

V o r t r a g.

Über die Bestimmung der Seehöhe aus dem beobachteten Luftdrucke.

Von dem w. M. **Karl Kreil.**

Die Messung des Luftdruckes mittelst des Barometers gehört in die Classe derjenigen Beobachtungen, welche eine besondere Vorsicht erheischen. Abgesehen von der nicht ganz einfachen Beschaffenheit des Instrumentes, dessen Instandhaltung Kenntniss und Sorgfalt erfordert, und der Gefahr die mit jeder Übertragung für die Verlässlichkeit seiner Angaben eintritt, ist die bei den meisten Vorrichtungen dieser Art erforderliche doppelte Einstellung, oft auch doppelte Ablesung eine so reichliche Quelle von Beobachtungsfehlern, dass man es jedem Künstler Dank wissen soll, dessen Scharfsinn es gelingt, sie theilweise zu verstopfen. Wir sind noch weit davon entfernt, alle diese Schwierigkeiten von Seite der meisten Beobachter auch nur erkannt, geschweige denn überwunden zu sehen, und wenn durch diese Thatsache einerseits die Vorwürfe gerechtfertigt erscheinen, welche man von mehreren Seiten gegen die Genauigkeit der Beobachtungen am Barometer vorbringt, so muss doch andererseits auch anerkannt werden, dass sie nicht unüberwindlich sind, sondern durch Unterweisung und Fleiss der Beobachter zum guten Theile weggeräumt werden können, wesswegen man sich der Hoffnung hingeben darf, die barometrischen Messungen hinsichtlich ihrer Genauigkeit noch viel bedeutendere Fortschritte machen zu sehen, als dies bei so vielen anderen Beobachtungen der Fall ist, welche bei der Einfachheit oder Vollendung der Apparate schon nahe zum Stillstand gekommen sind.

Hiemit soll jedoch keineswegs ausgesprochen werden, dass diese Messungen nicht auch in ihrem gegenwärtigen Zustande schon eine sehr willkommene Vermehrung unserer Kenntnisse liefern, ja es gelingt vielleicht im Folgenden den Beweis herzustellen, dass dort wo die oben erwähnten Schwierigkeiten durch die Kenntnisse und Sorgfalt der Beobachter glücklich überwunden worden sind, ihre Ergebnisse auch den anerkanntesten anderweitigen Leistungen an

die Seite gesetzt werden können. Nur muss man es ihnen nicht zum Vorwurfe machen, wenn einzelne vielleicht unter besonders ungünstigen Umständen ausgeführte Ablesungen ganz abweichende Bestimmungen gegeben haben, wie denn dies bei allen auf Beobachtungen fussenden Wissenschaftszweigen der Fall ist; man wird daher wo dies thunlich ist, stets eine längere Reihe zu einem Mittel zusammenfassen, was bei dieser Classe von Beobachtungen um so nöthiger ist, als die scheinbar regellosen atmosphärischen Vorgänge auf vereinzelt Messungen einen entstellenden Einfluss ausüben, der nur durch Beobachtungs-Reihen aufgehoben werden kann, aber dann auch aufgehoben wird.

Ich wurde zu dieser Untersuchung veranlasst durch eine Zusammenstellung der geographischen Lage unserer meteorologischen Stationen die bei dem Wechsel und der Vermehrung denselben (ihre Anzahl übersteigt gegenwärtig die Ziffer 100) nothwendig geworden war, und in welcher auch die Seehöhe einbezogen werden musste, zu deren Auffindung bei den meisten mehrjährige Beobachtungsreihen des Luftdruckes vorlagen. Die Bestimmung der Seehöhe aus Barometerbeobachtungen ist bekanntlich eine sehr scharfe Probe, da in ihnen jeder Beobachtungsfehler mikroskopisch vergrößert erscheint. Aus den früher angeführten Gründen wurden die älteren Beobachtungen nicht benützt, sondern man begnügte sich die Jahrgänge von 1848 angefangen, welche in den Jahrbüchern der Centralanstalt oder in den „Übersichten der Witterung“ veröffentlicht sind, zur Grundlage zu nehmen, und nur ausnahmsweise auch solche Jahrgänge in Betracht zu ziehen, bei denen einzelne Monate fehlten; in der Regel wurden aber den Rechnungen nur die Jahresmittel vollständiger Jahrgänge zu Grunde gelegt.

Da bei vielen Stationen nur eine kurze, bei manchen nur eine einjährige Beobachtungsreihe zu Gebote stand, so können schon aus diesem Grunde viele der hier gegebenen Bestimmungen nicht als endgiltige angesehen werden. Ein zweiter Grund warum dies nicht der Fall ist, liegt in dem Mangel einer Vergleichung des Stations-Instrumentes mit jenem der Centralanstalt an der Station selbst; denn wenn gleich bei allen Barometern vor ihrer Absendung eine solche Vergleichung vorgenommen wird, so darf man sich doch keineswegs der Überzeugung hingeben, dass das Instrument nach der Ankunft an der Station noch dasselbe sei wie

vor der Absendung. Um daher die Vergleichung an Ort und Stelle vornehmen zu können, wurde im vorigen Sommer die Bereisung der Stationen begonnen, und wird hoffentlich im laufenden und den folgenden Jahren fortgesetzt werden. Die Fehler der auf diesem ersten Reisekurs verglichenen Instrumente, in so ferne sie zur vorliegenden Untersuchung einen Beitrag lieferten, sind in der nachstehenden Tafel enthalten, und wurden natürlich bei der Berechnung der Seehöhe berücksichtigt. Die Zeichen der Correction sind so zu verstehen, dass die Ablesung des Stations-Instrumentes um die Correction vergrößert, wenn diese das Zeichen +, und verkleinert wenn sie das Zeichen — hat, mit der Angabe des Normalbarometers der Centralanstalt übereinstimmt.

TAFEL I.

Übersicht der auf der Reise im J. 1855 gefundenen Fehler der Stationsbarometer.

Station	Fehler	Station	Fehler
Adelsberg	+ 0 ^m 21	Laibach	— 0 ^m 11
Admont*	+ 0·48	Lienz*	— 0·34
Althofen*	— 0·02	Linz	+ 0·08
Aussee (Alt-)	+ 0·13	St. Magdalena	— 0·41
Aussee (Markt)	+ 0·09	St. Maria	+ 0·13
Bregenz	+ 0·01	Meran	— 0·05
Cilli	— 0·07	Obervellach	+ 0·28
Gastein*	+ 0·41	St. Paul*	+ 1·36
Heiligenblut	+ 0·13	Plan	— 0·15
St. Jakob	— 0·46	Salzburg	+ 0·09
Klagenfurt	+ 0·11	Tröpolach	+ 0·06
Kremsmünster	— 0·06	Wilten*	+ 0·75

Im Jahre 1854 wurde für Triest der Fehler = + 0^m 21,

„ Venedig „ = — 0·12 gefunden.

Die mit Sternchen versehenen Stationen beobachten mit minder genauen nicht von der Centralanstalt versendeten Instrumenten. Eigene Instrumente haben auch noch Kremsmünster, Obervellach und Salzburg, welche jedoch an Genauigkeit den unsern nicht nachstehen.

In Althofen wurde das Barometer durch Änderung des Niveau im Gefässe am 12. August corrigirt, der beigesetzte Fehler gilt daher von diesem Tage an, der frühere ist = — 1^m12.

In Gastein wurde das birnförmige Barometer am 2. August durch Zugießen von Quecksilber besser zur Übereinstimmung gebracht. Der früher an den Ablesungen vorhandene Fehler betrug + 2^m.

In St. Paul wurde der Fehler bis Ende 1853 zu + 1^o0 angenommen.

In Salzburg trat im August 1851 ein anderer Beobachter ein, wobei der Standort des Barometers geändert wurde. Der neue soll nach Angabe um 6 Klafter höher liegen als der frühere.

Die folgende Tafel enthält die aus den Jahresmitteln nach der Gauss'schen Formel gerechneten Seehöhen, welche sich auf den Aufhängeort des Barometers, nämlich auf die Höhe seines Gefässes oder bei Heberbarometern, auf das Niveau im kürzeren Schenkel beziehen. Bei anderer Gelegenheit werden die Höhenunterschiede zwischen diesen Orten und einem bleibenden leicht erkennbaren Punkte gegeben werden. Von den in der ersten Spalte angeführten Stationen ist die erste jene, zu welcher die Seehöhe gehört, die zweite diejenige, aus deren Vergleichung sie erhalten wurde. Jahrgänge in denen einzelne Monate fehlen, sind durch Sternchen erkenntlich gemacht. In diesem Falle wurden die fehlenden Beobachtungen nicht ergänzt, sondern das Mittel aus den durchbeobachteten Monaten in beiden Stationen zur Berechnung verwendet. Bei den Seestationen Curzola, Ragusa, Triest, Venedig, Zara ist die Höhe über dem Niveau des Meeres aus directer Messung erlangt worden.

Für Wien wurden zu diesen Rechnungen die 24 stündigen Mittel benützt, welche aus den Aufzeichnungen des Barometrographen abgeleitet, und auf den jetzigen Standort des Barometers, das zu den täglichen Ablesungen dient, zurückgeführt worden sind. Diese Ablesungen, welche man von vier zu vier Stunden anzustellen pflegt, werden zur Verwandlung der Autographen-Zeichnung in wahren Luftdruck benützt. Die Jahresmittel sind folgende:

Wien	Luftdruck	Temperatur
1848	329 ^o 71	+ 7 ^o 78 R.
1849	329·69	7·27
1850	329·78	7·52
1851	330·09	7·35
1852	329·86	8·14
1853	329·29	7·08
1854	330·06	8·13
1855	329·53	7·04

Für die übrigen Stationen findet man diese Grössen in den Jahrbüchern der Centralanstalt und in den „Übersichten der Witterung“ welche in den Sitzungsberichten der k. Akademie der Wissenschaften erscheinen.

TAFEL II.
Seehöhen der Beobachtungsorte in Toisen aus den Jahresmitteln des Luftdruckes berechnet.
(Die Seehöhe gehört zu dem zuerst genannten Orte.)

Verglichene Orte	1848	1849	1850	1851	1852	1853	1854	1855	Mittel
Adelsberg und Triest	—	—	—	—	283·7	277·3	273·9	270·4	276·8
Admont und Markt Aussee	—	—	—	—	—	—	339·6	341·8	341·9
Admont und Alt-Aussee	—	—	—	—	—	337·2	342·1	348·9	341·9
Althofen und Klagenfurt	—	—	—	—	—	—	379·5	381·7	380·6
Aussee (Markt) und Kremsmünster	—	—	—	—	333·9	—	332·8	340·7	333·8
Aussee (Alt-) und Kremsmünster	—	—	—	—	482·2	486·0	482·7	485·2	484·0
Bodenbach und Prag	70·8	71·8	—	—	78·2	76·6	70·6	69·4	72·9
Bregenz und Mailand	—	—	—	—	—	199·7*	195·7*	201·4*	198·9
Brünn und Wien	107·2	104·7	114·7	109·9	106·2	106·7	112·4	109·3	108·9
Cilli und Wien	—	—	—	—	—	121·9	119·0	120·7	120·7
Cilli und Triest	—	—	—	—	—	125·2	114·5	119·8	120·2
Curzola	—	—	—	—	—	—	—	—	4·7
Czaslau und Prag	137·4	—	—	—	128·1	133·7	133·8	131·8	133·0
Czernowitz und Lemberg	—	—	—	—	—	121·1	—	131·9	—
Czernowitz und Krakau	—	—	—	—	—	125·0	136·3	137·0	129·7
Debreczin und Wien	—	—	—	—	—	—	66·2	64·3	65·2
Fünfkirchen und Wien	—	—	—	—	—	—	78·8	76·2	77·3
Gasfeln (Wildbad) und Kremsmünster	—	—	—	—	—	—	—	508·5	508·5
Gratz und Wien	—	—	—	—	—	190·3	—	—	190·3
Heiligenblut und Klagenfurt	—	—	—	—	—	—	210·9	660·3	660·3
Hermannstadt und Wallendorf	—	—	—	—	—	—	215·0	210·7	213·3
Hermannstadt und Szegedin	—	—	—	—	—	—	484·7	213·3	212·5
Jaslo und Klagenfurt	—	—	—	—	—	484·7	484·7	483·0	484·1

Verglichene Orte	1848	1849	1850	1851	1852	1853	1854	1855	Mittel
St. Jakob und Krakau	—	—	—	—	—	—	—	121.7	121.7
Kahlenberg und Wien	—	—	—	—	—	—	—	231.4	231.4
Kesmark und Krakau	—	—	—	—	—	316.2*	318.3	321.9	318.8
Kirchdorf und Kremsmünster	—	—	—	—	—	—	—	231.0	231.0
Klagenfurt und Wien	221.3	220.5	228.0	228.1	226.8	228.8	225.6	228.8	226.0
Krakau und Wien	144.4	108.9	143.1	143.0	144.3	108.1	143.9	106.4	141.1
Kremsmünster und Wien	193.6	190.1	191.0	191.9	194.6	198.0	192.0	194.1	193.2
Kronstadt und Hermannstadt	—	—	—	—	295.4	290.9	293.6	292.1	293.9
Kronstadt und Wien	—	—	—	—	298.4	293.2	296.0	291.7	293.9
Laiabach und Wien	—	—	—	—	—	—	149.1	147.2	147.3
Laiabach und Triest	—	—	—	—	—	—	144.9	148.1	147.3
Leipa und Prag	—	—	—	—	131.7	132.3	127.1	128.1	129.8
Lemberg und Krakau	—	—	142.8	137.7	146.3	149.0	—	150.2	145.2
Leutschau und Krakau	—	—	—	—	—	170.0*	168.4	169.1	169.2
Lienz und Klagenfurt	—	—	—	—	—	—	336.5	337.7	337.1
Linz und Kremsmünster	—	—	—	—	134.2	134.8*	134.4	—	134.4
S. Magdalena und Klagenfurt	—	—	—	—	—	—	434.0	441.9	438.0
Mailand und Wien	72.9	72.4	72.8	73.5	73.6	79.9	74.7	80.5	75.3
S. Maria und Kremsmünster	—	—	—	—	—	—	—	1266.9	1266.9
S. Maria und Meran	—	—	—	—	—	—	—	1270.8	1270.8
S. Maria und Triest	—	—	—	—	—	—	—	1268.4	1268.4
S. Maria und Venedig	—	—	—	—	—	—	—	1270.6	1270.6
S. Maria und Mailand	—	—	—	—	—	—	—	1267.6	1267.6
Meran und Mailand	—	—	—	—	—	—	160.4	157.0	158.9
Meran und Salzburg	—	—	—	—	—	—	161.7	156.3	158.9
Obervellach und Klagenfurt	—	—	—	—	337.8	335.9	334.4	333.6	335.9
Olmütz und Brünn	—	—	—	—	—	113.9	107.8	113.1	111.6

Unter den in dieser Tafel enthaltenen Stationen sind nun zunächst diejenigen einer näheren Betrachtung werth, an denen die Anzahl der Beobachtungsjahre gross genug ist, um ein Mittel zu geben, von dem man voraussetzen kann, dass es sich nicht mehr bedeutend ändern werde, wenn auch die Beobachtungsreihe unter gleichen Umständen, d. h. abgesehen von Änderungen am Instrumente oder den Personalgleichungen der Beobachter, noch verlängert würde. Ein solches Mittel wird ein Mass darbieten, an dem man die Unsicherheit der Höhenbestimmungen, welche blos von den meteorischen Einflüssen herrührt, abschätzen kann. Vergleicht man das Ergebniss jedes einzelnen Jahres mit diesem Mittel, nennt den Unterschied A, und sucht für diese Grösse den wahrscheinlichsten Werth F, so findet man diesen Werth nach der Güte der gebrauchten Instrumente und der bei den Beobachtungen angewandten Sorgfalt verschieden. Nach seiner Grösse geordnet gibt er folgende Reihe:

Wien	F = 1·35	Tois.	Anzahl der Jahre = 8
Kremsmünster	F = 1·68	„	„ „ „ „ = 8
Krakau	F = 2·01	„	„ „ „ „ = 8
Brünn	F = 2·04	„	„ „ „ „ = 8
Mailand	F = 2·16	„	„ „ „ „ = 8
Senftenberg	F = 2·17	„	„ „ „ „ = 6
Klagenfurt	F = 2·24	„	„ „ „ „ = 8
Prag	F = 2·43	„	„ „ „ „ = 8
Bodenbach	F = 2·43	„	„ „ „ „ = 6
Pürglitz	F = 2·94	„	„ „ „ „ = 8
Schössl	F = 2·95	„	„ „ „ „ = 7
Pilsen	F = 3·86	„	„ „ „ „ = 8.

Die drei letzten Stationen beobachten noch mit Instrumenten, welche von der patriotisch-ökonomischen Gesellschaft in Prag vertheilt worden sind, und die den von der Akademie versendeten weit nachstehen. Sie könnten daher bei der Bestimmung des durchschnittlichen Werthes von F füglich ausgelassen werden, wodurch dieser geringer ausfallen würde. Aber auch wenn man sie mitnimmt, findet man für das Mittel aller Werthe von F die Zahl

2·33 Toisen,

was so viel sagen will, als dass ein fleissiger Beobachter, welcher täglich dreimal zu festgesetzten Stunden sein Barometer und Thermometer abliest, und diese Beobachtungen durch ein Jahr fortsetzt, die Seehöhe seiner Station wahrscheinlich bis auf 14 Fuss genau erhalten wird, insoferne man den aus mehrjährigen Beobach-

tungen gefolgerten Werth derselben als der Wahrheit entsprechend annehmen darf. Diese Grenze kann durch gute Instrumente und eine grössere Anzahl von Ablesungen, die man den Tag über anstellt, noch auf ungefähr den halben Werth herabgebracht werden, und dadurch ist meines Bedünkens der Beweis hergestellt, dass die Veränderlichkeit der atmosphärischen Einwirkungen, welche auf vereinzelte Beobachtungen, wenn man aus ihnen eine Höhenbestimmung ableiten will, einen so mächtigen Einfluss auszuüben scheinen, auf das Jahresmittel nur ganz unmerklich einzuwirken im Stande ist.

Das erste Erforderniss, welches daher neben einer sorgfältig ausgeführten Beobachtungsreihe noch erfüllt werden muss, wenn man daraus die Seehöhe rechnen will, ist das Vorhandensein einer Station an welcher dieselbe Beobachtungsreihe durchgeführt wurde und die ihrer Höhe nach scharf bestimmt ist. Die Entfernung dieser Station scheint, wenigstens bis zu einer gewissen ziemlich weit gesteckten Grenze von geringerem Einflusse zu sein, als man erwarten dürfte, wenigstens geben, wie man aus der vorhergehenden Zusammenstellung ersieht, die Beobachtungen von Wien und dem entfernteren Triest einen kleineren Fehler als die Vergleichung Wiens mit Kremsmünster, wo doch gewiss die Beobachtungen jene von Triest an Genauigkeit weit übertreffen, oder jene zwischen Wien und dem noch näher gelegenen Brünn, dessen Beobachtungen gleichfalls den besten an die Seite gestellt werden dürfen; andererseits steht Senftenberg von Prag aus bestimmt mit dem viermal weiter von Wien entfernten Mailand auf gleicher Stufe der Übereinstimmung. Um diese Thatsache, dass die Entfernung der Vergleichungsstation von der zu bestimmenden keinen erheblichen Einfluss auf die Genauigkeit der Bestimmung ausübe, noch mehr zu begründen, wurden die Höhen mehrerer Orte aus zwei verschiedenen ungleich entfernten Stationen gerechnet, wie man in Tafel II gesehen haben wird. So gewährt Cilli durch Wien bestimmt eine sehr schöne Übereinstimmung der Ergebnisse unter sich, durch Triest bestimmt hingegen eine sehr geringe, weungleich die Mittel beider Bestimmungen sehr nahe zusammentreffen, nämlich:

Cilli durch Wien = 119·5 Toisen,

„ „ Triest = 119·8 „

Ebenso gibt

Laibach durch Wien = 148·1 Toisen,

„ „ Triest = 146·5 „

und auch hier die Bestimmungen durch Wien besser übereinstimmend als jene durch Triest.

Die Seehöhe von Kronstadt aus Hermannstadt ist = 294·0 Toisen,
 „ „ „ „ „ „ Wien „ = 296·8 „

Ein Beobachter, der seine Seehöhe aus Jahresmitteln rechnen will, wird demnach viel mehr darauf zu sehen haben, dass die Beobachtungen der Vergleichsstation verlässlich seien, als dass sie in seiner Nähe liege.

Eine andere noch weiter zu erörternde Frage ist die, ob Eine Vergleichsstation hinreichend sei, um daraus die Seehöhe des Beobachtungsortes genau zu ermitteln. Wenn man bedenkt, dass fast in jedem Barometer kleine Fehler vorkommen, welche auch der aufmerksamsten Untersuchung entgehen, oder sich nach der Untersuchung des Instrumentes erst einstellen und vergrössern können, dass hiezu noch die unvermeidlichen Personal-Verschiedenheiten eines jeden Beobachters in der Auffassung der einfachsten Sinnesindrücke kommen, so muss man schon von vornherein es für sehr wünschenswerth halten, mehre Vergleichsstationen zu Rathe ziehen zu können. Für die barometrische Bestimmung von Wien wurde die Vergleichsstation Triest gewählt, weil diese der einzige Beobachtungsort an der See ist, von welchem mehrjährige Beobachtungen vorliegen, dessen Höhe über dem Meeresspiegel durch directe Messung leicht und sicher gefunden werden konnte, wodurch man daher von trigonometrischen Operationen unabhängig wurde. Die Seehöhe von Wien, welche nach trigonometrischer Bestimmung zu 99·7 Toisen angenommen wird ¹⁾, ergab sich aber aus diesen achtjährigen Beobachtungen nur zu 96·5 Toisen, womit zweijährige Beobachtungen von Venedig aus welchen diese Grösse gleich 95·2 gefunden wird, ganz gut übereinstimmen. Wenngleich 3 Toisen, gleichmässig auf die barometrische und die trigonometrische Bestimmung vertheilt, für beide einen Grad von Sicherheit geben, mit welchem sie bei der Entfernung beider Orte gewiss zufrieden sein kann, so durfte man doch mit Grund hoffen, dass die Übereinstimmung noch genauer hergestellt werden könne, wenn auch die übrigen Seestationen, sowie die trigonometrisch genau bestimmten Landstationen zur Bestimmung

1) Jahrb. der k. k. Centr. Anst. I. Bd., S. 5.

Über die Bestimmung der Seehöhe aus dem beobachteten Luftdrucke. 363

unserer Seehöhe beitragen. Die Erfahrung hat dies bestätigt, denn man fand dafür folgende Werthe:

aus der Vergleichung mit Krakau	99·2 Toisen
„ „ „ „ Kremsmünster	103·3 „
„ „ „ „ Mailand	99·9 „
„ „ „ „ Triest	96·5 „
„ „ „ „ Venedig	95·2 „
„ „ „ „ Zara	99·8 „

Mittel 99·0 Toisen,
wahrscheinl. Fehler = 1·92 „

wobei die Seehöhe von Krakau zu	110·6 Toisen
„ „ „ „ Kremsmünster	196·8 „
„ „ „ „ Mailand	75·5 „

angenommen wurde.

Um zu sehen, ob die barometrische Höhenbestimmung nicht etwa in grösseren Höhen unsicher wird, suchte man die höchste Station unseres Beobachtungs-Netzes, S. Maria auf dem Stilsferjoche, aus mehreren näher und ferner liegenden Stationen zu bestimmen, und man wählte hiezu, da sie dem Übergangspunkte von der nördlichen zur südlichen Abdachung der Alpen sehr nahe liegt, vier nördlich und vier südlich gelegene Stationen. Man fand aus einjährigen Beobachtungen die Seehöhe dieser Station:

von Zara	1279·0 Toisen,
„ Triest	1268·4 „
„ Venedig	1270·6 „
„ Mailand	1267·6 „
„ Meran	1270·8 „
„ Klagenfurt	1262·5 „
„ Kremsmünster	1266·9 „
„ Wien	1266·7 „

Mittel 1269·1 Toisen.

Wahrscheinlicher Fehler	3·23 „
Die südlichen Vergleichsstationen gaben .	1271·4 „
Die nördlichen gaben	1266·7 „

Bei der grossen Abweichung der zwei Stationen Zara und Klagenfurt vom Mittel kann man die grössere Seehöhe aus den südlichen Stationen im Vergleiche mit jener aus den nördlichen noch nicht als vollkommen gesichert annehmen.

Die bei Anlegung der Strasse ausgeführte Vermessung setzt diesen Punkt auf 2520 Meter oder 1283 Toisen Seehöhe.

Das Hospitz von St. Bernhard wird von Schlagintweit zu 7613 P. F. = 1268·8 Toisen angegeben.

Nach diesen Ergebnissen ist es wohl keinem Zweifel unterworfen, dass von einem Orte, an welchem wenigstens im Jahr hindurch sorgfältige barometrische Aufzeichnungen angestellt worden sind, und dem mehrere verlässliche Vergleichsstationen zur Verfügung stehen, die Seehöhe mit derselben Genauigkeit aufgefunden werden kann, welche man an guten trigonometrischen Vermessungen zu erreichen pflegt, und es wäre nur zu wünschen, dass dies einfache Mittel recht häufig in Anwendung gebracht würde.

Es ist aber immerhin noch ein mühsames und in vielen Fällen nicht ausführbares Verfahren aus jahrelangen Beobachtungsreihen die Seehöhe eines Ortes zu finden. Oft genügt es vollkommen, sie innerhalb viel weiterer Grenzen, z. B. auf zehn bis zwölf Toisen zu kennen, aber man will in kürzerer Zeit zu dieser Kenntniss gelangen. Es ist daher auch von Wichtigkeit zu untersuchen, wie weit man mit kürzeren Beobachtungsreihen, z. B. den einzelnen Monat- oder Tagesmitteln reiche, und ob sie unter den, wenigstens in einer grossen Ausdehnung von Europa, jederzeit erfüllbaren Bedingungen eines verlässlichen Instrumentes und Beobachters, und einer oder mehrerer nicht zu entfernter Vergleichsstationen die vorgelegte Aufgabe innerhalb der gesteckten Grenze zu lösen im Stande sind.

Da bei der grossen Veränderlichkeit des Luftdruckes vorausgesetzt werden kann, dass die Entfernung der Stationen, deren Beobachtungen zu vergleichen sind, hiebei eine grosse Rolle spiele, so wurden zu dieser Untersuchung folgende Stationen von verschiedener Entfernung und verschiedener Höhenlage gewählt, bei denen gegen die Genauigkeit der Beobachtungen nichts einzuwenden ist:

Wien und Kahlenberg, Entfernung 1 Meile,

Höhenunterschied 132 Toisen;

Kremsmünster und Alt-Aussee, Entfernung 7 Meilen,

Höhenunterschied 288 Toisen;

Wien und Brünn, Entfernung 14 Meilen,

Höhenunterschied 9 Toisen;

Wien und Kronstadt, Entfernung 100 Meilen,

Höhenunterschied 194 Toisen.

Man suchte für jedes Paar dieser Stationen die Höhendifferenz aus den einzelnen Monatsmitteln des Jahres 1855 und verglich sie mit der durchschnittlich aus allen 12 Monaten gefundenen, wodurch sich folgende wahrscheinliche Fehler und ihre Grenzen ergaben:

Über die Bestimmung der Seehöhe aus dem beobachteten Luftdrucke. 365

für Wien und Kahlenberg . . .	F = 0·86 ± 0·12	Toisen
„ Kremsmünster und Alt-Aussee	F = 1·21 ± 0·17	„
„ Wien und Brünn	F = 1·50 ± 0·21	„
„ Wien und Kronstadt	F = 5·92 ± 0·82	„

Man erkennt hier deutlich die Zunahme der Unsicherheit mit der Entfernung der Vergleichsstationen, was vorauszusehen war, weil in entfernteren Orten die Änderungen des Luftdruckes weder in derselben Zeit noch in derselben Grösse eintreten, und solche Ungleichförmigkeiten durch Resultate kürzerer Beobachtungsreihen, wie die Monatmittel sind, nicht ausgeglichen werden können. In Gegenden, wo diese Unregelmässigkeiten geringer sind, wie zwischen den Tropen, wird eine kleine Anzahl von Beobachtungen genügen, um eine Höhendifferenz mit derselben Sicherheit zu bestimmen, zu welcher in unseren Breiten die Beobachtungen eines Jahres kaum hinreichen. Auch bei uns ist unter übrigens gleichen Umständen die Höhenbestimmung während der Sommermonate sicherer als während des Winters, wo die barometrischen Störungen häufiger und mächtiger auftreten, und wirklich gehen bei den vier berechneten Paaren der verglichenen Stationen die Fehler der Sommermonate kleinere Quadratsummen, als jene der Wintermonate. Man findet nämlich diese Quadratsummen

für Wien und Kahlenberg	im Winter	16·9
	im Sommer	0·6
„ Kremsmünster und Alt-Aussee	im Winter	18·6
	im Sommer	17·0
„ Wien und Brünn	im Winter	28·3
	im Sommer	25·9
„ Wien und Kronstadt	im Winter	428·2
	im Sommer	418·3.

Die oben gegebenen Werthe von F zeigen, um wieviel die Unsicherheit wächst, wenn man ein Monatmittel statt eines Jahresmittels zur Berechnung der Seehöhe anwendet, wobei es vielleicht auffallen dürfte, dass die Unsicherheit des Ergebnisses eines Monatmittels verglichen mit dem Jahresmittel kleiner ist, als jene eines einzelnen Jahresmittels im Vergleiche mit einem achtjährigen Mittel; für Brünn z. B. wurde

$$\begin{aligned} \text{der erste Fehler} &= 1\cdot50 \text{ Toisen,} \\ \text{der zweite (nach S. 360)} &= 2\cdot04 \text{ „ gefunden.} \end{aligned}$$

Der Grund hievon ist aber leicht einzusehen. Bei den mehrjährigen Beobachtungen nämlich ist eine der Hauptfehlerquellen die oft von dem Beobachter selbst nicht bemerkten Änderungen, welche in dem Zustande des Instrumentes vor sich gehen; auch manche scheinbar höchst geringfügige Nebenumstände, die bei der Ausführung der Beobachtung das eine Jahr gegen das andere hinzutreten, können nicht ohne Einfluss bleiben, welcher bei einjährigen Beobachtungen von keiner oder viel geringerer Bedeutung ist.

Für Reisende ist aber selbst die Aufgabe, den Luftdruck einen Monat hindurch an demselben Orte zu beobachten, eine solche, dass sie nur selten von ihnen gelöst werden kann. Sie halten sich einen oder wenige Tage, oft nur Stunden an demselben Orte auf, pflegen auch wohl nur nebenher während des Wechsels der Pferde oder des einzunehmenden Frühstückes das Barometer aufzuhängen und abzulesen. Es ist daher nicht unerwünscht, auch die Frage zu beantworten, ob man überhaupt, und bis zu welchem Grade man unter diesen Umständen noch brauchbare Ergebnisse zu erlangen hoffen dürfe.

Da man in den meisten Fällen, um grobe Versehen zu vermeiden, wenigstens zwei- oder dreimal einstellen und ablesen wird, so wurden zur Beantwortung der vorgelegten Frage die Tagesmittel, welche aus drei täglichen Ablesungen entstanden sind, benützt, und aus diesen Mitteln für die ersten 12 Tage des Jahres 1855 die Seehöhen der obigen vier Paare von Vergleichsstationen gesucht. Es sind diese Tage vom 1. bis 12. Jänner solche, an denen sehr schnelle Änderungen im Luftdrucke eintraten, und welche daher nach dem was früher bemerkt wurde, für diese Art von Bestimmungen besonders ungünstig wurden, so dass man die daraus hervorgehende Unsicherheit wohl als an der weitesten Grenze liegend annehmen darf. Auch der Umstand wurde ausser Acht gelassen, dass nicht an allen Stationen zu denselben Stunden beobachtet wurde, sondern

in Kremsmünster und Brünn um	18 ^h ,	2 ^h ,	10 ^h ,
„ Alt-Aussee	„ 20,	2,	8,
„ Wien und Kahlenberg .	„ 19,	2,	9,
„ Kronstadt	„ 19,	0,	10,

was gleichfalls auf die Übereinstimmung der Ergebnisse besonders während einer Störung von nachtheiligem Einflusse sein muss.

Über die Bestimmung der Seehöhe aus dem beobachteten Luftdrucke. 367

Um aber den Einfluss einer solchen Störung noch besser nachweisen zu können, wurde diese Rechnung auch für einen Zeitraum geführt, wo eine solche nicht eintrat, nämlich für den 1. bis 12. Juni 1855, und hiebei dieselben Beobachtungs-Stationen verwendet. Zur Vergleichung des zwölf-tägigen Mittels mit dem ein- oder mehr-jährigen, wurde auch dieses so wie der Unterschied beider beigesetzt.

Für die erste Periode vom 1. — 12. Jänner ergab sich aus 12-tägigen Beobachtungen:

	Mittel aus 12 Tagen	Ein- oder mehrjährl. Mittel	Untersch.
Höhenuntersch. zw. Wien u. Kahlenberg . . .	127·4 Tois.	131·7	+ 4·3
Wahrscheinlicher Fehler für 1 Tagesmittel F =	0·89		
Höhenuntersch. zw. Kremsmünster u. Alt-Aussee	284·4	287·2	+ 2·8
F =	2·05		
Höhenuntersch. zw. Wien u. Brünn	13·2	19·2	+ 6·0
F =	4·90		
Höhenuntersch. zw. Wien u. Kronstadt	213·2	195·1	— 14·1
F =	12·34		

Für die ruhigere Periode vom 1. bis 12. Juni hingegen ergaben sich folgende Zahlen:

	Mittel aus 12 Tagen	Ein- oder mehrjährl. Mittel	Untersch.
Höhenuntersch. zw. Wien u. Kahlenberg . . .	130·3 Tois.	131·7	+ 1·4
F =	1·58		
Höhenuntersch. zw. Kremsmünster u. Alt-Aussee	289·3	287·2	— 2·1
F =	1·71		
Höhenuntersch. zw. Wien u. Brünn	8·7	19·2	+ 10·5
F =	2·70		
Höhenuntersch. zw. Wien u. Kronstadt	190·7	195·1	+ 4·4
F =	8·35		

Aus den zusammengestellten Zahlen kann man zwei Thatsachen mit grosser Wahrscheinlichkeit entnehmen, wenn gleich zu ihrer unzweifelbaren Feststellung eine grössere Anzahl solcher Vergleichen durchgeföhrt werden müsste.

1. Die mit der Entfernung der Vergleichsstation zugleich wachsenden wahrscheinlichen Fehler eines einzelnen Tagesmittels hängen auch von dem Zustande der Atmosphäre, namentlich von den mehr oder minder raschen Änderungen des Luftdruckes ab, indem sie im Allgemeinen in der ruhigen Periode des Juni viel kleiner sind, als in der unruhigen des Jänner. Nur die Beobachtungen der nächsten Station, Kahlenberg, machen hievon eine Ausnahme und geben für Juni einen grösseren Werth als für Jänner. Dies mag aber seinen Grund einestheils darin haben, dass bei so nahen Beobachtungsorten auch die raschen Änderungen des Luftdruckes nahezu gleichzeitig

eintreten, daher keine grosse Unregelmässigkeit in der Differenz des Barometerstandes hervorbringen können, während andererseits auf Bergstationen im Sommer eine Ursache thätig wird, die im Winter ruht, nämlich der aufsteigende Luftstrom, welcher möglicher Weise den regelmässigen Gang der Barometer-Änderung mehr beeinträchtigt als unter diesen Umständen eine Störung es vermag. Dieser, wie so viele andere Punkte des vorliegenden Gegenstandes verdienen wohl in eigenen Untersuchungen ins Auge gefasst zu werden.

2. Wie die Fehler eines einzelnen Tagesmittels so wachsen auch die Unterschiede zwischen den Bestimmungen aus den 12tägigen und den Jahresmitteln nicht nur mit der Entfernung der Stationen, sondern auch mit dem mehr oder minder unregelmässigen Verlaufe der Änderungen des Luftdruckes. Wenn die Beobachtungen des Juni in Brünn von dieser Regel abweichen, so scheint die Ursache hievon in den Beobachtungen selbst zu liegen, denn ausserdem, dass ein Unterschied von 10 Toisen zwischen einem 12tägigen und mehrjährigen Mittel aus dem doppelten Grunde unwahrscheinlich wird, weil während der Störung derselbe Unterschied nur auf 6 Toisen stieg, und weil er in der ruhigen Periode auch in der siebenmal so grossen Entfernung Wien — Kronstadt nur auf 4·4 Toisen kommt, so zeigen die aus den eingesandten Beobachtungen gerechneten Tagesmittel Unregelmässigkeiten, welche die vorgebrachte Vermuthung rechtfertigen. Da übrigens Brünn eine unserer verlässlichsten Beobachtungsstationen ist, so lässt sich daraus abnehmen, dass der Beobachter, der seine Seehöhe aus einzelnen Ablesungen bestimmen will, sehr gut thun wird, sich nicht an eine einzige Vergleichsstation zu halten, sondern, was wenigstens in Österreich seit dem Bestehen des meteorologischen Beobachtungsnetzes keiner Schwierigkeit unterliegt, mehrere derselben zu Rathe zu ziehen, weil auch an der besten Station, vorzüglich wenn ihr keine autographen Instrumente zu Gebote stehen, Versehen eintreten können, welche ein einzelnes Tagesmittel unbrauchbar machen.

Wenn wir uns erlauben wollen, aus den obigen Zusammenstellungen und den daraus erhaltenen Zahlen einige allgemeine Bemerkungen und Verhaltensregeln für diese Bestimmungen abzuleiten, so müssen wir damit anfangen die Bedingungen festzustellen, durch deren Erfüllung die Wahrscheinlichkeit, dass ein günstiges Ergebniss zum Vorschein kommen werde, am grössten wird.

Die Hauptbedingung ist natürlich die, dass die Beobachtungen, welche an beiden Orten, sowohl an der zu bestimmenden als an der Vergleichsstation ausgeführt werden, den möglichsten Grad von Verlässlichkeit besitzen. In Beziehung auf den ersten Ort muss es ganz dem Beobachter überlassen bleiben, durch die Anwendung der grössten Sorgfalt beim Transporte, der Aufstellung und Behandlung des Instrumentes und der Ausführung der Beobachtungen allen Anforderungen genug zu thun. Vorzüglich wird er auf einer Reise nie unterlassen, sein Instrument, so oft ihn sein Weg durch eine Beobachtungsstation führt, in welcher sich ein Standbarometer befindet, mit demselben sorgfältig zu vergleichen, um die Mängel die etwa daran eingetreten sein könnten, zu erkennen und in Rechnung zu ziehen.

Er begnüge sich nicht mit einer vereinzeltten Ablesung, sondern wiederhole dieselbe auch bei einem kürzeren Aufenthalte an einem zu bestimmenden Orte, um etwaige gröbere Versehen auszuschliessen, welche sich bei übereilten Beobachtungen so leicht einschleichen. Je länger übrigens der Aufenthalt dauert, und je mehr Ablesungen während desselben, vorzüglich zu den Stunden an denen auch an den meisten Vergleichsstationen beobachtet wird, angestellt werden, ein desto günstigeres Resultat lässt sich erwarten. Die Beobachtungsstunden an unseren meteorologischen Stationen sind aber grösstentheils 6 oder 7 Uhr Morgens, 1 oder 2 Uhr Nachmittags und 9 oder 10 Uhr Abends.

Von der Verlässlichkeit der an der Vergleichsstation ausgeführten Beobachtungen kann sich der Beobachter einigermassen dadurch unabhängig machen, dass er, wo es thunlich ist, mehrere Stationen zu Rathe zieht, was bei minder verlässlichen durchaus nothwendig, aber auch bei ganz verlässlichen sehr rätlich ist. Stehen ihm mehrere derselben zu Gebote, so wähle er die nächstgelegenen, da mit der Entfernung der Vergleichsstationen die Unsicherheit der Bestimmung wächst.

Aus dem gleichen Grunde sind bei einer grösseren Anzahl von Beobachtungen, die an demselben Orte ausgeführt wurden, jene vorzuziehen, während welcher die Änderungen des Luftdruckes einen regelmässigen Verlauf zeigen, da die in der Atmosphäre eintretenden Störungen, besonders bei entlegenen Vergleichsstationen einen sehr nachtheiligen Einfluss auf die Sicherheit des Ergebnisses ausüben.

370 K r e i l. Über die Bestimmung der Seehöhe aus dem beobachteten Luftdrucke.

Es braucht wohl nicht erwähnt zu werden, dass ausser diesen aus der vorliegenden Untersuchung gefolgerten Vorsichten noch eine Menge anderer zu beobachten sind, die der Beobachter theils aus dem genauen Studium seines Instrumentes, theils aus den hierüber gegebenen Anleitungen oder der eigenen Erfahrung zu schöpfen hat, und in welche hier nicht besonders eingegangen werden kann. Ihre genaue Beachtung wird sich durch den guten Erfolg lohnen. Nach den hier gegebenen, aus den Beobachtungen gefolgerten Zusammenstellungen scheint es wohl keinem Zweifel zu unterliegen, dass man aus mehrjährigen Beobachtungsreihen mit Zuhilfenahme einiger gut bestimmter Vergleichsstationen die Seehöhe eines Beobachtungsortes mit derselben Schärfe und Sicherheit, aber mit viel geringerem Zeit- und Kostenaufwande wie durch trigonometrische Bestimmung finden könne. Für kürzere Beobachtungsreihen wird natürlich das Ergebniss stufenweise minder sicher; aber bei Beachtung der nöthigen Vorsichten kann man selbst aus den Beobachtungen Eines Tages ein Ergebniss erwarten, das in Beziehung auf Sicherheit die Grenze von 12 Toisen wohl nur selten überschreiten wird, ein Ergebniss, mit welchem reisende Beobachter gewiss in sehr vielen Fällen vollkommen zufrieden sein werden, und das sich hoffentlich in immer engere Grenzen der Unsicherheit einschliessen wird, je mehr sich die derartigen Reiseapparate vervollkommen, das Verständniss derselben sowie die Sorgfalt in ihrer Behandlung ausbreiten und die ständigen Beobachtungsstationen vermehren werden.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse](#)

Jahr/Year: 1856

Band/Volume: [20](#)

Autor(en)/Author(s): Kreil Karl

Artikel/Article: [Vortrag. Über die Bestimmung der Seehöhe aus dem beobachteten Luftdrucke. 353-370](#)