

## Pusher - die zweckmäßige Antriebsart für Anfängermodelle im Indoor-Bereich

Ganztagsangebot (GTA) heißt die neue Vokabel für die von früher bekannten Arbeitsgemeinschaften an Schulen. Dem in unserer Nähe neu gegründete Gymnasium Dresden-Bühlau boten wir mit Schuljahresbeginn 2009\_10 die *AG Modellflug* an. Sie wird 1x wöchentlich für 2h durchgeführt und erfreut sich von Anbeginn an eines hohen Zuspruchs. Mit den Schülern bauten wir zur Einführung Wurfgleiter und danach den Motorsegler CLIMAXX von *Höllein*, Bilder 1 und 2

Der Modellbau in der Werkstatt Rossendorf lief ohne Schwierigkeiten. Problematischer gestaltete sich der Flugbetrieb: entweder war am GTA-Tag das Wetter ungeeignet oder die Schüler fanden unseren Flugplatz nicht (kann ja mal vorkommen). Eine durchgängige Fernlenkschulung war nicht möglich.



Bild1



Bild 2

Das etwa zur gleichen Zeit im Verein beginnende Indoorflyer-Bauprogramm kam uns gerade recht, um auch diesbezüglich für die GTA\_Schüler nachzudenken; das Gymnasium ist mit einer ausreichend großen Sporthalle ausgestattet. Allerdings wollten wir ihnen nicht den zu dieser Zeit modernen Kunstflug-Doppeldecker (oder später den Manta) anbieten, vielmehr sollten sie zunächst mit einem gutmütig zu fliegenden Hochdecker die Steuerkünste erlernen, Bild 3. Gemäß "Freilanderfahrungen" würde sich doch auch im Indoorbereich die Lehrer/Schüler-Fernlenktechnik bewähren?

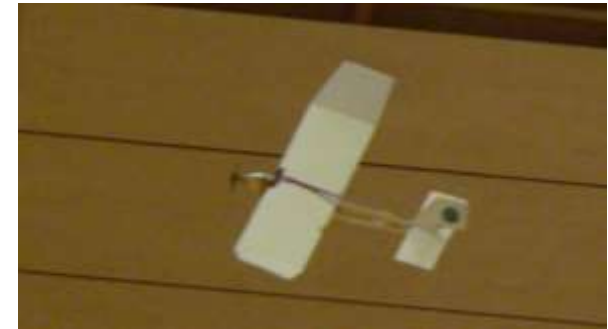
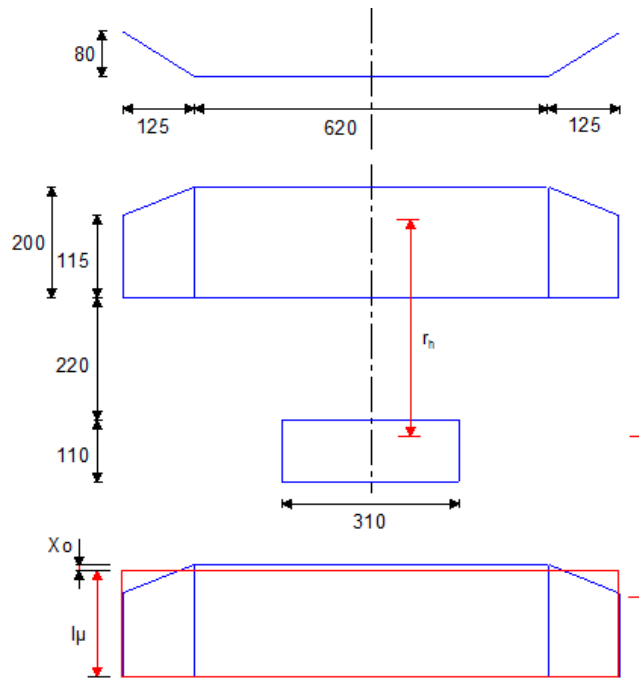


Bild 3a bis 3c Hochdecker mit Traktionsantrieb  
 $b = 8,7\text{dm}$ ;  $A_f = 16,4\text{dm}^2$ , Gö417a, Motor nano9G

Dieser Hoffnung widersprach das Trägheitsgesetz gleich mehrfach:

\*ein Körper befindet sich solange im Zustand einer geradlinigen (Flug-)Bewegung, bis der Lehrer denkt: Nanu, der macht wohl jetzt doch keine Kurve? Und schon ist die Wand da.

\*der Lehrer schaut wohlwollend zu, wie der Schüler das Modell im Start mit voller Drehzahl hochzieht und dann plötzlich auf Leerlauf schaltet: ehe nun auch der Lehrer schaltet, nickt das Modell und schlägt mit dem Motor auf, siehe Bilder 4 und 5.

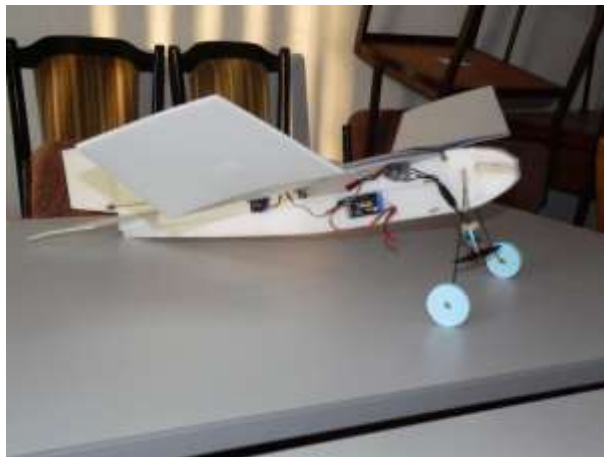


Bild 4



Bild 5

Das wurde uns bald zu teuer. Eine Neukonstruktion sollte folgende Eigenschaften mitbringen: \*robust gegen Wandanschläge und andere Abstürze, langsam fliegend, gutmütig steuerbar.

Den Langsamflug hatten wir bereits in dem Modell mit vorn liegendem Antrieb durch Leichtbau und geeignetem Flügelprofil realisiert (160 Gramm, gewölbte Platte,  $v \approx 5\text{m/s}$ ). Die Robustheit forderte allerdings ihren Tribut: das erste Modell pusher\_hd1 mit dem nun aufschlagfesten, weil hinten liegendem Antrieb (Anleihe beim tschechischen Motorsegler OGAR) wog 220Gramm ( $13.5\text{g/dm}^2$ ), Bild 6. Es war dadurch etwas schneller, aber ausgesprochen an/auf-schlagfest; der 26mm dicke EPP-Bug nahm die Aufprallenergie sehr gut auf, Propeller und Motor blieben von da an unbeschädigt. Das Fahrwerk reparierten wir allerdings nur einmal.

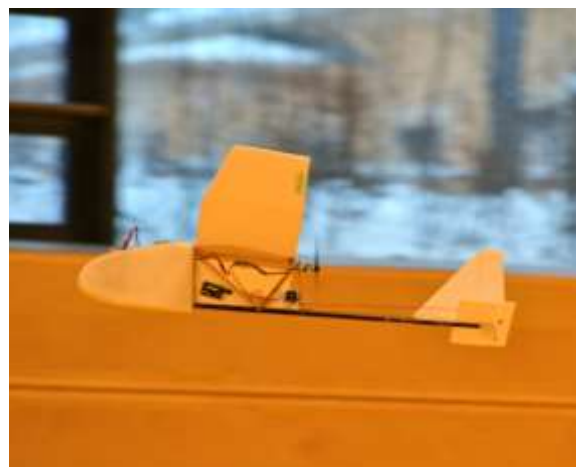
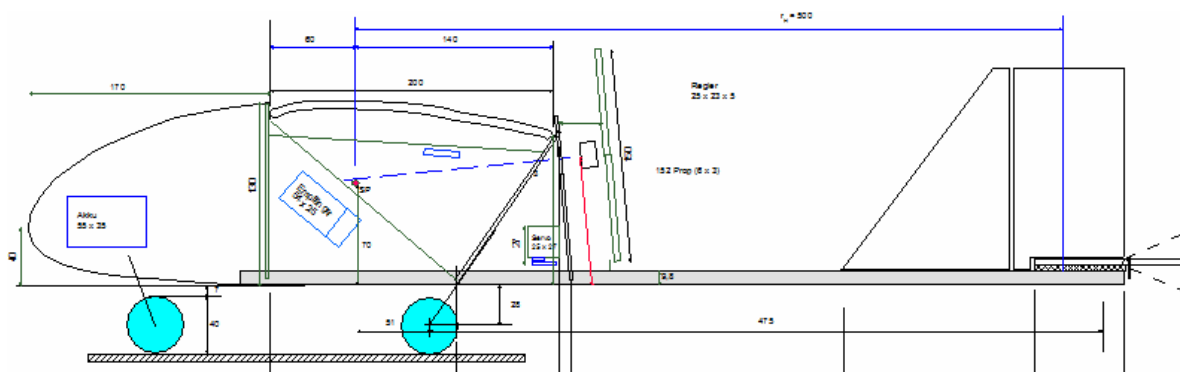


Bild 6 Das Urmodell pusher\_hd1 (hd steht für Hochdecker) wurde ab Mai 2011 eingesetzt. Es flog später ohne Fahrwerk und war nach zwei Schuljahren verschlissen

Bei den Folgemodelle pusher\_hd2 und pusher\_hd3 wurden die Leitwerksträger aus 3mm Depron gefertigt, wodurch auch weniger EPP im Bug nötig war. Die Startmasse reduzierte sich auf 180Gramm und damit die Flächenbelastung auf  $11\text{g/dm}^2$ . Die Version mit der Ebenen Platte und Querrudern diente der Umgewöhnung auf Steuerung mit Quer- UND Seitenruder, Bilder 7 und 8.



Bild 7 und 8 / pu\_hd2 rechts, pu\_hd3 mit QR links / Leitwerksträger aus 3mm Depron

Noch einen Schritt weiter in Richtung Massereduzierung ging die Version pusher\_td1 ( $10\text{g}/\text{dm}^2$ ). Obwohl die Vorverlegung des Antriebs hinter einen immer noch schützenden Bug nun zum Tiefdecker führte, gab es keine Abstriche an der gutmütigen Steuerbarkeit: Die fortgeschrittenen Schüler - alle noch Fünftklässler, also innerhalb des ersten "Lehrjahres" - drehten damit nicht nur sicher ihre "Spaß"runden, sondern kamen auch gut mit der Landung zurecht, Bild 9. Für dieses Modell können

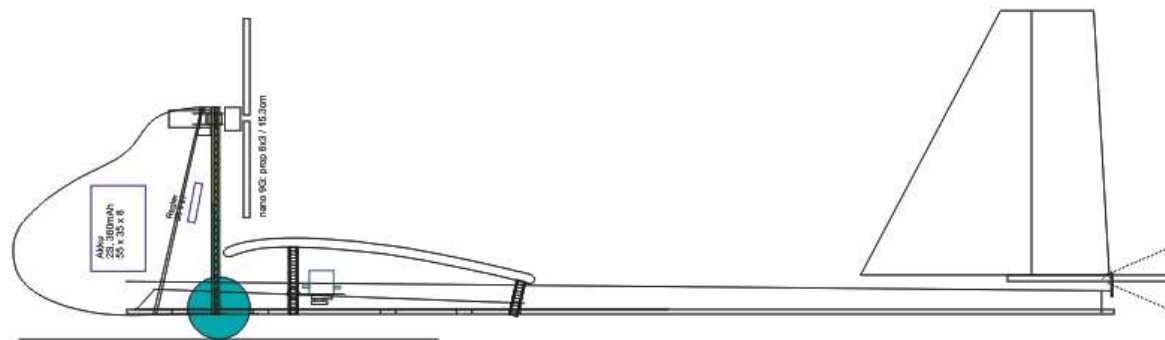




Bild 9a bis Bild 9c pusher\_td1

Zeichnungen für Spanten, Teilansichten sowie Hinweise zu Aufbau und Betrieb heruntergeladen werden (→ [download pdf](#)).

Die Massereduzierung unter Beibehaltung des robusten Aufbaus ist mit dem Eindecker pusher\_td weitestgehend ausgereizt. Es liegt der Gedanke nahe, mit einem Zweidecker die Flächenbelastung (fast) zu halbieren, Bild 10. Einen Ausschnitt vom Erstflug am 21. 01. 2014 zeigt Videoclip [pu\\_tan\\_140121.mp4](#). Dabei handelt es sich um die Konfigurationserprobung... der Aufbau ist noch sehr einfach und keineswegs robust. Auch sind Probleme hinsichtlich der Längsstabilität denkbar, die in der derzeitigen Testphase jedoch noch nicht gefunden wurden. Als Messwert für die Geschwindigkeit ergab sich  $v \approx 3,6\text{m/s}$ .

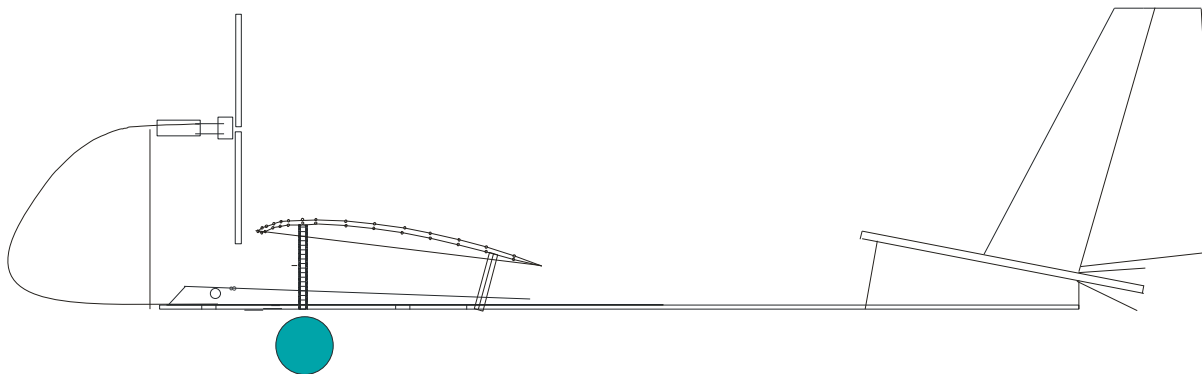




Bild 10: Konfiguration pusher\_tandem

Wie sich die Modelle in ein Geschwindigkeits- Flächenbelastungs-Diagramm einordnen, zeigt Bild 11. Dabei gilt die untere Linie für einen Auftriebsbeiwert  $ca = 0.8$ , welcher für die gewölbte Platte Gö417a bei  $Re = 40000$  vielleicht noch realistisch ist [1]; die obere Linie gilt für  $ca = 0,5$ , was etwa dem Maximum bei der ebenen Platte entspricht. Während der *Vapour* von HORIZON ein Modell in CFK/Folien-Bauweise ist - Linearservos im Empfänger integriert - gelang H. Eder mit dem *Entenkücken* [2] auch in CFK/Styropor-Bauweise ein hervorragender Leichtbau. Erläuterungen zur Klasse F1N, den Hallengleitern, werden im Bericht zum Krupka-Besuch 2013 gegeben [3]. Die Gleitflugmessungen an einem Saalflugmodell führte I. Rechenberg übrigens schon 1959 durch, wobei er auch die gewölbte Platte verwendete [4].

Hinsichtlich der angestrebten Modell-Robustheit ergibt sich übrigens die Frage, welche Beiträge Masse- und damit Geschwindigkeitswerte zur befürchteten Aufschlagkraft liefern. Qualitativ gehorchen sie  $F \sim \sqrt{k \cdot \text{mass}^3}$ . Unter Beibehaltung einer tragenden Fläche  $Af1 = 16,4\text{dm}^2$  für den Eindecker bzw einer doppelt so großen tragenden Fläche  $Af2 = 32,8\text{dm}^2$  für den Zweidecker wurden in Bild 12 die Kräfte unter der Bedingung dargestellt, dass der Bremsvorgang beim Aufprall  $\Delta t = 0,1\text{s}$  dauert. Diese Zeitabschätzung scheint nicht untertrieben zu sein, wenn man sich den Aufprallvorgang in Video [pu\\_td\\_130604.mp4](#) vor Augen führt. Pusher-Modelle mit einer Masse nahe 160 Gramm sollten also Kräfte im Bereich 5N bis 8N aushalten können.

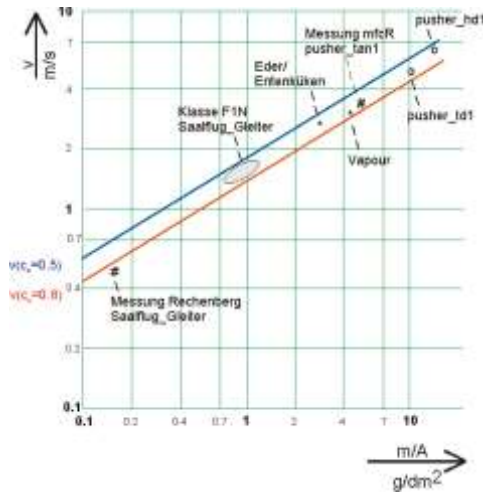


Bild 11: Modelle-Einordnung von Minimal geschwindigkeit versus Flächenbelastung

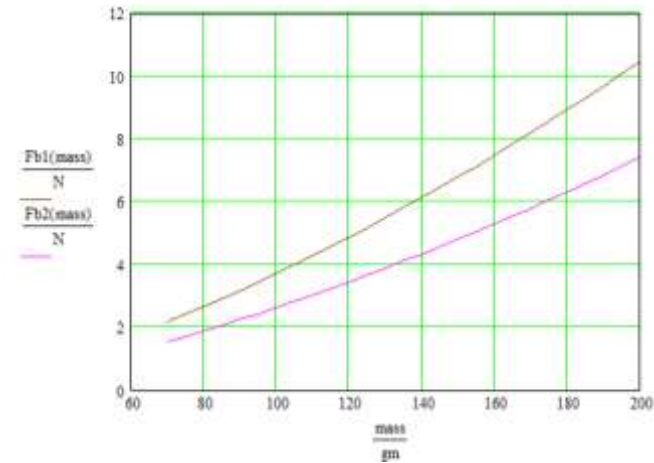


Bild 12: Aufschlagkräfte in Abhängigkeit von der Modellmasse für  $A_{f1} = 16,4\text{dm}^2$  und  $A_{f2} = 2 \cdot A_{f1} = 32,8\text{dm}^2$

Abschließend sei noch bemerkt, dass die Hallen-Schulung eine hervorragende Vorbereitung auf die fliegerische Beherrschung größerer Modelle sein kann: in einem Modellflug-Ferienlager im Juli 2013 waren lediglich zwei Trainingstage erforderlich, damit die Jungen auch die Motorsegler mit 2m Spannweite beherrschten. Drei von vier Schülern konnten an den abschließenden Wettbewerben zum Ende der Ferienwoche selbständig teilnehmen, siehe <https://www.mfc-rossendorf.de> > Ereignisse > Ereignisse 2013 > Erlebnisreiche Modellflugwoche Steutz

#### Literatur

[1] Schmitz, F.W., Aerodynamik des Flugmodells, Luftfahrtverlag Walter Zuerl, 6. Auflage, 1975

[2] Eder, H., Entenküken, Aufwind H.4 2011

[3] <https://www.mfc-rossendorf.de> > Internationale Beziehungen > Hallengleiterfliegen und Raketenstarten im Partnerverein RMK Krupka, 02.11.2013

[4] Rechenberg, I., Flugmessungen an einem Saalflugmodell, Der Flugmodellbau, H.2 1959

Rosendorf, Januar 2014, Hans Langenhagen