

Fliegen mit Wasserballast

Einleitung

Lohnt sich das Schleppen zahlreicher Wasserkanister am frühen Morgen wirklich oder kommt der eher bequeme Fliegerkamerad, der sich die Mühe spart, genauso schnell wieder nach Hause?

Der Effekt von Wasserballast dürfte bekannt sein: mit erhöhter Flächenbelastung nimmt die Sinkgeschwindigkeit im hohen Geschwindigkeitsbereich ab (**Abbildung 1**).

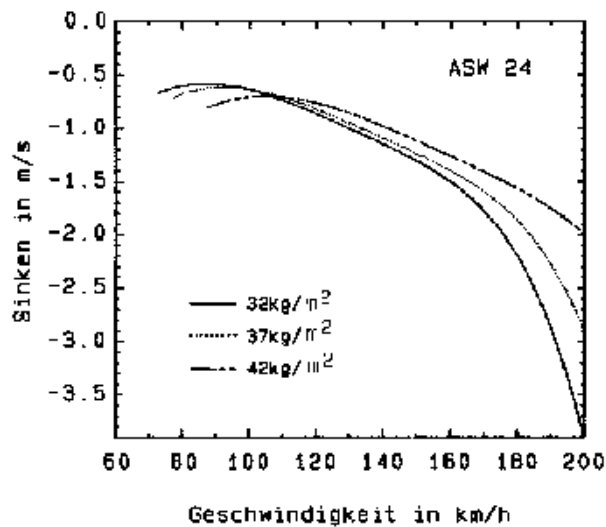


Abbildung 1: Geschwindigkeitspolare der ASW 24 mit Flächenbelastungen von $G/F = 32, 37, 42 \text{ kg/m}^2$, entsprechend einer Wasserballastmenge von null, 50 und 100 l.

Die Leistungssteigerung bei hohen Geschwindigkeiten bringt aber Einbußen im unteren Geschwindigkeitsbereich mit sich. Das betrifft in erster Linie das kreisen in der Thermik. Einerseits verursacht eine höhere Flächenbelastung hier eine größere Sinkgeschwindigkeit und andererseits vergrößert sich der Kreisradius, wie in **Abbildung 2** zu sehen ist. Durch den größeren Kreisradius fliegen wir bei enger Thermik im Bereich geringeren Steigens.

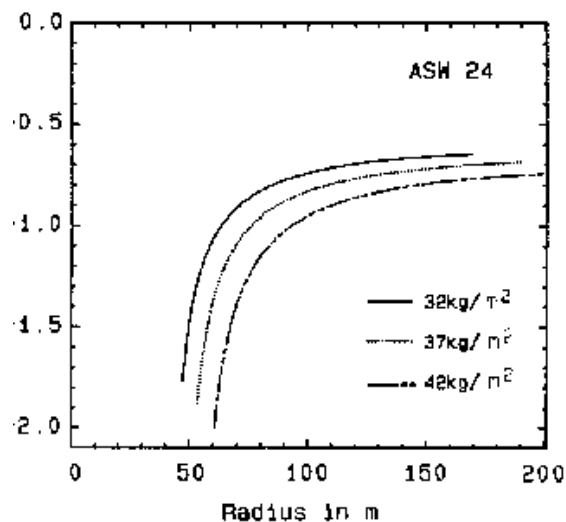


Abbildung 2: Kreisflugpolare der ASW 24 mit Flächenbelastungen von $G/F = 32, 37, 42 \text{ kg/m}^2$, entsprechend einer Wasserballastmenge von null, 50 und 100 l.

Nun gilt es herauszufinden bei welchen thermischen Bedingungen sich die Vor- und Nachteile von Wasserballast in Bezug auf die Reisegeschwindigkeit aufheben. Ist die Thermik dann besser als diese Grenzwerte, lohnt es sich Wasser zu tanken.

Optimierung der Reisegeschwindigkeit

Zur Berechnung der Reisegeschwindigkeit sind neben den Flugzeugdaten Informationen über Aufwindprofile und die Aufwindverteilung erforderlich. Die Akaflieg Stuttgart sowie Konovalov haben durch Messungen verschiedene Aufwindprofile erstellt, aus denen dann Modellsituationen abgeleitet wurden. Für die weitere Rechnung wird die Modellsituation in **Abbildung 3** zugrundegelegt. Andere Aufwindprofile, wie zum Beispiel eine rechteckige Verteilung des Steigens liefern bei der weiteren Betrachtung ähnliche Ergebnisse.

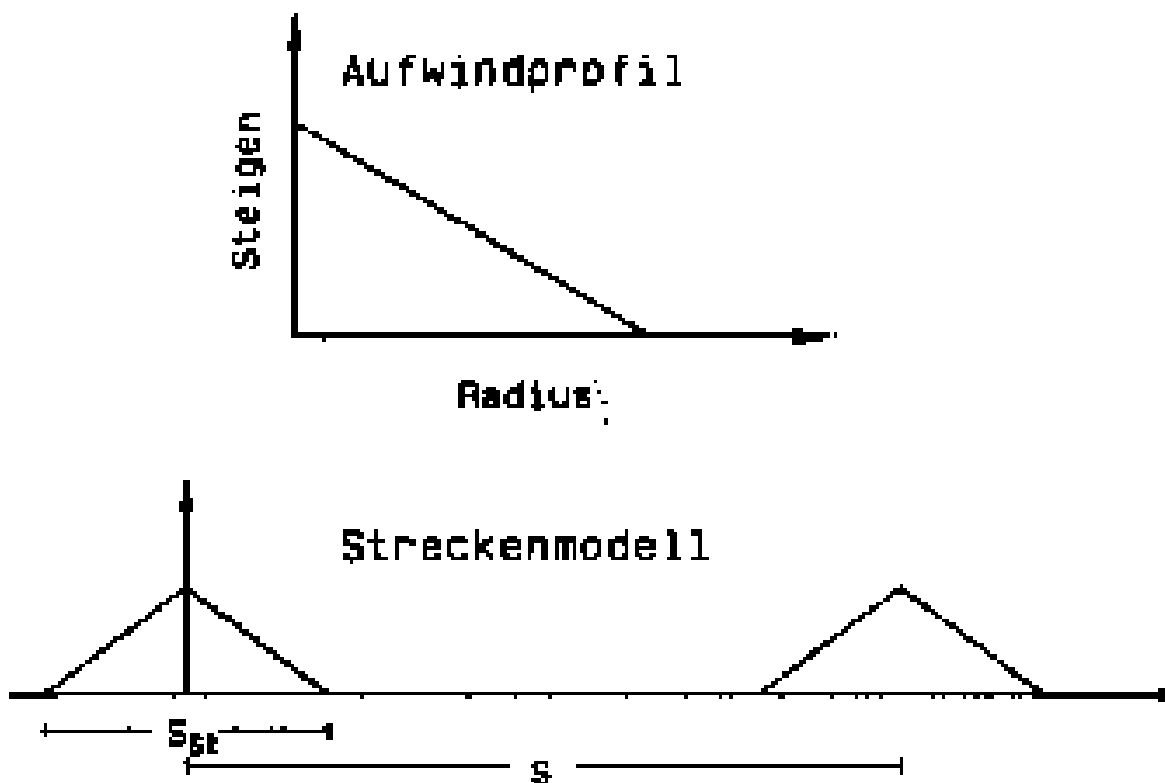


Abbildung 3: Modellsituation. Die Aufwinde sind rotationssymmetrisch und haben eine linear zum Zentrum hin zunehmende Steiggeschwindigkeit. Der Anteil $p = S_{st}/S$ an der gesamten im Geradeausflug zurückgelegten Strecke führt durch solche Aufwinde.

In der weiteren Betrachtung wird immer vom einer optimalen Kreisflugschräglage ausgegangen, die zur größten Steiggeschwindigkeit führt. Diese ist umso höher, je steiler der Gradient der Steiggeschwindigkeit zum Aufwindzentrum ist.

Die detaillierte Berechnung ergibt, dass bei noch so großer Steiggeschwindigkeit der Reisegeschwindigkeitsgewinn auf etwa 6% beschränkt bleibt. Die Zwischenergebnisse werden hier nicht weiter vorgestellt, es wird gleich auf die praxisrelevanten Ergebnisse eingegangen.

In **Abbildung 4** kann abgelesen werden bei welchen Randbedingungen (optimale Schräglage, Aufwindanteil und mittlerem Steigen) es sich bei der ASW 24 lohnt Wasserballast mitzunehmen. Hier wird der Einfluss der Schräglage sehr deutlich dargestellt.

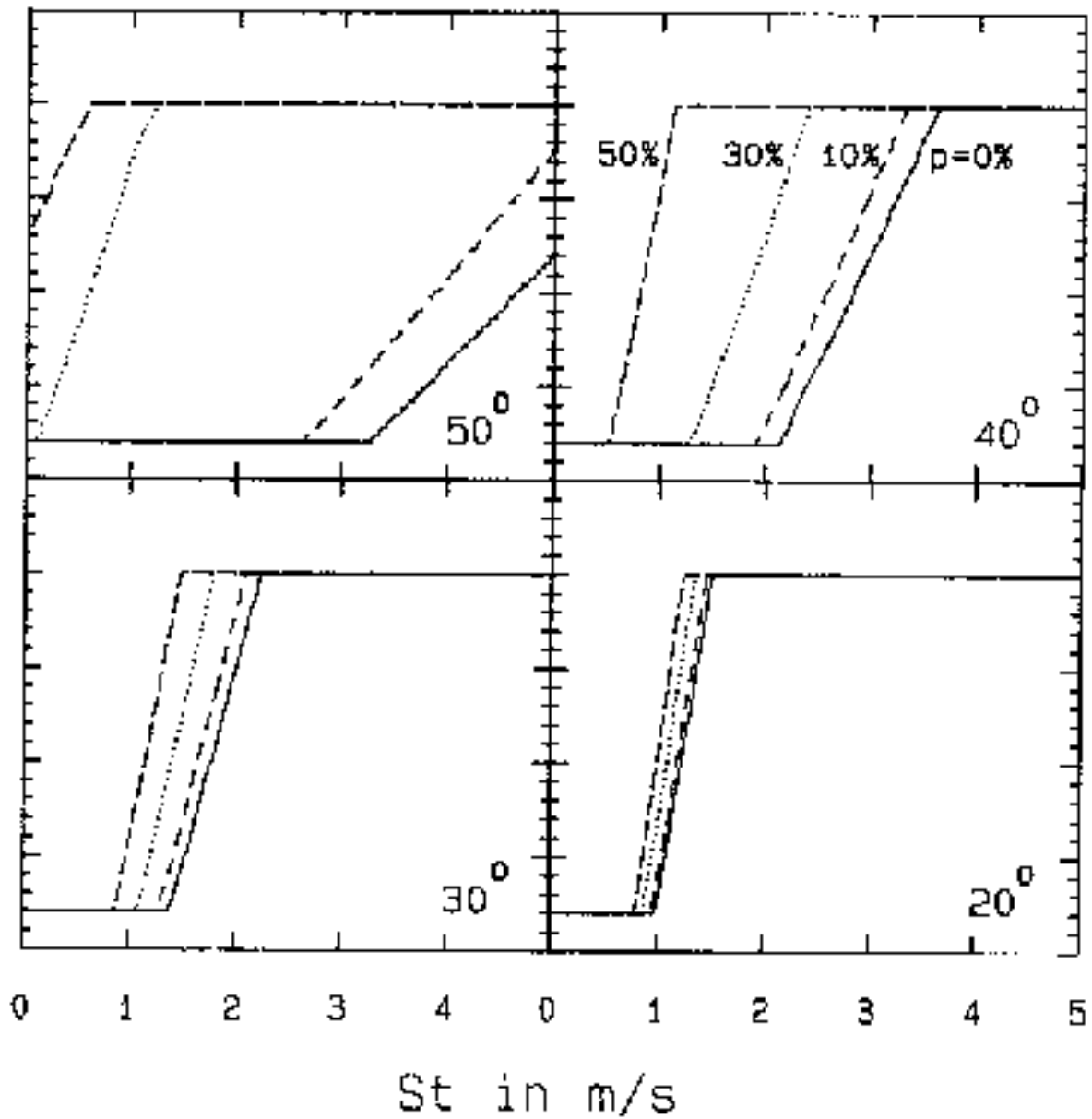


Abbildung 4: Es sind Flächenbelastungen (in kg/m^2 auf der Senkrechten) aufgetragen, die bei gegebener Steiggeschwindigkeit St , die eine ASW 24 mit einer Flächenbelastung von $G/F = 32 \text{ kg/m}^2$ erreicht, zur maximalen Reisegeschwindigkeit V_R führen. Die verschiedenen Diagramme gehören wieder zu unterschiedlichen Gradienten und damit optimalen Kreisflugschräglagen.

Abbildung 5 zeigt nun die Grenzkurven, ab denen sich Wasserballast lohnt. Auch hier ist deutlich der negative Einfluss großer Schräglagen zu erkennen. Der Einfluss der Flugzeugleistung spielt eine untergeordnete Rolle (**Abbildung 6**).

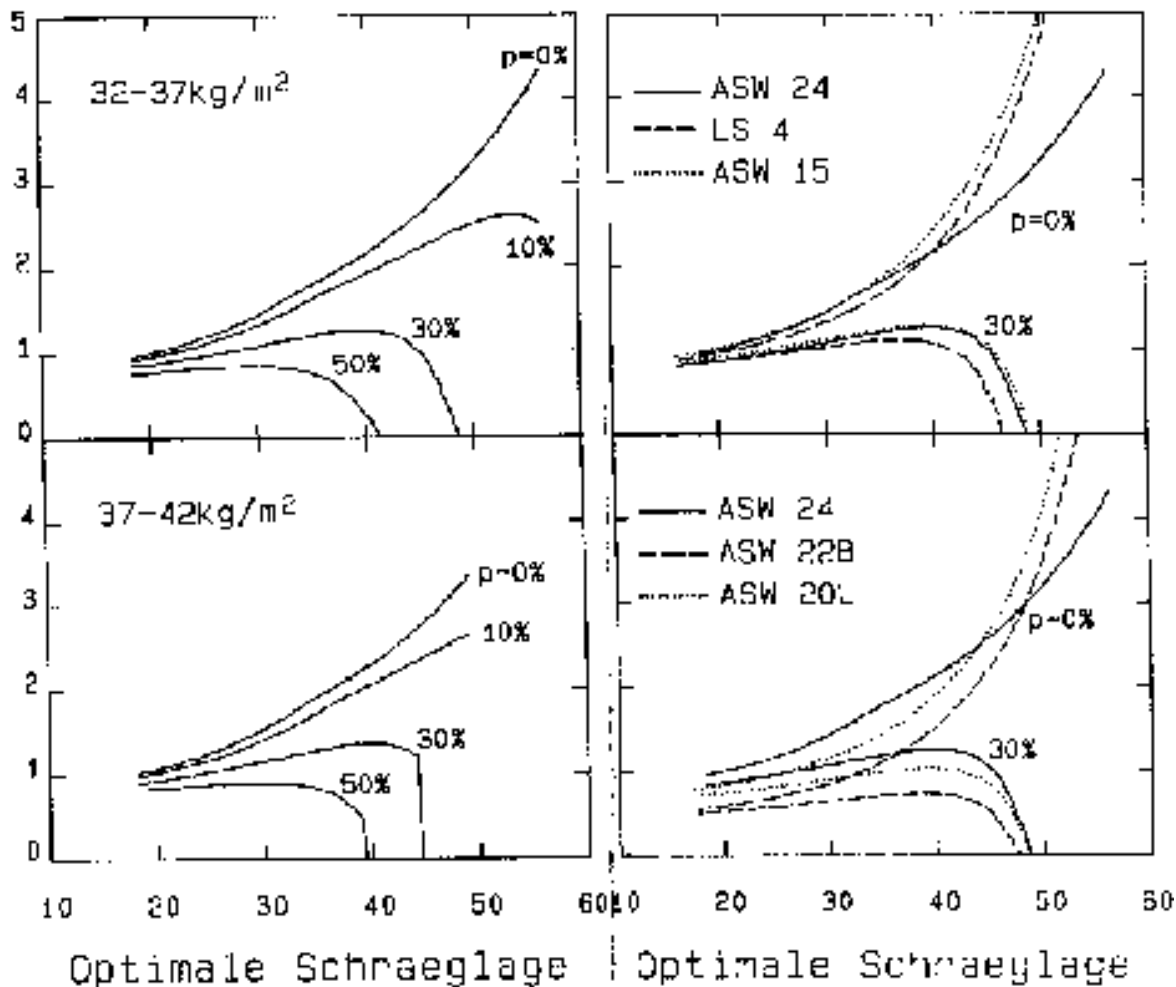


Abbildung 5: Im oberen Diagramm sind die Steiggeschwindigkeiten St (in m/s auf der Senkrechten) eingetragen, die eine ASW 24 mit $G/F = 37 \text{ kg/m}^2$ erreichen muss, um eine höhere Reisegeschwindigkeit zu erzielen als ein entsprechendes Flugzeug ohne Wasserballast. Im unteren Teil befinden sich die Werte für den Vergleich zwischen zwei ASW 24 mit $G/F = 37$ und 42 kg/m^2 . Die einzelnen Kurven gehören zu den angegebenen Aufwindanteilen p an der Gesamtstrecke.

Abbildung 6: Im oberen Diagramm sind die Steiggeschwindigkeiten (in m/s auf der senkrechten) für ASW 24, LS 4 und ASW 15 miteinander verglichen, die das jeweils schwerere Flugzeug erreichen muss, um eine höhere Reisegeschwindigkeit als das entsprechend leichtere zu erzielen. Im unteren Teil befinden sich die Werte für ASW 24, ASW 20CL und ASW 22B. Wegen der besseren Übersicht sind nur die Kurven für zwei verschiedene Aufwindanteile eingetragen. Mit Ausnahme der ASW 15 ($G/F = 29$ und $33,5 \text{ kg/m}^2$) sind jeweils Flächenbelastungen von $G/F = 32$ und 37 kg/m^2 verglichen.

Umsetzung in die Praxis

Die zu tankende Wassermenge kann vor dem Flug nur abgeschätzt werden und muss im Fluge nach der berichtigten Annahme von optimaler Schräglage und Aufwindanteil gegebenenfalls durch ablassen von Wasserballast korrigiert werden. Das bedeutet gerade auf Wettbewerben lieber etwas mehr Wasser mitzunehmen, um später auch im Vergleich zu den Konkurrenten die Wassermenge korrigieren zu können.

Um den richtigen Zeitpunkt zu finden Wasser abzulassen, sollte nicht nur der aktuelle Wert sondern die Tendenz der mittleren Steiggeschwindigkeit sowie die weiteren Thermikaussichten herangezogen werden.

Da die Ergebnisse nicht stark von den Leistungen des betrachteten Segelflugzeugs abhängen, behalten sie auch bei verschmutzten Tragflächen durch Insekten ihre Gültigkeit (**Abbildung 6**).

Damit wir möglichst mit der optimalen Schräglage fliegen, die allen Berechnungen zugrunde liegt, sollten wir bei hoher Flächenbelastung versuchen flach zu kreisen, um die erhöhten Verluste zu minimieren. Natürlich nicht so flach, dass wir um den Bart herumfliegen.

Durch die Nutzung von Aufwindreihungen und dynamischen Effekten, die hier nicht berücksichtigt worden sind, lohnt es sich schon bei geringeren Steigwerten Wasser zu tanken, da hierdurch der Kreisfluganteil erheblich reduziert werden kann.

Wem die Informationen hier noch nicht ausreichen, sollte den Artikel „Wie viel Wasser braucht der Segelflieger“ im Aerokurier 5/89 lesen, dem diese Daten entnommen sind.

Wasserballast in der Streckenflugausbildung

Um zu vermeiden, dass ein Streckenflugneuling beim ersten Wettbewerb das erste mal mit Wasser fliegt, weil es eben alle machen, sollten schon vorher ein paar Trainingsflüge mit Wasserballast durchgeführt werden. Die Streckenflugschüler sollen sich an das veränderte Flugverhalten besonders beim Start und eventuell auch bei der Landung gewöhnen. Weiterhin sind die Auswirkungen von Wasserballast auf den Schwerpunkt und die Gefahren durch Frost und einseitiges Entleeren zu besprechen.