

## EXPLICATIONES

Alfred Werner in Richard Willstätters Selbstbiographie *Aus meinem Leben*

In RICHARD WILLSTÄTTERS kürzlich erschienener Selbstbiographie *Aus meinem Leben* finden sich einige Ausführungen über ALFRED WERNER, die nicht unwidersprochen bleiben dürfen, da sie unrichtig sind und daher nicht in die Geschichte eingehen sollten.

So berichtet der Autor (S. 169): «WERNER arbeitete lange Zeit leidenschaftlich daran, seinen Kollegen ABELJANZ zu entfernen... So kam es vor, daß er nach der Vorlesung von ABELJANZ in den Hörsaal eindrang und die Tafel mit den nicht eben glücklichen Formulierungen und Gleichungen abphotographierte, um seinen Eingaben an die Regierung überzeugendes Material beizufügen.» Wer dieses Märchen dem Biographen zugetragen hat, wird sich wohl nie abklären lassen. WERNER war zwar eine rauhe, aber offene Natur und wäre einer solchen Handlungsweise gegen einen Kollegen nicht fähig gewesen.

Auf Seite 163 erzählt der Verfasser des Buches, daß er seine Doktoranden nicht zu WERNER ins Doktorexamen schickte, da «dessen Methode, zu examinieren, oft etwas abschreckend war. Es war bekannt, daß er z. B. eine Stunde lang über Phenanthrenderivate prüfen konnte. Es ist schwer zu verstehen..., daß ein so bedeutender und erfahrener Universitätslehrer solche Fehler in einer wichtigen Funktion des Hochschulunterrichts machen konnte.» Diese Ausführungen sind besonders erstaunlich, da es unter den Schülern ALFRED WERNERS bekannt war, daß er nicht besonders schwierig prüfte und seine Fragen meistens denselben Gebieten entnahm, die unter den Studenten bekannt waren und auf die man sich daher vorbereitete. In einer Theaterposse, welche an einem Fest der Universitätschemiker aufgeführt wurde, erzählte denn auch einer der studentischen Akteure, er habe geträumt, Prof. WERNER hätte plötzlich neue Examensfragen formuliert und damit die Doktoranden in arge Verlegenheit gebracht; und er fuhr fort:

«Da war es früher anders gewesen  
Lauter Harnsäure- und Nicotinsynthesen,  
Dann Edelsteine und seltene Erden,  
Damit konnte einer Doktor werden.»

Auf Seite 170 des Buches wird berichtet, daß nach der schweren Erkrankung ALFRED WERNERS, die schließlich zu seinem Tode (1919) führen sollte, seine Studenten ihn in seinem Hörsaal verhöhnten. Der Referent war damals schon im gleichen Institut als junger Professor tätig, hat aber – zu Ehren der Studierenden sei es festgestellt – nichts von dieser lieblosen Behandlung ihres Lehrers wahrgenommen.

Ein auf der gleichen Seite gerügter Druckfehler in den biographischen Notizen über WERNER wurde gleich nach Erscheinen dieser Notizen berichtigt (Helv. chim. acta 3, 432 [1920]).

Die Selbstbiographie WILLSTÄTTERS ist ein interessanter Beitrag zur Geschichte der Naturwissenschaften, insbesondere der Chemie der letzten 50 Jahre. Wenn sie der Referent trotzdem nicht mit dem Gefühl voller Befriedigung aus der Hand legte, dann deshalb, weil das verstehende Lächeln, das ein Weiser für menschliche Unvollkommenheiten und Schwächen aufbringt, selten darin zu finden ist.

P. KARRER

Chemisches Institut der Universität Zürich, den 1. Juni 1950.

## EXPERIENTIA MAIORUM

## Das Segnersche Wasserrad

(*Segner-Turbine*)

Von ROBERT DUBS<sup>1</sup>, Zürich

Im Jahre 1750 wurde von Professor J. A. VON SEGNER, die im folgenden kurz beschriebene Wasserkraftmaschine erfunden, so daß wir heute ihr 200jähriges Jubiläum feiern können.

JOHANN ANDREAS VON SEGNER wurde 1704 in Preßburg geboren und betätigte sich nach Abschluß seiner Studien als praktischer Arzt und Professor der Mathematik und Physik in Göttingen (1735–55), wo er die nach ihm bekannte Wasserkraftmaschine erfand. Später siedelte er nach Halle über, wurde dort geadelt und starb im Jahre 1777. Die Einrichtung und die Wirkungsweise der von ihm erfundenen Wasserkraftmaschine beschrieb er in zwei Abhandlungen mit den Titeln:

1. *Programma quo theoriā machinae cuiusdam hydraulicae p̄aemittit* (Gott. 1750);
2. *Programma in quo computatio formae atque virium machinae hydraulicae nuper descriptae* (Gott. 1750).

Die beiden Programme sind auch deutsch in dem Hannoverschen Anzeiger (1750, Nr. 35 und 38, sowie 1753, Nr. 70) veröffentlicht worden. Es wurde damals auch ein SEGNERSCHE Wasserrad zum Antrieb einer Getreidemühle zu Nörten bei Göttingen ausgeführt. Als Beginn der Geschichte des Wasserturbinenbaus kann somit das Jahr 1750 bezeichnet werden, obschon damals die SEGNERSCHE Wasserkraftmaschine noch als Wasserrad bezeichnet wurde und der Name «Turbine» zum erstenmal 1825 verwendet wurde.

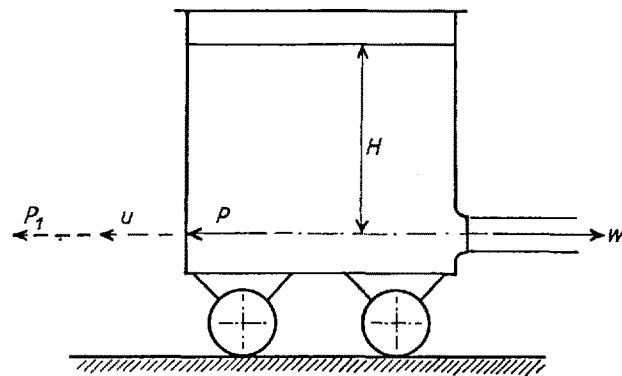


Abb.1.

Den Anstoß zu seiner Erfindung dürfte J. A. VON SEGNER durch die von DANIEL BERNOULLI im Jahre 1738 (siehe *Hydrodynamica* [Argentorati 1738], Sect. 13, § 4, Seite 280) theoretisch abgeleitete und experimentell geprüfte Reaktionswirkung des ausfließenden Wassers empfangen haben. Wenn Wasser aus einem Gefäß seitlich austritt, so wirkt auf das Gefäß eine Kraft  $P$ , die entgegengesetzt der Richtung des ausfließenden Wassers ist und deren Größe nach dem Impulssatz von BERNOULLI zu

$$(1) \quad P = \frac{\gamma \cdot Q}{g} \cdot w = \varrho \cdot Q \cdot w$$

berechnet wurde. Hierin bedeutet  $\varrho$  die Dichte (spezifische Masse) des Wassers,  $Q$  die austretende Wassermenge (Volumen pro Zeiteinheit) und  $w$  die Geschwindigkeit des ausfließenden Wassers gegenüber dem Gefäß (s. Abb. 1). Die Gl. 1 gilt, wenn sich das Gefäß in Ruhe befindet. Denken wir uns aber das Gefäß auf Rädern gelagert und auf eine horizontale Ebene gestellt, so kann es sich unter Einfluß der Kraft  $P$  bewegen, und zwar entgegengesetzt der Richtung

<sup>1</sup> Institut für Hydraulik und hydraulische Maschinen an der Eidg. Techn. Hochschule Zürich.

von  $w$ . Lassen wir eine konstante Translationsgeschwindigkeit des Gefäßes vom Werte  $u$  zu, so wird nach dem Impulssatz die auf das Gefäß wirkende Kraft  $P_1$  kleiner, und wir erhalten

$$(2) \quad P_1 = \frac{\gamma \cdot Q}{g} (w - u) = \varrho \cdot Q \cdot (w - u).$$

Die Leistung  $L$  dieser Kraft ist dann gegeben durch

$$(3) \quad L = \frac{\gamma \cdot Q}{g} (w - u) \cdot u$$

und wir erkennen leicht, daß sie ein Maximum erreicht, wenn  $u = \frac{1}{2} \cdot w$  ist, da bei konstantem  $H$  der Wert von  $w$  und damit von  $Q$  konstant bleibt, was durch entsprechenden Zufluß zum Gefäß erreicht werden kann. Die maximale Leistung erreicht den Wert

$$L_{\max} = \frac{\gamma \cdot Q \cdot w^2}{4 \cdot g}.$$

Setzen wir nun für den idealen Fall  $w = \sqrt{2 \cdot g \cdot H}$  (TORRICELLI), so folgt

$$L_{\max} = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot Q \cdot H$$

und da  $\gamma \cdot Q \cdot H$  die der Maschine zur Verfügung gestellte Energie ist, so ergibt sich für den idealen Fall ein maximaler Wirkungsgrad von 50%. An Stelle der Translation des Gefäßes (die praktisch nicht realisierbar ist) hat nun J. A. VON SEGNER die Rotation gesetzt und die Reaktionskraft des ausfließenden Wassers in der Abb. 2 dargestellten Maschine ausgenützt. Infolge der Fliehkräftewirkung wird nun aber die Geschwindigkeit  $w$  des aus den Röhren fließenden Wassers größer als bei der Translation und wir erhalten dafür (ohne Berücksichtigung des Reibungsverlustes in den Röhren)

$$(4) \quad \frac{w^2}{2 \cdot g} = \frac{u^2}{2 \cdot g} + H,$$

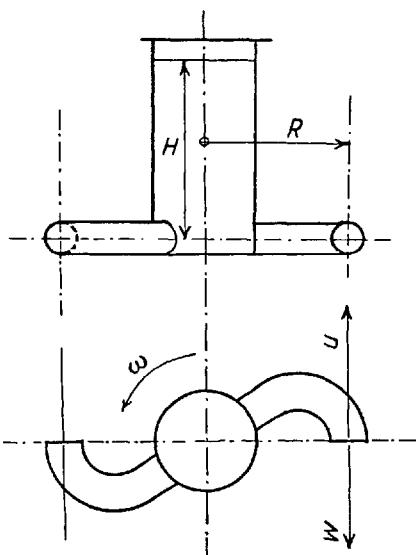


Abb. 2.

wenn man mit  $u$  die mittlere Rotationsgeschwindigkeit der Rohrmündung bezeichnet ( $u = R \cdot \omega$ ). Bei konstanter Drehgeschwindigkeit ist die Umfangskraft  $P_1$  wieder gegeben durch

$$(5) \quad P_1 = \frac{\gamma \cdot Q}{g} (w - u),$$

wo nun

$$w = \sqrt{2 \cdot g \left( H + \frac{u^2}{2 \cdot g} \right)},$$

und für die Umfangskraft erhalten wir

$$(6) \quad P_1 = \frac{\gamma \cdot Q}{g} \left( \sqrt{2 \cdot g \cdot \left( H + \frac{u^2}{2 \cdot g} \right)} - u \right).$$

Die Leistung ergibt sich aus

$$(7) \quad L = P_1 \cdot u = \frac{\gamma \cdot Q}{g} \left( \sqrt{2 \cdot g \cdot H + \frac{u^2}{2 \cdot g}} - u \right) \cdot u.$$

Der Wirkungsgrad  $\eta$  wird dann (unter Vernachlässigung aller Verluste durch Reibung und Ventilation)

$$\eta = \frac{L}{\gamma \cdot Q \cdot H} = \frac{u \cdot \left( \sqrt{2 \cdot g \cdot H + \frac{u^2}{2 \cdot g}} - u \right)}{g \cdot H}.$$

Setzen wir

$$K_u = \frac{u}{\sqrt{2 \cdot g \cdot H}}, \text{ d. h. } u = K_u \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H},$$

so erhalten wir nach einigen Umformungen

$$(8) \quad \eta = 2 K_u \cdot \left( \sqrt{1 + K_u^2} - K_u \right).$$

Für die Diskussion dieses Ausdrückes empfiehlt sich eine Substitution. Wir setzen

$$K_u = \sinh x,$$

was zulässig ist, da  $\sinh x$  reell ist und mit variablem  $x$  monoton verläuft.

Dann ist

$$\sqrt{1 + K_u^2} = \sqrt{1 + \sinh^2 x} = \cosh x$$

und wir erhalten

$$\eta = 2 \sinh x (\cosh x - \sinh x).$$

Da nun weiter

$$\sinh x = \frac{1}{2} (e^x - e^{-x}) \text{ und } \cosh x = \frac{1}{2} (e^x + e^{-x}),$$

folgt nach einigen Umformungen

$$(8a) \quad \eta = 1 - e^{-2x}.$$

Aus dieser Beziehung erkennen wir ohne weiteres, daß mit wachsendem  $x$ , d. h. mit wachsendem  $K_u$ , der Wirkungsgrad immer größer wird und für  $x \rightarrow \infty$ , d. h.  $K_u \rightarrow \infty$  dem Werte 1 zustrebt. In Wirklichkeit verhalten sich jedoch die Dinge etwas anders. Infolge des Druckverlustes in den durchflossenen Röhren und der Ventilationsverluste durch die rotierenden Rohre sowie der Lagerreibungsverluste und der Wassermengenverluste beim Übergang vom rotierenden zum ruhenden Teil der Maschine verläuft die Leistung nicht nach der für ideale Verhältnisse abgeleiteten Gl. (7) und demzufolge der Wirkungsgrad nicht nach Gl. (8). Bei Berücksichtigung der obenerwähnten Verluste (die natürlich je nach Konstruktion und Ausführung verschieden sein werden) erhalten wir eine Wirkungsgradkurve, die bei einem bestimmten  $K_u$  ein Optimum aufweist. Es dürfte hier jedoch zu weit führen, auf diesen Fall näher einzutreten; es soll dies jedoch später und an einer andern Stelle noch nachgeholt werden.

Die Erfindung J. A. VON SEGNER veranlaßte seinen großen Zeitgenossen LEONHARDT EULER zu einer grundlegenden theoretischen Untersuchung, die unter dem Titel *Recherches sur l'effet d'une machine hydraulique proposée par Mr. Segner, Professeur à Gottingue* (Histoire de l'Academie Royale des Sciences et belles lettres, t. 6, p. 311-354) erschienen ist und auf die noch besonders verwiesen werden soll. Da die Leistung des SEGNERschen Wasserrades nicht gut reguliert werden konnte und auch seine Leistungsfähigkeit relativ klein war, so wurde es später durch die nachfolgenden Turbinenkonstruktionen verdrängt, und wir treffen es heute nur noch als Bewässerungsvorrichtung (Rasensprenger usw.) an. Es ist jedoch nicht ausgeschlossen, daß die Segner-Turbine als Wasserkraftmaschine eine gewisse Wiederauferstehung feiern kann, denn die in den letzten Jahren mit einer solchen Maschine durchgeführten Versuche haben gezeigt, daß sie in besondern Fällen nicht zu unterschätzende Vorteile besitzt. Darüber soll jedoch an anderer Stelle berichtet werden.