

Paper-ID: VGI_190813



Über den Einfluß des Windes auf die barometrisch gemessenen Höhenunterschiede

J. Liznar ¹

¹ *Wien*

Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen **6** (4), S. 112–116

1908

Bib_TE_X:

```
@ARTICLE{Liznar_VGI_190813,  
Title = {{\U}ber den Einflu{\ss} des Windes auf die barometrisch gemessenen H  
{\o}henunterschiede},  
Author = {Liznar, J.},  
Journal = {{\O}sterreichische Zeitschrift f{\u}r Vermessungswesen},  
Pages = {112--116},  
Number = {4},  
Year = {1908},  
Volume = {6}  
}
```



Schnittpunkte der Kante mit der gegebenen Kontur begrenzt ist, mittels einer längs dieser Kante gleitenden Spitze durchlaufen. Diese Bewegung überträgt sich auf ein Rad (Zählrad), welches mit einem Zeiger versehen ist, der die Größe der Bewegung an einem Zifferblatt anzeigt. Sobald der Endpunkt der Sehne erreicht ist, schaltet man das Zählrad mittels eines Hebels aus, schiebt das bewegliche Lineal durch eine Umdrehung der Kurbel vor, verschiebt die Laufspitze auf den Anfangspunkt der neuen Sehne und läuft nach Wiedereinschaltung des Zählrades die neue Sehne durch. Auf diese Weise werden also die Flächeninhalte der aufeinanderfolgenden Streifen durch das Zählrad mechanisch summiert.

Das Prinzip dieses Planimeters enthält, wie man sieht, nichts neues, das Instrument ist eng verwandt mit mehreren anderen, von denen es sich nur durch die technische Konstruktion unterscheidet, mittels welcher die Zerlegung der Fläche in Parallelstreifen und die mechanische Addition letzterer bewirkt wird. In dieser Hinsicht dürfte es wohl das vollkommenste seiner Klasse sein.

8. Schließlich sind in der Reihe der Planimeter polnischer Herkunft noch die beiden Integraphen: der von Żmurko und der von Abdank-Abakanowicz, anzuführen, die ja — wie jeder Integraph — zugleich Planimeter sind. Der Integraph von Żmurko, ausgeführt von G. Coradi in Zürich, wurde zuerst 1878 in Paris ausgestellt. Der Integraph von Abakanowicz wurde zuerst 1880 in einer polnischen Bauingenieur-Zeitschrift beschrieben. Da indessen die ausführlichen Beschreibungen dieser beiden Instrumente in weltbekannten Sprachen und an leicht zugänglichen Stellen erschienen sind,¹⁾ liegt kein Bedürfnis vor, diese Instrumente hier zu beschreiben.

Über den Einfluß des Windes auf die barometrisch gemessenen Höhenunterschiede.

Von Prof. J. Liznar in Wien.

Die barometrische Höhenformel, die bekanntlich unter der Voraussetzung abgeleitet wird, daß sich die Atmosphäre im Gleichgewichte befindet, weil nur in diesem Falle der in einem bestimmten Niveau herrschende Druck dem Gewichte der über ihm lagernden Luftsäule gleich ist, liefert nur dann richtige Werte des Höhenunterschiedes, wenn die in ihr vorkommenden Größen bei Windstille beobachtet wurden. Bei windigem oder stürmischem Wetter werden die Fehler um so größer, je stärker die Luftbewegung ist, sie hängen also von der Windgeschwindigkeit ab. Über diesen Zusammenhang existieren bisher leider keine eingehenderen Untersuchungen, weil man es, um brauchbare Werte des Höhenunterschiedes zu erhalten, so viel als möglich vermieden hat, die Höhenmessungen bei

¹⁾ Der Integrator des Prof. Dr. Żmurko in seiner Wirkungsweise und praktischen Verwendung dargestellt von K. Skibiński, Ing. u. Privatdozent an der k. k. techn. Hochschule in Lemberg. (S. A. aus dem LIII. Bande d. Denkschr. d. math-naturw. Kl. d. k. k. Akad. d. Wiss. Wien 1886.)

Les intégraphes; la courbe intégrale et ses applications. Par Br. Abdank-Abakanowicz. Paris, Gauthier-Villars, 1886.

stärkeren Winden auszuführen. Bei windigem Wetter erhält man stets einen zu großen Höhenunterschied. Ein lehrreiches Beispiel geben die Höhenmessungen, welche ich am 19. November 1906 und am 26. Oktober 1907 anlässlich der mit den Hörern unternommenen Exkursionen ausgeführt habe.

Die Messungen beziehen sich auf Höhenunterschiede, die anderweitig (nivellistisch, trigonometrisch) bekannt sind. Es sind dies die Höhenunterschiede folgender Punkte: Trottoir an der *SE*-Ecke des Hochschulgebäudes (Vor-
garten), Grenzstein in einem Weingarten in Sievering, Hermannskogel (natürlicher Boden bei der Habsburgwarte und Pfeiler auf der Terrasse), Kahlenberg (natürlicher Boden bei der Stefaniewarte und schließlich Leopoldsberg (natürlicher Boden beim Kircheneingang). Werden die nach der barometrischen Höhenformel berechneten Höhenunterschiede¹⁾ mit H' , die wahren mit H und die Unterschiede beider mit $\Delta H'$ bezeichnet, so war:

am 19. November 1906:

Höhenunterschied	H'	H	$\Delta H'$
Hermannskogel— <i>SE</i> -Ecke	325.3	315.2	10.1
Hermannskogel—Grenzstein	261.3	254.0	7.3
Hermannskogel—Kahlenberg	62.8	59.0	3.8
Kahlenberg—Leopoldsberg	59.2	58.0	1.2
Grenzstein— <i>SE</i> -Ecke	64.1	61.2	2.9

am 26. Oktober 1907:

Höhenunterschied	H'	H	$\Delta H'$
Hermannskogel— <i>SE</i> -Ecke	333.7	332.2	1.5
Hermannskogel—Grenzstein	274.9	271.0	3.9
Hermannskogel—Kahlenberg	78.9	76.0	2.9
Kahlenberg—Leopoldsberg	57.5	58.0	—0.5
Grenzstein— <i>SE</i> -Ecke	60.6	61.2	—0.6

Am 19. November 1906 herrschte am Hermannskogel ein stürmischer Wind, der sich auch am Kahlenberg und Leopoldsberg, wenn auch etwas abgeschwächt, fühlbar machte. Am 26. Oktober 1907 war die Luftbewegung eine bedeutend schwächere. Diesen Windverhältnissen entsprechend ergeben sich besonders die größeren Höhenunterschiede: Hermannskogel—*SE*-Ecke und Hermannskogel—Grenzstein am 19. November 1906 viel zu groß.

Es entsteht nun die Frage, ob es keine Möglichkeit gibt, den so eklatant auftretenden Einfluß des Windes in Rechnung ziehen zu können. Diese Frage wurde vor zwei Jahren in bejahendem Sinne von A. Anderkó beantwortet, indem er in einer in der meteorologischen Zeitschrift, Jahrgang 1905 (S. 547 bis S. 559), erschienenen Abhandlung²⁾ eine barometrische Höhenformel abgeleitet

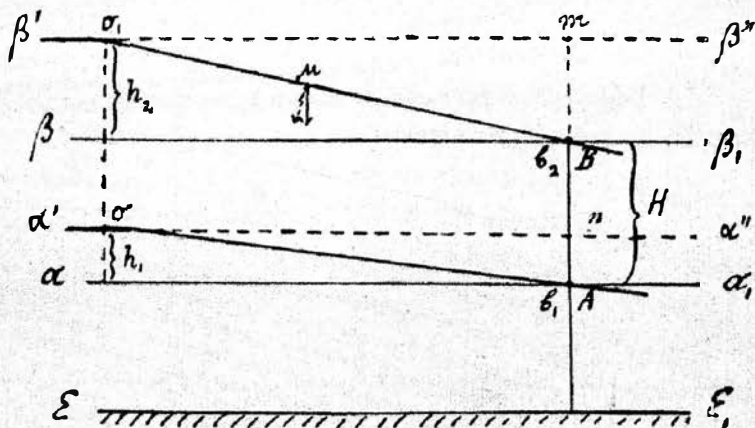
¹⁾ Von der Anführung der den Rechnungen zugrunde gelegten Daten ist hier abgesehen worden. Es sei nur bemerkt, daß die Barometerstände mit zwei Aneroiden der Lehrkanzel für Meteorologie und Klimatologie an der k. k. Hochschule für Bodenkultur: Naudet Nr. 58.090 und Naudet Nr. 58.100 beobachtet worden sind, deren Temperaturkoeffizienten und Teilungskorrekturen ich bestimmt habe und die während der Zeit der Messungen keine Änderung der Standkorrektur gezeigt haben.

²⁾ Über den vertikalen Gradienten des Luftdruckes.

hat, in welcher ein die Windgeschwindigkeiten enthaltendes Korrektionsglied vorkommt. Bezeichnet H den wahren, H' den aus der gewöhnlichen Höhenformel sich ergebenden Höhenunterschied, v_2 und v_1 die Windgeschwindigkeit am oberen, beziehungsweise am unteren Punkte und g die Schwerkraftbeschleunigung, so ist

$$H = H' - \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} \dots \dots \dots 1)$$

Anderkó ist bei Ableitung dieser Formel von den Differentialgleichungen der Hydrodynamik ausgegangen; man gelangt zu ihr aber auch durch folgende einfache Betrachtungen.



Bekanntlich bezeichnet man als Flächen gleichen Druckes jene Flächen, in welchen jedem Punkte derselbe Druck zukommt. Wird in obenstehender Figur der Höhenunterschied der beiden Punkte A und B mit H bezeichnet, so würde sich derselbe aus den in A und B beobachteten Drucken, Temperaturen und Feuchtigkeiten nur dann richtig ergeben, wenn die durch A und B gehenden Flächen gleichen Druckes die Lage $\alpha\alpha_1$, beziehungsweise $\beta\beta_1$ hätten, was dann der Fall sein würde, wenn die Atmosphäre vollkommen in Ruhe oder im Gleichgewichte wäre. Bei dieser Lage der Flächen gleichen Druckes steht die Schwerkraft überall normal zu ihnen, infolge dessen ist der Druck auf ein Flächenelement gleich dem Gewichte der über ihm lagernden Luftsäule, wie es bei Ableitung der Höhenformel vorausgesetzt wird. Herrscht aber eine Luftströmung, so können die Flächen gleichen Druckes nicht mehr parallel zum Meeresniveau und, wenn die Windgeschwindigkeit in beiden Höhen ungleich ist, auch nicht untereinander parallel sein, sondern müssen die durch $\alpha'A$ und $\beta'B$ angedeuteten Lagen haben.

Faßt man nun ein Luftteilchen μ ins Auge, so kann man sich die auf dieses Teilchen wirkende Schwerkraft in zwei Komponenten zerlegt denken, wovon die eine längs der Fläche gleichen Druckes, die andere normal zu $\beta'B$ wirkt. Die erstere Komponente wird dem Luftteilchen eine beschleunigte Bewegung längs der Fläche gleichen Druckes erteilen, deren Geschwindigkeit nach Hann ausgedrückt werden kann¹⁾ durch

$$v = \sqrt{2gh},$$

¹⁾ Lehrbuch der Meteorologie. 1. Auflage, Seite 415, 2. Auflage S. 309.

wenn h die Fallhöhe bezeichnet. Sind nun die Flächen gleichen Druckes $\alpha' \sigma$ und $\beta' \sigma_1$ horizontal, beginnen sonach die Luftteilchen bei σ beziehungsweise σ_1 zu fallen, so ist die Windgeschwindigkeit, v_2 in B und v_1 in A , gegeben durch

$$v_2 = \sqrt{2gh_2}, \quad v_2^2 = 2gh_2$$

$$v_1 = \sqrt{2gh_1}, \quad v_1^2 = 2gh_1,$$

somit

$$v_2^2 - v_1^2 = 2g(h_2 - h_1)$$

$$h_2 - h_1 = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} \dots \dots \dots 2)$$

Bei den in A und B herrschenden Druck-, Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnissen gibt die gewöhnliche barometrische Höhenformel den Abstand der Flächen gleichen Druckes $mn = H'$, der sich, wie aus der Zeichnung leicht zu ersehen ist, darstellen läßt durch

$$H' = H + h_2 - h_1,$$

woraus folgt

$$H = H' - (h_2 - h_1)$$

Setzt man hierin für $h_2 - h_1$ den Wert aus 2) ein, so wird

$$H = H' - \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g}, \dots \dots \dots 3)$$

welche Gleichung mit 1) identisch ist.

Diese Gleichung wurde unter der Voraussetzung abgeleitet, daß die Luftbewegung nur von der Schwerkraft abhängt, die auch Anderkó gemacht hat. Bei Berücksichtigung der Erdrotation und Reibung wird die Korrektur eine kompliziertere Form annehmen, von deren Ableitung hier jedoch abgesehen werden muß; weil kein Beobachtungsmaterial vorliegt, an welchem man die Richtigkeit der Formel prüfen könnte.

Da v_2 stets größer ist als v_1 , so ist die Korrektur $c_w = (v_2^2 - v_1^2) : 2g$, die man als Windkorrektur bezeichnen kann, immer positiv, d. h. H' muß sich immer zu groß ergeben. Für $v_2 = v_1 = 0$ wird, wie es ja für den Fall der Windstille sein soll, $H = H'$ erhalten.

Durch die Windkorrektur hat die barometrische Höhenformel eine sehr wesentliche Ergänzung erhalten und die Erfahrung wird lehren müssen, ob sich diese Korrekturen unter allen Umständen mit der nötigen Genauigkeit bestimmen lassen, denn davon hängt die Genauigkeit des zu bestimmenden Höhenunterschiedes H ab.

Um die Korrektur c_w zu ermitteln, müssen die Windgeschwindigkeiten im oberen und unteren Punkte gemessen und die Messungen so angeordnet werden, daß man die zur Zeit der oberen Messung unten herrschende Windgeschwindigkeit ableiten kann. Man wird bei diesen Messungen sehr kleine Schalenkreuz-Anemometer verwenden, die, in einem Etui verpackt, in der Tasche getragen werden können. Selbstverständlich muß dafür gesorgt sein, daß sich aus den Angaben derselben wahre Windgeschwindigkeiten berechnen lassen.

Da diese Anemometer nur den Weg W angeben, welchen die Mittelpunkte der Halbkugelschalen in einer bestimmten Zeit t zurücklegen, aus dem man die Geschwindigkeit derselben

$$V = \frac{W}{t}$$

berechnen kann, so müssen für jedes Instrument die Konstanten a und b der Formel

$$v = a + bV$$

bekannt sein, wenn man die Windgeschwindigkeit v erhalten will.

Ich hoffe, in der nächsten Zeit eine Reihe von barometrischen Höhenmessungen ausführen zu können, welche das zum weiteren Studium dieser Frage notwendige Material liefern sollen und werde seinerzeit darüber Bericht erstatten. Die vorstehende kurze Mitteilung hat nur den Zweck, die Aufmerksamkeit aller, die sich mit barometrischen Höhenmessungen beschäftigen, auf die besprochene Windkorrektur zu lenken.

Geodätische Ausstellung in Moskau.

Wie im Oktoberhefte unserer Zeitschrift mitgeteilt wurde, hat die Gesellschaft russischer Landmesser gelegentlich der Tagung ihrer Jahresversammlung nach dem Muster des «Deutschen Geometervereines» eine «Geodätische Ausstellung in Moskau» in der Zeit vom 26. Jänner bis 2. Februar d. J. veranstaltet.

Die Organisation der Ausstellung wurde von dem Professor der Geodäsie an der Moskauer Konstantinow'schen Hochschule für Landmesser S. M. Solowiew durchgeföhrt.

Die Ausstellung umfaßte vier Abteilungen:

- I. Geodätische Instrumente;
- II. Instrumente und Geräte zum Kartieren und zur Flächenberechnung;
- III. Apparate zur Vervielfältigung und zu Reproduktionen;
- IV. Schreib- und Zeichenmaterialien.

Nach dem offiziellen Ausstellungs-Kataloge zählte die Ausstellung 664 ausgestellte Objekte. Neben den staatlichen Institutionen als «Astronomisches und geodätisches Institut der Konstantinow'schen Hochschule für Landmesser in Moskau, Geodätische Lehrkanzel des landwirtschaftlichen Institutes in Moskau, kaiserliche Ingenieurschule in Moskau, Berginstitut in Jekaterinoslaw, polytechnisches Institut in Riga» beteiligten sich die russischen mathematisch-mechanischen Institute von F. Schwabe und P. J. Gromoff in Moskau, V. Gerlach in Warschau und andere russische Firmen für Zeichenutensilien, Vervielfältigung und Reproduktion.

Deutschland war gut vertreten, und zwar durch die mathem.-mech. Institute von G. Butenschön in Bahrenfeld bei Hamburg, F. Sartorius in Göttingen, Versandhaus für Vermessungen in Kassel, R. Fuess in Steglitz, R. Reiss in Liebenwerda und das Zeiss-Werk in Jena. Auch die bekannte Schweizer math.-mech. Werkstätte von Kern & Cie. in Aarau hat eine namhafte Zahl ihrer Erzeugnisse ausgestellt.

Aus Österreich hat nur die rührige Firma Neuhöfer & Sohn in Wien die interessante Ausstellung beschickt.

Anmerkung. Ein Gefühl der Wehmut muß jeden patriotisch fühlenden Österreicher beschleichen, wenn man den Ausstellungs-Katalog durchblättert; Österreich erscheint fast ausgeschaltet, aber durch eigene Schuld.