Astronomische Mittheilungen

von

Dr. Rudolf Wolf.

XXIX. Ueber die Längenvergleichung Rigi-Zürich-Neuenburg, und die daraus vorläufig folgende Länge von Zürich; Vergleichungen verschiedener Quecksilber-Barometer und eines Goldschmid'schen Aneroid-Barometers; Untersuchungen von Weilemann über die Beziehungen zwischen Barometerstand, Temperatur und Höhe in der Atmosphäre; Verzeichniss der Instrumente, Apparate und übrigen Sammlungen der Zürcher-Sternwarte.

Die schon in Nr. XXIV angekündigte Publication der schweizerischen geodätischen Commission über die Längenvergleichung Rigi-Zürich-Neuenburg ist nun kürzlich, mit Benutzung der in Nr. XXV und XXVI behandelten Untersuchungen, unter dem Titel »Détermination télégraphique de la différence de longitude entre la Station astronomique du Righi-Kulm et les Observatoires de Zurich et de Neuchâtel par E. Plantamour, R. Wolf et A. Hirsch Genève 1871 (220 S. in 4°)« wirklich erschienen, und umfasst die bei dieser Operation erhaltenen Beobachtungen und Resultate mit solcher Vollständigkeit, dass es für gegenwärtige Mittheilung genügen kann die Schlussergebnisse derselben aufzuführen, wie folgt: Aus den zwischen den Stationen chronographisch ausgetauschten Sterndurchgängen ergaben sich die Längendifferenzen

Zürich-Righi (25 Sterne)	$0^m\ 15^s,719 \pm 0^s,018$
Righi-Neuenburg (67 Sterne)	$6\ \ 6,630 \pm 0,014$
Zürich-Neuenburg (112 Sterne)	$6\ 22,344 \pm 0,015$
Fehler im Polygonschlusse	$0,005 \pm 0,027$

und, aus den ausgetauschten Sekundenzeichen,

Zürich-Righi (9 Tage)	$0^m\ 15^s,702 \pm 0,048$
Righi-Neuenburg (7 Tage)	$6\ \ 6,627 \pm 0,034$
Zürich-Neuenburg (9 Tage)	$6\ 22,324 \pm 0,031$
Fehler im Polygonschlusse	$0,005 \pm 0,066$

während die Personalgleichungen

Plantamour-Hirsch $= + 0^s,103 \pm 0,006$
Hirsch-Wolf $= + 0,034 \pm 0,017$
Plantamour-Wolf $= + 0,137 \pm 0,019$

erhalten wurden. Aus Verbindung aller dieser Werthe aber ergaben sich die Längendifferenzen

Zürich-Righi $= 0^m15^s,839$ mit dem wahrscheinl. Fehler $\pm 0^s,019$
Righi-Neuenburg $= 6\ \ 6,528$ $\pm 0,008$
Zürich-Neuenburg $= 6\ 22,367$ $\pm 0,013$

welchen noch aus der »Détermination télégraphique de la différence de longitude entre les Observatoires de Genève et de Neuchâtel par E. Plantamour et A. Hirsch, Genève 1864 in 4°, die Längendifferenz

Neuenburg-Genf $= 3^m12^s,966$ mit dem wahrscheinl. Fehler $\pm 0^s,014$

beigefügt werden mag.

Da es leider bis jetzt nicht möglich gewesen ist die Pariser-Länge von Genf oder Neuenburg auf telegraphischem Wege zu bestimmen, so kann auch die Pariser-Länge von Zürich noch nicht definitiv ermittelt werden; aber immerhin mag es vorläufig auf folgende Weise geschehen: Bezeichnet x die Pariser-Länge der Neuenburger-Sternwarte, so erhält man

über Genf, mit Benutzung der von Mallet aus verschiedenen Sternbedeckungen, Finsternissen etc. erhaltenen Genfer-Länge (v. Gautier, Mémoire sur une nouvelle détermination de la longitude de Genève. Genève 1824 in 4°) . .	$+ 15^m 16^s,54$	
Differenz zwischen neuer und alter Sternwarte Genf	$+ \quad 0,22$	
Neuenburg-Genf, wie oben . .	$+ 3 \; 12,97$	$x = 18^m 29^s,73$
über Strassburg (v. Gautier l. c.), dessen Länge nach den französ. Bestimmungen	$+ 21^m 40^s,02$	
Genf (St. Pierre) — Strassburg durch Triangulation	$- 6 \; 24,64$	
Genf: A. Sternw. — St. Pierre . .	$+ \quad 0,66$	
Genf: N. Sternw. — A. Sternw. .	$+ \quad 0,22$	
Neuenburg-Genf, wie oben . .	$+ 3 \; 12,97$	$x = 18^m 29^s,23$
über Colombier (v. Gautier l. c.), dessen Länge nach den französ. Vermessungen	$+ 13^m 41^s,07$	
Genf (A. Sternw.) — Colombier durch Pulversignale	$+ 1 \; 35,29$	
Genf: N. Sternw. — A. Sternw. .	$+ \quad 0,22$	
Neuenburg-Genf, wie oben. . .	$+ 3 \; 12,97$	$x = 18^m 29^s,55$
über Mailand (v. Gautier l. c.), dessen Länge nach d. Angaben d. dortig. Astronomen	$+ 27^m 25^s,00$	
Mont Cénis-Mailand durch Pulversignale	$- 9 \; 1,20$	
Colombier-Mont Cénis durch Pulversignale	$- 4 \; 42,61$	
Genf (A. Sternw.) — Colombier, wie oben	$+ 1 \; 35,29$	
Genf: N. Sternw. — A. Sternw. .	$+ \quad 0,22$	
Neuenburg-Genf, wie oben. . .	$+ 3 \; 12,97$	$x = 18^m 29^s,67$
über Bern, dessen Pariserlänge (v. Eschmann, Ergebnisse der trigonometrischen Vermessungen in der Schweiz, Zürich 1840 in 4°) nach den französischen Vermessungen . .	$+ 20^m 24^s,72$	
Neuenburg-Bern mit 3 Chronometern (v. Hirsch in Bulletin de Neuch. V, 257)	$- 1 \; 55,57$	$x = 18^m 29^s,15$

direct mit drei Marine-Chronometern (vergl. Hirsch im Bulletin de Neuch. VII, 286) . . . . . . $x = 18^m\,28^s{,}00$

Allen diesen Bestimmungen gleiches Gewicht gebend, folgt aus ihnen als Mittelwerth:

$x = 18^m\,29^s{,}222$ mit dem wahrscheinl. Fehler $\pm\,0{,}177$

und hieraus endlich in Verbindung mit der oben gegebenen Gleichung

$Z - N = 6^m\,22^s{,}367$ mit dem wahrscheinl. Fehler $\pm\,0{,}013$

als provisorische Pariser-Länge der Zürcher-Sternwarte

$X = 24^m\,51^s{,}589$ mit dem wahrscheinl. Fehler $\pm\,0{,}177$

so dass also diese Länge innerhalb ihrer Unsicherheit mit dem (vergl. Nr. XXIV) bis dahin von mir angenommenen Werthe $0^h\,24^m\,51^s{,}5$ übereinstimmt, also dieser vorläufig unverändert beibehalten werden kann.

Auf verschiedenen kleinen Reisen, welche ich vorigen Herbst zur Inspection und Neubelebung meteorologischer Stationen unternahm, führte ich neben einem, von Hermann und Pfister in Bern montirten, Geisler'schen Reise-Heberbarometer, auf den ich bei einer spätern Gelegenheit zurückzukommen gedenke, auch einen Goldschmid'schen Aneroid-Barometer mit, den ich vor, zwischen und nach auch in Zürich mit ihm verglich. Die so an diesen beiden Instrumenten unter nach Zeit, Höhe und übrigen Verumständungen wesentlich verschiedenen Bedingungen erhaltenen, correspondirenden Ablesungen sind in folgender Tafel neben berechneten Werthen, über welche ich sofort berichten werde, eingetragen. — Die Ablesungen am Heberbarometer sind dabei nicht nur auf Null reducirt, sondern noch sämmtlich um $0{,}3^{mm}$ vermehrt worden: Nach Zürich zurückgekehrt, verglich ich nämlich an zehn Tagen diesen Heberbarometer und gleichzeitig auch den untern Stations-

Ort.	Datum 1871.	Heberb. bei 0°.	Aneroid Beob.	Aneroid Ber.	H-A.
Zürich	VIII 25	722,4	312,9	723,4	-1,0
„	„ 26	723,8	305,5	724,6	-0,8
„	„ 27	729,6	278,7	729,1	0,5
„	„ 31	724,8	304,0	724,9	-0,1
„	IX 1	726,5	298,1	725,9	0,6
Glarus	„ 2	724,8	306,8	724,4	0,4
„	„ 4	723,0	318,0	722,6	0,4
Wesen	„ —	723,7	315,7	722,9	0,8
Sargans	„ 5	723,6	313,5	723,3	0,3
Reichenau	„ —	712,7	372,6	713,6	-0,9
Thusis	„ 6	704,7	417,6	706,1	-1,4
Andeer	„ —	688,1	547,9	684,6	3,5
Thusis	„ —	702,8	428,3	704,4	-1,6
„	„ 7	702,8	424,8	705,0	-2,2
Passmal	„ —	691,6	489,9	694,2	-2,6
Ober-Vatz	„ —	663,8	655,7	666,8	-3,0
Heide	„ —	644,8	793,0	644,1	0,7
Churwalden . . .	„ 8	661,6	673,3	663,9	-2,3
Zürich	„ 9	720,8	320,4	722,2	-1,4
„	„ 10	719,5	335,9	719,6	-0,1
„	„ 11	718,4	340,1	718,9	-0,5
„	„ 12	719,0	331,6	720,3	-1,3
„	„ 13	720,5	323,0	721,7	-1,2
Altorf	„ —	722,4	319,0	722,3	0,1
Amsteg	„ 14	723,7?	338,3	719,2	4,5?
Wasen	„ —	686,5	517,6	689,6	-3,1
Andermatt	„ 15	645,4	773,1	647,5	-2,1
Gotthard-Hospitz .	„ —	597,0	1099,8	593,5	3,5
Andermatt	„ —	645,7	769,8	648,0	-2,3
„	„ 16	645,6	773,6	647,4	-1,8
Wasen	„ —	687,7	517,0	689,7	-2,0
Amsteg	„ —	724,9?	337,5	719,3	5,6?
Gersau	„ 17	725,3	306,2	724,5	0,8
Seelisberg	„ —	691,0	494,7	693,3	-2,2
Schönegg	„ —	702,3	429,2	704,2	-1,9
Gersau	„ 18	721,4	325,4	721,3	0,1
Schwyz	„ —	711,0	381,4	712,0	-1,0
Gersau	„ 19	721,8	324,3	721,5	0,3
Sonnenberg . . .	„ —	709,0	393,3	713,1	-4,1
Zürich	„ 20	718,4	339,3	719,0	-0,6
„	„ 21	711,3	374,2	713,3	-2,0
„	„ 22	717,8	332,2	720,2	-2,4
„	„ 24	714,2	362,8	715,2	-1,0
„	„ 26	709,9	378,4	712,6	-2,7

Ort.	Datum 1871.		Heberb. bei 0°.	Aneroid Beob.	Ber.	H-A.
Zürich	IX	28	715,2	351,0	717,0	-1,8
Aarau	„	29	725,2	305,8	724,6	0,6
Bern	„	30	713,7	365,7	714,6	-0,9
„	X	1	710,3	386,4	711,3	-1,0
„	„	—	708,4	398,0	709,3	-0,9
„	„	—	706,0	409,3	707,4	-1,4
„	„	—	704,3	418,9	705,9	-1,6
„	„	—	703,6	421,0	705,6	-2,0
„	„	2	703,3	417,8	706,1	-2,8
„	„	—	705,7	413,4	706,8	-1,1
„	„	—	704,4	413,3	706,8	-2,4
„	„	3	703,1	422,7	705,3	-2,2
„	„	—	703,0	425,1	704,6	-1,6
„	„	—	704,2	406,1	707,9	-3,7
„	„	4	708,1	382,7	711,8	-3,7
„	„	5	712,6	369,6	714,0	-1,4
„	„	6	717,9	341,6	718,6	-0,7
Interlaken	„	—	714,9	358,9	715,8	-0,9
„	„	7	714,0	367,5	714,3	-0,3
„	„	8	713,1	372,0	713,6	-0,5
Bern	„	—	714,7	359,3	715,7	-1,0
„	„	9	715,4	351,5	717,1	-1,7
„	„	10	721,2	321,0	722,1	-0,9
„	„	11	719,4	331,1	720,4	-1,0
„	„	12	717,2	343,1	718,4	-1,2
Zürich	„	13	729,5	278,5	729,1	0,4
„	„	14	725,4	305,2	724,7	0,7
„	„	15	722,4	317,5	722,6	-0,2
„	„	16	722,0	319,7	722,3	-0,3
„	„	17	724,2	310,0	723,8	0,4
„	„	18	723,4	312,6	723,4	0,0
„	„	19	718,5	336,0	719,5	-1,0
„	„	20	721,5	323,7	721,6	-0,1
„	„	21	725,2	307,8	724,3	0,9
„	„	22	728,5	285,9	727,8	0,7

barometer mit dem in gleicher Höhe stehenden, ebenfalls von Hermann und Pfister construirten Normalbarometer, den ich später einmal zu beschreiben gedenke, und von dem ich vorläufig hier nur bemerke, dass er cathetometrische Ablesung besitzt, deren Unsicherheit auf die erste Decimale absolut keinen Einfluss haben kann. Ich erhielt so folgende kleine Tafel:

Datum 1871.	Norm.-B. à 0°.	Heberb. à 0°.	Stat.-B. à 0°.	Differenzen N-H	N-St
X 13	729,7	729,1	730,0	+0,6	—0,3
„ 14	25,0	25,1	25,1	—0,1	—0,1
„ 15	22,3	22,0	22,4	+0,3	—0,1
„ 16	21,8	21,7	22,1	+0,1	—0,3
„ 17	24,4	23,9	24,6	+0,5	—0,2
„ 18	23,3	23,0	23,6	+0,3	—0,3
„ 19	18,5	18,2	18,7	+0,3	—0,2
„ 20	21,5	21,1	21,6	+0,4	—0,1
„ 21	25,1	24,8	25,2	+0,3	—0,1
„ 22	28,7	28,1	28,7	+0,6	0,0
Mittel				+0,33	—0,17
Mittlerer Fehler				±0,21	±0,11
Unsicherheit des Mittels . . .				±0,07	±0,03

und aus dieser geht eben hervor, dass der Heberbarometer um nahe 0,3 Millimeter zu tief steht, was mit einer, schon vom Mechaniker constatirten kleinen Verbiegung zusammenhängt, welche die gebogene Röhre beim Einsetzen in den Kasten erlitt, — so dass diese Correction alle Ablesungen gleichmässig beschlägt. — Für die Reduction der Aneroid-Ablesungen (a) auf Barometerstände (b) erhielt ich, von der Voraussetzung ausgehend, dass annähernd: 1) Aneroid und Barometer dasselbe an verschiedenen Scalen messen, also

$$b = A \cdot a + B$$

sein müsse, und 2) bei dem vorliegenden Exemplare des Aneroides, bei welchem Weilemann von — 10° bis + 30° C. keinen merklichen Einfluss der Temperatur gefunden hatte, ein solcher jedenfalls für meine Vergleichungs-Reihe ausser Betracht falle, — theils durch graphische

Darstellung, theils durch Bildung von Normalgleichungen, die Formel:

$$b = 775{,}0^{mm} - 0{,}165 \, . \, a.$$

Die nach ihr berechneten Werthe sind in der Tafel neben den Ablesungen eingetragen, und zugleich die Differenzen mit den gleichzeitigen Angaben des Heberbarometers, die im Mittel auf $\pm$ 1,67 ansteigen, obgleich die beiden zweifelhaften Amsteger-Vergleichungen für Berechnung dieses Mittels ausgeschlossen wurden. Es darf dabei die Angabe nicht unterlassen werden, dass diese eben erwähnten Vergleichungen zunächst durch Schuld des Heberbarometers und nicht durch Schuld des Aneroids gefälscht wurden: An IX 14 um $7^1/_2{}^h$ Morgens, wo die erstere derselben gemacht wurde zeigte nämlich der Stationsbarometer in Altorf 725,3 bei 0^0, an IX 16 um $1^1/_2{}^h$ Nachmittags, zur Zeit der zweiten Vergleichung, aber 726,1; nun liegt der in Wasen benutzte Beobachtungspunkt nach dem eidgen. Nivellement mindestens um 60^m über der Station in Altorf, also steht in Amsteg der Barometer bei $5^1/_2{}^{mm}$ tiefer als in Altorf, also hätten in Amsteg etwa die Barometerstände 719,8 und 720,6 erhalten werden sollen, welche von den Ablesungen am Heberbarometer um 3,9 und 4,3, von den aus dem Aneroid berechneten Barometerständen aber nur um 0,6 und 1,3 abweichen, — Differenzen, deren erstere für den Heberbarometer total unzulässig sind, während letztere am Aneroid innerhalb die gefundene Unsicherheit fallen. Leider bemerkte ich die allerdings üble, aber jetzt von mir nicht mehr gefürchtete Eigenschaft des sonst ganz hübschen, jedoch auf eine Schenkelweite von 12^{mm} wohl mit einer etwas gar zu starken Verengung auf circa 2^{mm} versehenen Heberbarometers, sich zuweilen auf längere Dauer falsch stellen zu können, erst X 10, und es dürften ihr noch einige der grössern Differenzen zuzuschreiben sein, welche sich in der Vergleichungstafel zeigen; immerhin wäre es aber doch etwas gewagt und willkürlich noch andere solche Ausschlüsse zu machen, und dann Formel und mittleren Fehler, der dann wohl bedeutend unter 1^{mm} sinken dürfte, neu zu suchen, oder gar der Formel andere Voraussetzungen zu Grunde zu legen. Es bleibt mir somit nur übrig dies aufzuschieben, bis es mir möglich geworden ist eine neue Vergleichungsreise zu machen, und für einstweilen die obige Formel zu behalten, und den gefundenen Fehler als eine obere Grenze desselben zu betrachten.

Als weitere Reise-Ergebnisse habe ich folgende Vergleichungen zwischen Stationsbarometern und meinen beiden Instrumenten anzuführen:

Station.	Datum 1871.		Stat.-B. bei 0°.	Heberb. bei 0°.	Aneroid Abgel.	Aneroid Ber.	H-St.	A-St.
Glarus . . .	IX	4	722,1	722,5	315,9	722,8	0,4	0,7
Sargans . . .	„	—	721,2	720,9	329,7	720,6	-0,3	-0,6
Reichenau . .	„	5	712,4	712,6	372,6	713,6	0,2	1,2
Thusis . . .	„	7	702,5	703,0	423,0	705,2	0,5	2,7
Churwalden .	„	8	662,0	661,6	673,3	663,9	-0,4	1,9
Altorf . . .	„	13	723,0	722,4	319,0	722,3	-0,6	-0,7
Gotthard-Hosp.	„	15	596,8	597,0	1099,8	593,5	0,2	-3,3
Andermatt . .	„	—	645,9	645,7	769,8	648,0	-0,2	-2,1
Gersau . . .	„	17	726,0	725,7	304,0	724,9	-0,3	-1,1
„ . . .	„	18	722,1	722,0	321,9	721,9	-0,1	-0,2
„ . . .	„	19	722,5	721,8	321,6	721,9	-0,3	-0,6
Seelisberg . .	„	17	691,1	691,0	494,7	693,3	-0,1	2,2
Schönegg . .	„	—	702,6	702,3	429,2	704,2	-0,3	1,6
Schwyz . . .	„	18	711,7	711,0	381,4	712,0	-0,7	0,3
Sonnenberg .	„	19	709,1	709,0	393,3	713,1	-0,1	4,0
Aarau . . .	„	29	725,0	725,2	305,8	724,6	0,2	-0,4
Bern, Eichstätte	X	2	705,2	705,7	413,4	6,708	0,5	1,6
„ Stat. Koch	„	10	720,1	720,7	324,9	721,6	0,6	1,5
„ Sternw. .	„	—	719,2	719,3	333,6	720,2	0,1	1,0
Interlaken . .	„	6	714,7	715,0	358,3	715,9	0,3	1,2

Es geht aus denselben hervor, dass die untersuchten Instrumente jedenfalls gegen den Zürcher-Normalbarometer nicht schlecht stehen; aber allerdings möchte ich die Abweichungen gegen das Heberbarometer aus schon angeführten Gründen nicht als definitive Correctionen angesehen wissen. Der Hauptzweck beim Besuche dieser Stationen war übrigens auch nicht diese Bestimmung, sondern ihre Neubelebung und die Beseitigung einzelner Unrichtigkeiten in der Behandlung der Instrumente, und dieser ist vollständig erreicht worden.

Herr Weilemann hatte in meinem Auftrage im October 1868 mit demselben Aneroid mehrere Stationen besucht, und dabei folgende Vergleichungen erhalten

Station.	Stat.-B. bei 0°.	Aneroid Abgel.	Aneroid Ber.	A-St.
Zürich	715,0	366,0	714,6	-0,4
Thusis	698,7	458,1	699,4	0,7
Splügen	641,0	808,9	641,6	0,6
Bellinzona . . .	745,7	207,1	740,8	-4,9
Locarno	744,7	211,7	740,1	-4,6
San Vittore . . .	741,9	222,2	738,1	-3,8
Faido	703,7	428,1	704,4	0,7
Airolo	667,2	643,2	668,9	1,7
Gotthard-Hospitz .	596,0	1113,2	591,3	-4,7
Andermatt . . .	645,4	782,0	646,0	0,6
Zürich	715,2	362,6	715,2	0,0

wo die Reductionen der Aneroid-Ablesungen nach meiner Formel gemacht sind.

Die beiden Zürcher-Vergleichungen wurden hiebei mit dem obern Stationsbarometer gemacht, dessen Stand gegen den untern aus folgenden, je um 9^h Morgens (X 1 auch 1^h) gemachten Vergleichungen hervorgeht:

1871.	Stations-Barometer Ober.	Unt.	U-O.
IX 30	719,1	719,5	0,4
X 1	15,0	15,6	0,6
„ —	11,3	11,8	0,3
„ 2	09,6	10,3	0,7
„ 3	09,3	09,6	0,3
„ 4	16,2	16,6	0,4
„ 6	24,2	24,5	0,3
„ 7	21,8	22,3	0,5
„ 8	20,7	21,3	0,6
„ 9	22,0	22,5	0,5
„ 11	26,5	26,9	0,4
„ 12	25,1	25,5	0,4
Mittel			0,47
Mittlerer Fehler . . .			±0,12
Unsicherheit des Mittels .			±0,04

Da die Höhendifferenz der beiden Barometer 9^{m},42 beträgt, was mit einer barometrischen Differenz von beiläufig 0,85^{mm} übereinkömmt, — der untere Barometer aber nach dem früher Mitgetheilten bereits um 0,17 zu hoch steht, so steht im Vergleiche mit dem Zürcher-Normalbarometer der obere Stationsbarometer um 0,85 — 0,47 + 0,17 = 0,55^{mm} zu hoch, während ihn Weilemann im November 1865 in Folge Vergleichung mit dem damaligen Normalbarometer des physicalischen Cabinets in Bern durch das Fortin'sche Reisebarometer nur um 0,08^{mm} zu hoch fand, so dass der Normalbarometer von Bern 0,47^{mm} mehr als der von Zürich zeigen würde. Da ferner die Correctionen der Stationsbarometer in

	nach Weilem.	nach mir.	Diff.
Andermatt . . .	+0,28	—0,20	0,48
Altorf	+0,02	—0,60	0,62
Schwyz	—0,11	—0,70	0,59
Churwalden . .	—0,02	—0,40	0,38
Sargans	+0,01	—0,30	0,31
Aarau	+0,66	+0,20	0,44
		Im Mittel . . .	0,47

betragen, so zeigen sich somit auch dieselben 0,47 in der Differenz der Correctionen. Die andern, den beiden Vergleichungsreisen gemeinschaftlichen Stationen weichen dann freilich in dieser Beziehung ab. So betragen die Correctionen in

	nach Weilem.	nach mir.	Diff.
Gotthard-Hospitz .	+0,20	+0,20	0,00
Glarus	+0,61	+0,40	0,21
Reichenau . . .	+0,06	+0,20	—0,14
Thusis	—0,01	+0,50	—0,51

aber dabei ist zu bemerken, dass wenigstens die Barometer in Glarus und Thusis zwischen den beiden Reisen ganz bestimmt deplacirt worden sind. — Anhangsweise mag noch angeführt werden, dass Weilemann auf jener frühern Reise die Correctionen der Barometer in Genf, Neuenburg und Basel gleich + 1,08 + 0,78 und + 1,16 fand, so dass der Zürcher-Normalbarometer gerade so ziemlich die Mitte zwischen dem Berner-Normalbarometer einerseits, und den gewiss ebenfalls sorgfältig corrigirten Barometern in Genf, Neuenburg und Basel andrerseits halten würde.

Ich breche diesen Theil meiner Mittheilung mit der Bemerkung ab, dass, wenn auch die Ergebnisse dieser Reise aus angeführten Gründen, nicht in allen Richtungen die Erwarteten waren, sie mir doch immerhin interessant und lehrreich genug zu sein schienen, um sie öffentlich mitzutheilen, — und führe zum Schlusse noch folgende barometrische Bestimmungen an, welche ich auf meinen Reisen ausser den angeführten Vergleichungen mit dem Aneroid erhielt, da sie vielleicht für Andere einen gewissen Werth haben dürften:

Zeit 1871.					Ort.	Aneroid Abgel.	Ber.
IX	3,	1^h	10^m	N	Pantenbrücke	549,0	684,4
„	—	1	45	N	Ueli	597,4	676,4
„	—	4	10	N	Hôtel Tödi	469,5	697,5
„	4,	0	5	N	Linthcolonie	300,4	725,4
„	—	2	0	N	Wesen (Speer) . . .	310,5	723,8
„	6,	9	30	M	Rongella	486,3	694,8
„	—	10	0	M	Viamala, Brücke I . .	487,4	694,6
„	—	10	20	M	„ „ II . .	490,7	694,0
„	—	10	40	M	„ „ III .	497,7	692,9
„	—	6	20	N	„ „ II . .	497,4	692,9
„	—	6	37	N	Rongella	494,0	693,5
„	8,	11	0	M	Chur (Posthof) . . .	394,2	709,9
„	—	2	0	N	Sargans (Bahnhof) . .	351,2	717,1
„	14,	9	30	M	Intschi	400,0	709,0
„	—	11	0	M	Pfaffensprung	466,0	698,1
„	—	3	20	N	Göschenen (Brücke) . .	618,0	673,0
„	—	4	20	N	Teufelsbrücke	751,3	651,0
„	15,	9	35	M	Gotthardstrasse, Kil. 40	842,2	636,0
„	—	10	35	M	„ „ 44	971,0	614,8
„	—	11	15	M	„ Café féd.	1039,0	603,6
„	—	4	7	N	„ „ „	1041,7	603,1
„	—	4	40	N	„ Kil. 44	976,0	614,0
„	—	5	30	N	„ „ 40	843,9	635,8
„	16,	9	0	M	Teufelsbrücke	749,1	651,4
„	—	9	45	M	Göschenen (Brücke) . .	615,0	673,5
„	—	0	40	N	Intschi	395,5	709,7
„	17,	10	55	M	Seelisberg (Kirche) . .	469,7	697,5
„	—	2	45	N	Emmaten (Kirche) . .	471,3	697,2
„	18,	3	0	N	Axenstein (Hôtel) . .	458,4	699,4
X	6,	5	0	N	Heimwehfluh	410,2	707,3
„	7,	11	40	M	Grindelwald (Adler) .	599,0	676,2
„	8,	2	0	N	Münsingen (Löwe) . .	362,0	715,3

Mein Assistent, Herr Weilemann, hat mir folgende, zum Theil schon längst der naturforschenden Gesellschaft vorgetragene und von ihr zum Abdrucke in ihrer Vierteljahrsschrift erbetene Untersuchungen über die Beziehungen zwischen Barometerstand, Temperatur und Höhe in der Atmosphäre, zur Aufnahme in meine Mittheilungen übergeben.

»Nach allen gemachten Untersuchungen hat die trockene Atmosphäre in der Höhe wie in der Tiefe bis auf minime Unterschiede dieselbe Zusammensetzung, bis auf Unterschiede, wie sie an ein und demselben Orte auftreten. Daraus folgt, dass man die trockene Atmosphäre wie ein einfaches permanentes Gas behandeln kann. Nun enthält sie beständig Wasserdampf beigemischt, der innert ziemlich weiten Grenzen varirt, jedoch immer gegenüber der Luft in geringer Menge vorkommt, so dass man mit genügender Annäherung den Procentgehalt durch die ganze Höhe hindurch als constant annehmen kann. Es ist somit mit vollkommen genügender Genauigkeit erlaubt die Atmosphäre, wie sie jeweilen wirklich vorkommt, als ein constantes Gasgemisch anzusehen, und wie ein einfaches Gas zu behandeln. Eine Einwendung könnte noch erhoben werden betreff des Wasserdampfes, dass er nämlich dem Elasticitätsgesetz nicht genau folge. Für Temperaturen jedoch bis zu 40—50° Cels. kann letzteres ganz gut selbst für gesättigte Wasserdämpfe als gültig angesehen werden und somit um so eher für nicht gesättigte. Höhere Temperaturen kommen bei uns gar nicht und in den Tropen im Schatten nur selten vor. Man darf diesen Wasserdampf um so eher wie ein permanentes Gas behandeln, als sein Einfluss auf die Constanten der Luft nur gering ist.

»Die mechanische Wärmetheorie liefert nun für ein permanentes Gas nachfolgende Fundamentalbeziehungen:

$$dQ = c\,dT - ART \,.\, \frac{dp}{p} \qquad 1)$$

$$pv = RT \qquad 2)$$

wo Q die im Gase enthaltene Gesammtwärme, c die specifische Wärme bei constantem Drucke, T die absolute

Temperatur, den Nullpunkt bei -273^0 angenommen, p den Druck, $A = \frac{1}{424}$ das Wärmeæquivalent des Kilogramm-Meters, v das Volumen eines Kilogramms in Cubikmetern und R eine jedem Gase besonders zugehörige Constante bezeichnet, so dass sich die R verschiedener Gase umgekehrt wie ihre Dichten verhalten. Aus Gleichung 1 lässt sich mit Hülfe von 2 eine neue Gleichung ableiten. Es betrage dh die Erhebung in einer Gassäule die nur unter ihrem eigenen Drucke steht, so entspricht diesem offenbar eine Druckabnahme dp. Ist s das specifische Gewicht (d. h. das Gewicht des Cubikmeters in Kilogrammen) der unendlich dünnen Luftschicht, und p der Druck in Kilogrammen pro Quadratmeter, so muss wenn h in Metern gezählt wird

$$-sdh = dp$$

sein. Nach Gleichung 2 ist aber

$$v = \frac{RT}{p} \text{ das Volumen eines Kilogramms}$$

$$\text{und daher } s = \frac{p}{RT}.$$

Mit Benutzung dieses Werthes wird

$$dh = -\frac{RT}{p} . dp$$

und es geht Gleichung 1 über in

$$dQ = cdT + Adh. \qquad 3)$$

Letzterer Ausdruck ist der ganzen Ableitung nach absolut richtig, da er ohne jede Hypothese gewonnen worden ist. Nun scheint mir nach diesen Gleichungen 1, 2 und 3 solle der Zusammenhang zwischen Druck, Temperatur und Höhe gesucht werden. Gleichung 3 lässt sich auf folgende Weise direct ableiten aus der Aequivalenz von Wärme und Arbeit:

»Wird ein Kilogramm Luft um dh Meter in die Höhe gehoben, so ist dazu eine Arbeit von dh Kilogramm-Meter erforderlich, oder also Adh Wärmeeinheiten nöthig. Die Luft muss diese Arbeit selbst verrichten. Wird ihr die Wärmemenge dQ von fremder Quelle mitgetheilt, so gibt sie davon einen Theil zur Vollendung dieser Arbeit her, während sie einen andern dq in Vorrath aufbewahrt. Es ist also:

$$dQ - dq = Adh.$$

Da die Schicht unendlich dünn ist, so kann der Druck als constant angenommen werden, und dq äussert sich als Temperaturerhöhung bei constantem Drucke, d. h. es ist

$$dq = cdT$$

und somit die Gleichung

$$dQ - cdT = Adh$$

mit 3 völlig übereinstimmend.

Diese Gleichung lässt sich ohne weiteres integriren und gibt

$$Q_2 - Q_1 = A(h_2 - h_1) + c(T_2 - T_1) \qquad 4)$$

wo die Grössen mit dem Index 1 für die untere Station, die mit dem Index 2 für eine obere gelten. Diese Gleichung 4 ist selbst gültig, wenn die zwei Punkte nicht senkrecht über einander in der Gassäule liegen, sondern horizontale Verschiedenheit haben, wenn nur für gleiche Höhen der Druck nahe derselbe ist, was man für geringere Länderstrecken, wie z. B. die Schweiz unbedenklich annehmen kann.

»Bei der Integration wurde A als constant angenommen, während diese Grösse streng genommen mit der Höhe und mit der geographischen Breite des Ortes sich ändert. Es ist nämlich A die einem Kilogramm-Meter entsprechende

Wärme. Ein Kilogramm ist immer dieselbe Menge Stoff, aber seine Wirkung als Druck hängt von der Schwerkraft ab und nimmt dieser proportional zu und ab. Dasselbe gilt somit auch von der Arbeitseinheit, dem Kilogramm-Meter. Dasselbe gilt somit auch von A.

»Nach den ausgezeichneten, von Herrn Prof. Mousson durchgeführten theoretischen Untersuchungen (Vierteljahrsschrift der naturforschenden Gesellschaft Zürich, Jahrgang 14, pag. 167—211) ist die Schwere bei ruhender Erde wohl zu unterscheiden von derjenigen bei rotirender, indem bei letzterer die Fliehkraft in Abzug kommt. Er nannte die letztere die Pendelschwere, und diese ist es offenbar, die bei unsern Untersuchungen in Betracht kommt. Bezeichnen wir dieselbe unter der Breite von 45^0 in der Meereshöhe mit g_0, so wird sie für eine Breite φ ebenfalls im Meeresniveau den Werth

$$g_1 = g_0\,(1 - \beta \cos 2\varphi) \qquad 5^a)$$

annehmen. Ist ϱ der Erdradius an einem Orte und erheben wir uns um h Meter über das Meeresniveau, so ist, da Normale und Radius der Erde nicht sehr verschieden sind und man zunächst von der Rotation absieht, sehr nahe in der Höhe h

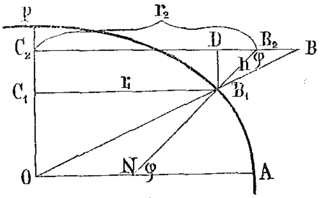
$$g_2 = g_1 \frac{\varrho^2}{(\varrho + h)^2} = g_1 \left(1 + \frac{h}{\varrho}\right)^{-2} \qquad 5^b)$$

In weitaus den meisten Fällen können die zweiten Potenzen von $\frac{h}{\varrho}$ vernachlässigt werden, und mit genügender Annäherung geschrieben werden

$$g_2 = g_1 \left(1 - 2\frac{h}{\varrho}\right) \qquad 5^c)$$

Bei der Erhebung um h Meter ändert sich die Fliehkraft ebenfalls. Bezeichnet r_1 die Entfernung von der Rotationsaxe im Meeresniveau, r_2 diejenige der Höhe h, so ist in letzterer Höhe die Fliehkraft um

$$\frac{4\pi^2}{\tau^2}(r_2 - r_1) \text{ grösser als im Meeresniveau,}$$



wo π das Verhältniss des Kreisumfanges zum Durchmesser und τ die Umlaufszeit der Erde bezeichnet. Nun ist für ein Sphäroid der Winkel $B_1NA = \varphi$ die gewöhnliche Polhöhe und somit einfach

$$r_2 - r_1 = B_2D = h\cos\varphi$$

also der Unterschied der Fliehkraft

$$df = \frac{4\pi^2}{\tau^2} h\cos\varphi$$

Diese Kraft wirkt der Schwerkraft entgegen, so dass für letztere bei rotirender Erde folgender Ausdruck gewonnen wird:

$$g = g_2 - \frac{4\pi^2}{\tau^2} h\cos\varphi \qquad 5^d)$$

also schliesslich:

$$g = g_0(1 - \beta\cos 2\varphi)\left(1 + \frac{h}{\varrho}\right)^{-2} - \frac{4\pi^2}{\tau^2} h\cos\varphi \qquad 6)$$

oder mit genügender Annäherung

$$g = g_0(1 - \beta\cos 2\varphi)\left(1 - 2\frac{h}{\varrho}\right) - \frac{4\pi^2}{\tau^2} h\cos\varphi \qquad 7)$$

Es ist nun wie schon erwähnt

$$A : A_0 = g : g_0 \quad \text{somit}$$

$$A = A_0(1 - \beta\cos 2\varphi)\left(1 + \frac{h}{\varrho}\right)^{-2} - A_0\frac{4\pi^2}{g_0\tau^2} h\cos\varphi \qquad 8)$$

oder sehr genähert

$$A = A_0(1 - \beta\cos 2\varphi)\left(1 - 2\frac{h}{\varrho}\right) - A_0\frac{4\pi^2}{g_0\tau^2} h\cos\varphi \qquad 9)$$

»Das zweite Glied rechts vom Gleichheitszeichen kann unbedenklich weggelassen werden, da

$$\log \frac{4\pi^2}{g_0 \tau^2} = 0{,}7318448 - 10$$

und somit selbst für den Aequator und die Höhe von 70000 Metern der Werth desselben nicht einmal 0,0000001 beträgt. Demnach ist einfacher

$$A = A_0 \,(1 - \beta \cos 2\,\varphi) \left(1 + \frac{h}{\varrho}\right)^{-2} \qquad 10^{a})$$

oder sehr nahe

$$A = A_0 \,(1 - \beta \cos 2\varphi) \left(1 - 2\,\frac{h}{\varrho}\right) \qquad 10^{b})$$

Unter Benutzung dieser Gleichungen gibt dann die Integration der Gleichung 3

$$Q_2 - Q_1 = A_0 \,(1 - \beta \cos 2\varphi)\, \varrho \left(\frac{1}{1 + \frac{h_1}{\varrho}} - \frac{1}{1 + \frac{h_2}{\varrho}}\right) - \\ - c(T_1 - T_2) \qquad 11^{a})$$

$$Q_2 - Q_1 = A_0 \,(1 - \beta \cos 2\varphi)\, (h_2 - h_1 \left(1 - \frac{h_2 + h_1}{\varrho}\right) - \\ - c(T_1 - T_2) \qquad 11^{b})$$

Ich habe den Factor $1 - \beta \cos 2\,\varphi$ als constant angenommen, da die Orte doch in der Polhöhe nicht zu verschieden sein dürfen, und desshalb der Cosinus sich nur wenig ändert. Um zu entscheiden, ob die zweite Gleichung bis an die Atmosphärengränze statt der ersten gesetzt werden könne, nehme ich

$$h_1 = 0 \qquad h_2 = 70000^{m}$$

und für den Radius den mittlern Werth

$$\varrho = 6370258^{m}$$

dann wird

$$\varrho \left(\frac{1}{1 + \frac{h_1}{\varrho}} - \frac{1}{1 + \frac{h_2}{\varrho}}\right) = \frac{\varrho^2}{(\varrho + h_1)(\varrho + h_2)} \cdot (h_2 - h_1) = 69239$$

$$\left(1 - \frac{h_2 + h_1}{\varrho}\right)(h_2 - h_1) = 69231.$$

»Der Unterschied ist also nur gering, so dass 11[b] ganz gut für die ganze Atmosphärenhöhe anstatt 11[a] gesetzt werden kann. Da jedoch der Rechnungsvortheil jedenfalls nicht von Belang ist, benutze ich zunächst 11[a] unter der Form:

$$Q_2 - Q_1 = A_0 \cdot \varrho^2 (1 - \beta \cos 2\varphi) \frac{h_2 - h_1}{(\varrho + h_1)(\varrho + h_2)} - \\ - c(T_1 - T_2) \qquad 12)$$

»Von dieser Gleichung können einige interessante Anwendungen gemacht werden. Nach Schmidt ist

$$\beta = 0{,}0025935.$$

Nach den Bessel'schen Bestimmungen der Erddimensionen wird für $\varphi = 47^0$ d. h. für die mittlere Polhöhe der Schweiz:

$$\varrho = 6365574, \quad \log \varrho = 6{,}8038375.$$

Wäre jetzt keine weitere Wärmequelle vorhanden, ausser die Wärme des Erdbodens, so müsste $Q_2 - Q_1 = 0$ sein und man somit die Gleichung haben:

$$A_0 \frac{\varrho^2}{(\varrho + h_1)(\varrho + h_2)} \cdot (1 - \beta \cos 2\varphi)(h_2 - h_1) = c(T_1 - T_2) \qquad 13^a)$$

oder

$$h_2 - h_1 = \frac{c}{A_0} \frac{(\varrho + h_1)(\varrho + h_2)}{\varrho^2} \cdot (1 + \beta \cos 2\varphi)(T_1 - T_2) \qquad 13^b)$$

Für trockene Luft ist

$$c = 0{,}23751.$$

Nehmen wir ferner $A_0 = \frac{1}{424}$ und z. B. $\varphi = 45^0$, so würde sich am Meeresspiegel für $T_1 - T_2 = 1^0$ ergeben:

$$h_2 - h_1 = \frac{c}{A_0} \cdot \frac{\varrho + h_2}{\varrho}$$

da $h_1 = 0$, oder:

$$h_2 - h_1 = 100{,}71^m \qquad 14)$$

d. h. wenn der Luft keine fremde Wärme zugeführt würde, müsste die Temperatur bei einer Erhebung um 101 Meter je um 1^0 Cels. abnehmen.

»Diese Thatsache ist schon anderweitig bekannt, und so z. B. von Zech (Jelineck, Zeitschrift für Meteorologie, Band II, pag. ....) erwähnt worden.

»Das Ergebniss ändert sich nur unwesentlich, wenn man sich einige hundert Meter über dem Meeresniveau befindet. Wird folglich aus der Höhe Luft in die Tiefe geführt, ohne dass sie dabei Wärme bekommt noch abgibt, so nimmt ihre Temperatur bei je 100,7 Meter Senkung um 1^0 Cels. zu. Dieses Ergebniss genügt, um zu erklären warum von den Bergen herabkommende Winde besonders im Winter bedeutend warme Luft mitführen, und man ist z. B. zur Erklärung der Wärme der Föhnluft nicht genöthigt, dieselbe aus irgend einem heissen Himmelsstrich herkommen zu lassen; es genügt, wenn sie von den Alpen herunter kommt, wie es folgende Daten noch mehr erläutern. Die Höhendifferenz zwischen Altorf und Gotthard beträgt 1640 Meter. Es muss also Luft, die vom Gotthard nach Altorf strömt ohne Veränderung ihres Wärmegehaltes um 16,2^0 Cels. zunehmen.

»Bei dem Föhn vom 2. und 3. December 1863, der besonders in Altorf spürbar war, zeigte das Thermometer auf dem Gotthard im Mittel — 8,0^0 Cels. und zu Altorf + 7,8^0. Die vom Gotthard herunterkommende Föhnluft müsste in Altorf die Temperatur $- 8{,}0 + 16{,}2 = 8{,}4^0$ haben, was mit dem beobachteten Werthe genügend übereinstimmt.

»Den 23. und 24. September 1866 war Föhn und auf dem Gotthard die Temperatur 6,5^0. Gelangt die Luft nach Altorf, so soll sie die Temperatur von 22,7^0 haben, während in letzterm Orte den 23. die Mitteltemperatur 23,6, den 24. 22,2° betrug.

»Den 14. Februar 1867 war bei Föhnwind auf dem Gotthard die Temperatur — 4,7°, also sollte sie nach unserm Principe in Altorf — 4,7 + 16,2 = 11,5° sein, während die Beobachtungen wirklich im Mittel 11,7° ergaben. Aehnlich in andern Fällen.

»Natürlich wird mehr in die Ebene hinaus die Wärme sich nach und nach auf immer grössere Luftmengen übertragen und so der Effect allmälig verschwinden.

»Gegen einen südländischen Ursprung und somit indirect für unsere Ansicht sprechen noch weitere Thatsachen: Käme die Föhnluft aus heissen Ländern, wie z. B. der Wüste Sahara, so müsste sie sich jedenfalls im Tessin und namentlich auch auf den Bergkämmen durch Erhöhung der Temperatur bemerkbar machen. Von dem zeigen aber die Beobachtungen nichts, wie aus folgenden Beispielen hervorgeht.

»Bei dem Föhne vom 2. und 3. December 1863 haben wir folgende Temperaturen:

	1. Dec.	2. Dec.	3. Dec.	4. Dec.
Lugano	3,8	1,7	1,6	5,9
Faido	1,3	-0,9	1,5	1,0
Gotthard	-8,8	-10,0	-6,0	-13,0
Andermatt	-3,8	-3,2	-2,3	-7.4
Altorf	1,6	8,4	7,2	2,1

Föhn vom 23. und 24. September 1866. Temperatur:

	20. Sept.	21. Sept.	22. Sept.	23. Sept.	24. Sept.	25. Sept.
Lugano	16,1	16,8	16,0	19,7	20,3	17,4
Faido	14,8	14,7	13,5	14,2	14,3	14,3
Gotthard	3,4	3,5	4,7	4,5	6,5	4,7
Andermatt	5,5	9,8	11,9	11,3	12,4	11,7
Altorf	12,4	14,9	19,5	23,6	22,2	21,4

Föhn vom 14.—17 Februar 1867.

	12. Febr.	13. Febr.	14. Febr.	15. Febr.	16. Febr.	17. Febr.	18. Febr.
Lugano	9,0	4,0	3,5	5,4	5,8	6,6	8,7
Gotthard	—9,7	—4,6	—6,4	—4,9	—3,5	—2,7	—2,9
Andermatt	—2,5	—0,3	—0,3	2,1	3,3	4,3	1,5
Altorf	5,5	8,0	11,7	14,8	15,7	13,7	7,6

Föhn vom 31. Jan. und 1. Febr. 1869. Temperatur — Mittel:

	30. Jan.	31. Jan.	1. Febr.	2. Febr.
Lugano	3,0°	2,8°	2,3	3,2
Airolo	0,7	0,8	1,0	1,7
Gotthard	—6,1	—4,4	—4,7	—5,9
Andermatt	—2,9	+2,7	2,3	0,3
Altorf	4,2	14,2	14,7	5,7

»Aehnliche Verhältnisse finden sich z. B. in Graubündten und bei andern Föhnstürmen. Wenn die Luft wirklich ihren Ursprung in der heissen Sahara hätte, müssten doch gewiss andere Temperaturverhältnisse erwartet werden. Da aber (im Winter besonders) ganz gewöhnliche Alpenlufttemperatur genügt, um die wärmende Wirkung in den Thälern zu erklären, glaube ich ist man nicht mehr daran gebunden den Ursprung im fernen Süden zu suchen. Dass auch auf dem Gotthard selbst eine geringe Temperaturerhöhung stattfindet, hat einfach seinen Grund darin, dass der Sturm noch aus etwas höhern Luftschichten herabkommt, da ja das Gotthardhospiz sich in einer Einsenkung befindet. Der Höhenunterschied zwischen St. Gotthard und Andermatt beträgt 650^m, also müsste der Temperaturunterschied bei einem Föhnsturm 6,5° betragen. Aus den angeführten Beispielen ergeben sich an den eigentlichen Föhntagen wirklich Differenzen, die den theoretisch berechneten sehr nahe kommen. Es ist hier nicht mein Zweck, die Föhnfrage weiter zu erörtern. Doch sprechen die angeführten Belege sehr zu Gunsten einer von Herrn Wettstein ausgesprochenen Ansicht. Letzterer suchte in einem in der Zürcher naturforschenden Gesellschaft gehaltenen Vortrage durch viele Belege nachzuweisen, dass sehr wohl der Golfstrom die Ursache der Föhnstürme sein könnte. Wenn nämlich die Temperatur des Golfstroms bedeutend die der Umgebung übersteigt, muss sich ein aufsteigender Luftstrom entwickeln, und so durch Aspiration ein starker Sturm entstehen, der eben in den Alpen seine natürliche Grenze haben wird.

»Hoffentlich wird Herr Wettstein seine Belege bald veröffentlichen, damit sich die Meinungen für und wider aussprechen können.

»Ist die Ansicht Wettstein's richtig, so muss jedes mal ein Föhn stattfinden einige Tage nachdem sich im Golfstrom eine Temperaturerhöhung gezeigt hat. Temperaturbeobachtungen des Golfstromes sind mir leider keine zugänglich. Zufällig habe ich in dem Lehrbuch für Meteorologie von Marié Davy, pag. 145 folgende von Duchesne, Kapitän des Dampfers »l'Europe« im Jahre 1865 angestellte Beobachtungen gefunden:

1865	Temp. der Luft	des Golfstroms	Differenz
10. Nov.	8°	11°	+3°
11. „	4,5°	14,5°	+10°
12. „	4,5°	21,0°	+16,5°

»Innert zwei Tagen nahm also die Differenz, auf die es einzig ankommt, um volle 13° zu, und es ist desshalb zu erwarten, dass dieser Erscheinung ein starker aufsteigender Luftstrom und demnach auch ein Föhn folgen werde, wenn die Wettstein'sche Theorie richtig ist. Nehmen wir die Geschwindigkeit des Windes zu 5 Metern per Secunde und die mittlere Entfernung des Golfstromes zu 3500—4000 Kilometern an, so müsste nach circa 9 Tagen der Föhn eintreten, da er per Tag nach obiger Annahme, die jedenfalls nicht sehr von der Wahrheit verschieden ist, 430 Kilometer zurücklegen müsste. Nun finden wir in den schweizerischen meteorologischen Beobachtungen für Altorf vom 23.—26. November 1865 einen starken SO Föhn mit bedeutender Temperaturerhöhung, während sich südlich von den Alpen wieder die Erscheinung gar nicht zeigte, wie nachstehende Daten ergeben:

Föhn vom 23.—26. November 1865. Temperatur:

	20. Nov.	21. Nov.	22. Nov.	23. Nov.	24. Nov.	25. Nov.	26. Nov.	27. Nov.
Lugano	3,4	4,0	7,6	8,4	9,3	9,0	9,4	9,7
Gotth.	—5,2	—5,5	—2,4	—1,8	—0,5	—1,3	—0,7	—2,0
Anderm.	—0,1	1,3	3,4	4,2	5,1	4,9	5,5	0,8
Altorf	2,7	7,4	8,6	14,8	17,3	17,2	17,1	7,6

»Wären noch mehr ähnliche correspondirende Beobachtungen mit ähnlicher Uebereinstimmung vorhanden, so würden sie den schlagendsten Beweis für die Richtigkeit der Behauptungen Wettstein's bilden, während Gegner derselben die Uebereinstimmung bei einer einzigen Beobachtung als zufällig darstellen können.

»Ist unser Föhn ein vom Golfstrom verursachter Aspirationswind, so muss ihm nothwendig in Amerika in weitaus den meisten Fällen ein NW Wind bis Nordwind entsprechen, da die Aspiration zu beiden Seiten des Stromes vor sich geht. Auch diese Consequenz habe ich bei allen Vergleichungen unserer Föhne mit Washingtoner Beobachtungen auf das Schönste bestätigt gefunden. Doch will ich Herrn Wettstein nicht vorgreifen, und ihm es überlassen seiner Zeit das Material als Beweisstücke zu liefern.

»Gleichung 12 gestattet zu bestimmen, wie viel Wärmeeinheiten ein Kilogramm Luft an einem Orte mehr absorbirt habe als an einem andern. Soll jedoch die Rechnung genau durchgeführt werden, so muss die Luft als ein Gemisch von trockener atmosphärischer Luft und Wasserdampf angesehen werden, und für dieses ist die specifische Wärme c eine etwas andere als für trockene Luft. Es soll zunächst die Correction von c bestimmt werden. Nehmen wir an p sei der Gesammtdruck, und p'' die Spannkraft des Wasserdampfes, so ist die Spannkraft der trockenen Luft

$$p' = p - p''.$$

»Nach dem Dalton'schen Diffusionsgesetze breiten sich zwei Gase in einem Raume unbekümmert um einander und ohne einander zu drücken gleichmässig aus.

»Wenn also S' das Gewicht der im Cubikmeter enthaltenen trockenen Luft, S'' das Gewicht des Wasserdampfes bezeichnet, ist einfach

$$S' = \frac{p'}{R'T} \qquad S'' = \frac{p''}{R''T}$$

wenn R' und R'' die Constanten für trockene Luft und Wasserdampf bezeichnen. Ferner ist $S = S'' + S''$ das Gewicht des Cubikmeters Mischung und $S = \frac{p}{RT}$ wenn R die Constante der Mischung ist.

»Bezeichnen nun c' und c'' die specifischen Wärmen für trockene Luft und Wasserdampf, so muss offenbar für deren Mischung die Gleichung

$$cS = c' . S' + c'' . S'' \tag{15}$$

gelten, wenn c die specifische Wärme der Mischung bedeutet. Setzen wir die Werthe von S, S' und S'' ein, so ergibt sich:

$$\frac{cp}{R} = \frac{c'p'}{R'} + \frac{c''p''}{R''}$$

$$c = c' . \frac{p'}{p} . \frac{R}{R'} + c'' \frac{p''}{p} . \frac{R}{R''} \tag{16}$$

Nach $\qquad S = S' + S'' \qquad$ oder $\frac{p}{R} = \frac{p'}{R'} + \frac{p''}{R''}$

wird
$$\frac{p'}{p} \cdot \frac{R}{R'} = 1 - \frac{p''}{p} \cdot \frac{R}{R''}$$
und es geht somit Gleichung 16 über in
$$c = c' + \frac{p''}{p} \frac{R}{R''} (c'' - c') \tag{17}$$
oder sehr nahe
$$c = c' + \frac{p''}{p} \cdot \frac{R'}{R''} (c'' - c') \tag{18}$$
$\frac{R'}{R''}$ ist aber wie bekannt nichts anderes als die Dichte des Wasserdampfes bezogen auf trockene Luft, somit
$$\frac{R'}{R''} = 0{,}622 \text{ und nach Regnault}$$
$$c' = 0{,}23751 \qquad c'' = 0{,}4805$$
also schliesslich
$$c = c' + 0{,}1511 \frac{p''}{p} \tag{19}$$
»Für $\frac{p''}{p}$ muss dann das Mittel aus den an beiden Stationen gefundenen und gewöhnlich nicht sehr verschiedenen Werthen genommen werden.

»Für Zürich und Uetliberg ist nun

$h_1 = 480^m \quad h_2 = 874^m \quad h_2 - h_1 = 394^m. \quad \varphi = 47^0 23'$

und es wird daher
$$A = A_0 \frac{\varrho^2}{(\varrho + h_1)(\varrho + h_2)} (1 - \beta \cos 2\varphi) = \frac{1}{424} \cdot (\overline{1},99982) =$$
$$= 0{,}0023575$$
wo $(\overline{1},99982)$ den Log. bedeutet, während
$$A_0 = 0{,}0023585 \text{ ist.}$$
Es wird also für Zürich-Uetliberg
$$Q_2 - Q_1 = 0{,}928855 - c(T_2 - T_1).$$
»Für das Jahr 1868 haben sich folgende mittlere Monatswerthe ergeben:

		Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Octob.	Nov.	Dec.
Zürich	T_1	271,44°	276,24	276,60	281,62	292,19	291,74	292,55	291,74	289,76	282,96	274,61	278,99
Uetliberg	T_2	269,34°	274,39	273,54	278,84	289,24	288,46	289,00	288,77	287,90	280,31	272,55	277,30
Zürich	p_1	720,17^{mm}	726,75	721,14	720,00	721,58	723,34	721,29	721,60	719,51	721,25	720,33	718,47
Uetliberg	p_2	684,87^{mm}	692,13	686,44	685,95	688,60	690,18	688,28	688,53	686,62	687,41	685,96	684,69
Zürich	p_1''	3,64^{mm}	4,53	4,76	6,15	10,83	11,18	12,75	12,11	11,41	7,96	4,67	5,91
Uetliberg	p_2''	—	—	—	5,70	10,24	10,49	11,41	11,20	10,23	6,92	4,28	5,50
Zürich	$\frac{p_1''}{p_1}$	0,0050	0,0062	0,0066	0,0086	0,0150	0,0155	0,0179	0,0168	0,0158	0,0110	0,0065	0,0082
Uetliberg	$\frac{p_2''}{p_2}$	—	—	—	0,0083	0,0149	0,0152	0,0166	0,0163	0,0149	0,0101	0,0063	0,0080
$T_1 - T_2$		2,10°	1,85	3,06	2,78	2,95	3,28	3,55	2,97	1,86	2,65	2,06	1,69
c		0,23827	,23845	,23851	,23879	,23977	,23982	,24012	,24000	,23972	,23911	,23848	,23873

»Mit Benutzung dieser Werthe ergeben sich für die verschiedenen Monate des Jahres 1868 im Mittel folgende Werthe für $Q_2 - Q_1$

I. 0,45231 II. 0,49964 III. 0,19901 IV. 0,28412 V. 0,22153
VI. 0,14225 VII. 0,07642 VIII. 0,21605 IX. 0,48297 X. 0,29521
XI. 0,43758 XII. 0,52540.

»Die Zahlen sind in den einzelnen Monaten ziemlich verschieden und wie man sieht in den Wintermonaten durchschnittlich bedeutend grösser als in den Sommermonaten. Die Hauptursache hievon liegt wohl in der Nebelbildung. Im Winter ist die Luft bälder mit Wasserdampf gesättigt als im Sommer. Er kondensirt sich also leichter schon in geringern Tiefen, um so häufig Nebel zu bilden. So enthält z. B. die Luftsäule zwischen Uetliberg und Zürich oft Wochen lang einen ziemlich dichten Nebel und so auch in den Wintermonaten des Jahres 1868. Durch die Condensation wird aber Wärme erzeugt, die an die umgebende Luft abgeht. Wenn also zwischen Zürich und Uetliberg die Höhe zunimmt, kommt mit jeder noch so kleinen Steigung die durch die Condensation frei gewordene Wärme hinzu, und so muss nothwendig im Winter die Differenz der Wärmemengen grösser sein als im Sommer.

»Dass diese Ursache zur Erklärung genügend ist, geht aus folgendem hervor: Nehmen wir die mittlere Temperatur der Wintermonate zu 273^0 C. an (sie ist in Wirklichkeit für 1868 grösser), so enthält die Luft, weil sie vor der Nebelbildung gesättigt sein muss, im Cubikmeter

$$S' = \frac{4,60}{3,4614 \times 273} = 0,004868 \text{ Kilogramm} = 4,868$$

Gramm Wasserdampf.

»Für das Kilogramm Luft, auf das sich unsere $Q_2 - Q_1$ beziehen, ergeben sich hieraus für den mittlern Druck von 700^{mm} und 273^0 4,089 Gramm Wasserdampf. Condensirt sich hievon nur ein Gramm, so sind dazu 0,606 Wärmeeinheiten nöthig und somit die Zunahme der Wärmemenge genügend erklärt, da der Unterschied zwischen der grössten Winterwärme und der kleinsten Sommerwärme nur 0,44898 Einheiten pro Kilogramm beträgt. Den Unterschied im Sommer müssen wir jedenfalls zum grossen Theil der Absorption directer Sommerwärme durch die Luft zuschreiben, da in dieser Jahreszeit sich nur äusserst selten in dieser geringen Höhe Wasserdampf condensirt, und wir als wahrscheinlich annehmen können, die Wärmezufuhren durch Winde compensiren sich, indem der eine von der einen Richtung wärmere, der andere von der andern kältere Luft bringt.

»Indem ich vorstehendes nur als Beispiel betrachte, behalte ich mir vor, in einer folgenden Abhandlung die Wärmeverhältnisse der Schweiz nach den angedeuteten Principien zu behandeln.

»Jetzt will ich noch einen Umstand erwähnen, den bis jetzt alle Luftschifffahrten gezeigt haben, nämlich dass in einer gewissen Höhe die Temperatur viel langsamer sinkt als in tiefern oder höhern Schichten.

»Man hat den Grund dieser Verzögerung der Temperaturabnahme allgemein in einer starken Condensation des Wasserdampfes und der dabei frei werdenden Wärme gesucht. Diese Annahme wird unterstützt durch die Beobachtung einer beträchtlichen Senkung des Thaupunktes, der die Verzögerung begleitet. Dass diese Annahme richtig ist, oder wenigstens zur Erklärung der Erscheinung vollständig ausreicht, lässt sich durch die Gleichung 12 darthun.

»Nehmen wir z. B. die Beobachtungen, welche Gay-Lussac auf seiner Luftschifffahrt den 16. September 1804 gefunden hat.

»Folgendes sind, immer drei Beobachtungen zu einem Mittel zusammengezogen, die zusammengehörigen Werthe von Höhe und Temperatur:

Höhe in Met.:	0^m	3370^m	4354^m	4981^m	5472^m	6096^m	6930^m
Temperatur T:	$303^\circ,80$	$283^\circ,66$	$282^\circ,09$	$277^\circ,69$	$275^\circ,29$	$270^\circ,29$	$264^\circ,87$

»Die erste Partie gibt eine Temperaturabnahme von 1^0 C. auf 167^m Erhebung, die zweite Partie auf 627^m, die dritte auf 141^m, die vierte auf 205^m, die fünfte auf 125^m und die sechste auf 154^m.

»Nehmen wir jetzt an es steige ein Kilogramm atmosphärische mit Wasserdampf vermischte Luft in die Höhe. Da ihre Temperatur in der ersten Schicht um 20^0 sinkt, so können wir sie in der Höhe von 3370 Metern und $283{,}66^0$ absoluter Temperatur als gesättigt annehmen und es beträgt alsdann die Spannkraft des Wasserdampfes $9{,}58^{mm}$. Feuchtigkeitsbestimmungen bei dieser Fahrt stehen mir keine zu Gebote und ich nehme desshalb für c den Werth, den der September für Zürich gibt in runder Zahl $c = 0{,}2400$. Diese Zahl ist jedenfalls nicht sehr von der Wahrheit abweichend. Für Paris ist $\varphi = 48^0 50'$ und es wird also in der ersten Schicht:

$$A_0 (1 - \beta \cos 2\varphi) \frac{\varrho^2}{(\varrho + h_1)(\varrho + h_2)} = A = 0{,}0023564$$

$$\log A = \overline{3}{,}37225$$

in der zweiten $\quad A = 0{,}0023538 \quad \log A = \overline{3}{,}37195$

da $\quad \varrho = 6365201^m \quad \log \varrho = 6{,}8038122.$

Gleichung 12 gibt

$$Q_2 - Q_1 = A(h_2 - h_1) - c(T_1 - T_2) \qquad 20)$$

und danach gibt die erste Schicht:

$$Q_2 - Q_1 = 3{,}1075 \text{ für } 3370 \text{ Meter,}$$

die zweite Schicht:

$$Q_2 - Q_1 = 1{,}9403 \text{ für } 984 \text{ Meter.}$$

»Würde die Wärmemenge gleichmässig und so wie in der ersten Schicht zunehmen, so kämen auf die 984 Meter der zweiten Schicht 0,9073 Wärmeeinheiten pro Kilogramm, während in Wirklichkeit 1,9403 Einheiten darauf kommen und somit 1,0330 Einheiten einen andern Ursprung als in der untersten Luftschicht haben müssen. Nun besitzt gesättigter Wasserdampf bei 283,66° absoluter Temperatur die Spannkraft von 9,58^{mm} und es enthält somit ein Kilogramm Luft unter Bezugnahme auf die früher angewandte Bezeichnung

$$1000 \cdot \frac{p''}{p} \cdot \frac{R}{R''} = 11,684 \text{ Gramm}$$

den Barometerstand $p = 510^{mm}$ gesetzt.

»Bei der Temperatur 282,09° und 4354^{m} Höhe ist die Spannkraft des gesättigten Wasserdampfes $p'' = 8,63^{mm}$ und es würde in diesem Falle das Kilogramm Luft nur noch 10,734 Gramm Wasserdampf enthalten und es müsste sich nothwendig circa 1 Gramm condensiren. Hiezu sind aber ungefähr 0,6 Wärmeeinheiten nöthig. Da aber wie schon erwähnt in diesen Höhen ein beträchtliches Sinken des Thaupunktes beobachtet wurde, müssen wir annehmen es habe sich mehr condensirt. Zu den noch fehlenden 0,4 Wärmeeinheiten ist noch die Condensation von nur noch 0,7 Gramm Wasserdampf nöthig und es ist dann die relative Feuchtigkeit der Luft

$$f = \frac{10,0}{10,7} = 0,94$$

d. h. sie besitzt noch einen ziemlich starken Grad von Feuchtigkeit. Die Condensation des Wasserdampfes genügt also vollkommen um die Verzögerung der Temperaturabnahme zu erklären.

»Natürlich können Luftströmungen noch stärkere Condensation bewirken und die entstandene Wärme theilweise fortführen, so dass die relative Feuchtigkeit geringer, als eigentlich nöthig, wird. Weiter nach oben kühlt sich die Luft wieder ab, und bis wieder der Sättigungspunkt erreicht ist, sinkt die Temperatur rascher. Dann scheidet sich wieder Wasser in flüssiger Form aus und es erfolgt wieder ein langsameres Sinken; dieser Gang kann sich noch mehrere Male wiederholen, bis nahe aller Wasserdampf ausgeschieden ist. Wenn der Wasserdampf gänzlich condensirt ist, so wird das Sinken der Temperatur mit der Höhe, von zufälligen Einflüssen abgesehen, nur noch von der Absorption der Sonnenwärme abhängen. Wahrscheinlich wird von zwei Luftsäulen gleicher Höhe und gleicher Basis die dichtere mehr absorbiren als die dünnere und somit $Q_2 - Q_1$ nach Condensation des Wasserdampfes nach oben hin für gleiche Höhendifferenzen immer kleiner werden, somit auch die Temperatur nach Gleichung 20 rascher sinken.

»Aehnliche Erscheinungen zeigten sich bei andern Luftschifffahrten, wie z. B. bei den von Welsh und Green in Kew im Jahre 1852 unternommenen. Diese ergaben nämlich folgende Erhebungen für 1° C. Temperaturabnahme:

den 17. Aug. 1852:	zwischen	0 und 1200	Met.	Erheb.	152	Met.	für 1° C. Abn.
	„	1200 und 2200	„	„	274	„	„ „ „ „
	„	2200 und 6000	„	„	162	„	„ „ „ „
den 26. Aug. 1852:	„	0 und 2200	„	„	155	„	„ „ „ „
	„	2200 und 3000	„	„	475	„	„ „ „ „
	„	3000 und 5800	„	„	163	„	„ „ „ „

»Die Beobachtungen vom 21. October liefern für die untere und obere Abtheilung ziemlich dieselben Resultate wie die angegebenen. Die mittlere Schicht, von 800—1500 Meter gehend, zeigt anfänglich sogar ein Steigen der Temperatur. Diese Ergebnisse sind ebenso genügend zu erklären wie die Gay-Lussac'schen. Namentlich das letzt erwähnte eines Steigens der Temperatur mit der Höhe. Wenn nämlich so viel Wasser condensirt wird, dass

$$Q_2 - Q_1 > A(h_2 - h_1)$$

wird, muss nach Gleichung 20 $T_2 - T_1$ negativ werden.

»Die Temperatur der Schicht betrug circa 10° C. und enthielt somit, wenn sie gesättigt war, per Kilogramm 8,32 Gramm Wasserdampf, den Luftdruck zu 680^{mm} angenommen.

$A(h_2 - h_1)$ wird nun, wenn von der Schwerecorrection abgesehen wird, zwischen 800 und 1500 Metern den Werth

$$\frac{700}{424} = 1{,}65 \text{ Wärmeeinheiten geben.}$$

»Wenn sich also von den 8,32 Grammen Wasserdampf 3 Gramm verdichten, so werden 1,8 Wärmeeinheiten frei und es muss die Differenz $T_1 - T_2$ negativ werden. Dass wirklich beträchtliche Condensation eingetreten war, bezeugt die Angabe, es sei bei der Auffahrt vom 21. October in 900 Meter Höhe eine Wolkenschicht durchdrungen worden, und über derselben sei der Thaupunkt beträchtlich gefallen.

»Endlich wird ebenso leicht eine tägliche Periode wie eine jährliche in der Erhebung, die einer Temperaturabnahme von 1° C. entspricht, zu erklären sein. Mittags 2 bis 3 Uhr ist die Temperatur am grössten, also überall die Luft am wenigsten mit Wasserdampf gesättigt. In dieser Zeit wird also die Luft wenigstens in den uns zugänglichen Regionen nur durch Absorption von Sonnenwärme mehr Wärmeinhalt haben. Die Nacht durch sinkt die Temperatur; in der Höhe kann sich in Folge dessen der Wasserdampf condensiren, und so erhält die obere Luftschicht Wärme, während diess an tiefer gelegenen Orten nicht der Fall ist; die Temperaturdifferenz wird geringer, oder einer Temperaturabnahme von 1° C. entspricht eine grössere Erhebung.

»Dass auch hier die durch Condensation gebildete Wärme genügt, lässt sich an folgendem Beispiele ersehen: Im Mittel ergaben sich im Juli 1868 für Genf und Simplon folgende Werthe für Temperaur T und relative Feuchtigkeit f:

	Mittag	2^h	4^h	6^h	8^h	10^h	12^h	2^h	4^h	6^h	8^h	10^h
Genf T_1	295,44	296,36	296,38	295,60	293,10	291,01	289,32	288,02	287,60	288,85	291,92	293,95
Simplon T_2	285,68	286,20	285,62	283,94	282,26	281,29	280,62	279,74	279,56	280,84	282,88	284,61
$T_1 - T_2 =$	9,76	10,16	10,76	11,66	10,84	9,72	8,70	8,28	8,04	8,01	9,04	9,34
Genf f_1	0,556	0,520	0,511	0,548	0,663	0,751	0,814	0,859	0,883	0,841	0,719	0,616
Simplon f_2	0,699	0,694	0,722	0,784	0,849	0,882	0,897	0,918	0,924	0,880	0,799	0,732

Hieraus ergibt sich mit genügender Genauigkeit die Spannkraft p'' des Wasserdampfes:

	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm				
Genf $p_1'' =$	11,22	11,10	10,90	11,18	11,60	11,54	11,25	10,93	10,93	11,27	11,69	11,35
Simplon $p_2'' =$	7,64	7,81	7,86	7,64	7,41	7,22	6,90	6,75	6,71	6,97	7,25	7,47

Es geben diese Daten folgende Gramme Wasser im Kilogramme Luft:

Genf	9,59	9,49	9,33	9,57	9,92	9,87	9,63	9,35	9,35	9,64	10,00	9,71
Simplon	7,89	8,06	8,11	7,89	7,66	7,47	7,13	6,98	6,94	7,20	7,50	7,72

wenn der Luftdruck für Genf $p_1 = 727^{mm}$ für den Simplon $p_2 = 602^{mm}$ gesetzt wird. Die Höhen der beiden Stationen:

$$\text{Genf: } h_1 = 408^m \qquad \text{Simplon: } h_2 = 2008^m \qquad \varphi = 46^0 13'.$$

$$h_2 - h_1 = 1600^m.$$

und es wird

$$\log A = \overline{3},37242 \qquad A = 0,0023573$$

und im Mittel $c = 0,23960$, somit nach Gleichung 20

$$Q_2 - Q_1 = 3,7717 - 0,23960(T_1 - T_2).$$

Nach diesem Ausdruck geben die angeführten Daten:

	Mittag	2^h	4^h	6^h	8^h	10^h	12^h
$Q_2 - Q_1 =$	1,433	1,337	1,194	0,978	1,175	1,443	1,687
	2^h	4^h	6^h	8^h	10^h		
	1,788	1,846	1,852	1,606	1,534		

»Da das Kilogramm Luft auf dem Simplon durchschnittlich 1 bis 2 Gramm weniger Wasserdampf enthält als in Genf, so muss man annehmen, dass die fehlende Menge entweder beim Aufsteigen sich condensirt habe, oder beim Verdunsten sich auf dem Simplon so viel weniger gebildet habe. Beiden Fällen entspricht in Wirklichkeit, dass das Kilogramm Luft auf dem Simplon jedenfalls so viel Wärme mehr enthalte als durch Condensation dieser 1 bis 2 Gramme entstehen. Nehmen wir an, jedes Gramm brauche zur Verdunstung 0,6 Wärmeeinheiten, so erhalten wir folgende durch Condensation oder stärkere Verdunstung entstehende Wärmeunterschiede:

	Mittag	2^h	4^h	6^h	8^h	10^h	12^h
Simplon-Genf:	1,020	0,858	0,732	1,008	1,356	1,440	1,500
	2^h	4^h	6^h	8^h	10^h		
	1,422	1,446	1,464	1,500	1,194	Wärmeeinh.	

»Die Differenzen zwischen diesen Condensationswärmen und dem oben berechneten ergeben sich wie folgt:

0,413 0,479 0,462 —0,030 —0,181 0,003 0,187 0,366 0,400 0,388 0,106 0,340 Wärmeeinheiten, so dass die Differenz Nachts eher kleiner ist als am Tage, und daher die Wärmezunahme Nachts vollständig durch die Condensation des Wasserdampfes erklärt wird.

»Nach diesem Monate würde sich durch Condensation sogar gegen Sonnenuntergang und nachher ein Ueberschuss an Wärme ergeben, der in der Luft nicht mehr vorhanden ist. Um zu entscheiden ob diess nur für diesen einzelnen Monat blosser Zufall sei, oder ob diese Wahrnehmung auch im Mittel mehrerer Jahre sich zeige, habe ich die Mittel für Genf und Simplon aus den sieben Beobachtungsjahren 1864 bis und mit 1870 genommen, in der Meinung, dass sich dann bloss zufällige Wärmeaufnahmen und Abgaben grossentheils eliminiren. Der Monat Juli dieser Jahre gab im Mittel folgende Resultate:

Zeit	T_1	T_2	T_1-T_2	f_1	f_2	p_1''	p_2''	S_1''	S_2''	Q_2-Q_1	q	Diff.
						mm	mm	gr.	gr.			
0^h	295,97	286,34	9,65	0,524	0,626	10,92	7,09	9,34	7,32	1,461	1,212	0,249
2	296,98	296,94	10,00	0,487	0,607	10,65	7,23	9,11	7,47	1,377	0,984	0,393
4	296,90	286,58	10,32	0,489	0,625	10,78	7,24	9,21	7,48	1,300	1,038	0,252
6	295,73	284,86	10,87	0,538	0,689	11,05	7,13	9,45	7,36	1,169	1,254	-0,085
8	293,38	282,93	10,45	0,644	0,761	11,47	6,94	9,81	7,17	1,271	1,578	-0,307
10	291,48	281,77	9,75	0,716	0,802	11,33	6,75	9,69	6,97	1,547	1,632	-0,085
12	289,95	280,98	8,97	0,772	0,830	11,10	6,65	9,49	6,87	1,634	1,572	0,062
14	288,35	280,08	8,27	0,831	0,862	10,79	6,48	9,23	6,69	1,791	1,524	0,267
16	287,57	279,97	7,60	0,862	0,866	10,63	6,47	9,10	6,68	1,952	1,452	0,500
18	288,78	281,43	7,35	0,815	0,809	10,88	6,58	9,31	6,80	2,013	1,506	0,507
20	292,18	282,62	8,54	0,678	0,726	11,20	6,93	9,58	7,16	1,727	1,452	0,275
22	294,22	285,29	8,93	0,590	0,663	11,05	7,06	9,45	7,30	1,635	1,290	0,345

T_1 und T_2 sind die absoluten Temperaturen, f_1 und f_2 die relative Feuchtigkeit, p_1'' und p_2'' die diesen entsprechenden Spannkräfte des Wasserdampfes in Millimetern, S_1'' und S_2'' die im Kilogramme Luft enthaltene Menge Wasserdampf in Grammen. Der Index 1 bezieht sich auf Genf, der Index 2 auf Simplon. $Q_2 - Q_1$ ist die nach Gleichung 20 berechnete Wärmedifferenz des Kilogramms Luft; q die aus der Condensation der $(S_1'' - S_2'')$ Gramme Wasserdampf resultirende Wärme, unter der Annahme, dass die Condensation von 1 Gramm Wasser 0,6 Wärmeeinheiten liefere.

Endlich ist in der letzten Rubrik die Differenz $Q_2 - Q_1 - q$ enthalten. Die Zeit ist von Mittag weg gezählt. Wenn die Grössen p''_1 und p''_2 ganz genau sein sollten, hätte man eigentlich dieselben für jede einzelne Beobachtungsstunde berechnen und aus den so erhaltenen Zahlen das Mittel nehmen sollen. Da mir jedoch die einzelnen Beobachtungen nicht zu Gebote standen, habe ich mich begnügt, die Spannkraft des Wasserdampfes aus den mittleren relativen Feuchtigkeiten und den mittleren Temperaturen zu bestimmen. Die so erhaltenen Zahlen weichen nur wenig von den wirklichen Mitteln ab und können zur Noth genügen.

»Die Zahlen der letzten Rubrik zeigen, dass die Wärmedifferenzen bei Nacht eher kleiner als am Tage sind, und somit die Abnahme der Temperaturdifferenz wieder ihre völlige Erklärung in der Condensation des Wasserdampfes findet.

»Da sich auch in diesen Mitteln wieder negative Differenzen, und zwar um die gleiche Zeit wie im einzelnen Juli des Jahres 1868 sich zeigen, so müssen wir vermuthen, dass diese Erscheinung nicht bloss Spiel des Zufalls ist, und ihren bestimmten Grund haben muss.

»Der Ueberschuss an Condensationswärme erscheint als rein verschwunden, und muss desshalb irgend welche Arbeit, oder irgend eine der Arbeit æquivalente Leistung verrichtet haben. Da diese negativen Differenzen gerade in die Zeit der Gewitter fallen, könnte man versucht sein, anzunehmen, die verlorene Wärme habe sich in Elektricität verwandelt. Es hat Wettstein meines Wissens zuerst die Ansicht ausgesprochen, es möchte die Gewitterelektricität aus Wärmeverwandlung entstanden sein. Ist dieselbe richtig, so müssen gewitterlose Monate, wie z. B. der October, keine negativen Differenzen geben. Die October-mittel der vier Jahre 1864 bis und mit 1867 geben nun folgende Uebersichtstabelle:

Zeit	T_1	T_2	T_1-T_2	f_1	f_2	p_1''	p_2''	S_1''	S_2''	Q_2-Q_1	q	Diff.
						mm	mm	gr.	gr.			
0^h	285,46	276,23	9,23	0,705	0,762	7,59	4,40	6,51	4,59	1,558	1,152	0,406
2	286,16	276,13	10,03	0,664	0,787	7,50	4,51	6,43	4,70	1,377	1,038	0,339
4	285,62	274,99	10,63	0,694	0,848	7,54	4,49	6,46	4,68	1,234	1,068	0,166
6	283,98	274,01	9,97	0,774	0,889	7,57	4,38	6,49	4,57	1,391	1,152	0,239
8	282,79	273,56	9,23	0,818	0,904	7,38	4,33	6,33	4,52	1,558	1,086	0,472
10	281,81	273,26	8,55	0,855	0,910	7,24	4,27	6,21	4,45	1,731	1,056	0,675
12	281,18	272,98	8,20	0,876	0,908	7,10	4,16	6,09	4,34	1,814	1,050	0,764
14	280,50	272,81	7,69	0,897	0,898	6,94	4,06	5,96	4,23	1,932	1,038	0,894
16	279,95	272,60	7,35	0,910	0,898	6,79	4,00	5,82	4,17	2,017	0,990	1,027
18	280,27	272,52	7,75	0,897	0,902	6,84	4,01	5,86	4,18	1,921	1,008	0,913
20	281,56	273,23	8,33	0,865	0,872	7,20	4,08	6,20	4,25	1,783	1,170	0,613
22	283,97	274,89	9,08	0,773	0,806	7,55	4,24	6,47	4,42	1,594	1,230	0,364

»Leider sind für den October der auf 1867 folgenden Jahre für den Simplon keine Feuchtigkeitsangaben vorhanden, so dass ich mich mit den Mitteln von 4 Jahren begnügen musste. Die Wärmedifferenzen sind hier nun wirklich alle positiv ausgefallen, so dass der oben angegebene Grund der negativen Differenzen an Wahrscheinlichkeit gewinnt. Die Detailbeobachtungen stehen mir nicht zu Gebote, so dass ich nicht die Gewittertage von den Tagen ohne Gewitter sondern, und den Gang bei beiden einzeln untersuchen kann. Denn wenn dieser Weg eingeschlagen werden könnte, würde sich ein positiver Entscheid über die Zulässigkeit der oben ausgesprochenen, jetzt nur als wahrscheinlich dargestellten Ansicht fällen lassen. Man könnte den Grund vielleicht auch in einer schnellern Erkaltung des kahlen Gesteins auf Simplon suchen; doch müsste sich dann im October dieselbe Erscheinung zeigen. Auffallend ist im October das Wachsen der Wärmedifferenz die Nacht hindurch, und das Abnehmen am Tage. Diese Erscheinung lässt sich leicht auf folgende

Art erklären. Wie die Monatstabellen ergeben, fällt in diesem Monat schon jährlich auf dem Simplon Schnee bis zu einer Höhe von über 30^{cm}. Am Tage steigt die Temperatur ziemlich über den Eispunkt, Nachts sinkt sie unter denselben (den Gefrierpunkt bei 273^0 C. absoluter Temperatur angenommen). Am Tage wird also der Schnee ganz oder zum Theil schmelzen, und so Wärme absorbiren; bei Nacht gefriert er wieder, und es wird Wärme frei. In Genf fällt in diesem Monat nur zur grössten Seltenheit Schnee, und somit ist hier der für den Simplon vorhandene Grund der Wärmeentwicklung bei Nacht und des Wärmeverbrauchs bei Tage nicht vorhanden. Daher muss während der Nacht die Wärmedifferenz steigen, am Tage wieder zurückgehen. Natürlich ist in $Q_2 - Q_1$ auch die von der Luft direkt absorbirte Sonnenwärme enthalten. Einen weitern Beleg der ausgesprochenen Ansicht liefern die Wärmedifferenzbestimmungen der einzelnen Monate. In der nachfolgenden Tabelle findet sich die Bestimmung derselben ebenfalls für Genf und Simplon als Mittel aus den Jahren 1864 bis und mit 1868, wo die einzelnen Buchstaben die gleiche Bedeutung wie in den vorhergehenden Beispielen haben.

Monat	T_1	T_2	T_1-T_2	f_1	f_2	S''_1	S''_2	$S''_1-S''_2$	q	Q_2-Q_1	Diff.
Jan.	273,62	266,69	6,93	0,850	0,777	3,50	2,27	1,23	0,74	2,11	1,37
Febr.	276,14	267,47	8,67	803	832	3,95	2,59	1,36	0,82	1,70	0,88
März	277,38	267,81	9,57	780	843	4,18	2,69	1,49	0,89	1,49	0,60
April	282,98	273,60	9,38	701	765	5,50	3,81	1,69	1,01	1,53	0,52
Mai	287,49	277,79	9,70	716	773	7,55	5,16	2,39	1,43	1,45	0,02
Juni	290,37	281,18	9,19	689	741	8,72	6,24	2,48	1,49	1,57	0,09
Juli	292,01	282,87	9,14	665	706	9,32	6,65	2,67	1,60	1,59	-0,01
Aug.	290,84	282,07	8,77	712	763	9,28	6,81	2,47	1,48	1,67	0,19
Sept.	288,81	280,59	8,22	767	798	8,80	6,45	2,35	1,41	1,81	0,40
Oct.	282.89	274,32	8,57	811	865	6,32	4,54	1,78	1,07	1,72	0,65
Nov.	277,37	269,64	7,73	826	843	4,43	3,11	1,32	0,79	1,92	1,13
Dec.	273,73	268,22	5,51	885	745	3,68	2,46	1,22	0,73	2,45	1,72

»In den Sommmermonaten ist die Differenz zwischen $Q_2 - Q_1$ und der durch Condensation von Wasserdampf entstandenen Wärme negativ, oder doch nahe Null, es muss also die von der Sonne direkt aufgenommene Wärme auf irgend eine Weise verloren gegangen, dabei aber irgend welchen Effekt ausgeübt haben. Es sind aber die Monate mit negativen oder sehr kleinen Differenzen die Monate der meisten Gewitter, also würde diess nur erhärten, dass sich ein Theil der Luftwärme in Elektricität umwandle und so zur Bildung der Erscheinungen von Blitz und Donner beitrage. Wenn die Differenzen im Winter gross sind (im December 1,72 Wärmeeinheiten), so kann der Grund nur in Folgendem liegen: In Genf ist die Temperatur im Winter eher über als unter dem Schmelzpunkt des Schnees. Wenn daher Schnee fällt, wird derselbe verhältnissmässig bald wegschmelzen, dazu der Luft Wärme entziehen, wodurch Q_1 verkleinert wird. Da auf dem Simplon eine solche Schmelzung nicht vorkommt, so wird Q_2 nicht beeinflusst, und es muss daher $Q_2 - Q_1$ grösser geworden sein. Wenn $Q_2 - Q_1 - q$ im Mai 0,02, im Juni aber 0,09 Wärmeeinheiten beträgt, so kann das wieder nur von der Schneeschmelze herrühren. Im Mai schmilzt der Schnee in den Höhen wie der Simplon. Hiedurch wird der Luft in der Höhe Wärme entzogen, Q_2 und hiemit auch $Q_2 - Q_1 - q$ verkleinert. Daher wird die Differenz im Mai kleiner als im Juni sein.

»Gehen wir jetzt über zu Gleichung 1

$dQ = c dT - ART \frac{dp}{p}$ oder durch Integration

$$\int_{Q_1}^{Q_2} \frac{dQ}{T} = c \,.\, \mathrm{Lnat} \frac{T_2}{T_1} - AR \,.\, \mathrm{Lnat} \frac{p_2}{p_1} \qquad 21)$$

»Wie man sogleich sieht habe ich AR als eine Constante betrachtet. Dass diess wirklich, trotz der Veränderlichkeit des A der Fall ist, geht aus Folgendem hervor:

»Es ist $$pv = RT$$

Setzen wir $v = 1$ und $T = 1$, so wird
$$p = R,$$
d. h. R bezeichnet den Druck, unter dem ein Kilogramm Gas bei der absoluten Temperatur von 1^0 den Raum der Volumeneinheit einnimmt. Da nun ein Kilogramm nicht unter allen Breiten und in allen Höhen den gleichen Druck ausübt, so muss die Zahl der Kilogramme pro Quadratmeter, oder die Zahl der Millimeter Quecksilber, und somit auch R in gleichem Sinne, ändern. Die Aenderung muss, wie man sogleich sieht, der Schwereänderung verkehrt proportional sein. Wenn wir also mit R_0 die Constante für das Meeresniveau in der Breite von 45^0 bezeichnen, so wird folgende Proportion existiren:
$$R : R_0 = g_0 : g \qquad 22)$$
Da ferner $$A : A_0 = g : g_0 \qquad 23)$$
so folgt $$AR = A_0 R_0 \qquad 24)$$
d. h. das Produkt AR ist constant.

»Wir erhalten also mit Zuhülfenahme der Gleichungen 10
$$R = R_0 \frac{\left(1 + \frac{h}{\varrho}\right)^2}{1 - \beta \cos 2\varphi} \qquad 25^a)$$
genähert:
$$R = R_0 \frac{(\varrho + h)^2}{\varrho^2} \cdot (1 + \beta \cos 2\varphi) \qquad 25^b)$$
oder mit Vernachlässigung von $\frac{h^2}{\varrho^2}$
$$R = R_0 (1 + \beta \cos 2\varphi)\left(1 + 2\frac{h}{\varrho}\right) \qquad 25^c)$$

»Um in Gleichung 21 links die Integration ausführen zu können, muss bekannt sein, in welcher Weise sich Q mit der Temperatur ändert. Unter Zuziehung von Gleichung 20 genügt es, den Zusammenhang zwischen der Wärmezunahme und der Höhenzunahme zu kennen.

»Wäre die Luft in Bezug auf die direkte Sonnenwärme vollkommen diatherman und würde sich nicht durch Condensation von Wasserdampf Wärme entwickeln, so wäre abgesehen von zufälligen Nebeneinflüssen, die Luft so geordnet, dass sich Temperatur, Druck und Höhe so entsprächen, dass die Wärmezunahme

$$dQ = 0 \text{ wäre.}$$

»Dass diese Annahme als erste Annäherung gemacht werden kann, geht aus den geringen Wärmedifferenzen zwischen Genf und Simplon hervor. Dann gibt Gleichung 21 einfach:

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{AR}{c}} \tag{26}$$

und Gleichung 3:

$$c(T_1 - T_2) = A(h_2 - h_1) \tag{27}$$

oder $$cT_1\left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) = A(h_2 - h_1)$$

Hieraus folgt:

$$h_2 - h_1 = \frac{c}{A}\, T_1\left(1 - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{AR}{c}}\right) \tag{28}$$

»Diese Gleichung soll also die Höhendifferenz zweier Orte aus den Barometerständen an diesen Orten und der Temperatur an der untern Station geben. Natürlich muss nach Gleichung 19 bei c die Feuchtigkeit in Rechnung gezogen werden. Auch R wird sich mit dem Wasserdampf gehalt ändern, und es kann diese Aenderung leicht in folgender Weise bestimmt werden. Wir gehen wie bei Ableitung von Gleichung 19 auch hier aus von nachstehenden Beziehungen:

$$p = p' + p''$$
$$S = S' + S''$$
$$S' = \frac{p'}{R'T} \qquad S'' = \frac{p''}{R''T} \qquad S = \frac{p}{RT}$$

Hieraus ergibt sich

$$\frac{p}{R} = \frac{p'}{R'} + \frac{p''}{R''} \tag{29}$$

oder

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R'} - \frac{p''}{p}\left(\frac{1}{R'} - \frac{1}{R''}\right) = \frac{1}{R'}\left(1 - \frac{p''}{p}\left(1 - \frac{R'}{R''}\right)\right)$$

also
$$R = \frac{R'}{1 - \frac{p''}{p}\left(1 - \frac{R'}{R''}\right)} \tag{30^a}$$

»Die Bedeutung der einzelnen Grössen ist schon früher angegeben worden. Bezeichnet ε die Dichte des Wasserdampfes in Bezug auf trockene atmosphärische Luft, so ist

$$\frac{R'}{R''} = \varepsilon \text{ und also}$$

$$R = \frac{R'}{1 - (1 - \varepsilon)\frac{p''}{p}} \tag{30^b}$$

und da $\varepsilon = 0,622$

$$R = \frac{R'}{1 - 0,378\,\frac{p''}{p}} \tag{30^c}$$

Wenn nach Regnault

$$R'_0 = 2,1530$$

gesetzt wird, falls man den Druck in Millimetern Quecksilber zählt, oder

$$R'_0 = 29,272,$$

wenn man den Druck in Kilogrammen pro Quadratmeter zählt, so wird sehr nahe:

$$R_0 = 2,1530\left(1 + 0,378\frac{p''}{p}\right) \tag{31a}$$

$$R_0 = 29,272\left(1 + 0,378\frac{p''}{p}\right) \tag{31b}$$

Durch Verbindung von Gleichung 19 mit 31^b wird dann sehr nahe

$$\frac{AR}{c} = 0,2908 - 0,075\frac{p''}{p} = \sigma \tag{32}$$

Demnach geht 28 über in

$$h_2 - h_1 = \frac{c}{A}\left(1 - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^\sigma\right) T_1 \tag{33}$$

Dass die Gleichung wirklich die Höhendifferenzen ziemlich gut darstellt zeigt folgendes Beispiel. Das Jahr 1869 gab folgende Mittelzahlen:

Für Zürich $T_1 = 282,73^0$ $p_1 = 721,00^{mm}$ $f_1 = 0,792$
$p''_1 = 7,13^{mm}$.

Für d. Uetliberg $T_2 = 280,14$ $p_2 = 687,38^{mm}$ $f_2 = 0,868$
$p''_2 = 6,56^{mm}$.

Wir setzen

$$\frac{p''}{p} = \frac{1}{2}\left(\frac{p''_1}{p_1} + \frac{p''_2}{p_2}\right) = 0,0098$$

und darnach

$$c = 0,2391 \qquad \sigma = 0,2901$$

Dann wird, da $\varphi = 47^0\,22'$ mit Benutzung von Gleichung 10^a und 33:

$$h_2 - h_1 = 395^m$$

während die Differenz gewöhnlich zu 394^m angenommen wird.

»Ich könnte die Uebereinstimmung noch an weitern Beispielen nachweisen; doch will ich nur bemerken, dass, wie zu erwarten ist, die nach Gleichung 33 berechneten Höhendifferenzen besonders nach Mittelzahlen zu klein ausfallen. Bei 2000^m Höhendifferenz wird das Ergebniss etwa um 40 Meter zu klein. Setzen wir

$$T_1 = 295^0 \qquad p_2 = 0$$

so ergibt sich

$$h_2 - h_1 = 30 \text{ Kilometer.}$$

»Es würde diess die Höhe der Atmosphäre sein, wenn die Luft keine Wärme von den direkten Sonnenstrahlen absorbiren und sich der Wasserdampf nicht condensiren würde. Diese beiden Einflüsse bewirken aber eine Erhöhung derselben. Wirklich wurde ihre Höhe aus optischen Erscheinungen, namentlich der Dämmerung, zu 70 bis 80 Kilometer gefunden.

»Nehmen wir die Höhe zu 80 Kilometer und mit Pouillet die Temperatur des Weltraumes zu -145^0 vom Gefrierpunkte aus gezählt und die Temperatur am Meere zu $+20^0$, so wird

$$T_1 - T_2 = 165^0,$$

und die von einem Kilogramm Luft vom Meeresniveau bis zur Atmosphärengränze absorbirte Wärmemenge nach Gleichung 20

$$Q_2 - Q_1 = 80000\,A - 165\,c = 147 \text{ Wärmeeinheiten,}$$

wo $A = 0{,}0023292$ sich ergab und $c = 0{,}2380$ angenommen wurde. Wenn also nach der obigen Annahme ein Kilogramm Luft von der Atmosphärengränze plötzlich auf das Meeresniveau gebracht würde, so würden dabei sich 147 Wärmeeinheiten Ueberschuss gegenüber einem Kilogramm der Umgebung ergeben, und nach Gleichung 13 und 14 diese Luft sich etwa um 800^0 C. erwärmen, also eine Temperatur von mehr als 600^0 annehmen.

»Ziehen wir die zutretende Wärmemenge in Betracht, so gibt Gleichung 21

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{AR}{c}} e^{\frac{1}{c}\int\frac{dQ}{T}} \qquad 34)$$

wo $\int\frac{dQ}{T}$ zwischen den Grenzen Q_1 und Q_2 zu nehmen ist.

»Die Verbindung von Gleichung 34 mit Gleichung 20 gibt, in ähnlicher Weise wie Gleichung 28 erhalten wurde,

$$A(h_2 - h_1) = cT_1 \left(1 - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{AR}{c}} e^{\frac{1}{c}\int \frac{dQ}{T}}\right) + Q_2 - Q_1 \qquad 35)$$

als absolut genaue Gleichung. Da schon Gleichung 28, respective Gleichung 33 ganz anständige Näherungen liefert, so kann hier der Factor $e^{\frac{1}{c}\int \frac{dQ}{T}}$ keinen grossen Einfluss haben. Wenn man also auch seinen Werth nur angenähert hat, wird die Höhendifferenz schon mit ziemlicher Genauigkeit erhalten werden.

»Es ist noch eine auch bei der Bessel'schen Gleichung vorkommende Correction in Rechnung zu bringen, die einen ziemlichen Betrag erreichen kann. Die Veränderlichkeit der Grössen A und R, wie sie nachgewiesen wurde, gilt nur, wenn man den Druck in Kilogrammen nimmt, und das Kilogramm als das Gewicht eines Cubikdecimeters destillirten Wassers bei 4^0 C. definirt. Absolut genommen sind natürlich A und R beständig constant. Eine Wärmeeinheit wird natürlich immer der gleichen absoluten Arbeit æquivalent sein, aber nicht der gleichen Anzahl Kilogrammmetern. Ebenso wird aus der Geichung

$$pv = RT$$

folgen, dass, wenn p wirklich den absoluten Druck bezeichnet, R an allen Orten dieselbe Grösse sein muss, nicht aber wenn der Druck in Kilogrammen oder Millimetern Quecksilber gegeben ist. In Gleichung 21 ist aber im einen, wie im andern Falle AR dieselbe Grösse und es muss desshalb der Druck absolut genommen werden. Es wird diese Nothwendigkeit noch evidenter, wenn man in Gleichung 1 für AR den identischen Werth $c \cdot \frac{x-1}{x}$ setzt, wo x das Verhältniss der specifischen Wärme bei constantem Volumen zu der bei constantem Drucke bezeichnet und für die einfachen Gase den Werth 1,410 besitzt.

»Gleichung 1 heisst dann:

$$dQ = c\left(dT - \frac{x-1}{x}\,T\frac{dp}{p}\right) \tag{36}$$

»Hier ist es sogleich klar, dass für p der absolute Druck genommen werden muss. Dasselbe gilt demnach auch für die Gleichungen 20, 28 und 33, 34 und 35. Bezeichnen b_1 und b_2 die auf Null reducirten Barometerstände, so ist

$$\left.\begin{aligned} p_1 &= b_1 \cdot \frac{\varrho^2}{(\varrho+h_1)^2}(1-\beta\cos 2\varphi) \\ p_2 &= b_2 \frac{\varrho^2}{(\varrho+h_2)^2}(1-\beta\cos 2\varphi) \end{aligned}\right\} \tag{37}$$

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{b_1}{b_2} \cdot \frac{(\varrho+h_2)^2}{(\varrho+h_1)^2} \tag{38}$$

»Wir können nun leicht zu einer untern und obern Grenze für die Höhendifferenz gelangen, und zwar werden sie den wahren Werth ziemlich enger einschliessen als wenn man nach der gewöhnlichen Ableitung die untere und obere Grenze bildet.

»Sind T' und T'' die höchste und niedrigste Temperatur, die in der zwischen beiden Stationen gelegenen Luftschicht vorkommen, so ist offenbar

$$\frac{Q_2-Q_1}{T'} < \int\frac{dQ}{T} < \frac{Q_2-Q_1}{T''} \tag{39}$$

Gleichung 21 gibt mit Benutzung von 39

$$\left.\begin{aligned} Q_2 - Q_1 &< ART'\,\mathrm{Lnat.}\frac{p_1}{p_2} - cT'\,\mathrm{Lnat.}\frac{T_1}{T_2} \\ Q_2 - Q_1 &> ART''\,\mathrm{Lnat.}\frac{p_1}{p_2} - cT''\,\mathrm{Lnat.}\frac{T_1}{T_2} \end{aligned}\right\} \tag{40}$$

Unter Benutzung von Gleichung 20 gehen die Ungleichheiten 40 über in

$$\left.\begin{aligned} h_2 - h_1 &< RT'\text{Lnat.}\frac{p_1}{p_2} - \frac{c}{A}T'\text{Lnat.}\frac{T_1}{T_2} + \frac{c}{A}(T_1 - T_2) \\ h_2 - h_1 &> RT''\text{Lnat.}\frac{p_1}{p_2} + \frac{c}{A}(T_1 - T_2) - \frac{c}{A}T''\text{Lnat.}\frac{T_1}{T_2} \end{aligned}\right\} \quad 41)$$

Es kann hier mit genügender Annäherung

$$Ln\frac{T_1}{T_2} = 2\frac{T_1 - T_2}{T_1 + T_2}$$

gesetzt werden, und dann gehen die Ungleichheiten 41 in folgende über

$$\left.\begin{aligned} h_2 - h_1 &< RMT'\log\frac{p_1}{p_2} - \frac{c}{A}\cdot\frac{2T' - T_1 - T_2}{T_1 + T_2}(T_1 - T_2) \\ h_2 - h_1 &> RMT''\log\frac{p_1}{p_2} + \frac{c}{A}\cdot\frac{T_1 + T_2 - 2T''}{T_1 + T_2}(T_1 - T_2) \end{aligned}\right\} \quad 42)$$

wo $M = 2{,}302585$ den Modulus der gemeinen Logarithmen bedeutet. Da das aus Gleichung 20 eingeführte A nothwendig variabel sein muss, so ist

$$\left.\begin{aligned} R &= R_0\,(1 + \beta\cos 2\varphi)\frac{(\varrho + h_1)(\varrho + h_2)}{\varrho^2}\left(1 + 0{,}378\frac{p''}{p}\right) \\ \frac{1}{A} &= \frac{1}{A_0}(1 + \beta\cos 2\varphi)\frac{(\varrho + h_1)(\varrho + h_2)}{2} \end{aligned}\right\} \quad 43)$$

zu setzen. Für Paris ist das Gewicht eines Cubikmeters trockener Luft 1,293187 Kilogramm, bei 760^{mm} Druck und 273^0 absoluter Temperatur, somit unter 45^0 Breite im Meeresniveau 1,292732 Kilogramm. Hieraus folgt:

$$R_0 = \frac{760\,.\,13{,}596}{1{,}292732\,.\,273} = 29{,}280$$

nach Gleichung 2, wo 13,596 das specifische Gewicht des Quecksilbers bedeutet.

»Für Paris würde

$$R = 29{,}272$$

d. h. der bisher benutzte Werth heraus kommen. Führen wir statt des absoluten Druckes den beobachteten Barometerstand b ein, so erhalten wir, da für die ganze Atmosphärenhöhe

$$\text{Lnat.}\left(1+\frac{h}{\varrho}\right)=\frac{h}{\varrho}$$

gesetzt werden kann:

$$\text{Lnat.}\,\frac{p_1}{p_2}=\text{Lnat.}\,\frac{b_1}{b_2}+\frac{2(h_2-h_1)}{\varrho} \qquad 44)$$

$$\left.\begin{aligned} h_2-h_1 &< RMT'\log\frac{b_1}{b_2}+2RT'\frac{h_2-h_1}{\varrho}- \\ &\qquad -\frac{c}{A}\,\frac{2T'-T_1-T_2}{T_1+T_2}(T_1-T_2) \\ h_2-h_1 &> RMT''\log\frac{b_1}{b_2}+2RT''\frac{h_2-h_1}{\varrho}+ \\ &\qquad +\frac{c}{A}\,\frac{T_1+T_2-2T''}{T_1+T_2}(T_1-T_2) \end{aligned}\right\} 45)$$

Hieraus folgt wenn mit genügender Näherung

$$\frac{\varrho}{\varrho-2RT'}=1+\frac{2R}{\varrho}T'$$

gesetzt wird:

$$\left.\begin{aligned} h_2-h_1 &< RM\left(1+2\frac{R}{\varrho}T'\right)T'\log\frac{b_1}{b_2}- \\ &\qquad -\frac{c}{A}\left(1+2\frac{R}{\varrho}T'\right)\frac{2T'-T_1-T_2}{T_1+T_2}(T_1-T_2) \\ h_2-h_1 &> RM\left(1+2\frac{R}{\varrho}T''\right)T''\log\frac{b_1}{b_2}+ \\ &\qquad +\frac{c}{A}\left(1+2\frac{R}{\varrho}T''\right)\frac{T_1+T_2-2T''}{T_1+T_2}(T_1-T_2) \end{aligned}\right\} 46).$$

In dem Ausdruck von R und $\frac{1}{A}$ kommt noch die Unbekannte h_2 vor; man kann nun setzen:

$$\frac{(\varrho+h_1)\,(\varrho+h_2)}{\varrho^2}=\frac{(\varrho+h_1)^2}{\varrho^2}\left(1+\frac{h_2-h_1}{\varrho+h_1}\right) \qquad 47)$$

Diese Form ist besonders vortheilhaft wenn man Gauss'sche Summenlogarithmen benutzen will. Auch könnte man leicht, durch Einsetzen dieses Werthes, (h_2-h_1) als Function von lauter bekannten Grössen bekommen, ohne jedoch für die Rechnung selber einen wesentlichen Vortheil errungen zu haben. Nimmt die Lufttemperatur von der untern zur obern Station beständig ab, so ist

$$T' = T_1 \text{ und } T'' = T_2$$

zu setzen und man erhält für diesen, zwar nicht immer vorkommenden Fall:

$$\left.\begin{array}{l} h_2 - h_1 < RM\left(1 + 2\frac{R}{\varrho}T_1\right)T_1 \log\frac{b_1}{b_2} - \\ \qquad\qquad - \frac{c}{A}\left(1 + 2\frac{R}{\varrho}T_1\right)\frac{(T_1 - T_2)^2}{T_1 + T_2} \\ h_2 - h_1 > RM\left(1 + 2\frac{R}{\varrho}T_2\right)T_2 \log\frac{b_1}{b_2} + \\ \qquad\qquad + \frac{c}{A}\left(1 + 2\frac{R}{\varrho}T_2\right)\frac{(T_1 - T_2)^2}{T_1 + T_2} \end{array}\right\} \quad 48)$$

»Dass die Ungleichheiten 48 nicht immer an Stelle von 46 gesetzt werden können, folgt aus der Erfahrung, dass im Sommer bei Nacht die Temperatur in der untersten Luftschicht zuerst ziemlich beträchtlich zunimmt, ebenso im Winter bei Tage und bei Nacht.

»Es wird also in diesem Falle T_2 zwar Minimaltemperatur der Luftschicht sein, dagegen T_1 nicht Maximaltemperatur. Im Sommer nimmt die unterste Luftschicht am Tage eine viel zu hohe Temperatur an, so dass T_1 Maximaltemperatur, aber T_2 nicht Minimaltemperatur sein wird. In Mitteln aus Tag und Nacht und aus vielen Jahren wird der Unterschied ziemlich verschwinden.

»Bezeichnen wir mit p''_1 die Spannkraft des Wasserdampfes an der untern Station, mit p''_2 die an der obern, so muss

$$\frac{p''}{p} = \frac{1}{2}\left(\frac{p''_1}{p_1} + \frac{p''_2}{p_2}\right) \qquad 49)$$

gesetzt werden. In wie weit die Ungleichheiten 48 richtig sind, zeigt folgendes Beispiel.

»Im Mittel aus mehr denn 20 Jahren ist für Genf: $T_1 = 282{,}21$ $b_1 = 726{,}61^{mm}$ $f_1 = 0{,}77$ $p_1'' = 7{,}00^{mm}$ und $h_1 = 407{,}7^m$,

für St. Bernhard: $T_2 = 271{,}20$ $b_2 = 563{,}86^{mm}$ $f_2 = 0{,}80$ $p_2'' = 3{,}22^{mm}$ und $h_2 = 2478{,}3^m$. h_2 wurde bestimmt durch ein sorgfältiges von den Herren Prof. Plantamour in Genf und Oberst Burnier in Morges ausgeführtes Nivellement.

»Es ist also:

$$\frac{p''}{p} = 0{,}0077$$

Setzt man nach Bessel $\beta = 0{,}0026257$, so ergeben 43, 47 und 48

$$h_2 - h_1 < 2085{,}6^m,$$
$$h_2 - h_1 > 2047{,}7^m.$$

»Der wahre Werth $h_2 - h_1 = 2070{,}6^m$ liegt wirklich zwischen beiden Resultaten. Das Mittel aus den beiden Zahlen liefert $2066{,}6^m$, also nur um 4^m fehlerhaft. Man wird somit das Mittel der beiden durch 48 sich ergebenden Werthe als, besonders für Jahresmittel nahe richtigen Werth der Höhendifferenzen ansehen können. Diese Annahme gibt:

$$h_2 - h_1 = RM\left(1 + 2\frac{R}{\varrho}T\right)T\log\frac{b_1}{b_2} \qquad 50)$$

oder wenn wir setzen:

$$R_1 = R_0\,(1 + \beta\cos 2\varphi)\left(1 + 2\frac{R_0}{\varrho}T\right)\frac{(\varrho + h_1)^2}{\varrho^2}\,.$$
$$\left(1 + \frac{h_2 - h_1}{\varrho + h_1}\right)\left(1 + 0{,}378\frac{p''}{p}\right) \qquad 51)$$

$$h_2 - h_1 = R_1 MT\log\frac{b_1}{b_2} \qquad 52)$$

wo
$$T = \frac{1}{2}(T_1 + T_2) \tag{53}$$

»Genau 2066,6^m ergibt auch die durch Herrn Plantamour revidirte Bessel'sche Gleichung, die folgende Form hat:

$$h_2 - h_1 = V \,.\, V_1 \,.\, (G) \,.\, \log \frac{b_1}{b_2} \tag{54}$$

wo

$$\left.\begin{aligned}
&V = 18404{,}8\,(1 + \alpha t)\,.\,\frac{398{,}25}{397{,}25 - \alpha t}\\
&V' = \frac{1}{1 - W\,.\,\frac{f' + f''}{\sqrt{b_1 b_2}}}\\
&\qquad W = \frac{0{,}34801}{397{,}25 - \alpha t}\,.\,10^{\,0{,}0301975\,t \,-\, 0{,}000080170\,t^2}\\
&(G) = 1 + 0{,}0026257 \cos 2\varphi \qquad \alpha = 0{,}003665\\
&t = \frac{1}{2}(t_1 + t_2)
\end{aligned}\right\} \tag{55}$$

wenn t_1 und t_2 die vom Gefrierpunkt des Wassers aus gezählten Luft-Temperaturen der untern und obern Station sind. Der Unterschied von 54 und 52 beruht hauptsächlich in der verschiedenen Einführung der Correction für den Wasserdampfgehalt. Während Bessel die relative Feuchtigkeit als constant annahm, habe ich diess für den Volumprozentgehalt gethan. Da nun diese Correction überhaupt nur einige Meter beträgt, und beide Annahmen nicht weit von der Wahrheit abweichen, können die Ergebnisse beider Gleichungen nicht wichtig verschiedene Resultate geben. Doch glaube ich meine Annahme sei die für die Rechnung einfachere. Ferner glaube ich vereinfacht die Einführung der absoluten Temperaturen die Gleichung und namentlich die Rechnung beträchtlich.

»Wenn f die relative Feuchtigkeit bezeichnet, so lässt sich der Wasserdampfgehalt leicht folgendermassen finden:

»Es hat Herr Prof. Zeuner gefunden, dass, wenn p_ω die Spannkraft des gesättigten Wasserdampfes und V das spezifische Volumen desselben, zwischen diesen Grössen die Gleichung:

$$V = \frac{G}{p_\omega^\nu} \qquad 56)$$

Genüge leiste, wo G und ν Constante sind. Ich habe nachgewiesen, dass diese Gleichung für alle gesättigten Dämpfe vom Quecksilberdampf mit geringer Tension bis zum Kohlensäuredampf mit sehr starker Tension gelte und dass überdiess der Exponent ν für alle Dämpfe denselben Werth, nämlich

$$\nu = 0{,}9460$$ besitze.

»Mit Benutzung von 56 erhält man aus

$$p_\omega \,.\, V = R_\omega T,$$

welche Beziehung für Wasserdampf von geringer Temperatur bis zur Sättigung benutzt werden darf,

$$p_\omega = NT^{\frac{1}{1-\nu}} = NT^K \qquad 57)$$

wo $K = 18{,}52$ und für Wasserdampf:

$$\log N = 0{,}54038 - 45,$$

alsdann wird einfach

$$p'' = f \,.\, NT^K. \qquad 58)$$

»Vielleicht liesse sich mit Benutzung dieser Beziehung und einer weniger künstlichen Annahme zwischen Druck und Höhe die Bessel'sche Formel auch vereinfachen.

»Ich lasse hier noch einige Beispiele folgen, um die Resultate aus Gleichung 50 und 54 mit einander zu vergleichen. Ist für die obere Station keine relative Feuchtigkeit bekannt, so benutze ich die der untern Station ebenfalls für jene.

»Im Mittel für das Jahr 1867 ist für

Rathhausen $T_1 = 282{,}25$ $b_1 = 724{,}59$ $f_1 = 0{,}812$ und $h_1 = 440^m$,

Rigi $T_2 = 275{,}68$ $b_2 = 615{,}74$ . . . . . . $h_2 = 1784^m$.

»Gleichung 58 gibt nun: $p_1'' = 6{,}85^{mm}$ $p_2'' = 4{,}43$, wenn ebenfalls $f_2 = 0{,}81$ gesetzt wird. Also ergibt sich:

$$\frac{p_1''}{p_1} = 0{,}0095 \qquad \frac{p_2''}{p_2} = 0{,}0072$$

also:

$\frac{p''}{p} = 0{,}0084$. Ferner ist $\varphi = 47^0 4'$. $\varrho = 6365574$. $\log M = 0{,}36221$. Mit diesen Daten geben die Ungleichheiten 48 mit Benutzung von 43 47 und 19

$$h_2 - h_1 < 1345{,}3^m. \quad h_2 - h_1 > 1329{,}5^m.$$

Das Mittel gibt

$$h_2 - h_1 = 1337{,}4^m.$$

Die Gleichungen 54 und 55 geben:

$$h_2 - h_1 = 1337{,}0^m.$$

»Hätte ich einfach die Tensionen des Wasserdampfes, statt sie zu berechnen, den Regnault'schen Tafeln entnommen, so hätte ich $p_1'' = 7{,}07^{mm}$ $p_2'' = 4{,}51^{mm}$ erhalten und es wäre $h_2 - h_1$ um $0{,}1^m$ grösser geworden. Auch hier kann die Uebereinstimmung beider Gleichungssysteme eine vollkommene genannt werden.

»Im Mittel des Jahres 1865 ist für

Neuchâtel $T_1 = 282{,}72^0$ $b_1 = 719{,}35^{mm}$ $f_1 = 0{,}74$ $h_1 = 488^m$,

Chaumont $T_2 = 279{,}26^0$ $b_2 = 664{,}24^{mm}$ $f_2 = 0{,}77$ und $h_2 = 1152^m$. $\varphi = 47^0 0'$.

Gleichung 58 gibt:

$$p_1'' = 6{,}44^{mm} \quad p_2'' = 5{,}33^{mm},$$

Die Ungleichheiten 48 geben mit Hülfe von 43, 47 und 19

$$h_2 - h_1 < 661{,}9^m. \quad h_2 - h_1 > 657{,}8^m,$$

Das Mittel gibt:

$$h_2 - h_1 = 659{,}85^m,$$

Die Gleichungen 54 und 55 geben

$$h_2 - h_1 = 659{,}6^m.$$

»Hier geben nun 48 nicht die Grenze, wenn wenigstens die gegebenen Höhen richtig sind. Der Grund kann kein anderer sein, als dass T_1 nicht die Maximaltemperatur ist, sondern um beiläufig 2^0 zu klein. Dass T_1 selbst im Jahresmittel nicht die Maximaltemperatur ist, hat Becquerel durch Beobachtungen im Jardin des Plantes nachgewiesen. Er fand im Mittel aus mehreren Jahren folgende absolute Temperaturen:

In 1,33	Meter	über	dem	Boden:	$283{,}54^0$
In 16,2	»	»	»	»	$283{,}97^0$
In 21	»	»	»	»	$284{,}56^0$

(Comptes Rendu, Band 60, pag. 186.)

Im Mittel des Jahres 1869 ist für

Lugano: $T_1 = 284{,}99^0$ $b_1 = 737{,}78^{mm}$ $f_1 = 0{,}753$ und $h_1 = 275^m$,

St. Gotthard: $T_2 = 273{,}03^0$ $b_2 = 591{,}63^{mm}$ . . . . . . und $h_2 = 2093^m$.

Gleichung 58 gibt:

$$p_1'' = 7{,}60^{mm} \quad p_2'' = 3{,}43^{mm}$$

Aus 48, 43, 47 und 19 folgt dann:

$$h_2 - h_1 < 1827{,}2^m \quad h_2 - h_1 > 1801{,}4^m$$

Mittel: $h_2 - h_1 = 1814{,}3^m$.

Die Gleichungen 54 und 55 geben:

$$h_2 - h_1 = 1814{,}1^m.$$

»Also ist auch hier wiederum Uebereinstimmung vorhanden.

»Würde Gleichung 52 für verschiedene Tages- und Jahreszeiten angewandt, so erhielte man ähnliche Perioden wie sie schon von Herrn Plantamour und Andern untersucht worden sind. Weil hier darüber nichts Neues gesagt werden könnte, übergehe ich die Untersuchung.

»Wenn die durch 48 gegebenen Werthe das wahre $h_2 - h_1$ nicht immer zwischen sich schliessen, so ist es dagegen immer der Fall mit den Ergebnissen von 46. Da die Extreme selbst keine grosse Differenz bilden und schon bei gänzlicher Vernachlässigung des Einflusses von $\int \frac{dQ}{T}$ ganz anständige Resultate sich ergeben, so wird jederzeit das Mittel sehr nahe die wahre Höhendifferenz geben, d. h. wenn

$$T_m = \frac{1}{2}(T' + T'')$$

$$T = \frac{1}{2}(T_1 + T_2) \qquad \text{gesetzt wird:}$$

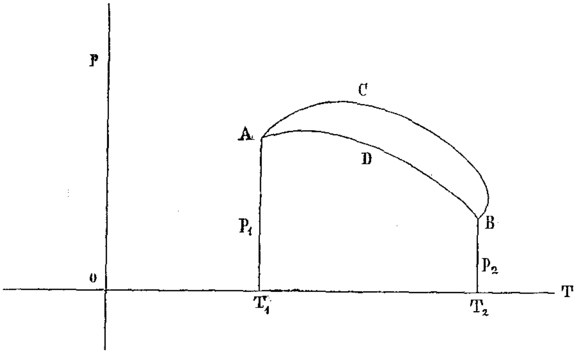
$$h_2 - h_1 = R \,.\, M \,.\, \left(1 + 2\frac{R}{\varrho} T_m\right) T_m \log \frac{b_1}{b_2} +$$

$$+ 2 \,.\, \frac{c}{A} \,.\, \left(1 + 2\frac{R}{\varrho} T_m\right) \frac{T - T_m}{T} \,.\, (T_1 - T_2) \qquad 59)$$

wo R, $\frac{1}{A}$ und c nach 43 und 19 erhalten werden.

»Es hat nun natürlich seine Schwierigkeiten die Maximal- und Minimaltemperatur der Luftsäule zwischen beiden Stationen zu erhalten. Doch kann für gewöhnliche Fälle angenommen werden, dass die Minimaltemperatur in der Nähe der untern Station, die Maximaltemperatur in der Nähe der obern sich befinde. Man wäre somit im Stande durch geeignete Aufstellung von Thermometern die erforderlichen Extreme zu erhalten, und so von den Tages- und Jahreszeiten unabhängigere Resultate zu erzielen.

»Man wird überhaupt nie eine von der Beobachtungszeit unabhängige Gleichung bekommen, wenn man nicht den Verlauf der Wärmemenge in der Zwischenschicht verfolgt. Es ist freilich aus der mechanischen Wärmetheorie bekannt, dass $\int \frac{dQ}{T}$ nur vom Anfang- und Endzustand der Luft abhängt. Auf welchem, wenn nur continuirlichen Wege auch die Luft von dem Zustande (p_1, T_1) in den Zustand (p_2, T_2) gelange, immer wird $\int \frac{dQ}{T}$ dieselbe Aenderung erleiden.



»Anders dagegen verhält es sich mit der Wärmemenge $Q_2 - Q_1$. Diese ist eine andere, wenn die Veränderung auf dem Wege ACB (vid. Fig.) als wenn sie auf dem Wege ADB vor sich geht, d. h. wenn man auch zur Berechnung von $\int \frac{dQ}{T}$ eine beliebige Annahme über den Verlauf der Curve zwischen A und B machen darf, wird die hieraus resultirende Wärmemenge verschieden von der wahren sein. Nun ergeben aber die Beobachtungen eine geringe Aenderung von Q, also auch jedenfalls einen geringen Werth für $\int \frac{dQ}{T}$, so dass man denselben durch das

Mittel aus dem Maximalwerth und Minimalwerth ersetzen kann.

»Nehmen wir an die Wärmemenge ändere sich der Höhe proportional, d. h. setzen wir

$$dQ = m dh,$$

so entspricht diess nach Gleichung 3 einer der Höhe proportionalen Aenderung der Temperatur; daher kann die Wärmemengeänderung auch der Temperaturabnahme proportional, d. h.

$$dQ = -n dT \tag{60}$$

gesetzt werden. Dann gibt Gleichung 21

$$(n + c) \,.\, \text{Lnat.} \frac{T_1}{T_2} = AR \,.\, \text{Lnat.} \frac{p_1}{p_2} \tag{61}$$

Gleichung 20 geht über in

$$(n + c)(T_1 - T_2) = A(h_2 - h_1) \tag{62}$$

»Durch Elimination von $(n + c)$ aus 61 und 62 ergibt sich

$$h_2 - h_1 = R \,.\, (T_1 - T_2) \,.\, \frac{\log p_1 - \log p_2}{\log T_1 - \log T_2} \tag{63}$$

»Es ist diess die schon von Babinet aufgestellte Gleichung unter Einführung der absoluten Temperatur vereinfacht. Sie ist aber bis zu einer Höhendifferenz von über 5000 Metern mit der gewöhnlichen vollkommen identisch, da nämlich bis über diese Höhe hinaus

$$\log T_1 - \log T_2 = \frac{1}{M} \cdot \frac{T_1 - T_2}{\frac{T_1 + T_2}{2}} \tag{64}$$

gesetzt werden kann. Durch Einsetzen in 63 und mit Benutzung von 44 geht dann genau die Gleichung 50 hervor.

»Eine der Gleichung 28 analoge lässt sich auf dieselbe Weise finden, nämlich

$$h_2 - h_1 = \frac{c}{A} T_2 \left[\left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{\frac{AR}{c}} - 1 \right] \tag{65}$$

Es wird nun wegen Vernachlässigung der zugekommenen Wärme

$$\left.\begin{aligned} h_2 - h_1 &> \frac{c}{A} T_1 \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{AR}{c}}\right] \\ h_2 - h_1 &< \frac{c}{A} T_2 \left[\left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{\frac{AR}{c}} - 1\right] \end{aligned}\right\} \quad 66)$$

»Da beide Ausdrücke von der Wahrheit nicht viel abweichen, kann das Mittel aus beiden als nahe richtig angenommen und daher

$$h_2 - h_1 = \frac{c}{2A} \cdot \left[\left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{\frac{AR}{c}} T_2 - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{AR}{c}} T_1\right] + \frac{c}{2A} \cdot (T_1 - T_2) \quad 67)$$

gesetzt werden.

»Unter Benutzung von 32:

$$\frac{AR}{c} = \sigma = 0{,}2908 - 0{,}075 \frac{p''}{p}$$

19 und 43:

$$\frac{c}{A} = \frac{1}{A_0} \cdot (1 + \beta \cos 2\varphi) \cdot \frac{(\varrho + h_1)(\varrho + h_2)}{\varrho^2} \cdot 0{,}23751 \left(1 + 0{,}6362 \frac{p''}{p}\right) = 2\pi$$

und $$\frac{p_1}{p_2} = \frac{(\varrho + h_2)^2}{(\varrho + h_1)^2} \cdot \frac{b_1}{b_2} = \frac{b_1}{b_2}\left(1 + \frac{h_2 - h_1}{\varrho + h_1}\right)^2$$

wird nahe

$$h_2 - h_1 = \pi \left[\left(\frac{b_1}{b_2}\right)^{\sigma} T_2 - \left(\frac{b_2}{b_1}\right)^{\sigma} T_1\right] + 2\sigma\pi \frac{h_2 - h_1}{\varrho + h_1} \left(\left(\frac{b_1}{b_2}\right)^{\sigma} T_2 + \left(\frac{b_2}{b_1}\right)^{\sigma} T_1\right) + \pi (T_1 - T_2) \quad 68)$$

»Aus dieser Gleichung lässt sich nun leicht die Höhendifferenz bestimmen. Nehmen wir zur Beurtheilung der Genauigkeit die schon berechneten Beispiele.

1) Genf—St. Bernhard. Es wird

$$\sigma = 0{,}2902 \quad \left(\frac{b_1}{b_2}\right)^{\sigma} T_2 = 291{,}91 \quad \left(\frac{b_2}{b_1}\right)^{\sigma} T_1 = 262{,}19$$

und durch successive Näherung

$$\log \pi = 1{,}70430$$

ferner:

$$\left(\frac{b_1}{b_2}\right)^\sigma T_2 - \left(\frac{b_2}{b_1}\right)^\sigma T_1 = 29{,}72 \qquad \left(\frac{b_1}{b_2}\right)^\sigma T_2 + \left(\frac{b_2}{b_1}\right)^\sigma T_1 = 554{,}10$$

Demnach ergibt sich

$$h_2 - h_1 = 2066{,}9^{\mathrm{m}}.$$

2) Rathhausen-Rigi. Es wird

$$\sigma = 0{,}2902 \quad \left(\frac{b_1}{b_2}\right)^\sigma T_1 = 289{,}01 \quad \left(\frac{b_2}{b_1}\right)^\sigma T_1 = 269{,}23$$

$$\left(\frac{b_1}{b_2}\right)^\sigma T_2 - \left(\frac{b_2}{b_1}\right)^\sigma T_1 = 19{,}78 \qquad \left(\frac{b_1}{b_2}\right)^\sigma T_2 + \left(\frac{b_2}{b_1}\right)^\sigma T_1 = 558{,}24$$

$$\log \pi = 1{,}70441,$$

demnach $$h_2 - h_1 = 1337{,}6^{\mathrm{m}}.$$

»Diese Werthe stimmen so gut mit den früher gefundenen überein, als man wünschen kann. Wenn daher auch Gleichung 68 keine weitere praktische Anwendung finden sollte, so ist sie doch von hohem Interesse, weil in derselben A und c als Hauptconstanten vorkommen, während Gleichung 50 diese Grössen gar nicht, sondern nur R benutzt. Die Uebereinstimmung der aus 68 und 50 bestimmten Höhendifferenzen ist eine Gewähr nicht nur für die Richtigkeit von

$$R_0 = 29{,}280,$$

sondern auch von

$$A_0 = \frac{1}{424} \qquad c = 0{,}23751$$

und überhaupt eine durch die Natur geleistete Bürgschaft für die Richtigkeit der Principien der mechanischen Wärmetheorie.

»Es wäre zu untersuchen, in wie weit die Tageszeit bei Gleichung 68 von Einfluss ist. Im Mittel aus den 18 Jahren 1841—1858 ist für den Juli, Mittags 12^{h} in

Genf: $T_1 = 294{,}30 \quad b_1 = 727{,}54^{\text{mm}} \quad f_1 = 0{,}56$

$$p_1'' = 10{,}55^{\text{mm}} \qquad \frac{p_1''}{p_1} = 0{,}0145,$$

St. Bernhard: $T_2 = 281{,}56 \quad b_2 = 568{,}36 \quad f_2 = 0{,}60$

$$p_2'' = 5{,}00 \qquad \frac{p_2''}{p_2} = 0{,}0088,$$

$$\frac{p''}{p} = 0{,}0117 \qquad \sigma = 0{,}2900$$

$$\left(\frac{b_1}{b_2}\right)^\sigma T_2 = 302{,}46 \quad \left(\frac{b_2}{b_1}\right)^\sigma T_1 = 273{,}96 \quad \left(\frac{b_1}{b_2}\right)^\sigma T_2 -$$

$$-\left(\frac{b_2}{b_1}\right)^\sigma T_1 = 28{,}50 \qquad \left(\frac{b_1}{b_2}\right)^\sigma T_2 + \left(\frac{b_2}{b_1}\right)^\sigma T_1 = 576{,}42$$

$$\log \pi = 1{,}70540 \qquad h_2 - h_1 = 2098{,}2^{\text{m}}.$$

Herr Prof. Plantamour findet nach seinen Tabellen (resp. nach Gleichung 54 und 55):

$$h_2 - h_1 = 2096{,}9^{\text{m}}.$$

»Man sieht hieraus, ohne dass weitere Beispiele gerechnet werden, dass die Beobachtungszeit unter Benutzung von Gleichung 68 ebenfalls von demselben Einfluss ist, wie bei Benutzung von 50 oder 54.

»Da die Temperatur an der Atmosphärengrenze nicht den absoluten Nullpunkt erreichen kann wegen der Sonnenwärme, so folgt aus den Ungleichheiten 46, dass streng genommen die Atmosphäre gar keine Grenze hat, da für $b_2 = 0$ die untere und obere Grenze von $(h_2 - h_1)$ unendlich grosse Werthe annehmen. Die Atmosphäre muss also allmälig in den Weltraum verlaufen.

»Ich habe, wie ich in der Einleitung erwähnte, die Atmosphäre als ein einfaches Gas behandelt, wie es nach den eudiometrischsn Versuchen in verschiedenen Höhen vollkommen gerechtfertigt ist. Ob diese Zusammensetzung in allen grössern Höhen ebenfalls vorkommt, oder ob sich schliesslich die einzelnen Gasbestandtheile nach dem Dalton'schen Gesetze lagern, kann nicht entschieden werden. Es können desshalb die aufgestellten Gleichungen zunächst nur für die uns zugänglichen Höhen mit Sicherheit Gültigkeit haben.

»Schliesslich muss ich noch bemerken, dass ich einen grossen Theil des hier Gesagten, namentlich über die Wärmemengen (Gl. 20) und über den Zusammenhang des Druckes mit der Höhe (Gl. 28) schon im Frühjahr 1870 in meiner Vorlesung über Meteorologie meinen Zuhörern mitgetheilt habe, und diess durch die Collegienhefte derselben nachweisen könnte.

»Durch anhaltende Krankheit wurde ich verhindert, die Sache früher als jetzt zu bearbeiten; ebenso konnte ich mich in dieser Zeit um literarische Neuigkeiten nicht kümmern, da ich mir möglichst schonen musste. Erst nach Vollendung dieser Arbeit kam mir die geistreiche Schrift Hirn's: »Introduction à l'étude météorologique de l'Alsace«, sowie die Besprechung von Herrn Mühry darüber in der österreichischen Zeitschrift für Meteorologie (Dec. 1870) zu Gesicht. Sie behandelt die ähnlichen Gegenstände, und namentlich leitet Hirn auch die Gleichung 28 in etwas anderer Form ab. Dennoch wage ich die Veröffentlichung meiner Abhandlung. Sie weicht doch in sehr vielen Punkten von der Hirn's ab, und es wird Jedermann bei Vergleichung beider Arbeiten sich davon überzeugen, dass ich auf eigenen Füssen stehe, und die Resultate in bestimmte mathematische Form gebracht habe.«

Schon längst hatte ich mir (v. Nr. XXI) vorgenommen nach und nach in diesen Mittheilungen ein räsonnirendes Verzeichniss der auf der Zürcher-Sternwarte befindlichen Instrumente, Apparate, Abbildungen, Manuscripte, etc. zu geben, da schon jetzt gar manches vorhanden ist, was für die Astronomie überhaupt, und namentlich für ihre Entwicklungsgeschichte Interesse hat, — da ferner für spätere Zeit ein Theil des Vorhandenen ohne ein solches erläuterndes Verzeichniss von der Hand desjenigen, der es gesammelt hat, unverständlich und unbenutzbar werden könnte, — und endlich eine öffentliche Aufzählung der Bestandtheile einer Sammlung ihr am allerehesten Schutz gegen spätere Verschleuderung bietet. Ich beginne heute damit, ohne mich dabei an irgend eine bestimmte Ordnung zu binden, und führe so an, dass sich unter vielem Andern z. B. folgende Gegenstände vorfinden:

1) Eine Sonnenuhr. — Von Frau Trechsler in Schaffhausen geschenkt.

Sie besteht aus einem würfelförmigen hölzernen Kästchen von 10 Centimeter Kanten-Länge, — zeigt auf der äussern Südseite am Rande eine Verticaluhr, in der Mitte aber eine

Tafel der Planetten Stundt

Tag Stundt	☉	♀	☿	☾	♄	♃	♂	☉	♀	☿	☾	♄	♃	♂
Sontag	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Freytag		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Mittwoch			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Montag	12			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Samstag	11	12			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Donnerstag	10	11	12			1	2	3	4	5	6	7	8	9
Dinstag	9	10	11	12			1	2	3	4	5	6	7	8
Nacht Stundt	♃	♂	☉	♀	☿	☾	♄	♃	♂	☉	♀	☿	☾	♄

auf den übrigen drei Seiten, sowohl aussen als innen, ebenfalls Verticaluhren, — auf der innern Südseite und an dem, zugleich eine kleine, circa 12^0 östliche Abweichung zeigende Boussole bergenden Boden folgende Inschrift:

Gott hat gemacht den Himmel Rund
mit seinem gstirn, auch zeitt und stund,
Dass zeigt frey an der Sonnenlauff
durchs gantze Jar, merckh eben drauff.

Versäume nii die Edlen Zeyth,
die dier gott neben gsundtheidt geytt.
Sondern üb dich zu gottes Ehr
In gutter Kunst und Reiner Lehr.
Wer Zeytt missbraucht der thudt gross sünd
dann zeyt laufft fort und baldt verschwind
Dargegen Kompt dass alter schnell
bringt mitt sich viel Creutz und unfäll.

Bericht des Compass.

Der Knopf am Stiefft der Zeigett an
Inn welchem Zeichen d'Sonn dutt gan
Weitter machet Er auch dier kundt
Die schwarze Zahl, die gmeinen stundt.
Die Rote Zahl hat für anfang
ein Stundt nach der Sonnen auffgang
Und zeigt durchs Jar wie lang den tag
die Sonne allhier scheinnen mag.

Elevatio Poli XXXXIX Gr.
Durch Jakob Hofman, maler
Zu Schwäbisch Hall anno 1597.

2) Planisphærium Coeleste. Curâ Philomusi sculpsit Conrad Meyer. Tiguri 1861. — Von Professor Wolf geschenkt.

Diese in stereographischer Projection verzeichnete und von dem geschickten Maler und Kupferstecher Conrad Meyer von Zürich (1618—1689) gestochene, einen Fuss im Durchmesser haltende Sternkarte ist nicht nur für die Zeit ihres Entstehens recht schöne und sorgfältige Arbeit, sondern gewinnt auch noch dadurch an Interesse, dass die Cometen von 1577, 1585, 1596, 1607, 1612, 1618, 1661, 1665, 1680 und 1681, sowie die neuen Sterne von 1572, 1600 und 1604 in dieselbe eingetragen sind.

3) Zwei Astrolabien mit Transversalen. — Das Eine durch Ingenieur Hans von Muralt, das Andere durch Professor Wolf geschenkt.

Das Eine dieser beiden, in gewöhnlicher Weise mit Diopteru versehenen Astrolabien ist durch »Butterfield à Paris« construirt; der Halbkreis von 138^{mm} Radius ist in seine 180 Grade getheilt; 10 nach innen gezogene concentrische Hülfskreise, deren innerster wieder in 180 Grade getheilt und dessen n^{ter} Theilstrich mit dem $(n+1)^{ten}$ des Hauptkreises je durch eine sogenannte Transversale verbunden ist, erlauben von 6 zu 6, oder durch Schätzung sogar auf 3 Minuten abzulesen; der leere Raum im Halbkreise ist durch eine Boussole mit 32 theiliger Windrose und einem in Grade getheilten Kreise von 70^{mm} Durchmesser ausgefüllt; das Ganze lässt sich behufs Messung von Höhenwinkeln an einem Ringe halten, — könnte aber offenbar auch auf ein Stativ mit Kugelgelenk zur Winkelmessung in andern Ebenen aufgesetzt werden. — Das zweite, von Paul Care 1644 construirte Astrolabium von 156^{mm} Radius unterscheidet sich von dem erst erwähnten dadurch, dass es keine Boussole hat, dagegen der bewegliche Diopter eine Längentheilung besitzt, durch welche der Durchmesser von 312^{mm} in 200 Theile zerfällt, — ferner dass nur 6, aber nach aussen gehende Hülfskreise gezogen sind, und jeder Theilstrich n des Hauptkreises sowohl mit dem Punkte $n - {}^1/_2{}^0$, als mit dem Punkte $n + {}^1/_2{}^0$ des äussersten Kreises verbunden ist, so dass ohne Schätzung Ablesungen auf 5 Minuten erhältlich sind. — Ein drittes, gegenwärtig noch in meinem Privatbesitze befindliches Astrolabium, von dem ich schon beiläufig unter Nr. 171 meiner »Notizen zur Culturgeschichte der Schweiz« gesprochen habe (dasselbe, in Verwechslung mit dem oben Beschriebenen, als schon an die Sammlung abgetreten, bezeichnend), und das noch mehrere Eigenthümlichkeiten besitzt, werde ich bei einer andern Gelegenheit genauer in's Auge fassen.

4) Astronomica Itineraria. 1799. — Von den Horner'schen Erben geschenkt.

Unter den von den Horner'schen Erben gütigst der Zürcher-Sternwarte geschenkten Manuscripten des sel. Hofrath Horner befindet sich unter Anderem ein kleiner Octavband, der den obigen Titel führt, aber nur auf der ersten Seite einige Uhrvergleichungen enthält, welche er vor einer im Januar 1799 vom Seeberg nach Meiningen zum Besuche bei Feer unternommenen Reise machte.

Den Rest des Bändchens füllen verschiedene spätere, meist erst aus den 20ger Jahren des gegenwärtigen Jahrhunderts herrührende, zum Theil ganz interessante Notizen des verschiedensten Inhaltes, wie z. B. über die aus seinen Beobachtungen folgenden mittleren und extremen Stände von Barometer und Thermometer, über die von ihm gemachten Messungen der farbigen Ziegel der Schmetterlingsflügel, über seine Vergleichungen zwischen dem Weingeistthermometer von Micheli du Crest und dem 80theiligen, sogenannten Réaumur'schen, eigentlich Deluc'schen Quecksilberthermometer, etc. Ich werde gelegentlich einige derselben den Notizen der Vierteljahrsschrift einreihen.

5) Zwei Sonnenuhren. — Die Eine von Herrn Escher-Escher, die Andere von Professor Wolf geschenkt.

Die erstere dieser Sonnenuhren ist eine Horizontaluhr von »Baradelle à Paris«, und muss, da die ihr beigegebene Boussole circa $18\,^1/_2\,^0$ Abweichung nach West zeigt, etwa von 1750 datiren, während man sie allerdings nach ihrem Aussehen für wesentlich älter halten würde. — Die zweite ist eine Aequatoraluhr mit Gradbogen zum Stellen nach der Polhöhe, — ist von »Johann Georg Vogler, Compass-Macher in Augsburg« construirt, — und zeigt an ihrer Boussole 19^0 westliche Abweichung, so dass sie nahe aus derselben Zeit wie Erstere herstammt. — Eine mir kürzlich vorgewiesene Aequatoraluhr von »Antoni Braunmüller in Augsburg« zeigt an ihrer Boussole dagegen nur 13^0 westliche Abweichung, dürfte also etwa von 1720 datiren; es war ihr eine Gebrauchsanweisung von »Louis Deodate Müller, Faiseur de Compas et Mécanique à Augsbourg« beigegeben, so dass also Augsburg offenbar schon vor Brander reichlich mit Instrumenten-Machern versehen war.

6) Portrait von Copernicus. Geschenkt von Prof. Wolf.

Dieses von Gio. Colzi gemalte, von Salucci lithographirte Portrait in Folio trägt die Inschrift: »Niccola Copernicco Polacco. — Da antico ritratto di Scuola Bolognese già conservato dal celebre Astronomo Tom. Perelli, ed ora posseduto dal Prof. Cav. Sebastiano Ciampi in Firenze«.

[Fortsetzung folgt.]