

Agrarmeteorologische
Forschungsstelle

Gelsenholm

(Re. Nr. 815) M.W. - Nr. 50

Berichte

des

Deutschen Wetterdienstes

Nr. 90
(Band 12)

DK 551.524.77

Inversionen in der unteren Troposphäre im Raum Karlsruhe-Stuttgart

von

Manfred Kleiss

(mit 7 Abbildungen im Text und 47 Tabellen im Anhang)

Offenbach a. M. 1963
Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes

Inhalt	Seite
Zusammenfassung	3
Abstract	3
1. Einleitung und Problemstellung	3
2. Messungen, Meßmethoden und Auswertung des Beobachtungsmaterials	4
2.1. Zeitraum und Ort der Messungen; gemessene Elemente ..	4
2.2. Durchführung der Aufstiege; Instrumente und Meßmethoden	4
2.2.1. Die Radiosondenaufstiege in Stuttgart	4
2.2.2. Die Flugzeugaufstiege in Karlsruhe	4
2.2.2.1. Anzahl und Schwierigkeiten der Aufstiege, Startzeiten; das Flugzeug	4
2.2.2.2. Die Meßinstrumente	5
2.2.2.3. Die Registriergeräte	5
2.2.2.4. Fehlerbetrachtung	5
2.2.2.5. Durchführung der Flugzeugaufstiege	6
2.3. Die Auswertung der Registrierungen	6
2.3.1. Die Ergebnisse der Radiosondenaufstiege von Stuttgart ..	6
2.3.2. Die Ergebnisse der Flugzeugaufstiege von Karlsruhe	6
2.4. Verarbeitung der Meßdaten und Darstellung der Ergebnisse	6
3. Ergebnisse	7
3.1. Inversionen nach den Radiosondenaufstiegen in Stuttgart zwischen Boden und 3000 m Höhe um 0 und 12 Uhr	7
3.1.1. Anzahl der Inversionen in Abhängigkeit von Höhe, Monat und Temperatursprung	7
3.1.2. Spezielle Auszählungen über das Vorkommen von Inversionen	8
3.1.2.1. Anzahl der Inversionen jedes einzelnen Aufstiegs	8
3.1.2.2. Die Höhe der untersten Inversion	9
3.1.2.3. Gleichzeitiges Vorkommen von Inversionen in verschiedenen Höhen	9
3.1.3. Die Dicke der Inversionen	9
3.1.4. Inversionen bis 10 000 m Höhe (nur 1960)	10
3.1.5. Die Bodeninversionen in Stuttgart	10
3.1.5.1. Anzahl der Bodeninversionen um 0 Uhr in Abhängigkeit von Monat, Dicke und Temperatursprung	10
3.1.5.2. Die Bodeninversionen um 12 Uhr und die Andauer der Bodeninversionen	11
3.1.6. Die relative Feuchte in Inversionen	12
3.2. Inversionen nach Flugzeugaufstiegen in Karlsruhe zwischen Boden und 2000 m Höhe und Vergleich mit den Ergebnissen der Radiosondenaufstiege in Stuttgart	12
3.2.1. Anzahl der Inversionen bis 2000 m Höhe in Karlsruhe morgens und in Stuttgart um 0 Uhr	12
3.2.2. Bodeninversionen	13
3.2.2.1. Anzahl der Bodeninversionen in Abhängigkeit von Monat, Dicke und Temperatursprung	13
3.2.2.2. Vergleich von Bodeninversionen von Karlsruhe und Stuttgart nach Mittelbildungen über mehrere Tage	13
3.2.2.3. Die vollständige Aufheizung einer Bodeninversion	14
3.3. Vergleich der Inversionen nach synchronen Flugzeugaufstiegen in Karlsruhe und Radiosondenaufstiegen in Stuttgart um 12 Uhr	14
3.4. Zusammenstellung der wichtigsten Ergebnisse	14
Literatur	15
Anhang: Tab. 1—47	

Die vorliegende Arbeit wurde zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der Naturwissenschaften der Fakultät für Natur- und Geisteswissenschaften der Technischen Hochschule Karlsruhe unter dem Titel „Inversionen bis 2000 bzw. 3000 m Höhe nach Flugzeugaufstiegen in Karlsruhe und Radiosondenaufstiegen in Stuttgart“ vorgelegt. Die Dissertation wurde von der Fakultät genehmigt.

An dieser Stelle möchten wir allen danken, die durch ihre Unterstützung die Durchführung der Messungen und Auswertungen ermöglicht haben. Der Herr Bundesminister für Atomkernenergie und Wasserwirtschaft, das Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg und das European Research Office, United States Departement of the Army haben die Mittel zur Beschaffung der Geräte, zur Durchführung des Flugprogramms und zur Auswertung der Messungen zur Verfügung gestellt. Assistenten und Studenten des Meteorologischen Instituts der Technischen Hochschule Karlsruhe führten als Beobachter, die Akaflieg Karlsruhe als Flugzeughalter und Piloten die Flüge einwandfrei und pünktlich durch. Die Luftaufsicht des Flugplatzes Karlsruhe-Forchheim kam uns in bezug auf die Startzeit weitgehend entgegen. Zu besonderem Dank sind wir dem Deutschen Wetterdienst — Aerologische Station Stuttgart — verpflichtet für die Überlassung der Ergebnisse der Radiosondenaufstiege und dem Zentralamt des Deutschen Wetterdienstes für die Überlassung des Straßburger Radiosondenmaterials.

Meinem verehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. M. Diem, danke ich für die Stellung des Themas, für die Anregungen und fördernde Unterstützung bei der Durchführung der Messungen und für viele Ratschläge bei der Abfassung der Arbeit.

Herrn Prof. Dr. F. Möller, München, danke ich für die Übernahme des Korreferates.

Anschrift des Verfassers:

Dr. Manfred Kleiss, Karlsruhe, Hertzstraße 16 - Meteorologisches Institut der Technischen Hochschule

Zusammenfassung

Zur Gewinnung von Unterlagen über Inversionen wurden die Ergebnisse der Radiosondenaufstiege der Aerologischen Station Stuttgart des Deutschen Wetterdienstes aus den Jahren 1957—1960 bearbeitet. Außerdem wurden vom Meteorologischen Institut der Technischen Hochschule Karlsruhe vom 15. Juni 1959 bis 31. Dezember 1960 Flugzeugaufstiege in Karlsruhe durchgeführt und diese nach denselben Methoden bearbeitet. Beide Aufstiegsreihen wurden miteinander verglichen und die gefundenen Ergebnisse über Inversionen in Tabellen dargestellt und ausführlich diskutiert.

Der Vergleich der Flugzeug- und Radiosonden-Aufstiegsergebnisse gibt wertvolle Hinweise über die Möglichkeiten, aus einer Radiosondenregistrierung brauchbares Material über den thermischen Aufbau der untersten Atmosphäre zu gewinnen. Diese Kenntnis ist wichtig für viele Fragen der Ausbreitung von Staub und Gas in der Atmosphäre, im Zusammenhang mit dem Problem „Reinhaltung der Luft“.

Abstract

The upper air observations from the years 1957 through 1960 of the aerological station at Stuttgart of the Deutscher Wetterdienst were studied to obtain information on inversions. Furthermore the aircraft soundings made by the Meteorological Institute of the Technische Hochschule in Karlsruhe from 15 June 1959 through 31 December 1960 were evaluated accordingly. Both the series of sounding data were compared. The findings concerning inversions were represented in the form of tables and discussed in detail.

The comparison of aircraft and radiosonde ascents delivers valuable hints on the availability of usable data on the thermic structure of the low atmosphere from radiosonde records. This knowledge is very important in connection with the propagation of dust and gases in the atmosphere and the problem of keeping the air clean.

1. Einleitung und Problemstellung

Für alle Fragen der Ausbreitung von Staub, Gas und radioaktiven Teilchen in der Atmosphäre und damit für alle Maßnahmen auf dem Gebiet der „Reinhaltung der Luft“ ist die möglichst genaue Kenntnis des meteorologischen Zustandes der Atmosphäre wesentlich. Dabei interessieren normalerweise die meteorologischen Verhältnisse in den unteren Schichten der Troposphäre. In ihnen werden die meteorologischen Verhältnisse vorwiegend durch zwei Elemente beschrieben: durch die vertikale Temperatur- und durch die vertikale Windverteilung.

Am Meteorologischen Institut der Technischen Hochschule Karlsruhe wurden zu den Fragen der Ausbreitung von Staub und Gas in der Atmosphäre sowohl theoretische Untersuchungen als auch umfangreiche Meßreihen durchgeführt. Die Ergebnisse der theoretischen Untersuchungen sind von Diem (1), Diem und Trappenberg (2, 3), Trappenberg (4, 5, 6) und Ratzel (7), die Ergebnisse der Messungen über die vertikalen Windverhältnisse von Trappenberg (8, 9) und Trappenberg und Zedler (10) veröffentlicht.

In Inversionen ist stets $\gamma < \Gamma$, d. h. es herrscht stabile Schichtung. Verwenden wir exakterweise die potentielle Temperatur Θ , dann gilt (Möller und Bullrich, (11)) in diesem Falle

$$\frac{\partial \Theta}{\partial z} > 0$$

(γ = vorhandener Temperaturgradient,
 Γ = adiabatischer Temperaturgradient,
 z = Höhe).

Durch die Stabilität der Schichtung wird der vertikale Massenaustausch vermindert, so daß eine Inversion bei der Ausbreitung von luftverunreinigenden Substanzen als „Sperrschicht“ wirkt. Bei der Ausbreitungsrechnung nach (7) werden daher die Inversionen als wesentlicher Sonderfall behandelt. Ihre gute Erfassung ist eine wichtige Aufgabe. Regelmäßige Messungen der Temperaturschichtung der Atmosphäre führen im allgemeinen nur die Aerologischen Stationen des Deutschen Wetterdienstes durch. Um zu untersuchen, wie weit diese Messungen für das vorliegende Problem ausreichen, werden vom Meteorologischen Institut der Technischen Hochschule Karlsruhe Vergleichsmessungen bis 2000 m Höhe mit dem Flugzeug durchgeführt. Als Vergleichswerte dienen die Radiosondenauswertungen der Aerologischen Station Stuttgart des Deutschen Wetterdienstes als der am nächsten liegenden Radiosondenstation.

Mit den Vergleichsmessungen sollen hauptsächlich zwei Probleme geklärt werden:

- 1) bis zu welchem Grad kann ein Flugzeugaufstieg, der eine kontinuierliche Temperatur-Druck-Zustands-

kurve liefert, ersetzt werden durch einen Radiosondenaufstieg, welcher nur eine aus Punkten mit gleichen zeitlichen Abständen bestehende Temperatur-Druck-Zustandskurve liefert, und

- 2) in welcher Weise sind Messungen des thermischen Zustandes über einem Ort für ein größeres Gebiet repräsentativ?

Die vorliegende Arbeit enthält die Ergebnisse der Flugzeugaufstiege, der Radiosondenaufstiege und den Vergleich beider. Dabei konnten die beiden angegebenen Probleme befriedigend geklärt werden.

Für mittlere Breiten liegen nur wenige umfassende Bearbeitungen von Inversionen vor (Floh n (12)). Die vorliegende Arbeit kann dazu beitragen, diese Lücke zu schließen. Wir haben besonders bei der Auswertung der Inversionen aus dem homogenen Material der Stuttgarter Radiosonde die wichtigsten Auszählungen ausführlich wiedergegeben, um damit eine weitere Anwendung, z. B. für Probleme der aerologischen Klimatologie, der Ausbreitung von kurzen Radiowellen usw. zu ermöglichen.

2. Messungen, Meßmethoden und Auswertung des Beobachtungsmaterials

2.1. Zeitraum und Ort der Messungen; gemessene Elemente

An der Aerologischen Station Stuttgart des Deutschen Wetterdienstes werden seit dem 1. Januar 1957 täglich um 0 und 12 Uhr Radiosondenaufstiege bis in die Stratosphäre durchgeführt. Es gab keine Ausfälle.

Die Radiosondenstation Stuttgart liegt auf einer Anhöhe nördlich des Stuttgarter Stadtzentrums 315 m über NN mit den geographischen Koordinaten:

$$\varphi = 48^{\circ} 50' \text{ nördlicher Breite,}$$

$$\lambda = 9^{\circ} 12' \text{ östlicher Länge.}$$

Bei den Flugzeugaufstiegen war der Flugplatz Karlsruhe-Forchheim Start- und Landeort. Die Aufstiege begannen am 15. Juni 1959, sie konnten infolge Schlechtwetter oder technischer Schwierigkeiten nicht täglich durchgeführt werden (s. a. Abschnitt 2.2.2.1.).

Der Flugplatz Karlsruhe-Forchheim liegt in der Rheinebene südwestlich von Karlsruhe 116 m über NN mit den geographischen Koordinaten:

$$\varphi = 48^{\circ} 58' \text{ nördlicher Breite,}$$

$$\lambda = 7^{\circ} 20' \text{ östlicher Länge.}$$

Bei der Auswertung für die vorliegende Arbeit wurde der 31. Dezember 1960 als Schlußtermin gewählt.

Beim Radiosondenaufstieg in Stuttgart werden Temperatur, statischer Druck und relative Feuchte, beim Flugzeugaufstieg in Karlsruhe Temperatur, Feuchttemperatur, statischer und dynamischer Druck gemessen. Die relative Feuchte muß berechnet werden.

2.2. Durchführung der Aufstiege; Instrumente und Meßmethoden

2.2.1. Die Radiosondenaufstiege in Stuttgart

Bei den Radiosondenaufstiegen in Stuttgart wird die Radiosonde H 50 der Firmen Dr. Graw und Sprenger verwendet. Die Meßfühler sind Vidiedose, Bimetall und Haar. Auf eine nähere Beschreibung der Sonde kann hier verzichtet werden; alle Angaben über Aufbau, Wirkungsweise und Fehler befinden sich in der umfangreichen Literatur, z. B. Hinzpeter (13), 14), Schulze (15).

Die Radiosonde H 50 hat eine Steiggeschwindigkeit von 5—6 m/sek und eine Zeichenfolge von 8—10 Zeichen pro Minute und gleichem Element. Das bedeutet

ein Abtasten des gleichen Elements in Höhenabständen von 30—45 Meter.

Die Aufstiegszeit wird bei den Radiosonden mit 00.00 und 12.00 Uhr GMT angegeben. In der Praxis werden die Sonden jedoch mit einer „Vorgabezeit“ um 0 und 12 Uhr MEZ gestartet. Im folgenden werden daher diese Startzeiten angegeben und alle Zeitangaben beziehen sich (wenn nicht anders vermerkt) auf MEZ.

2.2.2. Die Flugzeugaufstiege in Karlsruhe

2.2.2.1. Anzahl und Schwierigkeiten der Aufstiege, Startzeiten; das Flugzeug

Zum Vergleich der Flugzeugaufstiege in Karlsruhe und der Radiosondenaufstiege in Stuttgart wären zeitlich synchrone Messungen erwünscht. Aus technischen und personellen Gründen war es leider unmöglich, die Flugzeugaufstiege zu den Zeiten der Radiosonden um 0 und 12 Uhr durchzuführen. Außerdem mußten wir uns, auch aus finanziellen Gründen, normal auf einen Flug pro Tag beschränken. Da wegen der unbefeuerten Startbahn Nachtaufstiege nicht möglich waren, haben wir den täglichen Aufstieg in die frühen Morgenstunden gelegt. Damit konnten wir mindestens zum Teil die nächtlichen Verhältnisse, insbesondere die bodennahen Strahlungsinversionen, erfassen. In den Monaten Mai und Oktober, sowie an drei weiteren Tagen im Jahre 1960 wurden zusätzlich um 12 Uhr zeitlich synchrone Flüge zu den Radiosondenaufstiegen durchgeführt. Die Anzahl der normalen Frühaufstiege und der 12-Uhr-Flüge in den einzelnen Monaten enthält Tab. 1.

Am 11. September 1959 wurde durch fünf zusätzliche Flugzeugaufstiege die Aufheizung einer kräftigen Bodeninversion registriert. Damit konnten für die vorliegende Arbeit insgesamt 394 Aufstiege bis 2000 m Höhe ausgewertet werden.

Die Ausfälle bei den Flugzeugaufstiegen entstanden:

- 1) wenn die „Sichtflugbedingungen“ nicht erfüllt waren,
- 2) infolge Reparaturen am Flugzeug und Inspektionen (besonders die 600-Stunden-Kontrolle im August 1960),
- 3) in wenigen Fällen infolge schlechter Platzverhältnisse (der Flugplatz befand sich zeitweise im Erweiterungsbau) und infolge Versagens der Meßeinrichtung.

Die jahreszeitliche Häufung der Ausfälle im Winter ist durch die Lage des Flugplatzes in einem Gebiet mit häufigem Frühnebel bedingt.

Alle Aufstiege, die 2000 m Höhe nicht erreichten (z. B. wegen geschlossener Bewölkung unterhalb 2000 m), wurden in dieser Arbeit nicht berücksichtigt. Sie wurden als „Ausfälle“ gewertet. Die zu anderen Tageszeiten durchgeführten Aufstiege (meist als Ergänzung der Messungen von Trappenberg (9)) wurden hier ebenfalls weggelassen. Auf diese Weise kann in fast allen Auszählungen die Zahl der Fälle selbst, an Stelle von Prozentzahlen angegeben werden. Die mittleren Startzeiten der Frühaufstiege änderten sich im Laufe des Jahres mit dem Sonnenaufgang (Tab. 2). Durch den allgemeinen Betrieb auf dem Flugplatz und durch Frühnebel sind zeitliche Abweichungen vorgekommen, die in wenigen Fällen bis zu 60 Minuten betragen.

Für die Flugzeugaufstiege stand uns das einmotorige Sportflugzeug, Modell Kl 107 B, der Akademischen Fliegergruppe (Akaflieg) an der Technischen Hochschule Karlsruhe zur Verfügung, die auch die Wartung und die vorgeschriebenen Kontrollen durchführte und die Piloten stellte. Das Flugzeug ist nicht blindflugtauglich.

2.2.2.2. Die Meßinstrumente

Der Abgriff des statischen und Gesamtdruckes erfolgte mit einem 100 cm langen Staurohr nach Prandtl (16). Für die Messung der Temperatur im bewegten Luftstrom haben Franz (17) und Eckert (18) ein Diffusor-Thermometer entwickelt, das eine von der Geschwindigkeit unabhängige Anzeige ergibt. Nach

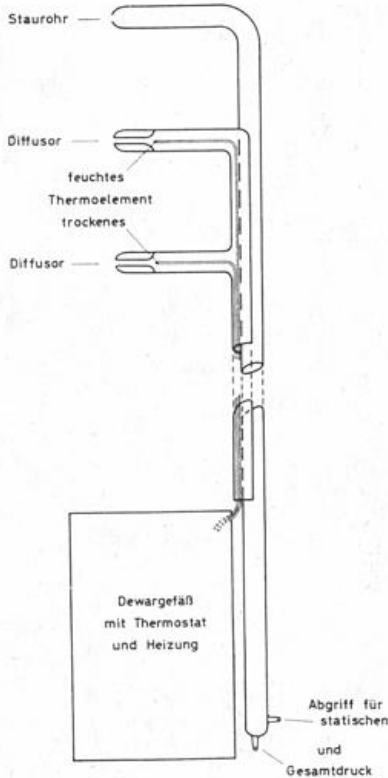


Abb. 1
Meßinstrumente (schematisch)
Maßstab ca. 1:6

Alle Teile zur Druck- und Temperaturmessung wurden zu einer Einheit zusammengefaßt (Abb. 1). Dadurch konnten die Geräte in kürzester Zeit im Flugzeug ein- und ausgebaut werden. Die Meßelemente befanden sich so weit über dem Flugzeugrumpf (Abb. 2), daß sie weder vom Propellerstrahl noch von den Auspuffgasen beeinflusst wurden.

2.2.2.3. Die Registriergeräte

Zur Registrierung von Trocken- und Feuchttemperatur, statischem und dynamischem Druck haben wir einen Kleinschreiber, Modell A 211, der Firma SFIM verwendet, der als Lichtpunkt-Linienschreiber mehrere Vorgänge photographisch bei einem Papiervorschub von rd. 3 mm/min aufzeichnet. Die Betriebsspannung ist 24 V Gleichstrom.

In den Kleinschreiber können verschiedene Meßwerke eingebaut werden. Wir verwendeten mit gutem Erfolg: für die beiden Temperaturen je ein Drehspulspiegelmeßwerk (Galvanometer), Typ E 310, mit einem inneren Widerstand von rd. 90 Ω , bei einem Widerstand der Thermoelemente von etwa 5 Ω . In der Registrierung entspricht ein Ausschlag von 1 mm einer Temperaturänderung von ungefähr 1° C. Für den statischen Druck wurde ein Absolutdruckschreiber, Typ G 22, mit einer Grob- und Feinanzeige verwendet. Ein Ausschlag von 1 mm in der Registrierung entspricht etwa 3 mb. Der dynamische Druck wurde mit einem Differenzdruckschreiber vom Typ H 144 registriert. Alle Registrier-

diesem Prinzip und in Weiterentwicklung des thermoelektrischen Psychrometers nach Diem (19, 20) wurde ein thermoelektrisches Diffusor-Psychrometer gebaut. Die passiven Lötstellen befinden sich in einem Dewar-Gefäß, dessen Temperatur auf etwa +37° C gehalten und durch ein eingebautes Eichthermometer kontrolliert wird.

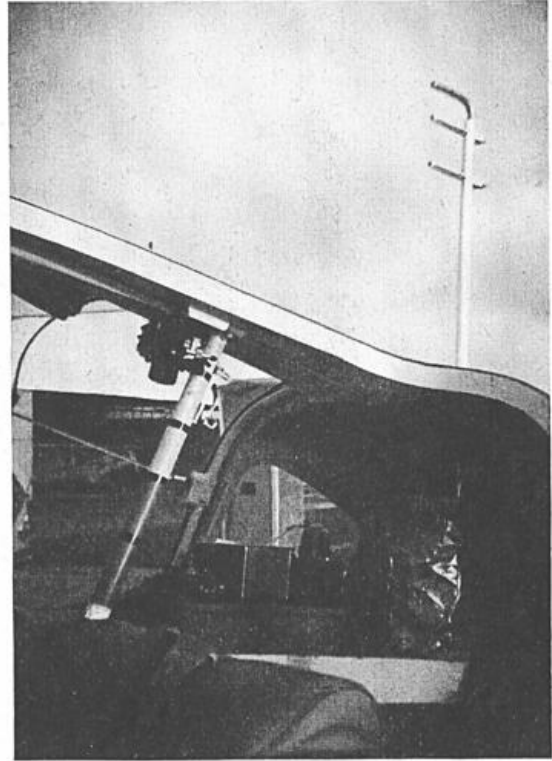


Abb. 2
Meß- und Registrierinstrumente in das Flugzeug eingebaut

geräte sind weitgehend unempfindlich gegenüber Beschleunigungen.

Die beiden Galvanometer konnten außer Betrieb oder zur Nullpunktkontrolle kurzgeschlossen werden.

Der Kleinschreiber enthält ein Zeitwerk, das jede Minute einen Punkt schreibt und alle 10 Minuten und die vollen Stunden durch Zahlen kennzeichnet. Alle näheren Einzelheiten können den SFIM- und NOVOTECHNIK-Druckschriften (21) entnommen werden.

Auch der Kleinschreiber wurde mit allem Zubehör zu einer Einheit zusammengebaut, wodurch der Ein- und Ausbau im Flugzeug in kürzester Zeit erfolgte. Abb. 2 zeigt die betriebsfertig in das Flugzeug eingebaute Meß- und Registrierapparatur.

2.2.2.4. Fehlerbetrachtung

Alle Meß- und Registriergeräte wurden regelmäßig geeicht und vor und nach jedem Flug durch Kontrollmessungen geprüft.

Da die Galvanometer nicht temperaturkompensiert sind, haben wir in den Kleinschreiber eine Heizung mit Thermostat eingebaut und vermeiden dadurch alle Fehler, die durch die Temperatur der Umgebung bedingt sind.

Zur Kontrolle der Temperaturmessung mit dem Diffusor-Psychrometer während des Flugs, d. h. praktisch zur Kontrolle der Diffusoreigenschaften in schnell strömenden Gasen, haben wir Vergleichsmessungen am

Windkanal bis etwa 80 km/h durchgeführt. Vergleichsinstrument war ein Abmann-Aspirations-Psychrometer. Die größte Differenz wurde mit $\pm 0.2^\circ \text{C}$ gemessen; sie trat äußerst selten auf. Eine Abhängigkeit von der Geschwindigkeit wurde (in Übereinstimmung mit Franz (17) und Eckert (18)) nicht festgestellt.

Bei der Auswertung der Registrierungen lesen wir mit einer Genauigkeit von $\pm 0.1 \text{ mm}$ ab; dem entsprechen beim Druck $\pm 0.3 \text{ mb}$ und bei der Temperatur $\pm 0.1^\circ \text{C}$. Die Fehler der Registriergeräte liegen etwa bei denselben Werten. Die Genauigkeit der bei unseren Flugzeugaufstiegen gewonnenen Druck- und Temperaturwerte ist damit besser als die bei Radiosonden zu erwartende Genauigkeit (Zimmerschied (22)).

Da wir für unsere Stitistiken in ganzen mb und in ganzen $^\circ \text{C}$ auszählen, kann hier auf eine exakte Fehlerrechnung verzichtet werden.

2.2.2.5. Durchführung der Flugzeugaufstiege

Die Aufstiege erfolgten mit einer Steiggeschwindigkeit von 1—2 m/sek. Der in der Auswertung nur als Kontrolle verwendete Abstieg war mit einer Fallgeschwindigkeit von 3—8 m/sek wesentlich schneller. Der Gipfelpunkt lag bei allen hier ausgewerteten Aufstiegen bei 2000 m über Startort.

An jedem Flug nahm ein meteorologisch geschulter Beobachter teil, der die Meß- und Registrierinstrumente

überwachte und während des ganzen Fluges sorgfältige meteorologische Augenbeobachtungen durchführte.

2.3. Die Auswertung der Registrierungen

2.3.1. Die Ergebnisse der Radiosondenaufstiege von Stuttgart

Die Aerologische Station Stuttgart überließ uns die Ergebnisse der Radiosondenaufstiege vom 1. Januar 1957 bis 31. Dezember 1960 (23).

Die Tabellen enthalten unverschlüsselt: den Druck in Millibar (mb), die Trockentemperatur in Zehntelgrad Celsius ($1/10^\circ \text{C}$), die relative Feuchte in Prozent ($\%$) und die Höhe in geopotentiellen Metern (gpm) über NN.

2.3.2. Die Ergebnisse der Flugzeugaufstiege von Karlsruhe

Die Registrierung eines Flugzeugaufstiegs (Abb. 3) wird nach den üblichen Methoden (22) ausgewertet und man erhält für jeden markanten Punkt folgende Werte: den Druck in Millibar (mb), die Trocken- und die Feuchtetemperatur in Zehntelgrad Celsius ($1/10^\circ \text{C}$). Der Dampfdruck in mm Hg und die relative Feuchte in Prozent ($\%$) werden berechnet. Die Höhe der markanten Punkte in Metern über NN wird nach Stüve (in Linke (22)) graphisch bestimmt.

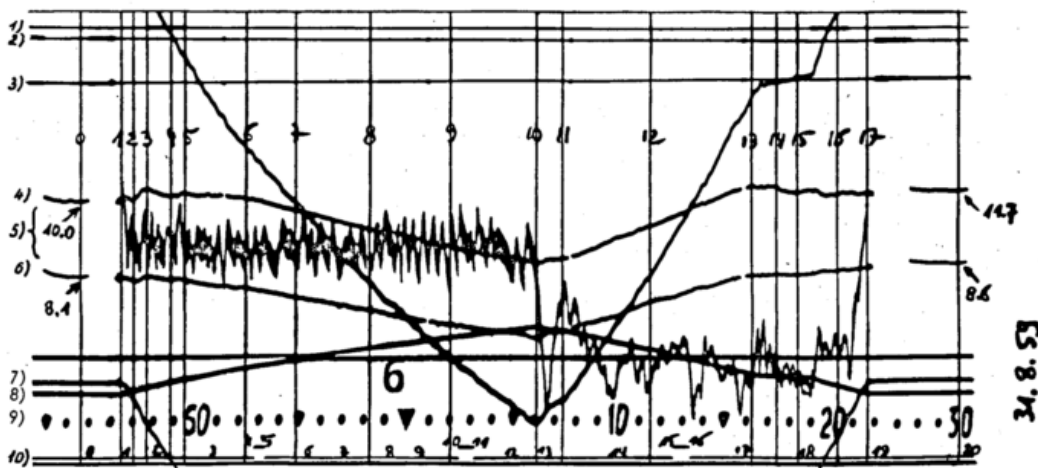


Abb. 3
Registrierung eines Flugzeugaufstiegs

Die Kurven bedeuten:

- | | |
|------------------------------|----------------------------|
| 1) Basis statischer Druck | 6) Temperatur, feucht |
| 2) Basis Temperatur, trocken | 7) statischer Druck (fein) |
| 3) Basis Temperatur, feucht | 8) statischer Druck (grob) |
| 4) Temperatur, trocken | 9) Zeit |
| 5) dynamischer Druck | 10) Zeitmarken |

2.4. Verarbeitung der Meßdaten und Darstellung der Ergebnisse

Die Verarbeitung der Meßdaten und Darstellung der Ergebnisse erfolgte bei beiden Stationen in der gleichen Weise. Es wurde dabei zwischen Inversionen und Isothermien grundsätzlich nicht unterschieden, so daß in der Bezeichnung „Inversionen“ im folgenden stets die Isothermien mit enthalten sind.

Die Temperaturdifferenz Δt ($^\circ \text{C}$) zwischen Ober- und Untergrenze der Inversion wird nach folgendem Schema in ganzen Grad angegeben:

- | | |
|---------------------------------|---------------------|
| 0.0—0.4 $^\circ \text{C}$ | 0 $^\circ \text{C}$ |
| 0.5—1.4 $^\circ \text{C}$ | 1 $^\circ \text{C}$ |
| 1.5—2.4 $^\circ \text{C}$ | 2 $^\circ \text{C}$ |
- und so weiter.

Als „Höhe der Inversionen“ wurden die Untergrenzen ausgezählt; als Höhenstufen haben sich in den meisten Fällen Abstände von 200 zu 200 m als günstig erwiesen.

Der Jahresgang wurde durch getrennte Auszählungen für jeden Monat erfaßt, die jahreszeitlichen Werte wurden nach bekannter Methode zusammengefaßt: Frühling = März bis Mai, Sommer = Juni bis August, Herbst = September bis November und Winter = Dezember bis Februar.

Mit „Dicke der Inversion“ wird die Höhendifferenz zwischen Ober- und Untergrenze bezeichnet.

Daraus ergeben sich folgende Bezeichnungen und Dimensionen:

- | | |
|---------------------------|-----------------------------------|
| Temperatursprung | Δt ($^\circ \text{C}$), |
| Untergrenze der Inversion | B (m) über NN, |
| Obergrenze der Inversion | G (m) über NN, |
| Dicke | D (m). |

Die Ergebnisse der Auszählungen des gesamten Materials wurden in großen Arbeitstabellen zusammengestellt, aus denen alle benötigten Zuordnungen, Verteilungen usw. entnommen wurden. Das Zahlenmaterial wird in Tabellen möglichst ausführlich wiedergegeben und an Stelle von Blockdarstellungen werden bei den entsprechenden Abbildungen die einzelnen Werte durch Streckenzüge miteinander verbunden.

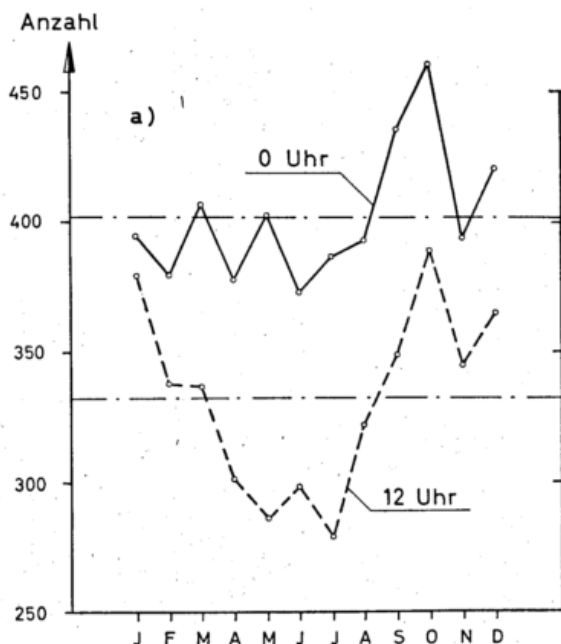
Bei der Darstellung der Ergebnisse werden im ersten Teil die aus dem vierjährigen homogenen Radiosondenmaterial gewonnenen Ergebnisse über Inversionen in Stuttgart, im zweiten Teil die Flugzeugaufstiege von Karlsruhe besprochen und mit den Stuttgarter Radiosondenaufstiegen verglichen. Die wesentlichsten Ergebnisse werden am Schluß zusammengestellt.

3. Ergebnisse

3.1. Inversionen nach den Radiosondenaufstiegen in Stuttgart zwischen Boden und 3000 m Höhe um 0 und 12 Uhr

3.1.1. Anzahl der Inversionen in Abhängigkeit von Höhe, Monat und Temperatursprung

Die Anzahl der Untergrenzen der Inversionen in Abhängigkeit von der Höhe (in 200-m-Stufen) und vom Monat (Tab. 3) ergibt, daß die Höhenverteilung im Jahresmittel um 0 und um 12 Uhr fast gleich ist, wenn wir von den später ausführlich zu besprechenden Bodeninversionen absehen. Nach einem Minimum im Höhen-



bereich 316—400 m nimmt die Anzahl der Inversionen bis etwa 1000 m Höhe zu und bleibt dann mit kleinen Schwankungen bis 3000 m Höhe etwa gleich. Nur der Wert bei 1201—1400 m Höhe um 0 Uhr fällt heraus, alle übrigen Schwankungen sind ohne scharfe Extreme. Dieses Ergebnis wird bestätigt, wenn man die Höhenverteilung in den einzelnen Monaten oder Jahreszeiten betrachtet. Auch hier sind die Schwankungen klein und die schwachen Maxima streuen über alle Höhenstufen. Eine enge Kopplung mit Wolkenuntergrenzen wie sie Peppler (24, 25) bei der Auswertung der Drachenaufstiege in Lindenberg und der Fesselballonaufstiege in Friedrichshafen fand, ist in Stuttgart nicht nachzuweisen. Es muß bezweifelt werden, ob die von Peppler gefundenen Ergebnisse so repräsentativ sind, wie er annahm. Die mit der Höhe abnehmende Zahl der Lindenberger Aufstiege bringt einen Fehler in die Statistik, außerdem wurden die Aufstiege zu verschiedenen Zeiten durchgeführt. Bei den Untersuchungen der Inversionen über dem Bodensee standen Fesselballonaufstiege zur Verfügung, die in den meisten Fällen 3000 m Höhe erreichten. Dadurch sind die Meßwerte gleichmäßiger als in Lindenberg.

Leider kann eine Arbeit von Steinhauser (26) nicht als Stütze unserer Aussagen benutzt werden, da in ihr die Einteilung der Höhenstufen weiter als bei uns gewählt wurde. In einer statistischen Bearbeitung der Lindenberger Aufstiege von Herath (27) wurden nur Inversionen mit $\Delta t > 2^{\circ}\text{C}$ ohne Rücksicht auf die Tageszeit herangezogen, so daß sich auch hier nur wenige Vergleichsmöglichkeiten bieten.

Die Inversionshäufigkeit in den einzelnen Monaten weist einen ausgeprägten Jahrgang auf. Dabei ist das Maximum im Oktober am deutlichsten ausgeprägt, das

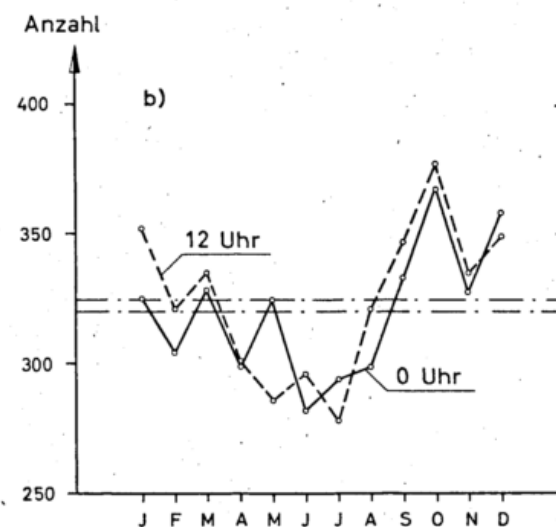


Abb. 4
 Jahresgang der Anzahl der Inversionen um 0 und 12 Uhr
 a) alle Inversionen b) ohne Bodeninversionen

Minimum liegt weniger scharf um 0 Uhr im Juni und um 12 Uhr im Juli, also jeweils im Sommer (Tab. 4). Beim Betrachten „sekundärer“ Extreme findet man die Maxima stets im Herbst oder Winter, die Minima im Sommer oder Frühling.

Der Jahresgang der Anzahl der Inversionen ist nochmals in Abb. 4a anschaulich wiedergegeben. Die Mittelwerte sind strich-punktiert eingetragen. Die absoluten Unterschiede in der Anzahl der Inversionen zwischen Nacht mit 4828 und Tag mit 3989 Inversionen sind hauptsächlich durch die Bodeninversionen bedingt, die nachts fast den 11fachen Betrag der Tagesanzahl erreichen. Der Jahresgang der Anzahl der Inversionen ohne Bodeninversionen für 0 und 12 Uhr (Abb. 4b) ergibt nur

noch geringe Unterschiede in der Anzahl und im Gang. Die Extreme treten in den gleichen Monaten wie beim Gesamtmaterial auf (Tab. 5).

Ohne Bodeninversionen beträgt die Inversionshäufigkeit noch 3898 Inversionen um 12 Uhr und 3841 Inversionen um 0 Uhr.

In der Zusammenfassung der Monatswerte in der üblichen Weise zu Jahreszeiten für alle Inversionen (Tab. 6) und ohne die Bodeninversionen (Tab. 7) liegen die Minima in allen Fällen im Sommer, während bei allen Inversionen das Maximum um 12 Uhr im Herbst und Winter mit gleicher Häufigkeit anzutreffen ist.

Bei den Inversionen ohne Bodeninversionen zeigt sich (wie beim Vergleich der Einzelmonate) der nur noch

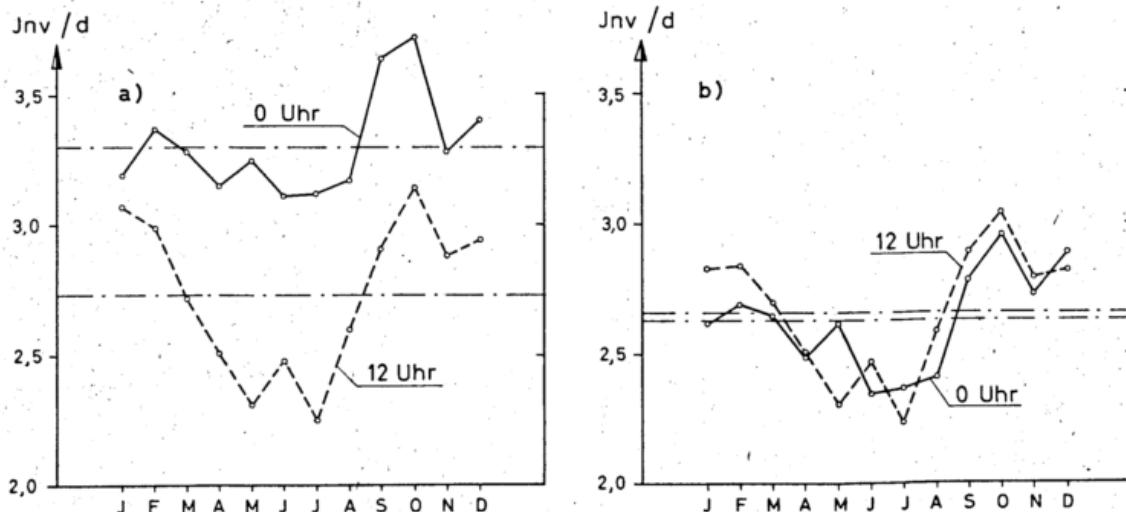


Abb. 5
 Jahressgang der Anzahl der Inversionen je Tag für 0 und 12 Uhr
 Stuttgart 1957—1960
 a) alle Inversionen b) ohne Bodeninversionen

geringe Unterschied zwischen Tag und Nacht, hier liegt das Maximum um 12 Uhr eindeutig im Herbst.

Die Anzahl aller Inversionen je Tag (Abb. 5a) und der Inversionen ohne Bodeninversionen je Tag (Abb. 5b) wurden als Monatsmittel der Jahre 1957—1960 für 0 und 12 Uhr berechnet.

Die Werte der Abb. 5a, b stellen praktisch eine Reduktion der Abb. 4a, b auf einheitliche Monatslänge dar, so daß sich ein etwas geglätteter Kurvenverlauf ergibt. Die bei Abb. 4a, b gefundenen Ergebnisse gelten hier in gleicher Weise.

Die mittlere Anzahl der Inversionen je Tag im betrachteten Zeitraum (1461 Tage) ist in Tab. 8 angegeben.

Die Untergrenzen der Inversionen in Abhängigkeit von der Höhe (in 200-m-Stufen) und vom Temperaturprung Δt sind in Tab. 9 zusammengestellt. Erwartungsgemäß kommen die Intensitäten 0 und 1° C sehr häufig mit 74% um 0 Uhr und mit 80% um 12 Uhr vor. Diese Prozentzahlen gelten nicht nur für die Gesamtsummen, sondern ungefähr auch in jedem Höhenintervall. Eine Ausnahme bilden nur die Bodeninversionen, die an anderer Stelle ausführlich besprochen werden. Inversionen mit einem $\Delta t = 2$ bis 6° C in der Nacht und bis 7° C am Tag kommen ebenfalls noch in fast allen Höhenstufen vor. Bei den kräftigeren Inversionen liegt das Maximum im Höhenbereich 800—1000 m. Die Ausbildung von kräftigen Inversionen unterhalb von etwa 2000 m Höhe ist vor allem an länger andauernde winterliche Hochdrucklagen gebunden, wie wir auch durch die Augenbeobachtungen bei den Flugzeugaufstiegen in Karlsruhe feststellen konnten. Den unmittelbaren Beweis für diese Feststellung liefert Tab. 10. In ihr ist die Anzahl der Untergrenzen der Inversionen in Abhängigkeit vom Monat und vom Temperaturprung aufgeführt. Im Jahresgang findet man die kräftigsten Inversionen im Winterhalbjahr, während sie im Sommer ganz fehlen. Dabei sind die Unterschiede zwischen 0 und 12 Uhr, von der absoluten Anzahl abgesehen, unbedeutend. Steinhauser (26) findet für Wien im Prinzip die gleiche Intensitätsverteilung im Jahresgang. Da es sich dabei um Radiosondenaufstiege neueren Datums handelt, ist sein Ergebnis eine Bestätigung unserer Werte.

Nach Tab. 11 sind die 12-Uhr-Inversionen etwas zahlreicher, als die 0-Uhr-Inversionen, wenn man die Bodeninversionen nicht berücksichtigt. Die Unterschiede sind gering und liegen bei Betrachtung der Grundwahrscheinlichkeit (Koller (28)) innerhalb der statistischen Zufälligkeit.

In vielen Fällen wird man die feine Unterteilung der Tab. 3, 9 und 10 nicht benötigen. Wir haben deshalb, um einen Gesamtüberblick über die Verteilung der Inversionen zu geben, Tab. 12 zusammengestellt, in der für 0 und 12 Uhr getrennt, die Anzahl der Untergrenzen der Inversionen in Abhängigkeit vom Monat und vom Temperaturprung (in Gruppen zusammengefaßt) für verschiedene Höhenbereiche angegeben ist.

Wir haben für alle unsere Auswertungen stets Mittel oder Summen (oder beides) aus den Aufstiegsresultaten der vier Jahre 1957—1960 verwendet. Es soll hier betont werden, daß die meisten Ergebnisse auch für jedes einzelne Jahr ohne größere Abweichung gelten. Auf diese Tatsache machte schon Peppler (24) aufmerksam, und wir können deshalb die bearbeiteten vier Jahre als allgemeingültig und repräsentativ ansehen.

3.1.2. Spezielle Auszählungen über das Vorkommen von Inversionen

3.1.2.1. Anzahl der Inversionen jedes einzelnen Aufstiegs

Die Anzahl der Inversionen zwischen Boden und 3000 m Höhe jedes einzelnen Aufstiegs wurde für die einzelnen Jahreszeiten und für die Gesamtzahl der Aufstiege in Tab. 13 ausgezählt. Die Tage ohne Inversion bis 3000 m Höhe sind sehr selten, um 0 Uhr sind es 12, um 12 Uhr 29 Tage in vier Jahren. An zwei Tagen wurden um 0 Uhr je 8 Inversionen angetroffen, um 12 Uhr sind je 7 Inversionen an fünf Tagen die häufigste Inversionsanzahl.

Bei den verschiedenen Jahreszeiten fällt auf, daß vier und mehr Inversionen am häufigsten im Herbst angetroffen werden. Dieses Ergebnis darf nach unseren Auszählungen (Tab. 3) erwartet werden.

Zum Vergleich wurden die Werte von Wien für 3 und 15 Uhr nach Steinhauser (26) herangezogen. Da es sich um verschiedene Zeiträume handelt, sind die Werte für das Gesamtmaterial von Karlsruhe und von Wien in ‰ angegeben. Es überrascht dabei die außerordentlich große Häufigkeit von 1 und 2 Inversionen je Aufstiegs und das Fehlen von mehr als 5 Inversionen, zumal die Wiener Untersuchungen für die gesamte Troposphäre bis 9000 m Höhe gelten. Leider ist nicht klar zu erkennen, ob Tage ohne Inversion nicht vorkommen oder ob sie nicht ausgezählt wurden. Wir möchten annehmen, daß die geringe Inversionsanzahl in Wien vorwiegend durch die Art der Auswertung bedingt ist, worauf auch Steinhauser selbst hinweist.

3.1.2.2. Die Höhe der untersten Inversion

Für jeden Tag wurde, getrennt für 0 und 12 Uhr, die Höhe der untersten Inversion bestimmt und monatlich zusammengefaßt in Tab. 14. Ein deutlicher Unterschied besteht zwischen Tag und Nacht durch die Bodeninversionen, die um 0 Uhr an 67.5% aller Tage, um 12 Uhr nur an 6.2% aller Tage die unterste Inversion bilden.

Um 0 Uhr kommen weitere 10% der untersten Inversionen bis 600 m Höhe vor und bis 1000 m Höhe sind es insgesamt 86.8%. Die Unterschiede in den einzelnen Monaten sind bei Addition der untersten Inversionen bis 1000 m Höhe viel geringer als bei den Bodeninversionen allein. Die Tage ohne Inversionen (bis 3000 m Höhe) wurden bereits im Zusammenhang mit Tab. 13 besprochen.

Um 12 Uhr haben die untersten Inversionen im Mittel eine größere Höhe als um 0 Uhr, da 1) die Anzahl der Bodeninversionen geringer ist, und 2) die Aufheizung infolge der Sonneneinstrahlung in der bodennahen Schicht eine Inversionsbildung besonders im Sommer oft verhindert. Das zeigt sich deutlich bei einer nach Sommer- und Winterhalbjahr getrennten Betrachtung dieser Inversionen. Addiert man hier die untersten Inversionen bis 1000 m Höhe, so erhalten wir 44.2% (Sommerhalbjahr 14.2%, Winterhalbjahr 30.0%). In 2000 m Höhe werden 88.8% erreicht, während dieser Wert um 0 Uhr schon in etwa 1000 m Höhe erreicht wurde. Der Unterschied zwischen Sommer- und Winterhalbjahr um 12 Uhr ist auch in größeren Höhen vorhanden, wenn auch nicht so stark wie in den ersten 1000 m.

Ein direkter Vergleich mit den Wiener Aufstiegen (26) ist wegen der anderen Unterteilung nicht möglich. Es besteht jedoch eine prinzipielle Übereinstimmung, denn auch in Wien haben die untersten Inversionen am Tage wegen der fehlenden Bodeninversionen eine größere Höhe als in der Nacht. Ebenso bewirkt der Strahlungseinfluß im Sommer bei den Mittagsinversionen eine Anhebung der untersten Inversionen.

3.1.2.3. Gleichzeitiges Vorkommen von Inversionen in verschiedenen Höhen

Um das gleichzeitige Vorkommen von Inversionen in verschiedenen Höhen zu untersuchen, haben wir den Bereich vom Boden bis 3000 m Höhe in vier Stufen unterteilt: 315 (Boden), 316—1000, 1001—2000 und 2001—3000 m Höhe. Bezeichnen wir das Vorkommen einer oder mehrerer Inversionen in einer Höhenstufe mit „+“, das Fehlen mit „-“, so erhalten wir nach den Regeln der Kombinatorik: Anzahl der Variationen aus 2 Elementen zur 4. Klasse, mit Wiederholung: $2^4 = 16$; also 16 verschiedene Möglichkeiten. Diese sind:

<Nr>	Höhe (m)			
	315	316 —1000	1001 —2000	2001 —3000
1	+	+	+	+
2	+	+	+	-
3	+	+	-	+
4	+	-	+	+
5	+	+	-	-
6	+	-	-	+
7	+	-	+	-
8	+	-	-	-
9	-	+	+	+
10	-	+	-	+
11	-	+	+	-
12	-	-	+	+
13	-	+	-	-
14	-	-	+	-
15	-	-	-	+
16	-	-	-	-

Die Numerierung ist willkürlich; die Gruppen werden im folgenden mit ihrer laufenden Nummer <Nr> zitiert. Durch Addition von Gruppen lassen sich alle gewünschten Fälle zusammenstellen.

Wir haben die Höhenverteilung der Inversionen jedes Aufstiegs nach obigem Schema ausgezählt; getrennt für 0 und 12 Uhr und zusammengefaßt nach Monaten (Tab. 15). Die Gruppen <1> bis <8> sind solche mit Bodeninversionen, <9> bis <16> ohne Bodeninversionen.

Bei 16% aller Aufstiege sind um 0 Uhr in allen vier Höhenstufen <1> Inversionen vorhanden. Erwartungsgemäß ist Fall <4> sehr häufig, da an Tagen mit dicken Bodeninversionen im Bereich bis 1000 m Höhe meist keine zweite Inversion vorkommt. Tage mit nur einer Bodeninversion <8> sind selten. Eine einzige Inversion bis 3000 m Höhe <8, 13—15> kommt um 0 Uhr mit 8%, am Mittag mit 21% vor. Diese Unterschiede zwischen Tag und Nacht können wir auf Grund der Ergebnisse in Tab. 8 erwarten.

Um 12 Uhr sind bei rd. 1/4 aller Aufstiege Inversionen in allen Stufen mit Ausnahme des Bodens <9> vorhanden. In 56% der Fälle kommen am Mittag bis 1000 m Höhe keine Inversionen vor <12, 14—16>, während es um 0 Uhr nur 12% sind. Dieses häufige Fehlen von Inversionen bis 1000 m Höhe beruht (wie in 3.1.2.2. bereits erläutert) auf der Wirkung der Sonneneinstrahlung. Gruppe <16> ist bereits bei „Anzahl 0“ in Tab. 13 enthalten, muß hier jedoch der Vollständigkeit wegen ebenfalls gebracht werden.

3.1.3. Die Dicke der Inversionen

Die Dicke der Inversionen wurde nach den Stufen ≤ 100 , 101—200, 201—400, 401—600 und > 600 m unterteilt. Für jede dieser Dickenstufen wurde die Anzahl der dazugehörigen Inversionen nach ihren Untergrenzen in Abhängigkeit vom Monat und vom Temperatursprung (in Gruppen zusammengefaßt) ausgezählt und in Tab. 16 dargestellt. Am weitaus häufigsten sind mit 47% die Inversionen mit 101—200 m Dicke, dann folgen die Inversionen mit einer Dicke ≤ 100 m. Bei der Dicke 201 bis 400 m geht die Anzahl der Inversionen stark zurück und nur noch 4% sind über 400 m dick. Die Unterschiede zwischen Tag und Nacht sind sehr gering, wie Tab. 17 zeigt, jedoch statistisch gesichert (28). Die größere Häufigkeit der Dicken 201—400 m auf Kosten der Dicken ≤ 100 m um 0 Uhr ist zum größten Teil durch die Bodeninversionen bedingt, denn mehr als ein Drittel der Bodeninversionen ist 201—400 m dick.

Bei den Dicken bis 200 m sind zum größten Teil die schwachen Inversionen bis $\Delta t = 2^\circ \text{C}$ enthalten. Mit Zunahme der Dicke nimmt auch der Anteil der Inversionen mit großem Temperatursprung zu, d. h. daß kräftige Inversionen in den meisten Fällen auch größere Dicken haben. Dieses Ergebnis wird im Jahresgang bestätigt, wo die größte Anzahl der Inversionen über 200 m Dicke in die Wintermonate fällt. Die Inversionen bis $\Delta t = 2^\circ \text{C}$ kommen bei Schichtdicken über 400 m selten vor.

Ein Vergleich mit anderen Stationen (Tab. 18) ist nur bedingt durchführbar, da die Beobachtungen zum Teil anders ausgewertet wurden. In Wien sind die Inversionen bis 9000 m Höhe nach der Dicke zusammengefaßt, wodurch der größere Prozentanteil dickerer Inversionen erklärt wird. Es werden dabei die Tropopauseninversionen mit erfaßt, die in vielen Fällen große Dicken (vgl. Abschnitt 3.1.4.) haben. In Lindenberg werden keine Tropopauseninversionen erfaßt, daher ist der Anteil der Inversionen mit einer Dicke > 400 m nur etwa halb so groß wie in Wien. Für Karlsruhe ergibt sich eine noch geringere Häufigkeit der dicken Inversionen. Die Ursache liegt hier in der feinen Registrie-

rung und der damit erfaßten Aufspaltung mancher dicken Inversionen in mehrere dünnere.

Die Anzahl der Inversionen verschiedener Dickenstufen nach ihren Untergrenzen in Abhängigkeit von der Höhe und vom Temperatursprung (in Gruppen zusammengefaßt) ist in Tab. 19 angegeben. Auch hier tritt zwischen 0 und 12 Uhr praktisch kein Unterschied auf. Während die Zahl der Inversionen mit Dicken bis 100 m ab etwa 1800 m Höhe abnimmt, nehmen die Inversionen von 101—200 m Dicke zu. Addiert man beide Gruppen, so erhält man eine Verteilung, die mit der Höhe nur sehr geringe Schwankungen hat. Auch hier sind — wie in früheren Fällen — die später zu behandelnden Bodeninversionen ausgenommen. Bei den Inversionen mit Dicken größer 200 m ist die Verteilung auf die einzelnen Höhenstufen ziemlich ausgeglichen. Die Inversionen mit Temperatursprüngen $> 7^{\circ}\text{C}$ kommen bei Dicken > 400 m um 0 Uhr bis 1400 m und um 12 Uhr bis 1800 m Höhe vor, während sie in größeren Höhen nur bei Dicken unter 400 m auftreten.

3.1.4. Inversionen bis 10 000 m Höhe (nur 1960)

Um den korrekten Vergleich mit anderen Messungen (26) durchführen zu können, haben wir für das Jahr 1960 die Inversionen in 1000-m-Stufen bis 10 000 m Höhe ausgezählt (Tab. 20). Die Unterschiede zwischen Tag und Nacht bleiben dabei sehr klein. Die Zahl der Inversionen wird von 3000—5000 m Höhe nur langsam

kleiner und nimmt dann aber rasch ab. Ab 9 km Höhe erfolgt, durch die hier vorhandenen Tropopauseninversionen bedingt, eine Zunahme der Fälle. Nach (26) liegen in Wien an 23% aller Tage die Tropopauseninversionen unterhalb 10 000 m Höhe. Peppler (24) fand bei den Lindenberger Inversionen eine viel raschere Abnahme der Anzahl mit zunehmender Höhe. Da jedoch in Lindenberg in dem von Peppler bearbeiteten Zeitraum nur wenige Aufstiege größere Höhen erreichten (von fast 7000 Aufstiegen erreichten 1092 noch 4000 m und nur 254 Aufstiege 5000 m Höhe), können seine und unsere Ergebnisse nicht miteinander verglichen werden. Außerdem sind die Lindenberger Aufstiege zu wechselnden Tageszeiten gemacht worden, was einen Vergleich weiter erschwert. Bei den Wiener Untersuchungen (26) ist die Abnahme der Zahl der Inversionen ebenfalls stärker als in Stuttgart, jedoch nicht so stark wie in Lindenberg. In Wien werden weniger Inversionen erfaßt als in Stuttgart, denn „es ist natürlich zu erwarten, daß belanglos kleine Inversionen nicht immer erfaßt oder ausgewertet worden sind“ (26). Selbstverständlich sind Unterschiede z. B. gegenüber Wien auch geographisch und orographisch bedingt.

Die Temperatursprünge sind (wie auch nach Tab. 9 zu erwarten ist) für den hier betrachteten Bereich in der Höhenstufe 1000—2000 m am größten und nehmen mit zunehmender Höhe rasch ab. Von 4000—8000 m Höhe sind Inversionen mit $\Delta t > 2^{\circ}\text{C}$ sehr selten. Ihre Anzahl nimmt über 8000 m Höhe wieder zu, wobei es sich ausschließlich um Tropopauseninversionen handelt.

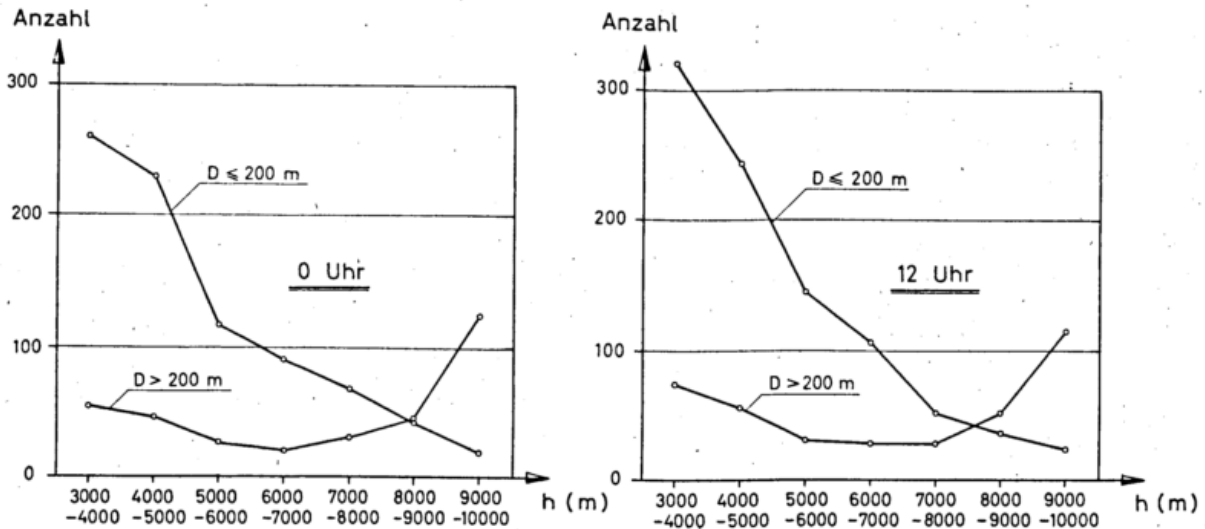


Abb. 6
Anzahl der Inversionen zwischen 3000 und 10 000 m Höhe, unterteilt nach der Dicke D. Stuttgart 1960

Eine Übersicht über die Dicke der Inversionen zwischen 3000 und 10 000 m Höhe enthält Abb. 6. Dabei ist die Anzahl der Inversionen nur nach der Dicke $D \leq 200$ m und $D > 200$ m unterteilt. Von 3000 m bis 7000 m Höhe treten die Inversionen mit Dicken bis 200 m 4- bis 5mal so häufig wie die dünneren auf. Von 7000 m bis 9000 m Höhe nehmen die dickeren Inversionen auf Kosten der anderen zu, und ab 9000 m Höhe (Tropopauseninversionen!) sind Inversionen mit $D > 200$ m 5- bis 6mal so häufig wie die dünneren.

Die Auswertung ergab außerdem, daß ab etwa 6000 m Höhe alle Inversionen mit einem Temperatursprung $\Delta t \geq 3^{\circ}\text{C}$ über 200 m dick sind.

3.1.5. Die Bodeninversionen in Stuttgart

3.1.5.1. Anzahl der Bodeninversionen um 0 Uhr in Abhängigkeit von Monat, Dicke und Temperatursprung

Bodeninversionen sind alle die Inversionen, deren Untergrenze mit der Erdoberfläche (hier 315 m NN) zu-

sammenfällt. Nächtliche Bodeninversionen, die in den meisten Fällen durch Ausstrahlung entstehen, sind naturgemäß viel häufiger als Bodeninversionen am Tage, da hier durch die Sonneneinstrahlung in der Mehrzahl der Fälle eine Aufheizung erfolgt.

Die Zahl der nächtlichen Bodeninversionen in den einzelnen Monaten bzw. Jahreszeiten in Abhängigkeit von der Dicke (in 50-m-Stufen, Tab. 21) zeigt ein deutliches Maximum des Jahresganges im September, ein Minimum im Dezember. Es überrascht zunächst, daß im Sommer und Herbst mehr Bodeninversionen vorkommen als im Winter und Frühling, doch ist dieser Effekt ohne weiteres zu erklären: die in der kalten Jahreszeit häufigen Nebellagen führen nicht zu Bodeninversionen, da der Nebel durch seine große Gegenstrahlung die effektive Ausstrahlung stark herabsetzt. Für den Einfluß der Bewölkung auf die Ausstrahlung geben Angström und Asklöf (29) an: $R_w = R_0 (1 - kw)$. Dabei bedeuten: R_w = Ausstrahlung bei Bedeckungsgrad w ($0 =$ wolkenlos, $1 =$ bedeckt), R_0 = effektive

Ausstrahlung, k = konstant, kann als Verhältnis des Unterschiedes der effektiven Ausstrahlung bei wolkenlosem und bei bedecktem Himmel betrachtet werden.

Möller gibt in (30) auch quadratische Gesetze an. Aus den von verschiedenen Verfassern (29, 30, 31) angegebenen Werten ergibt sich: Die effektive Ausstrahlung beträgt bei geschlossener Stratus-Decke (= Hochnebel) etwa 15–20% der effektiven Ausstrahlung bei wolkenlosem Himmel. Bei Bodennebel liegt dieser Wert zwischen null und einigen Prozent.

In diesen Fällen können sich an der Nebelobergrenze Inversionen ausbilden, doch liegen dazu leider wegen des Nebels keine Flugzeugmessungen vor. In den klaren Sommernächten bilden sich dagegen leicht Bodeninversionen aus. Trotzdem ist es erstaunlich, daß dieser Effekt in Stuttgart, wo die Radiosondenstation auf der Höhe über dem Tal liegt, noch so deutlich ausgeprägt ist.

Zum Vergleich stehen uns die Radiosondenaufstiege von Wien (26) und von Straßburg nach einer Auszählung von Die m (32) *) zur Verfügung. Leider ist das Straßburger Material in der Aufstiegsstechnik und in der absoluten Genauigkeit der Radiosonde nicht besonders gut. Jedoch sind die Aufstiegswerte in sich vergleichbar und geben so relative Werte über die Zahl und Intensität der Inversionen. Damit ist das Straßburger Material wertvoll, weil wir dadurch Messungen aus der Rheinebene erhalten, die noch besser mit den Karlsruher Werten verglichen werden können als die Stuttgarter Werte.

Von einer fünfjährigen Untersuchung der Bodeninversionen in Quickborn gibt Frank enberger (33) leider nur Stundenwerte der Inversionsandauer wieder, die an einem Funkmast mit fester Meßstelle in 70 m Höhe gemessen wurden. Wir können jedoch die Eintrittszeiten der Extreme entnehmen und finden sie in denselben Monaten wie in Straßburg. Einige wichtige Daten für alle vier Stationen gibt Tab. 22.

Die Eintrittszeiten der Extreme ändern sich von Station zu Station nur wenig, die größte monatliche Anzahl der Bodeninversionen liegt stets im Hochsommer oder Frühherbst, die kleinste stets im Winter. Das monatliche Maximum erreicht in Stuttgart 163%, in Straßburg 149% des Minimums, während es in Wien, wo ein mehr kontinentaler Gang der Bodeninversionen auftritt, 561% des Minimums beträgt.

Die Anzahl der Bodeninversionen je Jahr in Prozent des möglichen Wertes (100% = jeden Tag eine Bodeninversion) gibt für Stuttgart 67.5% und Straßburg 65.7% nahezu gleiche Werte, wobei es wieder überrascht, daß die auf einer Anhöhe gelegene Station Stuttgart einen so hohen Anteil von Bodeninversionen hat, d. h. die Bodeninversionen umfassen diesen ganzen Bereich.

Auch die Auszählung der Bodeninversionen in Stuttgart in jedem einzelnen Jahr (Tab. 23) ergibt nur geringe Unterschiede. In den betrachteten vier Jahren beträgt die Schwankung um den Mittelwert nur rund $\pm 8\%$.

Die Häufigkeit der Bodeninversionen in den verschiedenen Jahreszeiten, jeweils in % der Jahressumme, ist in Tab. 24 für vier Stationen zusammengestellt.

Die Minima liegen auch bei der jahreszeitlichen Mittelung deutlich im Winter, die Maxima jedoch verschieben sich gegen die der Einzelmonate nach vorn.

Die häufigste Dicke der Bodeninversionen (Tab. 21) liegt bei 150–200 m; flachere Inversionen, etwa bis rund 100 m Höhe, können meßtechnisch nicht gut erfaßt werden. 55% aller Bodeninversionen sind bis zu

*) Auszählung aus den gezeichneten 2-Uhr-Aufstiegen der Straßburger Radiosonde aus der Zeit 1947–1952. Die Aufstiege liegen nicht vollständig vor.

200 m, 85% bis 300 m dick. Darüber treten die restlichen 15% mit nur langsam abnehmender Anzahl bis zu Dicken von 1295 m auf.

Die Auszählung der Dicke der Bodeninversionen in den einzelnen Jahreszeiten (Tab. 25) ergibt im Herbst und Winter doppelt so viel „dicke“ Inversionen (> 300 m) wie im Frühling und Sommer. Wir haben deshalb für jeden Monat die mittlere Dicke der Bodeninversionen als ΣD : Anzahl berechnet (Tab. 26).

Es ist anzunehmen, daß die Ausbildung einer vertikal mächtigen Bodeninversion eine längere Zeit erfordert als die Ausbildung einer flachen. Aus diesem Grunde müssen in Winternächten durch die längere Ausstrahlungszeit dickere Bodeninversionen entstehen als in Sommernächten. Das gilt nicht nur für klare Strahlungsnächte, sondern auch für Nächte mit Bodennebel, wenn dieser erst gegen Morgen entsteht. Ist diese Überlegung richtig, dann muß ein ähnlicher Effekt auch beim Temperatursprung auftreten. Wir können in der wärmeren Jahreszeit geringere Temperatursprünge erwarten als im Winter. Eine Bestätigung gibt schon Tab. 12, und noch deutlicher Tab. 27, welche die mittleren Temperatursprünge für jeden Monat (berechnet als $\Sigma \Delta t$: Anzahl) enthält.

Mittlere Dicke und mittlerer Temperatursprung haben dazu noch einen parallelen Jahresgang, d. h. dickere Bodeninversionen sind im Mittel auch kräftige Bodeninversionen. Dieses Ergebnis ist wesentlich für das Problem der Reinhaltung der Luft:

Im Sommer werden im allgemeinen die Bodeninversionen harmloser (da schwächer und dünner) sein als im Winter, wo sie dicker und kräftiger sind.

Bei der Auszählung aller Inversionen ohne Bodeninversionen ist um 0 Uhr der Temperatursprung $\Delta t = 0^\circ \text{C}$ am häufigsten, 1°C ist fast genau so oft vorhanden, 2°C schon seltener. Bei den Bodeninversionen besteht im Jahresdurchschnitt eine Neigung zu größeren Temperatursprüngen, mit der Reihenfolge in der Häufigkeit: 1, 2, 3, 0, ... $^\circ \text{C}$.

Ek h a r t (34) hat eine zweijährige Radiosonden-Aufstiegsreihe (Morgentermin) von Klagenfurt ausgewertet. Die gefundenen Ergebnisse sind besonders wegen der „alpinen“ Lage der Station nicht uneingeschränkt mit den Werten anderer Stationen vergleichbar. So ist z. B. bei den Bodeninversionen der Jahresgang etwa umgekehrt wie an den in Tab. 22 angegebenen Stationen. Auch ist die Häufigkeit der Bodeninversionen mit 57% erstaunlicherweise geringer als in Stuttgart. Dagegen haben mittlere Dicke und mittlerer Temperatursprung fast den gleichen Jahresgang wie bei den Stuttgarter Bodeninversionen (Tab. 26 und 27).

Herath (27) beschäftigt sich in seiner Inversionsstudie auch ausführlich mit Bodeninversionen $> 2^\circ \text{C}$. Leider ist das Material (da zu gänzlich anderem Zweck ausgewertet) nicht nach Tageszeiten unterteilt, so daß es für einen Vergleich mit den entsprechenden Stuttgarter oder Karlsruher Bodeninversionen nicht geeignet ist.

3.1.5.2. Die Bodeninversionen um 12 Uhr und die Andauer der Bodeninversionen

In den betrachteten vier Jahren treten um 12 Uhr nur an 91 Tagen (6.2%) Bodeninversionen auf. Sie verteilen sich auf die ausgewerteten Jahre recht ungleichmäßig (Tab. 28).

Der Jahresgang der mittäglichen Bodeninversionen (Tab. 3) dürfte wegen der geringen Anzahl nicht repräsentativ sein, deshalb unterteilen wir nur nach den Jahreszeiten (Tab. 29).

Im Frühling und Sommer kommen Bodeninversionen um 12 Uhr äußerst selten vor. Im Herbst und Winter nimmt die Anzahl zu. Während die 12-Uhr-Bodeninversionen im Frühling und Sommer nur an einzelnen Tagen auftreten, kommen sie im Herbst und Winter manchmal über mehrere Tage hinweg um 12 Uhr vor. Mit den nächtlichen Bodeninversionen zusammen erhalten wir damit eine Aussage über die mögliche Andauer der Bodeninversionen, wobei wir ausgezählt haben, an wieviel Aufstiegssterminen hintereinander (also jeweils im Abstand von 12 Stunden) eine Bodeninversion angetroffen wird. Das Ergebnis enthält Tab. 30.

Unter der Annahme, daß sich zwischen den Terminen die Bodeninversion nicht auflöste und daß sie sich jeweils in der Mitte zwischen den beiden maßgeblichen Aufstiegen bildete oder auflöste, ergibt sich eine häufigste Dauer zu 36, eine maximale zu 108 Stunden. Als Ergänzung zu den Ergebnissen aus Tab. 26 und 27 können wir jetzt feststellen, daß die Bodeninversionen im Winter nicht nur dicker und kräftiger sind, sondern auch über eine längere Zeit andauern als im Sommer.

Wir müssen ausdrücklich darauf hinweisen, daß die Zahlen der Tab. 30 nur für Stuttgart gelten. Für Karlsruhe ergeben sich längere Zeiten, da die Bodeninversionen eine größere Dauer aufweisen.

3.1.6. Die relative Feuchte in Inversionen

Die relative Feuchte wird bei der Radiosonde mit einem Haar gemessen, das gegenüber der thermoelektrischen Messung beim Flugzeugaufstieg eine größere Trägheit aufweist. Trotz dieser relativ trägen Feuchtemessung der Radiosonde konnten einige grundlegende Ergebnisse gewonnen werden, besonders da zum Teil erhebliche Feuchtedifferenzen in den Inversionen vorkamen.

Die Anzahl der Inversionen wurde in Abhängigkeit von der Feuchtedifferenz Δf (Differenz der relativen Feuchte zwischen Unter- und Obergrenze jeder Inversion) und vom Temperatursprung Δt in Tab. 31 dargestellt. Mit zunehmendem Temperatursprung nimmt erwartungsgemäß der Feuchteunterschied zu. Dabei streuen die Feuchtedifferenzen bei kleinen Temperatursprüngen von ≤ 0 bis $> 60\%$ und werden bei größeren Temperatursprüngen viel geringer. Der einzelne Wert um 12 Uhr bei $\Delta t = 11^\circ \text{C}$ und mit $\Delta f \leq 0\%$ dürfte ein Meßfehler sein.

Die prozentuale Häufigkeitsverteilung der Feuchte um 0 und 12 Uhr ist bei Summation über alle Temperatursprünge nur um maximal 1.2% verschieden.

Für die verschiedenen Temperatursprünge wurde der häufigste Wert des Feuchtesprunges mit „x“ markiert (Tab. 32). Hier sieht man deutlich die Zunahme der Feuchtedifferenz mit zunehmendem Temperatursprung.

3.2. Inversionen nach Flugzeugaufstiegen in Karlsruhe zwischen Boden und 2000 m Höhe und Vergleich mit den Ergebnissen der Radiosondenaufstiege in Stuttgart

Die Flugzeugaufstiege in Karlsruhe konnten aus den früher genannten Gründen nicht täglich durchgeführt werden und liegen außerdem nur vom 15. Juni 1959 bis zum 31. Dezember 1960 gemeinsam für Karlsruhe und Stuttgart vor. Die Karlsruher Flüge reichten bis 2000 m Höhe. Da ein unmittelbarer Vergleich mit dem gesamten Stuttgarter Material daher nicht möglich ist, wurden aus dem Stuttgarter Radiosondenmaterial diejenigen 0-Uhr-Aufstiege ausgezählt, die einem Karlsruher Morgenaufstieg vorangingen. Unter Berücksichtigung der zeitlichen Differenz sind dann beide Reihen direkt miteinander vergleichbar.

3.2.1. Anzahl der Inversionen bis 2000 m Höhe in Karlsruhe morgens und in Stuttgart um 0 Uhr

Die Anzahl der Untergrenzen der Inversionen von Karlsruhe in Abhängigkeit von der Höhe und vom Monat ist in Tab. 33 zusammengestellt. Beim Vergleich mit den Stuttgarter Werten derselben Tage (Tab. 34) finden wir von Mai bis Dezember eine recht gute Übereinstimmung. Von Januar bis April liegen leider zu wenige Aufstiege vor, um einen korrekten Vergleich durchführen zu können. Der Mangel an hinreichendem Material zeigt sich auch darin, daß die Stuttgarter Werte nach Tab. 34 ihre Extreme nicht in den gleichen Monaten haben wie beim Gesamtmaterial (vgl. Tab. 3).

Die Gesamtzahl der Inversionen liegt in Karlsruhe (903) wesentlich über der von Stuttgart (758) im gleichen Zeitraum. Das hat zwei Ursachen:

1) Die Flugzeugaufstiege können als kontinuierliche Registrierung feiner als die aus einzelnen Punkten bestehende Registrierung der Radiosondenaufstiege ausgewertet werden. Dadurch ist es möglich, mehrere übereinander „geschichtete“ Inversionen voneinander zu trennen, die bei den Registrierungen der Radiosonde zusammenfallen.

2) Der Flugplatz Karlsruhe-Forchheim liegt 200 m tiefer als die Stuttgarter Radiosondenstation, so daß sich in dieser Zwischenschicht zusätzliche Inversionen ausbilden können.

Die Anzahl der Inversionen in den einzelnen Höhenstufen (vgl. Tab. 33 und 34) hat in Karlsruhe und Stuttgart ab etwa 600 m Höhe einen ähnlichen Gang, der auch mit dem Stuttgarter Gesamtmaterial übereinstimmt. Eine auffällige Ausnahme bildet nur die Höhenstufe 201—400 m in Karlsruhe mit einer sehr hohen Anzahl, die jedoch erklärt werden kann: Nach Tab. 33 wird das Maximum in dieser Höhenstufe fast ausschließlich durch die große Anzahl an Inversionen in den Monaten Mai bis September hervorgerufen. Da in diesen Monaten die Flugzeugaufstiege erst einige Stunden nach Sonnenaufgang stattfinden, erfassen wir nicht mehr alle nächtlichen Bodeninversionen. Sie sind zum Teil schon aufgeheizt und ihre Untergrenze liegt dann in der Höhe 201—400 m. Zum Nachweis dafür haben wir für das Sommerhalbjahr die einzelnen Stuttgarter Bodeninversionen von 0 Uhr mit den entsprechenden Karlsruher Inversionen vom Morgen verglichen. Dabei fanden wir, daß von den Inversionen mit Untergrenzen in 201 bis 400 m Höhe etwa die Hälfte durch aufgeheizte Bodeninversionen bedingt ist. Eine exakte zahlenmäßige Abschätzung ist wegen der zeitlichen Differenz zwischen Radiosonden- und Flugzeugaufstieg nicht möglich. Bei einer Übertragung der Karlsruher Verhältnisse vom Morgen auf die Verhältnisse von Mitternacht, ergäbe sich aus dem Vergleich eine Zunahme der Anzahl der Karlsruher Bodeninversionen um etwa 80 auf Kosten der Höhenstufe 201—400 m. Eine weitere Zunahme in geringem Umfang muß noch erwartet werden, da schwache Bodeninversionen am Morgen schon vollständig aufgeheizt sein können und dadurch in Tab. 33 überhaupt nicht erscheinen.

Bei einer Auszählung der Kölner Flugzeugaufstiege vom Vormittag aus den Jahren 1936—1938 fand Kleiss (35) den gleichen Effekt in etwas schwächerer Form, da dort die meisten Aufstiege früher als in Karlsruhe und damit noch im Bereich der nächtlichen Bodeninversionen stattfanden.

Die Aufgliederung der Inversionen nach dem Temperatursprung ist für Karlsruhe aus Tab. 35 und für Stuttgart aus Tab. 36 zu entnehmen. Zusammengefaßt (Tab. 37) ergeben sich zwischen beiden Stationen kaum Unterschiede und sie weichen auch nur geringfügig vom Stuttgarter Gesamtmaterial (Tab. 11) ab. Die kräftigen Inversionen werden in Stuttgart bis 1600 m Höhe (ähn-

lich wie beim Stuttgarter Gesamtmaterial, Tab. 9), in Karlsruhe nur bis 1000 m Höhe angetroffen.

Die Dicke der Inversionen in Karlsruhe (Tab. 38) und Stuttgart (Tab. 39) hat in Karlsruhe von 0—100 m Dicke die größte Häufigkeit, was durch die schon erwähnte feinere Auswertung bedingt ist. In Stuttgart besteht eine grobe Übereinstimmung mit dem Gesamtmaterial, z. B. tritt der häufigste Wert wieder bei $D = 101\text{—}200$ m auf.

3.2.2. Bodeninversionen

3.2.2.1. Anzahl der Bodeninversionen in Abhängigkeit von Monat, Dicke und Temperatursprung

Für die Flugtage kann der jährliche Gang der Bodeninversionen als Monatsmittel aus Tab. 33 für Karlsruhe morgens und aus Tab. 34 für Stuttgart 0 Uhr entnommen werden. Da die Zahl der Aufstiege in den einzelnen Monaten verschieden ist, wurde zum besseren Vergleich die prozentuale Häufigkeit der an den Aufstiegstagen angetroffenen Bodeninversionen berechnet (Tab. 40).

Da die Anzahl der Bodeninversionen gering ist und der zeitliche Unterschied zwischen den Radiosonden- und Flugzeugaufstiegen vorliegt, wurden zur Ergänzung noch die Werte von Straßburg (32) und Köln (35) herangezogen. Damit liegen mit Karlsruhe und Köln zwei Flugzeugstationen und mit Stuttgart und Straßburg zwei Radiosondenstationen vor, die unter sich etwa gleiche Startzeiten (aber in verschiedenen Jahren) haben. Allerdings muß bei diesem Vergleich beachtet werden, daß von Karlsruhe und Stuttgart nur die hier bearbeitete zeitliche Auswahl, für Straßburg und Köln aber das gesamte vorliegende Material angegeben wurde.

Die Übereinstimmung zwischen den Stationen mit gleicher Meßmethode und vor allem mit gleicher Aufstiegszeit ist besser. Die absolute Zahl der Bodeninversionen ist in Karlsruhe kleiner als in Stuttgart, da sie im Sommer durch die Sonneneinstrahlung am Morgen vor dem Start schon teilweise aufgeheizt werden.

Die Häufigkeit der Bodeninversionen in Köln stimmt mit 59,6% gut mit den schon früher (3.1.5.1.) angegebenen Werten anderer Stationen überein.

In der Dicke der Bodeninversionen (Tab. 41) tritt gegenüber dem Stuttgarter Gesamtmaterial (vgl. 3.1.3.) eine Verschiebung von 101—200 m zu dickeren Inversionen von 201—400 m ein. Der große Anteil an dickeren Inversionen (> 400 m) in Köln dürfte zum Teil durch die frühen Startzeiten erklärt werden. Bei den Straßburger Bodeninversionen sind 35% dicker als 400 m. Wir müssen annehmen, daß eine Verschiebung der Karlsruher Ergebnisse zu dickeren Inversionen erfolgen würde, wenn die Messungen erstens um 0 Uhr und zweitens jeden Tag unabhängig von der Wetterlage stattfinden könnten. Darauf weisen auch die Anteile der Temperatursprünge der Bodeninversionen hin (Tab. 42).

Auch hierbei muß berücksichtigt werden, daß in Karlsruhe zur Startzeit schon ein größerer Prozentsatz von Bodeninversionen aufgeheizt ist und deshalb in dieser Verteilung nicht mehr in Erscheinung tritt.

3.2.2.2. Vergleich von Bodeninversionen von Karlsruhe und Stuttgart nach Mittelbildungen über mehrere Tage

Um bei den genannten Schwierigkeiten doch zu einem Vergleich der Bodeninversionen von Karlsruhe und Stuttgart zu kommen, wurde folgende Methode gewählt:

Wenn in Stuttgart um 0 Uhr an zwei oder mehr aufeinanderfolgenden Tagen Bodeninversionen mit einem

Temperatursprung $\Delta t \geq 2^\circ\text{C}$ vorhanden waren, wurden die Obergrenzen und Temperatursprünge dieser Bodeninversionen gemittelt. Die Untergrenzen waren stets der Boden, also 315 m NN. Für die gleichen Tage wurden dann für die Karlsruher Morgenaufstiege die Unter- und Obergrenzen, sowie die Temperatursprünge der jeweils untersten Inversion ebenfalls gemittelt. In Karlsruhe handelt es sich also nicht immer um reine Bodeninversionen mit $B = 116$ m NN, sondern auch um die mehrfach erwähnten aufgeheizten, und damit vom Boden abgehobenen Inversionen. Die Ergebnisse sind in Tab. 43 zusammengestellt.

Es soll hier ausdrücklich bemerkt werden, daß wir uns bei dieser Darstellungsmethode durchaus bewußt sind, daß es sich bei der Mittelung von Inversionen, die in den meisten Fällen am Tage vollständig aufgeheizt und nachts neu gebildet wurden, nicht um eine physikalisch begründete, sondern um eine schematisch-statistische Methode handelt. Ihre Anwendung ergibt sich aus der guten Übersichtlichkeit und der Möglichkeit, jeden Wert auf sein Zustandekommen zu untersuchen.

Die früher (Abschnitt 3.2.1., Tab. 33) ausgesprochene Vermutung, daß die Bodeninversionen in Karlsruhe im Sommer zur Startzeit des Aufstiegs teilweise schon aufgeheizt sind, wird durch die Daten in Tab. 43 voll bestätigt. Im Winterhalbjahr beginnen auch in Karlsruhe alle Morgeninversionen am Boden (116 m), wozu auch der Fall 20 mit 7 m Höhe der Untergrenze gerechnet wird. Dagegen kommen im Sommerhalbjahr (April bis September) mit zwei Ausnahmen im September nur vom Boden abgehobene Inversionen vor. Es sind dies die Fälle 1 bis 7 und 14 bis 19. In mehr als der Hälfte dieser Fälle sind die Untergrenzen der Inversionen so weit über Boden, daß sie in den Bereich 201—400 m fallen, in dem wir im Sommerhalbjahr ein Häufigkeitsmaximum gefunden haben (Tab. 33). Die Obergrenzen der Inversionen liegen im allgemeinen in Stuttgart höher als in Karlsruhe, wobei die Ursache nicht eindeutig nachgewiesen werden konnte. Es läßt sich vermuten, daß über den Hügeln der Umgebung von Stuttgart eine Aufwölbung gegenüber der Rheinebene erfolgt — oder ein Absinken über der Rheinebene. Außerdem bewirkt die Trägheit des Bimetalls der Radiosonde gegenüber dem praktisch trägheitslosen Thermolement des Flugzeugmeteorographen eine scheinbare „Erhöhung“ der Obergrenze der Stuttgarter Inversionen. Die aus Punkten bestehende Registrierung der Radiosonden kann diesen Effekt noch verstärken. Trotz dieser in Stuttgart meist höheren Inversionsobergrenzen sind die Inversionen über der Rheinebene absolut dicker als über dem Stuttgarter Raum. Wir müssen uns die Inversionen (von der Obergrenze ausgehend) als „nach unten verlängert“ vorstellen.

Der Temperatursprung der hier betrachteten Boden- und aufgeheizten Inversionen liegt in den meisten Fällen in Karlsruhe über den Stuttgarter Werten. Dazu tragen zwei Ursachen bei: Die Inversionen können sich von 0 Uhr (Stuttgart) bis zum Morgen (Karlsruhe) verstärken. Die Inversionen in Karlsruhe sind außerdem dicker als in Stuttgart. Da aber auch bei den aufgeheizten Inversionen in Karlsruhe die Temperatursprünge noch größer sind, müssen wir annehmen, daß sich die Inversionen der Ebene kräftiger ausbilden. Wieder von der Obergrenze ausgehend bedeutet dies ebenfalls ein Verlängern und damit Verstärken in der Rheinebene. Diese Annahmen werden durch das Straßburger Material bestätigt.

Diese Ergebnisse zeigen, daß die Inversionen großräumig auftreten. In den meisten Fällen kann eine enge Zuordnung zwischen den Stuttgarter und den Karlsruher Inversionen trotz des zeitlichen Unterschiedes hergestellt werden. Einen weiteren Beweis liefern die bei den Flugzeugaufstiegen gemachten Augenbeobachtun-

gen. An den Dunstgrenzen, die praktisch immer mit Inversionen gekoppelt sind, konnte ihre große Horizontalerstreckung bei einer sehr großen Zahl von Flügen beobachtet werden. Durch den Unterschied in der Sicht konnte die Lage der Dunstgrenzen (und damit der Inversionen) vom Pfälzer Bergland bis zum Schwarzwald, in den Schwarzwaldtälern und bis zur Rauhen Alb verfolgt werden.

Auf die große horizontale Erstreckung der Inversionen überhaupt weisen schon Aßmann (36) und Wegener (37) hin. Beide haben Drachenaufstiege von zwei Stationen miteinander verglichen. Es ist erstaunlich, daß bei den damaligen wenigen Messungen schon einige wesentliche Daten gefunden wurden.

3.2.2.3. Die vollständige Aufheizung einer Bodeninversion

Am 11. September 1959 hatte sich während der Nacht in Karlsruhe eine kräftige Bodeninversion ausgebildet. Über Mitteleuropa lag während mehrerer Tage ein Hoch. Die Aufheizung dieser Bodeninversion konnte von 7.30 bis 12.30 Uhr durch sechs Flugzeugaufstiege im stündlichen Abstand gemessen werden (Abb. 7).

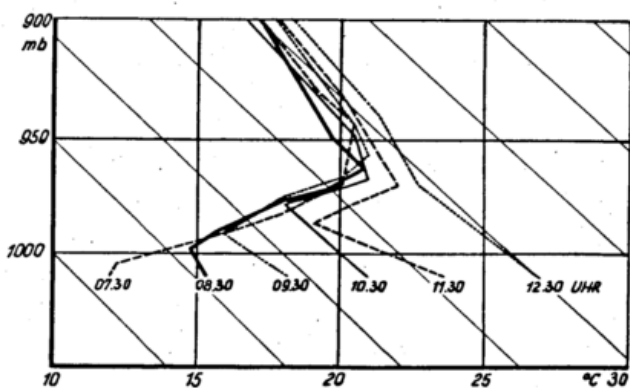


Abb. 7
Die Aufheizung einer Bodeninversion

Um 7.30 Uhr liegt noch die echte Bodeninversion vor. Dann erfolgt eine ziemlich gleichmäßige Aufheizung, bei der die stündlichen Temperaturzunahmen am Boden folgende Werte hatten: 3.2...2.8...2.8...2.3...3.4° C. Um 12.30 Uhr hatte sich schließlich ein leicht überadiabatischer Gradient eingestellt und die Bodeninversion war restlos aufgeheizt. Die gesamte Temperaturdifferenz am Boden zwischen 7.30 und 12.30 Uhr betrug 14.5° C.

Ein Beispiel für den Werdegang einer „typisch alpinen Bodeninversion“ gibt Ekhardt (34) an. Eine Strahlungs-Bodeninversion wurde im September 1941 durch Radiosondenaufstiege im Abstand von 2 Stunden erforscht. Bemerkenswert ist für diese, in einem Alpental entstandene Bodeninversion, daß sie nicht nur durch die Sonneneinstrahlung vom Boden her aufgeheizt wird, sondern daß sie ab etwa 9 Uhr auch von oben her abgebaut wird, da im Tal ein Kaltluftabfluß einsetzt. Dieser Abbau von oben her ist bei unserem Beispiel aus der Rheinebene viel schwächer, da hier ein horizontaler Abfluß nicht möglich ist.

3.3. Vergleich der Inversionen nach synchronen Flugzeugaufstiegen in Karlsruhe und Radiosondenaufstiegen in Stuttgart um 12 Uhr

In den Monaten Mai und Oktober 1960 wurden um 12 Uhr Flugzeugaufstiege in Karlsruhe synchron zu den Radiosondenaufstiegen in Stuttgart durchgeführt. Die Ergebnisse brachten die volle Bestätigung für den bisherigen Vergleich.

Die Anzahl der Untergrenzen der Inversionen in den einzelnen Höhenstufen enthält Tab. 44.

Es zeigt sich wieder, daß die feinere Auswertung des Flugzeugaufstiegs eine größere Anzahl von Inversionen ergibt. Die „Stuttgarter“ Inversionen treten in Karlsruhe oft in zwei und mehr Inversionen aufgespalten auf. Gleichzeitig ist damit eine Verminderung der Dicke verbunden (Tab. 45).

Für einen Vergleich der Inversionen mit Temperatursprüngen > 2° C im Oktober sind die Einzeldaten angegeben, wobei „aufgespaltene“ Inversionen von Karlsruhe wieder zusammengezogen sind (Tab. 46).

Die Übereinstimmung der Obergrenzen der Inversionen ist recht gut. Die Untergrenzen liegen in der Rheinebene stets tiefer, wie schon in Abschnitt 3.2.2.2. (Tab. 43) gezeigt wurde. Über die Intensität bei kräftigen Inversionen am Mittag kann nach Tab. 46 keine Aussage gemacht werden, da von den sechs Werten drei gut übereinstimmen und drei erheblich abweichen. Hier wäre eine längere Meßreihe notwendig.

Im Mai kommen um 12 Uhr keine kräftigen Inversionen vor.

Ein Vergleich der Werte von Druck, Temperatur und relativer Feuchte zwischen Karlsruhe und Stuttgart in den Höhen 500, 1000 und 2000 m (Tab. 47) ergibt beim Druck eine sehr gute Übereinstimmung. Bei der Temperatur nimmt überraschenderweise der Unterschied zwischen beiden Stationen nach oben zu. Während er bis 1000 m Höhe noch unbedeutend ist, beträgt er in 2000 m Höhe im Mai 1.3° C und im Oktober 1.6° C. Dieser Effekt wäre durch eine Neigung der Flächen gleicher Temperatur zur Rheinebene hin zu erklären. In mehreren Fällen konnte eine Neigung der Dunstgrenzen in dieser Weise beobachtet werden.

Im Rahmen weiterer Untersuchungen werden von uns horizontale Schnittflüge in 1000 und 2000 m Höhe zwischen Karlsruhe und Mühlacker durchgeführt, das etwa in der Mitte zwischen Stuttgart und Karlsruhe liegt. Die Flüge liegen vorläufig in zu geringer Anzahl vor, um exakte Aussagen zu ermöglichen.

Die relative Feuchte ist bei den Flugzeugaufstiegen stets geringer als bei den Radiosondenaufstiegen. Dieser Unterschied ist sehr wahrscheinlich durch die verschiedenen Meßmethoden bedingt. Das Haar hat eine größere Trägheit und scheint auch im allgemeinen etwas zu hoch anzuzeigen, da sehr oft 100% erreicht werden. Bei unseren Messungen wurden auch in Wolken nicht immer 100% voll erreicht.

3.4. Zusammenstellung der wichtigsten Ergebnisse Inversionen

- 1) Inversionen (außer Bodeninversionen) kommen an beiden Stationen mit etwa gleichmäßiger Häufigkeit bis mindestens 2000 m Höhe vor.
- 2) Rund 70% der Inversionen sind solche mit schwacher Intensität ($\Delta t = 0$ und 1° C).
- 3) Inversionen mit Temperatursprüngen $\geq 7^{\circ}$ C kommen bevorzugt bei 1000 m Höhe vor und fehlen zwischen 2000 m und der Tropopause.
- 4) Rund 75% der Inversionen haben eine Dicke bis 200 m, die restlichen sind dicker.
- 5) Inversionen haben eine große horizontale Ausdehnung, insbesondere auch die Bodeninversionen.
- 6) Der Unterschied in Anzahl usw. der Inversionen zwischen Tag und Nacht ist praktisch nur durch die nächtlichen Bodeninversionen bedingt.
- 7) Bodeninversionen kommen an rund $\frac{2}{3}$ aller Tage vor mit einem Maximum im Sommer.

- 8) Die Temperatursprünge der Bodeninversionen sind in der Rheinebene (und in Tälern) größer als im Hügelland.
- 9) Die Dicke und die Andauer der Bodeninversionen sind ebenfalls in der Ebene größer.

Vergleich von Flugzeug- und Radiosondenaufstieg

Ein Flugzeugaufstieg mit kontinuierlicher Registrierung und zusätzlicher Augenbeobachtung ist ein Idealfall. Demgegenüber besteht der Vorteil der Radiosonde darin, daß sie jederzeit und bei jedem Wetter gestartet werden kann.

- 1) Ein Flugzeugaufstieg kann durch einen Radiosondenaufstieg ersetzt werden, wenn die Auswertung des

Radiosondenaufstiegs sorgfältig und sehr fein erfolgt. Die Aerologische Station Stuttgart wertet sehr gut aus, doch ist technisch eine noch feinere Auswertung möglich (38). In der Praxis wird diese allerdings durch die Zeitknappheit im synoptischen Dienst verhindert. Empfehlenswert wäre für die hier besprochenen Zwecke eine Radiosonde, die in den untersten 1000 m der Atmosphäre etwa die halbe Steiggeschwindigkeit der normalen Sonde hat. (Vgl. auch (39)).

- 2) Messungen des thermischen Zustandes über einem Ort sind für ein großes Gebiet repräsentativ; der Einfluß der orographischen Besonderheiten, wie z. B. Niederungen, Tallagen, darf nicht vernachlässigt werden.

Literatur

- (1) Diem, M.: Staubausbreitung in der freien Atmosphäre in Abhängigkeit von den meteorologischen Bedingungen. Staub H. 25 (1951) S. 324.
- (2) Diem, M. u. Trappenberg, R.: Staubniederschlag aus Rauchfahnen. Mitt. Ver. Großkessel-Besitzer H. 23 (1953) S. 391—395.
- (3) Diem, M. u. Trappenberg, R.: Berechnung der Ausbreitung von Staub und Gas. Forsch.-Ber. Nordrhein-Westf. Nr. 502 (1957).
- (4) Trappenberg, R.: Theoretische und experimentelle Untersuchungen zur Staubverteilung einer Rauchfahne. Forsch.-Ber. Nordrhein-Westf. Nr. 380 (1957).
- (5) Trappenberg, R.: Ein Beitrag zur Berechnung des Austauschkoefizienten. Staub H. 53 (1957) S. 899.
- (6) Trappenberg, R.: Die Ausbreitung von Staub und Gas nach Sutton. Internat. J. Air & Water Poll. 2 (1959) S. 27.
- (7) Ratzel, P.: Die vertikale Ausbreitung von Staub, Gas und radioaktiven Teilchen. Diplomarbeit 1959 Meteor. Inst. TH Karlsruhe.
- (8) Trappenberg, R.: Ein Beitrag zu den Windverhältnissen in den ersten 100 m der Atmosphäre. Ber. Dt. Wetterd. Nr. 57 (1959).
- (9) Trappenberg, R.: Zur Windstruktur in der unteren Atmosphäre auf Grund von Doppelschnitten. Ber. Dt. Wetterd. Nr. 84 (1962).
- (10) Trappenberg, R. u. Zedler, P.: Über die Struktur des Windes bis 110 m Höhe nach Messungen in Karlsruhe und Mühlacker. In Bearbeitung.
- (11) Möller, F. u. Bullrich, K.: Thermodynamische Grundlagen und Arbeitsmethoden der Aerologie. In: W. Hesse: Handbuch der Aerologie. Leipzig 1961. S. 17—123.
- (12) Flohn, H.: Aerologische Klimatologie. In: W. Hesse: Handbuch der Aerologie. Leipzig 1961. S. 783 bis 860.
- (13) Hinzpeter, M.: Eine neue Radiosonde (Weiterentwicklung der Wettersonde nach Graw). Ann. Meteor. 4 (1951) S. 393.
- (14) Hinzpeter, M.: Meteorologische Meßtechnik in der freien Atmosphäre. Elektrotechn. Z. B 12 (1960) S. 73.
- (15) Schulze, R.: Zum Einsatz der Radiosonde in der Meteorologie. Ann. Meteor. 3 (1950) Beiheft.
- (16) Lambrecht, W.: Stau- und Venturirohre. Staurohr nach Prandtl Nr. 631 c. Firmendruckschrift.
- (17) Franz, A.: Meßtechnische Fragen bei Laderuntersuchungen. Jb. dt. Luftf.-Forsch. Tl. 2 (1938) S. 215.
- (18) Eckert, E.: Temperaturmessung in schnell strömenden Gasen. Z. VDI 84 (1940) S. 813.
- (19) Diem, M.: Feuchtemessung mit Hilfe thermoelektrischer Psychrometer. Arch. Meteor. Geophys. Bioklimat. B 5 (1953) S. 59.
- (20) Hartmann & Braun AG: Feuchtigkeitsmeßgeräte nach Diem. Gebrauchsanweisung. Firmendruckschrift.
- (21) Novotechnik und SFIM: Firmendruckschriften verschiedener Art über Kleinschreiber und Meßwerke.
- (22) Zimmerschied, W.: Bearbeitung aerologischer Messungen. In: Linkes Meteor. Taschenb. Neue Ausg. 3 Leipzig 1953. S. 320—378.
- (23) Deutscher Wetterdienst - Aerologische Station Stuttgart -: Radiosonde-Auswertungen vom 1. 1. 1957 — 31. 12. 1960.
- (24) Peppler, W.: Die thermische Schichtung der Atmosphäre. Beitr. Phys. fr. Atm. 11 (1924) S. 79.
- (25) Peppler, W.: Ergänzung zu meiner Arbeit: „Die thermische Schichtung der Atmosphäre“. Beitr. Phys. fr. Atm. 12 (1925) S. 101.
- (26) Steinhauser, F.: Statistische Untersuchung der Inversionen im Luftraum über Wien. Arch. Meteor. Geophys. Bioklimat. A 11 (1960) S. 427.
- (27) Herath, F.: Inversionsstudie auf Grund der Lindenberger Fesselaufstiege mit besonderer Berücksichtigung der Ultrakurzwellenausbreitung. Ber. Dt. Wetterd. US-Zone Nr. 9 (1949).
- (28) Koller, S.: Graphische Tafeln zur Beurteilung statistischer Zahlen. 3. Aufl. Darmstadt 1953.
- (29) Geiger, R.: Das Klima der bodennahen Luftschicht. 3. Aufl. Braunschweig 1950.
- (30) Möller, F.: Strahlung in der unteren Atmosphäre. In: Handbuch der Physik Bd. 48, Geophysik II. Berlin 1957. S. 155—253.
- (31) Philipps, H.: Zur Theorie der Wärmestrahlung in Bodennähe. Gerlands Beitr. Geophys. 56 (1940) S. 229.

- (32) Diem, M.: Auszählung der Bodeninversionen aus den gezeichneten Radiosondenaufstiegen von Straßburg aus den Jahren 1947—1952. Nicht veröffentlicht.
- (33) Frankenberger, E.: Über vertikale Temperatur-, Feuchte- und Windgradienten in den untersten 7 Dekametern der Atmosphäre bei Quickborn/Holstein 1953/54. Ber. Dt. Wetterd. Nr. 20 (1955).
- (34) Ekhart, E.: Über Inversionen in den Alpen. Meteor. Rdsch. 2 (1949) S. 153.
- (35) Kleiss, M.: Auszählung der Bodeninversionen aus den Flugzeugaufstiegen von Köln in den Jahren 1936—1938. Nicht veröffentlicht.
- (36) Assmann, R.: Ein Jahr simultaner Drachenaufstiege in Berlin und Hamburg. Beitr. Phys. fr. Atm. 1 (1904/05) S. 35.
- (37) Wegener, K.: Die gleichzeitigen Drachenaufstiege in Berlin und Hald (Jütland). Beitr. Phys. fr. Atm. 1 (1904/05) S. 120.
- (38) Müller, H.: Private Besprechung bei einem Besuch an der Aerologischen Station Stuttgart.
- (39) Rink, J.: Messungen mittels Radiosonden. In: W. Hesse: Handbuch der Aerologie, Leipzig 1961. S. 380—458.

Tab.1

Anzahl der Flugzeugaufstiege

	Morgens		Σ	12 Uhr
	1959	1960		1960
Jan.	-	7	7	-
Febr.	-	13	13	-
März	-	18	18	-
April	-	15	15	1
Mai	-	23	23	28
Juni	14	28	42	-
Juli	26	28	54	-
Aug.	26	1	27	-
Sept.	26	23	49	1
Okt.	17	17	34	22
Nov.	10	21	31	1
Dez.	14	9	23	-
Jahr	133	203	336	53

Tab.2

Die Startzeiten der Frühaufstiege

Monat	Startzeit
April bis Mitte September	7.30 MEZ
Mitte September bis Mitte November, März	8.00 MEZ
Mitte November bis Ende Februar	8.30 MEZ

Tab.3

Anzahl der Untergrenzen der Inversionen
in Abhängigkeit von der Höhe und vom Monat
Stuttgart 1957-1960

Monat	Höhe (m)															Σ
	315	316 -400	401 -600	601 -800	801 -1000	1001 -1200	1201 -1400	1401 -1600	1601 -1800	1801 -2000	2001 -2200	2201 -2400	2401 -2600	2601 -2800	2801 -3000	
<u>0 Uhr</u>																
Jan.	70	1	23	21	19	29	27	27	35	27	27	21	24	20	24	395
Febr.	76	1	18	20	16	37	23	20	26	33	22	23	23	20	22	380
März	79	-	16	22	30	35	12	29	23	29	30	16	33	27	26	407
April	79	1	19	27	22	18	15	25	25	19	29	24	30	24	21	378
Mai	79	5	16	24	21	26	25	23	26	27	23	27	31	30	20	403
Juni	91	-	17	26	18	16	17	20	22	25	20	25	27	27	22	373
Juli	93	-	18	13	23	19	17	18	25	23	29	31	19	24	35	387
Aug.	94	-	11	21	18	30	19	26	27	22	31	16	29	22	27	393
Sept.	103	-	14	23	18	26	19	26	39	30	27	26	32	29	24	436
Okt.	94	1	13	28	25	31	31	35	35	25	37	25	29	19	33	461
Nov.	66	-	16	26	26	34	22	27	25	23	29	29	28	26	17	394
Dez.	63	1	24	26	28	28	25	32	27	36	27	31	30	16	27	421
Jahr	987	10	205	277	264	329	252	308	335	319	331	294	335	284	298	4828
<u>12 Uhr</u>																
Jan.	28	1	23	29	35	29	23	30	30	32	35	18	29	19	19	380
Febr.	17	2	24	30	22	27	27	29	20	27	20	25	28	23	17	338
März	2	1	12	22	21	31	29	31	23	28	31	28	26	26	26	337
April	-	-	3	19	9	20	24	28	25	30	31	25	28	30	29	301
Mai	-	-	4	10	16	22	19	28	21	33	28	27	34	22	22	286
Juni	2	-	9	14	12	21	21	29	26	29	33	26	21	28	27	298
Juli	1	-	3	14	17	20	24	28	27	20	24	27	25	26	23	279
Aug.	1	-	4	18	17	23	32	28	29	33	26	30	28	28	25	322
Sept.	2	-	4	20	21	30	36	26	32	30	39	29	19	25	36	349
Okt.	12	-	28	19	33	33	23	28	30	35	31	34	21	35	27	389
Nov.	10	3	23	31	25	32	29	26	26	22	24	17	27	27	23	345
Dez.	16	4	19	31	27	24	23	38	26	33	20	28	27	25	24	365
Jahr	91	11	156	257	255	312	310	349	315	352	342	314	313	314	298	3989

Tab.4

Extremwerte des Jahresganges der Inversionen
nach Anzahl und in % des Jahresmittels
Stuttgart 1957-1960

Zeit		Jahresmittel	Maximum	Minimum
0 Uhr	Anzahl	402,3	461 Okt.	373 Juni
	%	100,0	114,6	92,7
12 Uhr	Anzahl	332,4	389 Okt.	279 Juli
	%	100,0	117,0	83,9

Tab.5

Extremwerte des Jahrganges der Inversionen
ohne Bodeninversionen nach Anzahl und in % des Jahresmittels
Stuttgart 1957-1960

Zeit		Jahresmittel	Maximum	Minimum
0 Uhr	Anzahl	320.1	367 Okt.	282 Juni
	%	100.0	114.7	88.1
12 Uhr	Anzahl	324.8	377 Okt.	278 Juli
	%	100.0	116.1	85.6

Tab.6

Anzahl der Inversionen in den einzelnen Jahreszeiten
Stuttgart 1957-1960

Zeit	J a h r e s z e i t			
	Frühling	Sommer	Herbst	Winter
0 Uhr	1188	1153	1291	1196
12 Uhr	924	899	1083	1083

Tab.7

Anzahl der Inversionen ohne Bodeninversionen
in den einzelnen Jahreszeiten
Stuttgart 1957-1960

Zeit	J a h r e s z e i t			
	Frühling	Sommer	Herbst	Winter
0 Uhr	951	875	1028	987
12 Uhr	922	895	1059	1022

Tab.8

Mittlere Anzahl der Inversionen je Tag
Stuttgart 1957-1960

Zeit	alle Invers.	ohne Bodeninvers.
0 Uhr	3.31	2.63
12 Uhr	2.73	2.67

Tab.9

Anzahl der Untergrenzen der Inversionen
in Abhängigkeit von der Höhe und vom Temperatursprung
Stuttgart 1957-1960

$\Delta t (^{\circ}\text{C})$	Höhe (m)															Σ
	315	316 -400	401 -600	601 -800	801 -1000	1001 -1200	1201 -1400	1401 -1600	1601 -1800	1801 -2000	2001 -2200	2201 -2400	2401 -2600	2601 -2800	2801 -3000	
<u>0 Uhr</u>																
0	118	5	70	106	119	150	117	136	136	142	155	132	147	123	125	1781
1	269	3	84	108	78	109	87	105	140	109	114	110	128	117	137	1698
2	227	1	29	31	29	31	18	31	31	36	35	30	36	30	25	620
3	134	-	4	12	14	10	9	19	12	13	17	7	16	5	8	280
4	89	-	5	2	3	8	3	6	7	7	4	8	6	5	1	154
5	62	-	1	4	4	1	6	-	4	8	3	4	2	3	1	103
6	33	-	4	3	2	6	2	4	3	3	2	3	-	1	1	67
7	15	1	4	1	3	1	-	2	-	1	-	-	-	-	-	28
8	18	-	-	3	-	5	2	2	1	-	1	-	-	-	-	32
9	6	-	1	2	-	3	4	-	-	-	-	-	-	-	-	16
10	7	-	2	2	4	1	1	-	1	-	-	-	-	-	-	18
11	4	-	1	2	1	2	2	1	-	-	-	-	-	-	-	13
12	1	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
13	3	-	-	1	2	2	-	2	-	-	-	-	-	-	-	10
14	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	2
15	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
16	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Σ	987	10	205	277	264	329	252	308	335	319	331	294	335	284	298	4828
<u>12 Uhr</u>																
0	12	4	50	101	109	126	137	138	125	139	136	110	120	130	114	1551
1	18	5	44	85	82	113	112	137	135	135	145	134	135	139	136	1555
2	20	-	22	29	24	27	29	40	23	39	37	46	31	31	33	431
3	10	1	10	14	7	16	17	13	17	15	16	16	13	7	7	179
4	14	-	8	5	9	5	5	9	7	12	6	4	5	5	7	101
5	6	1	3	4	4	8	2	2	5	7	1	3	4	1	-	51
6	5	-	5	4	3	4	1	2	-	3	-	1	4	-	-	32
7	2	-	4	1	-	5	1	5	2	-	1	-	-	1	1	23
8	3	-	2	4	4	3	1	2	1	1	-	-	1	-	-	22
9	1	-	7	2	3	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	15
10	-	-	1	4	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7
11	-	-	-	1	2	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	6
12	-	-	-	2	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6
13	-	-	-	1	2	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	6
14	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1
15	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
16	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
17	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Σ	91	11	156	257	255	312	310	349	315	352	342	314	313	314	298	3989

Tab.10

Anzahl der Untergrenzen der Inversionen
in Abhängigkeit vom Monat und vom Temperatursprung
Stuttgart 1957-1960

$\Delta t (^{\circ}\text{C})$	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
<u>0 Uhr</u>													
0	156	136	155	183	167	139	160	185	125	123	130	122	1781
1	111	118	148	104	134	148	147	118	184	190	139	157	1698
2	50	66	55	44	61	45	38	51	67	53	42	48	620
3	27	12	20	23	17	28	24	17	23	32	26	31	280
4	13	12	11	16	14	8	11	14	15	18	9	13	154
5	11	9	6	5	9	2	4	4	11	22	7	13	103
6	5	7	6	1	1	3	2	4	7	9	10	12	67
7	5	8	-	1	-	-	1	-	1	3	3	6	28
8	3	7	4	1	-	-	-	-	2	5	4	6	32
9	3	2	-	-	-	-	-	-	1	1	5	4	16
10	5	2	1	-	-	-	-	-	-	3	4	3	18
11	3	1	1	-	-	-	-	-	-	2	4	2	13
12	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	3
13	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	2	10
14	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	2
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	2
16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1
Σ	395	380	407	378	403	373	387	393	436	461	394	421	4828
<u>12 Uhr</u>													
0	151	118	160	158	144	152	129	158	92	109	93	87	1551
1	116	125	120	94	101	110	110	118	180	191	143	147	1555
2	57	46	31	30	21	24	28	29	48	40	38	39	431
3	15	12	16	11	9	6	6	14	20	20	17	33	179
4	14	17	7	3	7	5	5	1	6	9	9	18	101
5	6	4	2	3	4	-	1	1	3	8	6	13	51
6	4	4	1	2	-	1	-	1	-	6	7	6	32
7	4	5	-	-	-	-	-	-	-	1	9	4	23
8	6	2	-	-	-	-	-	-	-	1	6	7	22
9	4	2	-	-	-	-	-	-	-	3	3	3	15
10	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	3	7
11	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	4	1	6
12	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	6
13	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	6
14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1
17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1
Σ	380	338	337	301	286	298	279	322	349	389	345	365	3989

Tab.11

Anzahl und prozentuale Häufigkeit der Inversionen
zwischen Boden und 3000 m Höhe, nach vier Gruppen von Temperatursprüngen unterteilt
Stuttgart 1957-1960

$\Delta t (^{\circ}\text{C})$	alle Inversionen				ohne Bodeninversionen			
	0 Uhr		12 Uhr		0 Uhr		12 Uhr	
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%
0 - 2	4099	84.9	3537	88.7	3485	90.7	3487	89.4
3 - 6	604	12.5	363	9.1	286	7.4	328	8.4
7 - 10	94	2.0	67	1.6	48	1.3	61	1.6
> 10	31	0.6	22	0.6	22	0.6	22	0.6
	4828	100.0	3989	100.0	3841	100.0	3898	100.0

Tab.12

Anzahl der Untergrenzen der Inversionen
in Abhängigkeit vom Monat und vom Temperatursprung (in Gruppen zusammengefaßt)
für verschiedene Höhenbereiche
Stuttgart 1957-1960, 0 und 12 Uhr

Höhe (m)	$\Delta t (^{\circ}\text{C})$	0 Uhr												Jahr
		Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	
Boden (315)	0	9	6	10	14	10	13	12	12	10	8	7	7	118
	1 - 2	24	35	46	40	45	53	52	51	56	29	35	30	496
	3 - 6	22	25	18	24	24	25	28	31	33	49	17	22	318
	7 - 10	9	10	5	1	-	-	1	-	4	7	5	4	46
	> 10	6	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	-	9
	Σ		70	76	79	79	79	91	93	94	103	94	66	63
316 - 1000	0	23	15	29	36	26	24	27	27	25	18	31	19	300
	1 - 2	27	31	33	29	39	34	25	23	27	34	23	38	363
	3 - 6	7	2	2	-	1	2	1	-	2	11	5	14	47
	7 - 10	7	6	-	-	-	-	-	-	-	3	4	2	22
	> 10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	5	6	12
	Σ		64	54	64	65	66	60	53	50	54	67	68	79
1001 - 2000	0	62	64	54	64	71	52	60	75	50	48	37	44	681
	1 - 2	64	63	57	31	50	43	40	47	79	93	62	68	697
	3 - 6	19	9	16	7	6	5	2	2	11	14	17	23	131
	7 - 10	-	2	-	-	-	-	-	-	-	2	7	13	24
	> 10	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	8	-	10
	Σ		145	139	128	102	127	100	102	124	140	157	131	148
2001 - 3000	0	62	51	62	69	60	50	61	71	40	49	55	52	682
	1 - 2	46	55	67	48	61	63	68	48	89	87	61	69	762
	3 - 6	8	4	3	10	10	8	9	6	9	7	13	10	97
	7 - 10	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1
	> 10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Σ		116	110	132	128	131	121	138	125	138	143	129	131
Gesamt (Boden bis 3000 m)	0	156	136	155	183	167	139	160	185	125	123	130	122	1781
	1 - 2	161	184	203	148	195	193	185	169	251	243	181	205	2318
	3 - 6	56	40	43	45	41	41	41	39	56	81	52	69	604
	7 - 10	16	19	5	2	-	-	1	-	4	12	16	19	94
	> 10	6	1	1	-	-	-	-	-	-	2	15	6	31
	Σ		395	380	407	378	403	373	387	393	436	461	394	421

Tab.12 (Fortsetzung)

Höhe (m)	$\Delta t(^{\circ}\text{C})$	12 Uhr												Jahr
		Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	
Boden (315)	0	4	2	1	-	-	1	-	1	-	2	1	-	12
	1 - 2	12	7	-	-	-	-	-	-	2	6	5	6	38
	3 - 6	8	8	1	-	-	1	1	-	-	4	3	9	35
	7 - 10	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	6
	> 10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Σ	28	17	2	-	-	2	1	1	2	12	10	16	91
316 - 1000	0	33	10	28	24	18	25	27	21	20	12	22	15	264
	1 - 2	39	35	22	7	11	10	7	17	25	47	35	36	291
	3 - 6	7	16	6	-	1	-	-	1	-	16	12	19	78
	7 - 10	7	6	-	-	-	-	-	-	-	5	8	7	33
	> 10	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	5	4	13
	Σ	88	78	56	31	30	35	34	39	45	80	82	81	679
1001 - 2000	0	57	52	61	73	68	73	62	74	41	42	29	33	665
	1 - 2	48	54	51	31	44	49	51	63	94	95	72	77	729
	3 - 6	13	10	16	10	4	4	6	8	19	11	17	25	143
	7 - 10	3	2	-	-	-	-	-	-	-	1	10	8	24
	> 10	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	7	1	9
	Σ	121	119	128	114	116	126	119	145	154	149	135	144	1517
2001 - 3000	0	57	45	70	61	58	53	40	62	31	53	41	39	610
	1 - 2	51	64	64	57	67	75	80	67	107	83	69	67	851
	3 - 6	11	3	3	9	8	7	5	8	10	12	7	17	100
	7 - 10	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	4
	> 10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Σ	120	113	137	127	133	135	125	137	148	148	118	124	1565
Gesamt (Boden bis 3000 m)	0	151	118	160	158	144	152	129	158	92	109	93	87	1551
	1 - 2	173	171	151	124	122	134	138	147	228	231	181	186	1986
	3 - 6	39	37	26	19	20	12	12	17	29	43	39	70	363
	7 - 10	15	9	-	-	-	-	-	-	-	6	20	17	67
	> 10	2	3	-	-	-	-	-	-	-	-	12	5	22
	Σ	380	338	337	301	286	298	279	322	349	389	345	365	3989

Tab.13

Anzahl der Inversionen zwischen Boden und 3000 m Höhe jedes einzelnen Aufstiegs

Stuttgart 1957-1960

Außerdem Verteilung der Häufigkeiten von Stuttgart und Wien in Promille

Anzahl	Stuttgart				Jahr	Stuttgart (‰)	Wien (‰)
	Frühling	Sommer	Herbst	Winter			
<u>0 Uhr</u>							
0	4	5	2	1	12	8	-
1	21	23	19	24	87	60	447
2	81	67	47	74	269	184	357
3	106	139	112	101	458	314	157
4	103	95	109	104	411	281	35
5	44	35	53	41	173	118	4
6	8	4	14	13	39	27	-
7	1	-	7	2	10	7	-
8	-	-	1	1	2	1	-
Σ	368	368	364	361	1461	1000	1000

<u>12 Uhr</u>							
0	9	9	7	4	29	20	-
1	64	57	36	27	184	126	585
2	121	132	92	92	437	299	297
3	101	117	106	122	446	305	94
4	56	40	86	83	265	182	21
5	12	11	25	24	72	49	3
6	4	2	8	9	23	16	-
7	1	-	4	-	5	3	-
8	-	-	-	-	-	-	-
Σ	368	368	364	361	1461	1000	1000

Tab.14

Höhe der untersten Inversion jedes Aufstiegs
Stuttgart 1957-1960

Monat	Höhe (m)																Σ
	315	316 -400	401 -600	601 -800	801 -1000	1001 -1200	1201 -1400	1401 -1600	1601 -1800	1801 -2000	2001 -2200	2201 -2400	2401 -2600	2601 -2800	2801 -3000	keine Inversion	
<u>0 Uhr</u>																	
Jan.	70	1	18	6	4	8	4	2	7	1	1	-	-	-	2	-	124
Febr.	76	1	11	5	4	4	4	2	2	2	1	-	-	1	-	-	113
März	79	-	12	9	10	8	2	-	1	2	1	-	-	-	-	-	124
April	79	1	13	8	6	2	3	2	2	-	1	-	-	-	-	3	120
Mai	79	5	12	9	6	4	3	1	3	-	-	-	-	1	-	1	124
Juni	91	-	11	6	4	2	2	-	2	1	-	-	-	-	-	1	120
Juli	93	-	12	2	3	2	2	3	1	-	1	1	1	-	1	2	124
Aug.	94	-	6	5	2	5	3	-	1	2	-	1	1	-	2	2	124
Sept.	103	-	7	1	5	2	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	120
Okt.	94	1	9	10	2	2	1	-	1	-	2	-	-	1	-	1	124
Nov.	66	-	10	11	10	7	8	5	1	-	-	-	1	-	-	1	120
Dez.	63	1	16	13	9	7	3	7	3	1	-	-	-	-	-	1	124
Jahr	987	10	137	85	65	53	36	22	24	9	7	3	3	3	5	12	1461
%	67.5	0.7	9.4	5.8	4.4	3.6	2.5	1.5	1.6	0.6	0.5	0.2	0.2	0.2	0.3	0.8	100.0
<u>12 Uhr</u>																	
Jan.	28	1	20	18	20	11	8	7	4	4	1	-	1	-	-	1	124
Febr.	17	2	21	19	11	14	5	8	2	4	2	4	2	-	-	2	113
März	2	1	12	21	17	19	14	14	4	4	5	5	1	-	2	3	124
April	-	-	3	19	8	15	17	18	13	10	5	5	4	1	1	1	120
Mai	-	-	4	10	15	19	9	16	9	14	8	7	6	1	1	5	124
Juni	2	-	9	11	12	12	15	17	13	9	7	3	4	4	-	2	120
Juli	1	-	3	12	16	15	17	14	14	9	7	2	6	2	1	5	124
Aug.	1	-	4	18	15	13	23	19	9	6	7	4	1	1	1	2	124
Sept.	2	-	4	19	20	20	19	12	10	8	3	1	1	1	-	-	120
Okt.	12	-	28	14	18	13	7	8	8	3	4	4	-	-	-	5	124
Nov.	10	3	22	25	17	17	8	5	5	1	4	1	-	-	-	2	120
Dez.	16	4	18	26	14	11	10	7	6	9	1	-	-	1	-	1	124
Jahr	91	11	148	212	183	179	152	145	97	81	54	36	26	11	6	29	1461
%	6.2	0.8	10.2	14.5	12.5	12.2	10.4	9.9	6.6	5.5	3.7	2.5	1.8	0.8	0.4	2.0	100.0

Tab.15

Gleichzeitiges Vorkommen von Inversionen
in verschiedenen Höhen
Stuttgart 1957-1960, 0 und 12 Uhr

<Nr>	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr	%
<u>0 Uhr</u>														
1	16	21	20	22	12	15	18	18	28	30	14	22	236	16.3
2	7	4	2	4	6	5	4	4	3	6	6	2	53	3.6
3	4	3	12	5	5	10	9	7	5	3	6	5	74	5.1
4	25	30	25	23	28	28	33	38	41	42	24	20	357	24.4
5	1	-	1	1	-	3	1	3	2	1	2	2	17	1.2
6	3	8	7	16	15	23	20	9	12	2	6	3	124	8.5
7	9	8	10	2	7	4	7	11	9	10	6	8	91	6.2
8	5	2	2	6	6	3	1	4	3	-	2	1	35	2.4
9	19	12	20	17	20	11	7	10	5	16	22	26	185	12.7
10	2	1	4	5	4	4	3	1	4	3	5	6	42	2.9
11	6	6	5	4	7	5	4	2	2	1	3	5	50	3.4
12	14	8	9	8	10	4	7	8	2	3	14	18	105	7.0
13	2	2	2	2	1	1	3	-	2	2	1	2	20	1.4
14	8	6	4	1	1	3	1	3	1	1	7	3	39	2.7
15	3	2	1	1	1	-	4	4	1	3	1	-	21	1.4
16	-	-	-	3	1	1	2	2	-	1	1	1	12	0.8
Σ	124	113	124	120	124	120	124	124	120	124	120	124	1461	100.0

<u>12 Uhr</u>														
1	8	5	-	-	-	1	1	-	-	1	-	4	20	1.4
2	5	4	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	11	0.8
3	5	-	-	-	-	-	-	-	-	3	1	1	10	0.7
4	5	6	1	-	-	1	-	-	2	3	4	3	25	1.7
5	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	4	0.3
6	1	-	-	-	-	-	-	1	-	1	1	1	5	0.3
7	3	1	1	-	-	-	-	-	-	2	2	2	11	0.8
8	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	5	0.3
9	39	36	34	17	18	16	14	20	33	41	44	43	355	24.2
10	7	5	7	8	5	10	12	5	2	10	10	9	90	6.1
11	10	10	10	3	4	5	5	10	6	8	12	10	93	6.4
12	30	26	40	63	47	50	51	57	55	34	23	32	508	34.8
13	3	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2	-	19	1.3
14	4	7	14	10	20	16	16	14	14	5	12	11	143	9.8
15	2	8	13	16	23	18	18	14	6	8	5	2	133	9.1
16	1	2	3	1	5	2	5	2	-	5	2	1	29	2.0
Σ	124	113	124	120	124	120	124	124	120	124	120	124	1461	100.0

Tab.16

Anzahl der Inversionen verschiedener Dickenstufen

nach ihren Untergrenzen in Abhängigkeit vom Monat und vom Temperatursprung (in Gruppen zusammengefaßt)

Stuttgart 1957-1960, 0 und 12 Uhr

Dicke (m)	$\Delta t(^{\circ}\text{C})$	0 Uhr												Jahr
		Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	
≤ 100	0	61	46	61	74	66	45	44	58	53	50	47	36	641
	1 - 2	55	55	46	38	61	47	43	43	77	90	76	61	692
	3 - 6	4	-	3	2	-	5	1	1	5	4	3	5	33
	7 - 10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	4	5
	> 10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1
	Σ		120	101	110	114	127	97	88	102	135	144	128	106
101 - 200	0	74	65	75	98	90	79	93	104	57	59	63	52	909
	1 - 2	72	78	98	83	90	111	112	87	118	111	68	115	1143
	3 - 6	18	14	12	18	19	11	11	16	21	27	18	19	204
	7 - 10	1	4	1	-	-	-	-	-	-	2	4	4	16
	> 10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	3	8
	Σ		165	161	186	199	199	201	216	207	196	199	158	193
201 - 400	0	19	22	17	11	10	13	20	23	14	12	15	32	208
	1 - 2	30	48	50	26	40	31	28	36	51	36	32	26	434
	3 - 6	30	24	21	21	20	21	28	16	25	42	25	33	306
	7 - 10	8	5	4	2	-	-	1	-	3	7	7	5	42
	> 10	1	1	-	-	-	-	-	-	-	2	7	1	12
	Σ		88	100	92	60	70	65	77	75	93	99	86	97
401 - 600	0	2	3	2	-	1	2	3	-	1	1	3	2	20
	1 - 2	4	3	7	1	3	2	2	2	4	6	5	1	40
	3 - 6	4	1	5	3	1	3	1	6	5	5	5	8	47
	7 - 10	4	7	-	-	-	-	-	-	1	1	-	6	19
	> 10	2	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	1	5
	Σ		16	14	15	4	5	7	6	8	11	13	14	18
> 600	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	-	3
	1 - 2	-	-	2	-	1	2	-	1	1	-	-	2	9
	3 - 6	-	1	2	1	1	1	-	-	-	3	1	4	14
	7 - 10	3	3	-	-	-	-	-	-	-	2	4	-	12
	> 10	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	5
	Σ		6	4	4	1	2	3	-	1	1	6	8	7

Tab.16 (Fortsetzung)

Dicke (m)	$\Delta t(^{\circ}\text{C})$	12 Uhr												Jahr
		Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	
≤ 100	0	59	45	56	76	73	72	59	54	40	47	21	21	623
	1 - 2	49	56	51	49	47	52	35	54	83	81	66	69	692
	3 - 6	2	1	1	2	1	1	2	1	1	1	-	4	17
	7 - 10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	3
	> 10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Σ		110	102	108	127	121	125	96	109	124	129	88	96
101 - 200	0	70	55	87	68	58	69	60	84	44	51	54	52	752
	1 - 2	89	87	75	50	62	60	80	75	109	113	88	82	970
	3 - 6	13	11	10	11	11	4	2	8	12	11	14	27	134
	7 - 10	2	3	-	-	-	-	-	-	-	-	6	8	19
	> 10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2
	Σ		174	156	172	129	131	133	142	167	165	175	162	171
201 - 400	0	19	17	13	13	12	8	9	19	5	8	17	13	153
	1 - 2	27	23	23	23	12	22	22	14	32	32	23	32	285
	3 - 6	17	17	12	5	6	7	7	6	13	24	20	30	164
	7 - 10	7	5	-	-	-	-	-	-	-	5	10	3	30
	> 10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	3	9
	Σ		70	62	48	41	30	37	38	39	50	69	76	81
401 - 600	0	2	1	2	-	1	3	1	1	3	3	1	1	19
	1 - 2	7	4	2	2	1	-	1	4	3	5	2	2	33
	3 - 6	7	6	2	1	1	-	1	1	3	5	5	3	35
	7 - 10	2	1	-	-	-	-	-	-	-	1	3	3	10
	> 10	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	9
	Σ		20	14	6	3	3	3	3	6	9	14	16	9
> 600	0	1	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	4
	1 - 2	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	2	1	6
	3 - 6	-	2	1	-	1	-	-	1	-	2	-	6	13
	7 - 10	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	5
	> 10	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	2
	Σ		6	4	3	1	1	-	-	1	1	2	3	8

Tab.17

Häufigkeit (%) der Dicken der Inversionen
Stuttgart 1957-1960

Dicke (m)	0 Uhr	12 Uhr
≤ 100	28	33
101-200	47	47
201-400	21	16
401-600	3	3
> 600	1	1
	100	100

Tab.18

Häufigkeit (%) der Dicken der Inversionen
in Wien, Lindenberg und Karlsruhe

Dicke (m)	Wien		Lindenberg	Karlsruhe morgens
	3 Uhr	15 Uhr		
≤ 100	11	11	25	61
101-200	32	36	35	22
201-400	36	37	31	14
401-600	13	10	6	2
> 600	8	6	3	1
	100	100	100	100

Tab. 19

Anzahl der Inversionen verschiedener Dickenstufen
 nach ihren Untergrenzen in Abhängigkeit von der Höhe und vom Temperatursprung (in Gruppen zusammengefaßt)
 Stuttgart 1957-1960, 0 und 12 Uhr

Dicke (m)	$\Delta t(^{\circ}C)$	Höhe (m)															Σ
		315	316 -400	401 -600	601 -800	801 -1000	1001 -1200	1201 -1400	1401 -1600	1601 -1800	1801 -2000	2001 -2200	2201 -2400	2401 -2600	2601 -2800	2801 -3000	
0 Uhr																	
≤ 100	0	32	4	37	54	52	84	51	59	63	40	54	34	34	21	22	641
	1 - 2	84	3	50	61	46	61	46	49	62	43	39	44	45	29	30	692
	3 - 6	8	-	1	2	4	4	3	6	1	1	1	1	-	-	1	33
	7 - 10	-	-	-	-	-	-	-	2	2	1	-	-	-	-	-	5
	>10	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
	Σ	124	7	88	117	102	150	100	116	128	85	94	79	79	50	53	1372
101- 200	0	54	1	29	46	54	54	52	70	55	82	80	83	92	77	80	909
	1 - 2	265	1	49	52	43	52	45	64	84	76	72	61	88	86	105	1143
	3 - 6	97	-	5	5	10	8	7	8	15	11	11	8	7	10	2	204
	7 - 10	4	-	2	2	2	3	3	-	-	-	-	-	-	-	-	16
	>10	-	-	-	1	3	-	2	2	-	-	-	-	-	-	-	8
	Σ	420	2	85	106	112	117	109	144	154	169	163	152	187	173	187	2280
201- 400	0	29	-	4	5	12	9	11	6	16	17	20	14	20	22	23	208
	1 - 2	136	-	10	23	17	24	12	18	25	23	32	31	29	28	26	434
	3 - 6	183	-	7	13	7	9	8	10	8	16	10	12	13	4	6	306
	7 - 10	21	-	-	5	5	6	2	2	-	-	1	-	-	-	-	42
	>10	2	-	-	1	5	2	1	1	-	-	-	-	-	-	-	12
	Σ	371	-	21	47	46	50	34	37	49	56	63	57	62	54	55	1002
401- 600	0	3	-	-	1	-	3	3	1	2	3	-	-	1	3	-	20
	1 - 2	9	-	4	2	1	2	2	5	-	3	4	3	2	2	1	40
	3 - 6	24	-	1	1	1	4	2	3	1	2	4	-	3	-	1	47
	7 - 10	13	-	4	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	19
	>10	3	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5
	Σ	52	-	9	5	2	11	8	9	3	8	8	3	6	5	2	131
> 600	0	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	3
	1 - 2	2	-	-	1	-	1	-	-	-	-	2	1	-	2	-	9
	3 - 6	6	-	-	-	1	-	-	2	1	1	-	1	1	-	1	14
	7 - 10	8	1	1	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	12
	>10	4	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5
	Σ	20	1	2	2	2	1	1	2	1	1	3	3	1	2	1	43
Σ	0	118	5	70	106	119	150	117	136	136	142	155	132	147	123	125	1781
	1 - 2	496	4	113	139	107	140	105	136	171	145	149	140	164	147	162	2318
	3 - 6	318	-	14	21	23	25	20	29	26	31	26	22	24	14	11	604
	7 - 10	46	1	7	8	7	10	7	4	2	1	1	-	-	-	-	94
	>10	9	-	1	3	8	4	3	3	-	-	-	-	-	-	-	31
	Σ	987	10	205	277	264	329	252	308	335	319	331	294	335	284	298	4828

Tab.19 (Fortsetzung)

Dicke (m)	$\Delta t(^{\circ}\text{C})$	(Höhe (m))															Σ
		315	316 -400	401 -600	601 -800	801 -1000	1001 -1200	1201 -1400	1401 -1600	1601 -1800	1801 -2000	2001 -2200	2201 -2400	2401 -2600	2601 -2800	2801 -3000	
12 Uhr																	
≤ 100	0	1	2	32	58	69	69	65	69	50	62	38	31	30	23	94	623
	1 - 2	2	2	28	61	47	59	53	57	81	55	51	52	49	48	47	692
	3 - 6	-	-	1	3	-	1	3	3	-	-	1	1	2	1	1	17
	7 - 10	-	-	-	1	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	3
	>10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Σ	3	4	61	123	117	129	121	130	131	117	90	84	81	72	72	1335
101-200	0	6	1	15	34	37	46	61	56	58	65	81	66	69	84	73	752
	1 - 2	20	2	28	38	44	63	70	95	54	91	95	93	95	96	86	970
	3 - 6	5	1	8	13	6	16	10	7	9	18	6	12	11	6	6	134
	7 - 10	-	-	4	-	2	3	1	2	2	1	1	-	1	1	1	19
	>10	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
	Σ	31	4	55	85	91	128	142	160	123	175	183	171	176	187	166	1877
201-400	0	4	1	3	8	3	10	9	11	15	10	13	12	18	21	15	153
	1 - 2	13	1	10	14	13	12	12	24	19	26	33	31	20	25	32	285
	3 - 6	20	1	12	10	14	10	10	12	17	18	12	7	10	5	6	164
	7 - 10	3	-	6	7	4	6	-	3	-	1	-	-	-	-	-	30
	>10	-	-	-	1	5	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	9
	Σ	40	3	31	40	39	39	33	50	51	55	58	50	48	51	53	641
401-600	0	1	-	-	-	-	1	2	2	1	1	4	1	3	2	1	19
	1 - 2	2	-	-	1	1	5	5	1	4	2	3	2	2	1	4	33
	3 - 6	7	-	4	1	1	4	1	3	2	1	3	4	3	-	1	35
	7 - 10	1	-	3	1	1	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	10
	>10	-	-	-	2	2	2	2	1	-	-	-	-	-	-	-	9
	Σ	11	-	7	5	5	13	11	8	8	4	10	7	8	3	6	106
> 600	0	-	-	-	1	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	1	4
	1 - 2	1	-	-	-	1	1	1	-	-	-	-	2	-	-	-	6
	3 - 6	3	-	1	-	2	2	1	1	1	-	1	-	-	1	-	13
	7 - 10	2	-	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5
	>10	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	2
	Σ	6	-	2	4	3	3	3	1	2	1	1	2	-	1	1	30
Σ	0	12	4	50	101	109	126	137	138	125	139	136	110	120	130	114	1551
	1 - 2	38	5	66	114	106	140	141	177	158	174	182	180	166	170	169	1986
	3 - 6	35	2	26	27	23	33	25	26	29	37	23	24	26	13	14	363
	7 - 10	6	-	14	11	8	10	2	7	3	2	1	-	1	1	1	67
	>10	-	-	-	4	9	3	5	1	-	-	-	-	-	-	-	22
	Σ	91	11	156	257	255	312	310	349	315	352	342	314	313	314	298	3989

Tab.20

Anzahl der Untergrenzen der Inversionen
 von 1000 bis 10 000 m Höhe in Abhängigkeit von der Höhe und vom Temperatursprung
 Stuttgart 1960

$\Delta t (^{\circ}\text{C})$	Höhe (m)								
	1001 -2000	2001 -3000	3001 -4000	4001 -5000	5001 -6000	6001 -7000	7001 -8000	8001 -9000	9001 -10000
<u>0 Uhr</u>									
0	132	135	108	116	68	56	50	28	19
1	159	187	176	144	73	54	43	33	33
2	35	31	20	16	4	2	4	13	34
3	7	20	6	-	-	1	1	4	19
4	6	4	2	-	-	-	-	3	16
5	2	2	3	-	-	-	1	3	10
6	2	2	-	-	-	-	-	-	6
7	1	-	-	-	-	-	-	1	4
8	3	-	-	-	-	-	-	-	2
>8	2	-	-	-	-	-	-	-	-
Σ	349	381	315	276	145	113	99	85	143
<u>12 Uhr</u>									
0	134	142	127	104	67	60	33	20	14
1	192	230	232	174	101	69	39	40	34
2	32	41	28	19	6	5	6	16	25
3	11	13	5	1	1	-	1	1	28
4	9	7	2	1	-	-	-	5	21
5	1	1	1	-	-	-	-	3	9
6	2	-	-	-	-	-	1	-	1
7	2	-	-	-	-	-	-	2	5
8	2	1	-	-	-	-	-	-	1
>8	2	-	-	-	-	-	-	-	-
Σ	387	435	395	299	175	134	80	87	138

Tab. 21

Anzahl der Bodeninversionen
in Abhängigkeit von der Dicke und vom Monat bzw. von der Jahreszeit
Stuttgart 1957-1960, 0 Uhr

Monat	Dicke (m)															Σ
	≤ 50	51 -100	101 -150	151 -200	201 -250	251 -300	301 -350	351 -400	401 -450	451 -500	501 -550	551 -600	601 -650	651 -700	>700	
Jan.	1	14	9	10	9	6	6	3	4	2	-	1	1	1	3	70
Febr.	1	5	17	15	11	14	5	1	2	1	3	-	-	1	-	76
März	-	10	18	14	15	12	2	4	-	-	1	2	-	-	1	79
April	-	8	17	27	15	6	2	3	-	1	-	-	-	-	-	79
Mai	-	6	11	29	12	14	3	2	1	1	-	-	-	-	-	79
Juni	1	13	23	20	10	15	4	1	-	2	-	-	-	-	2	91
Juli	1	10	19	24	20	11	1	5	1	-	1	-	-	-	-	93
Aug.	-	8	17	29	18	14	2	2	1	1	-	2	-	-	-	94
Sept.	-	11	17	23	22	14	4	3	4	2	2	-	-	-	1	103
Okt.	-	6	11	29	10	20	4	6	-	4	1	-	1	2	-	94
Nov.	1	19	7	10	10	7	2	2	1	-	-	2	3	1	1	66
Dez.	-	8	13	12	5	7	-	7	5	1	1	2	1	-	1	63
Jahr	5	118	179	242	157	140	35	39	19	15	9	9	6	5	9	987

Jahreszeiten

Frühling	-	24	46	70	42	32	7	9	1	2	1	2	-	-	1	237
Sommer	2	31	59	73	48	40	7	8	2	3	1	2	-	-	2	278
Herbst	1	36	35	62	42	41	10	11	5	6	3	2	4	3	2	263
Winter	2	27	39	37	25	27	11	11	11	4	4	3	2	2	4	209

Tab. 22

Vergleichsdaten von Bodeninversionen für vier Stationen

Station	Monat der größten kleinsten Anzahl von Bodeninversionen		Größte monatliche Anzahl der Bodeninversionen in % der klein- sten monatlichen Anzahl	Prozentuale Häufigkeit der Bodeninversionen im Jahr
Stuttgart	Sept.	Dez.	163	67,5
Straßburg	Okt.	Jan.	149	65,7
Wien	Aug.	Dez.	561	39,0
Quickborn	(Okt.)	(Jan.)	-	-

Tab. 23

Anzahl der Bodeninversionen in jedem einzelnen Jahr und Mittelwert

Stuttgart 1957-1960

Jahr	1957	1958	1959	1960	Mittel
Anzahl der Bodeninversionen	243	226	264	254	247

Tab. 24

Häufigkeit (%) der Bodeninversionen

in den verschiedenen Jahreszeiten an vier Stationen

Station	J a h r e s z e i t				Jahr
	Frühling	Sommer	Herbst	Winter	
Stuttgart	24.0	28.2	26.6	21.2	100.0
Straßburg	26.8	26.8	25.8	20.6	100.0
Wien	28.2	36.3	25.7	9.8	100.0
Quickborn	(20.3	35.2	33.9	10.6)	100.0

Tab. 25

Häufigkeit (%) der Bodeninversionen

in den einzelnen Jahreszeiten in Abhängigkeit von der Dicke

Stuttgart 1957-1960

Jahreszeit	Dicke (m)			gesamt
	≤ 200	201-300	> 300	
Frühling	59.1	31.2	9.7	100.0
Sommer	59.4	31.6	9.0	100.0
Herbst	51.0	31.5	17.5	100.0
Winter	50.2	24.9	24.9	100.0

Tab.26

Mittlere Dicke der Bodeninversionen in den einzelnen Monaten
Stuttgart 1957-1960

Monat	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
mittlere Dicke (m)	256	223	214	187	201	201	192	202	223	218	224	248

Tab.27

Mittlerer Temperatursprung der Bodeninversionen in
den einzelnen Monaten
Stuttgart 1957-1960

Monat	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
mittlerer Temperatursprung (°C)	3.84	3.17	2.23	2.03	2.06	1.83	1.89	2.13	2.49	3.32	2.74	2.70

Tab.28

Anzahl der Bodeninversionen um 12 Uhr
Stuttgart 1957-1960

Jahr	1957	1958	1959	1960	gesamt
Anzahl	30	18	19	24	91

Tab.29

Anzahl, mittlere Dicke und mittlerer Temperatursprung
der Bodeninversionen in den einzelnen Jahreszeiten
Stuttgart 1957-1960, 12 Uhr

Jahreszeit	Frühling	Sommer	Herbst	Winter
Anzahl	2	4	24	61
mittl. Dicke (m)	128	155	299	289
mittl. Temperatursprung (°C)	0.5	1.8	2.7	2.9

Tab.30

Zeitliche Andauer der Bodeninversionen in den einzelnen Jahreszeiten
Stuttgart 1957-1960

Anzahl der aufeinanderfolgenden Termine	J a h r e s z e i t				Jahr
	Frühling	Sommer	Herbst	Winter	
2	-	1	2	10	13
3	2	3	14	15	34
4	-	-	1	3	4
5	-	-	1	6	7
6	-	-	-	2	2
7	-	-	1	1	2
8	-	-	-	-	-
9	-	-	-	1	1

Tab. 31

Anzahl der Inversionen
in Abhängigkeit von der Feuchtedifferenz und vom Temperatursprung
Stuttgart 1957-1960

$\Delta t (^{\circ}C)$	Feuchtedifferenz (%)							Σ
	≤ 0	1-5	-10	-20	-40	-60	> 60	
<u>0 Uhr</u>								
0	152	491	546	424	144	22	2	1781
1	96	279	477	501	266	69	10	1698
2	22	47	106	194	163	58	30	620
3	6	7	25	85	97	32	28	280
4	1	4	5	26	76	27	15	154
5	1	-	4	18	46	19	15	103
6	1	-	1	4	32	17	12	67
7	-	-	-	2	13	8	5	28
8	-	-	-	-	10	17	5	32
9	-	-	-	-	-	12	4	16
10	-	-	-	1	2	9	6	18
11	-	-	1	-	1	4	7	13
12	-	-	-	-	-	2	1	3
13	-	-	-	-	-	2	8	10
14	-	-	-	-	-	-	2	2
15	-	-	-	-	-	-	2	2
16	-	-	-	-	-	-	1	1
Σ	279	828	1165	1255	850	298	153	4828
%	5.8	17.1	24.1	26.0	17.6	6.2	3.2	100.0
<u>12 Uhr</u>								
0	148	382	472	395	140	12	2	1551
1	78	226	435	428	311	62	15	1555
2	23	32	42	105	147	58	24	431
3	4	4	4	37	60	44	26	179
4	3	-	3	21	40	17	17	101
5	-	-	2	4	18	15	12	51
6	-	-	-	3	12	10	7	32
7	1	-	-	3	7	6	6	23
8	-	-	-	-	4	7	11	22
9	-	-	-	-	5	7	3	15
10	-	-	-	-	2	4	1	7
11	1	-	-	-	-	1	4	6
12	-	-	-	-	2	-	4	6
13	-	-	-	-	1	1	4	6
14	-	-	-	-	-	-	1	1
15	-	-	-	-	-	-	1	1
16	-	-	-	-	-	-	1	1
17	-	-	-	-	-	-	1	1
Σ	258	644	958	966	749	244	140	3989
%	6.5	16.1	24.0	25.0	18.8	6.1	3.5	100.0

Tab.32

Häufigste Feuchtedifferenz für verschiedene Temperatursprünge

$\Delta t (^{\circ}\text{C})$	Feuchtedifferenz (%)						
	≤ 0	1-5	6-10	11-20	21-40	41-60	> 60
0			x				
1 - 2				x			
3 - 6					x		
7 - 10						x	
> 10							x

Tab.33

Anzahl der Untergrenzen der Inversionen
in Abhängigkeit von der Höhe und vom Monat
Karlsruhe, morgens (Flugtage)

Monat	Höhe (m)											Σ
	116	117 -200	201 -400	401 -600	601 -800	801 -1000	1001 -1200	1201 -1400	1401 -1600	1601 -1800	1801 -2000	
Jan.	7	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	10
Febr.	9	-	1	4	3	3	6	1	3	5	3	38
März	12	1	10	5	7	2	5	5	3	3	3	56
April	7	2	7	7	5	3	4	4	5	2	7	53
Mai	8	3	20	12	6	7	4	2	4	6	5	77
Juni	9	2	24	12	7	7	2	9	8	13	11	104
Juli	9	4	32	11	9	10	8	9	12	13	8	125
Aug.	7	4	15	9	3	2	5	3	7	3	5	63
Sept.	13	5	34	15	11	9	6	9	12	14	16	144
Okt.	25	1	6	7	10	5	8	1	10	7	9	89
Nov.	27	-	4	7	4	4	8	3	7	4	7	75
Dez.	20	-	3	7	2	7	5	6	5	7	7	69
Jahr	153	22	156	96	67	59	61	52	79	77	81	903

Tab.34

Anzahl der Untergrenzen der Inversionen
in Abhängigkeit von der Höhe und vom Monat
Stuttgart, 0 Uhr (Flugtage)

Monat	Höhe (m)										Σ
	315	316 -400	401 -600	601 -800	801 -1000	1001 -1200	1201 -1400	1401 -1600	1601 -1800	1801 -2000	
Jan.	2	-	2	-	1	3	1	1	-	-	10
Febr.	9	-	2	3	3	5	2	2	6	3	35
März	14	-	2	2	4	6	1	2	2	4	37
April	10	1	1	1	-	1	-	1	2	1	18
Mai	15	2	3	4	4	4	5	3	4	8	52
Juni	33	-	6	9	7	6	8	4	9	6	88
Juli	42	-	8	11	7	9	8	6	11	8	110
Aug.	22	-	2	2	6	10	2	3	8	4	59
Sept.	47	-	6	10	5	11	11	11	22	11	134
Okt.	27	-	5	8	5	9	9	9	10	9	91
Nov.	22	-	4	7	5	7	2	5	7	10	69
Dez.	13	1	5	4	6	2	5	6	4	9	55
Jahr	256	4	46	61	53	73	54	53	85	73	758

Tab.35

Anzahl der Untergrenzen der Inversionen
in Abhängigkeit von der Höhe und vom Temperatursprung
Karlsruhe, morgens (Flugtage)

$\Delta t (^{\circ}\text{C})$	Höhe (m)											Σ
	116	117 -200	201 -400	401 -600	601 -800	801 -1000	1001 -1200	1201 -1400	1401 -1600	1601 -1800	1801 -2000	
0	32	3	28	39	39	25	25	34	44	37	43	349
1	46	4	55	45	22	24	26	11	24	34	22	313
2	19	2	33	6	5	3	6	5	5	3	12	99
3	15	4	20	4	-	3	2	2	2	1	3	56
4	10	4	14	1	-	1	2	-	2	2	1	37
5	7	1	3	1	-	-	-	-	2	-	-	14
6	6	1	-	-	-	2	-	-	-	-	-	9
7	5	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	8
8	5	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6
9	2	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	4
10	2	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	4
11	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Σ	153	22	156	96	67	59	61	52	79	77	81	903

Tab.36

Anzahl der Untergrenzen der Inversionen
in Abhängigkeit von der Höhe und vom Temperatursprung
Stuttgart, 0 Uhr (Flugtage)

$\Delta t (^{\circ}\text{C})$	Höhe (m)										Σ
	315	316 -400	401 -600	601 -800	801 -1000	1001 -1200	1201 -1400	1401 -1600	1601 -1800	1801 -2000	
0	24	2	11	23	21	32	29	16	24	27	209
1	73	1	22	33	25	29	19	29	47	28	306
2	72	1	9	2	3	6	4	5	12	12	126
3	35	-	-	1	2	2	-	2	1	4	47
4	20	-	2	-	1	-	-	-	1	1	25
5	14	-	1	1	-	1	1	-	-	1	19
6	9	-	1	-	-	-	-	-	-	-	10
7	2	-	-	-	1	-	-	1	-	-	4
8	2	-	-	-	-	1	-	-	-	-	3
9	3	-	-	-	-	1	-	-	-	-	4
10	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	2
11	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	2
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1
Σ	256	4	46	61	53	73	54	53	85	73	758

Tab.37

Anzahl und prozentuale Verteilung der Inversionen
von Flugtagen in Karlsruhe und Stuttgart für verschiedene Gruppen von Temperatursprüngen

$\Delta t (^{\circ}\text{C})$	Karlsruhe		Stuttgart	
	Anzahl	%	Anzahl	%
0 - 2	761	84.4	641	84.6
3 - 6	116	12.8	101	13.3
7 - 10	22	2.4	13	1.7
>10	4	0.4	3	0.4
Σ	903	100.0	758	100.0

Tab.38

Anzahl der Inversionen
in Abhängigkeit von der Dicke und vom Temperatursprung
Karlsruhe, morgens (Flugtage)

$\Delta t(^{\circ}\text{C})$	Dicke (m)					Σ
	≤ 100	101-200	201-400	401-600	> 600	
0	292	46	11	-	-	349
1	203	77	31	1	1	313
2	40	39	19	1	-	99
3	13	16	19	7	1	56
4	3	10	22	2	-	37
5	-	6	6	1	1	14
6	1	1	5	2	-	9
7	1	1	2	3	1	8
8	-	-	6	-	-	6
9	-	-	1	2	1	4
10	-	-	3	1	-	4
11	-	1	3	-	-	4
12	-	-	-	-	-	-
Σ	553	197	128	20	5	903

Tab.39

Anzahl der Inversionen
in Abhängigkeit von der Dicke und vom Temperatursprung
Stuttgart, 0 Uhr (Flugtage)

$\Delta t(^{\circ}\text{C})$	Dicke (m)					Σ
	≤ 100	101-200	201-400	401-600	> 600	
0	101	88	17	3	-	209
1	129	143	30	4	-	306
2	14	69	41	2	-	126
3	5	16	23	2	1	47
4	1	9	14	1	-	25
5	-	4	11	4	-	19
6	-	3	7	-	-	10
7	-	-	3	1	-	4
8	-	-	2	1	-	3
9	-	1	2	-	1	4
10	-	1	-	-	1	2
11	-	-	2	-	-	2
12	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	1	-	1
Σ	250	334	152	19	3	758

Tab.40

Prozentuale Häufigkeit der Bodeninversionen
im Jahresgang an verschiedenen Stationen
(Klammerwerte unsicher, da nur wenige Aufstiege)

Monat	Karlsruhe	Stuttgart	Straßburg	Köln
Jan.	(100)	(29)	53	74
Febr.	(69)	(69)	57	74
März	(67)	(78)	70	69
April	(47)	(67)	64	43
Mai	35	65	71	47
Juni	21	79	67	39
Juli	17	78	74	40
Aug.	26	81	69	51
Sept.	27	96	71	66
Okt.	74	79	78	79
Nov.	87	71	54	71
Dez.	87	57	58	66
Jahr	45.5	76.2	65.7	59.6

Tab.41

Prozentuale Verteilung der Dicke der Bodeninversionen

Station	Dicke (m)				
	≤100	101-200	201-400	401-600	>600
Karlsruhe	47.7	22.2	23.5	5.9	0.7
Stuttgart	13.3	42.6	39.0	3.9	1.2
Straßburg	22.2		43.1	20.6	14.1
Köln	32.6	27.9	16.5	12.1	10.9

Tab.42

Prozentuale Verteilung der Temperatursprünge der Bodeninversionen

Station	Temperatursprung (°C)				
	0-2	3-4	5-6	7-8	≥ 9
Karlsruhe	63	16	9	7	5
Stuttgart	66	21	9	2	2
Straßburg	41	28	17	8	6
Köln	72		23		5

Tab.43

Ober- und Untergrenzen und Temperatursprünge
 von reinen und aufgeheizten Bodeninversionen über mehrere Tage gemittelt
 Stuttgart und Karlsruhe

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	25. 6.-26. 6.59	141	25	533	525	-8	4	2
2	3	9. 7.-11. 7.59	297	181	573	527	-46	2	4
3	6	20. 7.-25. 7.59	329	213	651	502	-149	4	3
4	2	13. 8.-14. 8.59	233	117	483	565	+82	3	3
5	4	19. 9.-13. 9.59	116	0	531	612	+81	8	6
6	2	15. 9.-16. 9.59	248	132	530	580	+50	5	5
7	3	19. 9.-21. 9.59	215	99	542	550	+8	7	7
8	2	18.10.-19.10.59	116	0	383	650	+267	7	6
9	2	24.10.-25.10.59	116	0	455	595	+150	8	7
10	2	28.11.-29.11.59	116	0	398	540	+142	6	2
11	3	27. 2.-29. 2.60	116	0	430	533	+103	5	3
12	2	14. 3.-15. 3.60	116	0	490	605	+115	6	3
13	2	27. 3.-28. 3.60	116	0	565	580	+15	3	4
14	3	6. 4.- 8. 4.60	144	28	407	557	+150	6	5
15	3	5. 5.- 7. 5.60	152	36	535	523	+12	4	3
16	3	11. 5.-13. 5.60	223	107	528	530	+2	4	3
17	2	16. 6.-17. 6.60	250	134	475	430	-45	3	3
18	2	22. 6.-23. 6.60	240	124	515	540	+25	4	3
19	5	9. 9.-13. 9.60	116	0	492	578	+86	5	4
20	2	22.10.-23.10.60	123	7	668	655	-13	8	5
21	2	28.10.-29.10.60	116	0	605	855	+250	7	6
22	2	3.11.- 4.11.60	116	0	385	525	+140	6	4
23	2	1.12.- 2.12.60	116	0	470	665	+195	11	9

Inhalt der Spalten

- 1: laufende Nummer
- 2: Anzahl der gemittelten Tage
- 3: Datum
- 4: Inversions-Untergrenze in Karlsruhe, B (m)
- 5: Höhe der Inversions-Untergrenze über Boden (116 m NN)
- 6: Inversions-Obergrenzen in Karlsruhe, G (m)
- 7: Inversions-Obergrenzen in Stuttgart, G (m)
- 8: G Stuttgart minus G Karlsruhe, (m)
- 9: Temperatursprung der Inversionen in Karlsruhe, ($^{\circ}\text{C}$)
- 10: Temperatursprung der Inversionen in Stuttgart, ($^{\circ}\text{C}$)

Tab.44

Anzahl der Untergrenzen der Inversionen
in den einzelnen Höhenstufen für Mai und Oktober um 12 Uhr in Karlsruhe und Stuttgart

		Höhe (m)											Σ
		116 (K'he)	117-200(K'he) 315 (Stgt)	201-400(K'he) 316-400(Stgt)	401 -600	601 -800	801 -1000	1001 -1200	1201 -1400	1401 -1600	1601 -1800	1801 -2000	
Mai	Karlsruhe	1	3	2	2	7	13	8	9	6	11	8	70
	Stuttgart		-	-	-	2	4	7	6	4	4	9	36
Okt.	Karlsruhe	4	1	7	4	7	9	5	6	6	7	10	66
	Stuttgart		4	-	7	2	4	3	3	3	6	5	37

Tab.45

Anzahl der Inversionen
in Abhängigkeit von der Dicke und vom Temperatursprung
Karlsruhe und Stuttgart, 12 Uhr

$\Delta t(^{\circ}\text{C})$	Karlsruhe			Stuttgart			
	≤ 100	> 100	Σ	≤ 100	> 100	Σ	
Mai	0	48	1	49	13	6	19
	1	18	3	21	11	5	16
	2	-	-	-	-	1	1
	3	-	-	-	-	-	-
Σ	66	4	70	24	12	36	
Okt.	0	27	4	31	2	1	3
	1	10	6	16	14	12	26
	2	1	3	4	-	4	4
	3	-	-	-	1	-	1
	4	1	3	4	-	-	-
	5	-	1	1	-	-	-
6	-	-	-	-	3	3	
Σ	39	17	56	17	20	37	

Tab.46

Vergleich von kräftigen Inversionen
in Karlsruhe und Stuttgart
Oktober 1960, 12 Uhr

Datum	Δt (°C)	Karlsruhe		Δt (°C)	Stuttgart	
		Unter- grenze (m)	Ober- grenze (m)		Unter- grenze (m)	Ober- grenze (m)
4.10.1960	5	430	940	6	550	1020
9.10.1960	-	-	-	3	520	620
22.10.1960	6	116	500	2	315	480
23.10.1960	5	190	800	6	315	790
25.10.1960	4	210	370	-	-	-
29.10.1960	5	255	745	6	315	848

Tab.47

Vergleich von Druck, Temperatur und relativer Feuchte
in 2000, 1000 und 500 m Höhe über Karlsruhe und Stuttgart
Mai und Oktober 1960, 12 Uhr

Höhe (m)	Druck (mb)		Temperatur (°C)		relative Feuchte (%)	
	Karlsruhe	Stuttgart	Karlsruhe	Stuttgart	Karlsruhe	Stuttgart
2000	800	800	4,6	3,3	56	71
Mai 1000	902	903	10,9	10,6	59	74
500	957	960	14,9	15,1	55	64
2000	790	790	4,3	2,7	53	79
Okt. 1000	890	893	9,7	9,9	57	64
500	946	947	8,1	7,9	58	68