

1 Vorwort

Zu Fliegen wie ein Vogel ist eine menschliche Grundvorstellung, die oft mit einem Gefühl der Freiheit, der Selbstüberwindung und dem Erreichen bislang unerreichter räumlicher und vielleicht auch seelischer Gebiete verbunden sein kann. Nicht zuletzt weil diese Fernen uns heutzutage so naheliegend erscheinen, hat der Segelflug viel von der einstigen Anziehungskraft eingebüßt. Die Idee des Motorseglers sollte schon immer den Segelflug von dem Nachteil- welcher gleichzeitig seine große Herausforderung darstellt – befreien: der Abhängigkeit vom Aufwind.

Dieser Artikel handelt von der Geschichte des Motorseglers und der neuen Möglichkeit dem Segelflug mehr Bewegungsraum zu geben, dem **Strahlsegeln**.

2 Grundidee

Ein Segelflugzeug unterscheidet sich von einem normalen Flugzeug dadurch, dass es über keinen Motor verfügt. Deswegen muß es mit seiner Energie, der Höhe, sparsam umgehen. Der Widerstand W eines Segelflugzeuges ist deutlich kleiner als die das Flugzeug tragende Auftriebskraft A . Die Güte eines Segelflugzeuges wird als das Verhältnis von Auftriebs- zu Widerstandskraft angegeben. Dieses Verhältnis heißt Gleitzahl E und kann bei Standardklasse

$$\text{Formel 1} \quad 30 = E = \frac{A}{W} = \frac{m \cdot g}{W} = \frac{(300 \cdot 9,81) \cdot N}{W} \approx \frac{3000 \cdot N}{100 \cdot N} = 30$$

Flugzeugen von 300 kg Fluggewicht einen typischen Wert von $E = 30$ oder höher annehmen. Man erkennt aus der Formel 1, dass der Widerstand bei dieser Gleitzahl 100 N beträgt. Wirkt auf das Flugzeug eine Vortriebskraft $F_{Schwebe} = -W$, also in der Größenordnung des Widerstandes, dann hält das Flugzeug seine Höhe – es schwebt. Der Schwebeschub hängt von der Masse m des Flugzeuges und von der Gleitzahl ab und ist für obiges Beispiel:

$$\text{Formel 2} \quad F_{Schwebe} = \frac{m \cdot g}{E} \approx 100 \cdot N$$

Der Schwebeschub $F_{Schwebe}$ eines reinen Segelflugzeuges ist aufgrund der Formgebung sehr gering. Der Schwebeschub des selben Flugzeuges mit ausgefahrenem Klapptriebwerk kann aufgrund der äußerst ungünstigen Aerodynamik doppelt so groß werden. Niemand würde auf die Idee kommen, mit ausgefahrenem und stillgelegtem Klapptriebwerk zu segeln! Den Antrieb eines Segelflugzeuges durch ein Klapptriebwerk kann man daher durchaus mit Autofahren bei angezogener Handbremse vergleichen.

3 Problematik der Schuberzeugung

Den Schub für ein Flugzeug erzeugte man anfänglich mittels einer außerhalb der Flugzeugkontur drehenden Luftschraube. Mittels eines solchen Propellers erreicht man im Extremfall Geschwindigkeiten bis 800 km/h. Der **Propeller** hat u.a. den Vorteil, dass der Standschub sehr hoch ist, aber den Nachteil, dass ein Schub mit steigender Fluggeschwindigkeit abnimmt. Deswegen gab es von Beginn der Luftfahrt an den Gedanken ein Flugzeug durch einen innerhalb der Rumpfkontur erzeugten Strahl mittels **Impeller** anzutreiben. Ein Ergebnis dieses Gedankens sind die Strahltriebwerke, deren Schub – idealerweise – unabhängig von der Fluggeschwindigkeit ist.

4 Entwicklungsgeschichte Motorsegler

Mit der Vervollkommnung der Segelflugzeuge tauchte in den 1930er Jahren der Gedanke des Motorseglers auf. So erfand der Engländer J.V. Carden einen in die Umrißlinie eines Flugzeuges einziehbaren Kraftantrieb, DE 635885.

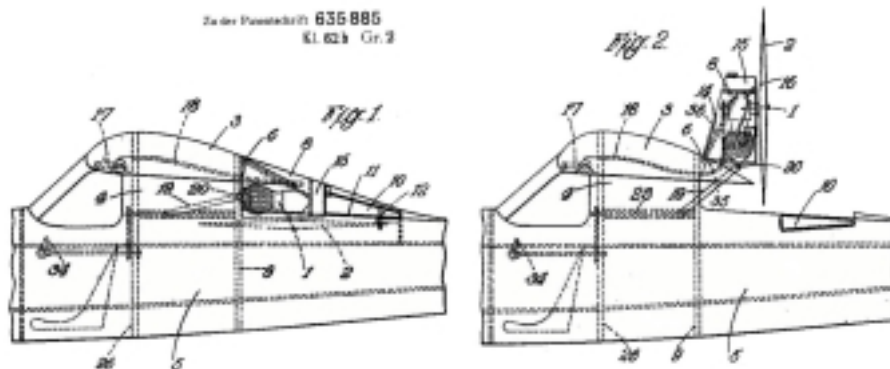


Abb. 1 Segelflugzeug mit Klapptriebwerk, J.V. Carden 1934, DE-635885

Wolf Hirth entwickelte ein Segelflugzeug mit im Rumpf versenkbar Hilfsantrieb, wobei beim Start das Rad bis zum Abheben angetrieben wurde, DE 698201.

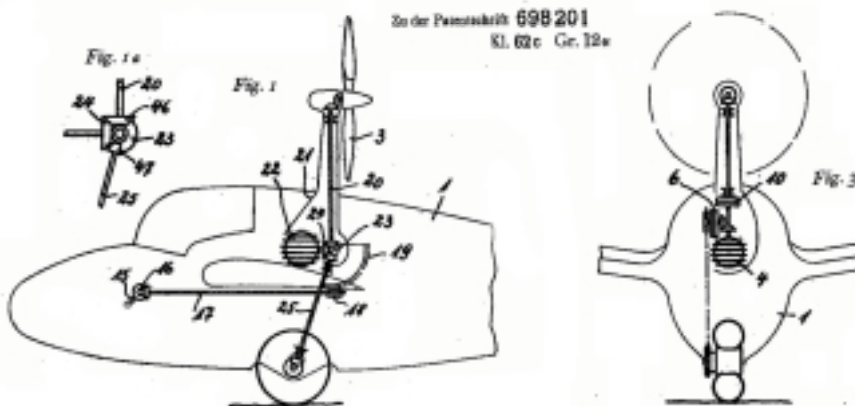


Abb. 2 Segelflugzeug mit Hilfstriebwerk, W. Hirth, 1937, DE-698201

Der Gedanke des Motorseglers wurde in den 1950er Jahren erneut aufgegriffen, was in Löhner 1960 und Hartmann 1960 dargelegt wird. Die Fa. Scheibe entwickelte den sehr beliebten Motor-Falken. Während Schleicher die ASK 14 und ASK 16 entwickelte. Das Aufkommen der GFK-Flugzeuge verlangte ab den 70er Jahren ein völliges Verschwinden der Antriebseinrichtung im Rumpf, wie Carden es 1934 vorausgesehen hatte. Für die Hochleistungssegler ist das Klapptriebwerk - sieht man einmal von der Stemme S 10 ab - die heute übliche Antriebsart. Diese Bauform wird von allen namhaften Herstellern angeboten. Nachteile der Klapptriebwerkler sind die Klappmechanik und die auf die Hälfte verringerte Gleitzahl bei ausgefahrenem Triebwerk.

Damit verdoppelt sich wie bereits gesagt der Schwebeschub gegenüber dem `reinen` Segler. Ein weiterer Nachteil kann der hochgelegene Angriffspunkt der Schubkraft sein. Aber es geht auch anders.

Löhner 1960 schätzt einen Einsitzer mit Gebläse im Rumpf als machbar ein. 1968 flog die Sirius, Prinzip etwa wie Fig.5 in [Abb. 3](#), ein Segler mit Axialgebläse innerhalb des Rumpfstrakes, DE 1781172. Einen augenscheinlichen Überblick über den Stand der Technik gibt DE 2720957, Klotz, [Abb. 3](#).

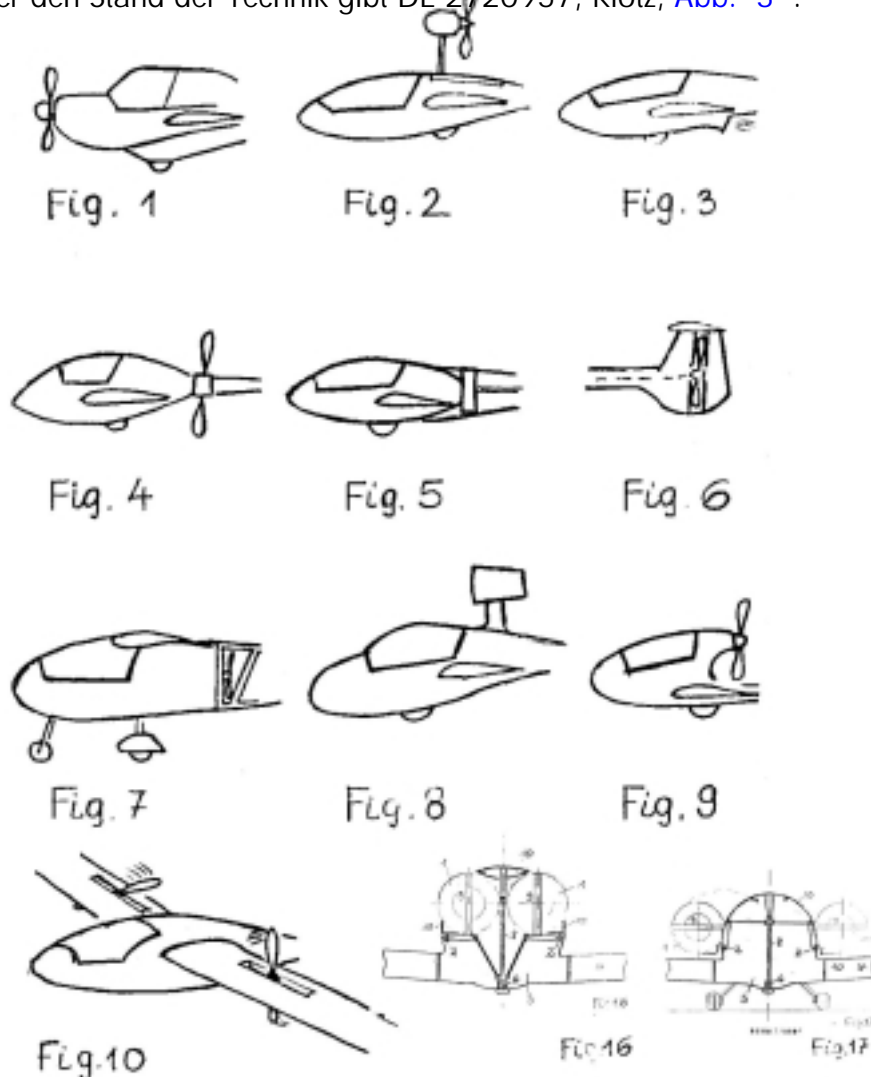
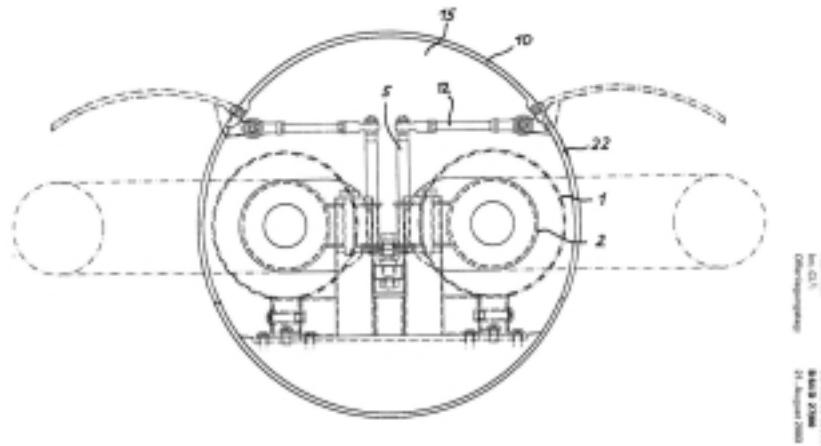


Abb. 3 Motorsegler-Konzepte, W. Klotz, 1977, DE-27 20957

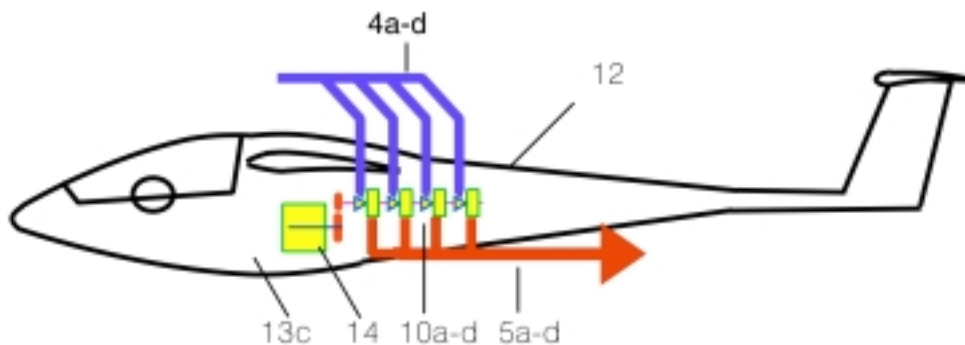
Die Fig. 3 in [Abb. 3](#) ist in der 1960 fliegenden Hütter 30 TS mit Turbine verwirklicht worden, Fig 6 in der RW-3. Klotz selbst schlug vor zwei Axialgebläse aus dem Rumpf herauszuklappen, seine Fig.16-17 . In jüngster Zeit wurde vorgeschlagen, Modellturbinen ganz oder teilweise aus dem Segelflugzeug herauszuklappen, z.B. Herrmann, DE-10203038. In [Abb. 4](#) ist der Schnitt durch den Rumpf eines Segelflugzeuges etwa hinter der Flächenwurzel zu sehen



[Abb. 4](#) Ausklappbare Kleinturbinen, H. Herrmann, 2002, DE-102 03 038

Gerade bei Modell-Turbinenriebwerken bietet sich der Vorteil der geringen Baugrößen an, der allerdings mit einem sehr großen Verbrauch `bezahlt` wird. Doch ist jeder gerne bereit, bis zu 30 Liter Treibstoff pro Stunde für den Heimflug zu opfern, weil der praktische Wirkungsgrad den technischen Wirkungsgrad aussticht.

....Aber es geht noch ganz anders....



[Abb. 5](#) Strahlsegler Prinzip, gelb Gebläse mit Motor , blau Ansaugen, rot Ausblasen

Der Rumpfquerschnitt beschränkt beim Impellerantrieb den Durchmesser des Gebläse -Laufrades. Der Durchmesser an einer Stelle , die z.B. [Abb. 4](#) zeigt, beträgt ca. 400 mm. Um den für den Schub notwendigen Massenstrom zu erzeugen, muss ein kleiner Impeller sehr schnell durchströmt werden, also sehr hoch drehen, wie dies die Modellturbinen tun. Will man aber bei vorgegebenem Querschnitt und bei gleichbleibender Drehzahl den Schub erhöhen, dann muß man mehrere Gebläseräder verwenden. Um den Luftwiderstand nicht zu erhöhen bietet sich eine Anordnung der Gebläseräder hintereinander an, [Abb. 5](#) , so wie

beim Tandem die Radfahrer hintereinander sitzen. Besonders radiale Laufräder¹, die hintereinander auf einer Achse sitzen, lassen sich dicht packen. Der Abstand kann das 1,5 fache des Laufraddurchmessers betragen. Die Abbildung [Abb. 5](#) zeigt das Prinzip **Strahlsegler**. Die Luft (blau) wird von oben oder auch seitlich angesaugt und seitlich wieder ausströmt (rot). Beschleunigt wird die Luft in einer mehrflutigen Gebläseeinheit, (gelb).

Grundlagen dazu werden gegenwärtig in der FFG (Flugwissenschaftliche Fachgruppe Göttingen) erarbeitet. Entwicklungsstand ist ein Gebläseeinheit mit zwei Laufrädern, [Abb. 6](#), die in eine Zylinder von 380 mm Außendurchmesser passen würde. Das Funktionsmodell verfügt über Zuströmkanäle und spezielle Austrittsschalen. Als Gebläseräder werden VW-Käfer-Kühlgebläse verwendet.

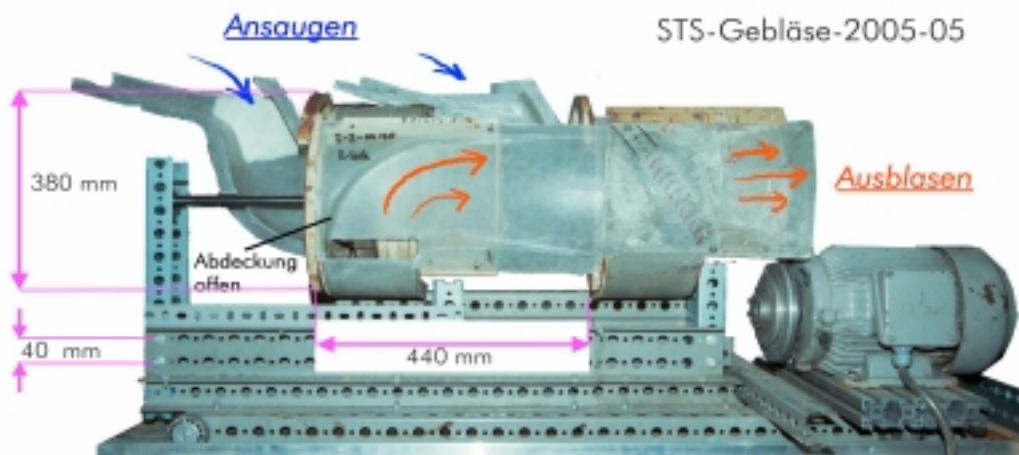


Abb. 6 Strahlsegler zweiflutige, vierströmige Gebläse-Einheit auf Rollwagen

Die Gebläse-Einheit verfügt über zwei Zuströmkanäle (zwei-flutig). Der vordere Zuströmkanal in [Abb. 6](#) ist geöffnet. Man kann die Achse erkennen. Jedes Gebläserad verfügt über eine Doppelspirale, so dass auf jeder Seite ausgeblasen wird. Die Einheit verfügt über 4 Ausströmöffnungen (vier-strömig., von denen zwei sichtbar sind). Die Abdeckung der linken, bzw. in Flugrichtung vorderen Ausströmöffnung ist abgenommen. Die Abdeckung der rechten Ausströmöffnung ist montiert. Man kann das Umlenkgerüst durch das halbtransparente GFK-Bauteil erkennen. Die Umlenkungen in den vier 90° Krümmern vor den Ausströmöffnungen wird mittels dieser Leitelemente strömungsgünstig gestaltet.

Die Herausforderung bei der Entwicklung dieser Gebläseeinheit ist eben die Geringhaltung der Strömungsverluste in den Luftleitungen. Derzeit werden mit dieser zweiflutigen Einheit 40 N Standschub bei 4800 Rot/min und 3,5 kW Wellenleistung erzielt. Das ist der etwa der halbe Schwebeschub einer Club-Libelle.

¹ Anm: Im Gegensatz zu den axialen Gebläserädern werden diese nicht in Achsrichtung, sondern senkrecht dazu, nämlich radial durchströmt

Derzeitiges Ziel ist der Bau einer Heimkehr-Hilfe. Dazu soll ein optimiertes Gebläse in den Rumpf eines Standardklasse Flugzeuges eingebaut werden. Antrieb soll ein Verbrennungsmotor sein. Arbeitspunkte bis zur technischen Reife dieses Konzepts sind die Umlenkgritter, Spiralkonzepte, die Motorkühlung, die Verschlussklappen, Schubtests im Stand und im Windkanal. Das fliegende Funktionsmodell soll als Grundlage für den Prototyp eines Serienrumpfes bzw. eines Serienantriebs dienen. Es ist vorstellbar, dass ein solcher Serienantrieb als Nachrüstsatz für geeignete GFK-Segelflugzeuge der 1. Generation mit relativ großen Rümpfen vorgesehen werden kann, bzw. dass man derart motorisierte Rümpfe für vorhandene Tragwerke entwickelt. *Abb. 7* zeigt dies für eine H-205, Club-Libelle, die vorteilhafter Weise ein festes Fahrwerk aufweist.

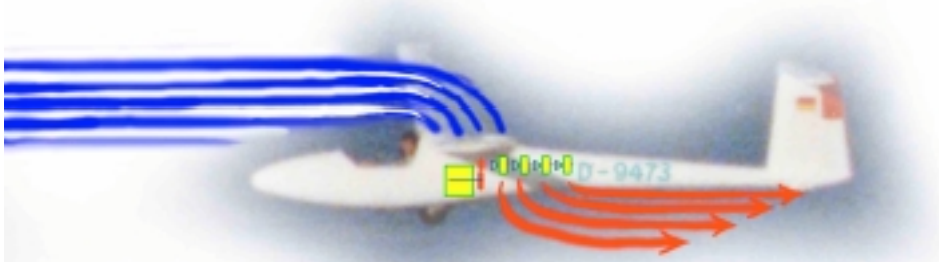


Abb. 7 Club-Libelle als Strahlsegler – Fotomontage.

Dieser Antrieb stellt im Gegensatz zum Klapptriebwerk und den Turbinenantrieben auch eine Fernreisehilfe dar – und zwar deswegen: Die Wirkungsgrade der Anlage lagen bislang bei 30%. Es ist nicht mit einer deutlichen Verschlechterung der Gleitzahl bei einem solchen Antrieb zu rechnen. Die notwendige Leistung anhand von Abschätzungen, Koppenwallner 2003, liegt in der Größenordnung von 8 KW. Eine derartige Leistung lässt sich durchaus mit einem Stundenverbrauch von 4 Litern bereitstellen – z.B. Honda-Industriemotor. Ein derartiges Flugzeug könnte mit $E = 30$ bei 130-140 kmh durchaus 10 Stunden in der Luft bleiben und damit europaweit fliegen. Je besser das Segelflugzeug, um so ausgeprägter wird diese Eigenschaft ausfallen.

Weiterführende Informationen, Literatur, d.h. Entwicklungsgeschichte, Abschätzungen, Entwicklungsbericht etc. findet sich auf der Homepage der FFG zum Herunterladen - www.segelflug.de/vereine/goettingen.

Jedem ist damit die Möglichkeit gegeben sich von der technischen Seite ein Bild über die Einzelheiten der Idee eines Strahlseglers zu machen. Sollte sich diese Idee – nach viel künftiger Arbeit und Mühe -als `trag` - oder sogar als `eigenstart` -fähig erweisen, dann können wir in neue Weiten strahlsegeln.

5 Nachtrag und Aufruf:

Die Flugwissenschaftliche Fachgruppe veranstaltet im Rahmen ihrer Prandtl-Seminare ein Treffen zum Thema:

Motorsegler: Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft.

Dieses Treffen soll Ende November im Göttinger School Lab stattfinden.

Für die nächsten Tests suchen wir einen Bruchrumpf eines älteren GFK Flugzeuges, z.B. Cirrus, Club-Libelle, ASW 15, ASW 19...etc .
Wer einen solchen anzubieten hat, soll sich bitte melden.

6 Quellen

6.1 Literatur

Hartmann, H., 1960, *Grundlagen des Motorseglers*, Jahrbuch 1960 der WGL, 433 – 441, DK 629.135.15

Koppenwallner, G. E., 2003, Abschätzung eines Strahlseglers, Schriftliche Fassung des Vortrages auf dem Segelflugsymposium 2003 in Braunschweig.

www.segelflug.de/vereine/goettingen oder über email: plotter@ploland.de

Löhner, K., 1960, *Motorsegler*, Jahrbuch 1960 der WGL, 441-446, DK 629.135.15

Abkürzung WGL = Wissenschaftliche Gesellschaft für Luftfahrt

Göttingen, 2005-07-04,

Plotter/ *Georg E. Koppenwallner*

*Himmelsstieg 1
37085 Göttingen
0551 792230
plotter@ploland.de*

*Mitglied der FFG
Flugwissenschaftlichen
Fachgruppe Göttingen e.V.
DLR Bunsenstr. 10
37085 Göttingen
Tel: 0551 709 2244*