Reinhard Woltman zum 150. Todestag

Autor(en): **Vischer, Daniel**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria**

Band (Jahr): **79 (1987)**

Heft 3-4

PDF erstellt am: **04.06.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-940631

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Reinhard Woltman zum 150. Todestag

von Daniel Vischer

Reinhard Woltman (Bild 1) ist 1757 in Axstedt bei Hannover geboren und am 20. April 1837 in Hamburg gestorben. Über sein Leben scheint heute nicht viel mehr bekannt zu sein, als dass es ganz im Dienste des Wasserbaus stand. Sein erstes Buch veröffentlichte Woltman 1790 als «Conducteur beim Wasserbauwesen zu Ritzebüttel» und widmete es der «Hamburgischen Gesellschaft zur Beförderung der Künste und nützlichen Gewerbe». Es ist 60 Seiten stark und trägt den Titel «Theorie und Gebrauch des Hydrometrischen Flügels, oder eine zuverlässige Methode die Geschwindigkeit der Winde und strömenden Gewässer zu beobachten». Schon im Widmungstext wird klar, wo Woltman den Anwendungsbereich seiner Methode sah. Er, der auch Mitglied der «Hamburgischen mathematischen Gesellschaft» war, schreibt dort: «Der Mathematiker, welcher über die Vollkommenheit einer hydraulischen Maschine richtig urteilen, und ihren Effect mit dem von einer andern vergleichen will, muss die Geschwindigkeit der Ströme des Wassers, oder der Luft, welche die Maschinen treiben, in Erfahrung bringen können, und hierzu bedarf er eines hydrometrischen Werkzeuges, wie ich die Ehre habe ... hier vorstellig zu machen.» Von ähnlich klarer Sprache und Zielstrebigkeit zeugen auch die weitern Abschnitte des Buches, das schliesslich Woltmans Ruhm begründete und seinem Messflügel die bis heute geläufige Bezeichnung «Woltmanflügel» eintrug.

Von besonderem Interesse sind die Ausführungen Woltmans über die ihm damals bekannten andern Wind- und Strommesser. In bezug auf die Strommesser erwähnt er beispielsweise die Methoden von *Castelli* (1577–1644), *Cabeo* (1585–1650), *Guglielmini* (1655–1710), *Leupold* (1674–1724), *Poleni* (1683–1761), *Pitot* (1695–1771) und *Ximenes* (1716–1786). Er unterteilt die entsprechenden Geräte zunächst in solche, die nur die Erfassung von Oberflächengeschwindigkeiten gestatten, und solche, die eine Messung in jeder beliebigen Wassertiefe erlauben, um dann folgende wichtige Klassierung vorzunehmen: «Alle ... Wind- und Strommesser kann man in zwei Arten abteilen, als solche, die unmittelbar die Geschwindigkeit der strömenden Masse, oder solche, die nur den Druck derselben auf das Instrument angeben, aus welchem die Geschwindigkeit demnächst berechnet werden muss. Zum Unterschiede könnten die ersten Hydrotachometer, oder eigentliche Strommesser, und die letzteren Hydrodynamometer, oder Stossmesser, heissen.» In einer anschliessenden Würdigung bezeichnet Woltman die Hydrodynamometer – also etwa den Schwimmstab von *Cabeo,* die Stromwaage von *Leupold,* die *Pitot*sche Röhre, das Strompendel oder den Stromquadranten, die Wasserfahne von *Ximenes* usw. – als unzulänglich, wenn nicht gar als unbrauchbar, hauptsächlich, weil sich der Zusammenhang zwischen dem Strömungsdruck auf einen Stab, eine Platte, eine Kugel, ein Staurohr usw. und der Strömungsgeschwindigkeit nicht errechnen lasse. Er hatte damit natürlich recht; selbst heute vermögen wir diesen Zusammenhang nicht ohne Einführung einer empirisch bestimmten Widerstandszahl zu beschreiben. Zur Zeit von Woltman wusste man jedoch nicht einmal, ob der Strömungsdruck linear oder quadratisch von der Strömungsgeschwindigkeit abhänge, und rätselte zudem darüber, ob er mit dem Ruhedruck und folglich mit der Wassertiefe zunehme.

Demgegenüber beurteilte Woltman die Hydrotachometer in der Form des *Leupold*schen Wasserrades, des *Wolf*schen Windrades und insbesondere seines eigenen Strömungsmessers (Bild 2) als geeignetere, weil berechenbarere und ausserdem handlichere Geräte. Er erkannte, dass diese zwar auch einem Strömungsdruck ausgesetzt werden, diesem aber, wenn sie entsprechend ausgebildet und gut gelagert sind, fast widerstandslos nachgeben. Das veranlasste ihn bei seinen theoretischen Betrachtungen den Strömungsdruck auf die Messflügel überhaupt zu vernachlässigen. Man kann seinen Überlegungen folgen, wenn man sich die Form der von ihm verwendeten Flügel vergegenwärtigt (Bild 2). Es handelt sich um dünne Metallplättchen, die schief zur Strömung stehen und deren Abmessungen im Verhältnis zur Länge der sie tragenden, dünnen Speichen klein sind. Trifft nun ein Wasserstrom auf eines dieser Plättchen, so ändert er nach Woltman weder seine Richtung noch seine Geschwindigkeit, weil das Plättchen widerstands- und damit verzugslos seitlich ausweicht. Dies führt formelmässig auf den Zusammenhang

$$v = \frac{u}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{2 \pi r}{\operatorname{tg} \alpha} \cdot n \qquad (1)$$

mit

- v Strömungsgeschwindigkeit
- u Ausweichgeschwindigkeit des Plättchens bzw. Umlaufgeschwindigkeit desselben um die Drehachse
- α Winkel zwischen der Strömung und dem Plättchen (Anstellwinkel)
- r Abstand des Plättchens von der Drehachse
- n Drehzahl

Daraus ergibt sich zwangsläufig eine lineare Beziehung zwischen der Drehzahl und der Strömungsgeschwindigkeit

$$v = C n, \qquad (2)$$

wobei C als Gerätekonstante aufgefasst werden kann.

Mit einigen weiteren Überlegungen suchte Woltman dann die Konsequenzen der von ihm eingeführten vereinfachenden Annahmen abzuschätzen, ohne dabei aber auf einen andern Zusammenhang als den oben beschriebenen zu kommen. Er empfahl grundsätzlich, für den Winkel α 45° (oder unter Berücksichtigung der Reibungswiderstände etwas mehr) zu wählen, damit die Umlaufgeschwindigkeit der Flügel etwa der Strömungsgeschwindigkeit entspreche. Die Anordnung von zwei gegenüberliegenden Plättchen begründete er damit, dass die Stömungsmessung dann von kleineren Abweichungen, wie sie zwischen der Strömungsrichtung und der Flügelachse manchmal auftreten können, unabhängiger werde.

Bei der Konstruktion des Strömungsmessers hielt sich Woltman an einen Windmesser, den *Schober* um 1750 in Hamburg entwickelt hatte. Dementsprechend bezeichnete Woltman sich selber keineswegs als den Erfinder dieses Gerätes. Sein Verdienst lag aber darin, dass er den Windmesser in einen brauchbaren Strömungsmesser umwandelte. Schober bediente sich nämlich für die Zählung der Umdrehungen einer Schnecke, die in ein Zahnrad eingriff und über dieses bei jeder sechsten oder zwölften Umdrehung ein Glöcklein erklingen liess. Ein solches akustisches Signal konnte im Wasser natürlich nicht ohne weiteres verwendet werden, weshalb Woltman das Zahnrad gleichsam in eine Messscheibe umwandelte, die nur während einer gewissen Zeit von der Schnecke angetrieben wurde. Diese Zeit liess sich vom Beobachter durch einen Schnurzug (Bild 2) vorgeben und mittels Sanduhr oder Sekundenpendel messen.

Für den Einsatz in einem Gewässer wurde der Strömungsmesser von Woltman an einer Stange befestigt und in die Strömung gestellt. Dann wurde das Zählwerk mit dem be-

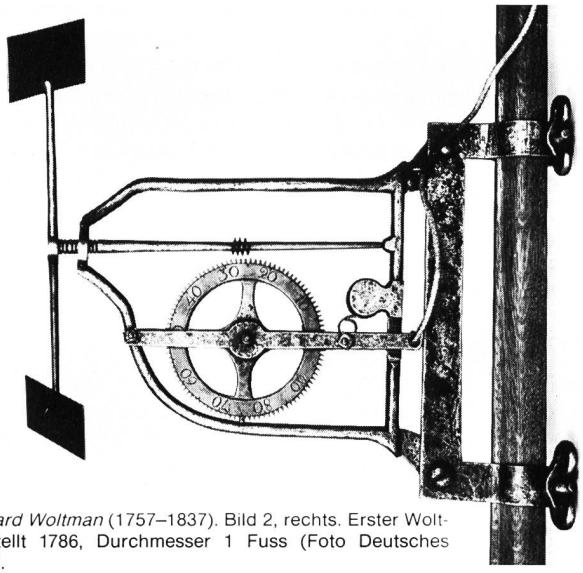


Bild 1, links. *Reinhard Woltman* (1757–1837). Bild 2, rechts. Erster Woltmanflügel, hergestellt 1786, Durchmesser 1 Fuss (Foto Deutsches Museum München).

schriebenen Schnurzug eingeschaltet und nach ein paar Minuten wieder ausgeschaltet. Für die Ablesung des Zählwerks beziehungsweise der Messscheibe musste die Stange samt dem Messgerät wieder aus dem Wasser gehoben werden, was zwar umständlich, aber eben unumgänglich war. Dieser Nachteil konnte erst sehr viel später ausgemerzt werden, nämlich etwa um 1870, als die Schweizer *Harlacher* und *Amsler-Laffon* nebst andern das elektrische Zählwerk einführten, indem sie praktisch das seinerzeit von *Schober* vorgesehene Glockenzeichen durch einen elektrischen Impuls ersetzten. In der gleichen Zeit wurde dem Woltmanflügel auch die heutige hydrodynamisch günstigere Form eines Propellers verliehen. Ferner setzte sich die Erkenntnis durch, dass die Strömungsgeschwindigkeit der Beziehung

$$V = A + Bn \qquad (3)$$

gehorcht und damit zwei Gerätekonstanten A und B enthält.

Doch zurück zum Woltmanschen Strömungsmesser beziehungsweise zum Woltmanflügel! Trotz seinen theoretischen Abhandlungen musste Woltman sein Gerät eichen, indem er dieses über eine genau abgemessene Länge durch völlig ruhendes Wasser führte. Seiner Beschreibung entsprechend ging er jeweils neben einem 100 Fuss langen Kanal einher, hielt den Strömungsmesser ins Wasser und zählte dessen Umdrehungen. Da er ja den Zusammenhang gemäss Formel 2 voraussetzte, brauchte er sich nicht um seine Gehgeschwindigkeit zu kümmern. Integriert man nämlich diese Formel über die Gehzeit, so ergibt sich

$$S = CN \qquad (4)$$

mit

S Messstrecke

N Zahl der Umdrehungen längs der Messstrecke

Die Zahl der Umdrehungen musste also für jede beliebige Gehgeschwindigkeit gleich gross ausfallen.

Es ist beeindruckend zu lesen, wie Woltman seine Eichmessungen auch dazu benutzte, um sein Gerät zu optimieren. Er machte Versuche mit der Plättchengrösse, mit dem Anstellwinkel, mit der Speichenlänge, mit Abweichungen der Drehachse von der Strömungsrichtung usw. bis er die endgültige Geräteform festlegte. Trotzdem entschuldigt er sich für diese Wahl mit folgenden Worten: «Man erachtet leicht, dass hierin viel Willkürliches sei; dass man das Instrument gross oder klein, die Einfassung rund, viereckig, von Holz, Eisen usw. machen könne ... Die vorhergehende Theorie und ein dreijähriger täglicher Gebrauch dieses Werkzeugs werden mich hoffentlich darüber entschuldigen, dass ich weiter keine Rechenschaft darüber gebe, warum alles auf diese und nicht auf tausend andere mögliche Weise ist eingerichtet worden.»

Woltman setzte sein Gerät in verschiedenen Gerinnen ein, vor allem aber auch, um die Geschwindigkeitsverteilung in Flüssen zu bestimmen und daraus, unter Anwendung der Trapezregel, die mittlere Geschwindigkeit im Messprofil zu berechnen. Aufgrund einer Vielzahl von erhobenen Geschwindigkeitsverteilungen schloss er, dass die Geschwindigkeit eines Flusses mit der Wassertiefe gemäss einer Parabel abnehme. Ausdrücklich widersprach er damit älteren Theorien, die eine Zunahme der Geschwindigkeit mit der Tiefe postulierten oder ein Gleichbleiben.

Seine theoretischen und experimentellen Untersuchungen über Strömungsprobleme veranlassten Woltman schliesslich zu einem sehr wirklichkeitsnahen Vorschlag für die Erfassung der Reibung in Kanälen und Rohren. Er veröffentlichte diesen in seinem 1799 herausgegebenen, vierbändigen Hauptwerk «Beiträge zur hydraulischen Architektur», das er 1802 noch durch ein Buch «Beiträge zur Baukunst schiffbarer Kanäle» ergänzte. Diese und andere Veröffentlichungen zeigen, dass Woltman nicht nur ein bahnbrechender Hydrograph war, sondern auch ein ausgezeichneter und vielseitiger Wasserbauer.

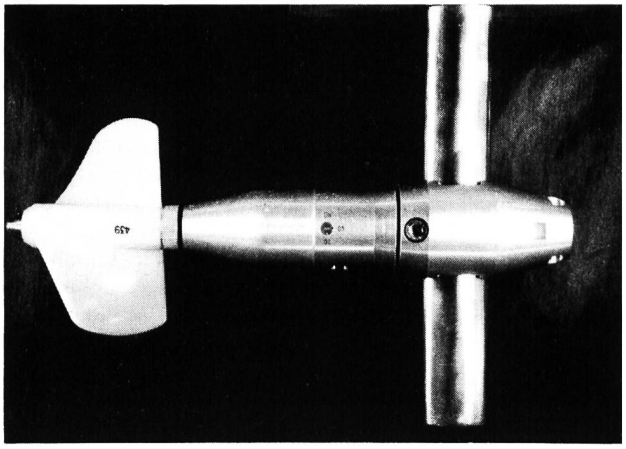


Bild 3. Moderner Messflügel (Foto Landeshydrologie).

Für die Schweiz ist von Bedeutung, dass der Woltmanflügel dort erstmals im Jahre 1807 für die Vorarbeiten zur Linthkorrektion eingesetzt wurde, und zwar vom badischen Rheinwuhrinspektor *Tulla.* Dieser hatte den Woltmanflügel 1794 bei Woltman in Ritzebüttel gesehen und davon Zeichnungen erstellt, die es ihm ermöglichten, das Gerät 1801 in Karlsruhe nachbauen zu lassen.

Literatur

Woltman, R.: Theorie und Gebrauch des Hydrometrischen Flügels oder eine zuverlässige Methode die Geschwindigkeit der Winde und strömenden Gewässer zu beobachten (Hoffmann), Hamburg, 1790

Eidgenössisches Hydrometrisches Bureau: Die Entwicklung der Hydrometrie in der Schweiz (Eidgenössisches Departement des Innern), Bern, 1907

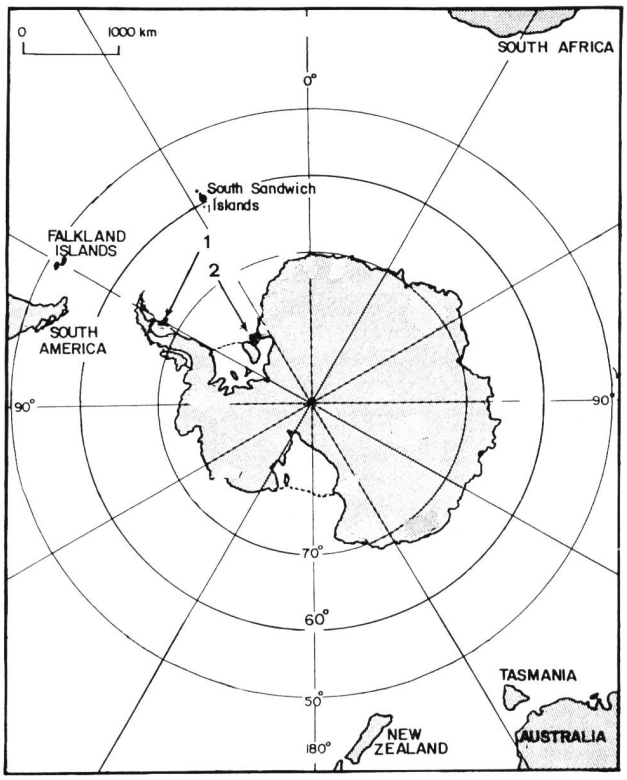
Lanser, O.: Zur Geschichte des hydrometrischen Messwesens, in «Sechzig Jahre hydrographischer Dienst in Österreich» (Springer) Wien, 1953

Rouse, H. und *Ince, S.:* History of Hydraulics (Iowa Institute of Hydraulic Research) Iowa, 1957

Zier, H. G.: Johann Gottfried Tulla, ein Lebensbild. Badische Heimat, 50. Jg., H. 4, Freiburg, 1970

Adresse des Verfassers: *Daniel Vischer,* Prof.. Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie, ETH-Zentrum, CH-8092 Zürich.

Abbruch riesiger Eisfelder vom antarktischen Schelfeis



Übersichtskarte über die Antarktis. 1 Abbrüche im Larsen-Eisschelf; 2 Abbrüche im Filchner-Eisschelf.

Abbrüche riesiger Eisschollen von der Kante des antarktischen Schelfeises halten Polarforscher in Atem. Während die mit der Erforschung des Eises und der Eismassenbilanz der Pole beschäftigten Glaziologen sich wissenschaftliche Erkenntnisse über den Massenhaushalt des antarktischen Eises und die Wechselbeziehungen zum Südpolarmeer erhoffen, beobachten die Logistikexperten der Forschungsstationen und die Polarforscher auf See die Ereignisse mit Skepsis.

Was ist geschehen?

Zwischen Januar und März 1986 haben sich zwei Eistafeln von etwa 2200 km² und 10000 km² vom Larsen-Schelfeis der antarktischen Halbinsel abgelöst (Karte). Sie treiben als schwimmende Inseln langsam Richtung Norden in den südlichen Atlantik, wo sie allmählich abschmelzen.

Dramatischer ist ein im Juni 1986 eingetretener Eisabbruch am südlicher gelegenen Filchner-Schelfeis. Drei grössere Eistafeln von insgesamt etwa 20000 km² haben sich hier abgelöst. Wegen der Mächtigkeit dieser Eiskörper, die 200 bis 300 m beträgt, und der dort geringen Meerestiefe können diese Schollen das antarktische Weddell-Meer vorerst nicht freischwimmend verlassen. Es ist zu erwarten, dass sie zunächst auf Grund laufen und wie riesige Inseln liegen bleiben.

Obgleich keine unmittelbare Gefahr für die in der Antarktis arbeitenden Wissenschaftler und Techniker oder für die weitere Durchführung der Polarforschung besteht, hat sich doch die Situation für einige Stationen und Unternehmungen grundlegend geändert. So haben die sowjetische Sommerstation Druzhnaya und die alte amerikanische Station Elsworth die Verbindung mit dem eigentlichen antarktischen Kontinent verloren. Sie sind jetzt Inselstationen.

Ein dort befindliches kleineres Treibstofflager des Alfred-Wegener-Instituts für Polarforschung ist mit betroffen. Es soll im kommenden Südpolarsommer geräumt werden.

Die deutschen Antarktisforscher auf dem derzeit in der Weddell-See operierenden Polarforschungsschiff «Polarstern» verfolgen jede Bewegung des Eises mit Argwohn. Sie befürchten, dass die Zufahrt zur deutschen Sommerstation auf dem Filchner-Schelfeis erschwert werden könnte.

Der Abbruch von Eisfeldern an der Schelfeiskante ist nichts Aussergewöhnliches. Ereignisse dieser Art werden in Abständen von 30 bis 40 Jahren immer wieder beobachtet. Das Schelfeis driftet vom antarktischen Festland kommend über die küstennahen Meeresgebiete und bedeckt dann grosse Flächen der Ross- und Weddell-See. Am Festlandrand beträgt die Mächtigkeit des Eises meistens etwa 1000 m und an der Barriere, der Abbruchkante zur See, 200 bis 250 m. Nur 30 bis 50 m ragen hier aus dem Wasser heraus. Durch den ständigen Zutrag von Schnee über dem Kontinent und den dadurch stetig wachsenden Druck verfestigt sich der Schnee zu Eis und beginnt zu fliessen. Es wird aus dem Inneren der Antarktis nach Norden gedrückt und schiebt sich mit durchschnittlich 1000 m pro Jahr über die antarktischen Meere. So war das Filchner-Schelfeis seit dem letzten Abbruch vor über 30 Jahren mehr als 100 km vorgerückt.

Die Bilanzierung von Auf- und Abbau der polaren Eismassen ist von Bedeutung für den gesamten Wasserhaushalt und das Klimageschehen unseres Planeten. Grund genug, Veränderungen der Eisbedeckung der polaren Gebiete zu erfassen und zu erforschen.

Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, D-2850 Bremerhaven, Columbus-Center.