

BERICHT
DER
GEWERBESCHULE ZU BASEL
1870—71.

Wissenschaftliche Beilage:

Die wichtigsten Thermometer des achtzehnten Jahrhunderts.

Von

Prof. Dr. Fr. BURCKHARDT,

Rector.



Basel, 1871.

Carl Schultze's Universitätsbuchdruckerei.

Die wichtigsten Thermometer des XVIII. Jahrhunderts.

Die Erfindung des Thermometers durch Galilaei fällt in den Anfang des 17. Jahrhunderts ¹⁾. Nachdem die Unvollkommenheiten des ersten Instrumentes einmal erkannt waren, wurde dessen Verbesserung nach verschiedenen Richtungen hin versucht und erreicht.

An die Stelle des offenen Luftthermometers trat das geschlossene Weingeistthermometer, welches wir in der Folge Florentinerthermometer nennen werden, weil es in Florenz erfunden und wahrscheinlich lange Zeit von dort aus in den Handel gebracht wurde; die willkürlichen Skalen, hinderlich für vergleichende Beobachtungen, wichen den Eintheilungen nach mehr oder weniger festen Punkten; neben dem Weingeiste wurde Quecksilber als thermometrische Substanz wenigstens bedingt empfohlen, weil es sich der Temperatur der Umgebung rasch anpasst; zu der früher erkannten Beständigkeit des Gefrierpunktes des Wassers, der Blutwärme gesunder Menschen, der Temperatur sehr tiefer Keller kam die Kenntniss von der Beständigkeit des Siedepunktes des Wassers. So war die Herstellung vergleichbarer Thermometer gehörig vorbereitet. In fast unglaublicher Anzahl, nur nach Dutzenden zu zählen, tauchten nun Skalen auf, unter denen sehr viele zu wissenschaftlichen, namentlich meteorologischen Beobachtungen verwendet wurden, bald aber wieder der Vergessenheit anheimfielen. Es wäre heute ein undankbares Unternehmen, alle diese Skalen aufzuzählen, zu vergleichen, zu beurtheilen; es ist diess mit mehr oder weniger Ausführlichkeit und Uebereinstimmung geschehen von Martine ²⁾, Grischow ³⁾, Cotte ⁴⁾ in zwei Werken, M. L. A. B*** Mémoires sur la réforme des Therm. 1779, van Swinden ⁵⁾, De Luc ⁶⁾, Lambert ⁷⁾ und Andern. Einige Thermometer

¹⁾ Die wichtigern auf die Erfindung sich beziehenden Actenstücke habe ich in meiner Schrift »die Erfindung des Thermometers und seine Gestaltung im 17. Jahrhundert, Basel 1867 bei Georg,« zusammengestellt; ich werde diese Schrift vorkommendenfalls mit Erf. Th. anführen.

²⁾ Essais sur la Construct. et la compar. des Therm. (aus dem Engl. übersetzt). Paris 1751.

³⁾ Thermometria comparata acuratius. Misc. berol. 1740. VI. p. 267—312, Vergleichungstabeln 298—309.

⁴⁾ Traité de Météorologie Paris 1774. p. 99 ff. Vergleichung von 14 Therm. mit Fahrenheit und Mémoires sur la Météorol. 1788. I. 367 ff. Vergleichung von 26 Thermometern mit De Luc.

⁵⁾ Dissertat. s. l. comp. des therm. Amst. 1778.

⁶⁾ Recherches sur l. modif. d. l'atmosph. Genève 1772.

⁷⁾ Pyrometrie. Berlin 1779.

sind zu grösserer Bedeutung gelangt, sei es durch die Autorität Derer, durch welche sie eingeführt worden sind, sei es durch wirkliche Vorzüge; ich werde aus den vielen diese wenigen hervorheben und selbst darauf verzichten, die übrigen mit Namen aufzuführen.

Rinaldini.

Die Florentiner Academie hatte sich bei ihren gemeinschaftlichen Untersuchungen in ausgedehntem Maasse und sehr gründlich mit der Verbesserung der Thermometer beschäftigt¹⁾.

Nachdem sie lange schon aufgehoben war, lebte noch in Pisa als Professor der letzte gewesene Akademiker Carlo Rinaldini, der einen Vorschlag zur Eintheilung der Thermometer machte, welcher durch seine Abweichung von allem Vorangegangenen nicht minder, als durch die Richtigkeit des zu Grunde liegenden Gedankens überraschend ist. Den Beifall seiner Zeitgenossen vermochte er sich nicht zu erwerben; vielleicht weil sich Irrthümer auch bei ihm einmischten. De Luc²⁾ analysiert Rinaldinis Vorschlag und hebt diese Irrthümer hervor. Nichtsdestoweniger müssen wir mit dessen Versuch beginnen, wie er in den Act. Erud. Lips. Tom. 2. suppl. sect. 10, p. 453, in einem Auszug aus seiner naturalis philosophia vom Jahre 1694 beschrieben ist:

Man nehme ein dünnes Rohr von ungefähr 4 Palmen Länge, mit einer angeblasenen Kugel, giesse soviel Weingeist hinein, dass die Kugel, umgeben von Eis, ganz gefüllt ist, dass aber nichts überfließt, und schmelze die Oeffnung der Röhre hermetisch zu. Dann halte man 6 Gefässe bereit, von denen jedes ein Pfund Wasser oder etwas mehr fasst. In das erste giesse man 11 Unzen eiskaltes Wasser, in das zweite 10, in das dritte 9 u. s. w. Darauf tauche man das Thermometer in das erste Gefäss und giesse dazu 1 Unze siedendes Wasser und beobachte, wie weit sich der Weingeist in der Röhre erhebt; diesen Punkt bezeichne man. Dann bringt man das Instrument in das zweite Gefäss, in welches man 2 Unzen siedendes Wasser giesst und bezeichne den Punkt wieder, bis zu welchem der Weingeist steigt, u. s. w.

Wenn man so weiter schreiten will, bis das ganze Pfund Wasser aufgewendet ist, so wird auch das Instrument vollkommener sein, bezeichnet mit 12 Zahlen oder Sternchen, entsprechend den Wärmegraden.

Wenn man von der, heute allerdings nicht mehr als streng giltig angesehenen Annahme ausgieng, dass die spezifische Wärme des Wassers bei allen Temperaturen dieselbe sei, wenn man ferner gehörige Vorsichtsmassregeln gegen den Wärmeverlust traf und dafür sorgte, dass das Instrument die höhern Temperaturen wirklich aushalten konnte, so konnte diese Methode

¹⁾ Erf. Th. p. 39. ff.

²⁾ Rech. s. l. mod. d. l'athmosph. I. 287.

zur Eintheilung einer Skale dienen, die als Normalinstrument zur Vergleichung mit andern Instrumenten hätte verwendet werden können, besser und verständlicher als irgend ein anderes zu jener Zeit. Wir werden darauf zurückkommen.

Newton.

Die Beständigkeit des Wassersiedpunktes hat experimentell nachgewiesen E. Halley ¹⁾. Indessen muss wohl angenommen werden, dass Newton schon vor dieser Nachweise die Temperatur des siedenden Wassers muss als beständig angesehen haben; denn bei den Betrachtungen über den Kometen von 1680 schreibt er ²⁾, die Wärme des siedenden Wassers sei ungefähr dreimal so gross, als die Wärme, welche die trockene Erde unter dem Einfluss der Sommersonnenwärme annehme, wie er erprobt habe. Er theilt hierbei aber nichts mit über die Art seines Versuches und seines Instrumentes. Aller Wahrscheinlichkeit nach gieng er aus vom Gefrierpunkt des Wassers, den er als wirklichen Wärme-Nullpunkt betrachtete, als Punkt, über welchem eigentlich erst die Wärme beginne, im Gegensatz zu der Kälte, als deren Grenze derselbe Punkt angesehen wurde.

Erst 1701 ³⁾ theilte er, ohne seinen Namen zu nennen, der königlichen Gesellschaft verschiedene Versuche über die Erwärmung der Körper mit, wobei er sich eines Thermometers seiner eigenen Construction bediente, über die wir Folgendes erfahren:

Sein Thermometer war ein geschlossenes, der Form nach unsern heute gebräuchlichen ähnlich, doch mit einer andern Flüssigkeit, nämlich mit Leinöl gefüllt, welches sich wegen seines hohen Siedpunktes (316° C.) hierfür besonders empfahl. Er fand, dass eine Leinölmenge, welche 10000 Raumtheile im schmelzenden Schnee einnimmt, bei der Temperatur des menschlichen Körpers sich auf 10256, und im Wasser bei Beginn des Siedens auf 10705, im heftig wallendem Wasser auf 10725 Raumtheile ausdehnt; im eben erstarrenden Zinn dehnt sich dieselbe Leinölmenge auf 11516, im vollständig erstarrten auf 11496 Raumtheile aus.

Bis zu dieser Wärme wurden die Bestimmungen direkt mit dem Thermometer vorgenommen, für höhere Temperaturen aber bediente er sich eines rothglühenden Eisens und gieng von der Annahme aus, dass die Wärme, welche das Eisen in gegebener Zeit verliere, der Wärme des Eisens selbst proportional sei. Wenn nach dieser Annahme die Abkühlungszeiten gleich sind (eine arithmetische Reihe bilden), so bilden die abgegebenen Wärmemengen eine geometrische Reihe.

¹⁾ Erf. Th. 47.

²⁾ Phil. nat. princip. math. Lond. 1687. p. 496.

³⁾ Phil. trans. 1701. Nr. 270. p. 824—825.

Hat das Eisen am Anfang eine Temperatur von a° und verliert in der ersten Minute b° , so hat es am Anfang des zweiten noch $(a-b)^{\circ}$ und verliert in der zweiten $(a-b) \cdot \frac{b^{\circ}}{a}$, weil

$$a : b = (a-b) : x;$$

Am Anfang der dritten Minute hat das Eisen noch die Temperatur

$$a-b-\frac{(a-b) \cdot b}{a} = \frac{(a-b)^2}{a}$$

und da der Wärmeverlust x , aus der Proportion gefunden wird

$$a : b = \frac{(a-b)^2}{a} : x, \text{ so ist}$$

$$x, = \left(\frac{a-b}{a}\right)^2 \cdot b$$

und so weiter. Man kann auf diese Weise den Wärmeverlust und die jeweiligen Temperaturen des sich abkühlenden Körpers und umgekehrt aus den niedrigeren Temperaturen die höheren Temperaturen ermitteln, welche vor gewissen Zeiten stattgefunden haben, immerhin unter der Voraussetzung, dass sich während der Beobachtung die Temperatur der Umgebung nicht geändert habe.

Da nun eine Reihe von Resultaten, bestimmt aus der Abkühlung der glühenden Eisenstange einerseits, anderseits mit dem Leinölthermometer, eine grosse Uebereinstimmung zeigte, so schloss Newton, dass sich das Leinöl proportional der Erwärmung ausdehne. Ueber die angebrachte Eintheilung oder Skale theilt Newton mit:

0° Wärme der Winterluft, da das Wasser zu gefrieren beginnt; man findet diesen Punkt, indem man das Thermometer in zusammengedrückten schmelzenden Schnee bringt.

12° ist die höchste Wärme, welche ein Thermometer durch Berührung mit dem menschlichen Körper annimmt; es ist zugleich nahe die Temperatur eines brütenden Vogels.

34° ist die Wärme, bei welcher Wasser heftig siedet und eine Mischung von zwei Theilen Blei, drei Theilen Zinn und fünf Theilen Wismuth erstarrt.

Das Wasser beginnt bei 33° zu sieden und nimmt kaum eine Temperatur von 34½° an. Ein sich abkühlendes Eisen, auf welches tropfenweise warmes Wasser gegossen wird, hört mit 35—36° auf, das Wasser zu verdampfen, wenn es nämlich warm aufgetropfelt wird; mit 37°, wenn es kalt auffällt.

72°. Zinn schmilzt; es erstarrt bei 70°.

96°, die niederste Wärme, bei welcher Blei schmilzt.

114°. Erwärmte Körper beginnen zu leuchten.

Désaguillers ¹⁾ beschreibt die Methode, nach welcher er mit Newton ein Leinölthermometer hergestellt hat. Dieses hatte eine Kugel von zwei Zoll Durchmesser und eine

¹⁾ Cours de phys. expér. Trad. p. Pezenas, II, 1751; Leçon X, 34, p. 329—331.

Röhre von drei Fuss Länge. Wir entnehmen diesem Umstande, dass das Thermometer nicht von grosser Empfindlichkeit kann gewesen sein, indem sich die Temperatur einer solchen Flüssigkeitsmenge nicht rasch genug mit der Umgebung ins Gleichgewicht setzt. Auch soll die Zähigkeit des Leinöls und das Anhängen am Glase für genauere Beobachtungen hinderlich gewesen sein.

Newtons Thermometer scheint niemals eine grosse Verbreitung und Anwendung gefunden zu haben.

La Hire.

Ueber La Hire's lange gebrauchtes Thermometer erhalten wir die genaueste Kenntniss durch Lambert.¹⁾

Es war ein Florentinerthermometer und wurde von 1670 an von ihm beobachtet, um jedes Jahr die grösste Sommerwärme und Winterkälte anzugeben, welche Temperaturen jährlich in den Memoiren der Akademie von Paris publicirt wurden. Zu Lamberts Zeit war es längst gebrochen und daher konnte er nur mit Mühe dazu gelangen, seine ehemalige Sprache zu verstehen. Hätte Amontons sein Thermometer mit dem von La Hire vergleichen können, so wäre die Aufgabe gelöst; Amontons konnte während seiner Lebzeiten dieses nicht erlangen. Zwar wurde ein Amontons'sches Thermometer auf die Pariser Sternwarte gestellt; man hängte es aber sogleich in einem andern Saale auf, als wenn alle Vergleichung sorgfältig vermieden werden sollte. Diese Vergleichung gieng erst einige Jahre nach Amontons Tode vor sich, aber so oberflächlich, als es nur immer geschehen konnte. Lambert nimmt an, dass La Hire seinem Instrumente eine verständliche Sprache nicht habe geben wollen, oder diess für überflüssig gehalten habe, denn er habe an demselben zwei feste Punkte zu bemerken geglaubt, nämlich die Temperatur im Keller der Sternwarte (48°) und die der Luft in einem offneuen Saale zu der Zeit, wenn es auf dem Felde friert (32°), eine Bemerkung, die er alle Jahre aufs Neue der Akademie vorlas, wenn er über seine Wetterbeobachtungen Bericht erstattete.

Aus den wenigen Beobachtungen von verschiedener Zuverlässigkeit folgerte Lambert dass der Nullpunkt der La Hire'schen Skale bei der Temperatur des gesalzenen Schnee's und der 100ste Grad bei der Temperatur des gerinnenden Talges sich befinden, so dass dieses schon um 1670 gebrauchte Instrument wohl eines der besten müsste gewesen sein, welche zu jener Zeit überhaupt im Gebrauche waren. Mit dem einen im Pariser Observatorium aufgehängten Instrumente wurden zahlreiche Beobachtungen über die Luftwärme von Paris angestellt und in den Memoiren der Pariser Akademie aufgezeichnet. Sie haben theilweise noch heute ein bestimmtes Interesse, weil sie während eines langen Zeitraumes mit einem und demselben Instrumente haben können gemacht werden.

¹⁾ Pyrom. § 56, 144 ff.

Amontons.

Da die luftförmigen Körper und insbesondere die atmosphärische Luft in einem hohen Grade ausdehnbar sind, so ist es natürlich, dass von Anfang an Versuche gemacht wurden, die Luft als thermometrische Substanz anzuwenden. Vor dem sog. Florentinerthermometer wurde überhaupt nur die Ausdehnung der Luft angewandt und später wurden immer neue Versuche gemacht, um sich der Luft zu diesem Zwecke zu bedienen. Halley ¹⁾, der von der Ausdehnung verschiedener Substanzen spricht, betont sehr, dass kein Stoff in Beziehung auf Ausdehnungsfähigkeit mit der Luft zu vergleichen sei.

Da nun eigentlich die ganze wissenschaftliche Thermometrie auf der Beobachtung der Ausdehnung trockener Luft beruht, so muss es als ein grosses Verdienst von Amontons angesehen werden, dass er versucht hat, ein auf wissenschaftlicher Basis beruhendes Luftthermometer herzustellen.

Seine ersten Versuche ²⁾ hatten den Zweck, zu zeigen, dass man durch Anwendung der Wärme mechanische Wirkungen hervorbringen könne. Das Einzelne der Versuche mag am angegebenen Orte nachgelesen werden; Einiges haben wir mitzutheilen.

Er nahm drei Glaskugeln, an welche unten heberförmige Röhren gefügt waren. Die Röhren waren offen und von gleicher Länge, die Kugeln geschlossen und ihre Volumina, d. h. die der Kugeln und die der Röhren, verhielten sich wie 1:2:3. In die oben offenen Röhren wurde Quecksilber eingegossen, so dass die Luft in den Kugeln abgesperrt war.

Diese Kugeln wurden in ein Gefäss gebracht, in welchem das Wasser zum Sieden gebracht wurde. Aus dem Steigen des Quecksilber leitete Amontons ab:

Dass die Wärme des siedenden Wassers eine gewisse Grenze habe, dass ungleiche Luftmengen durch gleiche Erwärmung gleiche Spannkraft erhalten, dass die Erwärmung bis zum Siedpunkt des Wassers die Spannkraft der Luft um 10 Zoll Quecksilbersäule erhöhe; dass Luft, welche sich frei ausdehnen könne, ihr Volumen etwa um den dritten Theil vermehre. Auf die Angabe der 10 Zoll Quecksilber kam er später zurück, indem er gefunden habe, dass die Spannkraft der Luft, vermehrt durch die Wärme des siedenden Wassers, nicht immer nur 10 Zoll Quecksilber trage, sondern dass diese Quecksilbersäule abhängig sei von dem Gewichte, mit welchem die Luft belastet sei und dass die Vermehrung der Spannkraft immer etwa der dritte Theil dieses Gewichtes sei, und weniger als ein Drittel, wenn die Luft zuvor wärmer als tempéré, und mehr, wenn sie vorher kälter gewesen sei.

Amontons klagt über den geringen Grad der Uebereinstimmung der gebräuchlichen

¹⁾ Erf. Therm. 47.

²⁾ Mém. de l'Ac. d. Sc. 1699. p. 112 f.

Thermometer und stellte sich die Aufgabe, vergleichbare Thermometer mit verständlicher Sprache zu verfertigen.

Sein Thermometer nun besteht aus einer Kugel und einem heberförmig gekrümmten Rohre, wie solche zum oben angegebenen Versuche angewandt wurden. Es gleicht einem gewöhnlichen Rohre eines Stubenbarometers; allein die Kugel hat ungefähr 3" Durchmesser und ist geschlossen, die Röhre hat $\frac{1}{2}$ Linie Lichtweite und ist oben offen; ihre Länge beträgt ungefähr 48". Sie muss so gefüllt sein, dass die Luft in der Kugel abgesperrt ist und in siedendes Wasser getaucht, einer Quecksilbersäule von 45" das Gleichgewicht hält; hiezu kommt noch der äussere Luftdruck mit 28", in Summa also 73" Druck. Man hat also eine bestimmte Temperatur, von welcher aus man jede andere Temperatur in Zollen Quecksilberdruck angeben kann, immerhin mit Berücksichtigung des jeweiligen Luftdruckes.

Dass die praktische Anwendung eines so grossen Instrumentes mit einigen Schwierigkeiten verbunden sei, erkennt Amontons wohl an, glaubt aber, man könne nach diesem Normalinstrument Weingeistthermometer herstellen, welche vergleichbar seien und durch deren Anwendung zu wissenschaftlichen Zwecken Beobachtungen könnten gesammelt werden, welche vergleichbar seien.

Er gibt überdiess eine nähere Beschreibung der ganzen Herstellungsart seines Instrumentes und theilt eigene Beobachtungen mit.

Fahrenheit.

Um die Herstellung guter und vergleichbarer Thermometer hat sich ohne Zweifel am Anfang des 18. Jahrhunderts die meisten Verdienste erworben Daniel Gabriel Fahrenheit, dessen Instrumente in nicht geringer Zahl eine grosse Verbreitung erlangten, zu vielen wissenschaftlichen Beobachtungen dienten und dessen Skale auch alle die seiner Zeitgenossen überlebte, indem sie heute noch, wegen ihrer bestimmten Vorzüge in England und Nordamerika allgemein im Gebrauche ist. Ueberhaupt zeichnete sich Fahrenheit durch grosse Geschicklichkeit und Präcision in der Anstellung physikalischer Versuche und in der Herstellung der nöthigen Apparate aus; und seine einfache, schmucklose und immer klare Darstellungsweise sticht vortheilhaft ab neben der Weitschweifigkeit mancher seiner Zeitgenossen. Wenn wir von seiner Skale reden, so müssen wir bemerken, dass nicht von Anfang an alle seine Thermometer mit der gleichen Skale versehen waren; ja die älteste Skale möchte fast den Eindruck machen, als sei sie höchst willkürlich, indem sie bei 0° Tempéré, bei 90° unter 0° sehr grosse Kälte, bei 90° über 0° sehr grosse Wärme anzeigte, eine Skale, welche zwar manchen Beobachtungen zu Grunde lag, welche Fahrenheit selbst aber bald aufgegeben zu haben

scheint. Er ersetzte sie durch eine neue, auf welcher bei der grössten Kälte (nämlich Winterkälte) 0° und bei der grössten Wärme (nämlich Sommerwärme) 24° stand, welche Grade dann wieder in je 4 gleiche Theile (die kleinen Grade) eingetheilt wurden, so dass das $+ 90^{\circ}$ und $- 90^{\circ}$ seiner ersten Skale durch $+ 96^{\circ}$ und 0° seiner letzten ausgedrückt wurden. Dass der Wechsel der Skale schon früh muss vorgenommen worden sein, folgt aus der Angabe von Kirch¹⁾, der vor dem Jahre 1737 mittheilt, er habe ein solches Thermometer, das vor mehr als 20 Jahren vom exakten Fahrenheit hergestellt worden sei. Ja es ist anzunehmen, dass dieser durch Römer veranlasst, seine Skale verändert hat. Boerhave²⁾ erzählt, der ausgezeichnete Mathematiker Römer habe in Danzig anno 1709 beobachtet, dass die Temperatur bis zum 1. Grade des Thermometers gesunken sei, welches er selbst erfunden habe; die Kälte sei also bis 32° unter den Gefrierpunkt gekommen. Und Hanow³⁾ meldet: »Nach den wichtigsten Wettergläsern, welche Herr Römer in Danzig angegeben hat und Herr Fahrenheit am besten verfertigt, kochet das Wasser im 212. und friert im 32. Grade.

Nach verschiedenen Zeugnissen von Physikern, welche sich der Fahrenheit'schen Thermometer bedienten, zeigten die drei Skalen eine grosse Uebereinstimmung und da wir wissen, dass er die spätern Thermometer nach feststehenden Regeln hergestellt hat, so muss auch angenommen werden, dass schon seine ersten, trotz den etwas unbestimmten Bezeichnungen, nach denselben festen Punkten müssen getheilt gewesen sein. Seine Methode hielt er Anfangs geheim. Er nahm statt Kugeln Cylinder und anfänglich ohne allen Zweifel nur Weingeist.

Ich habe früher⁴⁾ hervorgehoben, dass Halley zuerst Quecksilber als thermometrische Substanz empfohlen habe.

Christian Wolff⁵⁾ stellte den Thermometern, wie sie von den Akademikern in Florenz und anderen ausgeführt worden sind, eine neue Art entgegen: Man nehme eine Glaskugel mit einem längeren Rohre und mit Quecksilber gefüllt, und stelle diese in ein mit Wasser gefülltes Gefäss, bringe darunter ein Feuer an, und wenn das Wasser siedet, so schliesse man das Rohr in der Nähe des Punktes, bis zu welchem sich das Quecksilber gehoben hat. Kühlt sich dieses ab, so zieht es sich wieder zusammen in die Kugel und die Röhre wird leer. Wird die Wärme der Umgebung wieder gesteigert, so verdünnt sich das Quecksilber und steigt wieder empor. Das Instrument gibt die Wärmezunahme an und ist also ein Thermoskop. Dieses Thermoskop soll im Winter gefüllt werden, oder man muss etwas Quecksilber im Rohr

1) Miscell. Berol. V.

2) El. Chem. I. 720.

3) Merkwürdigkeiten der Natur, 1737, p. 62.

4) Erf. Th. 47.

5) Arsæom. Elem. 1709. Prop. LXXIV. Probl. XXXVI. p. 215 ff.

lassen, bevor es eingetaucht wird, damit kein Kältegrad vorkomme, der nicht angegeben werden könne. Uebrigens leidet dieses Thermoskop an denselben Mängeln, wie das Florentinerinstrument, gibt aber die Veränderungen der Lufttemperatur weniger merklich an.*

Eine nach bestimmten Grundsätzen hergestellte neue Skale erwähnt Wolff nicht, stellt aber die verschiedenen von ihm angewandten festen Punkte zusammen: Gefrierpunkt des Wassers, Schmelzpunkt der Butter, Temperatur eines Gemisches von Schnee und Salz.

Wahrscheinlich hat Wolff sich zuerst des Quecksilbers bedient; nach ihm, wohl durch ihn veranlasst, auch Fahrenheit.

Ueber die Herstellung seiner verschiedenen Thermometer theilt er selbst Folgendes mit †):

Zweierlei Thermometer hauptsächlich werden von mir verfertigt, das eine ist mit Weingeist, das andere mit Quecksilber gefüllt. Ihre Länge ist verschieden je nach dem Zwecke, welchem sie dienen sollen; aber alle stimmen darin überein, dass sie sich in den verschiedenen Graden der Skalen entsprechen und ihre Veränderungen zwischen festen Punkten vollziehen. Die Skale der Instrumente, welche nur für meteorologische Beobachtungen dienen, beginnt bei 0° und endet bei 96° ; ihre Eintheilung stützt sich auf drei feste Punkte, welche künstlich in folgender Weise erhalten werden; der unterste wird erhalten durch Mischung von Eis, Wasser und Salmiak oder Meersalz; dieser wird mit 0 bezeichnet. Diese Bestimmung gelingt besser im Winter als im Sommer. Der zweite Punkt wird erhalten durch Mischung von Eis und Wasser, ohne Salz; er wird mit 32° bezeichnet und heisst Gefrierpunkt des Wassers; denn stehendes Wasser überzieht sich im Winter bei dieser Temperatur mit dünnem Eise. Zum dritten Punkte erhebt sich Weingeist, wenn das Thermometer im Munde oder unter der Achsel eines gesunden Menschen so lange gehalten wird, bis es die Temperatur des Körpers vollkommen angenommen hat. Will man die Temperatur eines Fieberkranken untersuchen, so bedient man sich eines Thermometers, dessen Skale bis zum 128—132. Grade verlängert ist. Ob diese Grade für Fiebernde genügen, habe ich noch nicht ermittelt, glaube es aber kaum, da die Fieberhitze sie bisweilen überschreiten dürfte. Die Skale der Thermometer, mit welchen man die Temperatur siedender Flüssigkeiten untersucht, beginnen mit 0° und enden mit 600° , bei welchem Grade ungefähr Quecksilber selbst zu sieden beginnt. Um die Thermometer empfindlich zu machen, erhalten sie, statt Kugeln Cylinder, welche wegen der grössern Oberfläche von Temperaturveränderungen schneller beeinflusst werden.

Wenn sich Fahrenheit dieser Methode von Anfang an bedient hat, so ist nicht zu bezweifeln, dass seine Thermometer den guten Ruf verdienen, in welchem sie standen.

Ueber die Zeit, seit welcher Fahrenheit sich neben dem früher allein gebrauchten Weingeist auch des Quecksilbers bediente, macht er selbst Angaben, welche, wenn sie auch nicht zu einem ganz bestimmten Datum führen, doch keine grosse Unsicherheit übrig lassen.

†) Philos. transact. 1724. Nr. 382. p. 78.

Er schreibt 1724¹⁾:

Als ich vor ungefähr zehn Jahren in den Verhandlungen der Pariser Akademie las, dass Amontons mit seinem Thermometer die Beständigkeit des Siedpunktes entdeckt hätte²⁾, hatte ich ein grosses Verlangen, mir auch ein derartiges Thermometer herzustellen, um mich von der Wahrheit der Thatsache zu überzeugen. Ich versuchte also die Herstellung, aber wegen mangelnder Fertigkeit und dringender Geschäfte verschob ich die weitem Versuche, ohne indessen die Lust zu verlieren. Es kam mir in den Sinn, was jener Forscher über die Barometerkorrektion geschrieben hatte, dass nämlich die Höhe der Quecksilbersäule durch die Temperatur des Quecksilbers etwas verändert werde. Daher dachte ich, es möchte sich aus Quecksilber mit leichterer Mühe ein Thermometer herstellen lassen, um das gewünschte Experiment anzustellen.

Nachdem ich ein solches Thermometer, wenn auch noch in unvollkommenem Zustande, verfertigt hatte, entsprach der Erfolg meinen Erwartungen; denn ich konnte die Richtigkeit der Thatsache mit eigenen Augen konstatieren.

Drei Jahre waren verflossen, in denen ich mich mehr mit optischen Arbeiten beschäftigt hatte, als ich auch die Beständigkeit der Siedpunkte anderer Flüssigkeiten untersuchen wollte; ich ermittelte folgende Thatsachen:

Flüssigkeit.	spezifisches Gewicht.	Siedpunkt.
Alcohol	8260	176°.
Regenwasser	10000	212°.
Salpetersäure	12935	242°.
Lauge	15634	240°.
Vitriol	18775	546°.

Die spezifischen Gewichte wurden bei 48° bestimmt, welche Temperatur auf meinen Thermometern in der Mitte steht zwischen der grössten Kälte, welche man durch Mischung von Wasser, Eis und Salmiak oder Kochsalz erhält, und der grössten Wärme, welche der Körper eines gesunden Menschen zeigt.

Also hat Fahrenheit nach seiner eigenen Aussage später als 1714 Quecksilber zu Thermometern angewandt. Musschenbroek scheint sich daher zu irren, wenn er sagt³⁾, dass Fahrenheit schon im Jahre 1709 Quecksilberthermometer gemacht habe.

Mit Hilfe seiner guten Instrumente machte Fahrenheit neben andern physikalischen Bestimmungen noch zwei für die Wärmelehre äusserst wichtige Beobachtungen; er fand näm-

1) Phil. transact. 1724. Nr. 381. 1—3.

2) Halley oder Newton hat sie zuerst entdeckt. Erf. Therm. 47.

3) Introd. ad phil. nat. § 1568.

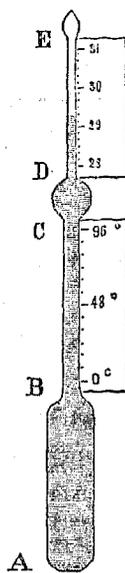
lich die Abkühlung des flüssigen Wassers unter den Gefrierpunkt und die Abhängigkeit des Siedpunktes von dem Luftdrucke.

Abkühlung des flüssigen Wassers unter den Gefrierpunkt¹⁾. In einer Glas-
kugel, die mit einem offenen Rohre versehen war, wurde Wasser zum Sieden gebracht und
wenn es in heftigem Wallen war, vom Feuer weggenommen und die Röhre schnell zuge-
schmolzen, hiedurch wurde in dem Gefässe über dem Wasser verdünnte Luft eingeschlossen.

»Eine solche Kugel setzte ich am 2. März 1721 der strengen Kälte aus, die Tem-
peratur der Luft war 15° ($-7,6$ R., $-9,4$ C.). Nach einer Stunde fand ich das Wasser
noch flüssig in der Kugel; ich glaubte als Grund annehmen zu müssen, dass die Wärme noch
nicht eingedrungen sei, und liess daher die Kugel während der ganzen Nacht im Freien; Mor-
gens um 5 Uhr zeigte das Thermometer noch dieselbe Temperatur und das Wasser war nicht
gefroren. Ich brach die Spitze der Röhre ab, damit die Luft einströme und sofort mischte
sich die Wassermasse mit sehr dünnen Eislamellen. Bald durchzogen Eisblättchen die Wasser-
masse und zwischen ihr blieb flüssiges Wasser; die Mischung aber zeigte 32° (0° R.).« Wieder-
holte und abgeänderte Versuche bestätigten die Richtigkeit dieser Erscheinung.

Einfluss des Luftdrucks auf die Siedetemperatur des Was-
sers²⁾. »Bei der Wiederholung einiger Versuche über den Siedpunkt ver-
schiedener Flüssigkeiten habe ich bemerkt, dass das Wasser bei 212° siedet.
Durch verschiedene Beobachtungen und Versuche bin ich belehrt worden,
dass diese Temperatur wohl als constant angesehen werden kann, wenn der
Luftdruck sich nicht ändert, dass aber der Siedpunkt mit dem Luftdrucke
sich verändert. Man kann hierauf ein Instrument gründen, mit welchem
man, wenn nicht besser, so doch ebenso gut als mit dem Barometer den
Luftdruck bestimmen kann.« (Siehe nebenstehende Figur.)

An den Cylinder AB wird die Röhre BC mit der Kugel CD angefügt,
an diese die äusserst feine Röhre DE. Der Cylinder wird mit irgend einer
Flüssigkeit, welche die Temperatur des siedenden Wassers aushält, angefüllt.
In der Röhre BC wird die gerade vorhandene Lufttemperatur gemessen. Wird
nun dieses Thermometer in siedendes Wasser getaucht, so wird die Flüssig-
keit nicht nur die Kugel CD füllen, sondern auch zu irgend einem Grade der
Röhre DE ansteigen, je nach der Temperatur, welche die Flüssigkeit in Folge
des Luftdruckes annimmt. Ist z. B. die Höhe der Quecksilbersäule im Baro-
meter 28 engl. Zoll, so steigt die Flüssigkeit in der Röhre bis zum untersten Punkte; bei



¹⁾ Phil. trans. Nr. 382. p. 78 ff.

²⁾ Phil. trans. Nr. 381. p. 179—180.

31 Zoll Luftdruck steigt die Flüssigkeit bis zum höchsten Punkte; die Temperaturen sind hier nicht nach Graden, sondern nach der Höhe der Quecksilbersäule angegeben.

Die grosse Genauigkeit der Thermometer Fahrenheits verschaffte ihnen eine bedeutende Verbreitung und damit traten denn auch zahlreiche Nachahmer auf, welche mit mehr oder weniger Verständniss die gleiche oder ähnliche Skalen herstellten, über welche van Swinden¹⁾ nähere Auskunft ertheilt.

Da die Winterkälte von 1709 in den nordischen Gegenden den Nullpunkt der Fahrenheit'schen Skale erreichte, dieser Winter aber für ganz aussergewöhnlich gehalten wurde, so glaubte man vielseitig, man sei an dem wirklichen Wärme-Nullpunkt angelangt.

Eine einlässliche Beschreibung dieses Winters gibt Derham, Rector von Upminster, in Philosoph. Trans. 1709, Numb. 324, pg. 454 ff.; einige Notizen mögen von Interesse sein.

Die verschiedenen Angaben über Temperaturen mit allen möglichen Weingeistthermometern bestimmt, können hier nicht zusammengestellt und besprochen werden; es geht aber namentlich aus den Beschreibungen über die Wirkungen auf die organische Natur hervor, dass der Winter in der That muss ein ungewöhnlich langer und kalter gewesen sein. Die intensive Kälte verbreitete sich über ganz Mittel- und Süd-Europa; namentlich hat England, das sonst unter dem Schutze eines gemilderten Klima's ohne grosse Extreme eine Vegetation beherbergt, welche an saftiger Frische und an künstlicher Mannigfaltigkeit in gleicher geographischer Breite ihresgleichen nicht hat, durch die dauernde Kälte jenes Winters in hohem Grade gelitten und zwar nach ziemlich übereinstimmender Aussage gewissenhafter Beobachter mehr als in dem ebenfalls als äusserst streng verzeichneten Winter von 1683. Zwar sind die einzelnen vergleichbaren Temperaturen nicht so ausserordentlich tief, indem wiederholt als Minimum die des künstlichen Frostes, d. h. der Nullpunkt der Fahrenheit'schen Skale angegeben wird ($-17,7^{\circ}\text{C}$ oder $-14,2^{\circ}\text{R}$), während wir wissen, dass z. B. im Winter 1860, dem kältesten für England seit 1789, Temperaturen wie $-17^{\circ}\text{F} = -27,2^{\circ}\text{C}$ in Sudburyhall, $-18^{\circ}\text{F} = -27,8^{\circ}\text{C}$ in Nottingham, $-19^{\circ}\text{F} = -28,3^{\circ}\text{C}$ in Essex beobachtet worden sind; allein die Dauer hat die Intensität ersetzt und grosse Verheerungen angerichtet. Lorbeer-bäume und Myrthen, Cypressen, Philyreen, Rosmarin und Thymian, Arbutus und Laurus Tinus, Lavendel, Rauten, alles was das Haupt über den Schnee emporstreckte, fiel zum Opfer; selbst Haidekräuter und Stechpalmen vermochten nicht Stand zu halten. Die Treibhäuser waren nicht mehr auf genügender Temperatur zu halten; der Waizen erfror im Boden. Verschiedene Beobachter machten die sehr wichtige Beobachtung, dass die Gewächse mehr von der Sonne als vom Frost gelitten hätten, indem hauptsächlich die der Sonne zugewandten Halden verheert wurden.

¹⁾ V. Swinden. Dissert. s. l. comp. d. th. 55 ff.

Vom Norden her kamen die flüchtigen Vögel, grosse graue Würger, Strandpfeifer, Pfuhlschnepfen, Sandpiper, Seeraben, Tauchenten, Schwäne und Gänse, Enten, Möven.

Fische und Vögel erfroren, selbst Rinder in den Ställen; Wanderern froren die Glieder ab, andere starben.

Im Hafen von Kopenhagen fror das Wasser auf 27 Zoll; man gieng trockenen Fusses hinüber nach Schonen.

Oberitalien litt ungewöhnlich; die Citronen- und Orangenbäume, die Oelbäume wurden dahingerafft; an der italienischen Küste starben englische Seeleute und Soldaten, andere verloren Zehen und Finger.

Auch die Schweiz litt sehr, besonders in der Ebene.

Bessere Berichte erhalten wir aus einigen andern Theilen der Schweiz, besonders von solchen Gegenden, welche gegen Nordwinde geschützt sind. In Wesen am Wallenstadtersee blieben Bäume und Reben unversehrt, so dass man im Sommer einer reichen Weinlese entgegen sah; die Nussbäume waren mit Früchten beladen, als ob sie in einem andern, als dem Klima der Nachbarorte gewachsen wären.

Die Bewohner von Vättis am Calanda versicherten, kaum einmal einen mildern Winter gehabt zu haben, während die Bewohner von Valens über dem Pfäferser-Bade bei der grossen Kälte, durch Schnee von ihren Nachbarn getrennt, in der Angst lebten, alle Einwohner von Vättis möchten im Frost umgekommen sein.

Réaumur.

Ogleich es Fahrenheit gelungen war, genaue und vergleichbare Thermometer herzustellen, scheinen diese doch entweder keine genügende Verbreitung gefunden zu haben, oder durch verschiedene Nachahmer in Misskredit gekommen zu sein. Wahrscheinlich bestand lange noch die grosse Zahl der allgemeiner gebrauchten Thermometer aus Florentinerinstrumenten, welche von reisenden Italienern feilgeboten wurden. Wenn wir hören, dass dieselben mit gedruckten Skalen versehen gewesen seien, obgleich die Röhren und die Kugeln verschiedene Weite zeigten, so kann man sich erklären, dass irgend übereinstimmende Beobachtungen mit diesen Instrumenten unmöglich waren. Es zeigte sich aber das Bedürfniss nach genauen Thermometern zu wissenschaftlichen Untersuchungen. Der Franzose Réaumur, der sich hauptsächlich mit physikalischen und physiologischen Fragen beschäftigte, fand die vorhandenen Thermometer nicht befriedigend und stellte sich die Aufgabe, Besseres zu leisten. Wenn er in der Stellung der Aufgabe und in der Weise, wie er zu ihrer Lösung schritt, viel Scharfsinn verrathen hat, so kann anderseits nicht geläugnet werden, dass die Verwirrung durch seine und durch die unter seinem Namen verbreiteten Instrumente in erheblichem Grade ge-

steigert wurde. Weil aber nun einmal der Name Réaumurs bei uns fast unzertrennlich mit dem Instrumente sich verbunden hat und in allen bürgerlichen Verhältnissen, mancherwärts auch noch in metereologischen Dingen Grade gebraucht werden, welche auf Réaumur zurückführen, so betrachten wir seine Herstellungsweise mit einiger Ausführlichkeit.

Réaumur bediente sich des Weingeistes, als einer leicht ausdehnbaren Flüssigkeit, und versuchte es nun, die Temperaturgrade so auszudrücken, dass einer bestimmten Volumveränderung eine bestimmte Erwärmung oder Abkühlung entspricht. Hiezu war erforderlich, dass eine bestimmte Weingeistsorte, d. h. eine Mischung von bestimmtem Weingeistgehalte gewählt wurde. Seine Wahl fiel auf einen Weingeist, der so beschaffen war, dass eine Menge von 1000 Raumeinheiten im gefrierenden Wasser durch die höchste Wärme, welche sie von siedendem Wasser annehmen konnte, um 80 Raumtheile ausgedehnt wurde. Diese Weingeistsorte wurde mittelst sorgfältig kalibrierter grösserer Thermometer bestimmt.

An eine beiderseits offene Röhre von nicht unbeträchtlicher Weite, wie etwa eine mässig weite Barometerröhre, wurde eine grosse, 3—4" im Durchmesser haltende Kugel angeschmolzen. Durch Quecksilberfüllungen aus Gefässen, welche einen aliquoten Theil des Rauminhaltes der Kugel und eines Theiles der Röhre fassten, gelangte er dazu, auf einem Brette neben der Röhre Theilstriche anzubringen, welche einen Tausendstel des genannten Volumens abgrenzten. Wurde nun die Kugel und ein Theil der Röhre bis zu dem Punkte, der mit 1000 bezeichnet war, gefüllt und zwar mit Weingeist von der früher genannten Sorte und von der Temperatur des gefrierenden Wassers, so musste sich derselbe bis zur höchsten Temperatur, die er im siedenden Wasser annehmen konnte, so ausdehnen, dass die Weingeistsäule bis zum Theilstrich 1080 reichte. Während auf der einen Seite des Brettes die Eintheilung 1000, 1001, 1002 u. s. w. und abwärts 999, 998 u. s. w. stand, wurde auf der andern die Theilung auf- und abwärts 1, 2, 3 u. s. w. angebracht. Die über der Flüssigkeit befindliche Luft wurde erwärmt und dann die Röhre zugeschmolzen.

In Réaumurs Thermometer wurde als fester Punkt angenommen der Gefrierpunkt des Wassers. Dadurch, dass diese Temperatur schwieriger zu bestimmen ist, als die des schmelzenden Schnees, wie sie von Newton angewendet war, trat einige, wenn auch keine bedeutende Unsicherheit ein. Aber eine ganz andere Unsicherheit wurde dadurch veranlasst, dass Réaumur vom Siedpunkt des Weingeistes eine falsche Vorstellung gehabt zu haben scheint, indem er bald von der Temperatur des siedenden Wassers spricht, bald von der höchsten Temperatur, welche siedendes Wasser dem Weingeist mitzuthellen vermag, in beiden Fällen aber eine und dieselbe Temperatur bezeichnen will.

1) Mém. de l'Ac. 1730. p. 452 ff.

Er will die Ausdehnung des Weingeistes zwischen zwei festen Punkten bestimmen¹⁾: Ces deux termes doivent être fixes et assez éloignés l'un de l'autre pour donner des différences saisissables. Nous les avons dans la congélation artificielle de l'eau et dans le degré de chaleur de l'eau bouillante: mais j'avais eu occasion, il y a longtemps, de m'apercevoir que l'esprit de vin bout avant que l'eau, dans laquelle est plongée la bouteille qui le contient, soit parvenue à bouillir. Si on continue à faire chauffer de l'esprit de vin qui a commencé à bouillir, si on lui fait prendre le degré de chaleur de l'eau bouillante, il bout encore plus fortement. Und weiter²⁾:

Après avoir choisi un petit matras de verre, dont le col était assez délié, j'ai rempli le matras jusqu'un peu au-dessus de l'origine de son col avec de petites mesures; il en est entré 400 jusqu'à l'endroit désigné. J'ai marqué cet endroit avec un fil, lié autour du col; alors j'ai mis le matras dans une boîte de fer blanc, que j'ai posé dans une boîte plus grande remplie de glace pilée et mêlée avec du sel. En un mot, j'ai fait geler l'eau qui entourait le matras. L'esprit de vin est descendu au-dessous du fil. J'ai fait entrer dans le matras autant de mesures, qu'il en a fallu, afin que l'esprit de vin se retrouvât encore à la hauteur du fil. Enfin mon fil m'a marqué *le terme d'un volume de 400 mesures d'esprit de vin condensé par la congélation artificielle de l'eau. Ce que je cherchais était d'avoir en parties de ce même volume sa différence avec le volume de la même quantité d'esprit de vin dilaté par la chaleur de l'eau bouillante.* J'ai donc fait chauffer et bouillir de l'eau. A la vapeur seule de l'eau bouillante j'ai échauffé le matras, qui contenait de l'esprit de vin. Quand je l'ai jugé assez échauffé, pour qu'il n'y eût pas à craindre, que la chaleur de l'eau bouillante le fit casser, je l'ai enfoncé peu à peu dans cette eau; bientôt l'esprit de vin a commencé à bouillir, et aussitôt j'ai retiré le matras. J'avais eu la précaution d'entourer son col d'un second fil, que je pouvais faire glisser en montant. Avec ce fil j'ai marqué l'endroit où l'esprit de vin était resté après que les bouillonnements avaient été apaisés. Aussitôt j'ai remis l'esprit de vin dans l'eau bouillante. Il s'est élevé au-dessus du fil et bientôt il a bouilli. J'ai retiré le matras. J'ai élevé le fil jusqu'à l'endroit où l'esprit de vin s'est trouvé après que les bulles ont eu disparu. Quand j'ai eu répété ce manège cinq à six fois au plus, le terme de l'élévation marquée par le fil après les bouillonnements cessés, s'est trouvé constamment le même, ainsi je l'ai regardé comme *le terme de la plus grande dilatation que l'eau bouillante pouvait donner à cet esprit de vin sans le faire bouillir.*

Dieser Weingeist, der beste, der im Handel vorkommt, zeigte eine Ausdehnung von 400 Raumtheilen auf 435. Durch Mischung mit Wasser konnte eine Qualität hergestellt werden, von welcher 1000 Raumtheile sich auf 1080 ausdehnten. Was aber auch für eine Qualität angewendet werden möge, so soll nach Vorschrift von Réaumur der Grad der Ausdehn-

¹⁾ Mém. de l'Ac. 1730. p. 480. ²⁾ p. 482 ff.

barkeit der Skale beigefügt werden; etwa: *Esprit de vin, dont le volume condensé par la congélation de l'eau est 1000 et raréfié par l'eau bouillante est 1080*. Dans ce cas, si le thermomètre a assez de hauteur, le degré de dilatation marqué d'un côté 80, et de l'autre 1080 sera le terme de l'eau bouillante. Als Temperatur des tiefen Kellers im Observatorium von Paris gibt er an $1010\frac{1}{4}^{\circ}$.

Es unterliegt keinem Zweifel, dass Réaumur irrthümlich geglaubt hat, den Siedpunkt des Wassers mit seinem offenen Weingeistthermometer erhalten zu haben, wenn sich die Flüssigkeit nach mehrmaligem Eintauchen auf einer gewissen Höhe einstellte, dass er aber in der That den Siedpunkt seines Weingeistes bestimmt hat. Ferners hat er angenommen, dass gleichen Temperaturveränderungen gleiche Volumveränderungen der Flüssigkeit entsprechen oder dass sich der Weingeist der Erwärmung proportional ausdehne. Sodann hat er ein Thermometer von solchen Dimensionen hergestellt, dass es stets einer grossen Zeit bedurfte, um zwischen Instrument und Umgebung das Wärmegleichgewicht herzustellen; auch eine etwas veränderte Gestalt der Kugel, die er durch eine Linse oder, wie Fahrenheit früher schon, durch einen Cylinder ersetzen wollte, vermochte dem Uebelstande nicht abzuhelpen, dass kleinere und schneller sich folgende Temperaturschwankungen spurlos an dem Instrumente vorbeigehen mussten; den Einfluss des Luftdruckes auf die Höhe des Siedpunktes scheint Réaumur nicht gekannt zu haben, jedenfalls hat er ihn nicht berücksichtigt, während die Fahrenheit'sche Beobachtung damals allgemein bekannt war und als physikalische Thatsache aufgeführt wurde.¹⁾

Endlich kann auch ein so grosses Instrument kaum als Etalon dienen für die Herstellung kleinerer, weil die Empfindlichkeit gar zu sehr verschieden ist. Die Bemerkung Réaumur's: »Wenn die Astronomen sich zu ihren Messungen kleiner zierlicher Instrumente bedienen wollten, so müssten sie auch auf die Genauigkeit ihrer Messungen verzichten,« zeugt nicht gerade von sehr tief gehendem Verständniss.

Nach Réaumur's Methode wurden mit mehr oder weniger Treue zahlreiche Thermometer von verschiedenen Verfertigern hergestellt. Unter ihnen scheint Abbé Nollet, der Verfasser der *Leçons de physique*, sich besonders hervorgethan zu haben; wir werden ihm bei der Besprechung von Micheli Du Crest wieder begegnen.

De l'Isle.

Ein gleiches Ziel wie Réaumur verfolgte De l'Isle²⁾ bei der Herstellung seines Quecksilberthermometers, das während einiger Zeit besonders in Russland verbreitet war und das

¹⁾ S'Gravesande *Phil. newt. instit.* 1728, § 842—844, 2. Ausgabe.

²⁾ De l'Isle, *Mémoires pour serv. à l'histoire et au progrès de l'Astron.* p. 267 ff. *Les thermom. de mercure rendus universels.*

die gute Eigenschaft hatte, dass es mit andern Instrumenten wenigstens sehr genähert verglichen werden konnte, wie etwa mit dem von Newton und Fahrenheit.

Er wählte nur einen festen Punkt, nämlich die Temperatur des siedenden Wassers, welche er mit 0° bezeichnete, freilich ohne auf die Wirkungen des Luftdruckes Rücksicht zu nehmen. Mittelst genau kalibrierter Röhren und cylindrischer Gefässe, deren Volumina er kannte und welche er mit Quecksilber füllte, bezeichnete er durch seine Grade 10000stel oder 100000stel desjenigen Raumes, welchen das Quecksilber bei der Temperatur des siedenden Wassers einnahm. Also wenn man diesen Raum mit 10000 bezeichnet und etwa fand, dass es bei einer gewissen Temperatur nur noch den Raum von 9950 einnahm, so hatte sich das Quecksilber um $\frac{50}{10000}$ zusammengezogen und diese Temperatur bezeichnete er mit 50. Da sich durch wiederholte Beobachtungen herausstellte, dass die Temperatur des schmelzenden Schnee's den Raum des Quecksilbers auf 8850, also um $\frac{150}{10000}$ verringert, so wurden bei spätern Instrumenten dieser Art zwei feste Punkte gewählt und der Fundamental-Abstand in 150 gleiche Theile getheilt. Offenbar ist, die Differenz der Ausdehnungskoeffizienten von Quecksilber und Glas als richtig vorausgesetzt, die letztere Methode einfacher als die mühevollere Methode des Kalibrierens, bei welcher kleine Gewichtsunterschiede grosse Differenzen hervorbringen können¹⁾, und sie hat wohl mindestens den gleichen Grad von Genauigkeit.

Micheli Ducrest.

Ein besonderes Interesse für uns bieten die Bestrebungen des Genfers Micheli Ducrest um die Verbesserung der Thermometer, hauptsächlich darum, weil seine Thermometer in der nördlichen Schweiz und besonders in Basel eine grosse Verbreitung gefunden haben, so dass heute noch für gewöhnliche Temperaturgrade im Munde älterer Leute eine Bezeichnungsweise besteht, welche auf Ducrest's Eintheilung zurückzuführen ist. Auch sind alle, oder doch die meisten schweizerischen Temperaturbeobachtungen des vorigen Jahrhunderts, unter ihnen die Basler Beobachtungen, welche J. J. D'Annone von 1755—1804 aufgezeichnet hat, mit dem Thermometer Ducrest's angestellt worden. Ich habe mich bemüht, einige solche Instrumente, die sich hie und da noch in älteren Häusern befinden, vom Untergange zu retten; in Folge dieser Bemühungen besitzt die hiesige physikalische Sammlung einige, welche von grosser Sorgfalt in der Herstellung zeugen und uns Vergleichen mit jetzigen Thermometern gestatten.

Ducrest's Bestrebungen, die Thermometer zu verbessern, beginnen während seines Aufenthaltes in Paris ungefähr Anno 1740, also zu einer Zeit, da Réaumur's Thermometer die grösste Achtung genossen und von vielen Seiten mit mehr oder weniger Treue nachgeahmt

¹⁾ Kraft, Com. Petrop. IX, 247.

und mit mehr oder weniger Geschick verbessert, beziehungsweise verändert wurde. Allem nach zu schliessen, muss die Verwirrung in der Thermometrie gross gewesen sein und wenn Réaumur die aufrichtige Absicht gehabt hatte, die unverständliche Sprache der Thermometer durch eine verständliche zu ersetzen, so kann als Resultat seiner Bemühungen kaum ein anderes als eine gesteigerte Confusion bezeichnet werden.

Ducrest veröffentlichte seine Herstellungsweise in einer anonymen Schrift: *Description de la méthode d'un thermomètre universel*. 1740. Wir wollen diese Schrift analysiren.

Als Hauptvorzüge der eigenen Thermometer wird an die Spitze gestellt, dass sie mit der Temperatur der Umgebung im Gleichgewicht, immer denselben Grad anzeigen, und dass die Methode eine leichte sei, unabhängig von jedem ähnlichen Instrument, so dass man in Rom ein Thermometer herstellen könne, welches genau mit einem von Paris übereinstimme.

Die Röhren wurden nicht nach der Methode von Réaumur mit kleinen Gefässen, sondern nach derselben Weise kalibriert, wie es auch von De l'Isle geschehen war, mit einem verschiebbaren Quecksilbertropfen, dessen Länge in jeder Stellung beobachtet wurde. Nun handelte es sich darum, feste Punkte zu wählen; Réaumur wählte den Siedpunkt und den Gefrierpunkt des Wassers. In Bezug auf den ersten zeigen die vorhandenen Réaumur'schen Thermometer grosse Abweichungen, weil die Verfertiger über dem Weingeist zu viel Luft weggenommen und den Luftdruck nicht berücksichtigt haben; daher finden Irrthümer von 25—35° statt; das grosse Thermometer des Observatoriums zeigt fast 30° Abweichung.

Den Gefrierpunkt findet Ducrest unsicher, wie auch den Schmelzpunkt des Eises; den ersten, weil das Kältegemisch, welches das gefrierende Wasser umgiebt, dem Eis seine niedrige Temperatur mittheilen könne; den zweiten, weil er gefunden habe, dass schmelzendes Eis eine etwas veränderliche Temperatur besitze.

Im Observatorium von Paris ist ein Keller von 84 Fuss Tiefe, bestehend aus Verzweigungen früherer Steinbrüche. In einem Arme befindet sich eine Nische mit einem Steintisch; in dieser Nische hatte De la Hire sein altes Thermometer des Observatoriums beobachtet; diesen Ort wählte auch Ducrest, weil seine Temperatur vollständig konstant sei und gleich derjenigen, welche man überall in beträchtlicher Tiefe finde. Er will z. B. in Ardingham zwischen Calais und Boulogne bei 447 Fuss Tiefe und in einer 60 Toisen tiefen Grotte von Salelle genau dieselbe Temperatur gefunden haben. Diese Temperatur wird auf einem Thermometer mit weiter Skale bestimmt und nach diesem Thermometer werden andere Thermometer in einem leicht auf diese Temperatur zu bringenden Wasser graduirt. Dieser Temperatur spricht Ducrest noch die Eigenthümlichkeit zu, dass sie auch für unsere Sinne eine Mitteltemperatur zwischen warm und kalt sei, so dass man von ihr ausrechnend sagen wird: heute haben wir so und so viel Grade Wärme oder Kälte; er nennt sie *Tempéré* und glaubt, die Erde habe in ihrem Innern, wofern man nur gehörig tief eindringe, überall diese Wärme.

Ausser diesem Ausgangspunkte muss nun noch ein zweiter etwas entfernter Punkt bestimmt werden und hiezu wählte er die Temperatur des siedenden Wassers; das Intervall theilte er in 100 gleiche Theile, wodurch Grade von passender Grösse entstehen, welche nahe mit denen auf der ursprünglichen Réaumur'schen Skale übereinstimmen, an welche nun einmal viele Leute gewöhnt seien.

Man hatte früher angenommen, geschlossene Weingeistthermometer könnten nicht die Hitze des siedenden Wassers ertragen; das sei ein Irrthum, den er durch mehrere eigene Thermometer widerlegen könne; man müsse nur über der Flüssigkeit einige Luft eingeschlossen lassen. Er empfiehlt einen bestimmten Barometerstand für den Siedpunkt und zwar 27'' 9''' und berücksichtigt Abweichungen dieses Druckes bei der Aufstellung des Siedpunktes.

Den Weingeist zieht er allen andern Flüssigkeiten vor, selbst dem Quecksilber. Dieses dehne sich bei den hohen Temperaturen zu langsam aus und ziehe sich bei niedrigen Temperaturen zu stark zusammen. Sodann lasse sich der Weingeist leicht färben und dadurch sichtbar machen; er sei nicht so schwer zu reinigen, wie Quecksilber und man finde eher Röhren von überall gleicher Lichtweite für Weingeist, als für Quecksilber. Wenn man dagegen einwende, dass Weingeist in der Röhre verdunste und sich in der Höhe niederschlage, so rühre das meist daher, dass man über der Flüssigkeit zu viel Luft entferne und sie zu lange im siedenden Wasser lasse; man könne aber leicht abhelfen, indem man die Flüssigkeit zuerst nach oben treibe und dann durch Schwingen wieder in die Kugel zurückzwingt. Auch den Einwand, die Quecksilberthermometer seien empfindlicher, indem sie sich mit der Umgebung schneller ins Gleichgewicht setzen, sucht er dadurch zu entkräften, dass er dagegen hält, die Weingeistthermometer müssten, um die gleiche Ausdehnung zu zeigen, viel kleiner gemacht werden, weil sich das Quecksilber viel weniger stark ausdehne.

Alles zusammengenommen gibt er also dem Weingeist entschieden den Vorzug; er fragt, ob wirklich schon jemand Weingeist, der die Pulverprobe ¹⁾ bestanden habe, habe erfrieren sehen.

In einem handschriftlichen Briefe an Bavier (24. Nov. 1751), der in Basel Thermometer verfertigte, äusserte sich Ducrest in folgender Weise:

Je suis persuadé, que l'esprit de vin, qui emporte la poudre et dont la dilatation est 909 degrés au tempéré et de 1009 à l'eau bouillante, est capable de soutenir 100° de froid sans geler; je le crois même plus propre que le mercure pour soutenir les plus grands froids ou du moins aussi propre et infiniment plus commode parcequ'on le discerne alors facilement à travers une vitre, au lieu qu'il est alors presque impossible de discerner le mercure, et si

¹⁾ Die Pulverprobe besteht darin, dass man in einen Löffel etwas Pulver legt, darüber Weingeist giesst und diesen entzündet; enthält der Weingeist nicht zu viel Wasser, so verbrennt das Pulver.

vous ouvrez la vitre, vous troublez toute l'observation. Ajoutez encore à cet avantage celui de pouvoir transporter le thermomètre à esprit de vin sans se casser, au lieu que ceux de mercure y sont très sujets. Mais pour ce qui est des degrés de chaleur supérieurs à l'eau bouillante, je conviens que les thermomètres à mercure valent mieux et aussi pour de certaines observations très promptes où l'on ne peut avoir qu'une minute ou deux pour donner au thermomètre son équilibre et pour l'observer, car on peut faire pour cet effet des thermomètres avec du mercure, qui seront plus propres que ceux d'esprit de vin, vu qu'à boules égales le mercure est plus prompt.

Er vergleicht die Skalen verschiedener Thermometer mit einander und gibt deren Uebereinstimmung mit seinem eigenen Thermometer durch eine vierfache Skale an; daher glaubt er, sein Thermometer mit dem Beiwort »universal« bezeichnen zu dürfen.

Als der anonyme Verfasser der Description de la méthode d'un thermomètre universel von Abbé Nollet in den Leçons de Physique angegriffen wurde, publicierte Ducrest von Bern aus 1749 ein »Mémoire instructif sur les thermomètres de Mr. de Réaumur et sur ceux de l'Auteur, fait en forme de lettre pour servir de réponse au 4^{me} tome des Leçons de Physique de Mr. l'Abbé Nollet à l'égard de deux objets.

Während Nollet behauptete, der von Réaumur angenommene Gefrierpunkt sei sehr konstant, führte Ducrest gegen diese Beständigkeit Folgendes an:

1) Er habe von zwei seiner Thermometer, welche sehr genau übereinstimmten, eines neben das grosse Thermometer von Réaumur auf dem Observatorium, das andere neben eines von gleichem Namen, hergestellt von Abbé Nollet, aufgehängt und beinahe einen Grad Unterschied gefunden. Auf seine Mittheilung an Réaumur hin sei kurze Zeit nachher das kleine zerbrochen und durch ein anderes ersetzt worden, welches auf der Skale leicht verschiebbar gewesen sei.

2) Jedermann klage über den Mangel an Uebereinstimmung selbst in Betreff des Nullpunktes.

3) Man könne Wasser auch unter den Gefrierpunkt abkühlen, ohne dass es gefriere; er biete jede Wette an, dass er vor glaubwürdigen Männern den Beweis dafür leisten wolle.

Gegenüber dem Gefrierpunkte stellte er als viel festeren Punkt auf die Temperatur des Wassers im Eise und begründete seine Beständigkeit mit zweckentsprechenden Versuchen, während seine theoretischen Ansichten über Wärme und Kälte einen längst überwundenen Standpunkt einnahmen.

Gegen die Anwendung der Temperatur tiefer Keller hatte Nollet angeführt, dass man doch leichter und sicherer Eis, Schnee oder Hagel sich verschaffen könne, um eine feste Temperatur zu bestimmen, als einen tiefen Keller und dass selbst die Temperatur im Keller des Observatoriums nicht völlig konstant sei nach dem Zeugnis Cassini's. Allerdings nimmt er

anderwärts in derselben Schrift selbst wieder an, diese Temperatur sei immer $10\frac{1}{4}^{\circ}$ der Réaumur'schen Skale und Ducrest wendet ihm ein, dass er auf allen seinen Thermometern eigenhändig bei $10\frac{1}{4}^{\circ}$ Réaumur Temperatur der Keller des Observatoriums hinschreibe. Ducrest hielt nun allerdings diese Kellertemperatur nicht nur für eine konstante, sondern auch für eine allgemeine, und schrieb daher auf seine Thermometer nicht mehr »tempéré de la cave de l'Observatoire de Paris,« sondern seit dem Juli 1748: »Tempéré du globe de la Terre.« Auch benützte er seit 1742 die Temperatur des Eises im Wasser und erkannte darin ein vortreffliches Mittel, um ein Normalthermometer herzustellen auch in Gegenden, in welchen man keinen tiefen unterirdischen Raum zur Verfügung habe. In demselben Brief an Bavier in Basel (24. Nov. 1751) schreibt Ducrest: Le terme de l'eau dans la glace à l'abri de la réverbération est ce qu'il y a de plus sûr. Je conviens cependant, que le terme de la glace pillée n'est pas susceptible de beaucoup d'erreur, et que celui de la neige fondante et qu'on tient quelque temps dans une chambre au tempéré n'est presque pas susceptible, parce que la boule du thermomètre que vous y placez se trouvant plus chaude, fait fondre la neige autour d'elle et procure ainsi un terme équivalent de l'eau dans la glace (ce que j'ai découvert le premier à Paris en 1742 après bien des peines inutiles pour trouver le terme de froid qui opère la congélation).

Ducrest wirft ferner den Thermometern von Nollet vor, dass ihre Röhren nicht kalibriert gewesen seien, bevor er selbst die Methode des Kalibrierens mit dem Quecksilbertropfen bekannt gemacht habe.

In Bezug auf den Siedpunkt des Wassers weist Ducrest nach, dass derselbe auf den Réaumur'schen Thermometern bei $105\frac{1}{2}^{\circ}$, 110° , ja $115\frac{1}{2}^{\circ}$ sein müsste und nicht bei 80° , und dass Nollet zwar den Einfluss des Luftdruckes gekannt, aber nicht berücksichtigt habe. Er verurtheilt die Wahl eines Gemisches von Weingeist mit Wasser.

Als Ducrest die Kunde erhielt, dass es dem Petersburger Physiker Braun¹⁾ gelungen sei, das Quecksilber durch Kälte in einen festen Körper zu verwandeln, fand er darin einen neuen Nachtheil dieser von ihm nur für wenige Zwecke zugelassenen Flüssigkeit.

Ducrest's Thermometer waren also folgendermaassen construirt.

Er wählte kalibrierte Röhren, bestimmte die Temperatur von Wasser im Eise und bezeichnete diesen Punkt mit $-10\frac{2}{3}$, sodann die Temperatur des siedenden Wassers bei $27'' 9'''$ Luftdruck und bezeichnete diesen Punkt mit 100° ; das ganze Intervall theilte er in $110\frac{2}{3}$ Grade ein, trug vom Schmelzpunkt an $10\frac{2}{3}$ solche Grade nach oben auf und hiess diesen Punkt 0° , Tempéré du globe. Seine Thermometer wurden zugeschmolzen, wenn der Weingeist ungefähr bei Tempéré stand und da die Röhre oben mit einer angeblasenen kleinen Kugel ver-

¹⁾ Nov. Comment. Petropol. 1765. XI, p. 268 ff.; die Beobachtung selbst datiert vom 14. Dec. 1759.

sehen war, so wurde die Luft beim Steigen des Weingeistes etwas zusammengedrückt, genug, um den Siedpunkt des Weingeistes zu erhöhen und nicht genug, um die Kugel zu sprengen.

Versuche mit Thermometern, welche er mit gleicher Genauigkeit aus Quecksilber und Leinöl zur Vergleichung mit Newton's, Fahrenheit's und Del'Isle's Instrumenten hergestellt hatte, ergaben die Verschiedenheit in der Ausdehnung dieser Flüssigkeiten und des Weingeistes, während Leinöl und Quecksilber innerhalb gewöhnlicher Temperaturen eine grössere Uebereinstimmung zeigten.

Celsius.

Celsius ist der dritte Name, der sich mit grösster Zähigkeit und unzertrennlich mit dem Thermometer verbunden hat, so sehr, dass alle andern neben Fahrenheit, Réaumur und Celsius so zu sagen vergessen sind.

Das Instrument von Celsius¹⁾ verdient wegen der Sorgfalt und der grossen Sachkenntniss, mit welcher es hergestellt worden, alle Anerkennung. Celsius beklagt sich über den Mangel an Uebereinstimmung bei den auch nach Schweden verbreiteten Florentiner Thermometern und giebt an:

»Ich für mein Theil finde keine bequemere und sicherere Art, die Grade auf einem Thermometer abzutheilen, als einige Punkte von der Höhe des Quecksilbers zu bestimmen, wenn das Wasser kocht und zu frieren anfängt und darnach die übrigen Grade zu verzeichnen.«

Er hält dafür, dass der Beginn des Gefrierens und der Schmelzpunkt des Schnee's ein und dieselbe Temperatur sei, dass daher der Gefrierpunkt am besten in wässrigem Schnee bestimmt werde; ebenso hat er gefunden, dass auf diesem Punkt der Barometerstand keinen Einfluss ausübe und dass Schnee im geheizten Ofen, auch in andern geographischen Breiten bei gleicher Temperatur schmelze.

Um den Siedpunkt zu bestimmen, brachte er Wasser in einer Theekanne zum Kochen, steckte das Thermometer hinein, liess mit einem Blasebalge die Kohlen anblasen, bis das Wasser wieder in heftiges Wallen gerieth. In diesem heftig wallenden Wasser liess er das Thermometer 6—8 Minuten stehen und bemerkte die Höhe des Siedpunktes.

Er beobachtete, dass bei plötzlichem Hinausnehmen des Glases aus dem kochenden Wasser das Quecksilber ein wenig sich über den Siedpunkt erhob, und führte die Erscheinung richtig darauf zurück, dass sich im ersten Augenblick das Glas stärker zusammenziehe als das Quecksilber in ihm. Ebenso berücksichtigte er den Barometerstand in Folge der Fahrenheit'schen Beobachtung, nachdem er sich von der Richtigkeit derselben überzeugt hatte. »Es erhellet genugsam daraus, dass des Thermometers Höhe im kochenden Wasser allezeit des Barometers

¹⁾ Abh. d. königl. Schwed. Ges. IV. 1742. p. 197—203.

Höhe gemäss ist, nämlich dass 8 Punkte in dem Thermometer, dessen ich mich bediene, einen geometrischen Zoll Barometeränderung geben, so dass ein Thermometer, das empfindlich genug ist, oder grosse Grade hat, eben den Nutzen leisten kann, den ein Barometer gibt, wenn man jenes in kochendes Wasser setzt, wobei es leichter mit sich zu führen wäre, als das Barometer, besonders auf Reisen und auf Gebirgen. Dabei nahm er an, dass sehr dünne Röhren in allen Theilen gleiche Weite hätten. Er statuierte, dass für Schweden der mittlere Barometerstand etwa 25 Zoll 3 Linien betrage und nahm daher diesen an zur Bestimmung des Wassersiedpunktes.

Nachdem nun diese beiden Punkte genau bestimmt waren, theilte er den Abstand in 100 gleiche Theile ein und nannte den Siedpunkt 0° und den Schmelzpunkt 100° . Später wurde die Skale umgekehrt; man findet in den schwedischen Abhandlungen im 11. Bande (p. 177) angegeben, dass die von Celsius, Strömer und Eckström in Schweden verfertigten Thermometer am Gefrierpunkt gemeinlich 0, am Siedpunkt 100 haben.

Von dieser, heute fast allgemein in wissenschaftlichen Dingen angewandten Skale nahm man im Auslande wenig Notiz. Die Franzosen kannten nichts Höheres als Réaumur und selten nur wagte es Einer, von der Unvollkommenheit des Réaumur'schen Instrumentes zu reden.

Zu gleicher Zeit aber, während Celsius im Norden sich mit der Verbesserung des Thermometers beschäftigte, gieng denselben Weg und unabhängig von Celsius der in Lyon lebende

Christin,

der uns im Almanach von Lyon vom Jahr 1745 die Beschreibung seines Instrumentes gibt unter dem Titel:

Thermomètre de Lyon, divisé selon la mesure de la dilatation du Mercure trouvé en 1743 par M. Christin, de l'Académie des Beaux Arts de Lyon. p. XLII—XLV.

Durch verschiedene Beobachtungen, welche Christin während mehrerer Jahre mit Weingeist- und Quecksilberthermometern gemacht hatte, kam er zu der Ueberzeugung, dass die letztern den erstern vorzuziehen seien; daher hat er aus Quecksilber ein neues Thermometer herstellen lassen, dessen Beschreibung in den französischen und fremden Journalen Anno 1743 zu finden ist.

Indem die Vortheile des Quecksilbers und die Nachtheile des Weingeistes abgewogen werden, stellt der Verfasser Folgendes zusammen:

Quecksilber verliert nichts von seinen Eigenschaften; es verdunstet nicht, sein Gang im Thermometer ist rasch und folgt den verschiedenen Einflüssen der Luft. Es folgt genau

den Temperaturgraden und stellt sich im siedenden Wasser immer genau auf denselben Punkt ein, und immer auf denselben Punkt im gestossenen Eise; das Quecksilber ist uns von der Natur gegeben, wie es da ist; Weingeist ist nur das Werk von Menschenhänden. Diese Flüssigkeit ändert und verflüchtigt sich; ihr Gang ist nicht gleichmässig; da sie entzündlich ist, steigt sie unmässig in grosser Hitze und sinkt langsam in der Kälte; sie gibt nur schwer und fast immer unsicher die festen Punkte an; sie friert bei grosser Kälte, wie man an den nach Tornea genommenen Instrumenten erfahren hat. (Dort fror freilich nur das Wasser ein.)

Um den Thermometern eine möglichst sichere Eintheilung zu geben, bestimmte Christin den Ausdehnungscoefficienten des Quecksilbers und fand, dass sich 66 Theile auf 67 ausdehnen, wenn die Temperatur vom Eispunkt zum Siedpunkt verändert werde, eine Bestimmung, welche fast genau mit der von Del'Isle übereinstimmt, während Celsius 0,0174 bestimmte. Christin gab dann an, dass man auch mit Bestimmung nur eines Punktes ausreichen könne, wenn man diese Ausdehnung mit berücksichtige.

Das beschriebene Instrument ist desshalb dem von Celsius hergestellten untergeordnet, weil Christin bei der Bestimmung des Siedpunktes den Barometerstand nicht berücksichtigt hat. Sonst aber ist es kein anderes als das centesimale Quecksilberthermometer Frankreichs.

Man hat wiederholt gefragt, ob das Verdienst, die hunderttheilige Skale erfunden zu haben, deren man sich heute so viel bedient, ausschliesslich dem Einen oder dem Andern der Letztgenannten gebühre. Es kann als ausgemacht betrachtet werden, dass die Einführung von beiden Seiten ganz selbständig geschah, dass aber im Allgemeinen auf diese Einführung kein grosser Werth gelegt wurde.

Es hat ein französischer Schriftsteller, Fournet, Professor an der Faculté des sciences in Lyon, sich bemüht, die Thatsachen, soweit sie Christin betreffen, genau zu ermitteln und darzustellen und es geht aus dieser Darstellung unzweifelhaft hervor, dass dieser durch sorgfältige Untersuchungen und Beobachtungen nach und nach auf die Herstellung seiner eigenen Thermometer geführt wurde.

Nachdem er nämlich während mehrerer Jahre mit skrupulöser Genauigkeit meteorologische Beobachtungen gemacht hatte, war er im Begriff, die thermometrischen Aufzeichnungen aufzugeben, weil seine Instrumente nicht übereinstimmten und er daher die thermometrischen Beobachtungen als unnütze Spielerei ansah. Im Jahr 1736 erhielt das Observatorium von Lyon ein Réaumur'sches Thermometer, das in Paris ein Jahr lang geprüft worden war; ein zweites erhielt Christin durch einen Freund; endlich kaufte er noch mehrere von einem Durchreisenden, welcher behauptete, seine Instrumente nach gleicher Weise, wie Réaumur herzustellen. Aber sie stimmten alle nicht miteinander überein. Er verschaffte sich daher zwei Quecksilberthermometer, welche er durch vergleichende Versuche graduierte, und nach vielen Bemühungen kam er dazu, seine Instrumente zu vervollkommen.

Am 13. Juli 1740 las er in der Lyoner Akademie eine Note vor, in welcher er auf den Schluss kam, dass Quecksilber dem Weingeist vorzuziehen sei; am 14. September theilte er mit, dass er eine Methode, die er noch geheim halte, gefunden habe, um gute Thermometer herzustellen. Am 15. Februar 1741 klagte er in einem Schreiben an Joannon, dass das Auffinden des Gefrierpunktes schwierig sei; nach Ducrest nahm er den Schmelzpunkt, nicht den Gefrierpunkt an; übrigens wies er mehrere Behauptungen zurück, welche in Ducrest's Aufsatz: *Méthode d'un thermomètre universel*, enthalten sind. Endlich im Juli 1743 publicierte er in den Zeitungen sein hunderttheiliges Thermometer unter dem Namen: *Thermomètre de Lyon, divisé selon la mesure de la dilatation du mercure*. Er schreibt am 11. Sept. 1743: *Si le public veut adopter la nouvelle division en 100°, je pense qu'il fera bien, et si au contraire il ne le veut pas, je n'en serai pas fâché; j'aurai toujours la satisfaction d'avoir fait de mon mieux.*

De Luc.

In den *Recherches sur les modifications de l'atmosphère* (1772) widmet DeLuc dem Thermometer einen grossen Abschnitt (II. Theil, II. Capitel). Seine Darstellung führt durch den mühevollen Weg einer weitverzweigten Untersuchung hindurch und ist daher etwas schwerfällig. Lambert¹⁾ ertheilt ihm ein nicht gerade schmeichelhaftes Kompliment mit folgenden Worten: »De Luc war unstreitig sehr emsig und trägt in seinem Werke ungemein Sorge, dass seinen Lesern auch nicht das Geringste von seinen Bemühungen unbekannt bleibe, damit sie ihm fein Dank dafür wissen mögen. Meines Erachtens wird die Sache selbst dadurch nicht gut gemacht. Sie bleibt, was sie ist, und muss immer an und für sich betrachtet werden. Und so hätte De Luc in einem viermal kleinern Werke viermal mehr sagen können, als er wirklich gesagt hat. Ich verstehe, dass das Gesagte nicht nach den Worten, sondern nach den Gedanken müsse gemessen werden.«

Wir haben früher gesehen, dass Rinaldini den Vorschlag gemacht hat, durch Mischung von eiskaltem und siedendem Wasser in verschiedenen Mengen 12 Temperaturen zwischen dem Eispunkt und Siedpunkt zu bestimmen. Diese Methode verfiel vollständig der Vergessenheit. Sie bildet im Grunde wieder den Ausgangspunkt für De Lucs Untersuchungen. Unter der Annahme gleicher spezifischer Wärme des Wassers bei verschiedenen Temperaturen ergibt sich, dass gleich grosse Mengen Wasser von der Temperatur von t und T Graden eine Mischung von doppeltem Gewicht und von der Temperatur $\frac{t+T}{2}$ Graden geben werden. Durch

¹⁾ Pyrometr. § 127.

sorgfältige Bestimmungen dieser Art fand De Luc, dass unter allen zu thermometrischen Zwecken angewandten Flüssigkeiten keine sich so nahe der Erwärmung proportional ausdehne als Quecksilber. Er bediente sich dazu eines Quecksilberthermometers, welches im schmelzenden Schnee 0° , im siedenden Wasser 80° zeigte und theilte das Thermometer in 80 gleiche Theile ein. Er erhielt folgende Zahlen:

	Quecksilber- thermometer.	Wirkliche Wärme.
Sied. Wasser:	80	Z + 80,00.
	75	+ 75,28.
	70	+ 70,56.
	65	+ 65,77.
	60	+ 60,96.
	55	+ 56,15.
	50	+ 51,26.
	45	+ 46,37.
	40	+ 41,40.
	35	+ 36,40.
	30	+ 31,32.
	25	+ 26,22.
	20	+ 21,12.
	15	+ 15,94.
	10	+ 10,74.
	5	+ 5,43.
	0	Z + 0.

Bei einer wirklichen Wärme von $Z + 40^{\circ}$ zeigten in ganz übereinstimmender Weise hergestellte Thermometer von

Quecksilber	38,6 $^{\circ}$.
Olivenöl	37,8 $^{\circ}$.
Leinöl	37,8 $^{\circ}$.
Kamillenöl	37,2 $^{\circ}$.
Thymianöl	37 $^{\circ}$.
Gesättigtes Salzwasser	34,9 $^{\circ}$.
Weingeist (der Pulver verbrennt)	33,7 $^{\circ}$.
Wasser	19,2 $^{\circ}$.

Diese der Erwärmung nahe proportionale Ausdehnung des Quecksilbers ist ein erster

Empfehlungsgrund für diese Flüssigkeit. Als zweiten Grund führt er an, dass das Quecksilber die Temperatur des siedenden Wassers leicht ertrage. Ducrest hat über den Weingeist seiner Thermometer einige Luft in der Röhre gelassen und oben noch einmal eine kleine Kugel angeblasen, in welche die zurückgebliebene Luft bei der Ausdehnung des Weingeistes zusammengedrückt werden konnte und durch den Druck das Sieden des Weingeistes bei höherer Temperatur verhinderte. De Luc glaubt darin ein Hinderniss für die Ausdehnung des Weingeistes zu erkennen, welches bei den Quecksilberthermometern wegfallt.

Ferners eignet sich Quecksilber besser, weil es sehr grosse Temperaturdifferenzen anzeigen kann und weil es sich rascher mit der Umgebung in das Wärmegleichgewicht setzt.

Endlich ist nicht ohne Wichtigkeit, dass alles reine Quecksilber die gleiche Ausdehnung zeigt, während verschiedene Weingeistsorten sich bei der Erwärmung sehr verschieden ausdehnen.

Alle diese Thatsachen wurden von De Luc mit skrupulöser Genauigkeit untersucht und ermittelt.

Nachdem er sich nun des Bestimmtesten für die Wahl des Quecksilbers ausgesprochen, geht er über zu der Bestimmung der festen Punkte.

Nach einer eingehenden Besprechung der verschiedenen vor ihm angewandten festen Punkte kommt er zu dem Schlusse, dass ohne allen Zweifel als erster und unterer fester Punkt der Eispunkt zu wählen sei. Die schon vor ihm ausgesprochenen Bedenken gegen die Temperatur des sich bildenden Eises bestimmen auch ihn, sich für den Schmelzpunkt des gestossenen Eises oder des Schnees zu entscheiden, welche Temperatur er mit Recht für identisch hält mit der des Wassers im Eise. Dieser Punkt kann ohne irgend welche künstliche Vorrichtung von Jedermann mit Leichtigkeit erhalten werden und empfiehlt sich überdiess durch seine allgemeine Anwendung.

Der obere feste Punkt fast aller damaligen Thermometer war die Temperatur des siedenden Wassers; er empfiehlt die Berücksichtigung zweier Umstände. Das Wasser soll in stürmischem Wallen begriffen sein und die Temperatur soll gemessen werden bei einem bestimmten Luftdrucke.

Wasser, welches eben zu sieden beginnt, hat noch nicht seine höchste Temperatur, es erlangt dieselbe erst, wenn die ganze Masse bis zur Oberfläche von Dampfblasen in Bewegung gesetzt ist.

De Luc führt einen umständlichen Beweis durch, dass auf dem wirklichen Thermometer Réaumur's, wie wir dasselbe früher beschrieben haben, weder der Eispunkt, noch der Siedpunkt genau dem einen und dem andern Punkte, wie er ihn annimmt, entspreche, sondern dass der Eispunkt etwas zu niedrig sei und dass der Siedpunkt nicht der des Wassers, sondern der des Weingeistes sei.

Nachdem Fahrenheit (1724) mitgetheilt hatte, dass bei geringerem Luftdruck der Siedpunkt niedriger sei als bei höherem, hätte man erwarten dürfen, dass jede wissenschaftliche Bestimmung dieses festen Punktes diesen Umstand mit in Rechnung ziehen würde. Es ist nicht geschehen, weder von De l'Isle, noch von Réaumur, noch von Christin, welche alle versuchten, ein allgemein giltiges Instrument herzustellen. Um so genauer nimmt es hierin De Luc, indem er dem Beispiele Ducrest's folgt. Verschiedene Bestimmungen auf den Höhen der Pyrenäen und der Alpen hatten gezeigt, dass dieser Einfluss keineswegs zu unterschätzen ist. De Luc wählte den Druck von 27" Quecksilber und kam durch Vergleichung eigener und fremder Beobachtungen zu dem Schluss, dass 1 Linie Druckdifferenz eine Veränderung von $\frac{1}{1134}$ des ganzen Abstandes zwischen den beiden Punkten bewirke; er stellt daher folgende Formel auf:

Bezeichnet man mit a die Anzahl der Linien, um welche der Barometerstand von 324 Linien abweicht in dem Augenblick, da man das Thermometer in siedendes Wasser bringt, so muss man eine Strecke $\frac{a}{1134 + a}$ des beobachteten Intervalls zwischen Schmelzpunkt und Siedpunkt addieren, wenn der Druck grösser ist, aber $\frac{a}{1134 - a}$ des beobachteten Intervalls subtrahieren, wenn der Druck kleiner ist als 324 Linien. Er glaubt, damit sich der Wahrheit hinreichend zu nähern.

Nun hat man noch die Wahl, in wieviel gleiche Theile man diesen Fundamentalabstand eintheilen will. Er glaubt, es sei am passendsten, eine der Zahlen zu wählen, welche jetzt schon allgemein im Gebrauche sind und empfiehlt daher entweder 180° nach Fahrenheit oder 80° nach Réaumur; die letztere würde man dann in den Ländern anwenden, wo Réaumur's Skale angenommen sei, obgleich es von dem ersten Instrumente dieser Art wesentlich abweiche. Bisher haben diese Verschiedenheiten Verwirrung gebracht, weil man sie nicht kannte; von nun an werde man sich verstehen können.

Die Röhren zu brauchbaren Thermometern müssen kalibriert sein.

Die Vorschriften über das Reinigen des Quecksilbers und Füllen der Kugeln sind ungefähr die, welche heute allgemein befolgt werden.

Lambert.

Amontons hatte erkannt, dass eine richtige Thermometrie sich gründen müsse auf die Ausdehnung der Luft. An diesem Punkt knüpft Lambert wieder an in seinem berühmten letzten Werke, in der Pyrometrie (Berlin 1779). Er hatte sich lange schon mit der Wärme-

lehre beschäftigt und zeigte denn auch auf diesem Gebiete das feine und klare Urtheil, welches wir überall in seinen Schriften wiederfinden.

Er gieng aus von den beiden Sätzen, dass bei gleicher Wärme die Dichtigkeit und die Elastizität dem aufliegenden Gewicht proportional seien, und dass bei gleicher Dichtigkeit die ausdehnende Kraft der Wärme der Elastizität und dem aufliegenden Gewichte proportional sei.

Schon im Jahr 1751 hatte er sich ein Luftthermometer erstellt, um seinen Gang mit dem Barometer und mit andern Thermometern zu vergleichen. Nachdem dieses einige Zeit gedient hatte, zerbrach es und Lambert verfertigte sich im Jahr 1769 ein neues, dessen Dimensionen er angibt (§ 69) und wieder ein anderes im Jahr 1776. Statt wie Amontons die Röhre in Zolle einzutheilen, bezeichnete Lambert die Temperatur des gefrierenden Wassers mit 1000; er beschreibt ausführlich die Art und Weise, wie er die Eintheilung und Berechnung dieses Thermometers vorgenommen hat (§ 81—86). Durch einige Versuche über den Eispunkt und Siedpunkt, für dessen Bestimmung er einen Luftdruck von 28 Pariserzoll wählte (§ 67), ermittelte er unter Berücksichtigung der Ausdehnung des Glases, dass die Luft sich vom Eispunkt bis zum Siedpunkt von 1000 auf 1370 seiner Grade ausdehne. Indem nun Lambert annahm, dass die Grade seines Luftthermometers proportional der Erwärmung der Luft seien, verglich er damit die Ausdehnung anderer Substanzen, wie es namentlich auch durch Ducrest und De Luc geschehen war.

Da er fand, dass Flüssigkeiten von hohem Siedpunkt, wie Quecksilber und Leinöl, innerhalb der beobachteten Temperaturen sich ungefähr wie die Luft ausdehnen, dass aber Weingeist in seiner Ausdehnung, entgegen den Behauptungen Amontons, beträchtlich abweiche, was er auf seinen niedrigen Siedpunkt zurückführte, so erkannte er, dass Quecksilber als thermometrische Substanz dem Weingeist vorzuziehen sei; namentlich konnte er auch mit seinem, wenn auch unvollkommenen Instrumente die Ungenauigkeit, man kann beinahe sagen die Unbrauchbarkeit der Réaumur'schen Thermometer bei höhern Temperaturen nachweisen. Er machte selbst auch Quecksilberthermometer, deren Fundamentalabstand er in 80 gleiche Theile theilte und nach diesen Originalien Weingeistthermometer; der letztern bediente er sich, als die erstern das Schicksal alles Glases erreicht hatte. Zur Uebersicht gab er eine Zusammenstellung von 19 verschiedenen Thermometern, wobei er auf die thermometrische Substanz Rücksicht nahm, während in andern Vergleichungstafeln: wie bei Martin, dieses nicht genau genug berücksichtigt war. Lambert hebt die zufällige Thatsache hervor, dass in den tiefen Graden, um den Eispunkt herum ein Grad des Réaumur'schen Weingeistthermometers nahe einem Grade des 80theiligen Quecksilberthermometers entspricht.

Im Allgemeinen kann man sagen, dass Lambert mit einfachern und sinnreichern Mitteln dieselben Hauptresultate fand, wie De Luc durch eine äusserst weitschweifige Unter-

suchung. Die Methode Lamberts, den Gang der verschiedenen Instrumente mit dem des Luftthermometers zu vergleichen, war eben unendlich einfacher, und selbst bei einer gewissen Rohheit sicherer, als die Mischungsmethode De Luc's.

Mit den Arbeiten dieser beiden Männer war die Thermometrie zwar noch nicht zu dem hohen Grade der Vollkommenheit gediehen, welche man heute fordert, es war aber der wissenschaftliche Boden gewonnen, auf welchem auch die heutige Thermometrie beruht.
