

# Beobachtungen über Wellenaufwinde an sehr niedrigen Hindernissen sowie über See

Von Dr. Hans Jaekisch, Flugwetterdienst, Hamburg-Fuhlsbüttel  
 Vortrag am 9. OSTIV-Kongress, Junin (Argentinien), Februar 1963

Als Beitrag zur Vertiefung und Erweiterung von Erfahrungen über den Zusammenhang zwischen Wetterlage und segelfliegerisch nutzbaren Aufwinden sollen im folgenden einige interessante Beobachtungen von Segelfliegern mitgeteilt werden, denen der Berichterstatter hier die jeweiligen meteorologischen und orographischen Angaben hinzufügt.

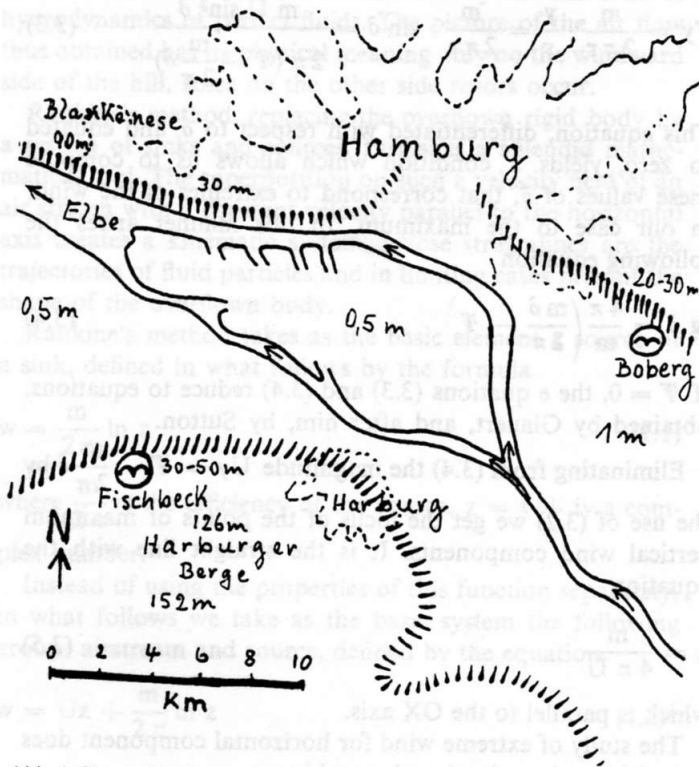


Abb. 1. Raum Hamburg

## I. Hinderniswellen bei Hamburg

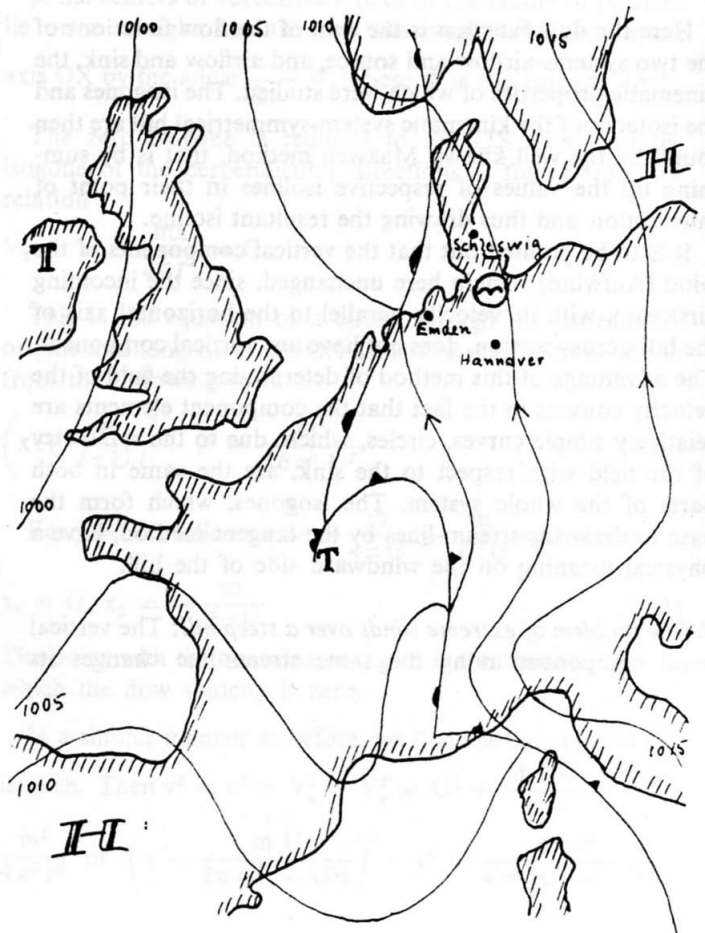
Die orographische Gliederung bei Hamburg (Abb. 1) zeigt als wesentlichsten Zug die von Ost-südost nach West-nordwest verlaufende, im Mittel 11 km breite Elbeniederung (etwa 0,5 bis 1 m über NN). Das Segelfluggelände Boberg liegt vor der 20 bis 30 m hohen Kante der nördlichen Geest im Osten der Stadt. Nach einer Einsenkung in den östlichen Stadtteilen setzt sich der Geestrand etwas vom Stadtzentrum ab nach Westen fort und erreicht bei Blankenese Höhen von 80 bis 90 m. Südlich der Elbe ist die Geest südwestlich von Harburg im ganzen höher. Dort befindet sich dicht südlich des 30 bis 50 m hohen, nach Norden abfallenden Geestrandes das Segelfluggelände von Fischbeck. Nach Süden steigt das Gelände stellenweise auf 130 bis 150 m an. Während die Elbeniederung im Westen etwa 12 km breit ist, zeigt sie zwischen den Harburger Bergen und den Uferhöhen der westlichen Stadtteile Hamburgs eine Verengung auf 8,5 km, um sich dann nach Osten sehr zu verbreitern.

## 1. Wellen bei Fischbeck

Am 3. Oktober 1960 entdeckte F. Knoblauch bei Südsüdostwind eine Leewelle bei Fischbeck. Aus seinem sehr ausführlichen Bericht seien die wesentlichsten Punkte hier wiedergegeben:

Start 3. Oktober 1960, 16.28 MEZ, Landung 17.09 MEZ, Flugzeugmuster Ka-8. Beim Windenschlepp bis 200 m grosse Turbulenz, darüber vollkommen ruhig bei plötzlichem Ansteigen der Schleppgeschwindigkeit um etwa 20 km/h. Bodenwind 4-6 m/s, Höhenwind in 250 m 6-10 m/s. Schepphöhe 500 m. In 220 m bis 300 m auf einer in etwa 800 m Abstand parallel im Lee der Geestkante verlaufenden Linie bei mehrfachem Hin- und Herfliegen 0,2 bis 0,5 m/s Steigen. Am nächsten Tag ähnliche Wetterlage: Am Boden Südostwind 8-10 m/s, Höhenwind 14 bis 16 m/s in 400 bis 500 m. Schlepphöhen bis fast 600 m. Nach einem Probeflug stellte K. Wellenaufwind fest und wies die übrigen Piloten ein. Bis zum Abend wurden dann 10 Wellenflüge von 20 bis 90 Minuten Dauer ausgeführt, wobei eine grösste Höhe von 1000 m erreicht wurde.

Abb. 2. Wetterlage vom 4. Oktober 1960, 06.00 GMT



Der Bericht von H.-J. Giller gibt die Verhältnisse vom 4. Oktober 1960 gut wieder:

«Am 4. Oktober 1960 startete ich um 13.08 MEZ auf dem Segelfluggelände Fischbeck mit einer Ka-8 an der Winde. Der Kamerad W. Kirsten flog seit 15 Minuten nördlich des Platzes ohne Höhenverlust hin und her. Nach sehr turbulentem Schlepp klinkte ich in 500 m Höhe aus. In Richtung Hamburg blickend bemerkte ich eine scharf ausgeprägte, tief blauviolette Inversionsschicht. Ich kurvte um 180° und flog mit Rückenwind in den Raum, wo W. Kirsten sich jetzt etwa 100 m unter mir befand. Das Variometer zeigte 0 bis 0,3 m/s Steigen an. Das Steigen hielt an und ich erreichte 530 m. Als ich auf einen vermeintlichen Thermikstoss einkurvte, ging die positive Varioanzeige zurück. Um im Gleitwinkelbereich des Platzes zu bleiben, flog ich bei zunächst 0,5 m/s Fallen wieder Richtung Platz vor. Dabei fand ich den Streifen mit Steigen wieder und veränderte den Kurs, wie am Hang fliegend, zum stärkeren Steigen hin, dessen Maximum schliesslich etwa 1,5 km im Lee parallel zum Geesthang mit 0,5 m/s lag. In 900 m Höhe brach ich den Flug nach etwa 1 Stunde Flugzeit ab und flog zum Platz vor. Der Gegenwind betrug etwa 50 km/h. Auf dieser Strecke schwankte Sinken zwischen 0,5 und 2,0 m/s. Zweimal ging das Fallen auf Null zurück bei ruhiger Luft. Vor und hinter diesen in etwa gleichem Abstand liegenden Strichen beobachtete ich mittlere Turbulenz. Unterhalb 300 m herrschte starke Turbulenz bis zur Landung. Die Striche mit Aufwind schätzte ich auf eine Breite von unter 100 m. Auch bei sehr scharfem Einkurven (Vollkreis) und Beendigung nach genau 360° war ich meist aus dem Aufwindmaximum heraus.»

#### Die Wetterlage am 4. Oktober 1960

Die Bodenwetterkarte (Abb. 2) zeigt über Deutschland eine kräftige Südsüdostströmung, deren thermischer Aufbau aus dem Temp von Hannover von 12 Uhr GMT ersichtlich ist (Abb. 3). Die bodennahe, trockenadiabatische Schicht reicht nur bis 290 m. Darüber befindet sich eine scharfe Inversion mit einer Temperaturzunahme von 4°C bis 400 m, darüber weitere Temperaturzunahme um 1°C bis 1000 m. Bemerkenswert ist die Windzunahme in der Warmluft von 140° 18 kts in 400 m auf 150° 31 kts in 1000 m, darüber wieder geringe Windabnahme.

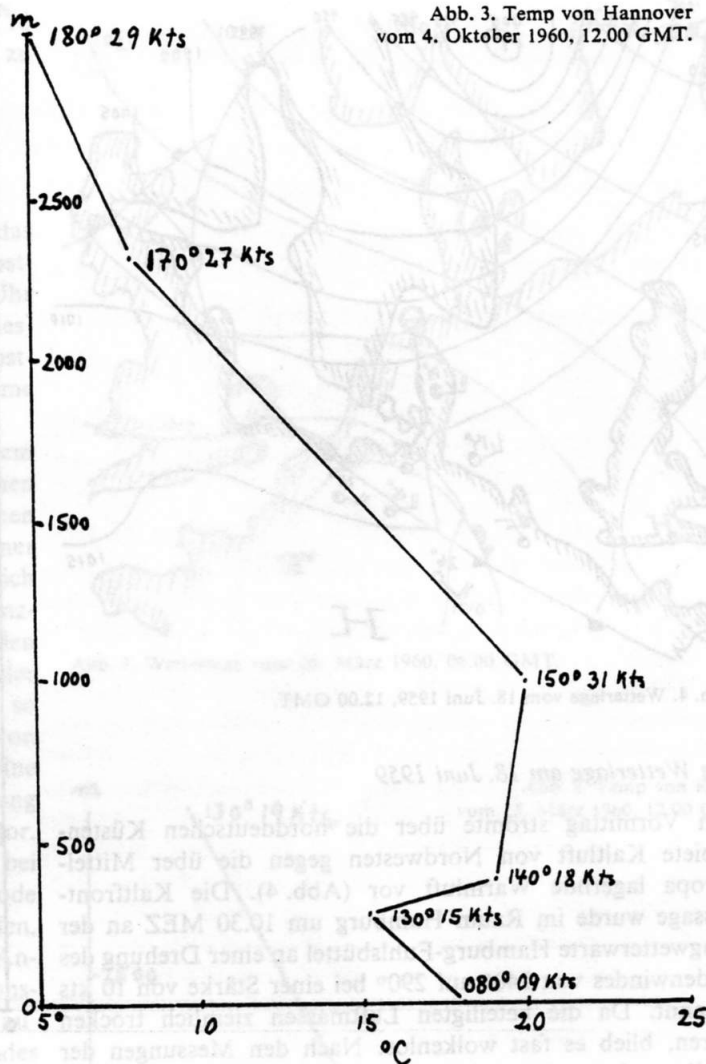
Die atmosphärischen Verhältnisse zeigten also die typischen, für Wellenbildung günstigen Merkmale eines Zweischichtenmodells, wobei die geringe Inversionshöhe dem hier vorliegenden Fall sehr geringer Hindernishöhe besonders angepasst schien.

#### 2. Stationäre Wellen bei Boberg

Dass auch bei grösserer Mächtigkeit der unteren Kaltluftströmung über einem Gelände mit Höhendifferenzen um 50 m stationäre Wellen beträchtlicher Stärke ausgelöst werden können, beweist ein Flug von G. Schieweck. Sein Bericht lautet:

Am 18. Juni 1959 gegen 15 Uhr MEZ beobachtete ich vom Segelfluggelände Boberg aus, wie sich zwei linsenförmige Wolken jeweils etwa 5 km westlich und östlich des Platzes bildeten. Sie hatten eine graue Färbung und erstreckten sich etwa in Nord-Südrichtung. Die Basis schätzte ich auf 1000 m, die Obergrenze auf 1200 m. Es war sonst fast gar keine Bewölkung vom Platz aus zu sehen. Um 15.50 MEZ startete ich, um zu versuchen, die östliche der beiden Wolken zu erreichen.

Abb. 3. Temp von Hannover vom 4. Oktober 1960, 12.00 GMT.



Bei 6–8 m/s Westnordwestwind erreichte ich eine Schlepphöhe von 550 m und flog zunächst mit Nordkurs etwa 3 km. Die Flugsicht war gut. Thermik war nicht vorhanden. Ich flog dann nach Osten und kam in 350 m Höhe unter dem Nordteil der Wolke an. Dort konnte ich mit 1–2 m/s Steigen 500 m Höhe erreichen. Der Aufwind war sehr zerrissen. Ich flog nun südwärts zur Mitte der Wolke. Hier hatte ich 4–5 m/s Steigen bei weiterhin grosser Turbulenz. In 900 m Höhe brach ich den Steigflug wegen Sichtverschlechterung in Wolkennähe ab und nahm Kurs nach Westen zum Platz. Dabei wurde es plötzlich ganz ruhig bei 0,5 m/s Steigen. Ich nahm nun Kurs nach Süden und hatte die Wolke links neben mir. Das Steigen ging auf 1–2 m/s und verminderte sich auf Null bei Erreichen des Südendes der Wolke. Ich hielt mich nun, wie am Hang vor und über der Wolke fliegend, bei konstant 2 m/s Steigen noch einige Zeit westlich der Wolke auf. In 1600 m Höhe brach ich bei 1 m/s den Steigflug ab und nahm Kurs auf die etwa 10 km im Westen stehende Wolke. Wegen offenbar starken Gegenwindes kam ich jedoch nicht recht voran. Thermik war kaum vorhanden, und so landete ich etwa 10 Minuten nach dem Abbrechen aus meiner höchsten Höhe um 16.35 MEZ wieder auf dem Platz. Auch nach der Landung waren noch beide Wolken vorhanden. Die westliche war etwas kleiner geworden, stand aber immer noch, von mir aus gesehen, auf dem gleichen Punkt. Die östliche Wolke schien sich etwas verlagert zu haben.»

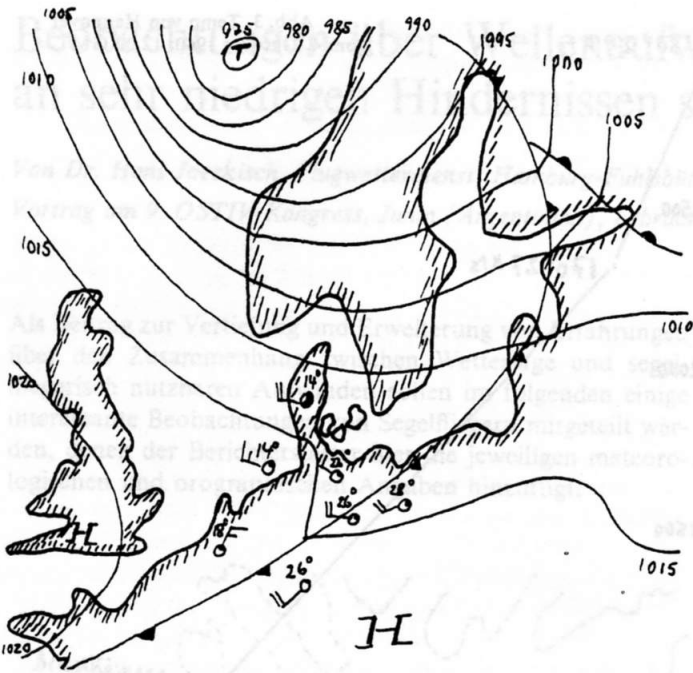


Abb. 4. Wetterlage vom 18. Juni 1959, 12.00 GMT.

### Die Wetterlage am 18. Juni 1959

Am Vormittag strömte über die norddeutschen Küstengebiete Kaltluft von Nordwesten gegen die über Mitteleuropa lagernde Warmluft vor (Abb. 4). Die Kaltfrontpassage wurde im Raum Hamburg um 10.30 MEZ an der Flugwetterwarte Hamburg-Fuhlsbüttel an einer Drehung des Bodenwindes von  $240^\circ$  auf  $290^\circ$  bei einer Stärke von 10 kts erkannt. Da die beteiligten Luftmassen ziemlich trocken waren, blieb es fast wolkenlos. Nach den Messungen der Radiosondenstation in Schleswig (Position siehe Abb. 2) hatte die Kaltluft dort um 13 Uhr MEZ bereits eine Höhe von 1200 m erreicht (Abb. 5), während im Süden Hannover noch ganz in der um  $8^\circ\text{C}$  wärmeren Luftmasse lag. In Hamburg muss die Kaltluft nach den Beobachtungen Schiewecks etwa 900 m hoch gereicht haben. Es dürfte gerechtfertigt sein, die atmosphärischen Verhältnisse im Raum Hamburg um 16 Uhr MEZ annähernd mit denen von Schleswig um 13 Uhr gleichzusetzen. Danach sind auch hier wieder die für die Ausbildung von Hinderniswolken günstigen Merkmale des Zweischichtenmodells gegeben. Besonders ausgeprägt ist die Windzunahme auf etwa den doppelten Betrag in der warmen Oberströmung (41 kts) gegenüber der Unterströmung (21 kts). Als auslösendes Hindernis käme das etwa 15–20 km westnordwestlich von Boberg gelegene 20 bis 30 m hohe Gelände der westlichen Stadtgebiete von Hamburg in Betracht (Blankenese 80–90 m).

### II. Freie Schwingungen über See

Am 25. März 1960 wurden von H. Kolde und G. Seeger über dem Wattengebiet südlich Juist (Abb. 6) bei Ost-südostwind periodische Aufwinde beobachtet. Der Bericht von H. Kolde sagt folgendes: Start Juist 25. März 1960, 13.13 MEZ, Landung Juist 14.13 MEZ. Flugzeugmuster Ka-IIb. Ort der Beobachtung: Wattengebiet vor Juist. Nach einem Gleitflug aus 2000 m (durch Flugzeugschlepp erreicht) wurde bei 900 m eine scharfe Dunstgrenze beobachtet. Von da ab trat bei Geradeausflügen mit einer Fahrt von 80 km/h

Abb. 5. Temp von Schleswig vom 18. Juni 1959, 12.00 GMT

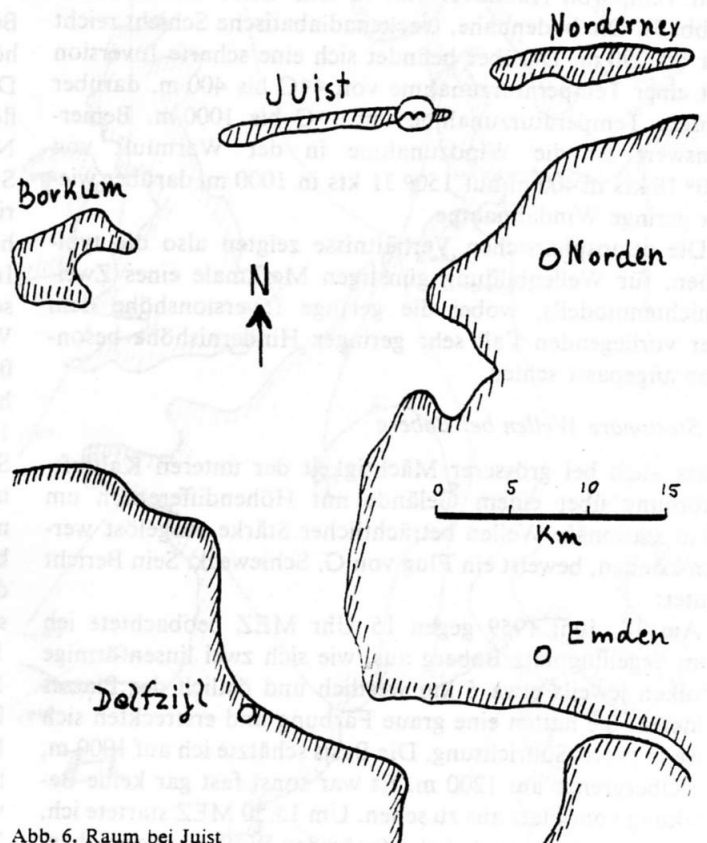
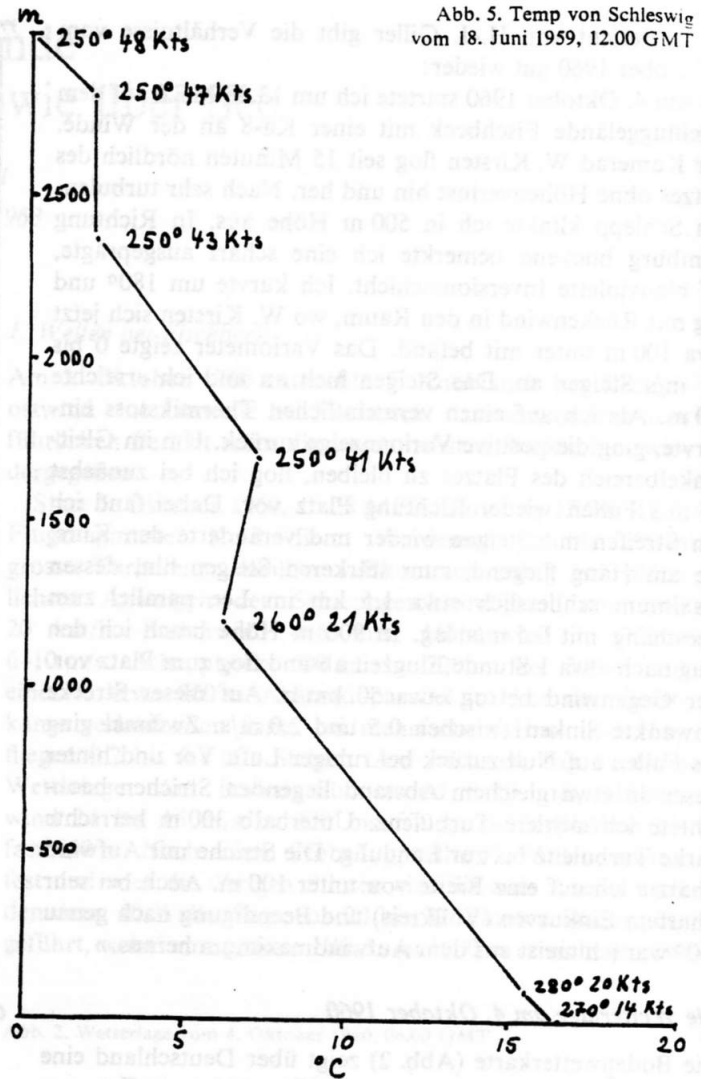


Abb. 6. Raum bei Juist

auf Kursen von  $180^\circ$  und  $350^\circ$  während insgesamt etwa 10 Minuten in Intervallen von 45 Sekunden Steigen bis zu 1,2 m/s auf.

### Die Wetterlage am 25. März 1960

Am Rande eines kräftigen Hochs über dem Baltikum lag das nordwestdeutsche Küstengebiet in einer frischen Ost-südostströmung (Abb. 7). Der Radiosondenaufstieg von 13 Uhr MEZ von Emden (etwa 30 km südlich des Flugraumes) zeigt, dass über einer kalten, 900 m mächtigen Ost-südostströmung von etwa 25 kts eine etwas schwächere, warme Südostströmung herrschte (Abb. 8).

Für die Ausbildung von Hinderniswellen sind ausser dem Mangel an Hindernissen also auch die atmosphärischen Bedingungen ungünstig. Es liegt daher nahe, die periodischen Aufwinde als Helmholtzsche Wellen zu deuten: An einer idealisierten Schichtgrenze bei 880 m (Abb. 8) ergibt sich ein Temperatursprung von  $4^\circ\text{C}$ . Bildet man den Differenzvektor aus den jeweiligen Mittelwerten des Windes an den beiden markanten Punkten unterhalb und oberhalb der Inversionsschicht ( $110^\circ$  24,5 kts und  $135^\circ$  20,5 kts), so erhält man  $235^\circ$  10,5 kts. Für einen Temperatursprung von  $4^\circ\text{C}$  und einen Windsprung von 10,5 kts erhält man eine Wellenlänge von 450 m (n. Haurwitz). Die Streichrichtung der Wellenfronten steht senkrecht auf dem Differenzvektor, verläuft also von  $145^\circ$  nach  $325^\circ$ . Daraus ergibt sich bei 80 km/h und einem Kurs von  $180^\circ$  eine Aufwindperiode von 35 Sekunden, bei  $350^\circ$  eine solche von 48 Sekunden, was recht gut übereinstimmt mit der Beobachtung. Die Annahme von in Windrichtung ( $110^\circ$ ) liegenden Konvektionswalzen würde bei Anwendung des üblichen Faktors 2,5 auf die Schichtdicke 900 m zur Berechnung ihres Abstandes (2250 m) eine Aufwindperiode von 108 Sekunden (Kurs  $180^\circ$ ) bzw. 117 Sekunden (Kurs  $350^\circ$ ) ergeben. Es dürfte sich also hier um Luftwogen gehandelt haben, die auf Nordwest- bzw. Südostkursen ein längeres Segeln erlaubt hätten.

### Summary

Waveflights over small hills are described which exceeded the height of the slopes 20 to 30 fold.

On October 3rd and 4th, 1960, ten wave flights were made in the neighborhood of Fischbeck near Hamburg where the hill slopes do not exceed 30 to 50 m. While the rate of climb was only 0,5 m/s, 1000 m altitude were easily reached in leewaves characterized by an inversion of  $4^\circ\text{C}$  at 400 m and stable conditions higher up. Winds were from SE 18 to 31 knots.

Similar flights in the same general area were made on June 18, 1959, near Boberg where 1600 m were reached with northwesterly winds 20 to 40 knots in the lee of an escarpment of only 20 to 30 m height (which farther away rises to 90 m near Blankenese). Again there was an inversion on top of a cold layer at 900 m. Even at maximum height the lift was still 1 m/s while farther below it exceeded 2 m/s.

Finally, wave lift over the open sea is described upwind of the island of Juist in the North Sea. The wave motions are interpreted as Helmholtz waves of 450 m wavelength.

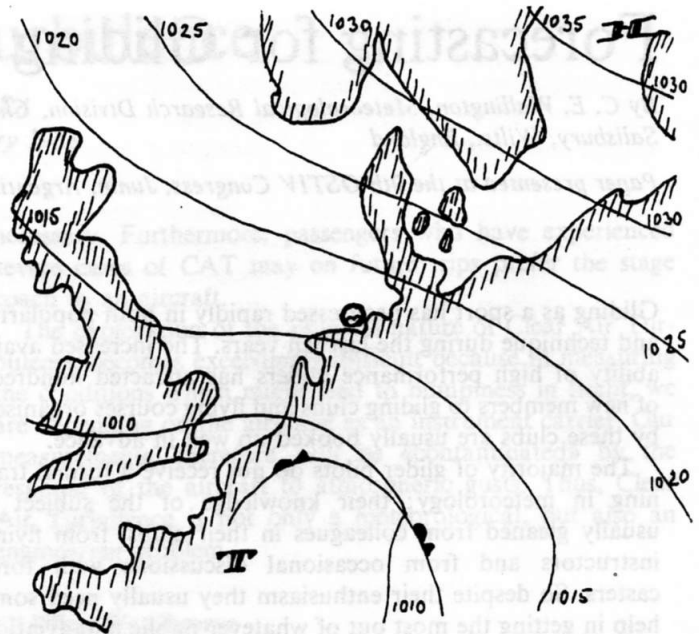


Abb. 7. Wetterlage vom 25. März 1960, 06.00 GMT.

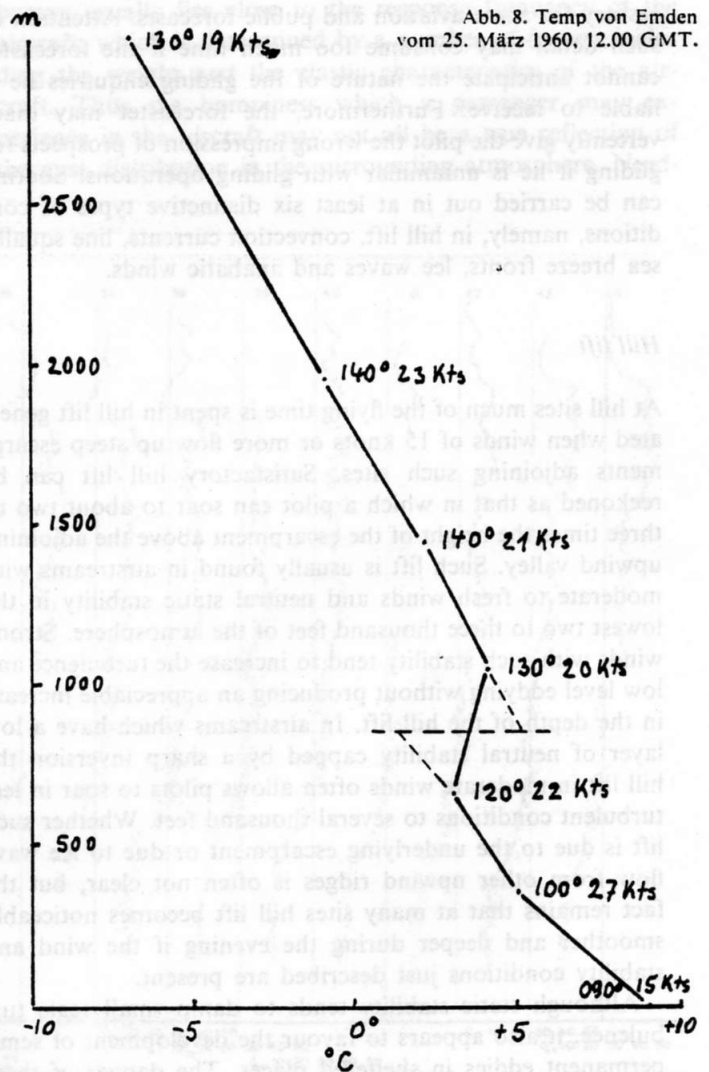


Abb. 8. Temp von Emden vom 25. März 1960, 12.00 GMT.