Ein Refractionsmesser.

In den Stuben der Landbewohner trifft man nicht selten ein Wetterglas von sehr einfacher Beschaffenheit an, auf welches von den Leuten ein nicht geringer Werth gelegt wird. An der Wand oder am Fenster hängt ein durchaus gläsernes, bauchiges, beutelähnliches Gefäss, 7—8 Zoll hoch, oben verschlossen, unten aber mit einer engern Röhre communicirend, welche an der Vorderseite des Gefässes in die Höhe steigt und an ihrem obern Ende offen ausmündet. Durch diese, den einzigen Zugang zum Innern des Gefässes bildende Oeffnung geschieht die Füllung des letztern mit Wasser, wobei man das Gefäss abwechselnd so drehen und wenden muss, dass ein Theil der Luft daraus entweichen und dem eindringenden Wasser Platz machen kann. Die Füllung wird fortgesetzt, bis das Wasser im Innern da steht, wo das Gefäss am weitesten ist, und zu ungefähr gleicher Höhe bringt man auch das Wasser in der Röhre. (Fig. 1.)

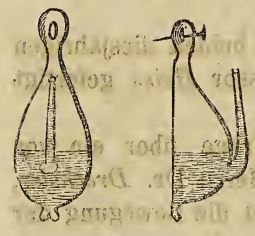

Fig. 1.

Mit jeder Aenderung in der Beschaffenheit der äusseren Luft ändert sich nun der Stand des Wassers in der Röhre; bei tiefem Stande erwartet der Landmann heiteres Wetter, Regen aber, wenn das Wasser in der Röhre steigt oder gar überläuft.

Es darf nicht befremden, wenn der Meteorolog diesen Apparat mit Geringschätzung betrachtet. Auf den Stand des Wassers im Glase wirken stets zwei veränderliche Factoren ein, nämlich Temperatur und Elasticität der atmosphärischen Luft, und daher zeigt dieses Wetterglas weder das Eine noch das Andere rein an. Erhöhte Wärme in der Luft macht das Wasser in der Röhre steigen, weil sie den eingeschlossenen Luftkörper im Gefässe sofort ausdehnend afficirt und dadurch das Wasser nach aussen zu treiben sucht; hohe Elasticität der äusseren Luft hingegen wirkt drückend auf das ihr zugängliche Niveau in der offenen Röhre und treibt daher das Wasser nach innen, bis der elastische Zustand der im Glase eingeschlossenen Luft dem der äusseren Luft gleich ist. Man nimmt die vereinigte Wirkung beider Factoren wahr, und weiss daher von vorn herein nicht, ob man den hohen Stand des Wassers in der Röhre als

ein Product der Wärme oder der verminderten Luftelasticität ansehen soll, und umgekehrt.

Indessen schien es mir, als dürfe man dem Instrumente wegen dieser Zweideutigkeit seiner Erscheinungen doch nicht allen wissenschaftlichen Werth absprechen. Das Quecksilber-Barometer ist ja auch den Einflüssen der Temperatur unterworfen; wer mit den nöthigen Reductionen des Barometerstandes nicht bekannt ist, kann bei steigender Luftwärme glauben, eine kleine Zunahme des Atmosphärendruckes zu beobachten, während vielleicht gerade zu derselben Zeit das Gegentheil stattfindet.

Ich beschloss, die Beobachtung verschiedener Stände an einem solchen Land-Wetterglase, indem ich gleichzeitig Barometer- und Thermometerstand notirte, einer Berechnung zu unterwerfen, durch welche sich der Einfluss eines jeden der beiden obigen Factoren abgesondert erkennen liess, und nachdem dieser Versuch ein einigermaassen brauchbares, freilich wegen der plumpen Construction des von mir erkauften Instruments (die Röhre z. B. war, wie Fig. 1 zeigt, nichts weniger als gut calibrisch) noch sehr unvollkommenes Resultat geliefert hatte, verfertigte ich mir ein für den Zweck der Beobachtung besser geeignetes Werkzeug. Ich befestigte in dem Halse eines reichlich zur Hälfte mit Wasser gefüllten cylindrischen Glasgefässes durch einen Kork mit hermetischem Schlusse das rechtwinkelig gebogene kurze Ende einer 1 Par. Fuss langen, an beiden Seiten offenen Glasröhre von 4 Millim. lichtem Durchmesser, legte das Gefäss auf ein passendes Stativ und versah die nunmehr vertical stehende Röhre mit einer daran befestigten Scala, die von unten nach oben 140 Par. Linien angab. Der Längendurchmesser des Gefässes ist ohngefähr 85, der Querdurchmesser 60 Millim. im Lichten. Um eine Quantität Wasser in der Röhre in ununterbrochene Communication mit dem Wasser im Gefässe zu bringen, brachte ich einen flächsenen Faden von oben in die Röhre ein, und liess an diesem kleine Mengen von Wasser herablaufen, bis das äussere Niveau ohngefähr in der Mitte der Röhre stand. (Fig. 2.)

Das Instrument zeigte alsbald eine überaus grosse Empfindlichkeit. Eine Berührung des Glases mit dem Finger an den Stellen, die den eingeschlossenen Luftkörper umgeben, lässt das Wasser in der Röhre um mehrere Linien steigen; das plötzliche Oeffnen der Zimmerthür nach aussen bringt ein momentanes Zucken des Niveaus nach oben, fast um eine Linie, hervor. Es ist möglich, mir aber kaum wahrscheinlich, dass man letzteres an einem guten Barometer mittelst mikroskopischer Vorrichtungen auch wahrnehmen würde.

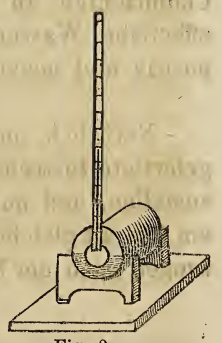

Fig. 2.

Diese Empfindlichkeit, verbunden mit dem oben angegebenen, nicht sehr beträchtlichen Umfange der Scala, lässt es nicht zu, Beobachtungen

anzustellen, die weit auseinander liegenden Ständen des Barometers oder Thermometers entsprechen. Bei steigender Wärme und niedrem Barometerstande ist das Ueberströmen des Wassers nicht zu vermeiden; in den entgegengesetzten Fällen tritt das Wasser unter dem Nullpunkte der Scala in die Gefässmündung und lässt wohl auch einen Theil der äusseren Luft in den abgesperrten Raum einschlüpfen, welchenfalls dann das augenblicklich wieder hervorgetriebene Wasser einen Stand in der Röhre annimmt, der mit dem vorigen nicht mehr verglichen werden kann. Es müssen demnach die Beobachtungen — so lange man nicht Röhren von grösserer Länge anwenden will, was ich nicht versucht habe — auf ein bescheidenes Maass zwischen den Grenzen beschränkt werden, innerhalb deren die Zustände der Luft nach Barometer und Thermometer sich gewöhnlich bewegen.

Ich nahm willkürlich, zugleich um die nachherige Zahlenrechnung etwas zu erleichtern, + 10° *R.* als mittleren Thermometerstand an, und bezeichnete also z. B. dreizehn Grad Wärme durch + 3, neun Grad Wärme durch — 1. Eben so nahm ich 28ᶻ zum Nullpunkte des Barometers, und setzte die unterhalb desselben liegenden Stände, in Pariser Linien ausgedrückt, negativ, also z. B. — 3,7 anstatt 27ᶻ 8,¹3.

Es wurden nun sieben Beobachtungen des Wasserstandes, mit den zugehörigen Ständen des Barometers und Thermometers, notirt; die Rubrik der Barometerstände, bereits corrigirt durch das sogenannte innere Thermometer, bezeichnete ich mit p, die der Thermometerstände mit q.

Die Aufgabe, den gesetzlichen Gang des Wetterglases zu erforschen, bestand offenbar in der Ermittelung des wahrscheinlichsten Werthes dreier Constanten, nämlich 1) des Punktes der Scala, an welchem das Wasser bei 28ᶻ Barometer und + 10° *R.* Thermometer stehen würde; 2) des Einflusses von je einer Pariser Linie Veränderung des Barometers auf den Wasserstand, und 3) des gleichen Einflusses von je einem Grade Veränderung des Thermometers. Ich nenne die erste Constante r, die zweite s, die dritte t; für die beiden letzteren sind p und bezüglich q als Coefficienten zu betrachten, und die Gleichung für den jedesmaligen effectiven Wasserstand W hat demnach, bei gehöriger Beachtung des positiv und negativ Einwirkenden, die Form:

$$W = r - ps + qt.$$

Natürlich müssen die Werthe der Constanten für jedes einzeln angefertigte Instrument, den ihm gegebenen Dimensionen zufolge, verschieden ausfallen, und nur das gegenseitige Verhältniss zwischen s und t darf als ein überall gleiches erwartet werden. Die Behandlung jener sieben Beobachtungen nach der Methode der kleinsten Quadrate gab für mein Wetterglas:

$$r = -44{,}65$$
$$s = +\ 7{,}45$$
$$t = +12{,}27$$

also:

$$W = -44{,}65 - 7{,}45\,p + 12{,}27\,q.$$

Ich hatte demnach den Wasserstand für den Fall von 28^z Barometer und + 10° *R.* Thermometer (wo sowohl p als $q = 0$) auf der — in der Wirklichkeit nicht vorhandenen — 45sten Linie unter dem Nullpunkte meiner Scala zu suchen. Durch die obige Gleichung liessen sich die von mir beobachteten sieben Wasserstände ziemlich gut darstellen; ich theile als Beispiel die erste und letzte Beobachtung mit, wovon übrigens jene die grösste, diese die kleinste der vorkommenden Abweichungen von der Formel gezeigt hat.

Es war beobachtet:

Nummer der Beobachtung.	Wasserstand in Par. Linien über dem Nullpunkte.	p	q
I.	96,5	— 4,8	+ 8,1
VII.	105,0	— 5,4	+ 9,0

Nun ist

zu I.

$$\begin{aligned} -7{,}45\,p &= +35{,}76 \\ +12{,}27\,q &= +99{,}39 \\ &\quad +135{,}15 \\ r &= -44{,}65 \\ W &= +90{,}50; \end{aligned}$$

Fehler der Beob. = + 6,00;

zu VII.

$$\begin{aligned} -7{,}45\,p &= +40{,}23 \\ +12{,}27\,q &= +110{,}43 \\ &\quad +150{,}66 \\ r &= -44{,}65 \\ W &= +106{,}01; \end{aligned}$$

„ „ „ = — 1,01.

Die übrigen fünf Abweichungen schwanken zwischen 1 und 4; der wahrscheinliche Fehler der einzelnen Beobachtung ergab sich nach strenger Rechnung zu 2,7 und die wahrscheinlichen Fehler in Bestimmung der Constanten wurden gefunden:

für r . . . 9,7
„ s . . . 1,7
„ t . . . 0,64

Wenn das Vorkommen so grosser Unsicherheiten, wie bei der ersten Beobachtung und dann bei Bestimmung der Constante r, wirklich unvermeidlich sein sollte, so wäre es vielleicht nutzlos, noch weitere Forschungen in dieser Richtung anzustellen. Es darf aber das Gegentheil angenommen werden. Denn

1) will ich durchaus nicht behaupten, dass meine Beobachtungen nicht mit noch sorgfältigerer Beachtung der etwa möglichen Fehlerquellen hätten angestellt werden können. Mit Recht sagt *Hagen* (Grundzüge der Wahrscheinlichkeitsrechnung, S. 129), dass die Beobachtungen selbst in

gleichem Grade schärfer werden, wie die Methode ihrer Benutzung verbessert wird, und wie die Grösse der Beobachtungsfehler bestimmt nachgewiesen werden muss. Meine Beobachtungsreihe ist aber die erste, die ich in Bezug auf ein Instrument der hier fraglichen Art gemacht habe, und vielleicht ist es schon charakteristisch, dass gerade die erste Beobachtung die grösste, die letzte Beobachtung die kleinste Abweichung von der Rechnung erkennen lässt.

2) Jene sieben Beobachtungen erstreckten sich auf die Linien 42 bis 105 meiner Scala, also nur auf die kleinere Hälfte der überhaupt vorhandenen, und es würden wahrscheinlich noch genauere Resultate erlangt worden sein, wenn diejenigen Barometer- und Thermometer-Stände in der Beobachtungszeit eingetreten wären, welche in ihrer Vereinigung einen Wasserstand von nahe 0^1 oder nahe 140^1 bewirkt hätten.

3) Es ist noch nicht entschieden, ob nicht ausser Atmosphärendruck und Wärme noch andere Factoren auf die beiden Niveaus des Wassers wirken. Die Capillarität der Röhre rechne ich nicht dahin, denn diese bleibt sich für dieselbe Röhre überall gleich und kann daher nur einen constanten, deshalb aber auch unbeachtlichen, Einfluss auf r, nicht auf s oder t äussern. Eher könnte das variable Gewicht der mehr oder minder hohen Wassersäule in der Röhre in Betracht kommen, und es gelingt vielleicht künftigen genaueren Beobachtungen, den Einfluss davon erfahrungsmässig nachzuweisen und eine demgemässe Abänderung der Formel zu begründen. Von grosser Erheblichkeit wird indess, wie ich nach dem Zusammenstimmen meiner Beobachtungen vermuthe, dieser Einfluss nicht sein.

Eine Erscheinung, die gleichfalls durch wechselnde Elasticität und Wärme der Luft modificirt wird, ist die Strahlenbrechung in unserer Atmosphäre. Es ist daher von Interesse, das gegenseitige Verhältniss der Constanten s und t mit demjenigen zu vergleichen, in welchem die beiden Correctionsfactoren der mittleren Strahlenbrechung, wie sie von den Astronomen angegeben werden, zu einander stehen. Der vom Barometer abhängige Factor ändert den mittleren Refractionswerth, für jede Pariser Linie zwischen 26 und 29 Zoll, um drei Tausendtheile seiner selbst. Der vom äusseren Thermometer abhängige Factor ändert denselben Werth, für jeden *Réaumur*'schen Grad zwischen 0 und + 8, um vier und ein halb Tausendtheil seiner selbst, bei niedrigeren Temperaturen etwas mehr, bei höheren etwas weniger. Man kann also, den Angaben der Astronomen folgend, das Verhältniss beider Wirkungen wie 2 zu 3 setzen, wobei immer zu bemerken ist, dass der zuerst genannte Factor mit dem Steigen des Barometers eine Erhöhung, der zuletzt genannte aber mit dem Steigen des Thermometers eine Erniedrigung des mittleren Werthes der Refraction hervorbringt. Dem letzteren Umstande entsprechen in der oben aufgestellten Gleichung für W die entgegengesetzten Zeichen der beiden letzten Glieder; die durch eine kleine Beobachtungs-

reihe gefundenen Zahlen-Coofficienten für p und q selbst aber verhalten sich in der That nahe wie 2 zu 3, und der übrig gebliebene Unterschied liegt innerhalb der Grenzen der obigen wahrscheinlichen Fehler. Bei der unzweifelhaft vorhandenen Analogie zwischen den Erscheinungen an unserem Wetterglase und denen der Strahlenbrechung lässt sich die völlige Ausgleichung dieses Unterschiedes durch fortgesetzte genaue Beobachtung und Berechnung erwarten, und es kann somit das Instrument als ein solches, das die Veränderungen der strahlenbrechenden Kraft in der Atmosphäre direct angiebt, als ein wirklicher Refractionsmesser, angesehen werden.

Um zu zeigen, wie die Scala des Instruments eingerichtet werden müsste, wenn man den Correctionsfactor unmittelbar ablesen will, wende ich die Angaben des Berliner astronom. Jahrbuchs für 1851 (des letzten, welches noch Refractionstafeln enthält) auf die für mein Wetterglas gefundenen Constanten an. Jene Angaben gehen, wie man aus S. 464, 465 und 466 des Jahrbuchs ersehen kann, davon aus, dass der einer jeden gegebenen Höhe entsprechende mittlere Refractionswerth keiner Correction bedürfe, sobald das auf 0° *R.* reducirte Barometer 27ᶻ 9,ˡ25 und das *Réaumur*'sche Thermometer + 7,° 5 zeigt. Nach der oben von mir eingeführten Bezeichnung werden diese Daten ausgedrückt durch:

$$p = -2{,}75$$
$$\text{und } q = -2{,}5$$

Man hat daher:

$$-7{,}45\,p = +20{,}49$$
$$+12{,}27\,q = -30{,}68$$
$$r = -44{,}65$$
$$W = -54{,}84$$

d. h. 54,8 Linien unter dem Nullpunkte meiner Scala würde derjenige Wasserstand zu suchen sein, bei welchem der Refractionsfactor = 1 wäre.

Ich nehme ferner willkürlich den Fall an, dass das Barometer 27ᶻ 4ˡ (nach meiner Bezeichnung — 8) und das Thermometer + 20° (nach meiner Bezeichnung + 10) zeige. Hier ist nach dem Berl. Jahrbuche der Correctionsfactor $B = 0{,}984$ und der Correctionsfactor $\gamma = 0{,}948$; also der Gesammtfactor

$$0{,}984 \times 0{,}948 = 0{,}933;$$

es ist demnach, in Vergleichung mit jenem ersteren Falle, eine Verminderung der Refraction um 67 Tausendtheile ihres Werthes eingetreten. Nun ist aber jetzt

$$-7{,}45\,p = +59{,}60$$
$$+12{,}27\,q = +122{,}70$$
$$r = -44{,}65$$
$$W = +137{,}65$$

und dies deutet auf einen Stand, der dem höchsten Punkte meiner Scala (140) schon sehr nahe ist. Zwischen $W = -54{,}84$ und $W = +137{,}65$

liegen 192,5 Pariser Linien, und auf diese vertheilen sich jene 67 Tausendtheile; es kommen demnach 2,864 Theilstriche meiner Scala auf je ein Tausendtheil Veränderung des Correctionsfactors, oder, was dasselbe ist, auf zehn Theilstriche meiner Scala kommen drei und ein halbes Tausendtheil Veränderung des Correctionsfactors. Für den Nullpunkt der Scala giebt die Rechnung fünfzehn und ein halbes Tausendtheil, also Refractionsfactor = 0,9845 und die weitere Eintheilung gestaltet sich so:

Linien der Scala.	Correctionsfactor.
140	0,9355
130	0,9390
120	0,9425
110	0,9460
100	0,9495
90	0,9530
80	0,9565
70	0,9600
60	0,9635
50	0,9670
40	0,9705
30	0,9740
20	0,9775
10	0,9810
0	0,9845

Zum Schlusse möge noch die Bemerkung Platz finden, dass der wesentlichste Nutzen der hier angestellten Rechnung darin besteht, dass man ein- für allemal erfährt, wie viel Theilstriche der Scala auf je ein Tausendtheil des Correctionsfactors kommen. Dieser Werth ist für je dasselbe Instrument ein constanter, es möge die Füllung des Gefässes noch so oft erneuert und dadurch das Verhältniss des Niveaus zum Nullpunkte geändert werden, und man braucht blos für eine einzige neue Beobachtung den Factor wieder aus dem Jahrbuche zu entnehmen, um für den ganzen Umfang der Scala die Veränderung desselben sofort neu bestimmen zu können.

Dr. *S.*

Dresden, Druck von E. Blochmann & Sohn.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Sitzungsberichte und Abhandlungen der Naturwissenschaftlichen Gesellschaft Isis in Dresden

Jahr/Year: 1862

Band/Volume: 1862

Autor(en)/Author(s): diverse

Artikel/Article: Ein Refractionsmesser 70-76