

Inhalt:

	Seite
1. Der natürliche Flug.	9
2. Der Luftwiderstand.	12
3. Luftdichte.	13
4. Lufttemperatur.	17
Abhängigkeit der Lufttemperatur von der Erwärmung der Erdoberfläche.	17
Gleichgewichtsbedingungen der Atmosphäre.	21
Temperaturumkehrschichten oder Inversionen.	25
5. Der Wind.	31
Entstehung der Luftströmungen	31
Windmessung.	34
Allgemeine Erscheinungen der Luftbewegung.	38
Windbeeinflussung durch Hindernisse.	41
Windbeeinflussung durch Gebirge	44
Einflughöhe der Gebirge.	45
Horizontale Reichweite des Gebirgseinflusses.	50
Windverstärkung über Gebirgen.	54
6. Vertikale Luftbewegung der freien Atmosphäre.	60
Der aufsteigende Luftstrom.	60
Messung vertikaler Luftbewegung	62
Austauschströme, Turbulenz und Luftwirbel.	67
7. Segelflug durch thermisch aufsteigende Luftbewegung.	73
8. Aufsteigende Luftbewegung über größeren Flächen.	75
9. Dynamischer Segelflug.	79
10. Die Windstruktur.	81
Windformen.	82
Gesetzmäßigkeiten der Windschwankungen.	87

Bild 1 Einband und Inhaltsverzeichnis des Büchleins

**T**atsächlich veröffentlichte Professor Walter Georgii bereits im Jahr 1922 ein Büchlein, das sich mit der Segelflugmeteorologie befasste. Der Titel: „Der Segelflug und seine Kraftquelle im Luftmeer“.

Walter Georgii war zu dieser Zeit als Privatdozent Leiter der Abteilung Wetterdienst des Instituts für Meteorologie und Geophysik der Universität Frankfurt am Main und beauftragter Dozent für aeronautische Meteorologie an der technischen Hochschule in Darmstadt tätig. Nach seinem Studium der Physik, Mathematik und Geografie hatte er

seine berufliche Laufbahn am Königlich-Preussischen Meteorologischen Institut in Berlin begonnen – ihn faszinierten die Kräfte der Natur und das ständig wechselnde Wettergeschehen. Im ersten Weltkrieg kam Georgii dann mit der Fliegerei in Berührung: Er wurde als beratender Meteorologe bei Fliegereinheiten vor Verdun und in Nordafrika (Ägypten) eingesetzt.

Während seiner Tätigkeit an der Universität Frankfurt beschäftigte er sich mit der Windbeeinflussung durch Gebirge und dem Hangwind. Angeregt durch seine Tätigkeit als mete-

# HISTORIE

PROF. WALTER GEORGII:

# 100 JAHRE SEGELFLUG- METEOROLOGIE

Mancher wird nachrechnen: vor 100 Jahren? Also 1923? Auf dem 3. Rhönwettbewerb 1922 gelang doch Arthur Martens auf dem Vampyr aus Hannover gerade mal der erste motorlose Stundenflug am Hang. Die Möglichkeit, sich über längere Strecken motorlos ohne Hangaufwind in der Luft zu halten, sah man damals doch noch gar nicht!

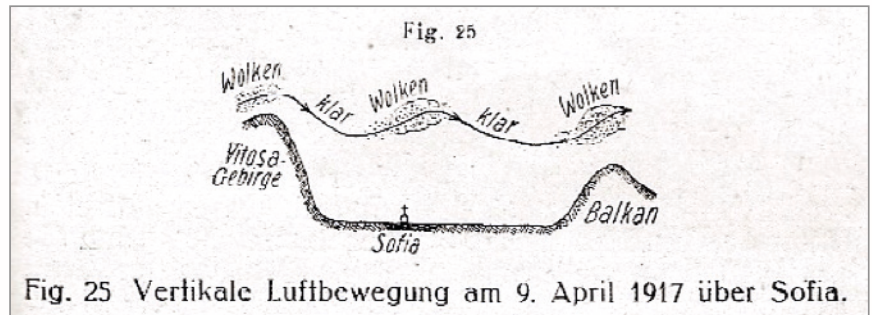
TEXT: DETLEF MÜLLER

orologischer Berater auf den Rhön-Wettbewerben 1920 und 1921 begann er, sich Gedanken zur Nutzung anderer potenzieller Energiequellen für den motorlosen Flug zu machen: Ihn interessierte die Nutzung von wissenschaftlichen und technischen Erkenntnissen. Das Ergebnis fasste er in besagtem Büchlein (DIN A5, 88 Seiten) zusammen, das er Mitte 1922 veröffentlichte.

Georgii wollte mit diesem ersten Buch zur Segelflugmeteorologie die „meteorologischen Probleme des Segelflugs“ behandeln und den damaligen „Stand der Erkenntnisse von den

atmosphärischen Vorgängen und Erscheinungen den Segelfliegern vermitteln“. Und das in einer Form, „dass jeder, der einigermaßen mit den Grundzügen der Physik vertraut ist, sich mühelos in die Materie einlesen kann“ (Zitate aus dem Vorwort). So behandelt er einleitend die physikalischen Grundelemente der Meteorologie, die auch heute noch zu diesem Fach in den ersten drei Kapiteln der theoretischen Segelflugausbildung vermittelt werden (Luftdruck, Lufttemperatur, Luftdichte, Wind und Thermodynamik, **Bild 1**). Es fehlte damals allein die Erkenntnis, dass an Strahlungstagen

**Bild 2 (rechts)** Darstellung der vertikalen Luftbewegung am 09. April 1917 über Sofia: „Über Sofia befand sich also bis 2500 m eine aufsteigende Luftbewegung, die zwischen 2500 und 2900 Metern in absteigende Strömung überging. In 12,5 km Entfernung vom Beobachtungsort und 3000 m Höhe setzte wieder aufsteigende Luftbewegung ein. Schematisch stellt sich also die Luftströmung über der Talmulde zwischen dem Vitosa- und Balkangebirge nach Art von Fig. 25 dar. Wie man sieht, sind die aufsteigenden Luftbewegungen infolge der hierbei auftretenden Abkühlung mit Wolkenbildung verbunden.“ **Bild 3 (rechts unten)** Georgii's Beschreibung der Thermik, der Konvektion



die Konvektionsschicht vollständig durchmischt wird und damit bis zum Cumuluskondensationsniveau die Atmosphäre einheitlich trockenadiabatisch durchmischt ist, Temperaturgradienten für den Auftrieb also hier keine Rolle mehr spielen. Zudem findet die Luftfeuchte keine Erwähnung. Die Rolle der Luftfeuchte auch für den Segelflug konnte damals wohl noch nicht abgesehen werden.

Einen etwas größeren Raum nimmt in dem Büchlein erwartungsgemäß der Wind mit seiner Beeinflussung durch Hindernisse und Gebirge ein. Intensiv wurde die Einflusshöhe der Gebirge auf die Strömung sowie die Ausdehnung und Stärke des Absinkens der Luft im Lee behandelt. Georgii beschreibt anhand von Feldmessungen aber auch Leeeffekte wie Leewirbel und Leewellen im Gebirge (**Bild 2**). Über die Möglichkeit einer segelfliegerischen Nutzung der Leewellen spekulierte Georgii aber (noch) nicht.

In zwei Kapiteln beschäftigt sich Georgii dann mit der Thermik. Er beschreibt das Phänomen der „Konvektion, des vertikalen Luftaustausches durch aufsteigende warme und gleichzeitiges Niedersinken kälterer Luft an benachbarter Stelle“ (**Bild 3**). Anhand von Fesselballon- und Wolkenbeobachtungen untermauerte er seine Darstellung der Konvektion mit stärkstem Steigen unter Cumuluswolken und Turbulenzen im Randbereich. Ballonmessungen zeigten ein Steigen in den Aufwinden von etwa 0,5 m/s. „Die einzelnen Aufwärtsströme befanden sich jedes Mal an anderen Stellen der Atmosphäre. Sie bildeten „Kamine“ oder „Schlote“ der Atmosphäre, in die die Ballone allmählich ... hineingezogen wurden. ... Sehr schön zeigt sich bei diesen Aufstiegen auch wieder die Zunahme der Vertikalbewegung mit Annäherung an die Wolke.“

**Georgii stellte Überlegungen** zur Nutzung der Konvektion durch den menschlichen Segelflug an. Er kam damals zu dem Schluss, dass in unseren Breiten die Vertikalgeschwindigkei-

ten nicht ausreichen würde, „um das Segeln allein durch den Auftrieb vertikaler Luftbewegungen aufrecht zu erhalten“: Bei einem Eigensinken der damaligen Segelflugzeuge von etwa 2 m/s würde auch entsprechendes Steigen benötigt, was wohl „an normalen Tagen nur relativ selten erreicht wird“. „Das Geschick unserer Flieger und die Wendigkeit unserer Segelflugzeuge dürfte aber nicht ausreichen, das Flugzeug dauernd in dem begrenzten Luftkamin zu halten und in engen Kurven hochzuziehen, wie es anscheinend die Vögel vermögen. Unter diesen Gesichtspunkten erscheint es ausgeschlossen, den menschlichen Segelflug mit Hilfe der thermischen Aufbewegung der Luft dauernd aufrecht zu erhalten. Ihre Ausnutzung kann nur eine gelegentliche sein, so oft wie sie sich gerade im Fluge dem Gefühle bemerkbar macht. Vielleicht kann man einen kleinen Nutzen aus dem Hinweis ziehen, dass unter den einzelnen Haufenwolken regelmäßig aufsteigende Bewegung angetroffen wird, so dass man deshalb diese Wolke als Wegweiser zu den Kaminen in der Atmosphäre benutzen kann.“

**In Segelfliegerkreisen** hatte man bis 1922 keine Möglichkeit gesehen, sich über längere Strecken ohne Antrieb und abseits von Berghängen in der Luft zu halten. Es gab aber auch deutliche Hinweise von Kurt Wegener, ebenfalls 1922 (siehe Kottmeier, 2023), dass die Aufwinde durchaus kräftig genug für den Segelflug sein müssten. Sie wurden aber damit abgetan, dass es keine Möglichkeit geben würde, diese Aufwindkamine mit dem Segelflugzeug zu erreichen und darin in engen Kurven zu steigen. Das änderte sich in den folgenden Jahren – nicht zuletzt durch das Treiben von Georgii und dem ersten Gewitterflug auf dem Rhönwettbewerb 1926! Die ersten, die Thermik ausfliegen konnten, waren der Darmstädter Student Johannes Nehring und der Österreicher Robert Kronfeld. Am 30. April 1928 gelang es Nehring im Auftrag von Walter Georgii (mittlerweile Leiter des Forschungsinstituts der

Rhön-Rossitten-Gesellschaft Wasserkuppe und des Lehrstuhls Meteorologie der TH Darmstadt), erstmals einen thermischen Aufwind kreisend ausnutzen. Robert Kronfeld führte ab Mai 1928 eine Reihe von thermischen Segelflügen durch, und nur ein Jahr später (am 15.05.1928) überflog er als erster Segelflieger die damalige Traumgrenze von 100 Kilometern.

Aber auch weitere potenzielle Quellen für den motorlosen Flug wurden von Georgii in dem Büchlein behandelt. So widmete er dem Thema „Konvergenzen“ ein eigenes Kapitel. Hier betrachte er die vertikale Strömungskomponente von atmosphärischen Konvergenzströmungen, die mit abgeschätzten 0,2 m/s aber für den Segelflug nicht nutzbar erschienen.

Das letzte Kapitel beschäftigt sich mit der Möglichkeit des dynamischen Segelflugs. Er berechnete, dass bei einer ausreichenden Scherung der dynamische Segelflug auch im Segelflugzeug möglich sein sollte, und betrachtete verschiedene Arten von Böen als potenzielle Quelle hierfür. Das war 1922. 1974, also 52 Jahre später, gelang es Ingo Renner erstmals,

einen dynamischen Segelflug durchzuführen. Dass es auch an einer Inversion ausreichend große Scherungen geben könnte, hatte Georgii nicht vermutet.

**Das Büchlein** „Der Segelflug und seine Kraftquellen im Luftmeer“ fiel mir vor einigen Wochen in die Hände. Und als Segelflieger und Meteorologe kann ich nur sagen: Es hat mich begeistert! Ich war erstaunt, wie aktuell auch heute noch weite Textpassagen klingen. Das Büchlein beweist, dass Georgii die Fähigkeit besaß, meteorologische Beobachtungen und Erscheinungen so einzuordnen und zusammenzufassen, dass eigentlich jeder seinen Ausführungen folgen kann. Und er verstand zu begeistern und damit andere dazu zu bringen, die von ihm aufgezeigten Möglichkeiten für den motorlosen Flug einfach auszuprobieren. ♦

**Quellen:**

Prof. Walter Georgii, „Der Segelflug und seine Kraftquellen im Luftmeer“  
Ch. Kottmeier: 100 years of thermal soaring – a vision comes true. Vintage Glider Club News, 2023, in print



Leichte Cumulus- oder Haufenwolken.  
(Jede Wolke bildet den Gipfel eines kaminartig aufsteigenden Luftstromes.)

**6. Die vertikalen Luftbewegungen der freien Atmosphäre.**

Der aufsteigende Luftstrom. Unsere Betrachtungen über aufsteigende Luftbewegung beschränkte sich seither auf das erzwungene Aufsteigen der Luftmassen an Gebirgen. Die treibende Kraft sind hierbei die horizontalen Luftdruckunterschiede und das Beharrungsvermögen der durch die Luftdruckdifferenzen in Bewegung gesetzten Luftmassen. Aber auch ohne horizontale Druckunterschiede und horizontale Luftversetzung können vertikale Luftbewegungen auftreten. Unter der Einwirkung der Sonneneinstrahlung kann die dem Erdboden auflagernde Luft örtlich stark erwärmt werden, infolge ihres geringeren spezifischen Gewichts

muß diese erwärmte Luft aufsteigen, während als Ersatz kältere Luft der Höhe niedersinkt. Wir erhalten auf diese Weise den Vorgang der Konvektion, des vertikalen Luftaustausches durch aufsteigende warme und gleichzeitiges Niedersinken kälterer Luft an benachbarter Stelle. Die Vorstellung hat lange vorgeherrscht und findet sich auch heute noch vielfach in der Flugliteratur, daß der sogenannte aufsteigende Luftstrom eine aufsteigende Bewegung der Luft in ihrer ganzen Masse ist und in großer flächenhafter Ausdehnung vorkommt. Diese Annahme widerspricht durchaus der Kontinuität, die in einer strömenden Masse herrschen muß. Die vertikalen Bewegungen vollziehen sich vielmehr in einem räumlich und zeitlich rasch wechselnden Austausch aufsteigender wärmerer und niedersinkender kälterer Luftsäulen. Die aufsteigenden Luftteilchen wachsen erst in größerer Höhe zu Luftballen zusammen, die ausgedehntere Luftmassen in ihre aufsteigende Bewegung hineinziehen. Findet an einer Stelle ein anhaltenderes Aufsteigen von Luftteilchen statt, so übt diese Stelle eine ansaugende Wirkung auf die Umgebung aus. Aus der Nachbarschaft werden andere Luftteilchen herangezogen und mit in die aufsteigende Bewegung einbezogen, so daß sich allmählich eine kaminartige Luftströmung ausbildet. Die Lage dieses Kamins ändert sich schnell. Am oberen Ende des Kamins entwickelt sich gewöhnlich infolge der dynamischen Abkühlung der aufsteigenden Luft eine Cumulus- oder Haufenwolke. Einzelne Haufenwolken an sonst ziemlich heiteren Tagen kennzeichnen also immer die Stellen der Atmosphäre, wo Kamine aufsteigender Luftmassen vorhanden sind. Das Ineinandergreifen und die Abhängigkeit der auf- und absteigenden Luftbewegung von der Bodenbeschaffenheit stellt Fig. 26



Konvektionströmung an einem windstillen, heiteren Tag.