

Visualisierung der Luftströmung beim Segelfliegen

-Fliegen nach Seitenfaden -



1 INHALT

2	Vorwort	3
3	Prinzip Seitenfaden	4
4	Flugzeugtypen-Vergleich	5
5	Windenstart.....	7
6	Ort der Installierung.....	8
7	Erfahrungsbericht.....	9

2 VORWORT

Ein einfacher Baumwollfaden von rund 25 Zentimeter Länge: Der Seitenfaden. Im Gegensatz zum gewöhnlichen, in der Segelflugszene allseits bekannten, Faden, zur Unterstützung des schiebefreien Fliegens, handelt es sich beim Seitenfaden um die Anzeige der Lage des Segelfliegers gegenüber der im Flug umgebenden Strömung.

Die Broschüre präsentiert die Resultate und Erfahrungen meiner Maturaarbeit im Umgang mit dem Seitenfaden. Es wurden verschiedene Parameter untersucht. Alle Resultate des Flugzeugtypen-Vergleichs basieren auf eigenen durchgeführten Versuchsflügen. Weitere Informationen zur Auswertung und der Durchführung der Testflüge, aber auch zu theoretischen Hintergründen, finden sich in der Dokumentation meiner Maturaarbeit (Archiv der Kantonsschule Obwalden).

Im Rahmen meiner Untersuchungen möchte ich mich speziell bei der *Segelfluggruppe Obwalden* für den praktischen Support und dem *Aero-Club der Schweiz* und der *Pilatus Flugzeugwerke AG* für die finanzielle Unterstützung bedanken!

Jan Keiser, Sarnen

3 PRINZIP SEITENFADEN

Wo gehört der Seitenfaden hin?

Der Seitenfaden wird, wie es der Name schon andeutet, im vorderen Bereich auf beiden Seiten der Segelfliegerhaube (Capot) befestigt. Die beiden Seitenfäden sollten im optisch gut überblickbaren Bereich für den Piloten befestigt werden.

Was zeigt der Seitenfaden an?

Der Seitenfaden dient der Visualisierung des Anstellwinkels des Segelflugzeugrumpfs gegenüber der anliegenden Strömung. Das Prinzip ist einfach, aber effektiv. Der Seitenfaden wird entsprechend der Lage des Segelfliegers gegenüber der Luftströmung unterschiedlich ausgelenkt. D.h. bei einer niedrigeren Fluggeschwindigkeit, verbunden mit einem Anstieg des Anstellwinkels, erfährt auch der Seitenfaden parallel dazu eine grössere Auslenkung.

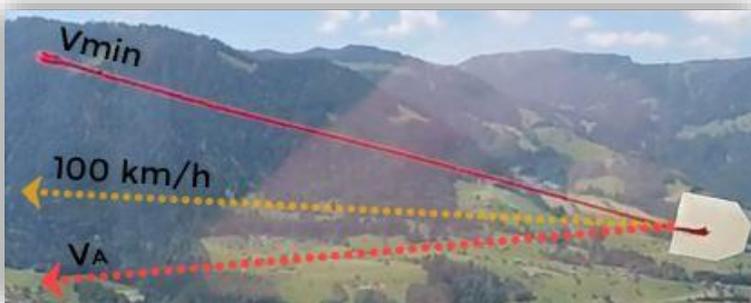


Abb. 1: Auslenkung des Seitenfadens von V_{min} (Mindestgeschwindigkeit) bis V_A (Manövergeschwindigkeit)

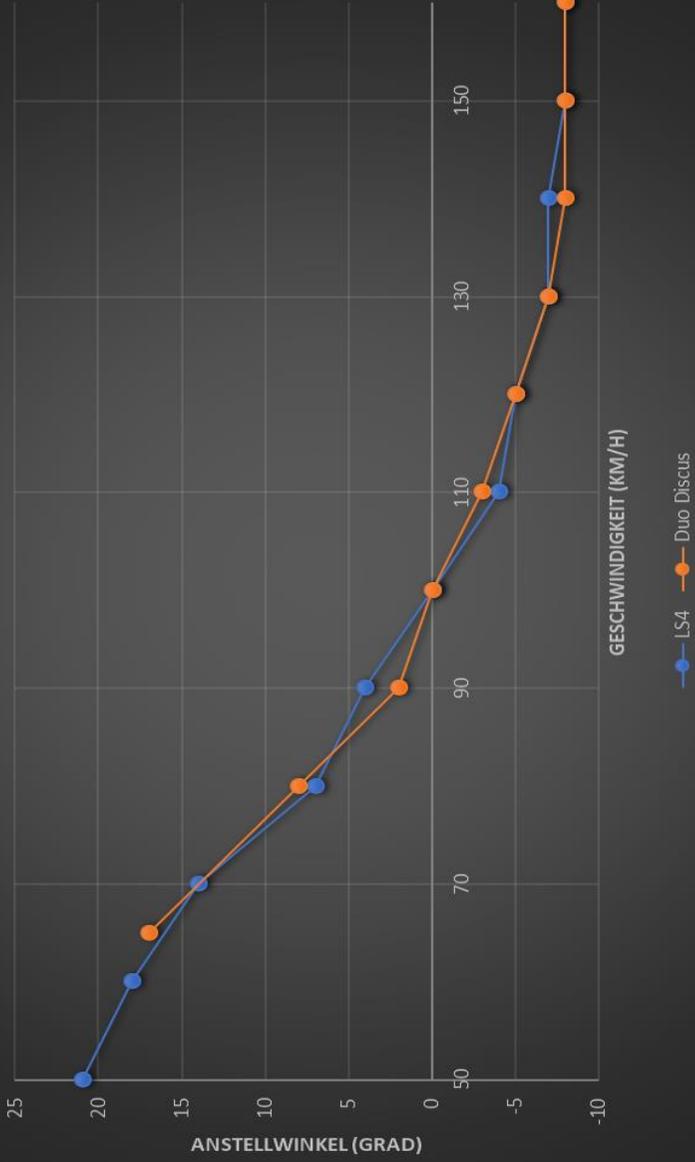
4 FLUGZEUGTYPEN-VERGLEICH

Duo Discus (Doppelsitzer)	
Geschwindigkeit (km/h)	Anstellwinkel (Grad)
65	17
80	8
90	2
100	0
110	-3
120	-5
130	-7
140	-8
150	-8
160	-8

LS4 (Einsitzer)	
Geschwindigkeit (km/h)	Anstellwinkel (Grad)
50	21
60	18
70	14
80	7
90	4
100	0
110	-4
120	-5
130	-7
140	-7
150	-8
160	-8

Hinweis: Im orangen Bereich war eine genaue Analyse des Seitenfadens aufgrund einer resultierenden Flatterbewegung nicht mehr möglich. Der Anstellwinkel wurde in Grad gemessen und bezieht sich auf die Auslenkung des Seitenfadens bei 100 km/h. Die Werte des Anstellwinkels sind gerundet.

Anstellwinkel Duo Discus / LS4



5 WINDENSTART

Startphase	Anstellwinkel (Grad)
Übergang in den Steigflug	7
Steigflug	2
Abflachen	-2

Der Windenstart gliedert sich in mehrere Startphasen:

- **Übergang in den Steigflug:** Dieser bildet die erste Phase kurz nach Abheben des Segelfliegers. Zu starkes Ziehen am Steuerknüppel, verbunden mit einem Anstieg des Anstellwinkels, kann einen Kavaliertart (Überziehen des Steuerknüppels) zur Folge haben. Zum Vergleich findet man in der Tabelle unten den kritischen Anstellwinkel (bei 60 km/h) des während der Versuchsflüge verwendeten Segelflugzeugtyps. Der Anstellwinkel in dieser Phase ist rund dreimal tiefer als der kritische Anstellwinkel.
- **Steigflug:** Er umfasst die zweite Phase des Starts. Der Segelflieger gewinnt schnell an Höhe.
- **Abflachen:** Am höchsten Punkt des Startvorgangs flacht der Segelflieger ab und wird anschliessend vom Seil ausgeklinkt.

Twin Astir 2	
Geschwindigkeit (km/h)	Anstellwinkel (Grad)
60	21
70	15
80	9
90	5
100	0

6 ORT DER INSTALLIERUNG



Abb. 2: Ort der Installation

Bei dieser Untersuchung zum Seitenfaden wurde eruiert, bis wie weit der Seitenfaden an der Segelfliegerhaube nach oben verschoben werden kann, ohne dass sich seine Auslenkung verändert.

Bis zu einer Höhe von ca. 20 – 25 cm ab Capotrand (von unten nach oben gesehen) war keine grosse Veränderung festzustellen. Alle Seitenfäden hatten parallel zueinander dieselbe Auslenkung. Allerdings war die Auslenkung des Seitenfadens ab ca. 20 cm Höhe zu geringfügig, als dass sie noch gut wahrgenommen werden konnte.

Es empfiehlt sich also den Seitenfaden in diesem Bereich zu befestigen (bis max. 25 cm ab Capotrand). Je höher der Seitenfaden befestigt wird, desto geringer ist die Auslenkung.

7 ERFAHRUNGSBERICHT

Dieser kurze Bericht basiert auf eigenen Erfahrungen zur praktischen Anwendung des Seitenfadens. Ebenfalls haben sich Piloten der Segelfluggruppe Obwalden der Thematik angenommen und den Seitenfaden ausgetestet. Verschiedene Kriterien, wie das Verhalten des Seitenfadens in der Thermik und im Kurvenflug, aber auch das persönliche Sicherheitsbefinden in Bezug auf das *Fliegen nach Seitenfaden*, werden hier thematisiert.

Ablauf

Zu Beginn des Thermikfluges wurde ein sogenannter Grenzbereich vom Piloten auf dem Capot markiert (siehe Abb. 1). Der Segelflieger wird dabei auf eine niedrige Geschwindigkeit verlangsamt und die Auslenkung der beiden Seitenfäden wird auf dem Capot gekennzeichnet. Anschliessend wird der Segelflieger in den Schnellflugbereich gebracht und eine zweite Markierung wird gesetzt. Zum Beispiel eine Markierung bei 80 km/h als sogenanntes *V_{min}* und eine angestrebte Vorfluggeschwindigkeit von 130 km/h. Fertig ist der optische Geschwindigkeitsmesser auf dem Capot.

Verhalten in der Thermik

Beim Einfliegen in einen Thermikschlauch zeigten die zwei Seitenfäden durch kleine Ausschläge nach oben, den bevorstehenden

Aufwind an. Hierbei unterstützte der Seitenfaden die Einleitung der Kurvenrichtung. Hatte der Seitenfaden auf der linken Seite beispielsweise stärker ausgeschlagen, war dies ein Indiz dafür, dass der Aufwind auf der linken Flügelseite ein wenig stärker und ausgeprägter sein muss. Dies bestätigte sich meist auch durch das kurze ruckhafte Anheben des entsprechenden Flügels durch die Thermik. So konnte die Kurve folglich in Richtung der stärkeren Aufwindseite gewählt werden.

Kurvenflug

Im Kurvenflug unterstützt der Seitenfaden, zusätzlich zum Standardfaden auf der Capot-Oberseite, das schiebefreie Einleiten einer Kurve. Wird im Kurvenflug zu stark in Richtung Kurvenaussenseite geschoben (negatives Wendemoment), so hebt sich der auf der Kurveninnenseite liegende Seitenfaden an. Parallel dazu senkte sich der Seitenfaden auf der Kurvenaussenseite praktisch genau im gleichen Ausmass nach unten. Der Seitenfaden reagierte sofort, falls die Kurve nicht mehr sauber geflogen, respektive falls zu stark geschoben wurde. In diesem Punkt konnte der Seitenfaden zur Optimierung meines persönlichen Flugstils beitragen.

Sicherheit

Das Überziehverhalten des Segelfliegers, resultierend aus einem zu starken Ziehen am Steuerknüppel, wird durch den deutlich

grösseren Ausschlag der beiden Seitenfäden dem Piloten unmittelbar angezeigt. Gerade während des Thermikfluges, wo eine aktive Luftraumbeobachtung und das Abschätzen des umliegenden Terrains essentiell sind, kann so der Geschwindigkeitsmesser oft schnell vernachlässigt werden. Ist nun der kritische Anstellwinkel auf dem Capot markiert, so hat man visuell, auch während dem Hinausschauen und Beobachten, eine gute Referenz bezüglich des sicheren Flugbereichs in Bezug auf die aktuelle Geschwindigkeit. Wird eher nahe am Gelände, z.B. über einer Krete geflogen, so ist der Gebrauch des Fahrtmessers aber unabdingbar. Zur Indikation der exakten Geschwindigkeit ist der Seitenfaden zu ungenau. Der Seitenfaden visualisiert primär den Toleranzbereich, der auf dem Capot markiert ist, für die sichere Pilotierung des Fluggefährts.

Zur aktiven Benutzung des Seitenfadens sei gesagt, dass sich die Abläufe im Cockpit von Pilot zu Pilot unterscheiden. Den Piloten, welche vorher noch nie mit Seitenfäden geflogen waren, ist aufgefallen, dass der Seitenfaden mit der Zeit tendenziell vernachlässigt wurde. Das hängt damit zusammen, wie automatisiert die Mechanismen des entsprechenden Piloten während des Fluges schon sind. Es bedürfte einer Umstellungsphase, um wirklich aktiv mit dem Seitenfaden zu fliegen.

Konklusion

Abschliessend kann gesagt werden, dass der Seitenfaden eine nützliche additive Erweiterung zum Geschwindigkeitsmesser ist. In der Thermik und im Vorflug könnte er den Geschwindigkeitsmesser ersetzen. Auf dem Streckenflug, wo mit dem Segelflieger oft nahe am Gelände operiert wird, ist der Geschwindigkeitsmesser aber unverzichtbar.

Sponsoren

