

07.06. Windturm - Stromgenerator

Zielsetzung

In vorstehenden Kapiteln wurden vielfältige Ansätze für Freie-Energie-Maschinen dargestellt, wobei als Arbeitsmedium einerseits Luft und andererseits Flüssigkeiten geeignet sind. Aufgrund klarer Effekte erzielen diese Maschinen mehr Nutzen als für ihren Antrieb erforderlich ist. Allerdings sind diese Konstruktionen teilweise sehr komplex und Prototypen nicht einfach zu bauen. Immerhin wurden durch vielfältige Experimente vieler meiner theoretischen Behauptungen bestätigt. Beispielsweise können geordnete und starke Strömungen mit geringem Aufwand generiert werden, wenn hierbei Sog zur Anwendung kommt.

Zielsetzung dieses Kapitels ist nun, eine wirklich einfache Konstruktion für dezentrale Stromversorgung zu beschreiben, so dass auch Bastler solche Maschinen für den Eigenbedarf bauen können. Hierfür ist die Nutzung von Wind am besten geeignet. Als Arbeitsmedium dient hier also normale Luft - und der notwendige Wind soll natürlich durch die Maschine selbst erzeugt werden.

07.06.01



Nutzung von Windkraft

In Bild 07.06.01 sind vier Beispiele zur Nutzung von Wind dargestellt: ein alter Windjammer sowie moderne Hochleistungs-Segelyachten, bei denen Wind zum Vortrieb genutzt wird, sowie eine alte Windmühle und eine High-Tech Windkraftanlage, bei denen Wind in mechanische Drehbewegung überführt wird und diese zur Erzeugung elektrischen Stromes dient. Welten liegen zwischen den alten und den aktuellen Konstruktionen hinsichtlich Material und Technik, aber der wesentliche Unterschied beruht allein auf dem angewandten Bewegungsprinzip.

Bei diesem Rah-Segler herrscht an den Segeln nur geringe Luftbewegung. An deren Hinterseite liegt der Staudruck des Windes an und schiebt das Schiff vorwärts. Es sind praktisch nur 'Vor-Wind-Kurse' möglich, also in Windrichtung oder in einem flachen Winkel dazu. Im Gegensatz dazu erreichen moderne Segelyachten ihre maximale Geschwindigkeit 'hoch am Wind', wobei sich die Fahrtgeschwindigkeit vektoriell zum 'wahren Wind' addiert und 'scheinbaren Wind' erhöhter Geschwindigkeit ergibt. An den Segel liegen also schnelle Strömungen an, allerdings in 'Lee' sehr viel schnellere als an 'Luv'. Daraus ergibt sich eine Differenz statischen Drucks, der vorwiegend seitwärts wirkt und nur teilweise in Fahrtrichtung. Dennoch ist die Nutzung des normalen Luftdrucks - bzw. dessen partieller 'Abschirmung' durch schnellere Strömung - sehr viel effektiver als die Nutzung des Strömungsdruckes auf 'Vor-Wind-Kurs'.

Analog dazu nutzten alten Windmühlen praktisch nur den Winddruck, der auf einer 'schiefen Ebene' lastet und dadurch ein Drehmoment ergibt, allerdings bei diesen 'Langsam-Läufern' mit nur bescheidener Drehzahl. Moderne Windkraftanlagen dagegen sind 'Schnell-Läufer' und nutzen den Wind nur als auslösendes Moment, um Geschwindigkeits-Differenz auf den 'Ober- und Unterseiten' von Tragflächen-Profilen zu generieren, so dass die Differenz statischen Drucks an großem Hebelarm und relativ schneller Rotation nutzbar wird.

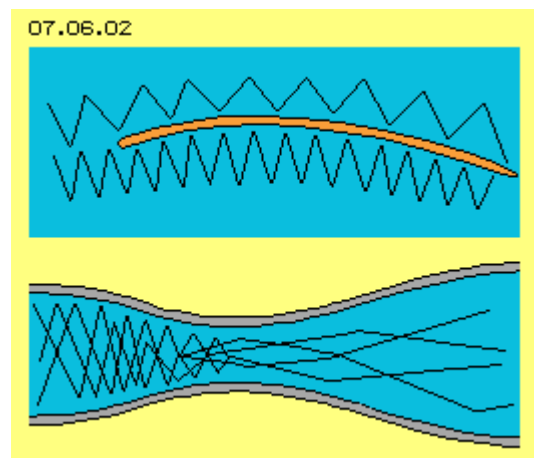
Auftriebs-Effekt

In Bild 07.06.02 oben ist schematisch ein Tragflächen-Profil (rot) bzw. nur die entscheidende, gekrümmte Fläche (eines Segels) dargestellt. Entlang der konvex gekrümmten Oberseite ergibt sich fortwährend eine relative Leere, in welche hinein die Luftpartikel aus eigenem Antrieb fallen. Indem sie sich relativ schnell entlang dieser Oberfläche bewegen, treffen sie relativ selten und nur in flachem Winkel auf diese Fläche, üben also relativ geringen Druck aus (hier sehr vereinfacht skizziert durch die gestreckte Zickzack-Bahn über dem Profil).

Umgekehrt ergibt sich an der konkav gekrümmten Unterseite ein relativer Stau bzw. herrscht langsamere Strömung, so dass die Luftpartikel relativ häufig und in steilem Winkel auf diese Fläche treffen (schematisch visualisiert durch die engere Zick-Zack-Bahn der Luftpartikel an der Unterseite des Profils).

Unterschiedlich schnelle Strömungen weisen eine Differenz dynamischen (Stau-) Drucks auf. Genau entsprechend zu dieser ist die Differenz statischen (seitlichen) Drucks an den Sog- und Druckseiten, aus welcher der Auftrieb an Tragflächen bzw. entsprechenden Profilen resultiert. Aus den Beiwerten für Widerstand und Auftrieb (C_w und C_a) gängiger Formeln zum Auftrieb ergibt sich klar, dass der Auftriebs-Nutzen etwa zehn mal höher ist als der Vortriebs-Aufwand.

Diese Sachverhalte sind sehr ausführlich dargestellt in den Kapiteln '05.04. Auftrieb an Tragflächen' sowie '05.12. A380 und Auftrieb' bzw. auch in '05.13. Explosion und Implosion'. Hinsichtlich Details wird also auf diese Kapitel verwiesen. In diversen anderen Kapiteln habe ich die sinnvolle Nutzung dieses Effektes dargestellt. Dieses bewährte und einfache Prinzip muss auch mittels 'künstlichem Wind' zur Schaffung von Mehr-Nutzen anwendbar sein. Darum ist auch bei der vorliegenden Konzeption diese 'Windturmes' der Auftriebs-Effekt ein wesentlicher Faktor zur Generierung von Drehmoment.



Düsen-Effekt

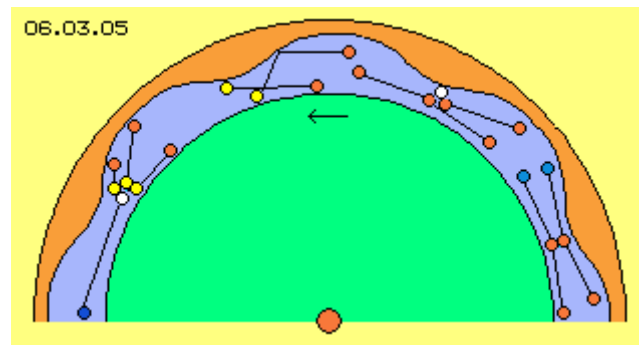
In vorigem Bild 07.06.02 unten ist ein weiterer nutzbarer Effekt schematisch skizziert: die Beschleunigung von Strömung durch Laval-Düsen. Bei vorigem Auftrieb wird die molekulare Bewegung durch Schaffung von Sog-Bereichen so manipuliert, dass an den Sogseiten eine beschleunigte und geordnete Strömung aufkommt. Bei diesen Düsen wird darüber hinaus die Geschwindigkeits-Verteilung molekularer Bewegung so manipuliert, dass Luftpartikel auf Über-Schallgeschwindigkeit beschleunigt werden.

Die durchschnittliche Geschwindigkeit der Luftpartikel beträgt etwa 500 m/s. Selbst bei 'Stark-Wind' oder wenn sich z.B. die Partikel mit 50 m/s in einem Rohr vorwärts bewegen, fliegen die Partikel auf chaotischen Bahnen zehn mal weitere Strecken je Zeiteinheit. Im Querschnitt durch ein Rohr (grau) ist diese Bewegung links durch die Zickzack-Linien grob skizziert. Wenn die Partikel in den Abschnitt geringeren Querschnitts kommen, werden sie in kürzerer Folge von der Wand reflektiert und sie kollidieren untereinander nach kürzerer

Distanz. Es entsteht zunächst ein Stau, durch welchen diese schräg stehende Rohrwand vorwärts gedrückt wird (hier nach rechts).

Die Luft weist dort erhöhte Dichte auf und damit steigt die Wahrscheinlichkeit, dass sich mehr als zwei Partikel zeitgleich treffen. In solchen Mehrfach-Kollisionen können dann z.B. zwei Partikel ihre Vorwärtsbewegung auf einen dritten Partikel übertragen. Solche 'Querschläger' werden dann zu 'Stehern', während andererseits 'Raser' durch den Auslass davon fliegen mit stark erhöhter Geschwindigkeit. Diese Partikel bewegen sich in ähnliche Richtung und kommen damit im Raum relativ weit voran, wie durch die Linien rechts im Rohr schematisch skizziert ist.

Bei gleichem Durchsatz tragen solche Querschnitts-Verengungen also zur Beschleunigung der Strömung bei. Es treten dabei keine Reibungsverluste auf, wohl aber ergibt sich ein Schub auf die Wandung vor der Engstelle. Nach der Engstelle weist die beschleunigte Strömung erhöhte kinetische Energie auf - ohne zusätzlichen Input externer Energie.



Die Wirkung solcher 'Laval-Düsen' wurde ausführlich in Kapitel '06.03. Überschall-Motor' diskutiert, z.B. anhand dieses Bildes 06.03.05. Details zu dieser 'phänomenalen Selbst-Beschleunigung' sind also obigem Kapitel zu entnehmen. Der Düsen-Effekt ist eine bekannte und häufig genutzte Erscheinung und die besondere Wirkung der Laval-Düsen wird ebenso für vielfältige Zwecke genutzt. Durch entsprechende Formgebung von Oberflächen ist dieser bewährte Effekt auch zur Generierung von Drehmoment nutzbar.

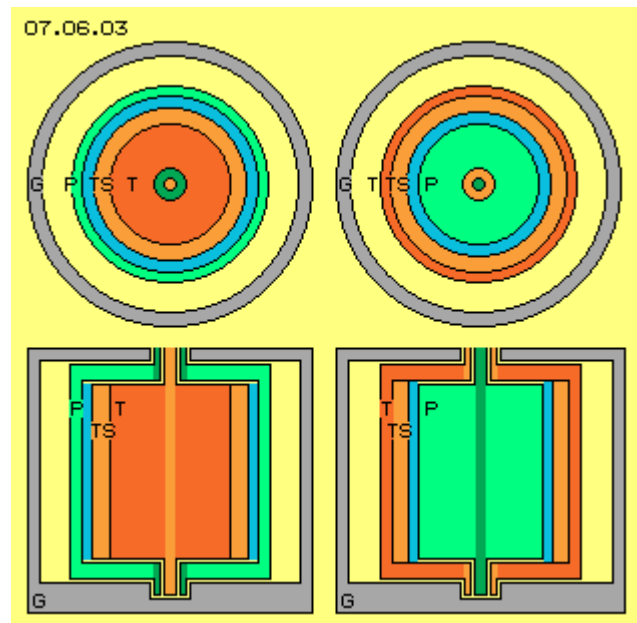
Ein Kubikmeter Luft hat eine Gesamt-Masse von rund 1.2 kg, deren Partikel sich mit etwa 500 m/s im Raum bewegen. Die latent in diesem Kubikmeter Luft enthaltene kinetische Energie ist also $E = 0.5 * 1.2 * 500^2 = 150000 \text{ Nm}$. Wenn die Partikel sich nicht mehr in beliebige Richtungen bewegen, sondern geordnete Strömungen organisiert werden, steht ein Teil dieser gewaltigen Energie zur freien Verfügung.

Wind-Turm

Zielsetzung dieses 'Windturm-Stromgenerators' ist also, vorige Auftrieb- und Düsen-Effekte in einer möglichst einfachen Konstruktion einzusetzen. Der prinzipielle Aufbau ist in Bild 07.06.03 im Quer- und Längsschnitt schematisch dargestellt, links und rechts jeweils eine alternative Variante.

In einem zylinderförmigen Gehäuse G (grau) befindet sich ein runder Hohl-Zylinder und innerhalb diesem ein runder Voll-Zylinder. Beide sind mittels einer Hohl-Welle und einer Welle im Gehäuse drehbar gelagert. Einer der Zylinder repräsentiert die Pumpe P (grün), der andere die Turbine T (rot). Die Oberfläche der Pumpe ist vollkommen rund und glatt. Im Gegensatz dazu kann die Oberfläche der Turbine unterschiedlich gestaltet werden und dieser Bereich wird hier als Turbinen-Schaufel TS (hellrot) bezeichnet. Zwischen den Oberflächen der Pumpe und der Turbine befindet sich als Arbeitsmedium normale Luft (blau).

Es gibt prinzipiell zwei Varianten: einerseits wird die Pumpe durch den umfassenden Hohl-Zylinder repräsentiert und die Turbine stellt den mittigen Zylinder dar (inklusive deren Bereich der Turbinen-Schaufeln). Diese Variante ist im Bild links schematisch dargestellt. Alternativ dazu kann der äußere Hohl-Zylinder als Turbine arbeiten und der mittige Zylinder stellt dann die Pumpe dar, wie im Bild rechts schematisch skizziert ist. Im Folgenden werden diese Bauelemente alternativer Anordnung bezeichnet als Außen-Pumpe und Innen-Turbine (im Bild links) bzw. als Außen-Turbine und Innen-Pumpe (im Bild rechts).

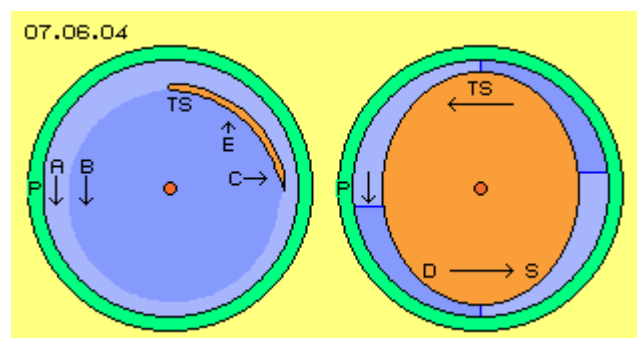


Sowohl die Pumpe als auch die Turbine sind drehend, wobei die Turbine langsamer rotiert. Es wird damit auch Luft außerhalb des Hohl-Zylinders mitdrehend sein. Zwischen Gehäuse und Hohl-Zylinder sollte ausreichender Abstand sein, damit dort möglichst geringe Reibungsverluste auftreten. Darum sollten auch die Innenseite des Gehäuses rund und alle Oberflächen möglichst glatt sein.

Im Längsschnitt ist dieser 'Turm' mit geringer Höhe eingezeichnet, real kann er sehr viel höher sein. Der Antrieb des Systems erfolgt über die (Hohl-) Welle der Pumpe durch einen Elektromotor (hier nicht eingezeichnet). Über die (Hohl-) Welle der Turbine wird ein Elektrogenerator angetrieben (hier ebenfalls nicht eingezeichnet). Um eine wirklich einfache Konstruktion zu erreichen, gibt es keinen externen Zu- oder Abfluss und es findet auch keine Bewegung der Luft in axiale Richtung statt. Alle Luft bewegt sich immer nur um die Systemachse herum in geschlossenem Kreislauf.

Einfacher Flügel

Generell ist die Oberfläche der Pumpe nur eine runde Fläche, die Nutzung obiger Auftriebs- und Düsen-Effekte kann also nur durch zweckdienliche Gestaltung der Turbine erreicht werden. In Bild 07.06.04 sind zunächst zwei extreme Möglichkeiten skizziert. Die Pumpe P (grün) wird hier durch den äußeren Hohl-Zylinder gebildet. Unterstellt ist hier immer Links-Drehung, also Rotation gegen den Uhrzeigersinn, d.h. alle Luft ist auch immer prinzipiell links-drehend.



In diesem Bild links ist als Turbine nur eine gekrümmte Fläche TS (rot) eingezeichnet, die einen Sektor von etwa 90 Grad umfasst und (im Drehsinn) vorn nach innen weist. Die Luft wird an dieser Fläche einwärts umgelenkt, wobei sie Druck auf die konkave Seite ausübt. An der konvexen Seite steht der Luft dagegen zunehmend größerer Querschnitt zur Verfügung. Es wird dort ein Sogbereich gebildet, in den die Luft mit erhöhter Geschwindigkeit einfließt.

Es ergeben sich praktisch zwei Bereiche der Luft: in diesem Sogbereich und außen entlang der Pumpe fließt Luft A (hellblau) relativ schnell, während innerhalb der 'Turbinen-Schaukel' ein mittlerer Luftwirbel B (dunkelblau) rotiert. Diese überlagerte Kreisbewegung (eines

Wirbels, welcher seinerseits um die Systemachse wandert) ist ein sehr fluid-gerechtes und selbst-stabilisierendes Bewegungsmuster. Dennoch wird dieser 'Flügel' keinen besonders guten Wirkungsgrad erreichen, weil die Kraft-Komponenten C seines Auftriebs zu sehr radial gerichtet ist und damit nur eine relativ geringe Komponente E als Drehmoment gegeben ist. Um wirksamere 'Turbinen-Schaufeln' zu erreichen, sollten die Druck- und Sogseiten anders angeordnet werden.

Elliptische Turbine

In diesem Bild 07.06.04 ist rechts eine andere extreme Form der Turbine T (rot) dargestellt. Der Querschnitt dieser Innen-Turbine stellt eine Ellipse dar. Durch deren lange Achse werden zwei Engpässe zur Außen-Pumpe P (grün) hin gebildet, so dass obige Düsen-Effekte erreicht werden.

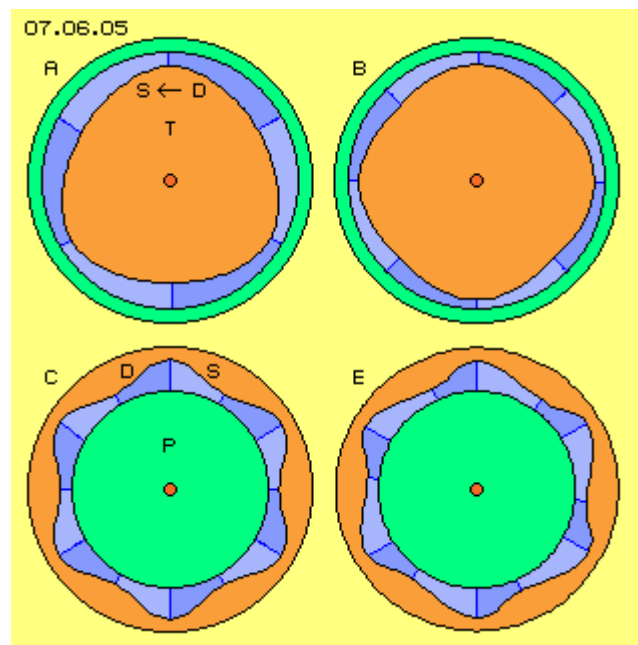
Jeweils (im Drehsinn des Systems) vor dem Engpass steht der Luft zunehmend größere Querschnittsfläche zur Verfügung, in welchen die beschleunigte Luft hinein strömen wird. In diesem Bereich (hellblau) ist der statische Druck auf die Sog-Seite S relativ gering. Umgekehrt wird (im Drehsinn) hinter dem Engpass die Luft aufgestaut in diesen enger werdenden Trichter (dunkelblau) hinein. Aufgrund des behinderten Durchsatzes und der erhöhten Dichte ist der statische Druck auf dieser Druckseite D relativ stark.

Die Sog- und Druckseiten beider 'Turbinen-Schaufeln' sind also räumlich sehr weit voneinander entfernt, die Druckdifferenz wirkt jedoch sehr vorteilhaft im Drehsinn des Systems. Diese extrem einfache Bauform könnte somit eine höchst wirkungsvolle Maschine sein - wozu natürlich die optimalen Abmessungen und Drehzahlbereiche experimentell zu ermitteln sind. Beispielsweise wird bei den Laval-Düsen der optimale Winkel am Auslass der Düsen mit etwa zehn Grad angegeben, was hier auf diese Rundungen zu übertragen wäre.

Viel-Eck Innen-Turbine

In Bild 07.06.05 ist die Innen-Turbine T (rot) analog gestaltet, jedoch ist deren Kontur oben-links bei A so gestaltet, dass drei Engpässe zur Außen-Pumpe P (grün) hin gebildet werden. Der Düsen-Effekt mit seiner beschleunigenden Wirkung wird damit drei mal genutzt und auch das Drehmoment wird durch Druckdifferenzen an jeweils drei Sog-Seiten S (hellblau) und Druck-Seiten D (dunkelblau) generiert.

In diesem Bild oben-rechts bei B ist die Innen-Turbine T (rot) als 'rundes Viereck' dargestellt, so dass der Düsen-Effekt ebenfalls vier mal gegeben ist. Allerdings wird damit kein entsprechend höheres Drehmoment erzielt. Die wirksamen Flächen sind zu flach angestellt (wie bei obigem Flügel links in Bild 07.06.04), so dass die Kräfte weitgehend radial zur Systemachse hin wirken. Insofern dürften die einfach geformten Turbinen mit nur zwei oder drei 'Nasen' wirkungsvoller sein, zumindest wenn die Turbine durch den mittigen Zylinder gebildet wird.



Viel-Eck Außen-Turbine

In Bild 07.06.05 unten sind Alternativen dargestellt, wobei der mittige runde Zylinder nun die Innen-Pumpe P (grün) repräsentiert, der äußere Hohl-Zylinder aber die Funktion der Außen-Turbine (rot) übernimmt. Bei C und E sind die Turbinen beispielsweise 'sechseckig' geformt, d.h. sie weist zur Pumpe hin sechs mal einen Engpass auf und jeweils dazwischen

eine Ausweitung nach außen hin. Diese Kontur ist analog zu obigem Bild 06.03.05, anhand dessen im genannten Kapitel die Bewegungsprozesse in Laval-Düsen detailliert erläutert sind.

Jeweils am Auslass der Düse (im Drehsinn vor dem Engpass) kann die Luft beschleunigt in den sich ausweitenden Raum (hellblau) fliegen, also entlang der Sog-Seite S der Turbine. Anschließend wird die Luft wieder aufgestaut und in den Trichter (dunkelblau) des Engpasses hinein gedrückt, so dass sich an der Druck-Seite D erhöhte Dichte und reduzierte Vorwärts-Strömung ergibt. Bei dieser Alternative mit Außen-Turbine sind nun 'Vielecke' vorteilhaft, weil dabei die Druck-Seiten mehr in radiale Richtung weisen. Die auftretenden Druck-Kräfte tragen mit relative starker Komponente zum Drehmoment der Maschine bei.

Asymmetrische Elemente

In Bild 07.06.05 unter rechts bei E ist skizziert, dass die Engpässe und Ausweitungen keinesfalls symmetrisch angelegt sein müssen. Hier sind die Sog-Seite flacher angelegt und damit der Bereich schneller Vorwärtsbewegung (hellblau) länger gestreckt, während die Druck-Seite steiler angestellt ist (mehr in radiale Richtung weist) und der Stau (dunkelblau) damit mehr im Drehsinn des Systems wirksam wird.

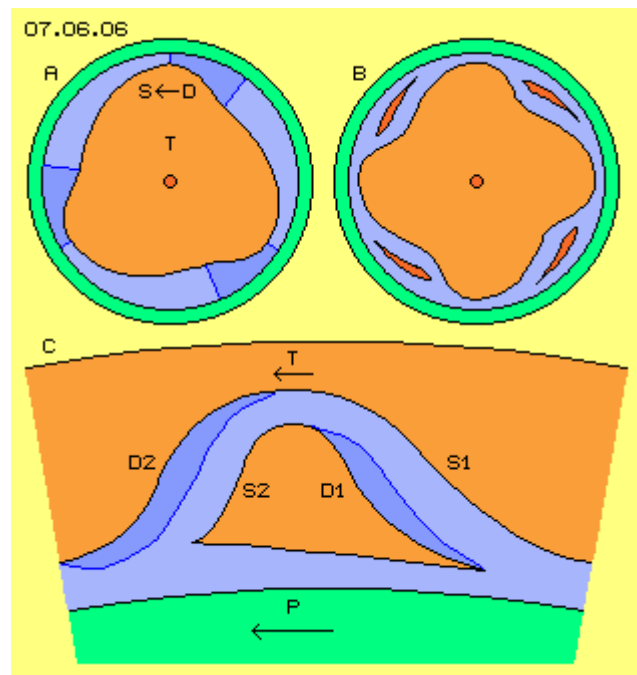
Wenn also die Turbine durch den äußeren Hohl-Zylinder gebildet wird, kann der Düsen-Effekt sehr wohl mehrfach genutzt werden durch möglichst viele Engpässe. Andererseits wird der Auftriebs-Effekt an solchen 'Schaufel-Elementen' effektiver nutzbar, indem die Sog- und Druck-Seiten unterschiedliche Neigung zur radialen Richtung aufweisen.

Diese Asymmetrie kann natürlich auch bei einer Innen-Turbine eingesetzt werden, wie in folgendem Bild 07.06.06 oben-links bei A schematisch dargestellt ist. Dort ist wiederum vorige 'drei-eckige Innen-Turbine' T (rot, analog vorigem Bild oben-links bei A) eingezeichnet, nun aber mit flacher Sog-Seite S bzw. lang gestrecktem Sog-Bereich (hellblau). Dadurch kann die Druck-Seite D steiler angestellt sein, d.h. mehr in radiale Richtung weisen und der Stau (dunkelblau) kann im Drehsinn des Systems effektiver wirksam werden.

Zusatz-Flügel

Je länger die Sog-Seite gestreckt wird, desto länger kann auch die Druck-Seite in radialer Richtung angelegt werden. Andererseits besteht die Gefahr von Rückströmung entlang der Sog-Seite (analog zum Strömungsabriss an Tragflächen), wenn die Querschnittsfläche im Sog-Bereich zu stark erweitert wird. In diesem Bereich könnten jedoch Zusatz-Flügel installiert werden, beispielsweise wie in Bild 07.06.06 oben-rechts bei B dargestellt ist.

Diese Innen-Turbine weist 'vier-eckig' Form auf, d.h. es werden vier Engpässe zur Pumpe hin gebildet. Die Kontur der Turbine ist stark asymmetrisch angelegt mit lang gestreckter Sog-Seite und entsprechend steil angestellter Druck-Seite. Durch die zusätzlich installierten Flügel wird Luft nach innen gelenkt, um anschließend an der Druck-Seite wieder nach außen umgelenkt zu werden. Damit liegt am Einlass zur Düse erhöhter statischer Druck an.



Diese zusätzlichen Flügel könnten natürlich auch beim der alternativen Version, also bei einer Außen-Turbine eingesetzt werden. In größerem Maßstab (und etwas überzeichnet) ist diese Anordnung im Bild unten bei C skizziert. Die Pumpe P (grün) ist hier nur als Ausschnitt des mittigen Zylinders gezeichnet und außerhalb davon ein Sektor des Hohl-Zylinders, also der Turbine T (rot).

Die Turbinen-Innenwand weist eine Vertiefung auf mit einer Sog- und einer Druck-Seite. In dieser Vertiefung ist ein zusätzliches Element eingefügt (rot, analog vorigem Zusatz-Flügel). An dessen Druck-Seite D1 wird die Luft nach außen gelenkt durch einen Kanal, welcher andererseits durch die Sog-Seite S1 begrenzt wird. An beiden Oberflächen herrscht Druckdifferenz und es wird damit Drehmoment generiert. Anschließend wird die Luft an der Druck-Seite D2 wieder zur Pumpe hin geführt, wobei auch dieser Kanal wieder durch die gegenüber liegende Sog-Seite S2 gebildet wird. Die Luft wird also an zwei Druck-Seiten umgelenkt (wobei diese Stau-Bereiche hier dunkelblau markiert sind).

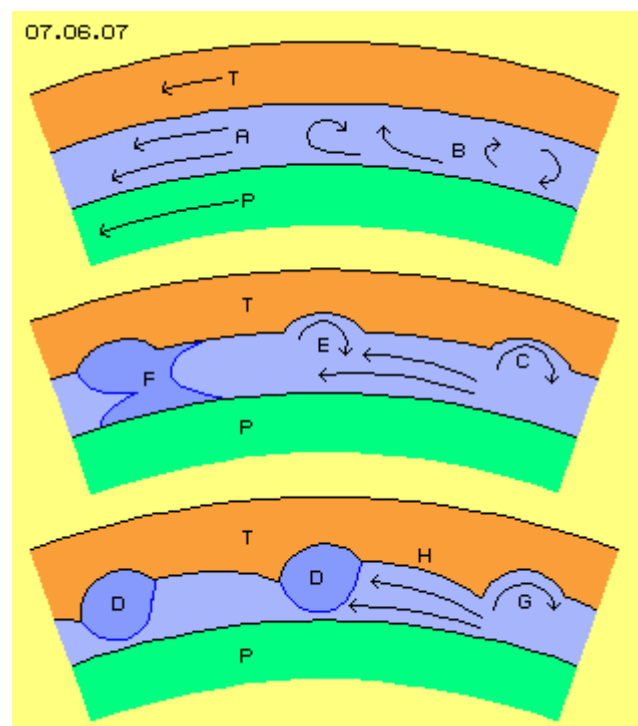
Es gibt also diverse Anordnungen zur Nutzung des Düsen-Effekts und zur Generierung von Drehmoment durch Differenz statischen Drucks an Sog- und Druckseiten. Die zuletzt dargestellten Möglichkeiten durch Einsatz von zusätzlichen Flügeln bzw. Leit-Elementen wird aber der Zielsetzung einer möglichst einfachen Konstruktion nicht gerecht. Im Bereich der Düsen treten enorme Kräfte auf und die Bauelemente sollten darum möglichst stabile Form aufweisen, egal ob eine Innen- oder Außen-Turbine eingesetzt wird. In Folgenden wird dazu ein wichtiger Aspekt diskutiert.

Chaotische Abroll-Bewegung

In Bild 07.06.07 sind drei mal untereinander ein Sektor einer Außen-Turbine T (rot) und ein entsprechender Abschnitt der Innen-Pumpe P (grün) dargestellt. Wie immer ist die Oberfläche der Pumpe rund und glatt, während die Oberfläche der Turbine strukturiert ist. Generell dreht die Pumpe schneller als die Turbine (siehe Pfeile P und T).

Unterstellt wird zunächst, dass auch die Turbine eine glatte und runde Oberfläche aufweist. Es werden sich dann zwischen beiden Oberflächen Strömungsschichten (siehe Pfeile A) ausbilden mit von innen nach außen abnehmender Geschwindigkeit. Diese Schichten gleiten aber nicht 'reibungsfrei' aneinander entlang, vielmehr werden turbulente Strömungen aufkommen (siehe gekrümmte Pfeile B) mit höchst unterschiedlichem Bewegungsmuster. Phasenweise werden sich die Oberflächen 'fest-saugen', werden chaotische Wirbel 'rumpeln wie ein ausgeschlagenes Lager' und phasenweise gleiten beide Oberflächen 'wie auf Kugellagern'.

Es treten also 'Reibungsverluste' in fortwährend wechselndem Umfang auf und nur unter ganz gestimmten Drehzahl-Verhältnissen läuft diese Anordnung wirklich 'rund'. Die chaotische Änderung von Bewegungen müsste ersetzt werden durch geordnete Bewegungsstrukturen. Zweckdienliche Maßnahmen sind mittig in diesem Bild skizziert.



Fixierte Wirbel

In der Oberfläche der Turbine könnten runde Vertiefungen C angebracht werden, hier z.B. ein Drittel eines Kreis-Durchmessers tief. Darin werden rück-drehende Wirbel aufkommen, die je nach Drehzahl verstärkt drehen oder auch flach gedrückt werden. In jedem Fall wird damit der Ort eines Wirbels fixiert und die Luft fließt danach frei bis zum nächsten Wirbel in der nächsten Vertiefung E. Dort trifft die Wirbel-Strömung aus der Vertiefung nun seitlich auf die generelle Vorwärtsbewegung.

Dieses Zusammentreffen der Strömungen wirkt praktisch wie ein Engpass bzw. erzeugt einen Staubereich F (dunkelblau). Der Staudruck wird über den Wirbel an die Druckseite (vorn im Drehsinn des Systems) der Vertiefung weiter gegeben und erzeugt mittelbar damit Drehmoment. Zum andern kommt es in diesem Bereich relativ hoher Dichte häufiger zu Mehrfach-Kollisionen, d.h. zur Differenzierung der Geschwindigkeiten aller beteiligten Partikel. Mit 'über-höher' Geschwindigkeiten werden Partikel aus dieser Engstelle nach vorn 'hinaus geschossen'.

Überschall-Antrieb

Oben wurde bereits auf das Kapitel '06.03. Überschall-Motor' verwiesen, so dass hier nur noch einmal kurz die wesentlichen Fakten anzusprechen sind. Die normale Geschwindigkeit von Luft-Partikeln sind etwa 500 m/s. Schall-Impulse wandern im Durchschnitt auf einem Zickzack-Kurs im Raum vorwärts mit diesen rund 330 m/s. Wenn zwei Partikel in rechtem Winkel aufeinander zu fliegen und zeitgleich einen dritten (ruhenden) Partikel treffen, fliegt dieser mit rund 700 m/s vorwärts (siehe dortige 'Querschläger, Steher und Raser'). Aus einer (Laval-) Düse heraus können Partikel mit bis zu doppelter Schallgeschwindigkeit hinaus fliegen und im Durchschnitt sehr wohl mit Schallgeschwindigkeit.

Wenn die Oberflächen von Turbine und Pumpe sich mit 20 oder 40 oder 80 m/s im Raum bewegen, sind sie immer vielfach langsamer als diese Partikel. Diese werden in relativ flachem Winkel mit den Oberflächen kollidieren und üben damit Schub aus, auf die Turbine wie auf die Pumpe. Diese über-schnellen Partikel treffen letztlich auf den nächsten Wirbel und 'heizen' diesen auf. Diese über-schnellen Partikel werden dabei nach innen umgelenkt, aber immer in Vorwärts-Richtung, d.h. niemals fliegen diese Partikel auch gleich schnell im Drehsinn wieder zurück.

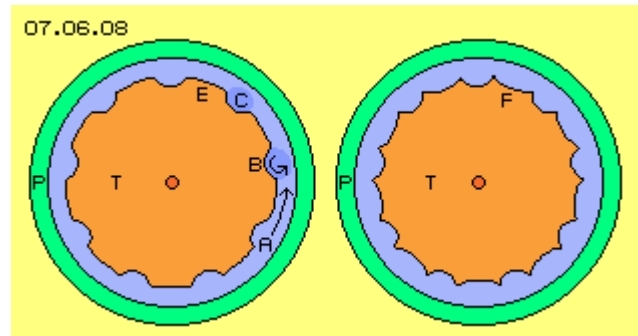
Die optimale Kontur der Vertiefungen und der Abstände zwischen den Vertiefungen und zwischen den Oberflächen wird nur praktisch zu ermitteln sein, wobei auch die Relation der Drehzahlen eine große Rolle spielen wird. In vorigem Bild 07.06.07 unten sind mögliche Varianten skizziert. Die Vertiefungen G wird etwas schräg gestellt, wenn die Turbinen-Oberfläche H zwischen den Vertiefungen keinen Kreisbogen konzentrisch zur Systemachse darstellt, sondern etwas geneigt ist. Damit erweitert sich die Querschnittsfläche für obige über-schnellen Partikel bis zum nächsten Wirbel.

Das wesentliche Merkmal dieser Variante ist also, dass Engpässe nicht mehr durch eine 'Nase' aus festem Material gebildet werden, sondern die Bereiche der Wirbel in den Vertiefungen (D, dunkelblau in vorigem Bild) einen 'weichen' Engpass darstellen. Dieser wirkt genauso wie eine Düse aus festem Material, aber zugleich wird die Strömung zwischen den Engpässen besser strukturiert.

Es werden damit die oben erwähnten Strömungs-Abrisse an langen Sog-Seiten oder breiten Sog-Bereichen vermieden. Und es wird Strömungsdruck über den 'elastischen' Wirbel an die Druckseiten der Vertiefungen übergeben. Nicht zuletzt wird damit aber Strömungs-Geschwindigkeit generiert, die schneller als die Turbine und die Pumpe ist und damit ein genereller Schub auf die glatten Oberflächen ausübt. Diese Maschine läuft nicht nur 'wie auf Kugellager' - sondern wird in bestimmten Drehzahl-Bereichen selbst-beschleunigend sein.

Gleichsinnige Drehungen

In Bild 07.06.08 sind vorige Überlegungen nun auf die generelle Alternative mit der Außen-Pumpe P (grün) und Innen-Turbine T (rot) übertragen. Die Luft A zwischen beiden Oberflächen bewegt sich generell vorwärts im Drehsinn des Systems, hier also links-drehend. Die Vertiefungen B sind an der langsamer drehenden Turbinen-Oberfläche angebracht und darin werden die Wirbel ebenfalls links-drehend sein (während sie im obigen Bild 07.06.07. recht-drehend sind).



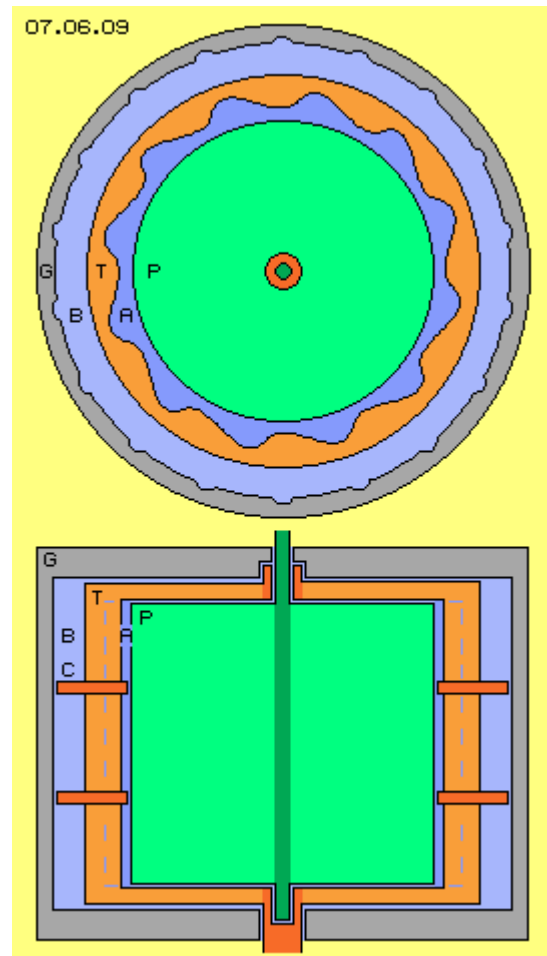
Im übrigen wirken diese Wirbel C bzw. diese 'weiche Engpässe' wie oben beschrieben. Wie dort wird sich die optimale Kontur der Turbinen-Oberfläche nur experimentell ermitteln lassen. Angedeutet sind hier z.B. nur Alternativen zur Gestaltung der Oberfläche zwischen den Vertiefungen: im Bild links bei E sind diese Flächen nach außen gekrümmte Kreisbogen, im Bild rechts bei F sind die Flächen zwischen den Vertiefungen etwas nach innen gekrümmt. Damit würde zwischen den Vertiefungen praktisch wieder eine Sog- und Druck-Seite gebildet. Der Luft steht damit zunächst etwas mehr Querschnitt zur Verfügung und anschließend wird sie etwas mehr tangential zum nächsten Wirbel geführt.

Der wesentliche Unterschied zu voriger Version ist aber, dass nun die Drehung um die Systemachse und die Drehung der Wirbel in den Vertiefungen gleichsinnig sind. Oben wurde bereits erwähnt, dass überlagerte, gleichsinnige Kreisbewegungen sehr fluid-konforme Bewegungsmuster sind - und darüber hinaus besonders äther-konform, weil dieses zugleich die generelle Bewegungsform allen Äthers ist. Es könnte also durchaus zu Resonanz-Phänomenen kommen, was z.B. als 'Einkopplung von Raum-Energie' umschrieben wird (aber dieses Thema ist an anderer Stelle zu diskutieren, z.B. inklusiv der Problematik, warum Luft-Partikel in ständiger Bewegung sind und bleiben).

Konstruktion

In Bild 07.06.09 ist ein Beispiel dieser generellen Konzeption in einem Quer- und Längsschnitt dargestellt, allerdings nur schematisch und keinesfalls maßstabsgerecht. Es ist hier eine Innen-Pumpe P (grün) eingezeichnet, eine Außen-Turbine T (rot) mit diversen asymmetrischen Vertiefungen. Zwischen beiden befindet sich Luft A (dunkelblau) als Arbeitsmedium.

Oben wurde angesprochen, dass zwischen dem Hohl-Zylinder und dem Gehäuse G (grau) ausreichend Abstand gegeben sein sollte, so dass dort die Luft B (hellblau) mit möglichst geringem Reibungs-Widerstand zirkulieren kann. Die Reibungs-Verluste können nochmals reduziert werden, wenn die Gehäusewand analog zur Turbinen-Oberfläche gestaltet wird. Es könnten also Vertiefungen angebracht werden (wie hier skizziert), damit ortsfeste Wirbelstrukturen sich ausbilden. Alternativ dazu könnten Erhebungen an der Gehäusewand



angebracht sein und damit Engpässe gebildet werden. Damit wird per Laval-Düsen-Effekt auch diese Luft B beschleunigt und damit Schub an der äußeren Turbinen-Oberfläche erzeugt.

Problematisch sind die Stirnseiten von Gehäuse, Turbine und Pumpe, weil dort plane Flächen mit unterschiedlicher Geschwindigkeit aneinander vorbei gleiten. Wenn nicht genügend Abstand gegeben ist, besteht die Gefahr des 'Fest-Saugens'. Abhilfe schaffen auch hier kleine Kerben in radialer Richtung, so dass sich wiederum eine stabile Wirbelstruktur ausbilden kann.

Unvermeidlich wird dort Luft nach außen gefördert, d.h. durch mittige Öffnungen oder notfalls durch die Kugellager wird Luft eingesaugt. Nach außen kann aber keine Strömung abfließen, so dass sich nur etwas erhöhter Luftdruck im Innenraum aufbauen wird. Das ist durchaus vorteilhaft, weil höhere Dichte zugleich höhere Leistung erbringen wird.

In Engstellen treten sehr starke 'Sog-Kräfte' auf, d.h. der statische Druck ist aufgrund schneller Strömung extrem niedrig. Bei entsprechenden Experimenten 'implodierten' Bauteile des Öfteren, d.h. wurden trotz stabiler Bauweise vehement nach innen verbogen. Der Hohl-Zylinder sollte darum mehrfach durch ringförmige Scheiben C ausreichend gesichert werden bzw. alle Oberflächen sind entsprechend stabil zu bauen.

Der Antriebsmotor und Elektrogenerator sollten direkt an den Wellen angeflanscht sein, also am Gehäuse gegenüber liegend. Alternativ könnte ein Zahnrad-Getriebe eingesetzt werden. Kraftübertragung per Riemen ist nicht ausreichend zuverlässig und stellt ein Sicherheitsrisiko dar.

Betriebs-Modus

Das System wird gestartet, indem die Pumpe in Drehung versetzt wird. Per Haftreibung kommt auch die Luft an der Pumpen-Oberfläche in Drehung. So lang an der Turbine keine Last anliegt, wird auch diese allein aufgrund Haftreibung mit-gezogen und dreht nach einiger Zeit fast gleich schnell wie die Pumpe. Erst wenn die Turbine durch Anlegen von Last verzögert wird, ergeben sich wesentliche Geschwindigkeits-Differenzen. Einerseits wird die Luft am Düsen-Einlass aufgestaut, so dass nun erhöhter statischer Druck an den Druck-Seiten der 'Turbinen-Schaufeln' (egal welcher der obigen Varianten) anliegt. Andererseits wird am Düsen-Auslass die Strömung entscheidend beschleunigt. Diese Partikel fliegen sehr schnell an den Sog-Seiten entlang und üben relativ geringen statischen Druck auf diese aus. Anschließend treffen sie mit ihrer hohen kinetischen Energie auf die Druck-Seiten bzw. drücken die Luft im Staubereich zusammen.

Erst durch Differenz der Drehzahl von Pumpe und Turbine kommt also der Düsen-Effekt zustande. Im Gegensatz zu anderen Konzeptionen ist dieses System nur bedingt durch die Rotations-Geschwindigkeit der Pumpe zu steuern. Wenn die Pumpe beschleunigt wird, ergibt sich keinesfalls umgehend auch höhere Leistung. Es wird damit nur die Luft im Engpass etwas schneller vorwärts gedrückt und ein Teil dieser Energie liegt im nächsten Staubereich als zusätzlicher Druck an. Mit zusätzlicher Antriebskraft wird also bestenfalls entsprechend höheres Drehmoment erzeugt, aber kein Mehr-Nutzen erreicht. Dieser wird ausschließlich durch die Beschleunigung von Partikeln in den Laval-Düsen erreicht.

Wenn umgekehrt die Pumpe verzögert wird, wird der Durchsatz im Engpass etwas reduziert, d.h. es liegt erhöhter Staudruck und damit mehr Schub an den Druck-Seiten der Turbine an. Es wird damit die Häufigkeit von Mehrfach-Kollisionen im Staubereich ansteigen und damit werden vermehrt Partikel mit überhöhter Geschwindigkeit nach vorn aus dem Engpass-Bereich hinaus geschossen. Diese erhöhen den Staudruck im nächsten (im Drehsinn davor befindlichen) Engpass-Bereich. Eine Reduzierung der Pumpen-Drehzahl führt also keinesfalls zur entsprechend geringerem Drehmoment.

Selbst wenn die Pumpe bis zum Stillstand abgebremst wird, gibt es noch immer den Düsen-Effekt, d.h. existiert weiterhin Schub auf die Druck-Seiten im Staubereich und schnell davon fliegende Partikel aus dem Engpass hinaus. Die Turbine führt praktisch ihr 'Triebwerk' mit sich, das allerdings umgekehrt z.B. zu einem Strahl-Triebwerk arbeitet: der 'Strahl' ist hier nach vorn gerichtet, indem Partikel mit überhöhter Geschwindigkeit nach vorn (im Drehsinn des Systems) fliegen. Der Schub wirkt per Stau am Düsen-Einlass (im Drehsinn hinter dem Engpass).

Dieses System arbeitet nicht nach dem 'Rückstoss-Prinzip': auch im Staubereich ist die generelle Bewegung molekularer Bewegung nach vorn gerichtet. Nur wenn (mindestens) zwei Partikel zeitnah auf einen dritten stoßen, wird die kinetische Energie gemeinsam auf den Dritten übertragen. Dieser 'Raser' fliegt mit überhöhter Geschwindigkeit davon in den relativ leeren Raum. Die energie-abgebende Partikel bleiben zurück mit relativ geringerer kinetischen Energie bzw. Bewegung ('Steher' genannt im genannten Kapitel) und setzen der nächsten Kollision nur geringen Widerstand entgegen. Die hohe kinetische Energie der schnellen Strömung aus der Düse hinaus geht also zu Lasten der langsamen Bewegung von Partikel direkt im Engpass der Düse (Details siehe genanntes Kapitel).

Es wird also keine zusätzliche Energie 'produziert', vielmehr wird lediglich die zeitliche und räumliche Verteilung der durchschnittlichen Geschwindigkeit molekularer Bewegungen und deren Richtungen differenziert. Insgesamt ist die Summe aller kinetischer Energie selbstverständlich konstant. Die zeitweilige Beschleunigung geht zulasten verzögerter Geschwindigkeit im Engpass und führt dort zu Staudruck im Drehsinn des Systems. Die beschleunigten Partikel geben ihre kinetische Energie an die Druckseiten oder eben diesen Stau hinein wieder ab.

Warnung und Haftungs-Ausschluss

Die Leistung des Systems ist also nur bedingt über die Drehzahl der Pumpe zu steuern, so dass dieser Motor vorwiegend zur Generierung einer relativ konstanten Leistung einzusetzen ist. Schon beim Starten des Systems sollte Last an der Turbinen-Welle anliegen. Sobald der Bewegungsprozess innerhalb der Düsen in Gang gesetzt wurde, läuft er autonom weiter. Das System kann darum durchaus in einen Zustand der Selbst-Beschleunigung kommen. Selbst das Abstoppen der Pumpe beendet die Funktion der Düsen nicht. Diese Maschine darf darum niemals in Betrieb gesetzt werden ohne eine garantiert wirksame mechanische Bremse an der Turbinen-Welle.

Ich verweise in aller Deutlichkeit auf diese Gefahren. Ich beschreibe hier lediglich theoretisch eine generelle Bauweise zur Nutzung von Auftrieb an gekrümmten Oberflächen und die Nutzung von Beschleunigung in (Laval-) Düsen. Die Verantwortung und Haftung für Risiken beim Bau und Betrieb realer Maschinen liegt ausschließlich bei den Konstrukteuren, Herstellern und Betreibern.

Beispiel-Daten

Es wird kaum möglich sein, die Leistung dieser Maschinen theoretisch zu berechnen, allein weil die Relativ-Geschwindigkeiten der Luft zwischen Pumpe und Turbine bei unterschiedlichen Drehzahlen sich anders verhalten. Insofern können folgende Beispiel-Daten nur einen äußerst groben Anhaltspunkt darstellen.

Das Gehäuse könnte einen Außen-Radius von 50 cm und einen Innen-Radius von 47 cm aufweisen. Bei einem Abstand von 4 cm könnte die Turbine am Radius von 43 cm bis 39 cm angelegt sein. An einem Umfang von rund 250 cm könnten 20 'Turbinen-Schaufeln' von jeweils 12.5 cm Länge und 2.5 cm Tiefe angelegt sein. Die Höhe des Turbine könnte z.B. 200 cm sein. Als wirksame Fläche würden damit $A = 20 * 2.5 * 200 = 10000 \text{ cm}^2$ bzw. rund 1 m^2 verfügbar sein.

Wenn der Engpass zwischen Turbine und Pumpe mit 2 cm angesetzt würde, hätte die Pumpe einen Außen-Radius von 37 cm und damit einen Umfang von rund 230 cm. Wenn diese Pumpe z.B. mit 1200 rpm gefahren wird, also 20 Umdrehungen je Sekunde, bewegt sich die Pumpen-Oberfläche mit rund 46 m/s im Raum.

Wenn die Turbine halb so schnell dreht, also mit 600 rpm bzw. 10 Umdrehungen je Sekunde gefahren wird, bewegt sich die Turbinen-Oberfläche (im Mittel etwa) mit 25 m/s vorwärts. Die Differenz der Geschwindigkeiten von Pumpe (obige 46 m/s) und Turbine (25 m/s) ist also rund 20 m/s. Es kann unterstellt werden, dass die Luft sich mit dieser Relativ-Geschwindigkeit entlang der Druck-Seiten der Turbine bis zum Engpass bewegt. Die Luft verlässt den Engpass sehr viel schneller. Bei vorsichtiger Betrachtung kann unterstellt werden, dass die Luft mit mindestens 50 m/s entlang der Sog-Seiten der Turbine fliegt.

Wenn die Dichte der Luft mit 1.2 kg/m^3 unterstellt wird, ist der Strömungsdruck damit einerseits $P = 0.5 * 1.2 * 20^2 = 240 \text{ kg/ms}^2$ und andererseits $P = 0.5 * 1.2 * 50^2 = 1500 \text{ kg/ms}^2$. Diese Differenz $D = 1500 - 240 = 1260 \text{ kg/ms}^2$ entspricht der Differenz statischen Drucks auf die Sog- und Druckseiten. Deren wirksame Fläche ist rund 1 m^2 , so dass auf dieser Fläche eine Kraft $F = 1260 * 1 = 1260 \text{ kgm/s}^2$ bzw. 1260 N anliegt. Diese Kraft wird an einem Hebelarm von etwa 0.4 m wirksam, so dass ein Drehmoment von $M = 1260 * 0.4 =$ rund 500 Nm gegeben ist. Dieses Drehmoment liefert die Turbine bei einer Drehzahl von 600 rpm, so dass sich eine theoretische Leistung von $P = 500 * 600 / 9550 =$ rund 30 kW ergibt.

Dieser Wert ist eine grobe Schätzung und kann nur als Anhaltspunkt für die mögliche Größenordnung der Brutto-Leistung dieser Maschine dienen. Diesem Wert steht zunächst der Aufwand für den Antrieb der Pumpe gegenüber, der jedoch weniger als ein Zehntel sein wird (weil die schnelle Strömung auch Schub auf die Pumpen-Oberfläche ausübt). Dieser Wert wird reduziert durch alle Reibungsverluste, z.B. aus Luftbewegung zwischen Gehäuse und Turbine und zwischen den Stirnflächen von Gehäuse, Turbine und Pumpe. Natürlich ergeben sich auch mechanische Verluste in den diversen Lagern. Sowohl der Elektromotor als auch der Elektrogenerator arbeiten nicht vollkommen verlustfrei, ebenso die Zwischenspeicherung elektrischer Energie in Akkumulatoren.

Die Netto-Leistung des Gesamt-Systems wird also weitaus geringer als obige theoretische Brutto-Leistung sein. Aber selbst wenn nur die Hälfte der umgesetzten Energie letztlich nutzbar bleibt, könnte eine solche Anlage den Energie-Bedarf eines Hauses sehr wohl decken.

Steuerung per Dichte

Angesichts dieser Werte wird klar, dass obige Warnung ernst zu nehmen ist. Dabei ist zu beachten, dass beim Hochfahren der Pumpe keinesfalls die Leistung ebenso langsam ansteigt. Im Normalfall wird anfangs gar keine Leistung gegeben sein und erst bei bestimmter Drehzahl 'springt' die Düsen an und kann die Leistung vehement ansteigen. Andererseits könnte bei noch höherer Drehzahl die Leistung wieder abfallen, wenn dabei kein konstant optimales Wirbelmuster existiert. Immer aber muss man sich bewusst sein, dass die Laval-Düsen bei geeigneten Verhältnissen 'aus dem Nichts heraus' überschall-schnelle Strömungen generieren können.

Generell steigt die Leistung von Fluid-Maschine mit dem Quadrat zur Geschwindigkeit, also wird man auch hier generell durch schnellere Rotation mehr Leistung erreichen können (wobei dieser Hohl-Zylinder nicht mit beliebiger Geschwindigkeit gefahren werden kann). Höhere Leistung kann auch durch größere wirksame Flächen erreicht werden, also größeres Bauvolumen (wobei hier eine 'Modul-Bauweise' sich anbietet, d.h. die langen (Hohl-) Wellen auch mehrfach im Gehäuse gelagert sein können). Im Gegensatz zu konventionellen Windkraftanlagen können solche 'Türme' auch unterirdisch angelegt sein - und ihre Leistung ist jederzeit verfügbar.

Mehr Leistung bei unverändertem Bauvolumen lässt sich auch erreichen, wenn anstelle von Luft normalen atmosphärischen Drucks als Arbeitsmedium komprimierte Luft verwendet wird. Die wirksame Masse obigen Beispiels sind rund 0.2 m^3 Luft, also nur rund 0.25 kg . Bei z.B. zwei oder fünf bar wird der Druck von 0.5 kg oder von 1 kg Masse wirksam. Wenn also der Innenraum der Maschine unter erhöhten Druck gesetzt wird, steigt die Leistung entsprechend - und zwar spontan. Über variablen Luftdruck in der Maschine ist also auch bei konstanter Drehzahl unterschiedliches Drehmoment abrufbar.

Diese Steuerung über den internen Betriebs-Druck ist auch in umgekehrter Sicht wertvoll: die Leistung fällt sofort ab, wenn Luft aus der Maschine abgesaugt wird (bzw. in einen zuvor 'luftleeren' Tank entlassen wird). Mit dieser Maßnahme kann eine unkontrollierte Selbst-Beschleunigung der Maschine unterbunden werden. Im Gegensatz zu den Fluid-Maschinen anderer Kapitel bietet sich hier also an, die Leistung dieses Windturms über größere oder geringere Dichte des Arbeitsmediums zu steuern.

Test Modus

Die Leistung der Maschine ergibt aus dem Drehmoment und der Drehzahl der Turbine. Das Drehmoment ergibt sich aus den Relativ-Geschwindigkeiten der Strömungen entlang der Sog- und Druckseiten der Turbine und deren Gestaltung. Die Optimierung der Oberflächen-Struktur und der Abmessungen z.B. zwischen Pumpe und Turbine kann also auch an einer nicht-drehenden Turbine erfolgen.

Für solche Tests sollte die Drehung der Turbinen unterbunden sein, z.B. indem an der Turbinen-Welle ein Hebel fixiert ist mit Anschlag in Drehrichtung. Andererseits kann an diesem Hebel per Zug-Waage das Drehmoment in Drehrichtung gemessen werden. Das für den Antrieb der Pumpe jeweils eingesetzte Drehmoment ist bekannt. Somit kann der Drehmoment-Überschuss ermittelt werden für unterschiedliche Drehzahl-Bereiche der Pumpe. Im Vergleich zu anderen Oberflächen-Strukturen und anderen Abmessungen wird das Optimum experimentell zu ermitteln sein. Das Ergebnis bei stehender Turbine ist übertragbar auf eine drehende Turbine, wenn die Relativ-Geschwindigkeit zur (dann entsprechend schneller drehenden) Pump gleich bleibt.

Ausblick

Die Wirksamkeit dieses generellen Prinzips wird sich bald feststellen lassen - bzw. analoge Experimente belegen die Effekte bereits eindeutig. Allerdings wird viel Arbeit anfallen, um optimale Formen, Abmessungen und Drehzahlbereiche durch praktische Experimente zu ermitteln. In jedem Fall aber wird nun die kinetische Energie der Luft nutzbar, erstmals in einer äußerst einfachen Konzeption, durch ebenso eindeutige Effekte: die Kräfte des Auftriebs an gekrümmten Flächen und die Beschleunigung von Strömungen durch Düsen.