

Im Jahre 1826 entdeckte Dalton, dass die Dämpfe der flüchtigen Körper in einem bestimmten Verhältnisse zu dem Luftdrucke stehen, und dass dieses Verhältnisse von der Temperatur abhängt. Er entdeckte auch, dass die Dämpfe der flüchtigen Körper in einem bestimmten Verhältnisse zu dem Luftdrucke stehen, und dass dieses Verhältnisse von der Temperatur abhängt.

Die Erscheinung, dass das Wasser nach Massgabe des verschiedenen Luftdrucks bei verschiedenen Temperaturen siedet, war längst bekannt: man wusste, dass das Sieden des in verschiedenem Grade, selbst bis zur gewöhnlichen Blutwärme herab erwärmten Wassers im luftverdünnten Raume eines Recipienten stattfindet. So lange man aber die Verdunstungs- und Verdampfungsgesetze nicht kannte, musste die gedachte Erscheinung eben nur eine reine Thatsache bleiben, über deren Erklärung erst Dalton durch seine Untersuchungen über die Verdampfung des Wassers und durch die daraus abgeleiteten Gesetze den Aufschluss gab. Er war es, der zuerst mittels eines einfachen Apparates darthat, dass dem aus destillirtem Wasser entstandenen Dampfe ein von der Temperatur abhängiges Maximum der Spannkraft zukommt und dass dieses Maximum so gross ist, wie der darauf lastende Luftdruck. Aus den von de Luc, Biot, Gay-Lussac, Schmidt, Arago, Dulong, Magnus, Egen, Rudberg, Regnault u. a. fortgesetzten Untersuchungen ergab sich der nunmehr feststehende Satz: Welche Stoffe auch eine Flüssigkeit aufgelöst enthalten, was für Siedegefässe man auch anwenden und wie hoch die Flüssigkeitssäule, mithin wie verschieden auch der Siedepunkt oder die Temperatur im Inneren des Gefässes sein mag, stets besitzen die aus der Flüssigkeit sich erhebenden Dämpfe diejenige Temperatur, welche einer Spannkraft gesättigter Dämpfe entspricht, die dem eben herrschenden Luftdrucke gleich ist.

Man kann demnach, wenn man den Wärmegrad der Dämpfe, welche sich aus dem kochenden Wasser entwickeln und somit auch den vom Luftdrucke abhängigen Siedepunkt des Wassers kennt, die Spannkraft, welche den gesättigten Dämpfen bei dieser Temperatur zukommt, für den eben stattfindenden Barometerstand setzen, oder man kann aus den entsprechenden Thermometeranzeigen beim Kochen auf die Grösse des eben wirkenden Luftdruckes schliessen: d. h. man kann das Thermometer als Barometer und folglich als Hypsometer gebrauchen.

Ich habe es unternommen, in den vorliegenden Blättern, so weit der denselben zugemessene Raum es gestattet, eine Geschichte der Entstehung und allmäligen Entwicklung des Thermo-Barometers wie der thermometrischen Höhenmessungsmethode, aus den Quellen abgeleitet, zu entwerfen, und werde diesem Entwurfe zum Schluss einige Resultate der von mir eigens nach eben dieser Methode vorgenommenen Messungen beifügen.

Lange zuvor, ehe man den innigen Zusammenhang zwischen dem atmosphärischen Drucke und der dadurch bedingten Spannkraft der Wasserdämpfe sowie das Gesetz, nach welchem sie wirksam ist, kannte, hatte Fahrenheit (um d. J. 1724) den Gedanken erfaßt, aus der Temperatur des siedenden Wassers auf die Grösse des herrschenden Luftdrucks zu schliessen und demgemäss ein Thermometer zu construiren, welches die Stelle eines Barometers vertreten könnte. Er gab nämlich (Philosophical Transactions, XXXIII. 179) unter dem Titel: *Novi barometri descriptio*, von einem neu verfertigten Thermometer folgende Beschreibung, die — auch ohne Figur leicht verständlich — der Merkwürdigkeit wegen hier wörtlich ihren Platz finden mag: „*Cylindro annectitur tubus T, cui additur globulus oblongus G et huic tubulus T' gracillimo foramine praeditus. Cylindrus liquore quodam, qui calorem aquae ebullientis perferre potest, replebitur. In tubulo T gradus caloris in aere obvii mensurabuntur ope scalae affixae. Si autem thermometrum hocce aquae bullienti imponatur, liquor thermometri non solum tubulum T implebit, sed etiam usque ad terminos varios tubuli T' assurgit secundum gradum caloris, quem aqua tempore experimenti a gravitate atmosphaerae acquisitura est. Ita si, exempli gratia, tempore experimenti altitudo mercurii in barometro sit 28 pollicum Londinensium, liquor in hocce thermometro attinget infimum locum in tubulo T'; si vero gravitas atmosphaerae aequipolleat altitudini 31 pollicum, liquor a calore aquae ebullientis usque ad locum supremum tubuli T' attolletur, termini varii autem caloris aquae ebullientis non gradibus, sed illorum loco numeris digitorum, quibus altitudo mercurii in barometris vulgo mensuratur, ope nempe scalae additae denotabuntur.*“

Nahe sechzig Jahre später (i. J. 1781) machte Tib. Cavallo (Philos. Transact. LXXI. 526) am Ende eines grösseren Berichtes über thermometrische Versuche einen kleinen Aufsatz unter dem Titel: *Description of a thermometrical barometer*, bekannt. Der Verfasser bemerkt, die Bestimmung der verschiedenen Hitzegrade unter verschiedenem Drucke der Atmosphäre sei mannigfach versucht, zuletzt jedoch durch die zahlreichen und genauen Experimente George Shuckburgh's vervollständigt worden. Dieser hatte nämlich (vgl. Philos. Transact. for the year 1779: *On the variation of the temperature of boiling water*) nach dem Vorgange von le Monnier und Cas-

sini (Mém. de l'Acad. d. Sc. pour 1740) sowie von de Lue (Recherches sur la variation de la chaleur de l'eau bouillante) eine ganze Reihe von Beobachtungen über den Siedepunkt des Wassers und den gleichzeitigen Barometerstand an verschiedenen Höhepunkten Italiens, der Schweiz, Savoyens und Englands veröffentlicht. Durch eben diese Untersuchungen nun, fährt Cavallo fort, sei er auf den Gedanken gekommen, es wäre möglich, ein Thermometer mit einem eigenen Apparate anzufertigen, welches mittels siedenden Wassers den verschiedenen Druck der Atmosphäre d. i. den Barometerstand anzeigen dürfte. Seiner Meinung nach könne das Instrument nebst dazu gehörigem Apparat in eine kleine und leicht tragbare Büchse gepackt werden, und er schmeichle sich sogar, damit im Stande zu sein die Höhe von Bergen u. dergl. mit grösserer Leichtigkeit zu bestimmen als mit dem gewöhnlichen tragbaren Barometer. Cavallo's thermometrisches Barometer bestand aus einem blechernen cylindrischen Gefässe von ungefähr 2 Zoll (engl.) Durchmesser und 5 Zoll Höhe, gefüllt mit Wasser, welches durch die Flamme einer grossen Wachskerze zum Kochen gebracht wurde. In dem Gefässe war das Thermometer derart befestigt, dass die Kugel desselben etwa einen Zoll über dem Boden stand. Die messingene Scale desselben enthielt auf der einen Seite der Glasröhre die Wärmegrade von 200° — 216° F., auf der andern Seite waren die verschiedenen Barometerstände markirt, bei welchen das siedende Wasser jene besonderen Hitzegrade angezeigt hatte, wie sie in der Shuckburgh'schen Tafel vermerkt waren.

Wir entnehmen aus dieser Beschreibung, dass auch Cavallo die Möglichkeit, mittels des Thermometers den jedesmaligen Atmosphärendruck zu bestimmen, wohl einsah. Wenn nun gleich bei seinem Apparate im Vergleich zu dem Fahrenheit'schen Thermo-Barometer eine bedeutende Verbesserung sich nicht verkennen lässt, so litt das Ganze, abgesehen davon, dass der Barometerstand nur bis auf $\frac{1}{10}$ Zoll abzulesen war, dennoch an manchen Unvollkommenheiten, als deren grösste er selbst diejenige bezeichnet, dass das kleine blecherne Gefäss keine hinreichende Menge Wasser aufzunehmen vermöge, wodurch das Quecksilber keinen festen Stand annehme, indem es zuweilen um einen halben Grad steige oder falle. Zwar glaubt er, der Hitzegrad des Wassers würde, sobald man eine grössere Menge Wasser in einem angemessenen Gefässe zum Sieden bringe, unter demselben Luftdrucke unveränderlich bleiben. Hätte er aber diesen Versuch in der That auch zur Ausführung gebracht, so würde er, so lange die Kugel seines Instruments gleich dem Cylinder desjenigen von Fahrenheit sich unter der Oberfläche des Wassers befand, entdeckt haben, dass beim Sieden wegen der am Boden aufsteigenden und in den oberen Wasserschichten zerplatzenden Dampfblasen ein fortdauerndes Oscilliren der Spitze des Quecksilberfadens nicht zu vermeiden gewesen wäre.

Diese ersten Versuche einer thermometrischen Messungsmethode geriethen daher, da die dazu empfohlenen und angewandten Thermometer eine viel zu geringe Empfindlichkeit besaßen, um sehr kleine Aenderungen in der Siedhitze noch merklich anzuzeigen, und eben so wenig eine genaue Bestimmung dieser Aenderungen zuliessen, sehr bald wieder in Vergessenheit.

Fast zu gleicher Zeit mit Cavallo oder doch nur drei Jahre später hatte sich Achar d, Director der phys. Classe der Acad. d. W. zu Berlin (Sammlung phys. u. chemischer Abhandlungen. Berlin 1784) einen eigenen Apparat verfertigen lassen, um durch Versuche das Verhältniss der Grade der Wärme einer kochenden Flüssigkeit zu dem Drucke der Luft auf ihre Oberfläche bestimmen zu können. Die Hauptbestandtheile waren ein Recipient nebst Teller, welcher eine Oeffnung hatte, in die ein kleines, darunter angebrachtes, mit Wasser oder einer anderen Flüssigkeit gefülltes Kochgefäß genau passte. Der Recipient war oben durchbohrt und eine gekrümmte Glasröhre eingekittet, die unten in ein Gefäß mit Quecksilber auslief. Durch eine andere Oeffnung des Recipienten ging luftdicht die gekrümmte Röhre eines nach Réaum. getheilten Thermometers, dessen Kugel sich $\frac{1}{4}$ Zoll über dem Boden des Kochgefäßes befand. Mittels einer Pumpe wurde nun der Grad der Verdünnung der Luft durch das Aufsteigen des Quecksilbers in jener ersteren Röhre bestimmt; dabei wurde zugleich der Wärmegrad des in der kochenden Flüssigkeit ruhenden Thermometers angemerkt. Achar d sah selbst ein, dass, während in der ersteren Röhre bei der Operation der Verdünnung der Luft das Quecksilber stieg, dasselbe zugleich durch die Elasticität der Dämpfe hinabgedrückt wurde: ein Umstand, der für die Beobachtung keine Genauigkeit und Sicherheit zuliess. Ob des Verfassers Absicht, die beim Schluss der kleinen Abhandlung ausgesprochen wird, gestützt auf die Resultate der gedachten Experimente, mit Hülfe des Thermometers Höhenmessungen vorzunehmen, zu Stande gekommen, ist nicht bekannt geworden.

Nachdem Dalton im J. 1810 seine Arbeiten über die Expansivkraft der Dämpfe vollendet und die Gesetze, nach welcher sie wirkt, kennen gelehrt hatte: Arbeiten, deren Resultate seitdem von verschiedenen Experimentatoren, namentlich von dem General Roy (vgl. Phil. Trans. LXVII) wiederholt geprüft waren, kam Wollaston im J. 1817 auf die von Fahrenheit und Cavallo gemachten Vorschläge zurück und construirte einen neuen und verbesserten Apparat, der in den Philos. Transact. (for 1817. P. II) unter dem Titel: Description of a thermometrical barometer for measuring altitudes, ausführlich beschrieben ist.

Um sich darüber Gewissheit zu verschaffen, wie weit die Empfindlichkeit des Instruments gesteigert werden könne, hatte sich Wollaston zuerst Thermometer mit Röhren von verschiedener Länge machen lassen: das eine Mal war eine solche

Röhre sogar so eng und die Kugel so weit, dass jeder Grad Fahrenheit 10 Zoll mass; und so erhielt er durch die Verbindung von verschiedenen Röhren und Kugeln von dieser Länge bis zu einem halben Zoll herab die Grade in den mannigfaltigsten Grössen.

Das Instrument, mit welchem er die meisten Beobachtungen anstellte, hatte eine Länge von 3,98 Zoll für jeden Grad F.; die Röhre war 22 Zoll lang. Die Länge der einzelnen Grade wurde durch Vergleichung mit einem guten Thermometer bei niedriger Temperatur bestimmt, ehe die Röhre geschlossen war, sodann in 100 Theile und mittels eines Verniers in 1000 Theile getheilt. Hierauf wurde das Thermometer mit einem gewöhnlichen Barometer, dessen Höhe nach der Formel und den Tafeln des Generals Roy (fast übereinstimmend mit de Luc's Angaben) corrigirt war, verglichen. Beide Instrumente gingen, nachdem an dem einen und anderen kleine Verbesserungen vorgenommen waren, wenigstens zwischen 30,68 und 28,23 Zoll Barometerhöhe gleichförmig.

Als nun Wollaston, wie er sagt, sich hinreichend von der Güte seines Instruments überzeugt hatte, bemühte er sich dasselbe so tragbar wie möglich zu machen, um damit verschiedene Höhen zu messen. Zu dem Ende liess er sich, da das vorbeschriebene wegen seiner Totallänge von 24 Zoll einer zu grossen Gebrechlichkeit unterworfen war, ein anderes kleineres anfertigen. Eine feine Röhre, nur 5 Zoll lang, wurde an eine stark geblasene Kugel von 1 Zoll Durchmesser angesetzt, die oberhalb ihrer Wölbung eine ausgezogene Erweiterung hatte zur Aufnahme von so viel Quecksilber, als zwischen der gewöhnlichen Temperatur und dem Sieden des Wassers aus der Kugel austrat. Die Röhre hatte im Verhältniss zum Durchmesser der Kugel ein derartiges Caliber, dass ein Grad F. ungefähr einen Zoll mass. Die Scale war auf einer Länge von 4,15 Zoll getheilt in 100 und durch einen Nonius in 1000 Theile, so dass 241 derselben auf 1 Zoll kamen.

Der übrige dazu gehörige Apparat, wie ihn der Verfasser der gedachten Abhandlung weitläufig beschreibt, war sehr sinnreich eingerichtet: alle nur irgend mögliche ungünstige Umstände waren auf das sorgfältigste erwogen und schienen durch entsprechende Vorrichtungen beseitigt. Insbesondere gelang es Wollaston bei dem Kochen, das schon von Cavallo bemerkte lästige und die Beobachtung unsicher machende Schwanken des Quecksilberfadens dadurch zu vermeiden, dass er die Kugel des Thermometers nicht in das siedende Wasser selbst einsenkte, sondern bloss den entwickelten Dämpfen aussetzte, von welchen er mit Recht behauptet, dass sie in ihrer Hitze beständiger seien als das Wasser. Ebenso sorgte er dafür, dass der von aussen herrührenden ungleichen Abkühlung durch die Luft vorgebeugt und die Hitze zusammengehalten wurde, indem er das blecherne cylindrische Siedegefäss

von 5,5 Zoll Tiefe und 1,2 Zoll Weite mit einem zweiten Cylinder von 1,4 Zoll Durchmesser umgab. Zu dem Zwecke, das Instrument für den Gebrauch leicht transportabel zu machen, war alles Erforderliche hergerichtet: das Ganze nebst Gestell, Lampe, Vorrath an Wasser liess sich in eine cylindrische Blechbüchse von 2 Zoll Weite und 10 Zoll Tiefe einpacken und wog 1 Pfund $4\frac{1}{4}$ Unze.

Als das Thermometer in seiner Fassung geprüft wurde, fand sich, dass eine Veränderung von 0,589 Zoll Barometer, welche nach vorhergegangener Bestimmung 1 Grade F. entsprach, 233 Theilen oder 0,97 Zoll der Thermometerscale gleich sein, mithin eine Veränderung von 1 Zoll Barometer eine solche von 395 Theilen oder 1,643 Zoll an dem Thermobarometer hervorbringen würde. Die ganze Scale von 1000 Theilen war daher gleich 2,52 Zoll Barometer und umfasste alle Veränderungen zwischen 28,1 und 30,6 Zoll (engl.). Nun war aber auch durch ein anderes an dieselbe Scale gesetztes Thermometer erprobt worden, dass 1° F. oder 0,589 Zoll Barometer eine Höhe von 530 Fuss anzeige: daher reichte das Instrument hin, um damit noch die grössten Höhen Englands messen zu können.

Wollaston hatte seine Messungen mit der Höhe der Gallerie der Paulskirche begonnen und zwar mit Hilfe eines früher gefertigten Instrumentes, das aber unglücklicher Weise bald zerbrach. Es war noch etwas empfindlicher als das eben beschriebene, denn 1 Grad F. war, bei einer Länge von 2,3 Zoll, gleich 552 Theilen an der Scale, und durch Versuche, in seinem Hause angestellt, erprobte er, dass die 552 Theile der bereits oben für 1 Gr. F. angegebenen Höhe von 530 Fuss entsprachen. Da sich nun beim Kochen unten am Fusse der Kirche und oben auf der Gallerie eine Differenz von 254 Theilen ergab, so war die Rechnung folgende:

$$552 \text{ Theile} : 254 \text{ Theilen} = 530 \text{ Fuss} : x \text{ Fuss},$$

woraus $x = 243,87$.

Das erhaltene Resultat ward durch die Correction wegen der Temperatur der Atmosphäre, welche 77° betrug, nach Roy's Tafel um $243,87 \cdot 0,118 = 28,77$ auf 272,64 Fuss erhöht. Diese Messung wich von derjenigen des Generals Roy, die mit einem Barometer vorgenommen war und 281 Fuss ergab, nur um etwa 4 Fuss ab, mit Rücksicht darauf, dass des letzteren untere Station um 5 Fuss niedriger lag. Mit demselben Instrumente mass er noch eine andere Höhe zu Woolwich und fand sie zu 447,9 Fuss, während Roy dieselbe zu 444 Fuss bestimmt hatte.

Wollaston blieb in Folge der aus seinen vielfachen Messungen erhaltenen Resultate nicht stets bei den nämlichen Grössen stehen. Im Jahre 1820 legte er die inzwischen durch Dr. Ure (Philos. Transact. 1818. p. 338) gegebenen Bestimmungen der Elasticität des Wasserdampfes bei verschiedenen Temperaturen zu Grunde. Während früher eine Veränderung von 1° F. durch 0,589 Zoll Barometer

hervorgebracht erschien, beobachtete er nunmehr, nach gehöriger Vergleichung mit einem Reise-Barometer von Troughton, dass 0,605 Zoll des corrigirten Standes (bei 29,5 Zoll) an demselben einem Grade F. gleich kamen, was mit Ure's Beobachtungen sehr nahe stimmte (0,605 für 29,7). Er nahm fortan ein neues Thermometer in Gebrauch, bei welchem er den halben Zoll in 10 und durch einen Nonius in 100, den Zoll also in 200 Theile theilte, und fand durch wiederholte Prüfungen, dass 1 Zoll des corrigirten Barometers gleich war 372 Theilen oder gleich 1,86 Zoll der Thermometerscale; folglich 0,605 Barometer oder $1^{\circ} F = 225$ Theilen = $1\frac{1}{4}$ Zoll der Scale: eine Empfindlichkeit, die ihm völlig hinreichend schien. Darauf berechnete er, indem er die Untersuchungen Roy's und Ure's benutzte, eine Tafel, welche die Siedepunkte von 214° bis 202° so wie die entsprechenden Barometerstände und Höhen enthielt, und mass nun vermittelst seines Apparates verschiedene Berghöhen, unter anderen diejenige des Snowdon in Carnarvon (Wales) und des unweit davon gelegenen Plateaus des Moel Elio. Erstere Messung ergab 3546,25 engl. Fuss, letztere 2350,55 Fuss; jene war bezüglich um ungefähr 9 F., oder um 3 F., diese nahe um 20 oder um 40 F. niedriger als Roy's trigonometrische oder barometrische Messung. Die letztere grössere Differenz wird dem Umstande beigemessen, dass möglicher Weise General Roy auf dem Bergrücken des Moel Elio eine andere, höher gelegene Station gewählt hatte.

Der Reiz der Neuheit und der berühmte Name des Verfassers veranlassten, dass man dem Apparate eine ungewöhnliche Aufmerksamkeit schenkte. Es wurden insbesondere in England die mannigfaltigsten Versuche angestellt. Einige Experimentatoren wollten zwar richtige Resultate erhalten haben, andere aber gestanden unverholen die grossen gefundenen Fehler. Der Hauptgrund davon lag noch immer in dem Apparate selbst: das Kochgefäss war nicht gross genug und der Raum zwischen demselben und der äusseren Hülle zu klein. Es zeigte sich nämlich, dass wenn der aus dem siedenden Wasser entstandene Dampf auf einen zu kleinen Raum beschränkt ward, er keineswegs die gerühmte constante Temperatur annahm und daher das frühere Uebel des steten Schwankens der Quecksilbersäule verursachen musste, um so mehr, wenn die das Kochgefäss umgebende Hülle so nahe angebracht war, dass durch den Zwischenraum die ungleichförmige Abkühlung von aussen nicht gänzlich aufgehoben werden konnte. Ueberdiess vermisst man in den Aufsätzen Wollaston's die Angabe eines genauen Verfahrens, den Ort des normalen Siedepunktes so wie die Gradlänge des Instrumentes, unabhängig von der Vergleichung mit gewöhnlichen, wenn auch guten Thermometern zu bestimmen: ein Umstand, welcher die Anfertigung übereinstimmender Instrumente schwierig, von minder empfindlichen Instrumenten abhängig und daher unzuverlässig macht.

Wiewohl nun durch Dalton's, Ure's u. a. Theorie in dieser Beziehung fast jedes Hinderniss aus dem Wege geräumt war, mithin die dem jedesmaligen Luftdrucke entsprechende Temperatur des siedenden Wassers und hieraus der Ort für den normalen Siedepunkt wie die Länge der Grade an dem Instrumente mit genügender Sicherheit hätte ausgemittelt werden können, so blieben dennoch bei der Ausführung des von Wollaston angegebenen Verfahrens die oben vermerkten Schwierigkeiten und Uebelstände übrig. Daher kam es, dass man die ganze Sache als unsicher und schwer ausführbar ansah.

Unter diejenigen, welche dessen ungeachtet Höhenmessungen auf thermometrischem Wege anstellten, gehören noch namentlich Murray und Apjohn (Annals of Philos. XII. p. 469; Ann. of Phil. N. Ser. II. 296). Murray mass den Simplon, fand jedoch die Höhe um 577 F. zu hoch, und Apjohn, welcher übrigens den Apparat sehr preist und sogar dem Barometer vorzieht, erhielt zwar bei zwei Versuchen genaue Resultate, gesteht aber doch, dass er in zwei anderen Fällen bei Bergen von 2000 und 2400 engl. Fuss Höhe Fehler von 122 und 267 Fuss, einmal zu viel und das andere Mal zu wenig erhalten habe. Die bewährte Umsicht des ersteren Beobachters und die überaus grosse Sorgfalt, die der zweite bei seinen Operationen anwandte, liessen keinen Zweifel übrig, dass die Fehler einzig und allein im Instrumente selbst ihren Grund hatten.

So lange demnach die anerkannten Mängel des Messapparates nicht beseitigt waren, mussten nothwendig die damit angestellten Beobachtungen schwierig und unsicher und die daraus gewonnenen Messungsergebnisse unrichtig ausfallen. Daher geschah es denn auch, dass noch zu Anfang der dreissiger Jahre der Colonel Sykes, der sich zum Zwecke meteorologischer Untersuchungen in Ostindien aufhielt, drei aus England erhaltene thermometrische Barometer, nachdem er sich von ihren Fehlern und Unsicherheiten durch manche Proben überzeugt hatte, mitsammt dem ganzen dazu gehörigen kostbaren Apparate zurückschickte, und fortan durch zwei gewöhnliche gute, mit metallenen Scalen versehene Thermometer ersetzte (Philos. Transact. for 1835. pag. 165). Als Kochgefäss genügte ihm ein blecherner Rasirtopf (a shaving-pot) mit einer Spalte in dem Deckel, durch welche das mit einem Korkkranze umgebene Thermometer eingelassen wurde. Sykes bemerkt übrigens selbst, dass das auf diese einfache Weise eingerichtete Instrument die Stelle des theuern und empfindlichen Barometers wohl nur da vertreten könne, wo es auf grosse Genauigkeit nicht ankomme (where great accuracy is not required).

Fast zu derselben Zeit, als Sykes seine Beobachtungen über die Meteorologie von Dukhun der Königlichen Societät zu London einschickte, erschien in Wien eine von Gintl verfasste kleine Schrift, betitelt: das Höhenmessen mit dem Thermometer.

Die Arbeit hätte wohl eine grössere Anerkennung verdient, als Muncke ihr im Gehler'schen phys. Wörterbuch in dem kleinen Artikel: das thermometrische Barometer (gegen Ende), hat angedeihen lassen. Gintl hat das Verdienst, durch seine Bemühungen auf die grössere Leichtigkeit und Bequemlichkeit der Lösung der Aufgabe: Höhen mittels des Thermometers zu messen, aufmerksam gemacht und dadurch zu ihrer Förderung, namentlich in Oesterreich, wesentlich beigetragen zu haben.

Wenige Jahre zuvor hatte sich nämlich Morstadt in Prag die Aufgabe gestellt, den Apparat, wie er bis dahin gebräuchlich gewesen, durch einige zweckmässige Verbesserungen von den Mängeln, an denen er litt, zu befreien. Er war darauf bedacht, durch eine einfache, leicht ausführbare Construction das Thermometer beliebig empfindlich zu machen, dabei jedoch compendiös, minder gebrechlich und handsam zu erhalten, ohne nöthig zu haben, die Grösse der Kugel und die Länge der Röhre bedeutend zu vermehren. Zu dem Ende liess er, dem Beispiele Wollaston's folgend, an eine gewöhnliche Thermometerröhre von sehr feinem Caliber ein $\frac{1}{4}$ Zoll im Durchmesser haltendes birnförmiges Gefäss anblasen und erweiterte in der Entfernung von etwa 2 Zoll über demselben die Röhre in dem Masse, dass in dieser Erweiterung nicht allein jene Quecksilbermenge, die bei der gewöhnlichen Lufttemperatur für die unteren Grade verwendet wird, Platz finden konnte, sondern auch noch so viel Raum erübrigte, um jenes Quecksilber aufzunehmen, welches zur Bildung der höheren Temperaturgrade, die obersten 8—10 Grade abgerechnet, erforderlich ist. Das obere Ende der Röhre erhielt ebenfalls eine kleine birnförmige Erweiterung, theils um die bei der Füllung des Thermometers nöthige Menge Quecksilbers hincinzubringen, theils um das Luftleermachen desselben leichter bewirken zu können. Das Verfahren aber, welches bei dem so hergerichteten Instrumente angewendet wurde, um den dem normalen Luftdruck von 336,9 par. L. entsprechenden Siedepunkt so wie die Länge der einzelnen Grade zu bestimmen, scheint demjenigen ähnlich gewesen zu sein, dessen sich später Gintl und Baumgartner zur Feststellung derselben Grössen bedienten. Morstadt richtete noch insbesondere sein Augenmerk auf die Beseitigung jenes Uebelstandes, welcher bei der Beobachtung von dem steten Schwanken der Quecksilbersäule herrührt, wenn das Thermometer unter ungünstigen Verhältnissen dem siedenden Wasser ausgesetzt wird. Er gab demnach dem Kochgefäss etwas grössere Dimensionen, ohne dadurch das Volumen des Apparates bedeutend zu vermehren, und bemerkte auch in der That an einem Thermometer, dessen Kugel in einem Gefäss von Messingblech von 5 Zoll Durchmesser und 8 Zoll Tiefe über der Oberfläche des darin befindlichen Wassers befestigt und der Einwirkung der sich beim Sieden entwickelnden Dämpfe ausgesetzt wurde, nicht das mindeste Schwanken des Quecksilberfadens.

Mit diesem neu hergerichteten Messapparate waren an der Prager Sternwarte im Jahre 1831 bereits viel versprechende Versuche angestellt worden, als Gintl durch die Güte des Prof. Hallaschka zu Prag, der sich gleichfalls für das neue Instrument interessirte, in den Besitz eines Exemplars kam und dasselbe des sicheren Transportes wegen in ungefülltem Zustande nach Wien dem Prof. Baumgartner mitbrachte. Unter Leitung desselben wurde das Instrument mit reinem, trockenen Quecksilber gefüllt, möglichst luftleer gemacht und am oberen Ende zugeschmolzen. Kurz oberhalb der Erweiterung der Röhre wurde sodann eine feine Linie mittels eines Schreibdiamanten einradirt und an der Seite ein in Millimeter getheiltes, mit einem Nonius und Visir versehener Massstab durch zwei Schraubenzwingen unveränderlich befestigt, so dass der Anfangspunkt des Massstabes mit der einradirten fixen Linie zusammenfiel und man mittels desselben $\frac{1}{10}$ oder $\frac{1}{20}$ eines Millimeters bequem ablesen konnte. Die Länge der einzelnen Grade (Cels.) wurde auf theoretischem Wege gefunden. Der Gewichts-Unterschied des ungefüllten und gefüllten Thermometers ergab das Gewicht der darin enthaltenen Quecksilbermenge und dieses, durch das spezifische Gewicht des Quecksilbers getheilt, das Volumen der im Thermometer enthaltenen Quecksilbermasse. Dasselbe wurde auf jenes von 0° C. reducirt und daraus mittels des bekannten Ausdehnungscoefficienten für das Quecksilber die Volumenzunahme bei der Temperatur von 100° C. berechnet. Da dieses anwachsende Volumen die Gestalt einer cylindrischen Säule von dem zuvor bestimmten Halbmesser der Röhre hatte, so konnte die Länge für 100° C. somit auch für 1° C. gemessen werden.

Auf diese mühsame Weise wurde die Grادلänge an mehreren Instrumenten festgestellt und die Genauigkeit der gefundenen Resultate durch das folgende Verfahren versuchsweise constatirt. Das fertige Thermometer blieb den Dämpfen des siedenden Wassers so lange ausgesetzt, bis die Quecksilbersäule stationär geworden und der Stand derselben mittels des Massstabes angemerkt war. Zu gleicher Zeit beobachtete man an demselben Orte ein genaues Barometer und berechnete aus dem auf 0° C. reducirten Barometerstande die dem herrschenden Luftdrucke entsprechende Temperatur des siedenden Wassers in Celsius'schen Graden und zwar nach der von August mitgetheilten Formel, die den Zusammenhang zwischen der Temperatur des siedenden Wassers und der Spannkraft der dabei entstandenen Dämpfe, durch den jedesmaligen Luftdruck ausgedrückt, in folgender Gleichung darstellt:

$$\log b = \frac{23,945371t}{800+3t} - 2,2960374 \quad (1),$$

worin b den auf 0° C. reducirten Barometerstand in Metern, t die durch Beobachtung

gefundene Temperatur in Celsius'schen Graden bedeutet. Aus dieser Gleichung ergibt sich nämlich umgekehrt:

$$t = \frac{800}{3} \cdot \frac{2,2960374 + \log b}{5,685753 - \log b} \quad (\text{II}).$$

War auf diese Weise die Temperatur des siedenden Wassers und dadurch die Bedeutung für den am Thermometer angemarkten Stand des Quecksilbers in C. Graden ermittelt, so wartete man die Zeit ab, bis eine namhafte Aenderung im Barometerstande an demselben Orte eintrat, und wiederholte dann dasselbe Verfahren, wodurch man am Thermometer einen zweiten Punkt kennen lernte, welchem die aus dem veränderten Barometerstande berechnete Temperatur entsprach. Durch diese zwei Versuche gelangte man zur Kenntniss des Unterschiedes, welcher in beiden Fällen zwischen der Temperatur des siedenden Wassers, in Graden ausgedrückt, obgewaltet hatte, und fand zugleich die diesem Temperaturunterschiede entsprechende Länge am Massstabe. Der normale Siedepunkt wurde durch ein gleiches Verfahren, nämlich durch Bezugnahme auf den normalen Barometerstand aufgefunden, mit Berücksichtigung der nothwendig anzubringenden Correction, falls das Barometer nicht den Stand von 336,9 par. Linien hatte, wobei man sich an die Versuche Egen's hielt, nach welchen der Siedepunkt sich um 0,088 Grad C. für 1 par. Linie ändert.

Mit mehreren auf diese Art construirten Thermometern wurde eine Reihe von Versuchen von Baumgartner, Ign. Ritter von Mitis u. a. sowohl im Kleinen als im Grossen angestellt, um ihre Empfindlichkeit und die Genauigkeit der gelieferten Resultate zu prüfen. Es wurden eine Menge von Höhenmessungen vorgenommen, welche, da hierzu grösstentheils kleine, vorher genau nivellirte Höhenunterschiede gewählt wurden, eine überraschende Genauigkeit hinsichtlich ihrer Uebereinstimmung gewährt haben sollen.

Insbesondere hat Gintl in den Jahren 1832 und 1833 in Oberösterreich, Salzburg, Steiermark, Kärnthen und Krain die Brauchbarkeit des Instruments in Bezug auf die Messung bedeutender Höhen geprüft und bewährt gefunden. An der Thermometeröhre selbst hatte er oberhalb der ersten Erweiterung noch eine zweite angebracht, um einem Uebelstande zu steuern, der sich darin zeigte, dass bei erlittenen Erschütterungen ein Theil des Quecksilbers sich losriss und in dem obersten Raume vermöge der Capillarität festgehalten wurde. Auch den von Morstadt angegebenen, von Baumgartner verbesserten Kochapparat hatte er sich auf das zweckmässigste eingerichtet, so dass derselbe nebst allem Zubehör in einem ledernen Futteral, mittels eines Umschwungriemens über die Schulter gehängt, beim Bergsteigen bequem getragen werden konnte.

Seinen Rechnungen legte Gintl die von Oltmanns angegebene Höhenformel, in Metern ausgedrückt:

$$H = A + A' + A'' \quad (\text{III}),$$

wobei $A = 18336 \cdot \log \frac{B}{b}$,

$$A' = 0,004 \cdot \left(\frac{t+t'}{2} \right) \cdot A,$$

$$A'' = 0,00284 \cdot \cos 2\varphi \cdot (A + A') \text{ ist,}$$

und B, b, t, t', φ , A', A'' die gewöhnlichen Bezeichnungen darstellen, zum Grunde. Die Gleichung (III) wurde bei einigen Höhenbestimmungen so eingerichtet, dass das erste Glied A die absolute Höhe der Beobachtungsstation unmittelbar angeben sollte, indem B als normal angenommen und ein für allemal = 0^m,760 gesetzt wurde. Hierdurch entstand, indem vor der Hand von den Gliedern A' und A'' abstrahirt ward:

$$H = 18336 \cdot (\log 0,760 - \log b) \quad (\text{IV}).$$

Die Correctionen A' und A'' kamen dann erst beim Endresultate in Rechnung. Auch wurden Höhen direct berechnet durch die Formel:

$$H = 39914,7 - \frac{439062t}{800 + 3t} \quad (\text{V}),$$

die man aus (IV) erhält, wenn man mittels (I) den $\log b$ eliminirt. Dabei wurde, weil man einen Ausdruck für H erhielt, welcher bloss von t abhängt, die Mühe erspart, zuvörderst aus der Temperatur der auf der oberen Station beobachteten Siedehitze den entsprechenden Barometerstand und hieraus erst die fragliche Höhe des Ortes zu finden.

Auf solche Weise bestimmte Gintl im Vereine mit v. Mitis unter anderen die Seehöhe von Ischl, des Gmunderberges, der Gerlitzer Alpe, des Berges Vinza, des Bleiberges, und es ergab sich zwischen ihren Messungsergebnissen und den trigonometrischen Nivellements des k. k. Generalstabes nur eine Differenz von 1 bis höchstens 7 Fuss.

Wenn wir nun gleich der beschriebenen thermometrischen Höhenmessungsmethode unsere Anerkennung nicht versagen wollen und den gelieferten Angaben volles Zutrauen zu schenken geneigt sind, so stehen dem ganzen Verfahren doch mehre Argumente entgegen, die sich nicht leicht beseitigen lassen. Was insbesondere die Einrichtung des Thermometers betrifft, so stellt sich die Anbringungsweise der messingenen Scale in mancher Beziehung als unvortheilhaft heraus. Zudem hat die Erfahrung bewiesen, dass die birnförmige Gestalt des Quecksilbergefäßes Volumenänderungen zur Folge hat, die theils ein beständiges Schwanken der Quecksilbersäule erzeugen, theils eine Verrückung der Normalpunkte um $\frac{1}{4}$ bis 2 Grad C. hervorzu-

bringen vermögen. Endlich dürften auch die Formeln (IV) und (V), welche unterstellen, dass während der Beobachtung auf der oberen Station das Barometer am adriatischen Meere den stationären Stand von 760 Millimetern gehabt habe, wenig Sicherheit gewähren. Vergleichen wir dagegen wiederum die der erwähnten Schrift beigefügte Tabelle, welche, für die 10 obersten Temperaturgrade des siedenden Wassers von Hunderttel zu Hunderttel eines Grades C. berechnet, die denselben entsprechenden, auf 0° reducirten Barometerstände in mm. enthält, so müssen wir gestehen, dass die Resultate, im Allgemeinen freilich zu niedrig, von unseren heutigen, als festehende Data bekannten sich meist nur um wenige Zehntel mm., an einigen Stellen bloss um 1 bis 1,5 mm. unterscheiden.

Nahe ein Jahrzehend später veröffentlichte Regnault seine berühmten Untersuchungen über die Spannkraft des Wasserdampfes bei verschiedenen Temperaturen (vgl. Relation des expériences entreprises pour déterminer les principales lois et les données numériques qui entrent dans le calcul des machines à vapeur, und Annales de Chimie et de Physique, III^{ème} Série, tome XI). Er prüfte die verschiedenen, von den früheren Experimentatoren, die sich mit demselben Gegenstande beschäftigt hatten, angewandten Methoden und verbesserte dieselben durch ausgedehnte Arbeiten in solchem Grade, dass seine Resultate als die genauesten angesehen werden mussten.

Schon früher waren du Prony, Thomas Young, Dulong und Arago, Roche und Biot auf verschiedene Weise bemüht gewesen, eine Interpolationsformel aufzufinden, welche alle Beobachtungen genügend wiedergeben und die einer gegebenen Temperatur t entsprechende Expansionskraft e des Wasserdampfes, ausgedrückt in Millimetern, bestimmen lassen sollte. Roche's Formel, die sogar als mathematischer Ausdruck des Gesetzes der Erscheinung dargestellt wird, war unter anderen von August und Magnus adoptirt worden.

Regnault entschied sich für diejenige von Biot, die seiner Meinung nach am besten für Temperaturen zwischen 0° und 100° zu den gemachten Beobachtungen passt, nämlich:

$$\log e = a + b\alpha t + c\beta t^2,$$

$$\text{worin } \log \alpha = 0,006865036,$$

$$\log \beta = 1,9967249,$$

$$\log b = 2,1340339,$$

$$\log c = 0,6116485(n),$$

wo $a = +4,7384380$ zu setzen ist, und berechnete darnach eine Tafel, die in den oben citirten Recherches (pag. 624) und Annales (pag. 335) abgedruckt steht. Diese Tafel enthält jedoch in den Werthen von e nahe bei $t = 100^\circ$ C. einen auffallenden Sprung; während sie in den

übrigen Resultaten mit den aus der Formel berechneten Werthen von e übereinstimmt, mit einer einzigen Ausnahme: nämlich für $t = 100^\circ$, giebt die Formel nicht 760,000, sondern es ist $e = 760,123$. Führt man diesen Werth von e in die letzte Zeile der genannten Tafel ein, so ist die Continuität vollkommen hergestellt.

Nun hat aber Moritz (Bulletin de la Classe Physico-Mathématique de l'Ac. imp. des sciences de St. Petersbourg, tome XIII. pag. 41. 1854) gezeigt, dass der Grund des bezeichneten Sprunges ein blosser Rechenfehler sei. Die Discontinuität kann, da die Form der Gleichung:

$$\log e = a + b\alpha^t + c\beta^t,$$

keinen Anlass dazu giebt, und der Werth $e = 760,000$ für $t = 100^\circ$ nothwendig beibehalten werden muss, nur in einem, wenngleich nur geringen Fehler der Coefficienten zu suchen sein. Durch Wiederholung der ganzen Rechnung und Gebrauch 10stelliger Logarithmen fand er mit Beibehaltung der Regnault'schen Bezeichnungen:

$$\log \alpha = 0,006864937152$$

$$\log \beta = 1,996725536856$$

$$\log b = 2,1319907112$$

$$\log c = 0,6117407675(n)$$

$$a = +4,7393707.$$

Bestimmt man e mit diesen Coefficienten aus der angegebenen Gleichung für die Fundamentalwerthe t (für $0^\circ, 25^\circ, 50^\circ, 75^\circ, 100^\circ$), so erhält man in der That eine vollkommene Uebereinstimmung mit den der Rechnung zu Grunde gelegten Werthen von e bis zur 3ten Decimalstelle der Millimeter.

Moritz berechnete nunmehr eine neue Tafel der Spannkraft des Wasserdampfes von $+40^\circ$ bis $+100^\circ$ C., aber nur von Grad zu Grad, und diese wurde in der neuesten Zeit von Pohl in Wien (Ueber den Gebrauch des Thermo-Hypsometers zu chemischen und physikalischen Untersuchungen, in den Schriften der k. Akad. 1858) von $+93^\circ$ bis $+101^\circ$ C. in dem Intervalle von $0,1$ weiter ausgeführt. Sie befindet sich auf der letzten Seite der vorliegenden Blätter abgedruckt, da ich mich derselben in den jüngsten Monaten bei meinen vorgenommenen Messungen bedient habe, während ich früher die Angaben der Regnault'schen Tafel, wie sie z. B. in Pogendorff's Ann. und in Eisenlohr's Physik steht, zu Grunde gelegt hatte. Vergleicht man übrigens die in der neuen Tafel angegebenen Werthe von e mit den bei gleicher Temperatur sowohl experimental gefundenen als berechneten der Regnault'schen Tafel, so sieht man, dass die Differenzen klein, wohl kleiner als die wahrscheinlichen Beobachtungsfehler sind, und da sie nirgendwo 1 Zehntel Millim.

erreichen, ihr Einfluss sich bei der Höhenmessung im Allgemeinen höchstens auf ein plus resp. minus von 3 bis 3,5 par. Fuss erstrecken kann.

Nachdem Regnault seine Untersuchungen beendet hatte, forderte er in der sicheren Voraussetzung, dass sich für Temperaturen unter 100° über die Spannkraft des Wasserdampfes sehr genaue Bestimmungen müssten erhalten lassen, wenn man bei Besteigung eines Berges den Siedepunkt des Wassers an verschiedenen Orten beobachte, mehrere Reisende auf, Versuche der Art anzustellen. Seiner Aufforderung folgten Bravais und Peltier während ihrer Besteigung des Faulhorns (im Sommer 1842) und Marié bei einer Besteigung des Mont Pila (Compt. rend. de l'Acad. T. XVIII. p. 572. 252). Die Resultate, namentlich des letztern, stimmten mit den für dieselben Temperaturen aus Regnault's Beobachtungen berechneten Spannkraften so gut überein, als man es nur wünschen konnte. Ein ganz besonderes Vertrauen verdient aber noch eine Reihe von neuen Bestimmungen, die (i. J. 1844) theils von Bravais und Martins während einer Excursion durch die Alpen, theils von Izarn auf einer Reise durch die Pyrenäen gemacht wurden, und zwar von diesem gerade mittels desjenigen Thermometers und Barometers, dessen sich Regnault bei seinen Untersuchungen bedient hatte (Ann. de Ch. et de Phys. Tome XIV). Die Unterschiede zwischen den am Barometer direct beobachteten Höhen und den mittels der Tafel aus der Siedehitze berechneten waren stets sehr klein; sie erreichten selten 1 Millim. und waren bald positiv, bald negativ. Es entspricht nun ein Millim. Höhenunterschied in der barometrischen Colonne einem Unterschiede von weniger als $\frac{1}{20}$ Grad bei der Abschätzung der Siedetemperatur: diese Grösse jedoch gehört — so sagt Regnault selbst — unter die Unsicherheiten, die beim gegenwärtigen Stande der Wissenschaft auch das vollkommenste Thermometer aufweist.

Nichtsdestoweniger haben seit jener Zeit die Mechaniker dahin gestrebt, das Instrument auch von den kleinsten, noch daran haftenden Mängeln zu befreien. So hat Kappeller in Wien nach den Angaben Pohl's Thermometer mit cylindrischen Gefässen angefertigt, welche sich bei vielfachem Gebrauche auf das beste bewährten. Vor der Bestimmung des Werthes eines Theilstriches der Thermometerscale wurde das Instrument mehrere Tage hindurch in den Dämpfen von kochendem Wasser erhalten, wodurch das Volumen des Quecksilbergefässes für längere Zeit constant bleiben soll. Die Werthbestimmung der Scalatheile selbst fand nach Barometerständen statt, die an Tagen mit möglichst constantem Luftdruck von einem Normalbarometer abgelesen wurden.

Das Vorzüglichste jedoch in der Construction der Thermobarometer (Thermohypsometer) hat in den letzten Jahren unser Mitbürger Hr. Geissler geleistet, dessen Arbeiten sich überhaupt des wohlbegründetsten Rufes erfreuen. Um die Bestimmung

der Länge der einzelnen Grade wie des Siedepunkts des Instruments mit möglichst grösster Sicherheit und Genauigkeit bewerkstelligen zu können, fertigte er einen eigenen Apparat an, der in einigen Theilen Aehnlichkeit mit demjenigen hat, dessen sich Regnault zur Ermittlung der Grösse der Expansionskraft von Dämpfen bediente (vgl. z. B. Eisenlohr p. 400). Ein starkes messingenes Kochgefäss ist oben durch eine Platte verschlossen, die mehrere Oeffnungen enthält, in welche die zu graduirenden Thermometer luftdicht eingelassen werden, so dass die Quecksilberbehälter ungefähr bis in die Mitte des Gefässes reichen. Eine Metallröhre, welche in das Gefäss eingelöthet ist, verbindet dasselbe luftdicht mit einem Kühlapparate, dessen Kühlrohr in den einen Hals einer dreihalsigen Woulff'schen Flasche ebenfalls luftdicht mündet. In den zweiten Hals dieser Flasche ist eine Röhre luftdicht eingesenkt, welche eines Theils mit dem kürzeren Schenkel eines normalen Heberbarometers, anderen Theils mit einer Luftpumpe in Verbindung steht. Der dritte Hals enthält einen Hahn. Man ersieht sogleich aus der Vorrichtung, dass vermittels der Luftpumpe nach geschlossenem Hahne Kochgefäss, Kühlrohr und Woulff'sche Flasche so weit evacuirt werden können, als zur beabsichtigten Bestimmung nothwendig ist. Das Kochgefäss wird so hoch mit reinem Wasser gefüllt, dass die Quecksilbergeässe der Thermometer noch ungefähr 2 Zoll davon entfernt bleiben. Bringt man nun das Wasser in dem Gefässe durch eine Spirituslampe zum Sieden bei dem eben stattfindenden Luftdrucke, was immer der Fall, sobald jener Hahn geöffnet ist, so siedet auch das Wasser bei dem entsprechenden Barometerstande eben so, als wenn das Kochgefäss nicht mit dem übrigen Apparate in Verbindung stände. Wird aber der Hahn geschlossen, und durch die Luftpumpe die Luft im ganzen Apparate verdünnt, so giebt auf der einen Seite der Stand des Heberbarometers den Grad dieser Luftverdünnung an, auf der anderen Seite siedet das Wasser zugleich bei einer niedrigeren Temperatur; und diese bleibt lange constant, vorausgesetzt, dass Alles vollkommen luftdicht geschlossen ist und die Abkühlung sorgfältig geleitet wird. Auf diese Weise hat man es in seiner Gewalt, so viele Barometerstände und entsprechende Thermometerstände zu erzeugen, als man will, und ist nunmehr auch im Stande, mit Zugrundelegung der in Millimetern ausgedrückten Werthe der Spannkraftstafel die Länge der einzelnen Thermometergrade wie den Siedepunkt auf das genaueste direct zu bestimmen.

Das physikalische Cabinet des hiesigen Gymnasiums befindet sich im Besitze eines Exemplars der nach vorbeschriebener Methode verfertigten Thermometer. Der Cylinder hat bei 12 Millimetern Durchmesser eine Länge von 40 Millimetern; die Röhre ist ungefähr 3 Decimeter lang und umfasst das Intervall von 95° bis 101° C., so dass auf den Grad etwa 50 Millimeter kommen. Die Scale ist auf Milchglas auf-

getragen, jeder Grad durch feine Theilstriche in Zehntel und ebenso jedes Zehntel wiederum in Zehntel getheilt, der Art, dass man bequem Hunderttel und mit Hilfe einer guten Loupe noch mit ziemlicher Sicherheit Tausendtel eines Grades abzulesen vermag. Thermometerröhre nebst Scale sind von einem 16 Millimeter weiten Glasrohre umgeben, das am oberen und unteren Ende durch eine Metallfassung geschlossen ist. Der untere wohl abgeschliffene Theil diesser Fassung bildet zugleich den Stöpsel, womit das Instrument in den oberen Deckel des Kochgefässes eingesenkt wird, und enthält in seiner Verlängerung eine durchlöcherete, unten offene Hülse, die zum Schutze des Cylinders überhaupt dient, insbesondere auch denselben gegen plötzliche Abkühlung sichert. Das Kochgefäss selbst besteht aus einem 9 Centimeter weiten und hohen Cylinder von Messingblech, auf dessen Deckel ein Doppelcylinder, 12 resp. 13 Centimeter hoch, aus demselben Metall gelöthet ist. Der innere, 3 Centimeter weit, communicirt unmittelbar mit dem unteren Gefässe, so dass die Dämpfe den Quecksilbercylinder des durch den oberen Deckel einglassenen Thermometers frei umströmen und, nachdem sie in den zwischen dem inneren und äusseren, 4 Centimeter weiten Cylinder befindlichen Raum getreten sind, durch ein unten angebrachtes Abzugsrohr entweichen können. Die Spirituslampe hat ihren Platz zwischen drei angeschraubten Füßen und wird im Freien mit einem Mantel von Metallblech umgeben, der sowohl die Flamme vor Luftzug, als das Kochgefäss selbst vor Abkühlung schützt.

Sämmtliche zu dem Apparate gehörige Stücke: das in ein Futteral eingeschlossene Thermometer, Kochgefäss, Blechmantel, Lampe, zwei kleine mit Rohr umflochtene Flaschen, wovon die eine den Weingeist, die andere das destillirte Wasser enthält, kann ich bequem und gegen Schütteln gesichert in den Raum einer grösseren Botanisirbüchse verpacken, und so das Ganze, das ein Gewicht von 3 bis $3\frac{1}{2}$ Pfund hat, beim Bergsteigen mittels eines Umschwungriemens über der Schulter mit aller Leichtigkeit transportiren.

Die ersten Versuche, welche ich mit dem neu beschafften Instrumente anstellte, waren darauf gerichtet, zu erproben, ob und in wie fern der Grad der Siedetemperatur mit dem eben statt findenden Barometerstande übereinstimme. Zu diesem Ende beobachtete ich eine lange Zeit hindurch täglich um 1 Uhr Mittags ein Fortin'sches Barometer und setzte zugleich das Thermometer der Siedchitze des Wassers aus. Da der Nullpunkt des Barometers in meiner jetzigen Wohnung 56,5 par. Fuss über dem Nullpunkte des hiesigen Rheinpegels liegt, also mit dem Platze des stationären Barometers in der Sternwarte einerlei Höhe über der Nordsee hat, nämlich 190,3 par. Fuss (vgl. v. Dechen, Höhenmessungen in der Rheinprovinz), so war mir dadurch zuvörderst das sicherste Mittel an die Hand gegeben, meine abgelesenen Stände

mit den von der Sternwarte täglich veröffentlichten controliren zu können. Es ergab sich bei dieser längeren Prüfung höchstens eine Differenz von 0,01 bis 0,02 par. L., am häufigsten jedoch völlige Uebereinstimmung. Darauf schritt ich zur Vergleichung der verschiedenen Barometerstände mit den jedesmaligen Temperaturen des siedenden Wassers, und fand anfangs, dass der normale Siedepunkt sich ungefähr um 0,02 Grad erhöht hatte, was dem Umstande zuzuschreiben ist, dass das Instrument im Verlaufe eines halben Jahres nicht gebraucht worden war. Nach wenigen Versuchen aber kehrte das Quecksilber auf seinen gesetzmässigen Punkt zurück, so dass 100° C. genau 336,9 par. Lin. oder 760 mm. entsprachen, und ich aus der in meinem Zimmer beobachteten Temperatur des siedenden Wassers mit grosser Sicherheit anzugeben vermochte, welchen Stand gleichzeitig das Barometer in der Sternwarte aufgewiesen hatte.

Die grosse Empfindlichkeit des Instruments geht zunächst durch folgende Probe hervor. Bringt man das Wasser in dem Apparate zuerst auf einem Tische zum Sieden, so gewahrt man deutlich ein Steigen der Spitze des Quecksilberfadens, sobald man das Sieden auf dem Boden unterhalb des Tisches fortsetzt. Die umgekehrte Operation bewirkt das Fallen und Zurückkehren der Quecksilberkuppe auf ihren früheren Stand. Dieselbe Erscheinung tritt noch klarer zu Tage, wenn man auf die nämliche Weise verfahren von dem oberen Stock eines Hauses in das Erdgeschoss hinab und von da wieder hinaufsteigt. Ich mache das betreffende Experiment jährlich einmal bei dem Capitel der Wärmelehre in dem Classenzimmer der Prima, dessen Fussboden 36 rhein. Fuss über der Erde liegt. Das Thermometer zeigt dabei eine Differenz von sehr nahe 0,04 Grad C. Da nun in der Nähe der Erde einer Differenz von 0,01 Grad C. die Höhe von 8,78 par. F. zukommt, und 36 rhein. F. = 34,78 par. F. sind, so resultirt aus dieser, freilich nur näherungsweise richtigen Rechnung der wirklichen Höhe gegenüber nur ein geringer Unterschied, der noch abnimmt, wenn man sich der unten anzugebenden eigentlichen Höhenformel bedient. Aehnliche Messungen habe ich zu wiederholten Malen in dem nördlichen Thurme der Gymnasialkirche vorgenommen und die Höhen der verschiedenen Standpunkte bei verschwindend kleinen Differenzen mit den mittels der Messschnur gemessenen übereinstimmend gefunden.

Um nun aber auch die Brauchbarkeit und Genauigkeit des Instruments bei der Messung grösserer Höhen zu erproben, dienten mir insbesondere die Bergspitzen des nahe gelegenen Siebengebirges. Die betreffenden Beobachtungen habe ich in den Herbstferien des vorletzten und letzten Jahres so wie in dem eben verflossenen Frühjahr in der Regel in den Nachmittagsstunden von 4–6 Uhr angestellt, zu einer Tageszeit, die sich erfahrungsgemäss wegen des alsdann herrschenden constanteren

Luftdrucks für derartige Observationen am besten eignet. Die vorher verabredeten gleichzeitigen Gegenbeobachtungen wurden an einem entsprechenden Thermometer in meinem Wohnzimmer von einem geübten und zuverlässigen Correspondenten gemacht. Die Resultate einiger dieser Messungen werde ich weiter unten mittheilen; zuvor jedoch will ich, um die Einfachheit der Berechnung an einem Beispiele zu zeigen, das folgende aus meinem Manual hersetzen.

Höhe des Drachenfels.

Zeit: 17. October 1860, Nachmittags 5 Uhr.

Temperatur des siedenden Wassers zu Bonn	99°.87 = t,
desgleichen auf der Spitze des Drachenf.	
nordwestlich unten am Thurme	98°.95 = t'.
Nach der Tafel d. Spannkr. d. Wasserd.	99°.80 = 754.5750 mm.
wegen Diff. f. 0°.01 = 0°.2708	0°.07 = 1.8956 mm.
	<hr/>
	99°.87 = 756.4706 mm. = e;
ebenso	98°.90 = 730.5550 mm.
wegen Diff. f. 0°.01 = 0°.2636	0°.05 = 1.3180 mm.
	<hr/>
	98°.95 = 731.8730 mm. = e'.

Höhenformel: $H = 18382(\log B - \log b)$ in Metern,
 $= 56588(\log B - \log b)$ in par. Fuss,
 also übertragen $= 56588(\log e - \log e')$ in par. Fuss,
 daher $\log H = \log 56588 + \log(\log e - \log e')$
 $\log e = 2.8787920$
 $\log e' = 2.8644357$

$0.0143563 = u;$
 $\log u = 0.1570425 - 2$
 $\log 56588 = 4.7527243$

mithin $\log H = 2.9097668;$
 folglich $H = 812.394$ par. Fuss;

hierzu die Höhe des Beobachtungsortes zu Bonn . . = 190.300 par. Fuss

1002.7 par. Fuss

d. i. die Höhe der Spitze des Drachenfels über der Nordsee.

Auf ähnliche Weise habe ich die Höhe mehrer Bergkuppen des Siebengebirges so wie einiger Punkte der Umgegend von Bonn gemessen, von welchen nachstehende hier aufgezeichnet werden mögen.

	Seehöhe in par. Fuss.
Oelberg	1426,7
Löwenburg	1412,0
Kleiner Oelberg	1116,4
Nonnenstromberg	1034,5
Petersberg (vor der Kapelle)	1026,3
Wolkenburg	1008,0
Geissberg	1014,7
Lohrberg	1353,8
Finkenberg (hinter Beuel)	354,0
Foveaux's Häuschen auf dem Ennert	487,9
Rolandseck (am Fuss der Ruine)	470,5
Godesberg (unten am Thurme)	378,0
Kreuzberg (Treppe vor der Kirche)	494,3

Die Resultate sind im Ganzen sehr wenig von denjenigen verschieden, die ich aus vielfachen, an eben diesen Orten im Verlaufe von 36 Jahren angestellten Barometer-Beobachtungen berechnet habe.

Wenn es sich schliesslich um die Frage handelt, welchem von beiden Instrumenten, dem Barometer oder Thermometer als Hypsometer der Vorzug zu ertheilen sei, so bin ich geneigt mich für das letztere zu entscheiden, und zwar aus folgenden Gründen. Was zuvörderst die Anschaffungskosten des Thermometers nebst dazu gehörigem Apparate betrifft, so sind dieselben wohl um die Hälfte geringer als bei einem guten, brauchbaren Barometer. Sodann ist der thermometrische Apparat compendiöser und transportabler. Ferner gewährt das Ablesen des Standes des Quecksilberfadens, wozu oft nur ein Blick genügt, viel mehr Bequemlichkeit und Sicherheit als dasjenige des Barometerstandes, wobei die verschiedenen Einstellungen und Temperatur-Beobachtungen ebenso lästig wie zeitraubend sind. Das Thermometer besitzt endlich eine bei weitem grössere Empfindlichkeit in Bezug auf geringe Aenderungen im Luftdrucke. Die bei jeder Siedeoperation zu verbrauchende kleine Quantität Weingeist dürfte wohl den angegebenen Vortheilen gegenüber nicht in Anschlag zu bringen sein.

Die oben erwähnte Pohl'sche Tabelle geht nur von 101° 0 bis 93° 0. Ich habe dieselbe, wie sie hier beigelegt steht, um 4 Grade weiter ebenfalls von Zehntel zu Zehntel Grad, bis zu 89° 0, berechnet, wobei sich herausstellt, dass die zweiten Differenzen fast constant sind, nämlich zumeist 0,006 oder 0,007 und 0,008 nirgendwo übersteigen. In dieser Ausdehnung reicht sie für die Messung der Höhen Deutschlands mit wenigen Ausnahmen hin.

Tafel der Spannkraft des Wasserdampfes.

t° C.	e in Millim.	Differenz	t° C.	e in Millim.	Differenz	t° C.	e in Millim.	Differenz
89°0	505.705	1.941	93°0	588.333	2.202	97°0	681.931	2.490
.1	507.646	1.947	.1	590.535	2.209	.1	684.421	2.498
.2	509.593	1.953	.2	592.744	2.216	.2	686.919	2.506
.3	511.546	1.959	.3	594.959	2.223	.3	689.425	2.513
.4	513.505	1.965	.4	597.182	2.229	.4	691.938	2.520
.5	515.470	1.971	.5	599.411	2.236	.5	694.458	2.528
.6	517.441	1.978	.6	601.647	2.244	.6	696.986	2.536
.7	519.419	1.985	.7	603.891	2.250	.7	699.522	2.543
.8	521.404	1.991	.8	606.141	2.257	.8	702.065	2.551
.9	523.395	1.997	.9	608.398	2.263	.9	704.616	2.558
90°0	525.392	2.004	94°0	610.661	2.271	98°0	707.174	2.567
.1	527.396	2.010	.1	612.932	2.279	.1	709.741	2.575
.2	529.406	2.016	.2	615.211	2.286	.2	712.316	2.582
.3	531.422	2.022	.3	617.497	2.292	.3	714.898	2.590
.4	533.444	2.029	.4	619.789	2.299	.4	717.488	2.598
.5	535.473	2.036	.5	622.088	2.307	.5	720.086	2.606
.6	537.509	2.042	.6	624.395	2.314	.6	722.692	2.613
.7	539.551	2.048	.7	626.709	2.321	.7	725.305	2.621
.8	541.599	2.055	.8	629.030	2.327	.8	727.926	2.629
.9	543.654	2.061	.9	631.357	2.335	.9	730.555	2.636
91°0	545.715	2.069	95°0	633.692	2.343	99°0	733.191	2.645
.1	547.784	2.075	.1	636.035	2.350	.1	735.836	2.653
.2	549.859	2.081	.2	638.385	2.357	.2	738.489	2.661
.3	551.940	2.087	.3	640.742	2.364	.3	741.150	2.669
.4	554.027	2.094	.4	643.106	2.371	.4	743.819	2.677
.5	556.121	2.100	.5	645.477	2.379	.5	746.496	2.685
.6	558.221	2.108	.6	647.856	2.386	.6	749.181	2.693
.7	560.329	2.114	.7	650.242	2.393	.7	751.874	2.701
.8	562.443	2.121	.8	652.635	2.400	.8	754.575	2.708
.9	564.564	2.127	.9	655.035	2.408	.9	757.283	2.717
92°0	566.691	2.134	96°0	657.443	2.416	100°0	760.000	2.725
.1	568.825	2.141	.1	659.859	2.423	.1	762.725	2.734
.2	570.966	2.148	.2	662.282	2.430	.2	765.459	2.742
.3	573.114	2.154	.3	664.712	2.438	.3	768.201	2.750
.4	575.268	2.160	.4	667.150	2.445	.4	770.951	2.758
.5	577.428	2.167	.5	669.595	2.452	.5	773.709	2.766
.6	579.595	2.175	.6	672.047	2.460	.6	776.475	2.774
.7	581.770	2.181	.7	674.507	2.467	.7	779.249	2.782
.8	583.951	2.187	.8	676.974	2.475	.8	782.031	2.791
.9	586.138	2.195	.9	679.449	2.482	.9	784.822	2.799
93°0	588.333		97°0	681.931		101°0	787.621	