

Alfred Evert

Die FLETTNER-BOX - eine neue Interpretation des Magnus-Effekts

Flettner / Magnus / Bernoulli

In 1926 fuhr der Frachter 'Buckau' (später umbenannt in 'Baden-Baden', in Abb. 1 oben) über den Atlantik. Anton Flettner hatte die ursprüngliche Segel-Takelage ersetzt durch zwei Zylinder (Durchmesser 3 m, Höhe 15 m). Die Zylinder wurden in Drehung gehalten durch einen Elektromotor von 37 kW. Damit wurde der Wind an der Vorderseite etwa dreifach beschleunigt, an der Rückseite aber etwas aufgestaut. Ursache des Vortriebs war der bekannte 'Magnus-Effekt' (im Bild unten links): der statische Druck auf den Rotor ist vorn relativ gering aufgrund der schnellen Strömung, hinten aber stärker aufgrund der langsameren Strömung (grüner und roter Pfeil). Der Vortrieb per 'Flettner-Zylinder' war sehr effektiv. Die Fracht-Segler waren aber nicht mehr konkurrenzfähig gegen Frachter mit Diesel-Maschinen. Diese Erfindung geriet darum in Vergessenheit, mit Ausnahme einiger Experimental-Fahrzeuge neuerer Zeit.

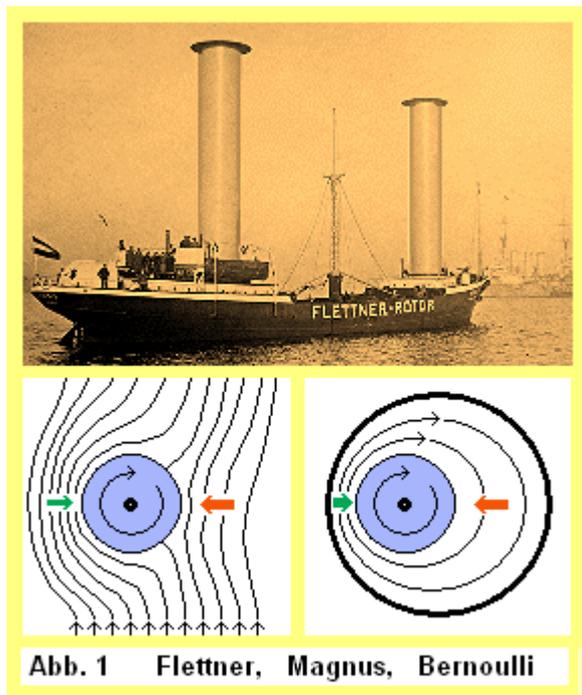
Beim Glocken-Motor (siehe www.evert.de) wurden die Luft-Bewegungen an Tragflächen und Segeln in geschlossenen Behältern abgebildet, so dass Auftriebs- und Vortriebs-Kräfte ohne natürlichen (Fahrt-) Wind erzielt werden. Ebenso müsste das erfolgreiche Prinzip der rotierenden Zylinder in einem geschlossenen System zu realisieren sein, wie nachfolgend untersucht wird.

Unten rechts in Abb. 1 ist der zylinder-förmige Rotor (blau) in einem größeren runden Hohl-Zylinder installiert. Durch die Drehung des Rotors wird per Haftreibung die Luft im Kreis gefördert. Die Luft wird durch einen engen Querschnitt (links) rasch hindurch gezogen. Im weiten Querschnitt (rechts) wird die Strömung entsprechend langsamer. Nach den bekannten Bernoulli-Gleichungen ergibt sich auf die 'Rohr-Wände' statischer Druck unterschiedlicher Stärke. Daraus resultiert hier eine nach links gerichtete Schubkraft (aus der Differenz der roten und grünen Pfeile).

Inverse Anordnung

In Bild 05.19.02 bei A ist diese 'invertierte Anordnung' noch einmal skizziert. Relevant ist nun die Außenwirkung des Behälters, der differenzierten Innendruck (siehe grünen und roten Pfeil) aufweisen muss gegenüber dem außen rundum anliegenden, normalen atmosphärischen Druck. Im Innern ist dabei unterschiedlich schnelle Luftbewegung erforderlich. Dazu ist nicht unbedingt dieser massive Zylinder erforderlich, auch ein filigraner 'Rotor-Käfig' kann einen 'massiven Luftwirbel' erzeugen und fortgesetzt in Drehung halten. Der Behälter muss nicht unbedingt kreisförmig sein. Es sind zwei Halbkreise ausreichend, die mit geraden Wänden verbunden sind.

In Abb. 2 bei B rotiert ein Rotor mit drei Rotor-Blättern (blau) entlang der konkaven, möglichst glatten 'Gleitfläche' (GF, grün). Die Rotor-Blätter sind leicht angestellt, so dass sie die Luft entlang dieser Fläche 'abschälen bzw. absaugen' (sehr viel effektiver als mit einem massiven Zylinder zu erreichen wäre). Es wird sich ein konzentrierter Potentialwirbel bilden.



Alle anderen Innen-Flächen sollten rau sein, so dass die Strömung an der gegenüber liegenden 'Haftfläche' (HF, rot) wesentlich langsamer ist. Damit dort die Luft möglichst ruhend ist, könnte dieser Bereich auch geschützt werden durch einen 'Gitter-Zaun' (hier markiert durch die schwarzen Punkte).

Bei C sind schematisch die Bereiche starken und schwachen Innen-Drucks rot und grün markiert, die wirksamen Kräfte sind durch Pfeile markiert. Bei D ist ein Längsschnitt durch den Behälter skizziert. Der Motor (M, grau) versetzt die Rotor-Welle (dunkelblau / weiß) in Drehung. An dieser sind zwei Stäbe oder Scheiben (hellblau) fest montiert. Außen sind die (leicht angestellten) Rotor-Blätter (dunkelblau) fest montiert. Diese bewirken rechts entlang der Gleitfläche reduzierten statischen Druck (grün). Links im Behälter herrscht stärkerer statischer Druck (rot). Der Außendruck ist überall gleich stark. Die Differenzen an der linken und rechten Wand schieben das Fahrzeug nach links.

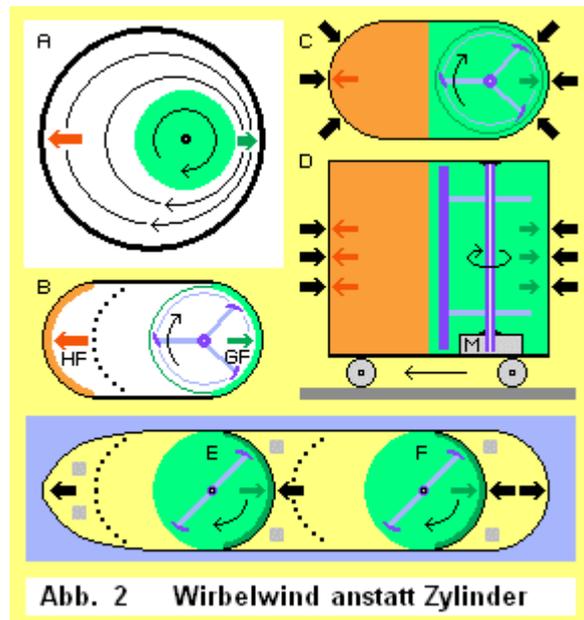


Abb. 2 Wirbelwind anstatt Zylinder

In Abb. 2 sind unten zwei Einheiten im Rumpf eines Schiffes installiert (E und F, hier z.B. mit nur jeweils zwei Rotor-Blättern). Wenn deren Gleitflächen so groß wie die Zylinder der 'Buckau' und die beiden 'künstlichen Wirbelwinde' vergleichbar schnell wären, liefe dieses Schiff 'volle-Kraft-voraus' wie die 'Buckau'. Allerdings wäre dieses Schiff vollkommen unabhängig vom natürlichen Wind und der Vortrieb nach Belieben steuerbar.

Der Rumpf müsste kein hermetisch geschlossener Behälter sein, es könnten durchaus die Luken (grau) im Rumpf geöffnet sein. Es kommt nur darauf an, dass an den 'Sogseiten dieser internen Segel' der statische Andruck reduziert ist.

Nutzung Freier Energie

Die 'Buckau' hatte fast 100 m² 'Segelfläche' installiert (wie auch bei diesen im Rumpf fest montierten Einheiten). Der normale Luftdruck lastet darauf mit fast 1.000.000 kg. Wenn auf der Gegenseite der statische Druck nur um ein Hundertstel reduziert ist, beträgt die wirksame Differenz 10.000 kg. Diese rund 100 kN entsprechen der Schubkraft eines Düsentriebwerks gängiger Verkehrsflugzeuge. Dieser Vortrieb ist natürlich auch ausreichend, um ein Schiff gegen den Widerstand des Wassers vorwärts zu schieben. Für die Rotation der Zylinder waren bei der 'Buckau' nur Elektromotoren von ein paar kW Leistung erforderlich - und ebenso wird es bei obiger Konzeption der Flettner-Box sein.

In der gängigen Technologie werden Kraftwirkungen fast ausschließlich durch die Umwandlung einer Energie-Form in eine andere erreicht, wobei Energie-Konstanz gilt und unvermeidlich Verluste auftreten. Hier findet keine Energie-Umwandlung statt, hier wird die frei verfügbare Energie der normalen Molekular-Bewegung genutzt, indem deren (chaotische) Bewegungsrichtung nur ein klein wenig geordnet wird durch die Aufprägungen einer Strömung entlang gekrümmter Flächen. Im Vergleich zur ruhenden Luft schlagen die Luftpartikel mit geringerer Intensität gegen die Wand. Das ist alles - und allgemein bekannt. Ungewöhnlich ist nur die Nutzung dieses Effektes, praktisch der Anwendung des Magnus-Effektes im Innern eines geschlossenen Behälters.

Norm-Box und Power-Container

Abb. 3 zeigt die Berechnung des Potentials einer Flettner-Box mit folgenden Beispiel-Daten. Der Radius des Rotors ist 0.24 m, die Box wird also rund 0.5 m breit sein. Bei einer Höhe

von 2 m ergibt sich eine wirksame Fläche von 1 m². Bei einer Länge von 1 m (etwa doppelter Durchmesser des Rotors) ist das Bau-Volumen rund 1 m³. Diese Abmessungen stellen also eine 'Norm-Box' dar.

In drei Spalten wird mit einer Drehzahl von 2400, 3000 und 3600 U/min gerechnet. Die Geschwindigkeit der Luftströmung entlang der Gleitfläche (V GF) ist dann etwa 60, 75 und 90 m/s. Die Geschwindigkeit an der Haftfläche (V HF) ist abhängig von der Distanz zwischen beiden Wänden, von der Qualität der Oberflächen und einem eventuell installierten Gitter. Hier wird mit der halben Geschwindigkeit gerechnet, also mit 30, 37 und 45 m/s. Der Behälter ist hermetisch geschlossen. Gerechnet wird mit der normalen Dichte $\rho = 1.2 \text{ kg/m}^3$ (bei höherer Dichte wird die Leistung linear ansteigen).

Der dynamische Strömungsdruck ergibt sich aus der Formel $PD = 0.5 \cdot \rho \cdot v^2$. Entlang der Gleitfläche ergibt sich der Strömungsdruck (PD GF) mit 2160, 3370 und 4860 N/m².

Entlang der Haftfläche ist der Strömungsdruck (PD HF) geringer mit 540, 820 und 1210 N/m². Die Differenz (PD Differenz) ist 1620, 2550 und 3650 N/m². Das ist zugleich die Differenz des statischen Drucks (PS Differenz) zwischen der Gleit- und Haftfläche mit rund 1.5 und 2.5 sowie 3.5 kN/m². Die Schubkraft dieser 'Norm-Box' von 1 m² wirksamer Fläche bei 1 m³ Bauvolumen ist somit 1.5 bis 3.5 kN, abhängig von der Drehzahl. Zum Vergleich: das sind 1.5 bis 3.5 Hundertstel des normalen Luftdrucks, ähnliche Werte erreichen die Glockenmotoren, bei Verkehrsflugzeugen sind es meist 6 % ('Flächen-Traglast' 600 kg/m²).

Bei obigem Beispiel in Abb. 2 (bei E und F) waren im Rumpf zwei, sehr große Segelflächen fix montiert. Einheiten mit kleineren Rotoren erlauben eine bessere Nutzung des verfügbaren Raums. Man könnte z.B. in einem 40-Fuß-Container (innen 2.3 m breit und hoch sowie 12.0 m lang) 4*10 = 40 Einheiten installiert – womit dieser Power-Container eine Schubkraft von 60 oder 100 oder auch 140 kN bereit stellt.

Anwendungs-Möglichkeiten

Diese autonomen 'Kraft-Pakete' könnten durchaus den konventionellen Vortrieb bei Schiffen ersetzen. Zusätzliche Einheiten können Rückwärts-Schub erzeugen und zusätzliche Einheiten können bei Bedarf seitlichen Schub produzieren. Das Schiff ist damit voll manövrierfähig – ohne konventionelle Propeller, schwere Motoren und große Tanks.

Konventionelle Lokomotiven müssen schwer gebaut sein, weil sie Kräfte nur per Haftreibung auf die Schiene bringen. Anstelle dessen können leichte 'Power-Container' eingesetzt werden, um einen Zug vorwärts oder rückwärts zu schieben. Bei Triebwagen, Bussen und Lastkraftwagen könnten (aufgrund der flachen Bauweise) Unterflur-Einheiten eingesetzt werden. Je nach momentanem Bedarf können einzelne Boxen aktiviert werden.

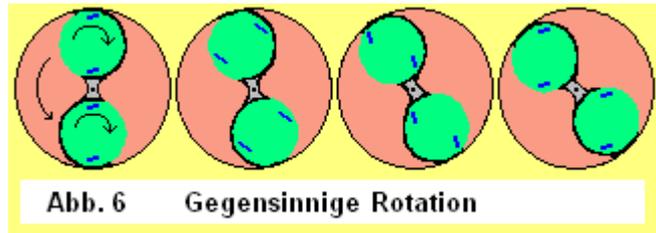
Bei Luftfahrzeugen werden aber bevorzugt die Luftdruck-Glockenmotoren eingesetzt. Dort sind die Rotoren flache Scheiben (bzw. kegel- oder glockenförmig) und mehrere Rotoren sind auf einer Welle zu montieren. Sie erreichen vergleichbare Schubkräfte bei geringerem Bauvolumen.

Rotor-Radius	m	0,24		
Umfang	m	1,50		
Drehzahl	U/min	2.400	3.000	3.600
V GF	m/s	60	75	90
V HF	m/s	30	37	45
PD GF	N/m ²	2.160	3.370	4.860
PD HF	N/m ²	540	820	1.210
PD-Differenz	N/m ²	1.620	2.550	3.650
PS- Differenz	kN	1,5	2,5	3,5
PS- Diff. * 40	kN	60	100	140



Abb. 3 Ein Container voll Voschub

Die Drehung des Zylinders und zugleich gegenläufig der Rotor-Blätter wird in Abb. 6 verdeutlicht mit vier Positionen (bei einer Übersetzung 1:4).



Dieser Motor erfordert einen externen Anschlag. Sobald eine Druckdifferenz an den Gleit-/Haftflächen zustande kommt, wird dieser Motor beschleunigt, theoretisch bis zur Schallgeschwindigkeit. Diese Anlage darf nur mit ausreichender Last und automatisch greifender Bremse in Gang gesetzt werden. Ich warne also ausdrücklich vor dieser Gefahr und schließe jede Haftung aus für direkten und mittelbaren Schaden beim Bau und Betrieb solcher Anlagen.

Kraft-Paket, mobil oder stationär

Im Normalfall wird dieser Motor zum Antrieb eines Elektro-Generators dienen (hier nicht eingezeichnet). Im Generator wird die Energie des mechanischen Drehmoments umgewandelt in die Energie elektrischen Stroms. Das Drehmoment selbst wird aber nicht durch Energie-Umwandlung erzeugt, vielmehr ergibt es sich ausschließlich durch die partielle Reduktion des statischen Luftdrucks. Dieses 'Flettner-Kraftwerk' nutzt die Freie Energie des normalen atmosphärischen Drucks. Die Leistung wird ausreichen für den Betrieb obiger Flettner-Boxen (wie auch der Glocken-Motoren), so dass komplett autonomer Vortrieb (und Auftrieb) von Fahrzeugen (und Fluggeräten) möglich wird (bzw. der generierte elektrische Strom auch anderweitig zu nutzen ist).

In Abb. 7 wird die Leistungsfähigkeit dieser Motoren untersucht. In drei Spalten sind Beispiel-Daten einer kleinen, mittleren und größeren Maschine aufgelistet. Das Gehäuse ist ein runder Zylinder mit 0.35 und 0.45 sowie 0.6 m Radius, jeweils etwa 1.2 m lang. Die darin rotierenden Zylinder haben Radien von 0.3 und 0.4 sowie 0.56 m, jeweils 1.0 m lang. Die Rotoren darin haben einen Radius von 0.13 und 0.15 sowie 0.18 m, es sind 2 und 3 sowie 4 Rotoren eingesetzt. Die wirksame Flächen sind 0.26 und 0.45 sowie 0.72 m².

R-Gehäuse	m	0,35	0,45	0,60
R-Zylinder	m	0,30	0,40	0,56
R-Rotor	m	0,13	0,15	0,18
Anzahl Rotoren		2	3	4
Wirksame Fläche	m ²	0,26	0,45	0,72
Rotor-Drehzahl	U/min	3600	3000	2400
V-GF	m/s	49	47	45
V-HF	m/s	24	24	23
DP-GF	N/m ²	1440	1331	1227
DP-HF	N/m ²	360	333	307
DP-Differenz	N/m ²	1080	998	920
SP-Rotorfläche	N	280	450	660
R-Hebelarm	m	0,17	0,25	0,38
Drehmoment	Nm	48	112	252
System-Drehzahl	U/min	1800	1500	1200
Leistung P	kW	9	18	32

Abb. 7 Leistungspotential

Der kleine Rotor dreht mit 3600, der mittlere mit 3000 und der größere mit nur 2400 U/min. Bei allen Versionen bewegen sich die Rotor-Blätter etwas langsamer als 50 m/s entlang der Gleitflächen (V-GF). Die Geschwindigkeit der Strömung entlang der Haftflächen wird pauschal mit der Hälfte angesetzt, also mit etwa 24 m/s (V-HF). Der dynamische Strömungsdruck wird wieder nach Formel $DP=0.5 \cdot \rho \cdot v^2$ berechnet (mit normaler Dichte $\rho=1.2 \text{ kg/m}^3$). Die Differenz des dynamischen Drucks zwischen Gleit- und Haftfläche (DP-Differenz) sind jeweils etwa 1000 N/m² (dieses eine Hundertstel des normalen atmosphärischen Drucks). Das ist zugleich die Differenz statischen Drucks. Bezogen auf die jeweilige wirksame Flächen (SP-Rotorfläche) ergibt sich die Schubkraft von rund 280 und 450 sowie 660 N.

Diese Kräfte werden wirksam am Hebelarm von 0.17 und 0.25 sowie 0.38 m. Sie ergeben ein Drehmoment von 48, 112 und 252 Nm. Damit nicht zu starke Fliehkräfte aufkommen, muss mit begrenzter Drehzahl gefahren werden, z.B. mit der halben Drehzahl von 1800, 1500 und 1200 U/min. Die Leistung wird berechnet nach der bekannten Formel $P=M \cdot n/9550$

(M = Drehmoment, n = Drehzahl, Umrechnungs-Divisor $9550 = 1000 \cdot 60 / 2 \cdot 3.14$). Es resultieren hier z.B. $P = 48 \cdot 1800 / 9550 = 9$ kW für den kleinen, 18 kW für den mittleren sowie 32 kW für den großen Motor.

Das sind relativ bescheidene Leistungen bei relativ großem Bauvolumen. Ein Container, vollgepackt mit diesen Motoren, bringt es gerade mal auf etwa 600 kW. Diese Motoren arbeiten mit dem leichten Medium der Luft und erfordern damit relativ großes Volumen. Dafür sind sie einfach und leicht zu bauen. Und sie verbrauchen keinen Treibstoff. Sie sind darum prädestiniert für den Antrieb der Maschinen nach dem Flettner- wie des Glocken-Motor-Prinzips, d.h. für wirklich autonomen Auf- und Vortrieb. Darüber hinaus sind Maschinen im stationären Einsatz tauglich zur Generierung von 'Strom für den Hausgebrauch', wobei das Bauvolumen (und damit der Leistungsbereich) nahezu frei dimensionierbar ist, mit Durchmesser/Länge z.B. von 7 cm bis 7 m.

Fazit

Jeder Segellehrer erklärt seinen Schülern, dass der Winddruck nur mit einem Drittel zum Vorschub beiträgt, zwei Drittel aber aufgrund von Sog zustande kommen. Das ist nicht korrekt: Sog allein bewirkt gar nichts, nur der stärkere statische Druck auf der Gegenseite bringt mechanische Bewegung zustande. Analog dazu funktioniert eine Tragfläche: nur der (geringfügig reduzierte) atmosphärische Druck an der Unterseite kann das Flugzeug nach oben drücken, wenn an der Oberseite der Andruck wesentlich reduziert ist. Beim Glocken-Motor wird komplett verzichtet auf den natürlichen Wind. Durch simple Rotor-Käfige wird nur an der Sogseite der Andruck reduziert.

Hier nun wurde der massive Flettner-Zylinder ersetzt durch einen lokalen Wirbelwind entlang der Gleitflächen und damit vergleichbarer Vortrieb erreicht. Darüber hinaus wird nun erstmals die freie Energie molekularer Bewegung (der Luftpartikel) genutzt zur Generierung eines mechanischen Drehmoments und mittelbar zur Erzeugung elektrischen Stroms. Diese einfachen Maschinen verbrauchen keine Energie und sind darum nicht gebunden an die vermeintliche Begrenzung der Energie-Konstanz. Mit diesen Maschinen wird reale Energie-Autonomie erreicht (so wie es auch durch viele andere Entwicklungen absehbar ist). Diese Darstellungen stehen 'open source' jedermann zur freien Verfügung – auf eigenes Risiko.

Evert / 31.03.2016

Datei www.evert.de/ap0519a.pdf