

Wege zu Rekordleistungen im Segelflug.

Folgerungen aus Wellenflügen in der Schweiz

VON W. JUCKER, SFAS

(Private Arbeitsgemeinschaft "Segelflugforschung Alp Scheidegg.")

1. Die Entwicklung der Erforschung atmosphärischer Wellen

Im Jahre 1929 veröffentlichte V. Bjerknes seine Arbeit "zelluläre Trägheitswellen". Damit begann unseres Erachtens die Erforschung atmosphärischer Wellen. Bis zum Jahre 1932 wurden in verschiedenen meteorologischen Zeitschriften die Linsenwolken (*Cumulus lenticularis*) erwähnt, ohne dass die Möglichkeit bestanden hätte, ihr Wesen zu erklären. Durch den ersten Wellensegelflug durch Deutschmann und Hirth in Grunau wurde diese Art von Wolken sowohl für den Segelflug, wie die Meteorologie aktuell. In wenigen Jahren wurden besonders in Deutschland, aber auch in Jugoslawien und Ungarn die Luftschwingungen für Höhensegelflüge benutzt. Als Piloten wurden die Deutschen Steinig, Ziller und Klöckner bekannt, von denen letzterer im Jahre 1941 zum ersten Male in der Geschichte des Segelfluges die Tropopause durchstieß und die Stratosphäre erreichte. Das Deutsche Forschungsinstitut für Segelflug (DFS) wertete die Ergebnisse aus, wobei Küttner nicht nur eine Theorie der Föhnwellen (wie die sog. langen Wellen nun bezeichnet wurden) ausarbeitete, sondern erstmalig auch Erfahrungen aus Segelflügen mit meteorologischen Forschungen in Zusammenhang brachte. Lyra versuchte, im Folgenden, mit Hilfe der Mathematik das Wesen der Föhnwellen zu erklären. Nach dem Kriege führten wieder Lyra und Küttner ihre Arbeiten weiter, während Quency eine neuartige mathematische in Amerika veröffentlichte. Erwähnenswert ist auch die Veröffentlichung Simpsons, in welcher die Rotoren einer Betrachtung unterzogen wurden. Die Nachkriegsjahre brachten in verschiedenen Ländern eine erfreuliche Breiten-Entwicklung des Wellensegelfluges, wobei Spanien, Frankreich, die Schweiz und namentlich Amerika hervortraten.

Heute, im Jahre 1950, ist das Gebiet der atmosphärischen Schwingungen ein grosses Forschungsgebiet, wobei einerseits die Theorien so kompliziert geworden sind, dass sie nicht einmal mehr Spezialisten auf den ersten Anhieb verstehen können, während andererseits die Mathematik noch nicht über genügende Methoden verfügt, um in ihre Theorien die neuen Erfahrungen des Wellensegelfluges aufzunehmen zu können. Scheinbar müssen wir annehmen, dass es heute noch nicht möglich ist, alle atmosphärischen Schwingungen in eine einzige Theorie einzubauen. Sicher ist, dass eine nur mathematische Lösung des gesamten Problems noch nicht spruchreif ist.

2. Untersuchungen über Rotoren und Wellen in der Schweiz

In der Schweiz waren die atmosphärischen Schwingungen bei den Segelfliegern nur wenig bekannt, bis wir unter dem Namen "Segelflugforschung Alp Scheidegg" die Erfahrungen anderer Länder zu propa-

gieren begannen. Wir versuchten mit Unterstützung von privater Seite, die Wellenforschung systematisch aufzunehmen. Seit 1945 umfasste unser Arbeitsgebiet folgende Fragen:

- a. Sammlung und Auswertung aller Literatur über atm. Schwingungen, wobei wir heute fast alle Flugrapporte von Wellenflügen aus der Schweiz seit 1936 besitzen.
- b. Die Vorhersage des Auftretens von labil geschichteten Wogenwolken. (Hohe Föhnwogen.)
- c. Beobachtung (photographisch und kinematographisch) von Föhnwogen und anderen Wellenwolken.
- d. Studium von tief liegenden stationären Wellenerscheinungen.
- e. Organisation von eigentlichen Föhnwellenflügen, namentlich über der Ostschweiz.
- f. Wandernde Wellen.
- g. Propagierung des Wellensegelfluges in Zeitschriften und Zeitungen.
- h. Kontaktnahme mit andern Organisationen und Persönlichkeiten des Wellensegelfluges.

Selbstverständlich befassten wir uns auch mit anderen Problemen der meteorologischen Segelflugforschung, die aber hier nicht erwähnt werden sollen. Bedingt durch die geringen Mittel, die uns zur Verfügung standen, mussten wir uns auf verhältnismässig wenig Flüge beschränken, während die Auswertung andererseits sehr intensiv gemacht wurde. So konnten wir eine wellenartige Strömung über einem Quertal zum grössten Teil abklären, die Abhängigkeit gewisser Wellen auf die Form des Schwerluftsees aufdecken, verschiedene Wellen über der ganzen Schweiz untersuchen und photographieren, sowie zum ersten Male eine wandernde Welle ausfliegen.

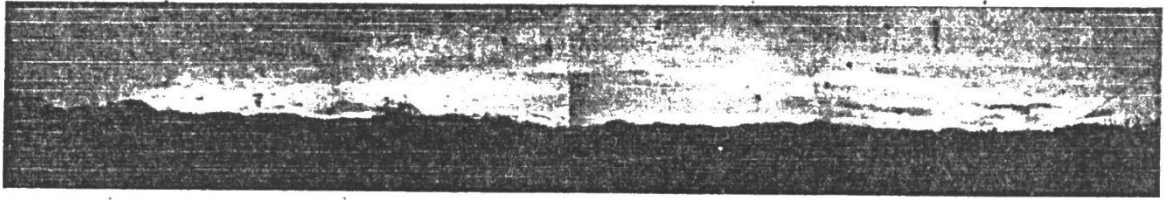
3. Wie kann der Weltrekord in der Ueberhöhung gesteigert werden?

Mancher Leistungssegelflieger möchte das Fliegen nicht nur zu seiner Freude betreiben, sondern auch die Weltbestleistungen verbessern. Ausgehend von unsern Untersuchungen in der Schweiz, möchten wir Schlüsse ziehen auf eine Steigerung der Weltbestleistung in der Ueberhöhung. Wohl hat noch kein Schweizer im Segelflug einen Weltrekord erzielt. Aber wir sehen gerade darin eine wesentliche und mögliche Aufgabe der meteorologischen Segelflugforschung, den Piloten Wege aufzuzeigen, die sie aus verschiedenen Gründen nicht in jedem Fall vorhersehen können.

Interessant ist die Tatsache, dass Klöckner und seine Nachfolger trotz Erreichung von Höhen über 10 000 m.M keine Weltrekorde in der Ueberhöhung aufstellten. Im allgemeinen rührt das daher, dass diese Piloten sehr hoch anschlepten. (Im Durchschnitt um 4 500 m.M). Die Frage geht nun darum, ob der Anschluss an die Wellenaufwinde auch in tieferen Schichten gefunden werden kann.

Zu diesem Zwecke starteten Siegbert Maurer und ich am 18. April 1950 in Dällikon bei Zürich im Doppelsitzer "Moswey 6" im Schlepp durch Felix Bosshart auf der Schleppmaschine "Aeronca Sedan" der "Transair". Das Schleppziel war die Alp Palfries bei Sargans im Osten der Schweiz. Dort wollten wir nach dem Ausklinken im Aufwind der Rotoren Höhe gewinnen, um dann in den erwarteten Wellenaufwind zu gelangen.

Nach einer Stunde hatten wir den Klinkpunkt erreicht. In unerhörten Böen wurde der Schleppzug auf- und ab geworfen. Mit knapper Not konnten wir verhindern, dass wir auf den Kamm der Churfürstenskette gedrückt wurden. Im Moment des Klinkens unterflogen wir gerade eine Rotorwolke. Die Schleppmaschine stieg an der Luvseite nach dem Klinken raketenartig aufwärts, während wir erst nach einigen Sekunden einen Aufwind von + 5 m.s erreichten. Ueber der Alp Palfries stiegen wir im Segelflugzeug

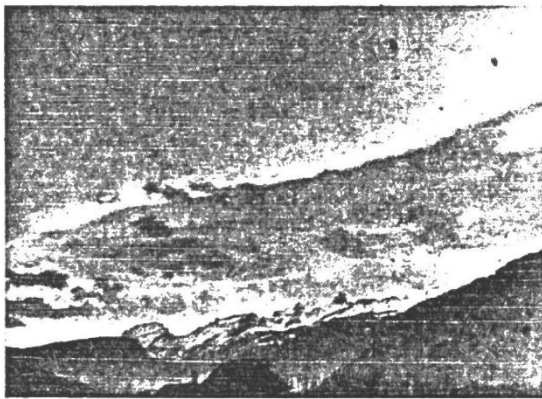


Blick gegen Süden vom Zürcher Oberland aus. (Schweiz) Eine riesige Föhnwoge bedeckt die Ostschweiz, während sich über dem Nordfuss der Alpen der blaue Himmel zeigt. Rechts unten erkennt man stehende Rotoren, während links kleine wandernde Rotorwölkchen sichtbar sind. Bild: Jucker, SFAS.

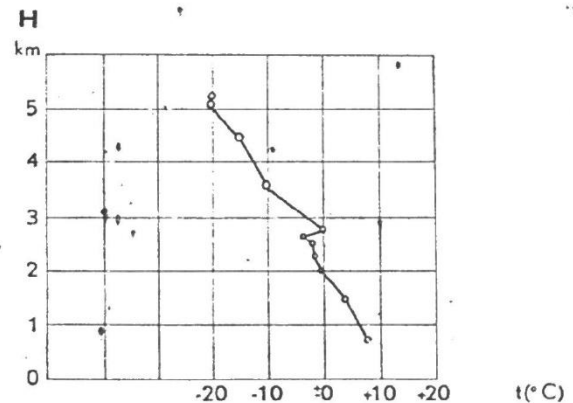
mit durchschnittlich ca $+ 2$ m.s von 2650 m.M im luvseitigen Aufwind von drei übereinander gelagerten Rotorschichten auf 3500 m.M. Die Böigkeit beruhigte sich mit zunehmender Höhe und hörte vollständig auf, nachdem wir den Plafond der obersten Rotorwolken um etwa 200 m überstiegen hatten. Mit einem ruhigen Aufwind stiegen wir bis auf 5450 m.M. Um weitere Aufwinde zu suchen, verliessen wir das Aufwindfeld, kreuzten über den ostschweizerischen Alpen, wobei wir nach einem Absinken auf 3800 m.M nochmals 5400 m.M erreichten. Den Flug brachen wir ab wegen zu grosser Kälte und weil wir zur angegebenen Zeit auf dem Flugplatz Altenrhein am Bodensee landen wollten, wo wir die Schleppmaschine vor dem Start hingeschickt hatten. In 3500 m.M erreichten wir über dem Rheintal eine Schicht mit unbändiger Böigkeit, obwohl keine Rotorwolken mehr vorhanden waren. Mit einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 170 km.h durchflogen wir noch 4 Querrotoren über dem Rheintal und landeten nach einer totalen Flugzeit von 216 Minuten.

Mit einer Ueberhöhung von 2800 m wurde weder eine schweizerische noch internationale Höchstleistung erzielt. Viele unter Ihnen werden sich sogar fragen, wie man aus diesem Flug Folgerungen auf die Erzielung von Höchstleistungen ziehen sollte.

Wir massen während kurzen Intervallen die Aussen- und die Innentemperatur während des Aufstieges. Die Darstellung der Aussentemperatur als Funktion der Höhe korrespondiert nun eindeutig mit der Schichtung der Böigkeit. Die 1000 m dicke Schicht der 3 Rotorzonen macht sich in der Temperaturkurve als Inversion von 3 Grad Celsius bemerkbar, während die ruhige obere Strömung einen normalen Verlauf



Unter der Vorderkante einer hohen Föhnwoge. (Nordabhang der Schweiz. Zentralalpen). Darunter die Rotorwolken, welche gegen Norden, also mit dem Wind ziehen. Bild: Maurer, SFAS.



Rotorschichten von 2600-3600 mM auf der Temperaturkurve.

der Temperaturkurve anzeigt. Inversionen sind aber immer das Zeichen für Luftmassengrenzen, während sich einheitliche Luftmassen auch in der Temperaturkurve gleichmässig manifestieren.

Bei diesem geschilderten Flug wurde also eine Höhe von 1000 m unterhalb der eigentlichen Föhnwelle gewonnen. Mit grösster Wahrscheinlichkeit können wir feststellen, dass wir auch noch weitere 1000 m weiter unten hätten ausklinken können. Die Ausklinkhöhe hätte somit 1600 m.M betragen. Um den Weltrekord in der Ueberhöhung zu schlagen, hätten wir auf mindestens 9700 m.M steigen müssen. Bei der damaligen Wetterlage wäre das ohne weiteres möglich gewesen. Die Obergrenze der hohen Föhnwoge lag auf schätzungsweise 13000 m.M. Dass aber auch die Wolken überhört werden können, haben andere Flüge bewiesen.



Anrückende Kaltfront mit vorgeschobenen Roterwolken von Cumulus congestus-Charakter. Links: Sehr hohe Wogenwolken über der Kaltfrontbewölkung. Standort: Weissfluhjoch, anlässlich des Dreieckrennens von Sameden am 22.7.1948. Obwohl die Wogenwolke in die Stratosphäre hineinreichen, darf angenommen werden, dass sich Aufwind von ruhigem Charakter noch über ihnen vorfindet. (Wellenwolken können meistens überstiegen werden). Da sich Kaltfronten über Strecken von mehreren tausend Kilometern wandern, muss gefolgert werden, dass ebenso lange Segelflüge durchaus möglich sind. Bild: Jucker SFAS.



Gleicher Standort. Rechts erkennt man einen Rotor mit grosser vertikaler Ausdehnung. Bild: Jucker SFAS.

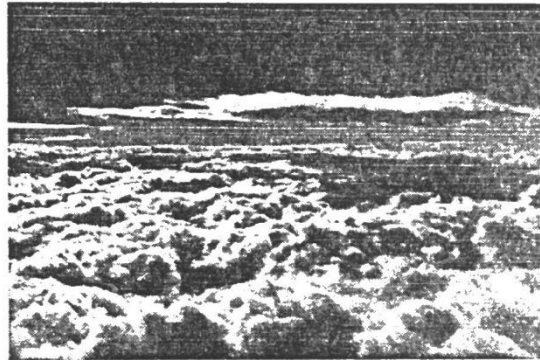
Zusammenfassend stellen wir fest, dass die Erringung einer Weltrekordsüberhöhung im System einer hohen Föhnwoge durchaus möglich ist. Im *Hangwind* wird ausgeklinkt und weitere Höhe wird im *Rotorenaufwind* gewonnen, bis der *Wellenaufwind* erreicht ist. Die Schwierigkeiten bestehen darin, den richtigen Ort für den Aufstieg zu finden und weiter die sehr starken Böenfelder der Rotoren ohne Schaden zu übersteigen. Auf diese Weise werden *Ueberhöhungen von mehr als 10 000 m möglich sein.*

4. Ueberquerung des Atlantik in wandernden Wellen?

Die Ueberquerung des Atlantik (als Ausdruck einer mehrfachen Ueberbietung des Strecken-Weltrekordes) ist dann möglich, wenn es Aufwindfelder gibt, welche über eine solche Distanz wandern und damit erhalten bleiben.

Als wandernde Aufwindfelder waren bisher nur Wolkenstrassen und Fronten bekannt. Im Laufe der letzten Jahre beobachteten wir jedoch auch, dass die hohen Föhnwogen noch längere Zeit nach dem Abwandern bestehen bleiben. Obwohl das unvorhergesehene und plötzliche Abwandern mehrere geplante Höhenflüge fast wertlos machte, dachten wir gerade daran, später einmal diese Feststellung im Flug auszuwerten.

Vorerst aber mussten wir einmal sicher festgestellt haben, ob diese wandernden Wellen wirklich vorkommen. Zu diesem Zwecke stiegen E. Aeberli und ich am 12.1.1948 in einem "Piper-Cub" in Dübendorf auf, um nach wandernden Wellen über einer lokalen Kaltfront Ausschau zu halten. Nach dem Uebersteigen der sich schliessenden, wandernden Wolken-schicht, warteten wir längere Zeit in 3000 m.M am selben Ort südlich der Stadt Zürich. Mit einem Male konnten wir beobachten, wie eine Wolkenmauer eine Wolke abstiess, welche nun mit dem Winde gegen uns zuwanderte. Nach dem Schatten, den sie auf die unter ihr liegende Wolkendecke warf, war es uns möglich, ihre Zugrichtung besser zu beobachten. Wir unterflogen die Wolke und drehten dann in den erwarteten Luv-Aufwind von durchschnittlich $+ 1$ m.s ein. In diesem ruhigen Aufwindfeld überstiegen wir rasch die ca. 2-300 m dicke Wolke und stiegen weitere 500 m auf fast 4000 m.M, wobei wir aber schon nach kurzer Zeit soviel weggetrieben worden waren, dass wir den Aufstieg abbrechen mussten. Wir drehten in Steilschrauben durch ein Wolkenloch wieder auf den Platz hinunter.



Wandernde Wellenwolke. Standort des Flugzeuges: Ca. 300 m.M über Zürich. Blick gegen Südwesten. Die Wellenwolke bildet sich auf dem unruhigen Wolkenmeer ab. (22.7.1948).

Bild: Jucker, SFAS.

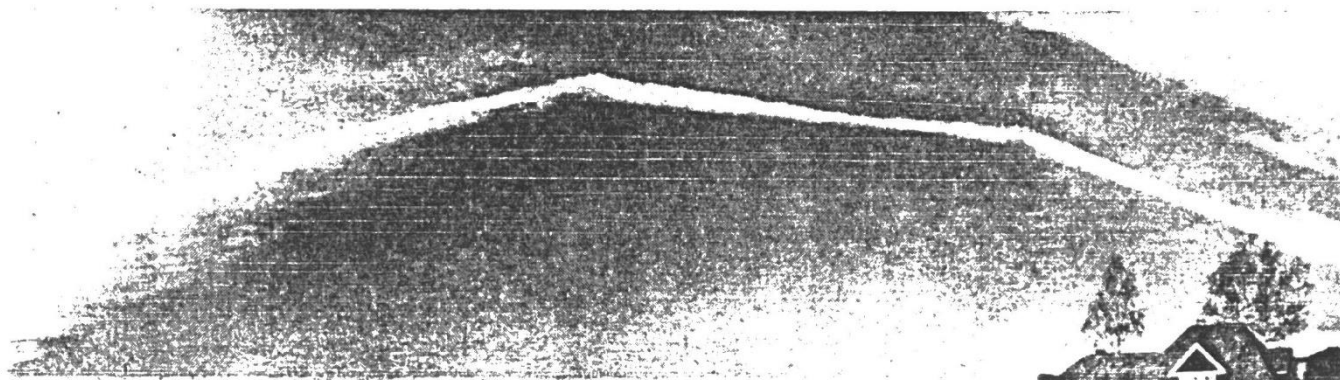
Durch diesen ersten Flug in einer wandernden Welle konnten wir auch den Beweis erbringen, dass über Kaltfronten atmosphärische Schwingungen vorkommen, welche mit der Front wandern.

Vom Weissfluhjoch aus konnten wir am 22.7.1948 (während des 1. Internationalen Dreieckrennens von Samedan) Wogenwolken über einer vordringenden Kaltfront photographieren, welche ebenfalls mit der Front wanderten.

Wir dürfen somit mit gutem Recht als sicher annehmen, dass wandernde Wellen über Kaltfronten und selbstverständlich vor Kaltfronten vorkommen. Wenn man nun bedenkt, dass Frontalsysteme über grosse Strecken, also auch über den Atlantik oder andere Meere wandern, dann wird man verstehen, dass wir der Ueberzeugung sind, dass es bei genügender Ausrüstung möglich sein wird, ein solches Meer im Segelflugzeug zu überqueren.

Schmaler Rotor unter einer Wellenwolke bei Westwind über dem Zürcher Oberland. Das ganze System mit noch tieferen, nicht sichtbaren Rotorwolken bewegte sich rasch von Westen nach Osten. Nach Prof. Georgii dürfte die Wolkenbildung auf Kondensationsstreifen von Flugzeugen zurückzuführen sein.

Bild: Jucker SFAS



LITERATUR

Theoretisch

V. Bjerknes: Zellulare Trägheitswellen. Oslo 1929.

G. Lyra: Ueber den Einfluss von Bodenerhebungen auf die Strömung einer stabil geschichteten Atmosphäre. Beitr. Phys. fr. Atm. 26. Heft 4.

Küttner: Die Rolle der Tropopause bei der Zyklogense. Beitr. Phys. fr. Atm. 26 (1940).

Queney: The problem of Air Flow over Mountains Bull. American Met. Society. 1 (1948).

Praktisch

Küttner: Zur Entstehung der Föhnwelle. Hamburg 1939.

Simpson: Atmospheric Waves. Aeronautics 1946.

Krug-Pielsticker: Beobachtungen der hohen Föhnwelle an den Ostalpen. Beitr. Phys. fr. Atm. 27. 1942.

Jucker: In Rotoren und Wellen. Schweiz. Aero-Revue. Juni 1950.

„ Interavia-Rundschau: The Wandering Mountain. Nov. 1949.

„ Berichte der "Segelflugforschung Alp Scheidegg." 3. Ausg. 1947.

Ways to Record Performances in Soaring

BY W. JUCKER

After a historical preface about soaring in waves in various countries and especially in Switzerland, possibilities to fly records in altitude and distance are discussed and a conclusion is made based on the experience made in flight practice.

In spring 1950 a flight made by the editor with Mr. S. Maurer as pilot has shown, that the lift of a rotor can be utilized for altitude flights.

Further more, a flight in a Piper Cub is discussed, during which it was possible to fly in a wandering wave. The conclusion of Mr. Jucker's contribution are:

1. by means of flying in slope-, rotor-, and wave lift, gains of altitude of more than 10 000 m will be possible.
2. in wandering waves, mainly above a cold front, flights of a distance of some thousand kilometers, even across the Atlantic should be possible.