Woltman.

Beschreibung d. hydrometrischen Flügels.

Beschreibung

des

hydrometrischen Flügels,

und dessen Gebrauch

als Wind- und Strom-Messer.

Von

Reinhard Woltman,

Direktor der Strom- und Uferwerke zu Hamburg.

Mit einer Steindrucktafel.

Neue Auflage.

Hamburg 1835.

Bei August Campe.

Gedruckt bei Fabricius & Rathgen, Neuburg 62.

Der

Hamburgischen

Gesellschaft zur Beförderung

der

Künste und nützlichen Gewerbe

hochachtungsvoll zugeeignet

vom

Verfasser.

Vorerinnerung.

Der Nutzen guter Wind- und Strom-Messer ist nicht weniger mannigfaltig, als die Anwendung hydraulischer Kräfte zum Besten der menschlichen Gesellschaft erwiesen ist. Bei Mühlen und Fabriken, die durch Wasser und Wind getrieben werden; in der Navigation; in der Hydragogik; in der Deich- und Strombaukunst; selbst in der Wetterkunde und Naturlehre, werden solche Werkzeuge, mit welchen die Geschwindigkeiten des Windes und Wassers jederzeit ohne Kosten und Zeitverlust können beobachtet werden, für unsre Bedürfnisse und Wissenschaften vortheilhaft sein. Viele Bemühungen sind daher auch jederzeit von Gelehrten und Künstlern auf die Erfindung solcher Instrumente gewandt worden; aber allen fehlt bis jetzt, was eigentlich zum Nutzen führt, allgemeiner Beifall und allgemeiner Gebrauch. So lange ein jeder nach eigner Phantasie Werkzeuge zusammensetzt, und damit experimentirt, so lange können diese Experimente wohl nicht in die Reihe allgemein anerkannter Wahrheiten aufgenommen werden. Die Werkzeuge werden meistens durch Eigenheiten des Erfinders sich auszeichnen, und man wird an dem einen das Genie des Künstlers, an dem andern die Einsicht des Mathematikers, und an einem dritten den Reichthum der Einrichtung und des Apparats bewundern. Daher kann es denn kommen, daß man eben so viele Resultate als Beobachter findet, und daß bei ihnen allen wahr bleibt: „Wir irren allesammt, nur jeder irret anders.“

Will man nicht immer neu erfinden, sondern nur das Erfundene verbessern und benutzen; will man über Werkzeuge sich vereinigen, die simpel, bequem, wohlfeil, und gemeinen Fähigkeiten angemessen sind, und diesen den verdienten Beifall zugestehen: so müssen die Beobachter und ihre Bemühungen nothwendig mehr nach einem gemeinschaftlichen Ziel streben; es muß Vervollkommnung in den Werkzeugen, und Harmonie in den Beobachtungen sich zeigen; und allgemeine Erfahrungssätze, die noch immer ein großes Bedürfniß der theoretischen und praktischen Hydraulik sind, müssen sehr bald als unumstößliche Wahrheiten erkannt und zur Beförderung der Künste und Wissenschaften benutzt werden. — Des Herrn Schober's Anemometer (Hamb. Magazin IX. Band 2s St.) ist, meiner Meinung nach, ein solches Instrument, welches den allgemeinsten Beifall und Gebrauch verdient; wenigstens scheinen alle bisher erfundne Werkzeuge dieser Art demselben an Simplicität, Bequemlichkeit und Zuverläßigkeit, nachzustehen. Aus diesem Grunde schien es mir wichtig, die Hamburgische Gesellschaft zur Beförderung der Künste und nützlichen Gewerbe auf dieses Instrument aufmerksam zu machen, und in der gegenwärtigen Abhandlung über diesen Gegenstand die Theorie und den Gebrauch desselben allgemein vorzustellen. Diese Gesellschaft, so wie auch die Batavische Gesellschaft der Experimental-Philosophie zu Rotterdam, haben sich auch Modelle von dem Wind- und Strom-Messer verfertigen lassen, welche dazu beitragen werden, daß man nach und nach durch Anschauung damit bekannt wird. Zur Beförderung der allgemeinen Aufnahme und Gebrauch des Schoberschen Instruments rechne ich auch vorzüglich den Beifall solcher Männer, deren Einsichten über die meinigen erhaben sind. Dahin gehören der Herr Hofrath Kästner, welcher über mehrgedachte Abhandlung seinen Beifall mir bezeigt hat; Hr. Hofr. Karstens, welcher (Pneumatik, X. Abschnitt) dies Werkzeug schon als das Beste anerkennt; Hr. Prof. Büsch, (Aerometrie §. 25) welcher es gleichfalls als das Beste empfiehlt. Hr. General-Inspector Brünings, welcher insonderheit mit den Strom-Meß-Instrumenten sich viel beschäftiget hat, macht ein Paar Erinnerungen dagegen, die ich am Ende anführen will, und die eigentlich mehr ein Beweis seiner scharfsinnigen Untersuchung, als Einwürfe gegen das Instrument sind. Hr. Etats-Rath Tetens erklärt sich zwar nicht positiv über den hydrometrischen Flügel, scheint mir aber zu fürchten, daß die dabei vorauszusetzende Theorie dem allgemeinen Gebrauch desselben im Wege stehen werde. Es ist wahr, daß ich in jener Abhandlung, um die allgemeinen Eigenschaften des Flügels zu entwickeln, mehr Theorie habe beibringen müssen, als bei jedem Beobachter voraus zu setzen ist: aber zur Beurtheilung und Vervollkommnung eines Werkzeugs wird überhaupt mehr Theorie erfordert, als zu derjenigen Kenntniß desselben, die zum Gebrauch hinlänglich ist. Und da ich im gegenwärtigen Auszug mich auf die letztre beschränken werde, so wird man finden, daß sie sehr leicht sei, und nur etwas gemeine Geometrie erfordre. — Hr. Prof. Gerstner, welcher meine Theorie über den hydrometrischen Flügel völlig durchgedacht und geprüft hat, macht die nachher näher zu erwähnende Bemerkung, daß, wenn man die Friction, welche das Instrument in der Bewegung leidet, gehörig in Rechnung würde bringen können, dasselbe alsdann für vollkommen in seiner Art zu achten wäre. Ich habe daher diesen Umstand hier noch näher erörtert, so daß ich hoffe, nunmehr alles, ohne den Gebrauch höherer Rechnungen, befriedigend dargestellt zu haben.

Hamburg, 1792.

Der Verfasser.

Nachschrift zu der neuen Auflage.

Die erste Ausgabe dieses Werkchens erschien unter dem Titel:

„Theorie und Gebrauch des hydrometrischen Flügels, oder eine zu-
„verläßige Methode, die Geschwindigkeit der Winde und strömenden
„Gewässer zu beobachten, von R. Woltman. Hamburg, 1790."

Da dasselbe seit einiger Zeit vergriffen, aber noch oft Nachfrage darnach ist: so erscheint es mit Genehmigung des Herrn Verfassers nur unter etwas verändertem Titel in dieser neuen Auflage, in welcher alles Wesentliche beibehalten und nur die weitläuftigern Berechnungen — als nicht gerade nothwendig, sondern vielmehr zum allgemeinen Gebrauche für Manchen zurückschreckend — ausgelassen sind.

Hamburg, 1835.

Begriff von der Construction des hydrometrischen Flügels.

§. 1.

Es sei (Fig. 1) F L g u eine undurchdringliche rectanguläre Ebene, welche gegen die Ebene des Papiers, die man sich als horizontal vorstellen kann, unter dem Winkel L F R geneigt ist. Auf diese geneigte Ebene stoße der Strom einer flüßigen Masse nach der Richtung S p, welche auf die Ebene des Papiers senkrecht oder vertical ist; so ist der Anstoßwinkel oder Einfallswinkel des Stroms mit der geneigten Ebene S p g $=$ F L R $= \alpha$. Die strömenden Theilchen fließen alle mit einander parallel, und haben alle einerlei Geschwindigkeit $= c$ (wo denn c allemal denjenigen Weg bedeutet, welchen der Strom in einer Secunde durchläuft, er mag in Zoll, Fuß oder Ellen ausgedrückt werden). Die geneigte Ebene sei so unterstützt, daß sie nach der Richtung des Stroms nicht weichen, auch ihr Neigungswinkel L F R $= 90 - \alpha$ sich nicht ändern kann; aber es sei nichts vorhanden, was sie hindern könnte, nach der Richtung H K senkrecht auf die Richtung des Stroms sich zu bewegen: so wird der schiefe Stoß des Stroms veranlassen, daß sie nach dieser Richtung mit irgend einer Geschwindigkeit $= v$ fortgeht. Es kömmt nun darauf an, eine Gleichung zwischen c, v und α zu finden, aus welcher sich ergiebt, wie die Geschwindigkeit der Ebene und des Stroms von einander abhängen.

§. 2.

Im Anfang der Bewegung, wenn die geneigte Ebene noch ruht, stößt der Strom mit seiner ganzen Gewalt darauf; sobald aber die Ebene mit einer gewissen Geschwindigkeit ausweicht, wird der Stoß, oder der vom Stoße herrührende Druck, vermindert. Bleibt aber in dem folgenden Augenblick nur noch irgend ein kleiner Theil des Drucks übrig, so wird derselbe die Geschwindigkeit der ausweichenden Ebene noch immer vermehren; und diese Geschwindigkeit wird daher so lange wachsen, bis der Druck des Stromes $= 0$ wird. In diesem Zustande, wo der Strom gar nicht auf die Ebene stoßen soll, muß kein Theilchen desselben die Ebene treffen. Ist also ein Theilchen der strömenden Masse in p, welches nach einer bestimmten Zeit in r kommt, so muß in eben der Zeit die Ebene oder ein Punkt derselben, F, in r angekommen sein, sonst würde das Theilchen auf die Ebene stoßen. Eben so muß in der Zeit, welche der Strom braucht, den Weg $\underline{LR}$ zu durchlaufen, die Ebene den Weg F R fortrücken. Bewegte sich die Ebene langsamer, so würde der Strom sie erreichen und darauf stoßen; ginge sie geschwinder, so würde ihr der Strom nicht ausweichen, und sie würde auf den Strom stoßen, oder, welches einerlei ist, dieser würde sie aufhalten und rückwärts darauf drücken. Also muß, wenn alles sich frei bewegen soll, die Geschwindigkeit des Stroms zur Geschwindigkeit der Ebene sich verhalten, wie L R: F R. Es ist aber L R: F R $=$ Cos α: Sin α. Folglich haben wir folgende Proportion:

$$c : v = \text{Cos}\ \alpha : \text{Sin}\ \alpha.$$

also $c = v\,\dfrac{\text{Cos}\ \alpha}{\text{Sin}\ \alpha} = v\ \text{Cot}\ \alpha$; und $v = c\ \text{tang}\ \alpha$. Ist also α bekannt, und v beobachtet, so weiß man c.

Zusatz. Exempel in Zahlen. Wenn eine Ebene schief gegen den Strom gehalten wird, so macht dessen Richtung mit der Ebene zwei Winkel, welche beide zusammen 180 Grad halten, und wovon der eine stumpf, der andere spitz ist. Der letztere heißt der Anstoßwinkel des Stroms $= \alpha$. Er sei $= 60$ Gr., so ist $\text{Cot}\ \alpha = 0{,}\ 5773503$. Die Geschwindigkeit der Ebene sei beobachtet $= 10$ Fuß in 1 Sec.; so ist $v = 10$; also $c = v\ \text{Cot}\ \alpha = 10 \times 0,\ 5773\ldots = 5{,}773\ldots$ Fuß. Hätte die Ebene in der Zeit $= t$ den Weg $= s$ beschrieben, so wäre $v = \frac{s}{t}$ also $c = \frac{s\ \text{Cot}\ \alpha}{t}$, wo denn t allemal in Zeit-Secunden muß ausgedrückt werden; s kann man in Fuß- oder Zoll-Maaß ausdrücken, so erhält man c in demselben Maaße. Gesetzt, die Ebene wäre in 1 Minute 1200 Fuß fortgerückt, so wäre $\frac{s}{t} = \frac{1200}{60} = 20$ Fuß; also $c = 11{,}547$ Fuß.

Eine andere Ebene $f\ l\ t\ q$ habe den Anstoßwinkel $S\ p\ t = f\ l\ r = 45^{\circ}$, so ist $\text{Cot}\ \alpha = 1$ und $c = v$. Aus der beobachteten Geschwindigkeit der Ebene die Geschwindigkeit des Stroms zu finden, wäre also der Winkel von 45 Gr. am bequemsten, weil bei demselben beide Geschwindigkeiten einander gleich sind.

§. 3.

An einer geraden Linie A B (Fig. 2) sei eine andere A D unter einem rechten Winkel B A D befestiget. A D sei am äußern Ende mit einer Ebene f l g u versehen, so daß $u\ C\ A = A\ C\ g = 90^{\circ}$. Die Ebene habe übrigens gegen A B eine schiefe Lage, daß wenn sie erweitert würde, die Richtung der Achse oder die verlängerte Linie A B davon unter irgend einem spitzen Winkel $= \alpha$ geschnitten würde: so heißt diese Construction der hydrometrische Flügel; A B seine Achse; A D seine Ruthe; f l g u seine Ebene, Flügelplatte, Flugbrett, auch wohl eigentlicher Flügel.

Der Flügel werde in den Strom einer flüßigen Masse so gehalten, daß seine Achse A B des Stroms Richtung S p parallel, und um sich selbst beweglich sei, so wird seine Ebene gegen den Strom schief liegen, und den Anstoßwinkel S p t $=$ f l r $= \alpha$ machen. Der Strom wird auf die Ebene stoßen, und den Flügel um seine Achse drehen. Ob nun gleich das Flugbrett sich in einem Kreise bewegt, so weicht es dennoch dem Strom in jedem Augenblick unter einem rechten Winkel aus, gerade so wie die §. 2 betrachtete Ebene. Es ist also auch hier $c = v \operatorname{Cot} \alpha$, wenn v die Geschwindigkeit des Flugbrettes bedeutet.

Es unterscheidet sich aber die Bewegung des Flugbrettes von der vorhin betrachteten Ebene darin, daß bei der letztern alle Punkte einerlei Geschwindigkeit $= v$ haben; bei dem Flugbrette ist dieses nicht; die Punkte, welche näher nach der Achse liegen, haben eine kleinere Geschwindigkeit, als die weiter entfernten. Z. B. die Geschwindigkeiten der Punkte C, p und D, welche in der Ruthe und zugleich in der Ebene des Flugbrettes liegen, verhalten sich wie A C, A p und A D. Also ist v nicht für alle Punkte des Flugbrettes einerlei; und es frägt sich, was es denn für ein Punkt sei, dessen Geschwindigkeit der Gleichung $c = v \operatorname{Cot} \alpha$ ein Genüge thut.

§. 4.

Das ganze Flugbrett kann nicht eine Geschwindigkeit haben, die kleiner ist, als die Proportion (§. 2) erfordert; denn sonst würde der Strom bloß von vorne darauf drücken, und es noch mehr beschleunigen. Das Ganze kann auch keine größere Geschwindigkeit haben, als die gedachte Proportion voraussetzt; sonst müßte der Strom auf alle Theile rückwärts drücken, und das Ganze aufhalten. Also muß ein Theil des Flugbrettes geschwinder und ein andrer langsamer sich bewegen, als die gedachte Proportion erfordert. Der geschwindere Theil liegt weiter von der Achse, der langsamere näher. Auf jenen drückt der Strom rückwärts, auf diesen vorwärts. Jener sei f l t q, dieser u g t q. Der Druck vorwärts kann nicht in den Druck rückwärts übergehen, ohne daß er nach und nach gegen die Mitte des Flügels abnimmt und = 0 wird; eben so muß der Druck rückwärts von D gegen p verschwinden. Also liegt zwischen beiden Theilen, deren einer den Druck vorwärts, der andere ihn rückwärts leidet, irgend ein Element, q t, welches gar keinen Druck vor- oder rückwärts leidet, sondern sich eben so frei bewegt, wie die §. 2 betrachtete Ebene. Der Punkt p in diesem Elemente des Flügbrettes thut also der Gleichung $c = v \operatorname{Cot} \alpha$ Genüge.

Der Punkt p liegt nicht genau in der Mitte von C D, sondern ein Weniges näher nach D. Ihn genau zu bestimmen, sind weitläuftige Rechnungen nöthig, wovon hier das Resultat genügt.

§. 5.

Es sei $A\,D = a$; $A\,C = b$; $A\,p = Z$; so ergiebt folgende Tafel, wie Z von a und b abhängt. Wäre p genau in der Mitte von c D, so würde $Z = \frac{a + b}{2}$ sein. Aus der Tafel erhellt, wie viel Z größer ist.

I.	II.	III.	IV.	V.
Nr.	a	b	$\frac{a + b}{2}$	Z
1	10	10	10	10
2*	10	9½	9,75	9,7540
3	10	9	9,50	9,5085
4*	10	8½	9,25	9,2690
5	10	8	9,00	9,0304
6*	10	7½	8,75	8,7990
7	10	7	8,50	8,5687
8	10	6	8,00	8,1271
9	10	5	7,50	7,7108

Die erste Spalte enthält die Zahl der berechneten Fälle. (Nr. 2, 4 und 6 ausgenommen, welche nicht berechnet, sondern interpolirt sind.) Die zweite Spalte enthält die Länge der Ruthe von der Achse bis zum äußersten Punkt des Flugbrettes; und die dritte dieselbe Länge bis an das Flugbrett. Die Differenz zwischen beiden ist die Breite des Flugbrettes oder a — b = C D. Die vierte Spalte stellt die Länge der Ruthe bis zur Mitte des Flugbrettes, und die fünfte endlich die Länge A p = Z dar.

Wenn die Zahlen der zweiten und dritten Spalte wenig verschieden sind, das heißt, der eigentliche Flügel nur sehr schmal gegen die Länge der Ruthe ist; so sind auch die Zahlen der vierten und fünften Spalte wenig verschieden, wie z. B. Nr. 2*, 3, 4* und 5. Bei dem Wind-Messer kann man sich auf die Fälle Nr. 2, 3 und 4 beschränken, und es ist, wegen einiger Ungewißheit in der Berechnung oder in der Theorie von dem schiefen Stoß flüßiger Massen rathsam, daß man dies thue, und das Flugbrett möglichst schmal, hingegen die Ruthe möglichst lang nehme; dann ist gar kein Irrthum zu besorgen.

Es sei z. B. die Ruthe 20 Zoll, das Flugbrett $2\frac{1}{2}$ Zoll; so ist $a = 20$; $b = 20 - 2\frac{1}{2} = 17\frac{1}{2}$; also $a : b = 20 : 17\frac{1}{2} = 10 : 8\frac{3}{4}$. Dieser Fall gehört zwischen Nr. 3 und 4 und $\frac{a + b}{2} = 9{,}375$; $Z = \frac{9{,}508 + 9{,}269}{2} = 9{,}388$. In diesem Fall und in allen denjenigen Fällen, wo die Länge der Ruthe die Breite des eigentlichen Flügels 8, 9 oder mehrmal übertrifft, kann man ohne Bedenken den Werth von $Z = \frac{a + b}{2}$, das ist, von der Achse bis zur Mitte des Flugbrettes, nehmen.

Bei dem Strom-Messer geht es nicht an, die Ruthen so lang zu nehmen; aber da kann man sich auf eine leichte praktische Art, ohne alle Rechnung, helfen, wie im Folgenden näher gezeigt wird.

§. 6.

Es sei a und b, also auch $Z = \frac{a + b}{2}$, nebst α bekannt; und man habe beobachtet, daß der Flügel vom Winde bewegt, in der Zeit $= t$ eine Anzahl Umläufe $= n$ gemacht; wie groß ist die Geschwindigkeit des Windes? Weil der Radius des Umlaufskreises $= \frac{a + b}{2}$; so ist der Durchmesser $= a + b$, und die Peripherie $= 3{,}14\ (a + b)$; also der ganze Weg $= 3{,}14\ (a + b)\ n = s$; und $c = \frac{s}{t}$ Cot α (§. 2. Zusatz) $=$ der Geschwindigkeit des Windes.

Zusatz. Exempel in Zahlen. $a = 20$ Zoll; $b = 17\frac{1}{2}$ Zoll; $a + b = 37\frac{1}{2}$; also die Peripherie des Kreises, in welchem der Mittelpunkt des Flugbrettes umläuft, $= 117{,}75$ Zoll. Die Zahl der Umläufe, $n = 50$; die Zeit der Beobachtung, $t = 30$ Sec.; so ist $s = 5887{,}5$ Zoll, und $\frac{s}{t} = 196{,}25$. α sei

45 °, also Cot $\alpha = 1$; so ist $c = 196{,}25$ Zoll $= 16{,}35$ Fuß, der Weg, welchen der Wind in 1 Sec. zurücklegt, und der seine Geschwindigkeit heißt.

§. 7.

Also wäre, um den Flügel zum Wind- und Strom-Messer zuzubereiten, weiter nichts nöthig, als daß man ihm eine solche Einrichtung gebe, die bequem wäre, ihn zu halten, und seine Umläufe zu zählen. Aus der Zahl der letztern fände sich die Geschwindigkeit der flüßigen Masse sehr leicht. Ob nun gleich dieses, dem Bisherigen gemäß, seine vollkommene Richtigkeit hat, so ist doch zu merken, daß kein Flügel in Natura so möglich ist, wie ihn diese Rechnung voraussetzt. Der bisher betrachtete Flügel ist imaginär; Achse, Ruthe und Ebene sind nämlich als mathematische Linien und Fläche ohne alle Dicke und Schwere angenommen. Bei einem natürlichen oder künstlichen Flügel ist das nicht möglich; und daher können auch bei ihm die Rechnungen nicht genau zutreffen, welche für den mathematischen Flügel im strengsten Verstande wahr sind. Bei dem künstlichen Flügel trifft die Voraussetzung nicht zu, daß ihn nichts hindere, dem Strom frei auszuweichen. Zum ersten findet das Flugbrett einige Hindernisse, weil es dick und bei der schönsten Politur noch rauh, in Vergleichung der flüßigen Masse, ist; zweitens findet die Ruthe einigen Widerstand, weil sie dick und rauh ist; drittens muß die Achse A B, um den Flügel bequem zu halten, wenigstens in zwei Punkten aufliegen oder unterstützt sein. Auf diese Punkte drückt sie etwas wegen der Schwere; der Druck erzeugt eine Friction, und wofern der Durchmesser der Achse in Vergleichung der Ruthe nicht unendlich klein ist, so bekömmt die Friction ein Moment des Widerstandes. Alle diese drei Ursachen wirken nach einer Seite, nämlich die Bewegung des Flügels aufzuhalten; und der natürliche Flügel hat keine einzige Eigenschaft, welche diesem entgegen wirkte, und seine Bewegung beschleunigte. Daraus folgt, daß der natürliche Flügel langsamer sich bewegen muß, als der wissenschaftliche thun würde. Die flüßige Masse muß auf jenen etwas drücken, um den Widerstand zu überwinden. Wenn also die Ebene des Flügels auf 45 Gr. gestellt ist, so wird er etwas langsamer als der Strom gehen, oder c wird allemal etwas größer als $v \operatorname{Cot} \alpha$ oder als $\frac{s}{t} \operatorname{Cot} \alpha$ sein.

§. 8.

Wenn Gestalt, Größe und Schwere des künstlichen Flügels nebst der Dichtigkeit der flüßigen Masse, gegeben sind, so werden sich die genannten drei Arten des Widerstandes (§. 7) einigermaßen bestimmen, und also auch die Geschwindigkeit dieses Flügels sich berechnen lassen: aber die Rechnung wird, nach dem dermaligen Zustande der Hydraulik, mit Hypothesen und Näherungen untermischt, und daher nicht zuverläßig sein. Also muß man dieserwegen zu Experimenten seine Zuflucht nehmen, die genannte Geschwindigkeit zu finden. Inzwischen ist Folgendes noch zu bemerken. Wenn für den künstlichen Flügel $c > v \operatorname{Cot} \alpha$; so sei für irgend einen besondern Fall $c = v \operatorname{Cot} \alpha + w$; wo denn w die Verzögerung des Flügels wegen Widerstand bedeutet. Der Widerstand aus den ersten beiden angeführten Ursachen (§. 7) ist, alles Uebrige gleich, dem Quadrat der Geschwindigkeit proportional; und in eben dem quadratischen Verhältnisse der Geschwindigkeit wächst auch die Kraft, den Widerstand zu überwinden. Daher bleibt die Verzögerung immer ein beständiger Theil der wirklichen Geschwindigkeit, diese mag groß oder klein sein. Also kann w durch $\frac{1}{m} v$ ausgedrückt werden, wenn nur diese beiden Arten des Widerstandes in Betracht kommen; und dieser Ausdruck wird wenigstens desto richtiger sein, je kleiner w gegen v ist. Die Friction aber, oder die dritte Art des Widerstandes, ist von einer andern Natur, hängt von der Geschwindigkeit nicht ab, sondern ist eine beständige Größe. Hingegen ist die Kraft, sie zu überwinden, dem Quadrat der Geschwindigkeit proportional. Daher würde die Friction bei kleinern Geschwindigkeiten den Flügel verhältnißmäßig mehr als bei größern verzögern, ja sie könnte bei ganz kleinen Geschwindigkeiten des Windes der bewegenden Kraft vielleicht völlig das Gleichgewicht halten und den Umlauf des Flügels ganz verhindern. Wenn aber der Flügel so eingerichtet wird, daß das Moment der Friction in Vergleichung des Moments der Kraft verschwindet, oder als ganz unbeträchtlich nicht in Rechnung gezogen wird, so ist die Gleichung für den künstlichen Flügel eben so einfach, als die für den mathematischen; nämlich für diesen $c = v \, \mathrm{Cot}\, \alpha$; für jenen $c = v \, \mathrm{Cot}\, \alpha + \frac{1}{m} v = v \left(\mathrm{Cot}\, \alpha + \frac{1}{m}\right) = v \, \mathrm{Cot}\, (\alpha - \beta)$; oder auch $c \, \mathrm{tang}\, (\alpha - \beta) = v$ und $\mathrm{tang}\, (\alpha - \beta) = \frac{v}{c}$; wo denn β irgend einen kleinen Winkel bedeutet, so groß, daß $\mathrm{Cot}\, \alpha + \frac{1}{m} = \mathrm{Cot}\, (\alpha - \beta)$ wird. β muß negativ sein (weil $\frac{1}{m}$ positiv ist, also Cot wachsen muß), und wird durch Erfahrung 2, 3 bis 4 Grad gefunden, wenn alles einigermaßen gut gemacht, und $\alpha = 45$ Gr. ist. Zu kleineren α gehören kleinere β; und zu größeren α größere β, wie die Folge ergeben wird. Weil nämlich bei dem mathematischen Flügel für $\alpha = 45$ Gr. $c = v$ ist; so muß bei dem künstlichen, wenn er so gemacht ist, wie ich ihn nun gleich beschreiben werde, $\alpha = 47$ bis 49 Gr., und $\beta = 2$ bis 4 Grad sein, wenn $c = v$ oder $\tang (\alpha - \beta) = \frac{v}{c} = 1$ sein soll. Und in diesem Fall giebt einerlei Flügel allemal den Werth von c richtig an, wenigstens innerhalb den Grenzen, die gewöhnlich vorkommen. *Wenn aber c äußerst klein ist, so wird die Friction* verhältnißmäßig zu groß; und z. B. eine Geschwindigkeit des Wassers kleiner, als 2 Zoll in 1 Sec., oder des Windes kleiner, als 2 Fuß in 1 Sec., läßt sich mit den folgenden Instrumenten nicht mehr beobachten. Sie müßten zu dem Ende kleiner und leichter sein, welches die Friction noch mehr vermindern, für lebhafte Winde und Ströme aber die Werkzeuge unzuverläßig, biegsam und unbrauchbar machen würde.

Beschreibung des Windmessers.

(Fig. 3 und 4.)

§. 9.

Die Achse A B ist 14 Zoll lang, zirkelrund, nahe bei den Ruthen $\frac{1}{2}$ Zoll, am andern Ende $\frac{1}{3}$ Zoll im Durchmesser; ganz von Stahl, und in der Mitte mit einer Schraube ohne Ende versehen. Bei A hat sie einen Einschnitt oder dünnen Hals, dessen Durchmesser $\frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{6}$ Zoll stark ist, und in einer kupfernen Gabel auf dem Arm des Gestells umläuft. Das Ende B ist mit einer kegelförmigen Spitze oder Zapfen versehen, welcher in einer kupfernen Oeffnung in dem Arm des Gestells sich bewegt.

Die Ruthen sind gleichfalls von Stahl, rund und glatt polirt, nahe bei der Achse 2 bis $2\frac{1}{2}$ Linien und nahe am Flugbrett 1 Linie im Durchmesser stark. Sie werden auf einen viereckigten Zapfen der Achse mittelst einer Schraube befestigt. Es sind vier derselben, die 90 Grad von einander stehen, doch könnten auch zwei genügen, in welchem Fall das Instrument weniger Raum einnimmt. Zwei sind aber zum wenigsten des Gleichgewichts wegen nöthig. Sie sind von dem Mittelpunkt der Achse bis zum Mittelpunkt des Flugbrettes 19,1 Zoll lang, also beträgt der Kreis, in welchem der Mittelpunkt des Flugbrettes umläuft, 3,14 mal 38,2 Zoll = 120 Zoll = 10 Fuß.

Die Flugbretter oder eigentlichen Flügel sind von hartem Holze, glatt polirt, nach allen Seiten scharf, in der Mitte mit einem Rücken oder einer anlaufenden Stärke versehen, wo sie mit einem feinen Bohrer durchbohrt und auf die gespitzten Ruthen gesteckt werden. Sie sind 2½ Zoll breit und 5 Zoll lang.

Wenn Achse, Ruthen und Flugbretter zusammengefügt und auf das Gestell gelegt sind, so müssen sie in jeder Lage ruhig stehen, d. h. der Schwerpunkt der Ruthen und Flugbretter muß im Mittelpunkt der Achse sein. Der Schwerpunkt der Achse mit den Ruthen zusammen liegt aber in der Hohlkehle der Achse, womit sie auf dem Arm bei **A** liegt. Dieser Arm unterstützt also das ganze Gewicht der Achse und Ruthen, welches 30 bis 36 Loth beträgt. Der Zapfen bei **B** leidet keinen andern Druck als den, welcher von dem Stoße des Windes auf die Ruthen nach der Richtung der Achse **A B** herrührt. Weil aber dieser Zapfen kegelförmig gespitzt ist, so hat die Friction, welche von diesem Druck verursacht wird, gar kein Moment. Bei mehrjährigem Gebrauch muß man jedoch darauf achten, daß der Zapfen sich nicht in die kupferne Spur des Arms hineinbohre.

Das Gestelle besteht aus dem Hauptheil, dem Schaft und den Schenkeln.

Der Hauptheil desselben besteht aus zweien zusammengefügten Armen, deren Gestalt aus der dritten Figur ersichtlich ist.

Sie sind von Eisen und an den Enden A und B mit Kupferstücken versehen, in welchen die aufliegenden Stellen der Achse ausgehöhlt sind. Zwischen den Armen ist ein gezahntes messingenes Rad von ungefähr sechs Zoll im Durchmesser eingerichtet, welches, mit zwei dünnen stählernen Zapfen in c, auf messingenen Büchsen umlaufen kann; letztere sind in zwei eisernen Lagerstücken e d befestigt. Das Rad hat 100 Zähne, welche von zehn zu zehn mit Zahlen numerirt sind. Diese Lagerstücke werden bei e mit einer Schraube an einander und bei d mittelst einer Niete an den Arm des Gestells gefügt, um welche sie beweglich sind. Bei e liegt das Lager in einem Einschnitt des Arms, und kann darin mittelst des Fadens e g f etwas aufgezogen oder niedergelassen werden. Dieser Spielraum oder Einschnitt in dem Arm ist von der Größe, daß wenn das Lager aufgezogen ist, das gezahnte Rad in die Schraube an der Achse greift; und wenn es niedergelassen wird, dasselbe Rad in eine Spitze h, welche der Index heißt, und im Zusammenlauf beider Arme befestigt ist, einfällt und dadurch gehemmt wird. Wenn aber das Lager weder ganz aufgezogen, noch ganz niedergelassen, sondern in der Mitte des Einschnitts gehalten wird, so kann das Rad zwischen der Schraube und dem Index eben frei umgedreht, und auf jeden beliebigen Zahn, z. B. auf Null, gestellt werden. Wenn die Flügel umlaufen und der Faden angezogen ist, so läuft auch das gezahnte Rad nach der Ordnung der Zahlen um. Bei jedem Umlauf der Ruthen schiebt die Schraube einen Zahn des Rades vorwärts: also müssen die Ruthen hundertmal umlaufen, wenn das Rad einmal umläuft; und an den Zähnen des Rades kann man die Umläufe der Ruthen zählen. Es ist noch zu merken, daß der Schwerpunkt des Rades nothwendig im Mittelpunkt seiner Achse liegen, und also dasselbe, wenn es frei gehalten wird, in jeder Lage ruhig stehen muß.

Der Schaft des Gestells ist ein cylinderförmiger Stab, ungefähr 3 Fuß lang, am obern Ende mit einer kegelförmigen Spitze versehen, welche in der konischen Oeffnung des Haupttheils befestigt wird. In der Mitte, oder vielmehr auf der Höhe, zu welcher die Ruthen herabreichen, wird ihm genau nach der Richtung der Achse eine rectanguläre Oeffnung gegeben, in welche der Stiel einer hölzernen Scheibe I paßt. Auf dieser Scheibe ist die Richtungslinie der Ebene oder Vorderfläche der Flugbretter gezeichnet. Will man also die letztere nachsehen oder ajustiren, so darf man nur die Scheibe einstecken und die Flügel einen nach dem andern über dieselbe bringen und nach der Linie richten, indem man sie ein Weniges rechts oder links dreht. Wenn das geschehen, zieht man die Scheibe wieder aus, damit sie bei Beobachtungen den Wind nicht turbire. Das untere Ende des Schafts ist mit drei Schenkeln, welche eiserne Spitzen haben und an dem Schaft mittelst Schrauben befestiget werden, versehen. Das ganze Instrument hat Mannshöhe und kann mit einer Hand bequem getragen werden. Harte Sturmwinde können es umwerfen, daher muß in solchen Zeiten das Gestell im Zusammenlauf der Schenkel mit einem angehängten Gewicht beschwert werden.

Beschreibung des Strommessers.

(Figur 5.)

§. 10.

Die Achse A B ist genau wie die des Windmessers (§. 9) beschaffen. Sie ist mit zwei stählernen Ruthen versehen, welche daran festgeschmiedet sind. Jede Ruthe hat eine dünne Flügel=

platte von polirtem Stahl, welche gleichfalls daran festgeschmiedet ist, so daß Achse, Ruthen und Flügel aus einem Stück bestehen, dessen Gewicht 16 bis 18 Loth ist, wovon der Schwerpunkt in der Hohlkehle der Achse liegt, deren Durchmesser $\frac{1}{5}$ Zoll ist.

Der Rahmen l D m ist von rundem Eisen und bei A und B sind kupferne Einsatzstücke, in welchen die Achse umläuft.

Das Lager mit dem gezahnten Rade ist gerade wie bei dem Windmesser: nur wird es hier von einer messingenen Feder, i, welche an dem Rahmstücke l m befestiget ist, niedergedrückt, damit das Rad aus dem Inder, h, nicht anders, als durch eine starke Anziehung der Schnur e f k, ausgehoben und zum Eingriff in die Schraube an der Achse gebracht werden kann.

Damit das Instrument an irgend einem runden Stab P Q könne befestiget werden, ist es mit zwei doppelten Federn, in Gestalt einer Klaue, R, versehen, die an dem Rahmstück geschmiedet, oder mittelst Schrauben befestigt sind, und den Stab umspannen, an den sie mit einem Schraub-Bolzen, der hinter dem Stab durch die Federn der Klaue gesteckt wird, festgeklemmet werden.

Der Stab kann in schwachen Strömen von Holz, in lebhaften muß er von Eisen, und mit eingeschlagenen oder angelötheten Ringen, n n, durch welchen die Schnur hinauf geht, versehen sein.

Er steht mit dem Fuße auf dem Boden des Stroms, und das Instrument kann also auf jede beliebige Tiefe unter der Oberfläche daran befestigt werden, um die Geschwindigkeit einer jeden Stromschichte zu beobachten. Wollte man die Geschwindigkeit der obern Schichte mit jeder untern vergleichen, so müßte man zwei Instrumente zugleich an den Stab befestigen, und das eine allemal nahe unter der Oberfläche, das andere aber zugleich in einer größern Tiefe beobachten. Für sehr tiefe Ströme können mehrere eiserne Stangen mit Schrauben an einander gefügt werden. — Wofern man über die Richtung des Stroms, mit welcher die Richtung der Achse parallel sein muß, zweifelhaft wäre, so könnte man auch den Stab mit einer Fahne oder Steuerbrett, q s r p, versehen, da er sich dann von selbst in die Richtung des Stroms stellen würde.

Zur Bequemlichkeit des Beobachters ist eine Brücke auf dem Strom nöthig, welche entweder auf Balken, die quer über den Strom reichen, oder auf eingeschlagenen Pfählen, oder bei tiefen Strömen, auf zwei neben einander gelegten Fahrzeugen bewirkt werden kann.

Ich muß noch Einiges über die Größe der Ruthen und Flügelplatten anführen.

Die Ruthen am Strommesser müssen verhältnißmäßig etwas stärker, als am Windmesser sein, weil der Druck des Stroms, der gewöhnlich stärker, als der des Windes ist, sie sonst biegen würde. Die Länge der Ruthen, und also auch die Größe der Flügelplatten, muß nach der Absicht des Gebrauchs proportionirt werden. Für seichte Ströme, Mühlengerinne und dergleichen muß das Instrument kleiner oder die Ruthen kürzer sein, als für große und tiefe Ströme nöthig ist.

Die Ruthen meines Strommessers, der für große Ströme eingerichtet ist, sind vom Mittelpunkt der Achse bis zu Ende des Flügels 7 Zoll, die Flügelplatte ist 2 Zoll breit und 3 Zoll lang. Also ist vom Mittelpunkt der Achse bis an den Flügel 5 Zoll. Wollte man nun den Werth eines Umlaufs, oder die Größe des Kreises, in welchem die Flügelplatten sich bewegen, berechnen, so müßte (nach §. 4) Z gesucht werden. Es ist hier

$\frac{a + b}{2} = \frac{7 + 5}{2} = 6$; aber Z ist größer. Um Z in der dortigen Tafel zu finden, müssen a und b in solcher Maaße ausgedrückt werden, daß $a = 10$ wird, und dann ist $b = 7\frac{1}{7}$; denn man hat $7 : 10 = 5 : 7\frac{1}{7}$. Also gehört dieser Fall zu Nr. 7 der Tafel, wo $a = 10$, $b = 7$ und $Z = 8{,}568$ ist. Nun setze man $\frac{10 + 7}{2} : 8{,}568 = \frac{7 + 5}{2}$? so erhält man zur vierten Proportionale 6,05 Zoll, als den Werth von Z oder den Halbmesser des Umlaufskreises. Folglich beträgt ein Umlauf 3,14 mal 12,1″ = 3,165 Fuß. — Man erhält aber bei dem Strommesser den Werth eines Umlaufs sichrer durch Versuche, wovon ich nun gleich reden werde.

§. 11.

Jedermann, der die beschriebenen beiden Instrumente sieht oder gebraucht, wird, glaube ich, zugestehen, daß sie wenigstens geschickt sind, die Anzahl der Umläufe der Achse oder Ruthen in einer bestimmten Zeit zu beobachten, und daß man in diesem Stück sich kaum etwas leichteres, bequemeres und zuverlässigeres wünschen könne. Denn wenn das Instrument gegen den Wind oder Strom gerichtet, und das gezahnte Rad auf Null gestellt ist, so ist nichts leichter, als in einer Hand die Uhr, in der andern den Faden des Instruments zu halten, und diesen letztern, wenn der Zeitpunkt anfängt, anzuziehen, und wenn er aufhört, los zu lassen, und hiernächst an den Nummern auf dem gezahnten Rade nachzusehen, wie viel Umläufe passirt sind. Selbst die größten Geschwindigkeiten, die für unsre Sinnen ganz unempfindbar sind, und bei welcher Ruthen und Flügel verschwinden, werden auf diese Weise ganz bequem wahrgenommen. Aber diese Einrichtung ist es freilich nicht allein, warauf die Brauchbarkeit der Instrumente beruht. Die Hauptsache ist, zu wissen, wie die Zahl der Umläufe von der Geschwindigkeit der flüssigen Masse abhängt, oder wie viel Geschwindigkeit des Stroms zu einer bekannten Anzahl Umläufe des Instruments gehört. Und da giebt es nur zwei Wege, Rechnung und Versuche, solches auszumachen. Obwohl ich nun gegenwärtig, wenn die Instrumente vorhin beschriebenermaßen möglichst vollkommen gemacht sind, eben so viel und mehr auf die Rechnung, als auf Versuche, vertraue, so war doch dies nicht der Fall, bevor ich die Instrumente schon so genau kannte, damit experimentirt, und ihnen nach und nach die beschriebene Einrichtung gegeben hatte. Fast ein ganzes Jahr (1786) habe ich daran gekünstelt und abgeändert. Ich will daher den Gang der Versuche zuerst hier anmerken, weil er für diejenigen, welche in der Rechnung nicht geübt sind, oder wegen beigemischter Hypothesen und Weglassung unbedeutender Quantitäten, nicht daran glauben mögten, nöthig sein wird. Dabei muß ich einen Satz, den alle Philosophen, so viel ich weiß, anerkennen, zum Grunde legen, nämlich daß der Erfolg einerlei, und daß es in Absicht desselben gleichgültig sei, ob eine flüssige Masse mit einer bestimmten Geschwindigkeit gegen eine ruhende Fläche stößt, oder ob die Masse ruht, und die Fläche mit eben der Geschwindigkeit gegen sie bewegt wird.

§. 12.

In unserm Material-Magazin ließ ich eine Spindel lothrecht aufsetzen, daran einen horizontalen Arm 13½ Fuß lang, und an dessen äußerem Ende ein Anemometer befestigen. Wenn die Spindel gedreht wurde, so bewegte sie das Anemometer in einem Kreise von 27 Fuß Durchmesser. Der Durchmesser des Instruments = 2 Z (§. 4) war 3 Fuß. Für den Fall, daß die Flügel sich eben so geschwind bewegen sollten, als das Instrument bewegt wurde, mußten sie also neun Umläufe machen, wenn die Spindel einen machte: ich hatte zuerst die Flügel auf 45° gestellt, und da liefen sie nur sieben mal um, während einer Umdrehung der Spindel; und um neun Umläufe zu erhalten, mußte ich den Anstoß-Winkel nach und nach bis 54 oder 55 Grad vergrößern.

Ein andres Anemometer, dessen Durchmesser nur 11½ Zoll war, und dessen Achse sich also 28 mal drehen mußte, wenn die lothrechte Spindel sich einmal drehte, ward auf dieselbe Art befestigt. Bei fünf Umdrehungen der Spindel machten die Flügel, auf 45 Grad gestellt, 128 Umläufe; auf 50 Grad 139 Umläufe, und auf 55 Grad 166 Umläufe. Weil nun 140 Umläufe der Flügel = 5 Umläufen des Spindel-Arms, so sieht man, daß bei der Stellung von 50 Graden ungefähr die Geschwindigkeit der Flügel der relativen Geschwindigkeit der Luft gleich war.

Ob nun gleich dieser letzte Versuch viel mehr Wahrscheinlichkeit als der erstre mit dem größern Anemometer hatte, so konnte ich doch beiden keineswegs vertrauen, weil man im Gesicht es genugsam fühlen konnte, daß die Luft während der Bewegung des Anemometers nicht in Ruhe blieb, wie voraus gesetzt war, sondern einen Wind und allerlei wirbelnde Bewegung gab, wie man dieses auch an dem in dieser Absicht angemachten Dampf und Staub deutlich sehen konnte.

Ich versuchte auch das Instrument in gerader Linie gegen stille Luft bewegen zu lassen, indem ich es theils mit Rädern versehen auf ebenen Brettern ziehen, theils durch Menschen in schnellem Lauf dagegen antragen ließ: aber diese Versuche waren am wenigsten befriedigend. — Dann stellte ich es noch in den Wind, dessen Geschwindigkeit ich durch fliegende Federn, Staub und Rauch, zu bestimmen suchte; aber in alle diese Versuche war mit einem Worte keine Uebereinstimmung hineinzubringen.

Zuletzt gerieth ich auf den Gedanken, mich statt der Luft des Wassers zu bedienen; und diese Versuche gelangen mir nicht nur nach Wunsch, sondern wurden auch die erste Veranlassung, daß ich auf den Gedanken kam, Wind- und Strom-Messer in einem Instrument zu vereinigen.

Eine Gabel, wie der Haupttheil des Instruments, (Fig. 3.) ward auf einen langen hölzernen Stab oder Hakenstiel befestigt; und weil ich damals noch nicht auf die Einrichtung mit der gezahnten Scheibe gekommen war, so diente zu allen Versuchen, die Umläufe der Flügel zu zählen, ein dünner seidner Faden, welcher an der Achse befestigt war, und von derselben, wenn sie sich umdrehte, aufgesponnen ward. Am Ufer eines stillen Wassers, (welches bei kleinen Instrumenten ein Graben von zwölf Fuß breit und vier Fuß tief, bei größern aber auf der Hafen-Vorsetze geschah,) ward eine Distanz von 200 Fuß, (zuweilen auch nur von 100 Fuß), gemessen und angemerkt. Die Achse mit den Flügeln ward zuerst auf ein ordentliches Gestell gelegt, damit man die Flügel nachsehen, und auf einerlei bestimmte Grade stellen konnte; wenn dies geschehen, legte man sie in die Gabel am langen Stiel, und ein Mann, (wozu ich meistens den hiesigen Zimmer-Polirer, zuweilen auch jeden Andern, der etwas geübt war, gebrauchte) führte dann das Instrument auf die gemeßne Distanz im Wasser fort. Am Ende der Distanz hob man das Instrument hervor, wickelte den Faden ab, und zählte die Abwickelungen, als die Zahl der Umläufe. Die Führung des Instruments geschah rückwärts und vorwärts, bald langsam, bald etwas geschwinder. Wenn sie aber möglichst geschwind geschehen sollte, (in welchem Fall ich mich kleiner Instrumente, deren Ruthen $5\frac{3}{4}$, 8 bis 13 Zoll waren, bediente,) so brauchte ich noch zwei andre Leute mit einem Hakenstiel, der quer über den Graben reichte, und in dessen Mitte das

Instrument mittelst einer Schraube, die in's Wasser reichte, befestigt war. Diese beiden Leute zogen und trugen das Instrument auf diese Weise durch das Wasser, und der Dritte hatte nur darauf zu achten, daß es immer unter Wasser und in gehöriger Direction blieb. Weil man nun auf diese Weise bei einerlei Winkel, auf den die Flügel gestellt waren, allemal einerlei Umläufe erhielt, so hielt ich mich hiedurch überzeugt, daß die Methode brauchbar wäre. Ich stellte daher verschiedene Versuche mit größern und kleinern Instrumenten, zur Kenntniß des hydrometrischen Flügels, und zur Prüfung der Theorie, an, welche in der obenerwähnten größern Abhandlung zum Theil erzählt sind. Hier mag es an Folgendem genug sein.

Wenn man ein Anemometer, wie das §. 9. beschriebene, dessen Umlaufskreis 10 Fuß hält, in die erwähnte Gabel legt, und es 200 Fuß in stillem Wasser fortführt, so müssen die Flügel während dieser Bewegung genau 20 Umläufe machen, wenn ihre seitwärts gehende Geschwindigkeit der vorwärts gehenden Geschwindigkeit der Achse, welche hier die Geschwindigkeit des Stroms vorstellt, gleich sein soll. Stellt man nun die Flügel nach und nach auf 46, 47, 48, 49 und 50 Grad, so findet man, daß 48° etwa ¼ Umlauf zu wenig, und 49° schon etwas reichlich giebt, und das ist die Ursache, warum ich die Flügel auf 48½ Grad stelle, und mich überzeugt halte, daß sie dann in der Luft auch die Geschwindigkeit des Windes annehmen müssen, indem ich nicht glauben kann, daß die verschiedene Dichtigkeit der flüssigen Massen hierin eine Aenderung machen könne. Wegen der langen und schwachen Ruthen, welche das Anemometer hat, muß die Bewegung desselben im Wasser sanft und mäßig geschehen; auch vorher die hölzernen Flügel in heißem Oel getränkt werden.

Hat man aber ein Instrument, welches kürzere oder steifere Ruthen hat, und daher so gut eine geschwindere als langsame

Bewegung im Wasser, ohne durchzubiegen, vertragen kann; stellt man die Flügel gleich, und führt dasselbe auf die erwähnte Art unter Wasser fort: so erhält man bei einerlei gemessener Distanz allemal eine gleiche Anzahl Umläufe, die Bewegung mag geschwind oder langsam, und selbst unterbrochen sein; welches bei der Behauptung (§. 8) zum Grunde gelegt worden.

§. 13.

Hat man sich nun von seinem Windmesser überzeugt, daß er die Eigenschaft hat, daß seine Flügel eben so geschwind als der Wind sich bewegen, so geschieht die Beobachtung der Geschwindigkeit des Windes auf folgende Art.

Der zur Observation bestimmte Ort habe einen freien Horizont und sei einige Fuß über die Pläne des Landes erhaben. Man stelle das Anemometer so, daß dessen Achse genau in der Richtung des Windes liege (ein paar Grade Abweichung zur einen oder andern Seite sind jedoch von keinem Einfluß). Die Richtung des Windes erkennt man an einer vorhandenen Windfahne oder an dem Instrument selbst; denn wenn man dieses seitwärts so lange dreht, bis die Flügel gar nicht nach der einen oder andern Seite umlaufen, so liegen die Ruthen in der Richtung des Windes, und man kann sich den Punkt am Horizont oder einen entfernten Gegenstand merken, und dahin die Achse richten. Man stellt dann das gezahnte Rad auf Null, nimmt ein ½ Minuten-Glas oder eine Secunden-Uhr zur Hand, zieht den Faden an, und läßt das gezahnte Rad ½ Minute lang laufen, wo man den Faden nachläßt, und nachsieht, auf welcher Nummer oder auf welchem Zahn der Index steht. Man kann die Beobachtung dreimal wiederholen und daraus das Mittel nehmen. Hätte man z. B. 57, 59 und 60 Umläufe gefunden, so ist das Mittel

$\frac{57 + 59 + 60}{3} = 58\frac{2}{3} = 58{,}66$. Weil ein Umlauf 10 Fuß ist; so ist der ganze Weg, den der Wind in 30 Secunden gemacht hat = 586,6 Fuß, und seine Geschwindigkeit = 19,5 Fuß. Bei großen Sturmwinden kann die gezahnte Scheibe zwei= bis dreimal ganz umlaufen, worauf man also Acht haben muß. Bei ganz schwachen Winden kann man die Umläufe durch bloßen Anblick ohne den Gebrauch des gezahnten Rades zählen, indem man an einer der Ruthen, die man sich zum Augenmerk nimmt, allenfalls einen kleinen Faden bindet, oder sie durch eine besondere Farbe unterscheidet.

§. 14.

Um die kleinste Geschwindigkeit des Windes zu bestimmen, welche mit diesem Anemometer noch kann beobachtet werden, verfahre ich folgender Gestalt:

Weil das gezahnte Rad bei ganz schwachen Winden nicht darf gebraucht werden (§. 13); so kömmt die etwanige Friction desselben in keinen Betracht. Eben so kömmt auch die Friction des Zapfens B (Fig. 3), welche vom Druck des Windes gegen die Ruthen herrührt, nicht in Rechnung, weil sie kein Moment des Widerstandes hat (§. 9). Demnach widersteht der Bewegung nichts, als die Friction auf der Unterlage bei A. Der Druck auf diese Unterlage ist = 33 Loth. Die Friction des polirten Stahls auf polirtes Kupfer setze ich $\frac{1}{5}$ des Drucks, also = 6,6 Loth. Der Halbmesser des Zapfens = 1 Linie = $\frac{1}{12}$ Zoll giebt das Moment dieser Friction = 0,55.

Der senkrechte Stoß des Windes gegen 1 □Fuß ist bei der Geschwindigkeit von 1 Fuß in 1 Sec. = 0,0379 Loth. Die Flugbretter sind $5 \times 2\frac{1}{2} = 12\frac{1}{2}$ □Zoll; also ist der Stoß gegen eins desselben = $\frac{12\frac{1}{2}}{144} \cdot 0{,}0379$ Loth. Bei der Geschwin=

digkeit $= c$ ist dieser Stoß $= \frac{12\frac{1}{2}}{144}\ 0{,}0379\ cc$. Die Länge der Ruthen ist $= 19{,}1$ Zoll, also ist das statische Moment eines senkrechten Flügels $= 19{,}1 \times 0{,}0379 \times \frac{12\frac{1}{2}}{144}\ cc$. Dies viermal genommen, wenn die Achse vier Flügel hat, ist $19{,}1 \times 0{,}0379 \times \frac{12\frac{1}{2}}{36}.\ cc = 0{,}2413\ cc$. Weil aber die Flügel nicht senkrecht gegen den Wind, sondern unter einem Winkel $= \alpha$ dagegen geneigt sind; so ist das wahre Moment des Windes $= 0{,}2413\ cc\ \mathrm{Sin.}\ \alpha\ \mathrm{Cos.}\ \alpha$; das giebt, weil $\alpha = 48\frac{1}{2}{}^{\circ}$; $0{,}1197.\ cc$. Dieses Moment ist, wofern keine Bewegung erfolgt, dem Moment der Friction gleich. Also $55 = 11{,}97\ cc$. und $c = \sqrt{\frac{55}{11{,}97}} = 2{,}11$ Fuß. Also läuft bei einer Geschwindigkeit des Windes von ungefähr 2 Fuß in einer Secunde das Instrument nicht mehr um. Und dies ist auch der Erfahrung gemäß. Bei 3 Fuß Geschwindigkeit läuft es aber schon so vollkommen ununterbrochen um, daß man keinen Widerstand merkt. Für Winde, die eine mittelmäßige Geschwindigkeit von 16 bis 20 Fuß haben (und deren sind die meisten), kann man ohne Fehler die Friction aus der Acht lassen, für schwächere Winde aber kann die Friction erheblich werden, und man müßte sie entweder in Rechnung bringen, oder auch ein kleineres Anemometer mit verhältnißmäßig größern Flügeln zur Hand haben, um die schwächern Winde zu beobachten, wenn man deren Geschwindigkeit ganz genau wissen will. Ein solches kleines Anemometer kann man sich sehr leicht verschaffen, und es nach dem größern ajustiren.

Um die Friction in Rechnung zu bringen, kann man, ohne in verwickelten Calcül und in Hypothesen hineinzugehen, folgender Gestalt die Sache sich vorstellen.

Wofern die Friction eine beständige Kraft ist, so wird ihre Wirkung so sein, als ob im Schwerpunkt des Flugbrettes ein beständiger Druck vorhanden wäre, welcher der Bewegung entgegenstrebte. Dieser Druck wird einen beständigen Gegendruck verursachen, wodurch, weil alles Uebrige gleich bleibt, das Quadrat der wirklichen Geschwindigkeit des anstoßenden Windes um eine beständige Größe vermindert wird. Also ist das Quadrat der beobachteten Geschwindigkeit um eine beständige Größe von dem Quadrat der wahren verschieden, oder es sei $cc = vv + m$. Und weil nun für $c = 2{,}11$ Fuß, $v = 0$ ist, so wird $m = (2{,}11)^2 = 4{,}45$. Dies vorausgesetzt, ergiebt sich folgende Corrections-Tafel.

Beobachtete Geschwindigkeit des Flügels.	Verbesserungen wegen Friction.	Wahre Geschwindigkeit des Windes.
Fuß.		Fuß.
0	2,11	2,11
1	1,34	2,34
2	0,91	2,91
3	0,67	3,67
4	0,52	4,52
5	0,43	5,43
6	0,36	6,36
7	0,31	7,31
8	0,27	8,27
9	0,24	9,24
10	0,22	10,22
11	0,20	11,20
12	0,18	12,18
13	0,17	13,17
14	0,16	14,16
15	0,14	15,14

Für Winde, die eine größere Geschwindigkeit haben, als 15 Fuß in einer Secunde, darf man also keine Correction anbringen, weil sie unerheblich wird. — Ob nun diese Correction vollkommen richtig sei, das ließe sich auch wohl durch Versuche prüfen. Aber dergleichen Versuche müssen äußerst genau sein, und erfordern viele Zeit, welche meine übrigen Geschäfte bisher nicht erlaubt haben. So viel, denke ich, könne man a priori schließen, daß sie auf allen Fall nicht so beträchtlich von der Wahrheit entfernt sein könne, daß eine große Mühe, sie schärfer zu suchen, belohnt würde.

Zusatz. Der Widerstand, welchen die Ruthen und Flügel in der Luft finden (§. 8), kömmt hier nicht ferner in Betracht, weil er schon in dem Anstoßwinkel α begriffen ist. Denn weil $c \tan (\alpha - \beta) = v$; so müßte für $c = v$; $\alpha = 45^\circ$ und $\beta = 0$ sein, wenn dieser Widerstand nicht vorhanden wäre. Es ist aber $\alpha = 48\frac{1}{2}{}^\circ$ und $\beta = 3\frac{1}{2}{}^\circ$. — Die Friction des Windmessers hingegen wird im Wasser wegen des großen Moments der Kraft ganz unmerkbar, daher kann von ihr in dem Ausdruck β nichts Erhebliches enthalten sein.

§. 15.

Um den Begriff von den Eigenschaften des hydrometrischen Flügels möglichst deutlich zu machen, will ich noch ein Täflein mittheilen, welches aus Versuchen mit zweien gleichzeitigen Anemometern berechnet ist. Es kann in solchen Fällen einigermaßen nützlich sein, wo man die Flügel des Anemometers nicht auf $48\frac{1}{2}$ Grad, sondern auf irgend einen andern Winkel $= \alpha$ gestellt hätte. Ich sage, es kann einigermaßen nützlich sein, weil ich es nicht für vollkommen zuverläßig ausgeben kann, wegen Unregelmäßigkeiten, die ich bei einigen Versuchen bemerkt habe, und welche entweder aus der ungleichförmigen Bewegung des Windes oder aus einigen Fehlern in der Stellung der Flügel (bei welcher man auf $\frac{1}{4}$ Grad weniger oder mehr wegen der Kürze der Flügel nicht gewiß sein kann) herrühren mögen, und welche ich nach der Analogie verbessert habe.

α Grade.	β Grade.
10 —	— 0
20 —	— 0
30 —	— 0
40 —	— $1\frac{1}{4}$
50 —	— $3\frac{1}{2}$
60 —	— 7
70 —	— 13
80 —	— 24
85 —	— 50
88 —	— 88

Die Flügel des einen Anemometers blieben unverändert auf $48\frac{1}{2}$ Grad, und an demselben observirte man die Geschwindigkeit des Windes $= c$.

Zu gleicher Zeit beobachtete man an dem andern, dessen Flügel nach und nach auf 10, 20, 30 ꝛc. Grade gestellt waren, derselben Flügel-Geschwindigkeit $= v$.

Weil nun $c = v \operatorname{Cot} (\alpha - \beta)$; so kennt man $\operatorname{Cot} (\alpha - \beta) = \frac{c}{v}$; also weiß man α und auch $\alpha - \beta$, folglich auch β. Die Tafel zeigt, was die Versuche nach dieser Rechnung ungefähr geben.

Für die ersten 30 Grade ist $\beta = 0$, folglich verhält sich das Anemometer bei diesem Winkel eben so, wie der mathematische Flügel thun würde: nämlich es ist $c = v \operatorname{Cot} \alpha$; und die

Ruthen müssen bei kleinen Winkeln, wo ihre Bewegung in Verhältniß des Windes nur langsam ist, gar keinen merklichen Widerstand in der Luft finden. Setzt man also die Flügel des Anemometers auf 30 Grad, so darf die beobachtete Geschwindigkeit der Flügel nur mit Cot 30°, das ist mit 1,732 multiplicirt werden, um die Geschwindigkeit des Windes zu erhalten.

Für größere Winkel nimmt β, das ist der Widerstand, immer zu, weil die Geschwindigkeit der Ruthen zunimmt. Stellte man die Flügel zum Beispiel auf 60 Grad, so hätte man $c = v \operatorname{Cot} (\alpha - \beta) = v \operatorname{Cot} (60 - 7)^{\circ} = v \operatorname{Cot} 53^{\circ}$; und man müßte die beobachtete Geschwindigkeit der Flügel mit 0,7535 multipliciren, um die Geschwindigkeit des Windes zu erhalten.

Bei ungefähr 88 Grad läuft das Anemometer gar nicht mehr um, es ist also $\beta = \alpha$ und $\operatorname{Cot} (\alpha - \beta) = \infty$; und hier unterscheidet sich der natürliche Flügel am meisten von dem mathematischen, welcher bei so großem Winkel am allergeschwindesten sich bewegen würde.

Man könnte also die Flügel des Anemometers auf jede beliebige Grade, die jedoch nicht über 85 sein müßten, stellen, aber man hätte dann jedesmal eine Multiplication nöthig, welche man erspart, wenn $\alpha = 48\frac{1}{2}^{\circ}$ oder $\operatorname{Cot} (\alpha - \beta)\ 45^{\circ} = 1$ ist.

α kleiner als 30 und größer als 60 Grade zu nehmen, ist auch deswegen nicht rathsam, weil das statische Moment, den Flügel zu drehen und Trägheit und Friction zu überwinden, bei kleinern und größern Winkeln zu sehr abnimmt.

Gebrauch des Strommessers.

§. 16.

Was nun noch den Strommesser betrifft, so ist derselbe von dem Windmesser darin verschieden, daß der Werth eines Umlaufskreises eben nicht von bestimmter Größe sein darf. Bei dem Windmesser erleichtert es die tägliche Observation, daß ein Umlauf genau 10 Fuß beträgt. Den Strommesser aber gebraucht man seltener, und die ihn brauchen, werden doch etwas rechnen müssen. Wollte man jedoch den Strommesser ohne Unterlaß brauchen, wie z. B. wenn man ihn statt des fehlerhaften Logs zur Navigation benutzte; so convenirte nicht jede Größe.

Insofern von dergleichen täglichen Gebrauch nun nicht die Rede ist, nehme ich an, daß die Größe des Umlaufs gleichgültig und der Durchmesser des Instruments nur nach der Größe des Stroms allenfalls zu reguliren sei. Für alle Ströme, die über 10 Fuß tief und breit sind, wird der Strommesser brauchbar sein, wie ich ihn §. 10 beschrieben habe, nämlich von ungefähr einem Fuß Durchmesser. Für kleinere Ströme, Höhlen und Mühlengerinne kann man Ruthen und Flügel um die Hälfte kleiner machen.

Ferner kommt bei dem Strommesser die Friction weniger in Betracht, als bei dem Windmesser. Dies zeigt sich folgender Gestalt. Das Gewicht ist 17 Loth, und verliert im Wasser ungefähr $\frac{1}{7}$, bleibt $17 \times \frac{6}{7}$. Hievon $\frac{1}{5}$, giebt die Friction $= 3$ Loth; der Halbmesser der Welle $= \frac{1}{10}$ Zoll; giebt das Moment derselben $= \frac{3}{10}$.

Die Flügelplatten sind 6 □Zoll, der senkrechte Stoß des Wassers auf 1 □Fuß ist 0,887 ℔ bei der Geschwindigkeit $= 1$ Fuß;

bei der Geschwindigkeit $= c$ ist derselbe also $= 28{,}38.\ cc$ Loth. Das ist auf 6 □Zoll $\frac{1}{24}.\ 28{,}38.\ cc$ Loth. Ich setze, daß die Flügel auf 45 Grad geneigt wären, so ist $\sin\alpha.\ \cos\alpha. = \frac{1}{2}$. Und weil endlich der Abstand des Schwerpunktes der Flügel von der Achse $= 6$ Zoll und die Zahl der Flügel $= 2$ ist; so hat man das ganze statische Moment des Stoßes, die Friction zu überwinden, $= \frac{1}{24}.\ \frac{1}{2}.\ 6.\ 2.\ 28{,}38.\ cc = 7{,}09\ cc$. Setzt man dieses dem Moment der Friction gleich; so hat man

$$cc = \frac{3}{10 \times 7{,}09} = \frac{1}{23{,}6} \text{ und } c = \sqrt{\frac{1}{23{,}6}} = 0{,}2 \text{ Fuß}$$

beinahe; und bei einer solchen Geschwindigkeit des Stroms wird das Instrument also nicht mehr umlaufen. Bei einer Geschwindigkeit von $\frac{3}{4}$ bis 1 Fuß in 1 Sec. wird die Friction schon nicht mehr merklich sein. Bei kleineren Geschwindigkeiten würde ich größere Flügel nehmen. Die Zahl der Ruthen und Flügel zu vermehren, hilft nicht sehr viel, weil beinahe im nämlichen Verhältnisse der Druck auf die Unterlage vermehrt, und überdem das Instrument zum Einpacken und Transport unbequem wird.

Hat man nun die zweckmäßige Größe des Instruments bestimmt, so fehlt noch die Stellung der Flügelplatten; und diese ist ziemlich gleichgültig, nur daß in Rücksicht auf die Friction der Anstoßwinkel weder zu klein noch zu groß werde. Man wird allemal wohl thun, sich in der Grenze von 30 bis 50 Graden zu beschränken. In großen Flüßen und Wasserleitungen würde ich den Winkel von 45 Graden wählen, weil er wenigstens am leichtesten auszuführen und nachzusehen ist. In den Wasserrinnen der Mühlen und Fabriken, die sehr schnell fließen, ist es zur Mäßigung der Winkelgeschwindigkeit oder zur Verminderung der Umläufe rathsamer, den Winkel kleiner, und etwa von 35 oder

30 Grad zu nehmen. Dabei versteht sich, daß man eben nicht scrupulös darüber sein dürfe, ob der Winkel genau auf die bestimmten Grade, z. B. auf 35, oder ob er auf ein oder zwei Grad weniger oder mehr gesetzt sei, denn das ist bei dem Strommesser gleichgültig. Nur darauf ist sorgfältig zu achten, daß beide Flügel auf einerlei Grade, und nicht z. B. der eine auf 35 und der andere auf 36 Grad gestellet sei, als worüber man dem Mechanicus nicht allemal ganz vertrauen, sondern selbst nachsehen muß.

§. 17.

Wenn das Instrument fertig und die Stellung der Flügel geschehen ist, so ist, um damit die Geschwindigkeit des Stroms zu beobachten, weiter nichts mehr nöthig, als den Werth eines Umlaufs, oder das Verhältniß zwischen der Geschwindigkeit des Stroms und der Winkel-Geschwindigkeit der Flügel in Erfahrung zu bringen: das ist, zu untersuchen, wie viel der Strom vorwärts gehe, unterdessen die Flügel einmal umlaufen. Und dabei verfahre man nun auf die §. 12 beschriebene Art. Man befestige nämlich das Instrument an einen hölzernen Stab, setze das Stirnrad auf Null, bringe es durch Anziehung der Schnur mit der Schraube an der Achse in Verbindung, und führe das Instrument 200 Fuß lang in grader Linie unter der Oberfläche eines stillen Wassers fort; am Ende der Distanz hebe man es über das Wasser hervor und zähle die Umläufe. Wenn das gerührte Wasser wieder still geworden, wiederhole man das Verfahren zum zweiten- und drittenmal, und nehme aus allen dreien, wofern sie etwas verschieden sind, das Mittel. Mehr als einen halben oder ganzen Umlauf wird die Verschiedenheit nicht betragen; und diese kann daher rühren, daß ein Zahn genau auf den Index fällt, und entweder darauf stehen bleibt, oder auch um eins vor- oder rückwärts rückt. Es sei also die Zahl der Umläufe das erstemal $n + \frac{1}{2}$; das zweitemal n; und das drittemal $n + 1$; so ist das Mittel $= \frac{3\,n + 1\frac{1}{2}}{3} = n + \frac{1}{2}$. Und der Werth eines Umlaufs ist $= \frac{200}{n + \frac{1}{2}}$.

Wenn man nun mit diesem Strommesser hierauf im wirklichen Strom beobachtet, und in einer Zeit $= t$ die Zahl der Umläufe $= m$ findet, so ist $\frac{m}{t}$ die Winkel-Geschwindigkeit des Instruments; und $\frac{m}{t} \cdot \frac{200}{n + \frac{1}{2}}$ Fuß die wirkliche Geschwindigkeit des Stroms.

Zusatz. Exempel in Zahlen. Es sei $n = 70$, oder die Mittelzahl der Umläufe auf 200 Fuß $= 70\frac{1}{2}$; so ist ein Umlauf $= \frac{200}{70\frac{1}{2}} = 2{,}826$ Fuß. Die Beobachtungs-Zeit im Strom sei $\frac{1}{2}$ Minute; also $t = 30$ Secunden, und die gefundenen Umläufe $m = 75$; so ist die Geschwindigkeit des Stroms $= \frac{75}{30}$ $2{,}836 = 75 \times 0{,}0945 = 7{,}087$ Fuß. Findet man in derselben Beobachtungs-Zeit mit demselben Instrument in einem andern Strom 60 oder 90 Umläufe, so ist die Strom-Geschwindigkeit $60 \times 0{,}0945$, oder $90 \times 0{,}0945$ Fuß.

Ueber einige Erinnerungen der Herren Brünings und Gerstner.

§. 18.

Jetzt muß ich noch ein Paar Erinnerungen vom Herrn Brünings, General-Inspector der Flüße in Holland und Westfrießland ꝛc., über den Strommesser anführen. Dieser einsichtsvolle Mann, der sich mit Strom-Messungen und den dazu dienlichen Instrumenten vielfältig beschäftigt hat (siehe dessen Preis-Abhandlung: **Over de Snelheid van stromend Water**), äußert in einer Correspondenz, die ich mit ihm über diese und andere hydraulische Materien zu unterhalten die Ehre hatte, in Betreff des Strommessers folgende Bedenklichkeiten:

1. „In der Stellung, die ein Mensch haben müsse, das „Instrument in stillem Wasser fortzuführen, könne man sich „schwerlich vorstellen, daß derselbe Mensch einen einförmigen „Gang halten könne. — Vielleicht werde eine Vorrichtung, „wie Manfredi zur Prüfung des hydrometrischen Pendels „gebraucht habe, zweckdienlicher sein.“

Ohne Zweifel meint Herr Brünings diejenige Methode, deren Eust. Manfredi in seinen Annotationen (siehe Florentini **Racolta Tom. II. p. 395**) erwähnt, und welche darin besteht, daß ein Metalldrath oder irgend eine feste Linie längs dem stillen Wasser über dessen Oberfläche straff ausgespannt, und daran das Instrument gehängt und fortgeführt wird. Ich leugne nicht, daß diese Zurüstung im gegenwärtigen Fall wohl brauchbar sein könne; sie ist mir aber nicht beigefallen, und mein simples Verfahren dünkt mich auch der Sache Genüge zu thun. Denn es ist zu merken, daß dadurch, weil der Mensch vielleicht bald ein wenig geschwinder, bald wieder langsamer geht (welches die natürlichen Ströme auch zu thun pflegen), der Richtigkeit nichts abgehen kann; nur plötzliche Stöße und Verdrehung des Instruments müssen vermieden werden, worin ein sonst geübter Mensch bald genugsame Fertigkeit erhält.

2. „Der Durchmesser des Instruments sei 13 Zoll, und „in der Peripherie dieses Kreises werde die Geschwindigkeit „gemessen: aber die Erfahrung habe gezeigt, daß nicht alle„mal eine so große Stromschichte einerlei Geschwindigkeit „habe. Wo der Punkt des Stroms zu bestimmen sei, dem „die beobachtete Geschwindigkeit zugehöre?“

In der größern Abhandlung habe ich ausdrücklich erinnert, daß für kleinere Ströme und Mühlengerinne der Durchmesser des Instruments bis auf ½ Fuß kleiner zu nehmen sei; und dann ist das Instrument geschickt, die Geschwindigkeit eines zirkelrunden Streifen im Strom von ½ Fuß Durchmesser zu beobachten, welches, da von springenden Strahlen, deren Geschwindigkeit leicht aus andern Gründen gefunden wird, hier die Rede nicht sein kann, zur Messung aller strömenden Gewässer hinlänglich genau sein wird. Selbst des Herrn **Brünings** Strommesser hat einen eben so großen Umfang, und bei demselben, wie bei dem **Schoberschen** und jedem andern, muß nothwendig die Voraussetzung angenommen werden, daß der zu beobachtende Streifen des Stroms, welcher das Instrument trifft, in allen seinen Theilen parallele Richtung, und dem **Querprofile** nach eine gleiche Geschwindigkeit habe. (Gleiche Geschwindigkeit in allen Theilen der **Länge nach** ist wenigstens zu dem **Schoberschen** Instrumente nicht nöthig, und findet auch selten in natürlichen Strömen statt.) Also gehört die beobachtete Geschwindigkeit, nicht etwa einem einzigen Punkt, sondern dem ganzen Queerprofil des beobachteten Streifen, oder jedem Punkt desselben. Wenn man aber zur Formirung einer Geschwindigkeitsscale die observirte Geschwindigkeit, als zu einem einzigen Punkt gehörig, rechnet, so ist es gewöhnlich und natürlich, für diesen Punkt den Mittelpunkt des Profils, der mit dem Mittelpunkt des Instruments einerlei ist, anzunehmen.

3. In Betreff der Theorie macht Herr Brünings noch die wohlgegründete Bemerkung, daß der Widerstand des Flügels nicht vollkommen genau berechnet, sondern, um die wirkliche Geschwindigkeit aus der beobachteten zu erhalten, noch eine Addition vorzunehmen sey, welches ich denn in gegenwärtiger neuen Auflage, meiner Meinung nach, hinlänglich verbessert habe, womit ich hoffe, daß dies Instrument den Beifall dieses gelehrten und erfahrnen Mannes erhalten werde.

§. 19.

Endlich muß ich hier noch der trefflichen Erinnerungen des Herrn Prof. Gerstner über die Theorie des hydrometrischen Flügels gedenken, deren gütige Mittheilung ich meinem gelehrten Freunde, dem Königl. Böhmischen Cameral-Baudirector, Herrn Abt Gruber, verdanke. Herrn Gerstner's Promemoria an Herrn Gruber lautet wörtlich so:

„Bei Durchlesung der Theorie des hydrometrischen Flügels von Herrn Woltman bleibt mir der Wunsch übrig, „daß der Verfasser dieser lesenswerthen Schrift noch auf die „Berechnung der Reibung gedacht haben mögte. Dieser Umstand macht zwar bei großen Geschwindigkeiten in einem „dichten Mittel keine merkliche Aenderung; er ist aber um so „wichtiger bei kleinen Geschwindigkeiten und in einem dün-

„nern Mittel. — Der hydrometrische Flügel steht offenbar
„erstens so lange stille, bis die Geschwindigkeit des Mittels
„so groß wird, daß sie die Reibung zu überwältigen im
„Stande ist, und auch zweitens behält die Reibung nachher
„noch immer einen Einfluß, der nur bei sehr großer Bewe-
„gung unmerklich wird.

„Es sei die Geschwindigkeit des Fluidums, welche zur
„Ueberwältigung der Reibung nöthig ist (wobei nämlich der
„hydrometrische Flügel sich zu bewegen erst anfängt) $= K$,
„die Entfernung des Schwerpunktes des hydrometrischen
„Flügels von der Umdrehungs-Achse $\left(\text{oder } \frac{a + b}{2}\right) = A$;
„die halbe Breite des Flügels $\left(\text{oder } \frac{a - b}{2}\right) = B$. Der
„Stoß der Flüßigkeit auf den Flügel sei der m^{ten} Potenz der
„relativen Geschwindigkeit proportional, so giebt mir die
„Rechnung $\frac{c \text{ tang } \alpha}{\gamma} = A + \frac{A}{m + 2}\left(\frac{B}{A}\right)^2 + A$
„$\frac{k\,k}{c\;c}\left(\frac{A}{B}\right)^{m - 1} = Z$. Die Bedeutung der übrigen
„Buchstaben ist so, wie sie in Herrn Woltman's Aufsatz
„angenommen worden.

„Es ist kaum nöthig zu erinnern, daß diese Gleichung
„nur statt finde, wenn $c > k$ oder $c = k$ ist, wie es
„allemal der Fall ist, wenn die Reibung bei einer Maschine
„in Rechnung genommen wird.

„Wird die Reibung nicht in Rechnung gebracht, so ist
„$k = 0$. Setzen wir noch überdem $m = 2$, so stimmt
„diese Formel mit S. 20, C. VI und V bis auf Kleinig-
„keiten und für $m = 1$ stimmt sie mit C. VIII genau
„überein.

„Das letzte Glied $A \frac{kk}{cc} \left(\frac{A}{B}\right)^{m-1}$ zeigt, daß die „Reibung um so bedenklicher wird, je kleiner **B**, oder je „schmäler der hydrometrische Flügel ist, denn in diesem „Falle ist der Stoß der Flüßigkeit auf den schmalen „Flügel klein und setzt der Reibung nur eine kleine Kraft „entgegen.

„Zum Glücke geben aber die Erfahrungen m beinahe $= 1$, „und dann ist $\frac{c \tan \alpha}{\gamma} = A + \frac{B^2}{3A} + \frac{Akk}{cc} = Z$, „wo die Reibung von der Breite des Flügels nicht abhängt. „Hieraus ergiebt sich für kleine Geschwindigkeiten, wo $k = c$ „ist, $2A + \frac{B^2}{3A} = Z$. Folglich ist in diesem Fall der „Abstand Z noch einmal so groß, als er ohne Berechnung „der Reibung gefunden würde.

„Die Reibung kann zwar durch die Geschicklichkeit des „Künstlers vermindert, aber nie ganz gehoben werden, und „deswegen ist es nöthig, die Geschwindigkeit **k** allemal vor„her durch Erfahrung zu bestimmen. Daß selbst bei dem„jenigen Hydrotachometer, dessen sich Herr Woltman be„diente, nicht $k = 0$ gewesen, ist daraus offenbar, weil „die Geschwindigkeiten des Flügels und des Wassers nicht „bei $\alpha = 45^{\circ}$, sondern erst bei $\alpha = 48\frac{1}{2}^{\circ}$ gleich ge„funden worden.

„Es ist auch von selbst offenbar, daß die Geschwindigkeit „k, welche die Reibung zu überwältigen im Stande ist, „in einem dünnen Mittel größer, in einem dichtern aber „kleiner sein müsse. Daher ist es nicht erlaubt, den Wind„messer durch eine Bewegung im Wasser zu adjustiren, son„dern dies muß in der Luft selbst geschehen.

„Ich überlasse es dem Herrn Woltman, Versuche hier-
„über (nämlich über die Bestimmung der Geschwindigkeit k)
„anzustellen, seine Resultate diesem Umstande gemäß zu ver-
„bessern, und sein Instrument dadurch zum vollkommensten
„in seiner Art zu machen.

„Vorzüglich empfehle ich die Untersuchung der Geschwin-
„digkeit des Wassers in verschiedenen Tiefen; wünsche aber,
„daß hiezu in solchen Fällen, wo sich die Geschwindigkeit
„des Wassers, wie bei der Elbe, immerfort abändert,
„wenigstens mit drei Strommessern zu gleicher Zeit be-
„obachtet, d. i. einer nahe am Boden, der andere nahe an
„der Oberfläche und der dritte auf eine veränderliche Tiefe
„gestellt werde.

„Ueber die Methode und das Instrument, womit die
„Versuche S. 54 und 55 (der größeren Abhandlung) ge-
„macht wurden, wünsche ich endlich, umständlichere Nachricht
„zu erhalten.

„Dies ist es, was ich Herrn Woltman mit Danksagung
„für seine gütige Erinnerung unter gegenseitiger Empfehlung
„mitzutheilen ersuche.

„Prag, den 24. März 1792.

„Gerstner."

Der Zweck der gegenwärtigen Auflage und die dazu be-
stimmte Zeit und Raum verstatten es nicht, des Herrn Gerstner
Methode zur Berechnung der Friction umständlich zu folgen; ich
hoffe, es werde hier genügen, Folgendes anzuführen.

Nachdem ich §§. 14 — 16 Friction und Widerstand in
Rechnung gebracht habe, so ist vor allen Dingen noch dem Ein-
wurf des Herrn Gerstner zu begegnen: daß es nicht verstattet

sei, den Windmesser im stillen Wasser zu adjustiren, welches geradezu dem widerspricht, was ich oben §. 12 behauptet habe. Dieser anscheinende Widerspruch rührt daher, daß der Herr Professor Gerstner das Wort Reiben in einer ausgedehnteren Bedeutung nimmt, und darunter den gesammten Widerstand des Instruments in seiner Bewegung versteht. Es ist aber dieser Widerstand zweifacher Art: erstens derjenige, welcher von der Trägheit der flüßigen Masse, oder welches einerlei ist, von dem steten Widerstand derselben gegen die sich bewegenden Ruthen und Flugbretter herrührt; zweitens derjenige, welcher von dem Druck der bewegten Theile des Instruments gegen die unbeweglichen herrührt. Jener heiße eigentlicher Widerstand, dieser eigentliche Friction; so ist der eigentliche Widerstand der flüßigen Masse Dichtigkeit proportional, und eben derselben ist auch jedesmal die Kraft, ihn zu überwinden, proportional. In Rücksicht auf diesen wird also ein Instrument, was im Wasser richtig geht, auch in Luft und Quecksilber richtig sein, und bei einerlei Geschwindigkeit der flüßigen Masse allemal einerlei Umläufe machen, wie verschieden übrigens die Dichtigkeit auch sein mag. Die eigentliche Friction aber (insofern sie nicht durch die specifische Schwere des Fluidums etwas vermindert wird), ist eine constante Größe, hingegen die Kraft, sie zu überwinden, bei verschiedenen Dichtigkeiten verschieden. Also ist für diese des Herrn Gerstner's Anmerkung vollkommen gegründet. Aber es ist zu bemerken, daß die Friction bei dem Windmesser, wenn derselbe im Wasser bewegt wird, unendlich klein oder = 0 ist; und zwar nicht nur deswegen, weil die Ruthen lang, die Flügel groß sind, und daher das Moment der Friction relativ sehr klein wird, sondern auch, weil die hölzernen Flügel wegen ihrer specifischen Leichtigkeit im Wasser den Druck der Achse auf die Unterlage ganz zernichten, wodurch denn die Friction auch positiv äußerst geringe wird. Nur in der Luft kömmt daher die Friction in Betracht, und kann, wie im Vorigen gedacht worden, in Rechnung gebracht werden.

Uebrigens ist das Urtheil eines Gerstner mir zu wichtig und für die Aufnahme dieser Werkzeuge zu beförderlich, als daß ich über die öffentliche Bekanntmachung desselben nicht seine Entschuldigung hoffen dürfte. Für diese, wie für jede anderweitige Prüfung meiner Rechnungen, werde ich demselben meine Verbindlichkeit dankbarlichst zu bekennen nicht unterlassen.

Cuxhaven, 1792.

R. Woltman.

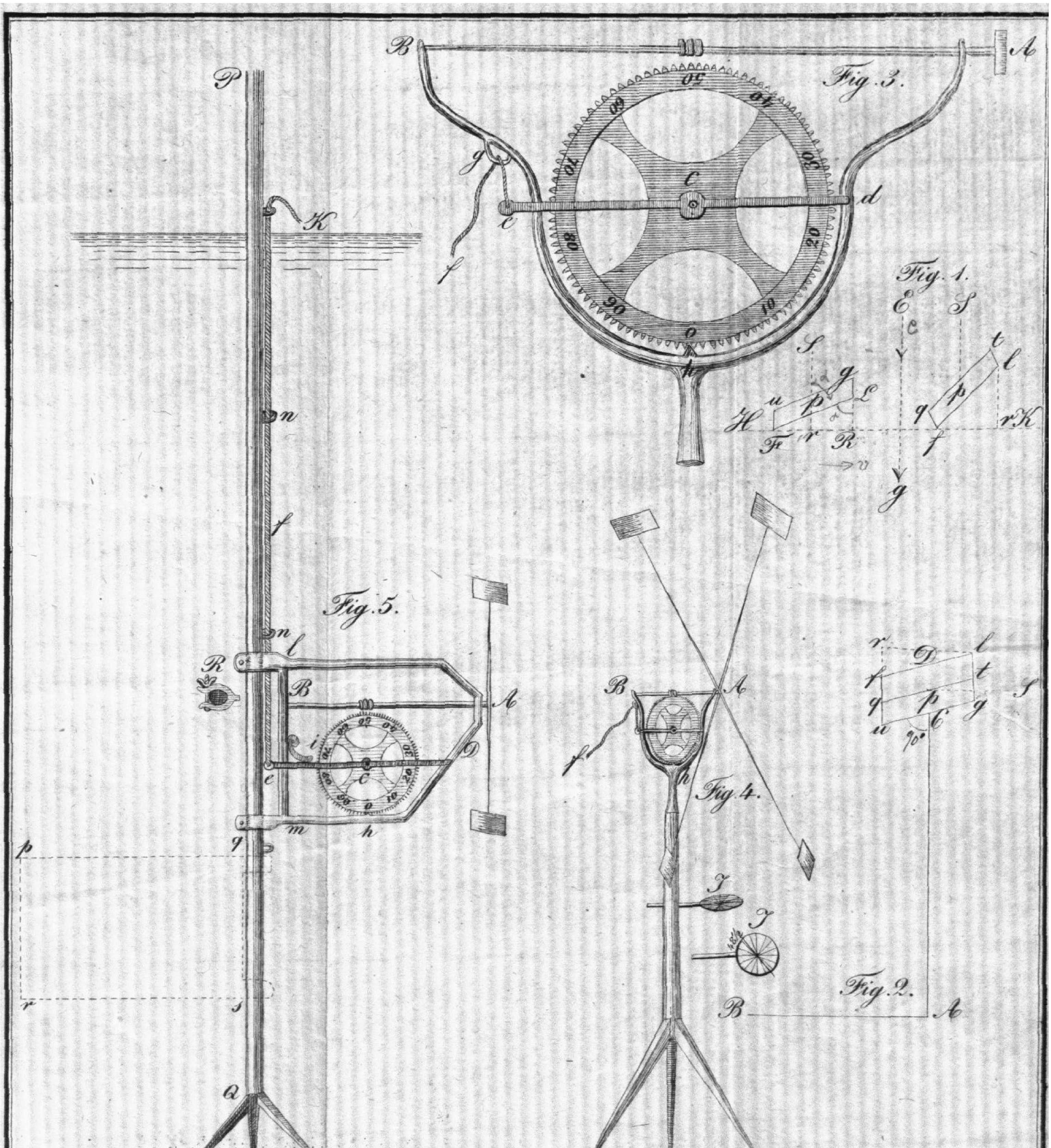
Fig. 3.
Fig. 1.
Fig. 5.
Fig. 4.
Fig. 2.