

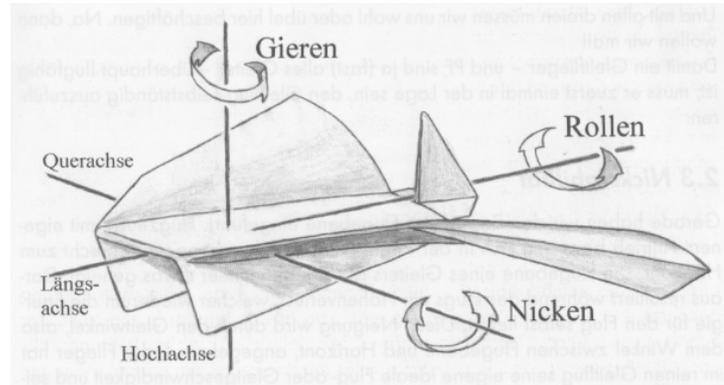


## Inhalt

- Theoretische Grundlagen
- Versuchsaufbau und –durchführung
- Ergebnisse
- Diskussion

# Theoretische Grundlagen

## Stabilität



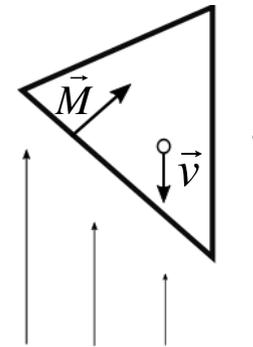
Papierflieger sollten bei Störungen in ihre stabile Position zurückkehren

## Nickstabilität

- Schwerpunktlage entscheidend

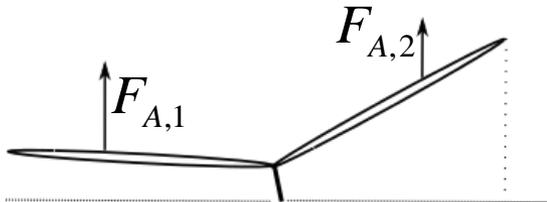
## Gierstabilität

- Positive Pfeilung, Seitenleitwerke hinten



## Rollstabilität

- V-Stellung der Flügel, Seitenleitwerke: Stabilisierendes Drehmoment



Auftriebs – / Widerstandskraft :

$$F_a = 0,5 \cdot c_a \cdot \rho A v^2$$

$$F_w = 0,5 \cdot c_w \cdot \rho A v^2$$

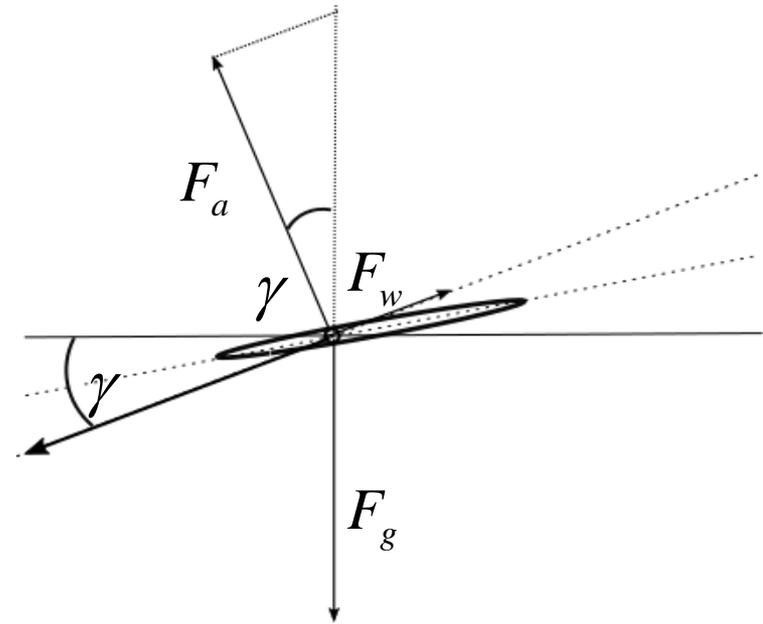
$$\gamma \text{ klein} \Rightarrow F_a \approx F_g;$$

Widerstandsbeiwert :

$$c_w = \frac{c_a^2}{\pi b} A + \frac{2,656}{\sqrt{\text{Re}}}$$

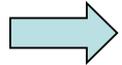
Gleitwinkel :

$$\gamma \approx \frac{F_w}{F_a} = 1,328 \frac{A}{mg} v^2 \rho \sqrt{\frac{1}{\text{Re}}} + \frac{2mg}{\pi \lambda \rho A} v^{-2}$$



## Folgerungen

- Geschwindigkeit für max. Flugweite berechenbar, sollte möglichst ähnlich der Startgeschwindigkeit sein
- Schwerpunktlage entscheidend für Stabilität
- Gewicht und Flügelgeometrie beeinflussen Gleitwinkel

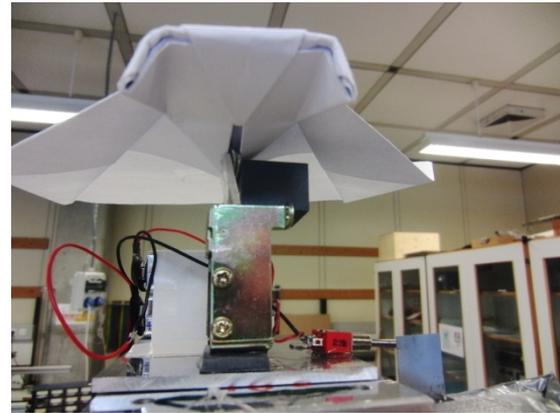


**Variation dieser Parameter im Experiment**



## Problemstellungen

- Beschleunigung
- Halterung & Öffnung
- Durchführungsort

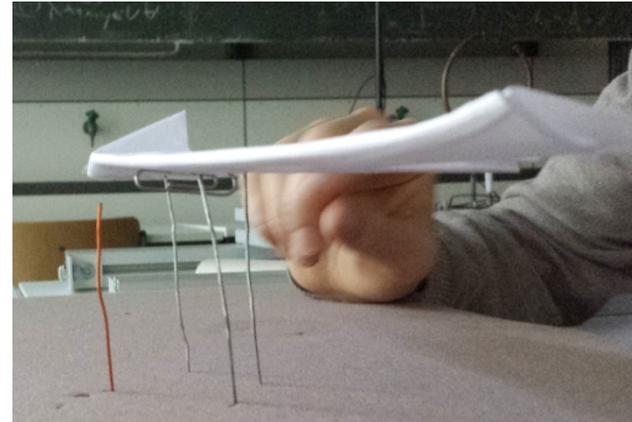


## Umsetzung

- Elektrische Schaltung mit Widerstand als Auslöser
- Beschleunigung mit Gewicht und Umlenkrolle
- Portable Konstruktion

Schwerpunktbestimmung

$$\Delta x_s = 2\text{mm}$$



Messung der Startgeschwindigkeit

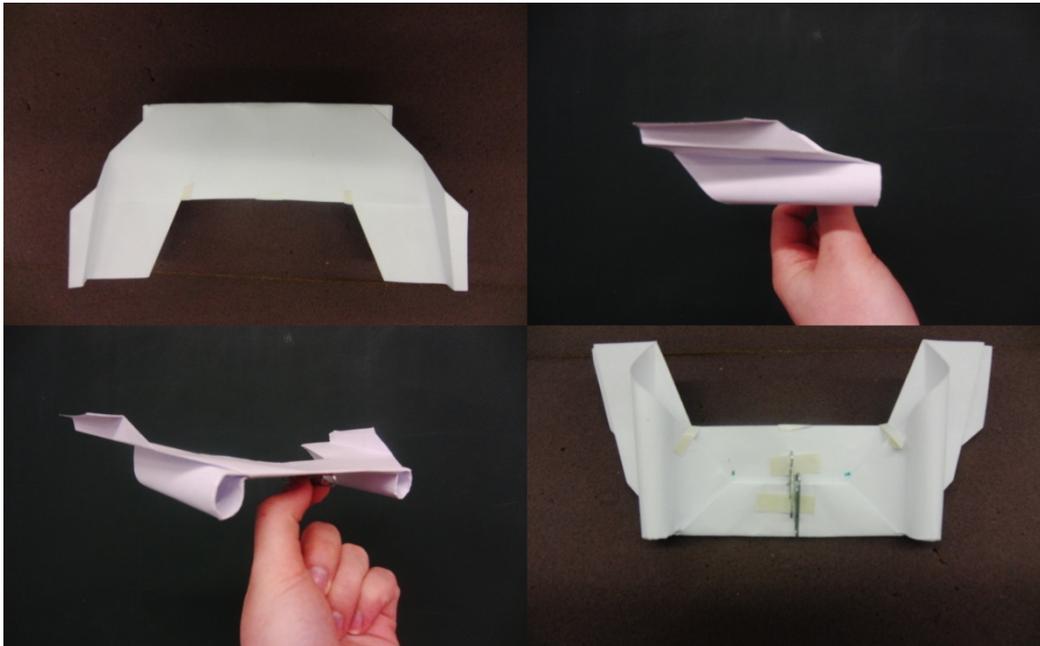
$$v = (2,30 \pm 0,14) \frac{\text{m}}{\text{s}}$$



## Versuchsdurchführung



## A-310

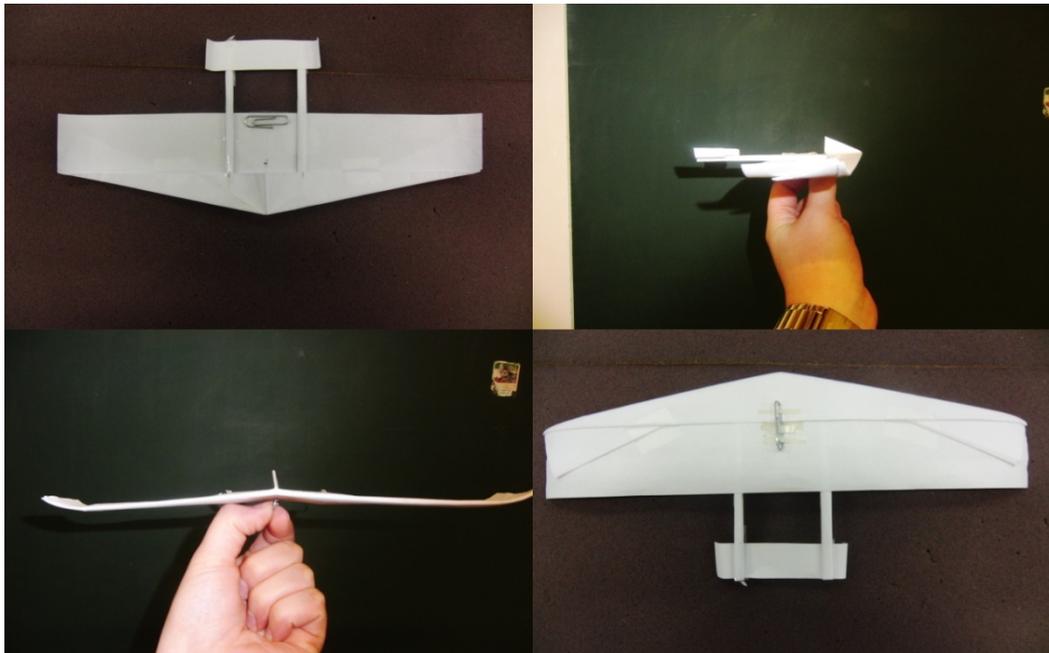


- Relativ langsam
- stabiler Flug

Abwurfgeschwindigkeit  
zu niedrig

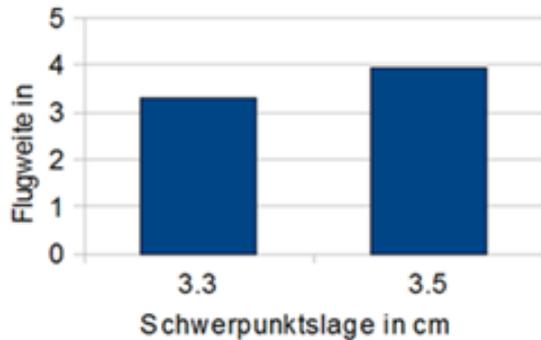
→ keine Messung  
möglich

## G-38



- Gute Gleiteigenschaften
- eher instabil (Rollen)
- Von Hand gute Flugweiten erzielbar

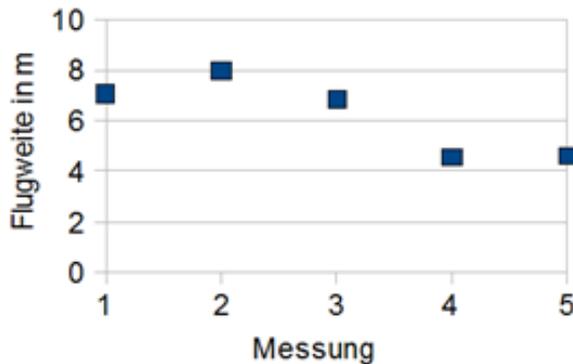
Flächengewicht: 80 g/m<sup>2</sup>



Schwerpunkt bei 3,7cm: Kein Gleitflug

Flächengewicht: 40 g/m<sup>2</sup>

Schwerpunkt: 3,5cm



Berechnete optimale Geschwindigkeit 80 g/m<sup>2</sup>

$$v = 3,56 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

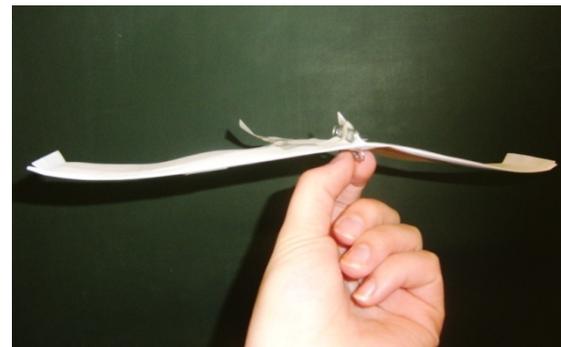
Gemessene Geschwindigkeit, geworfen

$$v = 3,50 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Berechnete Optimale Geschwindigkeit 40 g/m<sup>2</sup>

$$v = 2,66 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Aber: Sehr instabiles Flugverhalten wegen umgekehrter V-Form

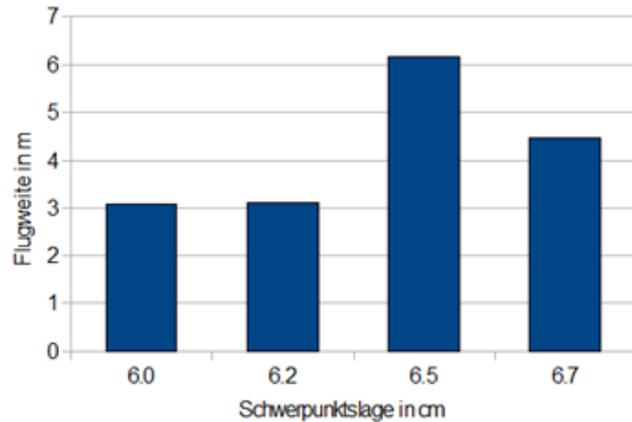


## Turmfalke



- Stabilster Gleiter
- Fliegt langsam
- Leicht kopflastig

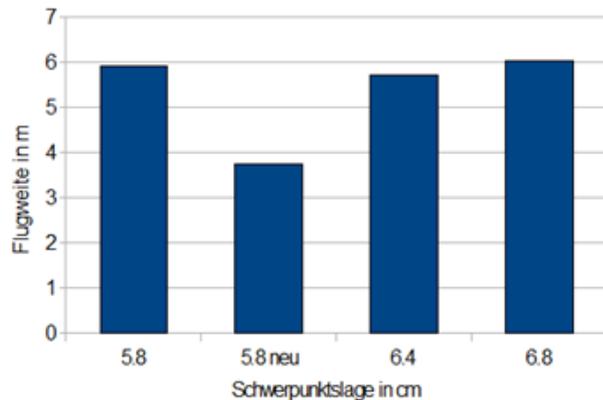
Flächengewicht: 80 g/m<sup>2</sup>



80 g/m<sup>2</sup> : starker Einfluss des Schwerpunkts ersichtlich

40 g/m<sup>2</sup> : Erster Messwerte für  $x_S = 5,8\text{cm}$  nicht sinnvoll (Schwerpunktmessung)

Flächengewicht: 40 g/m<sup>2</sup>



konstant große Entfernungen von  $x = (6,18 \pm 0,24)\text{m}$  für 80 g/m<sup>2</sup> und  $x_S = 6,5\text{cm}$

## Ergebnisse

- Größte Weite  $x = (6,2 \pm 1,6)$  m erzielt von G-38 mit  $40 \text{ g/m}^2$  und  $x_s = (3,5 \pm 0,2)$  cm, aber sehr instabil
- Stabilität und konstant große Entfernungen bis zu  $x = (6,18 \pm 0,24)$  m erreicht von Turmfalke mit  $80 \text{ g/m}^2$  und  $x_s = (6,5 \pm 0,2)$  cm

## Diskussion

- Niedrige Abwurfgeschwindigkeit

Ursache: Ungenaue Geschwindigkeitsmessung des von Hand geworfenen Fliegers zu Beginn des Semesters

➡ Viele Flieger mit normalem Papier ungeeignet

- Zeitmangel

Ursache: Entscheidungsfindung bei verschiedenen selbst entworfenen Details der Startvorrichtung nötig, oft mehrere Möglichkeiten der Umsetzung

➡ Nur relativ wenige Messungen möglich

Wir möchten uns für die vielen Ideen, Anregungen und die Unterstützung während des gesamten Projekts bedanken bei

- Prof. Dr. Othmar Marti
- Patrick Paul
- Martin Müller
- Reiner Keller und der Vorlesungssammlung

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**