

Deutscher Wetterdienst  
SEEWETTERAMT

---

Einzelveröffentlichungen  
Nr. 14

Nebel in der Deutschen Bucht

BEITRAG A:

Das Nebelvorkommen bei den Feuerschiffen

Bearbeiter: Dipl. Met. P. Bintig

BEITRAG B:

Synoptisch-aerologische Untersuchungen  
verbreiteter Dauernebel der südlichen Nordsee

Bearbeiter: Dr. H. Markgraf

Wetteramt ~~München~~  
Handbücher ~~Nr.~~ 2683

Hamburg  
1957

# EINZELVERÖFFENTLICHUNGEN des Seewetteramtes

	<i>DM</i>		<i>DM</i>
Nr. 1 (1953): Höhe, Länge und Steilheit der Meereswellen im Nordatlantik (H. U. Roll) .....	3,50	Nr. 8 (1956): Die Meereswellen in der südlichen Nordsee (H. U. Roll) .....	5,00
Nr. 2 (1952, Nachdruck 1953): Die Nebelverhältnisse der Unterelbe im Jahrzehnt 1939—1948 (G. Hartenstein und H. Markgraf) .....	2,00	Nr. 9 (1956): Laderaum-Meteorologie. Vorträge auf der Arbeitstagung am 20. Juni 1956 in Hamburg .....	3,00
Nr. 3 (1954): Die Nebelverhältnisse im Küstengebiet der Weser- und Emsmündung (P. Bintig und H. Markgraf) .....	2,00	Nr. 10 (1956): Klimatologie der Nordwesteuropäischen Gewässer Teil 3: Lufttemperatur, Bewölkung, Niederschlag, Nebel. Tabellen-Anhang zu den Teilen 1 bis 3 (H. Markgraf u. P. Bintig) .....	12,50
Nr. 4 (1954): Klimatologie der Nordwesteuropäischen Gewässer Teil 1: Temperatur des Oberflächenwassers und Temperatur-Differenz Luft—Wasser (H. J. Bullig und P. Bintig) Teil 2: Windverhältnisse (H. Markgraf und P. Bintig) .....	7,00	Nr. 11 (1956): Beiträge zur Klimakunde Südwest-Arabiens. Das Klima von Sana. Das Klima von Jemen (C. Rathjens sen., C. Rathjens jun., E. Samlenski und G. Kerner) .....	2,50
Nr. 5 (1954): Atlas der Monatswerte von Wassertemperatur, Wind und Bewölkung auf dem Seeweg Europa—Südamerika (H. J. Bullig) .....	12,00	Nr. 12 (1957): Sturmweatherlagen bei Island 1950—1954 (H. O. Mertins) .....	3,50
Nr. 6 (1954): Die Größe der Meereswellen in Abhängigkeit von der Windstärke (H. U. Roll) .....	5,00	Nr. 13 (1957): Meteorologische Beobachtungen der deutschen Feuerschiffe der Nord- und Ostsee (Bundesrepublik) 1953 .....	10,00
Nr. 7 (1955): Die vorherrschenden Winde auf dem Atlantischen Ozean im Januar und Juli nach Beobachtungen deutscher Schiffe aus dem Zeitraum 1925—1939 (H. Markgraf) .....	3,50	Nr. 14 (1957): Nebel in der Deutschen Bucht A: Das Nebelvorkommen bei den Feuerschiffen (P. Bintig) B: Synoptisch-aerologische Untersuchungen verbreiteter Dauernebel der südlichen Nordsee (H. Markgraf) .....	3,50

Deutscher Wetterdienst  
SEEWETTERAMT

---

Einzelveröffentlichungen

Nr. 14

Nebel in der Deutschen Bucht

BEITRAG A:

Das Nebelvorkommen bei den Feuerschiffen

Bearbeiter: Dipl. Met. P. Bintig

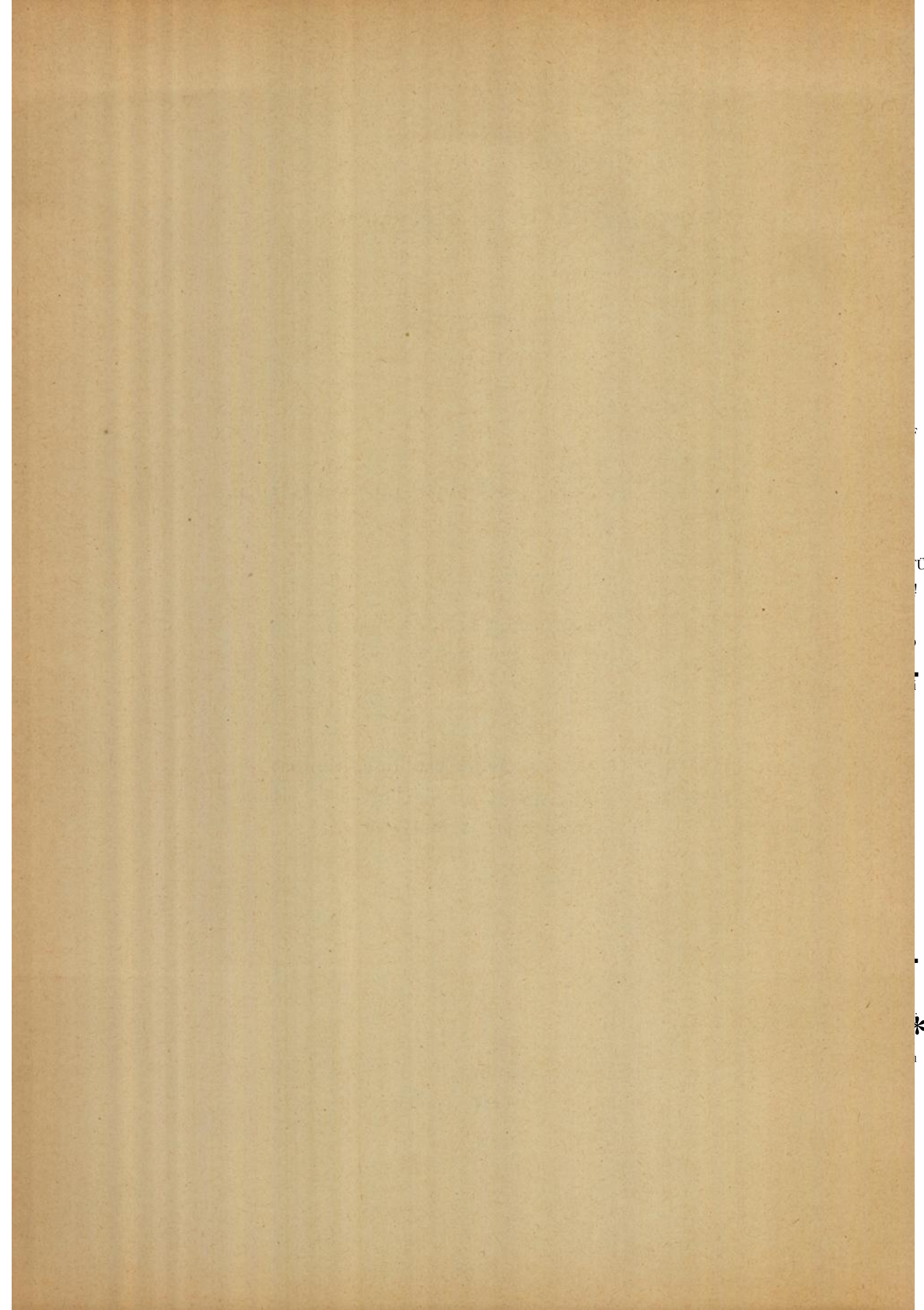
BEITRAG B:

Synoptisch-aerologische Untersuchungen  
verbreiteter Dauernebel der südlichen Nordsee

Bearbeiter: Dr. H. Markgraf

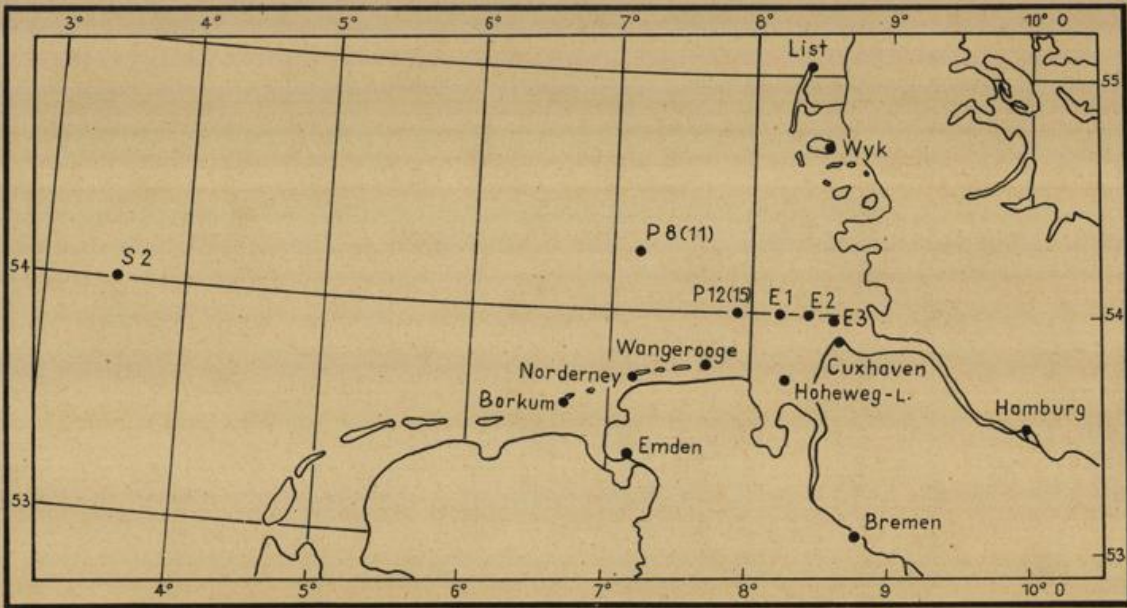
Hamburg

1957



## Inhaltsverzeichnis

	Seite
a. Das Nebelvorkommen bei den Feuerschiffen Elbe 1, P 11 (8) und S 2 .....	1 - 2
b. Synoptisch-aerologische Untersuchungen verbreiteter Dau- ernebel der südöstlichen Nordsee .....	3 - 23
c. Tabellen      Nr. 1 - 5	
d. Abbildungen Nr. 1 - 14	
e. Karten        Nr. I - VI	
f. Karten        Nr. 1 - 6a	



Übersichts-Karte

Maßstab: 1:2,5 Mill.

## Beitrag A.

Das Nebelvorkommen bei den Feuerschiffen "Elbe 1","P 11 (8)" und "S 2"

Nachdem in den Einzelveröffentlichungen Nr. 2 und 3 die Nebelverhältnisse der Unterelbe und des Küstengebietes der Weser- und Emsmündung untersucht worden sind, sollen in vorliegendem Beitrag die Nebelbeobachtungen der weiter seewärts in der südlichen Nordsee gelegenen deutschen Feuerschiffe ihre statistische Bearbeitung finden.

Das Material

Es war zunächst beabsichtigt, auch die langjährigen Beobachtungen der früheren Feuerschiffe "Borkumriff", "Amrumbank" und "Aussenjade" zu benutzen. Hiervon wurde aber abgesehen, weil in der früheren Zeit, vor dem Kriege, auch dann "Nebel" in den Beobachtungs-Tagebüchern notiert worden ist, wenn infolge "nautischer Unsichtigkeit" Nebelsignale gegeben wurden, wobei aber die Sichtweiten in vielen Fällen noch 1-4 km betragen. Entsprechend einheitlicher wetterdienstlicher Bestimmung ist Nebel jedoch nur dann zu notieren, wenn in ihm die Sichtweite gleich oder kleiner als 1 km ist.

Dank der sorgfältigen Einweisung und der ständigen wetterdienstlichen Betreuung der Beobachter auf den Feuerschiffen nach 1945 konnte die Güte der Beobachtungen wesentlich gesteigert werden. So war es möglich, für die Feuerschiffe "Elbe 1" (54°N 8°10.7'0), "P 11 (8)" (54°16'N 7°11.1'0) und "S 2" (54°0.5'N 03°32'0) eine geschlossene siebenjährige Reihe (1946-1952) aufzustellen. Kleinere Beobachtungslücken (Auswechseln der Schiffe wegen Werftüberholung, Vertreiben bei schwerem Wetter usw.) konnten durch Vergleiche und sinngemäße Interpolationen überbrückt werden.

Der bei den Feuerschiffen Tag und Nacht durchlaufende Beobachtungsdienst macht die Angaben besonders wertvoll, denn nur durchlaufende 24-stündige Beobachtungen geben ein wahres Bild der Nebelverhältnisse einer Station.

Ergebnisse

a. Mittlere Zahl der Tage mit Nebel (Tab. 1 und Tab. 2)

Im Durchschnitt weist "Elbe 1" im Jahr 48 bis 49 Tage mit Nebel auf, während "P 11" 39-40 und "S 2" nur 31-32 Nebeltage haben. Mit zunehmender Entfernung von der Küste nimmt also die Zahl der Nebeltage ab.

Ein wesentlicher Grund dieser Abnahme ist darin zu suchen, dass nächtliche und morgendliche "Strahlungsnebel" auf See nicht vorkommen. Der tägliche Temperaturgang der Luft wird hier weitgehend durch die Oberflächentemperatur des Wassers beeinflusst. Die täglichen Schwankungen der Wassertemperatur sind aber klein. Infolgedessen sinkt auch die Lufttemperatur über See während der Nacht und am frühen Morgen nicht so stark ab wie über Land. Die Abkühlung der Luft reicht daher im allgemeinen nicht aus, um Kondensation dicht über der Wasseroberfläche hervorzurufen. Es bleibt somit die grundlegende Frage offen: Gibt es über See "Strahlungsnebel" und wie entstehen diese?

Offensichtlich sind 2 Typen zu unterscheiden: der Boden-Strahlungsnebel und der Höhen-Strahlungsnebel (Hochnebel). Der erste nimmt seinen Ausgang von unten und wächst nach oben, der zweite nimmt seinen Ausgang von oben her und wächst nach un-

ten. Über Land sind diese beiden Vorgänge aus Untersuchungen bekannt (siehe z. B. Literatur-Anhang, Nr. 3 und 14). Im Teil 2 dieses Heftes wird ein Versuch gemacht, mit Hilfe aerologischer Aufstiege von Land im Zusammenhang mit langdauernden Nebellagen einen ersten Einblick auch in das Problem der Strahlungsnebel über See zu gewinnen.

b. Jahresgang der Nebelhäufigkeit (Abb. 1, Tab. 1)

Während "Elbe 1" und "P 11" ihr Häufigkeitsmaximum im März und ein zweites Maximum im Dezember bzw. Januar aufweisen, finden wir bei "S 2" das Maximum im Mai, ein zweites im März bzw. Juli. "Elbe 1" und "P 11" stehen also noch wesentlich unter kontinentalem, "S 2" dagegen schon weitgehend unter maritimem Einfluss. Auf der anderen Seite, ist der maritime Einfluss (Seenebel) auch bei "Elbe 1" und "P 11" im Mai unverkennbar. Die Monate geringster Nebelhäufigkeit sind bei "Elbe 1" der September, bei "P 11" und "S 2" der Oktober.

c. Der Jahresgang der Nebeldauer (Abb. 2, Tab. 1)

Die mittlere Dauer der Einzelnebel ist im März mit über 7 Stunden am grössten und nimmt im Juli - August auf unter 4 Stunden ab. Vom September an steigt die mittlere Nebeldauer bei "Elbe 1" wieder an, "P 11" und "S 2" dagegen weisen bis in den Dezember hinein so gut wie gar keinen Anstieg auf.

d. Die Häufigkeitsverteilung der Nebeldauer (Abb. 3)

Die Abb. 3 gestattet einen Überblick darüber, wie oft (in %) Einzelnebel von einer bestimmten Dauer vorgekommen sind. Die Zusammenfassung auf jeweils 3 Monate gleicht die zufälligen Schwankungen ein wenig aus. Nebel von 24 Stunden und mehr Dauer treten bei "Elbe 1" von Juni bis September, bei "P 11" und "S 2" von April bzw. Mai bis Dezember (Januar) nicht auf. Im Sommerhalbjahr (April - September) haben mindestens die Hälfte aller Nebel bei "P 11" und "S 2" eine Dauer von weniger als 3 Stunden, bei "Elbe 1" von weniger als 4 Stunden, im Winterhalbjahr (Oktober - März) bei "P 11" und "S 2" weniger als 4 Stunden, bei "Elbe 1" weniger als 5 Stunden.

e. Langdauernde Einzelnebel

Nebel von 24 Stunden und mehr Dauer kommen normalerweise bei "P 11" und "S 2" nur von Januar bis April, bei "Elbe 1" nur von Oktober bis etwa Mai vor. Im einzelnen verteilen sich diese Nebel wie folgt über die Monate:

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
"E 1"	1	2	2	-	1	-	-	-	-	1	1	1
"P 11"	1	1	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
"S 2"	-	1	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-

Die Verteilung der Einzelnebel von 12 Stunden und mehr Dauer zeigt folgende Übersicht:

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
"E 1"	5	6	11	3	5	-	-	-	-	3	6	4
"P 11"	6	2	12	6	7	-	1	1	-	-	1	3
"S 2"	-	1	5	3	6	1	1	-	-	-	-	-

f. Der Tagesgang der Nebelhäufigkeit (Abb. 4-6 und Tab. 3-5)

Landstationen weisen einen ausgeprägten Tagesgang mit einer Häufung der Nebel um oder kurz nach Sonnenaufgang und einer Abnahme während des Tages auf. Auch Küstenstationen zeigen noch eindeutig dieses Verhalten. Je weiter wir aber auf See hinauskommen, um so weniger tritt ein Tagesgang in Erscheinung. So ist bei "Elbe 1" ein schwacher Gang noch von Juni bis Oktober auszumachen, bei "P 11" nur andeutungsweise, während man bei "S 2" einen Tagesgang nur im Mai schwach erkennen kann.

## Beitrag B.

Synoptisch-aerologische Untersuchungen verbreiteter Dauernebel  
der südöstlichen Nordsee

Nebel kommt in der südöstlichen Nordsee vergleichsweise selten vor. Während z. B. die Nebelhäufigkeit auf den Neufundlandbänken in den Sommermonaten etwa 50% beträgt, erreicht sie selbst in der inneren Deutschen Bucht im dortigen Hauptnebelmonat Dezember noch nicht 20%. Dies hängt jedoch keineswegs mit einer Bindung des Nebels an bestimmte, hier seltene Wetterlagen zusammen, wie ein erster Überblick über eine längere Reihe von Nebelfällen sofort erkennen lässt: Trotz relativer Seltenheit ergibt sich eine zunächst kaum übersehbare Vielfalt von Nebelwetterlagen. Um das Wesentliche aus der Vielfalt zu gewinnen, muss eine Einschränkung vorgenommen werden. Die folgende Untersuchung beschränkt sich daher auf "Dauernebel": Nebel, die an einer der herangezogenen Stationen mindestens 12 Stunden anhielten. Dipl. Met. Birtig nahm die Auswahl vor. An Stationen wurden Bremen-Flughafen, Hoheweg-Leuchtturm, Norderney, Borkum und die Feuerschiffe "Elbe 1", "P 11" ("P 8") und "S 2" herangezogen. Als Zeitraum sind die Jahre 1946-1952 gewählt. Aber selbst mit dieser Einschränkung ergaben sich noch über 150 Einzelfälle.

Es musste eine weitere Beschränkung vorgenommen werden. Nur die Fälle wurden ausgewählt, bei denen mindestens drei der fünf Stationen Hoheweg, Norderney, Borkum, "Elbe 1" und "P 11" ("P 8") Dauernebel hatten. Dadurch reduzierte sich die Zahl der Fälle auf 33. Für diese 33 Fälle verbreiteten Dauernebels wurden die zugehörigen Wetterlagen nach den Hamburger bzw. Kissinger "Täglichen Wetterberichten" - für die Zeit vom Januar bis April 1946 nach den beim Seewetteramt aufbewahrten Arbeitswetterkarten - skizziert. Nunmehr liess sich eine grosszügige Einteilung vornehmen, wobei noch 6 Fälle ausschieden, die nicht eindeutig zugeordnet werden konnten. Es sind sechs Typen unterschieden, die in ihren Hauptzügen schematisch auf den Karten I - VI dargestellt sind.

1. "Strahlungsnebel" über See	2 Fälle
2. Landbürtiger Strahlungsnebel	7 "
3. "Warmluftnebel"	10 "
4. Kaltfrontnebel	3 "
5. Okklusionsnebel	2 "
6. Nebel im Zusammenhang mit Fronten, die von SW herankommen	3 "
	27 Fälle

Für jeden dieser Typen wurde ein Beispiel ausgesucht und, soweit möglich, synoptisch-aerologisch analysiert.

Auf den folgenden Seiten sind die Ergebnisse der Analysen dargestellt.

## 1. Strahlungsnebel über See

(Hierzu Karten I und 1 sowie Abb. 7)

Der Dauernebel vom 1. bis 2. Mai 1946.

### Lage:

Im Laufe des 30. April schob sich mit polarer Kaltluft ein Hochdruckkeil (1015 mb) von Schottland her südostwärts über die Nordsee vor. Er brachte Aufheiterung, und an seiner Südostspitze entstand abends, wahrscheinlich unter einer sehr niedrigen (200 m) Absinkinversion, nahe der diffusen Kaltfront Nebel, der sich nachts südwärts und westwärts ausbreitete. Dieser Nebel löste sich bei "Elbe 1", "P 11" und Borkum in den Morgen- und Vormittagsstunden des 1. Mai (zwischen 3.20 und 8.40 Uhr), bei Norderney und "S 2" erst nachmittags bzw. abends (17.05 bzw. 20.00 Uhr) wieder auf.

Inzwischen war der Hochdruckkeil über Skandinavien und die Ostsee hinweg mit einem Hoch über Nordrussland verschmolzen, so dass am 1. Mai eine zonale Hochdruckbrücke vom Nordostatlantik über die Nordsee nach Nordrussland reichte. In ihr setzte nachmittags ("Elbe 1", Norderney) bzw. abends oder nachts (Hoheweg, Borkum, "P 11", Cuxhaven, Bremen, Emden und "S 2")erneut Nebelbildung im weiten Raum der südlichen Nordsee ein. Dieser Nebel hielt bei Hoheweg und "Elbe 1" rund 23 Stunden, auf Borkum und Norderney rund 13 Stunden an; bei "P 11" löste er sich nach 6 Stunden wieder auf (Karte 1).

### Entstehungsweise des Nebels (Abb. 7):

Um die Entstehungsbedingungen der Nebel über der Deutschen Bucht feststellen zu können, müsste man über Sondierungen der freien Atmosphäre aus dem Gebiet der südlichen Nordsee verfügen. Derartige Sondierungen gibt es jedoch nicht. Es bleibt daher nur übrig, mit Hilfe der Höhengaufstiege von Küstenstationen eine Deutung zu versuchen. Für den vorliegenden Fall scheint die Station Jever geeignet.

Von Jever liegen aus der fraglichen Zeit 3 Radiosondenaufstiege in etwa 12-stündigem Abstand vor (Abb. 7). Nach diesen Aufstiegen zu urteilen erreichte die Kaltluft über Jever am 30.4. um 23 Uhr MEZ eine Mächtigkeit von etwa 200 m. So hoch dürfte zu diesem Zeitpunkt auch die Nordströmung gereicht haben (18 Uhr am Boden 360°, in 300 m 330°, 600 m 300°).

Am 1. Mai mittags ist die Kaltluft bereits auf 1800 m Mächtigkeit angewachsen. Bis zu dieser Höhe erstreckt sich jetzt auch die Nordströmung<sup>x)</sup>. In der Kaltluftmasse zeigt sich nun am 1. Mai um 12 Uhr über dem untersten trockenadiabatischen Kurvenstück zwischen 700 m und 900 m eine Isothermie mit Feuchteabnahme. An der Untergrenze der Isothermie könnte ein Ansatzpunkt für die Bildung absteigenden Hochnebels gelegen haben (vgl. Literaturverzeichnis 7 S. 241 und 17 S. 217 ff.). Dass sich Hochnebel bildete, dessen Untergrenze im Laufe des Tages absank, lassen folgende Meldungen erkennen:

---

<sup>x)</sup> In den untersten Schichten bis etwa 400 m ist über Jever mittags starke Erwärmung durch Einstrahlung zu bemerken, die über See natürlich nicht erfolgte und in Jever bis Mitternacht auch wieder ausgeglichen wurde. Über der südlichen Nordsee dürfte sich die Lufttemperatur nahe der Meeresoberfläche auch tagsüber kaum über 10° erhoben haben.

1.5.1946

13.00 Uhr

19.00 Uhr

	Bedeckung				Bedeckung			
	Wolken- art	Wolken- höhe	untere gesamt Wolken		Wolken- art	Wolken- höhe	untere gesamt Wolken	
Borkum	st	100 m	5/10	5/10	st	50 m	5/10	5/10
Wilhelms- haven	st	600 m	1/10	5/10	st	200 m	5/10	9/10
Cuxhaven	cnb	600 m	3/10	8/10	st	100 m	5/10	9/10

Ab 13 Uhr melden Feuerschiffe, Insel- und Küstenstationen nacheinander das Einsetzen von Nebel. Eine Nebeldrift lässt sich nur im Raume Norderney - Borkum - Emden annehmen. Aus den Eintrittszeiten des Nebels an diesen 3 Stationen (17.50 - 19.45 - 22.15 Uhr) kann man eine Drift von  $9 \frac{1}{2}$  km/h (= 2 Bft.) aus NNE errechnen in Übereinstimmung mit der 19-Uhr-Beobachtung von "P 11" (NNE 2), während Borkum, wo der Nebel 19.45 Uhr einsetzt, um 19 Uhr noch NNE 4 und erst um 01 Uhr am 2.5. NNE 3, um 07 Uhr NNE 2 meldet. Im übrigen Gebiet sind die Eintrittszeiten ohne Zusammenhang miteinander (Cuxhaven 21.00 Uhr, Bremen 22.00 Uhr, "Elbe 1" 13.00 Uhr, Hoheweg 19.20 Uhr, "P 11" 20.20 Uhr und "S 2" am 2.5. 00.30 Uhr).

Über Jever erstreckt sich der Nebel um Mitternacht zum 2.5. vom Boden bis 1100 m. Die Temperaturschichtung zu diesem Zeitpunkt mit einer Isothermie von 0 bis 600 m legt die Vermutung nahe, dass mit der Nordströmung noch kältere, in den bodennahen Schichten zusätzlich strahlungsgekühlte Luft nach Jever gelangt ist, die zugleich einen höheren Taupunkt besass. Die Nebelbildung in den unteren Schichten über Jever wäre demnach als "anwachsender Strahlungsnebel" (Literatur 17) zu deuten, während die Sättigung oberhalb von 600 m mit der vorhergehenden Hochnebelbildung in Zusammenhang stehen dürfte.

Über See dürfte es sich ausschliesslich um herabgekommenen Hochnebel gehandelt haben, da dort die Voraussetzungen für einen "anwachsenden Strahlungsnebel" nicht gegeben waren: eine Bodeninversion war dort sicher nicht vorhanden; "Elbe 1" - seit 13 Uhr Nebel - hatte noch um 19 Uhr eine Lufttemperatur von  $9,0^{\circ}\text{C}$ , während in der freien Atmosphäre über Jever bis hinauf zu 600 m Höhe um Mitternacht durchgehend nicht mehr als  $8^{\circ}\text{C}$  gemessen wurden. Auch um herangedrifteten Nebel kann es sich nicht gehandelt haben, da die Nebel Eintrittszeiten in der Deutschen Bucht mit Ausnahme der SW-Ecke so verschiedenartig waren, dass man sie schwer allein mit dem Eintreffen der kälteren Luftmasse erklären kann. Andererseits liessen die 13- und 19-Uhr-Beobachtungen von Borkum, Wilhelmshaven und Cuxhaven ja auch ein Herabkommen der Untergrenze des entstandenen Hochnebels erkennen. Auch auf "P 11" wurde tagsüber ständig bedeckter Himmel beobachtet.

Mit einigem Vorbehalt wäre der vorliegende Nebelfall also folgendermassen deutbar: Die am 30. April von Norden her über die südliche Nordsee geführte Polarluft begann am 1. Mai zusammenzusinken (vertikal zu schrumpfen). Unterhalb der etwa an der Grenze der Bodenreibungsschicht entstehenden Schrumpfungsinversion bildete sich zunächst Hochnebel, dessen Untergrenze je nach den örtlichen Bedingungen schneller oder langsamer bis zur Meeresoberfläche abstieg. Es muss allerdings gesagt werden, dass die vorhandenen Unterlagen von Anfang Mai 1946 eine lückenlose Beweisführung nicht ermöglichen.

Der zweite synoptisch diesem Typ zugeordnete Fall vom 29. März 1946 kann aerologisch nicht untersucht werden, da aus jener Zeit keine Aufstiegsergebnisse aus dem nordwestdeutschen Raum veröffentlicht sind.

## 2. Landbürtiger Strahlungsnebel

(Hierzu Karten II und 2 sowie Abb. 8 und 8a)

Der Dauernebel vom 24. bis 25. Januar 1949

### Lage:

Im Laufe des 24. Januar 1949 brach an der Rückseite eines Tiefs, das im hohen Norden ostwärts zog, Polarluft aus dem Raum der Davisstrasse in breitem Schwall über Nord- und Westeuropa herein. Der Kern des mitwandernden Kaltlufthochs erreichte in der Nacht zum 25. Ostengland und verlagerte sich weiter in Richtung auf Mitteleuropa. Damit kam der Polarluftstrom über der südlichen Nordsee und dem angrenzenden Festland allmählich zum Stehen. Bei klarem Himmel entstand nachts über Land Nebel. In Emden und Hamburg setzte er um 20.30 Uhr ein, in Bremen um 21.40 Uhr, in Jever zwischen 19 Uhr und Mitternacht.

Auf der Westseite des abwandernden Hochs flutete die Polarluft dann wieder zurück. Den über Land entstandenen Nebel führten südliche Winde auf See hinaus.

Die folgende Zusammenstellung gibt Aufschluss über die Vorgänge:

Tag MEZ	24.1.49				25.1.49							
	13	16	19	22	01	04	07	10	13	16	19	22
Emden	SW 6 7 ∞		N 1 3 ]		N 1 0 ∞		Stille 0 ≡		NNW 2 ≡		SSE 2 ≡	
Jever	WSW 4 8 ∞		NNW 1 8 ]		Stille 0 ≡		Stille 0 ≡		SSW 2 ≡		SSE 4 ≡	
Bremen	SW 3 8 ∞		W 2 8 ♣		Stille ≡		NW 1 ≡		SSE 3 ≡		SSE 3 8 ∞	
Cuxhaven	SW 4 8 ∞		WNW 1 2		NW 2 0		WNW 1 0 ≡		SSW 3 ≡		S 2 ≡	
Hamburg	WSW 4 8 ∞		W 3 8 •		SW 1 0 ≡		Stille ≡		Stille ≡		SSE 2 ≡	
Norderney	SW 4 8 ∞		NNW 3 2		NNW 3 0		WNW 1 0		S 3 ≡		SSE 3 ≡	
FS. "Weser"	WSW 5 8		NW 3 2		NNE 3 0		WNW 1 0		SW 3 8 ≡		SSE 5 8 ≡	
FS. "Elbe 1"	SW 4 8	W 4 8 •	NNW 2 3	NNW 3 0	WNW 2 0	W 2 0	Stille 0	SW 1 1	SSW 2 8 ≡	S 2 8 ≡	S 3 8 ≡	SSE 4 7
FS. "P 15"	SW 5 8 ♣	NNE 4 8 •	NNW 2 2	NNW 2 0	W 1 0	WNW 1 2	Stille 0	SW 1 0	S 2 0 ≡	S 2 8 ≡	S 3 8 ≡	S 4 7
FS. "P 11"	SSW 5 8 •	NNW 4 8	NW 3 1	NW 3 0	NW 2 0	NW 2 0	WSW 2 0	SSW 3 0	WSW 3 0	S 3 8 ≡	SSW 4 8 ≡	S 5 7

Bei jeder Station obere Zeile : Windrichtung (32-teilig) und -stärke (Bft.)  
untere Zeile : Himmelsbedeckung (Achtel) und Wetter

- ∞ Dunst
- ≡ Nebel
- ♣ Sprühregen
- Regen
- ] während der letzten Stunde vor dem Beobachtungstermin

Um 19 Uhr am 24. ist die Polarluft mit W- bis N-Winden überall eingetroffen. Nur in Hamburg und Bremen regnet es dann noch. An den anderen Stationen hat der Frontregen schon vorher aufgehört, und mit Ausnahme von Jever ist der Himmel dort um 19 Uhr bereits heiter. In Hamburg, Bremen, Emden und Jever kommt es alsbald zur Nebelbildung, im Küstenvorfeld aber tritt Nebel erst viele Stunden später auf, nachdem der Wind auf südliche Richtungen zurückgedreht hat.

Aus den Nebel Eintrittszeiten lässt sich für die südöstliche Nordsee eine Drift von 10-15 km/h = 2-3 Bft. aus SSW bis SW berechnen in Übereinstimmung mit den Windbeobachtungen von Cuxhaven, Norderney und den Feuerschiffen "Weser", "Elbe 1", "P 15" und "P 11" (Karte 2).

#### Entstehung des Nebels (Abb.8):

Über Jever brachte der Einbruch maritimer Polarluft am 24. in den untersten Luftschichten bis etwa 500 m Erwärmung (im Höchstfall gegenüber dem Morgen +5° bei 200 m). Die nächtliche Ausstrahlung bei klarem Himmel führte jedoch bereits bis 21 Uhr zur Ausbildung einer kräftigen Bodeninversion von 5° unterhalb von 235 m. In der durch diese Inversion gekennzeichneten niedrigen Kaltluftschicht bildete sich "anwachsender Strahlungsnebel". Er erfüllte die Schicht bereits um 21 Uhr ganz. Am nächsten Morgen um 9 Uhr war die Luft unmittelbar am Boden noch 1° kälter; die Inversion betrug nun 6°; die Schicht war inzwischen bis auf 170 m zusammengesunken. Eine scharfe Obergrenze besass der Nebel vielleicht nicht; die Feuchte nahm - nach dem Messergebnis - sowohl am Abend wie am Morgen oberhalb der Inversion zunächst nur langsam ab. Der über Land entstandene Nebel driftete dann mit der SW-Strömung auf See hinaus, wie es die Karte 2 erkennen lässt.

Von den 6 weiteren, synoptisch ähnlichen Fällen landbürtigen Strahlungsnebels können 4 auch aerologisch dem gleichen Typ zugeordnet werden, wie er oben beschrieben wurde: kräftige, durch Ausstrahlung des Erdbodens und Absinkbewegung der Luft erzeugte Bodeninversion; die Feuchteabnahme beginnt dabei in 3 Fällen bereits am Boden. 2 Fälle zeigen einen etwas modifizierten Kurvenverlauf: die Inversion beginnt erst über einer etwa 200 m mächtigen Isothermie (s. Abb. 8a).

### 3. "Warmluft" - Nebel

(Hierzu Karten III, III<sup>X</sup> und 3 sowie Abb. 9 und 9a)

Der Dauernebel vom 14. bis 15. Dezember 1951

#### Lage:

Am 12. Dezember 1951 hatte sich hinter einem weiträumigen Einbruch maritimer Polarluft ein Hoch über Süddeutschland festgesetzt. Im hohen Norden zog ein kräftiges Tief vom Nordmeer in ost-südöstlicher Richtung nach Finnland, begleitet von einem breiten Strom ehemals subtropischer Warmluft, der auch die Nordsee überflutete. Dabei stieg die Temperatur über dem nordwestdeutschen Raum zwischen 2000 und 3000 m in 24 Stunden (bis zum 12. mittags) um  $10^{\circ}$ . Über der südöstlichen Nordsee nahmen die westlichen Winde im Laufe des Tages auf Stärke 6, bei FS. "P 8" (früher "P 11") zeitweise auf Stärke 7 zu, flauten aber am 13. Dezember wieder bis Stärke 4, in der Elbmündung 3 Bft., ab. Inzwischen waren auch die untersten Schichten etwas wärmer geworden. Vom 12. 7 Uhr bis zum 13. 7 Uhr stieg die Lufttemperatur bei "P 8" von  $6,8^{\circ}$  auf  $7,5^{\circ}$ , bei "P 12" von  $6,1^{\circ}$  auf  $7,0^{\circ}$ , bei "Elbe 1" von  $6,6^{\circ}$  auf  $7,0^{\circ}$ . Am 14. herrschte dann meist SW Stärke 3-5. An diesem Tage trat in der südöstlichen Nordsee - ohne Windänderung - zu sehr verschiedenen Zeiten Nebel ein. Eine Drift kann man nur zwischen Borkum und Norderney annehmen; sie ergäbe  $13 \text{ km/h} = 3 \text{ Bft.}$  aus SW (Nebeltritt auf Borkum 17.35 Uhr, Norderney 20.00 Uhr; Norderney meldete am 15.12. 1 Uhr SW 3). An anderen Stationen wurden folgende Eintrittszeiten notiert: "P 8" 21.25 Uhr; "P 12" 7.48 Uhr und 20.00 Uhr; "Elbe 1" 8.45 Uhr und 24.00 Uhr; "Elbe 2" 7.30 Uhr und nach 20.15 Uhr; "Elbe 3" 8.00 Uhr und 21.10 Uhr; "Weser" 5.50 Uhr und 20.30 Uhr; FS. "Bremen" vormittags ? und 19.25 Uhr; Hoheweg 20.30 Uhr; Emden 21.00 Uhr. Daraus ergibt sich kein enger räumlich-zeitlicher Zusammenhang. Die abendlichen Eintrittszeiten liegen immerhin innerhalb des Zeitraums 17.35 Uhr bis 24.00 Uhr (Karte 3).

#### Entstehungsweise des Nebels (Abb. 9):

Wir sind bei der Deutung wieder auf die Aufstiege von Jever angewiesen. Bereits um 3 Uhr am 14.12. zeigt sich dort eine starke Bodeninversion (Betrag  $11^{\circ}$ ) mit Feuchteabnahme, deren Obergrenze mit  $8^{\circ}$  bei etwa 400 m liegt. Darüber folgt eine Isothermie und dann eine weitere schwache Inversion mit Obergrenze bei 1100 m. Die Tageseinstrahlung vermag bis 15 Uhr nur die untersten 300 m zu erwärmen. Indessen hat die Feuchte in den betrachteten Luftschichten (0 bis 3000 m) zugenommen, und in der Folge verstärkt sich die Zunahme noch. Der nordwestdeutsche Keil des süddeutschen Hochs wird beseitigt, und damit gelangt der feuchtwarme Tropikluftstrom über dem Gebiet immer ungehinderter zur Auswirkung; immer feuchtere Massen erreichen Nordwestdeutschland und die südöstliche Nordsee. In Jever fällt um Mitternacht Sprühregen.

Auch über der südöstlichen Nordsee muss die etwa 400 m mächtige Bodeninversion, allerdings viel schwächer, vorkommen gewesen sein. In 400 m (Obergrenze der Inversion über Jever) war es über der südöstlichen Nordsee wahrscheinlich nur wenig kälter als über Jever ( $8^{\circ}$ ), während nahe der Meeresoberfläche nicht mehr als  $7^{\circ}$ , meist weniger ( $4^{\circ}$ , an der Elbmündung bis zu  $0^{\circ}$  herab) beobachtet wurden; das ergäbe noch immer einen Inversionsbetrag von mindestens  $1^{\circ}$ .

Wie es bei Ausbildung einer Bodeninversion die Regel ist, setzte die Nebelbildung über Jever zunächst am Boden ein. Am 15. um 3 Uhr reichte der Nebel hier vom Boden bis etwa 200 m. Im Laufe des Tages wird die Nebelschicht mächtiger. Sie ist um 15 Uhr zwar vom Boden abgehoben, erstreckt sich dann aber bis 700 m hinauf. Dort ist ihrem weiteren Anwachsen eine Grenze gesetzt, da die Obergrenze der oberen Inversion inzwischen so weit abgesunken ist. Höchste Temperatur in der Inversions-

schicht ist nun  $7^{\circ}$  (von 400 m bis zur Obergrenze bei 700 m). Nimmt man dieselbe Höchsttemperatur für die Luftmasse über der Deutschen Bucht an, so muss man auch dort noch immer mit dem Vorhandensein einer schwachen Bodeninversion oder wenigstens Isothermie rechnen. Die einzelnen Feuerschiffe melden am 15. 12. um 13 Uhr folgende Temperaturen (bei Nebel): "P 12"  $6,4^{\circ}$ ; "Elbe 1"  $5,4^{\circ}$ ; "Elbe 2"  $5,8^{\circ}$ ; "Elbe 3"  $5,0^{\circ}$ ; "Weser"  $5,2^{\circ}$ ; "Bremen"  $4,7^{\circ}$ . Der Inversionsbetrag ergäbe sich also auch jetzt noch zu  $0-2^{\circ}$ . Nur "P 8" meldet zu diesem Termin  $8,5^{\circ}$ ; dort herrscht aber seit 3.35 Uhr auch kein Nebel mehr. Auch bei den anderen Feuerschiffen verschwand der Nebel im allgemeinen anscheinend dann, wenn die Temperatur nahe der Meeresoberfläche ungefähr den Wert von  $7^{\circ}$  überschritt. Dafür einige Belege:

		15. 12.				16. 12.	
MEZ:	01 07	13	16	19	22	01	
FS. "Bremen"		4.7		6.3		8.0 V=7	
FS. "Weser"		5.2		6.9 V=5		8.0 V=7	
FS. "Elbe 3"		5.0		6.0		?	
FS. "Elbe 2"		5.8		7.0 V=7			
FS. "Elbe 1"		5.4	7.5	7.4 V=3	7.6 V=6	7.9 V=6	
FS. "P 12"		6.4	6.8	7.0	7.6 V=6	8.0 V=6	
FS. "P 8"	7.1 7.2 V=6	8.5 V=6	9.0 V=6	9.0 V=6	9.0 V=7	9.0 V=7	

V = 3	Sicht	1/2 - 1 km
V = 5	"	2 - 4 km
V = 6	"	4 - 10 km
V = 7	"	10 - 20 km

Der Vorgang der Nebelbildung stellt sich also in unserem Falle folgendermassen dar: Ehemals subtropische Warmluft wurde aus W bis SW über die südöstliche Nordsee geführt. Sie überwehte dabei eine kalte Bodenschicht, die von den Vortagen her über den Landmassen lag. Über Jever hatte diese Schicht anfangs eine Mächtigkeit von 400 m. Auch über England war eine solche kalte Schicht zur Ausbildung gekommen, die dann mit der allgemeinen Strömung auf die Nordsee geführt wurde. Hier wurde die Bodeninversion zwar abgeschwächt, aber nicht vollständig beseitigt, obwohl die Wassertemperatur im küstenfernen Bereich der südöstlichen Nordsee ebenso hoch war wie die Temperatur der subtropischen Luftmasse in 700 - 1000 m. Der thermische Einfluss der Meeresoberfläche reichte eben nicht aus, um die über Land entstandene Bodeninversion in kurzer Zeit zu vernichten. So blieb die Lufttemperatur etwas oberhalb der Meeresoberfläche noch einige Grade niedriger als die Temperatur des Oberflächenwassers, auch bei Nebel. Dieser Nebel ist trotzdem kein von Land auf See gedrifteter Nebel; dagegen sprechen die meisten der sehr unterschiedlichen Nebel Eintrittszeiten in der Deutschen Bucht. Er ist offenbar auf See entstanden. Es bedurfte erst der Feuchteanreicherung der Kaltluftmasse vom Meere her, die je nach den Temperaturverhältnissen des Oberflächenwassers verschieden stark gewesen sein wird, um die Vorbedingungen zur Nebelbildung zu schaffen. Dazu kam dann noch die Hemmung des turbulenten Austauschs durch die Bodeninversion, wodurch trotz lebhafter Luftbewegung eine besonders starke Feuchteanreicherung in der meernahen Luftschicht ermöglicht wurde. Je nach der Intensität der Verdunstung wird dabei die meernahe Luft auf ihren nebeneinanderher laufenden Bahnen früher oder später mit Feuchte gesättigt worden sein. So können die sehr unterschiedlichen Nebel Eintrittszeiten erklärt werden. An der Meeresoberfläche beginnend, setzte sich die Kondensation darauf nach oben fort; der Nebel wuchs. Sobald aber die Erwärmung der Luft vom Meere her einen gewissen Grad erreicht hatte, erfolgte Auflösung des Nebels von unten her.

Die Rolle der subtropischen Warmluft bei der Nebelbildung war also mittelbar. Sie erhielt die Bodeninversion aufrecht, welche die Kaltluft nach oben begrenzte. Der Nebel entstand in der unteren stabilen Kaltluftschicht. Der scheinbare Warmluftnebel ist in Wirklichkeit also ein Kaltluftnebel, ein in landbürtiger Kaltluftmasse über See erzeugter Nebel.

Auch an den folgenden Tagen kam es über der südöstlichen Nordsee bei wenig veränderter Grosswetterlage noch wiederholt zu länger anhaltendem Nebel, bis am 18. Ausläufer eines isländischen Sturmtiefs dem ein Ende bereiteten.

Der hier behandelte Fall kann als typisch gelten. Ein flüchtiger Überblick über die Verhältnisse bei den 8 anderen aerologisch erfassbaren<sup>x)</sup> Fällen von "Warmluft"-Nebel zeigt immer dieselbe Erscheinung einer kalten Unterschicht mit Inversion oder Isothermie, in der der Nebel gebildet wird (Abb. 9a). Allerdings erfolgt die Kondensation über der Radiosondenstation Jever in diesen Fällen nicht zuerst am Boden, vielmehr in einer Höhe zwischen 100 m und 600 m an der Untergrenze einer oberen (Hochnebel)-Inversion, an der Übergangsstelle zwischen Isothermie und darüber liegender Inversion oder ( 1 Fall) an der Obergrenze dieser Inversion. Abb. 9a gibt das Typschema.

Sieben der Fälle zeigen eine ganz ähnliche Grosswetterlage wie der hier behandelte mit Einströmen südostatlantischer subtropischer Warmluft. In zwei Fällen wird die Warmluft auf etwas nördlicherer Bahn herangeführt, und in einem Fall erfolgt die Zufuhr aus dem Ostseeraum (s. Karte III und III<sup>x)</sup>).

---

<sup>x)</sup> Für den Fall vom 2. 4. 46 liegt keine Veröffentlichung von Aufstiegsresultaten vor.

#### 4. Kaltfrontnebel

(Hierzu Karten IV, IV<sup>x</sup>, 4, 4<sup>x</sup> sowie Abb. 10 und 10 )

##### a) Der Dauernebel vom 28. Dezember 1946

##### Lage:

Vom 27. zum 29. Dezember 1946 schwenkte an der Südseite eines absterbenden Nordmeertiefs ein Randtief langsam über die Nordsee zur westlichen Ostsee, wo es sich auflöste. Von ihm reichte eine Kaltfront südwärts, die am 27. nachmittags zögernd die Deutsche Bucht überquerte. Hinter dieser Front floss maritime Polarluft ein und verdrängte oberhalb einer zähen Bodenluftschicht etwas ältere, tags zuvor eingetroffene Polarluft. Nebel von 13 1/2- bis 23-stündiger Dauer setzte am 28. ein: auf Borkum um 6.25 Uhr, auf Norderney um 16.35 Uhr und beim Hoheweg-Leuchtturm um 16.45 Uhr. "Elbe 1" beobachtete Nebel vom 27. 22.55 Uhr bis 28. 1.00 Uhr, am 28. von 7.00 bis 14.45 Uhr und von 19.20 Uhr bis zum 29. 2.15 Uhr (insgesamt also fast 17 Stunden mit Nebel), "P 11" am 28. von 7.50 bis 9.20 Uhr (Karte 4).

##### Entstehungsweise des Nebels (Abb. 10)

Die am Nachmittag des 27. Dezember eingeflossene jüngere maritime Polarluft war um Mitternacht über Jever (Abb. 10) durch eine 4<sup>o</sup>-Inversion zwischen 200 m und 300 m nach unten hin begrenzt. Unterhalb dieser Inversion behauptete sich festländische Kaltluft, die mit SW-Winden heran- und aufs Meer hinausgeführt wurde. Wahrscheinlich befand sich zu dieser Zeit in 200 m über Jever eine Hochnebeldecke. (Die Feuchtwerte des Aufstiegs - durchgehend Sättigung bis 1800 m - scheinen nicht reell zu sein.) Cuxhaven meldete am 27. um 19 Uhr 10 Zehntel Stratus in 600 m, Husum in 200 m; beim nächsten Termin, eine Stunde nach Mitternacht, hatten beide Nebel. Auch Feuerschiff "Elbe 1" meldete am 27. nachmittags 10 Zehntel Stratus in 600 m. Um 22 Uhr riss hier die Wolkendecke auf, von 22.55 bis 1.00 Uhr herrschte Nebel, bei der 7-Uhr-Beobachtung wieder 10 Zehntel Stratus in 600 m, gleich darauf erneut Nebel. Man gewinnt den Eindruck, dass sich die Untergrenze des Hochnebels hier zeitweise bis zur Meeresoberfläche gesenkt hat, vielleicht im Zusammenhang mit geringem Abflauen des Windes, wie folgende Beobachtungen nahelegen:

"Elbe 1" 28.12.46

MEZ	Wind	Wetter
07	SW 4	bedeckt, Stratus, Sicht 4-10 km
10	W 4	Nebel
13	WSW 3	Nebel
16	WSW 4	Sprühregen, Sicht 4-10 km
19	SW 3	bedeckt, Stratus, starker Dunst
22	SW 3	Nebel

Am 28. um 18 Uhr ist dann nur noch eine schwache Andeutung der Hochnebelinversion über Jever zu erkennen; sie erstreckt sich mit einem Betrage von 1<sup>o</sup> von 300 bis 550 m. Die darunter befindliche Luft hat sich auf den Bodenwert erwärmt, Sättigung herrscht von 550 m bis in Bodennähe. Oberhalb 550 m nimmt die Feuchte ab. Zu dieser Zeit herrschte in Borkum, Norderney und bei Hoheweg der Dauernebel.

Der Nebelaufstieg von Husum am 28. 6 Uhr (Abb. 10) ergab ähnliche Zustandskurven, eine 3<sup>o</sup>-Inversion vom Boden bis 500 m, Sättigung in der ganzen Schicht, darüber zunehmende Trockenheit.

Vielleicht ist die Deutung zulässig, dass auch in diesem Fall in der eingeströmten maritimen Polarluft zunächst eine Hochnebeldecke entstand, deren Untergrenze sich - anscheinend wiederholt - bis zum Meeresniveau herabsenkte. Die Bildung dieser Hochnebeldecke könnte an einer Reibungsinversion erfolgt sein. Das Absinken des Hochnebels wäre in diesem Falle aber nicht durch Ausstrahlung der Hochnebeldecke in Gang gesetzt worden, sondern durch Feuchteanreicherung vom oberen, maritimen Luftstrom her, zeitweise verbunden mit einem Schrumpfen der Reibungsinversionsschicht bei Abflauen des Windes. Diese Deutung sei jedoch mit Vorbehalt gegeben: die Unterlagen sind nicht ganz zureichend. Vor allem macht sich auch hier das Fehlen von Höhenaufstiegen über der Nordsee nachteilig bemerkbar.

#### b) Der Dauernebel vom 30. bis 31. Oktober 1951

Eine synoptisch ähnliche Lage ergab sich am 30., 31. Oktober 1951, wobei Hoheweg, Borkum und Norderney 15 bis 22 Stunden lang Nebel hatten. Die Kaltfront war in diesem Falle stärker verzögert und wurde nach Eindringen in die Deutsche Bucht zeitweise rückläufig. Von einer Hochnebelinversion in der Kaltluft ist dabei über Jever (Zustandskurven hier nicht wiedergegeben) nichts zu bemerken, obwohl oberhalb von 500 m offenbar stärkeres Absinken erfolgt (Feuchterückgang). Über Flensburg ist eine schwache Inversion ( $1^{\circ}$ ) zwischen 200 m und 400 m, unterhalb der Austrocknungsschicht, vorhanden. Unterhalb dieser Schicht herrscht an beiden Orten bis zum Boden hin Sättigung, d.h. der Nebelbildungsvorgang ist zum ersten Aufstiegs-termin nach Frontdurchgang bereits vollendet, und es lässt sich nicht entscheiden, ob er von der Meeresoberfläche oder von einer Hochnebeldecke ausgegangen ist. Es besteht auch die Möglichkeit, dass der Frontregen Ursache der Nebelbildung war.

#### c) Der Dauernebel vom 21. bis 22. Dezember 1951

##### Lage:

Im Laufe des 20. Dezember 1951 dehnte sich ein festländisches Hoch, dessen Kern über Siebenbürgen lag, westwärts bis nach Frankreich aus. Über Nordwestdeutschland und der Deutschen Bucht drehten die Winde dabei von Süd nach Südwest. Gleichzeitig schwenkte eine Kaltfront von Westen über die Nordsee heran. Bevor diese Front jedoch die ostfriesische Küste erreichen konnte, wurde sie im Zusammenhang mit der Ausdehnung des Osthochs über der südlichen Nordsee abgestoppt; ihr aktiver Teil überquerte unterdessen Skandinavien. Die Winde an der ostfriesischen Küste behielten auch am 21. südwestliche Richtungen bei, während wenig weiter nördlich (in der Elbmündung, auf Sylt und bei "P 8") bei Durchgang des abgebremsten Frontteils eine vorübergehende Winddrehung auf NW bis N erfolgte. An der Südseite der festgerateten Kaltfront bildete sich am 21. früh und teilweise erneut nachmittags oder abends Nebel. Eine Nebeldrift lässt sich aus den Eintrittszeiten nicht ableiten (Karte 4).

##### Entstehungsweise des Nebels (Abb. 10):

Auch für die Deutung dieser Nebelbildung können die Höhenaufstiege von Jever herangezogen werden (Abb. 10). Am 20. 12. um 15 Uhr zeigt sich dort über einer 170 m mächtigen Isothermie eine gut ausgeprägte Absinkinversion, deren Obergrenze bei 550 m liegt. An der Untergrenze der Inversion, bei 170 m, herrscht maximale Feuchtigkeit. Dort muss mit dem Einsetzen von Kondensation, von Hochnebel, gerechnet werden. Bis zum 21. 12., 3 Uhr tritt in allen betrachteten Schichten bis 3000 m, während die Winde in allen Schichten um  $40^{\circ}$  bis  $70^{\circ}$  westlicher drehen, durchgehend beträchtliche Abkühlung und Feuchtezunahme ein. Mit der veränderten Luftströmung wird - jedenfalls oberhalb von 500 m - offenbar neue, sehr feuchte Luft von der Nordsee herangeführt. Es ist die frische maritime Polarluft, die der Bodenfront in der Höhe vorausgeeilt ist. In den bodennahen Schichten bewirkt die Winddrehung (am Boden selbst von S auf SW) keine unmittelbare Zufuhr feuchter Nordseeluft; auch nach der Änderung gelangt in diesen untersten Schichten noch landbeeinflusste Luft nach Jever. Das zeigt

sich u. a. darin, dass auch jetzt noch über einer 200 m mächtigen Isothermie eine schwächere Inversion (Obergrenze bei 470 m) vorhanden ist. Die Kondensation, die am 20. 12. um 15 Uhr in 200 m gerade einsetzte, hat sich indessen bis über 700 m hinauf fortgepflanzt; erst darüber nimmt die Feuchte nach oben etwas ab. Auch unterhalb von 200 m ist um 3 Uhr schon fast Sättigung eingetreten. Jever meldet Nebel jedoch erst zum 13-Uhr-Termin. Daraus wird deutlich, wie sich die Feuchteanreicherung von oben, von der ersten Einsatzstelle der Kondensation her, nach unten fortpflanzte.

Bis 15 Uhr am 21. 12. setzt sich der Vorgang der Abkühlung und Feuchtezunahme in abgeschwächtem Masse fort. Der Hochnebel ist dann bis zum Boden abgesunken und zugleich bis über 1100 m angewachsen. Oberhalb 1100 m ist eine Isothermie mit schwacher Feuchteabnahme zu erkennen. Die untere Absinkinversion ist beseitigt.

Die Vorgänge über Jever können als repräsentativ für die Vorgänge über dem Teil der Deutschen Bucht angesprochen werden, der sich südlich der abgebremsten Kaltfront befand. Am 21., dem Tag des Nebel Eintritts, wurden auch an Bord der meisten dort verankerten Feuerschiffe wie in 2 m Höhe in Jever Lufttemperaturen von 6°-8° beobachtet. Nur beim innersten Elbefeuerschiff "Elbe 3" sanken sie zeitweise etwas unter 6°. Es liegt auch kein Grund vor, für die freie Atmosphäre über der Deutschen Bucht wesentlich andere Verhältnisse anzunehmen, als sie über Jever beobachtet wurden.

Der Dauernebel setzte bei den Feuerschiffen "Bremen" und "Weser", dem Leuchtturm Hoheweg, auf Wangerooge, Borkum und Norderney sowie in Emden bereits in den frühen Morgenstunden (zwischen 1 und 5 Uhr) ein (Karte 4<sup>x</sup>). Hier war demnach die Untergrenze des Hochnebels, der sich über Jever um 3 Uhr gerade in 200 m zu bilden begann, bereits in den frühen Morgenstunden bis zum Boden bzw. zur Meeresoberfläche abgesunken. Auch bei "Elbe 3", "Elbe 1" und Cuxhaven trat erstmalig in den Morgenstunden Nebel auf, während "Elbe 2" und "P 12" in dieser Zeit besonders starken Dunst meldeten; aber diese Lufttrübungen gingen nach 2 bis 5 Stunden, anscheinend bei Eintreffen der Bodenkaltfront an diesen Orten, wieder zurück; erst in den Nachmittags- und Abendstunden erschien hier mit Rückkehr der alten Festlandluft wieder Nebel. Bei "S 2", "P 8", in Wyk auf Föhr und in List auf Sylt wurde der erste Nebel überhaupt erst abends (zwischen 18 und 22 1/2 Uhr) beobachtet.

Nebelzeiten und Windrichtungen

	Erster Nebel						Zweiter Nebel	Wind	
	Beginn	Ende	4.00 <sup>h</sup>	7.00 <sup>h</sup>	10.00 <sup>h</sup>	13.00 <sup>h</sup>	Beginn	16.00 <sup>h</sup>	19.00 <sup>h</sup>
Cuxhaven	5.00 <sup>h</sup>	10.50 <sup>h</sup>		250°		C	14.25 <sup>h</sup>		160°
"Elbe 3"	4.30 <sup>h</sup>	9.40 <sup>h</sup>		270°		C	15.00 <sup>h</sup>		200°
"Elbe 2"	4.20 <sup>h</sup>	8.25 <sup>h</sup>		270°		50°	16.00 <sup>h</sup>		160°
"Elbe 1"	nach 4.00 <sup>h</sup> vor 7.00 <sup>h</sup>	nach 7.00 <sup>h</sup> vor 10.00 <sup>h</sup>		270°	360°	C	18.00 <sup>h</sup>	180°	180°
"P 12"	4.05 <sup>h</sup>	5.45 <sup>h</sup>	230°	250°	290°	C	16.25 <sup>h</sup>	140°	160°
"P 8"			270°	340°	50°	120°	18.00 <sup>h</sup>	130°	160°
List			1.00 <sup>h</sup> 260°	320°		C	22.20 <sup>h</sup>		150°

Es handelt sich auch in diesem Falle um Kaltluftnebel. In der über Land entstandenen seichten Kaltluftmasse (Obergrenze etwa 200 m) bildete sich in 200 m Höhe zunächst eine niedrige Hochnebeldecke. Darunter erschwerte eine lebhafte Luftbewegung durch Turbulenz das Fortschreiten der Kondensation zur Erd- oder Meeresoberfläche hin. Da jedoch in der Höhe nach Eintreffen der maritimen Polarluft anhaltend weiter feuchtere Nordseeluft heranströmte, wurde auch die Bodenreibungsschicht allmählich immer stärker mit Wasserdampf angereichert, so dass auch hier schliesslich Sättigung eintrat. Der Zeitpunkt des Eintritts konnte dabei örtlich sehr verschieden sein.

Die Bodenkaltfront selbst spielt bei dem Vorgang scheinbar keine wesentliche Rolle. Sie ist aber doch ein Hinweis auf das Herbeiströmen maritimer Kaltluft, die der abgebremsten Bodenfront in der Höhe vorausseilt und die seichte landbürtige Kaltluftschicht überweht. Wäre die kontinentale Kaltluft vor dem zügigen Vordringen der maritimen Luft zurückgewichen, ohne von ihr durch eine markante Front getrennt zu sein, so wäre es wohl kaum zur Nebelbildung über See gekommen. Der Feuchteausaustausch hätte dann nur in dem breiten Übergangsbereich zwischen der zurückweichenden festländischen und der nachströmenden maritimen Luft und nicht anhaltend von oben her in eine im Zurückweichen behinderte Bodenkaltluftmasse stattfinden können. Insofern hat das Auftreten der abgebremsten Kaltfront durch ihren Charakter als Konvergenzlinie sehr wohl eine Bedeutung für die Nebelbildung. Die wärmere - maritime Kaltluft konnte die kontinentale Bodenkaltluft, die infolge der Frontkonvergenz nicht schnell zurückweichen konnte, überwehen und mit ihrer grösseren Feuchte infizieren.

Vergleicht man die Jeverer Aufstiegskurve vom 21. Dezember 1951, 3 Uhr, (Abb. 10), mit der Zustandskurve vom 28. Dezember 1946, 18 Uhr (Abb. 10), so fällt ihre Ähnlichkeit auf. Beide beginnen am Boden mit einer Isothermie, an die sich eine Inversion anschliesst. Beide zeigen am Boden fast vollständige, unmittelbar darüber vollständige Sättigung, dann oberhalb 500 m bzw. 700 m Feuchterückgang. Wir sahen, dass in beiden Fällen die neue maritime Polarluft in der Höhe bereits eingetroffen war; in beiden Fällen behauptete sich aber vom Boden bis etwa 200 m, durch SW-Strömung genährt, die festländische Kaltluftmasse, an deren Obergrenze sich Hochnebel bildete. In beiden Fällen konnte die stabil geschichtete untere Kaltluftschicht von oben her mit Feuchte angereichert werden. Es wird angenommen, und bei dem Fall vom 21. Dezember 1951 durch die Aufstiege auch wahrscheinlich gemacht, dass die Untergrenze der Hochnebeldecke dabei allmählich bis zur Meeresoberfläche herabgekommen ist.

Wir haben es also hier mit einem Fall zu tun, wie ihn ELIAS 1904 (Literatur 2) als "Mischungsnebel" beschrieb. Wir möchten allerdings von dieser zu wenig charakterisierenden Bezeichnung absehen.

## 5. Okklusionsnebel

(Hierzu Karten V und 5 sowie Abb. 11 und 11 )

Der Dauernebel vom 4. bis 5. Februar 1950

### Lage:

In der Zeit vom 1. bis 4. Februar 1950 spielte sich folgendes Grosswettergeschehen im Bereiche Europas ab: Ein Zentraltief südwestlich von Island liess wiederholt Ausläufer nach Nordosten schwenken, vor denen das anfangs über Fennoskandien liegende Hoch nach Mittelrussland zurückwich. Vier Okklusionsfronten überquerten, mit dem Südende nachschleifend, nacheinander in etwa 1-tägigem Abstand die Nordsee. Hinter der vierten kam es über der südöstlichen Nordsee nach erstmaligem Abflauen des Windes auf Stärke 2 zu Nebelbildung. Eine Nebeldrift oder überhaupt eine regelmässige Verlagerung des Nebelfeldes ist nicht festzustellen (Karte 5).

### Entstehungsweise des Nebels (Abb. 11):

Zur Deutung der Nebelbildung können wieder die Radiosondenaufstiege von Jever herangezogen werden. Dorthin gelangte (Abb. 11) in der Nacht zum 4. 2. hinter der vierten, inzwischen fast strömungsparallel gewordenen, unscharfen Front eine neue Luftmasse, die oberhalb von etwa 500 m etwas kälter und spezifisch trockener war als die präfrontale Luftmasse. Indessen war die relative Feuchte dieser neuen Luftmasse in allen betrachteten Schichten höher als die der präfrontalen. Zwischen 1400 m und 3000 m ist um 3 Uhr am 4. 2. sogar Sättigung festzustellen. Unterhalb von 500 m war die neue Luftmasse auch spezifisch feuchter als die verdrängte; in dieser untersten Schicht herrschte bereits um 3 Uhr fast durchgehend Sättigung, so auch am Boden<sup>x</sup>).

Am 4. 2. um 3 Uhr sind demnach zwei getrennte Sättigungsschichten festzustellen. Die obere zwischen 1400 m und 3000 m zeigt sicher den Grundstock der Okklusionsbewölkung an. Sie interessiert hier weniger. Die Sättigung unterhalb 500 m, die mit der hier in erster Linie interessierenden Nebelbildung am Boden in Zusammenhang steht, ist nun sehr wahrscheinlich durch den Okklusionsregen verursacht, der in Jever zwischen 19 Uhr am 3. 2. und 7 Uhr am 4. 2. 4mm erbrachte. Es zeigt sich zwar zu allen vier Aufstiegsterminen vom 3. 2. 15 Uhr bis zum 4. 2. 9 Uhr (3. 2. 21 Uhr hier nicht dargestellt) auch eine niedrige Inversion von geringem Betrage ( $1^{\circ}$ - $2^{\circ}$ ), deren Obergrenze allmählich von 600 m fast bis auf 300 m herabkommt, es ist das aber keine "Absinkinversion", wie sie bei Strahlungsnebeln als Vorbedingung erscheint; die Feuchte nimmt in ihr mit der Höhe nicht ab. Die Inversion kann infolgedessen nicht der Anlass für die einsetzende Kondensation sein. Die Feuchtezunahme zwischen 21 Uhr am 3. 2. und 3 Uhr am 4. 2. erstreckt sich auch ziemlich gleichmässig auf die gesamte Schicht vom Boden bis über 900 m. Es bleibt als wesentliche Ursache der während der Nacht zum 4. erfolgenden Kondensation in der untersten Schicht, als Ursache also auch des hier untersuchten Okklusionsnebels - auch auf See - nur die Verdunstung des einfallenden Okklusionsniederschlags übrig, welche die ohnehin schon hohe Feuchte bis zur Sättigung erhöhte.

Das wird auch durch die Eintrittszeiten von Regen und Nebel plausibel gemacht, die auf den Feuerschiffen der Deutschen Bucht beobachtet wurden. Überall trat dort der Nebel nach dem Regen ein, und zwar um  $1 \frac{1}{4}$  bis  $3 \frac{3}{4}$  ( $5 \frac{1}{4}$ ) Stunden später. So

<sup>x</sup>)Der für 1000 mb (87 m) angegebene Wert von 93% ist aus dem in ganzen Graden gemeldeten Temperatur- und Taupunktwert als mittlerer Betrag errechnet. Grenzbeträge wären 88% und 99%.

lange Zeiten waren erforderlich, um die Lufttrübung durch anhaltende Regenverdunstung bis zur Nebelstufe zu verstärken. Der Regen hielt bei allen Feuerschiffen mit Ausnahme von "P 11" tatsächlich bei Nebelbeginn noch an, und auch bei "P 11" wurde Nebelbeginn nur 1/4 Stunde nach Regenende notiert.

#### Regen- und Nebelzeiten am 4. 2. 50

##### Deutsche Feuerschiffe

Feuerschiffe	Regen	Menge in 12 Std.	Wind	Nebel- beginn	Wind	Unterschied Nebel- und Regenbeginn
"P 11"	10.00 - 12.30	1 mm	SSW 4	12.45	S 2	2 3/4 Std.
"P 15"	9.30 - 14.15	3 mm	S 4	11.15	S 4	1 1/4 Std.
"Elbe 1"	7.15 - 14.00	0,3 mm	S 3	11.00	S 2	3 3/4 Std.
"Elbe 3"	0.15 - 11.30	?	(3. 19 <sup>h</sup> )	5.35	(4. 7 <sup>h</sup> )	(5 1/4 Std.)
	mit Unterbrchg.		S 5		SSW 2	
"Weser"	4.00 - 13.20	5 mm	S 4	7.50	S 4	(3 3/4 Std.)
	mit Unterbrchg.					

Unterstützt wurde die Feuchteanreicherung im Gefolge des Regens durch das Abflauen des Windes.

Ein zweiter Fall von Dauernebel, der mit einer meridional erstreckten Okklusionsfront in Zusammenhang stand (12. Februar 1949), war anderer Natur. Hier verursachte lediglich das Heranschwenken des Frontendes ein Rückdrehen der Winde in der untersten 1000 m-Schicht über der Deutschen Bucht von NW bis W auf SW bis S und damit Zufuhr landbürtiger, durch nächtliche Ausstrahlung abgekühlter Luft, in der es schon über Land zu Nebelbildung gekommen war. Die Aufstiegskurven (Abb. 11) von Jever lassen deutlich die isotherme, 600 m mächtige Bodenluftschicht erkennen, in der am 12. Februar um 9 Uhr bis 150 m hinauf Nebel herrscht.

## 6. Frontalnebel (Fronten aus SW)

(Hierzu Karten VI, 6 und 6a sowie Abb. 12 und 13)

Der Dauernebel vom 18. bis 21. März 1947

### Lage:

Mit einem Einbruch maritimer Polarluft verlagerte sich am 17. 3. 47 ein Hochdruckkeil, dessen Spitze nach NW wies, von Frankreich nach Deutschland. Die Deutsche Bucht gelangte abends unter seine Achse. Eine Hochdruckbrücke verband ihn mit dem Südostkeil des Grönlandhochs. Gegen diese Brücke schwenkten an den folgenden Tagen Ausläufer eines Tiefs heran, das vom Ostatlantik über die Irische See zur Nordsee wanderte. Am 18. 3. abends wurde die Deutsche Bucht von einer von WNW nach ESE verlaufenden Okklusionsfront erreicht, die Nebel mit sich brachte. Mit mehr oder weniger langen Unterbrechungen hielt dieser Nebel bis in die Nacht zum 22. 3. an (Karte 6 und 6a).

### Entstehungsweise des Nebels (Abb. 12 und 13):

Über die Entstehung des Nebels vermag wieder die - in diesem Falle leider nicht lückenlose - Reihe von Aufstiegen der Radiosondenstation Jever etwas Aufschluss zu geben.

Am 18. 3. um 6 Uhr (Abb. 12) ist die Annäherung des später okkludierenden Frontsystems über Jever an der mit Feuchtezunahme verbundenen Inversion oberhalb 1800 m zu erkennen; oberhalb 2000 m haben wir offenbar kompakte Aufgleitbewölkung. Auch darunter hat die Feuchte bei südwestlichen, in Bodennähe südlichen Winden seit dem vergangenen Abend merklich zugenommen. Unterhalb von 700 m herrscht bis zum Boden hinab Sättigung. Dieser Nebel war jedoch wahrscheinlich nicht von längerer Dauer. Auch in Emden - am 17. 3. um 19 Uhr wolkenlos - herrschte Nebel nur vom 17. 22.15 Uhr bis 18. 2.00 Uhr, in Cuxhaven - am 17. 3. um 19 Uhr, am 18. 3. um 1 Uhr wolkenlos - von 5.50 Uhr bis 8.25 Uhr am 18. 3. Auf See griff dieser Nebel nicht über.

Langsam schwenkt inzwischen das okkludierende Frontsystem von SW heran. Es erreicht die südöstliche Nordsee in den späten Nachmittags- und Abendstunden des 18. 3. In Emden dreht der Wind am 18. 3. zwischen 13 Uhr und 19 Uhr von Südost auf Südwest; um 13 Uhr Druckfall, um 19 Uhr Druckanstieg; Nebelbeginn 17.30 Uhr. Bei "Elbe 1" erfolgt die Drehung von ESE 1 auf SSW 1 am 18. 3. zwischen 17 und 19 Uhr; vor 19 Uhr Ende des Druckfalls; Nebel setzt um 18 Uhr ein. Bei "P 11" am 18. 3. um 17 Uhr ESE 1, Druckfall; 19 Uhr Stille, starker Druckfall; 23 Uhr SSW 1, Druckanstieg; Nebel setzt 17.55 Uhr ein. Beim Feuerschiff "Hornsriff" bewirkt der Frontdurchgang keine merkliche Winddrehung mehr; Druckfall vor einer neuen Front überlagert sich hier bereits den Vorgängen um die erlahmende Okklusionsfront.

Bedauerlicherweise fehlen aus der kritischen Zeit um den Frontdurchgang Aufstiege von Jever. Erst vom 19. 3. 18 Uhr liegt wieder eine Radiosondenmessung vor, welche die neue, postfrontale Luftmasse erfasst. Diese ist über Jever im allgemeinen etwas trockener und unterhalb 2000 m bis zum Boden auch wärmer als die präfrontale (oberhalb 1800 m hatte der präfrontale Aufstieg die aufgleitende Warmluft angeschnitten). Sättigung herrscht nirgends, auch am Boden nicht. Um diese Zeit sind auch die Küstenorte Emden und Cuxhaven, die zuvor mehrfach Nebel bekommen hatten, nebelfrei. Nicht dagegen die Feuerschiffe "Elbe 1" und "P 11". "Elbe 1" beobachtet am 19. nach mittäglicher Auflockerung am Nachmittag und Abend erneut Nebel. Bei "P 11" herrscht er ununterbrochen seit dem 18. 3. 17.55 Uhr.

Die Ursache für dies unterschiedliche Verhalten ist klar ersichtlich; sie ist zugleich die Hauptursache dieses zählebigen Nebels der Deutschen Bucht: In der Deutschen Bucht treibt Eis. Die Wassertemperatur ist bei "P 11" während des ganzen Mo-

nats März 1947 noch nicht über  $-1^{\circ}$  angestiegen, bei "Elbe 1" erst am 18. und 19. ganz vorübergehend auf  $-0,7^{\circ}$  bzw.  $-0,5^{\circ}$ . Alle ankommende Luft wird von der Wasseroberfläche her beeinflusst. Auch die neue postfrontale Luftmasse wird in ihrer bodennahen Schicht von hier aus abgekühlt. Während in Emden die Temperatur in dieser Luftmasse am 19.3. im Laufe des Tages auf  $8^{\circ}$ , in Hamburg auf  $7^{\circ}$  ansteigt, werden bei "Elbe 1" mittags nur  $3^{\circ}$ , bei "P 11" nur  $2^{\circ}$  erreicht. Zuvor lag die Temperatur bei beiden Feuerschiffen nahe dem Gefrierpunkt, und gleich darauf sinkt sie auch wieder auf  $+1^{\circ}$  bis  $+1\frac{1}{2}^{\circ}$  ab. Diese Werte liegen bereits unterhalb des Taupunktes der Luftschicht, wie aus der Messung von Jever hervorgeht. Dort wurden in der gleichen Luftmasse am 19. abends  $6^{\circ}$  bei 80% Feuchte festgestellt. Das ergibt einen Taupunkt von  $2\frac{1}{2}^{\circ}$  bis  $3^{\circ}$ . Bei "Elbe 1" wird dieser Wert am 19. mittags vorübergehend überschritten, und der Nebel setzt solange aus! Bei "P 11" wird der Wert nicht erreicht; der Nebel erfährt keine Unterbrechung.

Es zeigt sich also deutlich, dass die postfrontale Luftmasse von der eishaltigen Meeresoberfläche her anhaltend abgekühlt wird. Das Eis restlos aufzuschmelzen, ist sie nicht in der Lage. Die Temperatur ihrer meernahen Schicht sinkt dabei unter den Taupunkt und wird, wenn sie sich vereinzelt einmal darüber erhebt, bald wieder darunter gesenkt. So ist Dauernebel gewährleistet. Es kommt hinzu, dass die Turbulenz stärkstens gehemmt ist. Über Jever wurden am 19. um 18 Uhr in 400 m  $+8^{\circ}$  gemessen, an Bord der Feuerschiffe "Elbe 1" und "P 11" um 19 Uhr  $1^{\circ}$  bzw.  $1\frac{1}{2}^{\circ}$ . Das bedeutet eine 400 m mächtige Inversion von etwa  $7^{\circ}$  über See.

Es bleibt noch zu erwähnen, dass die Entstehung des Nebels durch Okklusionsniederschlag unterstützt wurde. Bei "P 11" am 18.3. mässiger Regenschauer von 15.00 bis 17.30 Uhr, Nebelbeginn 17.55 Uhr; bei "Elbe 1" mässiger Regen von 14.00 bis 16.00 Uhr, Menge 1 mm, starker Dunst ab 16.00 Uhr, Nebelbeginn 18.00 Uhr.

Die Nebellage erreicht mit dem Abend des 19.3. noch keineswegs ihr Ende. Auf den Feuerschiffen "Elbe 1" und "P 11" und dem Leuchtturm Hoheweg wurden folgende Nebelzeiten notiert:

	18.3.	19.3.	20.3.	21.3.
"P 11"	17.55-24.00	00.00-24.00	04.45-24.00	00.00-09.15 09.35-21.50
"Elbe 1"	18.00-24.00	00.00-11.30 nachmittags und abends (z. B. 17.00 und 19.00)	05.10-24.00	00.00-22.30
Hoheweg	17.30-24.00	00.00-15.00	06.30-24.00	00.00-17.45

Vor einem erneuten Nebeleinsatz am 20.3. früh hat es demnach eine längere Unterbrechung gegeben. Den neuen Nebeleinsatz verursacht eine undeutliche Front alter Kaltluft nordwestatlantischer Herkunft: "Elbe 1" am 20.3. 2.00-6.10 Uhr Regen, ab 5.10 Uhr Nebel; "P 11" 1.10-4.20 Uhr Regen, ab 4.45 Uhr Nebel. Winddrehung von Südost nach SW erfolgt bei "P 11" zwischen 23 Uhr und 2 Uhr, bei "Elbe 1" von ESE nach S zwischen 23 und 8 Uhr.

Die neue Luftmasse langt in Jever schon mit hoher Feuchte und einer Isothermie an, die mit  $+4^{\circ}$  vom Boden bis 500 m reicht (Aufstieg hier nicht wiedergegeben). Nimmt man über der Deutschen Bucht gleichzeitig eine Temperatur von  $+2^{\circ}$  in Beobachtungshöhe an - "P 11" hat um 5 Uhr  $+2^{\circ}$ , um 8 Uhr  $+1,4^{\circ}$ , "Elbe 1" um 8 Uhr  $+1,0^{\circ}$  -, so ergibt sich hier eine 500 m mächtige Inversion von  $2^{\circ}$ . Die Vertikalbewegung ist also gehemmt. Aber selbst wenn sie ungehindert erfolgen könnte, wäre ein Feuchterückgang - eine Nebelauflösung -, in der meernahen Schicht nicht zu erwarten, denn die sehr hohe Feuchte erstreckt sich bis 1200 m hinauf.

Über Jever herrscht am Boden noch nicht Sättigung. Die Feuchte ist aber so hoch (94%), dass eine Abkühlung auf  $3^{\circ}$  genügen würde, um auch hier Nebel entstehen zu lassen.

Im Laufe des Tages erfährt die Luftmasse über Jever unterhalb 1000 m keine wesentliche Änderung. Auch bei "Elbe 1" ändert sich die Temperatur in Bordhöhe am Tage nur unwesentlich, bei "P 11" sinkt sie bald in die Nähe des Gefrierpunktes. So bleibt der Nebel bestehen. In der folgenden Nacht wird die Luftmasse über Jever unterhalb 1000 m noch etwas kälter (Bodenwert um 8 Uhr am 21.  $+2^{\circ}$ ). Bei "Elbe 1" und "P 11" sinken die Temperaturen in dieser Zeit unter den Gefrierpunkt. Der Nebel bleibt weiter bestehen, obwohl der westliche Wind bei "P 11" zeitweise auf Stärke 4 auffrischt. Auch im Laufe des 21. erfolgt zunächst keine merkliche Änderung. Nachmittags beginnt dann die Temperatur bei den Feuerschiffen langsam zu steigen. Der Taupunkt wird aber nicht erreicht. Stärkerer Druckfall kündigt das Herannahen einer neuen Front an. Um 17 Uhr ("P 11") bzw. 19 Uhr ("Elbe 1") ist der Wind, der auf SE zurückgedreht hat, auf Stärke 3 aufgefrischt. Regen setzt um 14.30 Uhr ("P 11") bzw. 17.30 Uhr ("Elbe 1") ein. Aber der Nebel bleibt.

Beim Feuerschiff "Hornsriff" auf  $55^{\circ}19'N$   $6^{\circ}28'E$ , wo seit dem 18.3. 15.35 Uhr (mit einer kurzen Unterbrechung von 9.00 bis 13.30 Uhr am 21.3.) Nebel geherrscht hat, ist der Südostwind um 19 Uhr sogar bis Stärke 5 aufgefrischt, ohne den Nebel zu vertreiben. Hier regnet es seit 16.20 Uhr.

Erst der Frontdurchgang am 21. abends bereitet dann dem Dauernebel allgemein ein Ende. Der Wind dreht wieder auf SW. Bei "Hornsriff" hört der Nebel um 19.10 Uhr auf, es regnet noch bis 21.10 Uhr. 19 Uhr: SE 5, Regen und Nebel, Sicht  $1/2 - 1$  km; 22 Uhr: SW 5, Sicht 4-10 km. Bei "P 11" ist der Regen um 18.50 Uhr, der Nebel um 21.50 Uhr zu Ende, bei "Elbe 1" "Nebel mit Regen" bis 22.30 Uhr.

Leider liegen aus dem Zeitraum vom 21.3. 18 Uhr bis zum 23.3. 18 Uhr keine Aufstiege von Jever vor. Was in der freien Atmosphäre bei dem Luftmassenwechsel am 21. abends vor sich gegangen ist, kann man aber auch aus den Aufstiegen der rheinischen Radiosondenstation Iserlohn ansehen. Am 21. um 12 Uhr (Abb. 13) ist hier oberhalb 1800 m die aufgleitende Warmluft der neuen Störung angeschnitten. Um Mitternacht, wo der okkludierte Teil des Frontsystems die Nordseefeuerschiffe bereits überquert hat, zeigt über Iserlohn Feuchtlabilität die Ankunft der neuen Luftmasse an. Bis zum Mittag des 22. tritt dann durchgehende Abkühlung um  $1^{\circ}-2^{\circ}$  ein. Die postfrontale Kaltluft ist über Iserlohn sehr feucht, aber erst oberhalb 1300 m herrscht Sättigung. In den unteren Schichten wird Kondensation offenbar durch kräftige Turbulenz verhindert. Wahrscheinlich ist dies auch die Ursache für die Beendigung der Dauernebellage in der Deutschen Bucht.

Der zweite Fall von Dauernebel im Zusammenhang mit einer von SW herankommenden Front, der am 20. März 1947 eintrat, wurde in der eben gegebenen Darstellung bereits mit erfasst. Er ist nur eine Modifikation des ersten. Die beteiligten Luftmassen unterscheiden sich voneinander. Im zweiten Fall ist die Luft, jedenfalls unterhalb von 1700 m (800 mb) kälter als im ersten. Beiden gemeinsam ist aber die Erzeugung einer die Turbulenz hemmenden Bodeninversion durch das Meereis, wobei die unterste Luftschicht von der eishaltigen Meeresoberfläche her unter den Taupunkt abgekühlt wird.

Im dritten Fall (12. Februar 1951) entsteht der Nebel im Rücken des okkludierenden Frontsystems. Die Entstehungsweise des Nebels hat eine gewisse Ähnlichkeit mit den bei Kaltfrontnebel geschilderten Vorgängen. Auch hier ist eine - in diesem Falle 700 m bis 900 m mächtige - Grundsicht festländischer Luft vorhanden, die aus SE bis SW herbeigeführt wird und sich allmählich erwärmt. Sie ist nach oben durch eine - ursprünglich durch Absinken entstandene - Inversion von der sehr feuchten maritimen Polarluft abgegrenzt, die ihre Feuchte zum Teil an die Grundsicht abgibt.

18 der 27 hier behandelten Nebellagen ereigneten sich im Winter; denn auch die Dauernebel vom März 1947 und 1948 sind noch dem Winter jener Jahre zuzurechnen.

Vier Fälle stammen aus dem Frühjahr (März bis Mai), fünf aus dem Herbst (Oktober, November). Das entspricht durchaus dem jahreszeitlichen Nebelvorkommen in der Deutschen Bucht: Monate grösster Häufigkeit sind Dezember bis März, am seltensten sind Nebel im August. Ausserdem aber sind Sommernebel nur selten von längerer Dauer (s. Beitrag A, e).

### Zusammenfassung

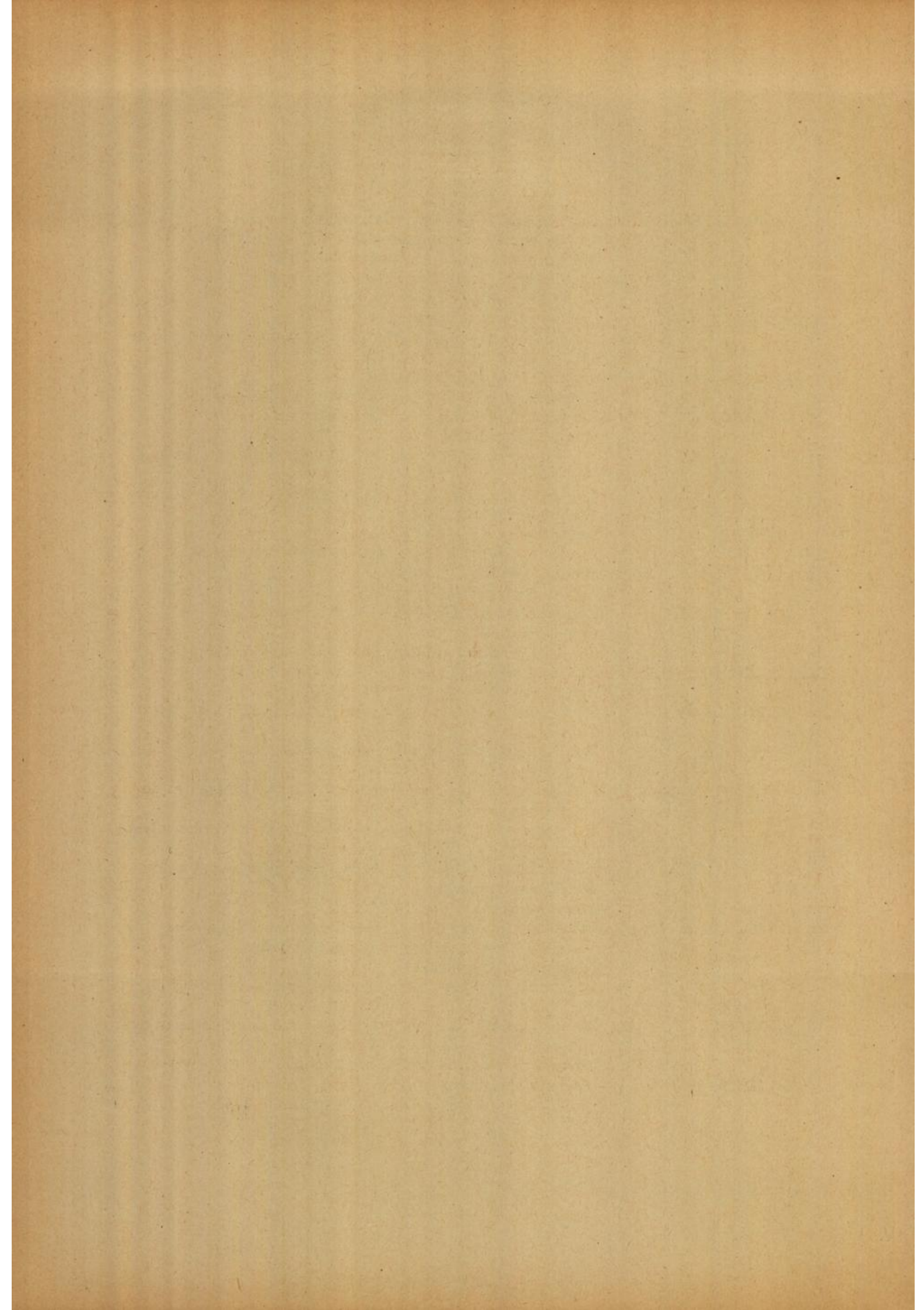
Die hier eingehender untersuchten Fälle verbreiteten Nebels über der südöstlichen Nordsee sind entweder durch eine Bodeninversion oder durch eine Hochnebelinversion (Untergrenze zwischen 200 m und 700 m) gekennzeichnet, deren Beträge zwischen  $2^{\circ}$  und  $7^{\circ}$  schwanken; einmal - am 1.5.46 - wurde Isothermie beobachtet. Die Untergrenze der Inversionen ist im allgemeinen als Ausgangsstelle der Nebelbildung anzusehen. Dem entspricht der Feuchterückgang, der in den meisten Fällen in oder über den Inversionen festgestellt wurde. Nur bei dem Okklusionsnebel vom 4. Februar 1950 ist von einem solchen Feuchterückgang nichts zu bemerken. In diesem Falle erfolgte die Kondensation vom Boden bis über Inversionshöhe anscheinend ziemlich gleichmässig; Ursache war der verdunstende Okklusionsregen.

Der gemeinschaftliche Wesenszug bei der Mehrzahl der untersuchten Nebellagen lässt gleichwohl genügend Spielraum für individuelle Eigentümlichkeiten. So erwiesen sich der Strahlungsnebel vom 1. Mai 1946 und der Kaltfrontnebel vom 21. Dezember 1951 als Hochnebel, deren Untergrenze herabgesunken war, der Strahlungsnebel vom 25. Januar 1949 als ein von Land auf See gedrifteter Bodennebel. Der "Warmluft"nebel vom 14./15. Dezember 1951 entstand durch Verdunstung der Meeresoberfläche in eine von Land stammende untere Kaltluftschicht. Der Okklusionsnebel vom 4. Februar 1950 verdankte sein Entstehen in erster Linie dem Okklusionsregen, die Frontalnebel vom 18. und 20. März 1947 dem Meereis. Abb. 14 zeigt noch einmal schematisch die Zustandskurven der hier untersuchten Dauernebelfälle. Sie beansprucht keine Allgemeingültigkeit.

Die vorstehende Untersuchung stützte sich wesentlich auf Aufstiegsergebnisse der Radiosondenstation Jever. Alle Rückschlüsse auf die tatsächlichen Verhältnisse über See bleiben naturgemäss vage. Mit Hilfe von Sondierungen über See bis zu einer Höhe von 1000 m bis 1500 m würden sich die Bedingungen der Nebelbildung über der Deutschen Bucht eindeutiger erfassen lassen. Sie wären anzustreben. Denn trotz Radar wird der Nebel noch einige Zeit ein beachtlicher Faktor in der Navigation bleiben. Genauere Kenntnis seiner Entstehungsbedingungen könnte auch der Prognose nur dienlich sein.

Literatur:

1. VAN BEBBER, W.J., Das Wetter in den barometrischen Maxima.  
Archiv der Deutschen Seewarte XV 1892, Nr.4.
2. ELIAS, H., Die Entstehung und Auflösung des Nebels.  
Ergebnisse des aeronautischen Observatoriums  
bei Berlin, Bd. II, Berlin 1904.
3. KÖPPEN, W., Landnebel und Seenebel.  
Annalen der Hydrographie und maritimen Meteorologie  
1916, S. 233-257.
4. KÖPPEN, W., Nebelbildung über Land und Meer.  
Meteorologische Zeitschrift 1917, S. 209-224.
5. KÖPPEN, W., Der Nebel vorwiegend ein Küstenproblem.  
Meteorologische Zeitschrift 1918, S. 55-56.
6. KÖPPEN, W., Jährlicher Gang der Regenhäufigkeit in der Umgebung  
der Ostsee.  
Ann. d. Hydr. u. m. M. 1922, S. 313-316. Darin Bemerkung  
über Nebel S. 315.
7. GEORGII, W., Die Ursachen der Nebelbildung.  
Ann. d. Hydr. u. m. M. 1920, S. 207-222, 241-262.
8. WEGENER, K., Die Entstehung des Nebels.  
Ann. d. Hydr. u. m. M. 1922, S. 209-211.
9. WILLETT, H.C., Fog and haze, their causes, distribution and  
forecasting.  
Monthly Weather Review 56, 1928, S. 435-468.
10. FINDEISEN, W., Ein Beitrag zur Frage der Nebelentstehung.  
Ann. d. Hydr. u. m. M. 1933, S. 305-311.
11. PEPPLER, W., Studie über die Aerologie des Nebels und Hochnebels.  
1934, S. 49-59.
12. SCHERHAG, R., Taupunkt und Stratusbildung über See.  
Ann. d. Hydr. u. m. M. 1936, S. 370-371.
13. MÜLLER-ANNEN, H., Nebelentstehung und Nebelarten im Küstengebiet der  
Deutschen Bucht.  
Forschungs- und Erfahrungsberichte des Reichswetter-  
dienstes; Reihe A, Nr. 5, 1941.
14. PRÜGEL, H., Ergänzungen zu den gebräuchlichen Erklärungen der  
Nebelerscheinungen.  
Met. Zeitschr. 1942, S. 62-64.
15. CRAIG, R. A., Measurements of temperature and humidity in the  
lowest 1000 feet of the atmosphere over  
Massachusetts Bay.  
Papers in physical oceanography and meteorology, X,  
Nr. 1, 1946.
16. EMMONS, G., Vertical distributions of temperature and humidity over  
the ocean between Nantucket and New Jersey.  
Papers in physical and meteorology; X, Nr. 3, 1947.
17. REIDAT, R., Formen des Strahlungsnebels.  
Annalen der Meteorologie 1948, S. 217-220.



Tab. 1

## Mittlere monatliche Zahl der Nebeltage und Nebelstunden

sowie mittlere Nebeldauer in den einzelnen Monaten

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Jahr
Elbe 1	a	5,9	5,9	8,9	3,9	4,0	0,7	1,3	0,9	0,6	3,3	5,9	7,4	48,4
	b	38,0	42,1	73,4	24,1	30,9	2,2	4,0	2,7	2,9	17,9	43,5	45,9	327,5
	c	6,0	6,5	7,9	5,1	6,8	3,0	3,1	3,1	2,9	6,0	7,2	6,1	6,3
	d	217	198	217	210	217	210	208	217	210	217	207	217	2545
P 11 (8)	a	4,7	4,0	7,9	4,9	5,6	2,3	1,5	1,0	0,8	0,3	2,3	4,6	39,6
	b	27,6	20,5	71,5	27,0	32,2	6,2	7,2	3,6	2,1	1,2	8,8	17,9	225,5
	c	5,2	4,0	8,9	7,0	4,9	2,5	3,9	3,6	2,1	3,5	3,4	3,5	5,0
	d	213	198	217	210	217	204	186	173	180	186	205	207	2396
S 2	a	2,2	2,9	5,5	3,0	7,3	1,9	4,0	1,3	1,1	0,6	0,7	1,0	31,4
	b	9,6	15,4	43,9	16,5	46,2	7,1	14,1	4,1	4,2	2,7	2,9	3,5	168,5
	c	4,8	4,9	7,3	5,5	5,4	4,5	3,2	3,2	3,6	4,7	3,7	3,0	5,0
	d	194	198	186	183	217	189	186	210	210	217	210	217	2417

a = Mittlere Zahl der Nebeltage  
 b = " " " Nebelstunden  
 c = " Dauer der Einzelnebel (Stunden)  
 d = Zahl der Beobachtungstage

Tab. 2 Anzahl Nebeltage in den einzelnen Jahren

	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952	Mittel
Elbe 1	46	46	60	44	44	47	50	48,4
P 11	47	(51)	37	39	37	32	35	39,7
S 2	29	31	27	(43)	28	34	(28)	31,4

Tab. 3

## Mittlerer Tagesgang der Nebelhäufigkeit (in % der Beobachtungstage)

		Elbe 1																								
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
I		5,1	6,0	6,0	6,9	5,5	4,2	5,5	4,2	3,7	5,1	5,5	6,9	6,9	6,4	6,0	6,0	4,6	4,6	4,6	5,1	6,0	6,0	5,1	5,1	
II		5,0	5,6	5,0	6,1	7,1	6,1	6,1	7,6	8,1	7,6	7,6	8,6	8,6	8,1	7,6	6,6	7,6	7,1	6,6	7,1	6,1	6,1	4,0	3,5	
III		8,8	8,8	8,8	10,1	10,6	11,5	11,5	10,1	11,5	14,3	13,8	13,8	13,4	11,1	10,1	9,2	8,8	9,7	9,7	8,8	10,1	10,1	10,1	8,3	
IV		1,4	3,3	3,8	3,8	3,3	4,3	5,7	4,3	5,7	6,2	5,7	5,7	4,3	2,9	2,9	2,9	3,3	3,8	2,4	1,9	2,9	3,3	2,4	1,9	
V		4,6	4,6	5,1	5,1	5,5	5,5	5,1	5,1	4,6	4,6	5,1	4,6	4,6	4,6	4,6	3,7	3,2	3,7	3,2	3,2	3,7	5,1	4,2	4,2	
VI		-	-	1,0	1,0	1,0	1,4	1,4	1,0	0,5	0,5	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5	-	-	
VII		0,5	1,0	1,0	1,4	1,4	1,4	1,9	1,9	1,9	1,0	1,4	1,0	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
VIII		-	-	0,5	0,5	1,4	1,4	1,4	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,5	-	-	-	-	-	0,5	-	-	-	-	-	
IX		0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0	0,5	1,0	1,4	1,4	0,5	0,5	0,5	0,5	-	-	-	-	0,5	-	-	0,5	
X		2,3	2,3	3,7	3,2	3,7	3,2	4,2	5,5	5,5	4,6	4,6	3,7	2,8	0,9	0,9	0,5	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	2,3	1,8	2,3	1,8
XI		4,8	4,8	4,4	4,8	5,3	5,3	4,8	6,8	6,3	7,7	7,7	8,7	8,2	7,7	7,2	6,3	7,7	6,3	7,2	7,2	7,2	8,7	6,8	5,3	
XII		4,6	6,0	6,9	6,9	7,4	5,5	6,0	6,4	8,3	7,8	8,3	8,3	7,8	7,4	7,4	6,0	6,4	7,8	6,9	7,4	7,4	7,4	5,5	5,1	

Tab. 4

## Mittlerer Tagesgang der Nebelhäufigkeit (in % der Beobachtungstage)

		P 11																							
I		5,6	5,2	3,8	2,8	3,8	4,2	3,8	4,7	5,2	5,2	5,6	6,6	7,0	6,6	6,1	4,2	2,8	3,3	3,3	3,3	3,8	3,3	2,4	2,4
II		2,0	3,5	2,0	4,0	3,0	3,5	3,5	4,6	4,0	5,0	4,6	5,0	5,0	4,6	4,6	4,0	4,6	4,6	3,5	2,0	2,0	3,0	2,5	2,0
III		9,7	11,5	11,5	12,5	11,1	11,5	11,1	10,6	11,1	12,0	11,5	11,1	12,0	11,5	11,5	11,1	9,7	8,8	9,2	8,3	9,7	9,7	10,6	11,1
IV		3,8	4,3	2,9	3,8	4,3	5,2	5,2	4,8	5,2	4,8	5,7	5,2	4,8	4,3	4,8	4,8	4,3	3,8	2,9	2,9	2,9	3,8	3,8	3,8
V		5,5	6,0	5,5	7,4	6,0	6,0	6,9	8,3	5,1	6,4	6,0	5,5	5,5	4,2	3,2	3,2	3,7	3,7	3,7	4,2	4,6	4,6	4,2	5,1
VI		1,0	1,4	1,9	1,4	1,4	2,4	2,4	2,4	1,9	2,9	2,4	1,9	1,4	0,5	0,5	0,5	0,5	-	1,0	1,4	1,9	1,4	1,0	0,5
VII		1,6	2,2	2,2	1,6	3,2	2,2	2,2	1,6	2,2	2,2	1,6	2,2	2,7	1,6	1,0	1,0	0,5	0,5	-	-	0,5	0,5	-	0,5
VIII		1,1	1,1	0,6	0,6	1,7	1,7	1,7	1,7	0,6	0,6	0,6	1,1	1,1	0,6	1,1	0,6	0,6	-	-	-	-	-	-	-
IX		-	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	0,5	-	-	-	-	0,5	0,5	-	-	-	-	-	-	-
X		-	-	-	-	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
XI		1,5	2,4	1,5	1,5	2,0	1,5	1,0	1,5	1,5	2,4	3,4	2,9	2,0	1,5	1,5	0,5	1,5	1,0	1,0	1,0	0,5	1,5	1,5	1,5
XII		4,8	3,9	3,9	3,9	3,9	4,4	3,9	4,4	3,4	3,9	3,4	1,4	1,4	1,4	2,4	3,4	2,9	2,4	1,9	1,4	2,4	2,9	2,9	3,9

Tab. 5

## Mittlerer Tagesgang der Nebelhäufigkeit (in % der Beobachtungstage)

S 2

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
I	1,6	1,6	1,0	-	-	-	-	0,5	0,5	1,6	2,1	2,1	2,6	1,6	2,6	3,6	2,6	2,6	2,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,6
II	3,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,5	2,5	3,0	3,0	3,0	3,0	2,5	2,5	1,5	2,5	3,0	3,0	3,5	2,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	4,0
III	7,5	7,0	7,5	7,0	6,4	6,4	5,9	4,8	5,4	8,1	7,0	5,9	6,4	5,9	5,9	6,4	6,4	7,0	7,0	7,5	6,4	5,9	5,9	5,9	7,5
IV	1,6	2,2	2,7	2,2	2,7	3,3	4,9	4,9	3,8	3,8	4,4	3,8	3,3	3,3	2,7	2,2	1,6	1,6	2,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
V	8,8	8,8	10,6	10,1	10,1	10,6	9,7	10,1	9,2	7,7	8,8	6,9	6,9	5,5	4,6	4,2	2,8	2,8	4,6	5,5	5,1	5,1	6,0	6,0	6,0
VI	1,1	1,6	1,6	1,1	2,1	2,1	1,6	1,6	1,6	1,1	2,1	2,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,6	1,1	1,1	1,1	1,1	0,5	0,5	1,1	1,1
VII	3,8	3,2	3,2	2,7	2,7	3,2	3,2	1,6	1,6	1,6	1,1	1,6	1,1	1,1	2,2	1,1	2,2	2,2	2,7	2,7	2,7	2,2	2,2	2,7	3,2
VIII	1,4	1,4	1,4	1,9	1,0	0,5	1,0	1,0	1,4	1,4	1,0	0,5	0,5	0,5	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5
IX	0,5	-	-	-	-	-	0,5	0,5	1,0	1,4	1,4	0,5	1,0	0,5	1,4	1,4	1,4	1,0	1,0	1,0	0,5	1,0	1,0	-	-
X	-	-	-	0,5	-	-	-	-	0,5	0,9	0,9	0,5	0,5	0,5	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,5	-	-	-	-
XI	-	0,5	0,5	1,0	1,4	1,4	1,4	1,4	0,5	0,5	0,5	-	0,5	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
XII	0,5	0,5	0,5	-	-	-	-	0,5	0,5	-	0,5	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,5	0,5	0,5	0,5	1,4	1,4	0,9

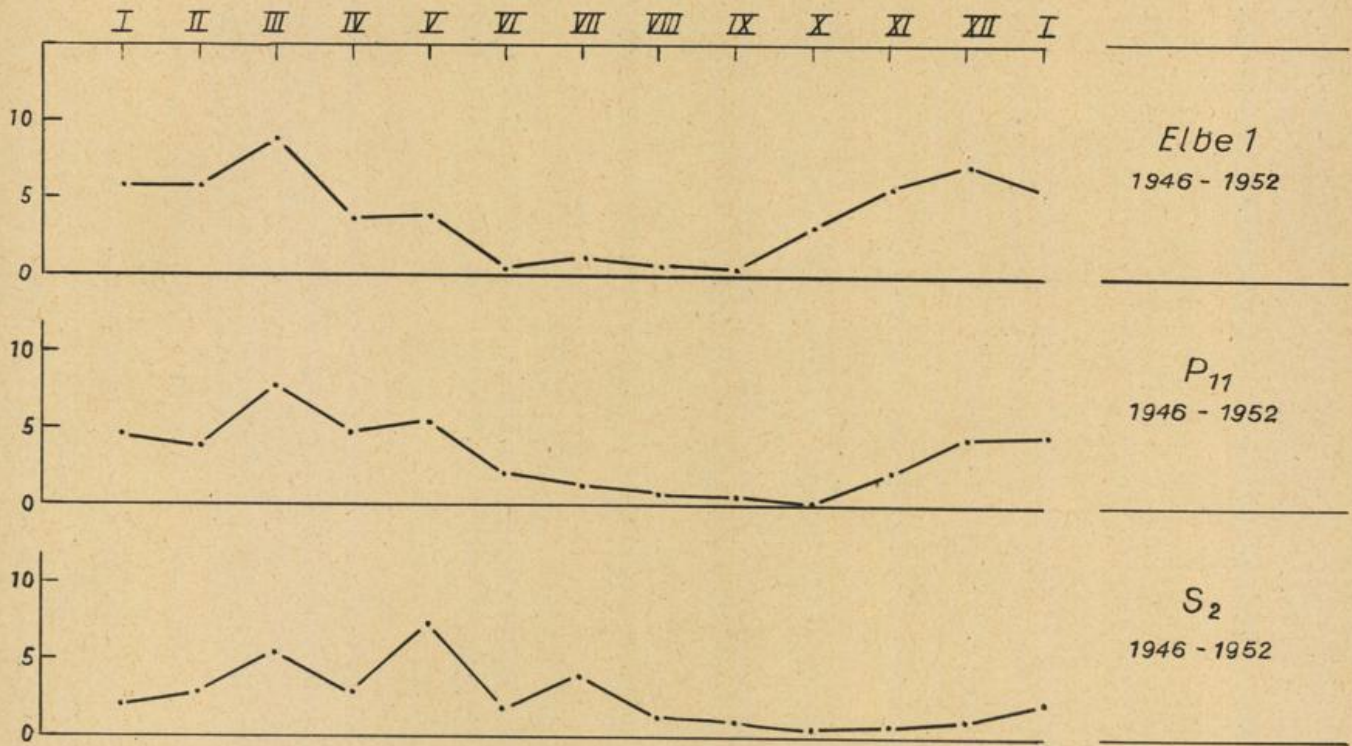


Abb.1 Mittlere Anzahl der Nebeltage

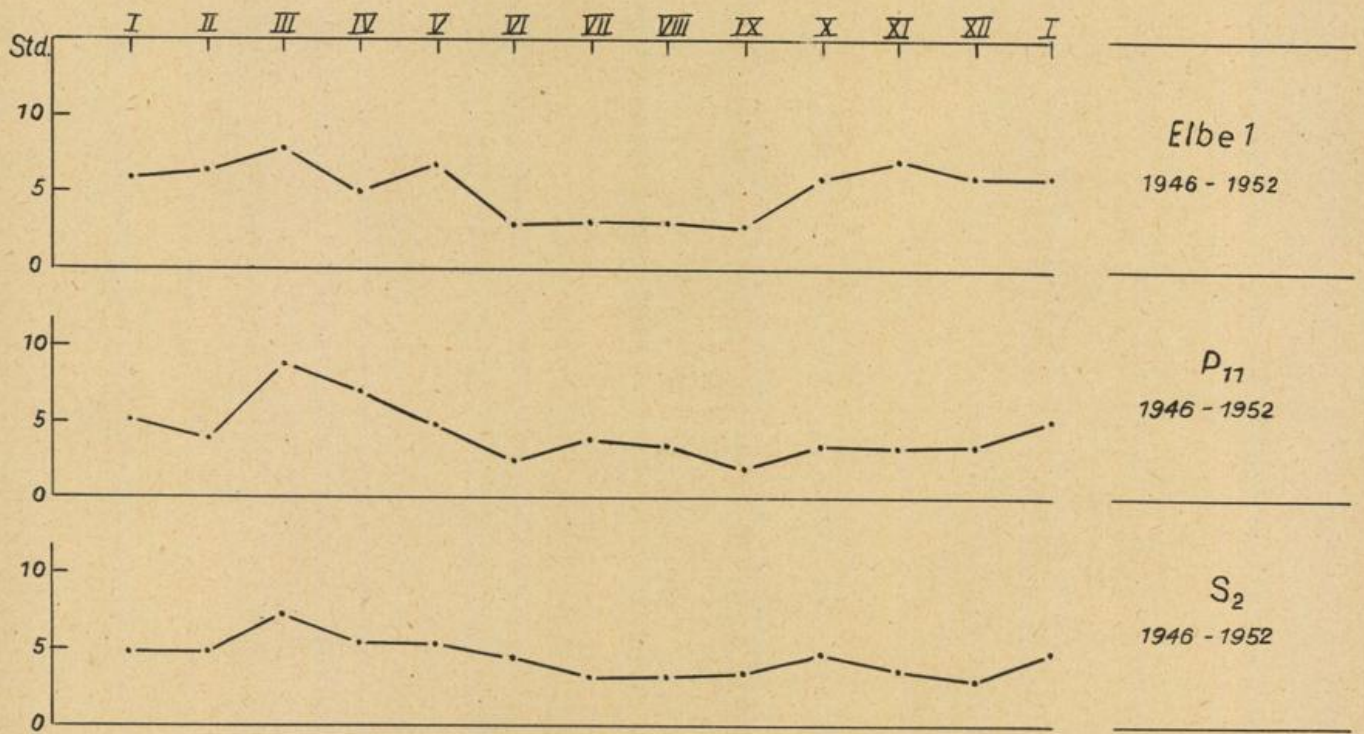
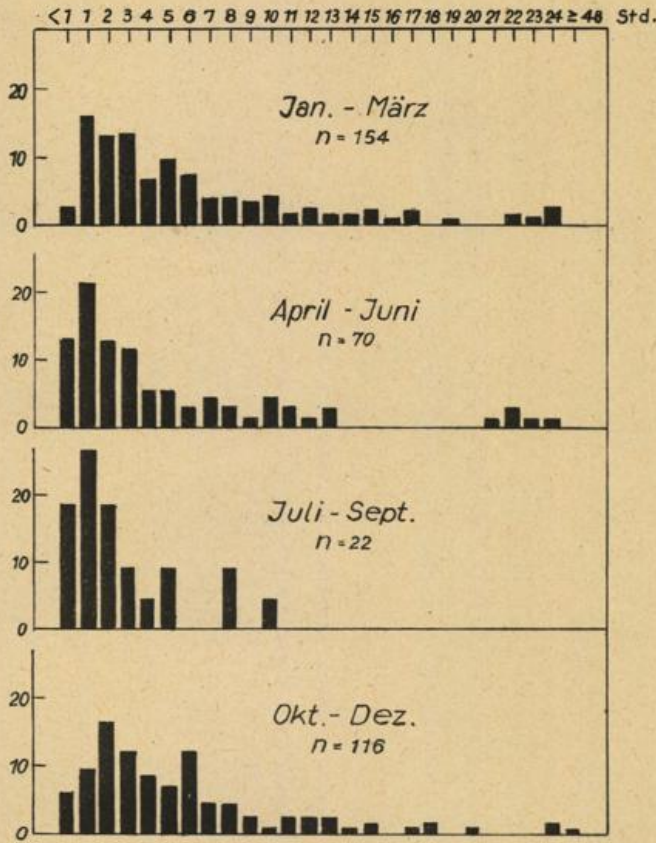


Abb.2 Mittlere Dauer der Einzelnebel (Std.)

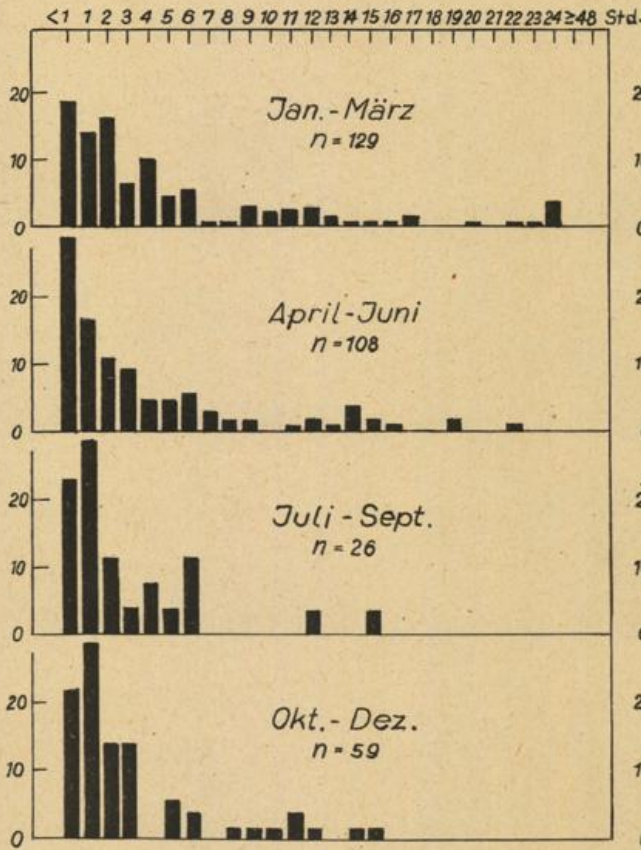


Elbe 1.

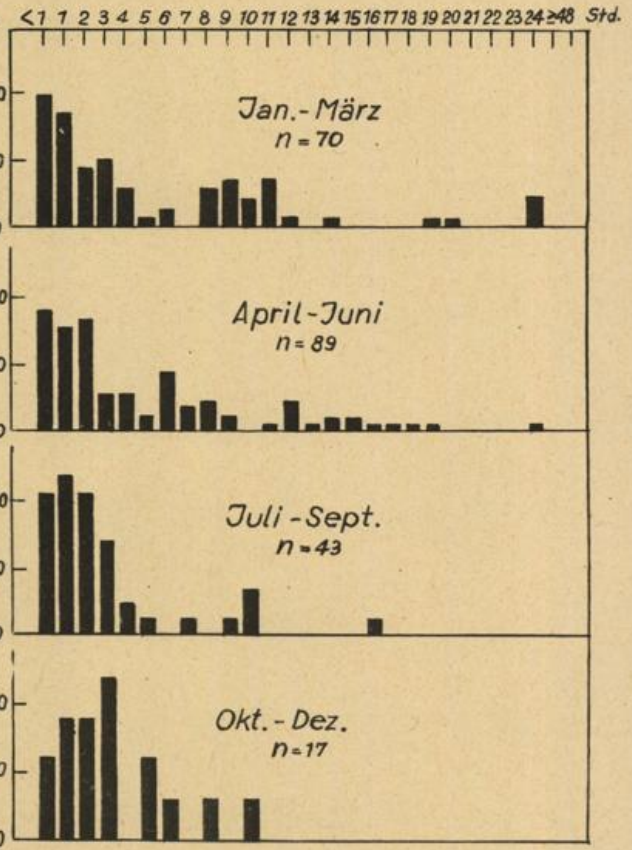
Abb.3

Häufigkeitsverteilung  
der Nebeldauer (in %)

*n* = Gesamtzahl der Einzelnebel



P11



S2

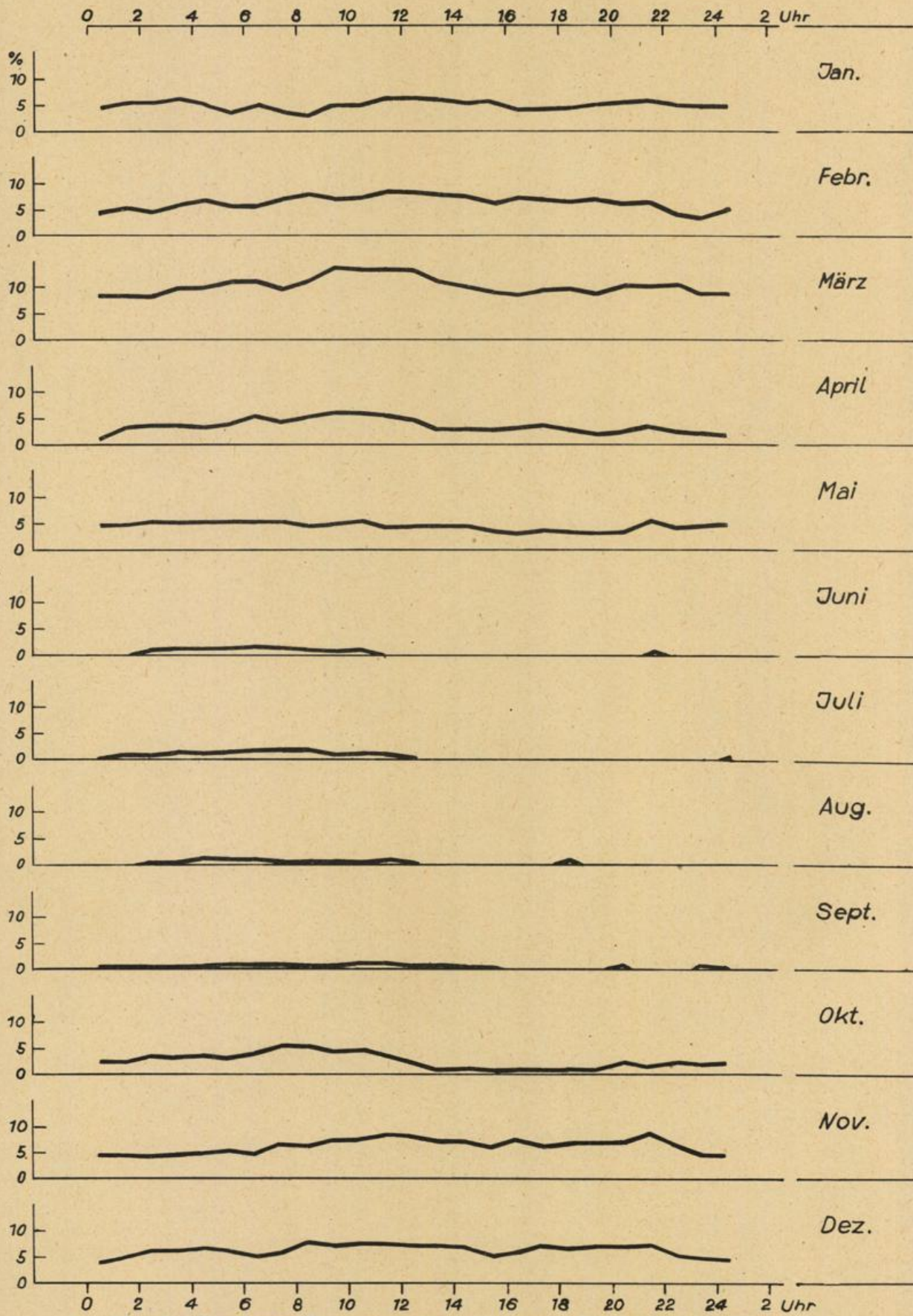


Abb. 4 Mittlerer Tagesgang der Nebelhäufigkeit (%)  
Elbe 1 · 54°N 8°10,7' O

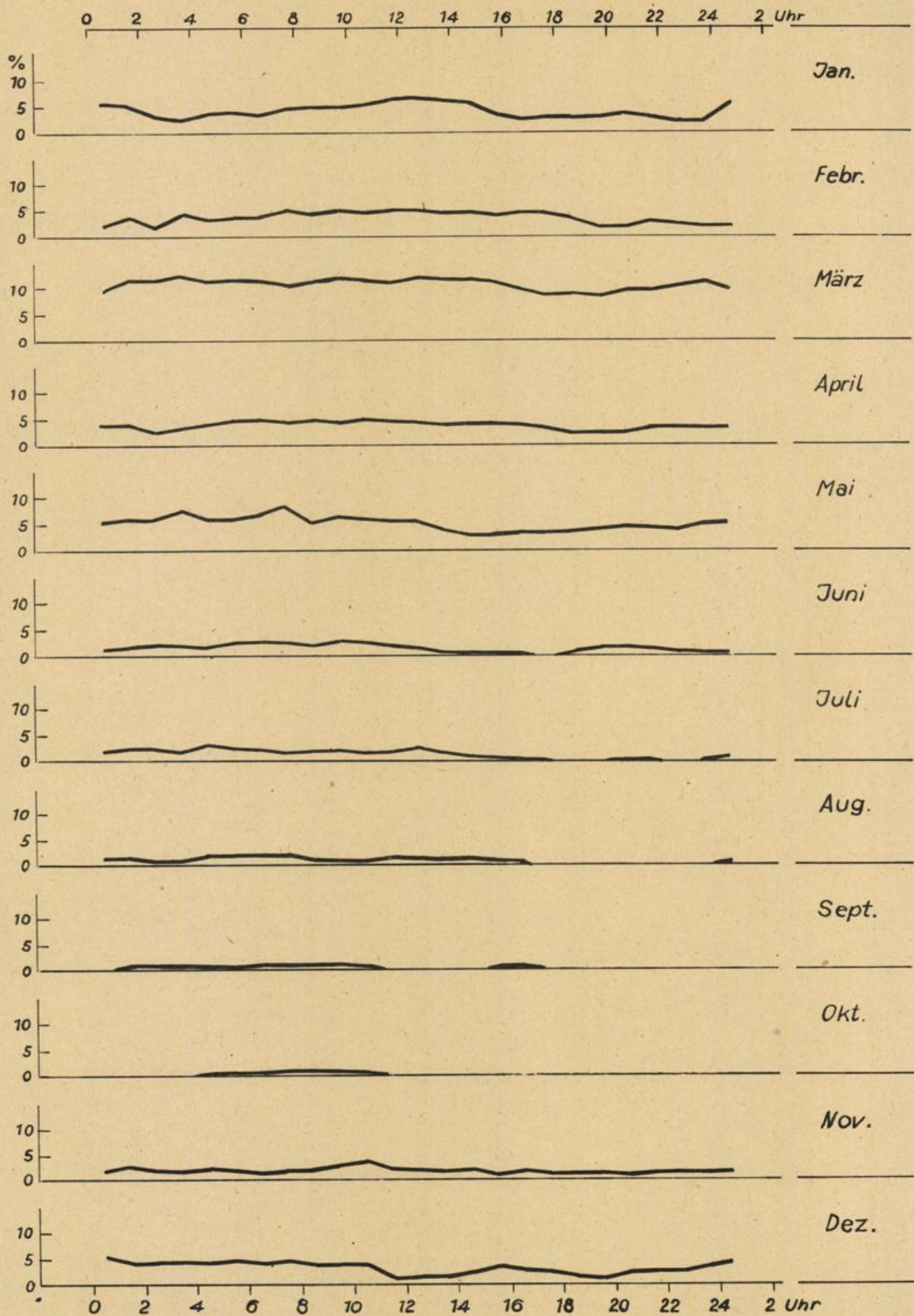


Abb. 5 Mittlerer Tagesgang der Nebelhäufigkeit (%)  
 P<sub>11</sub>(P<sub>8</sub>) 54°16'N 7°11,1'O

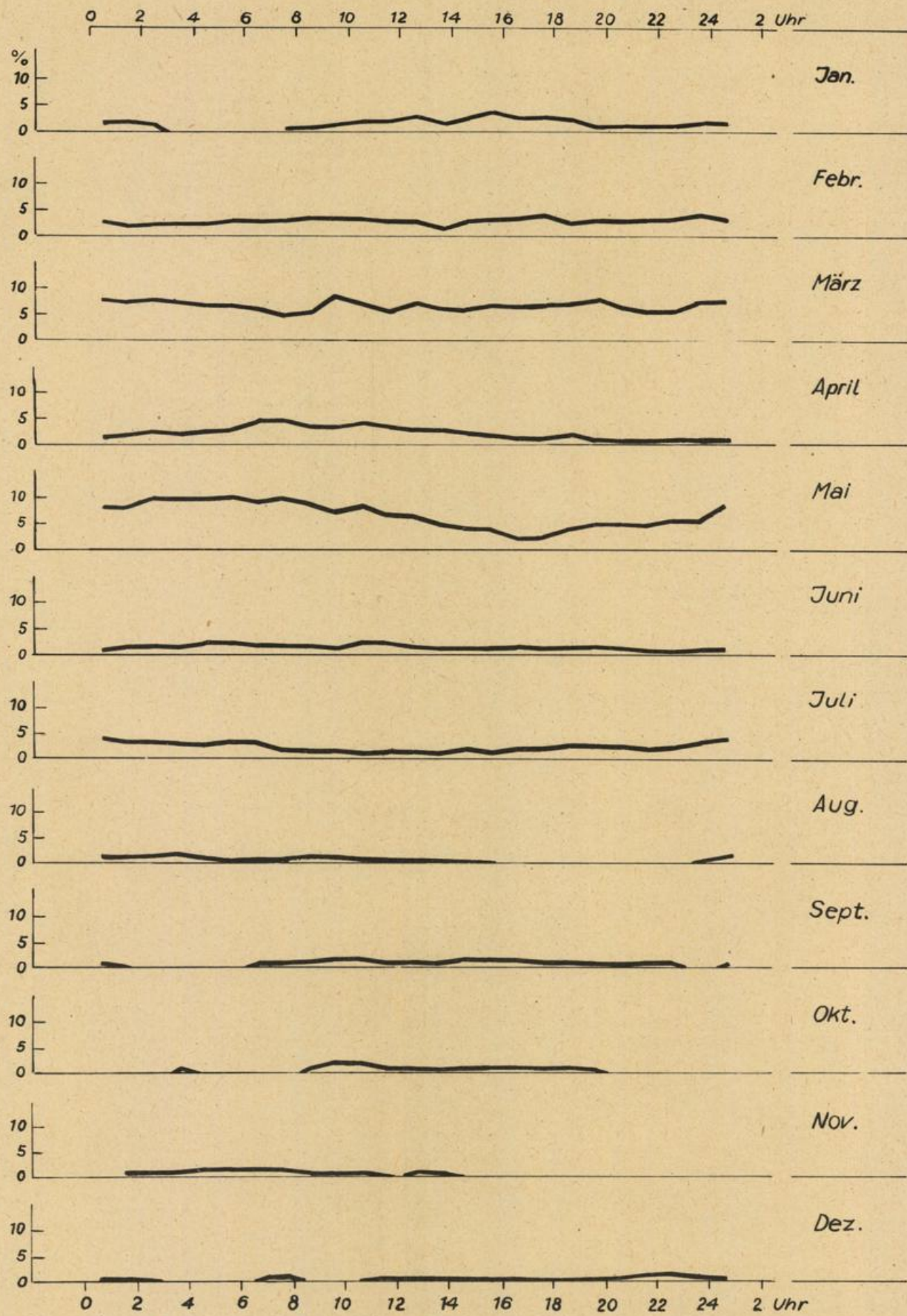


Abb. 6 Mittlerer Tagesgang der Nebelhäufigkeit (%)  
 S<sub>2</sub> 54°0,5'N 3°32'0

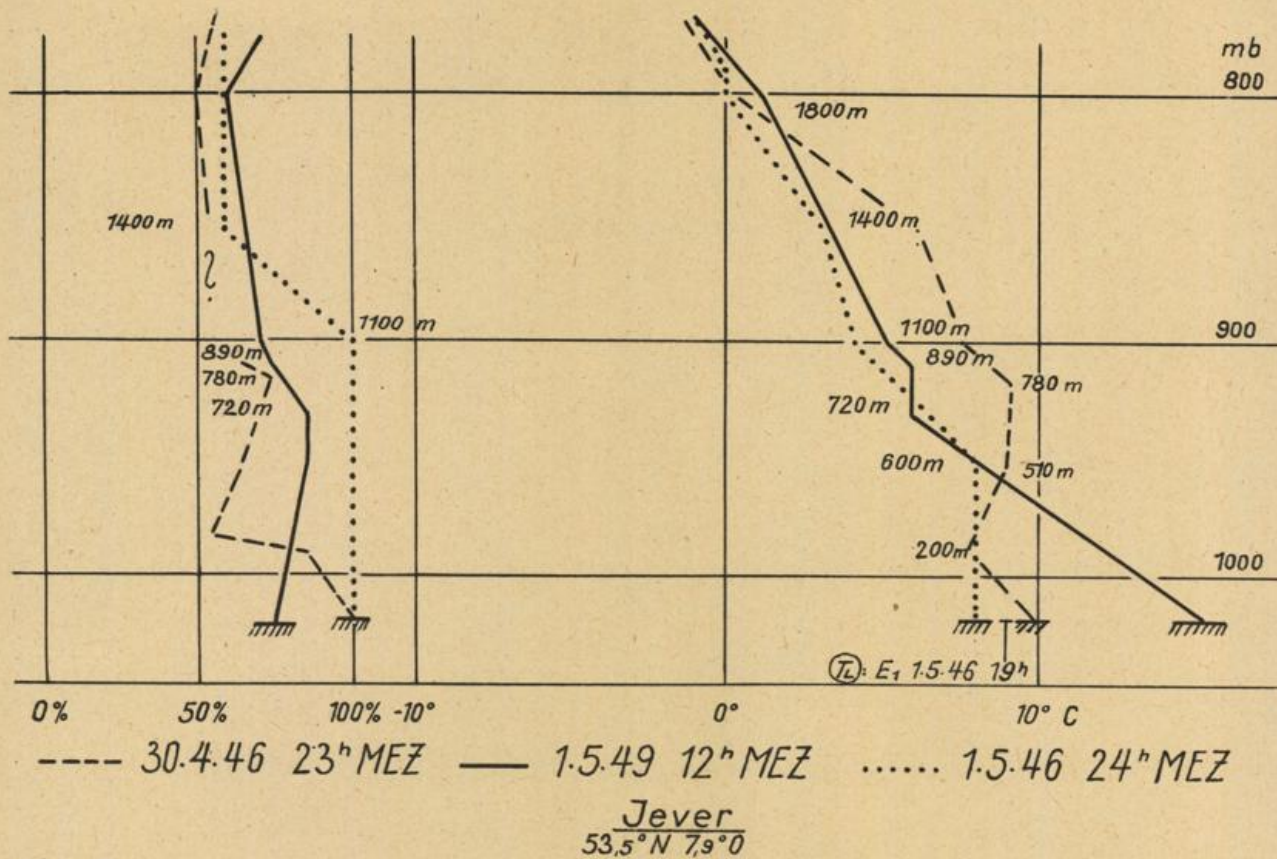


Abb. 7

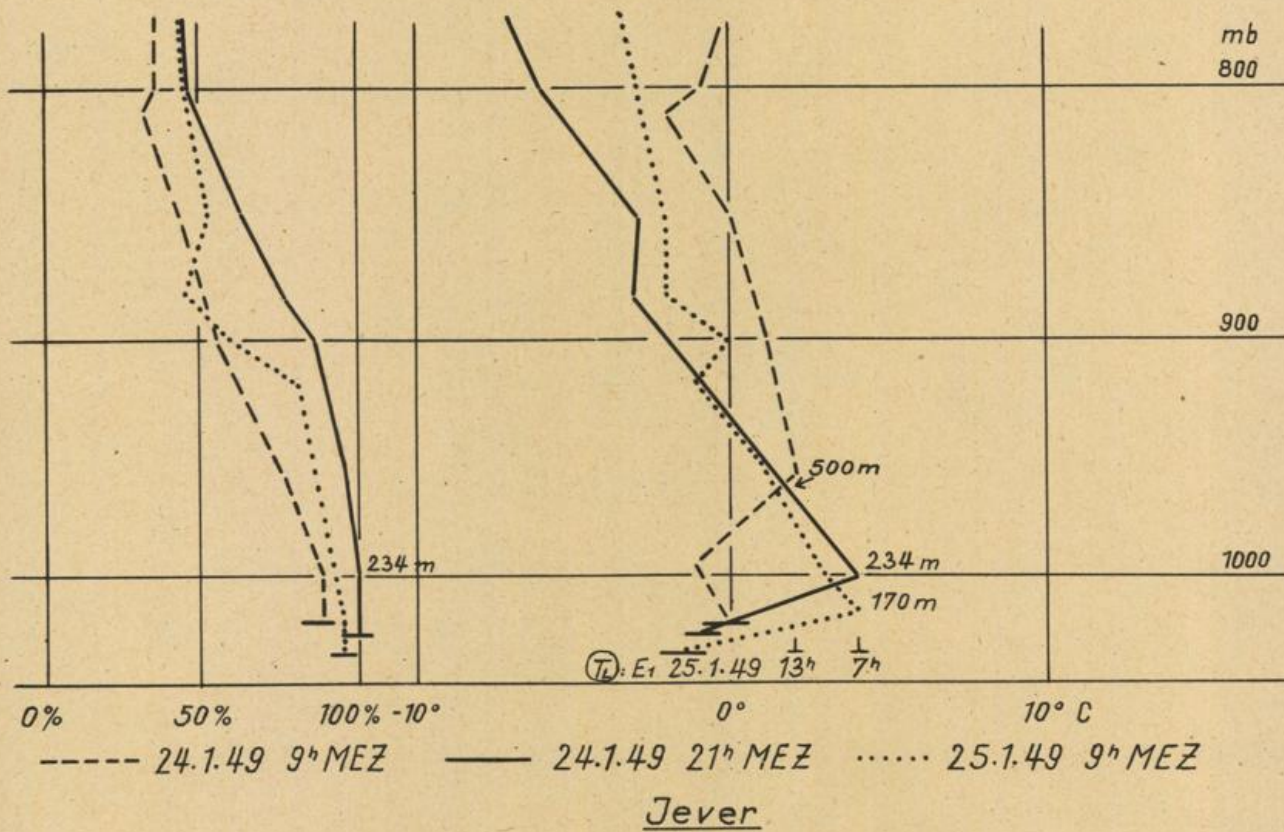
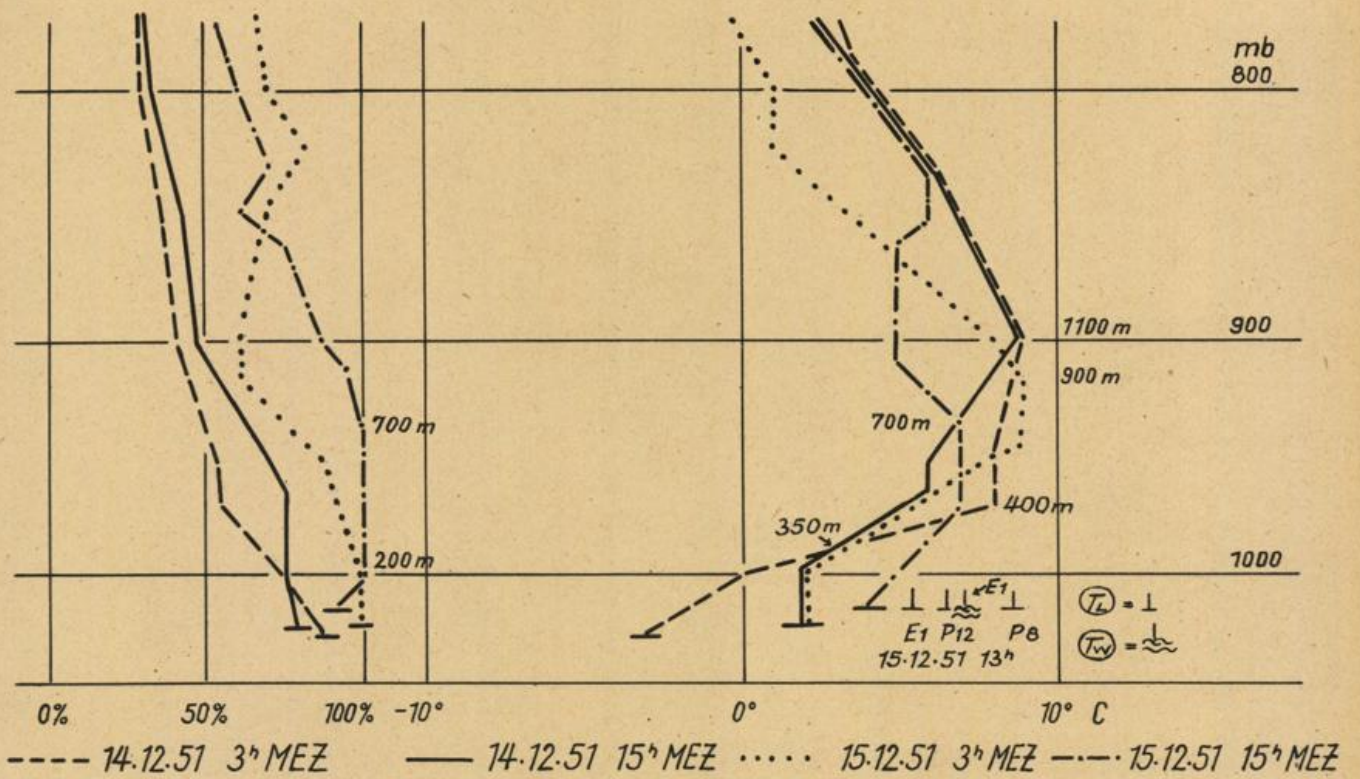


Abb. 8



Jever

Abb. 9

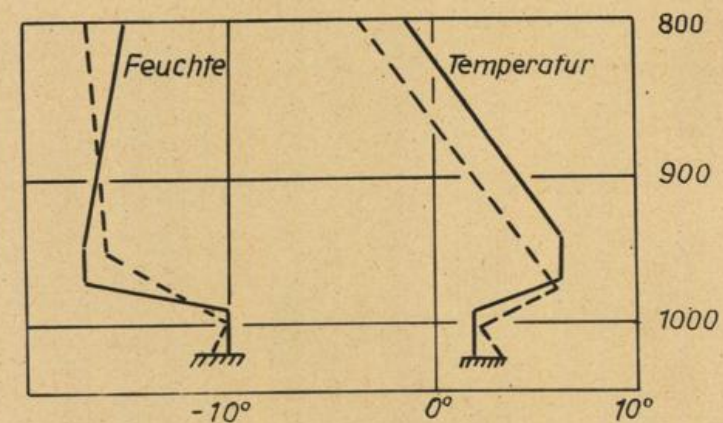
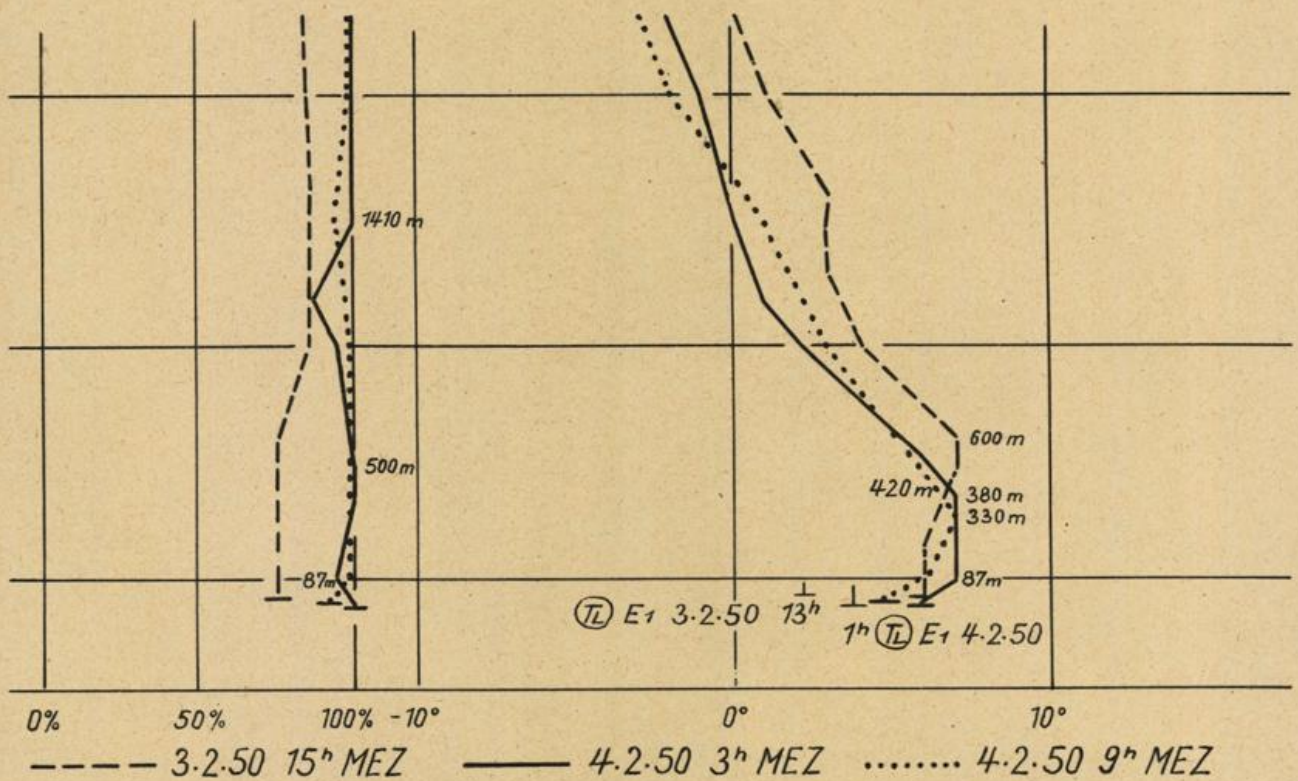


Abb. 9a Warmluft-Nebel

Jever

----- vor Nebel    ——— bei Nebel





Jever

Abb. 11

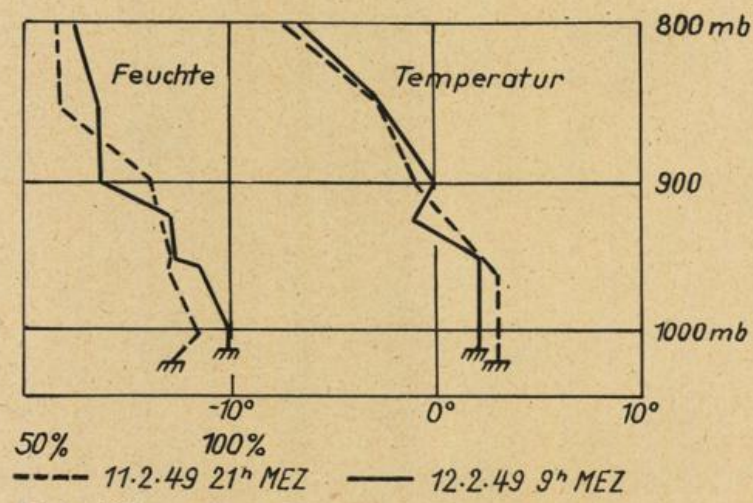


Abb. 11\*

Jever

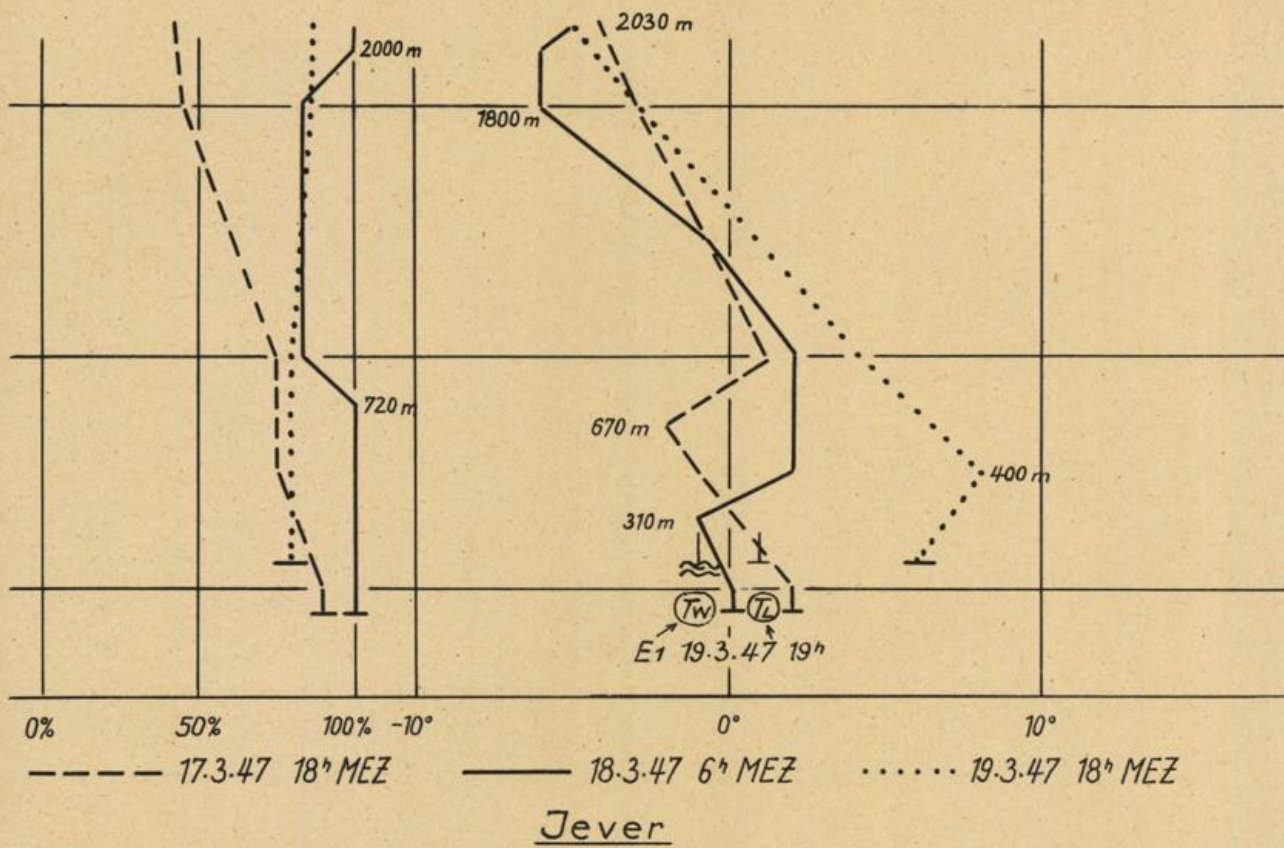


Abb. 12

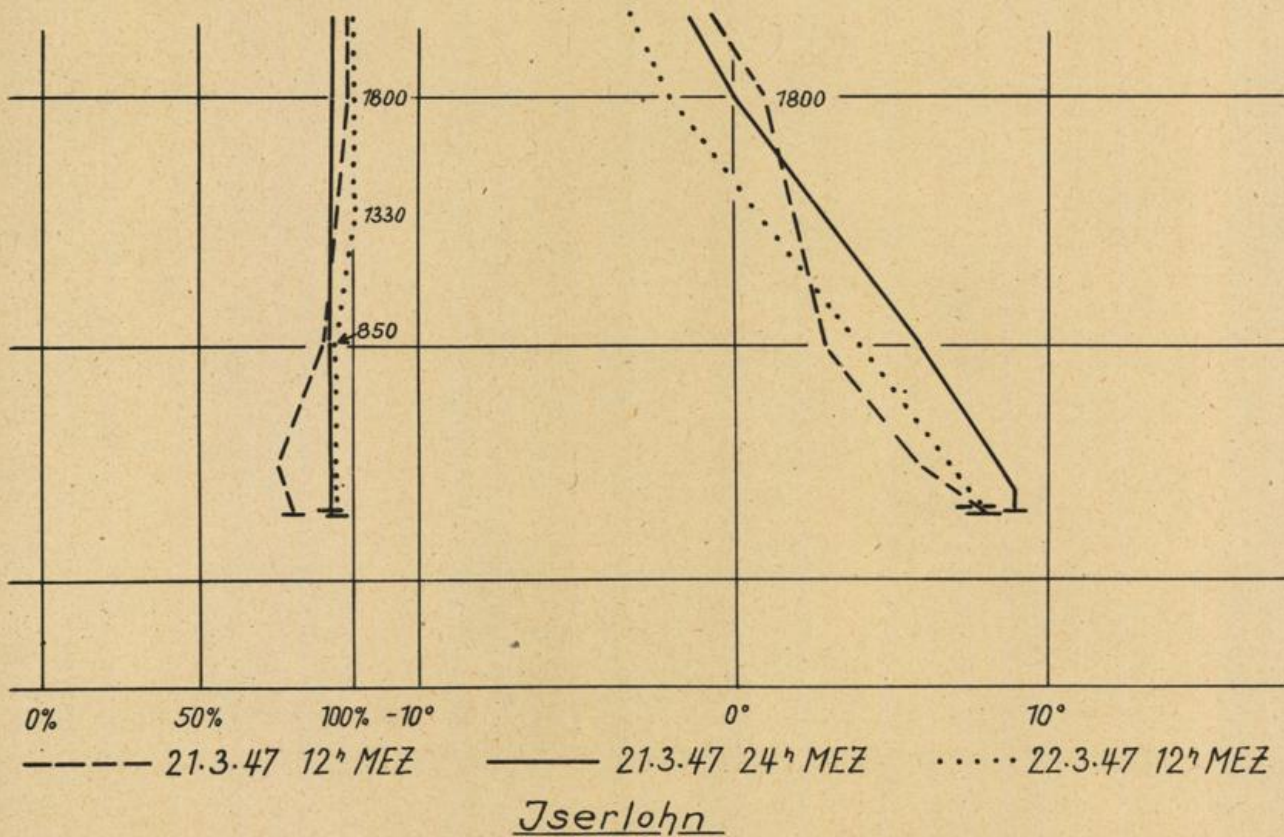


Abb. 13

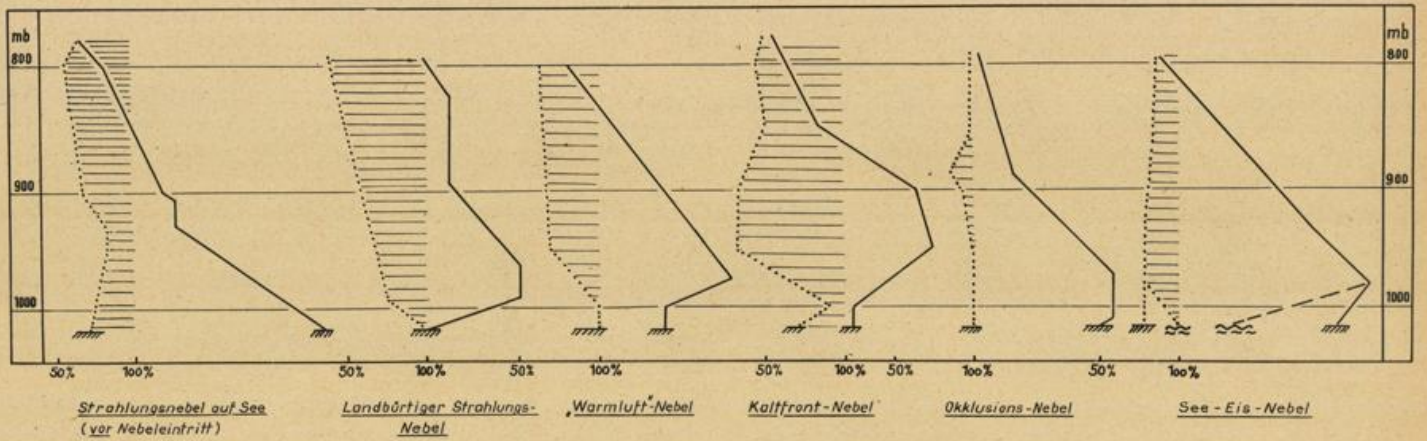
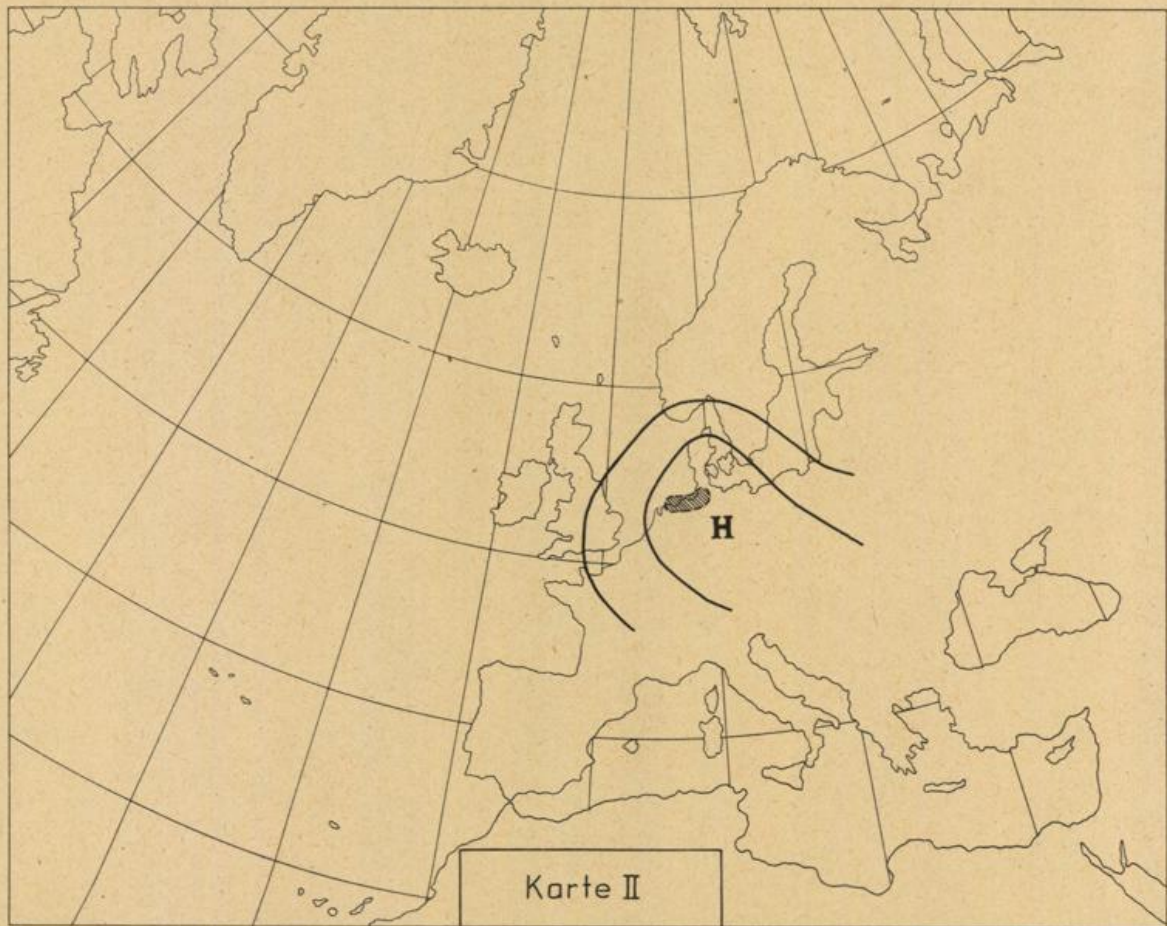
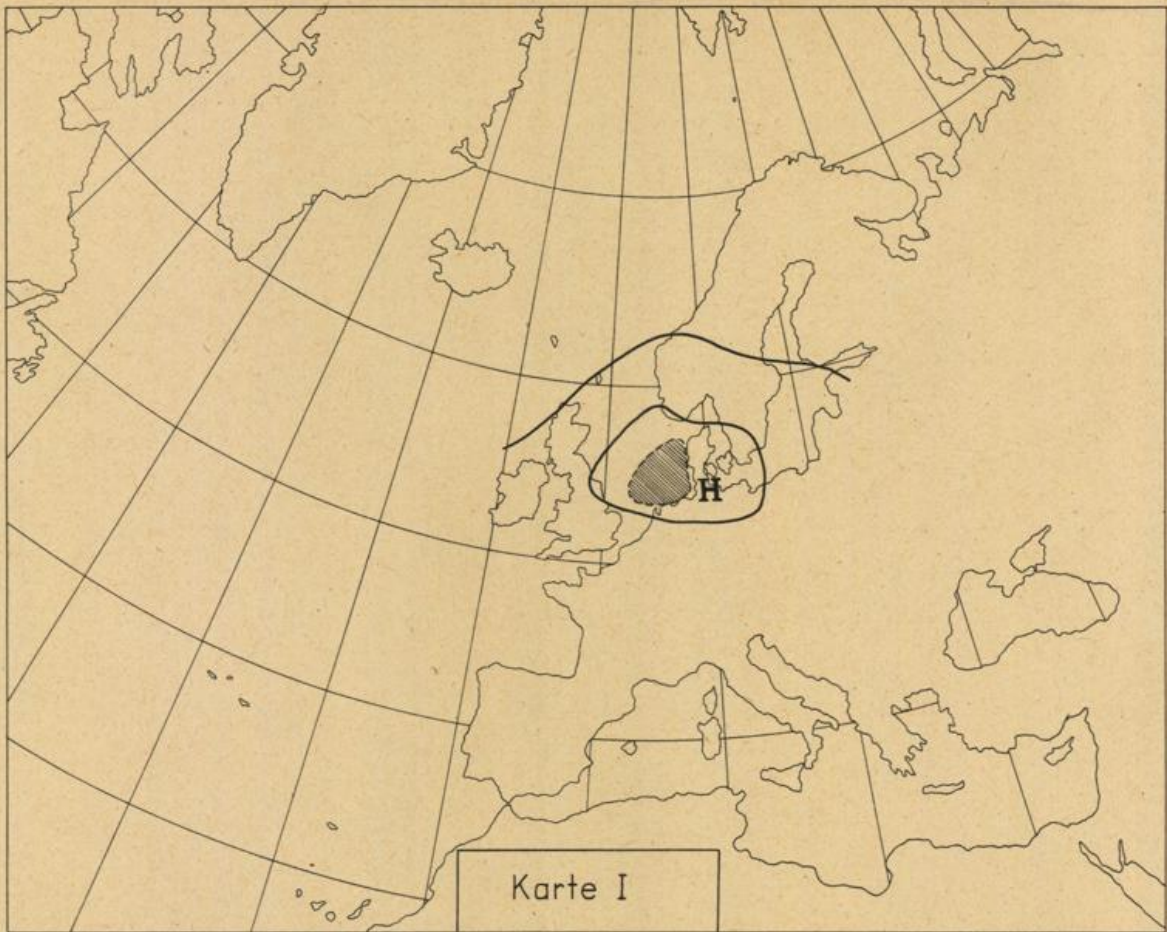
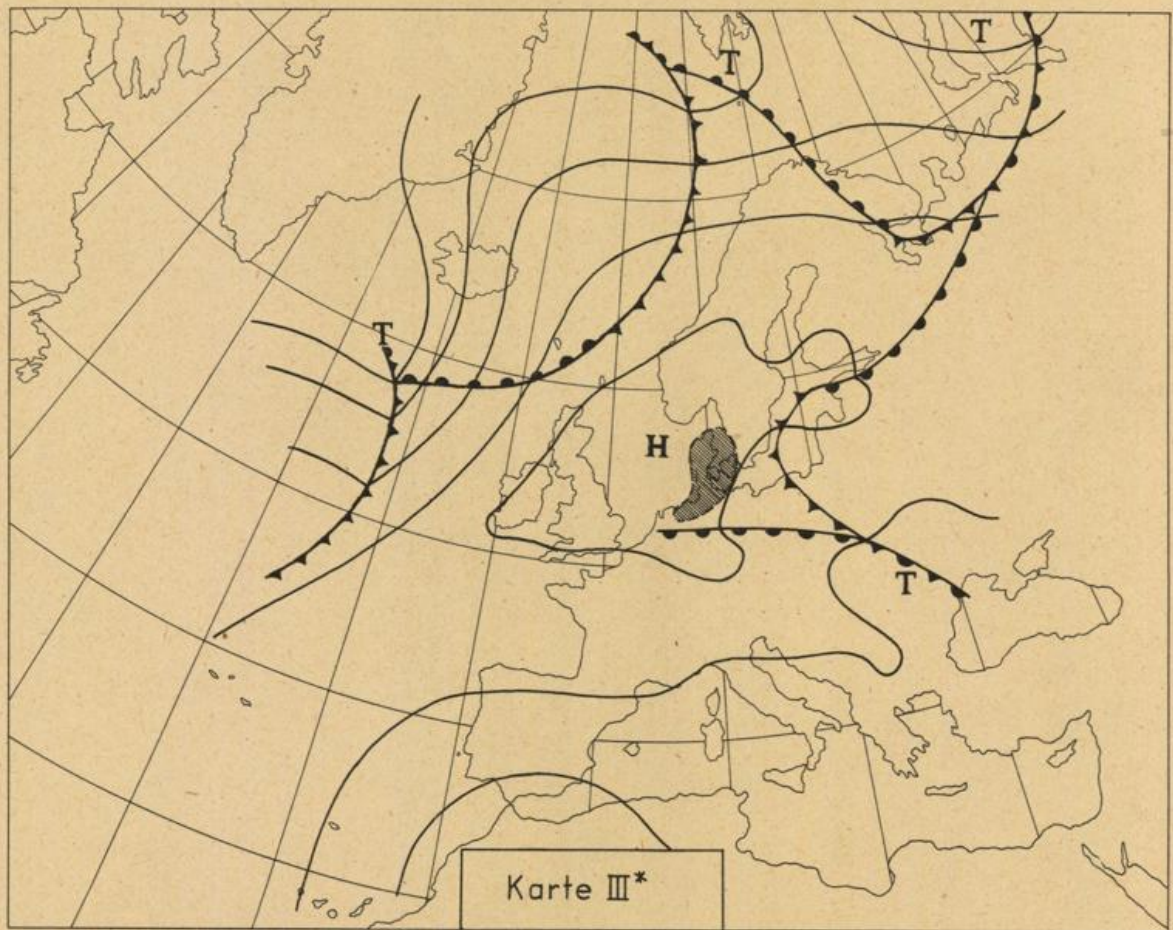
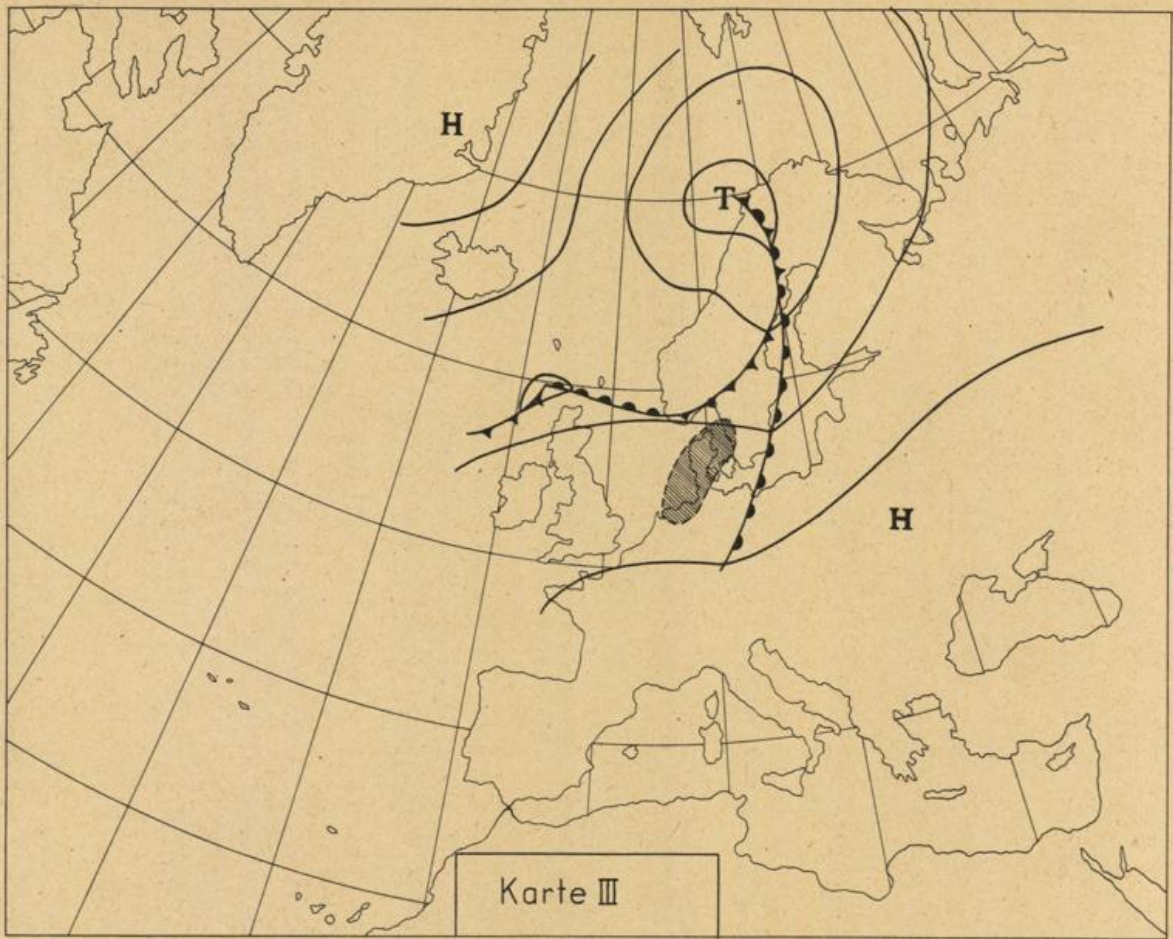
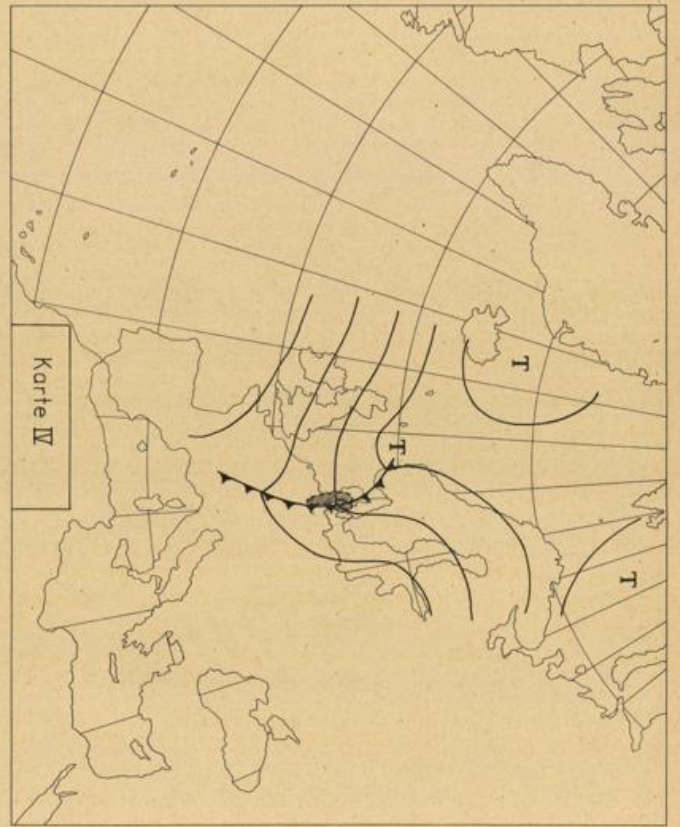
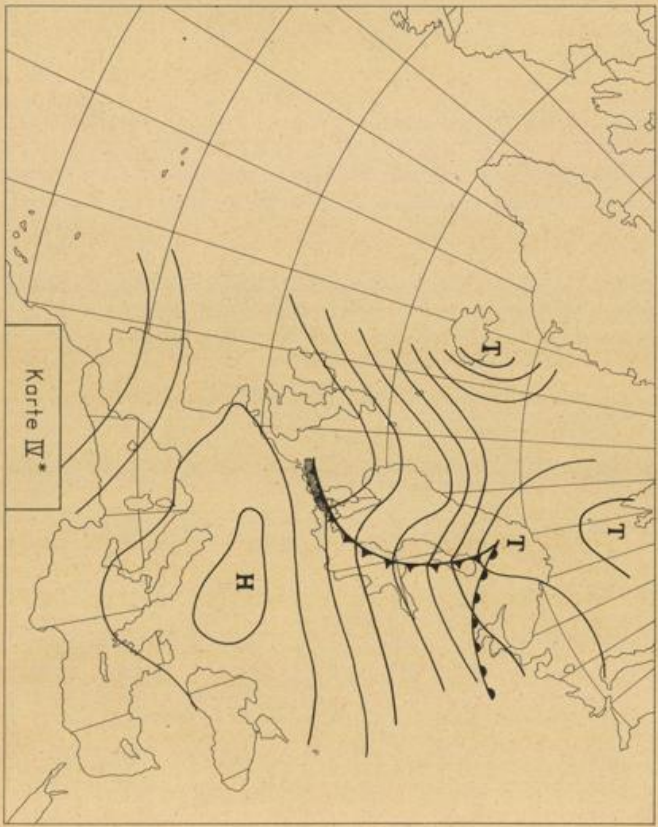
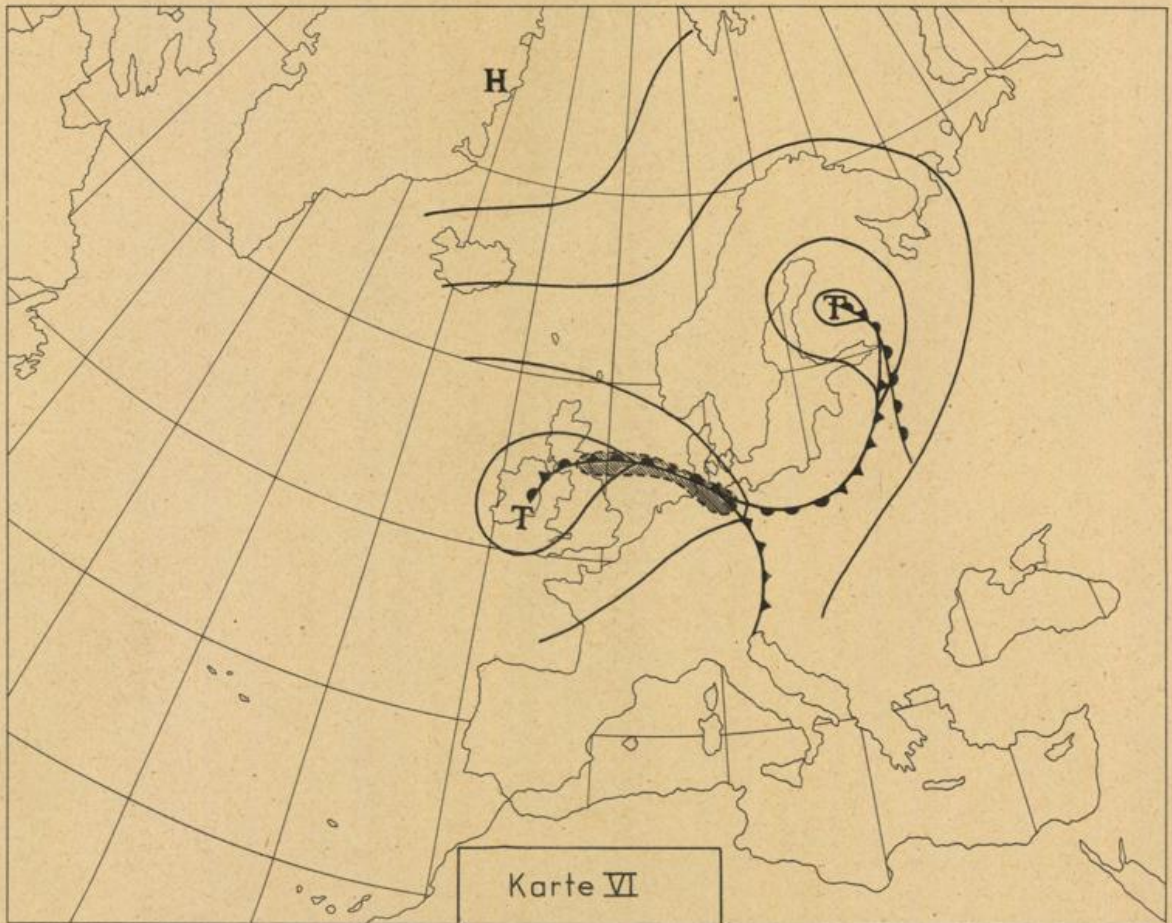
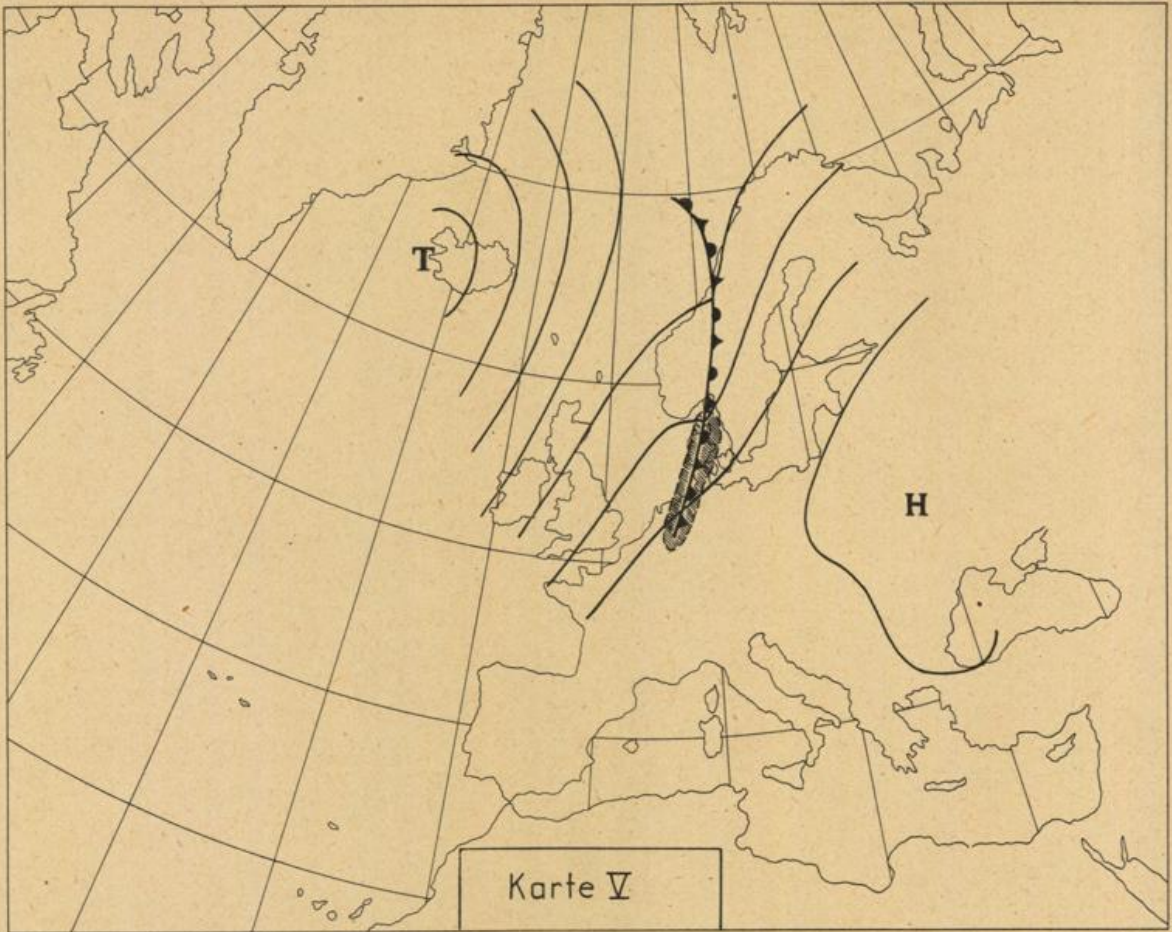


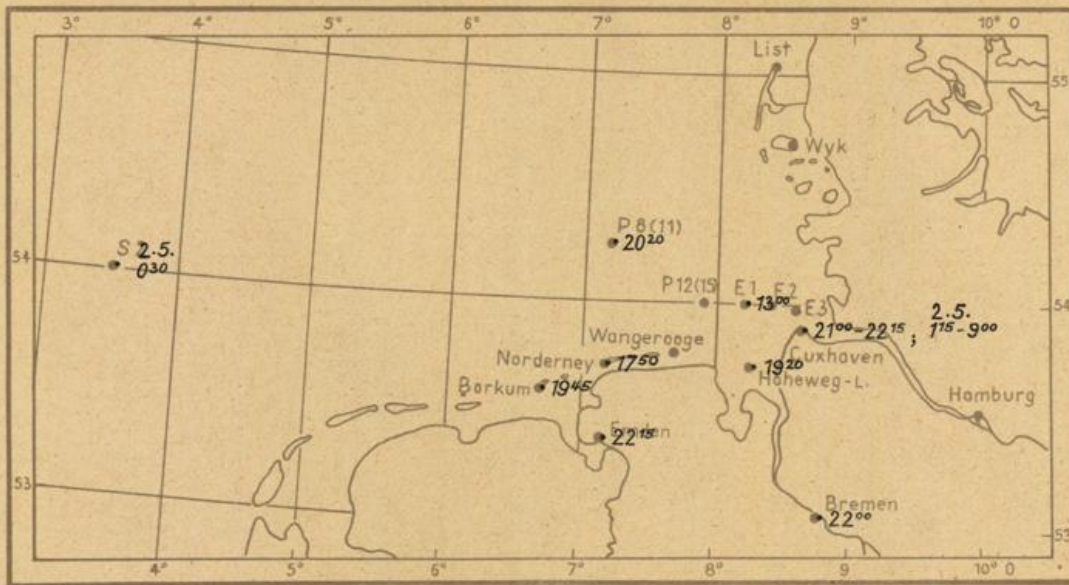
Abb. 14 Nebel-Typen (Temperatur- und Feuchteschichtung zwischen Boden und 800mb)  
 mmmm Jever    ~~~~ Ober See  
 0    5    10 °C



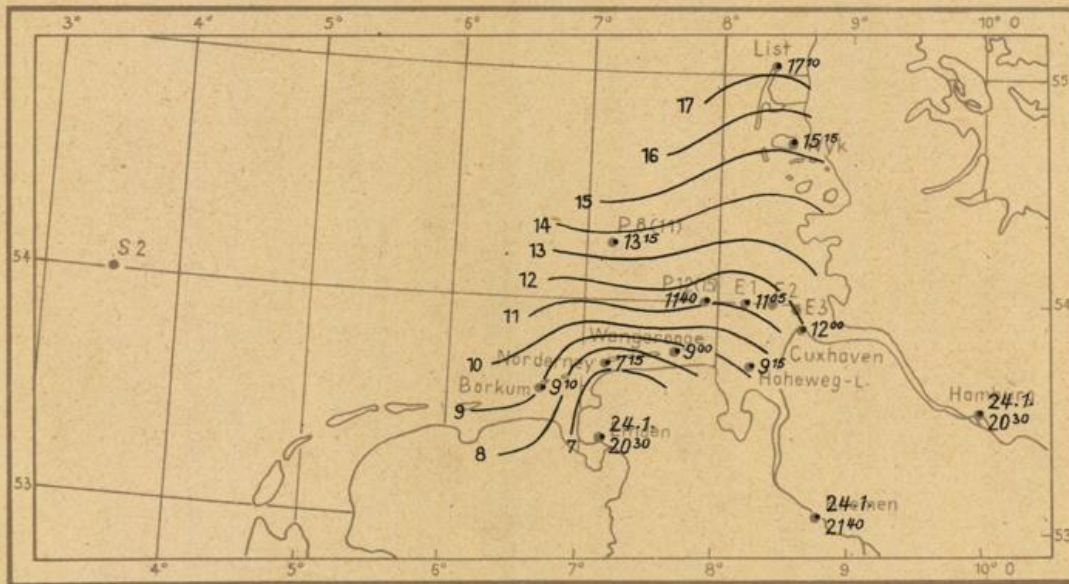




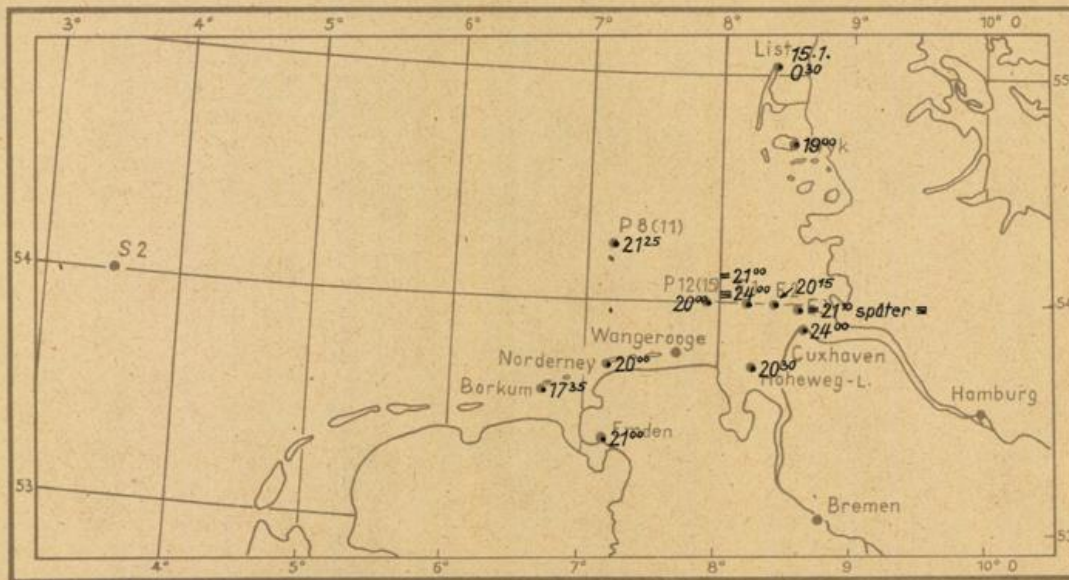




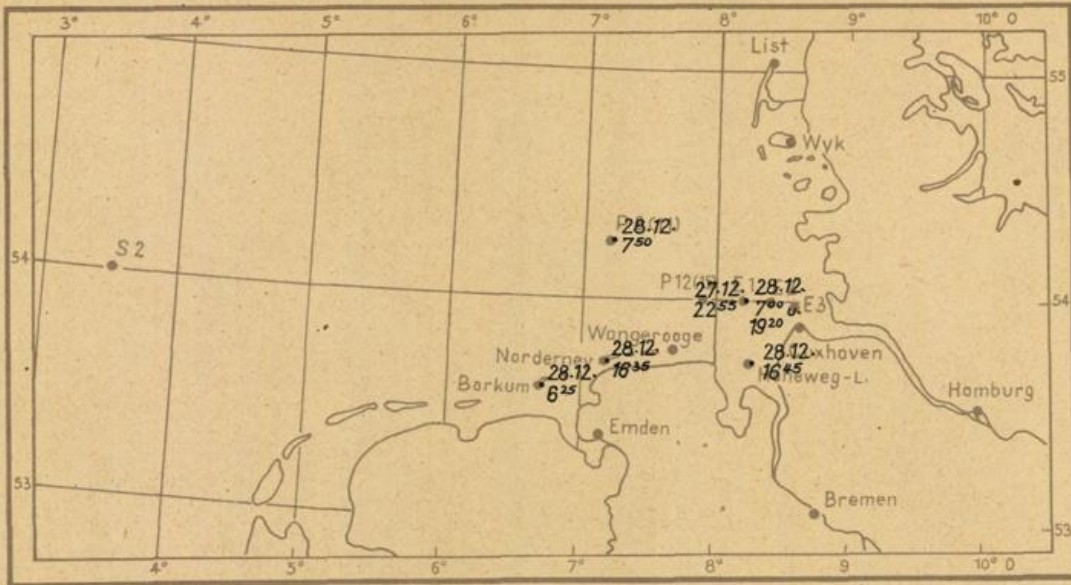
Karte 1 Nebel Eintrittszeiten 1. Mai 1946



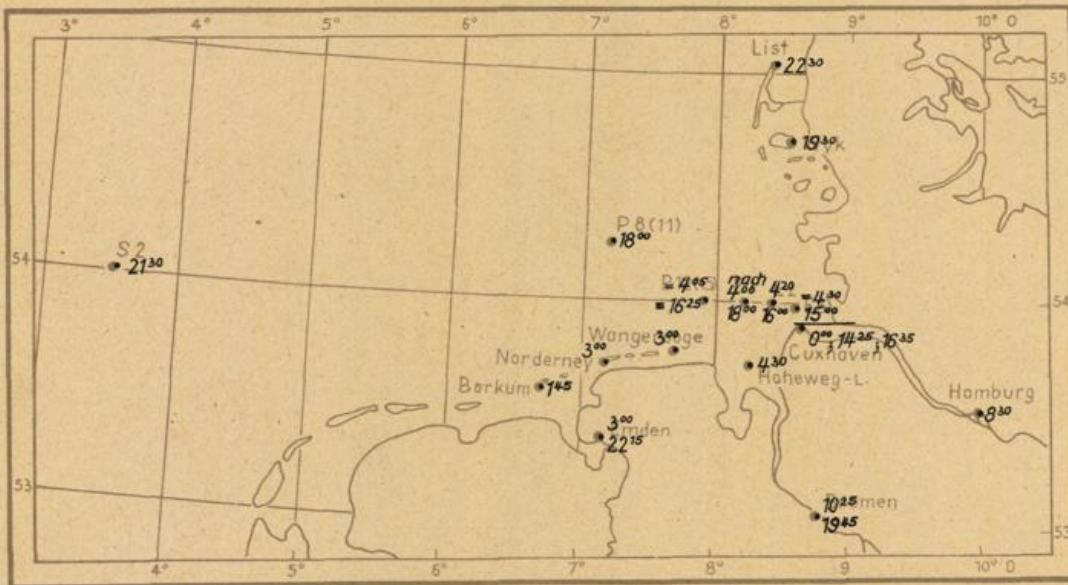
Karte 2 Nebel Eintrittszeiten 24. u. 25. Januar 1949



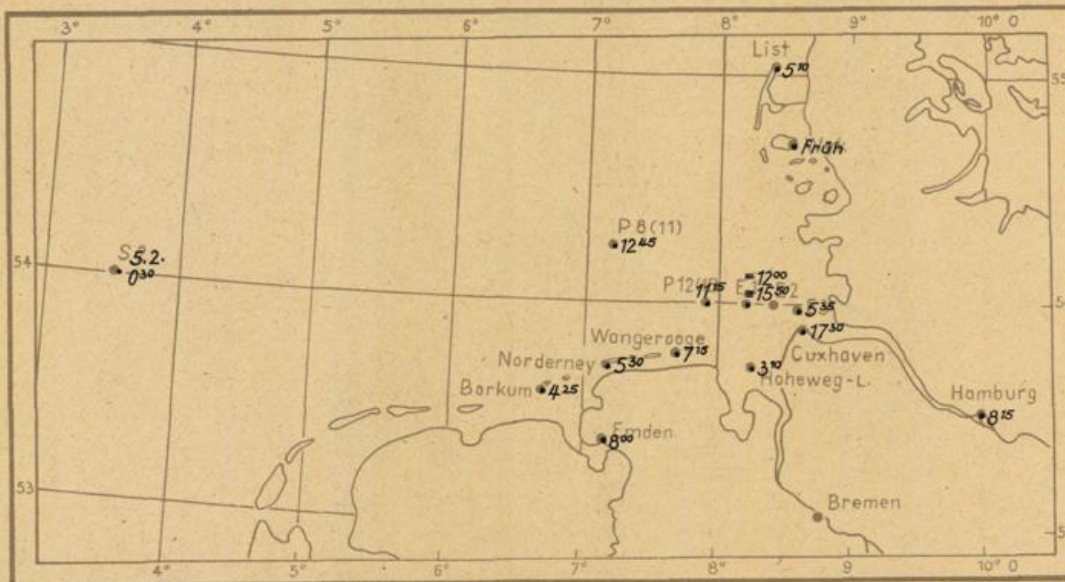
Karte 3 Nebel Eintrittszeiten 14. u. 15. Dezember 1951



Karte 4 Nebelintrittszeiten 27.u.28.Dezember 1946



Karte 4\* Nebelintrittszeiten 21. Dezember 1951



Karte 5 Nebelintrittszeiten 4. Februar 1950



