Über die Berechnung der mittleren Windrichtung.

Der Wind ist eine Kraft, welche einen beweglichen Gegenstand mit einer gewissen Geschwindigkeit vor sich hintreibt. Aus einer Anzahl von beobachteten Winden läßt sich daher die Mittelkraft derselben sowohl der Richtung als der Größe nach bestimmen. Gewöhnlich werden nur acht Hauptrichtungen des Windes, welche immer um 45° von einander abstehen, mit der Windfahne beobachtet. — Nehmen wir an, daß die Kraft des Windes nach Norden $= N.$, nach Nordost $= NO.$, nach Osten $= O.$, nach Südost $= SO.$, nach Süden $= S.$, nach Südwest $= SW.$, nach Westen $= W.$, und nach Nordwest $= NW.$ beobachtet war; so läßt sich die Kraft $NO.$ nach den auf einander senkrechten Richtungen nach Norden und Osten in $NO.\cos 45^\circ$ und $NO.\sin 45^\circ$ zerlegen. Ebenso zerlegt sich die Kraft $SO.$ nach Süden in $SO.\cos 45^\circ$ und nach Osten in $SO.\sin 45^\circ$, ferner die Kraft $SW.$ nach Süden in $SW.\cos 45^\circ$ und nach Westen in $SW.\sin 45^\circ$, endlich die Kraft $NW.$ nach Norden in $NW.\cos 45^\circ$ und nach Westen in $NW.\sin 45^\circ$. Summiren wir diese Kräfte nach den vier Cardinalpunkten, so haben wir

nach Norden: $N + NO.\cos 45^\circ + NW.\cos 45^\circ$
nach Süden: $S + SO.\cos 45^\circ + SW.\cos 45^\circ$
nach Osten: $O + NO.\sin 45^\circ + SO.\sin 45^\circ$
nach Westen: $W + NW.\sin 45^\circ + SW.\sin 45^\circ$.

Setzen wir nun für je zwei entgegengesetzt wirkende Kräfte ihre Differenz, so gewinnen wir statt der ursprünglichen 8 Kräfte nur zwei:

$$A = O - W + (NO + SO - NW - SW).\sin 45^\circ \text{ nach Osten, und}$$
$$B = N - S + (NO + NW - SO - SW).\cos 45^\circ \text{ nach Norden.}$$

Die Mittelkraft aus diesen beiden auf einander senkrechten Kräften ist daher

ihrer Größe nach $x = \sqrt{A^2 + B^2}$

Und bildet diese Mittelkraft mit dem Meridian den Winkel φ, so wird $\operatorname{tang}\varphi = \frac{A}{B}$ oder

$$\operatorname{tang}\varphi = \frac{O - W + (NO + SO - NW - SW)\sin 45^\circ}{N - S + (NO + NW - SO - SW)\cos 45^\circ},$$

welches die Lambertsche Formel ist.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Hätte man außer den acht Hauptrichtungen noch die acht Zwischenrichtungen ***NNO. ONO. OSO. SSO. SSW. WSW. WNW.*** und ***NNW.*** beobachtet, so würde nur zu beachten sein, daß z. B. ***NNO*** gegen Norden um $22\frac{1}{2}^0$ und gegen Osten um $67\frac{1}{2}^0$, dagegen ***ONO*** gegen Norden um $67\frac{1}{2}^0$ und gegen Osten um $22\frac{1}{2}^0$ geneigt ist, daß daher die Kraft ***NNO*** nach Norden in ***NNO***. cos $22\frac{1}{2}$ und nach Osten in ***NNO***. sin $22\frac{1}{2}^0$, dagegen die Kraft ***ONO*** nach Norden in ***ONO***. cos $67\frac{1}{2}$ und nach Osten in ***ONO***. sin $67\frac{1}{2}^0$ zerlegt werden muß.

Zerlegen wir jede der anderen Zwischenrichtungen ebenso nach ihren immer sie einschließenden beiden Cardinalpunkten, reduciren wir darauf wieder wie vorher von diesen vier Kräften je zwei einander entgegengesetzte auf eine Kraft, so gewinnen wir wieder nur zwei auf einander senkrechte Kräfte, nämlich

$$\text{nach Osten: } A' = O - W + (NO + SO - NW - SW) \,.\, \sin 45^0$$
$$+ (NNO + SSO - NNW - SSW) \,.\, \sin 22\tfrac{1}{2}^0$$
$$+ (ONO + OSO - NNW - WSW) \,.\, \sin 67\tfrac{1}{2}^0$$
$$\text{nach Norden: } B' = N - S + (NO + NW - SO - SW) \cos 45^0$$
$$+ (NNO + NNW - SSO - SSW) \cos 22\tfrac{1}{2}^0$$
$$+ (ONO + WNW - OSO - WSW) \cos 67\tfrac{1}{2}^0$$

und hieraus die Mittelkraft

$$\text{nach ihrer Größe: } x' = \sqrt{A'^2 + B'^2}$$
$$\text{nach ihrer Richtung gegen den Meridian tang } \varphi = \frac{A'}{B'}.$$

In welchem Quadranten der zu tang φ gehörige Winkel φ zu nehmen sei, zeigen die Vorzeichen von A und B, indem $\frac{+A}{+B}$ dem ersten, $\frac{+A}{-B}$ dem zweiten, $\frac{-A}{-B}$ dem dritten, und $\frac{-A}{+B}$ dem vierten Quadranten zugehört. Auch läßt sich der Quadrant vorweg bestimmen, indem man das Verhältniß aller Nord- zu allen Südwinden, d. h. $(N + NO + NW) : (S + SO + SW)$, desgleichen das Verhältniß aller Ost- zu allen Westwinden, d. h. $(O + NO + SO) : (W + NW + SW)$ berechnet und die in jedem der beiden Verhältnisse vorherrschenden Richtungen zusammenstellt, z. B. ***N . . O.*** Schließlich darf man nur den aus der Formel tang φ gefundenen Winkel z. B. 48° 25′ zwischen jene Richtungen setzen, um die mittlere Windrichtung (hier ***N.*** 48° 25′. ***O.***) angegeben zu haben.

Die Lambertsche Formel wird jetzt immer in der Art angewandt, daß für ***N. O. S.*** 2c. die jedesmal beobachtete Anzahl der Winde substituirt wird. Dabei wird, um die Beobachtungen an verschiedenen Orten bequem vergleichen zu können, empfohlen *), die Zahl aller beobachteten Winde als Einheit anzusehen, die Winde in den einzelnen Richtungen aber als aliquote Theile auszudrücken, und diese Zahlen für ***N. O. S.*** 2c. einzusetzen. Zunächst mag hier nun darauf aufmerksam gemacht werden, daß nach diesem Verfahren das Resultat oft nicht unbedeutend abweicht und immer desto erheblicher abweichen muß, je größer die Anzahl der Beobachtungen war und je größer damit der Einfluß der vernachlässigten Decimalstellen wird. Behalten wir das von Kämtz gegebene Beispiel bei, und nehmen wir an, es sei während einer gewissen Zeit gefunden

N.	4910 Mal	***NO.***	$4861\frac{1}{2}$
O.	$6607\frac{1}{2}$	***SO.***	$5918\frac{1}{2}$
S.	7051	***NW.***	$6891\frac{1}{2}$
W.	10448	***SW.***	9361

also $N : S = 1 : 1{,}34$ und $O : W = 1 : 1{,}53$, daher ***S . . . W.***,

*) Kämtz Lehrb. d. Meteor. I. p. 163.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

dann wäre aus diesen Zahlen unmittelbar

$$\text{tang } \varphi = \frac{-7710{,}1047}{-4634{,}5881}$$

folglich die mittlere Windrichtung : $\varphi = S.\ 58^\circ\ 59'.\ W.$

und die mittlere Windstärke : $\varkappa = 0{,}160$ [für $56049 = 1$].

Reduciren wir dagegen die obigen Zahlen auf $56049 = 1$, so giebt die Division

N.	0,09	*NO.*	0,09
O.	0,12	*SO.*	0,10
S.	0,12	*NW.*	0,12
W.	0,19	*SW.*	0,17

daher ist $N : S = 1 : 1{,}39$ und $O : W = 1 : 1{,}55$, daher $S..W.$

$$\text{und tang } \varphi = \frac{-0{,}14071}{-0{,}07242}$$

folglich die mittlere Windrichtung : $\varphi = S.\ 62^\circ\ 46'.\ W.$

die mittlere Windstärke : $\varkappa = 0{,}158.$

Beide Resultate differiren für die mittlere Windrichtung um $3^\circ\ 47'$ und für die Windstärke um 0,002. Indem aber die Rechnung aus den unmittelbar durch Beobachtung gegebenen Zahlen offenbar das richtigere Resultat liefern muß, so wird zu folgern sein, daß Behufs größerer Genauigkeit namentlich bei einer großen Anzahl von Beobachtungen die mittlere Windrichtung und Windstärke zunächst aus den beobachteten Zahlen selbst ermittelt werden muß und dann erst für die mittlere Windstärke die angegebene Reduction eintreten darf.

Inzwischen ist von vornherein klar, daß diese Art, wie die Lambertsche Formel verwandt wird, überhaupt nicht nothwendig zu einem richtigen Resultate führen muß. Die einzelnen Winde, wie wir sie bei unseren Beobachtungen aufzeichnen, wehen nicht immer mit derselben Stärke, was doch bei der obigen Rechnung vorausgesetzt wurde. Nehmen wir irgend eine Einheit für die Kraft jedes Windes, so weht der Wind bald als einfache, bald als doppelte oder dreifache Kraft u. s. w., und muß demnach auch jeder einzelne Wind bald einfach, bald doppelt ꝛc. in Ansatz gebracht werden, was vorher nicht geschah. Wird daher nur die Anzahl der Winde nach ihren Hauptrichtungen und nicht zugleich auch ihre jedesmalige Stärke zur Bestimmung ihrer mittleren Richtung und Stärke verrechnet, so hat man nicht die richtigen Kräfte genommen, für welche man eigentlich die Mittelkraft suchte. Der Unterschied im Resultate, je nachdem dieses ohne oder mit Berücksichtigung der jedesmaligen Stärke der einzelnen Winde gezogen ist, wird desto bedeutender hervortreten, je schwächer die in der Mehrzahl beobachteten Winde im Verhältniß zu den in der Minderheit beobachteten geweht haben. Ein Beispiel mag dies näher beweisen. Angenommen, man hätte beobachtet

N.	7 Mal	*NO.*	17
O.	14	*SO.*	8
S.	6	*NW.*	12
W.	22	*SW.*	7

also $N : S = 1 : 0{,}58$ und $O : W = 1 : 1{,}05$ d. h. $N..W.$

so wäre

$$\text{tang } \varphi = \frac{-1{,}6361}{+10{,}8994}$$

folglich die mittlere Windrichtung : $\varphi = N.\ 19^\circ\ 1'.\ W.$

die mittlere Windstärke : $\varkappa = 0{,}124$ [für $93 = 1$].

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Gesetzt aber es wären dabei gewesen

unter den	7	*N.*	1fach	7,			
	14	*O.*	1fach	5,	2fach	5,	3fach 4,
	6	*S.*	2fach	2,	3fach	4,	
	22	*W.*	1fach	18,	2fach	4,	
	17	*NO.*	1fach	14,	2fach	3,	
	8	*SO.*	1fach	3,	2fach	5,	
	12	*NW.*	1fach	10,	2fach	2,	
	7	*SW.*	2fach	3,	3fach	4,	

so hätte man in Rechnung zu stellen

N.	7	*NO.*	20
O.	27	*SO.*	13
S.	16	*NW.*	14
W.	26	*SW.*	18

also $N : S = 1 : 1{,}146$ und $O : W = 1 : 0{,}966$ d. h. $S . O$.

und es wäre

$$\operatorname{tang} \varphi = \frac{+1{,}7071}{-6{,}8787}$$

mithin die mittlere Windrichtung : $\varphi = S.\ 13^0 . 56' . O$

und die mittlere Windstärke : $\varkappa = 0{,}05$ [für $141 = 1$].

Hier ist die mittlere Windrichtung aus der bloßen Anzahl von Winden berechnet der aus der Anzahl und der Stärke der einzelnen Winde berechneten fast ganz entgegengesetzt, und die mittlere Windstärke weicht bei den beiden Rechnungsweisen um 0,074 ab, ein Unterschied, welcher für die 93 Beobachtungen eines einzigen Monats bedeutend genug erscheinen wird. Es ist dies Beispiel aus meinen Beobachtungen im Juli v. J. entnommen, nur die Stärke der einzelnen Winde habe ich meinem Zwecke angepaßt, zu zeigen, wie unter Umständen gerade das entgegengesetzte Resultat von dem entsteht, welches jetzt immer abgeleitet wird.

Es scheint daher nicht überflüssig, von Neuem auf die Nothwendigkeit eines praktischen und wenn auch vorerst nur einigermaßen zuverlässige Angaben liefernden Windmessers hinzulenken. Vorgeschlagen sind verschiedene Vorrichtungen, welche mehr durch Beschreibung als durch eigene Anschauung und Gebrauch bekannt geworden sein mögen. Ein Pendel, welches bei Windstille vertical herabhängt, soll vom Winde bis zu einer gewissen Höhe gehoben durch diesen Elevationswinkel als Maaß der Windstärke dienen. Oder man mißt diese Stärke durch die Höhe, bis zu welcher Wasser in einer Röhre durch den Wind hinaufgedrückt wird. Auch leitet man die Stärke des Windes aus seinem Drucke gegen eine Fläche her, welche durch eine Feder einen Gegendruck erleidet. Der Windfahne selbst bedient man sich ferner zu diesem Zwecke, indem man die Windstärke nach dem Gewichte bestimmt, welches erforderlich ist, um die Fahne aus der Richtung des Windes in die darauf senkrechte Lage herumzudrehen. Alle diese Apparate sind mehr oder weniger auf Schwierigkeiten in der Ausführung oder der Beobachtung gestoßen, so daß keiner derselben eine allgemeinere Verbreitung und Anerkennung gefunden hat. Für die Beobachtung wird es bei den meisten jener Vorschläge ein bedeutender Übelstand sein, daß sie an dunkeln Abenden ihren Dienst versagen, da sie sich jeder Beleuchtung entziehen. Eines ungetheilten Beifalls bei den Beobachtern werden sich nu die Constructionen erfreuen, welche gestatten ihre Angaben beliebig weg und also namentlich in das Zimmer des Beobachters hinzuleiten. Aus diesem Grunde dürfte die zuletzt angedeutete Vorrichtung noch den Vorzug verdienen, da man wohl

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

eben so gut wie die Wirkung der Windfahne auch die Schnur in das Zimmer hinabführen kann, damit sie hier um eine Walze gewunden und mit Gewichten belastet werde, welche die Fahne um 90° zu drehen im Stande sind. — Vielleicht kann die Windfahne auf andere Weise zu diesem Zwecke benutzt werden. Die Fahne wird nämlich gleichzeitig dazu dienen können, um von dem Winde sich richten und drücken zu lassen. Man richte die Fläche der Fahne nur so ein, daß sie durch den Stoß des Windes auf einer horizontalen Stange verschoben und mittelst einer gegendrückenden Feder oder Spirale, sobald der Wind nachläßt, in die ursprüngliche Entfernung wieder zurückgebracht wird. Von der Fahne läuft auf der anderen Seite jener Spirale eine Schnur herab, welche nun durch Rollen nach einem beliebigen Beobachtungsorte hingeführt wird. Hier geht die Schnur an einem getheilten Stabe herab, und wird nur so viel belastet, um sie in Spannung zu halten. Vorweg hat man durch Versuche ermittelt, welche Belastung man anwenden muß, um die Spirale oben so weit zusammenzudrücken, daß das Ende der Schnur unten von einem Theilstriche zu einem immer höheren gezogen werde; diese Theilstriche auf dem Stabe werden mit den aus diesen Versuchen gefundenen Zahlen bezeichnet. Drückt nun der Wind gegen die Fahnenfläche, so bewegt sich diese auf ihrer horizontalen Stange vorwärts und hebt die Schnur bis zu einem Punkte der Scala, von welcher man nun die Stärke des Windes nach einem Gewichtsmaaße abliest. Erwünscht wäre es dabei, wenn sich an der Scala noch ein oder zwei Zeiger anbringen ließen, von welchen der eine der Bewegung der Schnur nach oben, der andere jener nach unten folgte, hier aber oben oder unten bei den entgegengesetzten Bewegungen der Schnur stehen bleiben, und dadurch das Maximum und Minimum der Windstärke während einer gewissen Zeit ausdrückte. Statt dieser Gewichtszahlen könnten auch sofort die aus jenen zu berechnenden Geschwindigkeitszahlen nach Fußen und Zollen verzeichnet werden. Wie ein solcher Apparat am vortheilhaftesten und für einen genügenden und sicheren Erfolg am zweckmäßigsten zusammengestellt werden müßte, war mir nicht möglich zu versuchen, da mir eine hinreichende mechanische Unterstützung und die nöthigen Mittel dazu fehlten; ein ganz einfacher Versuch hat nur gezeigt, daß eine Fläche mit Leichtigkeit dem Drucke des Windes folgt und dann gleich dem Gegendrucke einer Spirale wieder nachgiebt. — Da ein dem Bedürfniß entsprechendes Anemometer nicht vorhanden ist, so begnügt man sich bisher damit, die Stärke des Windes aus seiner Wirkung auf Bäume abzuschätzen, und, je nachdem nur Blätter oder Zweige oder die ganzen Bäume bewegt oder Zweige abgebrochen und Bäume entwurzelt werden, durch die Zahlen 1, 2, 3 oder 4 zu unterscheiden und in das Beobachtungsjournal einzutragen. Jedes subjective Abschätzen einer Größe ist natürlich stets in hohem Grade unsicher, und gerade in unserem Falle um so mißlicher, als wir oft jeden Anhalt beim Abschätzen entbehren und uns lediglich auf unser ungleiches Gefühl verwiesen sehen. — So lange wir aber kein allgemein anerkanntes und in Gebrauch genommenes Anemometer besitzen, werden wir immer noch richtiger verfahren und der Wahrheit näher kommen, wenn wir diese auch nur allgemein abgeschätzte Windstärke mit in Rechnung ziehen, als wenn wir sie ganz vernachlässigen. Bei einer geringeren Anzahl von Beobachtungen, etwa während eines Monats, wird die Differenz freilich meist nur unbedeutend sein. Folgendes Beispiel mag jedoch schließlich zeigen, daß die mittlere Windrichtung für eine größere Anzahl von Beobachtungen erheblich abweicht, wenn auch nur die als 1, 2, 3 oder 4 abgeschätzte Stärke der Winde berücksichtigt wird. Vom 1. Januar bis 31. December 1855 habe ich 1095 Winde aufgezeichnet:

N.	120 Mal	*NO.*	103.
O.	162	*SO.*	134.
S.	111	*NW.*	145.
W.	182	*SW.*	138.

also $N:S = 1:1{,}041$ und $O:W = 1:1{,}165$ d. h. $S \ldots W$.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Daraus ist $\operatorname{tang} \varphi = \frac{-52{,}5266}{-7{,}9704}$,

folglich mittlere Windrichtung: $\varphi = S.\ 81^\circ\ 22'\ W.$

mittlere Windstärke: $\varkappa = 0{,}048$ (für $1095 = 1$).

Aber es waren dabei

unter	120	*N.*	1fach	89,	2fach	26,	3fach	5.
„	162	*O.*	„	123,	„	30,	„	9.
„	111	*S.*	„	89,	„	18,	„	4.
„	182	*W.*	„	121,	„	54,	„	7.
„	103	*NO.*	„	77,	„	22,	„	4.
„	134	*SO.*	„	113,	„	18,	„	3.
„	145	*NW.*	„	102,	„	19,	„	4.
„	138	*SW.*	„	103,	„	28,	„	7.

Danach müssen wir setzen

N.	156	*NO.*	133
S.	210	*SO.*	159
O.	137	*NW.*	192
W.	250	*SW.*	180,

also $N : S = 1 : 0{,}987$ und $O : W = 1 : 1{,}241$ d. h. $N \ldots W$

und finden $\operatorname{tang} \varphi = \frac{-97{,}2751}{+9{,}8097}$,

mithin die mittlere Windrichtung: $\varphi = N.\ 84^\circ\ 14'.\ W.$

die mittlere Windstärke: $\varkappa = 0{,}065$ (für $1416 = 1$),

welches gegen obiges Resultat einen Unterschied für die mittlere Windrichtung von 14° 24′ und für die mittlere Windstärke von 0,017 ergiebt.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf