

Einfluß von Kursfehlern im Windenschlepp bei variablen Seillängen.

Zusammenfassung.

Die Analyse seitlicher Versetzungen beim Windenschlepp infolge von Kursfehlern führt erst bei groben Ablagewinkeln und kurzen Seil zu namhaftem Anstieg der Flügellasten. Besonders gefährlich ist, daß der Ablagefehler mit den genannten Folgen automatisch weiter steigt, wenn nicht gegen gesteuert wird.

Wir betrachten die Situationen (1) und (2). In beiden Fällen fliegen die Piloten P_1 und P_2 mit 50 km/h und einem Ablagewinkel $\gamma = 25^\circ$ schief zur Winde W . Sie legen in gleichen Zeiten gleiche Strecken s zurück. P_1 fliegt am 1000 m langen Seil, P_2 am halb so langen. In den beiden Wege diagrammen ist der Deutlichkeit halber der Zeitabschnitt von 10 s gewählt. s hat in beiden Fällen den gleichen radialen Anteil r Richtung Winde W und die beiden unterschiedlichen tangentialen Anteile f_1 und f_2 .

Diese Zerlegung macht klar, daß die beiden Piloten nicht nur Richtung Winde, sondern obendrein auf einer Kreisbahn fliegen.

Bei allen Kreisbahnen treten Fliehkräfte auf. Beim Windenschlepp erhöhen sie die erforderliche Seilzugkraft. [s. Seite 4]
Kann das gefährlich werden? Mit ein wenig Trigonometrie-Hokus-Pokus kommt diese Übersichtstabelle heraus:

Tabelle (3)

Sie zeigt für die beiden (willkürlich angenommenen) Kursfehler von $\gamma = 25^\circ$ und $\gamma = 40^\circ$ die daraus resultierenden Winkel φ_1

und φ_2 , um die sich die jeweilige Seilrichtung nach 10s gedreht hat, ferner die Kreisbahnabschnitte f_1 und f_2 sowie die daraus berechneten Kreisbahnbeschleunigungen a_1 und a_2 .

Wie zu erwarten (und an den beiden Wegdiagrammen abzulesen), werden am kürzeren Seil größere Kreisbahnabschnitte durchfliegen, also auch höhere Tangentialgeschwindigkeiten erreicht. Aus denen ergeben sich die Beschleunigungen a auf den Kreisbahnen und hieraus die Fliehkräfte: $m \cdot a$ (Kraft = Masse \times Beschleunigung). Zur Abschätzung, ob diese Kräfte von Belang sind, wurden in den beiden letzten Spalten der Tabelle die Beschleunigungen durch die Erdbeschleunigung g geteilt.

Beim kurzen Seil und großen Ablagefehler von $\varphi = 40^\circ$ erreichen die Fliehkräfte rund 3% des Fluggewichts. Wenn dann noch zu allem Übel am oberen Limit des Ausstellwinkels geflogen wird, kann jede namhafte Erhöhung des Fluggewichts zum "dynamischen Überziehen" führen; der Flügel bringt den erforderlichen Auftrieb für die Zusatzlast nicht mehr auf - die Strömung reißt ab.

Das größere Problem ist sicher der falsch angeströmte Flügel.

Jeder Ablagewinkel im Schlepp führt dazu, daß der Flügel geschoben geflogen, also nicht mehr sauber von vorn

angeströmt wird. Beim starren Flügel ist dieser Schiebeflug schnell abgehandelt: der nachgeschobene Flügel liegt im

Wind schatten des Rumpfes und liefert daher weniger Auftrieb, (darum resultiert das "positive Rollen"). Bei zu großem Ausstellwinkel reißt seine Strömung als erste ab - eine bewährte Methode zum Trudelauslösen.

Die Phänomene des schräg angeströmten und zu langsam geflogenen flexiblen Flügels hat Dennis Pagen im britischen *HAND Gliding*, März-Heft 1997, wort- und bildreich abgehandelt ("The Key To lockouts"). Im DHV-INFO Nr. 92 / September '97 steht die deutsche Übersetzung.

Ein weiterer- und der wohl wichtigste-Blick auf die beiden Wegediagramme zeigt, daß der Ablagefehlerwinkel γ sich automatisch verstärkt, wenn er nicht korrigiert wird: Nach dem ins Auge gefaßten Zeitintervall von 10 s sind die Ablagefehler jeweils um $\Delta\gamma = 4^\circ$ angestiegen! Ohne Korrektur führt ein Kursfehler im Windenschlepp zwangsläufig zu immer größeren Ablagen.

Wer gerne einen Lock Out fliegen möchte, braucht demnach nur den stets auftretenden Kursfehler nicht zu beheben; an Kurzen setzen gelinge das leichter als an langen.

γ	φ_1	φ_2	f_1	f_2	a_1	a_2	a_1/g	a_2/g
25°	4°	9°	67m	79m	0,05 m/s ²	0,06 m/s ²	0,5%	0,6%
40°	6°	13°	100m	114m	0,20 m/s ²	0,26 m/s ²	2,0%	2,7%

3 Tabelle

④

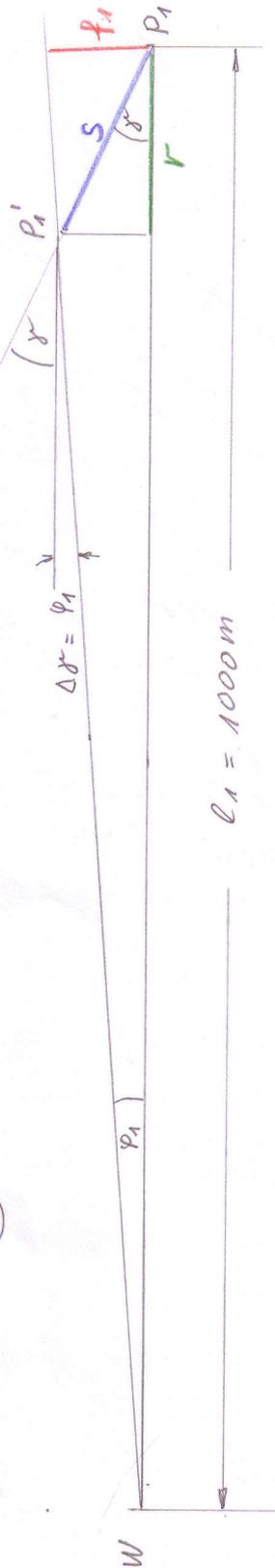
Die Fliehkkräfte wirken in Seilrichtung.

Falls mit maximaler Zugkraft geschleppt wird (und die Abregelung der Winde gut arbeitet!), gibt die Winde diese Fliehkkräfte zusätzlich nicht mehr her,

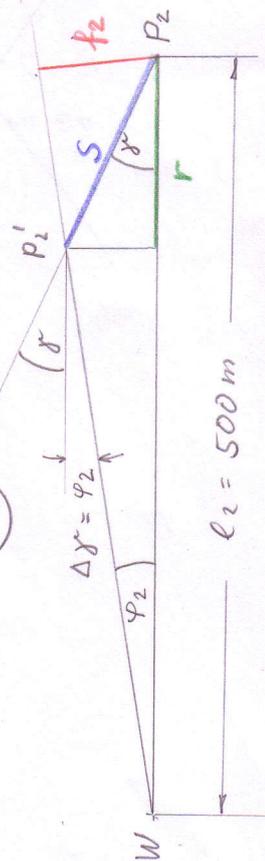
Die Fliehkkräfte verringern die zur Auftriebs erzeugung verwendbare Zugkraft.

Das erzwingt einen flachere Flugbahn - oder den Strömungsabriss.

1



2



100 m