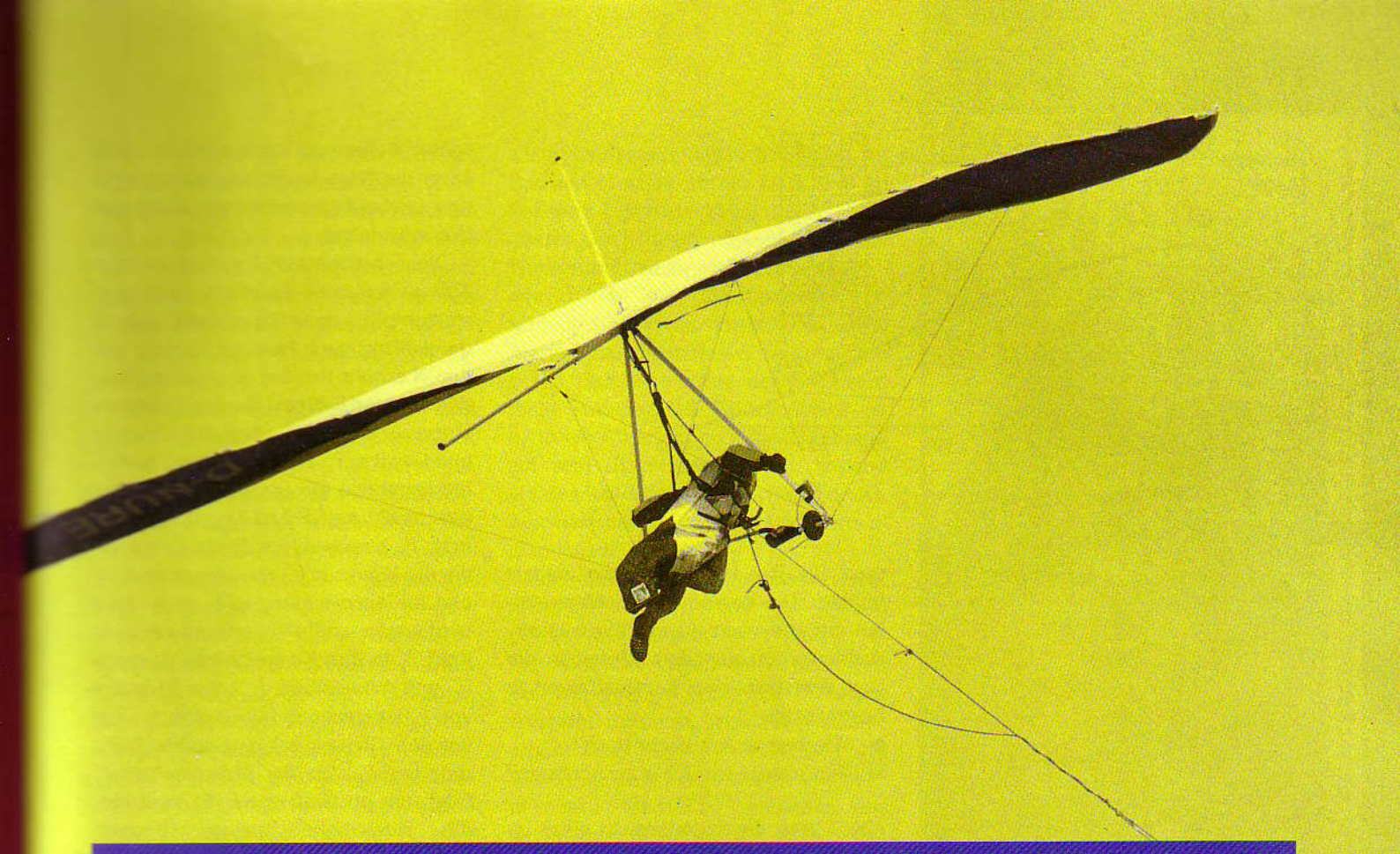
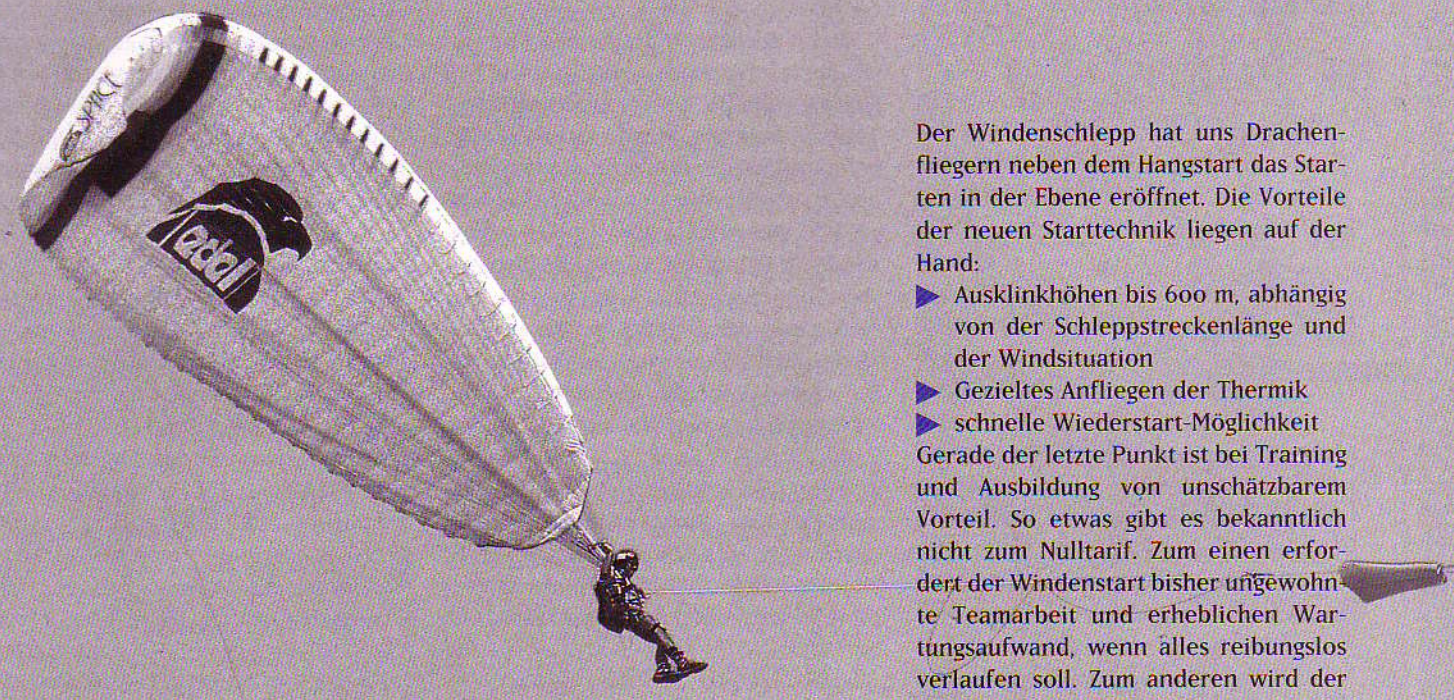
Möglichst hoch und das noch sicher

Gedanken zur Optimierung des Windenschlepps von Ingo Westerboer

Fotos: Ingo Westerboer, Christa Jost



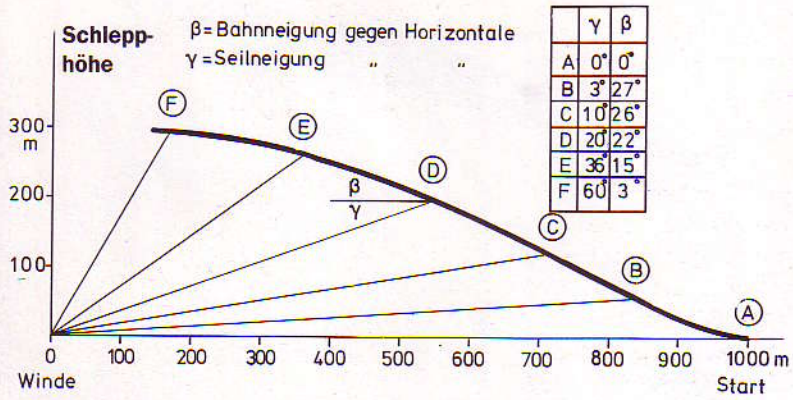
SEILTANZ



Der Windenschlepp hat uns Drachenfliegern neben dem Hangstart das Starten in der Ebene eröffnet. Die Vorteile der neuen Starttechnik liegen auf der Hand:

- Ausklinkhöhen bis 600 m, abhängig von der Schleppstreckenlänge und der Windsituation
- Gezieltes Anfliegen der Thermik
- schnelle Wiederstart-Möglichkeit

Gerade der letzte Punkt ist bei Training und Ausbildung von unschätzbarem Vorteil. So etwas gibt es bekanntlich nicht zum Nulltarif. Zum einen erfordert der Windenstart bisher ungewohnte Teamarbeit und erheblichen Wartungsaufwand, wenn alles reibungslos verlaufen soll. Zum anderen wird der Pilot beim Windenschlepp mit einer Reihe neuer Gefahrenquellen konfron-



	γ	β
A	0°	0°
B	3°	27°
C	10°	26°
D	20°	22°
E	36°	15°
F	60°	3°

Abb.1 Windenschlepp ohne Gegenwind

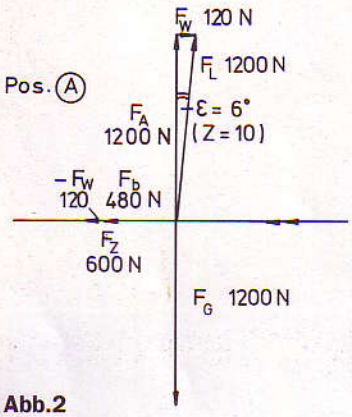


Abb.2
Kräfte an Position A

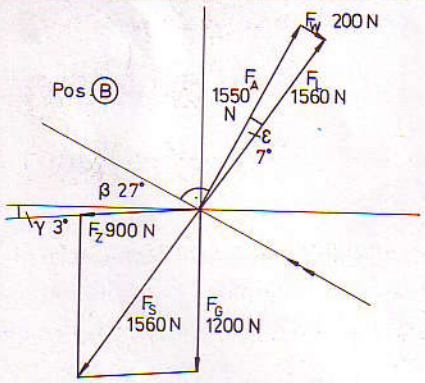


Abb.3
Kräfte an Position B

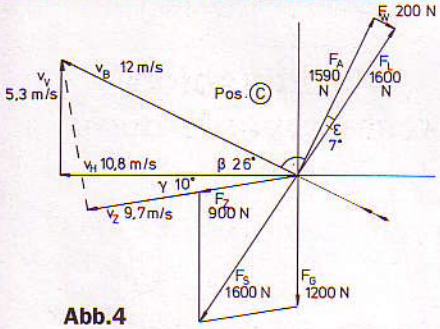


Abb.4
Kräfte und Geschwindigkeiten an Position C

tiert, die ihm beim Hangstart erspart blieben. Die Vorgänge im Schlepp sollen mit Hilfe von etwas Physik untersucht werden und den Piloten in die Lage versetzen, zwei Kardinalfragen zu beantworten:

- Wie komme ich sicher hoch?
- Wie komme ich sicher am höchsten?

Abb. 1 zeigt die Seitenansicht eines typischen Schleppverlaufs bei Windstille mit 1000 m Schleppstrecke und einer Ausklinkhöhe von 300 m. In der Tabelle sind die an den Positionen A bis F auftretenden Seilwinkel γ und Flugbahnwinkel β - beide Winkel gemessen gegen die Horizontale - zusammengefaßt. Der Seildurchhang wurde vernachlässigt.

Wenn der Windenführer ein Könner ist, dann schleppt er beim Start bis zur Sicherheitshöhe mit einer reduzierten Zugkraft von 600 N, geht dann auf die vollen zulässigen 900 N und in der Endphase nahe Position F wieder auf 600 N zurück. Anhand von Abb. 2 untersuchen wir die Kräfte beim Abheben (alle verwendeten Formelzeichen sind im Kasten zusammengestellt). In dieser Phase des Starts ist das Abfluggewicht von F_G = 1200 N durch den Auftrieb F_A = 1200 N kompensiert, der Widerstand F_W = 120 N durch den Seilzug F_Z = 600 N sogar kräftig überkompensiert. So bleibt noch ein satter Rest von 480 N, den wir durch Wahl eines trickreich flachen Anstellwinkels zur Fahrterhöhung nützen, ohne wegzusteigen. Die Beschleunigung beträgt dann

$a = F_b/m = 480\ N/120\ kg = 4\ m/s^2$

Die Fahrt nimmt demnach jede Sekunde um 4 m/s zu. Erfolgt das Abheben bei 30 km/h, dann sind eine Sekunde später sichere 44 km/h erreicht. Jetzt kann die Nase leicht angehoben werden, um bei konstanter Fahrt den Steigflug einzuleiten.

Die Situation an Position B zeigt Abb. 3. Hier wird die größte Flugbahnsteigung (β = 27 Grad) erreicht, sobald der Seilzug nach dem Umklinken auf 900 N erhöht worden ist. Aus den beiden einzigen Kräften, die von außen am Fluggerät angreifen, nämlich Seiltzug F_Z und Gewicht F_G bilden wir per Parallelogrammregel die Lastsumme F_S. Demnach muß unser Flügel eine totale Luftkraft F_L erzeugen, die dieser Laststumme die Waage hält, also gleich groß ist und in Gegenrichtung zu F_S zeigt. Jetzt wird's spannend! Wir zerlegen die Luftkraft F_L in ihre Komponenten Auftrieb F_A und Widerstand F_W. Die Richtung von F_A ist stets - siehe z.B. Abb. 3 - die um den Gleitwinkel ϵ gedrehte Richtung von F_L. Aus der Richtung von F_A folgt, um 90 Grad gegen F_A verdreht, die Flugbahnberichtigung (Doppelpfeil).

Unser Flügel hat in Position B die Last F_S = 1560 N zu tragen, das sind 30 % mehr als beim Gleitflug. Im weiteren Schleppverlauf steigt die Belastung an infolge der größeren Seilwinkel γ. An Position E sind 160 % der Gleitflug-Last F_G erreicht!

Diese Belastungen scheinen noch harmlos, doch sie gelten nur bei exaktem Einhalten des Seilzuges von 900 N. Bei Überschreitung dieses Sollwertes kann die Belastung schnell so groß werden, daß ein ausreichender Abstand unserer sicheren Lastgrenze von 4 x F_G nicht mehr garantiert ist. Hier wird deutlich, wie schnell ein Ruck beim zu harten und von der Winde schlecht gedämpften Umklinken zum Problem werden kann, ebenso wie das Durchfliegen harter Böen beim Schlepp in ruppiger Thermik.

Anders als im freien, ungefesselten Flug spürt der Pilot im Windenschlepp die auftretenden Kräfte nicht, solange sie stationär sind. Während der Segelflieger an den durchbogenen Tragflächen die Lasten im Schlepp sehr wohl ablesen kann, sagt uns weder unser Magen noch ein Blick auf Flügel oder Unterverspannung etwas über die Höhe der Belastung. Auch die Sollbruchstelle ist kein vollkommener Schutz: sie reißt

zwar bei 1500 N, aber sie sitzt im Schleppseil und kann uns daher nicht vor den besprochenen Lasten Fs schützen, sondern eher vor der Katastrophe des Ausfalls der Zugkraft-Regelung an der Winde. Die 900 N-Grenze für den Seilzug und dessen tägliche Kontrolle bei Vollgas mittels Federwaage sind reiner Selbstschutz.

Für den geschleppten Piloten und den Windenführer bedeutet das, sich der vorliegenden, nicht spürbaren Lasten dauernd bewußt zu sein. Ruckartige Flugmanöver des Piloten - besonders in der zweiten Hälfte des Schlepps - können ebenso zum Bruch führen, wie schnelle Seilzugwechsel an der Winde.

Entscheidend für das Erreichen der maximal möglichen Schlepphöhe ist das Einhalten der optimalen Schleppgeschwindigkeit. Sie liegt nahe der Geschwindigkeit des besten Gleitwinkels. Das läßt sich in Abb. 3 ablesen: jede Vergrößerung von ϵ würde den Auftrieb F_A nach links drehen und mit F_A auch die um 90 Grad gegen F_A gedrehte Flugbahn (Doppelpfeil). Sie würde flacher verlaufen, also weniger Höhe bringen.

Doch das Einhalten der Geschwindigkeit des besten Gleitens hat einen Haken: bei erhöhter Flächenbelastung werden bekanntlich alle Punkte unserer Polaren - also auch die markanten Geschwindigkeiten des Abreißens, des besten Sinkens und des besten Gleitens - zu höheren Werten verschoben. Sie steigen bei starren Profilen exakt um den Faktor F_S/F_G. Das bedeutet für einen Hochleister, der im Normalfall bei z.B. 35 km/h stallt, daß er im Schlepp an Position C schon mit 40 km/h und an Position E schon mit 44 km/h völlig überzogen »fliegt«. Dieser kritische Flugzustand macht sich dem Piloten - wie schon die Überlastungen im Schlepp - nicht durch die gewohnten Alarmsignale bemerkbar: der Steuerbügel ist nicht weit vorne, der Vogel wird nicht »weich«, das Fahrtgeräusch ist nicht weg! Wer das nicht beachtet und, auf sein fliegerisches Gefühl bauend auf den Fahrtmesser verzichtet, hat seinen nächsten Lock-out schon vorprogrammiert.

Die optimale Schlepphöhe erreicht nicht der Spinner, der im Schlepp drückt, was das Zeug hält, sondern jener Pilot, der gerade im zweiten Teil des Schlepps, wo die erhöhten Lasten verstärkt auftreten, seine Fahrt dosiert erhöht: liegt die Geschwindigkeit des besten Gleitens bei 40 km/h, dann sollte er an Position E 25 % schneller, also mit 50 km/h ankommen!

Versuchen wir eine Zusammenfassung:

▶ Beim Start geht's rasant zur Sache. Wir werden auch bei reduziertem Seilzug mit satten 4 m/s beschleunigt. Das sind 40 % der Beschleunigung des freien Falls und erfordert sehr dosiertes Steigern des Anstellwinkels, um die sanft steigende Bahn des Sicherheitsstarts auszufliegen.

▶ Die Belastung unseres Drachens steig mit der Schlepphöhe und erreicht das 1,6-fache Abfluggewicht. Der Pilot kann die Höhe der Belastung im Schlepp weder sehen, noch spüren. Umso wichtiger ist eine zuverlässig arbeitende Zugkraftregelung an der Winde.

▶ Die von der Winde zu liefernde Seilzug-Leistung liegt bei 9 kw = 12 PS.

▶ Und zum Schluß das Wichtigste: Das Einhalten der Geschwindigkeit des besten Gleitens führt auf die maximal erreichbare Schlepphöhe. Diese Sollfahrt des besten Gleitens steigt infolge der Belastung im Schleppverlauf um 25 % an. Ein Fahrtmesser ist unerläßlich.

Ingo Westerboer ist Physiker, fliegt seit 1954 Segelflugzeuge und seit 1980 mit dem Drachen, außerdem ist er Segel- und Drachenfluglehrer.

Z	Gleitzahl
ϵ	Gleitwinkel
γ	Seilwinkel, -neigung
β	Flugbahnwinkel
v_B	Bahngeschwindigkeit
a	Beschleunigung
m	Masse
F_A	Auftriebskraft
F_W	Widerstandskraft
F_L	Totale Luftkraft
F_Z	Seilzugkraft
F_G	Gewichtskraft
F_S	Lastsumme $F_G + F_Z$
F_b	Beschleunigungskraft

Wenn Ihnen Ihre Mäuse lieb sind . . .

jetzt im neuen

Sunglide

Flugsport-Katalog bestellen

Auf über 60 brandheißen Seiten:

Gleitschirme - Hängegleiter - Gurte - Rettungssysteme - Bekleidung - Zubehör

Informationsteil
Großer Reiseteil

Katalog sofort kostenlos anfordern:

Sunglide
Flugsportvertrieb

Kreuzstr. 19
82544 Egling
Tel. 08176-1700
Fax 08176-1717