

Vorwort

Trotz einer Reihe von Vorteilen der Dampfturbine gegenüber der Dampfmaschine wird diese von Modellbauern bevorzugt. Als Gründe hierfür werden angegeben:

- Industriell gefertigte Turbinen sind nicht erhältlich.
- Die vor Jahren angebotenen Ausführungen waren nicht optimal.
- Der Selbstbau ist wegen der zu profilierenden Schaufeln zu umständlich.
- Dampffreunde sind Nostalgiker, die Turbine ist ihnen zu modern und eignet sich weniger für Modelle in kleinem Maßstab.
- Ihre Leistung sei recht gering.

Während der letzten Jahre hat der Autor zahlreiche Versuche durchgeführt und mehrere Schiffsmodelle vom Dampfmaschinen- auf Turbinenantrieb umgestellt. Danach fuhren die Modelle schneller als zuvor – zugegeben, bei kürzerer Betriebsdauer, falls nicht nachgespeist wurde.

Daß die Dampfmaschine mit ihren sichtbar hin- und hergehenden Teilen mehr Faszination weckt als die sich nur schlicht drehende und meistens in einem Gehäuse verborgene Turbine, läßt sich nicht verkennen. Andererseits hat die Dampfmaschine inzwischen etwas von ihrer Besonderheit verloren. Wer dagegen Neues sucht, dem bietet sich eine Turbine in einem Schiffsmodell an, das sich vom Typ her deutlich von den üblichen Dampfmodellen abhebt.

Im Vergleich mit der Dampfmaschine hat die Dampfturbine mehrere Vorteile:

- Ihr Selbstbau ist sehr viel einfacher. Es kommt nur darauf an, sich von dem Vorurteil freizumachen, die Schaufeln müßten profiliert sein.
- Sie hat keinen Totpunkt, läßt sich leicht in der Drehzahl regeln, in der Drehrichtung umsteuern und läuft aus dem Stand an. Eigenschaften, die bei ferngesteuerten Dampfmaschinen nur mit drei einfach- oder zwei doppeltwirkenden Zylindern möglich sind.
- Gewicht und Raumbedarf sind geringer, sie eignet sich deshalb auch für schlankere Rumpfe.
- Wegen ihrer mehrfach höheren Drehzahl läßt sie sich auch für Schiffsmodelle verwenden, die typbedingt kleinere Schrauben erfordern.

Allerdings ist der Dampfverbrauch etwas höher als bei einer Dampfmaschine gleicher Nutzleistung. Andererseits erlauben Modelle von Turbinenschiffen höhere, vorbildähnliche Geschwindigkeiten als Schlepper, Barkassen und Raddampfer.

Der vorliegende Band soll Anregungen für die Konstruktion und den Bau einer Modellturbine geben. Dabei werden Lösungen gezeigt, die an den Selbstbau geringere Anforderungen stellen als bei einer Dampfmaschine. So wurde die Theorie auf ein Minimum beschränkt, keine Beschreibungen großer Dampfturbinen und nur wenige Formeln, dafür mehr Hinweise auf unterschiedliche Ausführungsformen und Zahlenwerte, die durch Versuchsreihen ermittelt wurden.

1. Vorgeschichte

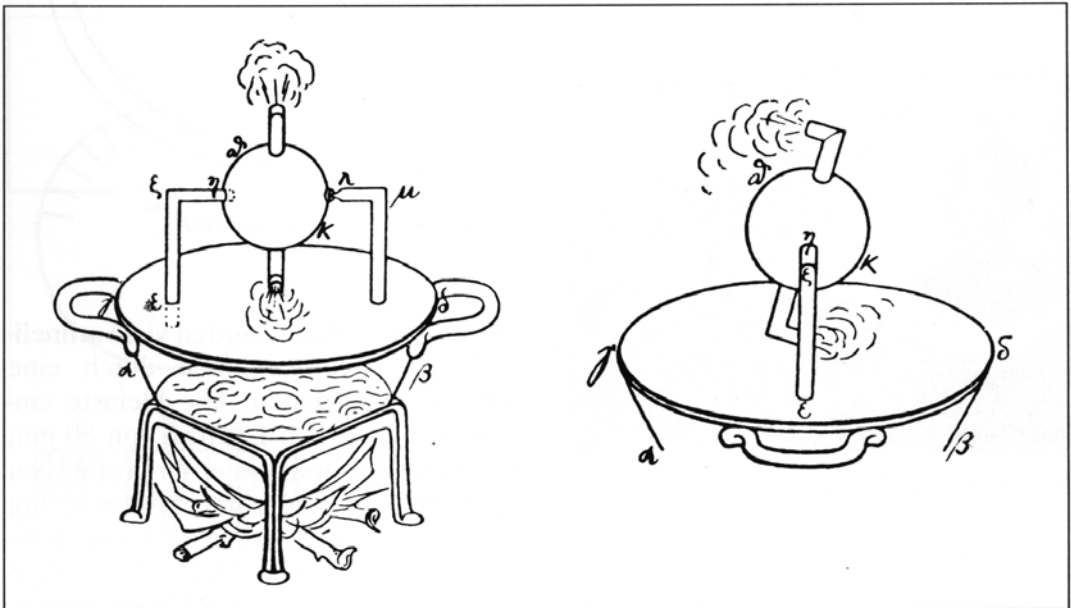
Als Erfinder der Dampfturbine und damit des Dampfantriebs überhaupt gilt Heron von Alexandria. Die auch nur ungefähre Datierung seiner Lebenszeit ist unter den Gelehrten als sog. *Heronische Frage* umstritten. Wahrscheinlich lebte er um die Wende des 1. Jh. n. Chr.

Nach Archimedes ist Heron der bekannteste Ingenieur des Altertums. Er hinterließ umfangreiche Werke. In seinem Buch *Druckwerke*, auch *Pneumatik* genannt, behandelte er, über den heutigen Wortsinn hinaus, nicht nur den Luft-, sondern auch den Wasser- und Dampfdruck. Wichtig daraus ist hier seine Dampfturbine, von ihm selbst nicht mit einem technischen Begriff belegt, sondern erst später von anderen *Äolsball* oder *Äolipile* genannt.

Seine eigene Beschreibung lautet:
Über einem geheizten Kessel soll sich

eine Kugel um einen Zapfen bewegen. Es sei $\alpha\beta$ ein mit Wasser gefüllter, geheizter Kessel. Seine Mündung sei mit dem Deckel $\gamma\delta$ verschlossen; durch diesen sei eine gebogene Röhre $\epsilon\zeta\eta$ getrieben, deren Ende luftdicht in eine Hohlkugel $\theta\kappa$ eingepaßt sei. Dem Ende η liege ein auf dem Deckel $\gamma\delta$ feststehender Zapfen $\lambda\mu$ diametral gegenüber. Die Kugel sei mit zwei gebogenen, einander diametral gegenüber stehenden Röhrenchen versehen, die in sie münden und nach entgegengesetzten Richtungen gebogen sind.

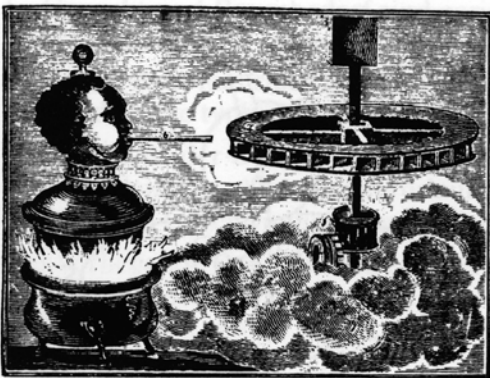
Die Biegungen muß man sich rechtwinklig und quer durch die Linien η und λ denken. Wird nun der Kessel geheizt, so ist die Folge, daß der Dampf durch $\epsilon\zeta\eta$ in die Kugel dringt, durch die umgebogenen Röhren nach dem Deckel hin ausströmt und die Kugel zur Drehung bringt.



Heron's Dampfkugel

Wilhelm Schmidt hat die genannten Schriften Herons übersetzt und 1899 herausgegeben, auch die Zeichnungen dazu nach alten handschriftlichen Skizzen gefertigt. Für Heron ging es nicht darum, mit Luft-, Dampf- oder Wasserdruck Kraftmaschinen im heutigen Sinne zu betreiben, sondern seine *Automaten* wurden in Tempeln aufgestellt, wo sie sich gegen Opfergaben bewegten. Schon damals war man bemüht, den Besuch von Heiligtümern für das Volk attraktiv zu machen. Außer in diesem heute noch erhältlichen Buch finden ohne Elektronik tüftelnde Modellbauer sonst nirgends eine derartige Fundgrube verblüffend funktionierender „Wunderwerke“.

Die Äolipile nutzte den Rückstoß des aus den Düsen strömenden Dampfes, sie war eine Reaktionsturbine. Im Gegensatz dazu steht die Aktionsturbine. Bei ihr wird der Dampfstrahl auf ein Schaufelrad gerichtet, wobei die Wucht des Aufpralls dieses in Drehung versetzt. Die erste Beschreibung einer Turbine nach diesem Prinzip ist von Giovanni Branca um 1630 überliefert. Die Schaufeln seines Dampftrads waren ebene Flächen, also nicht gewölbt.

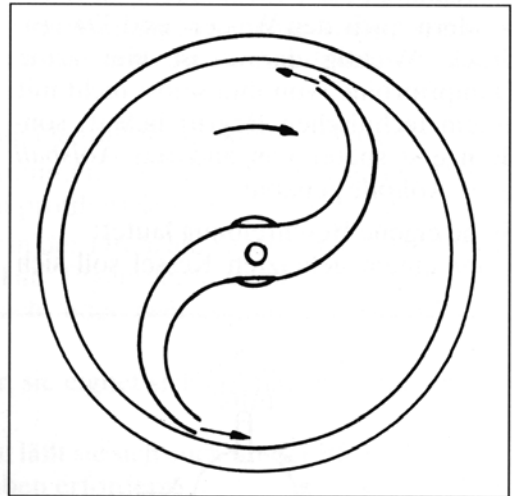


Branca's Dampftrrad

1784 ließ sich W. von Kempelen (Ungarn) eine Turbine gleicher Art patentieren, jedoch ohne Erfolg, weil sie der für

eine nennenswerte Nutzleistung erforderlichen Drehzahl nicht standhielt. Als erster stellte de Laval (Schweden) eine wirklich brauchbare Turbine her. Ihr S-förmiger Läufer wurde – wie bei Heron – durch die Reaktionskraft des ausströmenden Dampfes angetrieben.

De Laval erfand die nach ihm benannte Düse und erhielt 1888 das Patent auf eine Aktionsturbine mit solchen Düsen. Mit Leistungen von 5 bis 500 PS diente sie zunächst zum Antrieb von Generatoren. In den folgenden Jahren entwickelten insbesondere Curtis (USA), Parsons (England) und Rateau (Frankreich) die Turbine weiter.



Läufer der de Laval Reaktions-DT

In den 20er Jahren wurden viele schnelllaufende Kleinmaschinen durch eine Turbine angetrieben. Die kleinste einkränzige hatte ein Laufrad von 80 mm Durchmesser und eine Drehzahl von 32000/min. Nach einer Untersetzung von 8:1 war die Leistung an der Vorgelegewelle 1,5 PS = 1100 W. Der Dampfverbrauch betrug bei einem Druck von ca. 10 bar etwa 25 kg/h.

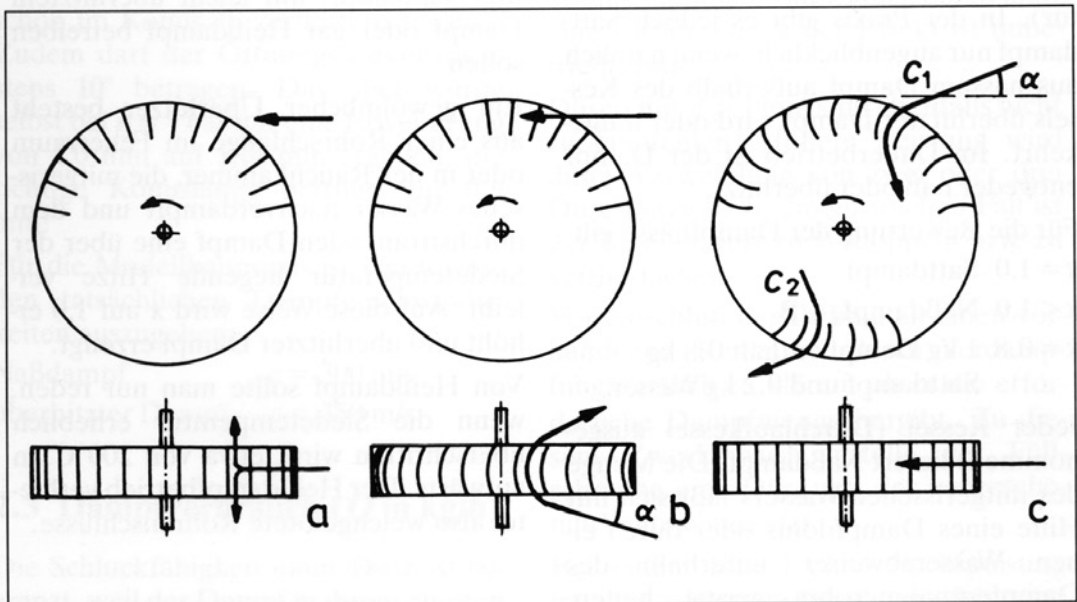
2. Wirkungsweise

Eine Modelldampfturbine zum Antrieb von Schiffsmodellen wurde erstmals in einem Buch von Reeve und Thomas beschrieben, es erschien 1951 in London. 1954 stellte Hildebrand eine gleichartige Konstruktion im MECHANIKUS vor. Es handelte sich jeweils nur um einen einzelnen Bauvorschlag. Begründungen dafür – warum so und nicht anders – wurden nicht gegeben, auch fehlten bezifferte Angaben über die Wirkung des Dampfstrahls an einem Laufrad. Wer sich an die Empfehlungen hielt, mußte über das Leistungsvermögen solcher Konstruktionen enttäuscht sein. Auch noch 1959 wurde es von Modell-Dampfmaschinenbauern für unmöglich gehalten, ein Schiffmodell mit befriedigendem Erfolg durch eine Turbine anzutreiben.

Inzwischen – und besonders nach den Veröffentlichungen in der DAMPF-Reihe – hat nun die Modelldampfturbine als Alternative zur Dampfmaschine zunehmend Freunde gefunden. Gibt sie doch auch – mehr als jene – Anstoß für neue Konstruktionen. Doch ohne Vorkenntnisse darüber, worauf es letztlich ankommt, wird sich ein erfolgreicher Betrieb nicht einstellen.

2.1 Begriffe, Größen, Maße

Für den Modellbau wird hier nur die einkränzige Turbine in Betracht gezogen. Die Schaufeln können je nach Bauart tangential (a), axial (b) oder radial (c) angeströmt, beaufschlagt werden. Radial kann es von außen (c_1) oder innen (c_2) geschehen.



Laufrad mit tangentialer (a), axialer (b), radialer (c) Beaufschlagung

Turbinenelemente – Die einkränzige Turbine hat nur ein Laufrad, nur einen Schaufelkranz und besteht im Regelfall aus folgenden Elementen:

- Laufradscheibe mit Schaufeln
- Laufradwelle mit Ritzel
- Vorgelegewelle mit Zahnrad
- Gestell oder Gehäuse mit Lagern
- Düse mit Halterung.

Druck (p in bar) – Im Großen wird mit dem absoluten Druck gerechnet, auf ihn sind auch die üblichen Dampftabellen abgestellt. Der Modellbauer hingegen orientiert sich am Überdruck im Dampfkessel, wie ihn das Manometer anzeigt. Für die Turbinenleistung kommt es u. a. auf den Überdruck vor der Düse an. Bei richtiger Bauweise darf angenommen werden, daß er gleich dem Kesseldruck ist. Dieser Druck wird hier mit p bezeichnet.

Dampfnaße (x) – Dampftabellen liefern die Zustandswerte für Satttdampf (trockener Dampf mit Siedetemperatur). In der Praxis gibt es jedoch Satttdampf nur augenblicklich, wenn nämlich aus nassem Dampf außerhalb des Kessels überhitzter Dampf wird oder umgekehrt. Im Dauerbetrieb ist der Dampf entweder naß oder überhitzt.

Für die Bewertung der Dampfnaße gilt $x = 1,0$ Satttdampf

$x < 1,0$ Naßdampf, z. B.

$x = 0,8$ 1 kg Dampf enthält 0,8 kg Satttdampf und 0,2 kg Wasser.

Jeder Kessel (Durchlaufkessel ausgenommen) liefert Naßdampf. Die Menge des mitgerissenen Wassers läßt sich mit Hilfe eines Dampfdoms oder durch einen Wasserabweiser unterhalb des Dampfentnahmerohrs gering halten, auch durch ein Entnahmerohr, das im

Dom mit der Öffnung nach oben endet. Gute Modellkessel in diesem Sinne liefern Naßdampf mit $x = 0,9$, andere mit 0,8. Bei vollem Kessel und starker Beanspruchung kann $x = 0,7$ oder noch geringer sein.

Naßdampf hat ein geringeres spezifisches Volumen als Satttdampf und dementsprechend eine höhere Dichte. Infolgedessen verbraucht eine Dampfmaschine bei gleicher Drehzahl gewichtsmäßig mehr Naß- als Satttdampf, hat also bei Naßdampf eine geringere Betriebsdauer, falls nicht nachgespeist wird. Naßdampf kann wegen seines geringeren spezifischen Volumens weniger expandieren als Satttdampf. Für eine Expansionsmaschine bedeutet das eine Minderleistung. Doch auch bei der Volldruckmaschine, wie sie im Modellbetrieb überwiegend vorkommt, ist die Dampfnaße in erster Linie eine Frage des Dampfverbrauchs, nicht aber der mechanischen Leistung an sich.

Das soll nicht weiter untersucht werden. Fragen der Dampfnaße und Überhitzung werden hier nur angesprochen, um zu wissen, ob wir unsere Modellturbine mit Naßdampf, mit leicht überhitztem Dampf oder gar Heißdampf betreiben sollen.

Ein gewöhnlicher Überhitzer besteht aus einer Rohrschlange im Feuerraum oder in der Rauchkammer, die mitgerissenes Wasser nachverdampft und dem durchströmenden Dampf eine über der Siedetemperatur liegende Hitze verleiht. Auf diese Weise wird x auf 1,0 erhöht und überhitzter Dampf erzeugt.

Von Heißdampf sollte man nur reden, wenn die Siedetemperatur erheblich überschritten wird, etwa von 200°C an aufwärts. Der Heißdampfbetrieb verbietet also weichgelötete Rohranschlüsse.