

## Strahlsegeln

### 1 Vorwort – Zur Zukunft des Segelfliegens

Das Fliegen verbindet uns mit dem Traum von Ferne und Weite. Nicht zuletzt weil diese Fernen und Weiten uns heutzutage so naheliegend erscheinen, hat der Segelflug viel von der einstigen Anziehungskraft eingebüßt. Es fehlt an Nachwuchs und damit an Boden- und Werkstattpersonal. Unmotorisierte Segler sind nur noch sehr schwierig in die Luft zu bekommen.



*Abb. 1 Eingewachsene Flugzeughänger*

Die Idee des Motorseglers sollte schon immer den Segelflug von dem Nachteil, welcher gleichzeitig seine große Herausforderung darstellt, befreien: der Abhängigkeit vom Aufwind und dem personalintensiven Fremdstart. Eigenstart ist heutzutage wichtiger denn je!

Dieser Artikel handelt von der Geschichte des Motorseglers und der neuen Möglichkeit dem Segelflug mehr Bewegungsraum und Zukunft 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  $\mathbf{W}$  eines Segelflugzeuges ist deutlich kleiner als die das Flugzeug tragende Auftriebskraft  $\mathbf{A}$ . Die Güte eines Segelflugzeuges wird als das Verhältnis von Auftriebs- zu Widerstandskraft angegeben. Dieses Verhältnis heißt Gleitzahl  $\mathbf{E}$  und kann bei Standardklasse

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

Flugzeugen von 300 kg Fluggewicht einen typischen Wert von  $\mathbf{E} = 30$  oder höher annehmen. Man erkennt aus der Formel 1, dass der Widerstand bei dieser Gleitzahl 100 N beträgt. Wirkt auf das Flugzeug eine Vortriebskraft  $\mathbf{F}_{Schwebe} = -\mathbf{W}$ , 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:

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

Der Schwebeschub  $\mathbf{F}_{Schwebe}$  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 stillgelegten Klapptriebwerk zu segeln! Den Antrieb eines Segelflugzeuges durch ein Klapptriebwerk kann man daher durchaus mit dem Autofahren bei blockierten Bremsen vergleichen.

## 3 Problematik der Schuberzeugung

Den Schub für ein Flugzeug erzeugte man anfänglich mittels einer außerhalb der Flugzeugkontur drehenden Luftschaube. 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.

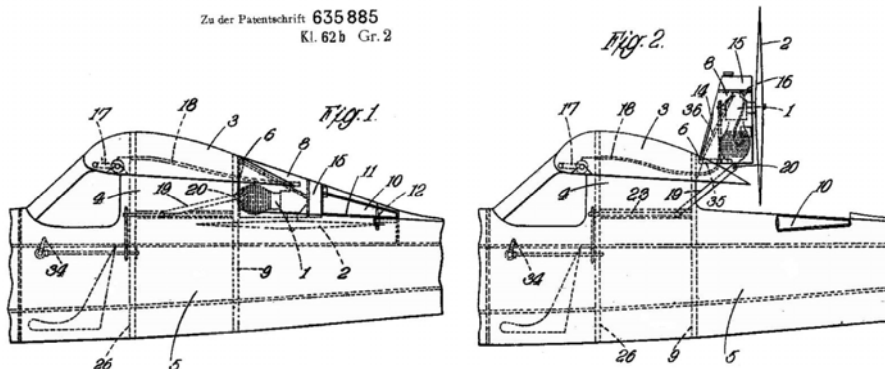


Abb. 2 Segelflugzeug mit Klapptriebwerk, J.V. Carden 1934, DE-635885

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

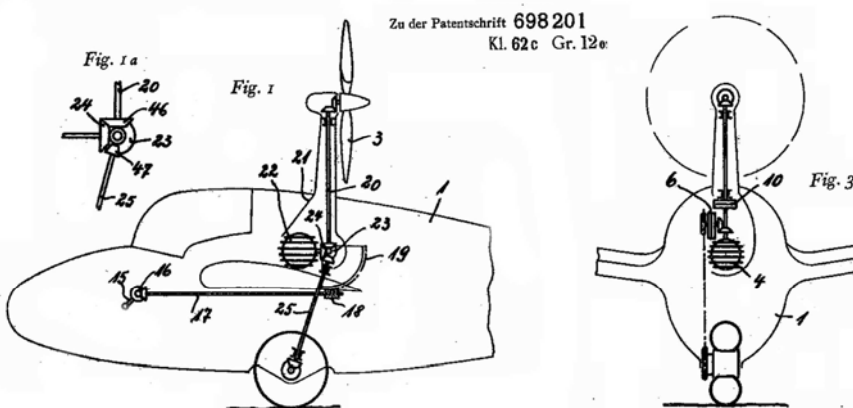


Abb. 3 Segelflugzeug mit Hilfstriebwerk, W. Hirth, 1937, DE-698201

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 oder vom „Kiwi“ 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.4](#), ein Segler mit Axialgebläse innerhalb des Rumpfstrakes, DE 1781172. Einen augenscheinlichen Überblick über den Stand der Technik gibt DE 2720957, Klotz, siehe unten, [Abb.4](#).

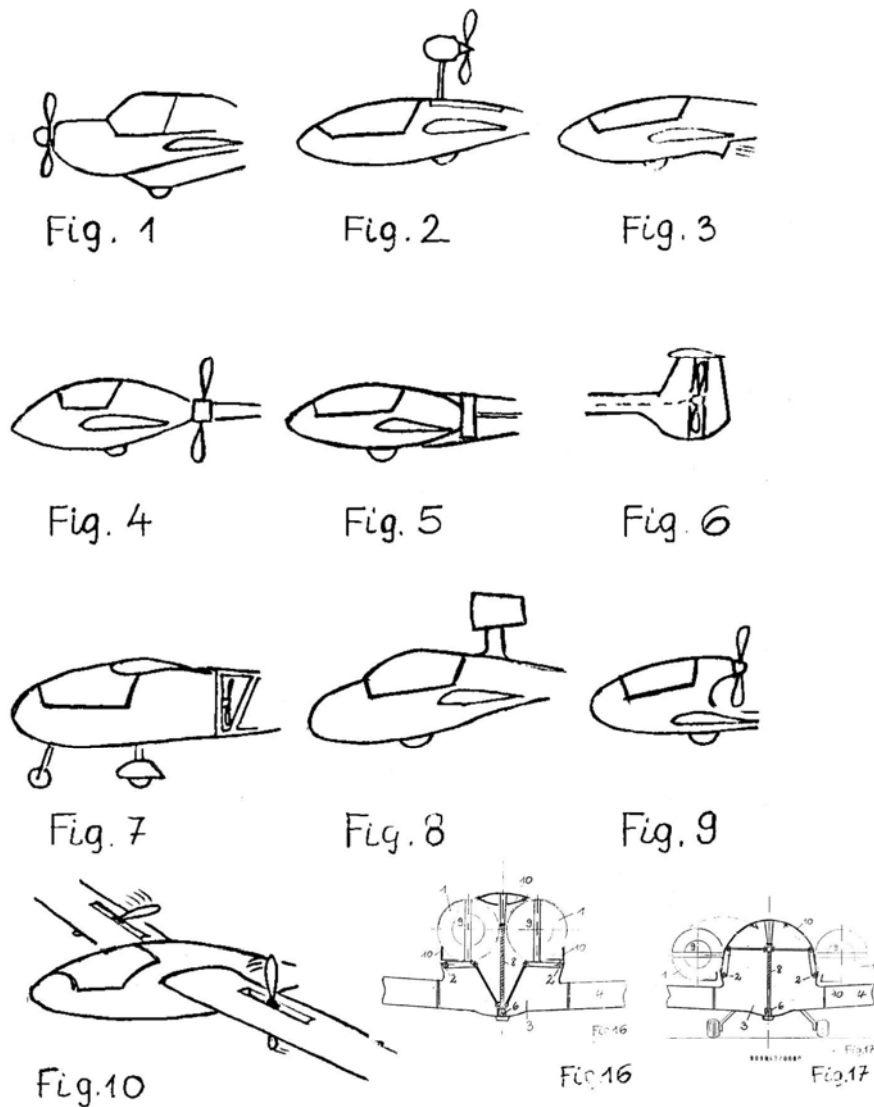
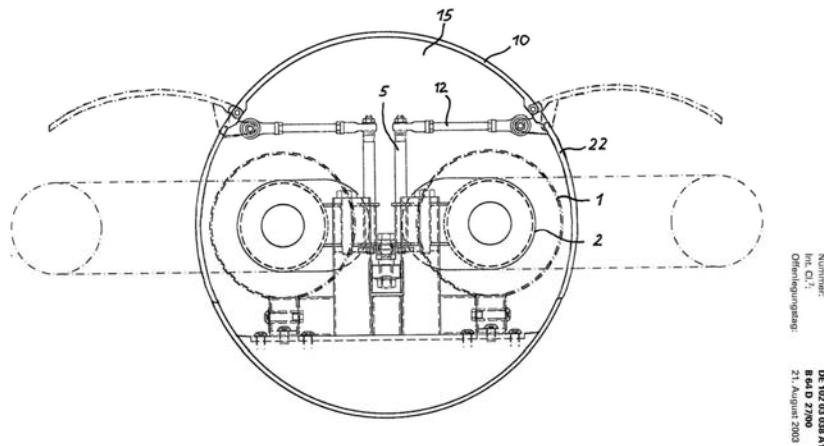


Abb. 4 Motorsegler-Konzepte, W. Klotz, 1977, DE-27 20957

Die Fig. 3 in [Abb.4](#) 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. 5](#) ist der Schnitt durch den Rumpf eines Segelflugzeuges etwa hinter der Flächenwurzel zu sehen



[Abb. 5](#) 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 – 40 Liter Treibstoff pro Stunde für den Heimflug zu opfern, weil der praktische Wirkungsgrad den technischen Wirkungsgrad aussticht.

Zur Zeit arbeiten Martin Käppeler und Klaus Meitzner erfolgreich an solchen Turbinenseglern.

## 5 Strahlsegler

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

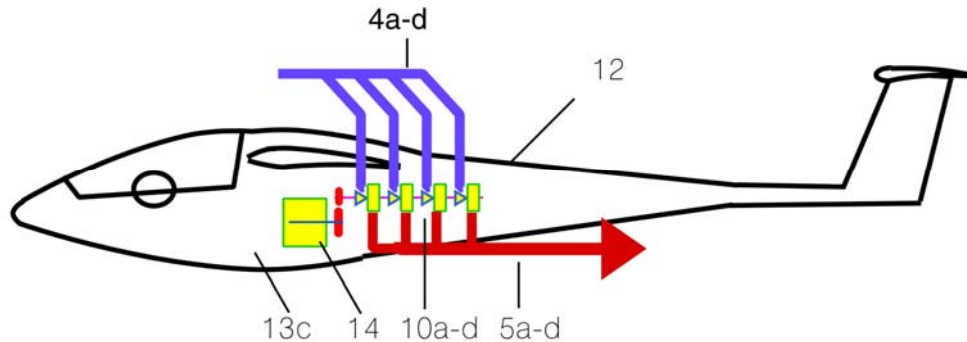


Abb. 6 Strahlsegler Prinzip, gelb Gebläse mit Motor, blau Ansaugen, rot Ausblasen

Der Rumpfquerschnitt beschränkt beim Impellerantrieb den Durchmesser des Gebläse -Laufrades. Der Durchmesser an einer Stelle, die z.B. Abb. 5 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. 6, so wie beim Tandem die Radfahrer hintereinander sitzen. Besonders radiale Laufräder<sup>1</sup>, die hintereinander auf einer Achse sitzen, lassen sich dicht packen. Der Abstand kann das 1,5 fache des Laufraddurchmessers betragen.

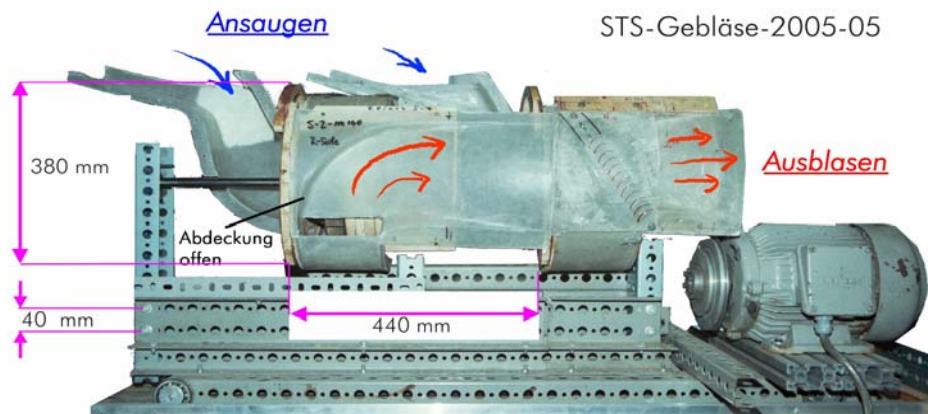


Abb. 7 Strahlsegler zweiflutige, vierströmige Gebläse-Einheit auf Rollwagen, 2005

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



Die Abbildung [Abb. 6](#) zeigt das Prinzip **Strahlsegler**. Die Luft (blau) wird von oben oder auch seitlich angesaugt und seitlich wieder ausgeströmt (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. 7](#), die in eine Zylinder von 380 mm Außendurchmesser passen würde. Das Funktionsmodell verfügt über Zuströmkanäle und spezielle Austrittsschalen. Als Gebläseräder werden VW-Käfer-Kühlgebläse verwandt.

Die Gebläse-Einheit verfügt über zwei Zuströmkanäle (zwei-flutig). Der vordere Zuströmkanal in [Abb. 7](#) 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 – 2005 - werden mit dieser zweiflutigen Einheit 38 N Standschub bei 4800 Rot/min und 3,5 kW Wellenleistung erzielt. Das ist knapp der halbe Schwebeschub einer Club-Libelle. Das war vor drei Jahren.

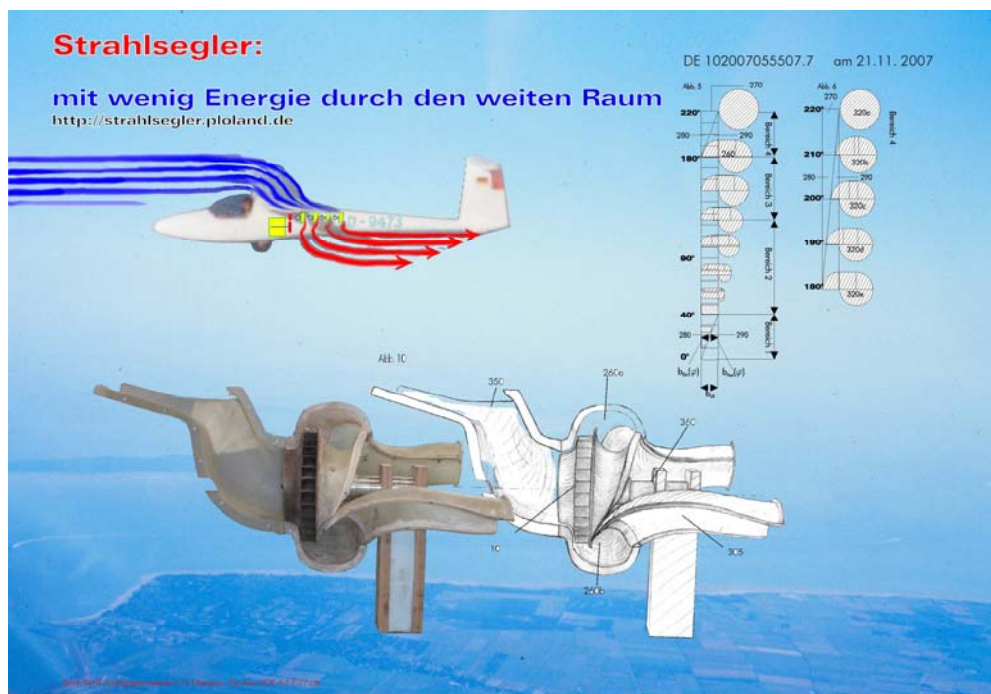
Seit 2005 wurde das Spiralprinzip deutlich verbessert. Die sogenannte Schräglippenspirale wurde entwickelt, die die Verluste noch weiter verringert.



*Abb. 8 Schubgebläse mit Schräglippenspirale – 2007 – halb geöffnet*

Mit dieser Gebläse Einheit gelang es den Schub um fast 20% zu steigern.

Derzeitiges Ziel ist der Bau eines Antriebes für Heimkehr und letztendlich Eigenstart. 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. 9** zeigt dies für eine H-205, Club-Libelle, die vorteilhafter Weise eine festes Fahrwerk aufweist.



**Abb. 9** 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, Koppellwallner 2003, liegt in der Größenordnung von 8 KW. Eine derartige Leistung läßt sich durchaus mit einem Stundenverbrauch von 4 Litern bereitstellen – z.B. ein Göbler Hirth Motor in Teillast. 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.



## 6 Rolltest

Um erste Erfahrungen mit der Gebläseeinheit und einem Verbrennungsmotor zu bekommen wurde ein Rollwagen gebaut und auf einer Startbahn erfolgreich getestet.



Abb. 10 Rollwagen beim 1. Rollout - im Hintergrund die Do-728 des DLR in Göttingen - August- 2008



Abb. 11 Rollwagen auf der Bahn von Günterrode bei Heiligenstadt

Das derzeitige Funktionsmodell erreicht mit einem Göbler Hirth F33 Motor einen Schub von 140 Newton, bei ca. 6500 Rot/min des Motors und 10000 Rot/min des Gebläses.

Deutliche Leistungssteigerung ist bei Verwendung anderer Laufräder zu erwarten.

Das Entwicklungsziel einer Einheit mit 300-400 Newton Schub und der Möglichkeit einer Abzapfung für Grenzschichtabsaugung, womit ein leichter Standardklasse-Segler durchaus eigenstart fähig sein könnte, rückt damit näher.

Weiterführende Informationen, Literatur, d.h. Entwicklungsgeschichte, Abschätzungen, Entwicklungsbericht etc. findet sich auf der Homepage der FFG zum Herunterladen

- [www.segelflug.de/vereine/goettingen](http://www.segelflug.de/vereine/goettingen) bzw. unter

- <http://strahlsegler.ploland.de>

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.

In der so oft beschworenen Anfangszeit des Segelfluges wurden die Flugzeuge selbst gebaut, und so denke ich:

Zukunft ist das, was wir selber machen, und nicht das, was es zu kaufen gibt!

## 7 Aufruf:

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.

Ich möchte mit den Worten von Adriano Celentano enden – auch wenn der eher die soziale Gerechtigkeit meinte:

**“Io dico a volte cose che non sembrano realizzabili, ma tante cose che sembravano impossibili sono state poi realizzate”**

Sinngemäß übersetzt:

**Dinge, die nicht machbar erscheinen, und auch so viele Dinge, die unmöglich erschienen, sind dann doch getan worden....**

## 8 Ausstellung

Im Rahmen einer Kunstausstellung ehemaliger Studenten der Hochschule für bildende Künste HbK Braunschweig, **BS-Visite**, werden der Rollwagen und ein Segelflugzeug, in einer Kunstausstellung in Braunschweig, Rebenring 31 – Rebenpark, Hallen der ehemaligen Schubert-Werke, gegenüber der TU-Mensa, ausgestellt werden.

Termine für die Ausstellung :

Eröffnung: 08.11.2008, 19 Uhr

Ausstellung: 09. 11 2008 - 28.11.2008

Finissage: 28.11.2008, 19 Uhr

Öffnungszeiten: Di. – Sa. 16 -19 Uhr, So., 13 – 17 Uhr.

Wechselnde Veranstaltungen jeden Dienstag, Freitag und Samstag ab 19 Uhr.

## 9 Quellen

### 9.1 Literatur Internet

Auf der Strahlseglerseite sind verschiedene Literaturquellen und Schutzrechtsrecherchen zusammengestellt. Auch eine Geschichte der Grenzsichtabsaugung ist dort zu finden.

<http://strahlsegler.ploland.de>

### 9.2 Literatur allgemein

Celentano, Adriano, 2006, *Rockpolitik*, RCS Libri S.p.A., Milano, ISBN 88-452-5734-7

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](http://www.segelflug.de/vereine/goettingen) oder über email: [plotter@ploland.de](mailto:plotter@ploland.de)

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

Kann auch über <http://strahlsegler.ploland.de/frasges.html> gefunden werden

---

Abkürzung WGL = Wissenschaftliche Gesellschaft für Luftfahrt

Göttingen, 2008-09-18,

Plotter/ Georg E. Koppenwallner

Himmelsstieg 1  
37085 Göttingen  
0551 792230  
[plotter@ploland.de](mailto:plotter@ploland.de)  
<http://strahlsegler.ploland.de/>

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