50.

21) Fahrenheit, Philosophical Transactions No. 382. Vol. 33. p. 78. Vergl. van Swinden, Dissertation sur la comparaison des thermomètres. Amsterdam, S. 48 ff. und Lambert a. a. D. S. 60 ff.

22) Maxwell, Theorie der Wärme, deutsch von Auerbach. Breslau 1877. S. 34.

23) Vergl. Poggendorff in Poggendorffs Annalen CLVIII. S. 352.

24) Deluc, Recherches sur les modifications de l'Atmosphère. Genève 1772. p. 336. Vergl. van Swinden a. a. D. § 31. S. 35.

25) Halley, Philosophical Transactions 1693. No. 197. p. 650 ff. Vergl. Burckhardt a. a. D., S. 47 und Poggendorff, Geschichte der Physik. S. 509. Letzterer spricht die Ansicht aus, Halley habe das Quecksilber nicht als thermometrische Substanz empfohlen. Indessen dürfte Burckhardt's Ansicht die richtigere sein, daß er dies, allerdings in bedingter Weise, hat.

26) Musschenbroek, *Introductio in philosophiam naturalem* II, p. 627. Van Swinden a. a. D., S. 47. Boerhabe schreibt in seiner *Elementis Chemiae*, p. 94: Dies sehr elegante Quecksilberthermometer, welches mir nach meiner Angabe der erfindungsreiche D. G. Fahrenheit verfertigte. Vergl. van Swinden, S. 48.

27) Kopp, *Geschichte der Chemie*, IV. Braunschweig 1847. S. 173.

28) Siehe diese Vorträge, Heft 416, S. 13.

29) Réaumur, *Memoires de l'Academie de Sciences* 1730. Vergl. Deluc a. a. D. I. S. 359 ff. Lambert a. a. D. nimmt als den einen festen Punkt auch die Temperatur des frierenden Wassers, den er aber durch Einhaltung gewisser Vorsichtsmaßregeln bei seiner Bestimmung viel constanter macht.

30) Du Crest, *Recueil de pièces sur les Thermomètres et Baromètres par l'Auteur d'un Thermomètre universel*. Bâle 1757. Vergl. Deluc a. a. D. I. S. 315.

31) Deluc a. a. D. I. S. 330, Anmerkung.

32) Das specifische Gewicht des Quecksilbers ist 13,598, seine specifische Wärme nach Regnault zwischen 10—15° des hunderttheiligen Thermometers 0,0283. 1 ccm braucht also $13,598 \cdot 0,0283 = 0,3848$ Wärmeeinheiten nur um 1° erwärmt zu werden. Dieselbe Rechnung ergiebt für Alkohol vom specifischen Gewicht 0,959 und der specifischen Wärme 0,6017 die Zahl 0,5770. Der Quotient beider Zahlen ist 1,526.

33) Luz, Vollständige und auf Erfahrung gegründete Beschreibung von allen sowohl bisher bekannten, als auch einigen neuen Barometern. Nebst einem Anhang seine Thermometer betreffend. Nürnberg und Leipzig 1784. Anhang S. 36.

34) Gehlers physikalisches Wörterbuch, neu bearbeitet, Leipzig 1839, Bd. IX, S. 842.

35) Nach freundlicher brieflicher Mittheilung des Herrn Professor Quincke in Heidelberg.

36) Renaldini, *Naturalis philosophia*. Patavii 1694. T. III. p. 276. Vergl. Deluc I. S. 286.

37) Die bekannte Richmann'sche Regel, welche besagt, daß die Wärme einer Mischung von zwei Wassermengen von verschiedenen Temperaturen, welche in einem Gefäße von bekannter Wärme und Gewicht hergerichtet wird, gleich ist der Summe der Produkte der Wärmen der Componenten ihrer Massen, und daß das Thermometer diese Wärme anzeigen würde, wenn man den Effect der Berührung mit der Luft berücksichtigte.

38) Histoire de l'Academie royale des Sciences. Année MDCCII. Paris MDCCIV. p. 155 ff.

39) Lambert, Pyrometrie S. 29.

40) Luz, a. a. D. Uhang S. 47.

41) Maxwell, a. a. D. S. 44.

42) Lambert, a. a. D. S. 29. Dieser Idee gegenüber ist das Verdienst Newtons den Eispunkt zuerst mit Null bezeichnet zu haben, recht gering, vergl. hierüber auch Lambert a. a. D. S. 59. Wenn Egen (Poggendorffs Annalen XI, S. 278) es Newton als Verdienst anrechnet, zuerst die Temperatur des schmelzenden Schnees als Fixpunkt gefunden zu haben, so ist das eine unrichtige Uebertreibung, wie solche zu Newtons Gunsten die Geschichte der Physik mehrfach zu rügen hat.

43) Poggendorffs Annalen CXLVII, S. 341.

44) Poggendorffs Annalen CXXIII, S. 115.

45) W. Thomson, Philosophical Magazine XXXIII, 1848. p. 316.

46) ... that a unit of heat descending from a body A at the temperature T° of this scale to a body B at the temperature $(T - 1)^{\circ}$ would give the same mechanical effect, whatever be the number T.

47) Fochmann in Schönmilch's Zeitschrift für Mathematik und Physik V, S. 24—39 und 96—131. Weinstein, Inaugural-Dissertation, Berlin 1881 und Metronomische Beiträge der Kaiserlichen Normal-Michungs-Kommission. 1881. Nr. 3. S. 65—91. Vergl. Wiedemann, Beiblätter zu den Annalen der Physik und Chemie V. S. 775.

48) Bodenheimer, Deutsches Reichspatent Nr. 13208. Rest, Deutsches Reichspatent Nr. 24435.

49) Alt, Eberhardt und Jäger, Deutsches Reichspatent Nr. 28214. Schlößfer, Deutsches Reichspatent Nr. 21062.

50) A. v. Dettingen. Ueber die Correction der Thermometer, insbesondere über Bessels Kalibrirungsmethode. Inaugural-Differtation. Dorpat 1865.

51) Philosophical Transactions LXVII. Vergl. auch Luz. S. 26.

52) Die Formeln, welche Regnault (Memoires de l'Academie des sciences XXI, p. 225) und Kopp (Annalen der Chemie und Pharmacie XCIV, S. 262) gegeben haben, geben zu hohe, die von Holzmann (Handwörterbuch der Chemie VII, S. 363) giebt zu kleine Werthe. Brauchbarer sind die von Mousson (Poggendorffs Annalen CXXXIII, S. 315) und die von Willner (mitgetheilt von Landolt in Untersuchungen

über die Dampffensionen homologer Verbindungen. Akademisches Programm. Bonn 1868) entwickelten.

53) Egen, Poggendorffs Annalen XI, S. 347. Joule, Memoirs of the Literary and Philosophical Society of Manchester. III. Ser. 3. Vol. London 1868.

54) Despretz, Observations sur le déplacement et sur les oscillations du zéro du thermomètre à mercure. Annales de Chimie et de Physique. I. S. T. LXIV. p. 312.

55) Siehe Munde in Gehlers physikalischem Wörterbuch. IX. S. 921.

56) Poggendorffs Annalen XL, S. 46.

57) Poggendorffs Annalen XI, S. 353 und XIII, S. 33.

58) Pernet, Beiträge zur Thermometrie. Carls Repertorium XI. S. 270. Wiebe, Ueber den Einfluß der Zusammenziehung des Glases auf die Nachwirkungerscheinungen bei Thermometern. Sitzungsberichte der Königl. Preuß. Akademie der Wissenschaften zu Berlin XXXVI. 17. Juli 1884. S. 844.

59) Pernet, a. a. D. S. 307. Die im Text erwähnte Formel heißt:

$$T = t - c + \frac{(c - \gamma) t^2}{100^2}$$

wo T die gesuchte, t die beobachtete Temperatur, c die vor der Beobachtung gefundene Lage des Nullpunktes, γ die Lage desselben nach vorangegangener Erwärmung auf 100° bedeutet, welche Bestimmung nur in größeren Intervallen nöthig ist.

60) Poggendorffs Annalen LXV, S. 362.

61) Wiebe, a. a. D., S. 848.

DEBRECENI EGYETEMI KÖNYVTÁR
GYARAPODÁSI 1937-11581 NAPLÓSZÁM

