

Berichte
des
Deutschen Wetterdienstes

Nr. 84
(Band 11)

DK 551.551.25 + 551.554

**Zur Windstruktur in der unteren Troposphäre
auf Grund von Doppelanschnitten**

von

Rüdiger Trappenberg

(mit 25 Abbildungen im Text und 46 Tabellen im Anhang)

Offenbach a. M. 1962
Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes

Inhalt

	Seite
Zusammenfassung	3
Abstract	3
1. Einleitung	3
2. Ort und Anordnung der Messung	3
2.1. Ort der Messung	3
2.2. Meßanordnung	4
2.3. Auswertung der Messung	4
2.4. Genauigkeit der Messung	5
3. Meßergebnisse	5
3.1. Allgemeines	5
3.2. Die Ekman-Spirale	5
3.3. Ballonserie am 29. April 1957	6
3.4. Ballonserie am 5. Juni 1957	7
3.5. Ballonserie am 13. September 1957	7
3.6. Ballonserie am 4. Oktober 1957	8
3.7. Ballonserie am 15. November 1957	8
3.8. Ballonserie am 11. März 1958	9
3.9. Ballonserie am 30. Mai 1958	10
3.10. Ballonserie am 30. Juli 1958	10
3.11. Ballonserie am 28. Oktober 1958	11
3.12. Ballonserie am 3. März 1959	12
3.13. Ballonserie am 3. April 1959	12
3.14. Ballonserie am 8. Mai 1959	13
3.15. Ballonserie am 7. Juli 1959	13
3.16. Ballonserie am 6. August 1959	14
3.17. Ballonserie am 8. September 1959	15
3.18. Ballonserie am 1. Oktober 1959	16
3.19. Versuchsmeßreihe am 19. Dezember 1956	17
4. Auswertung und Folgerungen	17
4.1. Zusammenfassung aller Werte	17
4.1.1. Windrichtung	17
4.1.2. Windgeschwindigkeit	18
4.1.3. Vertikale Windgeschwindigkeit	18
4.2. Zusammenhang der Änderungen des Windes mit der Temperaturschichtung	18
4.3. Zusammenhang zwischen Änderungen der Geschwindig- keit und der Richtung des Windes	19
4.4. Einzellagen	19
4.4.1. Tiefdrucklagen	19
4.4.2. Hochdruckgebiete	20
4.4.2.1. Lagen ohne Inversion	20
4.4.2.2. Lagen mit Inversion	20
4.5. Vergleich der Ballonaufstiege mit Registrierungen in 10-m-Stufen bis 70 m Höhe	21
4.6. Unmittelbare Folgerungen für die Ausbreitung von Staub und Gas	23
Literatur	24
Anhang: Tab. 1—46	

Anschrift des Verfassers:

Dr. R. Trappenberg, Karlsruhe, Hertzstr. 16
Meteorologisches Institut der Technischen Hochschule

Zusammenfassung

Es werden die Ergebnisse von Aufstiegen mit Pilotballonen mitgeteilt, die nach dem Doppelanschnittverfahren mit einer Punktfolge von sechs Sekunden gemessen wurden. Die Ballone wurden in der Rheinebene bei Karlsruhe gestartet und bis etwa 1000 m Höhe verfolgt.

Bei Westwetterlagen finden wir meist nur eine geringe Drehung des Windes mit der Höhe, und die Vertikalgeschwindigkeiten bleiben — mit Ausnahme an den Wolkenuntergrenzen — unter 1,0 m/sec. Bei östlichen Windrichtungen tritt vor allem in den unteren 300 m häufiger eine starke Rechtsdrehung auf. Bei Inversionslagen konnten wir Windrichtungsänderung bis zu 180° z. T. innerhalb weniger Meter messen.

Bei jeder Wetterlage kann meist erst innerhalb 24 Stunden ein Ausgleich zwischen auf- und absteigender Luftbewegung erwartet werden.

Abstract

The paper deals with pilot balloon ascents measured by two stations spotting at point intervals of 6 seconds. The balloons were launched in the Rhenish plain near Karlsruhe and followed up to about 1000 m.

With western weather patterns, in most cases only a slight wind rotation is observed with height, and the vertical velocities are below 1.0 m/sec except for the layer near the ceiling. With easterly winds, an accentuated rotation to the right occurred above all at the lower 300 m. With inversion layers, changes of the wind direction could be measured up to 180°, partly at distances of few meters.

With all weather patterns, a compensation between the up- and downward motion of the air can, in most cases, only be expected within 24 hours.

1. Einleitung

Die Windstruktur in den unteren Schichten der Troposphäre (etwa bis 500 m), die für die Ausbreitung von Staub und radioaktiven Teilchen maßgeblich ist, wurde bis heute nur selten vermessen. Registrierungen der Geschwindigkeit in den ersten 100 m über Grund in verschiedenen Höhen existieren an wenigen Stellen (1—6). Um gleichzeitige Unterlagen über Windgeschwindigkeit und Windrichtung in verschiedenen Höhen zu erhalten, hat das Meteorologische Institut mit Unterstützung des Landesgewerbeamtes Baden-Württemberg und des Ministeriums für Atomkernenergie und Wasserwirtschaft seit 1958 mehrere Meßreihen durchgeführt, die an Funk- und Hochspannungsmasten bis 110 m Höhe reichten. Für größere Höhen besteht nur die Möglichkeit, mit Pilotballonen zu messen. Optische Einfachanschnitte werden seit Jahrzehnten vom Wetterdienst durchgeführt und veröffentlicht. Da dabei die Steiggeschwindigkeit als konstant vorausgesetzt wird, sind die Werte z. T. unsicher und können nur einen ersten Anhalt für die Ausbreitungsbedingungen von Staub und Gas geben. Wesentlich genauere Werte bringen Windmessungen mit Hilfe des optischen Doppelanschnittes (29) und mit Radar, da hier alle drei Koordinaten des Ballonortes bestimmt werden. Da aber bei Radarpeilung bei kleinen Höhenwinkeln und geringeren Entfernungen die Fehler relativ groß sind und die Auswertung bei beiden Methoden den Zwecken des praktischen Wetterdienstes entsprechend nur in großen Stufen erfolgt, können wir keine Einzelheiten über die Struktur des Windes in den ersten 500 m der Troposphäre entnehmen. Wir haben deshalb zur Ergänzung mehrerer Untersuchungen Doppelanschnitte bis rund 1000 m über Grund durchgeführt, obwohl diese Methode wegen der notwendigen optischen Sicht abhängig von der Wetterlage bleibt. *)

*) Wir danken dem Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg für die Mittel zur Durchführung dieser Untersuchungen.

Im allgemeinen lassen sich Doppelanschnitte auch bei Bewölkung und Niederschlag bis 500 m Höhe durchführen. Wegen des großen personellen und materiellen Aufwandes für Messung und Auswertung ist die Methode allerdings nur in Sonderfällen vertretbar. Wie sehr sie aber als grundsätzliche Methode wünschenswert ist, zeigen die mit unseren Messungen fast gleichzeitigen Untersuchungen in England und USA (7, 8). Die englischen Messungen auf den Scilly-Inseln sind trotz ihrer geringen Zahl vermutlich charakteristisch für die Verhältnisse über dem Meer. Die Messungen in USA fanden in ungestörtem Gelände innerhalb einer weiten Ebene statt. Ein solches Idealgelände ist für grundsätzliche Untersuchungen wünschenswert. In Deutschland liegen ähnliche ungestörte Verhältnisse nirgends vor. Wir begnügten uns deshalb mit Messungen in der Rheinebene, wobei wir uns allerdings darüber im klaren sind, daß diese durch Messungen in anderen Geländen zu ergänzen sind.

Da in der Rheinebene die Windstruktur durch die Orographie beeinflußt sein kann, haben wir die Meßmethode durch eine wesentlich dichtere Punktfolge als bei den englischen und amerikanischen Untersuchungen verfeinert.

2. Ort und Anordnung der Messung

2.1. Ort der Messung

Als Meßgelände diente das Gebiet um den Sportflugplatz Karlsruhe-Forchheim im Süden der Stadt Karlsruhe in der Rheinebene. Die Rheinebene verläuft hier von SSW nach NNE, ist rund 40 km breit, und der geringste Abstand zum Gebirge beträgt am Meßort 7 km. Die mittlere Höhe der Gebirge in der näheren Umgebung beträgt etwa 300 m über Grund (400 m NN). Erst in 15 km Entfernung werden im Süden Höhen von 600 m NN erreicht (Karte Abb. 1). Der letzte vermessene Punkt

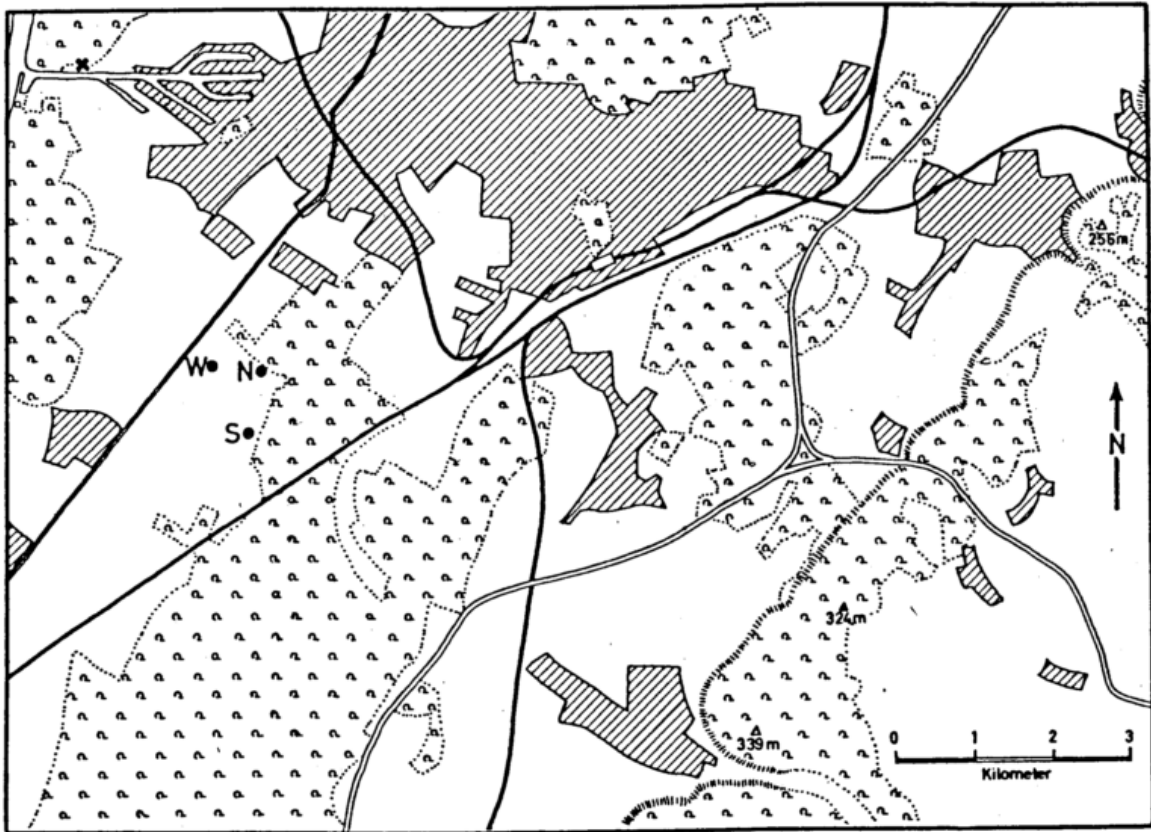


Abb. 1
 Umgebung der Meßstellen bei Forchheim und am Rheinhafen
 W = Meßstelle West, N = Meßstelle Nord, S = Meßstelle Süd,
 X = Windmast am Rheinhafen

unserer Ballone liegt in etwa 750 m Höhe und etwa 5 km vom Startort entfernt. Dadurch können örtliche Windsysteme des Schwarzwaldes (Tal- und Bergwind, Windführung am Berg) bei östlichen Windrichtungen die Windstruktur noch beeinflussen. Nicht ausgeschlossen sind ebenso Einflüsse der Orographie der näheren Umgebung, die durch stark wechselnde Bebauung (Stadt, Wald und Flur) gekennzeichnet ist.

Die Basis beträgt bei unseren Messungen etwa einen Kilometer. Ihre Endpunkte sind in Abb. 1 eingetragen. Neben der von uns am häufigsten verwendeten Basis von SE nach NW haben wir noch zwei weitere Grundlinien vermessen, um bei keiner Windrichtung schleifende Schnitte im Ballonort zu erhalten. Der Startort des Ballons wurde 300 bis 400 m außerhalb der Basis so gelegt, daß möglichst keine Basisdurchgänge vorkamen.

2.2. Meßanordnung

Für unsere Messungen verwendeten wir Gummiballone der Fa. Pongs & Co., die uns Material aussuchte, das nur wenig von der Kugelgestalt abwich. Das Gewicht der Ballone betrug 70 g, ihr Auftrieb wurde nach den Angaben von Tetens (9) so gewählt, daß ihre Steiggeschwindigkeit 150 m/min betrug. Bei Nachtmessungen wurden an den Ballonen an einer etwa 2 m langen Schnur kleine, von Trockenakkumulatoren gespeiste Lämpchen (2 V, 0,26 A) von zusammen 20 g Gewicht angebracht. Messungen bei Tageslicht mit Ballonen ohne und mit Zusatzgewicht bei entsprechendem Auftriebsausgleich ergaben keine meßbaren Unterschiede im Auftrieb.

Zur Visierung wurden zwei Drucktheodolite der Fa. Freiburger Präzisionsmechanik benutzt, bei welchen die Höhen- und Seitenwinkel auf Streifen gedruckt und

später auf 0,1° abgelesen wurden. Bei zwei Beobachtern je Meßstelle ist mit den Drucktheodoliten eine Punktfolge von 6 Sekunden sicher und zuverlässig möglich. Bei 150 m/min Steiggeschwindigkeit entspricht dies einer Höhendifferenz von rund 15 m zwischen den einzelnen Meßpunkten. Über Funksprechgeräte wurden vom Startplatz aus die Kommandos zum Drucken der Meßwerte gegeben, wodurch die Gleichzeitigkeit der Messung gewährleistet war. Am Startplatz wurden die meteorologischen Daten einschließlich des Windes in 4 m Höhe gemessen.

Die Basisvermessung wurde von uns zunächst mit dem Teletop des VEB Jena durchgeführt und später durch eine trigonometrische Vermessung nach einer mit einem Bandmaß vermessenen 500-m-Basis ergänzt. Eine Überprüfung der Werte mit dem Zeiss-Theodoliten TH 3 und einer 2-m-Basislatte hatte unter Verwendung der Formel nach Gruber (10) eine Übereinstimmung auf 40 cm bei 1090 m Gesamtlänge ergeben.

2.3. Auswertung der Messung

Die Auswertung erfolgte nach der von Kleinschmidt (27) angegebenen Formel für Doppelausschnitte. Da bei Doppelausschnitten die Ballonkoordinaten überbestimmt sind, kann man die Bedingung

$$\sin \alpha_1 / \sin \alpha_2 = \operatorname{tg} \varphi_1 / \operatorname{tg} \varphi_2$$

$$\alpha = \text{Seitenwinkel} \quad \varphi = \text{Höhenwinkel}$$

zur Korrektur der Bestimmungsgleichung für die Höhe benutzen. In der von uns verwendeten Form lautet diese dann

$$h = b / (\cos \alpha_1 \operatorname{ctg} \varphi_1 + \cos \alpha_2 \operatorname{ctg} \varphi_2)$$

Dabei ist b die Basislänge. Aus der so bestimmten

Höhe, dem Höhen- und dem Seitenwinkel wurden die Koordinaten des Ballons im kartesischen System bestimmt, die Windgeschwindigkeit und die Abweichung von der Soll-Steiggeschwindigkeit berechnet.

2.4. Genauigkeit der Messung

Die Beobachtung und die Messung sind mit den von uns benutzten Theodoliten auf $\pm 0,1^\circ$ möglich. Eine formelmäßige Fehlerabschätzung des Einflusses dieses Meßfehlers auf die berechneten Werte ist für praktische Zwecke nicht durchführbar, weil die Formel zu unhandlich ist. Wir versuchten deshalb, die Genauigkeit durch eine zeichnerische Darstellung, ähnlich wie Stüve (11), darzustellen. Aber auch diese wird derart kompliziert, daß ihre Anwendung kaum möglich ist. Wir begnügen uns deshalb mit einer allgemeinen Abschätzung, die wir durch Änderung der Seiten- und Höhenwinkel um $0,1^\circ$ erhalten. Die Höhenwerte der Ballone ändern sich dadurch im allgemeinen nur geringfügig um einige dm bis maximal 1 m. Die Änderung der horizontalen Koordinaten ist größer und beträgt bis zu 20 m. Die horizontale Windgeschwindigkeit kann dadurch um 0,5 m/sec falsch sein, wobei bei einer falschen Höheneinstellung von $0,2^\circ$ in ungünstigen Fällen der Fehler bis zu 2 m/sec betragen kann. Diese falsche Höheneinstellung würde allerdings schon ein Auswandern des Ballons aus dem Teilkreis bedeuten und dürfte nie bei zwei aufeinanderfolgenden Meßpunkten der Fall gewesen sein. Durch die von uns meist durchgeführte Mitteilung über 100-m-Stufen werden die einzelnen Fehler wieder ausgeglichen. Der mögliche Fehler bei den Werten der Differenz zwischen tatsächlicher und der Soll-Steiggeschwindigkeit bleibt wegen der Genauigkeit der Höhenbestimmung unter 0,1 m/sec.

3. Meßergebnisse

3.1. Allgemeines

Es liegen 16 Meßreihen mit insgesamt 476 Ballonaufstiegen vor. Die Meßergebnisse werden zunächst chronologisch besprochen. Da die Wiedergabe aller Meßwerte aus Platzgründen unmöglich ist, geben wir für 100-m-Stufen die Mittelwerte der Windrichtung, der Windgeschwindigkeit und der Abweichung von der Soll-Steiggeschwindigkeit. Ergänzt werden die Tabellen durch die Wettermeldungen der Wetterwarte Karlsruhe und die Werte der Radiosonde Stuttgart in den üblichen Schlüsselnach (19).

Der Unterschied zwischen der tatsächlichen und der Soll-Steiggeschwindigkeit der Ballone nach Tetens wird von uns in der vorliegenden Arbeit als Maß für die vertikale Windgeschwindigkeit genommen. Wir sind uns darüber im klaren, daß diese Annahme u. U. mit Fehlern behaftet sein kann. So hängt die Steiggeschwindigkeit von Gummiballonen nach anderen Untersuchungen (z. B. (12—15)) von der Mikroturbulenz am Ballon, der Makrostruktur der Luft und der Erwärmung des Ballons und seiner Füllung durch Sonneneinstrahlung ab. Bei Niederschlag können auch äußere mechanische Effekte einwirken. Die Gasdiffusion dürfte bei unseren kurzen Meßzeiten dagegen keine Rolle spielen. Wollte man diese Unsicherheiten bei der Bestimmung der vertikalen Windgeschwindigkeit vermeiden, müßte man andere Meßtechniken benutzen (z. B. Löser in (8)), die aber sehr aufwendig sind und außerhalb unserer Möglichkeiten liegen. Wenn wir trotzdem die Differenz zwischen tatsächlicher und Soll-Steiggeschwindigkeit nehmen, so deshalb, weil die Turbulenz sicher von Ballon zu Ballon sich verschieden auswirken müßte und deshalb im zeitlichen Mittel nicht eine Bevorzugung der Auf- oder Abwinde ergeben würde. Der Strahlungsfehler

dürfte ebenfalls gering sein, da wir mehrere Ballonreihen gemessen haben, bei denen die Einstrahlung zeitweise sehr stark war, bei denen aber sowohl bei Einstrahlung als auch kurz darauf ohne Einstrahlung ein gleichmäßiger Aufwind gemessen wurde. Dasselbe zeigen häufig die Übergangsmessungen zwischen Tag und Nacht, die ebenfalls auch noch nach Sonnenuntergang bzw. schon vor Sonnenaufgang Aufwinde ergeben.

3.2. Die Ekman-Spirale

Die Änderungen der Windgeschwindigkeit und Windrichtung in der Reibungsschicht der Atmosphäre hat Ekman berechnet. Danach muß die Geschwindigkeit des Windes mit der Höhe zunehmen, bis der geostrophische Wind der freien Atmosphäre erreicht ist. Die wesentliche Änderung beschränkt sich auf relativ dünne Schichten, so daß in Höhen über 100 m, soweit sie uns interessieren, keine sehr schnellen Änderungen mehr zu erwarten sind.

Die Windrichtung muß im allgemeinen nach rechts drehen, wie aus Gl. [1] nach Ekman hervorgeht:

$$\operatorname{tg} \chi = \frac{v_y}{v_x} = \frac{-e^{-z/a} \cdot \sin(z/a)}{1 - e^{-z/a} \cdot \cos(z/a)} \quad [1]$$

$$a = \sqrt{2 A_z / \rho \cdot l} \quad l = 2 \omega \sin \psi \approx 10^{-4} \text{ für } \psi = 49^\circ$$

χ = Ablenkungswinkel gegen die Richtung des geostrophischen Windes

v = Windgeschwindigkeit

x = Richtung des horizontalen Druckgefälles

y = Richtung des geostrophischen Windes

z = Höhe über Grund

A_z = vertikaler Austauschkoefizient

ψ = geographische Breite

ρ = Luftdichte

ω = Winkelgeschwindigkeit der Erdrotation

Dabei wird vorausgesetzt, daß der Austauschkoefizient mit der Höhe konstant und die horizontale Druckänderung konstant und gleich einem charakteristischen Wert im Hauptniveau der bodennahen Reibungsschicht ist. Ferner dürfen im Stromfeld keine Relativbeschleunigungen von gleicher oder höherer Größenordnung wie die Coriolisbeschleunigung auftreten. Durch diese Einschränkungen wird die Gültigkeit der Gl. [1] stark eingegrenzt und dürfte nur im Mittel über längere Zeiträume angenähert erfüllt sein. Um die Größenordnung dieser Richtungsänderungen abzuschätzen, haben wir für $\psi = 49^\circ$ und verschiedene Werte des Austauschkoefizienten A den Ablenkungswinkel gegenüber dem geostrophischen Wind berechnet (Tab. 1).

Wir bezeichnen als Reibungshöhe die Schicht zwischen dem Boden und derjenigen Höhe, in welcher der geostrophische Wind nach Richtung und Stärke erreicht wird. Sie nimmt mit wachsendem Austauschkoefizienten zu und liegt bei $A = 0,01 \text{ g/cm} \cdot \text{sec}$ etwa bei 100 m, bei $A = 1000 \text{ g/cm} \cdot \text{sec}$ oberhalb 800 m.

Unterhalb der Reibungshöhe sind nach Tab. 1 geringe Linksdrehungen zu erwarten, die mit einer Windabnahme mit der Höhe verbunden sind, die bei mittlerem Austauschkoefizienten um $10 \text{ g/cm} \cdot \text{sec}$ in der Höhe um 400 m liegen. Bei großen Austauschkoefizienten nimmt die Windgeschwindigkeit in den ersten beiden Höhenstufen schnell zu, bei sehr kleinen ist sie fast konstant mit der Höhe. Die Änderungen der Rechtsdrehung zwischen zwei 100-m-Stufen sind sowohl bei sehr kleinen ($A \leq 0,1 \text{ g/cm} \cdot \text{sec}$) als auch bei großen Austauschkoefizienten ($A \geq 100 \text{ g/cm} \cdot \text{sec}$) und stets bei Höhen über 200 m kleiner als $11,25^\circ$. Nur bei den Aus-

tauschkoeffizienten 1 und 10 g/cm · sec wird dieser Wert der Richtungsänderung bis zu 200 m Höhe überschritten.

Nach Gl. [1] lassen sich die theoretisch zu erwartenden Kurven von Ballonaufstiegen zeichnen (Abb. 2). Dabei ist die Richtung und Stärke des geostrophischen Windes für alle Beispiele gleich angenommen.

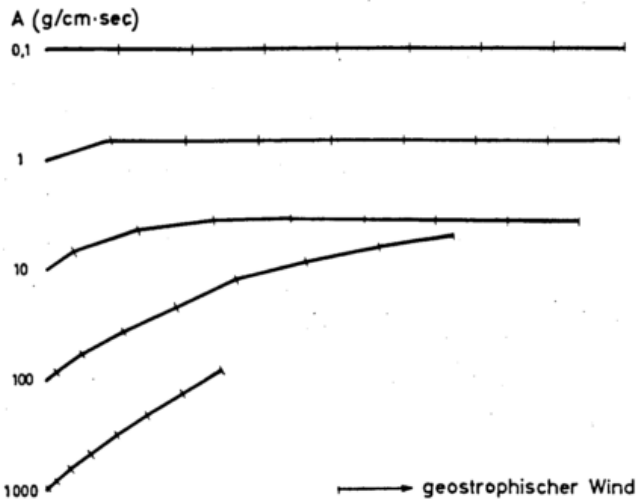


Abb. 2

Theoretische Ballonbahnen nach Ekman bei verschiedenen Austauschkoefizienten

Die Ekman-Spirale wurde im wesentlichen durch Mildner (16) bestätigt. Allerdings berechnet Lettau (17) entgegen der Voraussetzung für die Erfüllung der Ekman-Spirale, daß der Austauschkoefizient mit der Höhe konstant ist, Austauschkoefizienten für verschiedene Höhen und findet verschiedene Werte. Eine Ekman-Spirale leitete Lettau (18) auch aus den Messungen auf den Scilly-Inseln von Sheppard, Charnok und Francis (7) durch Trennung des Windvektors in seine verschiedenen Komponenten ab, obwohl die Verfasser selbst diese nicht finden konnten. Eine derartige Aufteilung mit Hilfe der Variationsrechnung erscheint uns nur sinnvoll in ungestörtem Gelände ohne Sprungschichten für sehr spezielle Fragen, weshalb sie in dieser Arbeit nicht durchgeführt wurde.

3.3. Ballonserie am 29. April 1957, 10.00 — 17.30 Uhr Übersicht in Tab. 2 und 3

Unser Gebiet befindet sich im Sattel zwischen Hochdruckgebieten über dem Atlantik und über Rußland. Wegen der flachen Druckverteilung kommt es zu keiner großräumigen Windströmung. Da die Werte der Radiosonde Stuttgart nach neueren Untersuchungen (24) in unserem Institut auch für unser Gebiet gültig und charakteristisch sind, benutzen wir diese zur Darstellung. In der Nacht vor der Messung haben wir eine kräftige Bodeninversion durch nächtliche Ausstrahlung, die am nächsten Mittag vollständig beseitigt wird. Um 13.00 Uhr MEZ hat sich die Schicht zwischen 850 und 940 mb um 1 — 2° erwärmt und der Gradient ist beinahe adiabatisch. In der darauffolgenden Nacht steigt die Temperatur oberhalb 950 mb noch weiter an, während sie in den darunterliegenden Schichten gleich bleibt bzw. sich in der Bodeninversion wieder abkühlt. Beim Vergleich mit unseren Ballonaufstiegen ist zu beachten, daß diese nur etwa bis 750 m ü. Gr. beobachtet werden und damit etwa zwischen 910 — 930 mb enden.

In unserem Gebiet nimmt die Bewölkung vom Vormittag bis gegen Mittag zu und erreicht um 15.30 Uhr mit 6 — 7/8 Cirren und 1 — 2/8 Cumulus und Schauern im Süden ihr Maximum. Nach 15.45 Uhr nimmt die Bewölkung wieder ab, und ab 16.45 Uhr scheint die Sonne.

Zur Charakterisierung der einzelnen Aufstiege benutzen wir bevorzugt die Windrichtung. Diese schwankt

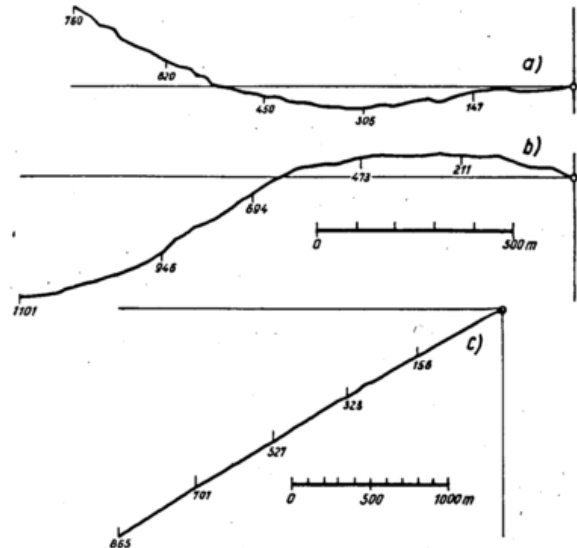


Abb. 3

Ballonbahnen am 29. April 1957
a) 10.00 MEZ, b) 11.45 MEZ, c) 16.45 MEZ

während der ganzen Meßreihe bis 100 m Höhe zwischen 31 — 104°, in der Schicht 600 — 700 m zwischen 48 und 118°. Wir finden bei den Ballonen von 10.00 — 11.30 Uhr eine Drehung der Richtung in der Höhe nach rechts um einen Betrag von 20 — 30° (Abb. 3a).

Diese Rechtsdrehung wird langsam geringer und geht um 11.45 Uhr in eine ausgeprägte Linksdrehung von über 40° über (Abb. 3b). Später herrscht wieder von 100 bis 700 m Höhe die Rechtsdrehung vor, allerdings, wie auch z. T. schon vorher, nicht einheitlich durch alle Höhenstufen. Zwischen 14.45 und 17.00 Uhr wird die Ballonbahn fast zur Geraden, die z. B. um 16.45 Uhr (Abb. 3c) nur um 3° schwankt. Auch die anderen Aufstiege dieses Zeitraums zeigen höchstens eine Schwankung von ±11° um die mittlere Richtung. Dieser Betrag ist äußerst gering, wenn wir bedenken, daß es sich hierbei um mittlere Windrichtungen in Schichten von 100 m Dicke und über 40 Sekunden Dauer handelt. Auch im Mittel über alle Aufstiege finden wir keine einheitliche Rechtsdrehung, obwohl sich die Windrichtung im Mittel von 100 bis 700 m von 65 auf 75° dreht.

Die Windgeschwindigkeit nimmt im Laufe der Meßreihe zu. Bis 11.45 Uhr messen wir in allen Höhen Werte unter 6 m/sec mit einer minimalen Windgeschwindigkeit von 1.7 m/sec um 12.30 Uhr in der Höhenstufe 400 bis 500 m. Ab Mittag wird der Wind lebhaft und erreicht bis 17.00 Uhr Werte um 10 m/sec, um danach wieder abzuflauen. Im Mittel finden wir in den ersten beiden Höhenstufen eine starke Zunahme der Windgeschwindigkeit, die mit größer werdender Höhe geringer wird. Die einzelnen Werte streuen allerdings sehr stark, im Gegensatz zu denjenigen der Windrichtung. Dies macht sich sogar in den Mittelwerten der 100-m-Stufen bemerkbar; wir haben zwischen den einzelnen Aufstiegen keine gleichmäßige Windänderung mit der Höhe. Es wechseln immer Zu- und Abnahmen miteinander ab. Allerdings überwiegen in den beiden ersten Höhenstufen die Windzunahmen mit 19 Fällen gegenüber 6 Ab-

nahmen. Die größten Veränderungen der Windgeschwindigkeit finden wir nicht am Boden, sondern in der Höhe 400 bis 500 m.

Die vertikale Windgeschwindigkeit ist meist größer Null und liegt zwischen 0,6 und 1,0 m/sec. Dabei bezeichnen wir in den Tabellen mit positiven Werten Aufwinde. Der Maximalwert wurde in der Schicht 400 bis 500 m mit 4,6 m/sec um 14.15 Uhr gemessen. In Bodennähe schwanken die Vertikalgeschwindigkeiten zwischen -0,6 und 2,2 m/sec, in der Schicht 600 bis 700 m zwischen -1,0 und 3,8 m/sec. Die Veränderlichkeit der Vertikalgeschwindigkeit ist dabei im allgemeinen in den Höhen über 200 bis 300 m größer als in Bodennähe. Daß diese Abweichungen von der Soll-Steiggeschwindigkeit etwa den Werten der vertikalen Windgeschwindigkeit entsprechen und nicht durch unterschiedlichen vorgegebenen Auftrieb bedingt sind, zeigt sich dabei deutlich dadurch, daß nie negative oder positive Abweichungen von der Soll-Steiggeschwindigkeit durch alle Höhen hindurch unverändert auftreten, und daß negative Felder wie z. B. von 14.45 bis 15.15 Uhr in den Höhen über 300 m zeitlich zusammenhängen. Da erst ab 16.45 Uhr unmittelbare Sonneneinstrahlung erfolgte, kann das Überwiegen der Aufwinde auch nicht durch Thermik erklärt werden.

3.4. Ballonserie am 5. Juni 1957, 04.45 — 11.15 Uhr
Übersicht in Tab. 4 und 5

Unser Gebiet befindet sich im Bereich hochreichender maritimer Kaltluft, die uns starke Abkühlung und wechselhaftes Wetter mit Schauern bringt.

Die Radiosonde Stuttgart zeigt um Mitternacht eine kleine Bodeninversion, darüber gleichmäßige Temperaturabnahme mit einer stabileren Schichtung als bei der vorherigen Ballonserie. Mittags finden wir einen adiabatischen Gradienten vom Boden bis 942 mb, darüber nach einer dünnen isothermischen Schicht bis 930 mb einen nahezu adiabatischen Gradienten. Die Feuchte nimmt vom Boden her zu und ist bei 900 mb nahe 100%.

In Forchheim haben wir während der ganzen Aufstiegsserie Bewölkung über 6/8, meist sogar bedeckten Himmel mit Ns, Cu und Ci in allen Höhen und zeitweise schwachen bis mäßigen Regen und vor allem im Süden Durchzug starker Schauer. Durch die Fractostratus-Bewölkung werden die Ballone z. T. schon sehr niedrig, spätestens in 600 bis 700 m Höhe, verloren.

Die Windrichtung lag während dieser Serie in den ersten 100 m zwischen 217 und 273°, zwischen 500 und 600 m zwischen 245 und 273°. Ein Beispiel der Ballonbahn zeigt Abb. 4. Wir finden zunächst eine starke Rechtsdrehung mit der Höhe, die erst ab 9.45 Uhr geringer wird und z. T. sogar in eine Linksdrehung übergeht. Da wir keinen Frontdurchgang haben — der Luftdruck fällt gleichmäßig — könnten wir auch hier eine

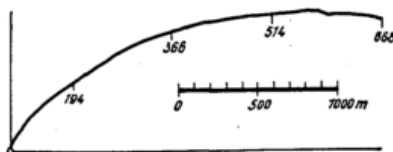


Abb. 4
Ballonbahn am 5. Juni 1957, 5.15 Uhr MEZ

Ekman-Spirale erwarten. Sie ist aber trotz der Rechtsdrehung nicht erfüllt, da diese besonders in größeren Höhen zu groß ist. Eine Erklärung ist höchstens mit stark wechselnden Austauschkoefizienten möglich.

Die Windgeschwindigkeit schwankt in den ersten 100 m zwischen 4,8 und 9,4 m/sec, in den zweiten 100 m zwischen 6,6 und 11,8 m/sec und zwischen 500 und 600 m von 10,1 bis 12,5 m/sec. Die Schwankung wird also mit der Höhe geringer. Besonders in den Morgenstunden bis 8.15 Uhr finden wir eine starke Zunahme der Windgeschwindigkeit in den ersten beiden 100-m-Stufen, die in den höheren Schichten geringer wird. Die einzige Ausnahme ist der Aufstieg um 7.15 Uhr, bei dem die Windgeschwindigkeit zunächst mit der Höhe abnimmt. Die späteren Aufstiege zeigen nicht mehr dieses einheitliche Bild der Windstruktur, obwohl die Zunahme immer noch vorherrscht.

Bei der vertikalen Windgeschwindigkeit finden wir mittlere Werte bis 1,8 m/sec. Sie sind mit Ausnahme von 6 Fällen von insgesamt 140 alle positiv. Die größten Geschwindigkeiten ergeben sich in Bodennähe und nehmen im allgemeinen nach oben ab. Der kleinste gemessene Wert ist -0,2 m/sec. Auch beim Regen werden keine negativen Werte gefunden, obwohl hier durch Beaufschlagung der Regentropfen auf die Ballone eine abwärts gerichtete Bewegung zu erwarten gewesen wäre.

3.5. Ballonserie am 13. September 1957, 12.00 — 14.00 Uhr
Übersicht in Tab. 6 und 7

Unser Gebiet befindet sich im Bereich eines hochreichenden steuernden Tiefdruckgebietes über Süd-Norwegen, das uns starke Westwinde und intensive Schauer bringt.

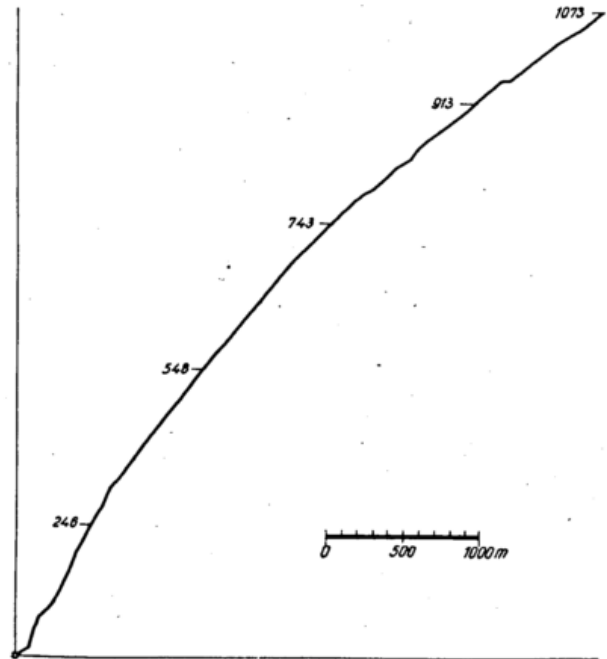


Abb. 5
Ballonbahn am 13. September 1957, 13.15 Uhr MEZ

Die Temperaturschichtung nach der Radiosonde Stuttgart ist feucht-labil.

In Forchheim zieht kurz vor Beginn der Messung ein Schauer durch, danach scheint für kurze Zeit die Sonne. Um 13.00 Uhr begann erneut der Regen. Um 14.00 Uhr zieht wieder eine Kaltfront mit Gewitter und starkem Regen durch und um 14.17 Uhr muß die Meßreihe wegen Hagel und Gewitter abgebrochen werden.

Durch das Wetter bedingt haben wir nur 9 Aufstiege durchgeführt, die starken Südwestwind mit geringer Rechtsdrehung ergeben. Die Richtungsdivergenz zwischen den einzelnen Höhenstufen ist bei den Einzel- und Mittelwerten sehr gering (Abb. 5).

Die Windgeschwindigkeit ist sehr hoch und schwankt zwischen dem Minimum von 13,3 m/sec am Boden um 13.45 Uhr kurz vor dem Frontdurchgang und 20,6 m/sec 15 Minuten vorher. Bis 400 m Höhe nimmt die Windgeschwindigkeit im allgemeinen gleichmäßig zu, mit Ausnahme des Aufstiegs um 13.30 Uhr mit dem Maximum am Boden, bei dem sie abnimmt. Darüber ist die Änderung der Windgeschwindigkeit nicht einheitlich.

Bei der vertikalen Windgeschwindigkeit finden wir bis 500 m hohe Werte (bis 3,5 m/sec), darüber meist kleine oder negative. Die negativen Werte um 14.00 Uhr sind wahrscheinlich schon durch den sehr großtropfigen Regen bzw. beginnenden Hagel verursacht.

3.6. Ballonserie am 4. Oktober 1957, 12.00 — 19.00 Uhr
Übersicht in Tab. 8 und 9

Nach einem Kaltluftvorstoß liegt unser Raum im Einflußbereich eines sich ostwärts verlagernden Hochdruckgebietes südwestlich Irlands.

Um Mittag ergibt sich aus der Radiosonde Stuttgart ein nahezu adiabatischer Gradient, der erst oberhalb 900 mb stabiler wird. In der folgenden Nacht bildet sich eine Bodeninversion aus mit einer labilen Schicht zwischen 920 und 870 mb.

Die Bewölkung nimmt über Forchheim am Nachmittag ab und beträgt nach 16.00 Uhr höchstens 2/8. Von 12.30 bis 13.45 Uhr wurden Schauer im Osten und Süden des Gebietes beobachtet, ab 14.00 Uhr schien die Sonne bis zum Sonnenuntergang um 17.45 Uhr.

Die Windrichtung bei dieser Serie schwankte sehr stark um NNE und drehte gegen Abend mehr auf NE. Neben wenigen, ausgesprochen rechtsdrehenden Ballonen (Abb. 6a), kamen solche mit ausgeprägter Links-

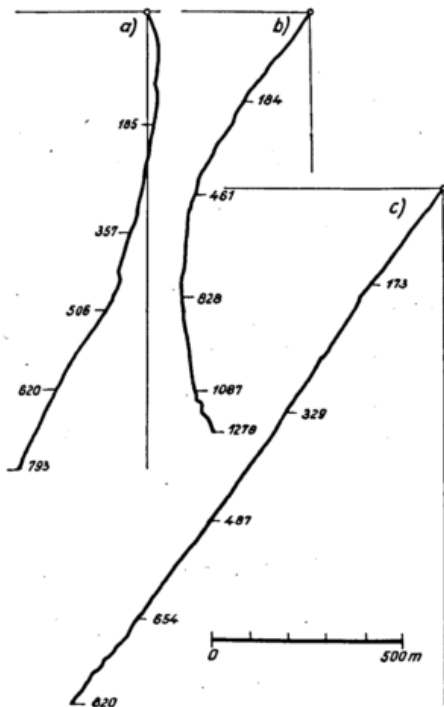


Abb. 6
Ballonbahnen am 4. Oktober 1957
a) 14.45 Uhr MEZ, b) 15.00 Uhr MEZ, c) 18.45 Uhr MEZ

drehung (Abb. 6b) und solche mit fast gradlinigen Flugbahnen (Abb. 6c) vor. Die Unterschiede der Windrichtung zwischen den einzelnen Höhenstufen und auch zwischen dem Wert der ersten und der obersten Stufe bleiben meistens gering. Rechts- und Linksdrehungen sind sehr unterschiedlich verteilt.

Die mittlere Windgeschwindigkeit betrug maximal 7,3 m/sec am Ende dieser Serie zwischen 100 und 200 m Höhe. Ihr Minimum mit 1,6 m/sec lag bei Beginn der Messungen zwischen 200 und 300 m Höhe. Dazwischen frische der Wind mehrmals auf und flaute wieder ab. Die Zunahme der Geschwindigkeit nach oben ist zunächst gering und wird erst in den unteren zwei Stufen um 17.15 Uhr und nach 17.45 Uhr etwas größer. Hier dürfte sich das Nachlassen der Thermik am Boden zeigen. Damit hängt nach (23) auch der Tagesgang der Windgeschwindigkeit zusammen. Dieser Tagesgang läßt nach seinem Bodentyp ein Abflauen in Bodennähe, nach seinem Höhentyp eine Zunahme der Windgeschwindigkeit in den höheren Schichten erwarten.

Bei der vertikalen Windgeschwindigkeit überwiegen wieder die positiven Werte. Die größten Geschwindigkeiten finden wir etwa um 15.00 Uhr. In Bodennähe haben wir stets Aufwind mit mittleren Geschwindigkeiten von 0,0 bis 1,3 m/sec, erst in größeren Höhen wechseln diese mit Abwinden ab. So finden wir in der Schicht von 300 bis 400 m Werte zwischen -0,9 und 2,7 m/sec, in 600 bis 700 m von -0,7 bis 3,7 m/sec. Dabei ist auffallend, daß sich die kräftigen Auf- oder Abwindgebiete oberhalb der untersten Stufe über Zeiträume von mehr als 30 Minuten halten, während solche mit geringeren Geschwindigkeiten kurzlebiger sind.

3.7. Ballonserie am 15. November 1957, 13.00 — 21.30 Uhr
Übersicht in Tab. 10 und 11

Unser Gebiet befindet sich auf der Südwestseite einer Hochdruckbrücke von der Nordsee bis zum Balkan. Dabei setzt sich die Zufuhr von Warmluft in der Höhe allmählich bis zum Boden durch. Ihre Grenze liegt z. Z. der Meßreihe zwischen 800 bis 900 m NN und brachte hier bis zu 10° Erwärmung. Wir haben also eine großräumige, ausgesprochen durch Advektion bedingte Inversionslage. In Stuttgart nimmt die Temperatur bis 965 mb leicht ab, darüber bis 915 mb um 6° zu, um dann bei stabiler Schichtung bis 850 mb wieder um 5° abzunehmen. Die relative Feuchte ist unter 60%. 12 Stunden später beginnt die Inversion am Boden und reicht bis 950 mb. Darüber liegt eine sehr stabile Schichtung bis 850 mb.

Über Forchheim werden 8/8 Cirren beobachtet, die sich erst in der Nacht auflösen. Trotz gleichzeitig vorhandener Altocumulus-Bewölkung und bis 16.00 Uhr anhaltendem Dunst scheint die Sonne.

Alle Ballone zeigen an der Inversionsgrenze scharfe Knicke in ihrer Bahn, nach denen wir diese Serie in verschiedene Abschnitte einteilen können. Zunächst finden wir Aufstiege mit Nordostwind vom Boden bis zur Inversionshöhe in 560 bis 580 m Höhe. Darüber herrscht Südwestwind (Abb. 7a). Von 13.00 bis 13.45 Uhr liegt die Sprungstelle im Mittel zwischen 555 und 569 m, danach etwas höher um 580 m. Nach 14.00 Uhr finden wir einen stetigen Übergang vom Nordwind bis in 200 m Höhe in Ostwind bis zur Inversionshöhe, darüber Westwind (Abb. 7b). Dieser Westwind in der Höhe dreht nach 16.00 Uhr immer mehr nach Süden, ohne dabei den Charakter des Windes unterhalb der Inversion zu ändern (Abb. 7c). Ab 18.00 Uhr schließlich wird die Inversion nicht mehr durch eine ausgeprägte Sprungstelle gekennzeichnet, sondern es erfolgt ein stetiger Übergang (Abb. 7d). Ab 19.00 Uhr angedeutet und ab 19.30 Uhr ausgeprägt, ist eine neue vertikal mächtige Sprungstelle zwischen 200 und 400 m Höhe, in der der Ballon seinen Ort für 80 bis 120 m Höhendifferenz nur in der Vertikalen ändert (Abb. 7e). Wir finden bei diesen letzten Messungen eine Rechtsdrehung bis zur ersten, Ostwind bis zur zweiten Inversion, darüber dann die allgemeine Südströmung. Die bei allen diesen Ballonen

auftretenden Drehungen mit der Höhe sind nicht mit der Ekman-Spirale zu erklären, da diese bei der vorgegebenen Temperaturschichtung nicht anwendbar ist. Versucht man die Drehung in der Schicht bis etwa 200 m nach der Ekman-Spirale zu berechnen,

der Nacht mit einem weiteren Absinken der Inversion rechnen.

3.8. Ballonserie am 11. März 1958, 3.10 — 11.00 Uhr
Übersicht in Tab. 12 und 13

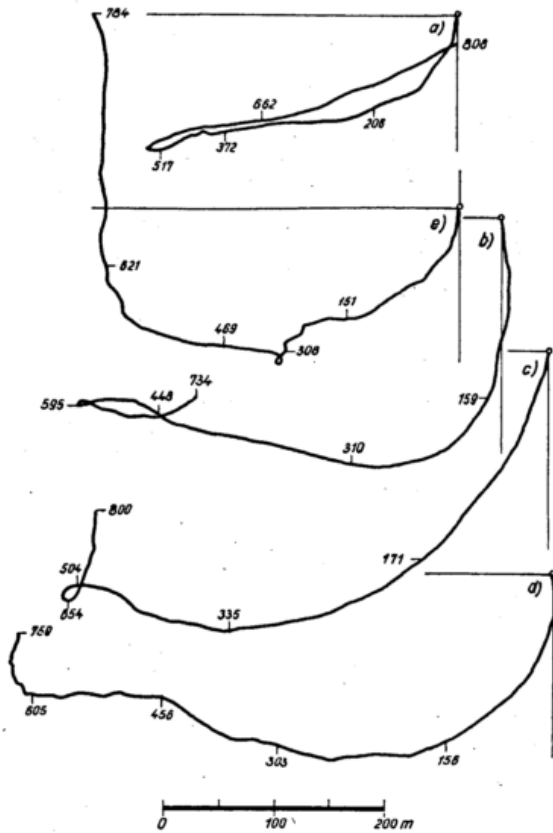


Abb. 7
Ballonbahnen am 15. November 1957
a) 13.00 Uhr MEZ, b) 14.30 Uhr MEZ, c) 16.45 Uhr MEZ,
d) 18.15 Uhr MEZ, e) 21.00 Uhr MEZ

dann finden wir keine Übereinstimmung in Richtung und Geschwindigkeit mit den Beispielen der Abb. 2a, d. h. die Ekman-Spirale ist nicht erfüllt.

Die Windgeschwindigkeit nimmt im allgemeinen vom Boden bis zur Inversionsgrenze ab, hat dort ein Minimum, das im Einzelwert meistens unter 0,5 m/sec liegt. In Bodennähe finden wir 22mal eine Windabnahme und nur 12mal eine Windzunahme mit der Höhe. Oberhalb der Inversionsgrenze nimmt die Windgeschwindigkeit bis 15.45 Uhr immer, später häufig zu.

Diese Meßreihe ist die erste von uns vermessene Ballonserie, bei der oberhalb der ersten 100 m die Abwinde bei weitem die Aufwinde überwiegen. Die Beträge der vertikalen Windgeschwindigkeit bleiben bis auf die zwei Ausnahmen um 13.00 Uhr in den ersten 100 m und um 13.45 Uhr zwischen 200 und 300 m unter 1,0 m/sec. Die Inversionsgrenze ist auch bei den Einzelwerten nicht an den vertikalen Windgeschwindigkeiten zu erkennen. Wir finden ober- und unterhalb überwiegend Abwind und nur sehr selten Aufwind, der, von einer Ausnahme abgesehen, im Mittel höchstens 0,1 m/sec beträgt.

Bei den späteren Aufstiegen bildet sich eine neue Unstetigkeitsstelle in 300 m Höhe heraus, die vermutlich durch Strahlungseffekte an einer Dunstschicht in dieser Höhe entstanden ist. Da zu dieser Zeit die Abwindfelder sehr stark ausgeprägt sind, können wir in

Am Boden haben wir eine flache unausgeprägte Druckverteilung. Erst in der 850-mb-Fläche liegt ein Höhentief über Norwegen, das ein Randtief über Südfrankreich steuert. Mit dem Randtief dreht bei uns der Höhenwind von zunächst S auf ENE. In Stuttgart bildet sich, trotz des nachts wolkenlosen Himmels, keine Bodeninversion aus. Die Temperaturschichtung ist aber mit Ausnahme der Schicht 940 bis 900 mb stabil. Am Mittag liegt zwischen Boden und 910 mb eine labile Schicht, darüber eine Isothermie bzw. Temperaturzunahme bis über 850 mb. Insgesamt hat die Temperatur zugenommen.

In Forchheim nimmt nach zunächst wolkenlosem Wetter die Bewölkung ab 4.45 Uhr bis auf 6/8 zu, gleichzeitig wird die Sicht schlechter. In mehreren Höhen werden Schichtwolken beobachtet. Ab 7.30 Uhr herrscht zeitweise Sonnenschein, obwohl bei starkem Dunst die Bewölkung weiter zunimmt. Die Temperatur sinkt bis zu einem Minimum von -14° C ab, einem Wert, der ohne Schneedecke für die Rheinebene extrem tief liegt. Um 10.00 Uhr werden in der Wetterwarte immer noch -4° gemessen.

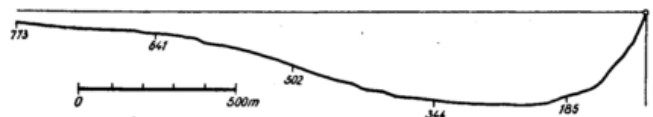


Abb. 8
Ballonbahn am 11. März 1958
7.15 Uhr MEZ

Die Windrichtung am Boden dreht im Laufe dieser Serie von ENE auf NNE und in 700 m Höhe von ESE auf E. Die Rechtsdrehung beschränkt sich dabei aber vollkommen auf die beiden ersten 100-m-Stufen und geht meistens später in eine leichte Linksdrehung über (Abb. 8), die durch die herrschende Druckverteilung verursacht ist. Irgendwelche Besonderheiten, Sprünge oder Unstetigkeitsstellen treten dabei nicht auf. Abgesehen von der großräumigen Richtungsänderung sind die Ballone einander sehr ähnlich.

Die Windgeschwindigkeit ist unmittelbar in Bodennähe gering. Als Mittel über die erste 100-m-Stufe werden maximal 6,2 m/sec erreicht. Mit Ausnahme der Ballone um 9.15 und 9.30 Uhr nimmt die Geschwindigkeit in der zweiten Stufe zu, und auch in den höheren Schichten wird in den meisten Fällen eine weitere Zunahme gemessen. Das Maximum der Windgeschwindigkeit liegt von 3.10 bis 6.15 Uhr meistens zwischen 300 und 400 m mit Ausnahme der Ballone um 3.20 Uhr und von 3.45 bis 4.50 Uhr, wo das Maximum 100 bis 200 m höher liegt. Nach 6.30 Uhr liegt die Maximalgeschwindigkeit zwischen 400 bis 600 m und nur um 9.30 Uhr und nach 10.45 Uhr finden wir sie in der obersten vermessenen Stufe.

Die vertikale Windgeschwindigkeit ist am Boden stets positiv mit Werten bis 1,0 m/sec, mit der Ausnahme um 5.30 Uhr, wo ein sehr geringer Abwind von $-0,0$ m/sec gemessen wurde. In den niederen Höhen bleiben die Aufwinde stets unter 1,0 m/sec. Bis etwa 7.00 Uhr sind die Abwinde in den oberen Schichten vorherrschend, danach finden wir häufig Aufwind. Die größte Geschwindigkeit des Abwindes wurde um 4.15 Uhr in der obersten Stufe mit $-0,6$ m/sec bestimmt.

3.9. Ballonserie am 30. Mai 1958, 1.00 — 11.00 Uhr
Übersicht in Tab. 14 und 15

Unser Gebiet befindet sich in einer südwestlichen Strömung, in der — gesteuert durch einen hochreichenden Trog vor der westeuropäischen Küste — einzelne Störungen eingelagert sind.

Die Stuttgarter Radiosonde zeigt in der Nacht oberhalb einer Bodeninversion bis 960 mb stabile Temperaturabnahme. Um Mittag finden wir bei leichter Abkühlung vom Boden bis 850 mb einen nahezu trockenadiabatischen Gradienten, die Schichtung ist aber feucht-labil, da die relative Feuchte von 63% am Boden bis auf 93% in 850 mb ansteigt. Die Bewölkung liegt zunächst bis 5.00 Uhr zwischen 4/8 und 6/8, nur um 3.45 Uhr werden 7/8 beim Durchzug von Ac-Bänken beobachtet. Etwa um 6.30 Uhr erfolgt ein Frontdurchgang mit Bewölkungszunahme und nach 7.00 Uhr 8/8 Bewölkung. Die niedrige Bewölkung ist dabei nicht geschlossen, und wir beobachten zeitweise Sonne translucentus. Zu Beginn der Messungen herrscht starker Bodendunst; nach 9.00 Uhr fallen einzelne Regentropfen.

Am Boden dreht der Ostwind zunächst stark nach rechts, in der Höhe herrscht Wind aus SSW vor (Abb. 9a), der mit der Zeit immer mehr auf SW dreht. Um 4.00 Uhr liegen drei Windsysteme übereinander: vom Boden bis 130 m Ostwind, von 130 m bis etwa 300 m Südwind

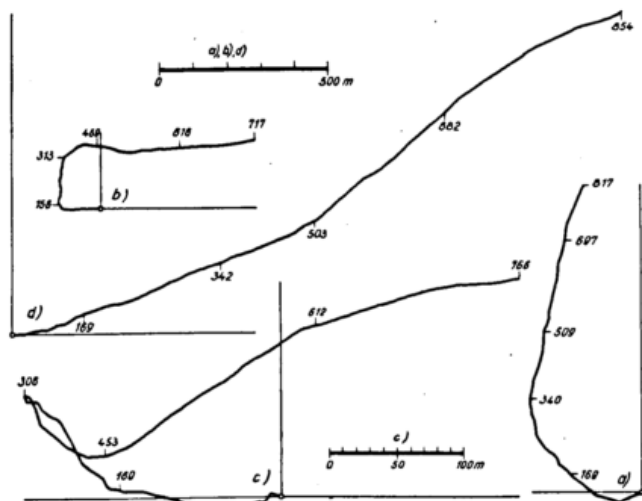


Abb. 9
Ballonbahnen am 30. Mai 1958
a) 2.15 Uhr MEZ, b) 4.00 Uhr MEZ, c) 4.30 Uhr MEZ,
d) 7.45 Uhr MEZ

und darüber Westwind (Abb. 9b). In den nächsten Stunden wechseln von Beobachtung zu Beobachtung die Ballonbahnen sehr stark (z. B. Abb. 9c). Bei abflauender Windgeschwindigkeit ist ihnen eine bodennahe östliche Komponente und in Höhen über 500 m West- später Südwestwind gemeinsam. Dieser Höhenwind drückt von 6.00 bis 6.30 Uhr nach unten durch, wird um 6.45 Uhr nochmals von einem bodennahen lokalen Wind verdrängt, um endgültig ab 7.00 Uhr die ganze Schicht bis 700 m zu erfassen (Abb. 9d). Von diesem Zeitpunkt an sind Linksdrehungen häufiger als Rechtsdrehungen.

In dieser Meßreihe erfolgte ein Luftmassenwechsel, der sich durch Bewölkungszunahme und vor allem im Druckgang und in der Winddrehung zeigte. Nehmen wir letztere als maßgebliches Kriterium, so lag die neue Luftmasse um 3.30 Uhr oberhalb 500 m schon über der Meßstelle. Sie machte sich aber nur durch die vorüber-

gehende Bewölkungszunahme bemerkbar. Erst 3 bzw. 3 1/2 Stunden später kann der Höhenwind nach unten durchdringen, indem er vermutlich die vorhandene Bodeninversion beseitigt. In der Übergangszeit von 3.00 bis 7.00 Uhr finden wir stark wechselnde Ballonbahnen; es treten keine einheitlichen Grenzschichten auf, sondern eine im Sinne von Mügge (20) blättrige Struktur der unteren Atmosphäre. Hierfür spricht auch die starke Schwankung der Windrichtungen während der ganzen Meßserie von Messung zu Messung. Bei den ersten 4 Ballonen bis 2.00 Uhr nimmt die Windgeschwindigkeit bis 400 m zu, darüber wieder ab. Die Geschwindigkeiten in der Höhe sind dabei viel kleiner als in Bodennähe. Von 2.15 bis 3.15 Uhr beobachten wir 4 Schichten: zunächst eine Zunahme der Geschwindigkeit bis 200 m, danach eine deutliche Abnahme auf etwa halb so große Werte, langsame Zunahme bis 600 m und darüber wieder eine Abnahme, die rasch in eine Zunahme übergeht. Von 4.00 bis 6.45 Uhr nimmt die Windgeschwindigkeit in den ersten beiden 100-m-Stufen ab. Oberhalb 200 m haben wir ebenfalls überwiegend Zunahmen bis zu Höhen um 600 m. Nur bei 300 und bei 600 m Höhe liegt häufig ein Gebiet mit Windabnahme mit der Höhe. Nach 7.15 bis 9.00 Uhr hat sich der Höhenwind mit einer großen Zunahme in den ersten beiden 100-m-Stufen durchgesetzt, die von 8.00 bis 8.45 Uhr auch die nächste Höhenstufe bis 300 m erfaßt.

In den höheren Schichten schwanken die Windgeschwindigkeiten sehr stark, und es ergibt sich kein einheitliches Bild. Das Maximum wird meist nicht in der obersten Schicht, sondern darunter, mehrmals sogar zwischen 300 und 400 m gemessen. Auch hier zeigt sich nach dem Luftmassenwechsel wieder die blättrige Struktur der unteren atmosphärischen Schicht.

Die vertikale Windgeschwindigkeit ist im allgemeinen klein und bis 9.00 Uhr mit nur drei Ausnahmen in allen Höhen unter 1,0 m/sec. Erst danach finden wir z. T. größere Aufwindfelder, die beim Ende der Messung zwischen 100 und 200 m ein Maximum von 3,1 m/sec aufweisen.

In der Höhe ändert sich der vertikale Wind nur unwesentlich. Abwinde bzw. nur sehr schwache Aufwinde finden wir vor allem zwischen 3.45 bis 4.45 Uhr. Bis 9.00 Uhr wechseln dann Auf- und Abwinde häufig miteinander ab und nach 9.00 Uhr überwiegen Aufwinde.

3.10. Ballonserie am 30. Juli 1958, 11.30 — 22.30 Uhr
Übersicht in Tab. 16 und 17

Bei Druckanstieg befindet sich unser Gebiet hinter einer Kaltfront in einem flachen Hoch, das in der 850-mb-Fläche schon nicht mehr erkennbar ist. Die Kaltluft wird in etwa 200 m Höhe durch eine Inversion begrenzt, in der sich nach (19) eine Schichtwolkenendecke bildet. Wir selbst beobachten in Forchheim ausschließlich Quellwolken.

Die Radiosonde Stuttgart zeigt am Mittag einen adiabatischen Gradienten bis 950 mb, darüber stabile Schichtung. Um Mitternacht finden wir eine Bodeninversion bis 965 mb, darüber wieder eine stabile Schichtung wie 12 Stunden früher.

In Forchheim haben wir zunächst 6/8 bis 7/8 Bewölkung, die am Nachmittag abnimmt und ab 17.45 Uhr kleiner oder gleich 2/8 ist. Anfangs werden bei Sonnenschein in der Umgebung Schauer beobachtet. Ab 13.00 Uhr fallen an unserer Meßstelle Regentropfen bei schwacher Regen, der um 15.00 Uhr kurzzeitig in mäßigen Regen übergeht. Ab 16.15 Uhr scheint die Sonne voll, und nach 16.30 Uhr werden auch in der Umgebung keine Fallstreifen mehr gesehen.

Bis 14.30 Uhr weht der Wind in allen Schichten aus Südwest (Abb. 10a), wobei Rechts- und Linksdrehungen etwa gleichmäßig verteilt und damit der Tiefdrucklage am Ende der Ballonserie vom 30. Mai 1958 ähnlich sind. Nach 14.30 Uhr dreht der Wind vom Boden bis etwa 250 m Höhe auf Süd, oberhalb 350 m auf West (Abb. 10b). Der Übergang zwischen beiden Schichten ist stetig. Nach 16.45 Uhr dreht der Bodenwind zurück ge-

der höheren Windgeschwindigkeiten, besonders in den ersten beiden Stufen, mit der Höhe größer. Bis Mittag liegt das Maximum der Windgeschwindigkeit bevorzugt zwischen 500 und 600 m, manchmal noch tiefer, am Nachmittag nimmt — von wenigen Ausnahmen abgesehen — die Windgeschwindigkeit von 300 m an fast regelmäßig bis zum Maximalwert in der obersten Stufe zu. Die Windzunahme mit der Höhe bleibt während der stärkeren Bewölkung und während der Schauer in der Umgebung meist klein, um nach der Wetterberuhigung — vielleicht mitverursacht durch die abendliche thermische Schichtung — stärker anzuwachsen.

Bei der vertikalen Windgeschwindigkeit zeigen sich um Mittag abwechselnd kräftige Auf- und Abwindfelder, Abwindfelder längerer Dauer treten in der Ober-schicht erst am Nachmittag von 15.30 bis 16.50 Uhr auf. In Bodennähe herrschen dabei wieder die Aufwinde vor. Gegen Abend setzt sich der Abwind bis zum Boden durch (20.45 bis 21.15 Uhr). Die größten Schwankungen des vertikalen Windes liegen zwischen 100 und 300 m, wo als Mittel über eine 100-m-Stufe das Maximum um 11.45 Uhr mit 2,2 m/sec und das Minimum mit —0,7 m/sec um 12.45 Uhr gemessen wurden.

3.11. Ballonserie am 28. Oktober 1958, 5.30 — 12.00 Uhr
Übersicht in Tab. 18 und 19

Wir befinden uns im Zentrum eines hochreichenden Hochdruckgebietes, in dessen Bereich es verbreitet zu Nebelbildung kommt.

Der Nachtaufstieg der Radiosonde Stuttgart zeigt über einer kräftigen Bodeninversion bis 935 mb eine zweite Inversion zwischen 915 und 895 mb. Die positiven Temperaturgradienten sind dabei immer stabil. Am Mittag haben wir vom Boden bis 960 m einen fast adiabatischen Gradienten, darüber nach einer sehr kräftigen Inversion weitere kleinere Inversionen bis 850 mb.

Die Ballonaufstiege am frühen Morgen erreichen wegen starken Nebels keine größeren Höhen und werden deshalb hier nicht weiter ausgewertet. Ab 9.30 Uhr setzt in Forchheim Nebeltreiben ein, ab 9.45 Uhr liegen zuverlässige Aufstiege bis rund 350 m Höhe vor. Nur von 11.00 bis 11.35 Uhr gelingt es, drei Aufstiege bis 600 m zu verfolgen. Am Boden haben wir bis 100 m Höhe Nordwind, der oberhalb 200 m auf E dreht und dann in Höhe über 600 m wieder auf ENE zurückgeht (Abb. 11). An der Inversion erfolgt keine scharfe Winddrehung, sondern ein stetiger Übergang.

Die Windgeschwindigkeit nimmt von 10.00 bis 11.35 Uhr in den ersten beiden Stufen ab, in den übrigen Zeiten zu. Bei 300 m Höhe liegt eine scharfe Sprungstelle

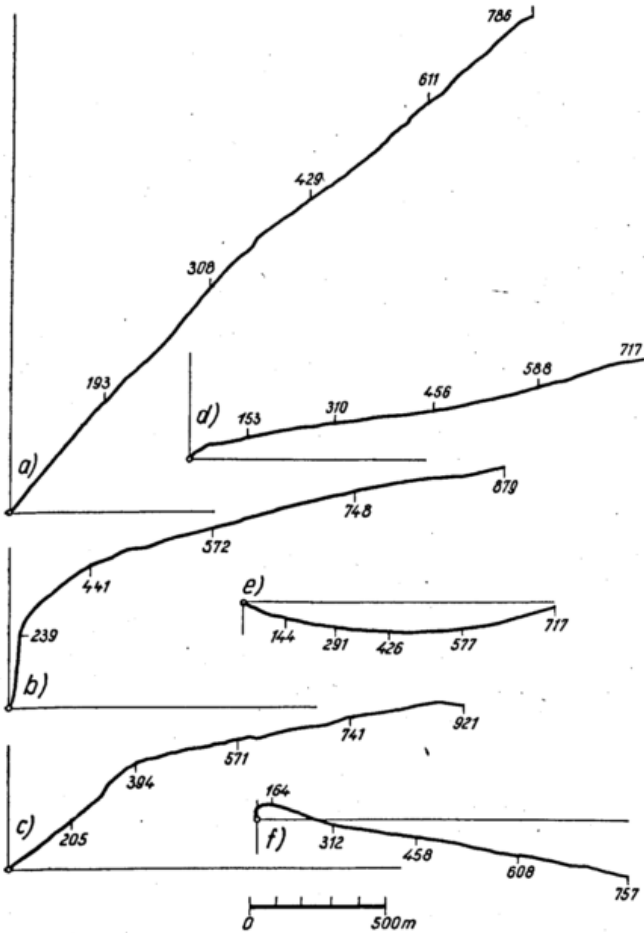


Abb. 10
Ballonbahnen am 30. Juli 1958
a) 12.00 Uhr MEZ, b) 15.30 Uhr MEZ, c) 17.15 Uhr MEZ,
d) 19.30 Uhr MEZ, e) 21.00 Uhr MEZ, f) 21.45 Uhr MEZ

gen SW (Abb. 10c) und nach 18.45 Uhr weiter (Abb. 10d), bis um 21.00 Uhr am Boden WNW-Wind erreicht wird (Abb. 10e). Da der Höhenwind weniger dreht, ergibt sich bei den Abendballonen eine Linksdrehung, die nicht durch Reibungseffekte oder ähnliches, sondern nur durch die herrschende Druckverteilung verursacht ist. Ab 21.15 Uhr scheint sich eine Bodeninversion auszubilden, die sich in Kalmen bzw. schwachen Südwind bis 60 m Höhe auswirkt (Abb. 10f). Über 60 m dreht innerhalb einer Schicht von 20 bis 30 m der Wind auf NNW, um dann wieder stetig in den WSW-Wind der Höhe überzugehen.

Die mittlere Stärke des Höhenwindes liegt bei 6 bis 8 m/sec, mit Maximalwerten über 11,0 m/sec. Analog zur Windrichtung liegen zunächst die Windgeschwindigkeiten in allen Höhen in dieser Größenordnung. Später flaut der Wind ab, am Boden bis zum Minimum von 1,1 m/sec um 21.30 Uhr, in der Höhe zu einem Minimum, das aber immer noch 5,3 m/sec beträgt. Dementsprechend haben wir um Mittag und am frühen Nachmittag in allen Höhen im allgemeinen nur geringe Zunahme der Windgeschwindigkeit. Am Nachmittag und Abend wird die Zunahme, auch unter Berücksichtigung

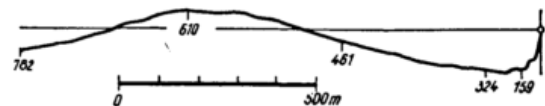


Abb. 11
Ballonbahn am 28. Oktober 1958
11.15 Uhr MEZ

mit einer Verdoppelung der Windgeschwindigkeit. Das Maximum wird bei den drei hochreichenden Aufstiegen zwischen 400 und 500 m Höhe gemessen.

Die vertikale Windgeschwindigkeit ist meist größer als Null und erreicht in Bodennähe Werte bis 1,4 m/sec. Ein Abwindfeld bis 0,3 m/sec finden wir nur um 11.15 Uhr oberhalb 300 m Höhe.

3.12. Ballonserie am 3. März 1959, 15.45 — 22.15 Uhr
Übersicht in Tab. 20 und 21

Wir befinden uns im Übergangsbereich zwischen einer schwachen Tiefdruckzone vor der europäischen Westküste und einem Hochdruckgebiet über Westrußland.

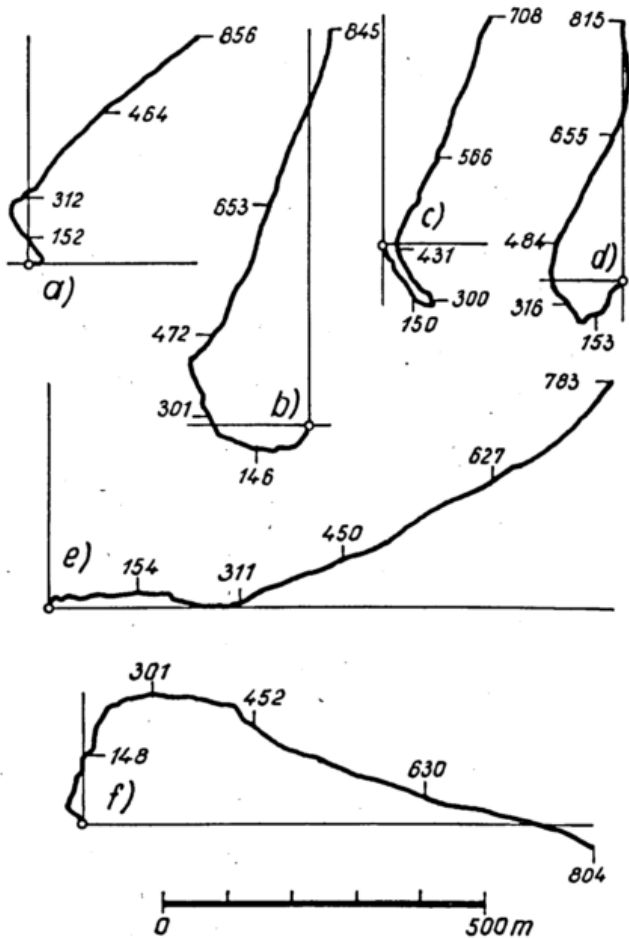


Abb. 12
Ballonbahnen am 3. März 1959
a) 15.45 Uhr MEZ, b) 16.30 Uhr MEZ, c) 17.30 Uhr MEZ,
d) 17.45 Uhr MEZ, e) 20.00 Uhr MEZ, f) 22.00 Uhr MEZ

Unser Bereich erhält mit der SW-Strömung milde Meeresluftmassen zugeführt.

Die Radiosonde Stuttgart zeigt am Mittag eine Inversion bis 950 mb, darüber eine stabile Temperaturschichtung mit einer Isothermie zwischen 900 und 890 mb. Beim Nachtaufstieg finden wir dieselbe Bodeninversion, darüber aber keine wesentliche Änderung.

In Forchheim wird bis abends 7/8 bis 8/8 Cumulusbewölkung beobachtet, die um 20.15 Uhr kurzzeitig aufreißt. Ab 21.00 Uhr ist der Himmel wieder ganz bedeckt.

Eine genaue Beschreibung der Ballonbahnen bis etwa 18.00 Uhr ist nicht möglich, da in der bodennahen Reibungsschicht die Änderung von Ballon zu Ballon zu groß ist und der Wind vermutlich innerhalb der Inversion durch lokale Windsysteme und z. T. Windstillen bestimmt wird. Erst oberhalb ungefähr 400 m \pm 150 m drehen alle Ballone in den Höhenwind, der zwischen S und SW liegt. Einige Beispiele geben die Abb. 12a bis 12d. Etwa von 19.00 bis 21.30 Uhr finden wir vom Boden bis 700 m West- bis Südwestwind mit geringeren Windgeschwindigkeiten und besonders über 300 m von 19.00 bis 21.00 Uhr (Abb. 12e) eine ausgesprochene Linksdrehung, darunter eine Rechtsdrehung. Danach müßte hier die Reibungshöhe in etwa 250 m angesetzt werden. Nach 21.00 Uhr dreht der Höhenwind über WSW nach NW. Dies führt schließlich zu Ballonbahnen (Abb. 12f) mit Südwind vom Boden bis ungefähr 250 m, dann Westwind bis 430 m, darüber WNW-Wind.

Die Windgeschwindigkeit nimmt von 350 bis 700 m stetig zu, mit dem Maximum in der obersten, seltener in der darunterliegenden Stufe. Vom Boden bis 200 m ist die merkbare Zunahme auf die kurzen Zeiten von 15.45 bis 16.15 Uhr und von 19.15 bis 20.00 Uhr beschränkt, in den anderen Zeiten herrscht schwache Zunahme oder Abnahme. Dabei sind die Geschwindigkeiten durchweg niedrig und zeigen eine deutliche Sprungstelle bei etwa 250 m Höhe.

Die vertikalen Windgeschwindigkeiten bleiben bei dieser Serie immer klein und zwischen 0,5 und -0,4 m/sec. Die größten positiven Werte treten diesmal nicht am Boden auf, wo häufig noch Abwinde gemessen werden. Die Auf- und Abwindfelder wechseln dabei etwa alle 20 bis 30 Minuten.

3.13. Ballonserie am 3. April 1959, 2.50 — 10.00 Uhr
Übersicht in Tab. 22 und 23

Wir befinden uns am Westrand eines mitteleuropäischen Hochdruckgebietes, das eine Brücke zum Azorenhoch bildet. Eine flache Tiefdruckrinne vor der europäischen Westküste hat für unser Wettergeschehen nur geringe Bedeutung.

Die Radiosonde Stuttgart zeigt nachts stabile Temperaturschichtung mit eingelagerten Inversionen bis 916 mb, darüber einen nahezu adiabatischen Gradienten. Am Mittag ist die Bodenschicht bis 920 mb aufgeheizt, aber immer noch stabil.

In Forchheim beginnt die Meßreihe bei zunächst wolkenlosem Wetter. Am frühen Morgen werden nach

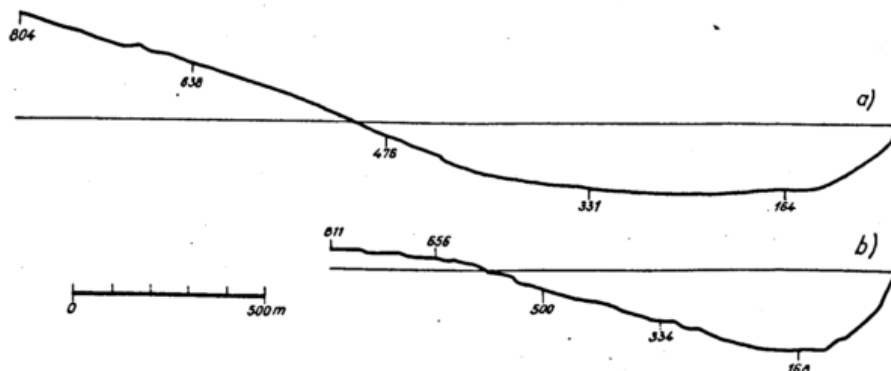


Abb. 13
Ballonbahnen am 3. April 1959
a) 3.00 Uhr MEZ, b) 7.15 Uhr MEZ

kurzzeitigem geringem Bodennebel ab 6.15 Uhr 2/8 bis 3/8 Ci beobachtet.

Am Boden geht der NE-Wind rechtsdrehend in einen SE-Wind etwas oberhalb 350 m über (Abb. 13a). Dieser Höhenwind schwankt zeitweise in den Höhen über 650 m fast auf E (Abb. 13b). Die ganze Meßreihe ist aber sehr einheitlich, der letzte Ballon ist dem ersten fast gleich bei etwas schärferem und auf 230 m absinkendem Übergang vom Boden in die Oberschicht.

Die mittleren Windgeschwindigkeiten betragen in Bodennähe um oder über 5 m/sec, nur von 8.30 bis 9.00 Uhr liegen sie niedriger mit einem Minimum von 3,5 m/sec. Von der ersten zur zweiten 100-m-Stufe finden wir eine Zunahme der Windgeschwindigkeit mit der Höhe, mit Ausnahme der Ballone von 9.18 bis 10.00 Uhr. Im allgemeinen nehmen die Geschwindigkeiten mit der Höhe weiter zu und haben bis 3.00 Uhr ihr Maximum bis 500 m, ab 3.15 Uhr zwischen 300 und 400 m, ab 4.45 Uhr zwischen 200 und 300 m, um dann nach 9.00 Uhr wieder bei Höhen um 500 m zu liegen. Oberhalb des Maximums schwankt die Änderung der Geschwindigkeit unregelmäßig.

In den letzten unteren Schichten, anfangs bis 350 m, später bis 250 m, wird nur Aufwind gemessen. In der Höhe herrschen Abwinde von mittleren Geschwindig-

keiten bis zu $-1,2$ m/sec vor. Die Auf- und Abwinde bis 6.00 Uhr morgens sind im allgemeinen klein, erst am Tag finden wir um 10.00 Uhr größere mittlere Werte bis maximal 2,7 m/sec vom Boden bis zu 200 m Höhe.

3.14. Ballonserie am 8. Mai 1959, 16.20 — 24.00 Uhr Übersicht in Tab. 24 und 25

Bei flacher Druckverteilung befinden wir uns im westlichen Randgebiet eines abbauenden Hochs. Die östliche Strömung am Boden geht ab der 700-mb-Fläche in eine westliche Strömung über, die durch ein Tief über Irland bedingt ist.

Die Radiosonde Stuttgart zeigt mittags eine gleichmäßig stabile Temperaturschichtung. Nachts bildet sich eine Bodeninversion und eine kleine Inversion zwischen 935 und 925 mb aus, über denen eine Erwärmung um etwa 2° gemessen wird.

In Forchheim ist zunächst der Himmel bedeckt mit mittelhoher und hoher Bewölkung, die später aufreißt. Tiefere Bewölkung, vielleicht Hochnebel, wird ab 21.00 Uhr beobachtet. Bei Tag weht der Wind aus NE bei leichter Rechtsdrehung in allen Höhen (Abb. 14a, 14b).

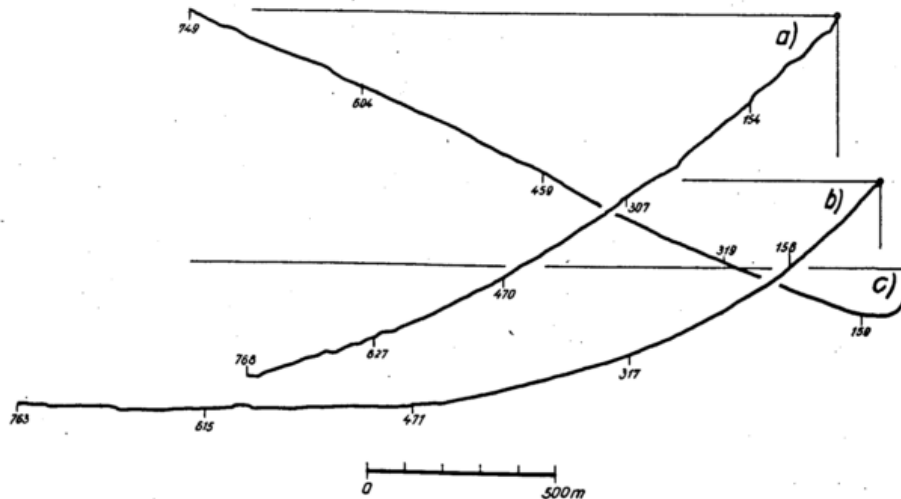


Abb. 14
Ballonbahnen am 8. Mai 1959
a) 16.45 Uhr MEZ, b) 20.15 Uhr MEZ, c) 23.30 Uhr MEZ

Am Abend geht der Wind in der Höhe allmählich auf reinen E-Wind und in der Nacht auf ESE über (Abb. 14c). Die Nordostkomponente am Boden beschränkt sich mit der Zeit auf immer dünnere Schichten und dreht langsam gegen N. Der Übergang ist stetig. Es scheint sich im Laufe des Abends ein scharfer Knick in der Windrichtung ausbilden zu wollen, ohne daß dieser bis 24.00 Uhr erreicht wird.

Die Windgeschwindigkeit nimmt in den ersten beiden Stufen bis 18.00 Uhr zu, bei den obersten beiden Stufen ab. Das Maximum liegt mit schwankender Höhe dazwischen. Nach 18.00 Uhr nimmt die Windgeschwindigkeit regelmäßig bis zum Maximum in etwa 400 m zu, darüber ab. Nach 21.30 Uhr messen wir oberhalb der Maximumshöhe eine schnelle Abnahme in ein bis zwei 100-m-Stufen, die dann wieder in eine langsame Zunahme übergeht. Nach 23.45 Uhr liegt das Maximum zwischen 500 bis 600 m, darüber eine Abnahme.

Die vertikale Windgeschwindigkeit ist in Höhen über 100 m zwischen 16.30 und 17.30 Uhr im allgemeinen bis $-0,7$ m/sec abwärts gerichtet. Später treten z. T. stärkere Aufwinde auf, die um 18.45 Uhr in der zweiten

Höhenstufe ein Maximum von 1,6 m/sec. erreichen. Nach 20.00 Uhr herrschten Abwinde vor, die sich trotz geringer Stärke zwischen 20.30 bis 21.45 Uhr z. T. bis zum Boden durchsetzen können.

3.15. Ballonserie am 7. Juli 1959, 17.45 — 0.15 Uhr Übersicht in Tab. 26 und 27

Unser Gebiet liegt in einem kräftigen Hoch, das die Wetterlage vom Ostatlantik bis Ostdeutschland bestimmt. Mit dem sich ausdehnenden Hochdruckgebiet gelangen wir in den Bereich absinkender Luftmassen.

Die Radiosonde Stuttgart zeigt mittags einen stabilen Temperaturgradienten bis 900 mb, darüber eine Inversion. Nachts liegt über einer Bodeninversion bis 945 mb ein fast adiabatischer Gradient bis 920 mb. Darüber befinden sich Isothermien und Inversionen. Insgesamt ist der Aufstieg in der Nacht stabiler und — außer in unmittelbarer Bodennähe — bis 880 mb wärmer als 12 Stunden zuvor. Am Mittag beträgt die relative Feuchte oberhalb 900 mb nur um 20%, in der Nacht steigt sie dort auf etwa 60% an.

Die Bewölkung in Forchheim ist am Tag kleiner 1/8 As, nach 21.00 Uhr ist der Himmel wolkenlos. Da die bisherigen Ballone ein Überwiegen der Aufwinde ergaben und wir aus den Ergebnissen nicht eindeutig schließen konnten, ob die großräumige Strömung erreicht war oder ob wir noch im Bereich der durch die Topographie des Rheintals bestimmten Windsysteme gemessen haben, verfolgten wir bei dieser Ballonserie die Ballone 10 Minuten, d. h. bis zu mittleren Höhen um 1500 m. Da die Basis während der Meßreihe nicht verändert werden konnte, mußten schleifende Schnitte in Kauf genommen werden. Da andererseits aber die Ballone bei den nun auftretenden Entfernungen gut in der Mitte des Fadenkreuzes zu halten sind, werden die Beobachtungsfehler wesentlich kleiner als bei den anderen Meßreihen und liegen unter 0,05°. Die Auswertung wurde dieser Genauigkeit angepaßt, und die Ergebnisse zeigen im allgemeinen einen so stetigen Verlauf der Ballonbahn und der Windgeschwindigkeit, daß sie repräsentativ zu sein scheinen.

Zu Beginn der Messungen haben wir in Bodennähe Winde um E, die aber bald in ENE übergehen (Abb. 15a). Diese Windrichtung bleibt bis 900 m Höhe erhal-

ten, wo der Wind gegen NE dreht, um dann oberhalb 1200 m nochmals auf ENE zurückzudrehen. Am Abend weht der Wind aus E bis ungefähr 700 m, dann aus NE bis etwa 1100 m, darüber aus ENE. Die Übergänge zwischen den einzelnen Windrichtungen sind dabei immer sehr stetig (Abb. 15b). Nach 23.00 Uhr dreht der Höhenwind auf die Richtungen zwischen ESE und E (Abb. 15c). Am Boden tritt dabei NW-Wind auf, der bis 100 m Höhe schnell nach rechts dreht und damit den Beginn einer Inversion anzeigt.

Die Windgeschwindigkeit nimmt bis zum Abend zwischen der ersten und zweiten 100-m-Stufe nur schwach zu, einmal um 0,1 m/sec ab. Nach 19.15 Uhr wird diese Zunahme stärker und beträgt ab 22.45 Uhr zwischen 3,7 und 4,2 m/sec. Bis 19.45 Uhr umfaßt die Zunahme auch noch die dritte 100-m-Stufe, danach wird sie nicht mehr regelmäßig gefunden. Betrachten wir wie bei den bisherigen Serien nur die ersten 700 m, dann treten die maximalen Windgeschwindigkeiten oder die Änderungen der Windgeschwindigkeit mit der Höhe in keiner bestimmten Höhe auf. Da auch in Höhen über 100 m die Differenzen der Windgeschwindigkeiten zwischen den einzelnen 100-m-Stufen sehr gering sind, ist keine

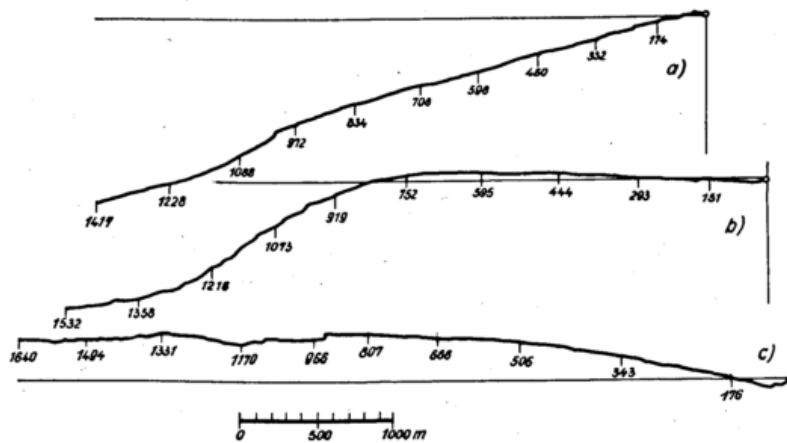


Abb. 15
Ballonbahnen am 7. Juli 1959
a) 19.15 Uhr MEZ, b) 20.15 Uhr MEZ, c) 23.15 Uhr MEZ

allgemeine Aussage über die Windsysteme der Rheinebene möglich. Nur die Höhen zwischen 900 und 1200 m, die sich auch bei den Windrichtungen durch eine Nordkomponente herausgehoben haben, weisen etwas größere Windgeschwindigkeiten auf, ohne daß dort in der Regel das Maximum gemessen wird.

Bei den vertikalen Windgeschwindigkeiten ergibt sich keine wesentliche Änderung, ob bis 700 oder bis 1500 m gemessen wird. Wir finden wieder überwiegend Aufwinde, die nur kurzzeitig durch Abwinde unterbrochen werden. Um 18.45 Uhr liegt ein Abwindgebiet zwischen 500 und 900 m, von 19.15 bis 21.00 Uhr sind solche unregelmäßig über alle Höhen verteilt.

Auch später werden praktisch bis Mitternacht immer wieder in einzelnen Schichten Abwinde beobachtet. In den ersten 100 m messen wir insgesamt nur viermal leichten Abwind.

Bei dieser Serie werden Höhen von mindestens 500 m über den höchsten Bergen der weiteren Umgebung erreicht und vermessen, und wir können annehmen, daß die Ballone in das Gebiet der ungestörten Luftströmungen über der Rheinebene vorgestoßen sind.

In unserem Gebiet der Rheinebene kann durch Stau am Berg oder durch Bergwind eine Anhebung der Stromlinien erfolgen, die etwa zu den mittleren Aufwindfeldern führen kann, wie sie von uns vermessen wurden. Die Höhe solcher örtlich bedingter Windsysteme

wird dabei im allgemeinen höchstens bis zur doppelten Höhe der Berge über Grund angenommen (26). Dem stehen allerdings Messungen gegenüber (25), die einen weit höheren Einfluß der Topographie erkennen lassen. Auch die Erfahrungen des Segelflugs (Karlsruhe-Forchheim ist ein beliebter Flugplatz für Segelflieger) sprechen für häufige Aufwinde bis in größere Höhen. Da wir bei unseren Messungen auch in größeren Höhen keinen Ausgleich der vertikalen Windgeschwindigkeiten gefunden haben, ist also eine Entscheidung nicht möglich, ob hier ein echter Einfluß der Topographie auf den Vertikalwind oder ein Fehler bei den Aufstiegstabellen von Tetens (9) vorliegt. Dieser Fehler würde etwa einen Aufwind von 0,2 m sec. vortäuschen. Da aber die Tabellen nach Tetens in der Meteorologie vielfach nachgeprüft und seit Jahrzehnten im Wetterdienst benutzt und als gültig angesehen werden, spricht die Wahrscheinlichkeit allerdings für die erste Annahme.

3.16. Ballonserie am 6. August 1959, 1.45 — 10.00 Uhr Übersicht in Tab. 28 und 29

Über unser Gebiet wandert eine Frontalzone hinweg. In ihr kam es zu großen Aufgleitvorgängen von Warmluft über Kaltluft, die teilweise ergiebige Niederschläge brachten.

Die Radiosonde Stuttgart zeigt nachts keine Inversion und zwischen 950 bis 970 mb einen nahezu adiabatischen Gradienten. Der Mittagsaufstieg ist außer in Bodennähe um 1 bis 2° kühler, dabei aber wesentlich stabiler als 12 Stunden früher. Bei beiden Aufstiegen wurde etwa um 870 mb 100% relative Feuchte gemessen. Gleichzeitige Flugzeugaufstiege in Forchheim um 5.32 Uhr, 6.59 Uhr, 7.58 und 10.04 Uhr ergeben um 5.32 Uhr bis etwa 100 m über Grund noch eine kleine Inversion,

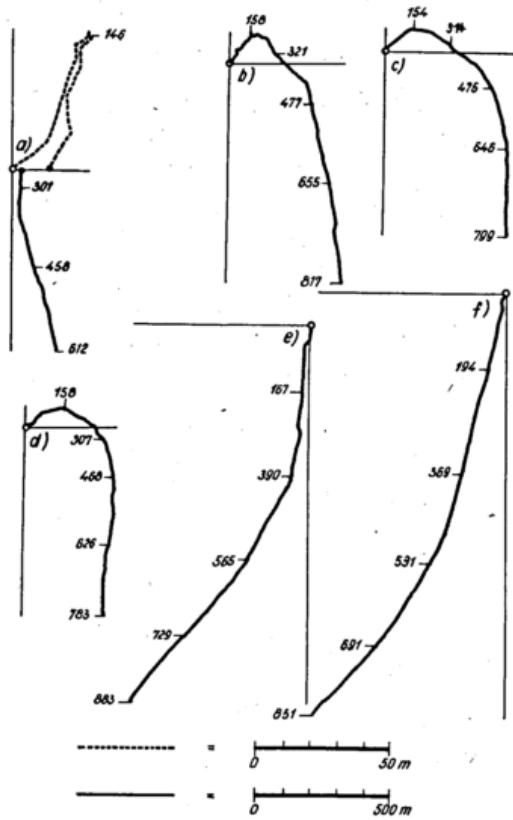


Abb. 16
Ballonbahnen am 6. August 1959
a) 2.00 Uhr MEZ, b) 2.45 Uhr MEZ, c) 3.30 Uhr MEZ,
d) 4.45 Uhr MEZ, e) 9.15 Uhr MEZ, f) 9.30 Uhr MEZ

die um 7.26 Uhr praktisch schon ausgeräumt ist. Darüber ist der Temperaturgradient stabil. Die Wolkenuntergrenze lag nach den Flugzeugaufstiegen bei 700 m, mit einzelnen Fs-Fetzen in 350 m Höhe.

Zu Beginn der Messungen bis 2.15 Uhr beträgt die mittelhohe Bewölkung nur 2/8. Der Himmel zieht dann rasch zu und ab 2.30 Uhr werden schon 8/8 Sc. beobachtet. Von 4.30 bis 4.45 Uhr tritt örtlich Bodennebel auf. Zwischen 5.00 Uhr und 8.15 Uhr regnet es schwach mit Unterbrechungen. Gegen 10.00 Uhr nimmt die Bewölkung langsam ab.

In Bodennähe haben wir zu Beginn der Reihe bis etwa 150 m schwachen SW-Wind, der mit einem scharfen Sprung auf NNW- bis N-Wind übergeht (Abb. 16a). Ab 2.45 Uhr können wir 3 Schichten unterscheiden (Abb. 16b), vom Boden bis 150 m Höhe SW-Wind, von 150 bis 450 m NW-Wind, darüber N-Wind. Der obere Windsprung wird dabei immer stetiger und wird ab 3.30 Uhr (Abb. 16c) zu einer gleichmäßigen Rechtsdrehung. Auch die untere Sprungstelle in 150 m Höhe ist ab 4.30 Uhr (Abb. 16d) durch einen stetigen Übergang ersetzt, so daß wir eine vom Boden bis 750 m Höhe sich stetig um 135° drehende Ballonbahn beobachten, die bis 6.15 Uhr erhalten bleibt. Um 6.45 Uhr finden wir am Boden Westwind mit schneller Rechtsdrehung bis 150 m, der in der Höhe durch Nordwind abgelöst wird. Ab 7.15 Uhr hat sich auch am Boden der N-Wind durch-

gesetzt, der in langsamer Rechtsdrehung auf NNE-Wind in der Höhe übergeht. Die NE-Komponente in der Höhe wird allmählich immer ausgeprägter, so daß wir um 9.15 Uhr (Abb. 16e) wieder zwei Schichten unterscheiden können: vom Boden bis 350 m Höhe N-Wind, oberhalb 400 m NE-Wind; dazwischen liegt ein stetiger Übergang. Ab 9.20 Uhr dreht der Bodenwind auf NNE, der Übergang zum NE-Wind der Höhe liegt dann höher (bei 600 m) ohne Unstetigkeitsstelle (Abb. 16f).

Die Windgeschwindigkeit nimmt von 2.00 Uhr bis 4.00 Uhr von der ersten zur zweiten Stufe ab, später regelmäßig mit unterschiedlicher Stärke zu. Oberhalb 200 m nimmt die Windgeschwindigkeit regelmäßig bis zur obersten Schicht bis 6.00 Uhr zu, mit Ausnahme des Ballons um 5.30 Uhr mit dem Maximum in der obersten Stufe. Zwischen 4.30 und 5.00 Uhr verschiebt sich die Windabnahme von 150 auf 320 m, von 5.15 bis 5.30 Uhr auf 400 m. Nach 6.45 Uhr ist die Windverteilung mit der Höhe uneinheitlich. Überwiegend nimmt der Wind vom Boden bis in Höhen zwischen 300 und 500 m zu, darüber unregelmäßig ab. Dabei sind die Differenzen zwischen den einzelnen Höhenstufen im allgemeinen gering und erlauben schon deshalb keine eindeutige Aussage. Abwinde, die teilweise bis zum Boden durchgreifen, finden wir wieder häufiger in der Nacht und am frühen Morgen als am Tag. Zum Teil kräftige Aufwinde (bis 2 m/sec.) treten bevorzugt in Höhen um 300 m auf.

3.17. Ballonserie am 8. September 1959, 15.30—24.00 Uhr
Übersicht in Tab. 30 und 31

Wir befinden uns im Zentrum eines hochreichenden mitteleuropäischen Hochdruckgebiets.

Der Aufstieg der Radiosonde Stuttgart ergibt mittags einen überadiabatischen Gradienten bis 968 mb, darüber stabile Schichtung. In der Nacht ist über der Bodeninversion bis 950 mb der Aufstieg etwa parallel dem Mittagsaufstieg, jedoch um 3° wärmer.

Die Flugzeugaufstiege in Forchheim ergeben um 15.28 Uhr bis 960 mb geringere relative Feuchten als in Stuttgart und einen überadiabatischen Gradienten, der darüber in einen Gradienten von 0,9° C/100 m übergeht. Die Flugbeobachtungen ergeben vom Boden bis 500 m kräftige Thermik. Beim Aufstieg um 16.55 Uhr ist der überadiabatische Gradient beseitigt, und wir finden einen stabilen, aber nahezu adiabatischen Gradienten

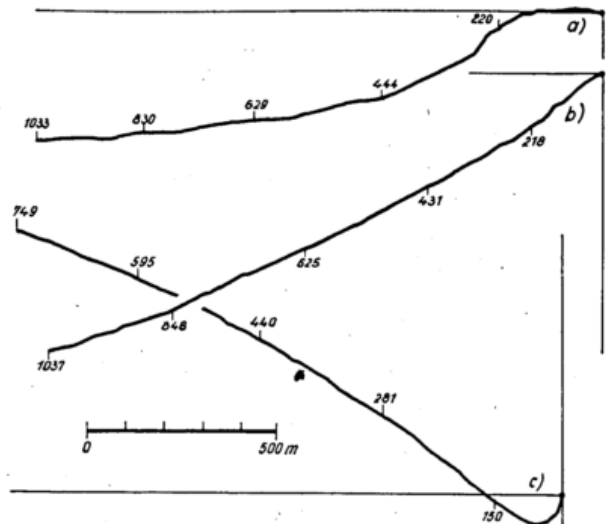


Abb. 17
Ballonbahnen am 8. September 1959
a) 16.45 Uhr MEZ, b) 17.00 Uhr MEZ, c) 23.45 Uhr MEZ

vom Boden bis 850 mb. Um 18.28 Uhr hat sich am Boden schon eine kleinere Inversion ausgebildet, darüber bleibt der bisherige Gradient erhalten. Der Flug ist sehr ruhig, die Thermik vollkommen erloschen.

Bei mittlerer bis starker Sonneneinstrahlung beobachten wir bis 18.00 Uhr 4/8—5/8 vorwiegend hohe und nur wenig mittelhohe Bewölkung. Nach 19.00 Uhr nimmt die hohe Bewölkung auf 7/8 zu und geht erst in der Nacht wieder bis auf 2/8 zurück.

Von 15.30 bis 16.45 Uhr ist bei Bodenwind von NE bis E jede Ballonbahn von der vorhergehenden verschieden (z. B. Abb. 17a) und gibt kein einheitliches Bild. Ab 17.00 Uhr (Abb. 17b) bis 20.15 Uhr haben wir gleichmäßige gerade oder rechtsdrehende Bahnen bei NE-Wind vom Boden bis in die Höhe.

Nach 20.45 Uhr dreht der Wind vom Boden bis in 500 m Höhe leicht nach links, darüber wieder nach rechts. Nach 21.15 Uhr bildet sich am Boden eine schwache Inversion aus, die sich durch eine Nordkomponente bis in etwa 50 m Höhe bemerkbar macht. Nach 22.30 Uhr dreht der Höhenwind auf ESE bei starker Rechtsdrehung in Bodennähe und schwacher Linksdrehung in der Höhe (Abb. 17c).

In den ersten beiden Stufen nimmt bis 17.15 Uhr die Windgeschwindigkeit ab oder nur schwach zu. Ab 17.45 Uhr wird die Zunahme größer und erreicht Werte bis 4,2 m/sec je 100 m. In den höheren Schichten Zu- und Abnahmen unregelmäßig nach Zeit und Höhenlage. Das Maximum der Windgeschwindigkeit liegt zwischen 100 bis 700 m, nur in den Beobachtungen von 20.15 bis 21.15 Uhr bleibt es zwischen 200 und 300 m. Später liegt es höher: zwischen 22.30 und 23.00 Uhr in der obersten Schicht, ab 23.30 Uhr zwischen 300 und 400 m. Diese Aufstiegsreihe zeichnet sich dabei etwa ab Sonnenuntergang (18.45 Uhr) durch eine regelmäßige Zunahme der Windgeschwindigkeit bis zur Maximumhöhe und einer Abnahme oberhalb dieser aus.

Bei den vertikalen Windgeschwindigkeiten herrschen bis 18.00 Uhr stark überwiegend Aufwinde vor, die zwischen 600 bis 700 m Höhe Beträge von 4,6 m/sec erreichen. Sie stellen damit die höchsten von uns vermessenen Werte dar und sind aus dem thermischen Gefüge des Tages zu erklären. Der erste Ballon erreicht nach 5 Minuten eine Höhe von 1670 m mit einer mittleren Steiggeschwindigkeit von 324 m/min und einer maximalen von 407 m/min zwischen 577 und 984 m. Da dieser Aufstieg kein Einzelfall ist, sind diese Steiggeschwindigkeiten offensichtlich reell. Nach 18.00 Uhr nehmen sie auf Werte unter 0,6 m/sec ab, nach 19.00 Uhr ist der Maximalwert oberhalb 200 m 0,2 m/sec. In der Nacht wurden größere Abwindfelder mit mittleren Geschwindigkeiten bis $-0,4$ m/sec vermessen.

3.18. Ballonserie am 1. Oktober 1959, 2.30 — 11.15 Uhr
Übersicht in Tab. 32 und 33

Unser Gebiet liegt im Westteil des hochreichenden mitteleuropäischen Hochs.

Die Radiosonde Stuttgart ergibt in der Nacht bis 908 mb einen stabilen Gradienten, darüber eine kräftige Inversion bis 884 mb. Am Mittag ist die Schicht bis 940 mb fast adiabatisch aufgeheizt und um 3 bis 10° wärmer als in der Nacht. Oberhalb 940 mb liegt eine kräftige Inversion bis 850 mb. Der Flugzeugaufstieg in Forchheim ergibt einen nahezu adiabatischen Gradienten bis 993 mb, dann Isothermie und Temperaturzunahme bis 903 mb, darüber einen stabilen Gradienten bis 850 mb. Der Aufstieg um 8.06 Uhr mußte in 200 m Höhe wegen zu geringer Sicht abgebrochen werden.

Das Wetter war bis 5.30 Uhr wolkenlos, nach 6.00 Uhr werden 1/8 mittelhohe und hohe Bewölkung beobachtet.

Bei dieser Ballonserie fiel die Druckeinrichtung eines Theodoliten öfters für einzelne Punkte aus, so daß die Werte teilweise interpoliert werden mußten. Damit ist die Genauigkeit dieser Serie z. T. gering.

Zunächst haben wir am Boden NE-Wind, der in weiter Rechtsdrehung auf SE-Wind in der Höhe übergeht (Abb. 18a). Um 4.45 Uhr deutet sich in etwa 500 m Höhe eine Unstetigkeitsstelle an, die um 5.00 Uhr schon ausgeprägter und ab 5.15 Uhr deutlich vorhanden ist. Die Ausbildung der Unstetigkeit mit der Zeit (Abb. 18b) zeigt zwischen 450 und 500 m in der Inversion eine Schicht mit sich deutlich entwickelndem Südwind. Ober-

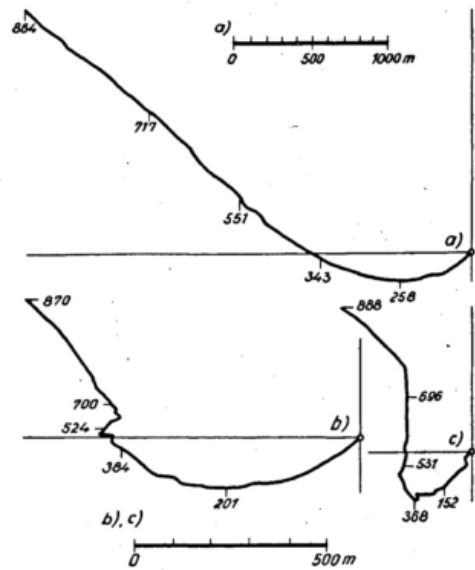


Abb. 18
Ballonbahnen am 1. Oktober 1959
a) 3.00 Uhr MEZ, b) 6.30 Uhr MEZ, c) 10.45 Uhr MEZ

und unterhalb dieser Sprungschicht bleibt stets das Bild der ersten Aufstiege (Abb. 18a, 18b) erhalten: am Boden NE- bis N-Wind, in der obersten Schicht SE-Wind (Abb. 18c), der gegen Ende der Aufstiegsreihe nach Süden dreht.

Die Übergangsschicht wird allmählich immer dicker und reicht zum Schluß der Messungen von 200 bis 700 m Höhe.

Die Windgeschwindigkeit nimmt bis 200 m Höhe bis 9.15 Uhr z. T. stark zu, mit Ausnahme des Ballons um 8.45 Uhr. Nach 9.30 Uhr bleibt der Wind in dieser Schicht konstant oder nimmt mit der Höhe ab. In größeren Höhen haben wir ab 4.15 Uhr bei 300 m eine sprunghafte Abnahme der Windgeschwindigkeit. Darüber nimmt der Wind dann stetig bis 800 m Höhe zu bis zu Werten über 15 m/sec. Nach 5.00 Uhr flaut der Wind besonders in der Höhe erheblich ab bis zu einem Minimalwert um 11.15 Uhr von 3 m/sec in der obersten Schicht.

Das Charakteristikum der Verteilung der Windgeschwindigkeit mit der Höhe ist die windschwache Schicht, die sich ab 4.45 Uhr in den Mittelwerten über 100-m-Stufen zeigt und sich im Laufe der Messungen ausdehnt. Von 5.00 bis 5.15 Uhr liegt sie zwischen 400 und 500 m, um 5.30 Uhr zwischen 400 und 600 m, von 6.15 bis 7.15 Uhr zwischen 400 und 700 m, danach bis 8.45 Uhr zwischen 100 und 700 m und greift später bis zum Boden innerhalb der Inversion durch.

Bei den vertikalen Windgeschwindigkeiten überwiegen schwache Aufwinde, die an und in der windschwa-

chen Schicht teilweise von Abwinden abgelöst werden. Die Aufwindfelder sind wieder am Tag und in Bodennähe am stärksten, das Minimum wird mit 2,6 m/sec zwischen 200 und 300 m gemessen. Ein Einfluß der Inversion ist dabei nicht zu erkennen.

3.19. Versuchsreihe am 19. Dezember 1956

Am 19. Dezember 1956 führten wir zur Geräteerprobung eine kurze Versuchsreihe von nur 3 Ballonaufstiegen durch. Dabei wurde eine Ballonbahn vermessen, die sich bis heute nicht mehr wiederholte, und die wir deshalb hier wiedergeben.

Wir befinden uns in einem Festlandhoch. Über Westfrankreich liegt eine schwache Störung, die sich bei uns nur durch 3/8 mittelhohe Bewölkung bemerkbar macht. Großräumig herrscht bei uns SSW- bis SW-Wind vor. In der Rheinebene liegt eine Inversion bei wolkenlosem Himmel, die in Wiesbaden — der 1956 nächstgelegenen Radiosondenstation — vom Boden bis 950 mb bzw. 530 m über Grund reicht. Die Ballonbahn ergibt (Abb. 19) am Boden SSE-Wind bis 50 m Höhe, dann

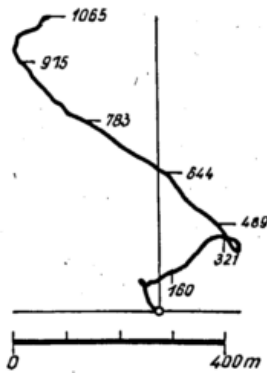


Abb. 19
Ballonbahn am 19. Dezember 1956
10.35 Uhr MEZ

eine kleine Schleife, darüber SW-Wind bis 330 m Höhe. Dieser geht nach einer weiteren Schleife über NW auf SE-Wind ab 400 m Höhe über, dem in 900 m der Übergang zum SW-Wind der großräumigen Strömung folgt. In dieser Höhe liegt die obere Inversionsgrenze. Die jeweils um 90° verschiedenen Windrichtungen sind evtl. durch Seiches — Schwankungen der ganzen atmosphärischen Schichten — im Rheintalgraben zu erklären.

Die Windgeschwindigkeit nimmt bis 380 m Höhe ab, bis 780 m zu und darüber ab. Damit sind die Grenzen der Windgeschwindigkeitsstufen von denen der Richtungsstufen verschieden. Eine Erklärung ist wegen der geringen Zahl der Messungen nicht möglich.

Die vertikale Windgeschwindigkeit hat ihren größten Wert zwischen 300 und 500 m mit 0,5 m/sec und ist zwischen 500 und 900 m Höhe gleich oder kleiner Null.

4. Auswertung und Folgerungen

4.1. Zusammenfassung aller Werte

In unserem Gebiet treten Tiefdrucklagen im allgemeinen mit westlichen Windrichtungen, hohen Windgeschwindigkeiten und mit Niederschlag oder zumindest mit stärkerer Bewölkung auf. Bei Hochdrucklagen überwiegen nördliche oder östliche Windrichtungen mit geringen Geschwindigkeiten in Bodennähe bei heiterem Wetter, das im Herbst und Winter im Rheintal

häufig mit Nebel verbunden ist. Bei diesen Hochdruckwetterlagen bilden sich in der Rheinebene sehr häufig Inversionen aus und werden fast regelmäßig bei Nacht beobachtet. Auf Grund dieser Faktoren bedeutet eine Trennung der Aufstiege nach Wetterlagen gleichzeitig eine solche nach Windrichtung, Bewölkung und Temperaturschichtung. Da außerdem die Entfernung vom Meßort zum Gebirge für Westwind 15 km, für Ostwind 50 km beträgt, können auch Topographie und Orographie der Umgebung die Messungen beeinflussen. Damit kann aus der Trennung nach Wetterlagen nicht eindeutig entschieden werden, ob die dabei auftretenden Unterschiede Effekte der Wetterlage, des Wetters oder der Topographie sind. Weiter liegt bei den Ballonaufstiegen noch eine Auswahl insofern vor, als nur bei optischer Sicht gemessen werden kann. Dadurch sind 10 Hochdrucklagen gegenüber nur 6 Tiefdrucklagen vermessen worden. Bei der Zusammenfassung aller Ballone überwiegen daher die östlichen Windrichtungen gegenüber der für Karlsruhe normalen Verteilung der Windrichtung (Tab. 34).

4.1.1. Windrichtung

Die Verteilung der Windrichtung in den 100-m-Stufen (Tab. 35) nach der 36teiligen Skala ergibt Maximagebiete bei NE und SW. In der ersten Stufe sind Winde um NE am häufigsten (Richtung 3 — 5). Dieses Maximum verschiebt sich zwischen 100 und 200 m unter Rechtsdrehung auf die Richtungen um NE (6 — 8) und spaltet sich oberhalb 200 m in zwei Maxima auf, das Hauptmaximum bei der Richtung 10 und das sekundäre bei der Richtung 6 bzw. in der obersten Schicht bei Richtung 7. Dabei sind die Maxima in der Höhe ausgeprägter als am Boden.

Das zweite Maximumgebiet liegt bei SW (Richtung 23) in allen Höhenstufen. Dabei ist es bis 500 m breit und wird erst oberhalb 500 m schmal. Eine Rechtsdrehung mit der Höhe ist nur durch die Aufspaltung des Maximums oberhalb 400 m angedeutet. NW- und SE-Winde sind in allen Höhenstufen selten. Aus den Einzelserien geht hervor, daß diese Windrichtungsverteilung sich aus 2 Typen — Lagen mit großer und solche mit geringer Rechtsdrehung mit der Höhe — zusammensetzen. Geringe Rechtsdrehungen finden wir bei Westwindlagen (Tiefdrucklagen) z. B. bei den Serien am 4. Oktober 1957 (Abschn. 3.6) und am 30. Juli 1958 (Abschn. 3.10). Dies ist nach Tab. 1 unschwer mit großen Austauschkoeffizienten, bedingt durch labile Temperaturschichtung und große Windgeschwindigkeiten, zu erklären. Bei den Hochdrucklagen finden wir sowohl geringe Rechtsdrehungen (z. B. Ballonserie am 7. Juli 1959 Abschn. 3.15) als auch solche mit großer Rechtsdrehung (z. B. Ballonserie am 3. April 1959 Abschn. 3.13). Dabei ist die Zuordnung von Windgeschwindigkeit, Temperaturgradienten und Austauschkoeffizienten einerseits und der Rechtsdrehung andererseits als Erklärung der Ursache dieser zwei Typen mit unserem Material unter Berücksichtigung der Ergebnisse in Tab. 1 nicht möglich. Wir vermuten aber, daß bei diesen Hochdrucklagen größere Unterschiede der Temperaturschichtung zwischen der Rheinebene und der Radiosonde Stuttgart in Bodennähe auftreten als bei Tiefdrucklagen. Wir können deshalb nur zu der statistischen Aussage kommen, daß wir (nach Tab. 35) bei Ostwindlagen häufig rechtsdrehende Winde besonders in den ersten 300 m über Grund haben. Diese Höhe würde damit etwa der Höhe der Reibungsschicht nach Schneider-Carius (28) und etwa der mit Hilfe der Ekman-Spirale definierten Reibungsschicht entsprechen. Diese Reibungsschicht braucht durchaus nicht identisch mit derjenigen Höhe zu sein, bis zu der die großräumige Strömung durch die Topographie des Rheintales beeinflusst wird.

4.1.2. Windgeschwindigkeit

Die häufigste Geschwindigkeit des Windes (Tab. 36) liegt in der untersten 100-m-Stufe bei 4 m/sec, nimmt dann bis 300 m um je 1 m/sec je 100 m Höhe zu und bleibt auf diesem Wert von 6 m/sec bis 600 m. Auch dies spricht wieder für eine mittlere Höhe der Reibungsschicht von etwa 300 m, sofern die Zunahme der Geschwindigkeit nicht allein durch die Topographie bedingt ist. In den Einzelfällen finden wir bis 400 m Höhe Windgeschwindigkeiten unter 0,5 m/sec, und die Maximalwerte erreichen in den einzelnen Höhenstufen 20 bis 23 m/sec.

4.1.3. Vertikale Windgeschwindigkeit

Unter den von uns gemachten Vorbehalten entspricht die Abweichung von der Soll-Steiggeschwindigkeit der vertikalen Windgeschwindigkeit.

Wie wir in Abschnitt 3.15 zeigten, kann aus den hohen Ballonaufstiegen bis 1500 m gefolgert werden, daß die von uns berechneten Vertikalgeschwindigkeiten um maximal 0,2 m/sec zu hoch sein können, falls in der Formel von Tetens eine systematische Abweichung enthalten ist. Diese muß nicht vorliegen, da durchaus und mit einiger Wahrscheinlichkeit die Möglichkeit besteht, daß die Windsysteme des Rheintals sich bis zu diesen Höhen bemerkbar machen. Diese Frage soll in späteren Meßreihen geklärt werden.

Die prozentuale Verteilung der Vertikalgeschwindigkeit wurde getrennt nach Tag- und Nachtaufstiegen in Stufen von 0,2 m/sec (Tab. 37) zusammengestellt. Negative Vorzeichen bedeuten Abwinde.

In Bodennähe liegen die häufigsten Werte der Summe von Tag und Nacht bei 0,2 bis 0,3 m/sec mit breiter Streuung. In der Nacht allein wird die Verteilung wesentlich schmaler mit einem größeren Anteil an negativen Werten. Zwischen 100 und 200 m liegen bei Tag die häufigsten Werte bei größeren Geschwindigkeiten (0,4 bis 0,5 m/sec), bei Nacht bei 0,0 bis 0,1 m/sec, jedoch ist ähnlich wie in der ersten Stufe die Verteilung schmaler und zur negativen Seite hin verschoben. Nach diesen Ergebnissen gleichen sich in unserem Gebiet auch über längere Zeiten die Auf- und Abwinde nicht aus. Damit würde unter den oben gegebenen Vorbehalten die Austauschrechnung nach den üblichen Formeln nicht durchführbar sein. Der Ausgleich würde eintreten, wenn — wie schon gezeigt — die Ergebnisse der vertikalen Windmessung um +0,2 m/sec systematisch zu hoch sind. Dies kann — aber muß nicht — (wie oben gezeigt) auf die Formel von Tetens (9) zurückgehen. Es kann — wie noch einmal betont werden soll — auch der Fall vorliegen, daß die örtlichen Aufwindgebiete mit einigen 100 km² Fläche und durch die Topographie bedingt bis über die von uns erfaßten Höhen reichen. Selbst wenn wir einen hypothetischen Fehler von +0,2 m/sec einsetzen, dann bleibt trotzdem noch immer im Mittel über den Tag ein Aufwind, über die Nacht ein Abwind vorherrschend. Damit erfolgt der Ausgleich der Vertikalströmungen, der in der Austauschrechnung vorausgesetzt ist, erst über 24 Stunden. Vom Boden bis 300 m Höhe ergeben sich — wieder über alle Ballone gemittelt — Aufwinde, die erst in den obersten Schichten durch Abwinde kompensiert werden.

Dies bedeutet im Mittel ein Konvergenzgebiet in etwa 300 m Höhe. Damit werden aber auf jeden Fall alle heute verwendeten Theorien zur Berechnung des Austauschkoefizienten nur beschränkt anwendbar, da stets die wichtigste Voraussetzung, nämlich der zeitliche Aus-

gleich der vertikalen Luftversetzungen, nicht erfüllt ist. Allerdings nimmt im allgemeinen die Geschwindigkeit der Aufwinde mit der Höhe ab, ihre Schwankungsbreite jedoch zu, und sie ist am Tag stets wesentlich höher als in der Nacht. Aus Tab. 37 folgt ferner, daß wir die stärksten Aufwinde — vielleicht bedingt durch Thermik — am Tag zwischen 100 und 400 m Höhe finden. Darüber sind die Werte meist kleiner, nur bei Wetterlagen mit labilen Gradienten (z. B. 8. 9. 1959 Abschn. 3.17) werden in den oberen Schichten die größten Aufwinde gemessen. Betrachten wir noch die Häufigkeit der negativen Werte, d. h. der Abwinde, so sind diese in allen Höhen am Tag prozentual geringer als in der Nacht, wobei mit der Höhe ein Angleich der Tag- an die Nachtwerte erfolgt. Während der Anteil der negativen Werte am Tag bis 600 m Höhe mit der Höhe zunimmt, wird in der Nacht diese Zunahme schon bei 300 m beendet, und der Anteil der Abwinde liegt bei ungefähr 40%. Insgesamt überwiegen besonders in Bodennähe Aufwinde, und es kann zumindest am Tag auch bis in die Höhe von 600 m kein Ausgleich erwartet werden. Aus Tab. 37 können wir weiterhin entnehmen, daß Aufwinde über 1,0 m/sec und Abwinde über 0,5 m/sec nur am Tage auftreten, vermutlich also nur durch Thermik verursacht werden. Vertikale Windgeschwindigkeiten durch Turbulenz scheinen danach kleiner als 1,0 m/sec zu sein. Aus Tab. 37 haben wir die „Quartile“, die 25-, 50- und 75-%-Grenze der Verteilung der Vertikalgeschwindigkeiten berechnet (Tab. 38). Aus ihr ergibt sich klar, daß die Aufwinde in Bodennähe am stärksten sind und systematisch gegen größere Höhen abnehmen. Während der Mittenwert aber am Tage sich mit zunehmender Höhe von 0,77 auf 0,08 m/sec verkleinert, ist die Abnahme in der Nacht nur von 0,06 auf -0,03 m/sec. Mit diesen Werten haben wir für unser Gebiet einen guten Anhalt dafür, mit welchen vertikalen Windgeschwindigkeiten wir im allgemeinen zu rechnen haben.

4.2. Zusammenhang der Änderungen des Windes mit der Temperaturschichtung

Innerhalb der Reibungsschicht der unteren Atmosphäre ist mit einer Zunahme der horizontalen Windgeschwindigkeit mit der Höhe zu rechnen, die theoretisch begründet durch die Richardson-Zahl und damit letzten Endes durch den Temperaturgradienten bedingt ist. Da wir erst ab Juli 1959 mit Flugzeugaufstiegen die Temperaturverteilung in der Rheinebene bestimmt haben, müssen wir bei früher liegenden Ballonaufstiegen auf die Werte der Radiosonde Stuttgart zurückgreifen. Obwohl ihre Bodenwerte einer Kuppenlage im Neckartal entsprechen, die zumindest in der bodennahen Luftschicht von denen im Rheintalgraben abweichen können, charakterisieren die Aufstiege dennoch gut die Temperaturschichtung über unserem Gebiet, wie Kleiss (24) nachwies. Gleichzeitige Aufstiege bei Ballonserien ab Juli 1959 bestätigen außerdem die geringen Abweichungen in der Temperaturschichtung von Stuttgart und Karlsruhe.

Die letzten Ballonserien ab Juli 1959 zeigen bei stabilen Gradienten von 0,01 bis 0,7° C/100 m eine Zunahme des horizontalen Windes zwischen den beiden ersten Höhenstufen, die nachts — entsprechend der nächtlichen Zunahme der Stabilität — größer ist als am Tag. Bei den Aufstiegsreihen im August, September und Oktober 1959 (Abschn. 3.16 bis 3.18) erfolgt der Übergang von adiabatischen oder sogar überadiabatischen Gradienten (8. 9. 1959 Abschn. 3.17) zu stabilen Gradienten in der Nacht, und in erster Näherung folgt die Änderung der Windgeschwindigkeit mit der Höhe der Änderung des Gradienten in dem obengesagten Sinne.

Im Gegensatz zu diesen letzten Serien zeigt aber das gesamte Aufstiegsmaterial, daß diese Koppelung von Temperatur- und Windgradient insbesondere bei hochreichenden Bodeninversionen nicht vorliegt. Wir haben hierzu das Material nach Tag- und Nachtballon- und Radiosondenaufstiegen getrennt und ausschließlich diejenigen mittleren Werte der horizontalen Windgeschwindigkeit verwendet, bei denen ein eindeutiger einheitlicher Temperaturgradient über die gesamte Schichtdicke vorlag. Selbst wenn man plausible Unterschiede des Temperaturgradienten wegen der Entfernung und der Lage der Radiosonde Stuttgart berücksichtigt, so ergibt sich aus Tab. 39, daß kein eindeutiger Zusammenhang zwischen dem Temperaturgradienten und der Änderung der Windgeschwindigkeit besteht.

Die Beobachtungen ergeben, daß bei Inversionen mehr Windabnahmen als Zunahmen auftreten, während bei labilen Gradienten mehr Zunahmen gemessen werden. Dies läßt sich aber nicht im obigen Sinne deuten, weil Inversionen eigene Windsysteme zu entwickeln scheinen, wie wir noch zeigen werden.

Einen Zusammenhang zwischen dem Temperaturgradienten und der Änderung der Windrichtung können wir ebenfalls nicht einwandfrei nachweisen. Die Richtungsänderungen betragen im allgemeinen nur wenige Grad und sind nicht so markant, als daß sie eindeutige Korrelationen zuließen. Die scharfen Drehungen der Windrichtung an den Grenzflächen der Inversionen können nicht zu einem Vergleich mit den Temperaturgradienten verwendet werden, weil hierzu sehr genaue Zuordnungen der Windrichtung und der Temperaturschichtung für jeden Einzelballon ober- und unterhalb der Inversion nötig wären. Diese sind aus der Extrapolation der Radiosonde Stuttgart nicht zu erhalten und standen uns nur für die letzten Ballonserien aus den Flugzeugaufstiegen zur Verfügung. Zieht man unter den gleichen Voraussetzungen wie bei der Temperaturschichtung und der Änderung der Windgeschwindigkeit die Ergebnisse der Winddrehung zusammen (Tab. 40), dann scheint eine Tendenz zu linksdrehenden Ballonbahnen bei zunehmender Stabilität zu bestehen.

Bei den Tab. 39 und 40 ist zu berücksichtigen, daß nicht alle Ballone verwertet werden konnten, da die Höhenstufen ausgelassen wurden, in denen sich kein eindeutiger Temperaturgradient innerhalb der Grenzen $\geq 0,8$, $0,01$ bis $0,79$, ≤ 0 angeben ließ. Dadurch ergibt sich eine Auswahl zu Ungunsten der Inversionslagen. Unser gesamtes Material ergibt eine Häufigkeitsverteilung der Temperaturgradienten γ nach Tab. 41.

Insbesondere bei Nacht finden wir sehr häufig eine Bodeninversion. Dieses Ergebnis unserer einzelnen Ballonserien steht in Übereinstimmung mit den Auswertungen mehrjähriger Reihen durch Kleiss (24) und zeigt damit, daß auch in Hinsicht auf die Temperaturschichtung unsere Messungen eine repräsentative Auswahl darstellen.

Erst ab 500 m Höhe über Grund verschwinden die Unterschiede zwischen Tag und Nacht, und man kann hieraus folgern, daß in dieser Höhe der Zustand der freien Atmosphäre erreicht wird.

4.3. Zusammenhang zwischen Änderungen der Geschwindigkeit und der Richtung des Windes

Ähnlich wie Sheppard und Mitarbeiter (7) haben wir an unserem wesentlich umfangreicheren Material eine Korrelation zwischen Windgeschwindigkeitsänderungen in den einzelnen 100-m-Stufen und den dazugehörigen Richtungsänderungen gesucht (Tab. 42). Sie ist offensichtlich nicht vorhanden. Bei den einzelnen Ballonserien sind nie eindeutig Windzunahmen mit Rechtsdrehungen bzw. umgekehrt gekoppelt. Aus Tabelle 42

ergibt sich gleichzeitig die Häufigkeit der Windzunahmen ($v_0/v_u > 1$) und -abnahmen ($v_0/v_u < 1$) bzw. der Rechts- ($\Delta\alpha > 0$) und Linksdrehungen ($\Delta\alpha < 0$). Es überwiegen in Bodennähe die Rechtsdrehungen mit 61%, in der Nacht mit 89% aller Aufstiege, und in der obersten Stufe beträgt sie am Tag immer noch 58% bzw. 54% in der Nacht. Die Zunahmen der Windgeschwindigkeit mit der Höhe sind erwartungsgemäß mit Werten zwischen 74% (nachts 81%) am Boden und 48% (nachts 50%) in größeren Höhen am häufigsten.

Stets ist der „Normalfall“, nämlich Zunahme der Geschwindigkeit und Rechtsdrehung mit der Höhe, am häufigsten. Darauf folgen in der Häufigkeit Rechtsdrehungen mit Windabnahmen bzw. Linksdrehungen mit Windzunahmen. Der Gegensatz des „Normalfalls“, Windabnahmen zusammen mit Linksdrehungen, ist selten. Seine Häufigkeit in Bodennähe ist bedeutungslos, bis 400 m Höhe unter 11%, und erst in größeren Höhen werden Werte bis 18% erreicht. Hier sind wir aber schon in Höhenbereichen, bei denen mehr die großräumige Strömung als die bodennahe Reibung die Windverhältnisse beeinflusst. Die Unterschiede zwischen Tag und Nacht bleiben gering und wegen der geringeren Zahl der Nachtmessungen ohne Bedeutung.

Auch Sheppard und Mitarbeiter (7) kommen bei ihren Messungen zu ähnlichen Ergebnissen (Tab. 43), wobei das Material höhenmäßig aber nicht so stark aufgegliedert wurde.

Insgesamt ergibt sich daraus, daß der „Normalfall“ der Windzunahme zusammen mit der Rechtsdrehung am Tag in der Bodennähe höchstens in 50%, in der Nacht höchstens in 75% aller Fälle anzutreffen ist. In größeren Höhen vermindern sich diese Werte schnell. Damit sind die nicht „normalen“ Fälle aber so häufig, daß sie ebenfalls schon bei nur qualitativen Überlegungen zu den Windverhältnissen berücksichtigt werden müssen.

4.4. Einzellagen

4.4.1. Tiefdrucklagen

Eine häufige Tiefdrucklage in unserem Gebiet ist Westwetter mit starker Bewölkung und hoher Windgeschwindigkeit, bei der die Rheinebene gut durchlüftet wird. Die Ballone werden dabei gegen die östlichen, das Rheintal begrenzenden Berge getrieben, ohne diese innerhalb des Beobachtungszeitraums auch bei sehr hohen Windgeschwindigkeiten zu erreichen. Das Vor Gelände in der Rheinebene ist ohne hochreichende Hindernisse.

Als Beispiel für eine derartige Westlage geben wir einen Aufstieg am 30. Mai 1958 (Abschn. 3.9) mit allen Einzelmessungen wieder, der für diese Lagen typisch und charakteristisch ist und keine Besonderheit darstellt (Tab. 44). Die Einzelwerte zeigen die typischen Schwankungen, die bei unseren bisherigen Betrachtungen durch die Mittelbildung über 100-m-Stufen weitgehend unterdrückt wurden. Allerdings bleibt die Veränderlichkeit der Elemente innerhalb der Grenzen, die wir aus Registrierungen in Bodennähe kennen. Die Windrichtung ist mit der Höhe ziemlich konstant, auftretende Richtungsänderungen gehen nur langsam vor sich.

Bei der horizontalen Windgeschwindigkeit finden wir meistens nur geringe Zunahmen mit der Höhe. Die Einzelwerte sind dabei wenig charakteristisch, da diese bis in die obersten Höhen von Ballon zu Ballon, von Punkt zu Punkt um 2–3 m/sec schwanken. Darin drückt sich die für diese Westlage typische große Böigkeit des Windes aus.

Die vertikalen Windgeschwindigkeiten sind meistens klein und bleiben auch in Bodennähe wegen der fehlenden Thermik meist unter 0,5 m/sec. Werte über 1,0 m/sec treten häufiger nur in der Nähe der Wolkenuntergrenze auf und können dort größere Beträge erreichen. Unsere Flugzeugaufstiege haben dies bestätigt. Da jedoch die Schicht mit den Vertikalbewegungen relativ dünn ist, entzieht sie sich der unmittelbaren Erfassung durch die Messung.

4.4.2. Hochdruckgebiete

Hochdrucklagen sind in unserem Gebiet — außer im Sommer — über Tag häufig mit Inversionen verbunden. In Karlsruhe finden wir dabei im allgemeinen nordöstliche Winde bei heiterem Wetter. Durch diese Windrichtungen ist eine starke Beeinflussung durch die Topographie möglich. Durch das Gebirge können sich Windführungen oder taleigene Strömungssysteme ausbilden, die das Durchgreifen der großräumigen Strömung bis zum Boden und damit eine gute Durchlüftung des Rheintals verhindern.

4.4.2.1. Lagen ohne Inversion

Als Beispiel einer derartigen Lage haben wir einen Ballon der Meßserie vom 3. April 1959 (Abschn. 3.13) herausgegriffen (Tab. 45, Abb. 13b). In Bodennähe herrscht NE-Wind, der stetig in ESE-Wind übergeht. Zwischen 200 und 650 m schwankt dieser nur noch zwischen 98 und 113 Grad, oberhalb 650 m dreht er langsam zurück nach E. Diese starke Drehung in Bodennähe und geringe Richtungsschwankung des Windes ist typisch und mit der geringen Turbulenz zu erklären. Da es sich um einen Frühaufstieg handelt, sind diese Verhältnisse noch nicht durch thermisch bedingte Böigkeit überlagert.

Die geringe Böigkeit drückt sich auch in der horizontalen Windgeschwindigkeit aus, die Schwankungen bleiben im allgemeinen unter 1,0 m/sec. Die Zunahme mit der Höhe ist nur in der bodennächsten Schicht vorhanden und beträgt auch dort zwischen 20 und 100 m höchstens 2,0 m/sec. Darüber bleiben die Werte bis 550 m etwa gleich, nehmen in größeren Höhen wieder ab und sind ab 750 m sogar meist kleiner als am Boden.

Die vertikalen Windgeschwindigkeiten schwanken dagegen in allen Höhen trotz der frühen Tageszeit stark, in den ersten 100 m zwischen 0,9 und 0,0 m/sec, zwischen 700 und 800 m von -0,7 bis +0,8 m/sec. Damit und insbesondere bei der Betrachtung der Folgewerte mehrerer Ballone ergibt sich gleichzeitig, daß bei solchen Lagen stark wechselnde Auf- und Abwindfelder kurzzeitig neben- bzw. hintereinander auftreten.

Vergleichen wir mit den Tiefdrucklagen, so ergeben sich charakteristische Unterschiede. Am deutlichsten sind diese bei der Böigkeit des Windes, die im Tiefdruckgebiet in allen vermessenen Höhen groß ist, während im Hochdruckgebiet diese klein bleibt. Die vertikalen Windgeschwindigkeiten sind im allgemeinen im Tiefdruckgebiet gering, aber größer als Null und nur in der Nähe der Wolkenuntergrenze größer. Insbesondere bleiben sie auch in Bodennähe sehr klein. Bei den Hochdrucklagen sind die Werte größer, aber stark schwankend, so daß wir hier nicht mit einem gleichmäßigen Aufwindfeld, sondern mit schnellwechselnden einzelnen auf- und absteigenden Luftpaketen zu rechnen haben. Diese starke „Verzahnung“ macht sich auch in der gegenüber dem Tiefdruckgebiet geringen Änderung der horizontalen Windgeschwindigkeit mit der Höhe bemerkbar.

4.4.2.2. Lagen mit Inversion

Inversionen sind in der Rheinebene nachts sehr häufig, und ihre Anzahl dürfte noch über derjenigen der Radiosonde Stuttgart liegen, wo in 65% aller Nachtaufstiege Bodeninversionen beobachtet wurden. Diese Bodeninversionen werden über Tag meist beseitigt, sie betragen am Tag in den Wintermonaten (24) noch 10%,

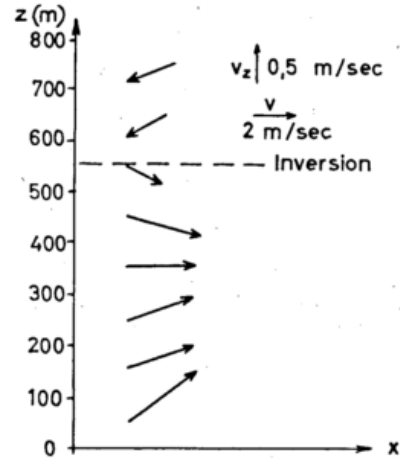


Abb. 20
Windvektoren am 15. November 1957

in den Sommermonaten unter 1% aller Aufstiege. Bei unseren Messungen hatten wir ausgeprägte Inversionsfälle am 15. November 1957 (Abschn. 3.7) und am 1. Oktober 1959 (Abschn. 3.18). Ein typisches Beispiel einer ausgeprägten Bodeninversion ist in Abb. 7 und Tab. 46 wiedergegeben.

Danach haben wir vom Boden bis zur Sprungschicht der Windrichtung, die vermutlich mit der Inversionsgrenze übereinstimmt, eine Rechtsdrehung. Darüber dreht die Windrichtung innerhalb einiger Meter um 180°. Diese Art der Ballonbahn finden wir an diesem Tag gleichmäßig über mehrere Stunden, und wir können, um kleinere Schwankungen auszugleichen, die

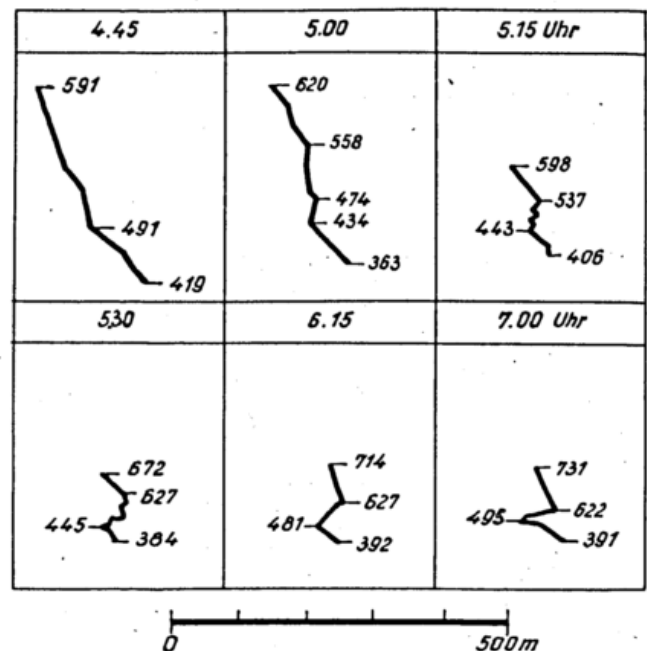


Abb. 21
Entwicklung einer Inversion in den Ballonbahnen am 1. Oktober 1959

16 Ballone zwischen 13.00 und 16.45 Uhr mitteln. Dies ergibt die mittleren Windvektoren nach Abb. 20. An der Inversionsgrenze ist mit einem Richtungssprung um fast 180° eine minimale horizontale Geschwindigkeit des Windes verbunden. Zusammen mit den beobachteten vertikalen Windgeschwindigkeiten, die gegen Null gehen, ergibt sich so unterhalb der Inversionsgrenze ein Konvergenzgebiet mit maximalen horizontalen Geschwindigkeiten. Bei den späteren Ballonen dieser Serien finden wir eine neue Unstetigkeitsstelle unterhalb der Hauptinversion, etwa in der Höhe der bisherigen Konvergenzzone.

Die Ausbildung einer Inversion läßt sich noch besser an Hand unserer Ballonbeobachtungen am 1. Oktober 1959 verfolgen. Um 4.45 Uhr haben wir in 500 m Höhe einen noch fast stetigen Verlauf der Ballonbahn (Abb. 21). Die Windgeschwindigkeit nimmt dann immer mehr ab, die Richtungsschwankung wird größer, so daß um 7.00 Uhr sich zwei Zacken in der Ballonbahn herausgebildet haben. Diese Unstetigkeitsschicht ist in die ober- und unterhalb der Sprungschicht herrschenden südöstlichen Winde eingelagert. Zur Ausbildung dieses SW-Windes werden etwa 2 Stunden benötigt. Da keine laufenden aerologischen Messungen bei Nacht vorliegen, läßt sich dieser Vorgang nicht an Hand des Temperaturfeldes erklären.

Die vertikalen Windgeschwindigkeiten sind in der Höhe der Sprungschicht klein, häufig sogar negativ, was mindestens wieder qualitativ zu dem Schema der Abb. 20 führt.

4.5. Vergleich der Ballonaufstiege mit Registrierungen in 10-m-Stufen bis 70 m Höhe

Seit Januar 1959 werden an einem 90 m hohen Starkstrommast am Verbindungsbecken des Karlsruher Rheinhafens (Abb. 1) in Stufen von 10 zu 10 m bis 70 m Höhe die Windgeschwindigkeiten mit Kontakt-Anemometern und in den Höhen 20, 30, 50 und 70 m die Windrichtungen mit der aerodynamischen Windfahne der Firma Lambrecht registriert. Die Auswertung der Windgeschwindigkeit und der Richtung erfolgt als Mittel über 10 Minuten. Da unsere Messungen in Forchheim 6sekundliche Mittel in viertelstündigen Abständen in veränderlichen Höhen ergeben, ist der Vergleich — wie jeder Vergleich zwischen Mitteln und Momentanwerten — primär nur qualitativ möglich. Da eine ins einzelne gehende Wiedergabe aller Messungen ab Januar 1959 zu umfangreich würde, haben wir nur zwei charakteristische und typische Fälle herausgegriffen. Dies ist einmal der 3. März 1959, wo sich unser Gebiet im Bereich einer SW-Strömung zwischen einer Tiefdruckzone vor der europäischen Westküste und einem Hoch über Westrußland befindet (s. Abschn. 3.12), zum anderen der 6. August 1959, wo wir den Durchzug einer Frontalzone beim Aufgleiten von Warmluft über Kaltluft (s. Abschn. 3.16) beobachten.

Die Isoplethen der Windgeschwindigkeit für die Höhen 10 bis 70 m am Verbindungsbecken und in Forchheim zeigen am 3. März 1959 (Abb. 22) eine nach Zeit

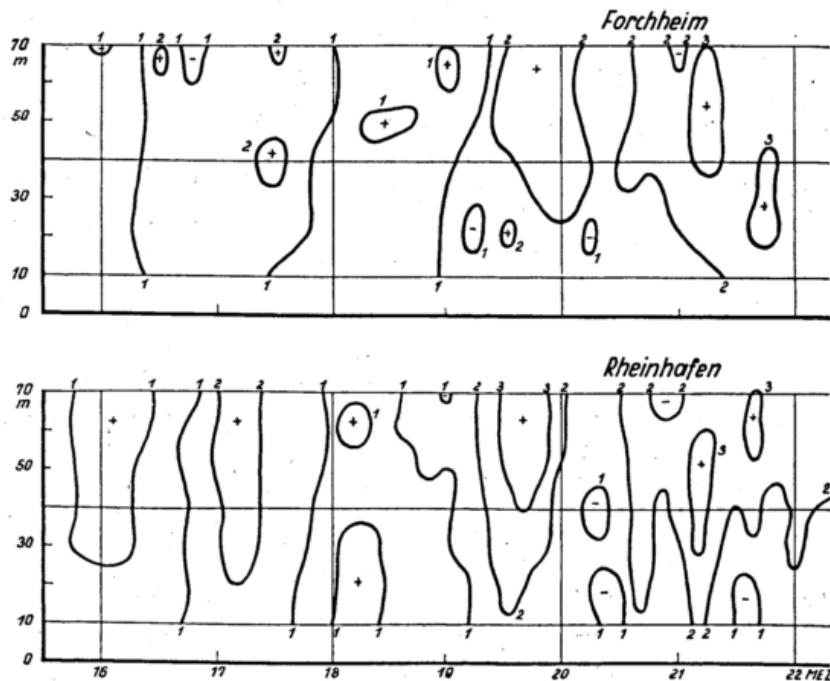


Abb. 22
Isoplethen der Windgeschwindigkeit von 10 bis 70 m Höhe
am 3. März 1959

und Höhe sehr gute Übereinstimmung der Maxima- und Minimagebiete. Dies war bei der Verschiedenheit der Meßzeiträume (6 Sek. gegen 10 Min.) nicht zu erwarten, zeigt aber, daß auch Messungen der Windgeschwindigkeit mit Ballonen bei kurzer Punktfolge ein qualitativ richtiges Bild der Strömung in der Atmosphäre geben. Wegen der nur geringen Zunahme der Windgeschwindigkeit mit der Höhe verlaufen die Isoplethen den Tag über nahezu vertikal. Um die Parallelität des zeitlichen Verlaufs der Windgeschwindigkei-

ten weiter zu bekräftigen, haben wir die Werte in 20 und 70 m Höhe herausgegriffen und zusammen mit der Windrichtung am Verbindungsbecken in Abb. 23 wiedergegeben. Der Verlauf der Kurven ist sehr ähnlich, z. B. ist das Maximum um 19.30 Uhr bei beiden Meßstellen vorhanden. Die Unterschiede der Geschwindigkeiten jeweils zwischen 20 und 70 m Höhe sind durchweg klein. Windabnahmen mit der Höhe treten dabei häufig auf. Um den Zusammenhang zwischen den genannten Unterschieden zu erfassen, wurde der entspre-

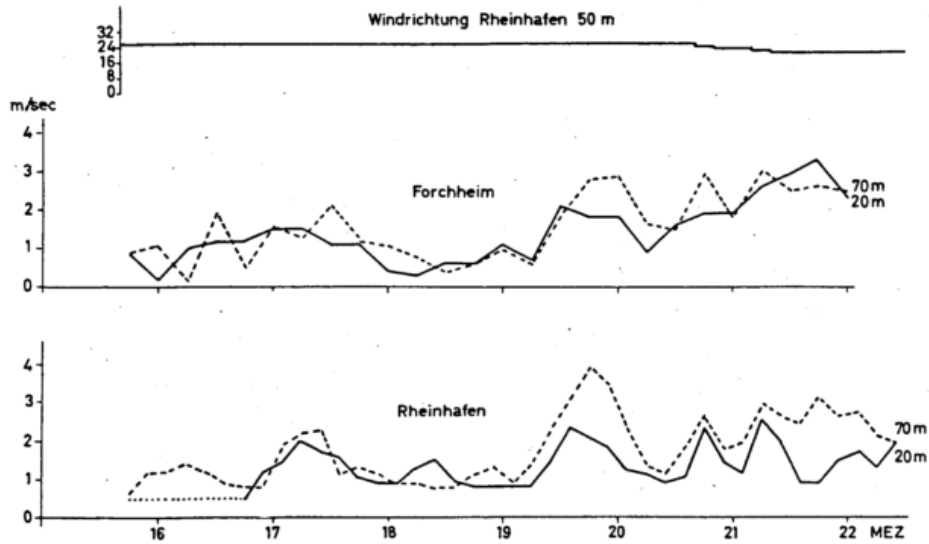


Abb. 23
Verlauf der Windgeschwindigkeit in 20 und 70 m Höhe
und der Windrichtung am 3. März 1959

chende Korrelationskoeffizient berechnet, der nahezu Null ist. Wenn wir die drei Werte ab 21.30 Uhr ausnehmen, so erhöht sich der Korrelationskoeffizient auf 0,35, gibt aber die tatsächlich augenscheinlich vorhandene Übereinstimmung immer noch schlecht wieder. Diese kleinen Korrelationskoeffizienten werden durch die Windabnahme mit der Höhe verursacht, die nicht gleichzeitig an beiden Orten auftreten.

Am 6. August 1959 ergeben die Isoplethen der Windgeschwindigkeiten (Abb. 24) trotz der hochsommerlichen Lage im wesentlichen eine gute Übereinstimmung. In der Nacht verlaufen an beiden Meßstellen die Isoplethen fast horizontal mit einer stärkeren Gliederung in Forchheim, wo Maximagebiete zwischen 40 bis 50 m

Höhe auftreten. Nach 7.00 Uhr frischt der Wind an beiden Orten auf, und die Isoplethen werden steiler. Dieser vertikale Verlauf bleibt in Forchheim in den folgenden Stunden erhalten, während er am Rheinhafen mit starken Schwankungen wieder horizontal wird.

Der Verlauf der Windgeschwindigkeit in 20 und 70 m Höhe (Abb. 25) ist in den Nachtstunden an beiden Meßstellen parallel und die Zunahme mit der Höhe nahezu gleich. Ab etwa 7.00 Uhr tritt aber eine grundsätzliche Änderung ein: beide Stationen messen mit der Winddrehung von SW auf N eine Spitze in der Windgeschwindigkeit in beiden Höhen. Am Rheinhafen bleibt der Unterschied mit der Höhe erhalten (etwa 2,5 m/sec in 20 m und 4,0 m/sec in 40 m), während in

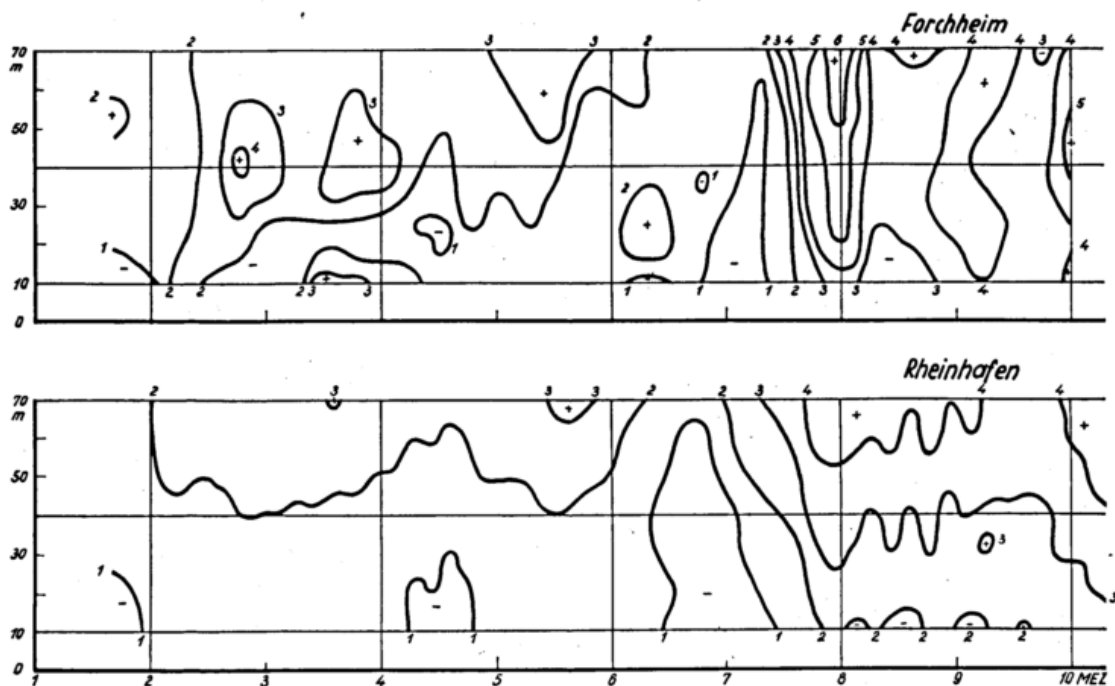


Abb. 24
Isoplethen der Windgeschwindigkeit von 10 bis 70 m Höhe
am 6. August 1959

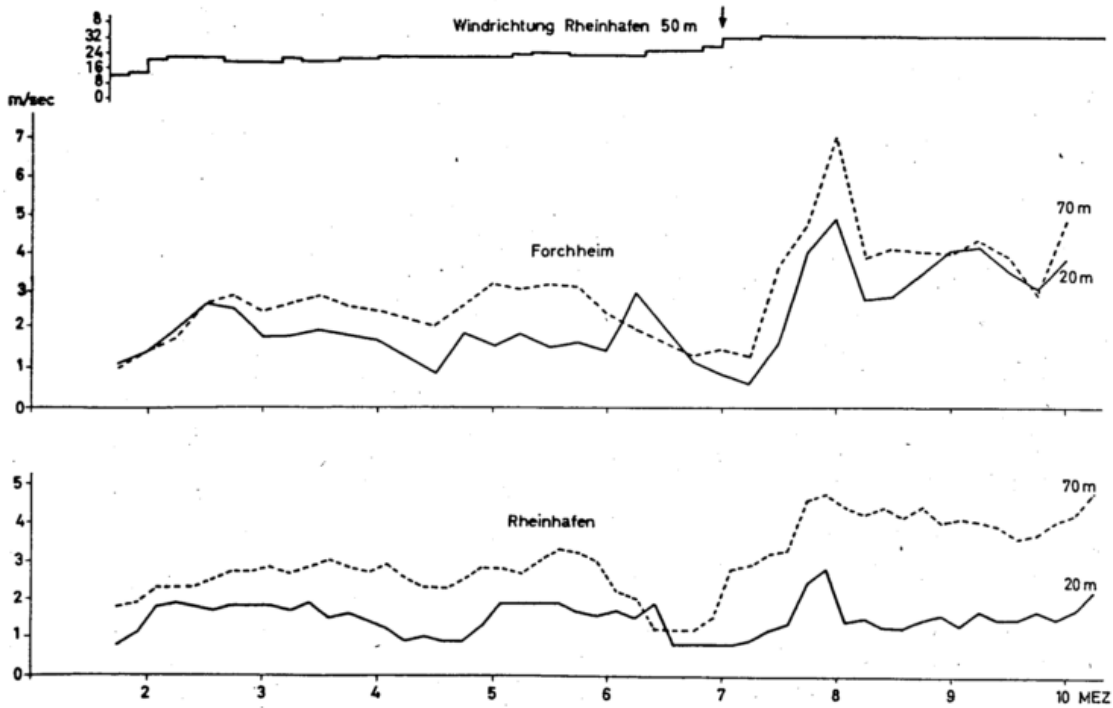


Abb. 25
Verlauf der Windgeschwindigkeit in 20 und 70 m Höhe
und der Windrichtung am 6. August 1959

Forchheim die Unterschiede wesentlich kleiner werden und über längere Zeiten gegen Null gehen. Berechnen wir hier die analogen Korrelationskoeffizienten, so ergibt sich bis 7.00 Uhr ein solcher von 0,69, nach 7.00 Uhr von -0,11.

Seit der Winddrehung ist die Windstruktur also an beiden Orten verschieden. Die Erklärung ist mit Hilfe der Turbulenzüberlegungen von Sutton (21) leicht zu finden. Danach ist einer großen Zunahme der Windgeschwindigkeit mit der Höhe geringe Turbulenz, einer kleineren größeren Turbulenz zugeordnet. Dies bedeutet auf unsere Meßstellen angewendet, daß die Unterschiede durch verschiedene Turbulenz verursacht sind. Diese kann leicht mit der verschiedenen Orographie des Vorgeländes erklärt werden. Bei N- und SW-Wind weht der Wind am Rheinhafen über gleichmäßigem Auwald ohne größere Störung der Strömung. Die Windrichtungs-drehung um 7.00 Uhr macht sich deshalb im Windprofil nicht bemerkbar.

In Forchheim ist die Strömung bei SW-Wind ebenfalls ungestört und geht über Felder mit einzelnen Bäumen. Bei N-Wind dagegen kommt der Wind von der Stadt und überstreicht nach eng bebautem Stadtgebiet offenes Gelände, Siedlungen und Waldstücke. Durch diese Bebauung ist bis einige Dekameter über Grund eine größere Turbulenz zu erwarten, wie sie z. B. auch aus den Messungen von Köln durch Trapenberg (6) gefunden wurde.

4.6. Unmittelbare Folgerungen für die Ausbreitung von Staub und Gas

Aus unseren Messungen geht hervor, daß die mittlere vertikale Windgeschwindigkeit über Zeiträume von mehreren Stunden verschieden von Null ist. Erst über einen Zeitraum von 24 Stunden ist mit einem Ausgleich der Auf- und Abwinde zu rechnen. Da dieser Ausgleich der vertikalen Windgeschwindigkeit bei allen

Theorien vorausgesetzt wird, die eine Berechnung des Austauschkoefizienten für die Praxis erlauben, sind nach unseren Ergebnissen die meisten dieser Werte nur näherungsweise gültig. Für die Ausbreitung von Teilchen in der Atmosphäre bedeutet das gleichzeitig, daß auch die Ausbreitungsrechnung Veränderungen erfahren muß. Da über Tag im allgemeinen Aufwinde vorherrschen, können wir bei Kaminen außerhalb der bodennächsten Schicht eine Vergrößerung der Entfernung der maximalen Immission und eine Verminderung ihrer Größe gegenüber den heute gebräuchlichsten Theorien erwarten. Das Gegenteil dürfte im allgemeinen bei Nacht der Fall sein. Die in der Nacht in der Rheinebene sehr häufigen Inversionslagen führen zu sehr langgestreckten Rauchfahnen und damit auch zu großen Entfernungen der maximalen Immission bei gleichzeitig hohen Werten derselben im Maximumpunkt. Diese langgestreckten Rauchfahnen können leicht mit der von uns gefundenen Konvergenzzone erklärt werden.

Die Berechnung der großräumigen Ausbreitung von Gasen bzw. radioaktiven Aerosolen wird heute vielfach mit Hilfe von Trajektorien in der 850-mb-Fläche nach der Methode von Haarländer (22) durchgeführt. Da unsere Messungen nicht bis zur 850-mb-Fläche reichen, ist ein Vergleich mit solchen Trajektorien unmittelbar nicht möglich. Die von uns gefundenen teilweise großen Richtungsschwankungen innerhalb weniger Meter oder Dekameter können aber durch Trajektorien in einer Druckfläche, die auf einem großmaschigen Netz beruht, nicht erfaßt werden. Da wenige Grad Richtungsänderung bei den in Frage kommenden Entfernungen von einigen 100 km wesentliche seitliche Verschiebungen zur Folge haben, wird jede Berechnung schwierig, wie die großen Unterschiede gezeigt haben, die teilweise zwischen Rechnung und Messung, z. B. beim Windscale-Unfall, auftraten. Um mit einiger Sicherheit brauchbare Vorhersagen zu erhalten, müßte die Windstruktur wesentlich besser bekannt sein.

Literatur

- (1) Hellmann, G.: Über die Bewegung der Luft in den untersten Schichten der Atmosphäre. *Meteor. Z.* **32**, 1 (1915)
- (2) Peppler, A.: Windmessung auf dem Eilveser Funkturm. *Beitr. Phys. fr. Atm.* **9**, 114 (1921)
- (3) Frankenberger, E.: Untersuchung über den Vertikalaustausch in den unteren Dekametern der Atmosphäre. *Ann. Meteor.* **4**, 358 (1951)
- (4) Lowry, P. H., Mazzarella, D. A. and Smith, M. E.: Ground-level measurements of oil-fog emitted from a hundred-meter chimney. *Meteor. Monogr.* **1**, No. 4, 30 (1951)
- (5) Poppendiek, H. F.: Gustiness profiles in the lower layers of the atmosphere. *Meteor. Monogr.* **1**, No. 4, 36 (1951)
- (6) Trappenberg, R.: Ein Beitrag zu den Windverhältnissen in den ersten 100 m der Atmosphäre. *Ber. Dt. Wetterd.* Nr. 57 (1959)
- (7) Sheppard, P. A., Charnock, H. and Francis, J. R. D.: Observations of the westerlies over the sea. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.* **78**, 563 (1952)
- (8) Lettau, H. H. and Davidson, B.: Exploring the atmosphere's first mile. London, New York, Paris 1957
- (9) Möller, F.: Tabellen zur Dynamik der Atmosphäre. In: *Linkes Meteor. Taschenb.* Neue Ausg. **2**, 492 (1953)
- (10) Gruber, O. von: Optische Streckenmessung und Polygonierung. Berlin 1955
- (11) Stüve, G.: Über einige Hilfsmittel bei der Auswertung von Doppelvisierungen. *Arb. Preuß. Aeronaut. Observat. Lindenberg* **13**, 104 (1919)
- (12) Quervain, A. de: Über eine einfache Methode, die Strömungen der höheren Atmosphärenschichten systematisch zu untersuchen. *Beitr. Phys. fr. Atm.* **2**, 77 (1906—08)
- (13) Dines, J. S.: Rate of ascent of pilot balloons. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.* **39**, 101 (1913)
- (14) Wenk, F.: Bewegung und Ansammlung von Ionen und sonstigen Ionenteilchen in Wirbelströmungen. *Z. angew. Math. Phys.* **9b**, 710 (1958)
- (15) Ludlam, F. H.: The rate of rise of pilot balloons. *Meteor. Mag.* **83**, 306 (1953)
- (16) Mildner, P.: Über Reibung in einer speziellen Luftmasse. *Beitr. Phys. fr. Atm.* **19**, 151 (1932)
- (17) Lettau, H.: A re-examination of the „Leipzig Wind Profile“ considering some relations between wind and turbulence in the frictional layer. *Tellus* **2**, 125 (1950)
- (18) Lettau, H.: Windprofil, innere Reibung und Energieumsatz in den unteren 500 m über dem Meer. *Beitr. Phys. fr. Atm.* **30**, 78 (1957)
- (19) Deutscher Wetterdienst: Täglicher Wetterbericht.
- (20) Mügge, R.: Das Wetter. In: Hann-Süring, *Lehrbuch der Meteorologie.* Bd. 2, Leipzig 1951
- (21) Sutton, O. G.: Atmospheric turbulence. London, New York 1952
- (22) Haarländer, H.: Eine kinematische Methode zur Vorhersage wahrer Luftbahnen mit Beispielen. *Ber. Dt. Wetterd.* Nr. 31 (1957)
- (23) Hann-Süring: *Lehrbuch der Meteorologie.* Bd. 2, Leipzig 1951
- (24) Kleiss, M.: Inversionen bis 2000 bzw. 3000 m nach Flugzeugaufstiegen in Karlsruhe und Radiosondenaufstiegen in Stuttgart. *Diss. Karlsruhe* 1962
- (25) Höndorf, F. und Müller, E.: Schwebeballervermessungen auf der Hornisgrinde und auf dem Hornberg im Sommer 1933. *Beitr. Phys. fr. Atm.* **22**, 132 (1935)
- (26) Geiger, R.: Das Klima der bodennahen Luftschicht. Braunschweig 1950
- (27) Kleinschmidt, E.: *Handbuch der meteorologischen Instrumente und ihre Auswertung.* Berlin 1935
- (28) Schneider-Carius, K.: Die Grundsicht der Troposphäre. Leipzig 1953
- (29) *Ergebnisse der Arbeiten des Königl. Preuß. Aeronaut. Observatoriums bei Lindenberg.* Bd. 6—12, 1910—1916

Tab.1

Ablenkung des Windes in Grad gegenüber dem geostrophischen Wind nach Ekman

z (m)	A (g/cm·sec)				
	0,1	1	10	100	1000
0-100	1	-17	-34	-41	-44
100-200	0	1	-18	-35	-42
200-300	0	0	-7	-29	-40
300-400	0	-0	-1	-24	-37
400-500	0	0	1	-19	-35
500-600	0	0	1	-14	-33
600-700	0	0	0	-11	-31
700-800	0	0	0	-8	-30

Richtung des geostrophischen Windes 0° ,
Richtung des Bodenwindes -45°

Verhältnis v/v_g der Windgeschwindigkeit v der Höhenstufen zur Geschwindigkeit v_g des geostrophischen Windes

z (m)	A (g/cm·sec)				
	0,1	1	10	100	1000
0-100	1,02	0,95	0,46	0,17	0,05
100-200	1,00	1,02	0,93	0,44	0,16
200-300	1,00	1,00	1,06	0,65	0,26
300-400	1,00	1,00	1,06	0,80	0,34
400-500	1,00	1,00	1,02	0,91	0,43
500-600	1,00	1,00	1,00	0,99	0,50
600-700	1,00	1,00	1,00	1,03	0,57
700-800	1,00	1,00	1,00	1,06	0,63

Tab. 2

Meßreihe am 29. April 1957

$\bar{\alpha}$ = mittlere Windrichtung (Grad)

\bar{v} = mittlere Windgeschwindigkeit (m/sec)

\bar{v}_z = mittlere Vertikalgeschwindigkeit (m/sec)

h (m)	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z
	10.00			10.15			10.30			10.45			11.00		
0-100	80	4,3	0,2	74	4,5	0,2	64	4,1	1,9	75	4,2	2,0	75	5,1	-0,6
100-200	81	5,1	-0,3	71	3,8	-0,2	63	3,8	1,6	64	5,0	1,7	76	5,4	-0,3
200-300	83	5,3	0,3	81	4,1	0,7	71	3,8	0,6	77	4,3	0,8	85	5,4	-0,8
300-400	94	4,6	-0,1	65	3,5	1,7	56	4,6	2,0	86	5,5	-0,1	86	5,7	-0,1
400-500	102	4,3	0,3	81	4,0	2,9	52	1,7	3,1	93	5,8	-0,3	83	6,4	0,1
500-600	112	4,6	0,2	82	3,8	2,5	72	2,6	1,5	92	4,1	1,1	95	5,4	0,7
600-700	118	4,3	-0,3	99	4,2	1,6	81	3,5	0,7	97	4,3	0,8	99	4,7	0,7
	11.15			11.30			11.45			12.00			13.45		
0-100	84	5,3	-0,3	68	6,5	1,1	104	5,4	1,2	72	5,2	0,2	50	6,5	0,3
100-200	90	4,9	1,4	58	5,5	1,0	95	4,9	1,1	63	6,2	0,3	60	7,2	0,8
200-300	83	4,9	0,8	70	6,1	0,6	88	4,1	1,4	84	7,5	1,6	78	7,2	1,4
300-400	86	5,1	1,0	77	6,6	0,9	87	4,6	2,3	67	7,5	1,5	65	6,5	0,8
400-500	87	5,7	0,7	73	5,4	0,5	83	5,0	2,0	75	6,0	2,0	71	7,3	2,0
500-600	85	5,3	0,9	72	5,6	0,3	79	4,9	1,0	77	6,6	2,2	69	6,2	3,4
600-700	79	5,2	1,1	78	5,1	0,2	58	4,8	1,0	68	5,3	1,6	78	8,3	3,7
	14.00			14.15			14.30			14.45			15.00		
0-100	45	5,1	0,5	31	7,5	0,7	35	5,7	0,3	65	7,7	0,5	59	7,6	2,2
100-200	65	8,2	-0,1	37	8,0	0,6	37	6,4	0,4	56	8,4	0,0	79	7,7	3,1
200-300	67	7,6	-0,0	41	8,1	1,0	44	6,9	0,6	58	8,4	-0,4	64	9,5	2,5
300-400	62	6,9	-0,3	39	8,3	2,2	64	5,7	2,0	60	7,8	-0,8	66	9,1	-0,4
400-500	62	6,9	0,0	41	7,6	4,6	63	6,7	3,0	61	8,1	-0,4	84	9,5	-0,9
500-600	67	7,1	-0,4	39	7,0	4,4	63	6,5	2,2	63	10,3	-0,1	73	9,5	-0,8
600-700	63	8,2	-0,1	48	6,4	3,8	63	5,8	1,9	71	7,8	0,5	81	7,2	-1,0
	15.15			15.30			15.45			16.00			16.15		
0-100	71	6,7	2,2	78	8,2	1,0	63	7,7	-0,1	60	8,2	0,3	52	8,1	0,8
100-200	56	4,1	1,8	68	8,5	0,0	60	10,1	0,6	61	9,4	-0,2	49	9,0	0,5
200-300	58	4,7	1,5	64	8,4	0,9	61	9,8	1,2	59	9,2	-0,6	68	8,7	1,4
300-400	52	6,4	0,2	66	7,9	1,1	60	9,8	1,9	62	9,7	-0,2	63	9,7	1,6
400-500	60	7,9	0,5	59	9,1	1,9	63	9,1	1,8	61	9,5	-0,2	63	8,1	0,3
500-600	68	9,6	-0,2	62	9,1	1,0	71	9,5	1,6	63	8,5	-0,5	59	8,3	1,3
600-700	72	10,3	0,0	60	10,0	0,4	67	9,8	1,5	69	8,6	-0,2	65	10,8	0,6
	16.30			16.45			17.00			17.15			17.30		
0-100	77	7,4	1,1	59	9,6	0,3	61	9,0	0,4	61	6,9	0,7	51	7,5	0,6
100-200	67	8,4	0,6	58	10,2	-0,2	62	10,2	-0,2	60	8,4	0,5	55	9,0	0,8
200-300	61	8,7	0,1	59	8,7	0,4	63	10,5	-0,9	64	8,1	1,1	59	8,9	1,2
300-400	67	8,6	-0,2	60	9,6	0,7	62	10,3	-0,0	60	9,3	1,8	59	7,6	1,1
400-500	75	8,0	-1,0	60	9,1	1,0	56	9,9	1,3	70	9,2	0,5	71	9,2	-0,1
500-600	75	8,1	-0,5	61	9,3	0,9	61	10,6	0,2	74	9,9	0,1	70	9,2	-0,9
600-700	75	8,3	-0,3	60	9,9	0,2	65	8,9	0,2	81	9,8	0,1	72	9,4	-0,2

Tab.3

Meteorologische Werte zur Meßreihe am 29. April 1957

Bodenbeobachtungen Karlsruhe

Dat.	MEZ	Nddff	VVwwW	PPPTT	N _h C _L hC _M C _H	T _d T _d app
29. 4.	10	20504	70020	11519	0 0 9 0 1	08 807
	13	33608	80030	09523	1 1 6 0 2	05 717
	16	50511	82020	07124	2 2 7 0 2	05 724
	19	70401	81032	06622	1 0 9 4 2	06 607

Aerologische Beobachtungen Stuttgart

Dat.	MEZ	h ₁₀₀₀	h ₈₅₀	PPP	TT	T _d T _d	dd	ff
29. 4.	01	110	1460	975	09	07	16	02
				940	14	03	30	01
				871	08	03	30	02
				860	08	01	24	02
				850	08	00	24	02
29. 4.	13	90	1460	974	20	08	02	04
				850	09	03	11	09
30. 4.	01	60	1430	970	14	06	04	02
				950	18	07	10	05
				926	16	06	10	08
				920	17	05	10	10
				882	13	06	11	18
				872	13	01	11	17
				850	11	03	11	16

Tab.4

Meßreihe am 5. Juni 1957

(Leg. wie Tab.2)

h (m)	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z
	4.45			5.00			5.15			5.30			5.45		
0-100	228	6,8	1,3	218	6,2	1,2	219	8,0	1,0	225	6,3	1,1	227	5,8	0,5
100-200	232	9,8	0,8	227	11,2	0,9	236	11,8	0,4	230	9,3	1,2	236	8,4	0,9
200-300	244	12,1	1,1	241	11,7	0,6	242	12,2	0,6	245	10,7	0,6	246	10,2	1,0
300-400	254	12,2	0,3	255	11,9	0,6	255	11,0	-0,1	259	11,2	0,7	252	10,5	1,8
400-500	262	11,7	0,0	242	11,3	0,2	267	11,8	0,1	267	11,5	0,4	273	11,4	-0,0
500-600	265	11,7	0,1	273	10,5	0,0	272	12,5	0,1	270	11,6	0,0	276	12,1	0,4

Tab.4 (Fortsetzung)

	5.50			6.00			6.15			6.30			6.45		
0-100	231	5,6	0,7	228	4,8	0,5	220	5,8	1,0	229	6,3	0,6	221	7,5	1,1
100-200	235	8,1	0,7	233	8,0	0,6	227	8,5	1,1	238	9,5	1,1	236	8,7	0,8
200-300	250	9,4	0,9	245	9,0	0,4	238	9,8	1,1	-	-	-	244	10,4	0,5
300-400	-	-	-	259	9,5	0,0	255	11,7	0,5	-	-	-	251	10,5	0,2
400-500	-	-	-	-	-	-	263	11,0	-0,0	-	-	-	258	10,8	0,1
500-600	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	262	10,2	0,2
	7.00			7.15			7.30			7.45			8.00		
0-100	221	6,9	0,7	222	5,9	0,7	222	6,4	1,2	222	8,1	0,4	226	7,7	1,5
100-200	227	9,6	0,6	228	8,6	0,5	221	7,8	1,4	234	7,7	1,1	224	9,9	0,5
200-300	237	10,4	0,6	241	10,4	0,3	239	8,4	1,4	231	9,2	0,6	228	10,8	1,4
300-400	244	10,5	0,3	250	10,8	-0,2	249	10,1	0,8	236	10,6	0,2	238	11,8	0,1
400-500	248	10,6	0,2	253	10,8	-0,2	258	10,5	0,0	239	10,8	0,3	239	11,0	0,2
500-600	253	10,1	0,4	257	12,0	0,2	262	10,9	0,1	249	10,2	0,2	247	11,4	0,1
	8.15			8.30			8.45			8.50			8.55		
0-100	224	9,1	0,8	223	7,8	0,5	217	9,4	0,5	226	8,9	1,0	215	8,6	0,8
100-200	222	10,8	0,4	227	8,8	0,1	223	8,8	0,6	231	9,8	0,2	225	8,1	0,8
200-300	229	11,1	0,2	228	9,7	0,1	229	8,7	1,3	238	9,8	0,8	219	8,4	1,7
300-400	237	10,0	0,2	234	10,7	0,5	-	-	-	242	10,6	0,2	-	-	-
400-500	241	11,1	0,1	242	9,8	0,2	-	-	-	247	10,5	0,4	-	-	-
500-600	245	11,0	0,1	246	12,5	0,9	-	-	-	246	10,4	0,3	-	-	-
	9.00			9.15			9.30			9.45			10.00		
0-100	227	9,1	0,8	228	8,6	0,4	224	7,5	0,4	236	6,6	0,8	241	6,5	1,3
100-200	230	10,0	0,6	225	9,3	-0,2	234	9,4	0,6	234	7,5	0,8	235	6,6	1,3
200-300	229	10,7	0,4	232	9,4	0,2	236	9,8	0,7	230	7,2	0,9	230	7,0	1,4
300-400	235	10,6	0,3	243	9,9	0,8	-	-	-	-	-	-	228	9,0	0,8
400-500	244	10,7	0,3	251	8,4	0,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
500-600	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	10.15			10.30			10.45			11.15					
0-100	229	7,5	0,7	241	7,7	1,5	217	6,7	1,0	231	8,4	1,3			
100-200	228	8,5	0,6	228	9,6	1,2	228	7,8	0,9	229	9,8	0,9			
200-300	228	8,4	1,2	226	10,5	0,6	227	9,1	1,3	228	9,8	0,8			
300-400	230	9,8	0,6	-	-	-	224	11,5	1,0	233	11,1	1,2			
400-500	237	9,5	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
500-600	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			

Tab.5

Meteorologische Werte zur Meßreihe am 5. Juni 1957

Bodenbeobachtungen Karlsruhe

Dat.	MEZ	Nddff	VVwwW	PPPTT	N _h C _L hC _M C _H	T _d T _d app
5. 6.	01	82409	75038	17017	8 5 5 - -	08 805
	04	72311	75802	16115	6 8 5 3 -	10 711
	07	72409	60038	15814	4 7 4 3 -	12 804
	10	82412	60802	14415	4 7 4 2 -	12 713
	13	62311	60218	12717	6 8 4 3 1	13 716

Tab. 5 (Fortsetzung)

Aerologische Beobachtungen Stuttgart

Dat.	MEZ	h_{1000}	h_{850}	PPP	TT	$T_d T_d$	dd	ff.
5. 6.	01	150	1510	981	14	08	27	06
				970	15	07	26	17
				860	06	06	29	28
				850	06	06	29	29
5. 6.	13	110	1460	976	15	13	22	14
				942	12	09	25	19
				930	12	08	24	19
				850	05	05	24	25

Tab. 6

Meßreihe am 13. September 1957

(Leg. wie Tab. 2)

h (m)	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z
	12.00			12.15			12.30			12.45			13.00		
0-100	222	15,4	0,6	216	14,6	1,0	231	15,0	1,9	-	-	-	213	15,5	0,8
100-200	219	17,4	1,5	218	16,9	0,4	216	15,7	2,0	-	-	-	218	16,5	1,2
200-300	216	18,4	2,0	218	19,6	0,3	218	16,2	2,2	216	17,2	3,9	216	19,1	1,5
300-400	219	18,2	2,3	216	20,1	0,6	217	18,0	2,2	215	21,5	0,2	217	19,7	0,8
400-500	220	20,8	1,2	220	19,4	1,6	221	21,6	0,9	223	20,1	1,0	221	21,8	0,3
500-600	225	22,6	0,7	227	18,5	1,7	224	19,8	-0,1	225	20,6	1,0	228	21,3	0,5
600-700	231	24,6	-0,1	231	20,1	0,9	225	20,9	0,1	228	20,8	0,8	232	20,8	0,1
700-800	232	21,7	-0,6	232	27,9	2,1	234	22,6	0,2	231	23,3	0,7	237	18,6	0,7
	13.15			13.30			13.45			14.00					
0-100	216	16,0	1,5	220	20,6	1,7	215	13,3	1,8	218	13,9	-0,6			
100-200	210	17,0	1,3	221	20,1	1,0	203	15,2	2,0	215	15,6	0,6			
200-300	209	17,3	2,8	216	19,8	1,6	213	17,7	0,9	217	18,4	-0,3			
300-400	221	18,8	1,9	210	19,7	1,5	216	21,8	1,1	216	20,5	-0,9			
400-500	219	21,9	3,6	220	22,3	-0,0	218	20,2	1,2	-	-	-			
500-600	222	21,1	0,9	221	22,3	0,5	224	21,3	0,8	-	-	-			
600-700	224	21,1	1,0	226	20,4	0,0	227	22,8	0,7	-	-	-			
700-800	231	19,0	0,0	226	23,8	1,5	230	19,5	0,7	-	-	-			

Tab. 7

Meteorologische Werte zur Meßreihe am 13. Sept. 1957

Bodenbeobachtungen Karlsruhe

Dat.	MEZ	Nddff	VVwwW	PPPTT	$N_h C_L h C_M C_H$	$T_d T_d^{app}$
13. 9.	10	72517	62258	07812	7 8 4 7 0	09 712
	13	62214	75258	04615	5 8 5 3 0	09 729
	16	72214	81259	06908	3 7 4 4 2	07 320

Tab.7 (Fortsetzung)

Aerologische Beobachtungen Stuttgart

Dat.	MEZ	h_{1000}	h_{850}	PPP	TT	$T_d T_d$	dd	ff
13. 9.	13	60	1410	970	14	10	22	16
				850	04	01	25	33

Tab.8

Meßreihe am 4. Oktober 1957

(Leg. wie Tab.2)

h (m)	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z
	12.00			12.15			12.30			12.45			13.00		
0-100	43	2,6	0,7	9	5,2	1,3	10	5,8	0,3	10	5,1	0,3	31	5,2	0,7
100-200	32	2,7	1,3	16	5,9	0,4	10	5,7	0,7	14	5,3	-0,0	28	5,1	0,5
200-300	17	1,6	1,1	14	5,5	0,1	16	6,0	0,1	14	6,0	0,5	31	5,9	1,2
300-400	24	2,6	0,8	15	5,0	0,1	7	5,5	0,3	15	5,8	1,1	25	5,0	0,8
400-500	357	2,7	0,1	14	4,1	-0,2	2	5,5	0,4	17	6,2	0,3	17	5,4	0,4
500-600	6	2,6	1,1	11	4,4	-0,5	6	5,2	0,4	20	6,3	0,2	9	5,6	0,2
600-700	2	2,8	1,6	12	5,3	-0,0	11	5,3	0,2	19	5,3	-0,1	12	6,7	0,9
	13.15			13.30			13.45			14.00			14.15		
0-100	21	4,7	1,2	45	3,3	0,7	52	4,1	1,3	1	4,9	0,5	20	3,3	0,4
100-200	20	5,2	1,8	38	3,6	1,3	41	4,1	0,5	14	4,9	0,1	23	3,3	0,1
200-300	16	5,7	0,8	34	3,8	1,9	39	3,4	1,2	21	5,1	-0,2	19	4,0	0,3
300-400	20	5,1	0,5	27	3,7	1,3	36	3,7	1,0	20	5,9	0,1	14	4,0	0,6
400-500	17	5,5	0,8	25	3,8	0,0	26	3,5	0,7	22	5,2	0,3	16	4,3	0,9
500-600	19	5,3	1,5	29	3,7	0,9	8	2,8	0,8	14	5,5	-0,0	21	4,4	0,8
600-700	18	5,4	1,7	21	5,0	1,7	2	3,2	0,5	15	6,2	-0,2	11	4,2	1,0
	14.30			14.45			15.00			15.15			15.30		
0-100	27	3,1	0,5	347	4,4	0,5	38	4,6	0,2	19	6,5	1,2	18	4,7	0,6
100-200	13	4,3	0,9	5	5,2	0,6	36	5,0	1,0	21	6,6	0,5	22	5,5	0,3
200-300	355	4,2	0,6	9	5,1	0,2	32	4,5	1,5	28	6,4	1,0	23	5,6	-0,2
300-400	7	4,2	0,6	14	3,8	0,6	29	4,9	2,7	27	6,1	1,2	11	5,0	-0,5
400-500	23	4,5	-0,3	18	3,9	-0,1	19	4,2	2,9	31	6,3	1,7	12	4,6	-0,5
500-600	20	4,7	-0,0	29	3,6	-0,6	4	4,7	3,7	21	4,7	2,2	18	4,8	-0,4
600-700	15	4,6	0,1	28	4,5	0,1	7	4,7	3,7	33	3,0	0,1	11	4,8	-0,6
	15.45			16.00			16.15			16.30			17.15		
0-100	30	5,0	0,6	24	4,4	0,9	24	4,5	0,0	15	6,3	0,5	30	3,7	0,1
100-200	30	5,7	-0,7	22	5,4	0,3	28	5,2	-0,1	18	6,3	0,3	27	5,0	-0,2
200-300	25	5,6	-0,8	23	5,0	0,2	26	5,5	0,3	32	6,1	0,8	21	4,7	0,4
300-400	21	5,6	-0,9	26	5,2	0,2	28	5,4	0,2	29	5,5	0,2	28	5,0	-0,2
400-500	17	5,1	-0,6	26	4,7	0,3	24	4,8	-0,3	41	4,5	1,1	27	5,4	-0,3
500-600	29	5,1	-0,1	17	4,5	0,4	19	5,0	-0,1	41	4,2	0,6	25	5,9	-0,0
600-700	-	-	-	16	4,2	0,8	15	4,5	0,6	44	3,6	0,5	24	5,6	-0,4

Tab.8 (Fortsetzung)

	17.30			17.45			18.00			18.15			18.30		
0-100	25	5,3	0,2	33	4,2	0,1	45	3,9	0,3	33	4,1	0,6	34	4,3	0,1
100-200	29	5,8	0,3	32	5,8	-0,0	30	5,8	0,5	33	6,5	0,5	34	6,8	-0,3
200-300	31	6,5	-0,0	29	6,5	0,1	36	7,1	-0,1	34	6,1	0,4	34	6,8	-0,4
300-400	29	6,4	0,1	25	6,1	0,1	33	6,6	0,0	34	6,0	0,6	37	6,7	-0,4
400-500	27	6,0	0,8	28	6,1	0,2	33	6,4	0,3	33	6,0	0,8	35	5,7	-0,3
500-600	34	5,2	-0,1	24	4,7	0,2	27	4,6	-0,0	32	6,1	0,5	38	5,7	-0,3
600-700	39	5,6	0,1	34	5,4	0,0	27	4,9	0,1	31	5,4	0,4	31	4,5	-0,7

	18.45			19.00		
0-100	38	4,7	0,4	46	4,7	0,3
100-200	37	6,8	0,1	39	7,3	0,0
200-300	33	6,6	0,2	40	7,1	-0,2
300-400	35	6,2	0,2	37	6,6	-0,2
400-500	37	5,6	0,1	36	6,0	-0,2
500-600	36	5,1	0,1	33	5,8	-0,2
600-700	37	5,1	0,3	33	5,7	-0,1

Tab.9

Meteorologische Werte zur Meßreihe am 4. Okt. 1957

Bodenbeobachtungen Karlsruhe

Dat.	MEZ	Nddff	VVwwW	PPPTT	N _h C _L hC _M C _H	T _d T _d app
4.10.	10	23402	60034	25511	1 1 5 4 0	05 213
	13	63610	75024	26312	4 8 5 3 0	05 209
	16	40206	80022	25412	3 8 6 4 0	02 609
	19	10602	60010	26909	1 0 9 4 0	02 313

Aerologische Beobachtungen Stuttgart

Dat	MEZ	h ₁₀₀₀	h ₈₅₀	PPP	TT	T _d T _d	dd	ff
4.10.	13	210	1540	987	10	04	31	06
				900	03	03	33	09
				868	01	01	33	10
				850	01	52	33	10
5.10	01	220	1530	988	04	02	14	04
				965	06	50	13	07
				928	04	51	12	08
				870	51	53	09	06
				860	00	54	08	06
		850	51	55	08	04		

Tab.10 (Fortsetzung)

	19.30			19.45			20.00			20.15			20.30		
0-100	17	2,9	0,0	25	2,6	0,0	44	2,6	-0,0	41	2,2	-0,2	40	2,5	0,1
100-200	67	2,3	-0,1	68	2,6	0,0	83	2,9	-0,0	82	2,4	-0,0	80	2,2	-0,1
200-300	102	1,3	-0,2	108	1,3	-0,1	112	1,0	-0,1	61	0,5	-0,1	48	0,9	-0,2
300-400	76	0,7	-0,1	85	0,6	-0,2	93	0,9	-0,1	137	0,5	-0,2	101	0,6	0,0
400-500	122	1,8	-0,0	117	1,7	-0,2	114	2,0	-0,1	79	1,5	-0,1	116	2,1	-0,1
500-600	135	1,8	-0,3	121	1,2	-0,1	126	1,7	0,0	-	-	-	116	2,0	0,0
600-700	157	1,4	0,0	153	1,8	0,0	141	2,2	-0,1	-	-	-	168	3,1	0,3
700-800	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

	20.45			21.00			21.15			21.30		
0-100	51	2,5	-0,0	37	2,5	0,0	28	2,7	-0,1	17	2,9	0,1
100-200	80	2,1	-0,1	70	1,8	0,1	65	2,2	0,1	56	2,7	-0,1
200-300	51	0,9	0,1	63	1,4	0,2	50	1,1	0,1	72	1,1	-0,1
300-400	72	0,7	0,1	1	0,8	0,1	48	0,6	0,1	31	0,8	-0,1
400-500	-	-	-	105	2,1	0,0	99	1,6	0,0	97	1,9	-0,0
500-600	-	-	-	118	2,6	0,1	106	2,7	-0,1	97	2,8	-0,2
600-700	-	-	-	173	3,4	0,1	174	2,7	-0,2	162	2,2	0,0

Tab.11

Meteorologische Werte zur Meßreihe am 15. Nov. 1957

Bodenbeobachtungen Karlsruhe.

Dat.	MEZ	Nddff	VVwwW	PPPTT	N _h C _L hC _M C _H	T _d T _d app
15.11	13	70000	58032	26608	2 0 9 3 6	03 801
	16	80202	58022	26608	2 0 9 3 7	04 201
	19	80402	30102	27105	1 0 9 4 7	04 203
	22	70000	35102	27504	1 0 9 4 8	02 203

Aerologische Beobachtungen Stuttgart

Dat	MEZ	h ₁₀₀₀	h ₈₅₀	PPP	TT	T _d T _d	dd	ff
15.11.	13	220	1550	988	05	02	14	02
				965	04	00	15	03
				915	10	53	18	06
				850	05	56	21	10
16.11.	01	230	1570	989	04	03	11	03
				950	10	00	18	07
				910	09	52	18	07
				850	04	51	24	06

Tab.12

Meßreihe am 11. März 1958

(Leg. wie Tab.2)

h (m)	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z					
		3.10				3.20				3.30				3.45				4.00		
0-100	69	4,1	0,3	68	4,1	0,3	60	4,2	0,2	-	-	-	-	-	-	46	4,4	0,1		
100-200	114	4,9	0,2	108	5,0	0,4	104	5,2	0,2	-	-	-	-	-	-	92	4,9	0,1		
200-300	118	7,7	0,2	116	7,5	0,0	115	7,5	-0,1	-	-	-	-	-	-	112	6,6	0,1		
300-400	116	9,4	-0,1	117	8,2	0,0	116	7,8	-0,0	113	7,4	-0,2	113	6,8	-0,0	113	6,8	-0,0		
400-500	119	9,2	0,0	123	8,7	0,6	118	7,8	0,7	119	7,1	-0,2	111	7,3	-0,0	111	7,3	-0,0		
500-600	118	7,3	-0,5	117	7,9	0,5	115	6,7	0,3	115	8,1	0,2	104	6,3	-0,3	104	6,3	-0,3		
600-700	110	6,5	0,2	109	6,7	0,3	103	7,0	-0,0	110	7,6	0,2	98	5,9	-0,1	98	5,9	-0,1		
		4.15				4.30				4.45				5.15				5.30		
0-100	39	4,7	0,2	44	5,0	0,1	44	4,8	0,2	44	4,5	0,2	42	4,7	-0,0	42	4,7	-0,0		
100-200	78	4,8	-0,1	86	5,3	0,0	85	4,9	0,0	82	5,5	0,1	81	5,7	-0,1	81	5,7	-0,1		
200-300	109	6,7	-0,2	108	6,3	0,1	109	6,1	0,3	104	5,8	0,0	100	6,7	-0,1	100	6,7	-0,1		
300-400	109	6,9	-0,0	104	7,2	-0,2	102	6,8	0,0	101	7,4	-0,0	104	7,7	-0,2	104	7,7	-0,2		
400-500	105	6,9	-0,3	106	6,9	-0,1	100	6,8	0,1	98	6,6	0,1	100	7,5	-0,3	100	7,5	-0,3		
500-600	106	7,2	-0,2	110	6,3	-0,3	104	6,5	0,2	105	5,9	0,0	102	6,3	-0,3	102	6,3	-0,3		
600-700	94	5,5	-0,6	106	6,6	0,2	106	6,4	0,2	106	6,0	0,0	104	6,2	0,0	104	6,2	0,0		
		5.45				6.00				6.15				6.30				6.45		
0-100	43	4,5	0,0	35	4,6	0,4	30	4,9	0,3	32	5,6	0,3	29	6,2	0,2	29	6,2	0,2		
100-200	83	6,1	0,1	71	6,2	-0,0	69	6,2	-0,1	62	6,6	0,5	62	7,0	0,1	62	7,0	0,1		
200-300	98	7,2	-0,2	97	7,5	-0,1	97	7,3	-0,4	91	6,6	0,3	88	6,5	0,0	88	6,5	0,0		
300-400	108	7,3	-0,2	104	7,1	0,0	103	7,3	-0,2	101	7,5	0,0	100	7,7	-0,0	100	7,7	-0,0		
400-500	101	6,9	0,0	100	6,5	-0,1	97	6,4	-0,1	107	7,6	0,1	107	8,2	-0,3	107	8,2	-0,3		
500-600	97	6,2	-0,4	96	6,9	0,1	97	6,6	-0,2	104	7,4	-0,1	98	7,6	-0,3	98	7,6	-0,3		
600-700	102	7,5	0,0	97	6,6	-0,0	-	-	-	99	7,1	-0,1	97	7,9	-0,2	97	7,9	-0,2		
		7.00				7.15				7.30				7.45				8.00		
0-100	32	6,1	0,6	30	6,2	0,5	32	6,2	0,2	30	6,1	0,4	31	5,4	0,3	31	5,4	0,3		
100-200	66	7,0	0,6	63	7,1	0,6	62	6,5	0,4	63	6,3	0,8	57	6,1	0,2	57	6,1	0,2		
200-300	89	6,3	0,3	88	7,2	0,2	87	7,5	-0,0	85	7,4	0,3	75	7,0	-0,0	75	7,0	-0,0		
300-400	97	7,1	0,2	96	7,7	0,2	92	7,6	0,5	90	7,5	0,2	90	7,7	-0,0	90	7,7	-0,0		
400-500	99	7,2	0,2	106	8,4	0,1	102	7,9	0,4	100	7,6	0,0	99	7,2	0,2	99	7,2	0,2		
500-600	105	8,5	0,1	105	7,9	-0,1	104	8,2	0,4	100	8,1	0,1	99	8,6	0,1	99	8,6	0,1		
600-700	97	7,9	-0,2	95	8,0	-0,2	92	7,8	0,1	89	7,5	-0,0	89	7,8	-0,2	89	7,8	-0,2		
		8.30				8.45				9.15				9.30				9.45		
0-100	29	5,1	0,7	30	3,7	0,5	20	5,4	1,0	17	4,7	0,6	19	4,5	0,6	19	4,5	0,6		
100-200	59	5,7	0,7	65	5,2	0,4	62	5,3	0,7	50	4,4	0,5	42	4,6	0,8	42	4,6	0,8		
200-300	75	6,6	0,5	79	6,5	0,2	75	7,3	0,3	72	6,8	0,3	67	6,3	0,5	67	6,3	0,5		
300-400	87	7,5	0,0	86	7,5	0,1	89	6,4	0,3	84	6,6	0,2	78	6,5	0,6	78	6,5	0,6		
400-500	100	7,5	-0,0	104	7,6	0,1	104	7,4	0,3	98	7,1	0,1	97	7,1	0,7	97	7,1	0,7		
500-600	102	8,3	-0,0	106	8,1	0,1	106	8,4	0,4	104	7,9	0,2	101	7,6	0,3	101	7,6	0,3		
600-700	87	8,1	0,2	98	8,3	0,7	96	7,9	0,4	95	8,0	0,6	88	7,3	-0,1	88	7,3	-0,1		
		10.00				10.15				10.30				10.45				11.00		
0-100	19	4,0	0,9	17	3,6	0,7	25	4,6	0,3	26	4,2	0,9	32	4,5	1,0	32	4,5	1,0		
100-200	50	4,3	0,4	45	4,9	0,4	45	4,7	0,7	38	5,2	0,4	42	4,6	0,8	42	4,6	0,8		
200-300	66	5,9	0,1	64	6,0	0,3	62	5,9	0,7	55	5,9	0,6	57	5,7	0,4	57	5,7	0,4		
300-400	76	6,3	0,5	77	6,5	-0,0	77	6,4	0,4	67	6,3	0,6	55	6,6	0,6	55	6,6	0,6		
400-500	94	7,0	0,0	92	7,1	0,1	89	6,7	0,4	83	6,1	0,5	72	6,1	0,2	72	6,1	0,2		
500-600	98	7,1	0,1	94	7,0	0,2	96	7,0	0,2	89	6,8	0,4	83	6,7	-0,0	83	6,7	-0,0		
600-700	88	7,0	-0,1	84	6,4	0,2	83	6,8	0,2	86	6,8	0,4	86	6,7	0,0	86	6,7	0,0		

Tab.13

Meteorologische Werte zur Meßreihe am 11. März 1958

Bodenbeobachtungen Karlsruhe

Dat.	MEZ	Nddff	VVwwW	PPPTT	N _h C _L h _M C _H	T _d T _d app
11. 3.	07	80403	20100	02058	6 6 3 - -	59 608
	10	60203	30102	02054	0 0 9 0 -	57 103
	13	80708	56032	02300	3 0 9 7 6	55 205

Aerologische Beobachtungen Stuttgart

Dat.	MEZ	h ₁₀₀₀	h ₈₅₀	PPP	TT	T _d T _d	dd	ff
11. 3.	01	40	1310	966	54	56	00	00
				940	55	57	15	05
				900	58	59	17	06
				885	58	60	17	04
				850	61	63	19	07
11. 3.	13	20	1300	964	50	55	04	07
				910	56	58	07	10
				900	56	60	07	08
				850	60	63	07	13

Tab.14

Meßreihe am 30. Mai 1958

(Leg. wie Tab.2)

h (m)	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z
		1.15		1.30			1.45			2.00			2.15					
0-100	98	4,8	0,3	102	4,1	0,3	89	4,0	0,3	85	3,9	-0,2	89	3,7	0,3			
100-200	129	5,8	0,3	128	4,9	0,3	148	4,7	0,5	131	4,8	-0,1	135	4,6	0,3			
200-300	143	7,6	-0,0	144	6,3	0,5	154	5,4	0,2	147	5,0	-0,0	155	4,6	0,5			
300-400	152	8,1	0,2	160	6,4	0,1	175	4,8	0,4	163	4,8	0,1	186	3,0	0,3			
400-500	170	5,5	0,5	182	5,2	0,2	185	4,2	0,5	175	3,3	-0,3	191	3,8	0,3			
500-600	163	5,0	1,1	187	3,5	0,1	197	2,7	0,1	196	2,4	-0,3	196	5,3	0,4			
600-700	151	3,9	0,6	173	2,5	-0,2	201	2,0	0,4	206	1,9	-0,0	193	4,5	0,9			
		2.30		2.45			3.00			3.15			3.30					
0-100	109	3,4	0,4	110	3,9	0,5	126	1,8	0,1	119	2,4	-0,0	125	2,1	0,3			
100-200	142	4,2	0,4	140	4,6	0,6	147	3,6	0,4	154	2,1	0,0	151	2,3	0,3			
200-300	162	3,5	0,5	181	2,1	0,2	214	2,1	-0,1	244	2,0	-0,0	211	3,6	0,5			
300-400	197	2,1	0,2	212	2,7	0,2	222	3,4	-0,1	-	-	-	202	5,1	0,5			
400-500	187	4,7	0,3	199	4,6	0,2	206	5,8	0,2	-	-	-	231	4,1	0,2			
500-600	193	5,0	0,2	203	5,7	0,1	209	6,8	0,3	-	-	-	-	-	-			
600-700	201	3,8	0,3	210	5,4	0,3	209	5,2	0,1	-	-	-	-	-	-			

Tab.14 (Fortsetzung)

	3.45			4.00			4.15			4.30			4.45		
0-100	111	1,8	0,1	85	2,1	0,1	78	2,3	-0,0	91	2,9	0,3	48	1,7	-0,2
100-200	166	1,9	0,1	150	1,8	0,2	134	2,1	0,0	117	2,0	-0,0	126	1,1	-0,3
200-300	194	3,8	-0,1	183	3,0	0,1	176	1,6	0,0	154	1,5	-0,1	180	1,7	-0,2
300-400	212	3,4	-0,0	231	1,9	-0,0	285	2,0	0,1	322	1,4	-0,0	276	0,9	-0,1
400-500	245	3,8	-0,2	277	3,3	0,1	275	3,6	0,1	258	2,3	0,1	281	2,1	-0,1
500-600	264	4,6	-0,0	266	3,9	-0,0	233	4,5	0,1	238	3,2	-0,0	238	3,5	0,0
600-700	257	5,1	-0,3	264	4,2	0,2	250	3,7	-0,2	253	2,9	0,2	247	3,6	0,5
	5.00			5.15			5.30			5.45			6.00		
0-100	46	2,2	-0,1	10	1,8	0,1	335	1,7	0,5	46	2,6	0,2	58	1,9	0,1
100-200	91	1,0	0,2	81	1,1	0,2	73	1,0	-0,2	77	1,7	0,4	115	1,4	0,3
200-300	115	1,3	0,1	224	1,4	0,2	245	1,3	0,0	148	0,6	0,4	225	1,1	-0,0
300-400	8	0,9	-0,0	250	0,8	0,3	348	0,6	-0,1	279	0,8	0,3	233	0,7	-0,0
400-500	293	2,0	0,2	312	1,8	0,2	294	1,7	-0,1	280	1,4	0,3	289	1,1	-0,2
500-600	239	3,2	0,0	252	2,8	0,0	245	3,6	0,1	240	2,8	0,4	235	2,8	-0,0
600-700	253	3,3	0,3	246	3,2	0,1	251	2,6	0,2	242	1,9	0,2	245	2,1	0,1
	6.15			6.30			6.45			7.00			7.15		
0-100	314	0,9	0,1	262	2,0	0,2	5	1,5	0,2	231	3,7	0,2	243	1,7	0,8
100-200	201	0,8	0,3	207	2,0	-0,1	360	0,9	0,0	230	4,5	-0,1	218	3,4	0,2
200-300	242	1,8	0,3	237	3,2	0,3	68	0,6	-0,1	229	4,4	-0,1	237	5,9	-0,3
300-400	207	1,8	0,6	219	3,1	0,2	186	1,2	0,1	222	4,5	0,2	232	4,4	0,0
400-500	218	1,2	0,3	207	2,1	0,1	217	2,6	0,8	231	3,5	0,4	222	4,3	-0,2
500-600	238	2,3	0,2	217	3,2	0,0	235	4,5	0,3	217	2,9	-0,1	220	4,0	-0,3
600-700	232	4,5	0,2	213	4,4	0,0	234	5,4	0,1	224	5,1	0,0	223	5,7	-0,4
	7.30			7.45			8.00			8.30			8.45		
0-100	250	1,5	0,2	257	2,7	0,3	254	-	-	197	1,4	0,3	222	2,3	0,5
100-200	229	4,0	0,2	230	5,3	0,2	243	4,6	0,3	222	2,9	0,3	237	3,2	-0,0
200-300	238	4,7	0,0	246	7,7	0,5	232	6,8	0,0	222	8,0	0,3	224	7,8	1,0
300-400	224	3,2	0,1	246	6,3	0,1	228	7,8	0,0	224	8,7	0,1	221	10,3	0,4
400-500	219	4,1	0,4	249	5,1	0,3	226	11,6	0,7	239	8,7	0,2	234	9,2	0,2
500-600	215	4,5	0,4	228	7,9	0,6	229	10,6	0,4	247	8,5	-0,2	246	8,4	-0,1
600-700	228	8,6	1,0	226	9,7	0,4	237	9,6	0,6	252	8,2	-0,2	246	8,8	-0,2
	9.00			9.15			9.30			9.45			10.00		
0-100	184	1,9	1,1	-	-	-	268	4,0	1,2	249	4,4	1,6	243	4,8	2,1
100-200	208	3,9	0,6	-	-	-	255	4,1	1,3	238	6,9	1,8	241	6,9	1,9
200-300	219	7,5	0,1	-	-	-	241	5,6	1,3	228	7,8	1,4	214	7,3	1,0
300-400	230	8,0	0,4	-	-	-	233	9,6	1,2	220	12,1	1,1	216	9,1	2,1
400-500	242	8,4	0,5	-	-	-	223	12,5	0,3	216	13,6	0,4	210	12,4	0,6
500-600	235	10,3	0,3	229	9,0	0,1	223	12,7	0,3	211	12,9	0,2	214	15,3	0,5
600-700	229	10,5	0,5	226	11,0	0,4	222	11,9	0,2	218	13,8	0,6	225	15,3	0,5
	10.15			10.30			10.45			11.00					
0-100	230	6,1	1,6	231	10,5	1,5	238	7,6	1,4	233	8,0	1,8			
100-200	220	8,6	1,0	229	14,1	1,5	238	11,2	1,0	234	11,2	3,1			
200-300	218	9,8	0,9	227	14,9	0,7	231	10,6	1,6	232	14,8	0,7			
300-400	223	11,6	0,8	227	15,0	0,5	232	15,2	0,8	229	17,1	-0,1			
400-500	227	13,1	-0,7	228	14,6	1,4	229	15,8	1,0	233	16,3	0,0			
500-600	234	16,4	0,5	232	13,3	0,1	235	17,1	0,0	238	16,0	0,7			
600-700	237	14,8	0,1	239	11,6	0,4	237	16,8	0,0	241	16,8	0,2			

Tab.15

Meteorologische Werte zur Meßreihe am 30. Mai 1958

Bodenbeobachtungen Karlsruhe

Dat.	MEZ	Nddff	VVwwW	PPPTT	N _h C _L hC _M C _H	T _d T _d ^{app}
29. 5.	22	70000	70032	14615	0 0 9 0 6	10 502
30. 5.	07	82202	24102	13812	3 0 9 3 7	10 604
	10	82507	58022	14017	2 5 7 7 -	12 004
	13	82417	65612	14615	5 5 6 2 -	11 306

Aerologische Beobachtungen Stuttgart

Dat.	MEZ	h ₁₀₀₀	h ₈₅₀	PPP	TT	T _d T _d	dd	ff
30. 5.	01	130	1500	979	14	09	08	04
				960	16	07	12	11
				900	12	08	14	17
				850	09	05	18	07
30. 5.	13	120	1490	977	17	10	32	05
				850	06	05	30	05

Tab.16

Meßreihe am 30. Juli 1958

(Leg. wie Tab.2)

h (m)	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z
	11.30			11.45			12.00			12.15			12.30		
0-100	217	7,2	1,1	226	7,6	0,6	222	7,7	1,0	215	5,9	1,6	232	7,8	1,0
100-200	220	8,7	0,5	236	8,6	2,2	223	9,4	0,3	212	7,0	1,6	233	8,0	0,1
200-300	222	8,8	-0,2	234	10,1	0,6	226	9,2	-0,6	219	8,0	1,0	222	7,9	0,2
300-400	226	8,7	-0,0	240	9,7	0,4	228	8,8	-0,4	232	7,2	0,2	227	9,8	-0,0
400-500	229	9,3	0,2	235	9,5	0,1	236	8,3	-0,1	238	8,1	0,5	225	10,4	-0,7
500-600	234	7,1	0,0	241	11,1	0,1	231	9,7	0,7	235	8,5	-0,0	230	11,0	0,0
600-700	242	7,0	0,1	237	10,3	0,6	230	9,0	0,6	241	8,3	1,0	229	8,7	0,4
	12.45			13.00			13.15			13.30			13.45		
0-100	240	6,7	0,4	240	7,3	0,5	213	6,4	1,4	228	5,5	0,5	231	4,7	0,1
100-200	236	6,5	-0,3	232	8,1	1,1	217	7,4	1,1	231	5,1	0,3	235	6,0	-0,5
200-300	233	7,3	-0,7	234	8,4	1,0	219	6,7	1,4	233	5,4	0,3	233	6,1	-0,1
300-400	231	7,7	-0,2	230	7,6	1,0	225	7,5	1,0	240	6,6	0,0	234	6,0	-0,0
400-500	231	7,6	0,9	223	7,4	-0,0	235	7,1	0,8	238	6,8	0,1	238	5,8	0,0
500-600	230	8,9	0,6	233	7,4	-0,2	239	6,2	-0,2	244	6,4	0,1	235	6,0	0,2
600-700	230	7,5	0,8	234	6,7	0,6	239	5,1	-0,5	247	6,1	0,1	233	6,1	0,1

Tab.16 (Fortsetzung)

	14.00	14.15	14.30	14.45	15.00
0-100	243 5,3 1,1	260 4,8 0,3	239 3,5 0,7	219 3,7 0,7	207 5,1 1,3
100-200	251 6,0 1,6	251 5,0 0,3	237 4,0 0,4	222 4,7 0,8	217 6,4 1,8
200-300	236 6,4 1,6	250 4,6 1,4	232 5,0 0,6	210 5,3 0,7	224 6,1 0,4
300-400	235 6,5 1,1	246 5,2 0,9	231 5,9 0,7	225 6,7 1,1	223 6,1 0,4
400-500	234 5,7 1,2	245 5,8 0,9	231 6,7 0,7	230 6,2 0,7	223 7,2 0,4
500-600	234 5,8 1,2	242 4,7 1,0	233 7,5 1,0	231 6,8 1,0	246 7,8 0,5
600-700	239 6,1 1,1	241 5,0 0,6	232 9,2 1,3	242 7,5 0,8	246 8,1 0,8
	15.30	15.45	16.00	16.15	16.30
0-100	189 3,7 2,0	183 4,4 0,3	185 4,4 0,8	176 4,3 1,2	189 4,0 0,8
100-200	184 4,4 1,2	195 5,0 0,5	203 5,3 0,4	210 5,3 0,6	216 5,2 0,4
200-300	196 5,1 1,3	209 5,5 0,6	224 5,8 0,2	226 5,8 -0,0	233 5,9 0,2
300-400	228 6,5 0,8	232 6,4 0,6	238 6,5 -0,0	247 6,4 -0,2	242 6,1 0,0
400-500	244 7,2 -0,0	247 7,2 -0,1	247 6,9 -0,1	254 6,9 0,0	249 6,7 0,1
500-600	254 8,2 -0,2	257 8,2 -0,1	256 7,2 0,0	257 7,4 -0,1	252 6,7 0,0
600-700	254 8,6 0,4	262 8,8 -0,2	263 8,4 0,1	259 8,0 -0,0	259 7,8 0,1
	16.45	17.00	17.15	17.30	17.45
0-100	212 2,9 0,7	229 4,6 0,9	232 4,1 0,9	225 3,7 0,9	229 4,1 0,4
100-200	213 5,2 0,5	230 4,8 0,5	232 4,9 0,9	222 4,5 0,3	229 4,4 0,2
200-300	214 6,7 0,1	218 3,7 0,8	228 5,1 0,4	240 5,1 0,4	246 5,9 1,0
300-400	237 5,8 0,6	234 4,9 -0,2	229 5,7 0,9	248 6,2 0,2	256 6,2 -0,1
400-500	251 6,5 1,0	254 5,6 0,4	256 6,3 0,5	251 6,2 0,1	259 5,8 -0,2
500-600	256 6,4 0,2	254 6,2 0,2	259 6,6 0,3	253 6,2 0,4	264 5,5 0,1
600-700	260 7,4 0,5	262 3,8 0,4	258 7,1 0,5	259 6,4 0,4	261 6,7 0,9
	18.00	18.15	18.30	18.45	19.00
0-100	198 3,8 0,2	224 3,2 1,1	225 4,3 0,0	232 3,8 0,2	233 3,1 0,2
100-200	201 3,5 0,2	228 4,0 0,8	227 5,0 0,3	234 3,7 0,8	241 3,4 0,5
200-300	210 3,1 0,2	213 3,4 0,9	230 5,3 0,8	246 4,7 0,8	244 4,2 0,6
300-400	231 4,0 1,0	221 4,6 0,9	241 5,0 0,8	253 5,0 0,4	250 5,5 1,0
400-500	252 5,0 0,5	236 5,8 0,5	252 5,8 0,1	259 6,8 0,3	257 6,4 0,2
500-600	256 5,6 0,8	247 5,7 1,0	260 7,0 -0,3	262 7,2 -0,4	261 6,8 0,2
600-700	257 6,1 0,1	255 6,6 0,5	259 7,4 -0,4	265 7,3 -0,2	262 7,0 0,0
	19.15	19.30	19.45	20.00	20.15
0-100	234 3,3 0,1	243 3,0 0,2	260 3,5 0,4	270 3,5 0,1	274 3,1 0,3
100-200	248 4,7 0,3	260 5,0 0,1	259 4,7 0,0	252 3,8 0,2	266 3,4 0,5
200-300	254 5,8 -0,0	260 5,6 0,3	259 4,9 -0,1	256 4,0 0,1	262 4,1 0,4
300-400	257 5,7 -0,1	262 6,0 0,2	257 4,9 0,0	257 4,6 0,5	263 4,2 0,1
400-500	257 6,2 -0,5	260 6,0 -0,1	252 4,8 0,2	256 5,1 0,0	261 5,2 0,6
500-600	258 6,3 -0,4	257 6,6 -0,3	254 5,8 0,4	254 5,7 -0,1	264 5,9 0,2
600-700	256 6,5 -0,3	253 7,0 -0,1	256 6,1 0,1	255 6,0 0,0	262 6,2 0,0
	20.30	20.45	21.00	21.15	21.30
0-100	279 3,2 0,1	282 2,5 -0,1	288 2,4 -0,1	291 1,5 -0,1	252 1,1 0,4
100-200	272 3,4 0,1	279 3,6 -0,1	285 3,2 -0,0	292 2,3 -0,1	299 3,2 0,1
200-300	264 3,1 -0,0	276 3,3 -0,1	279 3,1 -0,1	279 2,4 -0,0	296 3,7 0,2
300-400	265 4,0 0,0	272 3,3 -0,0	273 3,4 -0,3	271 3,2 -0,0	296 3,4 0,0
400-500	267 4,3 0,1	270 4,1 0,1	269 4,1 -0,1	264 3,6 -0,1	290 4,5 0,0
500-600	264 5,2 -0,1	269 4,6 0,2	264 4,9 0,0	261 4,8 0,0	285 4,9 0,3
600-700	259 6,0 -0,2	263 5,8 -0,0	256 5,9 -0,2	253 6,2 0,3	277 5,3 0,3

Tab.16 (Fortsetzung)

	21.45			22.00			22.15			22.30		
0-100	190	1,3	0,2	245	1,5	-0,0	230	2,3	0,1	200	2,5	0,0
100-200	278	2,2	0,3	284	3,5	0,1	276	4,7	0,4	280	3,7	0,1
200-300	287	4,3	-0,1	282	5,4	0,2	286	6,5	0,3	282	5,8	-0,0
300-400	282	4,9	-0,1	283	7,1	0,4	286	6,8	0,5	283	5,6	-0,1
400-500	278	5,8	-0,0	284	6,8	0,4	286	7,3	0,3	285	5,4	-0,1
500-600	280	6,4	0,0	281	7,0	0,6	288	7,7	0,2	284	6,1	-0,0
600-700	280	6,7	-0,1	282	7,0	0,7	285	7,0	0,1	274	7,9	0,2

Tab.17

Meteorologische Werte zur Meßreihe am 30. Juli 1958

Bodenbeobachtungen Karlsruhe

Dat.	MEZ	Nddff	VVwwW	PPPTT	N _h C _L hC _M C _H	T _d T _d ^{app}
30. 7.	10	72303	82022	19522	6 8 5 7 -	15 104
	13	62311	83032	19024	5 8 5 1 -	16 804
	16	72008	83022	19223	5 8 6 1 -	17 202
	19	12406	82012	19024	1 2 6 4 0	18 702
	22	20000	80010	20620	1 5 6 4 0	17 314

Aerologische Beobachtungen Stuttgart

Dat.	MEZ	h ₁₀₀₀	h ₈₅₀	PPP	TT	T _d T _d	dd	ff
30. 7.	13	170	1550	984	22	15	26	02
				950	18	14	24	06
				900	14	14	20	07
				850	10	10	23	12
31. 7.	01	180	1570	985	19	17	19	02
				965	20	15	22	07
				850	11	10	25	13

Tab.18

Meßreihe am 28. Oktober 1958

(Leg. wie Tab.2)

h (m)	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z
	9.45			10.00			10.15			10.30			11.00		
0-100	8	1,0	0,2	14	2,5	0,6	14	2,7	0,4	18	3,4	0,3	21	2,3	0,7
100-200	44	1,9	0,6	25	2,3	0,9	55	2,5	0,4	68	2,1	0,7	72	2,1	0,5
200-300	72	3,7	0,3	83	2,4	0,9	99	3,3	0,8	102	2,8	0,2	102	2,4	0,4
300-400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	97	6,2	0,3
400-500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	104	8,2	0,3
500-600	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	98	6,3	-0,0

Tab.18 (Fortsetzung)

	11.15			11.35			11.45			11.50			12.00		
0-100	67	1,8	0,0	333	2,3	1,4	320	1,9	0,7	333	2,0	0,6	344	2,0	0,4
100-200	72	1,5	-0,4	16	1,9	0,8	13	2,6	1,0	11	2,4	0,5	29	2,4	0,6
200-300	83	1,5	0,3	26	2,7	0,4	51	2,9	0,6	57	3,2	-0,1	43	3,9	0,6
300-400	98	4,2	-0,1	87	4,7	0,0	-	-	-	63	4,7	0,2	-	-	-
400-500	105	7,9	-0,3	104	6,9	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
500-600	101	6,3	-0,0	105	6,3	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tab.19

Meteorologische Werte zur Meßreihe am 28. Okt. 1958

Bodenbeobachtungen Karlsruhe

Dat.	MEZ	Nddff	VVwwW	PPPTT	N _h C _L hC _M C _H	T _d T _d app
28.10.	07	00000	02444	28451	0 0 9 0 0	52 602
	10	30703	14104	28404	3 6 2 0 0	03 002
	13	20704	50014	27209	2 1 4 0 0	04 708

Aerologische Beobachtungen Stuttgart

Dat.	MEZ	h ₁₀₀₀	h ₈₅₀	PPP	TT	T _d T _d	dd	ff
28.10	01	240	1580	991	04	03	16	06
				935	09	01	14	14
				915	07	01	12	05
				895	10	54	10	09
				860	09	57	06	06
				850	08	58	06	06
28.10	13	230	1570	990	05	03	18	03
				960	02	02	15	08
				930	11	01	12	12
				905	09	50	10	11
				895	11	54	08	11
				865	08	56	07	09
				850	09	57	07	09

Tab.20

Meßreihe am 3. März 1959

(Leg. wie Tab.2)

h (m)	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z
	15.45			16.00			16.15			16.30			16.45		
0-100	192	0,7	0,1	134	0,6	0,0	255	0,6	-0,0	62	1,7	0,0	309	1,1	0,1
100-200	146	2,4	0,0	147	1,4	0,1	158	1,2	-0,0	102	1,6	-0,1	208	0,6	-0,0
200-300	190	2,1	0,2	203	1,8	0,0	199	1,5	0,1	131	1,5	0,1	193	1,1	-0,4
300-400	218	2,7	0,0	205	3,1	0,0	204	2,8	0,0	158	2,4	0,3	177	2,4	-0,4
400-500	226	4,2	-0,0	218	4,0	0,1	210	3,6	0,0	210	2,8	0,4	209	3,2	-0,2
500-600	-	-	-	233	6,1	0,2	222	5,1	-0,2	204	3,8	0,4	214	4,5	-0,3
600-700	-	-	-	222	5,7	0,2	218	5,9	-0,0	199	4,5	0,5	-	-	-

Tab. 20 (Fortsetzung)

	17.00			17.15			17.30			17.45			18.00		
0-100	325	1,5	0,1	298	1,4	0,0	329	1,5	0,0	26	1,1	-0,0	319	0,7	-0,1
100-200	279	1,1	0,3	279	1,2	0,1	328	1,1	0,0	59	1,1	0,2	172	0,5	-0,1
200-300	227	1,2	0,5	207	1,1	-0,0	257	0,9	-0,0	124	0,9	0,2	183	1,0	-0,1
300-400	184	2,0	0,5	166	2,3	0,1	140	1,7	-0,3	142	1,7	0,3	177	1,7	-0,1
400-500	191	2,8	0,3	199	2,4	-0,4	190	2,2	-0,1	193	2,1	0,4	188	2,3	0,0
500-600	219	4,0	0,4	213	4,1	-0,3	204	3,4	-0,4	199	3,5	0,3	206	3,1	-0,1
600-700	209	4,9	0,0	211	4,3	-0,3	201	3,9	-0,1	207	3,4	0,2	203	4,1	0,0
	18.15			18.30			18.45			19.00			19.15		
0-100	210	0,8	-0,1	294	0,5	-0,1	320	0,6	-0,1	267	0,9	-0,1	244	0,9	0,1
100-200	193	0,9	-0,4	241	0,5	0,1	284	0,8	-0,0	266	1,0	-0,1	282	1,7	0,1
200-300	164	1,5	-0,3	194	0,9	0,1	243	1,0	0,0	245	1,2	-0,1	240	0,7	0,2
300-400	187	2,4	-0,1	204	2,1	0,4	219	1,8	0,0	231	1,7	-0,0	242	1,8	0,2
400-500	202	2,9	-0,2	214	2,9	0,2	231	3,1	0,0	230	3,2	-0,1	235	3,2	0,0
500-600	203	3,3	-0,1	197	3,4	0,3	219	3,4	0,0	214	3,1	-0,1	235	3,5	0,1
600-700	-	-	-	206	4,1	0,4	219	3,4	0,1	211	3,4	-0,1	221	3,3	0,5
	19.30			19.45			20.00			20.15			20.30		
0-100	263	1,9	0,3	255	2,2	0,1	259	2,3	0,1	237	2,4	0,1	186	1,6	0,0
100-200	276	2,4	-0,3	264	3,0	0,1	270	2,7	-0,0	260	1,6	0,0	214	1,4	0,1
200-300	263	1,7	-0,1	265	2,5	0,1	279	2,9	0,2	259	2,0	0,2	224	1,5	0,0
300-400	243	2,7	-0,0	250	3,1	0,1	248	2,9	0,0	254	2,5	0,2	246	1,9	0,0
400-500	248	3,9	-0,0	249	3,9	-0,2	246	3,5	0,1	243	3,4	0,2	242	2,9	0,1
500-600	234	4,1	0,2	244	4,8	-0,1	240	4,6	0,2	236	4,9	0,3	230	4,5	0,2
600-700	229	3,9	0,3	233	5,0	-0,1	238	4,8	0,2	233	5,1	0,2	230	5,2	0,2
	20.45			21.00			21.15			21.30			21.45		
0-100	230	2,3	0,1	233	2,0	-0,3	235	2,9	0,1	231	2,4	0,0	207	2,6	0,0
100-200	248	2,5	0,0	250	2,2	-0,3	242	2,9	0,1	239	2,4	-0,0	223	2,7	-0,0
200-300	255	2,2	0,1	259	2,4	-0,3	242	2,8	-0,1	254	2,4	-0,0	241	2,6	0,1
300-400	256	2,6	0,1	267	3,2	-0,2	249	3,4	0,1	268	3,0	-0,1	259	4,4	0,4
400-500	256	2,6	0,0	262	5,0	-0,3	249	5,2	0,1	266	5,8	-0,0	270	5,2	0,5
500-600	252	3,8	0,1	257	4,7	-0,2	253	7,4	0,2	252	6,7	-0,1	251	6,3	0,5
600-700	225	4,1	0,1	-	-	-	251	6,1	-0,1	250	6,7	-0,0	245	6,4	0,1
	22.00			22.15											
0-100	181	2,1	0,0	-	-	-									
100-200	198	2,3	-0,0	-	-	-									
200-300	234	1,7	0,0	-	-	-									
300-400	242	3,5	-0,0	-	-	-									
400-500	300	3,7	0,2	304	4,1	-0,1									
500-600	291	5,1	0,4	290	5,5	0,3									
600-700	282	5,6	0,4	281	5,4	0,5									

Tab. 21

Meteorologische Werte zur Meßreihe am 3. März 1959

Bodenbeobachtungen Karlsruhe

Dat.	MEZ	Nddff	VVwwW	PPPTT	N _h C _L hC _M C _H	T _d T _d app
3. 3.	13	72404	18054	16511	2 0 9 3 6	04 817
	16	82701	30052	14213	3 5 8 7 -	04 719
	19	80000	20052	13010	8 5 6 - -	05 615
	22	80202	25102	13008	8 5 6 - -	05 501

Tab.21 (Fortsetzung)

Aerologische Beobachtungen Stuttgart

Dat.	MEZ	h_{1000}	h_{850}	PPP	TT	$T_d T_d$	dd	ff
3. 3.	13	140	1500	980	10	04	15	03
				950	13	59	17	07
				900	10	53	17	12
				890	10	59	17	10
				850	07	60	16	11
4. 3.	01	110	1460	976	10	05	25	06
				950	13	00	29	13
				915	10	51	30	17
				906	10	52	30	14
				880	08	53	26	15
				870	08	54	25	11
				850	07	54	25	13

Tab.22

Meßreihe am 3. April 1959

(Leg. wie Tab.2)

h (m)	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z
	2.50			3.00			3.15			3.30			3.45		
0-100	47	5,1	0,2	48	5,4	0,3	35	5,2	0,3	40	5,6	0,3	46	5,9	0,0
100-200	81	6,7	0,4	80	6,7	0,2	70	6,7	0,3	64	6,9	0,2	72	7,2	0,2
200-300	93	8,2	0,4	90	8,1	0,2	88	9,2	0,1	83	7,6	0,3	85	8,1	0,1
300-400	100	8,9	0,2	97	9,0	-0,0	96	8,5	0,1	97	8,6	0,1	97	8,5	0,0
400-500	110	10,5	0,4	111	9,5	0,1	111	7,6	-0,1	109	7,5	-0,2	107	8,0	0,1
500-600	112	9,6	0,4	111	9,7	0,4	111	7,8	0,1	109	7,5	0,1	111	6,5	-0,4
600-700	108	8,4	0,2	107	7,7	-0,1	104	7,3	0,1	103	6,7	-0,1	104	6,7	-0,3
	4.00			4.15			4.35			4.45			5.00		
0-100	48	5,9	0,4	53	5,8	0,2	45	5,6	0,4	49	5,8	0,5	55	5,8	0,3
100-200	70	7,3	0,2	-	-	-	75	7,5	0,3	80	7,4	0,3	87	7,7	0,3
200-300	84	7,6	0,3	-	-	-	90	8,1	0,0	93	9,3	0,1	88	8,7	0,0
300-400	-	-	-	-	-	-	97	8,8	0,0	97	7,6	-0,2	94	7,5	-0,2
400-500	-	-	-	-	-	-	106	7,5	0,0	104	7,6	-0,0	105	7,5	-0,0
500-600	-	-	-	-	-	-	107	6,3	0,1	108	6,1	-0,1	107	6,9	-0,2
600-700	-	-	-	-	-	-	104	6,2	0,1	103	5,6	0,0	108	5,7	-0,3
	5.15			5.30			5.45			6.00			6.15		
0-100	50	5,1	0,3	49	5,2	0,3	51	5,5	0,3	50	4,9	0,9	51	5,1	0,8
100-200	87	7,5	0,3	88	7,8	0,2	88	7,2	0,3	88	7,4	0,9	86	6,7	1,0
200-300	91	8,3	0,0	96	8,2	0,2	99	8,4	-0,0	103	8,5	0,2	107	8,0	0,3
300-400	98	7,8	-0,2	97	7,3	-0,0	101	7,2	-0,1	101	7,3	0,0	105	7,1	-0,0
400-500	-	-	-	98	4,4	-0,4	99	6,1	-0,2	101	6,5	0,2	103	6,4	-0,0
500-600	-	-	-	-	-	-	104	5,9	-0,1	107	5,9	0,4	109	6,1	0,1
600-700	-	-	-	-	-	-	108	5,5	-0,1	108	6,1	0,3	105	5,6	0,1

Tab.22 (Fortsetzung)

	6.30			6.45			7.00			7.15			7.30		
0-100	45	5,1	0,7	37	4,5	0,5	30	4,8	0,5	34	5,6	0,3	36	5,9	0,9
100-200	84	6,2	0,6	92	6,6	0,3	87	6,1	0,2	78	6,2	0,2	71	7,4	0,4
200-300	105	7,9	0,2	109	6,8	0,1	112	6,2	-0,0	105	6,3	0,2	107	8,6	0,0
300-400	106	7,2	-0,1	105	5,8	0,2	107	5,4	-0,1	107	5,4	0,3	107	5,8	0,0
400-500	106	5,8	0,2	106	4,9	0,4	101	4,9	0,2	103	5,4	0,4	110	5,0	0,0
500-600	104	5,8	0,4	110	5,4	-0,1	112	6,1	-0,0	110	4,8	0,2	105	5,1	0,3
600-700	109	5,3	0,1	104	5,2	0,0	103	5,0	-0,2	98	5,2	0,2	99	4,6	0,3
	8.30			8.45			9.00			9.18			9.30		
0-100	62	3,5	1,6	45	4,1	1,3	51	4,2	1,3	29	4,7	0,4	23	4,8	0,5
100-200	63	5,0	1,7	70	5,0	1,4	47	4,9	1,4	43	4,3	0,7	39	5,0	1,0
200-300	97	6,4	0,9	95	5,9	0,7	87	6,0	1,3	74	5,0	-0,1	55	3,6	0,5
300-400	102	6,0	0,1	100	5,9	0,1	102	6,1	0,3	95	5,3	-0,9	99	5,8	-1,2
400-500	104	5,3	-0,1	104	5,6	0,0	103	5,4	0,0	102	4,4	0,4	104	4,9	0,1
500-600	104	5,0	0,0	108	5,5	-0,1	103	5,5	-0,2	98	5,0	0,6	97	5,0	0,5
600-700	100	4,6	-0,0	109	4,8	-0,1	105	5,2	0,1	99	5,1	0,4	105	4,8	0,3
	9.45			10.00											
0-100	31	4,9	0,9	30	4,8	2,7									
100-200	42	5,1	0,7	44	4,7	2,7									
200-300	45	4,0	0,6	42	5,2	1,9									
300-400	95	5,2	0,8	90	5,7	0,6									
400-500	107	6,2	-0,4	102	5,5	-0,1									
500-600	99	5,5	-0,1	103	5,6	-0,1									
600-700	105	4,5	0,0	96	4,7	-0,2									

Tab.23

Meteorologische Werte zur Meßreihe am 3. April 1959

Bodenbeobachtungen Karlsruhe

Dat.	MEZ	Nddff	VVwwW	PPPTT	N _h C _L hC _M C _H	T _d T _d ^{app}
2. 4.	22	00202	59020	26010	0 0 9 0 0	07 205
3. 4.	07	00502	30120	24406	0 0 9 0 0	05 604
	10	00907	56020	23712	0 0 9 0 0	07 803

Aerologische Beobachtungen Stuttgart

Dat.	MEZ	h ₁₀₀₀	h ₈₅₀	PPP	TT	T _d T _d	dd	ff
3. 4.	01	210	1560	988	10	07	00	00
				975	11	06	10	01
				948	09	04	10	06
				934	09	03	10	08
				923	08	02	10	10
				916	09	02	10	11
				850	04	50	10	11
3. 4.	13	190	1540	986	14	07	06	07
				927	10	04	08	13
				920	10	03	08	13
				850	04	51	10	06

Tab.24

Meßreihe am 8.Mai 1959

(Leg. wie Tab.2)

h (m)	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z		
	16.20			16.30			16.45			17.00			17.15										
0-100	30	5,5	1,0	48	6,1	0	48	5,6	0,2	54	4,3	0,6	34	6,2	1,2								
100-200	35	5,7	0,5	51	6,6	-0,7	48	6,8	-0,0	50	6,3	-0,1	45	7,4	0,2								
200-300	43	5,6	0,3	49	6,7	-0,6	53	6,5	0,0	51	7,1	-0,2	51	7,7	-0,1								
300-400	45	6,5	1,2	52	6,2	-0,5	56	6,5	0,3	55	7,4	0,1	55	7,1	0,1								
400-500	49	6,0	1,3	53	6,4	-0,5	59	6,3	0,1	57	7,3	0,0	59	7,7	-0,2								
500-600	57	6,0	0,5	57	-	-0,1	65	6,6	0,2	62	7,2	0,2	64	7,6	-0,2								
600-700	50	5,2	0,2	53	-	-	71	5,5	-0,2	65	6,9	0,4	70	7,0	-0,2								
	17.30			17.45			18.00			18.15			18.30										
0-100	45	5,5	0,6	49	4,7	0,5	44	4,7	0,7	41	6,0	1,3	48	4,6	0,5								
100-200	51	6,4	0,6	54	7,7	1,5	51	6,4	0,7	53	7,9	1,0	51	6,7	0,0								
200-300	54	7,6	0,8	59	7,0	0,7	53	8,1	0,2	50	8,1	0,7	56	8,0	0,4								
300-400	51	7,6	0,2	62	8,1	0,5	60	9,0	0,1	56	8,9	0,9	60	8,8	0,1								
400-500	60	8,0	-0,1	65	7,6	0,4	63	8,6	0,1	56	8,5	0,0	65	8,9	0,0								
500-600	66	7,9	-0,1	69	7,7	0,4	67	7,9	-0,1	65	8,5	0,2	66	8,5	0,1								
600-700	72	7,0	-0,2	78	7,3	0,4	69	7,7	0,0	67	7,3	-0,1	68	7,2	-0,1								
	18.45			19.00			19.15			19.30			19.45										
0-100	44	4,3	0,7	45	5,3	0,3	41	4,7	0,8	39	5,1	0,4	31	4,1	0,3								
100-200	52	6,4	1,6	50	7,0	0,4	47	7,2	0,9	46	7,1	0,2	45	6,6	0,4								
200-300	55	7,5	1,0	58	8,6	0,2	60	8,7	0,4	59	8,5	0,4	57	8,4	0,1								
300-400	60	9,5	0,3	64	9,2	-0,0	65	9,6	0,2	66	9,3	-0,0	69	9,4	0,0								
400-500	64	9,3	0,1	67	9,2	0,0	69	10,0	0,2	70	9,3	0,0	73	9,7	0,0								
500-600	68	8,1	0,0	70	8,2	0,0	70	9,0	0,0	73	9,0	0,1	78	8,9	0,1								
600-700	69	7,7	0,2	69	6,8	0,1	71	7,3	-0,2	74	7,6	0,1	72	7,3	0,1								
	20.00			20.15			20.30			20.45			21.00										
0-100	39	4,0	0,1	46	4,6	0,1	51	4,0	0,2	65	4,1	-0,1	73	3,5	-0,1								
100-200	48	6,8	-0,0	53	7,3	0,2	58	6,5	-0,0	64	6,1	-0,1	72	6,2	-0,0								
200-300	59	7,7	-0,0	63	8,4	0,0	69	8,5	0,0	73	8,8	-0,1	79	9,1	0,1								
300-400	70	9,2	-0,2	73	9,8	0,1	79	9,3	-0,1	83	9,4	-0,0	85	8,7	-0,1								
400-500	77	9,5	-0,0	82	11,2	-0,0	87	9,2	-0,1	90	9,0	-0,1	91	10,5	-0,0								
500-600	84	8,7	-0,2	90	8,6	-0,0	92	9,0	-0,0	93	8,3	-0,1	94	9,0	-0,1								
600-700	87	8,2	-0,1	91	8,5	-0,1	93	7,5	-0,2	92	7,8	-0,0	98	8,7	-0,2								
	21.15			21.30			21.45			22.00			22.15										
0-100	80	4,3	-0,2	81	4,3	-0,2	76	3,6	-0,2	63	3,7	0,1	73	3,8	0,3								
100-200	84	6,3	-0,3	93	6,1	-0,1	96	6,1	-0,2	94	6,1	0,1	97	6,1	0,2								
200-300	81	8,9	-0,3	87	9,2	-0,2	88	8,4	-0,0	91	8,6	0,5	93	8,3	0,3								
300-400	88	9,3	-0,2	91	9,3	-0,0	91	10,0	0,0	93	10,2	0,3	-	-	-								
400-500	94	9,3	-0,1	96	9,5	0,1	98	9,5	-0,1	100	10,5	0,2	-	-	-								
500-600	97	9,1	-0,3	99	9,2	-0,1	100	9,6	-0,2	100	10,0	-0,1	-	-	-								
600-700	101	-	-	102	9,7	0,0	104	10,2	-0,1	103	10,1	-0,1	109	10,2	-0,2								
	22.30			22.45			23.00			23.15			23.30										
0-100	54	3,5	0,2	61	3,5	0,2	62	3,7	-0,0	45	3,0	0,2	30	3,4	0,1								
100-200	100	5,1	0,1	99	5,8	0,4	100	6,0	0,1	99	4,8	0,3	100	4,2	0,2								
200-300	99	8,8	0,1	101	9,2	-0,1	104	9,3	0,0	110	7,9	0,3	111	6,8	0,2								
300-400	98	10,4	0,1	101	10,4	0,0	106	10,5	0,1	111	9,5	0,1	112	9,0	-0,1								
400-500	102	10,9	0,2	106	10,4	0,0	112	10,2	-0,0	115	9,1	0,0	118	8,7	-0,2								
500-600	106	10,9	0,1	111	10,2	0,3	116	9,5	0,0	114	9,1	-0,0	115	8,7	-0,0								
600-700	113	9,9	0,1	115	10,3	0,2	115	8,8	-0,2	114	8,8	-0,0	112	8,5	0,0								

Tab. 24 (Fortsetzung)

	23.45			24.00		
0-100	52	4,2	0,2	52	4,0	0,2
100-200	106	4,9	0,4	99	4,3	0,2
200-300	110	7,5	0,2	113	6,6	1,0
300-400	113	8,6	-0,0	110	8,4	0,2
400-500	114	8,6	-0,0	115	8,3	0,0
500-600	115	8,9	-0,0	117	8,8	0,1
600-700	114	8,0	-0,1	115	7,9	0,0

Tab. 25

Meteorologische Werte zur Meßreihe am 8. Mai 1959

Bodenbeobachtungen Karlsruhe

Dat	MEZ	Nddff	VVwwW	PPPTT	N _h C _L hC _M C _H	T _d T _d app
8. 5.	13	63406	62012	10722	5 0 9 3 2	14 816
	16	60407	62012	08324	1 1 6 3 2	10 623
	19	50705	68012	07223	1 0 9 3 2	11 712
	22	70702	58032	07316	3 0 9 7 2	12 603

Aerologische Beobachtungen Stuttgart

Dat.	MEZ	h ₁₀₀₀	h ₈₅₀	PPP	TT	T _d T _d	dd	ff
8. 5.	13	90	1480	975	20	13	04	04
				900	14	07	10	10
				850	10	04	10	09
9. 5.	01	70	1450	971	15	10	00	00
				955	18	11	18	01
				935	16	10	17	04
				925	18	09	17	01
				870	13	08	15	06
				865	13	03	15	02
850	12	03	14	02				

Tab. 26

Meßreihe am 7. Juli 1959

(Leg. wie Tab. 2)

h (m)	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z
	17.45			18.00			18.15			18.30			18.45		
0-100	79	2,9	-0,2	59	4,4	0,3	64	4,6	0,4	73	5,4	0,3	64	4,8	1,0
100-200	86	3,7	0,9	58	4,8	0,2	60	4,5	0,8	68	5,5	0,4	71	5,4	0,8
200-300	73	5,8	0,2	63	4,6	0,9	61	4,9	0,8	65	6,0	1,0	78	5,1	0,7
300-400	70	6,7	0,2	63	5,2	1,0	57	4,9	1,5	67	6,1	0,4	76	5,7	1,1
400-500	61	6,9	0,8	65	5,4	0,7	56	5,1	1,8	67	6,2	1,1	75	6,0	1,0
500-600	55	7,9	1,3	62	5,7	0,7	53	6,3	1,8	71	5,8	0,5	72	5,8	-0,4
600-700	57	7,1	1,2	58	5,5	0,5	56	5,5	1,4	68	6,1	0,6	75	5,9	-0,6
700-800	63	7,0	1,4	59	6,0	0,2	65	6,2	1,6	64	5,4	1,2	72	6,4	-0,6
800-900	57	6,1	1,4	45	5,6	0,2	67	5,9	1,6	59	7,0	0,9	68	6,6	-1,2
900-1000	52	6,8	1,8	66	6,4	0,3	60	6,1	1,5	60	6,7	0,9	65	6,9	0,3
1000-1100	72	5,9	1,5	77	5,4	0,9	66	5,9	0,5	66	5,9	0,8	66	7,8	0,6
1100-1200	54	6,8	0,3	73	7,0	1,0	67	5,4	0,2	72	5,6	0,5	61	7,5	0,8
1200-1300	67	6,7	0,6	82	6,9	0,3	80	6,8	0,2	74	8,1	0,3	69	7,7	0,7
1300-1400	80	5,9	0,2	91	6,5	-0,0	82	6,9	0,1	82	7,0	-0,2	80	8,4	0,4
1400-1500	71	5,8	0,4	82	5,3	0,6	82	6,3	0,2	81	6,9	-0,3	83	8,0	-0,1

Tab.26 (Fortsetzung)

	19.00			19.15			19.30			20.15			20.30		
0- 100	81	4,1	0,4	82	4,1	0,6	76	4,7	0,8	89	5,1	-0,3	92	5,5	0,4
100- 200	80	5,2	0,9	76	6,4	0,2	86	6,5	0,2	89	7,2	0,2	88	8,1	0,2
200- 300	79	4,9	0,9	75	6,9	0,9	87	6,8	-0,2	92	8,1	-0,0	87	9,6	0,3
300- 400	83	5,4	0,7	73	6,5	-0,2	83	7,4	-0,3	89	8,8	-0,0	87	9,5	-0,1
400- 500	83	5,2	0,4	75	6,8	-0,2	82	7,4	0,0	90	8,7	-0,0	86	9,8	0,0
500- 600	81	5,3	0,4	73	6,9	-0,4	79	6,8	0,1	88	9,1	-0,1	84	8,8	0,0
600- 700	79	5,6	0,6	75	6,5	-0,7	78	6,8	-0,1	85	8,1	-0,3	80	9,0	0,1
700- 800	68	5,3	0,9	74	7,3	0,1	75	7,5	0,2	73	8,1	-0,6	73	9,3	0,5
800- 900	70	5,4	0,7	72	6,8	-0,3	71	6,4	-0,6	60	7,6	-0,9	60	8,5	0,3
900-1000	65	7,1	-0,2	68	7,0	0,6	65	7,3	-0,0	54	8,6	-0,9	53	8,4	0,4
1000-1100	63	7,3	0,5	58	8,0	-0,3	55	7,5	-0,8	64	8,8	-0,7	56	8,7	0,4
1100-1200	62	8,9	0,4	66	8,4	-0,2	65	-	-	79	7,9	-0,6	64	10,0	0,4
1200-1300	74	8,4	-0,2	75	8,7	0,2	77	7,9	-0,2	-	-	-	77	10,7	0,9
1300-1400	76	8,0	-0,0	77	7,2	0,6	81	7,5	0,6	-	-	-	83	6,7	-0,3
1400-1500	78	8,5	0,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	83	9,2	0,4
	20.45			21.00			21.15			21.30			21.45		
0- 100	89	5,2	-0,0	80	4,8	0,0	85	5,5	0,3	87	5,6	0,2	84	5,3	0,3
100- 200	92	8,0	0,0	92	9,8	0,0	93	9,3	0,1	104	9,7	-0,0	90	9,7	-0,0
200- 300	89	9,8	-0,1	90	10,7	-0,1	91	10,9	0,0	91	10,7	-0,2	85	11,1	-0,0
300- 400	87	10,3	0,0	88	10,2	-0,1	88	10,2	0,1	87	10,6	0,0	83	10,6	-0,2
400- 500	87	10,2	-0,1	88	10,5	-0,1	84	10,1	0,2	85	10,8	-0,1	83	10,9	-0,0
500- 600	87	10,5	0,2	86	9,8	-0,1	84	11,2	0,2	88	10,8	0,2	81	11,0	0,0
600- 700	86	9,3	0,1	82	10,4	0,5	82	10,8	0,3	85	11,2	-0,3	81	10,7	0,0
700- 800	78	10,4	0,5	66	9,4	0,2	81	11,9	0,1	86	11,4	0,2	83	12,4	0,4
800- 900	66	9,7	0,3	63	10,3	0,6	82	12,2	0,2	89	12,6	0,7	81	12,1	0,3
900-1000	56	9,5	-0,1	61	9,9	0,5	81	10,8	-0,1	87	11,3	0,3	83	9,4	0,6
1000-1100	54	8,5	-0,3	67	10,0	0,4	79	10,6	0,2	82	13,6	0,2	86	10,1	0,5
1100-1200	65	10,0	0,0	73	8,8	0,3	77	9,9	0,0	-	-	-	91	9,7	0,4
1200-1300	76	10,2	0,6	80	11,0	0,4	79	8,1	-0,5	-	-	-	87	10,3	0,5
1300-1400	83	7,6	-0,3	83	11,3	0,8	78	9,1	0,1	-	-	-	-	-	-
1400-1500	82	9,2	-0,1	82	9,5	0,3	80	9,5	-0,2	-	-	-	-	-	-
	22.00			22.45			23.00			23.15			23.30		
0- 100	83	5,5	0,1	86	3,9	-0,1	72	3,6	0,1	84	4,8	0,4	84	4,8	0,4
100- 200	93	9,8	-0,0	107	8,0	-0,1	101	7,4	0,4	107	9,0	0,4	107	9,0	0,2
200- 300	93	10,4	0,2	93	11,5	-0,1	106	11,8	0,5	105	12,2	0,2	102	12,0	0,2
300- 400	92	9,4	0,0	102	11,8	-0,0	103	12,4	0,1	102	11,7	0,2	100	12,5	0,4
400- 500	93	10,6	0,4	104	11,2	0,1	103	10,7	0,1	101	12,6	0,3	98	9,5	0,2
500- 600	91	11,0	0,1	103	8,1	-0,3	102	7,4	-0,3	98	9,4	0,7	99	9,6	0,1
600- 700	91	13,2	0,4	95	9,0	0,4	99	7,5	0,2	95	8,2	0,0	95	6,5	-0,1
700- 800	83	11,8	0,1	89	10,1	0,1	102	8,2	0,5	98	8,3	0,0	94	8,2	0,6
800- 900	80	11,8	0,3	86	10,1	-0,1	98	6,3	0,6	95	7,5	0,3	96	8,4	0,6
900-1000	84	9,0	-0,3	85	14,0	0,4	91	8,1	0,7	82	6,0	0,1	95	6,7	0,2
1000-1100	70	12,4	0,4	84	12,8	0,3	89	8,3	-0,2	90	9,5	0,9	94	5,4	0,2
1100-1200	83	15,3	0,8	85	11,4	0,1	94	10,2	0,4	94	8,1	0,4	95	7,2	0,8
1200-1300	87	12,3	-0,1	83	11,1	0,2	94	10,9	0,6	101	7,8	0,2	91	6,5	0,5
1300-1400	83	10,6	0,6	87	8,4	-0,3	87	7,9	0,3	90	7,3	-0,0	92	8,3	0,7
1400-1500	82	8,2	-0,3	88	12,1	-0,0	87	8,4	0,0	91	8,7	0,7	90	7,9	0,9

Tab.26 (Fortsetzung)

	23.45			0.00			0.15		
0- 100.	88	-	-	79	4,8	0,3	86	4,9	0,2
100- 200	106	10,4	0,1	103	8,6	0,4	103	8,6	0,2
200- 300	105	12,1	0,2	105	11,8	0,5	105	10,6	0,1
300- 400	103	11,8	0,0	104	11,4	0,0	105	11,4	0,1
400- 500	101	10,6	0,0	104	12,3	0,6	-	-	-
500- 600	99	9,6	0,0	99	11,0	0,4	-	-	-
600- 700	99	8,0	-0,2	99	8,7	-0,3	-	-	-
700- 800	95	8,2	-0,1	99	9,6	0,4	-	-	-
800- 900	99	9,6	0,8	98	7,9	0,0	-	-	-
900-1000	97	5,7	-0,6	102	9,0	0,5	-	-	-
1000-1100	97	8,8	0,6	103	7,7	0,4	-	-	-
1100-1200	94	6,6	-0,2	97	5,9	0,3	-	-	-
1200-1300	85	7,2	-0,2	89	6,0	0,3	-	-	-
1300-1400	91	10,5	1,1	99	16,1	3,4	-	-	-
1400-1500	91	7,2	-0,2	92	5,9	0,4	-	-	-

Tab.27

Meteorologische Werte zur Meßreihe am 7. Juli 1959

Bodenbeobachtungen Karlsruhe

Dat.	MEZ	Nddff	VVwwW	PPPTT	N _h C _L hC _M C _H	T _d T _d app
7. 7.	16	10000	65010	23327	1 1 6 0 0	14 717
	19	00000	70020	22627	0 0 9 0 0	14 606
	22	00000	70020	23321	0 0 9 0 0	14 302

Aerologische Beobachtungen Stuttgart

Dat.	MEZ	h ₁₀₀₀	h ₈₅₀	PPP	TT	T _d T _d	dd	ff
7. 7.	13	220	1610	989	20	17	36	04
				900	13	13	02	06
				875	15	55	02	01
				850	14	57	02	03
3. 7.	01	210	1590	987	18	14	11	04
				945	19	12	10	19
				920	17	10	10	17
				905	17	09	10	16
				860	13	08	10	20
				850	14	06	10	12

Tab.28.

Meßreihe am 6. August 1959

(Leg. wie Tab.2)

h (m)	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z
		1,45			2,00			2,15			2,30			2,45	
0-100	159	1,2	0,0	208	1,3	-0,1	207	1,9	0,1	233	2,3	-0,1	215	2,7	0,1
100-200	55	1,5	-0,1	14	1,0	-0,0	281	1,2	0,0	294	1,0	-0,0	254	1,6	0,1
200-300	15	3,5	0,0	3	2,9	0,2	356	2,3	-0,0	341	2,4	-0,0	317	2,0	0,3
300-400	-	-	-	352	4,5	0,1	349	3,8	-0,1	329	4,0	0,1	315	3,5	-0,0
400-500	-	-	-	340	5,0	0,0	341	4,1	-0,2	342	5,0	0,3	339	4,3	0,2
500-600	-	-	-	348	5,6	0,1	-	-	-	-	-	-	346	4,6	0,6
600-700	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	350	6,1	0,3

Tab. 28 (Fortsetzung)

	3.00			3.15			3.30			3.45			4.00		
0-100	219	2,4	0,1	212	2,7	-0,2	227	2,7	0,0	220	2,6	-0,1	218	3,1	0,0
100-200	275	1,6	0,3	265	1,7	-0,0	264	1,6	0,1	272	2,1	-0,1	253	2,0	0,1
200-300	310	3,0	0,3	307	3,0	-0,2	294	2,9	0,2	299	2,8	-0,0	302	2,5	0,1
300-400	317	3,9	0,6	315	3,8	0,0	310	3,4	0,2	320	2,8	-0,0	316	2,7	0,0
400-500	349	4,1	0,4	335	3,8	0,3	324	3,5	0,3	342	3,6	0,4	343	2,2	0,1
500-600	343	4,1	0,4	345	4,0	0,3	343	3,9	0,1	359	4,2	0,0	355	2,9	-0,0
600-700	352	5,8	0,3	345	3,9	0,8	356	5,2	0,4	4	5,3	-0,1	359	4,7	0,1
	4.30			4.45			5.00			5.15			5.30		
0-100	232	1,9	0,0	235	2,6	0,2	246	2,5	0,2	240	2,8	0,0	245	2,7	-0,0
100-200	278	2,5	-0,1	282	2,8	0,0	281	3,6	0,3	272	3,0	0,2	267	3,4	0,2
200-300	319	2,9	-0,2	315	2,8	-0,0	312	3,6	0,2	314	3,8	0,3	306	3,0	0,2
300-400	343	2,4	0,2	313	2,2	0,2	322	2,8	0,1	319	3,7	-0,0	320	3,8	0,2
400-500	346	2,8	0,0	307	3,1	0,1	337	2,6	0,2	321	2,7	0,1	328	3,6	0,2
500-600	354	3,8	0,2	291	4,5	0,1	354	3,8	0,1	337	2,7	0,3	330	2,5	0,2
600-700	3	4,4	0,2	287	4,4	0,1	1	4,5	-0,1	349	4,8	0,0	-	-	-
	5.45			6.00			6.15			6.45			7.00		
0-100	245	2,2	0,3	246	2,1	0,4	233	2,0	0,2	264	1,2	0,2	283	1,3	0,2
100-200	258	2,9	0,4	261	2,9	-0,0	275	3,0	0,4	327	3,1	0,5	344	3,6	0,4
200-300	293	3,3	0,5	301	3,1	-0,0	315	2,8	0,4	3	4,2	0,3	353	4,1	0,8
300-400	318	3,7	0,4	321	2,9	-0,2	341	2,3	0,4	360	5,3	0,2	9	5,6	0,3
400-500	338	4,4	0,5	343	3,4	0,2	353	3,5	0,6	358	5,2	0,3	9	5,3	0,2
500-600	355	4,6	0,2	3	3,4	0,4	1	3,2	0,5	1	4,1	0,4	-	-	-
600-700	1	4,9	0,3	10	4,3	0,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	7.15			7.30			7.45			8.00			8.15		
0-100	347	0,9	0,7	359	2,5	1,0	10	4,3	0,4	3	5,7	0,2	7	3,6	1,0
100-200	355	2,7	0,7	1	4,0	0,6	359	5,1	1,1	9	6,6	-0,2	8	5,2	1,0
200-300	7	4,8	0,7	8	6,4	0,2	8	6,3	0,7	9	7,5	0,6	12	6,9	0,4
300-400	8	5,3	0,6	10	7,5	0,2	14	7,1	0,0	15	7,1	-0,2	19	6,9	0,4
400-500	2	5,9	0,8	16	6,9	0,3	17	6,5	0,2	17	6,8	-0,1	25	6,6	0,1
500-600	-	-	-	17	5,5	0,3	-	-	-	-	-	-	31	6,3	0,1
600-700	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27	5,6	-0,1
	8.30			9.00			9.15			9.30			9.45		
0-100	10	3,6	0,9	22	4,3	0,6	9	4,1	0,4	13	3,6	1,1	27	3,2	1,1
100-200	11	5,4	1,1	16	5,1	0,1	3	4,2	0,4	12	5,8	0,4	20	4,3	1,5
200-300	9	7,3	0,7	22	5,7	0,5	3	4,4	2,0	15	6,5	0,4	16	4,8	1,3
300-400	14	6,8	0,5	21	6,8	0,6	14	6,2	0,5	15	6,4	0,3	21	5,4	0,5
400-500	29	6,3	0,2	24	6,6	0,3	27	5,6	0,4	19	5,8	0,2	19	5,6	0,1
500-600	34	6,3	0,1	29	6,6	0,0	33	6,1	0,3	27	5,8	0,2	24	5,7	-0,0
600-700	35	6,2	0,5	33	6,4	0,0	40	5,7	0,2	37	6,3	0,2	32	5,8	0,1
	10.00														
0-100	22	4,8	0,6												
100-200	14	4,8	0,4												
200-300	14	5,5	-0,1												
300-400	20	5,7	0,0												
400-500	21	5,7	-0,1												
500-600	25	6,0	0,4												
600-700	29	5,6	0,1												

Tab.29

Meteorologische Werte zur Meßreihe am 6. Aug. 1959

Bodenbeobachtungen Karlsruhe

Dat.	MEZ	Nddff	VVwwW	PPPTT	N _h C _L hC _M C _H	T _d T _d ^{app}
6. 8.	07	82501	30606	18016	7 7 4 - -	15 316
	10	83606	58506	19617	6 7 4 - -	14 216

Aerologische Beobachtungen Stuttgart

Dat.	MEZ	h ₁₀₀₀	h ₈₅₀	PPP	TT	T _d T _d	dd	ff
6. 8.	01	140	1510	980	17	12	27	06
				950	16	11	29	12
				870	09	09	29	14
				850	08	08	29	16
6. 8.	13	170	1530	983	17	14	34	03
				960	14	12	35	05
				900	10	08	35	08
				850	07	07	35	08

Tab.30

Meßreihe am 8. September 1959

(Leg. wie Tab.2)

h (m)	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z
	15.30			15.45			16.00			16.15			16.30		
0-100	61	6,2	1,2	100	6,7	2,6	114	4,2	0,9	90	5,3	0,7	48	5,3	0,7
100-200	61	6,2	2,3	77	7,2	3,2	95	4,3	2,2	97	5,3	-0,1	55	5,1	0,5
200-300	50	5,6	3,1	79	5,9	3,0	85	4,6	3,7	79	6,4	1,5	51	4,7	1,1
300-400	52	5,6	3,8	72	6,2	2,0	83	4,9	2,4	56	5,6	2,9	64	6,2	0,6
400-500	58	5,4	2,6	84	7,1	-0,4	78	4,9	2,7	58	4,5	2,9	61	5,7	0,3
500-600	69	5,4	2,1	89	6,5	2,4	79	4,5	3,0	82	5,5	2,2	70	6,3	-0,3
600-700	77	4,8	4,5	103	5,7	2,8	78	4,9	2,9	72	4,5	4,6	74	6,0	0,3
	16.45			17.00			17.15			17.45			18.00		
0-100	90	4,9	1,9	54	3,6	1,3	43	5,5	0,3	44	4,7	1,2	53	4,2	1,0
100-200	77	4,2	1,5	46	3,7	1,1	40	5,4	-0,1	47	5,9	1,1	54	6,0	0,4
200-300	45	5,0	0,7	56	5,6	1,0	75	5,0	-0,2	48	6,6	0,8	52	5,9	-0,0
300-400	63	6,3	0,9	58	4,9	1,3	67	5,2	0,4	57	6,5	1,0	50	5,2	0,2
400-500	74	6,3	1,1	61	5,4	0,8	60	4,8	0,3	58	7,4	0,5	62	5,4	0,3
500-600	76	5,2	0,4	59	6,1	0,6	63	5,2	0,1	62	6,1	-0,2	68	5,5	0,0
600-700	82	5,1	0,5	65	6,2	1,2	62	5,6	0,6	73	6,4	-0,1	72	5,2	0,1
	18.15			18.30			18.45			19.00			19.15		
0-100	55	4,7	0,5	54	4,1	0,5	51	4,0	0,4	56	4,2	0,2	58	4,2	-0,0
100-200	68	5,4	0,4	57	5,7	0,2	61	5,1	0,3	65	5,3	0,1	69	5,7	0,4
200-300	64	6,1	-0,4	67	5,8	-0,3	62	6,3	0,6	67	5,7	0,1	72	6,7	-0,1
300-400	70	6,1	-0,4	64	6,5	-0,2	69	6,8	0,4	71	6,4	0,1	69	6,6	0,0
400-500	70	6,0	-0,1	62	6,0	0,3	71	7,2	0,1	68	6,1	-0,0	68	6,5	-0,0
500-600	71	6,2	0,0	64	5,9	0,4	77	6,7	0,2	69	6,1	-0,0	68	5,9	-0,2
600-700	75	5,8	-0,0	69	6,6	0,4	-	-	-	70	5,7	-0,1	70	6,0	0,4

Tab.30 (Fortsetzung)

	19.30			20.00			20.15			20.30			20.45		
0-100	60	3,8	-0,0	53	3,9	0,0	61	4,3	0,3	70	3,6	0,1	82	3,3	0,4
100-200	69	5,7	0,0	65	7,0	0,1	69	8,2	0,2	71	7,8	0,3	78	7,5	0,1
200-300	72	6,7	-0,1	62	6,8	-0,0	68	7,9	0,1	74	9,1	0,0	78	9,2	0,1
300-400	73	6,8	-0,0	67	6,6	-0,2	69	7,7	0,0	75	8,7	0,0	77	8,4	0,2
400-500	68	6,2	0,1	74	6,9	-0,1	66	7,4	0,1	72	7,7	-0,1	74	7,4	0,1
500-600	69	5,9	-0,0	78	6,4	-0,1	70	6,5	-0,1	71	6,5	-0,0	75	6,4	0,0
600-700	69	5,3	-0,0	77	6,1	0,0	74	6,6	0,1	78	5,6	-0,1	81	6,3	-0,1
	21.00			21.15			21.30			21.45			22.15		
0-100	88	3,7	-0,0	82	3,5	0,2	86	3,6	0,3	94	3,8	-0,0	99	3,4	0,1
100-200	82	7,3	0,0	81	6,9	0,1	85	6,1	0,2	91	7,7	-0,0	94	7,7	-0,1
200-300	77	9,0	0,0	79	9,1	0,2	83	8,9	0,1	83	8,9	-0,0	88	8,3	-0,1
300-400	82	8,9	0,1	83	8,0	-0,0	85	7,9	0,0	83	8,6	0,1	90	8,4	-0,0
400-500	79	7,9	-0,0	85	7,6	-0,0	89	8,1	0,1	89	8,0	-0,1	95	7,9	-0,1
500-600	77	7,0	0,2	82	7,7	0,2	92	7,8	0,0	96	7,5	-0,0	96	8,2	-0,0
600-700	82	6,8	0,2	84	7,2	0,0	93	7,5	0,1	94	7,6	-0,0	95	7,7	-0,1
	22.30			22.45			23.00			23.15			23.30		
0-100	99	4,2	0,4	80	2,9	0,0	62	2,9	0,0	65	3,0	0,2	69	3,1	-0,0
100-200	98	7,7	-0,1	96	6,4	0,0	99	5,8	-0,1	113	4,7	0,1	120	5,5	0,6
200-300	92	7,5	-0,1	96	6,4	-0,1	103	6,2	-0,1	-	-	-	129	5,9	-0,1
300-400	98	7,8	0,1	109	6,6	-0,0	118	5,6	0,1	-	-	-	124	6,1	-0,0
400-500	99	7,9	-0,2	109	6,9	-0,0	114	6,1	-0,1	-	-	-	121	5,7	0,1
500-600	97	7,9	0,0	104	7,2	0,1	112	6,2	-0,2	-	-	-	115	5,5	-0,1
600-700	94	8,0	-0,1	102	7,4	0,1	106	6,6	-0,1	-	-	-	112	5,4	0,0
	23.45			24.00											
0-100	55	3,3	-0,0	45	3,2	0,0									
100-200	124	5,6	0,0	130	4,3	-0,0									
200-300	126	6,3	-0,1	123	6,0	0,0									
300-400	120	6,7	0,0	119	6,5	0,1									
400-500	119	5,8	-0,0	114	5,5	-0,0									
500-600	113	5,5	-0,0	113	5,3	-0,0									
600-700	110	5,3	-0,1	-	-	-									

Tab.31

Meteorologische Werte zur Meßreihe am 8. Sept. 1959

Bodenbeobachtungen Karlsruhe

Dat.	MEZ	Nddff	VVwwW	PPPTT	N _h C _L hC _M C _H	T _d T _d app
8. 9.	13	11405	75030	23023	0 0 9 0 1	08 811
	16	40605	75020	21724	0 0 9 0 1	06 712
	19	50704	70030	21522	0 0 9 0 1	06 502
	22	40902	65020	21815	0 0 9 0 1	08 210

Aerologische Beobachtungen Stuttgart

Dat.	MEZ	h ₁₀₀₀	h ₈₅₀	PPP	TT	T _d T _d	dd	ff
8. 9.	13	200	1560	987	20	07	08	08
				968	15	06	08	02
				850	05	03	07	10
9. 9.	01	200	1570	987	11	08	05	02
				950	17	03	11	05
				850	08	03	09	09

Tab.32

Meßreihe am 1. Oktober 1959

(Leg. wie Tab.2)

h (m)	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z	$\bar{\alpha}$	\bar{v}	\bar{v}_z
	2,30			2,45			3,00			3,15			3,30		
0-100	68	6,8	0,3	59	7,2	0,2	60	8,3	0,2	57	7,2	0,2	50	6,8	0,6
100-200	91	9,9	0,2	81	8,9	0,0	84	9,0	0,1	82	8,6	0,6	75	8,1	1,1
200-300	102	9,1	0,1	102	9,0	0,4	107	8,6	0,8	105	8,0	0,7	99	8,2	0,9
300-400	111	8,2	0,3	113	9,8	0,7	105	9,8	0,7	104	10,0	0,9	120	8,7	0,9
400-500	120	11,9	0,8	126	12,3	0,5	125	11,0	0,9	125	10,7	0,8	129	10,3	0,6
500-600	130	12,0	0,2	132	12,8	0,7	127	12,5	1,1	135	10,7	0,4	135	12,5	-0,0
600-700	132	16,7	0,5	133	16,0	0,5	133	14,1	0,0	141	14,6	-0,1	133	16,3	-0,6
700-800	131	15,0	-0,4	127	16,9	0,1	127	17,6	0,2	127	16,3	-0,6	131	17,4	0,2
	3,45			4,00			4,15			4,45			5,00		
0-100	44	7,5	0,2	31	6,1	0,6	54	8,5	0,3	62	6,5	0,5	61	5,2	0,6
100-200	69	8,6	0,2	69	8,8	0,4	78	9,9	0,0	79	9,7	0,8	80	8,6	0,5
200-300	97	8,5	0,2	96	8,8	0,1	100	9,7	-0,1	103	9,8	0,5	102	9,0	0,3
300-400	116	9,2	0,0	118	9,8	0,2	124	9,0	-0,0	122	7,6	0,2	127	5,4	0,2
400-500	132	10,4	0,3	140	9,4	-0,1	135	9,6	0,0	136	5,0	0,6	161	3,2	0,8
500-600	137	13,2	-0,0	132	13,0	0,6	146	12,3	0,1	160	6,4	0,3	167	4,6	0,9
600-700	136	16,1	0,0	139	13,3	0,0	138	14,3	0,2	148	9,3	0,7	147	7,8	0,9
700-800	137	15,2	0,1	132	16,4	0,5	-	-	-	137	16,1	0,8	144	10,2	1,0
	5,15			5,30			6,15			6,30			7,00		
0-100	54	3,8	0,6	55	5,0	0,4	68	5,9	0,7	59	5,4	0,9	50	4,1	0,6
100-200	75	7,1	1,0	81	8,5	0,3	83	8,3	0,3	79	6,9	0,8	83	6,1	0,3
200-300	101	8,6	-0,1	103	8,6	-0,1	106	7,6	0,5	100	6,0	0,5	100	5,2	-0,2
300-400	120	5,6	-0,2	122	3,7	-0,0	123	3,0	0,2	127	3,6	0,5	127	3,5	0,3
400-500	162	1,9	-0,2	183	1,2	-0,0	121	1,1	0,5	119	1,5	-0,2	107	1,7	-0,1
500-600	157	3,0	0,7	226	1,3	0,2	228	1,6	0,3	231	1,5	-0,0	257	1,1	-0,2
600-700	146	5,7	0,8	143	3,2	0,2	171	1,2	0,1	170	1,4	0,7	178	1,2	0,3
700-800	-	-	-	151	7,2	0,8	149	6,3	1,0	143	5,8	0,5	147	6,1	0,8
	7,15			7,30			8,45			9,00			9,15		
0-100	60	5,3	0,8	56	4,9	0,7	82	3,1	1,0	72	1,5	0,2	82	2,2	1,6
100-200	81	6,2	0,5	83	6,9	0,7	75	1,9	0,5	85	1,8	0,4	61	2,4	0,6
200-300	97	5,3	0,5	101	6,1	0,2	108	2,6	0,3	105	2,0	0,5	86	2,1	1,4
300-400	114	4,6	0,2	112	4,8	0,1	184	2,4	0,8	173	2,3	0,7	187	1,8	0,8
400-500	93	2,0	0,0	88	2,6	0,5	161	2,2	0,2	208	2,4	0,3	228	2,3	-0,0
500-600	226	1,2	0,1	-	-	-	100	1,0	0,1	135	1,5	0,2	183	1,5	0,2
600-700	148	1,9	0,8	-	-	-	144	1,5	0,2	144	1,4	0,1	195	1,4	0,2
700-800	152	6,9	0,5	-	-	-	162	3,9	0,3	150	4,5	0,4	154	3,5	0,1
	9,30			9,45			10,00			10,15			10,30		
0-100	1	1,3	2,0	7	1,5	1,1	106	1,2	0,7	67	1,1	1,2	325	1,0	1,5
100-200	147	0,5	1,8	34	0,9	1,4	336	0,8	0,4	64	0,9	1,8	277	0,6	2,1
200-300	52	1,0	0,9	74	1,5	1,7	3	1,2	0,2	63	0,9	2,2	357	1,7	2,6
300-400	231	1,2	0,5	1	0,8	-0,1	31	1,3	0,8	115	1,1	1,4	53	1,1	2,4
400-500	212	1,9	-0,1	238	1,5	0,2	264	0,7	0,6	168	1,0	0,7	57	1,0	1,3
500-600	200	2,0	0,4	192	2,0	0,6	222	1,3	0,2	201	1,9	-0,1	173	1,6	0,3
600-700	181	1,8	0,2	184	2,5	0,3	161	3,5	0,3	171	2,9	0,0	188	3,6	0,2
700-800	159	3,8	0,1	174	3,5	0,2	161	3,1	0,1	148	3,6	0,2	156	3,6	0,3

Tab.32 (Fortsetzung)

	10.45			11.00			11.15		
0-100	358	1,7	0,0	50	1,7	0,8	31	1,7	1,7
100-200	337	1,7	0,3	8	1,4	0,7	32	1,4	1,0
200-300	77	1,3	1,3	28	2,0	0,3	70	1,9	0,4
300-400	87	2,2	1,0	84	1,3	0,3	105	1,5	0,1
400-500	153	1,8	0,1	117	1,5	0,3	300	1,1	0,2
500-600	192	2,2	0,1	227	1,3	0,0	291	1,3	0,7
600-700	182	3,7	0,4	202	2,2	0,0	197	2,1	0,6
700-800	162	3,6	0,7	174	4,0	0,1	185	3,0	0,2

Tab.33

Meteorologische Werte zur Meßreihe am 1.Okt.1959

Bodenbeobachtungen Karlsruhe

Dat.	MEZ	Nddff	VVwwW	PPPTT	N _h C _L h _M C _H	T _d T _d app
1.10.	07	00402	70020	26506	0 0 9 0 0	01 305
	10	00000	75020	26713	0 0 9 0 0	05 206
	13	10000	75030	25719	0 0 9 0 1	03 806

Aerologische Beobachtungen Stuttgart

Dat.	MEZ	h ₁₀₀₀	h ₈₅₀	PPP	TT	T _d T _d	dd	ff
1.10.	01	220	1570	988	11	02	13	08
				908	07	53	13	27
				884	14	59	13	23
				850	12	62	11	25
1.10	13	230	1590	990	14	02	14	06
				940	10	02	13	12
				905	14	62	13	17
				850	16	64	13	22

Tab.34

Mittlere Windrichtungsverteilung (%) in Karlsruhe, 1949-1957

N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C
4,3	5,1	7,2	8,6	5,2	3,4	2,0	1,5	4,5	15,5	18,5	9,7	3,5	1,8	1,4	1,8	6,0

Tab.35

Häufigkeiten (‰) der Windrichtung nach der 36teiligen Skala

h (m)	NE								E	SE								S	F
	1	2	3	4	5	6	7	8		10	11	12	13	14	15	16	17		
0-100	50	66	95	81	100	79	48	57	34	14	11	5	5	-	-	2	-	11	
100-200	34	27	38	59	68	88	90	88	63	41	20	7	16	5	16	2	5	2	
200-300	27	25	32	25	43	90	79	66	79	93	50	11	7	5	9	7	-	14	
300-400	38	23	29	9	25	66	61	54	77	120	52	38	7	7	2	9	5	14	
400-500	7	43	27	7	7	72	59	41	50	115	77	50	9	5	2	7	7	7	
500-600	14	32	27	9	14	43	75	43	43	122	70	18	20	5	2	7	7	2	

h (m)	SW								W	NW								N	F
	19	20	21	22	23	24	25	26		27	28	29	30	31	32	33	34		
0-100	11	9	27	66	77	45	16	16	9	7	7	2	5	11	9	2	5	20	-
100-200	5	11	20	50	77	36	23	14	23	36	5	2	-	-	5	7	2	11	-
200-300	11	7	23	50	68	63	20	23	-	14	9	11	16	5	-	2	5	14	-
300-400	5	11	11	54	68	36	45	23	11	16	2	2	7	20	2	5	7	9	29
400-500	14	7	20	41	45	45	43	38	20	14	11	7	5	5	5	20	7	9	57
500-600	9	23	20	29	72	34	35	52	11	11	11	-	-	-	2	9	14	11	94

(F = Keine Messungen)

Tab.36

Häufigkeiten (‰) der Windgeschwindigkeit und Größe der maximalen Geschwindigkeit (m/sec)

h (m)	v (m/sec)																F	v _{max}
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	≥15		
0-100	2	75	133	151	217	190	97	48	43	16	5	-	-	2	2	13	5	21
100-200	7	66	118	97	88	179	127	115	70	61	41	9	2	-	2	18	-	20
200-300	5	84	86	95	61	93	149	111	115	90	43	25	18	-	-	26	-	20
300-400	2	59	75	102	50	102	154	113	70	90	66	29	25	-	-	27	36	22
400-500	-	36	90	79	86	104	140	118	77	72	43	48	18	5	2	25	56	22
500-600	-	63	43	66	68	131	161	95	88	57	43	32	23	14	-	26	90	23

(F = Keine Messungen)

Tab.37

Häufigkeiten (‰) der vertikalen Windgeschwindigkeiten (m/sec)

h (m)	≤ -1,0	-0,9	-0,7	-0,5	-0,3	-0,1	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	≥ 3,0
		-0,8	-0,6	-0,4	-0,2	-0,0	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	
0-100	T	-	-	3	3	10	49	98	206	154	154	91	77	59	24	24	17	14	7	-	7	-
	N	-	-	-	-	52	200	314	327	85	26	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Σ	-	-	2	2	25	98	173	248	130	109	62	50	39	16	16	11	9	5	-	5	-
100-200	T	-	-	7	11	39	88	95	152	194	120	67	71	35	35	21	25	14	11	-	4	-
	N	-	-	-	-	39	255	301	242	118	20	13	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Σ	-	-	5	7	39	147	167	183	167	85	48	50	23	23	14	16	9	7	-	2	-
200-300	T	-	10	14	21	45	111	89	178	111	125	87	59	42	49	17	7	7	7	3	3	7
	N	-	-	-	-	72	342	257	224	79	7	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Σ	-	7	9	14	55	191	141	194	100	84	64	39	27	32	11	5	5	5	2	2	5
300-400	T	4	14	-	25	75	121	157	167	103	78	78	71	25	14	7	14	14	14	7	4	4
	N	-	-	-	-	95	318	358	149	41	27	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Σ	2	9	-	16	82	189	226	161	82	61	56	47	16	9	5	9	9	9	5	2	2
400-500	T	4	4	7	29	66	154	206	199	125	44	40	33	22	4	7	11	11	-	-	7	11
	N	-	-	-	7	103	308	281	171	55	41	34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Σ	2	2	5	22	79	208	232	189	100	43	38	22	14	2	5	7	7	-	-	5	7
500-600	T	-	8	4	38	94	185	189	177	121	45	34	34	15	8	4	4	4	15	8	-	-
	N	-	-	-	21	121	262	277	177	78	43	7	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Σ	-	5	2	32	103	212	219	177	106	44	25	27	10	5	2	2	2	10	5	-	-

(v_z > 0 Aufwind, v_z < 0 Abwind, T = Tag-, N = Nachtmessungen, Σ = alle Messungen)

Tab.38

Quartilgrenzen der Häufigkeit der vertikalen Windgeschwindigkeit (m/sec)

h (m)	Tag			Nacht		
	25 %	50 %	75 %	25 %	50 %	75 %
0-100	0,17	0,47	0,86	-0,10	0,06	0,21
100-200	0,11	0,41	0,83	-0,13	0,03	0,23
200-300	0,02	0,37	0,82	-0,20	-0,03	0,23
300-400	-0,09	0,22	0,72	-0,20	-0,05	0,09
400-500	-0,12	0,13	0,41	-0,21	-0,04	0,16
500-600	-0,19	0,08	0,39	-0,22	-0,03	0,18

Tab.39

Temperaturgradient γ ($^{\circ}\text{C}/100 \text{ m}$) in Beziehung zum Quotienten der Windgeschwindigkeit

γ	$v_o/v_u >1$	Tag		Nacht		
		=1	<1	>1	=1	<1
150-50 m						
$\geq 0,8$	67	3	14	-	-	-
0,01-0,79	6	4	0	25	-	8
$\leq 0,0$	3	1	2	49	5	13
250-150 m						
$\geq 0,8$	62	4	23	25	-	-
0,01-0,79	4	-	1	15	3	4
$\leq 0,0$	3	-	3	30	2	21
350-250 m						
$\geq 0,8$	43	6	27	36	1	7
0,01-0,79	8	1	6	9	-	9
$\leq 0,0$	3	1	4	20	-	17
450-350 m						
$\geq 0,8$	30	4	24	25	5	21
0,01-0,79	18	2	13	22	-	6
$\leq 0,0$	2	0	6	13	-	7
550-450 m						
$\geq 0,8$	28	5	25	21	6	35
0,01-0,79	19	3	6	18	3	12
$\leq 0,0$	4	0	10	4	1	1

v_o Windgeschwindigkeit der oberen Schicht
 v_u Windgeschwindigkeit der unteren Schicht
 $v_o/v_u >1$ Zunahme
 $v_o/v_u =1$ Gleichbleiben der Windgeschwindigkeit mit der Höhe
 $v_o/v_u <1$ Abnahme

Tab.40

Temperaturgradient γ ($^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$) in Beziehung zur Differenz der Windrichtung

γ	Tag			Nacht		
	$\Delta\alpha > 0$	=0	<0	>0	=0	<0
	150-50 m					
$\geq 0,8$	51	4	29	.	.	.
0,01-0,79	10	-	1	21	-	1
$\leq 0,0$	2	-	4	66	-	12
	250-150 m					
$\geq 0,8$	58	3	28	18	2	5
0,01-0,79	4	-	0	18	-	2
$\leq 0,0$	3	-	4	36	-	20
	350-250 m					
$\geq 0,8$	44	3	30	29	1	9
0,01-0,79	12	1	2	12	-	3
$\leq 0,0$	8	0	-	30	4	12
	450-350 m					
$\geq 0,8$	35	5	19	16	1	13
0,01-0,79	23	3	7	25	-	2
$\leq 0,0$	7	-	2	22	3	18
	550-450 m					
$\geq 0,8$	34	3	21	36	3	23
0,01-0,79	21	1	5	19	3	10
$\leq 0,0$	6	-	9	6	-	-

$\Delta\alpha > 0$ rechtsdrehend $\Delta\alpha < 0$ linksdrehend

Tab.41

Häufigkeit (%) der Temperaturgradienten γ ($^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$) in Stuttgart

Höhe ü. Gr. (m)	$\gamma \leq 0$	0,01-0,79	$\geq 0,8$	
0-100	Tag	6	12	81
	Nacht	77	23	-
100-200	Tag	6	12	81
	Nacht	62	23	15
200-300	Tag	12	12	75
	Nacht	46	15	38
300-400	Tag	19	25	56
	Nacht	38	15	46
400-500	Tag	19	25	56
	Nacht	31	15	54
500-600	Tag	25	19	56
	Nacht	23	23	54

Tab.42

Änderungen der Windrichtung $\Delta\alpha$ in Beziehung zu den Änderungen der Windgeschwindigkeit

v_o/v_u	Tag				Nacht			
	$\Delta\alpha > 0$	=0	<0	Σ	$\Delta\alpha > 0$	=0	<0	Σ
150-50 m								
>1	46	3	26	74	71	-	10	84
=1	2	0	8	4	3	-	1	3
<1	13	0	1	22	16	-	-	16
Σ	61	4	35		89	-	11	
250-150 m								
>1	45	3	19	67	54	1	16	71
=1	3	0	1	4	3	1	-	4
<1	19	6	9	28	17	1	8	25
Σ	67	4	29		72	2	23	
350-250 m								
>1	42	1	16	60	42	2	16	61
=1	3	-	4	7	1	-	1	3
<1	21	2	11	34	26	1	9	36
Σ	66	3	31		69	4	26	
450-350 m								
>1	34	2	12	48	34	2	18	53
=1	3	0	2	5	5	1	1	7
<1	28	4	14	46	26	1	12	39
Σ	65	6	28		64	4	32	
550-450 m								
>1	33	4	18	55	28	2	20	50
=1	7	-	1	8	3	1	2	7
<1	18	1	17	37	23	2	18	44
Σ	58	6	36		54	5	41	

$\Delta\alpha > 0$ rechtsdrehend
 $\Delta\alpha < 0$ linksdrehend
 v_o Windgeschwindigkeit der oberen Schicht
 v_u Windgeschwindigkeit der unteren Schicht
 $v_o/v_u > 1$ Windzunahme
 $v_o/v_u < 1$ Windabnahme

Tab.43

v_{300m}/v_{0m} in Beziehung zu $\Delta\alpha (= \alpha_{300m} - \alpha_{0m})$ auf den Scilly-Inseln
(nach (7), Ballon 50-77)

v_{300m}/v_{0m}	$\Delta\alpha > 0$	=0	<0	Σ
>1	57	-	14	71
=1	-	-	-	-
<1	11	-	18	29
Σ	68	-	32	

α = Windrichtung

v = Windgeschwindigkeit

Tab.44

Einzelwerte des Ballons am 30. Mai 1958, 7.45 Uhr MEZ (siehe auch Abb. 9d)

Zeit (sec)	0	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60
1. Minute											
h (m)	3	20	35	55	74	89	102	118	136	153	169
α (Grad)		263	258	257	260	251	255	251	257	238	247
v (m/sec)		2,2	1,9	2,9	2,8	3,2	2,9	3,6	3,9	5,7	7,1
v_z (m/sec)		0,3	0,0	0,8	0,6	0,1	-0,4	0,2	0,4	0,4	0,1
2. Minute											
h (m)	169	180	198	216	234	249	270	289	308	326	342
α (Grad)		246	243	253	250	249	243	241	240	244	248
v (m/sec)		6,8	4,4	8,5	5,4	8,5	8,8	8,3	6,9	6,9	8,9
v_z (m/sec)		-0,6	0,5	0,4	0,5	0,0	1,0	0,7	0,7	0,5	0,1
3. Minute											
h (m)	342	357	374	387	403	417	436	446	466	483	503
α (Grad)		243	247	241	246	250	240	244	238	234	232
v (m/sec)		6,2	4,5	4,5	7,0	3,7	4,5	4,3	7,2	6,2	4,6
v_z (m/sec)		0,0	0,0	-0,3	0,1	-0,1	0,6	-0,7	0,7	0,4	0,8
4. Minute											
h (m)	503	519	539	557	578	597	615	632	649	662	682
α (Grad)		235	227	222	222	235	224	228	224	228	225
v (m/sec)		5,5	7,2	8,1	9,6	9,2	9,3	8,7	10,4	9,8	10,4
v_z (m/sec)		0,3	0,7	0,5	1,0	0,7	0,5	0,4	0,3	-0,4	0,9
5. Minute											
h (m)	682	701	716	735	750	770	787	804	823	836	854
α (Grad)		225	231	233	235	232	240	244	244	251	244
v (m/sec)		9,7	9,5	11,0	7,6	11,8	8,6	10,2	14,1	6,2	13,8
v_z (m/sec)		0,6	0,0	0,5	0,1	0,8	0,4	0,2	0,8	-0,4	0,5

Tab.45

Einzelwerte des Ballons am 3. April 1959, 7.15 Uhr MEZ (siehe auch Abb. 13b)

Zeit (sec)	0	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60
1. Minute											
h (m)	3	20	35	51	68	83	99	119	136	152	168
α (Grad)		19	22	23	37	40	51	62	61	78	86
v (m/sec)		4,6	5,1	5,5	5,6	5,9	6,8	6,7	6,1	6,0	6,6
v_z (m/sec)		0,9	0,0	0,1	0,3	0,1	0,1	0,7	0,3	0,1	0,1
2. Minute											
h (m)	168	183	198	217	234	251	268	283	297	313	334
α (Grad)		91	91	96	104	105	112	109	103	110	103
v (m/sec)		5,6	6,0	5,9	7,5	7,0	6,0	6,1	5,5	6,0	5,9
v_z (m/sec)		-0,0	0,1	0,6	0,4	0,4	0,2	0,0	-0,1	0,1	1,0
3. Minute											
h (m)	334	347	363	379	397	414	433	446	464	481	500
α (Grad)		107	103	108	113	108	100	103	103	109	98
v (m/sec)		5,4	5,7	4,8	4,7	5,3	7,8	4,1	5,5	5,5	5,3
v_z (m/sec)		-0,3	0,2	0,1	0,5	0,3	0,6	-0,4	0,6	0,3	0,6
4. Minute											
h (m)	500	516	530	548	561	584	597	606	625	644	656
α (Grad)		109	110	113	109	104	113	104	99	104	104
v (m/sec)		5,0	4,3	4,5	5,0	6,7	3,3	4,5	6,0	5,7	4,2
v_z (m/sec)		0,1	-0,1	0,5	-0,3	1,3	-0,2	-1,0	0,7	0,6	-0,4
5. Minute											
h (m)	656	674	693	709	722	742	754	766	780	791	811
α (Grad)		91	98	95	95	97	95	108	84	91	96
v (m/sec)		5,1	5,7	3,9	4,2	5,4	4,0	3,3	4,9	3,2	5,4

Tab.46

Einzelwerte des Ballons am 15. Nov. 1957, 13.00 Uhr MEZ (siehe auch Abb. 7a)

Zeit (sec)	0	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60
	1. Minute										
h (m)	3	21	47	70	95	115	135	155	175	192	206
α (Grad)	353	1	23	39	20	29	23	52	65	58	
v (m/sec)	2,2	1,4	2,2	1,4	1,7	1,5	2,3	2,3	2,5	2,0	
v_z (m/sec)	1,0	1,7	1,4	1,5	0,9	0,8	0,7	0,9	0,3	-0,2	
	2. Minute										
h (m)	206	223	241	261	281	295	310	328	342	357	372
α (Grad)	44	59	84	69	78	80	76	66	73	73	
v (m/sec)	2,3	2,4	3,0	1,1	2,3	2,9	3,1	2,2	2,2	1,8	
v_z (m/sec)	0,3	0,5	0,9	0,8	-0,2	0,0	0,5	-0,1	0,0	-0,1	
	3. Minute										
h (m)	372	385	401	414	429	443	459	472	485	501	517
α (Grad)	48	60	109	106	76	24	78	45	52	59	
v (m/sec)	0,9	0,4	0,7	0,4	1,5	0,8	1,6	0,9	1,7	1,5	
v_z (m/sec)	-0,4	0,2	-0,2	0,0	-0,2	0,2	-0,4	-0,2	0,1	0,2	
	4. Minute										
h (m)	517	531	546	561	575	590	605	621	634	648	662
α (Grad)	63	92	144	237	232	247	244	252	249	251	
v (m/sec)	1,2	1,1	0,5	0,7	1,7	3,0	2,8	3,6	2,9	3,4	
v_z (m/sec)	-0,2	-0,0	-0,0	-0,1	0,0	0,0	0,1	-0,4	-0,0	-0,3	
	5. Minute										
h (m)	662	677	691	706	723	734	748	764	779	795	808
α (Grad)	249	245	248	236	236	245	231	238	233	226	
v (m/sec)	2,8	2,8	2,9	3,3	3,5	3,2	3,4	3,3	3,9	2,7	
v_z (m/sec)	0,0	-0,2	0,0	0,3	-0,6	-0,2	0,2	0,0	0,1	-0,3	