

Vereinfachtes Schema zur Optimierung von Tagesaufgaben bei Segelflugwettbewerben

M. Kreipl, H. Degner

Vortrag auf dem XVII. OSTIV-Kongress, Paderborn, Deutschland (1981)

1. Vorbemerkung

An manchem Wettbewerbstag wird eine der Wettergüte nicht gerecht werdende Streckenausschreibung vorgenommen, die entweder Enttäuschung über vergebene Möglichkeiten oder Vorwürfe für die Wettbewerbsleitung bringt, zu grosse, nicht fliegbare Entfernungen verlangt zu haben. Dass es gerade an sogenannten kleineren Segelflugwettbewerben relativ häufig vorgekommen ist, dass die ausgeschriebene Strecke nicht im rechten Verhältnis zum ausnutzbaren Flugwetter stand, ändert nichts an der Tatsache, dass die entgegengesetzte Möglichkeit – zu grosse Tagesaufgabe bei schwacher Wetterlage – naturgemäss den statistisch «mittleren» Ausgleich brachte.

Mit analytischen Betrachtungen vieler Wettbewerbsflüge sind der oftmalige Sportleiter an Deutschen Segelflugmeisterschaften, Horst Degner, und der meteorologische Berater der Deutschen Se-

gelfluggernationalmannschaft, Manfred Kreipl, der Frage nachgegangen, die lautet: «Was kann man tun, um – besonders an Segelflugwettbewerben – der herrschenden Wetterlage entsprechende, ja eventuell optimale Tagesaufgaben zu stellen?» Die Analysen führten zu einem Schema, das nach einer grossen Anzahl von Testfällen die Lösung der gestellten Frage bringen könnte. Für unerfahrenere Sport- und Wettbewerbsleitungen ohne ausreichende Wetterberatung kann dieses Schema auf alle Fälle als gute Leitlinie zur Auswahl der entsprechenden Tagesaufgabe verwendet werden.

2. Allgemeines Konzept

Aufgrund der Reisegeschwindigkeit über Grund ist bei Windstille die für eine bestimmte Streckendistanz benötigte Zeitdauer bekannt. Aus den Polen kann man Steigwerte entnehmen, die zum Er-

reichen einer benötigten Reisegeschwindigkeit verlangt werden (Abb. 1).

Auf diesen Grundwerten basiert das ganze Konzept der Optimierung von Tagesaufgaben. Sie werden modifiziert durch eine Reihe von Einflussfaktoren, deren Grösse man vernünftig abschätzen muss.

Selbstverständlich können nicht alle Polen der existierenden und an Wettbewerben teilnehmenden Segelflugzeuge berücksichtigt werden. Dies ist auch gar nicht nötig; viele sind einander sehr ähnlich, und man bringt ohnehin bei der Ausschreibung für die einzelnen Klassen später noch Korrekturen an.

3. Berücksichtigung von Einflussfaktoren in Form von Distanzstufen

3.1. Einfluss der jeweiligen Klasse

An einem Segelflugwettbewerb starten meist generell Flugzeuge verschiedener Klassen. Diese Flugzeuge unterscheiden

Flugstrecke D [km]	Flugdauer [Std.Min] →														
	50	55	60	65	70	80	85	90	95	100	105	110	115	120	[km/h]
550	11.00	10.00	9.10	8.28	7.52	7.20	6.53	6.28	6.07	5.47	5.30	5.14	5.00	4.47	4.35
525	10.30	9.33	8.45	8.05	7.30	7.00	6.34	6.11	5.50	5.32	5.15	5.00	4.46	4.34	4.23
500	10.00	9.05	8.20	7.41	7.02	6.40	6.15	5.53	5.34	5.16	5.00	4.46	4.33	4.21	4.10
475	9.30	8.38	7.55	7.19	7.47	6.20	5.56	5.35	5.17	5.00	4.45	4.31	4.19	4.08	3.58
450	9.00	8.11	7.30	6.55	6.26	6.00	5.37	5.17	5.00	4.44	4.30	4.17	4.05	3.55	3.45
425	8.30	7.44	7.05	6.32	6.04	5.40	5.19	5.00	4.43	4.28	4.15	4.03	3.52	3.42	3.32
400	8.00	7.16	6.40	6.09	5.43	5.20	5.00	4.43	4.26	4.13	4.00	3.49	3.38	3.29	3.20
375	7.30	6.49	6.15	5.46	5.22	5.00	4.41	4.25	4.10	3.57	3.45	3.34	3.25	3.16	3.08
350	7.00	6.22	5.50	5.23	5.00	4.40	4.23	4.07	3.55	3.41	3.30	3.20	3.11	3.02	2.55
325	6.30	5.54	5.25	5.00	4.38	4.20	4.07	3.49	3.37	3.25	3.15	3.06	2.57	2.50	2.42
300	6.00	5.27	5.00	4.37	4.17	4.00	3.45	3.32	3.20	3.10	3.00	2.52	2.44	2.37	2.30
275	5.30	5.00	4.35	4.14	3.56	3.40	3.26	3.14	3.04	2.53	2.45	2.37	2.30	2.23	2.17
250	5.00	4.33	4.10	3.51	3.34	3.20	3.07	2.56	2.47	2.39	2.30	2.23	2.16	2.10	2.05
225	4.30	4.05	3.54	3.28	3.13	3.00	2.49	2.39	2.30	2.22	2.15	2.08	2.03	1.58	1.53
200	4.00	3.39	3.20	3.04	2.52	2.40	2.30	2.21	2.13	2.07	2.00	1.54	1.49	1.44	1.40
Reisegeschw.	50	55	60	65	70	80	85	90	95	100	105	110	115	120	[km/h]
Steigwerte	1-2		2-3				3-5			4-5				[m/s]	

Abb. 1: Tabelle der Steigwerte, Strecken und Flugdauer, die zum Erreichen einer bestimmten Reisegeschwindigkeit benötigt werden.

sich durch differenzierte Leistungsmöglichkeiten. Somit werden Korrekturfaktoren benötigt, um die für jede startende Klasse relevante Streckengröße herauszufinden.

Aus diesem Grunde wird hier zuerst einmal eine sogenannte *Distanzstufe D* eingeführt. Bei der Annahme, dass solch eine D-Stufe jeweils den Betrag von 20 km Strecke beinhaltet, werden von vorn-

herein die Grenzen der teilnehmenden Klasse abgesteckt, wobei die Offene Klasse das Streckenmaximum zugedacht bekommt, also $D \pm 0$.

Für die FAI-15-m-Klasse gilt D-1, für die Standardklasse D-2, während für die Clubklasse sogar D-4 veranschlagt wird. Diese spezifizierten Distanzkürzungen der einzelnen Klasse würden sich selbstverständlich nur auf einen *zeitgleichen*

Start *aller* Klassen beziehen, sofern keine anderen Korrekturen mehr anzubringen wären.

3.2. Einfluss der mittleren Leistungsdichte der Teilnehmer

Einfluss auf die Ausschreibungstrecke nimmt jedoch auch das Leistungs-niveau der Teilnehmer. Hier wird nun versucht, nicht die Spitzenköhner zu beurteilen, sondern - sofern dies überhaupt machbar erscheint! - Rückschlüsse auf das Leistungsvermögen des zweiten Drittels der jeweiligen Klassenteilnehmer zu ziehen. Leider wird dadurch - im stillen - ein subjektiv gefärbtes Einschätzen und Aufteilen der Teilnehmer vollzogen, was diese jedoch nicht stören sollte, da es ja nicht um die Abwertung ihrer Person geht. Man weiss als «Insider» ja in etwa zu beurteilen, was die einzelnen Piloten bisher geleistet haben.

Aus dieser «Einschätzung» resultiert eine erneute Distanz-Abstufung, die nachfolgend aufgeschlüsselt wird.

Relativ *schwaches* Leistungs-niveau im zweiten Drittel des entsprechenden Teilnehmerfeldes führt zu einer Verminderung von 2×20 km; ein als *mittel* eingestuftes Teilnehmerniveau (= der Normalfall) bekommt 1×20 km weniger Strecke, während eine Distanzstufe zugelegt wird, wenn man zu der Ansicht gelangt, dass das Leistungsvermögen in dieser Gruppe als *stark* anzusehen ist.

3.3. Einfluss der allgemeinen Wetterlage

Die bereits bekannten Distanzstufen werden auch benützt, um die allgemeinen Wetterbedingungen mit in den Griff zu bekommen. So wird bei mässigen Situationen eine D-Stufe weniger, bei normalem Wetter keine Korrektur und demzufolge bei gutem Wetter eine D-Stufe mehr berechnet. Auch hierbei beträgt eine Distanzstufe 20 km.

Dieses Gesamtschema steht und fällt natürlich mit der richtigen Einschätzung des Wetters.

Es kann gerade die Ausnutzung dieser Systematik auch solchen Veranstaltern von Wettbewerben gute Orientierungs- und Entscheidungshilfen an die Hand geben, die keine grossen Möglichkeiten für eine vernünftige Wetterberatung, speziell Segelflugwetterberatung, besitzen. Deshalb sollen die für dieses Sche-

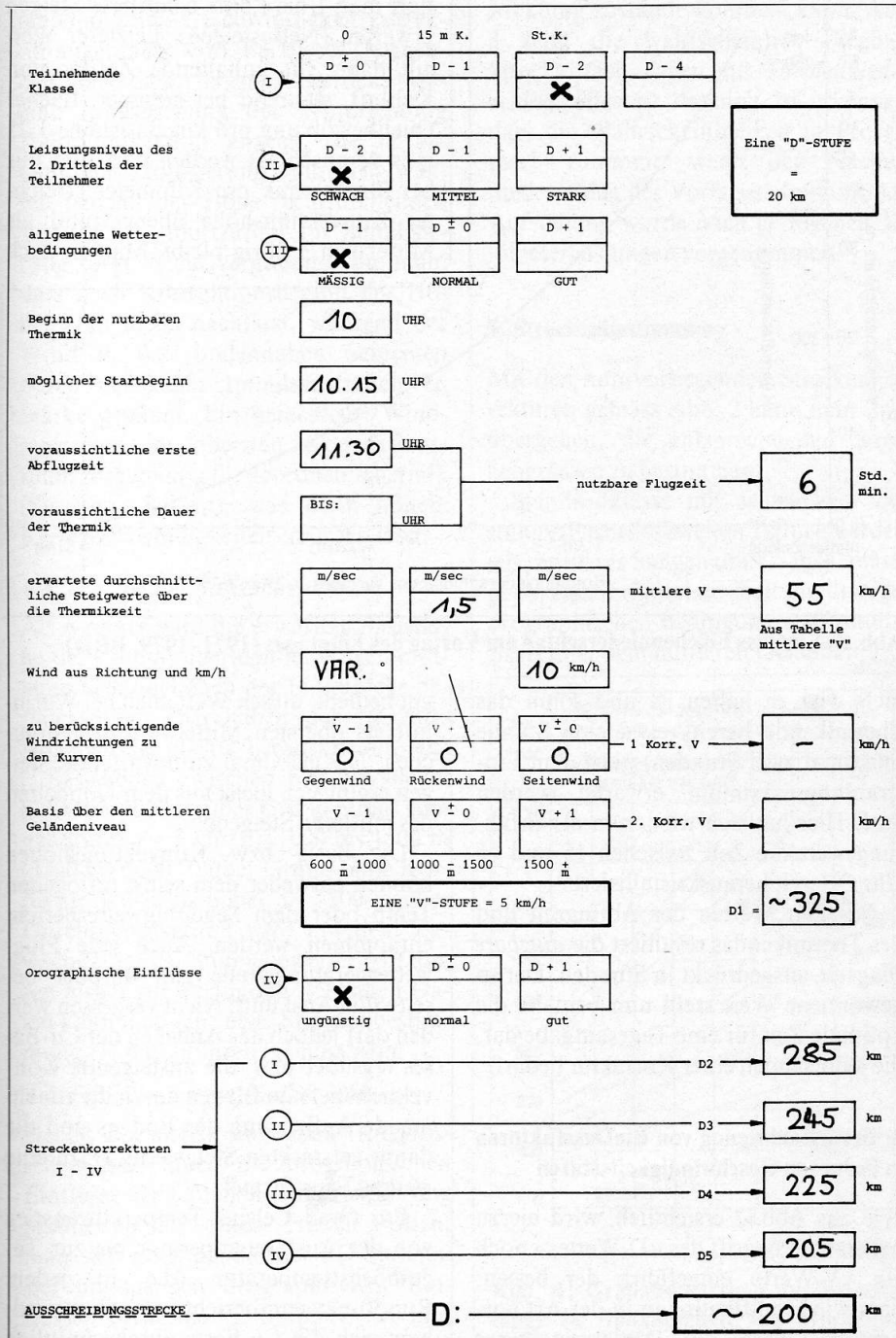


Abb. 2: Beispiel eines Entscheidungsschemas für eine Ausschreibungstrecke.

ma benötigten Wetterdaten kurz angesprochen werden, wobei gleichzeitig der Versuch unternommen wird, die wichtigsten Wetterparameter mit relativ einfachen Mitteln einigermaßen (für Wetter-«Selbstversorger»!) in den Griff zu bekommen – vor allem im Hinblick und Interesse meteorologisch weniger orientierter Wettbewerbsleitungen.

Der *Beginn der nutzbaren Thermik* ist verhältnismässig einfach zu bestimmen, noch dazu, wenn ein morgendlicher Sondierungsflug windaufwärts durchgeführt wird und man so die für den Startraum relevante Auslösetemperatur ermittelt, nachdem jedes Fachbuch der Segelflugmeteorologie über die gute Informationshilfe eines solchen «Temps» Aufschluss gibt. Weiterhin kann dieser Wert auch ziemlich genau dem für das jeweilige Fluggebiet zutreffenden Segelflugwetterbericht entnommen werden.

Hier gilt als Faustregel: Der Temperaturanstieg nach Sonnenaufgang beträgt an Strahlungstagen bis zum Beginn der Konvektion in der besten Flugsaison im Mittel 2 bis 2,5 Grad Celsius pro Stunde. Damit lässt sich, schon ziemlich exakt eingegrenzt, der Thermikbeginn festlegen.

Der Beginn der nutzbaren Thermik wird jedoch bereits definiert als der Zeitpunkt, der die Thermikströmung (bereits auch im Blauen) auf eine Höhe von etwa 600 m über Grund (2000 ft GND) reichen lässt. Eine einfache Ablesung am Temp bzw. eine kurze Nachfrage bei einer Wetterberatungsstelle lassen den entsprechenden Temperaturwert rasch ermitteln, wobei man dann mit der o.a. Faustformel auch den ungefähren Zeitpunkt des möglichen Startbeginns ermitteln kann.

Da die Grösse des Teilnehmerfeldes und die Anzahl der Schleppmaschinen respektive die Leistungsfähigkeit der Winden bekannte Grössen sind, so ist auch die voraussichtlich erste Abflugzeit leicht zu bestimmen, die ja 15 Minuten nach dem Start des letzten Schlepps erfolgt.

Schwieriger ist die *voraussichtliche Dauer der Thermik* zu bestimmen. Doch liegt man nicht schlecht mit der Annahme, das Thermikende an «normalen» Segelflugtagen (frisch eingeströmte Kaltluft gerät unter Hochdruckeinfluss) etwa

2 Stunden vor Sonnenuntergang anzusetzen (= Erfahrungswert). Dass thermische Flugmöglichkeiten bis sogar nach Sonnenuntergang möglich sind, bleibt unbestritten, doch auch die Streckenflug-Auswerter danken es, wenn dieser Termin wahrgenommen wird. Innerhalb frischer Kaltluftmassen dauert die Thermik länger an als in gealterten Luftmassen, während von Warmluft sowieso

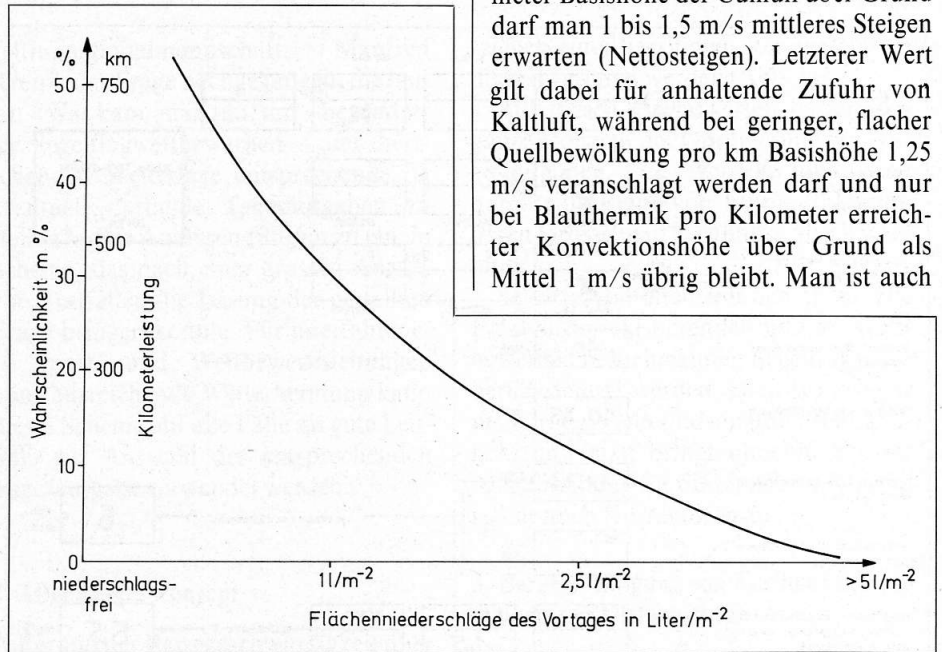


Abb. 3: Einfluss Flächenniederschlag am Vortag des Flugtages (1971–1979, BRD)

nicht viel zu halten ist und somit das Thermikende bereits etwa eine Stunde (maximal zwei Stunden) nach dem Einstrahlungsmaximum erwartet werden darf. Hier hat sich wiederum als Erfahrungswert die Zeit zwischen 15 und 16 Uhr Ortszeit herauskristallisiert.

Aus den Werten der Abflugzeit und des Thermikendes resultiert die *nutzbare Flugzeit*, ausgedrückt in Stunden. Der so gewonnene Wert stellt nun beinahe die optimale Zeit für eine Tagesaufgabe dar, die jedoch noch einer Korrektur bedarf.

4. Berücksichtigung von Einflussfaktoren in Form von Geschwindigkeitsstufen

Wie aus Abb. 2 ersichtlich, wird hierzu neben dem Begriff des «D-Wertes» noch ein «V-Wert» eingeführt, der besagt, dass wir Modifikationen in der Art vornehmen, dass die Änderung einer «V-Stufe» je 5 km/h entsprechen soll.

Mit den erwarteten Durchschnittssteigwerten über die Thermikzeit (= Mittel aus den Angaben für Vormittag, Mittag und Spätnachmittag) wird aus Abb. 1 die mittlere Reisegeschwindigkeit bestimmt.

4.1. Einfluss der Aufwindstärken

Liegen keine Angaben über die zu erwartenden Aufwindstärken vor, so kann als grober Anhaltspunkt gelten: Pro Kilometer Basishöhe der Cumuli über Grund darf man 1 bis 1,5 m/s mittleres Steigen erwarten (Nettosteigen). Letzterer Wert gilt dabei für anhaltende Zufuhr von Kaltluft, während bei geringer, flacher Quellbewölkung pro km Basishöhe 1,25 m/s veranschlagt werden darf und nur bei Blauthermik pro Kilometer erreichter Konvektionshöhe über Grund als Mittel 1 m/s übrig bleibt. Man ist auch

gut bedient, diesen Wert auch bei Warmluft als obersten Mittelwert zu gebrauchen. Das maximal zu erwartende Steigen ergibt sich meist aus dem Doppelten des mittleren Steigens!

Die Basis- bzw. Konvektionshöhen können entweder dem selbst erflogenen Temp oder dem Segelflugwetterbericht entnommen werden. Auch jede Flugwetterberatungsstelle gibt darüber bereitwillig Auskunft. Nicht vergessen werden darf jedoch das Anheben der Cu-Bases tagsüber bzw. die ansteigende Konvektionstiefe im Blauen durch die zunehmende Aufheizung des Bodens und die damit verstärkten Steigwerte. Dazu eine weitere Faustformel:

Pro Grad Celsius Temperaturanstieg von der Auslösetemperatur bis zur Tageshöchsttemperatur (die in jedem Rundfunkwetterbericht angegeben wird) hebt sich die Cu-Basis durchschnittlich um 120 Meter (≈ 400 ft).

4.2. Einfluss des Windes

Der tagsüber im Konvektionsraum zu erwartende Wind muss als weiterer meteorologischer Parameter in die Überlegung einbezogen werden.

Ist die Streckenführung so geplant, dass man die Windrichtung zu den Kursen berücksichtigen muss, so empfiehlt es sich, für Gegenwind eine «V-Stufe» abzuziehen, bei Rückenwind eine «V-Stufe» zu addieren, während für Seitenwind keine Geschwindigkeitskorrektur angebracht wird. Bei dieser Gelegenheit darf daran erinnert werden, dass eine Linksdrehung der Windrichtung Kaltluftadvektion anzeigt, die ja bekanntlich Labilisierung verursacht, während bei mit der Höhe rechtsdrehenden Winden Warmluftzufuhr für Stabilisierung sorgt. Nicht vergessen sollte man, dass nach Konvektionsbeginn der Höhenwind meist nachlässt, während der Wind in den bodennahen Schichten durch vertikalen Impulsaustausch an Stärke gewinnt. Ein gemeldetes Windmaximum im obersten Konvektionsraum sorgt häufig für geordnete Thermik (Strassen, Reihen), was dann höhere Reisegeschwindigkeiten erwarten lässt.

4.3. Einfluss der Basishöhen

Als weiteres wird die erwartete Basishöhe der Cumuli über den jeweiligen mittleren Geländehöhen der Flugstrecke berücksichtigt. Hier haben sich folgende Angaben als positiv herauskristallisiert:

Basishöhen zwischen 600 bis 900 m (2000 bis 3000 ft) über Grund minus eine «V-Stufe» (= 5 km/h), 1000 bis 1500 m (3300 bis 5000 ft) über Grund ohne Korrektur, Cu-Basis höher als 1500 m über Durchschnittsgrund wird mit dem Zuwachs einer «V-Stufe» bewertet. Mit diesen bisher zur Verfügung stehenden Daten kann man eine erste Streckenbestimmung D1 durchführen (gemäss Abb. 2).

4.4. Einflüsse orographischer Natur

Neben den meteorologischen Hilfsgrößen müssen auch die orographischen Einflüsse der geplanten Streckenführung berücksichtigt werden. Hierzu bedient man sich noch einmal der «D-Stufen». Bei ungünstigen orographischen Einflüssen wird eine «D-Stufe» (= 20 km) abgezogen, bei normalem Gelände bleibt die ursprünglich vorgesehene

Streckengrösse, und nur bei guten Geländebedingungen wird ein «D-Wert» addiert.

Hat es jedoch am Vortag Flächen-niederschlag gegeben, der mehr als 5 Liter/m² Menge erbrachte, so sollte man trotz Luftdruckanstieges nur die Mindestausschreibungsstrecke ansetzen, da zur Verdunstung dieser Regenmenge zu viel Wärmeenergie verbraucht wird und deshalb kaum eine optimale Wetterentwicklung zustande kommen kann. Abb. 3 zeigt die wahrscheinlich fliegbare Strecke nach Tagen mit *Flächenniederschlag*. Hier ist deutlich zu erkennen, dass die Wahrscheinlichkeit in Prozent rasch zunimmt, wenn der Flächen-niederschlag des Vortages abnimmt. Die Aufstellung wurde nach geflogenen Kilometerleistungen vorgenommen.

5. Streckenbestimmung

Mit den nun vorliegenden Streckenkorrekturen gemäss Abb. 2 kann man dazu übergehen, die entsprechenden Streckengrößen zu bestimmen.

Standardklasse mit schwachem Leistungsniveau des zweiten Teilnehmerdrittels, mittleres Steigen um 1,5 m/s, mässige Wetterverhältnisse bei ungünstigen orographischen Bedingungen. Cumulus-Basis über dem mittleren Geländeniveau

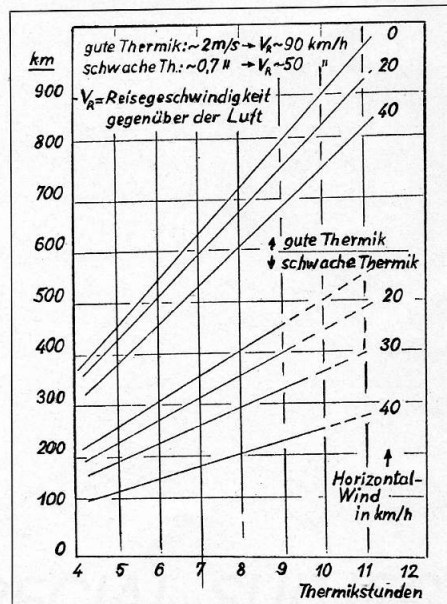


Abb. 4: Grobabschätzung der Streckenlänge in Abhängigkeit von Horizontalwind, Thermik und Reisegeschwindigkeit (gegenüber der Luft).

zwischen 1000 und 1200 m, wind-schwach. Beginn der nutzbaren Thermik 10 Uhr Ortszeit, Startbeginn 10.15 Uhr Ortszeit, voraussichtliche erste Abflugzeit 11.30 Uhr Ortszeit. Thermikende gegen 17.30 Uhr Ortszeit.

Somit ergeben sich 6 Stunden nutzbare Flugzeit und für die Standardklasse eine Tagesaufgabe von etwa 200 km, wobei zugleich bei dem festgestellten Leistungsniveau eine gute Selektion eintritt.

1,5 m/s Steigen bei 6 Stunden nutzbarer Flugzeit ergeben laut Abb. 1 etwa 325 km Strecke. Berücksichtigt man die o.a. Einflussfaktoren, so reduziert sich aus Abb. 2 die Tagesaufgabe um

- Standardklasse minus 2 D-Stufen,
- Leistungsniveau minus 2 D-Stufen,
- mässige Wetterbedingungen minus 1 D-Stufe,
- ungünstige Orographie minus 1 D-Stufe.

Somit werden 6×20 km abgezogen, was bedeutet, dass die ursprüngliche Strecke von 325 km um 120 km gekürzt werden und eine Streckengrösse für diese Klasse um 200 km betragen sollte.

Schlussbemerkungen

Bei andauernden Hochdruckwetterlagen werden selbstverständlich die Erfahrungswerte des Vortages bei der Flugplanung am Morgen mit berücksichtigt. Als Ergänzung hierzu noch ein Hinweis: Pro Hochdrucktag dauert es in der Regel früh nahezu eine Stunde länger als am Vortag, ehe die Thermik einsetzt!

Dass die hier vorgetragenen Planungsüberlegungen für eine Streckengrösse nicht nur an Wettbewerben verwendet werden können, dürfte einleuchten. Werden die obersten Grenzwerte dieses Schemas benützt, so stellen sie auch für einen Spitzensegelflieger eine gute Hilfe für die zu planende Tagesstrecke dar. Die Erfahrung des Piloten müsste hier noch ein «Mehr» oder «Weniger» an Strecke erbringen, wenn das eigene Leistungsvermögen selbst objektiv eingeschätzt wird.

Für Grobabschätzungen der Streckengrösse kann auch Abb. 4 verwendet werden, die bereits in der Segelflugmeteorologie gute Beratungsergebnisse erbrachte, jedoch durch die hier vorgestellte Form noch verfeinert werden konnte.