

**Mitteilungen**  
des  
**Deutschen Wetterdienstes**

**Nr. 33**  
(Band 5)

DK 551.557.36

Beitrag zur Kenntnis der jahreszeitlichen Unter-  
schiede in der Höhenwindverteilung  
über München (1 bis 14 km Höhe)

von

**Hans Schirmer**

(mit 15 Abbildungen im Text und 3 Tabellen im Anhang)

Offenbach a. M. 1965  
Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes

## Inhalt

	Seite
Zusammenfassung . . . . .	3
Abstract . . . . .	3
1. Frühjahr	
1. 1. 12teilige Windrose . . . . .	4
1. 2. 4 Sektoren . . . . .	6
1. 3. Mittlere Höhenwindverteilung . . . . .	7
2. Sommer	
2. 1. 12teilige Windrose . . . . .	9
2. 2. 4 Sektoren . . . . .	11
2. 3. Mittlere Höhenwindverteilung . . . . .	11
3. Herbst	
3. 1. 12teilige Windrose . . . . .	11
3. 2. 4 Sektoren . . . . .	13
3. 3. Mittlere Höhenwindverteilung . . . . .	16
4. Winter	
4. 1. 12teilige Windrose . . . . .	16
4. 2. 4 Sektoren . . . . .	16
4. 3. Mittlere Höhenwindverteilung . . . . .	19
5. Jahreszeitliche Unterschiede in den 4 Sektoren	
5. 1. Nordsektor . . . . .	20
5. 2. Ostsektor . . . . .	20
5. 3. Südsektor . . . . .	21
5. 4. Westsektor . . . . .	21
6. Schichtmittel . . . . .	21
7. Jahr	
7. 1. 12teilige Windrose . . . . .	23
7. 2. Mittlere Höhenwindverteilung . . . . .	24
8. Ausblick . . . . .	25
Literatur . . . . .	26
Tabellen 1-3	

Anschrift des Verfassers:

Dipl.-Met. H. Schirmer, Deutscher Wetterdienst, Zentralamt,  
Abt. Klima, Offenbach a. M., Frankfurter Straße 135

## Zusammenfassung

Untersucht wurden die Höhenwindmessungen (Nachmittagsaufstiege) von München, 4 Jahreszeiten und Jahr, Zeitraum 1949 bis 1958, in den einzelnen Schichten (Abstand 1 km) zwischen 1 und 14 km Höhe. Ausgehend von der 36teiligen Windrose wurde für alle Schichten die Änderung der Höhenwindrichtung bestimmt und dann auf die 12teilige Windrose umgerechnet. Die Werte der durchschnittlichen Richtungsänderung sowie des durchschnittlichen Betrages der Änderung zwischen den einzelnen Schichten sind ferner nach den 4 Sektoren (Norden, Osten, Süden, Westen) und als Gesamtmittel der einzelnen Schichten zusammengefaßt worden. Abschließend wird gezeigt, welchen durchschnittlichen Richtungsverlauf mit der Höhe 12 Windrichtungen in 1 km auf Grund der gefundenen durchschnittlichen Richtungsänderung zwischen den einzelnen Schichten haben. Zum Vergleich hierzu wird die mittlere Windverteilung über München vom Boden bis 14 km Höhe herangezogen.

## Abstract

The upper wind observations (afternoons soundings) of Munich, seasons and year, period 1949 through 1958, were studied for altitude levels at 1 km distance between 1 and 14 km. Proceeding from the wind rose in 36 parts, the change of upper wind direction was determined for all levels and calculated for the wind rose in 12 parts. The values of the average change of direction as well as the average change of the absolute values between the different levels were also compiled according to the four sectors (north, east, south, west), and the general average of the single layers was established. Finally the average curve of direction with height is shown for 12 wind directions on 1 km which is based on the calculation of the average change of direction between the single levels. The mean wind distribution above Munich is used for comparison purposes from the surface up to an altitude of 14 km.

Ausgangspunkt der vorliegenden Untersuchung bildet das Referat des Verfassers (42) auf der VII. Internationalen Tagung für Alpine Meteorologie in Sauze d'Oulx (1962), das sich inhaltlich auf den Herbst beschränkte. Auf die dort gemachten allgemeinen Ausführungen kann daher weitgehend verzichtet werden, nur die wichtigsten Grundlagen werden kurz wiederholt.

Bearbeitet wurden die Nachmittagsaufstiege von München im Zeitraum 1949 bis 1958. Das zur Verfügung stehende Kollektiv kann für die einzelnen Höhengschichten aus der Summenzeile der Tabelle 1 entnommen werden. Es läßt deutlich die Schwachwindauswahl (5, 20) erkennen, die sich am stärksten im Winter bemerkbar macht. Die Anzahl der Ausfälle an Beobachtungen setzt sprunghaft in den Schichten zwischen 7 und 9 km ein; sie nimmt oberhalb von 12 km an Häufigkeit ab. Die Schwachwindauswahl tritt über München vorwiegend bei Winden aus 200 bis 340° mit einem Maximum bei Westwinden (gleichzeitiges Maximum der Windgeschwindigkeit) ein, während Ausfälle bei Winden aus Osten bis Süden in den einzelnen Schichten selten sind.

Ausgehend von der 36teiligen Windrose wurde für jede einzelne Schicht maschinell bestimmt, welche Änderung der Richtung des Höhenwindes in Bezug auf die Windrichtung an der Untergrenze aufgetreten ist. Die Schichtdicke beträgt dabei

jeweils 1 km, so daß sich die Änderungen auf die Schicht von 1 bis 2 km, 2 bis 3 km, usw. bis zu 13 bis 14 km beziehen. Die genaue Unterteilung nach der 36teiligen Windrose war für die anschließenden Berechnungen der durchschnittlichen Richtungsänderung erforderlich. Die Ergebnisse wurden dann nach der 12teiligen Windrose zusammengefaßt.

Für die Bestimmung der Richtungsänderung des Höhenwindes innerhalb einer Schicht in Abhängigkeit von der Windrichtung an der Untergrenze wurden zwei Änderungsgrößen berechnet, da sowohl Rechts- als auch Linksdrehungen des Windes auftreten, und zwar:

- a) durchschnittlicher Betrag der Richtungsänderung,
- b) durchschnittliche Richtungsänderung.

Rechtsdrehende Höhenwinde erhielten ein positives Vorzeichen, linksdrehende ein negatives (42). Bei der Berechnung des durchschnittlichen Betrages der Richtungsänderung blieben die Vorzeichen ohne Berücksichtigung.

Die Ursachen möglicher Richtungsänderung sollen nur kurz wiederholt werden:

1. Advektion: Linksdrehung des Windvektors in der Schicht beim Einfließen von Kaltluft, Rechtsdrehung bei Warmluft; beide in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit (siehe u. a.: H. Dahler (7 bis 12), H. Reuter (36), K. Balzer (3)).
2. Änderung der Windgeschwindigkeit: Rechtsdrehung bei Zunahme in Strömungsrichtung, Linksdrehung bei Abnahme (F. Möller (26), M. A. Alaka (1)).
3. Nullschichteffekt: Rechtsdrehung des Windes oberhalb des sogenannten divergenzfreen Raumes, verursacht durch das — von hypergeostrophischen Winden bedingte — ageostrophische Strömen zum höheren Druck (H. Dahler (9)).
4. Grundschichteffekt: Rechtsdrehung des Windes infolge der Bodenreibung bei untergradientigen Winden (EKMAN-Spirale); Einfluß der Advektion auf die Größenordnung (H. Dahler (12)).
5. Ablenkung durch die Orographie: Möglichkeit der Richtungsänderung im Bereich der Alpen vor allem in den unteren Schichten (Umlenkung in die alpenparallelen Richtungen).

Das gleichzeitige Auftreten mehrerer Effekte ist möglich; sie können verstärkende oder abschwächende Wirkungen haben.

Die jahreszeitlichen Unterschiede werden sowohl anhand des durchschnittlichen Betrages der Richtungsänderung als auch der durchschnittlichen Richtungsänderung zunächst nach der 12teiligen Windrose, dann nach den 4 Sektoren (Norden, Osten, Süden, Westen) und dem Schichtmittel betrachtet.

## 1. Frühjahr

### 1.1. 12teilige Windrose

Die in der Tabelle 1 enthaltenen Werte des durchschnittlichen Betrages der Richtungsänderung sowie der durchschnittlichen Richtungsänderung sind in der Abbildung 1 in Isoplethenform wiedergegeben worden.

Beim durchschnittlichen Betrag der Richtungsänderung (siehe Abb. 1 a) treten die größten Werte von mehr als 60 Grad bei Windrichtungen von 350-70° und 140-160° auf, während die geringsten Werte (weniger als 20 Grad) erwartungsgemäß die Westrichtung hat, vor allem infolge der größeren Windgeschwindigkeit. Aus gleichem Grunde (Nebenmaximum in der Windgeschwindigkeit) ver-

zeichnet der Ostwind geringere Beträge als die Nebenrichtungen. Die beiden alpenparallelen Richtungen heben sich damit deutlich ab. Die Werte nehmen allgemein schnell mit der Höhe ab, liegen oberhalb von 3 km meist unterhalb von 30 Grad. Das Minimum erstreckt sich zwischen 7 und 10 km Höhe, dann steigen die Beträge wieder an, vor allem im Bereich von Nordosten bis Süden. Ob es hierbei in erster Linie ein Effekt des geringeren Kollektivs ist, kann noch nicht sicher gesagt werden.

Die durchschnittliche Richtungsänderung, also mit Berücksichtigung des Vorzeichens, hat die größten Werte der Rechtsdrehung mit mehr als 60 Grad in der Schicht von 1 bis 2 km bei Winden aus 140-160° (siehe Abb. 1 b), die der Linksdrehung mit mehr als -20 Grad bei Winden aus 320-340°. Die Linksdrehung

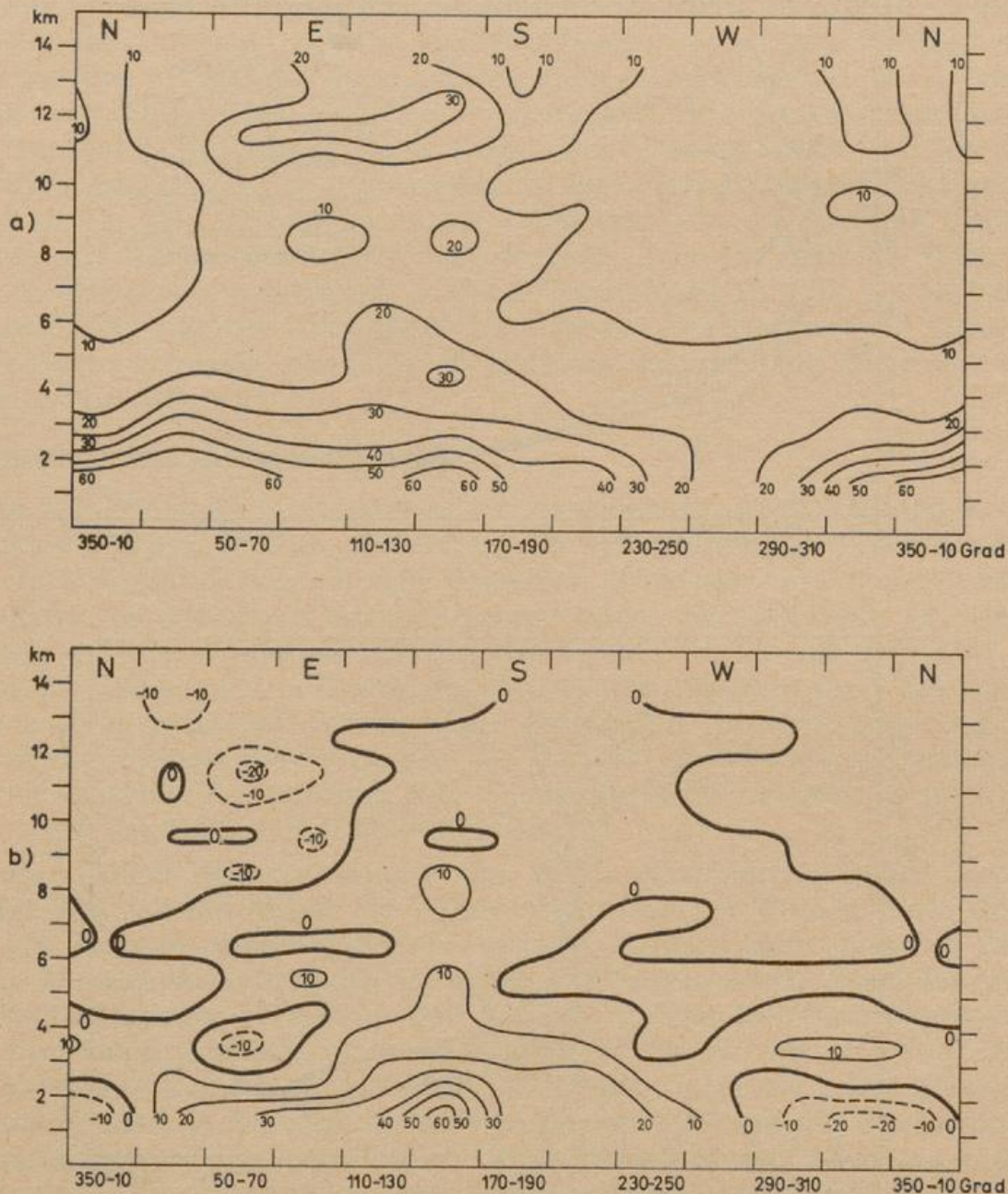


Abb. 1

Richtungsänderung des Höhenwindes von 1 bis 14 km Höhe (schichtweise),  
München 1949-1958 (Nachmittag), Frühjahr  
a) durchschnittlicher Betrag  
b) durchschnittliche Änderung

erstreckt sich dabei auf die Richtungen von  $290-10^\circ$  sowie auf eine Höhe bis etwa 2,5 km; darüber dreht der Wind mit der Höhe nach rechts. Im allgemeinen nehmen alle Werte mit der Höhe schnell ab, oberhalb von 3 km liegen sie meistens innerhalb von  $\pm 10$  Grad, abgesehen von etwas größeren Werten zwischen Norden und Süden.

### 1. 2. 4 Sektoren

Um das Markante der Erscheinungen besser herauszuarbeiten und die Streuung der 12teiligen Windrose weiter zu vermindern, wurden die Werte nach den 4 Sektoren (je 90 Grad) Norden, Osten, Süden und Westen zusammengefaßt. Die 4 Hauptwindrichtungen liegen jeweils in der Mitte eines Sektors (siehe Tab. 2).

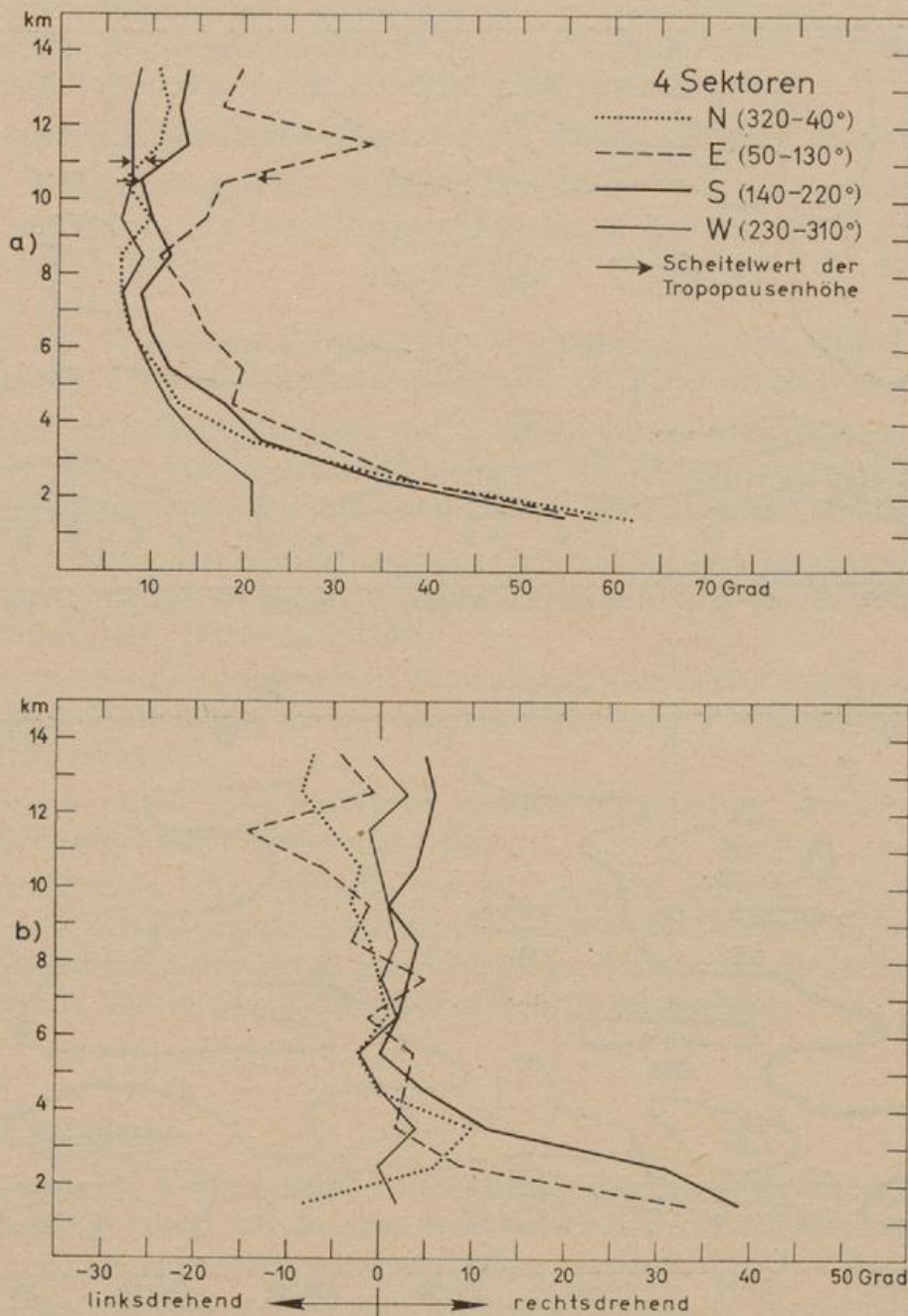


Abb. 2  
Richtungsänderung des Höhenwindes von 1 bis 14 km Höhe (schichtweise),  
München 1949-1958 (Nachmittag), Frühjahr, 4 Sektoren (N, E, S, W)  
a) durchschnittlicher Betrag  
b) durchschnittliche Änderung

In die Darstellung des durchschnittlichen Betrages der Richtungsänderung (siehe Abb. 2a) wurden noch die Scheitelwerte der Tropopausenhöhen (im gleichen Zeitraum) eingetragen, um Vergleiche leichter anstellen zu können. Die Kurven der Sektoren Norden, Osten und Süden haben einen fast ähnlichen Verlauf bis zur Schicht in 4 bis 5 km Höhe, dann weist der Osten größere Werte (unterhalb 7 bis 8 km) auf. In der untersten Schicht (1 bis 2 km) bleiben die Beträge zwischen 55 und 62 Grad, abgesehen vom Westsektor mit 21 Grad. In der Schicht zwischen 8 und 9 km Höhe liegen die Beträge aller 4 Sektoren dicht beieinander. Das Minimum wird dagegen in unterschiedlichen Schichten erreicht: Westen und Süden in 7 bis 8 km, Norden und Osten in 8 bis 9 km. Darüber setzt wieder eine Zunahme der Werte ein, am intensivsten beim Ostsektor (kleinstes Kollektiv).

Bei der durchschnittlichen Richtungsänderung (siehe Abb. 2b) hat der Nordsektor in der untersten Schicht negative Werte ( $-8$  Grad), darüber bis 4 km jedoch positive Werte, die dann wieder in negative (Linksdrehung) übergehen. Die Ost- und Südsektoren sind in den unteren Schichten stark rechtsdrehend, vor allem der Süden (39 Grad in 1 bis 2 km). Der Westsektor ist in allen Schichten sehr richtungsbeständig, er weist selbst im Bereich der Grundschicht weniger als 5 Grad auf. In der Schicht von 6 bis 7 km bestehen nur geringe Unterschiede zwischen den Werten der 4 Sektoren; sie liegen fast alle nahe bei Null. Ähnlich, jedoch nicht ganz so ausgeprägt, ist diese Erscheinung in 9 bis 10 km Höhe. Darüber setzt eine stärkere Divergenz der Kurven ein: Norden und Osten drehen mit der Höhe nach links, der Süden nach rechts, während der Westen in der Nähe der Nullwerte verbleibt.

### 1. 3. Mittlere Höhenwindverteilung

In der Abbildung 3a wurde dargestellt, welchen durchschnittlichen Verlauf mit der Höhe die Winde in 1 km auf Grund der gefundenen Werte der durchschnittlichen Richtungsänderung in den einzelnen Schichten und den verschiedenen Windrichtungen aufweisen. Ausgangspunkt bildet die Abbildung 1b. Deutlich ist zu sehen, wie die Winde aus Norden, Osten und Süden mit der Höhe auf den Westsektor einbiegen. Die Kurve der Winde von  $170-190^\circ$  (in 1 km Höhe) wird in den unteren Schichten infolge einer geringeren Richtungsänderung im Vergleich zu den Nebenwindrichtungen von der Kurve  $140-160^\circ$  geschnitten; daher wurde sie gestrichelt gezeichnet. Nur Winde aus  $20-70^\circ$  bleiben — wie die Westwinde — mit der Höhe fast im gleichen Sektor.

Für die mittlere Höhenwindverteilung in den einzelnen Schichten (siehe Tab. 3 und Abb. 3b) wurden ferner die Windverteilungen von München am Boden und in 1,5 km Höhe herangezogen, die aus dem gleichen Zeitraum zur Verfügung standen. Die Schwachwindauswahl (5, 20, 42) konnte durch folgendes Verfahren ausgeschaltet werden: Die Zahl der Ausfälle in den Höhenwindbeobachtungen wurde von Schicht zu Schicht in Abhängigkeit von der letzten Windrichtung an der Untergrenze der Schicht (12teilige Windrose) festgestellt. Die Zahl der Ausfälle konnte dann in Beziehung zur Häufigkeitsverteilung der durchschnittlichen Richtungsänderung der betreffenden Windrichtungen und Schichten gesetzt und danach auf die Obergrenze der Schicht aufgeteilt werden. Das Material wurde in dieser Weise von 1 km bis zu 14 km Höhe schichtweise aufgestockt bei gleicher Zahl der Fälle in allen Schichten. Das Verfahren ähnelt dem Differenzenverfahren, nur wurde statt der Differenzen die Häufigkeitsverteilung der Richtungsänderung als Maßstab für die Extrapolation genommen. Die Glättung der Windverteilung gegenüber der Schwachwindauswahl war deutlich festzustellen.

Die Westwinde erreichen das Maximum der Häufigkeit in 2 km Höhe mit mehr als 26 ‰; ein sekundäres Maximum weisen in den unteren Schichten die Ostwinde in 1 km Höhe mit mehr als 14 ‰ auf; beide sind die alpenparallelen Richtungen. Die Ostwinde nehmen schnell mit der Höhe an Häufigkeit ab und gehören ab 4 km Höhe zur Zone der geringsten Werte (Minimum: 110-160 °). Vom Boden bis 1,5 km Höhe erscheinen Winde aus Südosten und Süden am seltensten (weniger als 2 ‰); dieses Minimum wird in den Schichten darüber infolge der stärkeren Rechtsdrehung der östlichen Windrichtungen überdeckt. Die geringe Häufigkeit der nordöstlichen Winde in den Schichten von 1,5 bis 3,5 km entsteht dadurch, daß in den darunterliegenden Schichten die Winde nach links oder nach rechts drehen (siehe Abb. 1 b und 3 b). Die Westwinde haben in mittleren Höhen eine geringere Häufigkeit; diese nimmt erst wieder ab etwa 10 km Höhe zu.

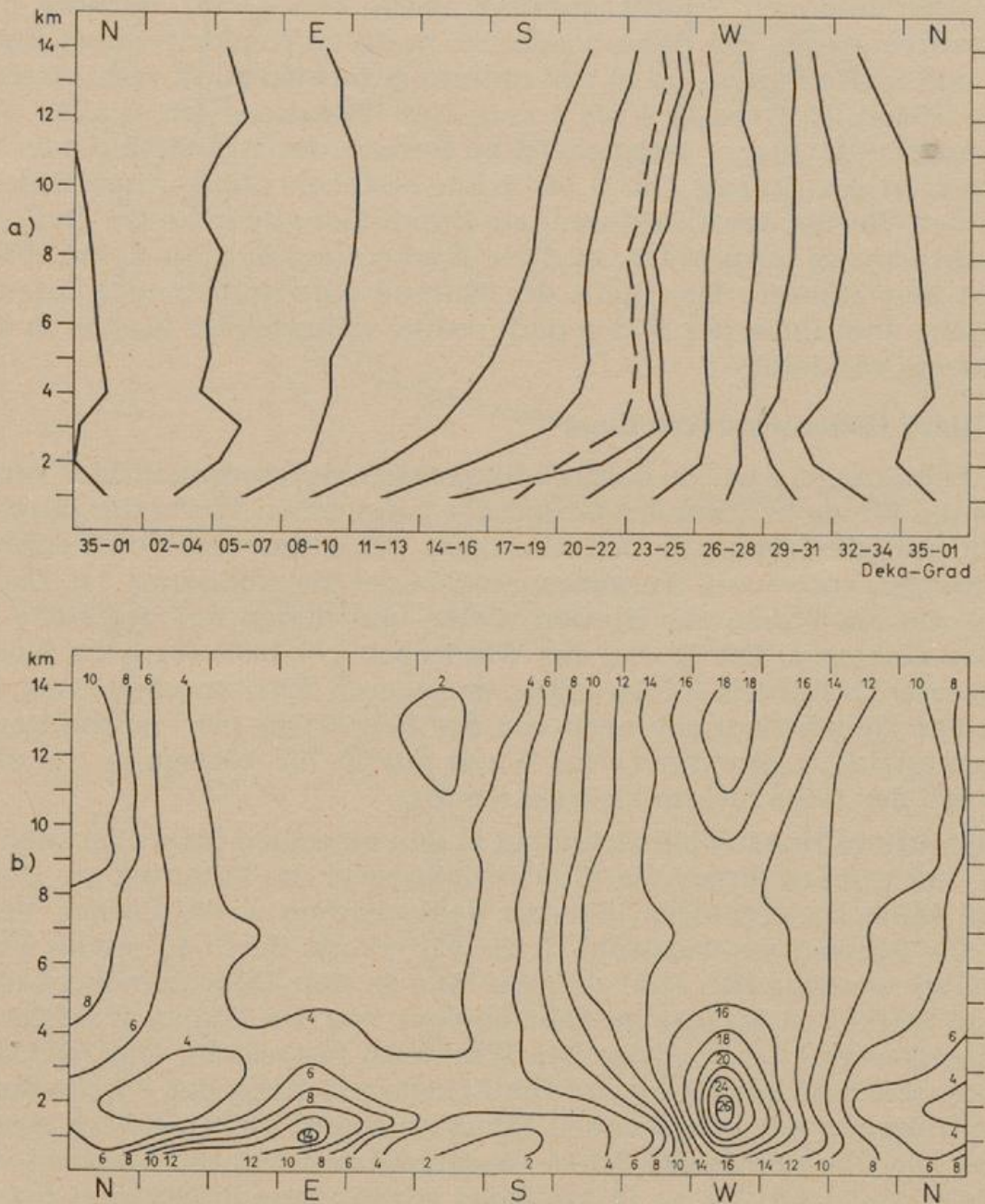


Abb. 3

Mittelwerte des Höhenwindes von 1 bis 14 km Höhe,  
München 1949-1958 (Nachmittag), Frühjahr

- a) durchschnittliche Richtungsänderung ausgehend von den 12 Richtungen in 1 km
- b) mittlere Häufigkeitsverteilung (‰)

## 2. Sommer

### 2.1. 12teilige Windrose

Die Werte des durchschnittlichen Betrages der Richtungsänderung haben sich gegenüber dem Frühjahr erhöht (siehe Tab. 1, Abb. 4 a); sie erreichen von 1 bis 2 km Höhe mehr als 90 Grad bei Winden aus 20-40°, mehr als 80 Grad von Norden über Osten bis Süden, wieder mit Ausnahme der eigentlichen Ostrichtung. Die größeren Beträge im Vergleich zum Frühjahr bleiben etwa bis 6 km Höhe erhalten. Der Westen weist wieder die geringsten Werte auf (weniger als 20 Grad von 1 bis 2 km Höhe). Bei den Winden aus Norden über Osten bis Süden hebt sich in der Abbildung die Zone geringerer Beträge zwischen 7 und 9 km Höhe deutlich ab; darüber nehmen die Werte wieder, zum Teil sogar beachtlich, zu (Kollektivgröße siehe Tab. 1).

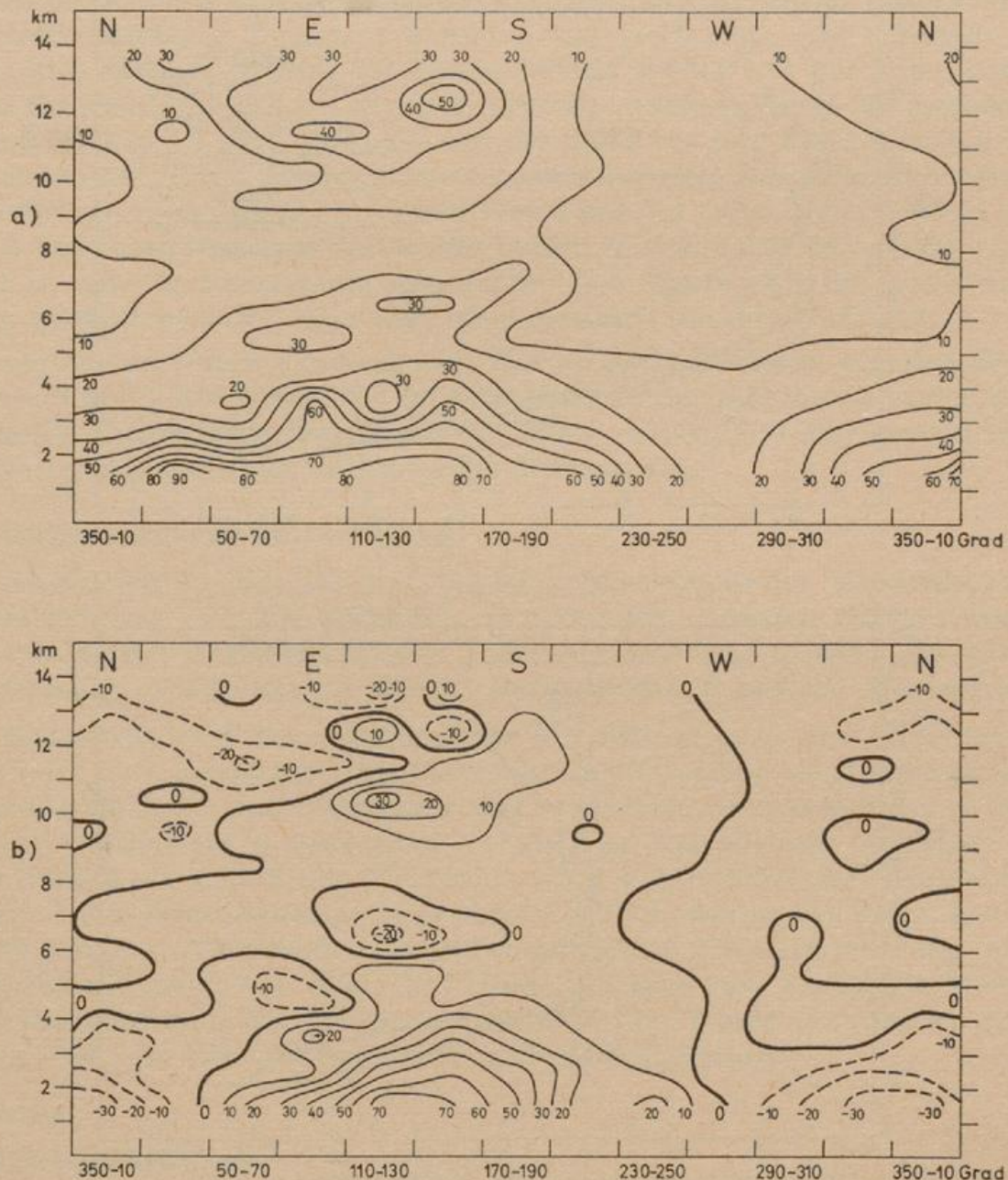


Abb. 4

Richtungsänderung des Höhenwindes von 1 bis 14 km Höhe (schichtweise), München 1949-1958 (Nachmittag), Sommer

- a) durchschnittlicher Betrag
- b) durchschnittliche Änderung

Auch bei der durchschnittlichen Richtungsänderung (siehe Abb. 4b) sind die extremen Werte in den unteren Schichten gegenüber dem Frühjahr größer: mehr als 70 Grad (rechtsdrehend) bei Winden aus 110-160° bzw. mehr als -30 Grad (linksdrehend) bei Winden aus 320-10° in der Schicht von 1 bis 2 km. Der Bereich mit Linksdrehung erstreckt sich von 290-40° in den unteren Schichten; zwischen 4 und 7 km finden sich ferner noch Inseln negativer Werte bei Winden zwischen Osten und Süden. Im allgemeinen überschreiten die Werte ab 4 km Höhe nicht  $\pm 10$  Grad, erst oberhalb 10 km Höhe beginnt wieder eine Zunahme unterschiedlichen Vorzeichens (Kollektivgröße). Wie beim Frühjahr stellt sich von 290-40° oberhalb der Bodenschicht mit Linksdrehung eine flache Schicht mit Rechtsdrehung ein, bevor wieder negative Werte folgen (Art Rückpendeln). Bei Winden aus etwa 50-160° ist es fast umgekehrt der Fall.

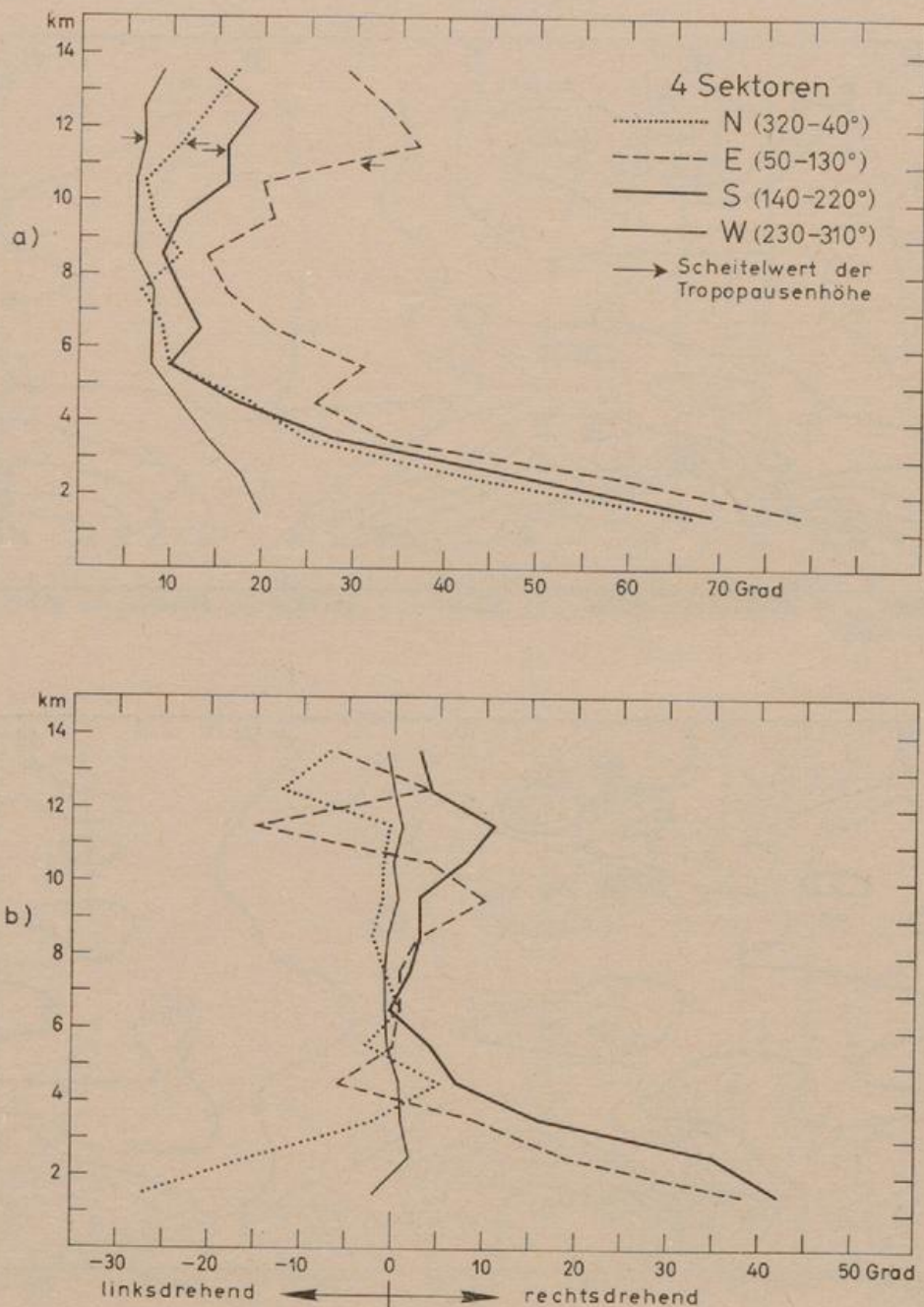


Abb. 5  
Richtungsänderung des Höhenwindes von 1 bis 14 km Höhe (schichtweise),  
München 1949-1958 (Nachmittag), Sommer, 4 Sektoren (N, E, S, W)  
a) durchschnittlicher Betrag  
b) durchschnittliche Änderung

## 2. 2. 4 Sektoren

Zwischen 1 und 5 km Höhe zeigen die Sektoren Norden, Osten und Süden einen parallelen Verlauf (siehe Abb. 5 a), dann weist der Ostsektor wieder (siehe Frühjahr) größere Beträge auf; er hatte auch in der untersten Schicht mit 79 Grad den Höchstwert. Gegenüber dem Frühjahr sind alle Werte erhöht, abgesehen vom Westwind mit 20 Grad (Frühjahr 21 Grad). Die geringsten Unterschiede in den Beträgen der 4 Sektoren stellen sich ebenfalls wieder in der Schicht zwischen 8 und 9 km ein. Dagegen weichen die Höhen, in denen die einzelnen Sektoren das Minimum in den Beträgen erreichen, etwas von denen des Frühjahres ab: Westen, Süden zwischen 5 und 6 km, bzw. noch einmal in 8 bis 9 km, bzw. 8 bis 11 km, Norden 7 bis 8 km und Osten 8 bis 9 km.

Bei der durchschnittlichen Richtungsänderung (siehe Abb. 5 b) treten beim Nordsektor bis zu 3 km Höhe negative Werte auf, die in der untersten Schicht  $-27$  Grad betragen. Zwischen 3 und 4 km stellt sich eine schwach positive Schicht ein, darüber drehen die Winde jedoch wieder mit der Höhe nach links. Wie im Frühjahr verzeichnet der Südsektor die größten Werte der Rechtsdrehung (42 Grad zwischen 1 und 2 km), die mit der Höhe bis zum Minimum in 6 bis 7 km Höhe abnehmen, dann wieder stärker positiv werden. Der Ostsektor erreicht bei der ähnlichen Abnahme der positiven Werte mit der Höhe in der Schicht zwischen 4 und 5 km sogar negative Werte, die jedoch in den darüberliegenden Schichten wieder in eine Rechtsdrehung übergehen. Der Westsektor ist in der untersten Schicht schwach-negativ, schwankt aber meistens um den Nullwert.

Die geringsten Unterschiede in den Werten der 4 Sektoren erreicht die Schicht zwischen 6 und 7 km Höhe (wie im Frühjahr), in der alle Werte in der Nähe von Null (keine Richtungsänderung mit der Höhe) liegen. Darüber setzt wieder eine stärkere Divergenz in der Richtung der Kurven ein.

## 2. 3. Mittlere Höhenwindverteilung

Die Abbildung 6 a läßt das noch stärkere Einströmen der Windrichtungen auf die Westrichtung deutlich erkennen. Der Bereich zwischen Norden und Süden dreht infolge der unterschiedlichen Richtungsänderung (Norden bis Nordosten: Linksdrehung; Nordosten bis Süden: Rechtsdrehung) auf die Westrichtung ein.

Die Höhenwindverteilung (siehe Abb. 6 b, Tab. 3) zeigt das Vorherrschen des Westwindes noch deutlicher: Das Maximum in 2 km Höhe weist etwa 36 % (Frühjahr: mehr als 26 %) auf, dagegen ist das sekundäre Ostmaximum in 1 km abgeschwächt worden (10 % gegenüber 14 %). Aus dem Grunde erreichen östliche Winde bereits ab etwa 3 km (Frühjahr: etwa 4 km Höhe) das Minimum in der Häufigkeit der Windrichtungen (weniger als 2 %), das in der Höhe von Norden bis Süden reicht. Ähnlich den Verhältnissen des Frühjahrs wird das Minimum der Häufigkeit am Boden (bis 1 km Höhe) um Südosten bis Süden in der Höhe infolge der stärkeren Rechtsdrehung der östlichen Winde überbrückt. Ab 11 km Höhe nehmen die Westwinde wieder in der Häufigkeit zu.

## 3. Herbst

### 3. 1. 12teilige Windrose

Beim durchschnittlichen Betrag der Richtungsänderung erscheinen die größten Werte bei Nordwinden (mehr als 80 Grad) und Südostwinden (mehr als 70 Grad), dazwischen weist der Osten wieder etwas geringere Beträge auf. Die Werte nehmen schnell mit der Höhe bis etwa 3,5 km ab. Unverändert im Vergleich zu

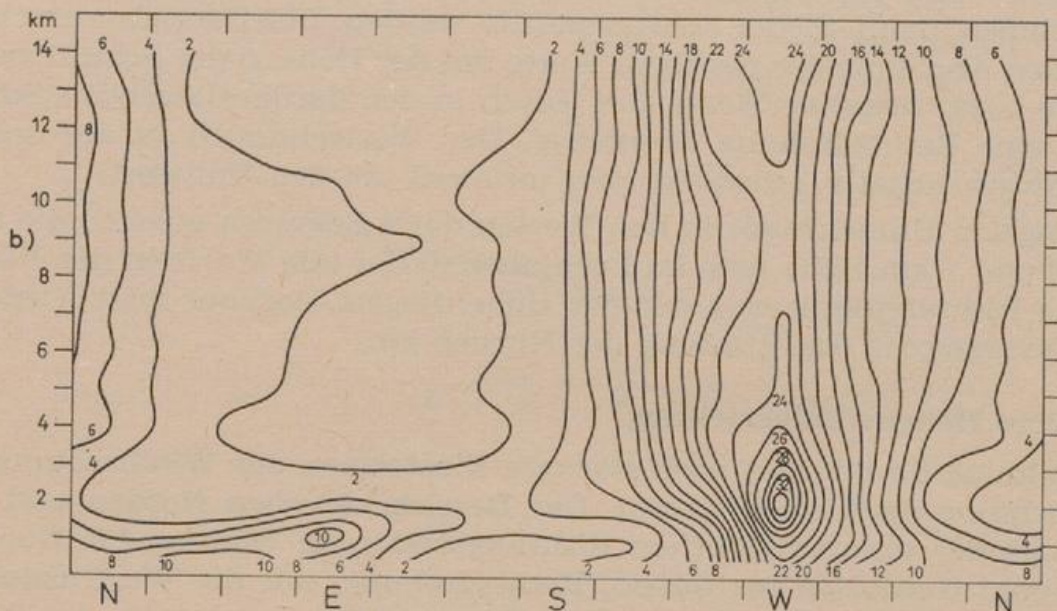
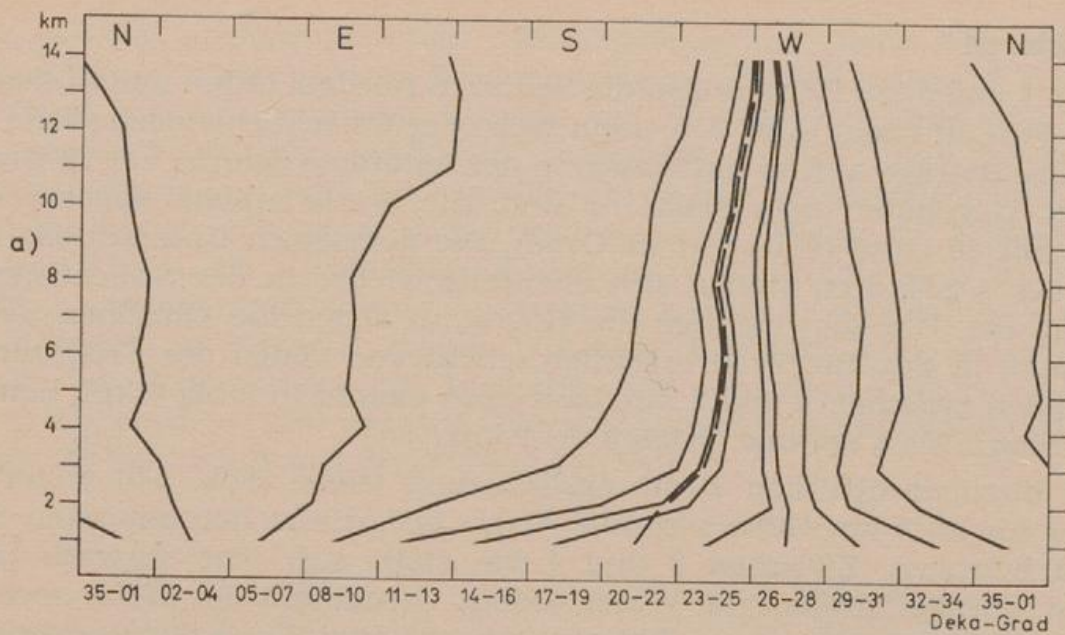


Abb. 6

Mittelwerte des Höhenwindes von 1 bis 14 km Höhe,  
München 1949-1958 (Nachmittag), Sommer

- a) durchschnittliche Richtungsänderung ausgehend von den 12 Richtungen in 1 km
- b) mittlere Häufigkeitsverteilung (%)

den anderen Jahreszeiten bleiben die Verhältnisse bei den Westwinden (etwa 20 Grad in 1 bis 2 km Höhe). Das Minimum bei Winden von Nordosten bis Süden erscheint in den Schichten von 7 bis 10 km Höhe (siehe Abb. 7 a); oberhalb stellt sich wieder eine Zunahme ein, die beim Südosten sogar 60 Grad überschreitet (sehr kleines Kollektiv).

Die durchschnittliche Richtungsänderung (siehe Abb. 7 b) erreicht die größte Rechtsdrehung mit mehr als 60 Grad bei Winden aus  $110-160^\circ$  in der untersten Schicht. Dieser Wert ist etwas kleiner als der des Sommers, entspricht ungefähr dem des Frühjahrs. In dieser Schicht überschreitet der größte Wert der Linksdrehung  $-30$  Grad bei Winden aus  $320-10^\circ$  (wie im Sommer). Der negative Bereich von  $290-40^\circ$  ähnelt ebenfalls dem Sommer. Oberhalb von etwa 4 km Höhe

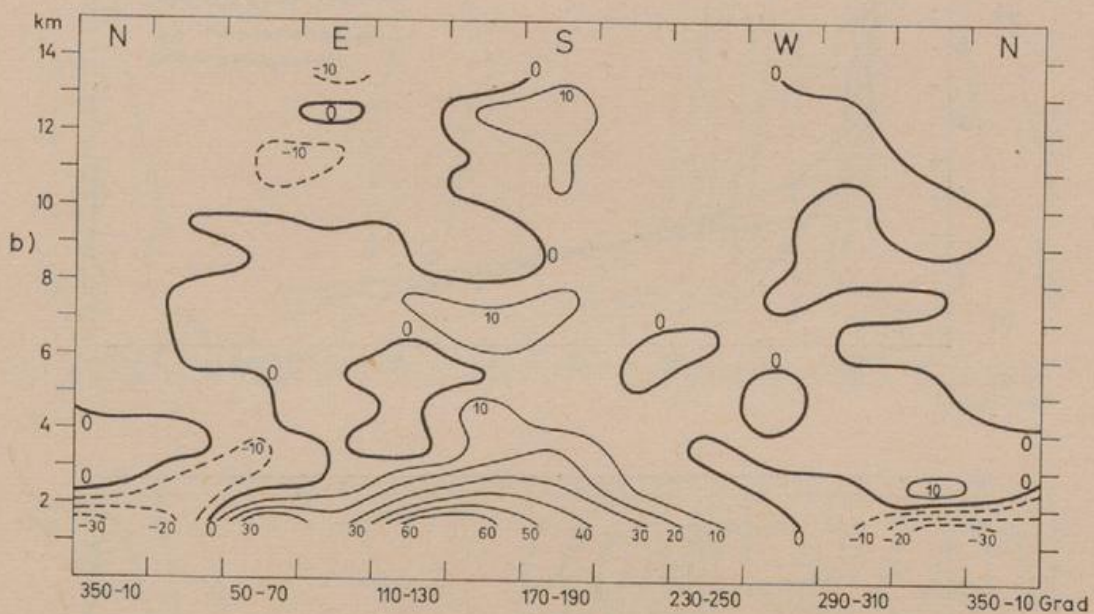
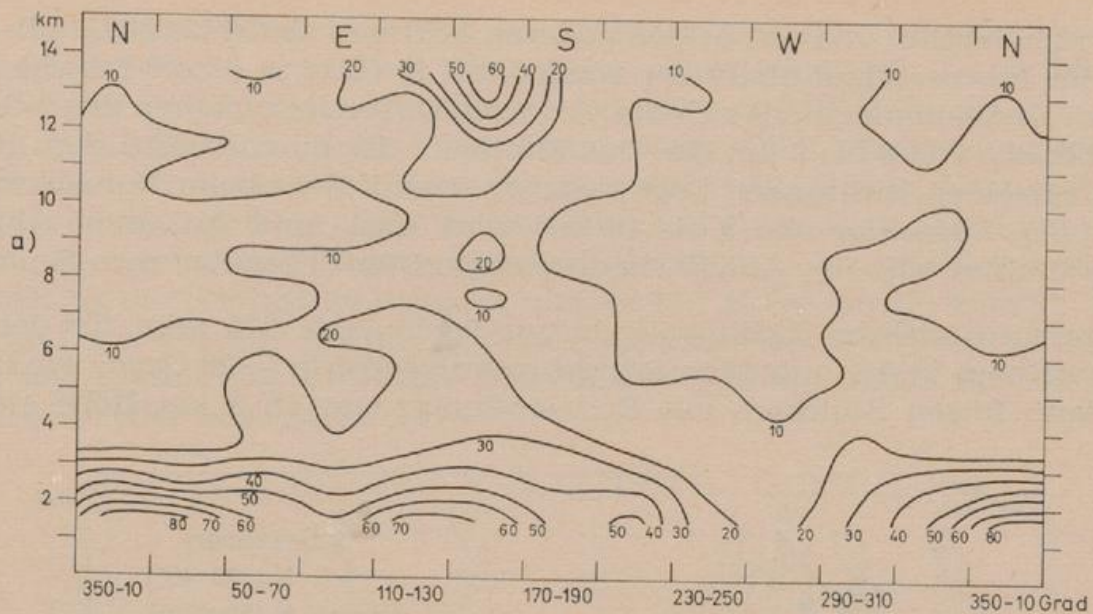


Abb. 7

Richtungsänderung des Höhenwindes von 1 bis 14 km Höhe (schichtweise),  
München 1949-1958 (Nachmittag), Herbst  
a) durchschnittlicher Betrag  
b) durchschnittliche Änderung

liegen fast alle Werte — abgesehen von kleinen inselartigen Gebieten um Osten bis Süden — innerhalb von  $\pm 10$  Grad. Die Unterschiede in der Höhe sind im Vergleich zum Sommer wesentlich geringer geworden. Auch in dieser Abbildung stellt sich oberhalb der linksdrehenden Schicht in Bodennähe eine solche mit Rechtsdrehung ein und teilweise umgekehrt, worauf bereits bei den anderen Jahreszeiten hingewiesen wurde.

### 3. 2. 4 Sektoren

Die Kurven der Nord-, Ost- und Südwinde verlaufen bis etwa 3 km Höhe wieder fast parallel; ab 4 km weist der Osten wiederum größere Werte im durchschnittlichen Betrag der Richtungsänderung (siehe Abb. 8 a) auf. In der untersten Schicht verzeichnet wie im Frühjahr der Nordsektor die größten Werte (70 Grad);

er hebt sich deutlich von den beiden anderen Sektoren ab (56 bis 58 Grad). Unverändert im Jahresverlauf bleibt der Westen mit 21 Grad in dieser Schicht. Wie im Frühjahr und Sommer stellt sich die geringste Differenz zwischen den 4 Sektoren in der Schicht von 8 bis 9 km ein. Das Minimum des durchschnittlichen Betrages für die einzelnen Richtungen liegt zwischen 7 und 8 km beim Nordsektor, 8 bis 10 km beim Südsektor und 9 bis 10 km beim West- und Ostsektor. Abgesehen vom Nordsektor tritt eine Anhebung dieser Schichten gegenüber dem Sommer ein.

Die durchschnittliche Richtungsänderung (siehe Abb. 8 b) zeigt für den Nordsektor nur noch in der untersten Schicht negative Werte (—28 Grad, wie im Sommer), dann folgen Schichten mit Rechtsdrehung; erst ab 5 km Höhe stellt sich

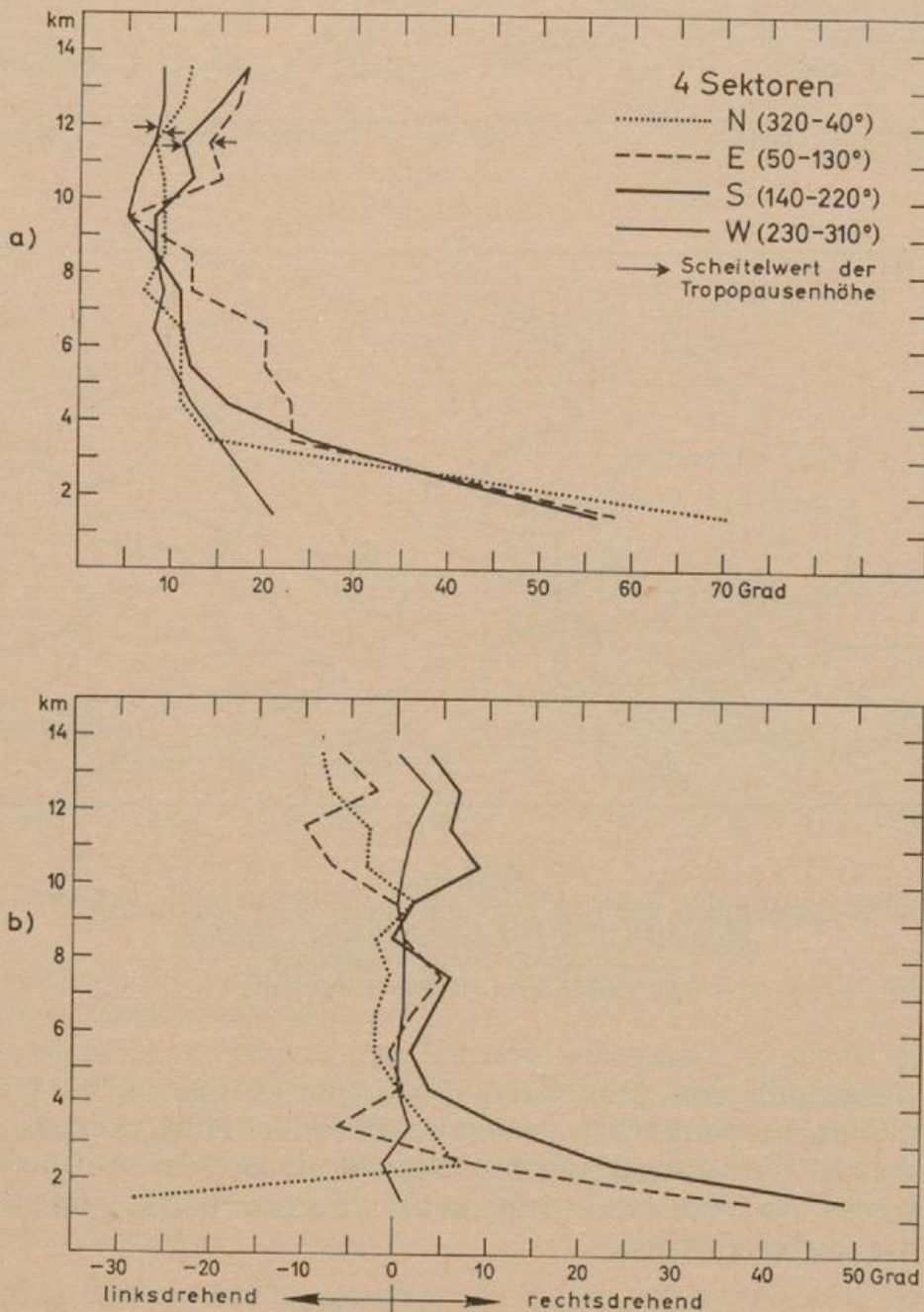


Abb. 8

Richtungsänderung des Höhenwindes von 1 bis 14 km Höhe (schichtweise), München 1949-1958 (Nachmittag), Herbst, 4 Sektoren (N, E, S, W)

a) durchschnittlicher Betrag

b) durchschnittliche Änderung

wieder die Linksdrehung ein. Wie im Frühjahr und Sommer verzeichnet der Südsektor zwischen 1 und 2 km Höhe die größten Werte (49 Grad). Die Werte nehmen in den Schichten darüber bis zur Schicht von 5 bis 6 km ab, dann unterhalb von 7 bis 8 km Höhe zu. Der Ostsektor erfährt eine Linksdrehung der Winde in der Schicht von 3 bis 4 km Höhe (im Sommer: 4 bis 5 km); dann erst wieder oberhalb von 10 km Höhe. Der Westsektor pendelt in allen Schichten um den Nullwert. Die geringste Differenz zwischen den Werten der 4 Sektoren stellt sich im Herbst in der Schicht zwischen 9 und 10 km Höhe ein (Frühjahr, Sommer 6 bis 7 km), ein weniger gut ausgeprägtes Minimum der Differenz ist noch zwischen 4 und 5 km Höhe zu finden. Oberhalb von 10 km laufen die Kurven der 4 Sektoren wieder auseinander.

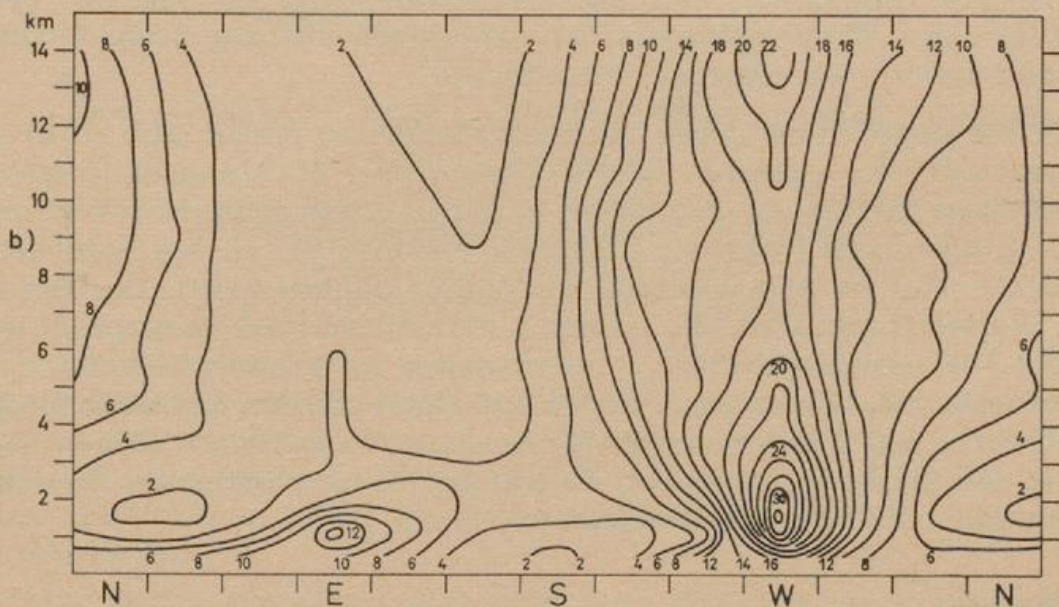
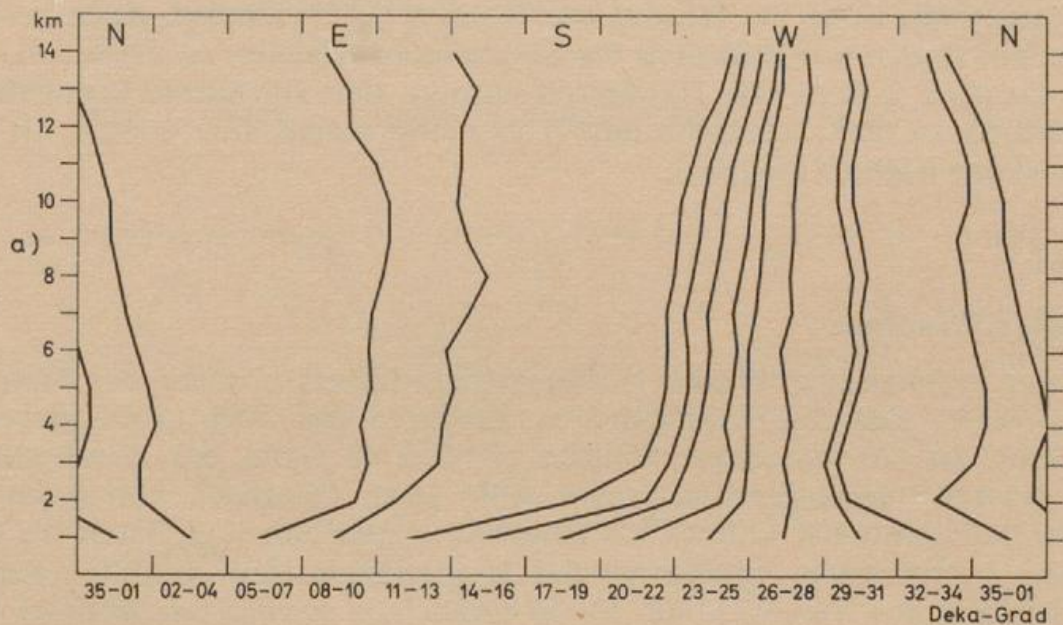


Abb. 9

Mittelwerte des Höhenwindes von 1 bis 14 km Höhe,  
München 1949-1958 (Nachmittag), Herbst

- a) durchschnittliche Richtungsänderung ausgehend von den 12 Richtungen in 1 km
- b) mittlere Häufigkeitsverteilung (%)

### 3. 3. Mittlere Höhenwindverteilung

Wie Abbildung 9 a zeigt, ist die durchschnittliche Richtungsänderung der Höhenwinde von 1 bis 14 km Höhe ähnlich dem Bild des Frühjahrs (siehe Abb. 3 a), jedoch findet diesmal kein Schneiden der Kurven mehr statt. Winde aus  $110-340^\circ$  in 1 km Höhe drehen im Mittel mit der Höhe in den Westsektor ein.

In der mittleren Verteilung des Höhenwindes erscheint das Maximum der Westwinde nunmehr in 1,5 km Höhe (bisher 2 km). Die Häufigkeit ist mit mehr als 32 % etwas geringer als die des Sommers, aber größer als die des Frühjahrs. Der Ostwind hat weiterhin sein Maximum der Häufigkeit in 1 km Höhe; es ist gegenüber dem Sommer angewachsen (mehr als 14 %). Die Verteilung ähnelt allgemein mehr der des Frühjahrs, vor allem hinsichtlich des Maximums der Häufigkeit um 2 km Höhe bei Winden aus Norden bis Nordosten. Auch im Herbst sind Winde am Boden aus Südosten bis Süden am seltensten zu erwarten, in den Schichten darüber nimmt die Häufigkeit infolge der stärkeren Rechtsdrehung östlicher Winde zu. Die Zunahme der Westwinde macht sich wieder ab 10 km Höhe bemerkbar (siehe Frühjahr).

## 4. Winter

### 4. 1. 12teilige Windrose

Infolge der allgemein größeren Windgeschwindigkeit erreicht der Winter die geringsten Werte des durchschnittlichen Betrages der Richtungsänderung im Jahresverlauf. In der untersten Schicht werden 60 Grad bei Windrichtungen zwischen  $110-130^\circ$  überschritten (siehe Abb. 10 a). Oberhalb von 3 km Höhe bleiben die Beträge meist kleiner als 20 Grad, abgesehen von Osten bis Süden. Wie in allen Jahreszeiten verzeichnet der Westwind in den untersten Schichten Richtungsänderungen von weniger als 20 Grad. Die geringsten Beträge stellen sich allgemein wieder in der Schicht zwischen 7 und 10 km, besonders bei Winden zwischen Norden und Süden, ein. Darüber nehmen die Beträge mit der Höhe wieder zu. Bei den Windrichtungen  $110-160^\circ$  lagen aus der Schicht von 13 bis 14 km keine Fälle im betrachteten Zeitraum vor.

Auch bei der durchschnittlichen Richtungsänderung (siehe Abb. 10 b) werden im Jahresverlauf die kleinsten Werte verzeichnet. Richtungsänderungen von mehr als 40 Grad (rechtsdrehend) treten in der untersten Schicht bei Winden aus  $140-220^\circ$  auf, also nicht mehr um Südosten, sondern um Süden (vielleicht, weil das thermische Tief im Alpenvorland im Winter nahezu fehlt). Der Bereich mit negativen Werten (Links-drehung) ist nur klein und schwach ausgeprägt bei Winden aus  $290-310^\circ$  sowie  $350-40^\circ$ ; er steht damit im krassen Gegensatz zu den anderen Jahreszeiten. Zwischen 2 und 3 km Höhe werden Linksdrehungen von mehr als 10 Grad bei Winden aus  $50-70^\circ$  erreicht. In mittleren Höhen liegen die Mittelwerte um Null, oberhalb von 10 km tritt eine allgemeine Zunahme der Werte negativer oder positiver Vorzeichen ein.

### 4. 2. 4 Sektoren

Beim durchschnittlichen Betrag der Richtungsänderung (Abb. 11 a) werden in der untersten Schicht erstmalig vom Südsektor die größten Werte (52 Grad) erreicht. Die Kurven für den Süd- und Ostsektor zeigen in den unteren Schichten einen ähnlichen Verlauf; der Nordsektor bleibt in seinen Werten um etwa 10 Grad

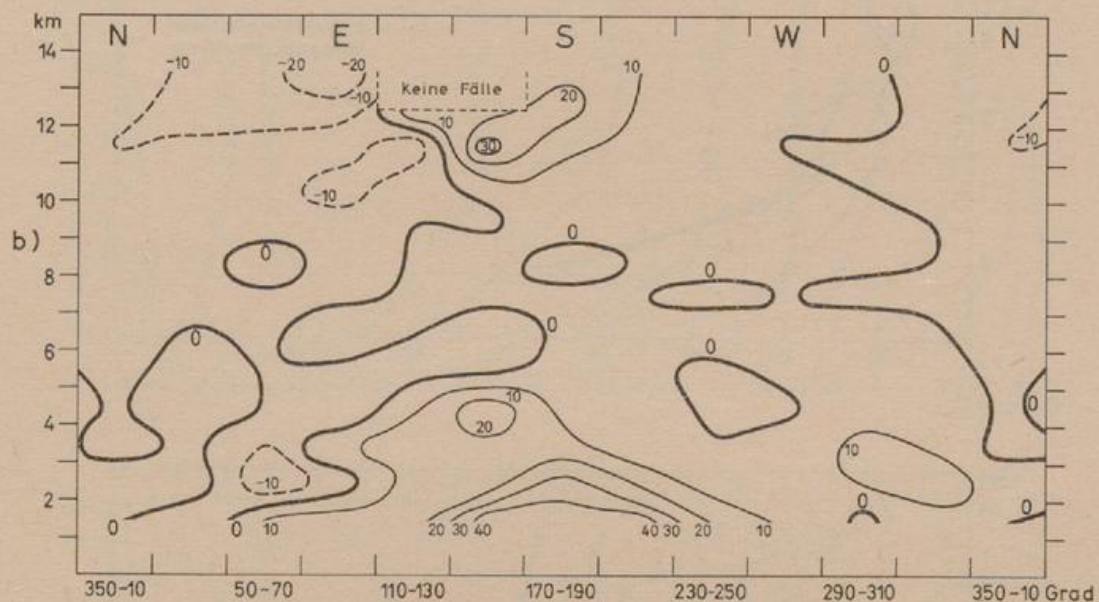
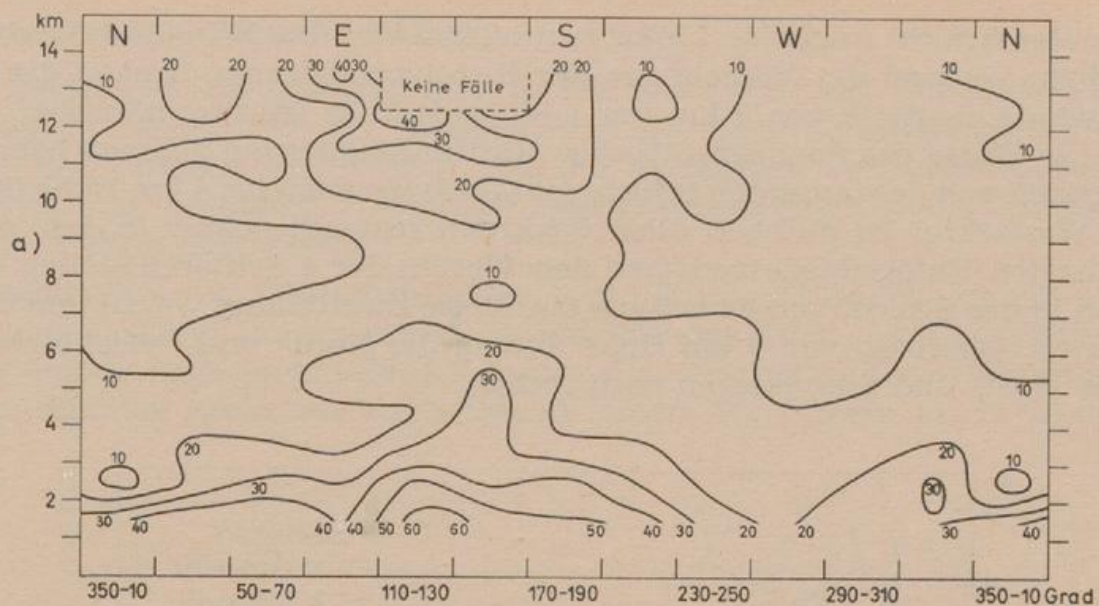


Abb. 10

Richtungsänderung des Höhenwindes von 1 bis 14 km Höhe (schichtweise),  
München 1949-1958 (Nachmittag), Winter

a) durchschnittlicher Betrag

b) durchschnittliche Änderung

darunter. Der Westsektor zeigt praktisch keine Änderungen gegenüber den anderen Jahreszeiten. Die geringsten Unterschiede zwischen den Beträgen der 4 Sektoren stellen sich zwischen 7 und 9 km ein, ohne den Ostsektor zwischen 7 und 8 km. Die einzelnen Sektoren erreichen ihre geringsten Werte in der Schicht von 7 bis 8 km (Süden) bzw. 8 bis 9 km (Norden, Osten, Westen). Darüber nehmen die Beträge wieder zu.

Entsprechend der Abbildung 10b zeigt auch die durchschnittliche Richtungsänderung des Nordsektors in der untersten Schicht nur eine schwache Linksdrehung ( $-2$  Grad), darüber bis 6 km Höhe eine Rechtsdrehung des Höhenwindes (siehe Abb. 11b), der sich wieder eine Linksdrehung anschließt. Die Kurve der Ostwinde verhält sich in den unteren Schichten fast spiegelbildlich zu der des Nordsektors: schwach positiven Werten (gegenüber den anderen Jahreszeiten) in

der untersten Schicht folgt eine Linksdrehung in 2 bis 3 km Höhe ( $-3$  Grad). Nach mehrfachem Wechsel des Vorzeichens der Richtungsänderung drehen die Nord- und Ostwinde oberhalb von 9 km nur noch nach links (stratosphärischer Polarwirbel). Die Werte der durchschnittlichen Richtungsänderung nehmen beim Südsektor schnell von der untersten Schicht (45 Grad) bis auf 3 bis 4 km Höhe (8 Grad) ab. Der Westsektor ist meist in allen Schichten schwach positiv in den Werten. Die geringsten Unterschiede zwischen den Werten der 4 Sektoren stellen sich in 6 km und in der Schicht von 8 bis 9 km ein. Diese Zweiteilung weicht von der des Herbstes ab. Oberhalb von 9 km Höhe drehen die Nord- und Ostsektoren nach links, die West- und Südsektoren nach rechts.

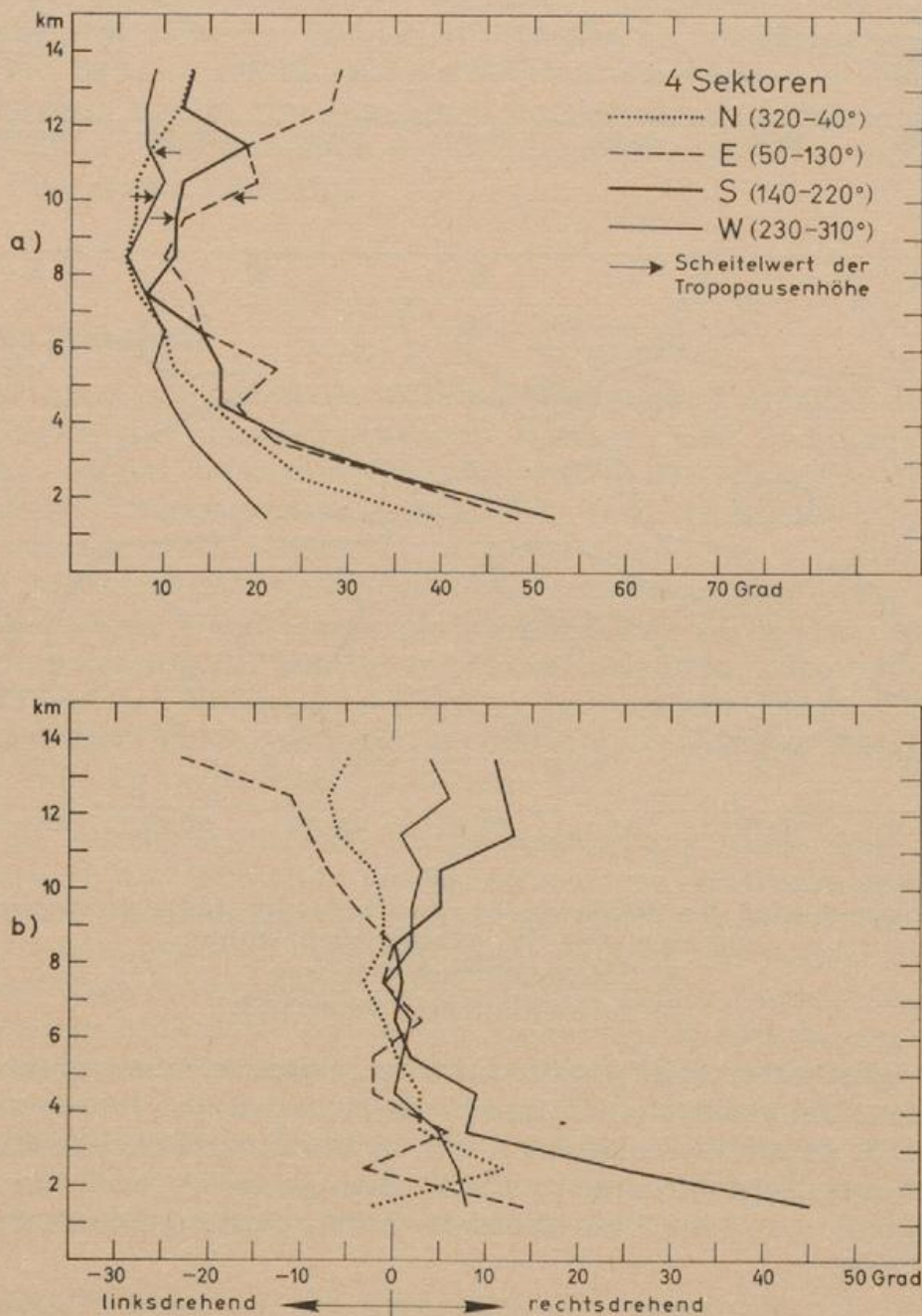


Abb. 11

Richtungsänderung des Höhenwindes von 1 bis 14 km Höhe (schichtweise), München 1949-1958 (Nachmittag), Winter, 4 Sektoren (N, E, S, W)

a) durchschnittlicher Betrag

b) durchschnittliche Änderung

### 4.3. Mittlere Höhenwindverteilung

Wie Abbildung 12a erkennen läßt, ist das Einströmen der Windrichtungen mit der Höhe in den Bereich des Westsektors nicht mehr so ausgeprägt, vor allem nicht in den unteren Schichten infolge der geringeren durchschnittlichen Richtungsänderung. Besonders macht sich hierbei das Ausbleiben der Linksdrehung beim Nordsektor bemerkbar.

Das Maximum der Westwinde (siehe Abb. 12b) wird im Winter mit mehr als 36 ‰ schon in 1 km Höhe erreicht. Es handelt sich dabei um die größten Werte und die tiefste Lage innerhalb des Jahres. Das sekundäre Ostwindmaximum ist in 1 km erhalten geblieben, entspricht in seinem Wert (mehr als 10 ‰) den Ver-

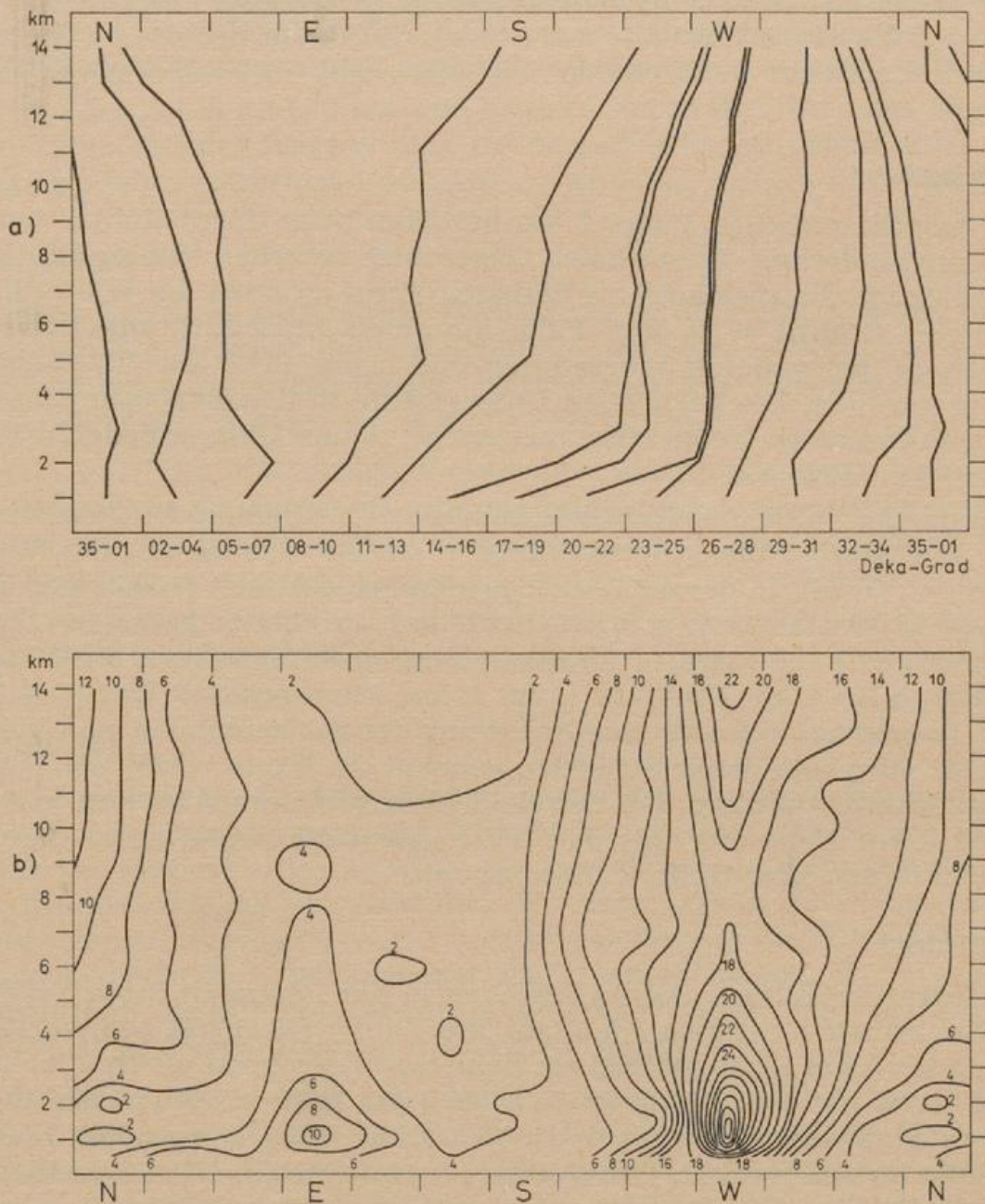


Abb. 12

Mittelwerte des Höhenwindes von 1 bis 14 km Höhe,  
München 1949-1958 (Nachmittag), Winter

- a) durchschnittliche Richtungsänderung ausgehend von den 12 Richtungen in 1 km  
b) mittlere Häufigkeitsverteilung (‰)

hältnissen des Sommers. Der Nebengipfel der Häufigkeitsverteilung bei den Ostwinden ist bis etwa 10 km Höhe festzustellen. Das Minimum der Häufigkeit bei Winden aus Südosten bis Süden ist nicht mehr auf die unterste Schicht beschränkt, sondern erstreckt sich durchgehend bis in die Höhe, da das Rechtsdrehen der Ostwinde in den unteren Schichten schwächer ist. Die Zone geringerer Häufigkeit, am Boden bei Nordwesten beginnend (weniger als 4 ‰), erstreckt sich über Norden (1 bis 2 km Höhe) bis Nordosten (2 bis 9 km Höhe); es wird verursacht durch die Zone mit schwacher Linksdrehung des Höhenwindes (siehe Abb. 10 b) bei diesen Richtungen, die im Grenzbereich eine Art „Auspumpen“ erzeugt.

## 5. Jahreszeitliche Unterschiede in den 4 Sektoren

In den bisherigen Abschnitten wurden die Verhältnisse in den Jahreszeiten nach den 4 Sektoren betrachtet; es erscheint jedoch angebracht, kurz die jahreszeitlichen Unterschiede innerhalb der einzelnen Sektoren zu streifen (siehe Abb. 2, 5, 8, 11).

### 5.1. Nordsektor

In der Schicht zwischen 1 und 2 km bestehen beim durchschnittlichen Betrag der Richtungsänderung die stärksten Gegensätze zwischen Winter (39 Grad) und Herbst (70 Grad), die auch noch die nächste Schicht erfassen. Im Winter bleiben in der untersten Schicht 40 ‰ aller Fälle innerhalb einer Richtungsänderung von  $\pm 10$  Grad, in den anderen Jahreszeiten nur 12 bis 18 ‰. Die Streuung ist also im Winter geringer. Die geringsten Unterschiede in den Beträgen zwischen den einzelnen Jahreszeiten treten stark ausgeprägt (kaum Unterschiede) in 5 bis 6 km und 7 bis 8 km Höhe auf.

Bei der durchschnittlichen Richtungsänderung erreichen in der untersten Schicht Sommer und Herbst die größten Werte ( $-27$  bis  $-28$  Grad), der Winter die kleinsten ( $-2$  Grad). In der darüberliegenden Schicht setzt jeweils der Übergang zu geringeren Werten bzw. zur Rechtsdrehung ein, bis in folgenden Höhen aus der Linksdrehung die stärkste Rechtsdrehung geworden ist: 2 bis 3 km Herbst und Winter, 3 bis 4 km Frühjahr (2 bis 3 km schon positive Werte), 4 bis 5 km Sommer. Es zeichnet sich also eine Anhebung der Schichtenhöhe vom Winter zum Sommer ab. Oberhalb dieser Schichten nehmen die Werte wieder ab. Die geringsten Unterschiede zwischen den einzelnen Jahreszeiten stellen sich in 6 km und von 8 bis 9 km Höhe ein; mit der Höhe gehen die Änderungen dann wieder zunehmend in den Bereich der Linksdrehung.

### 5.2. Ostsektor

Beim durchschnittlichen Betrag bestehen in der untersten Schicht die größten Gegensätze zwischen Sommer (79 Grad) und Winter (48 Grad). Die Werte nehmen bis etwa 4 bis 5 km Höhe ab, bleiben dann vorübergehend gleich oder leicht zunehmend, erreichen das Minimum in 8 bis 9 km Höhe (Herbst 9 bis 10 km). Im Frühjahr und Sommer werden in 11 bis 12 km Höhe die größten Werte eines zweiten Maximums erreicht. Der Sommer verzeichnet in allen Schichten jeweils die größten Beträge. Die geringsten Unterschiede in den Jahreszeiten erscheinen in 7 bis 8 und 8 bis 9 km Höhe.

Bei der durchschnittlichen Richtungsänderung liegen die extremen Werte in der untersten Schicht im Winter (14 Grad) und Herbst (39 Grad) bzw. Sommer (38 Grad). Spiegelbildlich zum Nordsektor nehmen die Werte mit der Höhe ab, gehen

teilweise in den negativen Bereich. Die Wendepunkte in den Richtungen der Kurven liegen in den Schichten 2 bis 3 km im Winter, 3 bis 4 km im Frühjahr und Herbst, 4 bis 5 km im Sommer. Oberhalb von 9 km herrscht die Linksdrehung vor. Die geringsten jahreszeitlichen Unterschiede liegen in einer Höhe von 6 km.

### 5. 3. Südsektor

Die Gegensätze in der untersten Schicht haben sich beim durchschnittlichen Betrag gegenüber den Nord- und Ostsektoren verringert: Winter 52 Grad und Sommer 69 Grad. Die Werte nehmen beständig mit der Höhe ab, allgemein oberhalb von 10 bis 11 km wieder zu. Die geringsten jahreszeitlichen Unterschiede verteilen sich auf 4 bis 5 km, 7 km und 8 km Höhe.

Die jahreszeitlichen Gegensätze bei der durchschnittlichen Richtungsänderung treten zwischen Frühjahr (39 Grad) und Herbst (49 Grad) auf, also diesmal in den Übergangsjahreszeiten. Die Werte gehen mit der Höhe zurück, bewegen sich zwischen den Schichten 5 bis 6 km und 9 bis 10 km in der Nähe des Nullwertes, nehmen darüber mit der Höhe wieder zu. Ähnlich wie beim Nordsektor werden die geringsten jahreszeitlichen Unterschiede in 6 km, 8 km und 9 km erreicht.

### 5. 4. Westsektor

Beim durchschnittlichen Betrag der Richtungsänderung gibt es kaum nennenswerte Unterschiede zwischen den einzelnen Jahreszeiten, so daß man unter Vorbehalt die geringsten jahreszeitlichen Differenzen auf folgende Höhen legen kann: 1 bis 2 km, 4 bis 5 km, 7 km, 8 km, 13 bis 14 km.

Die durchschnittliche Richtungsänderung weist ebenfalls geringe jahreszeitliche Unterschiede auf, die jedoch für die unterste Schicht insofern erwähnenswert sind, da die Gegensätze unterschiedliches Vorzeichen haben: Winter 8 Grad, Sommer -2 Grad. Frühjahr und Herbst zeigen in den unteren Schichten einen ähnlichen Kurvenverlauf. Die geringsten jahreszeitlichen Unterschiede erscheinen in folgenden Höhen: 4 bis 5 km, 7 bis 8 km, 9 bis 10 km.

## 6. Schichtmittel

Nach der Zusammenfassung des Materials von der 12teiligen Windrose zu den 4 Windsektoren bleibt nur noch die Bildung von Gesamtmitteln der einzelnen Höenschichten (Schichtmitteln) übrig, um anhand dieser Angaben die jahreszeitlichen Unterschiede herauszuarbeiten. Man muß jedoch dabei bedenken, daß die interessanten Unterschiede in der Richtungsänderung des Höhenwindes zwischen den verschiedenen Windrichtungen damit verlorengelassen werden, vor allem bei der durchschnittlichen Richtungsänderung. Die Notwendigkeit der Auflösung des Mittelwertes ist an diesem Beispiel deutlich zu sehen.

Beim durchschnittlichen Betrag der Richtungsänderung (siehe Abb. 13 a) bestehen zwischen Sommer (46 Grad) und Winter (32 Grad) die größten Unterschiede in der untersten Schicht (siehe Tab. 1). Die Kurven von Frühjahr und Herbst haben einen ähnlichen Verlauf bis in mittlere Höhen wie der Sommer. Alle Kurven zeigen eine starke Abnahme bis 4 km Höhe, die dann langsamer vorstatten geht. Die geringsten Werte der einzelnen Jahreszeiten steigen vom Frühjahr in 7 bis 8 km über Sommer in 8 bis 9 km zum Herbst auf 9 bis 10 km Höhe an, fallen dann zum Winter auf 8 bis 9 km wieder ab. Die Gegensätze in der Höhen-

lage des Minimums bestehen somit zwischen Frühjahr (7 bis 8 km) und Herbst (9 bis 10 km). Oberhalb dieser Minimumwerte steigen die Beträge wieder an. Die geringsten Unterschiede zwischen den einzelnen Jahreszeiten stellen sich in 4 bis 5 km, 9 und 12 bis 13 km Höhe ein.

Bei der durchschnittlichen Richtungsänderung (siehe Abb. 13b) liegen die Werte im Frühjahr, Herbst und Winter in der Schicht von 1 bis 2 km Höhe zwischen 11 und 13 Grad und damit innerhalb der von R. Scherhag (38) und W. Seeliger (46) angegebenen Spanne (10 bis 15 Grad) für die durchschnittliche Richtungsänderung des Windes infolge der Bodenreibung in dieser Höhenschicht. Man muß dabei aber berücksichtigen, daß es sich im vorliegenden Fall um

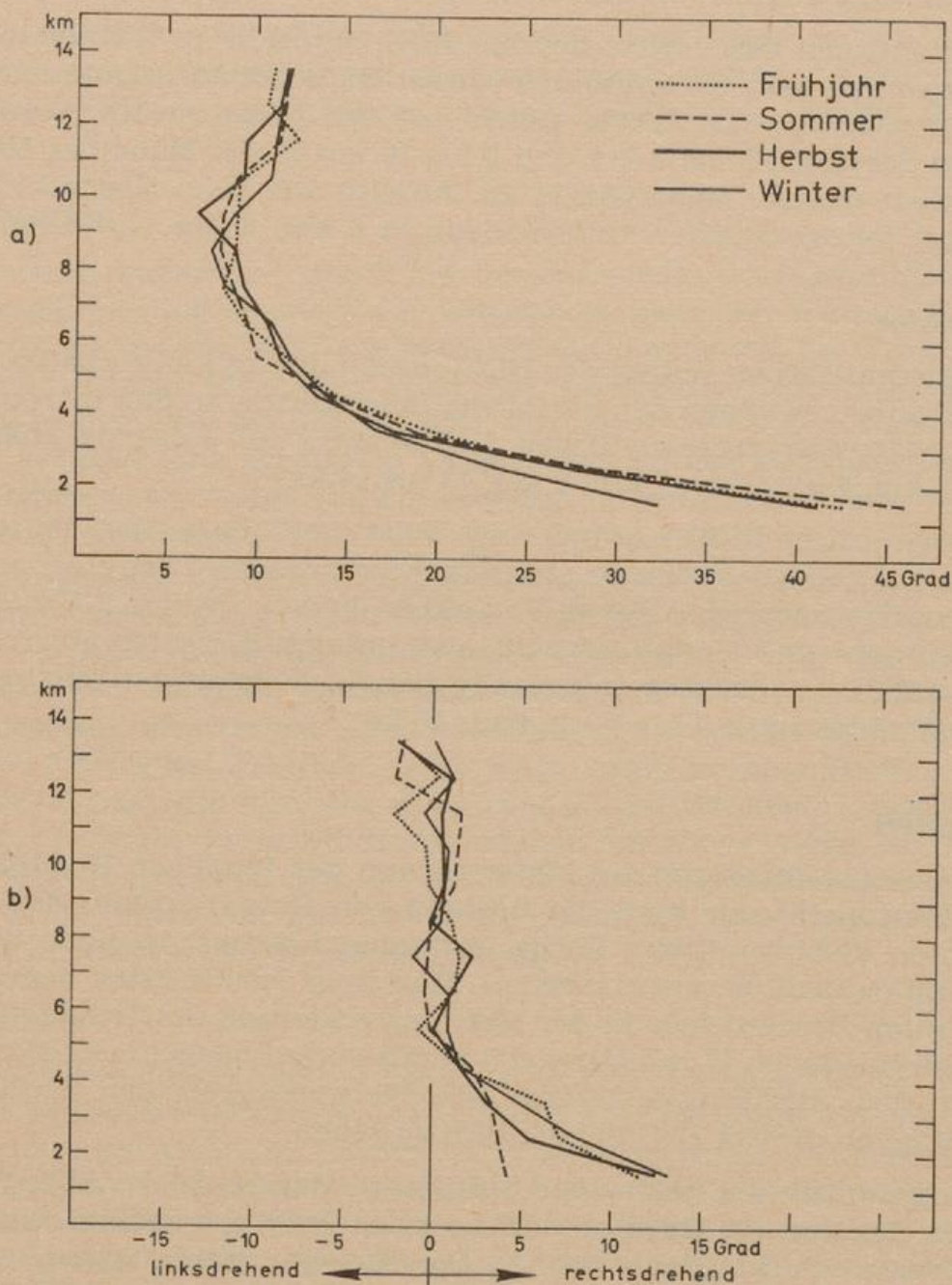


Abb. 13

Richtungsänderung des Höhenwindes von 1 bis 14 km Höhe (schichtweise), München 1949-1958 (Nachmittag), Schichtmittel

a) durchschnittlicher Betrag

b) durchschnittliche Änderung

Mittelwerte handelt, die in den Einzelfällen (siehe 12teilige Windrose, 4 Sektoren) nur als Übergangswerte auftreten (siehe H. Schirmer (42, S. 44)). Der geringe Wert des Sommers von 4 Grad in der untersten Schicht wird bedingt durch die durchschnittliche Linksdrehung des Westsektors ( $-2$  Grad), große Linksdrehung des Nordsektors ( $-27$  Grad) sowie geringere (im Vergleich zu den anderen Jahreszeiten) Rechtsdrehung des Südsektors. In der Schicht von 2 bis 3 km Höhe ist der geringe Wert des Schichtmittels auf den großen negativen Wert des Nordsektors (siehe Abb. 5 b) zurückzuführen. Alle Kurven zeigen bis etwa 5 bis 6 km Höhe eine Abnahme der Werte. Die geringsten jahreszeitlichen Unterschiede im Schichtmittel stellen sich in 4 bis 5 km und in 9 km Höhe ein. Die größte Richtungsbeständigkeit des Windes in 9 km Höhe über München (siehe H. Flohn (14)) kommt auch in diesem Material gut zum Ausdruck. In der Schicht von 4 bis 5 km Höhe sind die durchschnittlichen Beträge der Richtungsänderung sowie die durchschnittliche Richtungsänderung zwar noch etwas größer als in 9 km Höhe, doch scheint sich auch von 4 bis 5 km Höhe infolge der geringen jahreszeitlichen Unterschiede die Ober- oder Untergrenze einer Schicht abzuzeichnen, die sonst innerhalb der blättrigen Struktur der Atmosphäre in verschiedenen Höhen zu finden ist. Ob hierbei die Obergrenze der Alpen eventuell ihre Wirkungen zeigt, kann anhand der Daten einer Station nicht entschieden werden. Es ist der räumliche Vergleich hierfür unbedingt erforderlich.

## 7. Jahr

Aus Gründen der Vollständigkeit des Materials als Unterlage für andere wissenschaftliche Untersuchungen werden noch kurz die Verhältnisse des Jahres skizziert und zwar für die 12teilige Windrose hinsichtlich der beiden Größen der Richtungsänderung sowie der mittleren Häufigkeit in Isoplethendarstellung. Aus den Schichtmitteln der Abbildung 13 lassen sich die Werte unabhängig von der Windrichtung ungefähr ableiten, da die Streuung der Kurven für die 4 Jahreszeiten nicht groß ist.

### 7.1. 12teilige Windrose

Im Jahresmittel erreichen die größten Werte des durchschnittlichen Betrages der Richtungsänderung des Höhenwindes mehr als 70 Grad in der Schicht von 1 bis 2 km Höhe bei Winden aus  $20-40^\circ$ , mehr als 60 Grad bei Winden aus  $350-70^\circ$  und  $110-160^\circ$ . Der Ostwind bildet infolge seiner relativ größeren Windgeschwindigkeit (im Vergleich zu den Nebenwindrichtungen) eine Ausnahme in diesem Bereich mit 54 Grad. Das Hauptminimum der geringen Beträge tritt bei Westwinden mit 16 Grad auf. Oberhalb von 4 km Höhe liegen die Beträge der Richtungsänderung meist bei weniger als 20 Grad. Die geringsten Beträge stellen sich im Bereich von Nordosten bis Süden in den Höhen von 7 bis 10 km ein (siehe Abb. 14 a), darüber setzt wieder eine merkliche Zunahme der Beträge ein.

In der untersten Schicht überschreiten die größten Werte der durchschnittlichen Rechtsdrehung (siehe Abb. 14 b) 60 Grad bei Winden aus  $140-160^\circ$ , die Linksdrehung verzeichnet mehr als  $-20$  Grad bei Winden aus  $320-10^\circ$ . Der Bereich negativer Werte erstreckt sich von  $290-30^\circ$  und erfaßt die untersten Schichten bis etwa 2,5 km Höhe. Oberhalb von 3 km Höhe bleiben die meisten Richtungsänderungen innerhalb von  $\pm 10^\circ$ ; erst oberhalb von 10 km liegen die Werte vereinzelt zwischen Norden und Süden etwas höher.

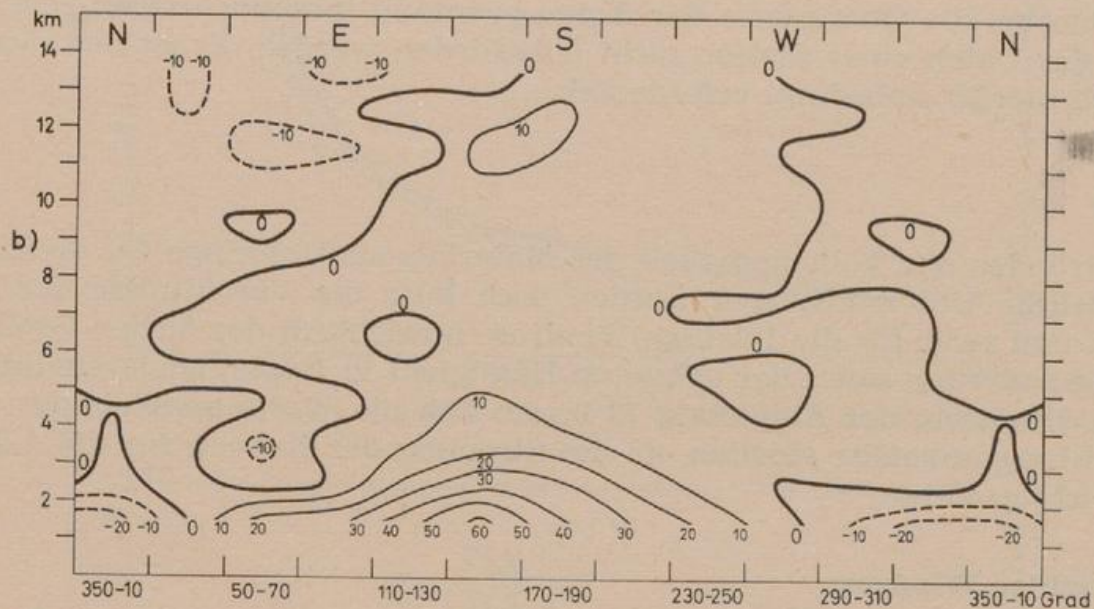
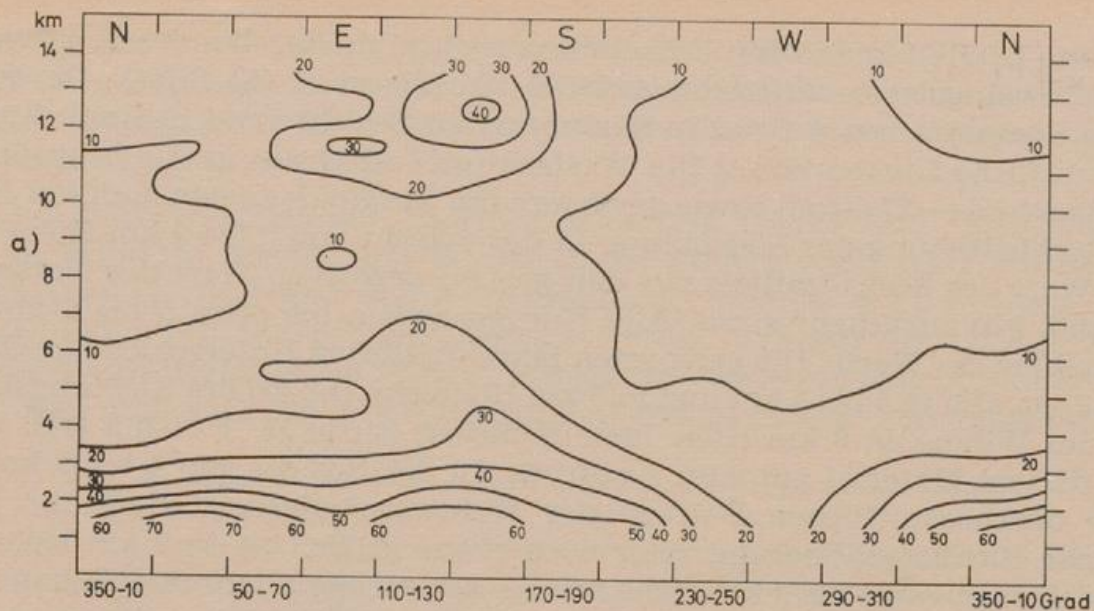


Abb. 14

Richtungsänderung des Höhenwindes von 1 bis 14 km Höhe (schichtweise),  
München 1949-1958 (Nachmittag), Jahr  
a) durchschnittlicher Betrag  
b) durchschnittliche Änderung

## 7. 2. Mittlere Höhenwindverteilung

Das Maximum der Westwindhäufigkeit erscheint mit mehr als 32 % in einer Höhe von 2 km (siehe Abb. 15), das sekundäre Maximum der Ostwinde weist mehr als 12 % in 1 km Höhe auf. Der Ostwindgipfel ist anhand der Isoplethen bis zu einer Höhe von 3 km feststellbar. Am seltensten sind bis 1,5 km Höhe Winde aus Südosten bis Süden (weniger als 4 %) zu erwarten, in den Schichten unmittelbar darüber hat die Häufigkeit infolge der stärkeren Rechtsdrehung im Bereich des Ostsektors ein wenig zugenommen. Die Zone geringer Häufigkeit von Winden aus Norden bis Nordosten in 1 bis 2,5 km Höhe ist durch die unterschiedlichen Richtungsänderungen (Vorzeichen und Größenordnung) verursacht. Oberhalb von 10 km Höhe nimmt die Häufigkeit der Winde aus Osten bis Süden auf weniger als 2 % ab, während die Westwinde zunehmende Werte aufweisen.

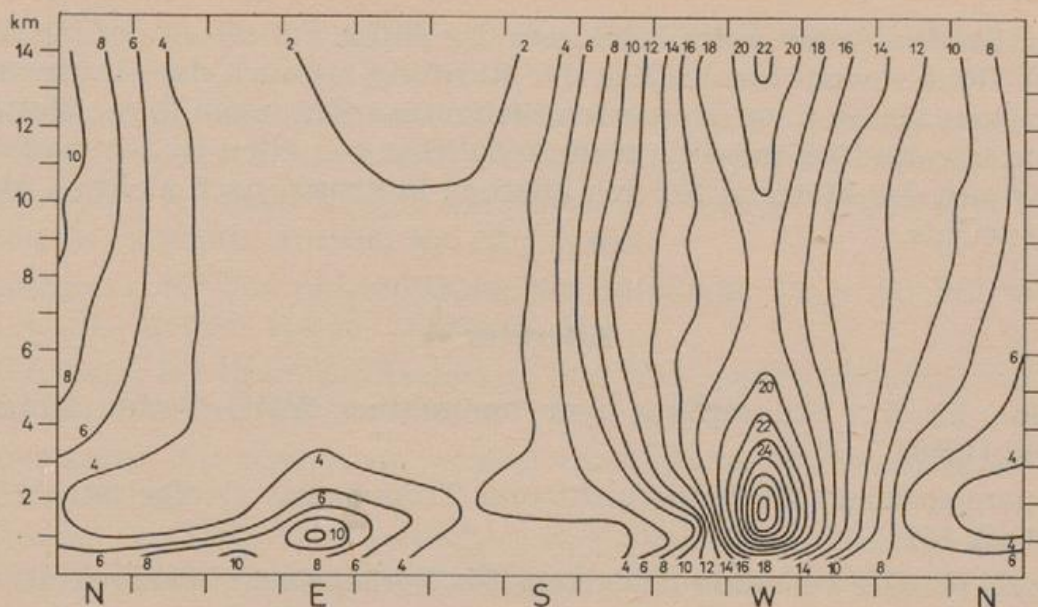


Abb. 15

Mittlere Häufigkeitsverteilung (%) der Windrichtung vom Boden bis 14 km Höhe, München 1949-1958 (Nachmittag), Jahr

## 8. Ausblick

Für manche der gefundenen Ergebnisse lassen sich qualitative Angaben über die Ursachen angeben, sei es zum Beispiel über die Linksdrehung des Höhenwindes in der Schicht von 1 bis 2 km Höhe (Sommer 1 bis 4 km) bei nördlichen Winden infolge der Advektion von Kaltluft. Eine quantitative Analyse dieses jahreszeitlich wechselnden Effektes ist jedoch nicht möglich, da die erforderlichen Berechnungen der zugehörigen mittleren Geschwindigkeit des Windes noch fehlen. Diese spielt gerade hierbei eine große Rolle, da die Temperaturadvektion eine Funktion des Produktes vom Quadrat der Windgeschwindigkeit mit der Richtungsänderung des Windes in der Höhe ist. Aus diesem Grunde muß auch der durchschnittliche Betrag der durchschnittlichen Richtungsänderung des Höhenwindes mit der Höhe im statistischen Mittel bis zur Schicht maximaler Windgeschwindigkeit abnehmen (vergleiche hierzu die Arbeiten von K. Balzer und H. Dahler). Das Minimum der vertikalen Richtungsänderung des Höhenwindes liegt nach der Untersuchung von K. Balzer (3) für Schleswig in der Schicht von 500 bis 400 mb, also etwa zwischen 5,4 und 7,2 km Höhe, während es in den Alpen zwischen 7 und 10 km auftritt. Ist dies ein Einfluß der Alpen, des Breitengrades oder des unterschiedlichen Zeitraums (Schleswig nur das Jahr 1960)?

Infolge der bedingten Vergleichbarkeit ähnlicher Untersuchungen, bei denen die Verschiedenheit der Zeiträume meistens am schlechtesten zu berücksichtigen ist, unterblieb bisher die angestrebte Erklärung der Ursachen. Wie vorsichtig man dabei sein muß, zeigt der Vergleich mit den Ergebnissen von P. Zistler (53), die er aus 50 Aufstiegen über München gewonnen hat. Er fand folgende Werte der durchschnittlichen Veränderlichkeit des Höhenwindes: von 1 bis 2 km 41 Grad, 9 bis 10 km 8 Grad (Minimum in der Höhe) und von 13 bis 14 km 12 Grad. Die Werte stimmen recht gut mit den vorliegenden Schichtmitteln (siehe Tab. 1) überein, obwohl sie infolge der bekannten Schwierigkeiten bei der optischen Höhenwindmessung meistens in Hochdrucklagen gewonnen wurden. Die Aufteilung des Kollektivs auf die verschiedenen Windrichtungen, sofern das aus Gründen des Kollektivs überhaupt möglich ist, würde dagegen deutlich die Unterschiede aufzeigen.

Eine quantitative Analyse des Einflusses der Alpen auf die Änderung des Windes mit der Höhe sowohl hinsichtlich der Richtung als auch der Geschwindigkeit in Abhängigkeit von den verschiedenen Strömungsrichtungen (bzw. Wetterlagen) ist nur dann einwandfrei möglich, wenn möglichst von allen Höhenwindstationen im Alpenbereich das Material für den gleichen Zeitraum nach gleichen Methoden aufbereitet würde.

### Literatur

- (1) Alaka, M. A.: The airflow over mountains. WMO Techn. Note Nr. 34 TP 43 (1960).
- (2) Attmannspacher, W.: Nullschicht und Tropopause. Geofis. pura e appl. 48 (1961) S. 151.
- (3) Balzer, K.: Die vertikale Änderung des horizontalen Windvektors und die Komponenten der lokalen, zeitlichen Temperaturänderung. Z. Meteor. 17 (1964) S. 83.
- (4) Berg, H.: Die Höhenwindverhältnisse über Westdeutschland. Wetter u. Klima 2 (1949) S. 97.
- (5) Cehak, K.: Über die Schwachwindauswahl bei Radiowindmessungen. Arch. Meteor. Geophys. Bioklim. Ser. A 14 (1964) S. 69.
- (6) Clauss, J.: Regional modulations of local climatologies. Meteor. Abh. Freie Univ. Berlin 14 (1961) Nr. 4.
- (7) Dahler, H.: Luftdruckänderungen, insbesondere die Ficker'schen Druckschwankungen in neuer Auffassung durch Einbeziehung der Winddrehung mit der Höhe. Z. Meteor. 12 (1958) S. 257.
- (8) Dahler, H.: Advektive Schichtdicken- und Temperaturänderungen und drei Tabellen zu ihrer überschlagsmäßigen Beziehung. Z. Meteor. 10 (1956) S. 331.
- (9) Dahler, H.: Über die Winddrehung mit der Höhe und ein neuer Nachweis des Nullschichteffektes. Meteor. Rdsch. 8 (1955) S. 180.
- (10) Dahler, H.: Die vertikale isobare Relativbewegung (Schichtdickenänderung) bei geostrophischer Advektion. Z. Meteor. 7 (1953) S. 42.
- (11) Dahler, H.: Über die prognostische Auswertung der Radarwindmessungen. Ann. Meteor. 8 (1957/58) S. 59.
- (12) Dahler, H.: Anisobare Vertikalbewegungen bei Winddrehungen mit der Höhe. Z. Meteor. 16 (1963) S. 293.
- (13) Faust, H.: Die Nullschicht, der Sitz des troposphärischen Windmaximums. Meteor. Rdsch. 6 (1953) S. 4.
- (14) Flohn, H.: In: W. Hesse: Handbuch der Aerologie. Leipzig 1961. S. 793.
- (15) Essenwanger, O. und Holzapfel, R.: Versuch einer Deutung der Luftbewegung über Mitteleuropa. Meteor. Rdsch. 10 (1957) S. 119.
- (16) Georgii, W.: Die Windbeeinflussung durch Gebirge. Beitr. Phys. fr. Atmosph. 10 (1922) S. 178.
- (17) Heß, P. und Brezowsky, H.: Katalog der Großwetterlagen Mitteleuropas. Ber. Dt. Wetterd. US-Zone Nr. 33 (1952).
- (18) Hollmann, G.: Über die Nullschichteigenschaft von Flächen extremer Windstärke. Meteor. Rdsch. 12 (1959) S. 170.

- (19) Holzapfel, R.: Zur Einflußhöhe der Alpen auf die allgemeine Strömung. Meteor. Rdsch. 7 (1954) S. 92.
- (20) Holzapfel, R.: Über die Schwachwindauswahl bei elektrischen Höhenwindmessungen. Ber. Dt. Wetterd. US-Zone Nr. 38 (1952) S. 523.
- (21) Holzapfel, R.: Zum Einfluß von Gebirgen auf die allgemeine Zirkulation. Ber. Dt. Wetterd. 4 (1956) Nr. 22, S. 140.
- (22) Holzapfel, R.: Zur Verwendung der 12teiligen Rose bei der Höhenwindstatistik. Meteor. Rdsch. 7 (1954) S. 19.
- (23) Holzapfel, R.: Über die Änderung der Windgeschwindigkeit mit der Höhe. Ber. Dt. Wetterd. US-Zone Nr. 42 (1952) S. 252.
- (24) Kochanski, A.: Models of vertical correlations of the wind. J. Meteor. 18 (1961) S. 151.
- (25) Loeser, G.: Über den zeitlichen und räumlichen Gültigkeitsbereich von Höhenwindmessungen. Beitr. Phys. fr. Atmosph. 27 (1942) S. 49.
- (26) Möller, F.: In: Hann., J. v. und R. Süring: Lehrbuch der Meteorologie. 5. Aufl. Leipzig 1943. S. 520.
- (27) Müller, H. G.: In: Hesse, W.: Handbuch der Aerologie. Leipzig 1961. S. 612.
- (28) Peppler, A.: Windgeschwindigkeiten und -drehungen in Cyklonen und Anticyklonen. Beitr. Phys. fr. Atmosph. 4 (1912) S. 91.
- (29) Peppler, W.: Aerologische Studien über Temperatur und Windrichtung. Beitr. Phys. fr. Atmosph. 14 (1928) S. 278.
- (30) Peppler, W.: Über das Vorkommen markanter Windschichten im unteren Teil der Troposphäre. Beitr. Phys. fr. Atmosph. 17 (1931) S. 235.
- (31) Peppler, W.: Nördliche Winde und Stauwirkungen über dem Alpenvorland. Beitr. Phys. fr. Atmosph. 14 (1928) S. 138.
- (32) Reger, J.: Der jährliche Gang der Luftbewegung über Lindenberg bis 2000 m Höhe. Beitr. Phys. fr. Atmosph. 10 (1922) S. 104.
- (33) Reinhard, H.: Zur Kenntnis der Strömungen der freien Atmosphäre im Gebiet des Ärmelkanals und der deutschen Ostseeküste. Wiss. Z. Univ. Greifswald Math.-Naturwiss. R. 1 (1951/52) S. 45.
- (34) Reinhard, H.: Höhenwindverhältnisse im Gebiet des Ärmelkanals. Arch. Meteor. Geophys. Bioklim. Ser. B 3 (1951) S. 110.
- (35) Reiter, E. R.: Meteorologie der Strahlströme (Jet Streams). Wien 1961.
- (36) Reuter, H.: In: Hesse, W.: Handbuch der Aerologie. Leipzig 1961. S. 715.
- (37) Richter, K. H.: Ergebnisse der Radar-Höhenwindmessungen in Hannover-Langenhagen. Ber. Dt. Wetterd. US-Zone Nr. 42 (1952) S. 331.
- (38) Scherhag, R.: Neue Methoden der Wetteranalyse und Wetterprognose. Berlin 1948.
- (39) Scherhag, R.: Die einströmende Windkomponente in der freien Atmosphäre. Beitr. Phys. fr. Atmosph. 24 (1938) S. 225.
- (40) Schirmer, H.: Beitrag zur Niederschlagsstruktur im Bereich der deutschen Alpen. Tag.-Ber. VI. Internat. Tag. Alpine Meteor. 1960. Beograd 1962. S 171.
- (41) Schirmer, H.: Die Abhängigkeit der Höhenwindverteilung über München von den Großwetterlagen und von den Alpen. Wetter u. Leben 9 (1961) S. 63.
- (42) Schirmer, H.: Beitrag zur Kenntnis der Änderung der Windrichtung mit der Höhe (1 bis 14 km) über München. Geofis. e Meteor. 11 (1963) S. 39.

- (43) Schirmer, H.: Klima-Windrosen von Dannenberg/Niedersachsen. Mitt. Dt. Wetterd. Nr. 27 (1961).
- (44) Schneider-Carius, K.: Die Grundsicht der Troposphäre. Leipzig 1953.
- (45) Schneider-Carius, K.: Grundsicht und Nullschicht, zwei polare Schichtbildungen in der Troposphäre. Arch. Meteor. Geophys. Bioklim. Ser. A 9 (1956) S. 305.
- (46) Seeliger, W.: Höhenwind und Gradientwind. Beitr. Phys. fr. Atmosph. 24 (1938) S. 130.
- (47) Travnicek, F.: Die wahren Windverteilungen auf den europäischen meteorologischen Hochstationen. Beitr. Phys. fr. Atmosph. 23 (1936) S. 5.
- (48) Wagner, A.: Kritische Bemerkungen zur Differenzmethode. Beitr. Phys. fr. Atmosph. 21 (1934) S. 269.
- (49) Wagner, F.: Über die Mittelwertbildung von Höhenwindbeobachtungen nach der Methode der vertikalen Differenzen und nach der Methode der einfachen Mittelbildung. Ann. Hydrogr. 60 (1932) S. 272.
- (50) Wagner, F.: Was bedeutet der Ausdruck „Beständigkeit“ des Windes? Ann. Hydrogr. 60 (1932) S. 36.
- (51) Wenger, R.: Über methodische Fehler der aerologischen Beobachtungen. Veröff. Geophys. Inst. Univ. Leipzig 2. Ser. Nr. 9 (1915).
- (52) Winter, Fr. W.: Die mittleren Windverhältnisse über Nordwest-Deutschland in Abhängigkeit von der Höhe. Inaug. Diss. Univ. Köln 1950.
- (53) Zistler, P.: Die Windverhältnisse in der Stratosphäre über München. Beitr. Phys. fr. Atmosph. 14 (1928) S. 65.

Tab. 1 Durchschnittliche Richtungsänderung (in Grad) des Höhenwindes zwischen 2 Schichten (Abstand 1 km) München 1949-1956 (Nachmittagsaufzüge)  
 a) durchschnittlicher Betrag — b) durchschnittliche Änderung — c) Zahl der Fälle

Wind- richtung (Höhengrenze)	Frühjahr																																									
	1 bis 2			2 bis 3			3 bis 4			4 bis 5			5 bis 6			6 bis 7			7 bis 8			8 bis 9			9 bis 10			10 bis 11			11 bis 12			12 bis 13			13 bis 14 km					
	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c			
350-10	64	-15	44	22	1	34	15	9	54	15	-2	65	9	-3	70	9	-0.4	70	6	-2	74	5	-1	80	7	-2	86	6	-2	77	10	-7	82	9	-6	74	8	-4	80			
20-40	70	19	63	56	12	29	34	8	32	16	-4	42	13	-5	44	10	-6	48	9	-2	49	8	-2	52	6	0	37	10	0	36	11	-1	30	18	-10	28	17	-17	23			
50-70	65	29	68	42	3	38	27	-19	34	17	8	36	17	1	33	15	-1	33	12	9	36	18	-11	27	16	3	23	25	-12	28	33	-24	20	11	-5	19	13	0	14			
80-100	54	33	133	26	4	65	28	3	55	13	-3	40	14	11	34	14	-1	33	11	3	26	3	-2	30	16	-11	31	11	-4	32	33	-12	29	21	-2	16	26	-4	14			
110-130	55	40	39	36	23	53	31	18	37	26	6	38	28	1	33	30	-1	29	17	3	38	12	4	29	14	7	23	19	-2	20	38	-2	15	24	6	16	23	-9	13			
140-160	63	66	27	44	39	58	24	12	39	32	12	39	18	15	31	12	3	32	10	12	26	23	14	26	10	-3	31	17	6	27	27	10	18	34	6	15	18	-9	13			
170-190	45	20	12	31	23	51	20	14	54	18	4	51	11	-5	57	9	6	51	12	5	53	15	1	55	5	1	41	8	4	51	18	0	47	10	1	41	8	4	29			
200-220	48	23	26	31	27	45	14	12	72	13	3	89	11	-2	100	10	-1	123	6	1	111	7	3	107	30	2	86	6	3	79	8	3	82	10	8	80	15	7	71			
230-250	27	20	55	22	8	96	17	-5	127	13	-6.4	135	10	-2	127	8	-1	123	6	-3	114	9	6	119	8	2	122	7	3	112	10	3	104	8	3	112	9	-1	99			
260-280	14	6	184	20	1	245	17	2	297	12	-1	181	10	-2	120	8	1	116	7	0.3	115	6	0	101	0	1	101	9	-3	107	8	-5	110	8	3	112	9	-1	99			
290-310	27	-11	142	21	-7	129	15	12	120	11	3	124	11	-2	128	7	3	114	6	3	114	10	0	104	7	0	99	7	-0.3	99	5	-2	91	8	1	90	9	-1	87			
320-340	55	-26	78	29	5	50	21	12	58	10	4	79	12	-3	86	7	3	91	8	3	85	6	0.3	92	14	-5	82	8	-2	74	12	-7	66	11	-9	60	12	-6	70			
Mittel	42.6	11.5		39.3	7.3		18.9	6.4		14.4	1.5		12.0	-0.8		8.4	1.3		8.4	1.1		8.9	1.1		9.1	-0.2		9.0	-0.3		12.3	-2.2		10.6	0.3		11.0	-1.7		604		
Sommer																																										
350-10	58	-36	59	39	-16	24	29	-16	36	20	4	54	10	-5	46	7	1	55	0	1	51	16	-6	59	8	0	55	5	-3	52	16	-1	50	13	-9	36	15	-11	42			
20-40	97	-8	96	54	-1	24	22	-8	18	24	10	31	12	0	25	14	8	21	10	1	22	14	-1	24	15	-12	22	30	4	23	7	-7	18	18	-14	15	35	-3	11			
50-70	81	20	79	41	2	20	19	-7	17	23	-9	13	30	-8	19	18	10	20	18	6	20	13	-3	19	21	14	19	14	-5	19	28	-21	16	34	-4	14	27	3	12			
80-100	75	41	97	60	7	38	64	21	14	23	-10	13	36	0	15	21	7	13	12	6	15	18	8	18	21	7	17	19	-2	17	46	-14	15	30	-1	7	36	-12	5			
110-130	90	75	29	64	43	32	21	9	14	32	12	12	26	19	8	30	-24	11	18	-4	17	12	5	17	12	5	17	21	8	19	33	32	9	39	-9	10	37	23	9	22	-2	4
140-160	88	71	14	89	50	28	52	40	29	35	7	19	20	8	20	32	-9	16	13	4	14	10	0	17	22	17	12	23	16	25	30	14	19	60	-30	9	36	-12	5			
170-190	63	51	19	51	43	45	38	17	48	23	12	31	8	0	24	14	1	28	23	1	30	11	7	27	16	7	33	21	1	30	22	18	29	35	17	23	21	0	17			
200-220	60	16	18	36	18	51	22	9	89	12	5	82	9	5	89	9	1	102	7	2	101	7	2	108	8	-1	92	12	5	94	9	8	75	8	2	65	10	3	62			
230-250	25	24	66	19	7	128	15	2	174	11	2	205	9	1	190	7	-1	196	8	-2	180	4	2	156	4	2	156	5	0.2	136	9	5	133	8	2	158	9	3	136			
260-280	14	1	235	14	-5	224	12	-1	274	10	0	291	7	-2	211	8	-2	206	7	-0.1	202	6	-1	192	4	-1	176	5	2	168	6	1	163	7	-0.4	150	7	-2	142			
290-310	26	-18	157	24	-4	134	18	2	147	13	0	143	9	0.4	142	9	1	127	8	-1	125	7	-4	121	6	-1	114	8	-3	106	7	-3	98	8	-4	94	11	-4	105			
320-340	49	-34	94	59	-21	49	22	9	55	16	4	67	10	-5	83	8	-1	86	7	-3	80	8	1	87	6	1	80	6	-1	82	9	1	73	14	-14	71	13	-6	63			
Mittel	46.1	4.2		28.8	3.2		18.8	3.3		13.9	2.1		10.1	-0.1		9.4	-0.4		8.7	-0.3		7.9	-0.1		8.1	1.3		8.9	1.4		11.2	1.6		11.4	-2		11.6	-1.7		604		
Herbst																																										
350-10	84	-29	34	51	8	19	12	6	31	19	-2	59	14	-7	63	7	-4	57	8	-3	65	7	-2	73	8	-0.4	75	7	-5	72	6	-5	71	8	-6	63	11	-10	60			
20-40	80	-19	34	26	-15	14	17	7	29	13	-2	38	9	0	38	13	1	44	2	1	43	6	-3	37	5	0	48	15	-7	28	7	0	33	16	-5	34	12	-0	28			
50-70	57	37	51	47	-7	32	21	-14	28	28	-1	27	28	0	19	10	4	22	6	3	21	14	0	29	2	2	17	14	-10	31	13	-10	21	29	-4	23	8	0	16			
80-100	49	24	127	34	1	53	21	1	35	17	6	37	15	0	37	25	2	36	11	1	29	11	4	24	4	-1	25	0	-7	36	13	-11	28	20	5	20	19	-13	19			
110-130	75	65	78	44	22	68	25	-6	38	25	-3	28	21	-1	30	24	0	29	19	11	22	11	0	17	10	0	24	23	-3	31	18	-8	18	8	-8	11	33	-3	10			
140-160	69	64	32	44	35	45	33	12	34	26	16	29	22	-3	22	19	19	20	7	18	26	-7	22	17	-4	14	21	3	10	30	2	9	56	13	7	70	-10	6				
170-190	43	43	26	38	31	43	31	21	51	15	-1	39	13	9	44	13	7	54	18	14	49	4	1	43	8	3	39	14	11	42	9	9	35	19	19	25	17	9	21			
200-220	52	35	25	38	19	36	16	7	60	12	2	62	9	-2	103	9	0	104	8	3	116	6	0.3	115	7	2	116	10	8	91	10	4	74	9	2	70	12	4	51			
230-250	22	13	54	17	5	122	15	-2	181	10	1	177	8	-1	145	11	0	155	7	2	129	7	1	114	6	2	100	9	4	106	10	7	101	9	3	97						
260-280	16	3	271	14	-2	270	12	3	225	9	-3	182	9	-1	181	8	5	151	6	-1	171	6	1	151	3	0.2	126	6	1	123	7	2	115	7	2	106	9	0	118			
290-310	31	-9	108	26	-4	118	23	7	114	16	4	112	10	2	94	12	-2	97	11	2	100	14	-2	91	5	-2	80	7	-0.7	90	19	2	89	9	-2	77						
320-340	56	-34	43	40	15	41	14	2	52	11	4	49	9	1	85	12	-2	84	8	1	80	14	-2	84	13	6	73	8	0.6	54	11	-2	47	13	-8	71	12	-6	75			
Mittel	41.2	13.0		27.4	5.3		17.7	3.0		13.3	1.3		11.4	0.6		10.6	1.1		9.3	2.3		8.9	-0.4		8.7	0.8		8.2	0.6		9.4	0.5		11.3	0.9		11.7	-1.9		576		

Tab. 1 (Fortg.) Durchschnittliche Richtungsänderung (in Grad) des Höhenwindes zwischen 2 Schichten (Abstand 1 km) München 1949-1958 (Nachmittagsaufzüge)  
 a) durchschnittlicher Betrag — b) durchschnittliche Änderung — c) Zahl der Fälle

Wind- richtung (Untergrenze)	Winter																																								
	1 bis 2			2 bis 3			3 bis 4			4 bis 5			5 bis 6			6 bis 7			7 bis 8			8 bis 9			9 bis 10			10 bis 11			11 bis 12			12 bis 13			13 bis 14 km				
	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c		
50 — 10	39	0	14	5	5	17	16	-4	46	17	-0,8	32	9	-1	87	7	-5	76	6	-3	66	6	-1	84	5	-1	88	0	-3	71	12	-11	54	9	-4	42	12	-1	38		
20 — 40	48	-9	23	21	7	26	21	2	47	18	4	52	19	1	47	11	1	44	8	-5	46	7	-4	38	9	-5	35	12	-6	27	9	-6	37	25	-17	31	26	-13	18		
30 — 70	50	12	41	34	-18	29	21	-10	29	16	9	30	13	0	27	14	-1	38	10	-2	25	7	5	31	10	-5	24	10	0	23	7	-7	25	13	-15	16	17	-17	12		
80 — 100	39	15	87	30	-6	72	16	9	45	19	-18	44	27	-2	41	11	6	39	13	-2	38	7	-5	33	11	-6	27	24	-10	29	21	-6	19	13	-13	14	42	-39	10		
110 — 130	62	15	61	52	15	56	31	17	29	30	9	27	22	-3	19	23	9	16	16	1	21	18	1	25	16	0	19	24	-4	21	25	-19	11	(135)	(15)	4	-	-			
140 — 160	59	47	36	38	16	22	32	16	19	36	28	15	31	-2	20	17	-5	19	8	2	18	13	6	19	21	-2	19	18	6	15	39	35	13	15	(15)	4	1				
170 — 190	51	43	42	45	36	40	23	14	21	14	6	24	20	3	31	17	2	28	14	3	28	19	-6	31	11	9	30	22	9	23	24	11	19	25	25	11	(20)	(17)	7		
200 — 220	49	48	38	38	29	50	22	3	53	12	6	66	10	2	74	12	1	88	6	0,2	96	8	1	82	9	4	68	6	4	55	12	9	49	9	9	42	10	10	26		
250 — 280	16	8	215	14	5	279	12	3	214	10	-1	186	7	1	169	8	0	127	8	0,2	126	5	0,3	112	5	2	102	7	4	88	8	-0,3	102	7	5	80	7	2	73		
290 — 310	29	-1	101	23	11	137	14	13	145	13	4	134	8	3	122	8	3	130	7	-1	112	6	1	92	8	2	87	10	-0,3	86	8	-1	73	6	4	74	8	4	82		
320 — 340	29	6	21	32	17	35	22	7	79	12	4	84	13	1	92	12	1	86	7	-1	97	5	0	88	9	0	82	7	-0,4	77	7	-3	78	9	-4	69	10	-6	70		
Mittel	32,3	13,2		23,4	8,2		18,5	4,9		13,6	1,6		11,9	0,9		10,8	1,0		8,2	-1,1		7,5	0,5		8,7	0,7		10,7	0,9		11,1	-0,4		11,4	1,2		11,9	0,1			
Summe			856			847			843			838			820			799			761			718			658			590			543			448			291		
Jahr																																									
50 — 10	83	-25	142	33	-2	84	17	-0,4	167	16	0	221	11	-4	246	8	-2	258	6	-2	256	8	-2	284	7	-1	294	6	-0,3	272	11	-0	237	10	-0	231	11	-7	260		
20 — 40	78	-0,3	176	42	3	83	23	2	127	17	1	134	11	-0,9	156	17	2	153	6	-2	160	8	-3	151	7	-3	142	14	-3	125	9	-3	118	19	-11	108	20	-11	81		
30 — 70	66	25	290	41	-5	119	23	-13	169	20	1	196	21	-1	98	14	2	103	11	4	162	13	-2	108	12	3	83	10	-7	101	19	-15	82	19	-7	72	16	-3	54		
80 — 100	54	28	454	38	0,9	249	26	6	132	17	-4	134	21	2	127	17	3	121	12	0,5	110	9	0	110	13	-4	110	10	-7	104	22	-11	81	11	-3	97	28	-14	48		
110 — 130	69	47	297	46	24	189	27	8	118	24	3	163	24	1	90	23	-4	76	17	3	80	14	3	88	15	4	87	34	2	71	29	-9	54	34	7	40	27	-9	27		
140 — 160	69	61	99	48	38	141	33	17	112	31	15	87	22	5	93	19	2	87	12	7	76	20	4	84	19	0,4	76	19	9	77	30	16	59	43	2	35	34	-5	25		
170 — 190	51	42	99	41	33	179	29	17	166	18	5	145	13	1	156	13	5	161	15	7	160	12	0,8	156	9	5	143	14	7	146	18	10	130	17	12	100	15	6	74		
200 — 220	31	31	109	34	18	204	18	8	273	12	4	329	9	1	376	9	0,5	416	7	1	424	7	1	424	7	2	412	8	2	374	9	5	389	10	6	380	9	5	237		
230 — 250	25	19	252	19	3	414	14	0,2	570	12	0,7	821	10	-0,3	574	8	0,6	881	9	-0,9	517	7	3	497	8	2	475	7	3	416	8	4	406	9	5	394	9	3	385		
260 — 280	16	2	1015	13	-0,3	1124	13	1	920	19	-0,8	753	8	-0,8	652	8	0,6	690	7	-0,2	589	6	0,1	536	5	0,2	505	7	1	486	7	2	448	8	-0,4	442	8	-0,4	442		
290 — 310	28	-11	508	23	-0,3	518	17	0	532	13	3	513	9	1	486	9	1	468	8	0,8	431	9	-1	468	6	-0,1	379	8	-1	371	7	-1	345	8	0,6	347	9	-1	351		
320 — 340	30	-28	226	35	4	195	20	8	240	13	4	289	11	-0,1	346	10	0,2	257	6	-0,1	352	7	0	361	10	0,4	317	7	-0,8	287	10	-3	284	12	-9	271	16	-6	208		
Mittel	36,6	10,4		26,7	6,1		18,2	4,4		13,8	1,4		12,8	-0,91		10,1	0,7		8,6	0,0		8,3	0,4		7,8	0,7		9,4	0,6		11,0	-0,1		11,1	0,61		11,9	-1,3			
Summe			3547			3518			3483			3475			3420			3383			3278			3173			2975			2775			2598			2370			2165		





Tab. 3 Mittlere Häufigkeit (‰) der Windrichtung (12teilige Windrose) vom Boden bis 14 km Höhe  
München 1949-1958 (Nachmittagsaufstiege)

Frühjahr													Winter														
Höhe km	Windrichtung (Grad)												Wind- stille C	Höhe (km)	Windrichtung (Grad)												Wind- stille C
	350 -10	20 -40	50 -70	80 -100	110 -130	140 -160	170 -190	200 -220	230 -250	260 -280	290 -310	320 -340			350 -10	20 -40	50 -70	80 -100	110 -130	140 -160	170 -190	200 -220	230 -250	260 -280	290 -310	320 -340	
Boden	62	131	128	91	41	15	20	23	84	174	117	86	28	Boden	37	77	60	70	55	40	41	49	160	196	83	31	101
1	48	69	99	146	43	29	13	31	60	218	156	86	2	1	16	26	47	111	71	30	48	43	89	369	115	24	11
2	37	32	43	94	58	53	56	50	100	276	144	55	2	2	19	30	34	82	41	25	46	57	98	338	160	64	6
3	59	35	39	61	41	43	59	79	142	236	142	63	1	3	54	55	34	55	33	22	24	62	139	264	171	85	2
4	73	46	41	45	39	33	57	98	152	187	142	87	.	4	61	62	35	50	31	17	27	75	146	233	164	96	3
5	79	50	37	37	36	34	63	110	145	159	152	96	2	5	81	56	32	47	22	23	35	86	145	213	149	109	2
6	81	53	39	36	32	35	57	135	141	149	135	104	3	6	93	55	34	45	18	21	32	104	147	179	165	107	.
7	87	56	43	32	33	29	59	127	133	157	139	101	4	7	88	59	32	45	24	21	32	113	121	181	149	130	5
8	84	59	33	40	32	29	62	126	143	147	131	111	3	8	93	51	39	39	29	23	35	101	135	177	136	139	3
9	108	50	32	36	29	34	46	119	154	148	135	107	2	9	105	51	34	45	23	25	35	91	136	177	140	134	4
10	101	46	37	40	24	31	58	105	147	166	134	108	3	10	112	49	38	37	27	23	29	81	130	188	145	138	3
11	119	45	33	40	21	20	54	107	143	177	136	102	3	11	110	62	41	27	16	19	26	82	123	210	141	138	5
12	112	47	31	23	23	17	51	109	140	190	154	100	3	12	107	62	35	25	11	14	18	79	132	207	162	146	2
13	103	45	25	22	21	17	38	103	151	196	156	116	7	13	109	50	35	23	7	11	16	67	133	212	178	158	1
14	98	44	23	20	22	20	31	107	147	185	170	126	7	14	112	53	31	16	7	13	13	57	129	232	182	154	1
Sommer													Jahr														
Boden	83	109	105	64	20	14	17	33	69	224	133	96	33	Boden	61	98	101	82	45	23	24	33	110	190	105	70	58
1	57	61	86	108	33	15	21	20	72	259	172	94	2	1	40	48	72	127	59	27	28	30	71	288	142	63	5
2	26	29	23	42	35	27	49	57	141	360	150	57	4	2	26	27	34	69	52	39	50	57	117	323	147	56	3
3	40	20	21	15	16	22	43	88	193	310	165	63	4	3	47	36	32	42	33	31	46	77	165	269	152	68	2
4	60	24	15	14	13	14	34	90	227	266	162	77	4	4	62	44	30	37	28	24	41	92	177	227	150	85	3
5	52	29	22	16	9	22	26	107	213	242	161	94	7	5	71	45	28	35	25	26	43	105	166	210	144	99	3
6	61	24	23	14	12	18	32	112	218	240	146	98	2	6	75	45	30	34	21	25	45	118	170	190	141	104	2
7	57	25	24	16	19	16	33	111	204	242	144	107	2	7	77	47	30	36	25	21	44	121	156	191	140	109	3
8	67	27	22	21	18	20	31	121	189	234	145	105	1	8	83	45	31	32	25	24	44	122	158	185	134	115	2
9	66	25	22	21	21	14	38	114	197	234	146	101	1	9	93	46	27	32	25	22	42	117	162	187	135	110	2
10	64	26	22	22	10	28	37	110	192	236	149	104	.	10	94	43	33	32	22	23	45	106	155	197	141	107	2
11	70	22	20	19	11	22	35	101	210	238	146	106	.	11	98	44	30	29	17	18	41	100	162	208	140	111	2
12	72	22	16	11	11	11	31	96	228	245	147	109	1	12	95	45	28	21	15	13	34	99	169	210	153	116	2
13	68	16	16	9	6	8	23	102	238	241	170	102	1	13	93	39	25	20	11	11	28	91	176	217	162	124	3
14	56	21	12	12	9	9	23	102	229	261	166	99	1	14	86	39	24	18	11	12	24	88	170	228	169	127	4
Herbst																											
Boden	63	77	111	104	63	24	18	28	128	164	86	65	69														
1	38	38	57	142	88	36	29	28	62	307	123	48	4														
2	21	16	36	59	76	51	48	65	128	319	133	47	1														
3	35	34	33	39	44	38	57	77	187	264	132	59	1														
4	56	43	30	41	31	33	44	104	184	221	131	78	4														
5	73	43	21	41	34	26	49	119	160	225	112	96	1														
6	66	49	25	40	22	24	60	120	173	192	119	108	2														
7	76	49	24	32	25	21	55	136	167	184	130	100	1														
8	86	44	32	27	19	26	49	140	165	183	124	105	.														
9	92	58	19	28	27	17	47	144	160	189	118	100	1														
10	97	50	35	29	26	12	55	130	152	197	137	79	1														
11	94	48	26	31	21	11	47	109	170	206	137	99	1														
12	93	50	28	24	13	9	38	110	177	199	149	109	1														
13	92	44	22	26	11	8	35	91	183	220	144	121	3														
14	79	40	28	22	8	6	30	85	177	233	157	129	6														

