

B 145

D 1629

# Die Eisverhältnisse im Kaiser Wilhelm-Kanal.

---

## Inaugural-Dissertation

### zur Erlangung der Doktorwürde

der hohen philosophischen Fakultät

der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

vorgelegt von

**Franz Eichstädt**

aus Kanalkolonie B bei Bromberg.

---



Kiel 1919.

Druck: Heider Anzeiger, G. m. b. H., Heide.

## Verzeichnis der benutzten Literatur.

---

- Benkendorff, R., Die Isothermen Schleswig-Holsteins usw. Diss. Kiel, 1914.
- Beseke, C., Der Nord-Ostsee-Kanal. Kiel 1893.
- Eisverhältnisse in den dänischen Gewässern. Ann. d. Hydr. 1907—15.
- Eisverhältnisse an den deutschen Küsten. Ann. d. Hydr. 1904—14.
- Hambbruch, P., Die Eisverhältnisse auf der Unterelbe. Ann. d. Hydr. 1905.
- Hellmann, G., Über strenge Winter. Sitzungsberichte d. math.-nat. Klasse d. Kgl. Ak. d. W. Berlin 1917.
- Karsten, G., Studie über die Eisverhältnisse im Kieler Hafen, gestützt auf Beobachtungen von 1848—86.  
Ann. d. Hydr. 1887.
- Krümme l, O., Handbuch der Ozeanographie. Bd. I.
- Mecking, L., Die Treibeiserscheinungen bei Neufundland usw. Ann. d. Hydr. 1907.
- Meinardus, W., Periodische Schwankungen der Eistrift bei Island. Ann. d. Hydr. 1906.
- Meteorologische Beobachtungen in der Universitätschronik von Kiel für die Jahre 1895—1906 und in den Schriften  
des naturwissenschaftlichen Vereins für Schleswig-Holstein für die Jahre 1907—14.
- Möller, M., Über die Entwässerungsanlage des Kaiser Wilhelm-Kanals in dem Artikel „Neue Seekanäle“.  
Ann. d. Hydr. 1893.
- Steffens, O., Die Eisverhältnisse an den deutschen Küsten. Ann. d. Hydr. 1911.
- Segelhandbuch der Ostsee. Teil I.
-

## Einleitung.

---

In den 23 Jahren seines Bestehens hat der Kaiser Wilhelm-Kanal hinreichend gezeigt, welche Bedeutung er für die Schifffahrt im Frieden besitzt. Seinen strategischen Wert erweist er noch Tag für Tag im gegenwärtigen Weltkrieg. Beides könnte in der rauheren Jahreszeit manchmal eine Verringerung erfahren, da die deutschen Küsten im Winter stets mehr oder weniger mit dem Auftreten von Eis zu rechnen haben. Um so mehr ist es von Interesse zu wissen, inwieweit Eisbildung bei der Benutzung des Kanals hinderlich werden kann.

Diese Frage ist bisher nur zweimal kurz gestreift worden: durch P. Hambruch<sup>1)</sup> in seiner Monographie, „Die Eisverhältnisse auf der Unterelbe“, und in der Veröffentlichung von O. Steffens<sup>2)</sup>, „Die Eisverhältnisse an den deutschen Küsten in den Jahren 1903—11“. Hambruch gibt in einer Tabelle für die Jahre 96—03 den Beginn und das Ende der Eisbildung sowie die Einwirkung auf die Schifffahrt an. Steffens begnügt sich damit, zahlenmäßig mitzuteilen, an wie vielen Tagen auf Grund des achtjährigen Durchschnittes von 1903—11 mit dem Auftreten von Eis, einer Behinderung der Segelschifffahrt und dem Schluß der Segel- und Dampfschifffahrt zu rechnen ist.

Der Kaiser Wilhelm-Kanal verbindet die Nordsee und die Ostsee, zwei Nebenmeere, deren verschiedenes Verhalten hinsichtlich der Eisbesetzung genügend bekannt ist. Dieses Verhalten beider Gewässer hat seine Ursache in ihrer Lage und den darauf beruhenden, verschiedenen klimatischen Verhältnissen. Es scheint daher von Interesse zu sein, den Kanal, die künstliche Verbindung beider Meere, auf seine Eisverhältnisse hin genau zu untersuchen. Dabei ist klar, daß diese durch den starken Schiffsverkehr und das Bestreben, ihn möglichst eisfrei zu erhalten, mannigfache Abänderung erfahren im Gegensatz zu anderen Gewässern, deren Eisbildung und -schwund ungestörter vor sich gehen kann.

Wie schon eben erwähnt, hat die Kanalverwaltung ihr Augenmerk darauf gerichtet, die Eisverhältnisse durch künstliche Maßnahmen möglichst günstig zu gestalten. Dies geschieht durch die Tätigkeit von Eisbrechern, die an den Ausgangspunkten des Kanals, in Holtenau und Brunsbüttel, stationiert sind. Ferner sind die Lotsen angewiesen, mit den großen Dampfern so zu fahren, daß das Eis im Kanal zerkleinert wird und ins Treiben gerät. Die Wirkung des Windes beim Abtreiben des Eises wird zeitweilig unterstützt oder auch gehemmt durch eine

---

<sup>1)</sup> Ann. d. Hydr. 1905, S. 448.

<sup>2)</sup> Ann. d. Hydr. 1911, S. 636—37.

künstlich verursachte Entwässerung<sup>1)</sup>, welche zur Trockenlegung der an den Kanal grenzenden Elbmarschen dient. Zur Hervorrufung des Entwässerungsstromes werden zur Ebbezeit die Schleusen in Brunsbüttel geöffnet. Der Ebbestrom zieht dann das Wasser und das Eis aus dem Kanal heraus. Das Wasser ergänzt sich aus dem natürlichen Wasserreservoir der Obereiderseen, östlich von Rendsburg, und der Ostsee.

Der Kanal liegt zwischen 53° 50' und 54° 20' nördlicher Breite und zwischen 9° 10' und 10° 10' östlicher Länge. Im großen herrscht von Holtenau bis zur Einfahrt in die Obereiderseen die Ostwestrichtung, von dort bis Brunsbüttel die Nordost-Südwest-Richtung vor. Der Kanal hat eine Länge von 98½ km und eine Durchschnittsbreite von 120 m. Seine Lage in der südlichen Hälfte von Schleswig-Holstein bedingt den Einfluß des atlantisch-europäischen Klimas auf ihn. Hierbei muß man in Betracht ziehen, daß das Klima von Nord- und Ostsee in sich feinere Unterschiede aufweist.

## I. Kapitel.

### Quellenmaterial, Methode und Statistik.

Sogleich im ersten Winter 1895—96 nach der Eröffnung des Kaiser Wilhelm-Kanals hat die Kanalverwaltung angeordnet, daß regelrechte Beobachtungen über die Eisverhältnisse angestellt wurden. In jenem Winter hatten die verschiedenen Bauämter dafür zu sorgen. Vom Winter 1896—97 an werden die Beobachtungen von den Fährpunkten des Kanals aus gemacht. Die Fährführer haben jeden Tag im Winter ein Eistelegramm an ihre zuständige Betriebsbehörde zu richten. Jede einzelne Betriebsleitung sendet ihre Telegramme nach Holtenau, wo sie alle gesammelt werden. Die Originalberichte sind in dankenswerter Weise vom Kanalamt zu Kiel dem geographischen Institut der Universität für diese Arbeit zur Verfügung gestellt worden.

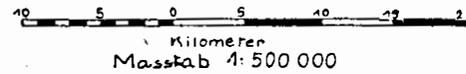
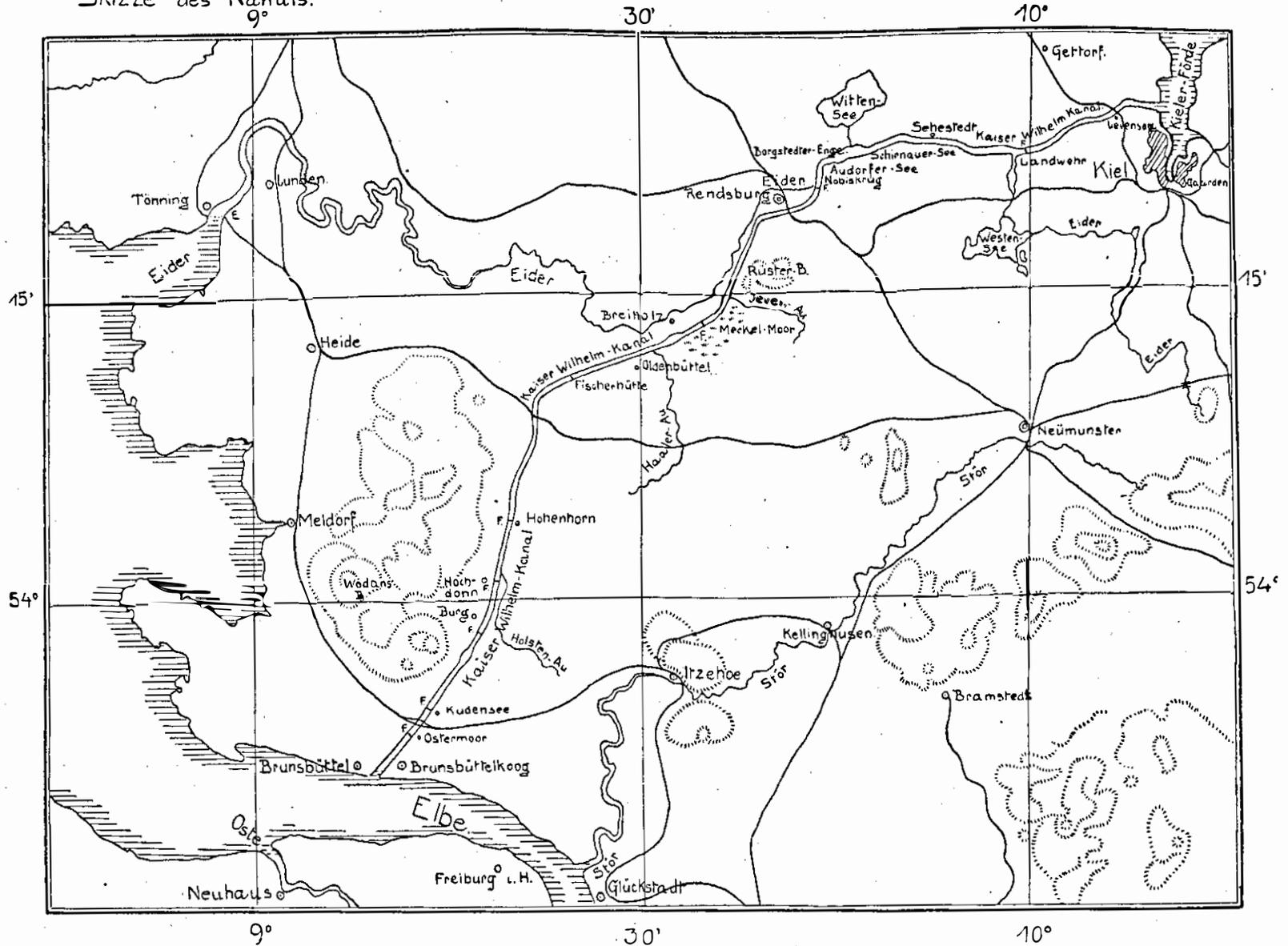
Aus diesen Unterlagen, denen Eisberichte über das der Kanaleinfahrt vorliegende Elbgebiet und die Elbeeinfahrt bei Brunsbüttel beigelegt sind, ergeben sich folgende Beobachtungsstationen:

- |                       |                      |
|-----------------------|----------------------|
| 1. Elbe               | 12. Meckelmoor       |
| 2. Kanaleinfahrt Elbe | 13. Rüterberge       |
| 3. Brunsbüttel        | 14. Nobiskrug        |
| 4. Ostermoor          | 15. Audorfer See     |
| 5. Kudensee           | 16. Borgstedter Enge |
| 6. Burg               | 17. Schirnauer See   |
| 7. Hochdonn           | 18. Schestedt        |
| 8. Hohenhorn          | 19. Landwehr         |
| 9. Fischerhütte       | 20. Lévensau         |
| 10. Oldenbüttel       | 21. Prahmdrehbrücke  |
| 11. Breiholz          | 22. Holtenau.        |

<sup>1)</sup> Genaueres über die Entwässerung gab M. Möller, Ann. d. Hydr. 1893, S. 99 ff.

Skizze 1.

Skizze des Kanals.



Anm. Der Kanal ist breiter gezeichnet als es dem Maßstabe entspricht.

Nach Vogels Karte des Deutschen Reiches

Ihre Lage im einzelnen veranschaulicht die beigelegte Skizze (1) des Kanals.

Wie schon oben erwähnt, wurden im ersten Winter 1895—96 die Beobachtungen von den Bauämtern besorgt. Um die Statistik gleichartig zu machen, mußten diese Beobachtungen den späteren angepaßt werden. An Stelle der Bauämterbezirke wurden die oben genannten Fähren eingeführt und die Beobachtungen der Bauämter auf die in ihren Bezirken befindlichen Fähren übertragen. Die Bezirke der Bauämter ergeben sich nach C. Beseke<sup>1)</sup> wie folgt:

Bauamt I von der Elbmündung bis km 3,87 mit der Fähre Brunsbüttel;

Bauamt II von km 3,87 bis km 38, schloß also noch die Fähren Ostermoor und Fischerhütte ein;

Bauamt III von km 38 bis km 65,15 von der Fähre Oldenbüttel bis Nobiskrug;

Bauamt IV von km 65,15 bis km 98,6 von der Station Audorfer See bis einschließlich zur Prahmdrehbrücke (seit der Fertigstellung der Prinz Heinrich-Brücke 1912 besteht die Prahmdrehbrücke nicht mehr);

Bauamt V Schleusen bei Holtenau.

Die Beobachtungen sind recht gleichmäßig durchgeführt bis in den Winter 1913—14; diejenigen aus den Kriegswintern waren nicht zugänglich. Nur die Beobachtungen im Winter 1896—97 erwiesen sich als so schlecht, daß sie aus der Statistik ausgeschaltet werden mußten. Auch aus P. Hambruchs Arbeit über die Eisverhältnisse auf der Unterelbe ist dies ersichtlich. In Zeiten des Eises sind die Beobachtungen täglich gemeldet, auch eisfreie Zwischentage angegeben. Nur einige Male fehlten Tage, an denen offenkundig Eis vorhanden gewesen sein muß. Die Verteilung dieser letzteren auf die einzelnen Jahre zeigt Ta-

Tabelle 1. Die fehlenden Eistage.

Winter	Zahl der fehlenden Tage	Winter	Zahl der fehlenden Tage
95—96	5	06—07	3
97—98	eisfrei	07—08	0
98—99	eisfrei	08—09	11
99—00	4	09—10	1
00—01	3	10—11	eisfrei
01—02	0	11—12	6
02—03	1	12—13	2
03—04	0	13—14	3
04—05	0		Summe 39 Tage
05—06	0		

<sup>1)</sup> C. Beseke, Der Nord-Ostsee-Kanal, Kiel und Leipzig 1893, S. 40—41.

belle 1. Danach fehlen in 18 Jahren 39 Tage, d. h. durchschnittlich in einem Beobachtungswinter zwei Tage. Soweit wie irgend möglich wurden die fehlenden Meldungen nach Maßgabe der vorhergehenden und folgenden Tagesmeldungen und der der Nachbarstationen interpoliert. Die Berichte bestehen jeweils aus einer kurzen Angabe der Eisverhältnisse nach Schätzung des Fährführers und aus der Meldung, mit welchen Mitteln der Fährbetrieb aufrecht erhalten wurde. Zur Erläuterung seien die folgenden Proben mitgeteilt.

**Eisberichte vom 29. Dezember 1908 bis 4. Januar 1909.**

Datum	Meldung von	
29. XII. 08	Br. <sup>1)</sup>	1—53 <sup>2)</sup> dünne Eisdecke, 2—3 cm stark. Unbehindert.
30. XII. 08	Br.	1—53 dünne Eisdecke, 3—4 cm stark. Nordseite etwas stärker. Brunsbüttel, Kudensee mit, die übrigen ohne Dampferhilfe.
	Ratzki	Elbe strichweise leichtes Treibeis, Hafeneinfahrt wenig loses Eis.
	H.	Rüsterberge dünne Eisdecke mit offener Rinne. Tags 1, nachts 2 Mann Aushilfe. Nobiskrug wie Rüsterberge, Winterprahm mit 3 Mann Aushilfe. Sehestedt dünne Eisdecke, Winterprahm 2 Mann Aushilfe. Landwehr eisfrei, unbehindert.
	Freiwald	Prahmdrehbrücke schwaches Treibeis, unbehindert. 53—75 dünne Eisdecke mit offener Fahr Rinne. 75—Holtenau eisfrei. Schifffahrt für hölzerne Schiffe geschlossen.
31. XII. 08	Br.	1—53 zusammengefrorenes Scholleneis, 4—6 cm stark. Brunsbüttel, Ostermoor, Kudensee, Burg, Hochdonn, Hohenhorn mit, die übrigen ohne Dampferhilfe in Betrieb.
	Ratzki	Elbe starkes Eistreiben. Hafeneinfahrt wenig loses Eis.
	H.	Rüsterberge unverändert. Nobiskrug halb voll Treibeis. Winterprahm mit Dampferhilfe. Aushilfe 3 resp. 4 Mann. Sehestedt voll Treibeis, 2 Mann Aushilfe. Landwehr dünnes Treibeis, 2 Mann Aushilfe. Holtenau dünnes Treibeis, unbehindert.
	Freiwald	53—Holtenau Treibeis. In den Seen feste Eisdecke mit Treibeis in der Fahr Rinne.

<sup>1)</sup> Br. bedeutet Brunsbüttel, H. Holtenau. Ratzki und Freiwald sind die Oberlotsen in Brunsbüttel bzw. Holtenau. — <sup>2)</sup> Die Zahlen bedeuten km am Kanal.

Datum	Meldung von	
2. I. 09.	Br.	1—13 voll, 13—26 $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ voll, 26—53 voll Treibeis. Fähre Oldenbüttel und Breiholz ohne, die übrigen mit Dampferhilfe in Betrieb.
	Ratzki	Elbe schweres Eistreiben, Eisbrecher in Tätigkeit. Hafeneinfahrt wenig-loses Eis.
	H.	Rüsterberge: Treibeis. Tags 4, nachts 3 Mann Aushilfe. Nobiskrug: Treibeis, Eisprahm mit Dampfer, 3 bzw. 4 Mann Aushilfe. Sehestedt: Treibeis, Eisprahm mit Dampfer, 5 bzw. 4 Mann Aushilfe. Landwehr: Treibeis, Eisprahm mit Dampfer, 2 Mann Aushilfe. Holtenau: schwaches Treibeis, unbehindert.
	Freiwald	53—Holtenau Treibeis, in den Seen feste Eisdecke mit Treibeis in der Fahrrinne.
4. I. 09	Br.	1—53 ungleichmäßig verteiltes Treibeis. Nur Burg hat Dampferhilfe.
	Ratzki	Elbe starkes Eistreiben. Hafeneinfahrt leichtes, loses Eis.
	H.	Rüsterberge, Nobiskrug unverändert. Sehestedt voll Treibeis, Dampfer, 6 bzw. 3 Mann Aushilfe. Landwehr starkes Treibeis, 4 Mann Aushilfe. Holtenau nördliche Kanal-seite voll Treibeis. Unbehindert.
	Freiwald	53—Holtenau strichweise Treibeis. In den Seen feste Eisdecke mit Treibeis in der Fahrrinne.

Zu einer geographischen Untersuchung ist es durchaus notwendig, das vorliegende Material vergleichen zu können, um die gemeinsamen Züge und größeren Gesetzmäßigkeiten herauszufinden. Zu diesem Zwecke müssen die vorhandenen Quellenangaben in eine einigermaßen vergleichbare Form gebracht werden. Dies scheint am besten durch Zahlen zu geschehen, die aber nur eine relative Bedeutung haben. Ähnliche Versuche, die Eisverhältnisse zahlenmäßig zu fassen, haben schon gemacht Wilhelm Meinardus<sup>1)</sup> in seiner Untersuchung über periodische Schwankungen der Eistrift bei Island und Ludwig Mecking<sup>2)</sup> in seiner Abhandlung über die Treibeiserscheinungen bei Neufundland.

Meinardus macht bezüglich der Intensität des Eises nur einen Unterschied zwischen leichten und schweren Eisjahren. Den schweren Eisjahren legt er das doppelte Gewicht bei wie

<sup>1)</sup> Ann. d. Hydr. 1906, S. 148 ff.

<sup>2)</sup> Ann. d. Hydr. 1907, S. 348 ff.

den leichten. Er bemerkt dazu, daß in diesem Verfahren eine gewisse Härte liegt. Der Notbehelf erscheint ihm indessen gerechtfertigt, da sein Quellenmaterial in dieser Hinsicht keine besseren Anhaltspunkte bietet. Weiter als Meinardus geht schon Mecking in der zahlenmäßigen Auswertung seines reicheren Quellenmaterials; es geschieht durch eine Reduktionsmethode.

Da aber die für den Kanal vorliegenden Meldungen den Anspruch erheben können, in allen Teilen gleichmäßig gut und vor allem mit sehr feinen Unterscheidungen in der Charakteristik des Eiszustandes durchgeführt zu sein, so erschien es zweckmäßig, ein noch wesentlich genaueres Verfahren als das von Mecking einzuschlagen.

Die in dem Beobachtungsmaterial enthaltenen Angaben wurden zuerst geordnet nach: feste Eisdecke und Treibeis. Dann wurde in jeder der beiden Gruppen folgende Skala der Ausdrücke aufgestellt, deren einzelnen Stufen relative Zahlengrößen beigelegt wurden.

Tabelle 2. Bewertung der Eisstärke.

A. Feste Eisdecke.			
Eisfrei . . . . .	0	Feste Eisdecke, Winterprahm . . . . .	6
Ziemlich eisfrei . . . . .	1	Starke Eisdecke mit Winterprahm . . . . .	6
Leichtes loses Eis . . . . .	1	Boot und Prahm außer Betrieb, Dampfer-	
Ganz leichte Eisdecke . . . . .	1	hilfe . . . . .	6
Leichte Eisdecke, leichtes Jungeis 2 cm . . . . .	1	Überfahrten sehr erschwert . . . . .	6
Leicht übergefroren . . . . .	1	Verkehr mit Fähre unmöglich . . . . .	6
Dünne Eisdecke ohne Dampferhilfe . . . . .	2	Starke Eisdecke, Winterprahm mit Aushilfs-	
Dünne Eisdecke mit Aushilfe . . . . .	3	mannschaft . . . . .	8
Unbehindert . . . . .	1—4	Starke Eisdecke, Winterprahm und Dampfer-	
In Betrieb . . . . .	4	hilfe . . . . .	8
Eisdecke, Jungeis . . . . .	4	Außer Betrieb, Fahrinne ganz außer Be-	
Feste Eisdecke ohne Dampferhilfe . . . . .	4	trieb . . . . .	8
Nach Entwässerung Prahm und Boot in		Festes Eis, Personenverkehr mit Dampfer	8
Betrieb . . . . .	4	Sehr starke Eisdecke 20—30 cm stark,	
Dünne Eisdecke mit Dampferhilfe . . . . .	4	Dampferhilfe . . . . .	11
Feste Eisdecke mit Aushilfsmannschaft . . . . .	5	Sehr starke Eisdecke, Eisbrecher in Tätig-	
Feste Eisdecke, Sommerprahm und Dampfer-		keit . . . . .	11
hilfe . . . . .	5	Sehr starke Eisdecke, Schluß der Dampf-	
Prahm außer, Boot in Betrieb . . . . .	5	schiffahrt . . . . .	11
B. Treibeis.			
Eisfrei . . . . .	0	Wenig Treibeis, unbedeutendes Treibeis . . . . .	1
Leichtes Treibeis, Prahm und Boot in Be-		Ganz leichtes Treibeis . . . . .	1
trieb . . . . .	1	Leichtes Treibeis, schwaches zerkleinertes	
Ziemlich eisfrei . . . . .	1	Treibeis . . . . .	1

Gelichtetes Treibeis . . . . .	1	Starkes, teilweise gelichtetes Treibeis mit Dampferhilfe . . . . .	6
Strichweise Treibeis . . . . .	2—3	Starkes Treibeis, Boot und Prahm außer Be- trieb . . . . .	6
Treibeis . . . . .	4	Verkehr mit Fähre unmöglich . . . . .	6
Treibeis ohne Dampferhilfe . . . . .	4	Voll-Pack- und Scholleneis, Dampferhilfe	6
Nach Entwässerung Prahm und Boot in Be- trieb . . . . .	4	Ungleichmäßig verteiltes Treibeis, Eisprahm und Dampferhilfe . . . . .	6
Leichtes Treibeis mit Dampferhilfe . . . . .	4	Voll Treib- und Scholleneis, Dampferhilfe, Einzelfahrt . . . . .	6
Unbehindert . . . . .	1—4	Dichtes Treibeis . . . . .	6
In Betrieb . . . . .	4	Starkes Treibeis, mit Winterprahm und Aushilfsmannschaft . . . . .	8
Treibeis mit Aushilfsmannschaft von 1—6 Mann . . . . .	5	Starkes Treibeis, Winterprahm und Dampfer- hilfe . . . . .	8
Treibeis, Sommerprahm mit Dampferhilfe	5	Außer Betrieb . . . . .	8
Treibeis, Prahm außer Betrieb, Boot in Be- trieb . . . . .	5	Starkes Treibeis, Personenverkehr mit Dampfer . . . . .	8
Prahm außer, Boot in Betrieb . . . . .	5	Sehr starkes Treibeis, mit Dampferhilfe . . . . .	11
Zusammengeschobenes und zusammenge- frorenes Treibeis . . . . .	6	Sehr starkes Treibeis, Prahm außer Betrieb	11
Treibeis, Winterprahm . . . . .	6	Personenverkehr durch Dampfer . . . . .	11
Starkes Treibeis mit Winterprahm . . . . .	6		
Boot und Prahm außer Betrieb, Dampfer- hilfe . . . . .	6		
Überfahrten sehr erschwert . . . . .	6		

Die Grundtabellen wurden so für jede Beobachtungsstation, immer für je zehn Tage d. h. also z. B. vom 1. bis 10. XII., vom 11. bis 20. XII. 1901 usw. aufgestellt. Für jede der so entstandenen Dekaden wurde das Mittel der Eisstärke berechnet. Solche Dekadenmittel wurden für jede der 22 Stationen gebildet. Die Summe der Dekadenmittel eines Winters (Jahres) soll uns als Relativmaß der Eisstärke zum Vergleich der verschiedenen Jahre dienen. Diese Relativzahlen gibt für alle Jahre und Stationen die Tabelle 3. Die im Kopf dieser Tabelle stehenden Zahlen 1—22 bezeichnen die Beobachtungsstationen der Elbe und des Kanals, wie sie oben in der Liste der Fähren angegeben wurden.

Tabelle 3. Relativzahlen der Eisstärke des Jahres.

Jahr	Stationen																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1895/96	0,5	1,5	1,3	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	2,2	1,5	1,5	1,5	0,6	0,6	0,3	0,1	0,0
97/98	Eisfrei																					
98/99																						
99/1900	17,3	9,4	12,8	11,1	10,4	19,2	12,9	14,1	13,2	11,7	6,8	11,6	12,7	15,9	3,9	3,2	4,8	17,7	11,1	1,5	3,2	2,6
1900/01	22,3	9,0	21,2	14,8	17,1	23,8	24,1	21,7	15,0	11,0	9,7	9,9	10,3	20,2	17,8	17,5	18,0	20,5	15,6	9,6	9,5	9,5
01/02	13,5	4,3	12,7	10,1	9,2	9,0	9,6	8,0	5,1	4,8	4,3	4,6	3,7	10,2	8,9	9,4	9,8	16,4	6,3	6,2	5,1	6,2
02/03	9,6	5,8	8,7	8,7	8,2	8,9	8,7	7,6	7,8	6,6	6,0	6,0	6,4	10,0	5,9	5,9	5,9	7,6	5,3	3,7	5,1	4,4
03/04	2,4	1,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,5
04/05	3,5	0,9	7,3	5,5	4,9	6,7	6,7	5,4	5,4	5,9	5,0	5,1	4,5	3,9	5,8	4,4	4,4	3,8	5,0	3,8	3,6	3,6
05/06	0,9	0,6	0,7	0,8	0,7	1,0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,3	0,9	0,5	0,4	0,5	0,9	0,2	0,0	0,0	0,0
06/07	19,3	11,4	17,1	16,9	16,5	17,2	17,3	17,9	14,2	14,5	14,6	14,5	13,5	17,6	13,3	13,6	12,5	13,0	8,7	7,9	8,1	8,4
07/08	11,3	5,1	3,2	2,2	2,1	3,7	4,5	2,7	2,1	2,0	2,4	2,1	2,5	3,3	2,4	2,4	2,4	2,2	1,3	2,2	1,6	2,0
08/09	31,1	14,6	30,4	34,2	29,2	31,4	30,0	30,4	29,9	30,7	29,2	29,5	26,8	29,4	24,8	24,8	20,3	23,5	19,6	16,3	20,0	19,7
09/10	1,0	0,9	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
10/11	Eisfrei																					
11/12		21,8	7,1	21,6	24,5	23,5	25,9	25,1	26,2	25,9	26,3	25,0	29,8	30,8	24,8	20,2	20,0	20,1	28,9	22,7	19,9	13,8
12/13	6,0	5,9	0,9	2,2	2,7	2,3	2,4	2,3	3,2	3,8	2,8	2,9	2,3	1,8	1,1	1,0	0,9	2,1	1,8	1,2	1,4	1,0
13/14	3,8	4,7	1,0	0,9	0,0	0,2	0,3	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Mittel	9,1	4,6	7,8	7,4	7,0	8,4	8,0	7,7	6,9	6,5	6,0	6,6	6,4	7,8	5,9	5,8	5,7	7,7	5,5	4,1	4,0	3,8

## II. Kapitel.

### Eischarakter im ganzen.

#### A. Mittlere jährliche Anzahl der Tage mit Eis und Vergleich mit der Umgebung.

Erst durch den Vergleich mit anderen Punkten erhält man die Möglichkeit, die Vorzüge, Nachteile oder besonderen Eigenschaften des zu behandelnden Gegenstandes richtig zu erkennen. Um auch den Kanal hinsichtlich seiner Eiszustände zunächst in das Gesamtbild einer weiteren Umgebung einzuordnen, kann die einfachste Methode dienen. Sie besteht darin, daß für jedes Beobachtungsjahr die Tage, an denen überhaupt Eis gemeldet wurde, gezählt werden. Das Mittel derselben gibt dann an, an wie vielen Tagen im Jahr durchschnittlich mit Eis zu rechnen ist. Indessen muß bemerkt werden, daß mit dieser Art, die Eisstärke verschiedener Örtlichkeiten zu vergleichen, nicht in allen Teilen das Richtige getroffen wird. Eine bessere Handhabe hat man schon in der Vergleichung derjenigen Tage, an denen die Schifffahrt durch Eis behindert oder Eises wegen geschlossen wurde. Hierauf will ich aber nicht eingehen.

Der Kanal von Brunsbüttel bis Holtenau weist im Durchschnitt der 18 Beobachtungsjahre 1895—96 bis 1913—14 23 Tage auf, an denen mit dem Vorkommen von Eis zu rechnen ist. Das Jahr 1896—97 ist wegen der mangelhaften Beobachtungen auch hier außer acht gelassen. Zum Vergleich mögen einerseits Stationen der deutschen Nordsee- und Ostseeküste, andererseits drei Punkte aus dem dänischen Limfjord herangezogen werden; an der Nordseeküste: Tönning, Cuxhaven (sichtbares Elbgebiet), Brunsbüttelkoog (sichtbares Elbgebiet), Brunshausen (sichtbares Elbgebiet); an der Ostseeküste: das Fahrwasser von Schleswig bis Schleimünde, Friedrichsort, Kieler Förde und das Fahrwasser von Lübeck bis Travemünde. Als Station mit Binnenlage erscheint geeignet die Eider von Rendsburg bis Hohner Fähre.

Während beim Kanal das Mittel aus 18 Beobachtungsjahren gebildet wird, kamen für die eben genannten Vergleichspunkte nur die elf Winter 1903—04 bis einschließlich 1913—14 in Betracht. Passende Unterlagen bieten hierfür die Veröffentlichungen der deutschen Seewarte<sup>1)</sup> über die Eisverhältnisse an den deutschen Küsten.

In der Skizze (2) der jütischen Halbinsel sind die in Frage kommenden Stationen eingezeichnet. Die bei den Ortsnamen stehenden Zahlen sagen, an wie vielen Tagen im Durchschnitt mit Eisbesetzung zu rechnen ist.

Den höchsten Wert bietet von den Vergleichsstationen der Nordseeküste die Eider unterhalb Tönning mit 30 Tagen. Einen annähernd gleich hohen Wert zeigt die Station Brunshausen (sichtbares Elbgebiet) mit 28 Eistagen. (Die Lotsenstation Brunshausen liegt auf dem linken Ufer der Elbmündung, eben nördlich von Stade.) Das beträchtlich elbabwärts liegende Brunsbüttelkoog (sichtbares Elbgebiet) hat eine geringere Eisbesetzung als die beiden erst genannten Punkte, nämlich an 23 Tagen. Dieser Wert kommt dem des Kaiser Wilhelm-Kanals von 21<sup>2)</sup> Tagen fast gleich. Das noch weiter draußen liegende Cuxhaven (sichtbares Elb-

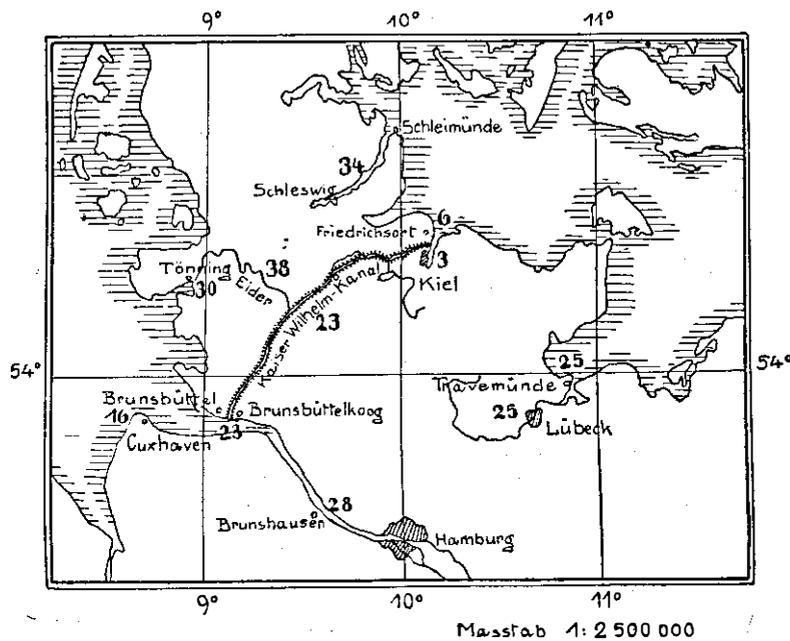
<sup>1)</sup> Ann. d. Hydr. 1904—14.

<sup>2)</sup> Mittel aus den Jahren 1903/04—13/14.

gebiet) hat nur noch an 16 Tagen mit Eis zu rechnen. Man sieht also, daß der Kanal mit 21 Eistagen noch recht günstig dasteht im Verhältnis zu Tönning und Brunshausen, während er doch in höherem Grade kontinentalen Einflüssen unterworfen ist als diese. Die 16 Tage von Cuxhaven (sichtbares Elbgebiet) finden ihre Erklärung in der freien Lage dieses Punktes zur Nordsee.

Ähnlich stellen sich die Beziehungen zur Ostküste von Schleswig-Holstein dar. Die Schlei zeigt auf der Strecke von Schleswig bis Schleimünde eine durchschnittliche Eisbesetzung von 34 Tagen. Die schlauchartige Abgeschlossenheit dieses Gewässers scheint mir genügend diese Zahl zu begründen. Eine etwas günstigere Stellung nimmt das Fahrwasser von Lübeck bis

Skizze 2. Mittlere Zahl der Tage mit Eis.



Travemünde ein. Hier ergeben sich im Mittel 25 Eistage. Nahezu als eisfrei aber möchte man Friedrichsort und die Kieler Förde ansprechen. Friedrichsort am Eingang des Kieler Hafens zeigt sechs Eistage, die Kieler Förde selbst nur drei im elfjährigen Durchschnitt. Diese sehr auffallende Eisfreiheit von Kiel zwischen zwei Küstenstrecken wesentlich stärkerer Eisbesetzung will O. Steffens<sup>1)</sup> auf die langgestreckte Lage der Förde in der Richtung von Südwesten nach Nordosten zurückführen und auf das Vorherrschen von südwestlichen Winden in dieser Gegend. Bezüglich Friedrichsorts weist Steffens darauf hin, daß die Wassertemperaturen nach langjährigen Beobachtungen in den Wintermonaten hier etwas höher sind als an den Nachbarstationen. In der Tat gibt das Segelhandbuch<sup>2)</sup> der Ostsee z. B. für Travemünde niedrigere Werte an. Doch scheint mir diese Art der Begründung mehr eine Verlegung

<sup>1)</sup> Ann. d. Hydr. 1911, S. 635.

<sup>2)</sup> Segelhandbuch für die Ostsee, Abt. I. S. 70—71. 3. Auflage, Berlin 1906.

als eine Lösung des Problems zu sein. Inwieweit außerdem der Schiffsverkehr das Eis der Förde noch besonders stört, darauf ist weiter unten zurückzukommen.

Auch im Verhältnis zu den Stationen der Ostseeküste, abgesehen von der Kieler Förde, zeigt also der Kanal eine verhältnismäßig günstige Stellung; gegen Schleswig besteht eine Differenz von 13 Tagen<sup>1)</sup>.

Interessant ist es auch, einen Blick auf die Eisbesetzung der Eider von Rendsburg bis Hohner Fähre zu werfen. (Die Hohner Fähre liegt in Luftlinie nur 17 km eiderabwärts von Rendsburg.) Hier wird im Durchschnitt an 38 Tagen im Jahr Eis gemeldet. Dies Beobachtungsgebiet ist vollständig landumschlossen. Wenn man bedenkt, daß der Kanal unter gleichen Verhältnissen liegt, so muß die Differenz von 17 Tagen auffallen. Die Ursache für diesen Unterschied liegt meiner Ansicht nach darin, daß der Schiffsverkehr auf dem Kanal weitaus größer ist als auf der Eider. Auf der Eider ist das Eis mehr sich selbst überlassen, wenn auch durch das weite Vordringen der Flut eine gewisse Bewegung des Wassers hervorgerufen wird. Man hat hier nicht ein so großes Interesse daran, wie im Kanal, mit Hilfe von Eisbrechern die Wasserstraße für den Verkehr offen zu halten. In ähnlicher Weise hat auch O. Steffens<sup>2)</sup> die günstigen Eisverhältnisse des Fahrwassers von Stettin bis Swinemünde begründet.

Die bisherigen Vergleichsstationen lagen in der näheren Umgebung des Kanals. Wie gestalten sich nun die Eisverhältnisse einer Vergleichsgruppe, die etwa drei Breitengrade nördlicher liegt, d. h. im Limfjord? Dieser Vergleich liegt insofern nahe, als der Limfjord ebenso wie der Kaiser Wilhelm-Kanal eine Verbindung zwischen Nord- und Ostsee, eine solche zwischen der Nordsee und dem Kattegat bildet, nur daß er eben in höherer Breite liegt (etwa 56° 30' bis 57° 10' N) und in seiner Eigenschaft als natürliche Wasserstraße verwickeltere Gestalt hat.

Als Quellen für die Darstellung der Eisverhältnisse des Limfjordes in großen Umrissen standen mir die seit dem Jahre 1907 in den Annalen der Hydrographie fast jährlich erscheinenden Berichte über die Eisverhältnisse in den dänischen Gewässern<sup>3)</sup> zur Verfügung. Ich mußte mich also auf ein achtjähriges Mittel beschränken. Als Beobachtungsstationen kamen drei Punkte in Betracht: 1. Lemvighafen, annähernd am Westausgang des Limfjordes, aber doch gegen die Nordsee geschützt gelegen; 2. Skive-Hafen und -Fjord, in der Mitte der jütischen Halbinsel, in einem nach Süden gerichteten Zipfel; 3. Aalborg, unweit des Ostausganges des Fjordes. Für diese drei Stationen sind in allen Wintern mit Ausnahme des ersten, 1906—07, die Beobachtungen recht gleichmäßig mitgeteilt. Bei der an sich kleinen Zahl von Beobachtungsjahren war es nicht tunlich, den ersten Winter seiner mangelhaften Angaben wegen auszuschalten. Ich habe daher versucht, aus den vorhandenen Mitteilungen über andere Stationen und aus den Frostperioden und Eisverhältnissen im allgemeinen, wie sie in den dänischen Gewässern beobachtet worden sind, annähernd richtige Werte für die in Frage kommenden Punkte

<sup>1)</sup> Im folgenden ist für den Kanal ebenfalls das Mittel aus den Jahren 1903/04 bis 1913/14 genommen worden: 21 Eistage.

<sup>2)</sup> Ann. d. Hydr. 1911, S. 640.

<sup>3)</sup> Ann. d. Hydr. 1907—15.

auch in diesem Jahre zu bestimmen. Eine kräftige Frostperiode hatte sich, außer einigen wenigen Eistagen im November und Dezember, vom 5. I. bis 14. I. 1907 erstreckt. Vom 14. I. bis 22. I. scheinen der Schifffahrt keine besonderen Schwierigkeiten durch Eis erwachsen zu sein. Von da wieder bis Ende Februar muß überall in den dänischen Gewässern starkes Eis geherrscht haben. Wie im einzelnen die Verhältnisse im Limfjord waren, ist nicht mit Sicherheit zu sagen. Die übrigen Angaben lassen aber die Annahme zu, daß dort die Schifffahrt an 40 bis 45 Tagen mit Schwierigkeiten zu kämpfen hatte. Für alle Beobachtungen ist zu bemerken, daß stets an erster Stelle nur die Anzahl von Tagen gemeldet wurde, an denen die Schifffahrt erschwert war, während bei uns in Deutschland in erster Linie die Tage gezählt werden, an denen überhaupt Eis vorkam.

So ist in Lemvig-Hafen im achtjährigen Durchschnitt die Schifffahrt an 29 Tagen erschwert, in Skive-Hafen und -Fjord steigt die Zahl auf 47, in der östlichen Ausfahrt des Limfjordes bei Aalborg kann nur an etwa 13 Tagen mit Behinderung der Schifffahrt gerechnet werden. Das Gebiet von Skive-Hafen und -Fjord zeigt also gemäß seiner abgeschlossenen, gleichsam binnensecartigen Lage den höchsten Wert. Lemvig-Hafen würde mit seinen 29 Tagen erschwerter Schifffahrt etwa dem deutschen Tönning<sup>1)</sup> entsprechen, wo die Schifffahrt an 30 Tagen erschwert ist (bei 33 Eistagen im ganzen). Aalborg mit 13 Tagen steht immer noch günstiger da als Lübeck-Travemünde mit 20 und der Kanal<sup>2)</sup> mit 22 Tagen behinderter Schifffahrt. Auf der Strecke der Eider von Rendsburg bis Hohnér Fähre hat die Schifffahrt im Durchschnitt an 42 Tagen mit Schwierigkeiten zu kämpfen. Wenn Skive-Hafen und -Fjord, der gleichfalls landumschlossen ist wie die eben erwähnte Eiderstrecke, schon 48 Tage mit erschwerter Schifffahrt zeigt, so tut sich darin schon deutlich der Einfluß der höheren Breitenlage kund.

## B. Die Formen des Eises und ihr prozentuales Verhältnis.

Wenn auch gelegentlich Schneeeis und Schlammis im Kaiser Wilhelm-Kanal zur Beobachtung kommen, so bleiben doch die beiden Hauptformen, in denen seine Eisbedeckung sich darzustellen pflegt, festes Eis und Treibeis. Es fragt sich daher zunächst, in welchem Verhältnis der Häufigkeit diese beiden zueinander stehen.

Im Eingang dieses Kapitels wurde mitgeteilt, daß im Kanal nach 18jährigem Mittel an 23 Tagen Eis gemeldet wird. In dieser Zahl sind auch diejenigen Tage enthalten, an denen vielleicht nur an wenigen Punkten des Kanals noch Eis vorhanden war. Es ist klar, daß bei einer Berechnung der durchschnittlichen Eistage für die einzelnen Stationen die Zahlen mehr oder weniger voneinander abweichen können. Wenn man nun aus diesen Zahlen, die die Anzahl der Tage mit Eis an den einzelnen Stationen angeben, ein Mittel für den ganzen Kanal bildet, so wird das notwendig kleiner ausfallen als das oben genannte von 23 Tagen. Dieses neue Mittel muß ich zu Grunde legen bei der Berechnung des Verhältnisses von „festem Eis“

<sup>1)</sup> Mittel aus den Jahren 1906/07—13/14.

<sup>2)</sup> Die Werte für den Kanal und für Lübeck-Travemünde sind in diesem Falle auch nur für die 8 Jahre 07—14 (nach den Berichten der Annalen) berechnet, ebenso die für die Eider.

und „Treibeis“ über den ganzen Kanal; es beträgt 16,6, also  $6\frac{1}{2}$  Tage weniger als obiges Mittel.

Zur Berechnung des Verhältnisses von „festem Eis“ und „Treibeis“ wurden an allen Beobachtungsstationen des Kanals die Tage mit fester Eisdecke und die mit Treibeis, ferner die Tage gezählt, an denen beide Eisformen gleichzeitig in Erscheinung traten. Aus diesen Summen wurde für jede Station und für jede Gruppe das 18jährige Mittel berechnet. Nach den so gewonnenen Werten wurde dann das Mittel über den Kanal gebildet.

Danach trat feste Eisdecke auf an 3,8, Treibeis an 11,5, beides zusammen an 1,3 Tagen. In Prozente umgerechnet bestand an 23 % der Tage feste Eisdecke, an 69 % Treibeis und an 8 % beide Arten zusammen.

### III. Kapitel.

## Örtliche Verschiedenheiten.

### A. Örtliche Verschiedenheiten in der Eisstärke

Nachdem im vorigen Kapitel der Eischarakter des Kaiser Wilhelm-Kanals im ganzen behandelt worden ist, wirft sich als nächste Frage die auf, ob und inwieweit örtliche Verschiedenheiten bei der Verteilung des Eises statthaben. Den Anstoß zu dieser Untersuchung bietet die Tatsache, daß der Kanal zwei klimatisch verschiedene Gewässer miteinander verbindet.

In der Tabelle 3 gibt die letzte Reihe das 18jährige Mittel. Der besseren Anschauung halber sind diese Werte in einer Kurve I (Diagr. I) zusammengestellt, wobei die Stationen 1 und 2, Elbe und Hafeneinfahrt Elbe, außer Acht gelassen worden sind. Ferner sind noch zwei Kurven gezeichnet; in der einen, II, wurden zusammengefaßt die Stationen 3—7, 8—12, 13—17 und 18—22; in der anderen, III, die Stationen 3—8, 9—15 und 16—22. Aus diesen Kurven ergibt sich als Grundtatsache für die örtliche Verteilung des Eises eine Abnahme von Westen nach Osten, die nicht regelmäßig erfolgt, aber doch sehr stark ausgeprägt ist. Zum Beispiel finden wir bei Kurve II, daß sich die Durchschnittsisstärke auf dem Westende zu der auf dem Ostende des Kanals verhält wie 3:2.

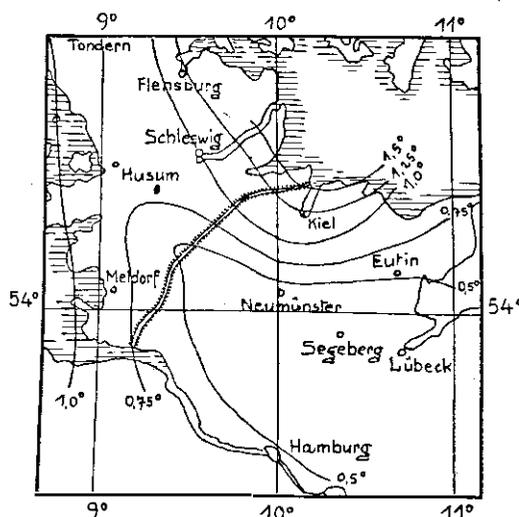
Zur Erklärung vermag ich nur zwei Gründe anzugeben: 1. die Verschiedenheit der Temperatur, 2. den verschiedenen Salzgehalt.

Da es sich bei diesen Kurven nur um Mittelwerte handelt, können auch zur Begründung Mittelgrößen herangezogen werden. Für die Temperatur lassen sich die Isothermenkarten von Schleswig-Holstein nach R. Benkendorff<sup>1)</sup> benutzen. Aus seinen Isothermen für die Monate Dezember und Januar habe ich eine Mittelkarte hergestellt. Man ersieht aus dem Kärtchen, Skizze 3, in das ich noch den Kanal eingezeichnet habe, daß die Temperatur vom Ostende des Kanals nach Westen hin abnimmt und zwar um  $0,75^{\circ}$  bzw.  $1,0^{\circ}$ ; vor Holtenau verläuft die Isotherme  $1,5^{\circ}$ .

<sup>1)</sup> R. Benkendorff, Die Isothermen Schleswig-Holsteins. Dissertation, Kiel 1914.

Was den Salzgehalt des Kanals angeht, so sind darüber noch keine Angaben zur Hand. Man möchte annehmen, daß er von Osten nach Westen abnähme, da das Wasser des Kieler Hafens saizhaltiger ist als das der Elbe bei Brunsbüttel. Ferner sind in den Kanal einbezogen zwei Süßwasserseen: der Audorfer und der Schirnauer See. Außerdem mündet die Obereider in ihn, und zwischen Rendsburg und Brunsbüttel noch eine ganze Reihe

Skizze 3. Isothermen von Dezember und Januar.



Maßstab 1: 2 750 000

kleinerer Auen, wie die Jevcnau bei km 52, die Haalerau bei km 45, die Holstenau bei km 20. Darum habe ich es für nötig erachtet, das Wasser auf seinen Salzgehalt hin zu untersuchen.. Zu dem Zwecke wurde an 6 Punkten des Kanals Wasser entnommen.<sup>1)</sup> In der folgenden Tabelle 4 sind die Ergebnisse der Untersuchung mitgeteilt.

Tabelle 4. Verteilung des Salzgehaltes.

Station	km	Tag der Entnahme	Salzgehalt pro Mille
Holtenau-Binnenhafen . . . . .	98	21. 2. 18	5,31
Sehestedt Fähre . . . . .	75	21. 2. 18	4,94
Nobiskrug . . . . .	65	21. 2. 18	4,43
Breiholz Fähre . . . . .	45	12. 3. 18	3,07
Fischerhütte Fähre . . . . .	35	13. 3. 18	2,58
Burg Fähre . . . . .	15	13. 3. 18	3,12

<sup>1)</sup> Herrn Oberlotsen Freiwald in Holtenau bin ich zu Dank verpflichtet dafür, daß er die Freundlichkeit hatte, mir die Wasserproben zu besorgen.

Im großen zeigt sich danach in der Tat die Abnahme des Salzgehaltes vom Ostende des Kanals nach Westen. Im einzelnen nimmt der Salzgehalt ab vom Binnenhafen Holtenau bis Nobiskrug Fähre um 1 pro Mille. Auf dieser Strecke beträgt er im Mittel 4,9 pro Mille. Zwischen Fähre Nobiskrug und Breiholz Fähre erfolgt ein größerer Sprung, an welchem aber auch der Zeitunterschied beteiligt sein kann. Bei Fähre Fischerhütte zeigt der Salzgehalt ein Minimum mit 2,58 und steigt bei Fähre Burg auf 3,12 pro Mille. Im westlichen Teil des Kanals von km 1—50 beträgt danach der Salzgehalt im Mittel 2,9 -pro Mille. Die Differenz zwischen beiden Kanalstrecken wäre demnach 2 pro Mille.

Nun beeinflußt der Salzgehalt den Gefrierpunkt, und zwar nach Maßgabe der folgenden Tabelle 5.<sup>1)</sup>

Tabelle 5.

Salzgehalt	Gefrierpunkt
1 ‰	— 0,055 °C.
2 ‰	— 0,11 °C.
3 ‰	— 0,16 °C.
4 ‰	— 0,21 °C.
5 ‰	— 0,27 °C.
6 ‰	— 0,32 °C.

In der oben erwähnten Eisstärkekurve I liegt das Maximum der Eisbesetzung bei Fähre Burg, das Minimum bei Holtenau. Der Salzgehalt von Holtenau 5,31 ‰ entspricht dem Gefrierpunkt — 0,28 °; der von Burg 3,12 ‰ einem solchen von — 0,17 °. Die Verhältnisse des Salzgehaltes bei Burg sind also der Eisbildung etwas günstiger als bei Holtenau. Aber die Differenz zwischen den Gefrierpunkten beträgt nur 0,1 °.

Um es noch einmal zusammenzufassen: fast ausschließlich die tieferen Temperaturen über der Westhälfte des Kanals müssen die Abnahme der Eisstärke von Westen nach Osten, wie sie in dem Diagramm I zutage tritt, erklären. Die nur einmalige Bestimmung des Salzgehaltes an sechs Punkten des Kanals und die dabei gefundene Abnahme von Osten nach Westen kann uns nur ganz vorsichtig schließen lassen, daß die Wirkung der Temperatur zu einem geringen Bruchteil auch durch die Verschiedenheit des Salzgehaltes unterstützt wird.

Außer der Abnahme von Westen nach Osten im großen liegen aber, wie die Kurve I lehrt, auch Verschiedenheiten der Eisstärke in kleineren Abständen vor; einzelne Punkte heben sich als wesentlich eisstärker aus ihrer Umgebung heraus, am meisten die Stationen: 6, Burg; 14, Nobiskrug; und 18, Schestedt.

Wie aus der in Kapitel II angestellten Untersuchung hervorgeht, haben wir es im Kanal vorzugsweise mit Treibeis zu tun. Naturgemäß haben auf solches die Winde einen großen Einfluß.

<sup>1)</sup> O. Krümmel, Handbuch der Ozeanographie. Band I, S. 241.

Herr Oberlotse Freiwald konnte mir dies auf Grund seiner langjährigen Tätigkeit als Kanallotse bestätigen. Sie haben jedoch diesen Einfluß nur dann, wenn sie genau in der Richtung des Kanals wehen. Die Böschungen sind zu hoch, um anderen Winden Wirkung zu gestatten. Die Erklärung für lokale Verschiedenheiten der Eisstärke wird deshalb zum Teil in dem Verhältnis der vorherrschenden Windrichtung zu den einzelnen Kanalstrecken zu suchen sein.

Nun liegt aber keine von den Stationen, an denen meteorologische Beobachtungen in unserer Provinz verzeichnet werden, unmittelbar am Kanal. So kamen als nächstliegende nur in Betracht: Meldorf, Schleswig, Neumünster und Kiel. Die für unsere Untersuchung nötigen Werte finden sich in der Kieler Universitätschronik und in den Schriften des naturwissenschaftlichen Vereins für Schleswig-Holstein. Da, wie vorgreifend bemerkt werden muß, das Eis im Kanal bisher nur in den Monaten Dezember bis einschließlich März auftrat, wurden auch die Windbeobachtungen nur aus diesen Monaten herangezogen. Für jede Windrichtung wurden an den einzelnen Stationen die gesamten Beobachtungen aus den Jahren 1897—1914 addiert. Das Ergebnis zeigt folgende Tabelle.

Tabelle 6. Zahl der beobachteten Windrichtungen in den Wintern 1897/98 bis 1913/14.

Stationen	Windrichtungen								Stille
	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW	
Kiel . . . . .	320	442	694	589	906	<b>1686</b>	835	383	319
Meldorf . . . . .	262	386	610	729	611	<b>1259</b>	819	581	917
Schleswig . . . . .	292	528	521	782	835	<b>1716</b>	726	769	5
Neumünster . . . . .	290	465	775	726	763	<b>1465</b>	1075	569	46
Mittel aus Schleswig u. Neumünster . . .	291	496	648	754	799	<b>1591</b>	900	669	26

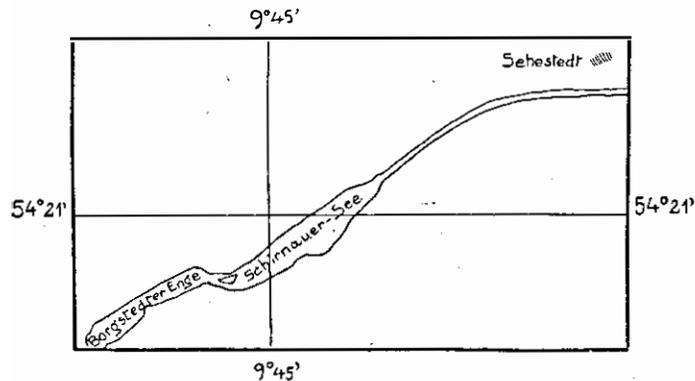
Man ersieht daraus, wie sehr die südwestlichen Winde in den für das Eis in Frage kommenden Monaten vorherrschen.

Nun zeigt Kurve I eine besonders hohe durchschnittliche Eisstärke für Station Burg (6). Wie aus dem Meßtischblatt hervorgeht (vergleiche Skizze 1), ist die Lage der Station von großem Einfluß auf die Eisbesetzung auf dieser Strecke. Von Brunsbüttel bis hierher verläuft der Kanal fast genau in der südwestlichen Richtung. Eben hinter Burg biegt er in die Richtung SSW, ja fast SzW ein. Beim Vorherrschen der südwestlichen Winde wird also das Eis von Brunsbüttel her, wo übrigens auch oft Elbeis eingeschleußt wird, besonders bei Burg und in der Biegung aufgestaut. Hierin scheint mir eine genügende Erklärung für die stärkere Eisbesetzung des Gebietes der Fähre Burg zu liegen.

Noch auffälliger erscheinen auf den ersten Blick die Spitzen der Kurve bei Nobiskrug (14) und Sehestedt (18). Von vornherein muß jedoch darauf hingewiesen werden, daß das

Bild irreführend wirkt. Zwischen den Stationen Nobiskrug und Sehestedt liegen die sogenannten Obereiderseen, die Stationen Audorfer See, Borgstedter Enge und Schirnauer See. Das Eis ist hier in höherem Maße sich selbst überlassen, erreicht also, was aus der Statistik leider nicht hervorgeht, immer eine größere Stärke. In der Kurve müßten demnach eigentlich höhere Werte erscheinen. Daß die Statistik hier von ihrer sonstigen Güte abweicht, hat zweierlei Ursachen. Die Kanalverwaltung, die die Eisbeobachtungen machen läßt, hat an der Eisbesetzung der Seen ein relativ geringes Interesse; es fehlten in den Berichten oftmals die Angaben über die Obereiderseen. Ferner sind die Meldungen, die für die Seen vorhanden sind, schwerer in der Statistik zu verwerten. Auf der Seenstrecke fehlen nämlich die Fähren, deren Angaben ja sonst die beste Handhabe bieten, um die Eisstärkemeldungen zu differenzieren. In den Aufzeichnungen für die Seen findet sich meist nur „feste Eisdecke“ oder etwas Ähnliches. Ob diesen Ausdrücken nun der Wert 4, 6 oder 8 beigelegt werden mußte, ließ sich zum größten Teil gar nicht feststellen. Auch die Interpolation aus den Nachbarstationen schien mir hier nicht angebracht.

Skizze 4. Der Kaiser Wilhelm-Kanal im Gebiet von Sehestedt.



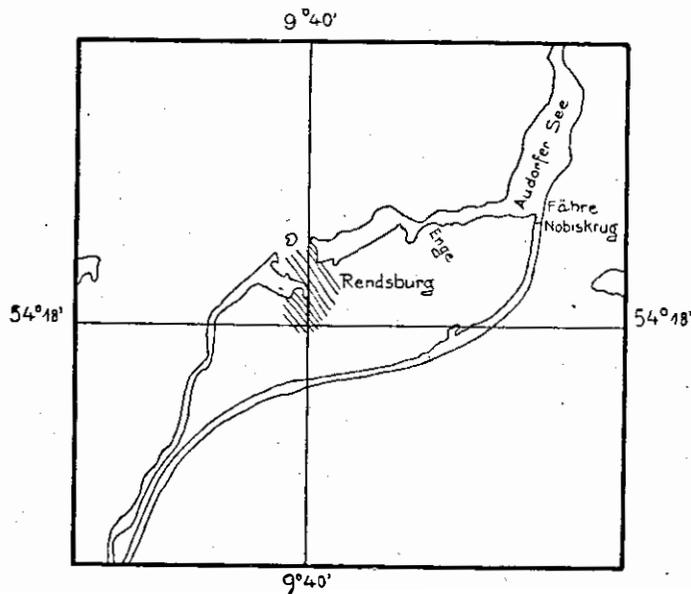
Maßstab 1:100 000

Naturgemäß wird sich das Eis in den Seen länger behaupten als im Kanal. Ferner stellen die Seen ein größeres Eisreservoir dar, aus denen die Nachbarstationen Zufluß erhalten können. Die starke Besetzung der Station Fähre Sehestedt (vergl. Skizzen 1 und 4) kann ich nur so erklären, daß beim Vorherrschen von südwestlichen Winden in dieser Gegend das Eis aus dem Schirnauer See herausgetrieben und bei Sehestedt oder dicht davor aufgestaut wird. Der Schirnauer See und die an sein Ostende sich anschließende Kanalstrecke befolgen fast genau südwestliche Richtung, 1 km vor Sehestedt dagegen biegt der Kanal in die westliche um. Von dieser Übergangsstelle an wird sich mithin das Eis im Gebiet von Sehestedt aufstauen.

Etwas verwickelter liegen die Verhältnisse bei der Station Fähre Nobiskrug. Hier kommen zwei Momente in Betracht: einmal die Nähe der Obereiderseen, dann die Richtung der Kanalstrecke südwestlich von Nobiskrug. Wie wir schon in der Einleitung bemerkten, stellen die Obereiderseen zu einem Teil das natürliche Wasserreservoir des Kanals dar.

Es wird also sowohl bei normalen Verhältnissen wie besonders bei der Entwässerung eine gewisse Strömung aus ihnen heraus nach der Westhälfte des Kanals d. h. gegen Nobiskrug hin bestehen (vergl. Skizze 5). Das in größerer Menge aus den Obereiderseen stammende Treibeis wird folglich im Kanal durch die Strömung nach Westen abgetrieben, außer wenn die Winde gerade entgegen wehen. In diesem Fall wird sich aber gleichfalls Eis aufstauen, nämlich aus südwestlicher Richtung von Rusterberge her. Von der Jevnan an hat der Kanal südsüdwestliche Richtung, kurz vor Rendsburg biegt er in die westsüdwestliche ein, hinter Rendsburg aber nach Nobiskrug hin fast in die Nordrichtung. Daher scheint mir also die Möglichkeit zu bestehen, daß sich das Eis, schon von der Jevnan her durch die Winde fortgetrieben, dicht vor Nobiskrug aufstaut. Ein Beweis für das Abtreiben des Eises nach Nobiskrug zu von Gegend Meckelmoor und Rusterberge liegt auch in der Kurve selbst; beide Punkte zeigen eine geringere Eisbesetzung als Nobiskrug.

Skizze 5. Der Kaiser Wilhelm-Kanal im Gebiet von Rendsburg.



Maßstab 1:100 000.

Betrachtet man die einzelnen Eisjahre noch besonders, so bleibt stets die Abnahme der Eisstärke von Westen nach Osten bestehen. Zur Charakterisierung der Einzeljahre habe ich ausgewählt (Diagramm II) je zwei mittelschwere Eisjahre, 1899—1900 und 1900—01, zwei schwache 04—05 und 07—08 und zwei starke 08—09 und 11—12. Die beiden mittleren Jahre zeigen ein noch bewegteres Bild als die Durchschnittskurve (Diagr. I). In Kurve IV ist besonders das oben für die Seen Bemerkte zu beachten. Hier scheinen also noch mehr Lokaleinflüsse im Spiele zu sein, denen ich nicht weiter nachgehen kann und will. Die schwachen Eisjahre (Kurve VI und VII) zeigen ein ausgeglicheneres Bild. Kurve VIII läßt die Abnahme von Westen nach Osten besonders gut erkennen. Die tiefen Ausbuchtungen bei

Station 17, Schirnauer See, und Station 20, Levensau, beruhen auf den mangelhaften Beobachtungen an diesen Punkten. In Kurve IX bleiben wieder die Seen unnatürlich tief unter dem Gesamtbilde. Im ganzen zeigen die starken Eisjahre ein ruhigeres Bild als die mittleren Jahre; die Lokaleinflüsse treten da mehr und mehr zurück hinter dem bestimmenden Faktor, der Temperatur (Abnahme des Eises von Westen nach Osten).

Bei den bisher besprochenen Eisstärkekurven I—IX hatte sich das Ostende des Kanals, gerechnet von Landwehr (19) bis Holtenau, stets durch geringe Eisstärke ausgezeichnet. Die für die Kurven benutzten Werte waren sowohl Mittel aus allen Beobachtungsjahren, wie auch aus einzelnen Jahren. Bei jedem geringen Mittelwert besteht die Möglichkeit, daß neben einer großen Anzahl von kleinen Größen auch größere mit darin enthalten sind, die aber ihres seltenen Auftretens wegen nicht in Erscheinung treten. Ebenso können aber auch solche hohen Werte gänzlich fehlen. Es liegt daher die Frage nahe, ob am Ostende des Kanals auch sehr große Eisstärken wenigstens vereinzelt vorkommen.

Diese Frage kann mit ja beantwortet werden. Es kamen größte Eisstärken vor, aber nur äußerst selten. Bei Station Landwehr trat die Eisstärke 8 unserer Relativskala im Laufe der 18 Jahre nur zweimal auf: im kalten Winter 1911—12 an 16 Tagen und im Winter 1901—02 nur an einem Tage. Die Station Levensau mußte an 7 Tagen des starken Eisjahres 1911—12 mit dem Wert 8 belegt werden. In Holtenau, dem äußersten Ostende des Kanals, findet sich die Stärke 8 nur ein einziges Mal und zwar im gleichen Winter. Folgende kleine Tabelle Nr. 7 zeigt das Verhältnis dieser Zahlen zur Gesamtzahl der Eistage der Stationen.

Tabelle 7. Größte Eisstärken am Ostende des Kanals.

Stationen	Gesamtzahl der Eistage	Vorkommen der Stärke „8“	Verhältnis in %
19. Landwehr . . . . .	262	17	6,5
20. Levensau . . . . .	217	7	3,2
21. Prahmdrehbrücke . . . . .	223	0	0,0
22. Holtenau . . . . .	211	1	0,5

#### B. Örtliche Verschiedenheiten im Verhältnis von festem Eis und Treibeis.

Neben jenen örtlichen Verschiedenheiten, die sich auf die Eisbildung als Gesamterscheinung erstrecken, bestehen auch solche in dem Auftreten von festem Eis und Treibeis.

In Kapitel II ist festgestellt, daß im Kanal im 18jährigen Durchschnitt an 23 % der Eistage eine feste Eisdecke besteht, an 69 % Treibeis, während an 8 % beide Eisformen zusammen auftreten. Nach Ausweis der unten folgenden Tabelle 8 bleibt dieses Verhältnis nicht an den einzelnen Stationen des Kanals dasselbe. Keine Station kommt dem Mittelwert genau gleich, die meisten zeichnen sich durch ein häufigeres Vorkommen von Treibeis aus.

Tabelle 8. Die örtlichen Verschiedenheiten im Auftreten von festem Eis und Treibeis.

Nr.	Stationen	Gesamtzahl der Tage mit Eis aus 18 Jahren	Tage mit festem Eis		Tage mit Treibeis		Tage mit festem Eis und Treibeis	
			absolute Zahl	Prozente der Gesamtzahl	absolute Zahl	Prozente der Gesamtzahl	absolute Zahl	Prozente der Gesamtzahl
3	Brunsbüttel . . . . .	333	68	20	245	74	20	6
4	Ostermoor . . . . .	323	61	19	237	73	25	8
5	Kudensee . . . . .	324	60	18	242	75	22	7
6	Burg . . . . .	344	54	16	261	76	29	8
7	Hochdonn . . . . .	343	52	15	265	77	26	8
8	Hohenhorn . . . . .	345	58	17	261	76	26	7
9	Fischerhütte . . . . .	327	64	19	241	74	22	7
10	Oldenbüttel . . . . .	320	57	18	237	74	26	8
11	Breiholz . . . . .	308	54	17	227	74	27	9
12	Meckelmoor . . . . .	310	57	18	225	73	28	9
13	Rüsterberge . . . . .	278	68	25	193	69	17	6
14	Nobiskrug . . . . .	295	46	16	238	81	11	3
15	Audorfer See . . . . .	300	136	45	131	44	33	11
16	Borgstedter Enge . . . . .	299	130	44	136	45	33	11
17	Schirnauer See . . . . .	303	133	44	130	43	40	13
18	Sehestedt . . . . .	302	60	20	232	77	10	3
19	Landwehr . . . . .	262	63	24	193	74	6	2
20	Levensau . . . . .	217	43	20	143	66	31	14
21	Prahmdrehbrücke . . . . .	223	41	19	159	71	23	10
22	Holtenau . . . . .	211	46	22	153	72	12	6

Weniger Treibeistage, als das Mittel ausmacht, haben nur vier Stationen, nämlich Levensau mit 66 % und die drei Beobachtungsgebiete in den Obereiderseen: Audorfer See 44 %, Borgstedter Enge 45 %, Schirnauer See 43 %. In der Borgstedter Enge überwiegt noch das Treibeis gegenüber der festen Eisdecke. Der Audorfer und Schirnauer See allein haben etwas mehr festes Eis aufzuweisen, indeß ist der Unterschied nur sehr gering. Das annähernd gleiche Verhältnis in dem Vorkommen der beiden Eisformen in diesen drei Gebieten ist in ihrer Szenatur begründet. Abgesehen von Rusterberge, das bezüglich des Treibeises dem Mittelwert gleichkommt, haben die übrigen 15 Stationen sämtlich mehr Treibeistage als dieser beträgt, d. h. über 69 %. Ihm am nächsten stellen sich Prahmdrehbrücke und Holtenu mit 71 % bzw. 72 %. Die höchste Prozentzahl Treibeistage besitzt die Station Nobiskrug mit 81 %. Diese Tatsache bestätigt trefflich die oben ausgesprochene Vermutung, daß im Gebiet der Fähre Nobiskrug die auffallend starke Eisbesetzung durch das Anstauen von Treibeismassen hervorgerufen werde. Mit etwas geringerem Wert folgen dann Hochdonn und Sehestedt mit 77 %. Für Sehestedt ist ähnlich wie bei Nobiskrug auf den Einklang mit den früheren Ergebnissen hinzuweisen.

Was das gleichzeitige Vorkommen beider Eisformen betrifft, so zeigt die Tabelle folgendes. Dem Mittelwert von 8 % kommen gleich vier Stationen: Ostermoor, Burg, Hochdonn und Oldenbüttel. Den Maximalwert zeigt Levensau mit 14 %. Bezeichnenderweise über dem Mittelwert liegen auch die Obereiderseen. Als Minimalwerte finden sich bei Landwehr 2 %, bei Nobiskrug und Sehestedt 3 %.

### C. Örtliche Verschiedenheiten in der Häufigkeit der Eisbesetzung.

In Tabelle 8 finden sich in der ersten Spalte die Gesamtzahlen der Eistage für jede Station des Kanals. Aus diesen Zahlen läßt sich das 18jährige Mittel bilden. Die größten Werte weisen danach auf die Stationen Hohenhorn (8), Hochdonn (7) und Burg (6) mit über 19 Tagen, an denen Eis vorkommt. Die niedrigsten Werte finden sich bei den drei östlichsten Stationen mit rund 12 Tagen.

Ein anschauliches Bild hiervon gewährt die Kurve Ia. Von Station Hohenhorn (8) ist, abgesehen von dem tieferen Einschnitt bei Station 13, eine langsame Abnahme in der Häufigkeit der Eisbesetzung bis zur Station Sehestedt (18) zu erkennen. Von hier ab zeigt sich dann ein rascher Rückgang. Die geringen Werte am Ostende des Kanals lassen den schon oben erkannten Einfluß der bei Kiel vorwaltenden Temperaturverhältnisse wieder klar zutage treten, ähnlich wie der Gesamtverlauf der Kurve. Bezeichnend ist in diesem Zusammenhang auch, daß die mittlere Zahl der Frosttage in Meldorf 55, in Kiel nur 46 beträgt.

Die Kurve Ia steht in guter Übereinstimmung mit dem Bilde der Kurve I. Bemerkenswert ist in jener das Verhalten der Obereiderseen im Gegensatz zu den früheren Kurven der mittleren örtlichen Verteilung des Eises. Auf diesen nämlich blieben die Obereiderseen (Station 15, 16, 17) immer unnatürlich tief im Gesamtbilde. Allein auf der Kurve Ia gliedern sie sich in der richtigen Weise zwischen den Nachbarstationen ein. Hieraus erkennt man, daß das falsche Bild, das die Obereiderseen bezüglich der örtlichen Verteilung der Eisstärke dar-

bieten, weniger auf das Fehlen von ganzen Meldungen, als vielmehr auf ihre wenig differenzierte Charakterisierung zurückzuführen ist, die daher rührt, daß in diesem Gebiete keine Fähren vorhanden sind.

#### IV. Kapitel.

### Die zeitlichen Verschiedenheiten und ihr Verhältnis zur Temperatur.

#### A. Gesamtstärke der Eiswinter, Schwankungen von Jahr zu Jahr.

##### a) Schwankungen des Kanals für sich.

Von den zeitlichen Verschiedenheiten drängen sich uns diejenigen als nächstliegende auf, die die Gesamtstärke der Eiswinter betreffen, die Schwankungen derselben von Jahr zu Jahr. Den kürzesten Ausdruck für ihre Größe bietet eine Gegenüberstellung der Extreme. In dem Zeitraum von 18 Jahren (das 19. Jahr 1896/97 bleibt seiner mangelhaften Beobachtungen wegen ausgeschlossen) kamen drei Jahre ganz ohne Eis vor. Es sind dies die Winter 1897/98, 1898/99 und 1910/11. Das stärkste Eisjahr 1908/09 hatte 72 Tage mit Eis. Im einzelnen ließen sich die Schwankungen von Jahr zu Jahr und ihr Verhältnis zur Temperatur charakterisieren durch die Gesamtzahl der Tage mit Eis in jedem Winter und die Mitteltemperatur aus den Monaten Dezember bis einschließlich März. Die im Kapitel I gegebene Statistik gestattet aber ein wesentlich genaueres Verfahren, wie es G. Hellmann<sup>1)</sup> anwendet.

Hellmann sieht nämlich in der Summe der Mitteltemperaturen der „Eistage“, d. h. der Tage, an denen die Temperatur ständig unter dem Gefrierpunkt lag, ein gutes Kriterium, um Winter zu charakterisieren. Da mir tägliche Temperaturbeobachtungen nicht zur Verfügung standen, habe ich diese Methode auf fünftägige negative Mitteltemperaturen übertragen; es wurde für jeden Winter die Summe der negativen Pentadentemperaturen gebildet. Um einen entsprechenden Ausdruck für die Eisbesetzung des Winters zu erhalten, wurde in ähnlicher Weise mit den Eisstärkezahlen verfahren: die fünftägigen Mittelwerte eines jeden Winters wurden addiert. Tabelle 9 gibt die genannten Werte für die Stationen Nobiskrug und Burg, für erstere verbunden mit den Temperaturen, die ein Mittel aus den Werten von Schleswig und Neumünster sind, und für letztere verbunden mit der Temperatur von Meldorf. Die Jahre sind nach Eisstärke geordnet. Auch in der Temperaturreihe nehmen die Werte im großen ganzen zu, aber nicht so stetig wie die Eisstärken. Um diese Unstetigkeiten auszuschalten, wurden in der Temperaturreihe je drei aufeinander folgende Werte zusammengefaßt und aus ihnen das Mittel gebildet. Die so gewonnenen sechs neuen Werte ergeben aber eine deutlich aufsteigende Reihe. Im einzelnen zeigt Diagramm III noch folgendes: bei den höheren Temperaturgraden nimmt die Eisstärke nur langsam zu; auf der Mittelstrecke haben beide Erscheinungen parallelen Gang; gegen Ende sieht man, daß, je tiefer die Temperatur sinkt, die Eisstärke noch um so rascher anwächst.

<sup>1)</sup> G. Hellmann, Über strenge Winter. Sitzungsberichte der Kgl. preuß. Akad. d. Wiss. Berlin 1917. S. 739.

Tabelle 9. Zusammenhang zwischen Temperatur und Eisstärke.

N o b i s k r u g			B u r g		
J a h r	Summen der negativen Pentaden-temperaturen	Summen der Eisstärken der Pentaden	J a h r	Summen der negativen Pentaden-temperaturen	Summen der Eisstärken der Pentaden
1910—11	— 0,3	0,0	1910—11	— 0,7	0,0
1897—98	— 0,6 } — 2,1	0,0 } 0,0	1897—98	— 0,9 } — 1,6	0,0 } 0,0
1898—99	— 5,5	0,0	1898—99	— 3,3	0,0
1913—14	— 6,4	0,1	1903—04	— 8,7 <sup>1)</sup>	0,2
1903—04	— 8,7 } — 6,6	0,2 } 0,4	1913—14	— 6,3 } — 6,1	0,4 } 0,5
1909—10	— 4,7	1,0	1909—10	— 3,4	1,0
1895—96	— 4,6	1,9	1895—96	— 6,3	1,6
1905—06	— 11,0 } — 7,4	1,9 } 2,5	1905—06	— 6,6 } — 5,7	2,0 } 2,8
1912—13	— 6,7	3,6	1912—13	— 4,2	4,8
1907—08	— 12,7	6,6	1907—08	— 12,3	7,4
1904—05	— 7,8 } — 13,5	10,2 } 11,3	1904—05	— 7,9 } — 12,4	14,4 } 13,3
1901—02	— 20,1	17,1	1901—02	— 17,0	18,2
1902—03	— 19,8	21,2	1902—03	— 22,7	18,3
1899—1900	— 28,4 } — 27,5	33,4 } 30,3	1906—07	— 29,8 } — 29,9	35,2 } 31,1
1906—07	— 34,4	36,4	1899—1900	— 37,1	39,8
1900—01	— 37,6	37,8	1900—01	— 38,6	46,4
1911—12	— 30,6 } — 33,7	50,4 } 48,7	1911—12	— 32,0 } — 34,5	52,8 } 54,1
1908—09	— 32,7	57,8	1908—09	— 32,9	63,0

1) An Stelle der fehlenden Temperaturen von Meldorf würden die von Neumünster-Schleswig benutzt.

Die Tabelle 9 lehrt ferner, welche Jahre, die eisstärksten und welche die eis schwächsten waren. Danach ist der kälteste Winter 1908/09 auch der eisreichste gewesen, ihm folgt der kalte Winter 1911/12 mit etwas weniger Eis. Die geringste Eisbedeckung hatte nächst den ganz eisfreien Jahren der Winter 1903/04. Interessant scheint es mir, diese Skala zu vergleichen mit einer anderen, die nach der Anzahl der Tage mit Eis aufgestellt ist. In Tabelle 10 gibt die letzte Spalte an, in welcher Reihenfolge sich die Jahre ordnen nach Maßgabe der in Tabelle 9 mitgeteilten Pentadensummen der Eisstärke.

Tabelle 10.

J a h r e	Zahl der Tage mit Eis	Reihenfolge nach der Eisstärke
1908—09	72	1
1900—01	62	3
1906—07	49	4
1899—00	46	5
1911—12	43	2

Danach steht das Jahr 1908/09 sowohl nach Zahl der Tage mit Eis, wie nach der Stärke der Eisbesetzung an erster Stelle. Auffallend erscheint, daß das Jahr 1911/12 nach der Eisstärke an zweiter Stelle, nach der Zahl der Tage mit Eis aber erst an fünfter Stelle steht. Der Grund dafür liegt darin, daß im Winter 1911/12 bei kürzerer Dauer des Frostes erheblich tiefere Temperaturen auftraten. Stärkste Eisjahre haben etwa 40 bis 75 Tage mit Eis.

b) Schwankungen des Kanals im Vergleich mit der Umgebung.

Bei einem Vergleich der Schwankungen in der Eisbesetzung des Kanals von Jahr zu Jahr mit den Eisverhältnissen der Umgebung ist es geboten, den Beobachtungszeitraum in

Tabelle 11. Gesamtzahl der Tage mit Eis in den Wintern 1895—96 bis 1902—03.

W i n t e r	Kaiser Wilhelm-Kanal	Elbe-Brunsbüttel
1895—96	14	5 (? 11)
1897—98	0	?
1898—99	0	?
1899—1900	46	50
1900—01	62	55
1901—02	38	31
1902—03	29	30

zwei Teile zu zerschneiden. Denn für die Stationen der Umgebung beginnen die genauen Angaben erst im Winter 1903/04. Der erste Abschnitt muß daher vom Winter 1895/96 bis zum Winter 1902/03 gerechnet werden. Für ihn konnte ich nur eine Station zum Vergleich benutzen, das Gebiet der Elbe in Sehweite von Brunsbüttel, deren Beobachtungen in dem Quellenmaterial für den Kanal mit enthalten sind. Aus der Tabelle 11 sind die Schwankungen in dem erst genannten Zeitraum ersichtlich. Die Schwankungen des Kanals und der Elbe zeigen einen parallelen Gang.

In dem zweiten Zeitraum 1903 bis 1914 sollen die Schwankungen der Eisbesetzung des Kanals mit den neun Stationen der näheren Umgebung verglichen werden, die in Kapitel II schon herangezogen wurden. In der Tabelle 12 sind die zugehörigen Daten vereinigt.

Tabelle 12. Gesamtzahlen der Tage mit Eis in den Wintern 1903/04 bis 1913/14.

Jahr	Nordseegebiet					Kaiser Wilhelm-Kanal <sup>1)</sup>	Ostseegebiet				Temperatur	
	Tönning	Cuxhaven sichtbares Elb- gebiet	Brunsbüttelkoog sichtbares Elb- gebiet	Brunshausen sichtbares Elb- gebiet	Eider von Rendsburg bis Hohner Fähre		Schleswig Schleimünde	Friedrichsort	Kieler Förde	Lübeck- Travemünde Fahrwasser	Station Meldorf	Station Kiel
1903/04	31	5	11	24	33	2 (—)	43	?	?	22	1,1 °	1,4 °
04/05	24	14	10	17	29	16 (14)	15	12	3	22	2,5 °	2,7 °
05/06	14	2	7	10	19	6 (5)	19	3	2	10	2,1 °	1,9 °
06/07	65	33	44	54	79	49 (52)	65	16	3	46	0,1 °	0,6 °
07/08	21	5	27	29	39	12 (12)	40	0	0	10	4,2 °	2,3 °
08/09	77	65	71	76	80	72 (73)	72	7	?	70	0,6 °	0,4 °
09/10	14	2	1	9	24	3 (3)	25	0	0	8	3,5 °	3,1 °
10/11	0	0	0	4	20	0 (0)	7	5	3	4	2,8 °	2,9 °
11/12	47	29	39	43	50	43 (45)	52	18	18	47	1,8 °	2,2 °
12/13	24	10	21	22	23	19 (7)	25	4	0	23	3,1 °	3,2 °
13/14	17	9	26	19	25	4 (8)	10	0	0	16	3,2 °	3,5 °

Der besseren Übersicht wegen wurden die Werte dieser Tabelle auch graphisch dargestellt. Die Stationen der Nordsee zeigt das Diagramm IV, die Stationen der Ostsee und die Eiderstrecke von Rendsburg bis Hohner Fähre das Diagramm V. In beiden ist der Kanal

<sup>1)</sup> Nur die in der Spalte „Kaiser Wilhelm-Kanal“ stehenden nicht geklammerten Werte sind dem dieser Arbeit zugrunde liegenden Urmaterial entnommen. (Die Klammerwerte sind die der Annalen d. Hydrographie.)

ebenfalls eingetragen worden. Im allgemeinen erfolgen die Schwankungen bei allen Stationen im gleichen Sinne. Das Fahrwasser von Lübeck bis Travemünde steht in seinen Schwankungen im nächsten Zusammenhang mit denen des Kanals. Die größte und ausgeprägteste Schwankung für den Kanal bekundet sich zwischen dem Winter 1908/09 mit 72 Eistagen und dem Winter 1909/10 mit drei Eistagen.

Um einen Vergleich mit der Temperatur zu gestatten, befinden sich auf beiden Diagrammen Temperaturkurven von Meldorf, bzw. Kiel. Es sind dazu Mittelwerte aus den Monaten Dezember bis einschließlich März verwandt. Im großen ganzen ist ein paralleler Gang zwischen Temperatur und Eisbesetzung ersichtlich, ein Ergebnis, wie es schon O. Steffens<sup>1)</sup> gefunden hat für den Eisgang von Brunshausen und Travemünde und den Temperaturverlauf von Borkum in den Wintern 1903/04 bis 1910/11.

Der eben behandelte Zeitraum betrug 18, bzw. 11 Jahre. Man könnte einwenden, daß er noch zu kurz sei, um ein wirkliches Bild von den Eisverhältnissen zu geben. Es mußte demnach der Versuch gemacht werden, einen größeren Zeitraum zu untersuchen. Für den Kanal selbst ist dies ein Ding der Unmöglichkeit. So bleibt nur übrig, durch einen Vergleich mit einer nahe gelegenen Station Aufschluß darüber zu erhalten, ob sich die Eisverhältnisse noch schwieriger gestalten können, als wie es bisher geschehen ist. Dieser Vergleich läßt sich führen an Hand der Eisverhältnisse der Kieler Förde. Es existiert nämlich eine Abhandlung von G. Karsten<sup>2)</sup> „Studie über die Eisverhältnisse im Kieler Hafen, gestützt auf Beobachtungen von 1848/49 bis 1885/86“; über die Zeit von 1886 bis 1902 liegen meines Wissens noch keine geordneten Beobachtungen in dieser Richtung vor.

In dem oben behandelten Zeitraum von 1903 bis 1914 war für Kiel das stärkste Eisjahr, für das Angaben vorhanden sind, der Winter 1911/12, der an 18 Tagen Eis brachte und an 7 Tagen die Schifffahrt behinderte. Wahrscheinlich ist der Winter 1908/09 für Kiel der reichste gewesen, nach dem Bilde des Eisganges der anderen Stationen und nach dem Temperaturverlauf in Kiel; leider aber sind keine Beobachtungen für ihn in den Annalen der Hydrographie mitgeteilt. Der Kanal hatte in dem Winter 1911/12 an 43 Tagen Eis, von denen an 39 Tagen die Schifffahrt behindert war. Zum besseren Verständnis sei noch hervorgehoben, daß in der Kieler Förde nach dem neunjährigen Durchschnitt von 1904/05 bis 1913/14 (Winter 1908/09 wegen fehlender Beobachtungen außer acht gelassen) nur an 3,2 Tagen im Winter mit Eis gerechnet wird. Von diesen 3,2 Tagen ist an 0,8 Tagen oder rund an einem Tage die Schifffahrt behindert. (Die Angaben von Karsten beziehen sich nur auf die Behinderung der Schifffahrt.) Ferner war in unserer Periode in Kiel nur in einem einzigen Jahr von 9 oder 10 die Schifffahrt behindert, nämlich in dem oben erwähnten Winter 1911/12 an 7 Tagen, während an 18 Tagen überhaupt Eis gemeldet wurde. In dem 38jährigen Zeitraum wurde durchschnittlich im Jahre mit einer 35 tägigen Behinderung der Schifffahrt gerechnet. Im einzelnen war die Schifffahrt in den 38 Jahren in 21 Fällen unbehindert und in 17 behindert.

<sup>1)</sup> O. Steffens, Die Eisverhältnisse an den deutschen Küsten. Ann. d. Hydr. 1911. S. 641.

<sup>2)</sup> Ann. d. Hydr. 1887. S. 87—91.

Mittelwerte aus einem so langen Zeitraum wie dem von Karsten behandelten lassen sich schlecht mit einem 10jährigen Mittelwert vergleichen. Daher habe ich die 38jährige Periode in vier Teile zerlegt: 1. von 1848/49 bis 57/58, 2. von 58/59 bis 67/68, 3. von 68/69 bis 77/78, 4. von 78/79 bis 85/86. Die Behinderung der Schifffahrt verhielt sich danach folgendermaßen.

Tabelle 13. Behinderung der Schifffahrt in der Kieler Förde von 1848 bis 1886.

	J a h r e m i t		Mittelzahl der Tage mit behinderter Schifffahrt	Differenz
	behinderter Schifffahrt	unbehinderter Schifffahrt		
1848—58	6	4	19,5	} 2,7
1858—68	5	5	16,8	
1868—78	4	6	14,1	} 3,9
1878—86	2	6	10,2	

Im Mittel war die Schifffahrt in 10 Jahren in 5 Fällen behindert und in 5 unbehindert; in unserem Zeitraum von 1901 bis 1914 war das erstere in 10 Wintern nur einmal der Fall. Die mittlere Anzahl der Tage, an denen die Schifffahrt Eises halber mit Schwierigkeiten zu kämpfen hatte, stellt sich im Durchschnitt eines Dezenniums, wie Tabelle 13 in der vierten Spalte angibt. Auffallend ist die Abnahme der Mittelwerte. Bildet man aus den rechts stehenden Differenzen das Mittel, so erhält man 3,1 oder rund 3. Würde man die eben begonnene Reihe fortführen, indem man jedem folgenden Dezennium einen um 3 kleineren Mittelwert von Tagen mit durch Eis behinderter Schifffahrt zuerteilte, so käme für das Dezennium 1908 bis 1918 1 Tag heraus, ein Wert, der dem oben festgestellten Mittel von 1904 bis 1914 auffallend genau entspricht.

Vergleichen wir ferner ein einzelnes Jahr aus der Mitte des 19. und eines aus dem Anfang des 20. Jahrhunderts! Das Januarmittel der Temperatur des Jahres 1912  $-1,7^{\circ}$  würde dem Januarmittel des Jahres 1855  $-1,6^{\circ}$  annähernd entsprechen. In beiden Wintern stimmen auch die Mittel aus den Monaten Dezember bis inkl. März nahe überein: 1911/12  $+2,2^{\circ}$  und 1854/55  $+2,0^{\circ}$ . Danach glaube ich berechtigt zu sein, die Jahre in Vergleich zu setzen. 1854/55 war an 39 Tagen die Schifffahrt durch Eis erschwert, 1911/12 nur noch an 7. Die Eisverhältnisse in Kiel hätten sich also im Jahre 1911/12 gegen das Jahr 1854/55 um das Fünffache gebessert.

Dieser Vergleich ebenso wie die vorher durchgeführte Überlegung lehrt, daß die Eisverhältnisse im Kieler Hafen erheblich schwieriger sein können, daß sie sich aber im ganzen gebessert haben. Man kann zur Erklärung einmal daran denken, daß am Ende des 19. und zu Beginn des 20. Jahrhunderts, wie Benkendorff<sup>1)</sup> nachgewiesen hat, nicht mehr so tiefe

<sup>1)</sup> R. Benkendorff, Die Isothermen Schleswig-Holsteins usw. Diss. Kiel, 1914. S. 14.

Temperaturen vorgekommen sind wie in der Mitte des 19. Jahrhunderts. Offenbar aber ist viel anschlaggebender der Umstand, daß in jener Zeit die Behinderung der Schifffahrt schon bei geringerer Eisbesetzung in Erscheinung trat als heutzutage, wo der Schiffsverkehr viel größere Dimensionen angenommen hat, die Schiffe stärker gebaut und mit kräftigeren Maschinen versehen sind. Endlich stehen uns heute gute Eisbrecher zur Verfügung, die nach Möglichkeit ständige Fahrrinnen offen halten.

Jedenfalls aber wird man aus dem Umstande, daß in dem Zeitraum von 1848—1886 häufiger tiefere Temperaturen vorgekommen sind, schließen dürfen, daß auch jetzt noch in Kiel stärkere Eisbesetzung auftreten kann, sobald eben wieder entsprechend tiefe Temperatur sich einstellt.

Was nun den Kanal angeht, so ist es demnach auch für ihn nicht ausgeschlossen, daß noch stärkere Eisverhältnisse eintreten als in den bisherigen Grenzen, zumal da im westlichen und mittleren Kanal die Temperaturverhältnisse noch ungünstiger liegen als in der Kieler Förde.

## B. Ablauf der Eisbedeckung innerhalb des Winters.

### a) Ablauf nach Monaten.

Die Beleuchtung des Eisganges nach den einzelnen Monaten geschieht am einfachsten durch Mittelzahlen der Eisstärke über den ganzen Kanal. Die dazu nötigen Größen ergeben sich aus der weiter unten zu benutzenden Tabelle 16. Danach verhalten sich die mittleren Eisstärken der Eismonate folgendermaßen: Dezember: Januar: Februar: März = 22 : 76 : 100 : 18. Der Februar scheint danach im 18jährigen Durchschnitt den Höhepunkt der Eisbedeckung in sich zu bergen. Andererseits läßt sich aus der geringen absoluten Größe dieser Verhältniszahlen ersehen, daß die Eisstärke in den einzelnen Monaten, im 18jährigen Durchschnitt und über den ganzen Kanal genommen, außerordentlich gering ist. Denn die des Februar sogar ist mit 1,0 bewertet, diese Zahl aber entspricht dem Anfangswert der von mir in Kapitel I gegebenen Eisskala.

Eine zweite Handhabe zur Charakterisierung des Eisganges in den einzelnen Monaten geben die Mittelzahlen der Tage mit Eis. Da es sich hierbei um den ganzen Kanal handelt, so darf ich dazu den zweiten Mittelwert benutzen, dessen ich mich schon in Kapitel II bediente. Danach ergeben sich für den Dezember 2,2 Tage mit Eis, für den Januar 6,2, für den Februar 7,0 und für den März 1,2. Die Summe ergibt den oben schon abgeleiteten Wert 16,6. Der Februar zeigt also auch hierbei den höchsten Wert.

Um beide Kriterien miteinander zu vereinigen und das Verhältnis in Prozenten der mittleren Gesamteismenge eines Jahres in Relativmaß auszudrücken, wurde folgender Weg eingeschlagen. Die mittlere tägliche Eisstärke für den Winter berechnet sich aus der letzten Horizontalreihe der unten folgenden Tabelle 16 zu 0,54. Multipliziert man diese Zahl mit 16,6, so kommt die mittlere jährliche Relativeismenge heraus, auf die die mittleren Eismengen der einzelnen Monate bezogen werden sollen. Diese müssen zusammen die des Jahres ausmachen. Für die Berechnung der Monatsmengen darf auch nur die Zahl 0,54 benutzt werden. Damit

erhalte ich für die Saison die Zahl 8,96, für die einzelnen Monate die Werte, die in der kleinen Tabelle 14 vereinigt sind. In der zweiten Spalte sind sie ausgedrückt in Prozenten der Saisonmenge. Der Januar und der Februar sind danach die beiden Haupteismonate. Der Februar zeigt mit 42 % den größten Wert; die Differenz zum Januar ist aber nicht bedeutend.

Tabelle 14. **Durchschnittliche Eismengen der einzelnen Monate.**

Dezember . . . . .	1,21	13,5 %
Januar . . . . .	3,32	37,0 %
Februar . . . . .	3,77	42,1 %
März . . . . .	0,66	7,4 %
Saison . . . . .	8,96	100,0 %

Zur Erläuterung der Temperaturverhältnisse in den einzelnen Monaten seien hier noch in der Tabelle 15 die Zahlen der Frosttage, Eistage und der mittleren Monatstemperaturen mitgeteilt, berechnet aus den Werten der Stationen Meldorf, Schleswig, Neumünster und Kiel.

Tabelle 15.

M o n a t	Frosttage	Eistage	Temperaturen
Dezember . . . . .	10,7	3,0	+ 2,2 °
Januar . . . . .	16,6	5,3	+ 0,9 °
Februar . . . . .	14,0	3,0	+ 1,6 °
März . . . . .	11,0	1,0	+ 3,5 °

Alle drei Monate ergeben den Januar als den kältesten Monat, während der Februar sich nach Tabelle 14 als der eisreichste erwies. Dieser Schluß in solcher Bestimmtheit, zu dem uns die Tabelle 14 führt, ist aber wohl nicht ganz angebracht. Die Zufälligkeit eines starken Eisjahres vermag hierin zuviel, da die Zahl der zur Untersuchung herangezogenen Jahre nicht sehr groß sein konnte. Die geringere Berechtigung, diesen Schluß zu ziehen, geht schon aus Tabelle 17 und der an sie anschließenden Darlegung hervor, welche sich mit dem Verhältnis zwischen Temperatur und Eisbildung beschäftigt in einer Betrachtung der Eissaison nach Dekaden.

#### b) Ablauf nach Dekaden.

Für jede Dekade der in Frage kommenden Eismonate wurden die Mittel der relativen Eisstärke aus allen 20 Stationen gebildet und zur Tabelle 16 zusammengefaßt, sowie auch im Diagramm VI wiedergegeben.

Tabelle 16. Eissaison der einzelnen Jahre für den ganzen Kanal nach Dekaden.

Jahre	Dezember			Januar			Februar			März		
	Dekaden			Dekaden			Dekaden			Dekaden		
	1—10	11—20	21—31	1—10	11—20	21—31	1—10	11—20	21—28/29	1—10	11—20	21—31
1895—96 <sup>1)</sup>	—	—	<b>0,54</b>	0,34	—	—	—	—	—	—	—	—
97—98	Eisfrei	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
98—99		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
99—1900		2,00	<b>3,17</b>	0,66	1,59	0,15	0,38	2,87	0,04	—	—	—
1900—01	—	—	—	1,74	<b>4,53</b>	1,05	1,15	3,55	3,85	0,08	—	—
01—02	—	0,32	0,14	—	—	—	0,35	3,11	<b>3,33</b>	0,73	—	—
02—03	0,70	2,00	0,40	—	0,90	<b>3,40</b>	—	—	—	—	—	—
03—04	—	—	—	—	—	0,12	—	—	—	—	—	—
04—05	—	—	—	—	1,06	<b>3,88</b>	0,10	—	—	—	—	—
05—06	—	—	—	0,58	—	—	—	—	—	—	—	—
06—07	—	—	2,03	1,45	—	2,15	<b>4,48</b>	3,76	0,01	—	—	—
07—08	—	—	—	0,80	<b>1,67</b>	—	—	—	—	—	—	—
08—09	—	—	0,74	2,37	—	2,21	3,33	<b>5,04</b>	3,20	4,31	3,57	0,98
09—10	—	—	—	—	—	0,50	—	—	—	—	—	—
10—11	Eisfrei	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11—12		—	—	—	—	3,23	5,71	<b>7,21</b>	5,75	1,34	—	—
12—13		—	—	—	—	0,17	0,62	<b>1,22</b>	—	—	—	—
13—14		—	—	—	—	0,04	<b>0,10</b>	—	—	—	—	—
Mittelwert		0,04	0,24	0,39	0,44	0,73	1,11	1,01	<b>1,34</b>	0,65	0,28	0,20

1) Das Jahr 1896—97 ist weggelassen wegen mangelhafter Beobachtungen.

Das erste, was die Kurve der Eissaison uns lehrt, ist: die Eissaison beginnt am 1. Dezember und endigt am 31. März oder, richtiger gesagt, beginnt im Laufe der ersten Dezemberdekade und endigt im Laufe der dritten Märzdekade. Ein flüchtiger Blick zeigt weiter einen längeren aufsteigenden Ast und einen kürzeren absteigenden. Der Höhepunkt der Kurve liegt innerhalb der zweiten Hälfte. Genau am Ende der ersten Hälfte befindet sich ein deutlich ausgeprägter sekundärer Höhepunkt. Der Haupthöhepunkt erscheint in der zweiten Dekade des Februar. Die niedrigsten Werte im Dezember und März verhalten sich zu dem Wert des Höhepunktes annähernd wie 1:25. Im Verlauf des Monats Dezember und in der ersten Dekade des Januar nimmt das Eis nur langsam zu, von der ersten bis zur dritten Januardekade, in die der sekundäre Höhepunkt fällt, erfolgt die Zunahme rascher. Nach dem eigentlichen Höhepunkt vollzieht sich der Abgang steil, sehr gemäßigt wird er von der ersten Märzdekade an. Es stellt sich also im großen und ganzen das Anwachsen des Eises sanfter dar als das Schwinden.

In der Tabelle 16 ist die Höhepunktsdekade einer jeden Eissaison hervorgehoben. Danach fiel der Höhepunkt niemals in eine Dekade des März und nie in die erste oder zweite Dezemberdekade, zweimal schon in die dritte Dezemberdekade, am häufigsten in die dritte Januardekade und die erste Februardekade, nämlich je dreimal. Die folgende Tabelle 17 zeigt die Verteilung der Höhepunkte und das Vorkommen von Eis in den einzelnen

Tabelle 17.

	1. D e k a d e			2. D e k a d e			3. D e k a d e		
	E.	H.	T.	E.	H.	T.	E.	H.	T.
Dezember . . . . .	1	—	+ 2,8	3	—	+ 2,5	6	2	+ 1,3
Januar . . . . .	7	—	+ 1,4	8	2	+ 0,6	11	3	+ 0,7
Februar . . . . .	8	3	+ 0,8	6	1	+ 1,6	6	1	+ 2,3
März . . . . .	3	—	+ 2,7	1	—	+ 3,5	1	—	+ 4,3

Dekaden. Die Spalte unter E gibt an, wie oft im Laufe der 18 Jahre Eis in der betreffenden Dekade vorkam, die Reihe unter H, in wie vielen Jahren ein Höhepunkt darunter fiel.

Danach hat die meiste Anwartschaft, den durchschnittlichen Höhepunkt für sich in Anspruch zu nehmen, die dritte Dekade des Januar; denn sie weist dreimal den Höhepunkt auf und hat in elf Jahren Eis gehabt, während die zweite Februardekade, die in dem Diagramm VI den Höhepunkt darstellt, nur einmal einen Höhepunkt und sechsmal Eis hatte. Es liegt daher der Schluß nahe, daß bei einer größeren Anzahl von Beobachtungsjahren als 18 in der Durchschnittsdarstellung der Höhepunkt wohl auf die dritte Dekade des Januar fallen würde. Den absolut größten Einzelwert der Eisstärke zeigt die erste Dekade des Februar im kalten Winter 1911/12.

So liegen die Verhältnisse, wenn der Kanal als Einheit gefaßt wird. Zur Beantwortung der Frage, ob etwa einzelne Abschnitte des Kanals Abweichungen davon zeigen, dienen die anderen Kurven im Diagramm VI. Im wesentlichen nehmen alle vier Kurven den gleichen Verlauf: der eigentliche Höhepunkt liegt bei allen in der zweiten Dekade des Februar, der sekundäre in der dritten Dekade des Januar. Der Rückschritt in der ersten Februardekade tritt nur für die Stationen 3—8 und 16—22 deutlich hervor, bei den Stationen 9—15 weniger. (Im übrigen prägt sich auch hier die uns schon bekannte Abnahme der Eisstärke von Westen nach Osten aus.)

Um einen Vergleich des Eisverlaufes mit der Temperatur vornehmen zu können, ist in dem Diagramm VI unter die Kurven der Eissaison eine Temperaturkurve gezeichnet. Sie ist ein Mittel aus 18 Jahren und zwar für die vier Stationen Meldorf, Neumünster, Schleswig und Kiel zusammengenommen. Die gleichen Werte sind unter T in Tabelle 17 eingesetzt. Die Kurve beginnt in der ersten Dezemberdekade mit  $+2,8^{\circ}$ , fällt dann bis zum Minimum  $+0,6^{\circ}$  in der zweiten Dekade des Januar. Von da ab steigt sie ganz allmählich an bis auf  $+4,3^{\circ}$  in der dritten Märzdekade, wo noch die letzten Eisreste in den oberen Kurven angezeigt sind. Es ist bemerkenswert, daß das Minimum der Temperatur dem Maximum der Eisbedeckung um volle drei Dekaden vorhergeht. Das sekundäre Eismaximum dagegen, von dem ich oben schon annehme, daß es wohl eher den Höhepunkt bilden müßte, liegt nur eine Dekade hinter dem Temperaturminimum. Das Wasser, das im Kanal bis zu einem gewissen Grade stagniert, muß offenbar erst genügend abgekühlt sein, ehe die Eisbildung ihren Höhepunkt erreicht. Das Ansteigen der Temperatur wird erheblich von der ersten zur zweiten Februardekade, während sich der Abgang des Eises eine Dekade später, das heißt von der zweiten zur dritten Februardekade bemerkbar macht. Doch soll auf den Phasenverzug erst weiter unten näher eingegangen werden.

Was nun die ersten und letzten Eismeldungen betrifft, so läßt sich darüber noch folgendes sagen.

Der früheste Anfangstermin der Eisbildung fiel auf den 4. XII. im Jahre 1902, als spätester Endtermin ergab sich der 26. III. im Jahre 1909. Im übrigen verteilen sich die Anfangstermine der Eisbesetzung auf die Dekaden der einzelnen Monate nach Tabelle 18.

Tabelle 18. Verteilung der Anfänge auf die Dekaden.

	1. Dekade	2. Dekade	3. Dekade
Dezember . . . . .	1	2	3
Januar . . . . .	3	3	3
Februar . . . . .	0	0	0
März . . . . .	0	0	0

Zumeist tritt das erste Eis auf in der Zeit vom 21. Dezember bis 31. Januar.

Die Endtermine der Eisbildung ordnen sich auf die Dekaden der Monate in der Weise, wie Tabelle 19 zeigt.

Tabelle 19. Verteilung der Endtermine auf die Dekaden.

	1. Dekade	2. Dekade	3. Dekade
Dezember . . . . .	0	0	0
Januar . . . . .	2	1	4
Februar . . . . .	2	0	3
März . . . . .	2	0	1

Die Eisbildung erreichte danach ihren Abschluß in der Hälfte der Jahre schon im Januar.

### c) Ablauf nach Pentaden.

Bisher ist an Hand der Untersuchungen über zeitliche Verschiedenheiten der Eisbildung die Temperatur nur in größeren Mittelwerten berücksichtigt worden. In dem folgenden Abschnitt soll nun des näheren eingegangen werden auf den Zusammenhang zwischen Temperatur und Eisbildung an einzelnen Punkten und im Verlauf des einzelnen Winters. Da mir von den Temperaturbeobachtungen der in Betracht kommenden Stationen, Meldorf und Neumünster-Schleswig, nur fünftägige Mittelwerte zur Verfügung standen, mußte diese Untersuchung auf Pentadenmittel beschränkt werden.

Zweckmäßig erwies es sich, sie für die Eisbeobachtungsstationen Nobiskrug, Burg, Fischerhütte und Landwehr durchzuführen. Die beiden ersteren Punkte zeigten oben bei der Beschreibung der örtlichen Verschiedenheiten die höchsten Werte, Fischerhütte einen mittleren und Landwehr einen schwachen Wert in der mittleren Eisbesetzung. Von den Temperatur-Beobachtungsstationen wurden Schleswig und Neumünster, aus deren Beobachtungen das Mittel genommen wurde, da sie beide etwa gleich weit vom Kanal entfernt liegen, der Fähre Nobiskrug, Meldorf der Fähre Burg, Neumünster der Fähre Fischerhütte und Kiel der Fähre Landwehr zugeordnet. Ausgehen soll die Untersuchung von dem strengen Winter 1903/09, darauf folgen die übrigen Winter in drei Gruppen. Die Verhältnisse von 1908/09 zeigen die Tabellen 20 und 21, sowie die Diagramme VII und VIII.

Tabelle 20. Temperaturen von Neumünster—Schleswig und Eisstärken von Nobiskrug. Winter 1908—09.

Nummer der Pen- taden	D e z e m b e r			J a n u a r			F e b r u a r			M ä r z		
	Datum	Tempe- ratur	Eis- stärke	Datum	Tempe- ratur	Eis- stärke	Datum	Tempe- ratur	Eis- stärke	Datum	Tempe- ratur	Eis- stärke
1	2—6	+ 2,6	●●	1—5	+ 0,7	7,2	31—4	+ 0,2	5,6	2—6	— 3,9	5,0
2	7—11	+ 4,3	●●	6—10	+ 0,6	0,8	5—9	— 1,5	5,8	7—11	— 1,2	3,2
3	12—16	+ 4,8	●0	11—15	+ 1,8	0,0	10—14	— 3,6	5,2	12—16	— 2,0	1,0
4	17—21	+ 1,8	0,0	16—20	+ 1,5	0,0	15—19	— 0,4	5,6	17—21	+ 2,2	0,4
5	22—26	— 1,8	0,0	21—25	— 2,1	1,2	20—24	— 0,9	5,0	22—26	+ 4,5	●●
6	27—31	— 9,1	1,6	26—30	— 3,3	5,2	25—1	— 2,9	5,0	27—31	+ 6,5	0,0

In Tabelle 20 geht die Temperatur zum ersten Mal unter  $0^{\circ}$  mit  $-1,8^{\circ}$  im Mittel der 5. Pentade des Dezember, die erste Eisbildung erfolgt in der 6. Pentade. Das erste Temperaturminimum unter den Pentadenmitteln mit  $-9,1^{\circ}$  fällt auf die 6. Pentade des Dezember, das erste Eismaximum in die 1. Pentade des Januar. Im Januar steigt die Temperatur über  $0^{\circ}$  mit  $+0,7^{\circ}$  im Mittel der 1. Pentade, im Verlauf der 3. ist das Eis verschwunden.

In der zweiten Eisperiode fällt der Beginn der Eisbildung in der 5. Pentade des Januar mit dem ersten Sinken des Temperaturmittels auf  $-2,1^{\circ}$  zusammen. Der Höhepunkt der Eisstärke (5,8) erscheint in der 2. Pentade des Februar, also zwei Pentaden hinter dem Minimum der Temperatur  $-3,3^{\circ}$  in der 6. Pentade des Januar. In der 1. Pentade des Februar erfolgt Rückgang der Temperatur auf  $+0,2^{\circ}$ , beim Eis zeigt sich dies erst zwei Pentaden später. Ein weiteres Minimum der Temperatur  $-3,6^{\circ}$  fällt in die 3. Pentade des Februar, das Eis nimmt in der 4. zu. In der 4. Pentade geht die Temperatur auf  $-0,4^{\circ}$ , das Eis folgt in der 5. Das weitere Sinken der Temperatur dokumentiert sich beim Eis im Stillstand von der 5. Pentade des Februar bis zur 1. des März auf 5,0. Tauwetter setzt ein in der 4. Pentade des März, geschwunden ist das Eis in der 5. Pentade.

Daraus ergibt sich: die Eisbildung verspätet sich höchstens um eine Pentade gegen die Temperatur, der Höhepunkt, sowie Abgehen und völliger Schwund des Eises verspäten sich um eine bzw. zwei Pentaden.

Tabelle 21. Temperaturen von Meldorf und Eisstärken von Burg. Winter 1908–09.

Nummer der Pen- taden	D e z e m b e r			J a n u a r			F e b r u a r			M ä r z		
	Datum	Tempe- ratur	Eis- stärke	Datum	Tempe- ratur	Eis- stärke	Datum	Tempe- ratur	Eis- stärke	Datum	Tempe- ratur	Eis- stärke
1	2—6	+ 3,7	0,0	1—5	+ 0,1	3,8	31—4	+ 0,1	4,8	2—6	- 3,6	5,4
2	7—11	+ 4,5	0,0	6—10	+ 0,2	0,8	5—9	- 1,7	4,0	7—11	- 1,1	5,4
3	12—16	+ 5,1	0,0	11—15	+ 1,8	0,0	10—14	- 3,6	3,6	12—16	- 1,5	5,0
4	17—21	+ 1,8	0,0	16—20	+ 1,7	0,0	15—19	- 0,1	5,4	17—21	+ 2,5	5,0
5	22—26	- 2,5	0,0	21—25	- 2,3	0,2	20—24	- 0,5	4,8	22—26	+ 4,3	3,6
6	27—31	- 9,8	2,2	26—30	- 3,2	4,0	25—1	- 3,0	5,0	27—31	+ 6,3	0,0

In Meldorf geht die Temperatur im Laufe des Monats Dezember 1908 zum ersten Mal unter den Gefrierpunkt in der 5. Pentade mit  $-2,5^{\circ}$ , die Eisbildung in Burg erfolgt in der 6. Das Temperaturminimum unter den Pentadenmitteln von  $-9,8^{\circ}$  ergibt die 6. Pentade des Dezember, das Maximum der Eisbildung erscheint mit der 1. Pentade des Januar. Auf  $+0,1^{\circ}$  steigt das Temperaturmittel bereits in der 1. Pentade des Januar, das Eis ist aber erst in der 3. geschwunden.

Tabelle 22. Zusammenhang der Temperatur von Neumünster-Schleswig mit den Eiszuständen bei der Fähre Nobiskrug.

J a h r	Der Beginn des Eis- zustandes verspätet sich gegen die Temperatur um Pentaden					Der Höhepunkt des Eis- zustandes verspätet sich gegen die Temperatur um Pentaden					Der Schwund des Eises verspätet sich gegen die Temperatur um Pentaden					Sekundäre Eismaxima verspätet sich um		Eisperioden	
	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4	0	1		
1908—09 . .	1	1	—	—	—	—	1	1	—	—	—	1	1	—	—	—	1	2	starke Eisjahre
1911—12 . .	—	1	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	1	
1899—00 . .	—	2	1	—	—	—	2	1	—	—	—	—	3	—	—	—	—	3	mittelstarke Eisjahre
1900—01 . .	1	1	—	—	—	—	—	1	1	—	1	1	—	—	—	—	—	2	
1901—02 . .	—	1	1	—	—	—	2	—	—	—	1	1	—	—	—	—	—	2	
1902—03 . .	—	1	—	1	—	—	1	1	—	—	—	1	1	—	—	—	—	2	
1906—07 . .	1	—	—	1	—	1	—	—	1	—	—	1	1	—	—	—	—	2	
1895—96 . .	—	1	—	—	—	1	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	1	schwache Eisjahre
1903—04 . .	—	1	—	—	—	1	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	1	
1904—05 . .	1	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	1	
1905—06 . .	—	1	—	—	—	1	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	1	
1907—08 . .	—	1	—	—	—	—	1	—	—	—	—	1	—	—	—	—	1	1	
1909—10 . .	—	1	—	—	—	—	1	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	1	
1912—13 . .	1	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	1	
1913—14 . .	—	—	—	—	1	—	—	—	1	—	—	1	—	—	—	—	—	1	

In der zweiten Eisperiode geht das Temperaturmittel mit  $-2,3^{\circ}$  unter  $0^{\circ}$  in der 5. Pentade des Januar, das Eis bildet sich in der gleichen Pentade. Das Wasser ist schon mehr durchgekühlt, sodaß die Eisbildung rascher vor sich geht. Ein Minimum der Temperatur tritt in der 6. Pentade des Januar auf, das Eis folgt in der 1. Pentade des Februar. Auf  $+0,1^{\circ}$  geht die Temperatur in der 1. Pentade des Februar, ein Minimum des Eises erscheint in der 3. Ein weiteres Minimum der Temperatur mit  $-3,6^{\circ}$  bringt die 3. Pentade des Februar, das zugehörige Eismaximum folgt in der 4. Tauwetter kann in der 4. Pentade eingetreten sein, der Rückgang der Eisbesetzung macht sich in der 5. geltend. Im März sehen wir ein Temperaturminimum von  $-3,6^{\circ}$  mit dem Eismaximum von 5,4 zusammenfallen. Das Tauwetter beginnt in der 4. Pentade, das Eis ist geschwunden in der 6.

Tabelle 23. Zusammenhang der Temperatur von Meldorf mit den Eiszuständen bei der Fähre Burg.

J a h r	Der Beginn des Eiszustandes verspätet sich gegen die Temperatur um Pentaden					Der Höhepunkt des Eiszustandes verspätet sich gegen die Temperatur um Pentaden					Der Schwund des Eises verspätet sich gegen die Temperatur um Pentaden					Sekundäre Eismaxima verspätet sich um		Eisperioden	
	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4	0	1		
1908—09 . .	1	1	—	—	—	—	2	—	—	—	—	1	1	—	—	1	1	2	starke Eisjahre
1911—12 . .	—	1	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	1	
1899—00 . .	—	2	1	—	—	—	2	—	1	—	—	1	2	—	—	—	—	3	mittelstarke Eisjahre
1900—01 . .	1	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	1	—	—	—	—	1	1	
1901—02 . .	1	—	1	—	—	—	1	1	—	—	—	1	1	—	—	—	1	2	
1902—03 . .	1	—	—	1	—	—	1	1	—	—	—	1	1	—	—	—	—	2	
1906—07 . .	1	1	—	—	—	1	—	—	1	—	—	—	2	—	—	—	1	2	
1895—96 . .	—	1	—	—	—	—	1	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	1	
1903—04 . .	Für Meldorf keine Temperaturbeobachtungen vorhanden																—	schwache Eisjahre	
1904—05 . .	—	1	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—		1
1905—06 . .	—	1	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—		1
1907—08 . .	—	1	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	—	—	—	—	—		1
1909—10 . .	—	1	—	—	—	—	1	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—		1
1912—13 . .	—	1	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	1	—	—		1
1913—14 . .	—	—	—	—	1	—	—	—	—	1	—	1	—	—	—	—	—	1	

Auch bei Station Burg sehen wir somit den Beginn und hier auch den Höhepunkt höchstens um eine Pentade verschoben, niemals um zwei; der Schwund dagegen ist meistens um zwei Pentaden, nur einmal um eine verzögert.

In ähnlicher Weise wurden die Untersuchungen für alle übrigen Jahre bei Nobiskrug, Burg, Fischerhütte und Landwehr durchgeführt. Es würde zu weit führen, sie hier in gleicher Ausführlichkeit wie die für 1908/09 mitzuteilen. Es sind daher aus diesen gesamten Einzeluntersuchungen nur die Ergebnisse zahlenmäßig zusammengefaßt in den Tabellen 22, 23, 24, 25, in welchen die eingeschriebenen Zahlen angeben, wie viele Male unter den fünftägigen Mitteln der Eisbeginn mit der ersten Gefriertemperatur, der Höhepunkt der Eisbesetzung mit dem Minimum derselben und der Eisschwund mit der ersten positiven Temperatur zusammenfielen

Tabelle 24. Ergebnisse des zeitlichen Zusammenhanges von Temperatur und Eisbesetzung bei Nobiskrug und Burg.

		Der Beginn der Eisbildung verspätet sich gegen die Temperatur um Pentaden					Der Höhepunkt der Eisbildung verspätet sich gegen die Temperatur um Pentaden					Der Schwund des Eises verspätet sich gegen die Temperatur um Pentaden					Sekundäre Eismaxima verspäten sich		Eisperioden
		0	1	2	3	4	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4	0	1	
sämtliche Eisjahre	Summe Nobiskrug .	5	12	2	2	1	4	11	4	3	0	4	10	7	0	1	0	2	22
	Summe Burg . . .	5	11	2	1	1	1	11	2	4	2	1	8	9	0	2	1	5	20
	Beide zusammen .	10	23	4	3	2	5	22	6	7	2	5	18	16	0	3	1	7	42
	In Prozenten . . .	24	55	9	7	5	12	52	14	17	5	12	43	38	0	7	2	17	100
starke Eisjahre	Summe Nobiskrug .	1	2	0	0	0	0	2	1	0	0	0	1	1	0	1	0	3	
	Summe Burg . . .	1	2	0	0	0	0	3	0	0	0	0	1	1	0	1	1	3	
	Beide zusammen .	2	4	0	0	0	0	5	1	0	0	0	2	2	0	2	1	6	
	In Prozenten . . .	33	67	0	0	0	0	83	17	0	0	0	33	33	0	33	17	100	
mittelstarke Eisjahre	Summe Nobiskrug .	2	5	2	2	0	1	5	3	2	0	2	4	5	0	0	0	11	
	Summe Burg . . .	4	3	2	1	0	1	4	2	3	0	0	4	6	0	0	0	10	
	Beide zusammen .	6	8	4	3	0	2	9	5	5	0	2	8	11	0	0	0	21	
	In Prozenten . . .	29	38	19	14	0	9	43	24	24	0	9	38	53	0	0	0	100	
schwache Eisjahre	Summe Nobiskrug .	2	5	0	0	1	3	4	0	1	0	2	5	1	0	0	0	8	
	Summe Burg . . .	0	6	0	0	1	0	4	0	1	2	1	3	2	0	1	0	7	
	Beide zusammen .	2	11	0	0	2	3	8	0	2	2	3	8	3	0	1	0	15	
	In Prozenten . . .	13	74	0	0	13	20	54	0	13	13	20	54	20	0	6	0	100	

oder sich um 1, 2, 3, 4 Pentaden hinter der entsprechenden Phase der Temperatur verspäteten. Als ein besonders typisches Beispiel sei noch der Winter 1900/01 in graphischer Darstellung mitgegeben: Diagramm IX Fähre Nobiskrug, Diagramm X Fähre Burg.

Werfen wir in Tabelle 24 zuerst einen Blick auf die Ergebnisse aus der Gesamtsumme aller Jahre. Im großen ganzen überwiegen die Fälle mit Verzug um eine Pentade und zwar beim Eisbeginn mit 55 %, beim Höhepunkt mit 52 %, beim Schwund mit 43 %. Im einzelnen läßt sich noch folgendes sagen. Beim Beginn fallen fast 80 % der Fälle auf Coincidenz und Verzug um eine Pentade, beim Höhepunkt sind es 64 % und beim Schwund nur noch 55 %. Es ist also für die Fälle der Coincidenz und des Verzuges um eine Pentade eine deutliche Abnahme erkennbar vom Beginn über den Höhepunkt zum Schwund. Entsprechend tritt bei den Fällen größeren Verzuges (2—4 Pentaden) eine ausgesprochene Steigerung vom Beginn über den Höhepunkt zum Schwund hervor; beim Beginn fallen noch rund 20 % auf die größeren Verzüge, beim Höhepunkt gut 35 % und beim Schwund gar 45 %.

Bei Betrachtung der strengen Winter allein ergibt sich annähernd das Gleiche. Jedoch vollzieht sich die Eisbildung ausschließlich entweder in derselben (33 %) oder in der ersten nachfolgenden Pentade (67 %). Der Höhepunkt fällt niemals in dieselbe Pentade wie das Minimum der Temperatur, vielmehr zum größten Teil in die erste nachfolgende (83 %), während schon 17 % der Fälle einen Verzug von zwei Pentaden haben. Beim Schwund endlich ist die Steigerung des Verzuges am stärksten ausgesprochen, indem sich 66 % der Fälle gleichmäßig auf die Verzüge von zwei und vier Pentaden verteilen.

Wie die starken Jahre, so gleichen auch die mittelstarken in ihren Hauptzügen der Gesamtheit aller Jahre. Vom Beginn zum Schwund besteht noch die Abnahme der Fälle von Coincidenz und Verzug um eine Pentade, wie auch die Steigerung der Fälle mit Verzug um zwei bis drei Pentaden. Aber beim Beginn treten diese letzteren gegenüber den starken Jahren und der Gesamtheit der Jahre schon in größerer Zahl auf. Der Schwund erfolgt in 53 % der Fälle zwei Pentaden nach Einsetzen des Tauwetters.

Nur die schwachen Eisjahre weichen in ihren wesentlichen Zügen vom Gesamtbilde aller Jahre ab. Bei ihnen überwiegt sowohl im Eisbeginn wie auch im Höhepunkt und Schwund der Verzug um nur eine Pentade. Das heißt also, daß bei geringer Eisbildung die gesamten Veränderungen im Eiszustand rascher und gleichmäßiger denen der Temperatur folgen, und ist auch ohne weiteres einleuchtend. Daneben treten aber beim Beginn und Höhepunkt auch Fälle auf, die einen Verzug von vier Pentaden haben. Außerdem fällt hier noch im Gegensatz zu den vorhergehenden Gruppen auf, daß die Fälle der Coincidenz beim Beginn abnehmen, aber beim Höhepunkt und Schwund zunehmen.

Auf die beiden Stationen Fischerhütte und Landwehr soll hier nur ganz kurz eingegangen werden, indem allein die Ergebnisse aus der Gesamtheit der Jahre einer Betrachtung unterzogen werden. In Tabelle 25 sind die Resultate der Untersuchung zahlenmäßig mitgeteilt. Bei den eisstarken Stationen Nobiskrug und Burg hatte sich in den Fällen der Coincidenz und des Verzuges um eine Pentade, bezogen auf die Gesamtheit der Jahre, eine Abnahme der Fälle vom Beginn über den Höhepunkt zum Schwund ergeben. Aber schon bei den

Tabelle 25. Ergebnisse des zeitlichen Zusammenhanges von Temperatur und Eisbesetzung bei den Stationen Fischerhütte und Landwehr.

	Der Beginn des Eiszustandes verspätet sich gegen die Temperatur um Pentaden					Der Höhepunkt des Eiszustandes verspätet sich gegen die Temperatur um Pentaden					Der Schwund des Eises verspätet sich gegen die Temperatur um Pentaden					Eisperioden
	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4	
Summe Fischerhütte .	6	11	2	2	0	6	8	4	2	1	3	11	6	0	1	21
In Prozenten .	28	52	10	10	0	28	38	19	10	5	15	52	28	0	5	100
Summe Landwehr . .	8	8	3	0	1	7	7	3	1	2	7	8	4	0	1	20
In Prozenten .	40	40	15	0	5	35	35	15	5	10	35	40	20	0	5	100

schwachen Jahren hatte sich dies Bild insofern verändert, als die Zahl der Fälle bei Höhepunkt und Schwund sich die Wage hält. Die in dieser Veränderung zutage tretende Tendenz erscheint ebenso deutlich in dem Verhalten der mittelstarken Station Fischerhütte und der schwachen Station Landwehr. Denn in der Gesamtheit der Eisjahre kommen auf die Fälle der Coincidenz und des Verzuges um eine Pentade bei Fischerhütte auf den Beginn 80 %, den Höhepunkt 66 %, den Schwund ebenfalls 67 %; bei Landwehr 80 % auf den Beginn, 70 % auf den Höhepunkt, 75 % auf den Schwund. Daraus ersieht man also, daß, wie oben schon bei Nobiskrug und Burg für die schwachen Jahre erwähnt wurde, bei den eisschwächeren Stationen die Eiszustände rascher den Veränderungen der Temperatur folgen.

#### d) Ablauf nach geschlossenen Eisperioden.

Der Ablauf der Eisbedeckung innerhalb eines Winters wird selten oder garnicht aus einer einzigen Eisperiode bestehen, sondern er wird sich in Perioden von verschiedener Länge auflösen, was wir schon im vorigen Abschnitt bei Betrachtung nach Pentaden zu sehen Gelegenheit hatten.

Zuerst möge hier eine Zusammenstellung sämtlicher Eisperioden unter Angabe des Anfangs- und Schlußtages gegeben werden. Nach Tabelle 26 ergeben sich im ganzen 29 Eisperioden. Die Gesamtzahl der Eistage beträgt 415. Mithin fallen durchschnittlich auf eine Periode 14,3 Tage.

Tabelle 26. Eisperioden nach Beginn und Schlußtermin.

J a h r	D a t e n	Tage	Perioden
1895—96	27. bis 31. 12. 95; 2. bis 10. 1. 96	14	2
97—98	eisfrei		
98—99	eisfrei		
99—1900	11. 12. 99 bis 4. 1. 1900; 15. bis 22. 1; 10. bis 22. 2. 00	46	3
1900—01	4. 1. bis 6. 3. 01	62	1
01—02	16. bis 24. 12. 01; 7. 2. bis 7. 3. 02	38	2
02—03	4. bis 18. 12. 02; 22. bis 23. 12. 02; 14. 1. 03 und 18. bis 28. 1. 03	29	4
03—04	21. bis 22. 1. 04	2	1
04—05	18. 1. bis 1. 2. 05; 3. 2. 05	16	2
05—06	2. bis 7. 1. 06	6	1
06—07	22. 12. 06 bis 10. 1. 07; 24. 1. bis 21. 2. 07	49	2
07—08	2. bis 6. 1. 08; 14. bis 20. 1. 08	12	2
08—09	29. 12. 08 bis 8. 1. 09; 25. 1. bis 26. 3. 09	72	2
09—10	28. bis 30. 1. 10	3	1
10—11	eisfrei		
11—12	15. 1. bis 26. 2. 12	43	1
12—13	16. bis 26. 1. 13; 29. 1. bis 5. 2. 13	19	2
13—14	24. 1. 14; 26. 1. 14; 28. bis 29. 1. 14	4	3
	Summe	415	29

Welche Länge die Eisperioden im einzelnen hatten, wie oft Perioden in dieser Länge vorkamen, zeigt die Tabelle 27.

Tabelle 27. Eisperioden nach Länge und Häufigkeit.

T a g e	1—5	6—10	11—15	16—20	21—25	26—30	31—35	36—40
mal	10	6	6	1	1	2	0	0

T a g e	41—45	46—50	51—55	56—60	61—65
mal	1	0	0	0	2

Die kürzesten Eisperioden haben eine Dauer von 1 bis 5 Tagen, die längsten eine solche von 61 bis 65 Tagen, die absolut längste Eisperiode fiel in den Winter 1900/01 und hatte 62 Tage Dauer. Alle Perioden von mehr als 15 Tagen Dauer kamen aber nur selten vor, im ganzen nur 7 mal, während solche bis zur Dauer von 15 Tagen nicht weniger als 22 mal zu zählen waren, die von 1 bis 5 Tagen am häufigsten.

Die Verteilung der Eisperioden auf die einzelnen Monate nach Länge und Häufigkeit veranschaulicht die Tabelle 28. Längste Perioden weist vorzugsweise der Februar auf. Die zahlreichen Perioden des Januar sind meist kürzere. Bemerkenswert scheint mir das Verhalten des März zu sein. Er zeigt nämlich zwei Perioden von kürzerer Dauer und eine von längster Dauer.

Tabelle 28. Verteilung der Eisperioden auf die Monate.

	1—5	6—10	11—15	16—20	21—25	26—30 Tage
Dezember . . . . .	3	2	1	0	1	0 mal
Januar . . . . .	9	8	3	1	0	2 „
Februar . . . . .	3	0	1	0	2	3 „
März . . . . .	0	2	0	0	0	1 „

In den Zusammenhang mit den Eisperioden gehört schließlich auch noch die Frage: in welcher Stärke beginnt und endet die Eisbildung in den einzelnen Perioden? Diese Untersuchung soll an den Stationen Nobiskrug und Burg, Fischerhütte und Landwehr durchgeführt werden. Zu dem Zweck wurden für diese Stationen getrennt in allen Beobachtungsjahren die Tage abgezählt, an denen die Eisbildung begann: 1. mit der Stärke 1; 2. mit der Stärke 2—4; 3. mit der Stärke 5—7 und 4. mit der Stärke 8. Das gleiche Verfahren wurde auf das Ende der Eisbesetzung angewendet. Tabelle 29 gibt eine Zusammenstellung der untersuchten Fälle. Im ganzen wurden bei Nobiskrug und Burg, den eisstarken Stationen, 52 Fälle, bei der mittelstarken Eisstation

Tabelle 29.

Die Eisbildung beginnt mit					und endet mit			
Stärke	1	2—4	5—7	8	1	2—4	5—7	8
bei Nobiskrug . . . . .	8	10	6	2	12	11	2	1 mal
bei Burg . . . . .	11	12	3	0	11	12	3	0 „
Summe	19	22	9	2	23	23	5	1 „
bei Fischerhütte . . . . .	15	10	1	0	11	12	3	0 „
bei Landwehr . . . . .	11	11	2	0	10	10	4	0 „

Fischerhütte 26 Fälle und bei der eisschwachen Station Landwehr 24 Fälle betrachtet. Bei der ersten Gruppe begann in 19 Fällen die Eisbildung mit der Stärke 1, in 22 mit der Stärke 2—4. In 41 Fällen also von 52 setzte die Eisbildung in mäßiger Stärke ein. Ebenso vollzog sich das Ende der Eisbesetzung in der Mehrzahl der Fälle in geringerer Eisstärke. Dasselbe Bild erhalten wir auch aus den Beobachtungen der eisschwächeren Stationen Fischerhütte und Landwehr. Bei Fischerhütte bildete sich das Eis in 25 Fällen von 26 in mäßiger Stärke und endete ebenso in 23 von 26 Fällen. Für Landwehr ergab die Untersuchung 22 Fälle von 24, bzw. 20 von 24. Es fehlen hier auch gänzlich die Fälle, in denen die Eisbildung in der Stärke 8 einsetzte oder das Eis schwand. Dies Verhalten des Eises zu Beginn und Ende der Bildung erscheint als das natürliche. Indes kann man sich wohl vorstellen, daß die Eisbildung zuweilen auch sogleich in größerer Stärke geschieht, wie die Tabelle es für Nobiskrug zeigt. Wenn dagegen die Eisbesetzung mit großer Stärke endigt, wie es einmal vorkam (8 = Winterprahm, Dampferhilfe usw.), so muß dies auf andere Einflüsse als bloßes Schmelzen, etwa auf plötzliches Abtreiben durch Wind oder Entwässerung, zurückgeführt werden.

## Schluß.

Zum Schluß mögen hier kurz die Resultate der vorliegenden Arbeit zusammengefaßt werden.

1. Die Zahl der Tage mit Eis beträgt im Kaiser Wilhelm-Kanal als ganzem nach dem 18jährigen Durchschnitt 23. An 23 % der Tage kommt festes Eis vor, an 69 % Treibeis und an 8 % beide Eisformen gleichzeitig.

2. Die örtlichen Verschiedenheiten bestehen vor allem in einer Abnahme der Eisstärke von Westen nach Osten, in Übereinstimmung mit Zunahme der Temperatur in gleicher Richtung. Die Stationen Burg, Nobiskrug und Sehestedt heben sich durch eine besonders starke Eisbesetzung heraus, die hervorgerufen wird durch Windwirkung auf Treibeis. Dieselben

Stationen zeichnen sich durch häufigeres Auftreten von Treibeis aus, als wie der Durchschnitt über den ganzen Kanal angibt, während allein in den Seen das feste Eis annähernd an Häufigkeit des Auftretens dem Treibeis gleichkommt.

3. Es kommen Jahre ganz ohne Eis vor. Andererseits ist aus dem Vergleich mit den Eisverhältnissen des Kieler Hafens von 1848—86 ersichtlich, daß sich die Eisverhältnisse des Kanals noch schwieriger gestalten können als in den schwierigsten der hier behandelten Jahre, die 40—75 Tage mit Eis hatten. Der Kanal zeigt in seinen Schwankungen von Jahr zu Jahr einen sehr engen Zusammenhang mit dem Fahrwasser von Lübeck-Travemünde. Zwischen Eisbesetzung und Temperatur tritt bei den Schwankungen von Jahr zu Jahr im Kanal ebenso wie an den Stationen der Umgebung ein paralleler Gang hervor.

4. Die Haupteismonate sind Januar und Februar. Als erste Eisdekade stellt sich dar die erste des Dezember, als letzte die dritte des März. Der Höhepunkt des Eiszustandes fällt in die zweite Dekade des Februar, während das Minimum der Temperatur in der zweiten Dekade des Januar erscheint. Im einzelnen aber zeigt die Betrachtung des Eisablaufes nach Pentaden einen wechselnden zeitlichen Zusammenhang zwischen Eis- und Temperaturphase. Im großen ganzen überwiegen bei Eisbeginn, Höhepunkt und Schwund die Verzüge um eine Pentade. Doch nehmen die Fälle der Coincidenz und des Verzuges um eine Pentade vom Beginn über den Höhepunkt zum Schwund ab, während die Fälle größeren Verzugs (2—4 Pentaden) sich in der gleichen Richtung mehren.

5. Die Dauer einer zusammenhängenden Eisperiode beträgt im Durchschnitt  $14\frac{1}{2}$  Tage. Der Februar hat die längsten Eisperioden.

---

## Lebenslauf.

---

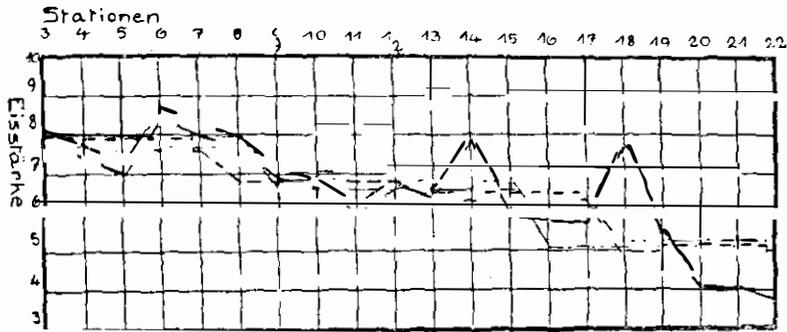
Am 27. Mai 1895 bin ich, Franz Eichstädt, als Sohn des verstorbenen kaiserlichen Marine-Chefingenieurs Eichstädt und seiner Frau Martha Eichstädt zu Kanal Kolonie B bei Bromberg, Kreis Bromberg, als preußischer Staatsangehöriger geboren. Ich wurde im evangelischen Bekenntnis erzogen. Von Ostern 1901 ab besuchte ich die Vorschule, bzw. das Gymnasium in Kiel, Charlottenburg, Wilhelmshaven und Stettin und bestand im Februar 1913 die Reifeprüfung am königlichen Gymnasium zu Kiel. Von Ostern 1913 ab studierte ich Medizin und zwar zwei Semester in Kiel und eines in München.

Beim Ausbruch des Krieges trat ich Mitte August als Kriegsfreiwilliger beim Infanterie-Regiment 85 in Rendsburg ins Heer ein. Am 9. Oktober rückte ich ins Feld. Am 12. Januar 1915 erhielt ich in der Schlacht bei Soissons einen Schrapnellschuß ins rechte Auge. Mit dem Verluste des rechten Auges wurde ich eines so großen Teiles meiner Sehkraft beraubt, daß ich das medizinische Studium aufgeben mußte. Ich ging zum Studium der Geographie, Geschichte und Mathematik über.

Abgesehen von meinem medizinischen Studium waren meine akademischen Lehrer die Herren Professoren Mecking, Prinz, A. O. Meyer, Rodenberg, Töplitz, Pochhammer, Dieterici, Martius, Deussen, Wüst und Wegemann. Ihnen allen bin ich zu Dank verpflichtet, ganz besonders aber Herrn Professor Mecking, der mir die Anregung zu der Dissertation gab und mich bei ihrer Anfertigung stets mit Rat und Tat unterstützte.

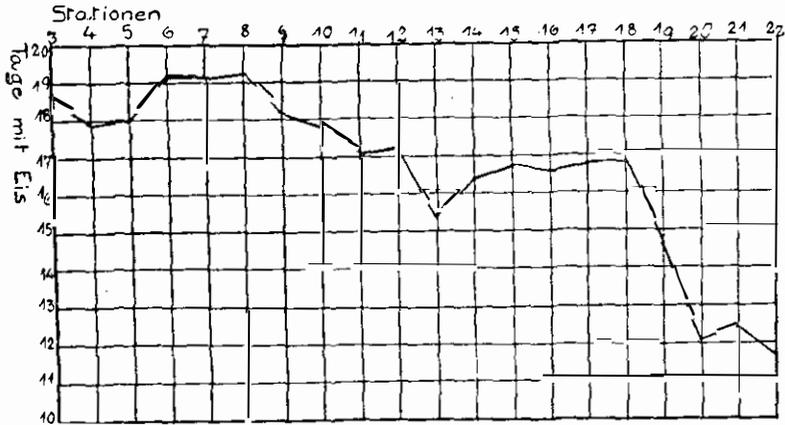
---

Diagramm I.



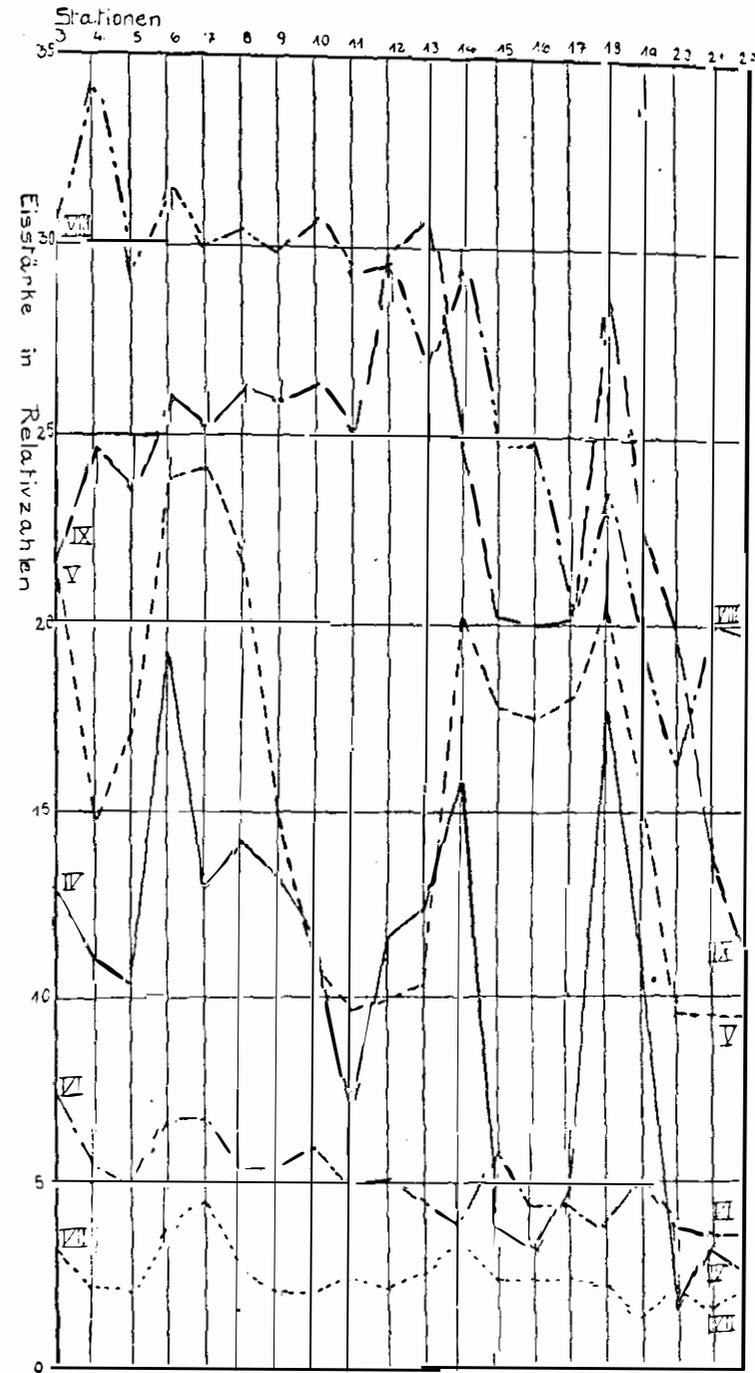
- I. — Örtliche Verteilung des Eises, 18jähriges Mittel für jede Station.
- II. - - - - - Dasselbe für je 5 Stationen zusammengefaßt.
- III. — — — — Dasselbe für je 6 bzw. je 7 Stationen zusammengefaßt.

Diagramm Ia.



Mittlere örtliche Verteilung in der Häufigkeit der Eisbesetzung.

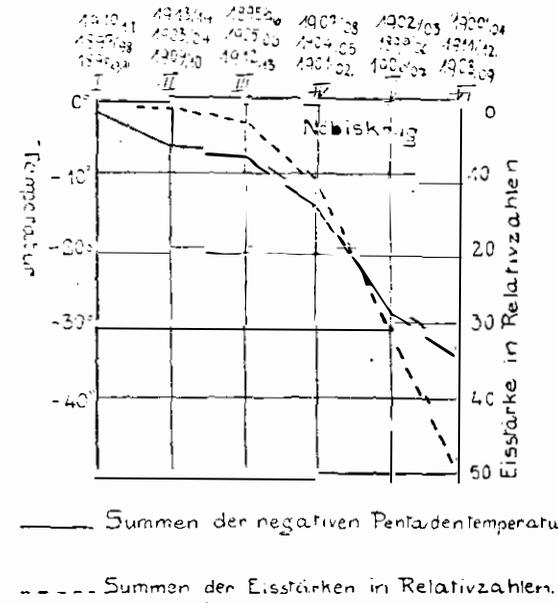
Diagramm II.



Mittlere örtliche Verteilung des Eises in einzelnen Wintern.

- IV. — Winter 1899/1900
- V. - - - Winter 1900/01
- VI. — — Winter 1904/05
- VII. .... Winter 1907/08
- VIII. — · — Winter 1908/09
- IX. — — — Winter 1911/12

Diagramm III.



- Summen der negativen Pentadentemperaturen
- - - - - Summen der Eisstärken in Relativzahlen

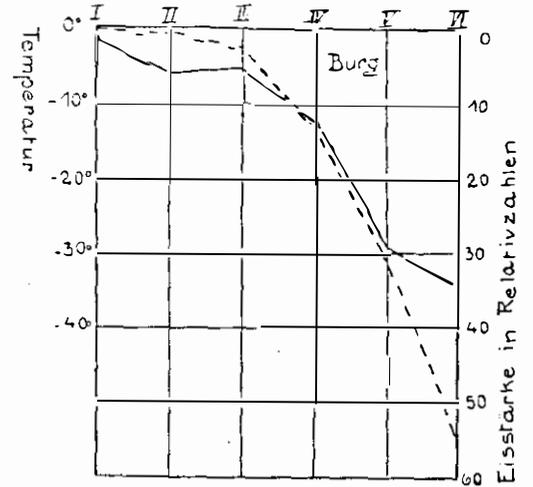


Diagramm IV

Die Eisschwankungen des Kanals im Vergleich zu Stationen der Nordsee.

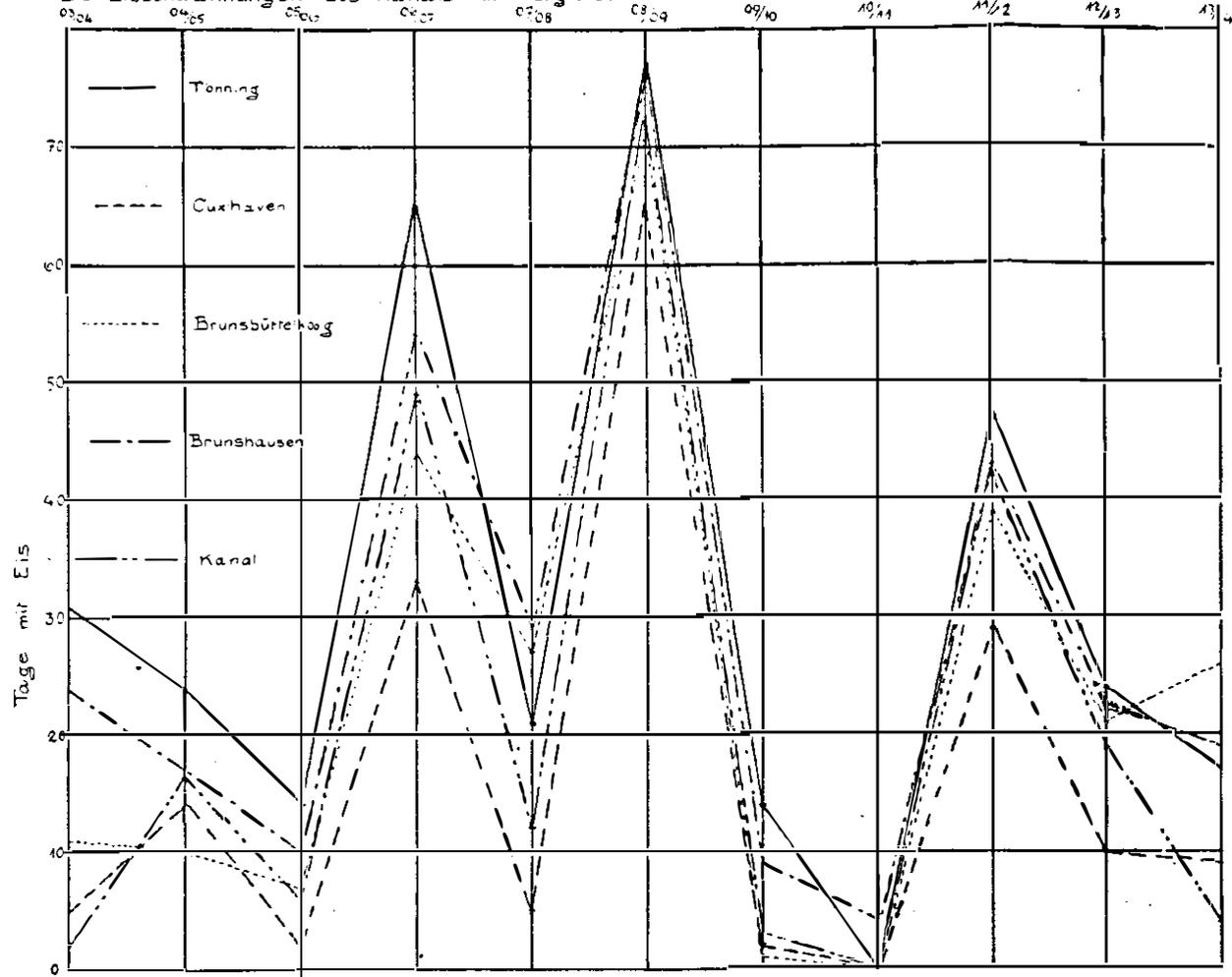
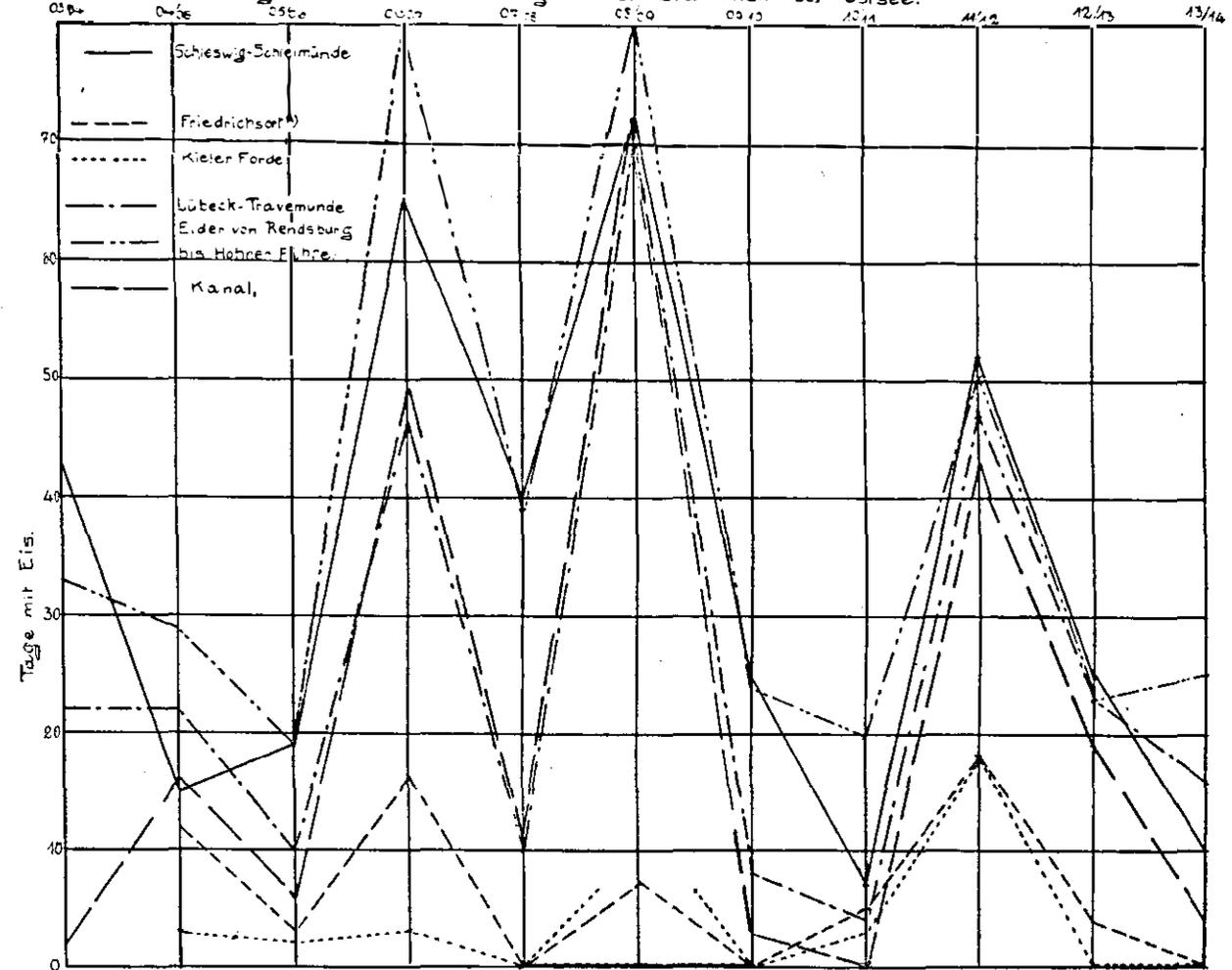
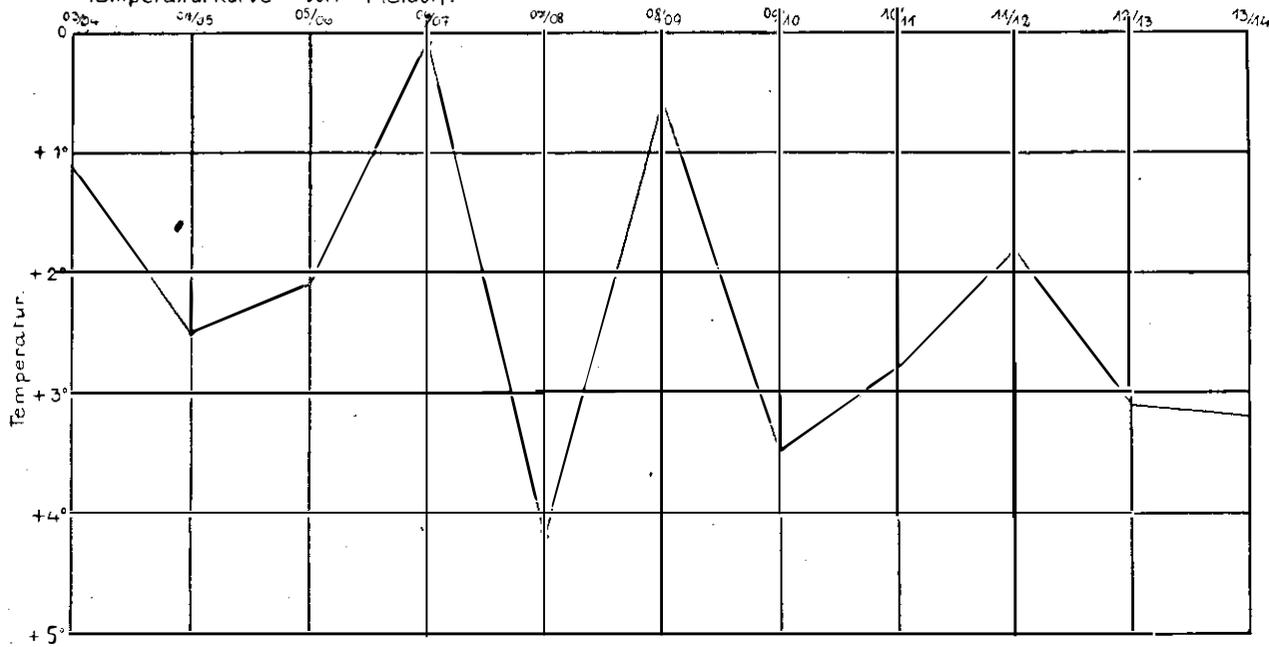


Diagramm V

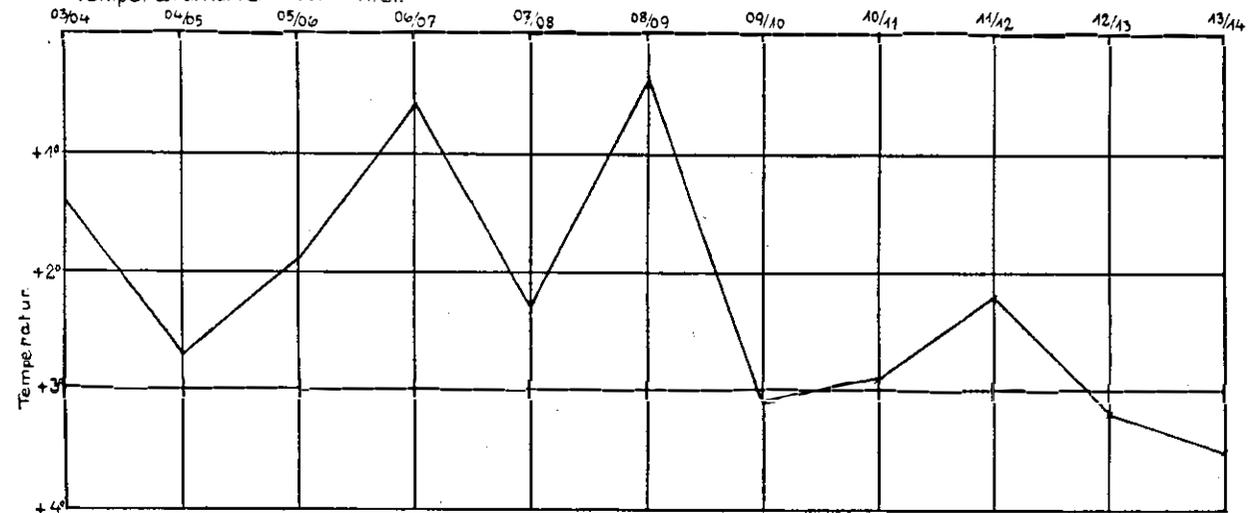
Die Eisschwankungen des Kanals im Vergleich zu Stationen der Ostsee.



Temperaturkurve von Meldorf.



Temperaturkurve von Kiel.



\*) Für Friedrichsort und die Kieler Förde sind für das Jahr 1903/04 keine Beobachtungen vorhanden.

Diagramm VI.

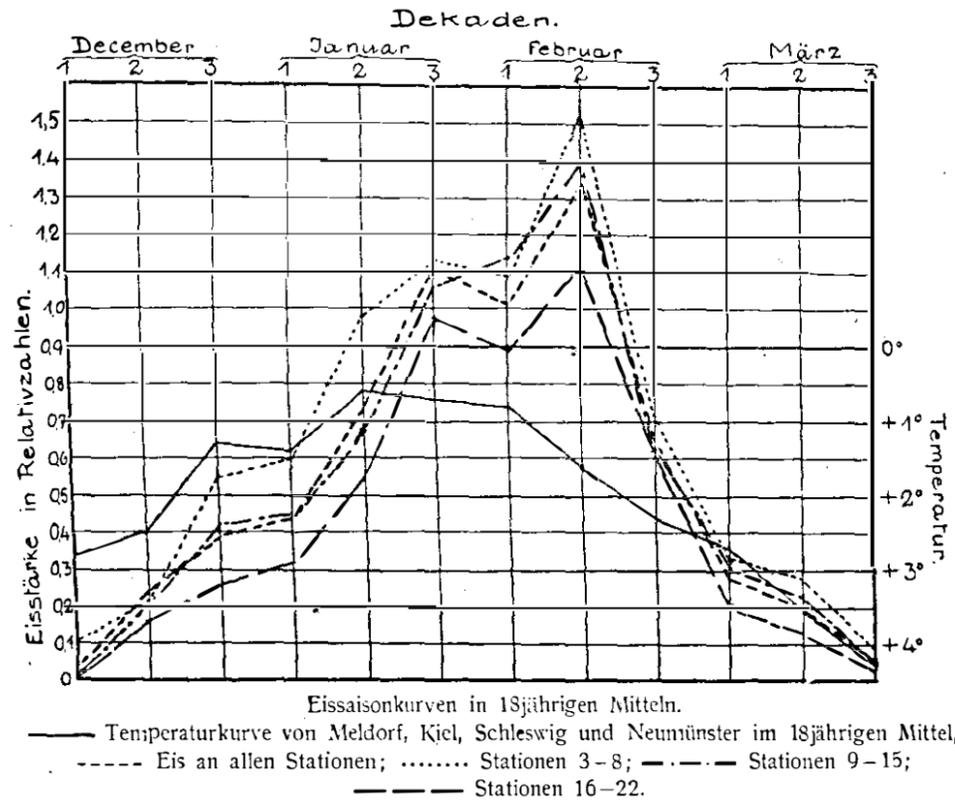


Diagramm VII.

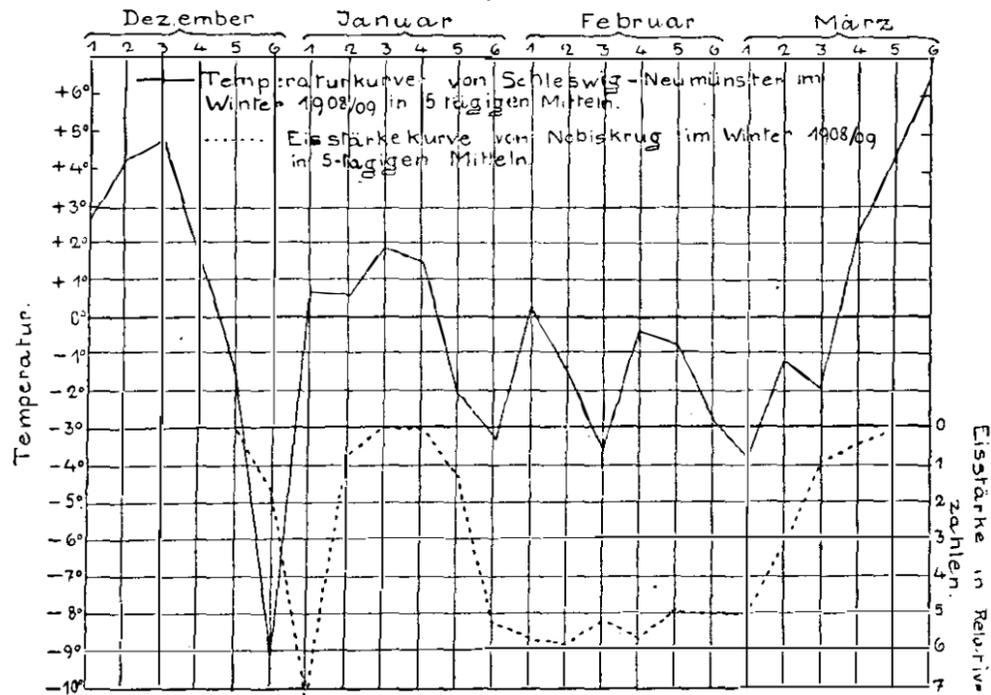


Diagramm VIII.

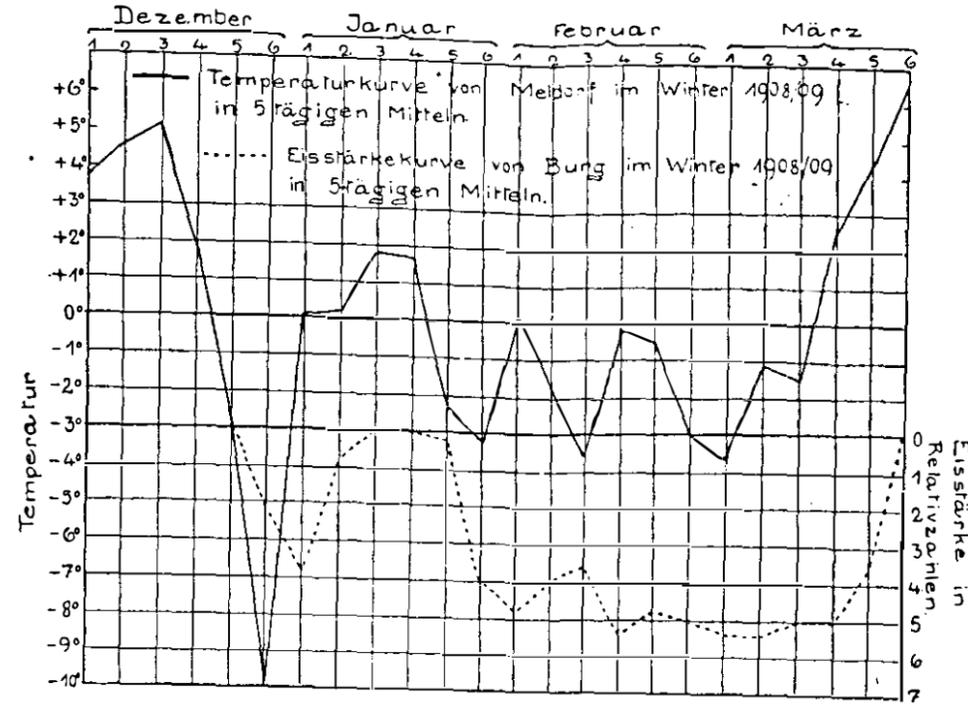


Diagramm IX.

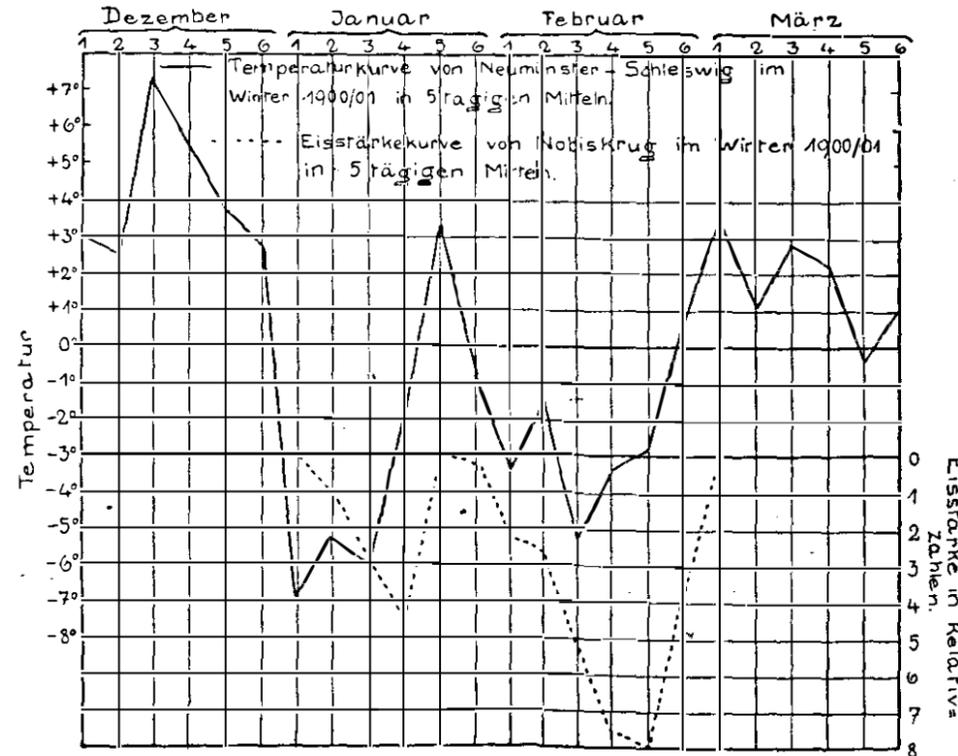


Diagramm X.

