

Schriften

des

Naturwissenschaftlichen Vereins für Schleswig-Holstein.

Bogen 15—24.

Band XVI Heft 2.

1916.

Seite 207—363.

Vorstand: Geh. Med.-R. Prof. Dr. V. Hensen, Präsident; Geh.-R. Prof. Dr. L. Weber, Erster Geschäftsführer; Prof. Dr. Reibisch, Zweiter Geschäftsführer; Stadtrat a. D. F. Kähler, Schatzmeister; Lehrer O. Strohmeier, Bibliothekar; Geh. Just.-R. Müller, Oberlehrer Prof. Dr. Langemann, Geh.-R. Prof. Dr. Reinke, Prof. Dr. Johnsen, Prof. Dr. Mumm, Prof. Dr. E. Wüst, Beisitzer.

Abhandlungen. — Sitzungsberichte. — Vereinsangelegenheiten.

Inhalt der Abhandlungen: R. Benkendorff: Die Isothermen Schleswig-Holsteins und klimatische Messungen auf Föhr. — H. Zahn: Über den Nachweis elektromagnetischer Wellen an dielektrischen Drähten. — C. W. Christiansen: Über die Gattung Rosa in Schleswig-Holstein. — Derselbe: Bedrohte Pflanzen. — L. Weber: Meteorologische Beobachtungen an schleswig-holsteinischen und benachbarten Stationen in den Jahren 1914 und 1915. — E. Schermer: Verzeichnis der Land- und Süßwasser-Molusken in Schleswig-Holstein.

Die Isothermen Schleswig-Holsteins und klimatische Messungen auf Föhr.

Von **Rudolf Benkendorff**, Hamburg.

Inhalt: Einleitung.

- I. Die Isothermen Schleswig-Holsteins für die Jahre 1869—1910.
 - II. Besondere Temperaturuntersuchungen auf Föhr.
 - III. Relative Intensitäten des Vorderlichts auf Föhr.
 - IV. Relative Intensitäten des Unterlichtes.
 - V. Untersuchungen über die Zunahme der Windgeschwindigkeit mit der Höhe.
 - VI. Untersuchungen über den Einfluß einer Böschung auf die Bewegung der untersten Luftschichten.
-

Einleitung.

Im Jahre 1912 wurde mir durch einen drei Monate währenden Aufenthalt (April, September und Oktober) auf der Insel Föhr Gelegenheit gegeben, dort einige Messungen klimatischer und meteorologischer Natur auszuführen.

Föhr ist eine wegen ihrer geschützten Lage und infolgedessen milden Klimas von Kurgästen und Kranken sehr besuchte Insel. Eingehendere klimatische Untersuchungen würden daher auch aus diesem Grunde ein Interesse bieten. Ich hatte mir nun während meines Aufenthalts die Aufgabe gestellt, an der Hand des schon vorhandenen, noch nicht bearbeiteten Materials ein klimatisches

Bild von Föhr zu entwerfen und dieses durch Beobachtungen in diesem Rahmen zu vervollkommen. Zuerst kam die Untersuchung der Temperaturverhältnisse in Betracht. Weil Föhr eine meteorologische Station im System des preußischen meteorologischen Instituts besitzt, konnte ich eine statistische Bearbeitung der Temperaturdaten durchführen. Um nun zu sehen, welche temperaturklimatische Stellung Föhr in seiner weiteren Umgebung einnimmt, bearbeitete ich das Temperaturmaterial der sämtlichen Stationen Schleswig-Holsteins des Preußischen meteorologischen Instituts in der Weise, daß ich für jeden Monat des Jahres eine Isothermenkarte für die ganze Provinz erhielt.

Die Bearbeitung des Temperaturmaterials und die Interpretation der Isothermenkarten wird der erste und Hauptteil meiner Arbeit sein.

Im zweiten Teil bringe ich einige besondere Temperaturuntersuchungen auf Föhr. Um festzustellen, wieweit sich auf Föhr der Einfluß des Meeres geltend macht, verglich ich die Tagesschwankungen der Temperatur auf der Insel mit den entsprechenden Werten der Stationen Gramm, Flensburg und Husum des benachbarten Festlandes. Daran anschließend bringe ich noch eine Behandlung von Unterschieden in der Tagesschwankung der Temperatur, die sich zwischen Wyk und Südstrand gezeigt hatten und daraufhin von mir genauer untersucht wurden.

Bei der zunehmenden Bedeutung der Freilichttherapie gewinnen Messungen lichtklimatischer Art immer mehr an Bedeutung. Ich habe dem, soweit es mir möglich war, Rechnung getragen und habe Messungen über den Einfluß von Meer und Strand auf die Beleuchtung angestellt. Mit dem von Herrn Prof. L. Weber konstruierten Relativphotometer habe ich das Verhältnis von Vorder- zu Oberlicht an verschiedenen Orten, am Strand, am Wasser und auf dem Lande bestimmt. Im Anschluß an diese Versuche bringe ich in diesem dritten Abschnitte noch Untersuchungen über das sog. Unterlicht, d. h. über die Lichtmenge, die auf eine horizontal dem Erdboden zugekehrte Platte fällt. Diese Messungen, die uns einen Wert für die Größe der Reflexion am Erdboden geben, habe ich gleichfalls über verschiedenem Boden ausgeführt.

Am Schlusse meiner Arbeit bespreche ich Messungen der Zunahme der Windgeschwindigkeit mit der Höhe. Die Windgeschwindigkeit der dem Erdboden anliegenden Luftschicht wird durch die Reibung an der Erdoberfläche geringer werden. Diese Luftschicht wirkt wieder hemmend auf die nächste ein und so fort.

Die Windgeschwindigkeit wird also in dem Maße, in dem die Reibung abnimmt, zunehmen. Durch Messungen der Windgeschwindigkeit in verschiedenen Höhen bis zu 80 m habe ich Werte erhalten, die mir ein Bild der Reibungsverhältnisse geben.

Der Südstrand auf Föhr wird durch eine ca. 5 m hohe Böschung abgeschlossen. Bei südlichen Winden herrschte augenscheinlich auf der Böschung durch Hinaufstreichen des Windes eine größere Windgeschwindigkeit als am Strande. Um nun die Größe der Einwirkung der Böschung auf die Windgeschwindigkeit zu bestimmen, habe ich diese abwechselnd am Strande und auf der Böschung gemessen. Zum Schlusse des letzten Abschnittes bringe ich die Ergebnisse dieser Messungen.

I. Die Isothermen Schleswig-Holsteins für die Jahre 1869—1910.

1. Bearbeitung des Materials.

Die ersten regelmäßigen Temperaturbeobachtungen in Schleswig-Holstein sind von dem Physikus Dr. Neuber in Apenrade angestellt worden. In Kiel führte Prof. G. Karsten vom Jahre 1849 an regelmäßige Temperaturbeobachtungen ein und dank seiner eifrigen Tätigkeit gelang es allmählich, an anderen Orten Beobachter zu finden, so daß er im Jahre 1868 schon an 16 Stationen regelmäßige Messungen eingeführt hatte. Bis zu diesem Jahre sind die Beobachtungen ausführlich bearbeitet in einem 1869 von Prof. G. Karsten herausgegebenem Werk über „Die Verteilung der Wärme in den Herzogtümern Schleswig und Holstein“. In dieser Abhandlung bringt er genaue Aufstellungen der täglichen und jährlichen Periode, der fünftägigen Wärmemittel und, was für mich besonders in Betracht kam, eine Zusammenstellung der Monatsmittel der Stationen und zwei Isothermenkarten, eine für den Januar als Wintermonat und eine für den Juli als Sommermonat.

Mein Ziel war nun die Herstellung einer Isothermenkarte der Provinz für jeden Monat des Jahres. Mir blieb also die Bearbeitung des Materials vom Jahre 1869 an übrig.

Das Material erwies sich aber als äußerst lückenhaft und unvollständig. Aufgegeben sind die Stationen Tondern (1893), Sylt (1896), Segeberg (1905), Apenrade (1892) und Hadersleben (1897). Hinzu kamen später Schleswig (1877), Sylt (1876) und Wyk (1887).

Bei Neumünster, Eutin, Helgoland und Gramm fehlen verschiedene Jahrgänge. Bei den Stationen Plön, Glückstadt, Neustadt und Woltersmühle war das vorhandene Beobachtungsmaterial so unvollständig und spärlich, daß es nicht mit zum Zeichnen der Isothermenkarten herangezogen werden konnte.

Ein über den ganzen Zeitraum sich erstreckendes Material hatten nur Lübeck, Kiel, Hamburg, Meldorf, Husum und Flensburg aufzuweisen.

Das Material der übrigen Stationen war daher passend zu ergänzen. Um einen einwandfreien Mittelwert der Temperatur für jeden Monat zu erhalten, mußte ich sämtliche fehlenden Monatsmittel während der Jahre 1869—1910 durch die entsprechenden Werte zweier benachbarter Stationen ergänzen. Bestand an einem Orte wie Sylt und Helgoland eine Station der deutschen Seewarte, so habe ich die fehlenden Werte durch die der Station der Seewarte ersetzt. Die Art und Weise, wie ich die fehlenden Werte einer Station durch die zweier benachbarter Stationen ergänzt habe, werde ich an einem Beispiele erläutern, und zwar habe ich als Beispiel die Ergänzung von Neumünster durch Eutin und Segeberg für den Januar 1896 gewählt.

Ich vergleiche zuerst die Monatsmittel vom Januar der vorhandenen Jahre von Neumünster mit den entsprechenden Werten von Eutin und Segeberg und erhalte so zwei Reihen von Temperaturdifferenzen von Neumünster gegen Eutin und Neumünster gegen Segeberg.

Das Mittel aus diesen Reihen gibt mir einen mittleren Unterschied der Monatsmittel der Temperatur zwischen obigen Stationen. Diese Mittel sind:

Neumünster gegen Eutin . . . 0,0 Grad

Neumünster „ Segeberg . . + 0,1 „

Um nun die Werte für Neumünster zu erhalten, addiere resp. subtrahiere ich die mittleren Unterschiede zu dem betreffenden Monatsmittel der Stationen. Also: das Monatsmittel vom Januar 1896 in Eutin ist 1,0 Grad, dazu der mittlere Unterschied = 0,0 Grad, bleibt für Neumünster 1,0 Grad.

Das entsprechende Monatsmittel für Segeberg ist 0,5 Grad. Dazu der mittlere Unterschied + 0,1 Grad, ergibt für Neumünster 0,6 Grad. Das Mittel aus den beiden für Neumünster erhaltenen Werten

$$\frac{1,0 + 0,6}{2} = 0,8 \text{ Grad}$$

gibt mir ein durch Ergänzung aus den Stationen Eutin und Segeberg erhaltenes Monatsmittel für den Januar 1896 für Neumünster.

Indem ich so sämtliche fehlenden Werte ergänzte, konnte ich für 17 Stationen Schleswig-Holsteins vollständige Tabellen der Monatsmittel nach Monaten geordnet aufstellen. Vor der Berechnung der Mittelwerte für jeden Monat war noch eine kleine Änderung notwendig insofern, als erst vom Jahre 1880 ab die Temperaturmessung nach der Celsiusskala eingeführt wurde. Es mußten also die Jahre 1869—1879 von Réaumur auf Celsius umgerechnet werden. Ich habe nun in den Tabellen nicht die einzelnen Werte geändert, um die wirklich beobachteten Temperaturen beizubehalten, sondern den positiven Betrag, den die Umrechnung ergibt, in die Endsumme hineingerechnet. Dividiere ich jetzt durch die Anzahl der Jahre, so erhalte ich genaue und einwandfreie Monatsmittel für den ganzen Zeitraum 1869—1910. An der Hand dieser Monatsmittel, die ich am Schlusse der Tabellen¹⁾ besonders zusammengestellt habe, zeichne ich jetzt die Isothermen für jeden Monat für die ganze Provinz und erhalte 12 Karten. (Siehe Tafel I u. II.)

Zusammenstellung der Monatsmittel der Stationen Schleswig-Holsteins für die Jahre 1869—1910.

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
Gramm . . .	0.2	0.3	2.0	5.7	10.3	14.2	15.7	15.1	12.2	8.1	3.7	0.8
Hadersleben . .	0.4	0.4	2.3	6.2	10.7	14.8	16.5	15.6	12.9	8.6	4.1	1.2
Apenrade . . .	0.8	0.7	2.5	5.9	10.7	14.6	16.2	15.6	12.8	8.6	4.3	1.6
Tondern . . .	0.3	0.4	2.4	6.1	10.3	14.5	16.4	15.5	12.7	8.5	3.8	1.0
Sylt	0.9	0.8	2.3	6.0	10.3	14.1	16.1	15.9	13.6	9.5	5.0	2.0
Wyk a. Föhr . .	0.7	0.8	2.5	6.4	10.8	14.7	16.4	16.0	13.6	9.4	4.7	1.8
Flensburg . . .	0.8	1.0	2.7	6.6	11.0	15.1	16.7	15.8	13.2	8.9	4.4	1.6
Husum	0.1	0.5	2.6	6.6	11.1	15.0	16.7	16.0	13.1	8.7	4.1	1.1
Schleswig . . .	0.3	0.7	2.5	6.2	10.7	14.8	16.2	15.5	12.7	8.6	4.2	1.6
Kiel	0.9	1.3	3.1	6.7	11.2	15.2	16.9	16.2	13.4	9.1	4.8	1.9
Helgoland . . .	1.8	1.5	2.7	5.9	9.7	13.6	15.6	15.9	14.2	10.4	6.2	3.2
Meldorf	0.3	0.9	3.1	6.8	11.2	15.1	16.8	16.0	13.3	8.8	4.2	1.1
Neumünster . .	0.0	0.5	2.6	6.5	11.2	15.3	16.8	15.9	12.9	8.3	3.7	0.7
Eutin	0.1	0.4	2.5	6.5	11.0	15.2	16.9	15.9	12.9	8.4	3.9	0.9
Segeberg	—0.3	0.4	2.5	6.5	10.9	15.0	16.4	15.8	12.8	8.2	3.7	0.6
Lübeck	—0.1	0.5	2.6	6.7	11.2	15.4	16.9	15.9	13.7	8.4	3.7	0.7
Hamburg	0.0	0.9	3.2	7.5	11.8	15.6	17.0	16.4	13.6	8.9	4.1	1.1

¹⁾ Die Tabellen der gesamten und ergänzten Monatsmittel der Stationen liegen im Physikalischen Institut der Universität Kiel bei Herrn Geh.-Rat Professor Dr. L. Weber in mehreren Exemplaren aus.

2. Besprechung der Isothermenkarten.

Januar.

Betrachten wir die Isothermen des Monats Januar, so ist auffallend, wie ausgesprochen die Isothermen parallel den Küsten verlaufen, d. h. wie die Verteilung von Land und Wasser auf das Isothermenbild einwirkt. Längs der Westküste verläuft die 0,5 Grad- und längs der Ostküste die 1,0 Grad-Isotherme. Nach dem Innern des Landes zu nimmt die Temperatur ab bis zu — 0,1 Grad (Husum). Sie wächst mit der Entfernung von der Küste, und zwar ziemlich stark (Küste 0,5 Grad, Helgoland 1,8 Grad). Im Norden entwickelt sich keilförmig eine 0,25 Grad-Isotherme und im Süden der Provinz ebenfalls keilförmig die 0 Grad-Isotherme, die von Hamburg über Neumünster und zwischen Lübeck und Eutin verläuft. Innerhalb dieses Gebietes von 0 Grad zeigen sich niedrigere Temperaturen bis zu — 0,3 Grad (Segeberg).

Februar.

Der Monat Februar zeigt ungefähr dasselbe Isothermenbild wie der Januar, nur viel gleichmäßiger und ausgeglichener. Auf dem Lande haben wir eine durchschnittliche Temperatur von 0,5 Grad. Ungefähr an der Ost- und Westküste verläuft die 1,0 Grad-Isotherme. Die Temperatur wächst wieder mit der Entfernung von der Küste, aber nicht mehr in dem Maße wie im Januar: Küste 1,0 Grad, Helgoland 1,5 Grad.

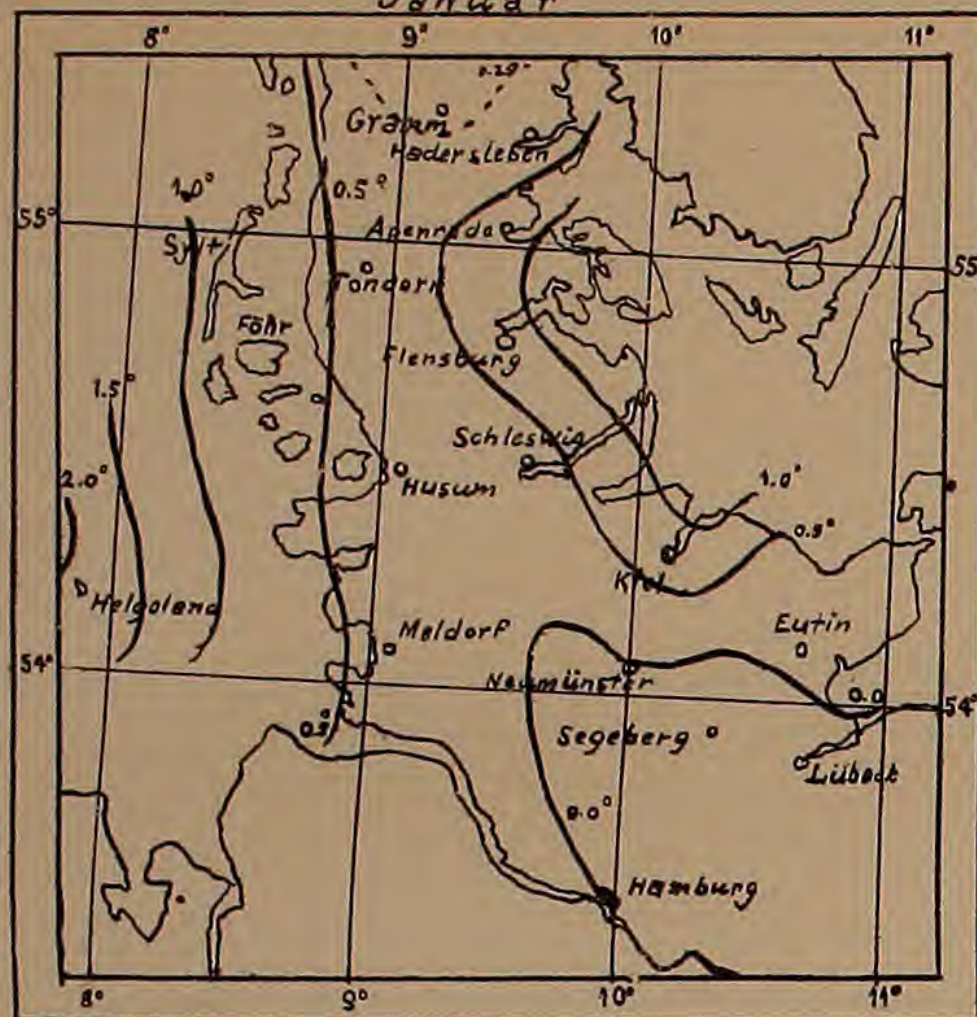
März.

Während, wie wir gesehen haben, die Temperatur im Winter auf dem Lande geringer ist als an der See, so haben wir im Sommer das umgekehrte Bild: kühlere Temperaturen an der See, höhere im Inneren des Landes. Das Isothermenbild des März zeigt nun an der Westküste unverkennbar den Übergang vom Winter- zum Sommerklima.

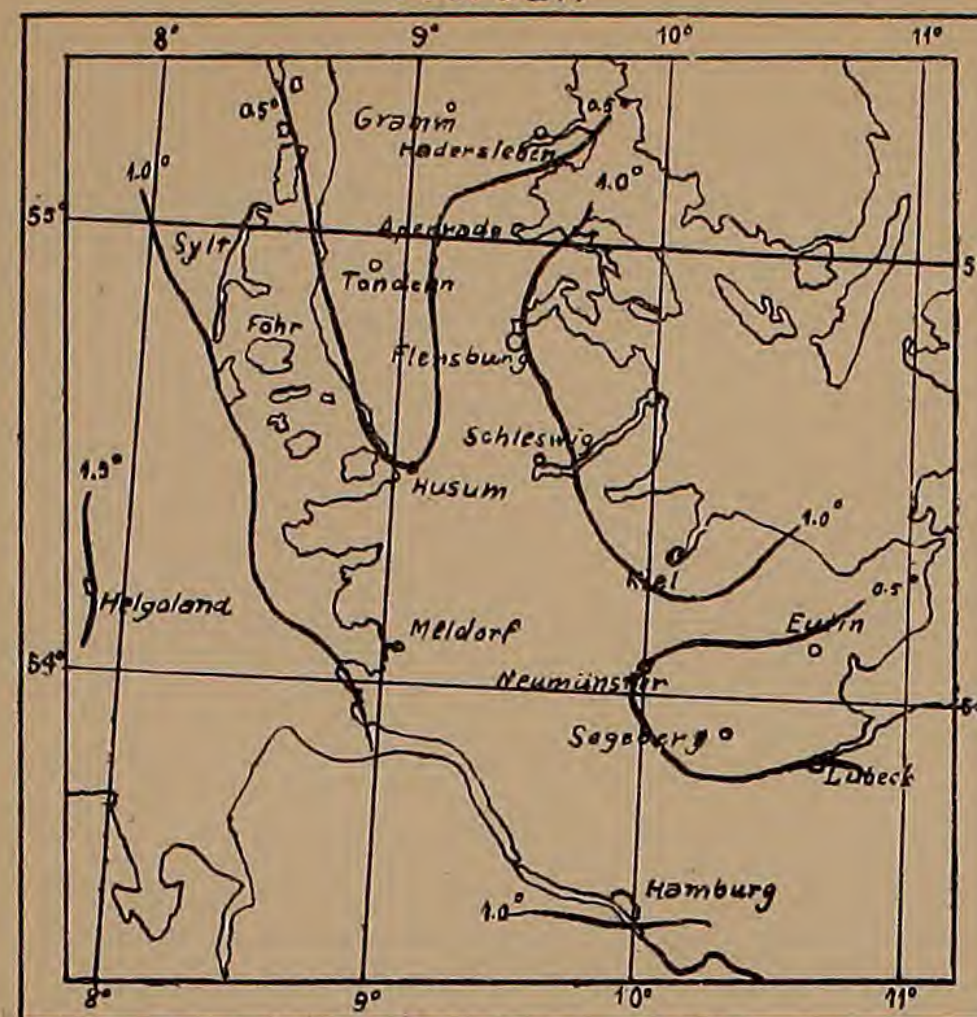
Die westlichen Isothermen, die im Februar noch in nord-südlicher Richtung verlaufen, haben eine Drehung um ca. 90 Grad im entgegengesetzten Sinne des Uhrzeigers vollführt, wie wenn eine von Norden (Skandinavien) kommende, kalte Meeresströmung auf sie eingewirkt hätte. Hier haben wir auch schon auf dem Meere niedrigere Temperaturgrade als auf dem Lande: Helgoland 2,7 Grad, Meldorf 3,1 Grad. Im Norden und Osten haben wir dagegen noch dieselben Verhältnisse wie in den Wintermonaten. Die Isothermen zeigen eine starke Einbuchtung im Innern des Landes nach Süden zu. Im Süden selbst haben wir auf dem Lande eine kältere Zone



Januar



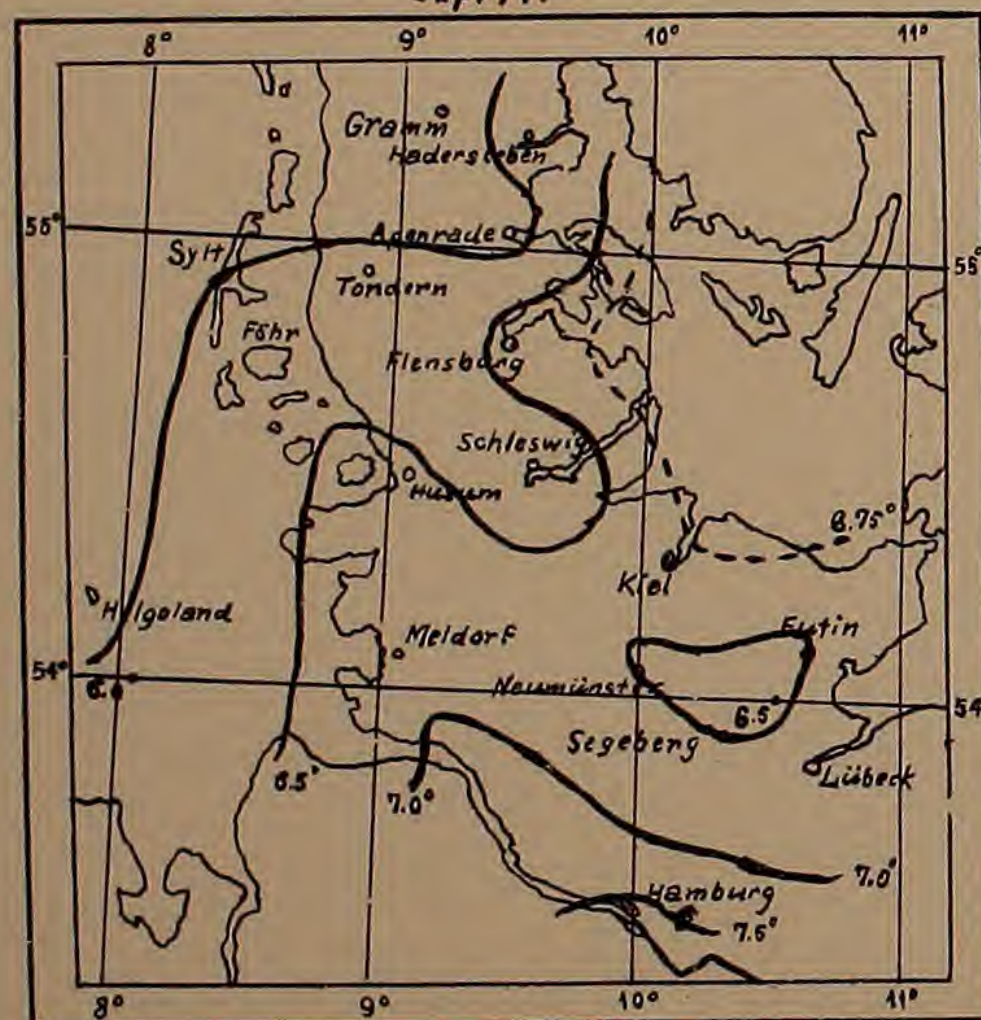
Februar



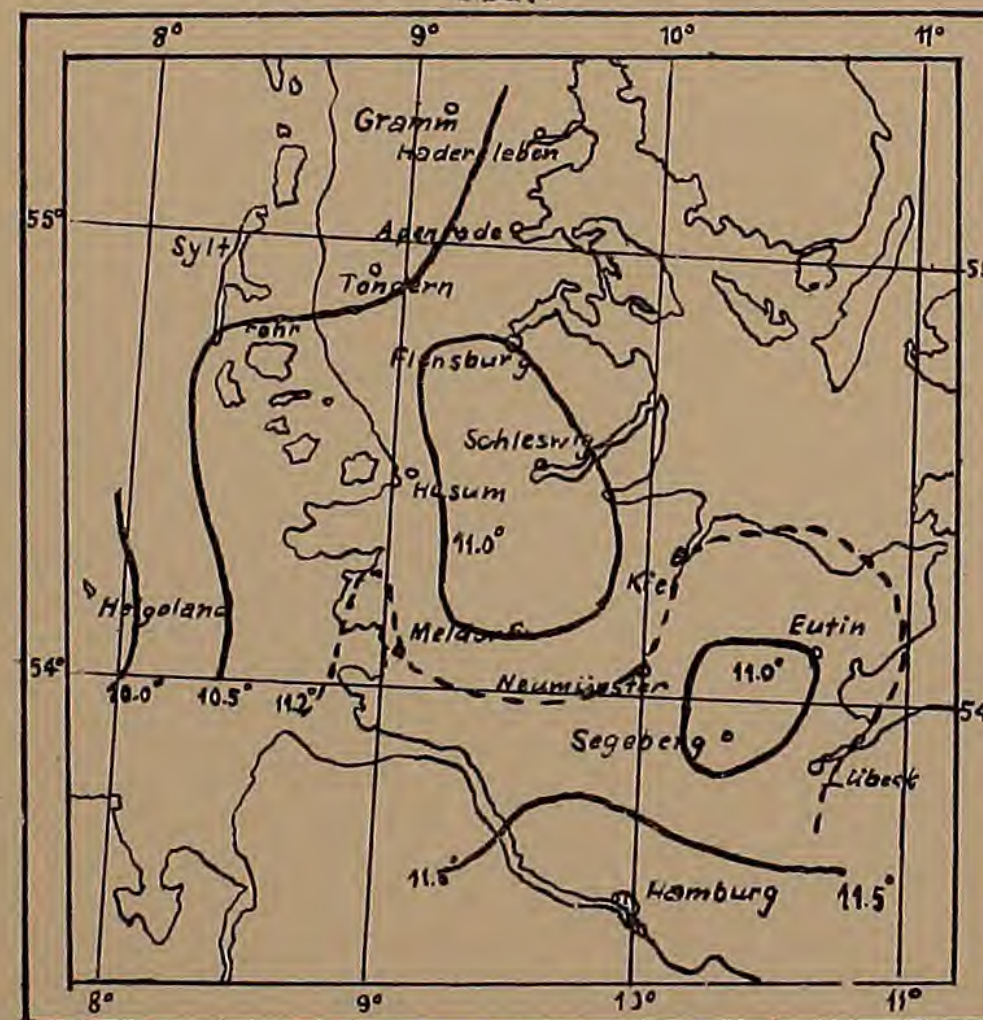
März



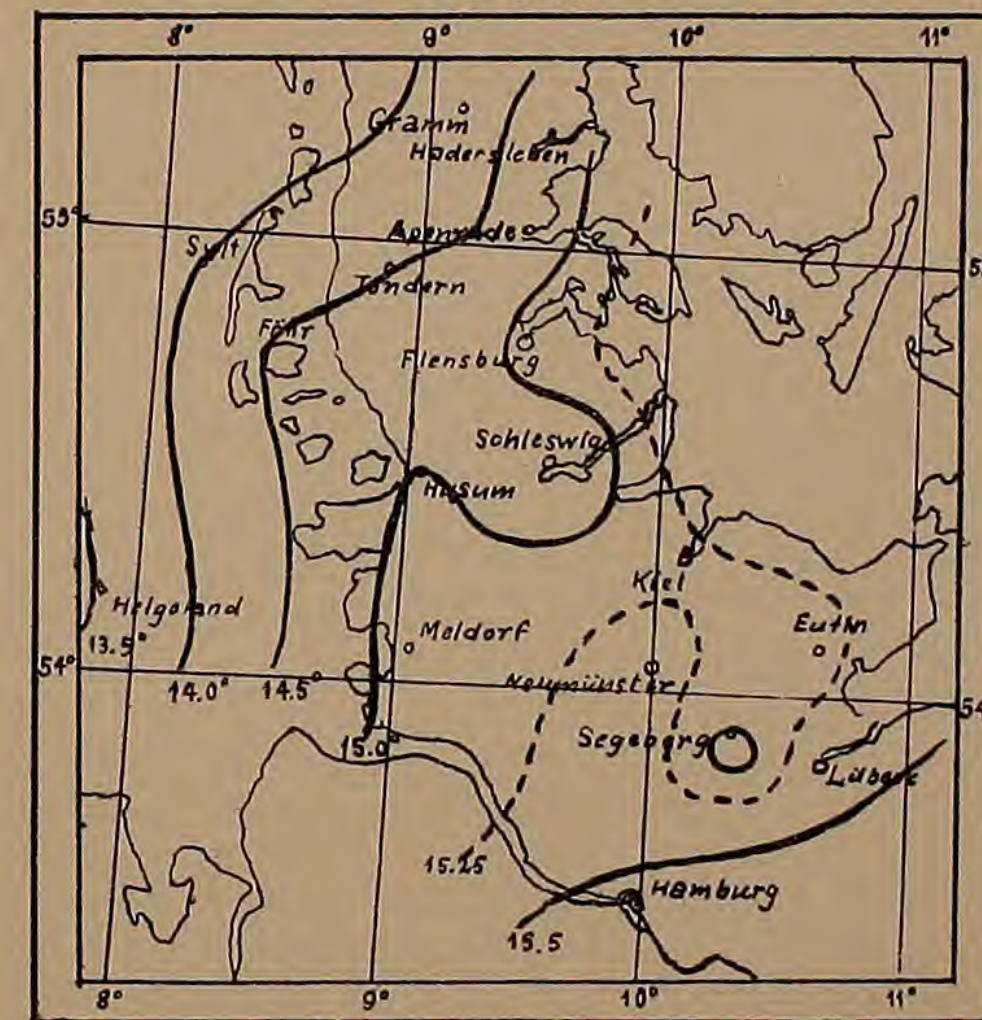
April



Mai



Juni



von 2,75 Grad und 2,5 Grad zu 3 Grad an den Küsten. An der Ostküste wächst die Temperatur nach dem Meere zu, also das gleiche Bild wie im Winter.

April.

Im Isothermenbild des Monats April treten die Übergangssymptome, das Drehen der Isothermen, immer deutlicher in Erscheinung. Die Isothermen verlaufen an der Westküste schon direkt ihr parallel, und die Temperatur nimmt mit der Entfernung von der Küste nach der See zu ziemlich schnell ab: Husum 6,6 Grad, Meldorf 6,8 Grad, Helgoland 5,9 Grad. Auf dem Lande haben wir nicht mehr, wie im Winter, ein Gebiet gleichmäßig niedriger Temperatur, sondern eine ziemlich erhebliche Zunahme der Temperatur in der Richtung von Norden nach Süden, wie wir sie auch schon im März beobachten konnten: Gramm 5,7, Schleswig 6,2, Neumünster 6,5 und Hamburg schon 7,5 Grad. An der Ostküste nimmt die Temperatur, wie stets nach dem Meere hin, zu.

Mai.

In diesem Monat haben wir auf dem Lande eine überaus gleichmäßige Temperatur von 11,0 Grad, und zwar auf dem Gebiet zwischen den Küsten von Flensburg bis nördlich Neumünster und in der Gegend Eutin-Segeberg. Dazwischen haben wir eine etwas höhere Temperatur von 11,2 Grad (Kiel-Neumünster). Im Norden ist jetzt auch der östliche Zweig der Isotherme der Drehung gefolgt. Die 10,5 Grad-Isotherme verläuft, von Süden kommend, parallel der Westküste bis Sylt, biegt dann ins Land hinein und geht zwischen Tondern und Apenrade wieder in die Nord-Südrichtung. Eine Zunahme der Temperatur findet also nicht mehr von Norden nach Süden, sondern von der West- zur Ostküste statt: Gramm-Tondern 10,3, Apenrade-Hadersleben 10,5 Grad.

Juni.

Die Abnahme der Temperatur von Osten nach Westen tritt immer deutlicher in die Erscheinung. Die Juni-Isothermen verlaufen, abgesehen von einer kleinen Einbuchtung an der Westküste, von Norden nach Süden. Die 14,5 Grad-Isotherme verläuft mit der Westküste bis Föhr und geht dann über Tondern und Apenrade weiter nördlich. Die 15,0 Grad-Isotherme biegt bei Husum zurück ins Land bis nördlich von Kiel und zieht dann wieder nördlich über Flensburg. In dem an diese Ausbuchtung grenzenden Teil der Provinz haben wir ein Gebiet gleichmäßiger Temperatur von durchschnittlich 15,0 Grad. Erst im Süden nach dem Binnenlande

zu steigt die Temperatur: Hamburg 15,6 Grad. Von der Ostküste aus steigt die Temperatur nach dem Meere zu; an der Westküste fällt sie schneller mit der Entfernung von der Küste: Meldorf 15,1, Helgoland 13,6 Grad.

Juli.

Der Juli zeigt im allgemeinen dasselbe Bild wie der Juni, nur sind die Ausbuchtungen weit stärker ausgebildet. Man kann jetzt eine Zunahme der Temperatur von Westen nach Osten und von Norden nach Süden feststellen. Die Temperaturen steigen im Inneren des Landes in der Richtung Nord-Süd von 15,7 (Gramm) über 16,7 (Flensburg), 16,8 (Neumünster) bis 17,0 (Hamburg), in der Richtung von Westen nach Osten von 16,5 an der West- bis 17,0 Grad an der Ostküste. Von der Westküste nach dem Meere zu fällt die Temperatur bis Helgoland (15,6 Grad) um ca. 1 Grad.

August.

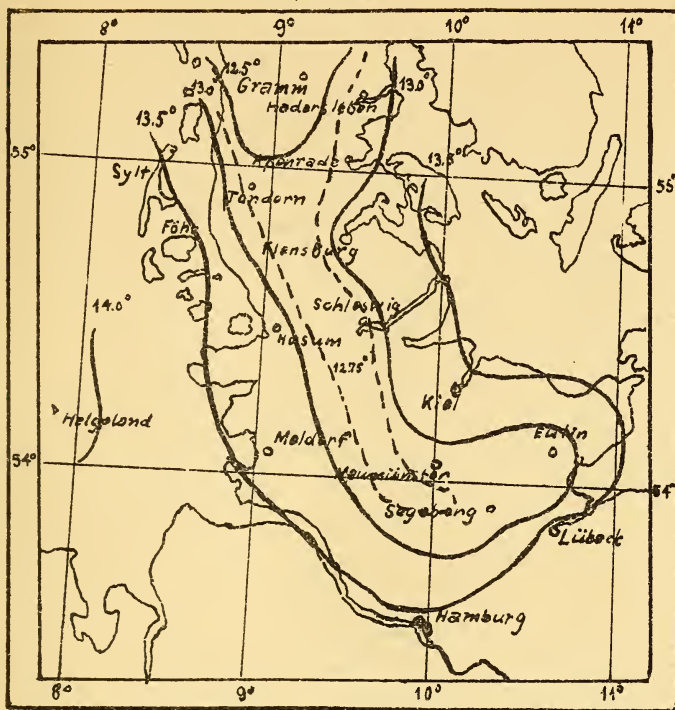
Das Isothermenbild dieses Monats ist ein äußerst einfaches und klares. Es gleicht im Aussehen fast ganz dem des Februar, die Temperaturen sind nur um genau 15 Grad höher. Auch sind hier wieder die Temperaturgrade des Landes im Verhältnis zu denen der Küste und des Meeres geringer, wie es bei den Wintermonaten zu beobachten war. Von Norden her dringt keilförmig die 15,5 Grad-Isotherme zwischen die an den beiden Küsten verlaufenden 15,0 Grad-Isothermen hinunter bis Schleswig. Im Süden nimmt die Temperatur langsam nach dem Binnenlande hin zu: Hamburg 16,4 Grad.

September.

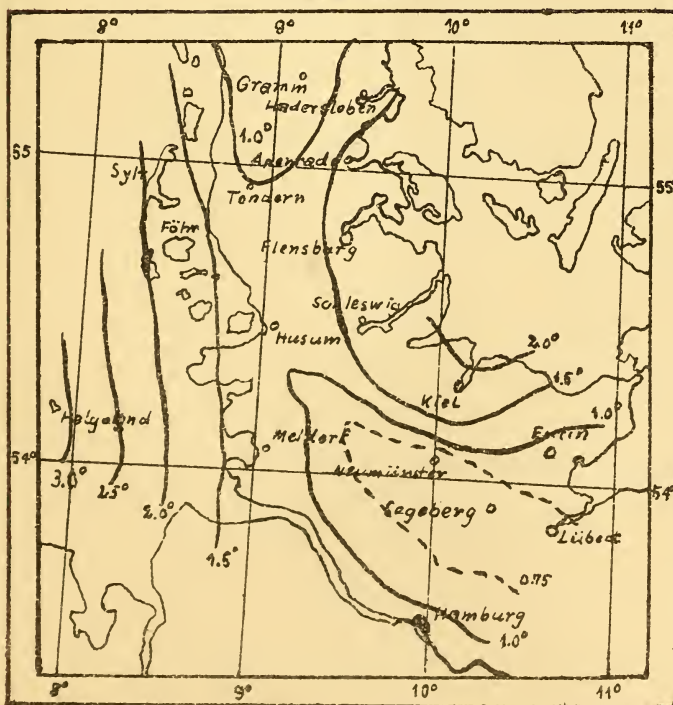
Die Karte des September zeigt nur einseitig im Süden geschlossene Isothermenzüge. Sie verlaufen in Richtung der Westküste, kehren im Süden um und erstrecken sich nordwärts, sich an die Ostküste anlehnend. Die Temperatur wächst vom Inneren des Landes aus nach Westen und Osten ziemlich stetig. Im Inneren haben wir einen schmalen Streifen von 12,7 Grad, der sich bis nach Neumünster im Süden erstreckt. Bis innerhalb der Küsten steigt die Temperatur auf 13,0 Grad, dann schnell auf 13,5 Grad und weiter; Helgoland 14,2 Grad.

Die Isothermenbilder der drei letzten Monate Oktober, November und Dezember zeigen alle die gleichen, ungefähr folgenden Merkmale: Zungenförmig dringen zwei Isothermen gleichen Temperaturgrades, die eine von Norden, die andere von Süden her ins Land hinein, ohne jedoch ineinander überzugehen. Auf ihrer offenen Seite, d. h. im Norden und im Süden, liegen Gebiete niederer

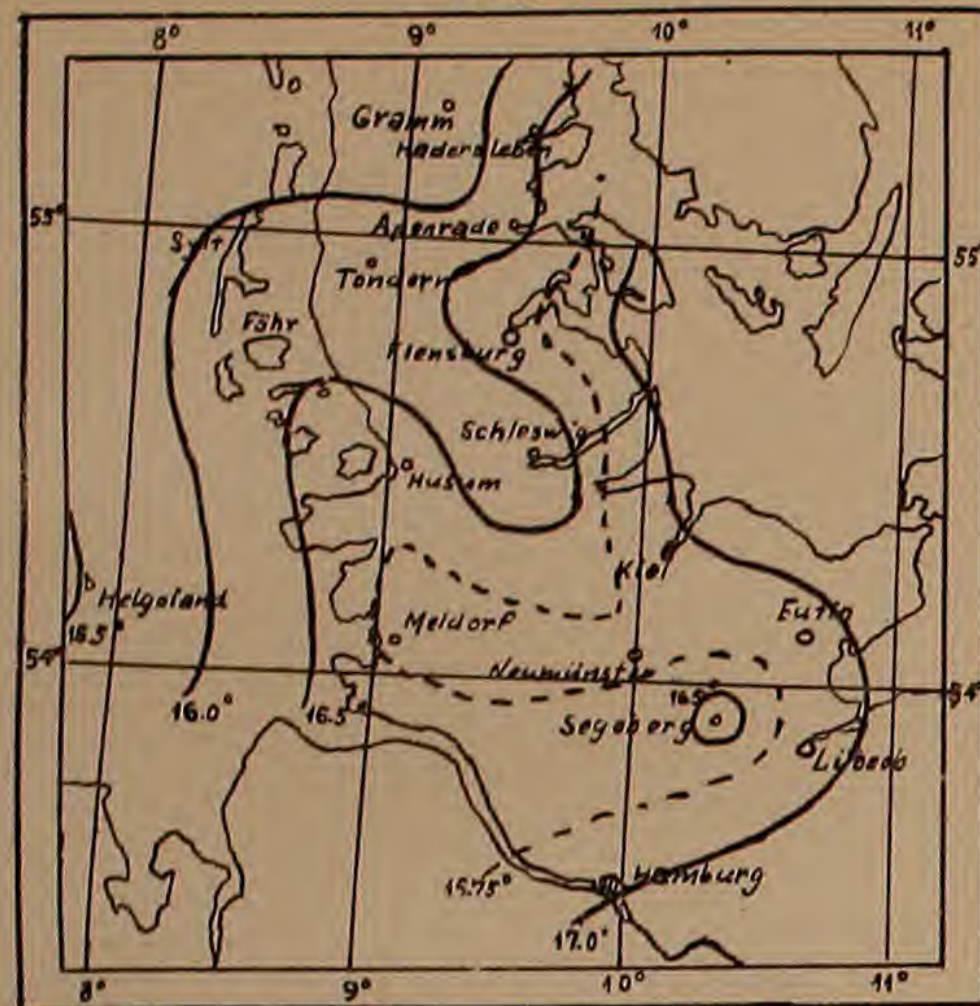
September.



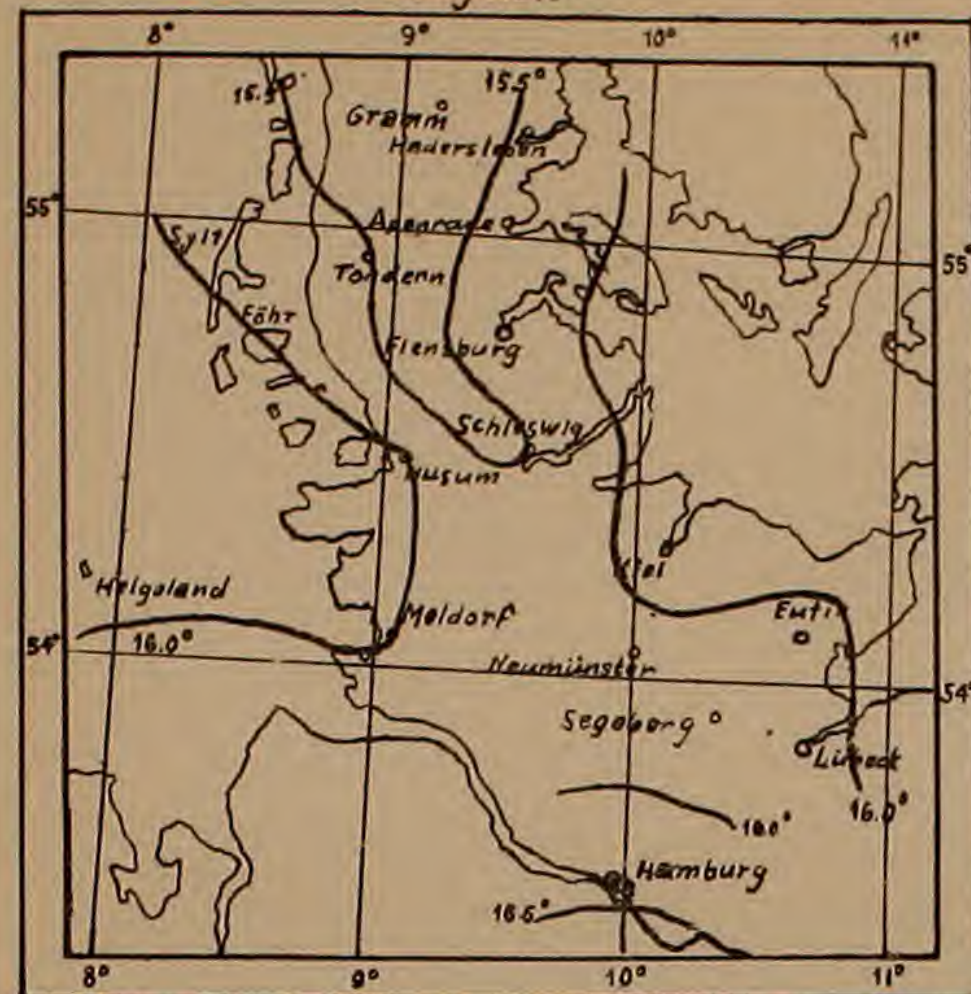
Dezember.



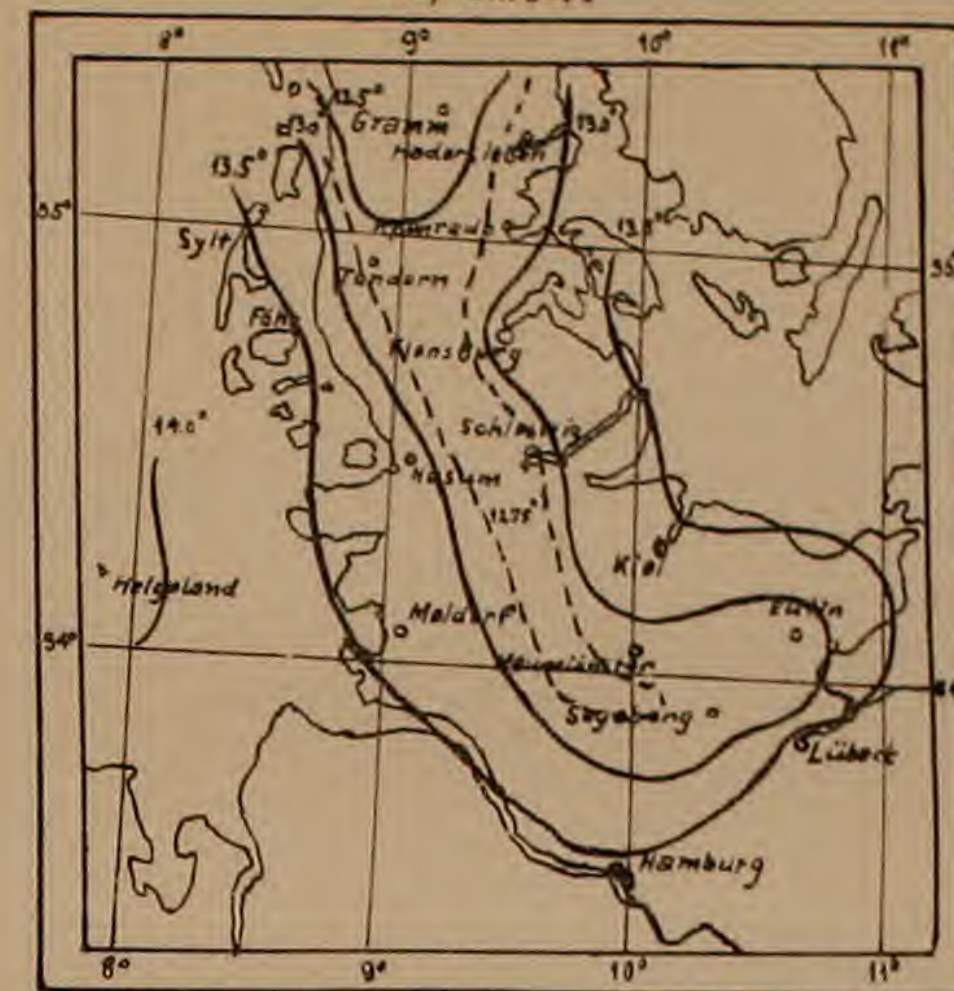
Juli



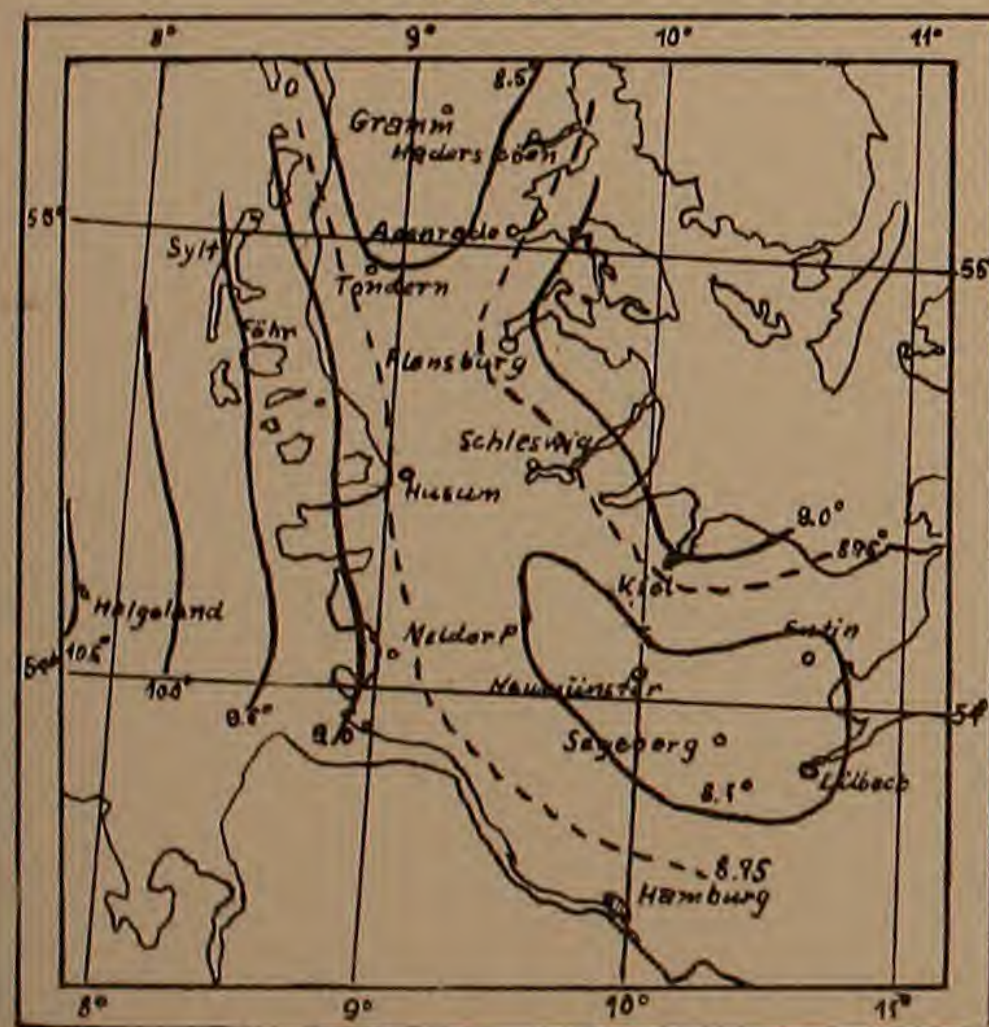
August.



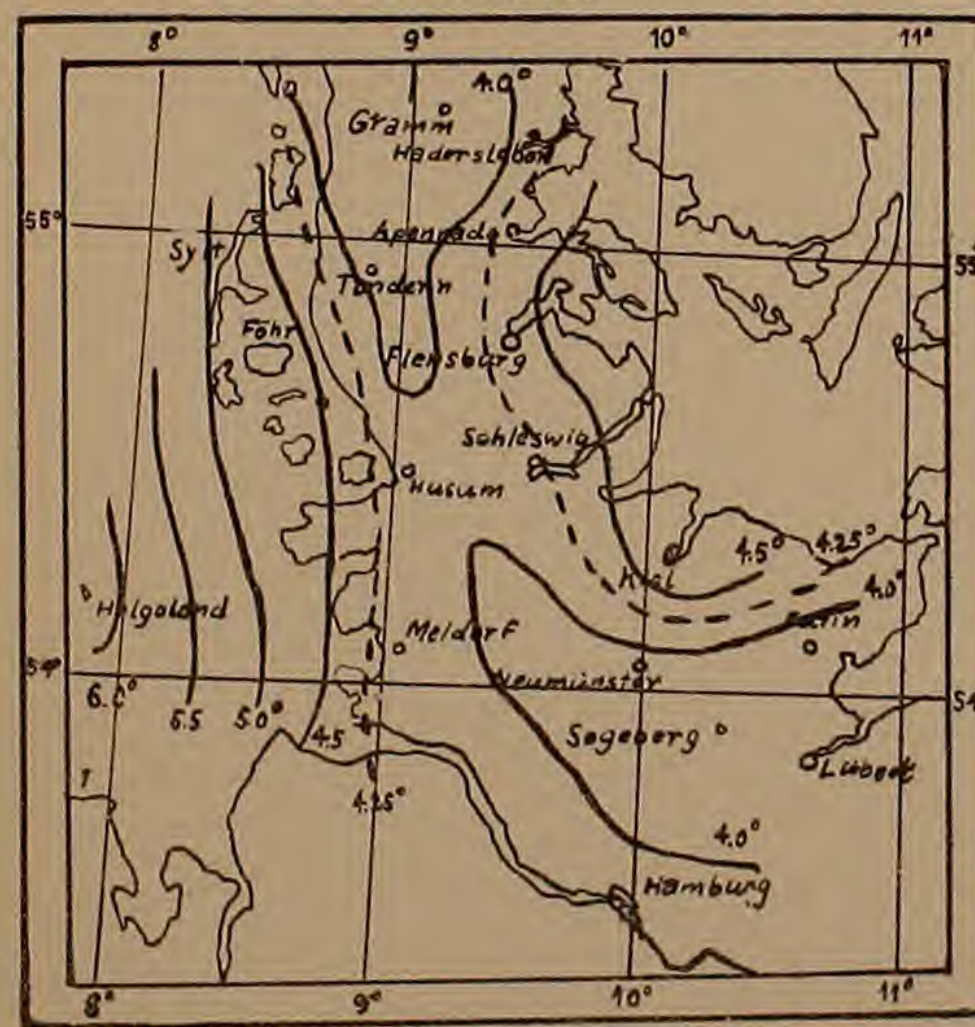
September.



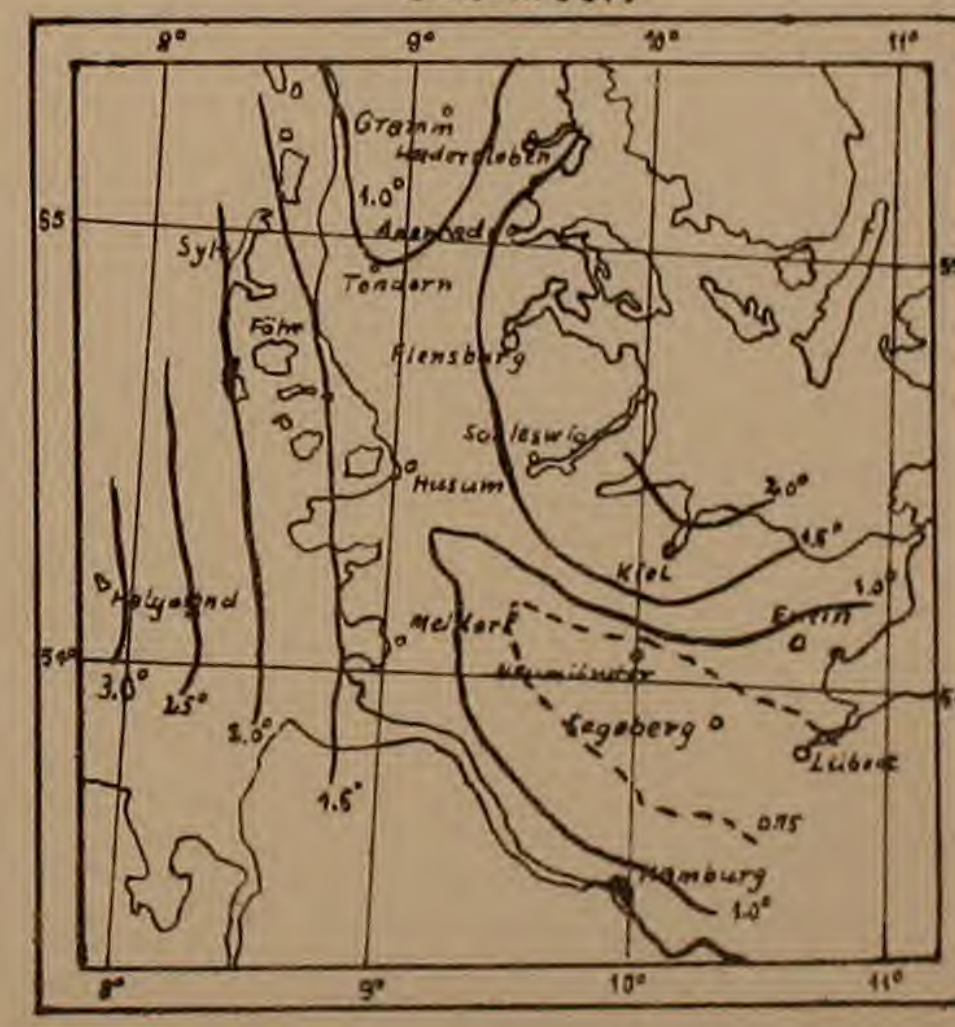
Oktober.



November



Dezember.



Temperatur. Die anderen Isothermen verlaufen parallel den Küsten, und die Temperatur nimmt mit der Entfernung von der Küste zu.

Die besonderen Temperaturdaten der einzelnen Monate sind kurz folgende:

Oktober.

Auf dem Lande haben wir eine Temperatur von 8,5 Grad. An die Küsten lehnt sich die 9,0 Grad-Isotherme an. Helgoland zeigt die hohe Temperatur von 10,4 Grad.

November.

Das Land weist eine durchschnittliche Temperatur von 4,0 Grad auf. Im Norden hat Gramm nur 3,7 Grad, im Süden Lübeck und Segeberg auch nur 3,7 Grad. An den Küsten verläuft die 4,5 Grad-Isotherme. Helgoland hat 6,2 Grad.

Dezember.

Die durchschnittliche Temperatur auf dem Lande ist 1,0 Grad. Im Norden hat Gramm nur 0,8 Grad, im Süden Segeberg nur 0,6 Grad. Die Küsten zeigen eine Temperatur von 1,5 Grad. Nach dem Meere zu haben wir eine Zunahme der Temperatur: Kiel 1,9 Grad, Helgoland 3,2 Grad.

Um das Ergebnis kurz zusammenzufassen, können wir sagen: In den Winter- und Herbstmonaten Dezember, Januar, Februar, August, September, Oktober und November sind die Temperaturen auf dem Lande niedriger im Verhältnis zur Küste und zum Meer. Im März nimmt die Temperatur von Norden nach Süden zu. In den Monaten April, Mai, Juni und Juli ist die Richtung der Zunahme quer durch das Land von Westen nach Osten.

Die Unterschiede der Temperatur sind am größten in den Monaten Oktober, November, Dezember und Juni, und zwar zirka 2 Grad. Die gleichmäßigste Verteilung der Temperatur zeigen die Monate Februar und August.

Vergleiche ich nun meine Isothermenkarten mit denen, die Prof. Karsten in seiner anfangs erwähnten Abhandlung vom Jahre 1869 bringt, so zeigt sich im Januar, daß der Verlauf der Isothermen derselbe ist; sie verlaufen ebenfalls parallel den Küsten, nur die Temperaturen sind in der Karstenschen Karte, d. h. für die Jahre 1849—69, wenigstens $\frac{1}{2}$ Grad tiefer. In der Isothermenkarte von Karsten lehnt sich die 0,0 Grad-Isotherme den Küsten an, bei meinen Karten die 0,5 Grad-Isotherme. Im Inneren des Landes herrscht nach Karsten eine Temperatur von ca. — 0,5 Grad Reaumur, nach meiner Januarkarte nur ca. 0,0—0,25 Grad.

Im Juli sind die Verhältnisse an der Ostküste dieselben bei der Karstenschen Isothermenkarte, wie bei meiner. Die Westküste jedoch zeigt für die Jahre 1849—69 eine um $\frac{1}{2}$ —1 Grad höhere Temperatur, als die während der von mir betrachteten Zeit 1869 bis 1910.

Wollen wir nun vom Monat Januar auf die Wintermonate und vom Monat Juli auf die Sommermonate schließen, so ist das Ergebnis des Vergleichs folgendes:

In den Jahren 1849—69 waren die Temperaturgrade im Winter in der ganzen Provinz um ca. $\frac{1}{2}$ Grad tiefer als für die Jahre 1869—1910. Im Sommer sind für den ersten Zeitraum die Temperaturen an der Westküste um ca. $\frac{1}{2}$ —1 Grad höher als für den letzten Zeitraum.

II. Besondere Temperaturuntersuchungen auf Föhr.

Bei der Betrachtung des besonderen Temperaturklimas von Föhr ist es von großem Interesse, zu sehen, in welchem Maße sich auf Föhr der Einfluß des Meeres geltend macht. Es ist eine bekannte Tatsache, daß das Meer dämpfend auf die Temperatur-extreme einwirkt, d. h. eine geringere Maximaltemperatur und eine nicht so tiefe Minimaltemperatur herbeiführt. Die Differenz zwischen Maximum und Minimum der Temperatur ist aber die Tagesschwankung, und wir können kurz sagen, daß die Nähe des Meeres die Tagesschwankung verkleinert. Eine genaue Untersuchung der Tagesschwankung und ein Vergleich der Werte von Föhr mit einigen auf derselben Breite gelegenen Stationen des Festlandes gibt also ein Maß für die Einwirkung des Meeres auf das Klima von Föhr.

Um dies nun zu erreichen, habe ich in den folgenden Tabellen nach dem Material der Station Wyk a. Föhr für die vorhandenen Jahre 1888—1908 die Monatsmittel der Tagesschwankung der Temperatur, nach Monaten geordnet, zusammengestellt und den Mittelwert für jeden Monat berechnet. Dasselbe habe ich für Gramm, Flensburg und Husum als Stationen des Festlandes zum Vergleich mit Wyk durchgeführt. Um die Endwerte besser übersehen und vergleichen zu können, habe ich aus den Werten der drei Landstationen das Mittel genommen und diese Mittel nebst denen von Föhr graphisch in Kurvenform gebracht, indem ich als Abszissen die Monate des Jahres und als Ordinaten die Tagesschwankungen angenommen habe. Ich erhalte so die zwei Kurven, die eine für

Föhr und die andere zum Vergleich aus den Mitteln der drei Stationen des Landes: Gramm, Flensburg und Husum.

Vergleichen wir die Kurven miteinander, so sehen wir, daß die Temperaturschwankungen auf dem Lande beträchtlich größer sind als auf Föhr. Der Unterschied beträgt im Durchschnitt 1,5 Grad. Er ist am größten im Sommer (Maximum 2,4 Grad im Juni) und am geringsten im Winter (Minimum 0,6 Grad im Dezember und Januar). Dies heißt also, daß die Einwirkung des Meeres auf das Temperaturklima von Föhr eine Herabsetzung der Tagesschwankung um 1,5 Grad im Jahresmittel zur Folge hat, und daß diese Einwirkung im Sommer größer ist als im Winter.

Die Kurven sagen uns ferner noch etwas über die Tageschwankung im allgemeinen, über ihre Änderung im Verlaufe eines Jahres. Die Tagesschwankung ist am geringsten im Monat Dezember. Sie steigt langsam bis zum Februar und dann schnell bis zu ihrem höchsten Wert, den sie im Mai und Juni erreicht. Von hier ab findet ein erst langsames (bis September), dann schnelles Abnehmen bis zum Monat Dezember statt.

Monatsmittel der Tagesschwankung der Temperatur für die Stationen Wyk a. Föhr, Gramm, Flensburg und Husum 1888—1908.

1. Wyk a. Föhr.

Jahr	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
1888	3.4	3.8	4.4	5.2	6.8	7.4	5.5	5.8	5.8	4.5	3.8	3.3
89	3.9	4.4	4.6	5.1	7.8	8.7	6.8	5.9	6.0	4.0	4.1	3.5
1890	4.1	4.0	5.3	5.8	7.8	6.6	6.5	6.4	5.6	5.0	4.3	3.5
91	3.6	3.7	4.1	5.6	6.9	6.8	6.0	5.0	4.8	4.5	3.9	3.4
92	4.1	3.7	5.2	7.9	8.1	7.5	7.5	6.9	5.5	5.0	3.0	4.5
93	4.2	4.0	5.9	8.6	8.3	9.1	7.8	7.4	5.9	4.2	4.6	3.3
94	3.3	3.9	5.9	6.9	7.9	6.8	7.6	6.2	7.5	5.6	3.5	3.7
95	4.2	5.5	3.0	7.1	8.3	9.0	5.9	6.8	7.3	5.4	3.9	3.0
96	3.7	3.8	5.7	5.9	8.4	8.6	9.0	7.0	5.5	4.4	4.6	3.2
97	4.1	4.2	4.0	6.6	7.6	9.1	7.5	7.6	6.6	5.5	4.8	3.9
98	3.8	4.4	4.4	6.1	7.0	7.9	6.8	7.9	8.5	5.2	4.3	4.6
99	4.7	1.2	6.3	6.6	8.0	9.5	8.1	9.3	7.6	6.2	5.2	4.5
1900	3.5	4.5	6.3	6.6	8.5	8.8	9.1	8.6	8.0	6.6	3.6	3.8
01	5.2	5.4	5.3	6.7	9.1	8.1	9.9	8.2	8.0	6.3	6.3	4.4
02	4.0	5.3	5.7	6.3	7.4	10.2	8.3	7.1	8.3	5.9	4.1	4.1
03	3.6	3.8	4.7	6.1	7.9	8.8	7.2	5.6	7.3	4.9	4.1	2.5
04	2.9	3.6	5.0	6.3	7.1	7.7	9.3	8.9	7.5	5.9	4.1	3.4
05	4.1	3.8	4.5	5.0	8.9	8.3	7.7	7.7	6.0	6.1	3.3	3.0
06	3.3	3.4	4.6	8.3	7.4	7.5	9.4	7.0	5.7	4.7	3.4	4.8
07	4.1	3.8	5.8	6.8	7.7	6.1	7.7	6.0	8.3	4.2	4.4	2.9
08	3.9	3.6	4.1	6.6	6.7	8.3	8.0	7.0	6.4	5.2	5.2	3.2
Summe .	81.7	83.8	104.8	137.1	163.6	160.8	161.6	148.3	142.1	109.3	88.5	76.5
Mittel . .	3.9	4.0	5.0	6.5	7.8	7.7	7.7	7.1	6.8	5.1	4.3	3.6

2. Gramm.

Jahr	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
1888	4.9	4.9	6.1	6.6	9.2	9.7	7.1	7.0	8.0	6.9	4.8	4.1
89	4.2	5.5	6.6	6.5	11.0	11.5	9.6	7.5	8.5	5.3	5.9	3.5
1890	4.6	4.6	5.8	7.1	9.1	8.0	8.0	9.2	8.8	8.1	6.4	5.8
91	6.4	5.2	7.1	9.2	10.7	11.4	10.0	7.5	9.1	8.2	6.3	4.8
92	5.8	6.3	7.5	11.1	10.9	10.3	10.1	9.4	8.0	6.9	4.4	6.4
93	6.9	6.3	7.6	12.4	11.5	12.0	11.0	11.2	9.6	7.2	6.5	5.1
94	6.6	5.6	10.0	9.4	11.3	10.4	10.8	8.4	10.7	8.5	5.2	5.2
95	6.6	8.8	7.1	10.5	11.3	11.8	8.3	9.5	10.1	7.3	5.7	3.7
96	4.5	5.0	6.9	8.4	12.0	13.2	13.9	10.9	9.3	7.6	6.2	3.7
97	5.6	6.4	4.7	8.7	10.3	12.4	9.4	9.7	9.2	7.5	5.7	4.1
98	4.5	4.8	5.3	7.5	8.8	9.7	7.9	8.9	10.9	6.4	5.1	4.6
99	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1900	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
01	5.6	7.1	6.0	8.2	13.0	9.7	12.7	10.6	10.2	7.9	8.5	5.7
02	4.5	8.1	6.6	8.6	9.0	12.5	9.6	9.3	9.4	7.7	6.2	4.1
03	5.1	5.0	6.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—
04	3.3	5.0	6.0	7.8	—	11.0	13.0	9.8	9.9	8.7	6.1	4.7
05	5.7	5.0	5.9	6.6	12.4	10.4	9.5	9.4	7.3	8.3	4.8	4.2
06	4.6	4.1	6.3	11.0	10.6	11.1	11.9	10.3	10.6	6.5	5.1	7.5
07	5.9	6.0	8.2	9.7	10.4	8.6	10.0	8.0	10.5	7.1	5.8	4.5
08	5.6	5.2	4.8	7.9	10.3	11.3	10.0	9.2	7.3	8.1	7.5	4.8
Summe .	100.9	108.9	115.3	157.2	181.8	195.0	182.8	165.8	167.4	134.2	106.2	86.8
Mittel . .	5.2	5.7	6.1	8.7	10.7	10.8	10.2	9.2	9.3	7.5	5.9	4.8

3. Flensburg.

1888	3.6	3.6	4.9	5.3	7.3	8.0	5.8	6.4	6.9	5.6	3.5	3.0
89	3.7	4.0	4.9	5.5	9.4	10.6	8.3	7.0	6.6	4.8	4.7	3.3
1890	4.2	3.7	6.7	7.0	8.9	7.8	8.3	8.1	7.7	5.3	4.6	4.0
91	4.9	4.5	5.0	6.8	8.8	8.9	8.3	6.5	7.1	6.4	4.2	3.6
92	4.6	4.7	7.1	10.2	9.5	9.6	9.5	9.5	7.2	6.0	4.0	5.7
93	6.6	5.2	6.6	10.0	10.1	11.0	10.6	9.6	8.1	5.9	5.6	4.4
94	4.1	4.3	7.2	7.3	9.0	9.5	10.0	7.7	9.5	5.7	4.2	3.9
95	4.4	6.5	5.4	7.8	8.1	9.1	7.7	9.4	8.8	5.6	4.6	3.3
96	3.8	3.8	6.2	7.1	9.1	11.8	11.0	9.3	7.9	6.0	4.4	3.4
97	4.2	4.9	4.6	7.2	8.1	10.7	8.6	9.1	8.4	5.6	5.2	3.3
98	3.6	3.9	4.2	5.8	7.1	7.9	6.5	7.1	8.7	4.8	4.2	4.0
99	4.1	4.9	6.5	7.3	8.0	9.6	8.1	9.0	7.0	6.8	5.4	5.1
1900	3.5	4.9	5.5	6.3	8.5	8.0	8.0	7.4	7.4	6.1	3.7	3.8
01	4.8	5.8	5.0	6.4	8.6	8.6	10.9	8.7	8.5	5.8	6.7	4.5
02	3.3	5.2	5.3	6.7	7.3	8.6	7.9	6.4	7.6	5.6	4.3	4.0
03	4.8	5.3	6.1	6.6	8.9	9.8	8.3	7.7	8.4	5.8	5.3	3.1
04	3.2	3.9	5.0	8.0	8.2	10.4	12.4	9.9	9.4	7.9	5.0	4.8
05	5.5	5.0	5.6	6.1	11.9	9.8	8.9	9.4	7.9	8.1	5.4	4.0
06	4.5	4.1	5.5	11.2	9.8	10.3	11.0	9.0	9.6	6.7	4.1	6.6
07	4.8	4.9	7.5	8.0	9.2	7.3	9.1	7.7	10.0	7.3	6.0	4.1
08	5.1	4.9	4.8	7.7	8.1	9.8	9.7	8.6	7.5	8.1	7.3	3.9
Summe .	91.3	98.0	119.6	154.3	183.9	197.1	188.9	173.5	170.2	129.9	102.4	85.8
Mittel . .	4.3	4.7	5.7	7.3	8.8	9.4	9.0	8.3	8.1	6.2	4.9	4.1

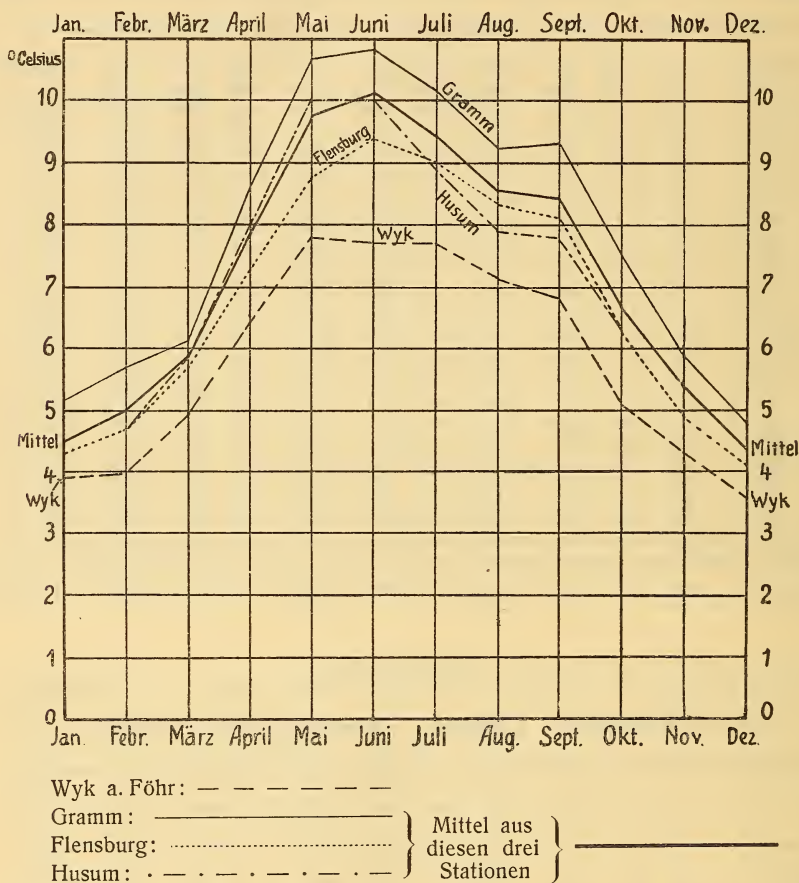
4. Husum.

Jahr	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
1888	3.6	4.0	5.2	8.7	7.4	8.7	5.6	6.0	7.7	5.2	4.2	3.4
89	4.1	4.4	5.1	7.0	10.9	12.5	8.4	7.3	8.4	5.3	4.7	3.4
1890	4.0	5.0	6.9	7.2	10.2	7.8	8.5	8.3	7.6	5.7	4.9	5.5
91	5.3	5.2	5.3	8.1	9.9	10.0	9.3	6.7	7.3	6.9	5.6	4.2
92	4.7	4.8	6.7	9.1	10.4	9.1	8.7	8.4	7.5	6.9	4.1	5.3
93	6.9	5.0	6.6	11.7	11.0	11.6	9.7	9.1	7.3	5.6	5.1	4.3
94	4.0	4.8	8.1	10.1	11.5	8.5	9.7	6.5	8.3	6.6	4.5	4.0
95	4.6	7.1	6.0	8.9	10.3	10.8	7.3	8.5	9.0	5.7	4.9	3.6
96	3.5	4.3	6.7	6.6	10.1	11.1	10.6	7.8	6.8	6.1	5.9	3.5
97	4.6	4.6	4.8	8.3	11.1	11.5	8.0	9.3	7.5	6.9	5.8	3.8
98	3.6	3.7	4.4	6.7	8.6	9.3	7.7	8.8	9.9	6.0	4.8	5.2
99	4.7	4.9	6.4	7.8	9.9	10.7	9.4	9.5	6.6	6.3	4.9	5.1
1900	3.2	4.5	6.3	6.7	10.7	10.0	10.0	8.8	7.4	6.0	3.9	3.5
01	5.5	6.1	6.0	7.7	10.6	9.3	11.2	8.3	8.3	6.5	6.5	4.2
02	3.2	5.5	5.7	8.2	8.5	11.5	7.7	6.5	8.1	5.6	4.2	3.8
03	4.4	4.3	6.3	6.3	9.6	9.7	7.9	6.4	7.6	4.9	4.3	2.6
04	3.1	3.9	5.6	7.1	8.9	9.3	11.0	8.6	8.1	6.7	4.3	3.9
05	4.6	3.9	6.1	5.7	11.9	10.7	7.9	9.1	6.4	6.3	4.7	3.3
06	3.9	3.6	4.8	10.9	10.1	9.7	10.5	7.4	8.5	6.0	3.9	5.3
07	4.0	4.7	6.3	8.0	10.1	7.6	8.7	6.6	8.2	7.0	5.0	3.5
08	4.2	3.6	5.5	8.0	8.6	11.3	9.9	7.4	6.4	7.3	6.4	4.0
Summe .	89.7	97.9	124.8	168.8	210.3	210.7	187.7	165.3	162.9	129.5	102.6	85.4
Mittel . .	4.3	4.7	5.9	8.0	10.0	10.0	8.9	7.9	7.8	6.2	4.9	4.1

Berechnung der Mittel aus den Endwerten der Stationen
des Festlandes: Gramm, Flensburg und Husum.

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
Gramm .	5.2	5.7	6.1	8.7	10.7	10.8	10.2	9.2	9.3	7.5	6.0	4.8
Flensburg	4.3	4.7	5.7	7.3	8.8	9.4	9.0	8.3	8.1	6.2	4.9	4.1
Husum. .	4.3	4.7	5.9	8.0	10.0	10.0	8.9	7.9	7.8	6.2	4.9	4.1
Summe .	13.8	15.1	17.7	24.0	29.5	30.2	28.1	25.4	25.2	19.9	15.8	13.0
Mittel . .	4.5	5.0	5.9	8.0	9.8	10.1	9.4	8.5	8.4	6.6	5.3	4.3

Kurven der Monatsmittel der Tagesschwankung der Temperatur für die Stationen Wyk a. Föhr, Gramm, Flensburg und Husum.



Unterschiede der Tagesschwankungen der Temperatur zwischen Wyk a. Föhr und Südstrand a. Föhr.

Als ich nach meinem Aufenthalte im April vorigen Jahres meine am Südstrand a. Föhr mit einem Thermographen gewonnenen Resultate mit denen der Station Wyk verglich, fiel mir auf, daß die Tagesschwankung einen nicht unerheblichen Unterschied gegen Wyk zeigte. Bei meinem nächsten Aufenthalt auf Föhr im September und Oktober beschloß ich, diesen Punkt genauer zu untersuchen. Die Lage der beiden Beobachtungsorte war folgende: Die Station Wyk des Preußischen meteorologischen Instituts liegt im Orte selbst

in einer Entfernung von ca. 100 m vom Meere; der Strand verläuft dort von Norden nach Süden. Die dort in einer englischen Hütte aufgestellten Instrumente waren ein Thermometer, ein Maximum- und ein Minimumthermometer. Meine Beobachtungen stellte ich an dem zwei Kilometer von Wyk entfernten Südstrand an. Der Strand verläuft dort von Osten nach Westen und ist also, wie auch schon sein Name sagt, nach Süden offen. Als Beobachtungsinstrument hatte ich einen Thermographen, der mir von der deutschen Seewarte in Hamburg in liebenswürdiger Weise zur Verfügung gestellt war. Die Aufstellung des Instrumentes war die gleiche, wie in Wyk: englische Hütte in ungefähr gleicher Entfernung vom Ufer. Um nun die Beobachtungen der Station Wyk mit den meinen vergleichen zu können, kontrollierte ich den Thermographen ständig durch das trockene Thermometer eines Psychrometers nach Aßmann, das ich vorher mit dem Thermometer in Wyk verglichen hatte.

Die Resultate der Untersuchungen beider Stationen, der in Wyk und der in Südstrand, habe ich in den nachstehenden Tabellen zusammengestellt. Da die Aufzeichnungen des Thermographen sich nur über 6 Wochen erstreckten, habe ich die Resultate in drei Gruppen von je 14 Tagen eingeteilt und erhalte so für jede Station drei Mittelwerte für je 14 Tage. Die Zusammenstellung der Endwerte am Schlusse der Tabelle zeigt das Resultat, daß die Mittelwerte von Wyk um 1,3, 1,6 und 0,6 Grad höher liegen als die entsprechenden von Südstrand. Die Tagesschwankung der Temperatur war also im September und Oktober 1912 in Südstrand um 1,2 Grad im Mittel geringer als in Wyk.

Man wird geneigt sein, diesen für die geringe Entfernung beider Beobachtungsorte hohen Unterschied als durch eine Zufälligkeit in der Witterungslage bedingt anzusehen. Die einzige Zufälligkeit, die hier von Bedeutung sein könnte, wäre eine während der Beobachtungszeit vorherrschende Windrichtung. Um diese Möglichkeit zu untersuchen, habe ich mit der Zusammenstellung der Endwerte eine graphische Darstellung der Häufigkeit der Windrichtungen für jede Gruppe von 14 Tagen angeführt. Einer bestimmten Länge eines Pfeils entspricht eine gewisse Anzahl Tage mit Wind aus der betreffenden Pfeilrichtung.

Hiernach haben wir vom 17.—30. September Nord-, Nordost- und Ostwinde, vom 1.—15. Oktober hauptsächlich Südwinde, wenig Nord- und Ostrichtungen, und vom 16.—31. Oktober hauptsächlich südliche Richtungen, Südwest, Süd und Südost.

Von einer vorherrschenden Windrichtung kann also nicht im geringsten die Rede sein. Damit fällt der Einwand, daß der Unterschied in der Tagesschwankung zwischen Wyk und Südstrand zufälliger Natur sein könnte, fort.

Bedenkt man, daß die beiden Beobachtungsorte nur 2 km voneinander entfernt liegen, so sind allgemeine klimatische Verschiedenheiten ausgeschlossen. Es bleibt nur noch der Einfluß der nächsten Umgebung der Beobachtungsorte zur Erklärung dieses Unterschiedes in der Temperaturschwankung übrig.

Das Instrument der Station Wyk steht in einem Garten, an den noch weitere Grenzen. Nach E zu ist es nur durch eine Häuserreihe vom Strande getrennt. Nach N, W und S erstreckt sich die Ortschaft Wyk.

Am Südstrand stand der Thermograph in einer der Wyker gleichen englischen Hütte in derselben Höhe von 2 m über dem Erdboden wie die Thermometer in Wyk, in einem Luftbade. Dieses war nach N und E durch Gebäude abgeschlossen, nach S und E durch eine hohe Wand begrenzt.

Der Unterschied in der Tagesschwankung der Temperatur im Vergleich mit den Stationen des Festlandes tritt also in den Stationen am Südstrand noch stärker hervor.

Tagesschwankung der Temperatur (Maximum—Minimum) in Südstrand und Wyk a. Föhr.

Südstrand				Wyk			
Tag	Max.	Min.	Schwankung	Tag	Max.	Min.	Schwankung
September				September			
17.	15.0	11.5	3.5	17.	15.9	11.5	4.4
18.	14.0	10.0	4.0	18.	14.8	9.4	5.4
19.	14.8	7.5	7.3	19.	17.0	7.3	9.7
20.	14.0	5.6	8.4	20.	16.2	4.9	11.3
21.	13.1	6.7	6.4	21.	13.5	6.2	7.3
22.	16.7	7.9	8.8	22.	16.9	7.2	9.7
23.	13.9	8.3	5.6	23.	14.7	6.9	7.8
24.	11.1	6.5	4.6	24.	12.0	5.9	6.1
25.	10.5	6.1	4.4	25.	11.8	6.4	5.4
26.	12.0	7.2	5.8	26.	12.7	7.2	5.5
27.	12.0	6.7	5.3	27.	14.4	6.2	8.2
28.	12.3	7.8	4.5	28.	13.5	7.4	6.1
29.	13.3	7.6	5.7	29.	13.9	7.4	6.5
30.	13.0	7.6	5.4	30.	12.7	7.8	4.9
Mittel	13.3	7.6	5.7	Mittel	14.3	7.3	7.0

Südstrand				Wyk			
Tag	Max.	Min.	Schwankung	Tag	Max.	Min.	Schwankung
Oktober				Oktober			
1.	13.1	11.0	2.1	1.	12.8	10.3	2.5
2.	9.2	6.0	3.2	2.	12.5	5.5	7.0
3.	8.2	3.0	5.2	3.	10.6	2.1	8.5
4.	10.7	2.0	8.7	4.	12.4	1.3	11.4
5.	10.8	7.4	3.4	5.	11.1	6.3	4.8
6.	10.3	6.6	3.7	6.	11.1	6.2	4.9
7.	11.7	5.9	5.8	7.	12.4	5.3	7.1
8.	14.0	8.0	6.0	8.	15.0	8.3	6.7
9.	13.7	6.3	7.4	9.	15.3	5.6	9.7
10.	10.4	5.8	4.6	10.	11.8	5.6	6.2
11.	9.4	5.0	4.4	11.	10.3	4.7	5.6
12.	9.0	4.9	4.1	12.	9.7	4.3	5.4
13.	8.4	6.0	2.4	13.	8.8	5.3	3.5
14.	11.3	5.6	5.7	14.	11.8	5.6	6.2
15.	12.0	8.6	3.4	15.	13.2	7.4	5.8
Mittel	10.8	6.1	4.7	Mittel	11.9	5.6	6.3
Oktober				Oktober			
16.	10.9	8.6	2.3	16.	10.7	8.0	2.7
17.	11.5	8.6	2.9	17.	11.9	7.9	4.0
18.	10.9	8.0	2.9	18.	12.1	6.5	5.6
19.	10.9	6.7	4.2	19.	12.4	7.4	5.0
20.	11.1	6.6	4.4	20.	11.4	4.9	6.5
21.	10.7	9.0	1.7	21.	10.6	7.8	2.8
22.	9.2	7.3	1.9	22.	9.1	6.8	2.3
23.	9.2	7.6	1.6	23.	9.0	7.7	1.3
24.	9.0	5.5	3.5	24.	8.5	5.0	3.5
25.	7.0	4.1	2.9	25.	6.8	4.6	2.2
26.	—	—	—	26.	—	—	—
27.	9.9	3.7	6.2	27.	9.8	3.0	6.8
28.	11.0	9.0	2.0	28.	11.2	8.6	2.6
29.	11.5	10.1	1.4	29.	11.9	9.8	2.1
30.	10.6	9.4	1.2	30.	10.7	8.9	1.8
31.	9.6	7.1	2.5	31.	9.6	7.5	2.1
Mittel	10.2	7.4	2.8	Mittel	10.4	7.0	3.4

Zusammenstellung der Mittelwerte der Tagesschwankung für

Zeit	Südstrand	Wyk	Differenz
17.—30. September	5.7	7.0	1.3
1.—15. Oktober	4.7	6.3	1.6
16.—31. „	2.8	3.4	0.6
		Mittel	1.2

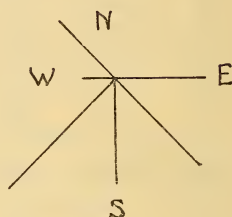
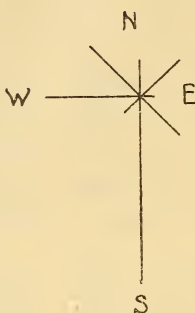
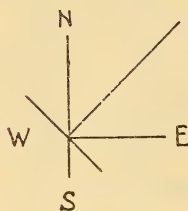
Häufigkeit der Windrichtungen

in den Zeiträumen

17.—30. September

1.—15. Oktober

16.—31. Oktober



III. Relative Intensitätsmessungen des Vorderlichtes auf Föhr.

Bei lichtklimatischen Untersuchungen an einem Orte handelt es sich um zweierlei: 1. Um Festlegung von Mittelwerten der gesamten und nach Wellenlängen unterschiedenen Lichteinstrahlung im absoluten, d. h. auf die Lichteinheit bezogenen Maße. Hierzu sind langjährige Beobachtungen nötig. 2. Um die Verteilung des Lichtes und der Strahlungen in der Atmosphäre, wobei die örtlichen Verhältnisse, insbesondere die Reflexion am Boden, in Betracht kommen. Bei meinen Untersuchungen auf Föhr kam die erste Art wegen der dazu notwendigen langen Dauer der Beobachtungen nicht in Betracht. Der zweite Teil, der Einfluß der lokalen Verhältnisse auf die Verteilung des Lichtes in der Atmosphäre, ist gerade am Meere von besonderem Interesse, insofern, als hier der Einfluß des Meeres und des Strandes besonders stark zu erwarten waren. Um nun auf Föhr die Größe der Reflexion vom Wasser und vom Sande festzustellen, suchte ich das Verhältnis Vorder-/Oberlicht auf. Unter Vorderlicht versteht man die auf die Flächeneinheit einer vertikalen Fläche fallende Lichtmenge (Beleuchtungsstärke), und unter Oberlicht die Beleuchtungsstärke einer horizontalen Fläche. Bestehen diese Flächen aus mattierten Milchgläsern, so kann nach der Methode L. Webers die auffallende Lichtmenge proportional der transparenten gesetzt werden. Die horizontale Milchglasplatte empfängt das ganze Licht des

Himmelsgewölbes. Auf die vertikale Platte gelangt das Licht des halben Himmelsgewölbes und, was für unsere Zwecke besonders in Betracht kommt, das vom Erdboden reflektierte Licht. Bezeichne ich die Menge des direkten vom Himmelsgewölbe auffallenden Lichtes mit D und die des reflektierten Lichtes mit R , so ist $D + R = V$, gleich dem sog. Vorderlicht. Bilde ich nun das Verhältnis Vorder-/Oberlicht und setze das Oberlicht stets $= 1$, so erhalte ich einen relativen Vorderlichtwert $V_1 = D_1 + R_1$, bezogen auf die Einheit des Oberlichtes.

In diesem Wert ändert sich D_1 mit der Sonnenhöhe, R_1 ändert sich mit der verschiedenen Reflexion am Erdboden. Bringen wir nun die an verschiedenen Plätzen gemachten Beobachtungen des Vorderlichtes durch Reduktion auf eine gleiche mittlere Sonnenhöhe, so daß D_1 als konstant angesehen werden kann, so wird jede Änderung des Vorderlichtes V_1 als eine Folge der Änderung von R_1 betrachtet werden können.

Als Meßinstrument benutzte ich das von Herrn Prof. L. Weber-Kiel konstruierte Relativphotometer. Der Apparat besteht zur Hauptsache aus einem horizontalen Haupttubus und einem um ihn drehbaren, zu ihm senkrechten Nebentubus. Der Haupttubus hat an seinem einen Ende ein um die Tubusachse drehbares Spiegelgehäuse, das durch eine parallel der Tubusachse liegende mattierte Milchglasplatte abgeschlossen ist. Der Nebentubus ist am Ende durch eine Blende, eine Linse und eine Milchglasplatte abgeschlossen. Die Einstellung der Blende wird an einer willkürlichen und zuvor geachten Skala abgelesen. Die auf die beiden Milchglasplatten fallenden Lichtmengen werden im Instrument zum Vergleich in der Art nebeneinander gebracht, daß auf einer unter 45° aufgestellten Gipsfläche durch die Linse ein Bild der vorliegenden hellen Fläche erscheint, während in einer kreisförmigen Durchbohrung der Gipsfläche die helle Fläche des Spiegelgehäuses gesehen wird. Durch Einstellung der Blende läßt sich bewirken, daß der äußere Teil des Gesichtsfeldes, der konzentrische Ring, gleiche Helligkeit mit dem in ihm liegenden Kreise zeigt. Die Einstellung der Blende ist dann ein Maß für das Verhältnis der Lichtmengen, die auf die beiden abschließenden Platten auffallen. Durch Aichung des Instruments erhält man für jede Blendeneinstellung einen bestimmten Helligkeitswert, bezogen auf eine willkürlich gewählte Einheit. Der Apparat und seine Aichung sind ausführlich beschrieben in der Arbeit von Brillmann: „Über das diffuse Wandlicht“.

Die Messungen selbst werden nun folgendermaßen ausgeführt: Man stellt zuerst beide Milchglasplatten auf Oberlicht, d. h. horizontal, macht durch die Blende das Gesichtsfeld gleich hell und erhält einen Blendenwert für das Oberlicht. Dann dreht man die am Haupttubus befindliche Milchglasplatte in vertikale Stellung und stellt von Süden aus für alle acht Himmelsrichtungen auf gleiche Helligkeit ein; unter Süden sei hier ein für allemal die Himmelsrichtung verstanden, in der die Sonne steht. Man erhält also acht Blendenwerte für das Vorderlicht, aus denen mit Hilfe der Aichkurve acht relative Werte des Vorderlichtes erhalten werden. Als mittleres Vorderlicht sei das Mittel aus diesen acht Werten:

$$= \frac{J_S + J_{SE} + J_E + J_{NE} + J_N + J_{NW} + J_W + J_{SW}}{8}$$

bezeichnet.

Wenn sich die Beobachtungsreihen über einen so langen Zeitraum erstrecken, daß die Sonnenhöhe sich stark ändert und mit ihr eine merkliche Änderung des Vorderlichtes eintritt, so ist, wie schon bemerkt, eine Reduktion auf gleiche Sonnenhöhe erforderlich. Hierzu können die Untersuchungen von W. Schramm dienen. Derselbe bringt in seiner Arbeit „Über die Verteilung des Lichtes in der Atmosphäre“ eine große Anzahl Messungen des Vorderlichtes für die verschiedenen Sonnenhöhen und die verschiedenen Bewölkungszustände und für klaren Himmel.

Aus diesen Messungen berechnet er Mittelwerte des Vorderlichtes von 10° zu 10° Sonnenhöhe, zuerst für bewölkten und dann für klaren Himmel. Aus ihnen ersehen wir nun, daß sich das Vorderlicht bei bewölktem Himmel nur unbedeutend mit der Sonnenhöhe ändert. Es beträgt nämlich von $0^\circ - 10^\circ = 0,488$, $50^\circ - 60^\circ = 0,413$. Bei Sonnenschein jedoch ist die Änderung mit der Höhe sehr bedeutend. Sie ist am größten bei den niedrigen Sonnenständen. So beträgt das Vorderlicht von $10^\circ - 20^\circ = 1,115$, $20^\circ - 30^\circ$ nur 0,688. Je größer die Sonnenhöhe, um so geringer ist die Änderung mit der Höhe. Die Werte sind von $30^\circ - 40^\circ = 0,475$, $40^\circ - 50^\circ = 0,366$, $50^\circ - 60^\circ = 0,277$. Aus diesen Ergebnissen der Schrammschen Untersuchungen geht hervor, daß die Messungen bei bewölktem Himmel während einer Versuchsreihe einer Reduktion nicht bedürfen, da in diesem Falle die Änderung des Vorderlichtes bei zunehmender Sonnenhöhe sehr gering ist. Bei Sonnenschein jedoch ändert sich, wie wir gesehen haben, die Intensität des Vorderlichtes mit der Höhe sehr stark. Um nun die Werte ohne Fehler miteinander ver-

gleichen zu können, habe ich die Resultate jeder Beobachtungsreihe mit Hilfe der Schrammschen Ergebnisse auf eine mittlere Sonnenhöhe reduziert. Nach Schramm ist die Änderung der relativen Intensität des Vorderlichtes bei Sonnenschein:

1. von 10° — 20° Sonnenhöhe bis 20° — 30° $= 1,115 - 0,688 = 0,437$,
für 1 Grad also $= 0,043$;
2. von 20° — 30° Sonnenhöhe bis 30° — 40° $= 0,688 - 0,475 = 0,213$,
für 1 Grad also $= 0,021$.

Je nachdem nun eine Beobachtungsgruppe zum ersten oder zweiten Intervall gehörte, so mußten die Werte, von einem Mittelwert ausgehend, für den Grad um 0,043 resp. 0.021 erhöht resp. erniedrigt werden. Die zeitlich vor dem Mittelwert liegenden Beobachtungen sind naturgemäß zu hoch im Verhältnis zum Mittelwert und müssen verkleinert werden. Umgekehrt liegen die auf den Mittelwert folgenden Beobachtungen zu tief und müssen erhöht werden.

Indem ich auf diese Weise jede bei Sonnenschein ausgeführte Beobachtungsreihe auf eine mittlere Sonnenhöhe umgerechnet habe, kann ich auch die Werte der Gruppe untereinander vergleichen und komme nun zu meiner eigentlichen Aufgabe, der Bestimmung der Änderung des Vorderlichtes bei Wechsel des Beobachtungsortes.

In der umstehenden Tabelle (S.228) sind die Beobachtungsergebnisse angeführt und zwar die Vorderlichtwerte für jede Himmelsrichtung, das aus ihnen berechnete mittlere Vorderlicht und in der letzten Kolonne, für Beobachtungsreihen bei Sonnenschein, die auf eine mittlere Sonnenhöhe reduzierten Vorderlichtwerte.

Die Vergleichung dieser Werte der letzten Kolonne führt zu folgendem Ergebnis:

Sonnenschein:

Die Intensität des Vorderlichtes ist am größten am Strande in einer Entfernung von ca. 15—20 m vom Wasser; sie beträgt im Mittel 0,912. Am Wasser selbst ist sie nur 0,884 und auf dem Wasser, d. h. auf einer 15 m ins Wasser hineinreichenden Brücke, ist sie nur wenig höher.

Am Rande der Böschung bleiben die südlichen Werte des Vorderlichtes dieselben, wie sie am Strande waren; dagegen nehmen die nördlichen Werte infolge des dahinterliegenden Landes erheblich ab. Im Mittel ist der Wert für die Böschung 0,850. Je mehr wir uns vom Strande entfernen, um so mehr nehmen auch die südlichen Werte ab. Auf dem Lande selbst schwanken die Intensitätswerte zwischen 0,700 und 0,750, je nach der Beschaffenheit des Bodens;

so ist z. B. die Intensität auf einer mit hellem Gras bewachsenen Wiese 0,752, während sie auf einem Sturzacker nur 0,717 war.

Relative Intensitäten des Vorderlichtes.

	Beobachtungs- ort	Himmel	Sonnen- höhe	S	SW	W	NW	N	NE	E	SE	Mittleres Vorderlicht	Reduziertes Vorderlicht
6. X. 12	Strand am Wasser	klar	27°	1.966	1.723	0.596	0.293	0.280	0.283	0.312	0.976	0.804	0.764
	15 m vom Wasser	"	27 ¹ / ₄ °	2.045	1.675	0.585	0.322	0.304	0.283	0.356	1.311	0.860	0.825
	Böschung	"	28 ¹ / ₄ °	1.983	1.619	0.475	0.273	0.257	0.257	0.327	1.373	0.820	0.805
	50 m v. Böschung	"	29°	1.769	1.282	0.715	0.241	0.221	0.231	0.328	1.352	0.717	0.717
	Land	"	29 ¹ / ₂ °	1.851	1.386	0.352	0.225	0.209	0.226	0.329	1.359	0.742	0.752
	Acker	"	30°	1.836	1.330	0.279	0.197	0.197	0.197	0.309	1.234	0.697	0.717
7. X. 12	Strand am Wasser	klar	30 ¹ / ₄ °	1.804	1.518	0.414	0.307	0.258	0.251	0.347	1.313	0.777	0.777
	Brücke	"	30 ¹ / ₄ °	2.058	1.498	0.369	0.209	0.295	0.212	0.323	1.535	0.812	0.812
	Strand am Wasser	"	30°	1.920	1.574	0.419	0.308	0.244	0.233	0.344	1.245	0.786	0.776
9. X. 12	Böschung	klar	19 ¹ / ₂ °	2.799	1.963	0.479	0.362	0.327	0.306	0.389	1.787	1.052	0.982
	Strand	"	21°	2.817	1.896	0.409	0.289	0.264	0.244	0.355	1.764	1.005	0.965
	Böschung	"	22°	2.247	1.698	0.414	0.331	0.324	0.304	0.359	1.554	0.779	0.759
	30 m vom Wasser	"	23°	2.348	1.745	0.468	0.397	0.355	0.312	0.340	1.433	0.924	0.924
	15 m vom Wasser	"	25 ¹ / ₂ °	2.192	1.548	0.384	0.315	0.233	0.254	0.343	1.384	0.932	0.882
	Böschung	"	26 ¹ / ₄ °	2.151	1.466	0.370	0.281	0.295	0.283	0.322	1.480	0.825	0.890
25. X. 12	Land (Stoppel) .	bewölkt	—	0.423	0.441	0.466	0.484	0.469	0.451	0.413	0.405	0.444	—
	40 m vom Wasser	"	—	0.486	0.486	0.516	0.526	0.541	0.551	0.516	0.516	0.517	—
	Am Wasser . . .	"	—	0.451	0.496	0.531	0.551	0.506	0.496	0.461	0.438	0.491	—
	40 m vom Wasser	"	—	0.494	0.522	0.843	0.533	0.530	0.522	0.494	0.520	0.520	—
26. X. 12	Strand	bewölkt	—	0.512	0.502	0.491	0.483	0.491	0.532	0.543	0.585	0.517	—
	Am Wasser . . .	"	—	0.458	0.495	0.495	0.516	0.557	0.537	0.495	0.458	0.501	—
	Brücke	"	—	0.429	0.445	0.445	0.540	0.465	0.445	0.445	0.480	0.462	—
	20 m vom Wasser	"	—	0.511	0.511	0.491	0.437	0.419	0.429	0.472	0.491	0.470	—
	Böschung	"	—	0.391	0.444	0.465	0.483	0.437	0.399	0.384	0.376	0.422	—
	20 m vom Wasser	"	—	0.429	0.437	0.457	0.472	0.472	0.491	0.491	0.491	0.468	—
6. XI. 12	Böschung	klar	14 ¹ / ₂ °	2.447	1.761	0.505	0.420	0.420	0.404	0.489	1.511	0.995	0.955
	Am Wasser . . .	"	14 ³ / ₄ °	2.600	1.862	0.631	0.487	0.416	0.436	0.528	1.769	1.091	1.061
	15 m vom Wasser	"	15 ¹ / ₂ °	2.203	1.797	0.641	0.495	0.443	0.443	0.537	1.521	1.010	1.010
	Böschung	"	15 ³ / ₄ °	2.260	1.724	0.516	0.412	0.396	0.396	0.479	1.688	0.984	0.994
	Stoppel	"	16 ¹ / ₂ °	1.621	1.333	0.472	0.405	0.390	0.374	0.472	1.333	0.800	0.840
4. XI. 12	Böschung	klar	27 ¹ / ₂ °	1.965	1.621	0.479	0.331	0.264	0.257	0.333	1.249	0.812	0.792
	Strand	"	28°	1.983	1.619	0.540	0.304	0.283	0.283	0.356	1.624	0.874	0.864
	Am Wasser . . .	"	28 ¹ / ₂ °	1.972	1.587	0.490	0.299	0.299	0.246	0.322	1.402	0.826	0.826
	Böschung	"	29°	2.045	1.602	0.482	0.278	0.274	0.244	0.308	1.423	0.832	0.842
	Brücke	"	29 ¹ / ₂ °	2.122	1.665	0.443	0.212	0.212	0.233	0.327	1.458	0.864	0.874
	Böschung	"	30°	1.936	1.561	0.404	0.199	0.203	0.203	0.363	1.227	0.787	0.807

Himmel dicht bewölkt:

Bei bewölktem Himmel sind die Vorderlichtwerte naturgemäß viel geringer. Während bei klarem Himmel die untere Grenze ca. 0,700 ist, ist sie bei bewölktem Himmel nur 0,400. Ferner ist die Verteilung der Beleuchtung eine überaus gleichmäßige, was sich in meinen Werten dadurch bemerkbar macht, daß die Vorderlichtwerte für alle Himmelsrichtungen nahezu gleich sind. Die Intensität ist wieder am größten am Strand (0,498 im Mittel), nimmt nach dem Wasser zu ab und ist auf dem Wasser selbst noch geringer (0,462). Von der Böschung aus nimmt sie wieder nach dem Lande zu ab bis im Mittel 0,430.

IV. Relative Intensitäten des Unterlichtes.

In derselben Weise wie das Verhältnis von Vorder- zu Oberlicht habe ich eine andere Größe, das Verhältnis von Unter- zu Oberlicht, untersucht. Als Unterlicht bezeichne ich hier die Beleuchtung, die auf eine horizontale, dem Erdboden zugekehrte Platte fällt. Die Meßmethode ist dieselbe wie die beim Verhältnis von Vorder- zu Oberlicht. Ich stelle zunächst beide Milchglasplatten des Photometers auf Oberlicht, d. h. horizontal auf das Zenith gerichtet, stelle auf gleiche Helligkeit ein und erhalte einen Blendenwert für das Oberlicht. Dann drehe ich die am Haupttubus befindliche Milchglasplatte horizontal dem Erdboden zu, stelle wieder auf gleiche Helligkeit ein und erhalte einen Blendenwert für das Unterlicht. Die beiden erhaltenen Blendenwerte setze ich nach der Aichkurve in Lichtintensitäten um, bilde das Verhältnis Unter- zu Oberlicht, setze wie beim Vorderlicht das Oberlicht gleich 1 und erhalte so einen Wert für die relative Intensität des Unterlichtes.

Da die horizontale, dem Erdboden zugekehrte Platte kein direktes Himmelslicht empfangen kann, so ergeben diese Messungen einen Wert für ausschließlich reflektiertes Licht. Das Verhältnis von Unter- zu Oberlicht ist also nichts anderes, als das Verhältnis des vom Boden reflektierten Lichtes zu der Lichtintensität, die den Boden bestrahlt, oder kurz das Verhältnis von reflektiertem zu auffallenden Licht, mit anderem Worte: die „Albedo“ der Erdoberfläche, entsprechend der von Lambert und Seeliger gegebenen Definition. Wir können also das Verhältnis von Unter- zu Oberlicht als Gesamtalbedo des Bodens, über dem beobachtet wird, bezeichnen, sofern wirklich alles vom Boden reflektierte Licht auf die Milchglasplatte gelangt.

Relative Intensitäten des Unterlichtes.

Tag	Sonnen- höhe	Boden	Himmel	Unter- licht	Tag	Sonnen- höhe	Boden	Himmel	Unter- licht
6. X. 12	27°	halb Wasser halb Sand	klar	0.205	26. X. 12	—	Stoppel	bedeckt	0.083
	27 1/4°	Strand 15 m vom Wasser	"	0.236		—	Strand	"	0.235
	28 1/4°	Böschung	"	0.178		—	am Wasser	"	0.167
	29°	helles Gras	"	0.130		—	Brücke	"	0.116
	29 1/2°	"	"	0.126		—	Strand	"	0.214
	30°	"Acker"	"	0.115		—	Böschung	"	0.083
						—	Strand	"	0.189
7. X. 12	30 1/4°	halb Wasser	klar	0.202	6. XI. 12	14 1/2°	Böschung	klar	0.149
	30 1/4°	halb Sand	"	0.163		14 3/4°	am Wasser	"	0.283
	30°	Wasser	"	0.199		15 1/2°	Strand	"	0.245
		halb Wasser	"			15 3/4°	Böschung	"	0.130
		halb Sand	"			16 1/2°	Stoppel	"	0.077
9. X. 12	19 1/2°	Böschung	klar	0.229	4. XI. 12	27 1/2°	Böschung	klar	0.171
	21°	Strand	"	0.310		28°	Strand	"	0.227
	22°	Böschung	"	0.228		28 1/2°	am Wasser	"	0.199
	23°	Strand	"	0.252		29°	Böschung	"	0.162
	25 1/2°	"	"	0.233		29 1/2°	Brücke	"	0.178
	26 1/4°	Böschung	"	0.227		30°	Böschung	"	0.167
25. X. 12	—	Stoppel	bedeckt	0.085	16. X. 12	—	Stoppel	bedeckt	0.066
	—	Strand	"	0.216		—	Acker	"	0.054
	—	nach Flut	"	0.144		—	Böschung	"	0.088
	—	Strand	"	0.210		—	Strand	"	0.228
26. X. 12	—	helles Gras	bedeckt	0.071		—	am Wasser	"	0.144
	—	Sand	"	0.144		—	Böschung	"	0.077
	—	Sturzacker	"	0.059		—	Strand	"	0.216
	—	Stoppel	"	0.088		—	Böschung	"	0.083
						—	Stoppel	"	0.071
						—	Acker	"	0.066

Der Beobachter und das Stativ, auf dem das Photometer ruht, bewirken nun aber, daß der Wert für das Unterlicht, den wir durch Beobachtung erhalten, zu klein wird. Trotzdem ergibt sich für die relative Intensität des Unterlichtes noch der vierte bis fünfte Teil der relativen Intensität des Vorderlichtes, ein Beweis, welch große Rolle die Reflexion am Erdboden bei den Beobachtungen im Gelände spielt. Das Verhältnis Unter- zu Oberlicht ist keineswegs durch die Bodenart allein bedingt. Es hängt noch wesentlich vom Inzidenz- und Emanationswinkel des einfallenden Lichtes ab. Thaler¹⁾ zeigt in seiner Arbeit über „Die diffuse Reflexion des Lichtes an matten Oberflächen“, in der er die Intensität des reflektierten Lichtes untersuchte, das von einer Fläche unter verschiedenen Inzidenzwinkeln und Azimuten des auffallenden Lichtes und bei verschiedenen Emanationswinkeln zurückgeworfen wurde, daß bei Änderung irgendeiner der letzten Größen auch eine Änderung der Intensität des

¹⁾ Dissertation Kiel 1903.

reflektierten Lichtes eintrat. Ferner zeigt er, daß dieser Wechsel der Intensität des reflektierten Lichtes sich bei verschiedenem reflektierenden Material sehr verschieden verhält. Diese Verhältnisse müssen wir bei unseren Untersuchungen des Unterlichtes unbedingt in Betracht ziehen. Es ist also der Wert des Unterlichtes für einen bestimmten Boden nicht konstant. Er ist verschieden

1. bei bewölktem Himmel und bei Sonnenschein; bei Sonnenschein trifft die Hauptlichtmenge unter einem bestimmten Winkel auf den Boden, während bei bewölktem Himmel das Licht in gleichmäßiger Verteilung von allen Seiten auf den Boden auftrifft;
2. ändert sich der Unterlichtwert bei Sonnenschein mit der Sonnenhöhe und bei bewölktem Himmel mit der Bewölkung.

Eine direkte Vergleichung der Unterlichtwerte für einen bestimmten Boden und eine Mittelbildung ist nach dem Vorigen also nicht angängig. Ich muß mich also damit begnügen, die Resultate der Beobachtungen anzuführen gleichzeitig mit den Verhältnissen, unter denen sie gewonnen wurden. Zur besseren Übersicht bringe ich noch eine Zusammenstellung der Grenzen, in denen das Unterlicht für jeden Boden schwankt, und zwar einmal für klaren und einmal für bewölkten Himmel.

	Himmel	
	klar	bewölkt
Strand, Sandboden	0.227—0.310	0.144—0.228
Stoppel	0.070—0.080	0.060—0.090
Acker	0.115	0.054—0.066
Wasser, Brücke . .	ca. 0.170	0.115
Böschung	0.130—0.229	0.077—0.088

V. Untersuchungen über die Zunahme der Windgeschwindigkeit mit der Höhe.

In den letzten Jahren ist mit der rapiden Entwicklung der Luftschiffahrt und der Flugtechnik die Erforschung der unteren Luftschichten in den Vordergrund des Interesses gerückt. Das für solche Untersuchungen außerordentlich günstige, nahezu ebene Gelände auf Föhr bewog mich, über die Zunahme der Windgeschwindigkeit mit der Höhe einige Messungen anzustellen. Die Luftschichten konnten hier als eben und parallel dem Erdboden verlaufend angesehen werden, so daß in derselben Höhe immer die gleiche Luftgeschwindigkeit zu erwarten war.

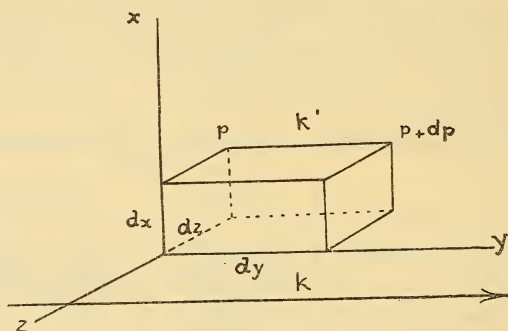
Sofern die Zunahme der Windgeschwindigkeit mit der Höhe als Folge der inneren Reibung zu betrachten ist, läßt sich zwischen der Höhe x und der Windgeschwindigkeit u die folgende Beziehung aufstellen:

Wir machen die Annahme, daß die Luftbewegung parallel der Erdoberfläche verlaufe und eine stationäre sei. Daraus folgt, daß die Beschleunigung in horizontaler Richtung Null ist. Wir betrachten ein unendlich kleines Luftpfelement dx, dy, dz der stationären Bewegung.

Für das Element und die auf dasselbe wirkenden Kräfte gilt die Gleichung:

$$1. \quad dx \, dy \, dz \, \sigma \frac{d^2y}{dt^2} = - \frac{dp}{dy} dy \, (dx \cdot dz) + k' - k$$

Hierin bedeutet σ die Dichte des Mediums, dp die Druckänderung auf dem Weg dy , k' und k , die an der oberen und unteren Fläche des Elementes wirkenden Reibungskräfte.



Die Reibungskraft ist nach Newton:

$$k = F \cdot \eta \frac{du}{dx}$$

wo F die Fläche bedeutet, an der die Reibung stattfindet, und η den Reibungskoeffizienten. In unserem Falle ist:

$$k = dy \, dz \cdot \eta \frac{du}{dx}$$

$$k' = k + dx \frac{dk}{dx}$$

$$k' - k = dx \frac{dk}{dx} = dx \, dy \, dz \frac{d^2u}{dx^2} \cdot \eta.$$

Unsere Gleichung 1. lautet jetzt:

$$dx \, dy \, dz \cdot \sigma \frac{d^2y}{dt^2} = - \frac{dp}{dy} dx \, dy \, dz + dx \, dy \, dz \cdot \eta \cdot \frac{d^2u}{dx^2}.$$

Die linearen Größen dx , dy , dz heben sich heraus, so daß die Gleichung die Form hat:

$$2. \quad \sigma \frac{d^2y}{dt^2} = - \frac{dp}{dy} + \eta \frac{d^2u}{dx^2}$$

Infolge unserer Annahme eines stationären Zustandes ist, wie schon oben gesagt wurde, die Beschleunigung in horizontaler Richtung $= 0$, also $\frac{d^2y}{dt^2} = 0$. Unsere Gleichung reduziert sich also, wenn wir zur Vereinfachung der Schreibweise $\frac{dp}{dy} = P$ setzen, auf:

$$P = \eta \frac{d^2u}{dx^2} \text{ oder:}$$

$$3. \quad \frac{d^2u}{dx^2} = \frac{P}{\eta}.$$

Diese Gleichung integrieren wir:

$$\frac{du}{dx} = \left(\frac{P}{\eta}\right) x + C_1.$$

Für $x = 0$ ist $C_1 = \left(\frac{du}{dx}\right)_{x=0}$ also erhalten wir:

$$\frac{du}{dx} = \left(\frac{P}{\eta}\right) x + \left(\frac{du}{dx}\right)_{x=0}.$$

Wir integrieren noch einmal:

$$u = \frac{1}{2} x^2 \left(\frac{P}{\eta}\right) + \left(\frac{du}{dx}\right)_{x=0} \cdot x + C_2.$$

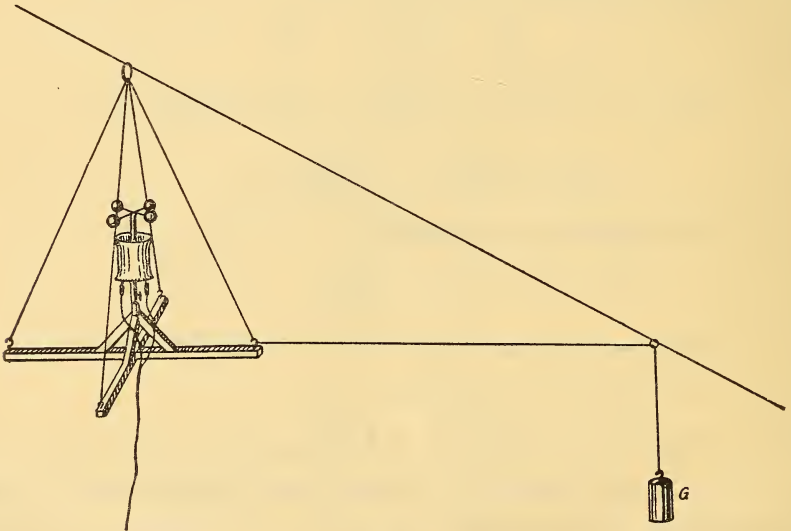
Für $x = 0$ ist auch $C_2 = 0$.

Die Endgleichung ist also:

$$4. \quad u = \frac{1}{2} \left(\frac{P}{\eta}\right) x^2 + \left(\frac{du}{dx}\right)_{x=0} \cdot x.$$

Sie gibt eine funktionelle Abhängigkeit zwischen u und x unter der gemachten Voraussetzung einer parallel dem Erdboden verlaufenden, stationären Luftbewegung. Hiernach war zu untersuchen, wie weit die wirklichen Windgeschwindigkeiten in Übereinstimmung mit vorstehender Formel stehen und welches die Werte von η bzw. $\frac{P}{\eta}$ sind.

Es handelte sich also bei den Untersuchungen darum, die Windgeschwindigkeiten in verschiedenen Höhen zu messen. Als Instrument zur Messung der Windgeschwindigkeit diente mir ein kleines Kontaktanemometer, dessen Kontakte ich durch eine angeschaltete Glocke nebst Element hörbar machte. Die Zeit zwischen zwei Glockenzeichen gab mir dann ein Maß für die Windgeschwindigkeit, da mir bekannt war, daß die Aufeinanderfolge zweier Kontakte 1000 m vom Winde zurückgelegter Strecke bedeutete. Die deutsche Seewarte hatte auf meine Bitte hin das Instrument in freundlicher Weise auf dem Combeschen Rotationsapparat geprüft, so daß ich mit ihm exakte Messungen ausführen konnte. Um das Anemometer bis in die beabsichtigte Höhe von 80—100 m zu bringen, bediente ich mich eines Hilfsmittels, des Drachens, und zwar eines einfachen Malaydrachens, eines sog. Rolopians mit drei Flächen. Ich ließ den Drachen mit 200—300 m Leine hochgehen, so daß er ruhig stand. Dann befestigte ich das auf ein Gestell montierte Anemometer auf die in der nachstehenden Zeichnung angedeutete Art und Weise an der Drachenleine.



Das Gewicht G dient dazu, den Druck, den die Windgeschwindigkeit auf das Anemometer ausübt, aufzuheben und dasselbe in vertikaler Stellung zu erhalten. Es ist je nach Größe der Windgeschwindigkeit größer oder kleiner bemessen. Die Verbindung des Anemometers mit der Glocke stellten zwei zusammengespulte, dünne, seiden-

bespannene Kupferdrähte von 100 m Länge her. Den Widerstand dieser Drahtleitung überwand ich leicht mit zwei Taschenbatterien, so daß ein deutlich wahrnehmbares Klingelzeichen mir den Kontakt anzeigte.

Bei den Versuchen selbst war ein Übelstand der, daß mir nur ein Anemometer zur Verfügung stand. Da bekanntlich die Windgeschwindigkeit ständig schwankt, ist es unbedingt notwendig, für jede in der Höhe gemachte Messung eine zur selben Zeit am Erdboden angestellte Vergleichsmessung zu haben. Das läßt sich aber nur mit zwei Anemometern ausführen. Eine vollkommen fehlerfreie Bestimmung der Zunahme war also nicht möglich. Ich konnte aber

(Fortsetzung S. 237)

Beobachtungen über die Zunahme der Windgeschwindigkeit mit der Höhe.

Beispiel einer Versuchsreihe.

Tag	Höhe	Meter pro Sekunde		Mittel
23. IX. 12	2	5.6 6.0	5.8	5.7
NE	10	6.9 7.7	7.3	
	2	5.8 5.4	5.6	
	20	7.7 8.3	8.0	
	2	5.7 6.3	5.95	6.03
	50	9.7 8.9	9.3	
	2	6.25 5.95	6.1	
	80	9.3 9.75	9.53	
	2	5.8 6.0	5.9	6.1
	50	8.7 9.3	9.0	
	2	6.5 6.1	6.3	
20	8.8 8.5	8.65	6.15	
2	6.1 5.9	6.0	6.05	
10	7.8 7.2	7.5		
2	5.7 6.5	6.1		
Mittel				6.0

Hieraus ergibt sich:

23. September 1912. Wind NE.

Höhe	m/sec.	m/sec.	Mittel	Zunahme pro Meter
2	6.0	6.0	6.0	} 0.152
10	7.6	7.45	7.52	
20	8.22	8.5	8.36	} 0.084
50	9.27	8.9	9.08	
80	9.53		9.53	} 0.024
				} 0.015

Ebenso wurde gefunden:

27. September 1912. Wind E.

Höhe	m/sec.	m/sec.	Mittel	Zunahme pro Meter
2	4.2	4.2	4.2	} 0.25
10	6.9	6.5	6.7	
25	7.5		7.5	} 0.06
60	8.5	7.9	8.2	
80	8.7		8.7	} 0.02
				} 0.025

6. Oktober 1912. Wind NW.

Höhe	m/sec.	m/sec.	Mittel	Zunahme pro Meter
2	6.3	6.3	6.3	} 0.180
10	7.7	8.5	8.1	
35	9.3		9.3	} 0.060
50	9.6	10.02	9.81	
70	10.32		10.32	} 0.025
				} 0.025

15. Oktober 1912. Wind W.

Höhe	m/sec.	m/sec.	Mittel	Zunahme pro Meter
2	4.9	4.9	4.9	} 0.188
10	6.87	6.7	6.78	
25	7.7	8.2	8.0	} 0.081
50		8.52	8.52	
70	8.97	8.82	8.9	} 0.020
				} 0.018

21. Oktober 1912. Wind SE.

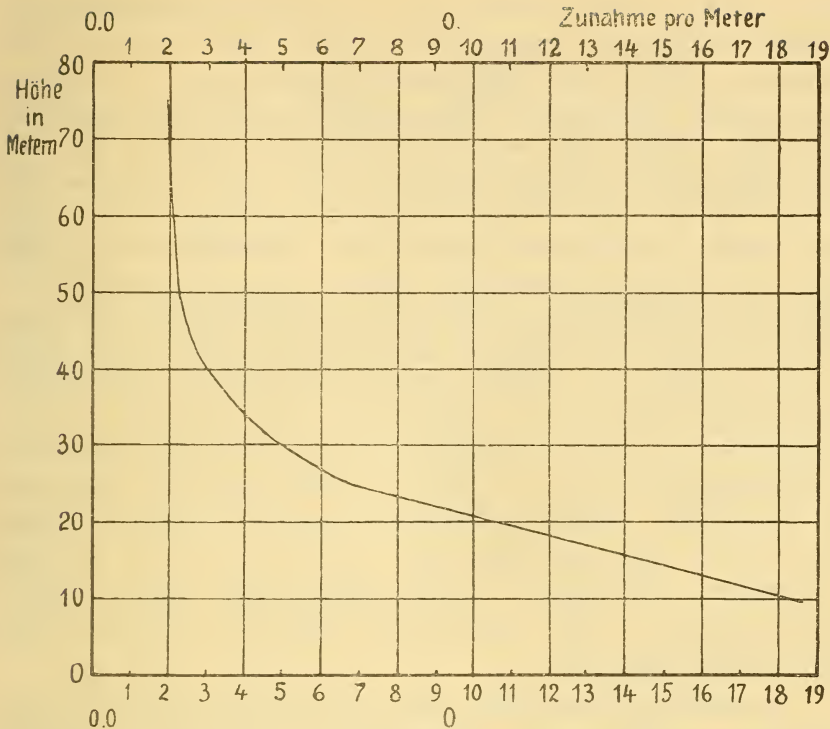
Höhe	m/sec.	m/sec.	Mittel	Zunahme pro Meter
2	5.0	5.0	5.0	} 0.220
10	7.0	7.4	7.2	
25	7.8	8.0	7.9	} 0.047
50	8.3	8.7	8.5	
80	9.0		9.0	} 0.024
				} 0.017

29. Oktober 1912. Wind SSW.

Höhe	m/sec.	m/sec.	Mittel	Zunahme pro Meter
2	6.8	6.8	6.8	} 0.13
10	8.0	8.2	8.1	
30	9.5	9.3	9.4	} 0.07
50	9.7	9.9	9.8	
70	10.2		10.2	} 0.02
				} 0.02

Zusammenstellung der Werte für die Zunahme
pro Meter Höhe.

Tag	Mittlere Wind- geschwindig- keit	Zunahmen pro Meter für die Zonen				
		0—10	10 — $\left\{ \begin{smallmatrix} 20 \\ 25 \\ 30 \end{smallmatrix} \right\}$	$\left\{ \begin{smallmatrix} 20 \\ 25 \\ 30 \end{smallmatrix} \right\}$ — $\left\{ \begin{smallmatrix} 50 \\ 60 \end{smallmatrix} \right\}$	$\left\{ \begin{smallmatrix} 50 \\ 60 \end{smallmatrix} \right\}$ — $\left\{ \begin{smallmatrix} 70 \\ 80 \end{smallmatrix} \right\}$	
23. IX. 12	6.0	0.152	0.084	0.024	0.015	
27. IX. 12	4.2	0.250	0.060	0.020	0.025	
8. X. 12	6.3	0.180	0.060	0.025	0.025	
15. X. 12	4.9	0.188	0.081	0.020	0.018	
21. X. 12	5.0	0.220	0.047	0.024	0.017	
29. X. 12	6.8	0.130	0.070	0.020	0.020	
Mittel		0.187	0.067	0.022	0.020	



eine einigermaßen große Genauigkeit dadurch erzielen, daß ich vor und nach jeder Messung in der Höhe eine Messung der Windgeschwindigkeit am Erdboden ausführte, dann aus den beiden das Mittel nahm und mit dem Wert in der betreffenden Höhe verglich. Um Messungsfehler zu vermeiden und um die Genauigkeit noch zu erhöhen, habe ich in jeder Höhe und am Erdboden jedesmal zwei Kontakte abgewartet und so für jede Höhe zwei Werte erhalten, die mir einen zweifellos genaueren Mittelwert geben. In der nachstehenden Tabelle habe ich 6 Reihen von Messungen angeführt, die alle als vollkommen exakt zu betrachten sind. Versuchsreihen, bei denen durch kleine Zwischenfälle, wie Unklarwerden der Drachenleine oder der Drahtleitung und weiteres mehr, Lücken entstanden sind, habe ich ohne weiteres fortgelassen.

Die Versuchsreihen ergeben zunächst nur die Werte der Zunahme der Windgeschwindigkeit vom Erdboden an gerechnet bis zu einer bestimmten Höhe, z. B. von 0—30 m, von 0—50 m usw. Der Zweck der Untersuchungen war aber die Zunahme der Windgeschwindigkeit von Höhe zu Höhe zu bestimmen, z. B. von 0—10,

von 10—30, 30—50 m Höhe usw. In der in den Beobachtungstabellen vorliegenden Form kann ich z. B. eine in 50 m Höhe gemachte Ablesung der Windgeschwindigkeit nicht mit einer zu einer anderen Zeit in 20 m Höhe gemachten Ablesung vergleichen, da in der zwischen den beiden Beobachtungen liegenden Zeit sich die Gesamtgeschwindigkeit geändert haben kann. Dadurch, daß ich vor und nach jeder Windgeschwindigkeitsmessung in einer Höhe eine Messung am Erdboden gemacht habe, habe ich eine Kontrolle über die Gesamtgeschwindigkeit während einer Versuchsreihe gewonnen. Ich berechne nun die mittlere am Erdboden herrschende Geschwindigkeit und reduziere sämtliche Messungen in der Höhe auf diesen Mittelwert. Ist z. B., wie in Versuchsreihe I, diese mittlere Windgeschwindigkeit 6,0 m pro Sekunde, eine Ablesung in 50 m Höhe 9,0 m p. S. und die zur gleichen Zeit am Erdboden herrschende Geschwindigkeit 6,1 m p. S., so ist der Wert gegen den Mittelwert um 0,1 zu hoch. Die auf den Mittelwert bezogene Windgeschwindigkeit in 50 m Höhe wäre dann $9,0 - 0,1 = 8,9$ m p. S. Ich kann so sämtliche Ablesungen auf eine gleichmäßige mittlere Windgeschwindigkeit für eine Versuchsreihe reduzieren und diese Werte miteinander vergleichen.

In der Zusammenstellung neben jeder Versuchsreihe habe ich die reduzierten Windgeschwindigkeitswerte für jede Höhe angeführt und aus den Mittelwerten die Zunahme der Windgeschwindigkeit pro Meter Höhe für jede Höhenzone bestimmt. Diese Werte habe ich zum Schluß nach Höhenstufen geordnet zusammengestellt, die Mittelwerte für jede Höhenstufe gebildet und diese graphisch in Kurvenform gebracht, indem ich als Abszissen die Zunahmewerte und als Ordinaten die Höhen eingetragen habe.

Eine Betrachtung der Kurve gibt folgendes Resultat:

Die Zunahme der Windgeschwindigkeit pro Meter Höhe ist am größten am Erdboden in der Zone von 0—10 m und zwar 0,18 m p. S. Sie wird allmählich geringer bis 30 m und zwar 0,05 m p. S. Von hier ab fallen die Zunahmewerte mit größer werdender Höhe nur langsam: 40 m = 0,03, 50 m = 0,022, 60 m = 0,021, 70 m = 0,02 und nähern sich allmählich einem konstanten Wert.

Es wird sich jetzt darum handeln, die Übereinstimmung dieser beobachteten Windgeschwindigkeiten mit denen zu finden, die sich durch Berechnung aus der im Anfang entwickelten Formel ergeben.

Die Formel lautete:

$$u = \frac{1}{2} \left(\frac{P}{\eta} \right) x^2 + \left(\frac{du}{dx} \right)_{x=0} \cdot x.$$

In ihr ist, um noch einmal kurz zu wiederholen, u die Windgeschwindigkeit, x die Höhe, in der beobachtet wurde, $\left(\frac{P}{\eta} \right)$ und $\left(\frac{du}{dx} \right)_{x=0}$ sind Konstante.

Eine Beobachtungsreihe nun gibt für verschiedene Werte von x die zugehörigen Werte von u . Ich erhalte also für eine Beobachtungsreihe ein System von Gleichungen:

$$u_1 = \frac{1}{2} \left(\frac{P}{\eta} \right) x_1^2 + \left(\frac{du}{dx} \right)_{x=0} \cdot x_1,$$

$$u_2 = \frac{1}{2} \left(\frac{P}{\eta} \right) x_2^2 + \left(\frac{du}{dx} \right)_{x=0} \cdot x_2,$$

$$\text{---} \text{---} \text{---} \text{---} \text{---} \text{---} \text{---} \text{---} \text{---} \text{---}$$

$$u_n = \frac{1}{2} \left(\frac{P}{\eta} \right) x_n^2 + \left(\frac{du}{dx} \right)_{x=0} \cdot x_n.$$

Aus diesen Gleichungen kann ich $\left(\frac{P}{\eta} \right)$ und $\left(\frac{du}{dx} \right)_{x=0}$, die Konstanten bestimmen. Zu dem Zweck würden 2 Gleichungen genügen. Ich berechne aber aus sämtlichen n Gleichungen mit Hilfe der Methode der kleinsten Quadrate die „wahrscheinlichsten“ Werte der Konstanten. Die Gleichungen lauten, in bequeme Form gebracht und nach steigenden Potenzen von x geordnet:

$$J_1 = ax_1 + bx_1^2,$$

$$J_2 = ax_2 + bx_2^2,$$

$$J_3 = ax_3 + bx_3^2,$$

$$\text{---} \text{---} \text{---} \text{---} \text{---} \text{---}$$

$$J_n = ax_n + bx_n^2.$$

Hierin bedeutet $a = \left(\frac{du}{dx} \right)_{x=0}$, $b = \frac{1}{2} \left(\frac{P}{\eta} \right)$ und n die Anzahl der Messungen.

Berechnet man nun aus diesen Gleichungen nach der Methode der kleinsten Quadrate die Werte von $a = \left(\frac{du}{dx} \right)_{x=0}$ und $b = \frac{1}{2} \frac{P}{\eta}$, so ergibt dies:

Datum der Beobachtungs- reihe	$\left(\frac{du}{dx}\right)_{x=0}$ a	$\frac{1}{2} \left(\frac{P}{\eta}\right)$ b
23. IX. 12	+ 0.4605	— 0.00443
27. IX. 12	+ 0.404	— 0.00380
8. X. 12	+ 0.558	— 0.00514
15. X. 12	+ 0.662	— 0.00817
21. X. 12	+ 0.402	— 0.00376
29. X. 12	+ 0.499	— 0.00527

Diese Werte der Konstanten habe ich, um noch einmal zusammenzufassen, durch Einsetzen der beobachteten Werte von x und y , Höhe und Windgeschwindigkeit, in unsere Gleichung $u = \frac{1}{2} \left(\frac{P}{\eta}\right) x^2 + \left(\frac{du}{dx}\right)_{x=0} \cdot x$ gefunden. Jetzt setze ich umgekehrt diese Werte der Konstanten in die Gleichung ein und berechne für die verschiedenen Beobachtungsreihen, und innerhalb deren für die verschiedenen Höhen, die Windgeschwindigkeit u . Die Größen u , die ich dann erhalte, sind berechnete Werte der Windgeschwindigkeit, im Gegensatz zu den beobachteten Werten. In der folgenden Tabelle habe ich die berechneten (u) und beobachteten (v) Größen der Windgeschwindigkeit zum Zwecke des Vergleichs nebeneinander gestellt.

Datum:				Datum:				Datum:			
23. IX. 12	Höhe	u	v	27. IX. 12	Höhe	u	v	8. X. 12	Höhe	u	v
	2	0.92	6.0		2	0.8	4.2		2	1.09	6.3
	10	4.2	7.5		10	3.7	6.7		10	5.07	8.1
	20	7.4	8.4		25	7.7	7.5		30	12.11	9.3
	50	12.0	9.1		60	10.6	8.2		50	15.05	9.8
	80	8.6	9.5		80	8.0	8.7		70	13.87	10.3

Datum:				Datum:				Datum:			
15. X. 12	Höhe	u	v	21. X. 12	Höhe	u	v	29. X. 12	Höhe	u	v
	2	1.3	4.9		2	0.8	5.0		2	1.0	6.8
	10	5.8	6.8		10	3.6	7.2		10	4.5	8.1
	25	11.4	8.0		25	7.7	7.9		30	10.2	9.4
	50	12.7	8.5		50	10.6	8.5		50	11.8	9.8
	70	6.2	8.9		80	7.8	9.0		70	9.0	10.2

Bei Betrachtung dieser Zusammenstellung fällt auf die geringe Übereinstimmung zwischen den berechneten und beobachteten Werten der Windgeschwindigkeit. Da die 6 Beobachtungsreihen, die die Grundlage dieser Untersuchungen bilden, aus einer größeren Anzahl als die exaktesten ausgewählt worden sind, können direkte

Beobachtungsfehler nicht als die alleinige und vor allem nicht als die ausschlaggebende Ursache dieser Differenzen angesehen werden. Eine Fehlerquelle allerdings enthalten die Beobachtungsreihen, die schon bei der Besprechung der Art der Beobachtungen erwähnt wurde, nämlich die, daß ich nur ein Anemometer zur Verfügung hatte und die Vergleichsbeobachtungen in den verschiedenen Höhen nicht gleichzeitig ausführen konnte. Wie schon erwähnt, habe ich diese Fehlerquelle dadurch auf ein Minimum reduziert, daß ich Kontrollmessungen der Windgeschwindigkeit in 2 m Höhe vom Erdboden vornahm. Es bleibt nun noch die Möglichkeit zur Erklärung der Differenzen offen, daß die Voraussetzung, die wir bei der Aufstellung der Bewegungsgleichungen machten, nicht erfüllt ist. Wir nahmen an, daß wir es mit einer stationären, parallel dem Erdboden verlaufenden Bewegung zu tun hätten. Das vollkommen ebene Gelände auf Föhr begünstigte diese Annahme, obwohl ein ca. 150 m südlich vom Beobachtungsort gelegener breiter Häuserkomplex ev. störend auf die Gleichförmigkeit der Luftbewegung eingewirkt haben mag. Daß aber noch eine andere mit der Wirklichkeit nicht übereinstimmende Voraussetzung gemacht sein muß, zeigt folgende Überlegung.

Die berechneten Werte der Windgeschwindigkeit nehmen von 50 m Höhe bis zu 80 m wieder ab. Dies führt uns zu einer Untersuchung der durch die Gleichung dargestellten Kurve. Die Gleichung lautete in übersichtlicher Form:

$$y = ax + bx^2.$$

Wir nehmen folgende Umformung vor:

$$\frac{y}{b} = x^2 + \frac{a}{b} x$$

$$\frac{y}{b} = x^2 + \frac{a}{b} x + \frac{a^2}{4b^2} - \frac{a^2}{4b^2}$$

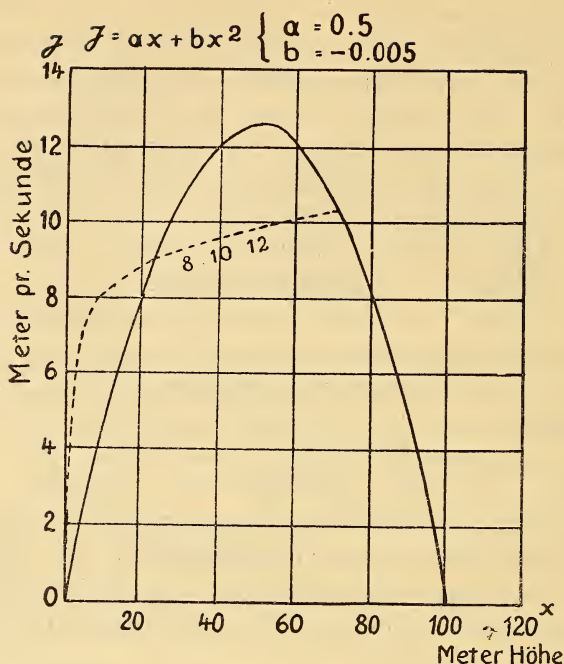
$$\frac{y}{b} + \frac{a^2}{4b^2} = x^2 + \frac{a}{b} x + \left(\frac{a}{2b}\right)^2$$

$$\frac{1}{b} \left(y + \frac{a^2}{4b} \right) = \left(x + \frac{a}{2b} \right)^2.$$

Setzen wir nun für $y + \frac{a^2}{4b} = y_1$ und $x + \frac{a}{2b} = x_1$, so erhalten wir

$y_1 \cdot \frac{1}{b} = x_1^2$, also die Gleichung einer Parabel, deren Scheitelpunkt in unserem ursprünglichen Koordinatensystem x, y , die Koordinaten

$\frac{a}{2b}, \frac{a^2}{4b}$ hat.



Die vorstehende Kurve zeigt die Parabel für die Mittelwerte der Konstanten $a = +0,5$, $b = -0,005$. Zum Vergleich habe ich die Kurve der beobachteten Werte vom 8. X. 12 eingezeichnet.

Hieraus geht klar hervor, daß die berechnete Abhängigkeit zwischen Höhe und Windgeschwindigkeit eine prinzipiell andere ist, als den Voraussetzungen entspricht. Unter diesen wird voraussichtlich die Annahme, daß $\frac{dp}{dy}$ unabhängig von der Höhe sei, einer wesentlichen Abänderung bedürfen.

VI. Untersuchungen über den Einfluß einer Böschung auf die Bewegung der untersten Luftschichten.

Neben diesen Messungen habe ich noch Untersuchungen darüber angestellt, wie eine ca. 5 m hohe Böschung am Strande auf die Bewegung der untersten Luftschichten einwirkt. Ich habe die Windgeschwindigkeit abwechselnd am Strande und oben auf der Böschung gemessen, und zwar nur bei südlichen Richtungen des Windes, denn der Strand war, da die Böschung in der Richtung von Ost nach West und der Strand südlich von ihr verlief, bei nördlichen Richtungen im Windschatten der Böschung. Die Messungen

habe ich mit dem bei den Drachenversuchen benutzten Anemometer ausgeführt und dieses zu dem Zweck auf einer 2 m langen Stange befestigt. Als Kontaktanzeiger hatte ich wieder eine Glocke. Die Resultate habe ich, wie aus der Tabelle ersichtlich, so berechnet, daß ich aus zwei Böschungsmessungen das Mittel genommen und dieses mit der zwischen ihnen liegenden Strandmessung verglichen habe. Darauf habe ich das Mittel aus zwei Strandmessungen genommen und dieses mit dem zwischen ihnen liegenden Böschungswert verglichen, und so fort. Die Mittelwerte der beiden Gruppen habe ich dann in Prozents nach der Windgeschwindigkeit auf der Böschung umgerechnet, die Böschung also zu 100 % gerechnet.

Aus der Zusammenstellung ergibt sich nun, daß durch das Hinaufstreichen des Windes an der steilen Böschung diese ein Plus von 26,81 % Windgeschwindigkeit im Mittel gegen den Strand aufweist. Weiter zeigen die Resultate, daß der Unterschied der Windgeschwindigkeit zwischen Strand und Böschung von der Windgeschwindigkeit selbst abhängig ist. Bei der geringsten Windstärke, 3,94 m p. S., hat der Strand nur 63,8 % der Windgeschwindigkeit der Böschung. Bei einer Windgeschwindigkeit von 15,98 m p. S. hat der Strand 80 % von derjenigen der Böschung. Der Unterschied der Windgeschwindigkeiten zwischen Strand und Böschung oder der Einfluß der Böschung auf die Windgeschwindigkeit ist also bei schwächerem Winde größer als bei stärkerem Wind.

Beobachtungen über den Einfluß einer Böschung auf die Windgeschwindigkeit.

Tag	Ort	m/sec.			Strand Böschung	
1. X. 12	Strand	14.6 14.4 17.0	14.5	} 14.35 } 17.75 } 14.1	14.35	17.9
	Böschung	17.4 18.6	17.9		14.2	17.75
	Strand	14.1 14.3	14.2		14.1	17.6
	Böschung	17.6 17.6	17.6		Mittel 14.2	17.75
	Strand	13.7 14.3	14.0		80 %	100 %
10. X. 12	Böschung	5.1 4.9	5.0	} 5.07 } 3.44 } 5.22	3.35	5.07
	Strand	3.3 3.4	3.35		3.44	5.13
	Böschung	5.2 5.05	5.13		3.53	5.22
	Strand	3.50 3.55	3.53		Mittel 3.44	5.14
	Böschung	5.3 5.3	5.30		66.9 %	100 %

Tag	Ort	m/sec.			Strand Böschung	
12. X. 12	Böschung	5.2 5.5	5.35	} 5.35	3.65	5.35
	Strand	3.6 3.7	3.65		3.83	5.35
ESE	Böschung	5.5 5.2	5.35	} 3.83	4.0	5.45
	Strand	4.1 3.9	4.0		3.83	5.38
	Böschung	5.4 5.7	5.55	} 5.45	71.2 %	100 %
20. X. 12	Böschung	4.8 4.75	4.78	} 4.79	3.05	4.79
	Strand	3.1 3.0	3.05		3.07	4.80
WSW	Böschung	4.9 4.7	4.8	} 3.07	3.08	4.83
	Strand	3.0 3.15	3.08		3.07	4.81
	Böschung	4.9 4.8	4.85	} 4.83	63.8 %	100 %
29. X. 12	Böschung	15.2 14.1	14.7	} 14.45	12.40	14.45
	Strand	12.4 12.4	12.4		12.35	14.20
SW	Böschung	13.9 14.5	14.2	} 12.35	12.30	14.25
	Strand	12.6 12.0	12.3		12.15	14.30
	Böschung	14.5 14.1	14.3	} 12.15	12.00	14.58
	Strand	12.3 11.7	12.0		12.24	14.56
	Böschung	14.5 15.2	14.85	} 14.58	84.1 %	100 %
30. X. 12	Böschung	6.4 6.0	6.2	} 6.5	4.35	6.50
	Strand	4.6 4.1	4.35		4.83	6.80
SSW	Böschung	6.6 7.0	6.8	} 4.83	5.30	6.45
	Strand	5.3 5.3	5.3		4.83	6.58
	Böschung	6.1 6.1	6.1	} 6.45	73.4 %	100 %

Zusammenstellung.

Tag	Windrichtung	Mittlere Windgeschwindigkeit	Prozente am Strand	
20. X. 12	WSW	3.94	63.8 %	} Böschung
12. X. 12	ESE	4.61	71.2 %	
30. X. 12	SSW	5.71	73.4 %	
10. X. 12	SE	4.29	66.9 %	
29. X. 12	SW	13.40	84.1 %	
1. X. 12	WSW	15.98	80.0 %	} 100 %
			Mittel = 73.2 %	
			100 % — 73.2 % = 26.8 %	

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Schriften des Naturwissenschaftlichen Vereins für Schleswig-Holstein](#)

Jahr/Year: 1914

Band/Volume: [16](#)

Autor(en)/Author(s): Benkendorff Rudolf

Artikel/Article: [Die Isothermen Schleswig-Holsteins und klimatische Messungen auf Föhr. 207-244](#)